

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

Studijní program: B4106 Zemědělská specializace
Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí
Zadávací katedra: Katedra krajinného managementu
Vedoucí katedry: prof. Ing. Tomáš Kvítek, CSc.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vývoj metod zobrazování terénního reliéfu

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Magdalena Maršíková
Autor: Martina Fialová

České Budějovice, 2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martina FIALOVÁ**
Osobní číslo: **Z09480**
Studijní program: **B4106 Zemědělská specializace**
Studijní obor: **Pozemkové úpravy a převody nemovitostí**
Název tématu: **Vývoj metod zobrazování terénního reliéfu.**
Zadávající katedra: **Katedra krajinného managementu**

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

Cílem práce je seznámit se a popsat historické i současné metody znázorňování výškopisu na mapách velkého a středního měřítka:

- seřadit a popsat vývoj metod zobrazování výškopisu od nejstarších po současnost
- používané metody doložit příklady a ukázkami
- způsoby zobrazení porovnat z hlediska možnosti získávání informací o výškách
- uvést rozdělení a charakteristiky terénních tvarů

Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: 40 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

Boguszak, F., Šlitr, J.: Topografie. Praha: SNTL, 1962
Veverka, B.: Topografická a tématická kartografie 10. Praha: ČVUT, 2001
Huml, M. a kol.: Mapování a kartografie. Praha: ČVUT, 2003
Kudrnovská, O.: První české výškopisné mapy Karla Kořistky. Praha: VZÚ, 1974
Hojovec, V. a kol.: Kartografie. Praha: Geodetický a kartografický podnik, 1987


WEB:

http://gis.fzp.ujep.cz/files/DTM_kap2_v0a.pdf
<http://mujweb.atlas.cz/www/mapy/index.htm>
<http://www.cuzk.cz>


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

Datum zadání bakalářské práce: **14. března 2011**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2012**


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.
děkan

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


prof. Ing. Tomáš Kvítek, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 14. března 2011

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně, pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění, souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

10. dubna 2012

Fialová!

.....

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala vedoucí bakalářské práce Ing. Magdaleně Maršíkové za odborné vedení, připomínky a pomoc při tvorbě bakalářské práce. Dále bych ráda poděkovala také rodičům a přátelům za podporu při studiu.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá metodami znázornění terénního reliéfu, popisem a základním rozdělením terénních tvarů. Cílem práce je seznámit čtenáře se způsoby znázornění terénu a jejich historickým vývojem a jednotlivé metody zhodnotit z hlediska možnosti získávání informací o výškách.

Klíčová slova

Terénní reliéf, tvary terénu, výškopis, kopečková metoda, šrafy, vrstevnice, barevná hypsometrie, stínování, DTM.

Abstract

This bachelor's dissertation is concerned with the representation of the terrain relief methods and elementary division and description of terrain shapes. The target of this work is to present the terrain representation forms and their historical development to readers. The methods are evaluated according to the possibilities of obtaining information about heights.

Keywords

Terrain relief, shapes of terrain, hypsography, hill method, hatches, contour lines, colored hypsometry, shading, DTM.

Obsah

1. Úvod	9
2. Základní pojmy	10
3. Rozbor terénního reliéfu	11
3.1 Přírodní tvary.....	13
3.1.1 Tvary na vršku vyvýšeniny	13
3.1.2 Vypuklé tvary na úbočí vyvýšeniny	16
3.1.3 Vhloubené tvary na úbočích.....	19
3.1.4 Tvary na úpatí vyvýšenin	20
3.1.5 Tvary údolní	21
3.2 Umělé tvary	23
3.3 Typy reliéfu.....	23
4. Stručný vývoj kartografického znázorňování terénního reliéfu	25
5. Metody zobrazování terénního reliéfu.....	28
5.1 Kopečková metoda.....	28
5.1.1 Fyziografický způsob	29
5.1.2 Pohledové mapy	29
5.1.3 Řezy	29
5.1.4 Reliéfní mapy.....	30
5.1.5 Blokdiagram.....	31
5.1.6 Anaglyfové mapy	31
5.1.7 Zhodnocení metody	32
5.2 Kótování.....	32
5.2.1 Zhodnocení metody	32
5.3 Šrafy.....	33
5.3.1 Nepravé šrafy	33
5.3.1.1 Kreslířské šrafy.....	33
5.3.1.2 Krajinné šrafy	33
5.3.1.3 Fyziografické šrafy (skalní šrafy)	33
5.3.2 Právě šrafy.....	34
5.3.2.1 Sklonové šrafy (Lehmannovy)	34
5.3.2.2 Stínové šrafy	35
5.3.2.3 Technické šrafy	35
5.3.2.4 Topografické šrafy.....	36
5.3.3 Zhodnocení metody	36
5.4 Vrstevnice	37
5.4.1 Konstrukce vrstevnic.....	38
5.4.2 Stínované vrstevnice.....	39
5.4.3 Zhodnocení metody	39
5.5 Barevná hypsometrie (barevné odstupňování výšek)	40
5.5.1 Zhodnocení metody	41
5.6 Stínování (tónování)	42
5.6.1 Sklonové tónování	43
5.6.2 Stínování při šikmém osvětlení	43

5.6.3 Kombinované stínování	43
5.6.4 Zhodnocení metody	44
5.7 Digitální modely reliéfu (DMR).....	44
5.7.1 Datové reprezentace.....	45
5.7.1.1 Rastrový model	45
5.7.1.2 Polyedrický model	46
5.7.1.3 Plátový model.....	47
5.7.2 Interpolace.....	47
5.7.2.1 Metoda inverzních vzdáleností (IDW - Inverse Distance Weighting) .	47
5.7.2.2 Trend.....	47
5.7.2.3 Spline	47
5.7.2.4 Kriging	48
5.7.3 Hodnocení kvality a přesnosti	48
5.7.4 Software pro zpracování DTM	49
5.7.5 Zhodnocení metody	50
5.8 Skalní útvary	51
6. Závěr.....	52
Seznam použité literatury	53
Tištěné dokumenty.....	53
Elektronické dokumenty	54
Seznam obrázků	56

1. Úvod

Mapování je důležitou součástí lidského života. Už v pravěku se lidé snažili zachytit prostředí, ve kterém žili - první mapy tak zobrazují především lovecké stezky, okolní osady, pěšiny atd. Kromě polohopisných prvků se lidé pokoušeli zaznamenat i výškopis, což je však složitější, jelikož je třeba zachytit i třetí rozměr.

I přes tuto překážku vznikaly více či méně zdařilé metody pro zobrazení výškopisné složky mapy. Tato bakalářská práce má za cíl provést čtenáře vývojem metod zobrazení výškopisu od počátečních až po současné.

První zobrazovací metody jsou založeny pouze na zručnosti a estetickém cítění autora, nemají však žádnou geometrickou hodnotu. Jsou to metody nepřesné, přesto jsou dnes velmi ceněny, i když spíše jako umělecká díla, podávající pouze okrajové informace o charakteru krajiny, kterou zachycují.

Později, v době, kdy byly vybudovány geodetické základy, se začala používat metoda měřičského stolku a měření pomocí teodolitů, barometrů a dalších přístrojů, díky čemuž došlo ke zpřesnění a zkvalitnění měření a následného zobrazování. Primitivní kopečková metoda byla nahrazena nejprve šrafurou, později vrstevnicemi. Hledání „ideální metody zobrazení“, která by byla přesná, přehledná a dostatečně názorná, však pokračuje až do dnešní doby.

Největší zásluhu na rozvoji zobrazení reliéfu a celého topografického mapování měla armáda, jelikož informace o charakteru terénu a o jeho průchodnosti byly pro vojenské velitele zásadní. Naše země byly dobře zmapovány během tří vojenských mapování, tyto mapy dodnes slouží jako podklady pro sledování změn krajinného rázu, vývoje krajiny atd. V dnešní době už zobrazení výškopisu není doménou pouze vojenských map, ale běžně se s ním setkáváme např. u map turistických.

I přesto, že výškopis je důležitou součástí topografických map, je podle mého názoru podceňován. Polohopisná složka se rychle mění a navíc může být převzata z jiných, např. katastrálních map, ale výškopis se mění velmi pomalu (kromě určitých oblastí, např. oblastí těžby), navíc dochází k jeho přebírání, a tím pádem i k přebírání chyb, právě z topografických map. Proto by měl být kladen důraz na jeho přesné měření a zpracování. Práce v terénu by měly být prováděny odborníky se zkušenostmi v dané oblasti a mělo by být dbáno na dodržení vysoké přesnosti.

2. Základní pojmy

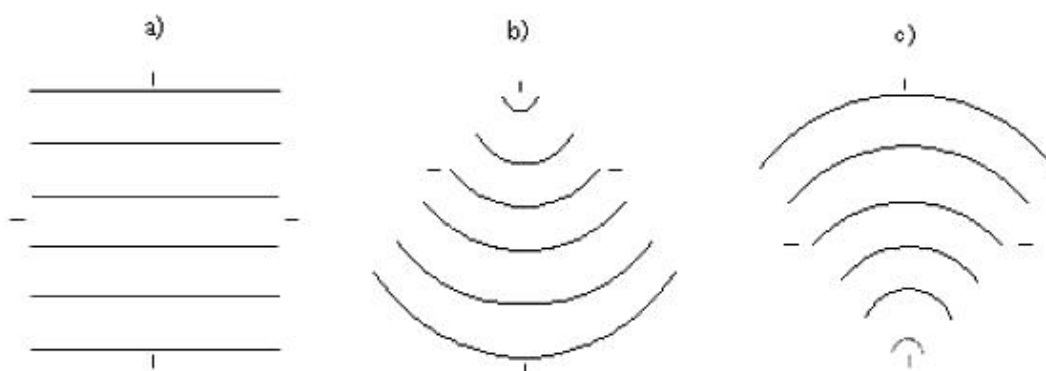
Abychom porozuměli dané problematice, je třeba si na začátku definovat alespoň několik základních pojmů. Definice jsou převzaty ze slovníku VÚGTK [31]:

- **Mapa** je zmenšený generalizovaný konvenční obraz Země, kosmu, kosmických těles nebo jejich částí převedený do roviny pomocí matematicky definovaných vztahů (kartografických zobrazení), ukazující prostřednictvím metod kartografického znázorňování polohu, stav a vztahy přírodních, sociálně - ekonomických a technických objektů a jevů.
- **Terénní reliéf** je zemský povrch vytvořený přírodními silami nebo uměle bez objektů a jevů na něm, popř. pod ním a nad ním; je to souhrn terénních tvarů.
- **Mapa georeliéfu, mapa terénního reliéfu** je tematická mapa znázorňující tvary terénního reliéfu a jejich kvalitativní a kvantitativní charakteristiky; morfologické mapy klasifikují reliéf, morfometrické mapy udávají kvantitativní charakteristiky.
- **Výškopis** je obraz terénního reliéfu na mapě; je to soubor vrstevnic, výškových bodů s jejich výškovými kótami, výškopisných značek, popř. další prostorově působící způsob znázornění reliéfu, např. stínování terénu.
- **Topografická plocha** je plocha vzniklá generalizací terénního reliéfu při mapování.

3. Rozbor terénního reliéfu

Reliéf je tvárnost zemského povrchu, který je značně složitý. I složitý georeliéf však můžeme rozložit na geometricky jednoduché plochy, které jsou navzájem odděleny lomy spádu (hlavně hranami). Na mapě znázorňujeme přesně a přehledně všechny přírodní terénní tvary (hrboly, údolí, vrcholky, rokliny, sedla atd.), rovněž tak umělé tvary (násypy, zářezy, svahy) [6].

Rozeznáváme tvary ploché, vypuklé (konvexní) a vhloubené (konkávni) (Obr. 1). Vypuklé tvary jsou vyvýšeniny georeliéfu, které se zvedají nad své okolí. Vhloubené tvary jsou sníženiny (vklesliny) georeliéfu [3].



Obr. 1: Tvary a) ploché, b) vypuklé, c) vhloubené, zdroj [1].

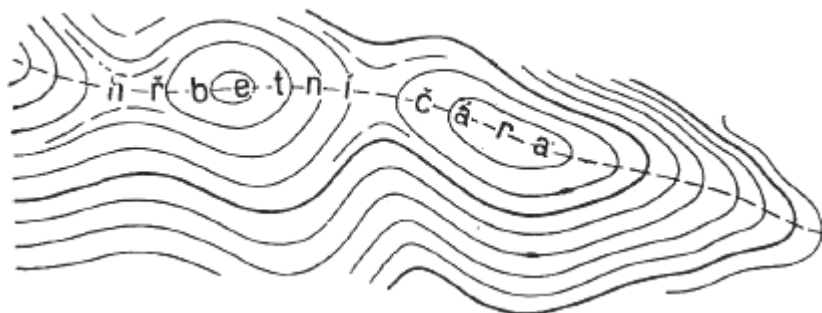
Na topografických mapách musí vyjádření reliéfu současně splňovat tyto podmínky [6]:

- vyjádření musí odpovídat stavu v přírodě;
- má vyjadřovat geomorfologické charakteristiky typů reliéfu;
- má vyjadřovat výškové poměry území;
- musí umožnit řešení sklonu svahu, viditelnost prostoru apod.;
- umožnit vyhodnocení rozčlenění reliéfu;
- poskytnout uživateli názorný (plastický) vjem.

V mapě nelze znázornit průběh terénní plochy se všemi podrobnostmi. Při mapování ji proto nahrazujeme příslušně zjednodušenou tzv. topografickou plochou. Topografická plocha se obecně skládá z vyvýšenin a sníženin spojených úbočími. Celkovou charakteristiku topografické plochy určuje soustava bodů a typických linií terénní kostry, nazývaná orografické schéma [6].

Terénní kostru tvoří prostorové čáry, na nichž se dílčí terénní plochy stýkají. Mezi tyto čáry patří:

- **Hřbetnice (hřbetní čára):** (Obr. 2) je čára na styku dvou přilehlých svahů téhož hřbetu nebo hřebene. Je spojnicí relativně nejvyšších bodů vypuklé terénní plochy. Představuje vodní předěl mezi dvěma úbočími vyvýšeniny [9].



Obr. 2: Hřbetnice, zdroj [1].

- **Údolnice (údolní čára):** je plynulá čára ve směru spádu, spojující body v nejnižších místech údolí. Určuje směr vodního toku, má vždy menší spád než přilehlé svahy. Sousední spádnice se k ní sbíhají. Údolnice mají v mapě zásadní význam. Vedou jimi časté dopravní spoje, jejich soustava od nejvyšších míst až k moři vymezuje povodí řek [6].

- **Terénní hrana:** představuje styk dvou různě skloněných dílčích částí terénní plochy. Spojuje místa, kde se výrazně mění sklonové poměry. Může to být např. břehová čára, okraj strže, okraj terénního stupně. Vrstevnice se na hranách lomí.

- **Tvarové čáry:** jsou prostorové křivky, ohraničující vodorovnou nebo mírně skloněnou část některého terénního tvaru. Jsou to průsečnice jednotlivých dílčích ploch rozdílného sklonu v celkové ploše svahu. Každý terénní tvar je charakterizován tvarovou čarou, která probíhá buď ve směru vodorovném (u sedel, kup a spočinků) nebo ve spádnici (u svahových hřbetů, úžlabí a zářezů), příp. v obecném směru, jak je tomu u terénních stupňů, šikmých srázů a úpatí.

- **Spádnice:** je čára vybíhající na obě strany ze hřbetnice ve směru největšího spádu na úbočích. Udává směr tekoucí vody.

- **Úpatnice:** je zřetelná terénní čára procházející místy, kde svah přechází do roviny, anebo do mírně skloněného dna údolí. Úpatnice a hrana bývá součástí tvarové čáry charakterizující příslušný terénní tvar.

- **Horizontála:** je pomocná čára, která představuje průsečnici hladiny, tj. vrstevné roviny s terénem. Má vodorovný průběh, neudává však výšku v metrech. Její

nadmořská výška není dělitelná vrstevnicovým intervalem stanoveným pro vznikající mapu. Horizontály se na rozdíl od vrstevnic zakreslují hned při měření, a to na základě pozorování zaměřovaného terénu. Zobrazují se v náčrtu krátkými úseky křivek kolmo na spádnice, hřbetnice a údolnice.

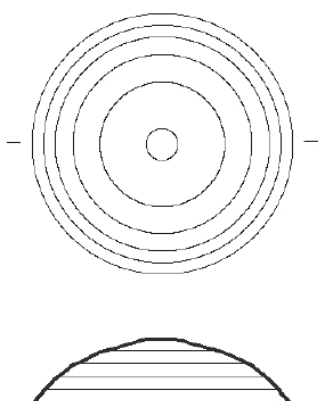
- **Významné body:** terénní kostry jsou ty, které představují nejnižší místo vhloubené plochy (prohlubně) a nejvyšší místo vypuklé plochy. Takovým bodem může být např. vrchol kupy, střed sedla, ale také styk údolnic, rozdělení svahových hřbetů, apod. Podle umístění se rozeznávají terénní tvary: na vrcholové části vyvýšeniny, na úbočí, na úpatí a tvary údolní [9].

3.1 Přírodní tvary

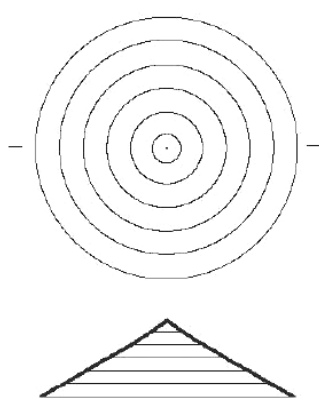
3.1.1 Tvary na vršku vyvýšeniny

Kupa (Obr. 3) je mírně nebo i nápadně zaoblený tvar, jenž vrcholí obvykle v bodě zvaném vrchol kupy nebo výjimečně malou vodorovnou plochou. Uzavřená křivka ohraničující temeno kupy, tj. malou vodorovnou nebo mírně skloněnou plochu kolem vrcholu kupy, je její tvarovou čarou, jejíž kruhovitý nebo eliptický anebo nepravidelný průběh je směrodatný pro tvar sbíhajících ploch, a tím i přilehlých vrstevnic [1].

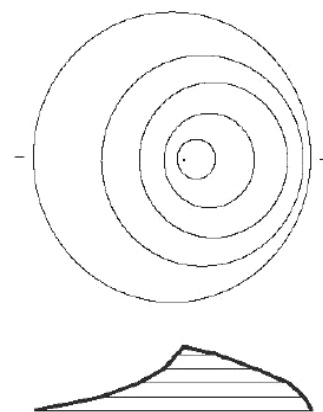
Kupa se stejnosměrným, anebo ubývajícím spádem v dolní části úbočí vytváří občas *kužel* (Obr. 4). V našich krajinách se vyskytuje ojediněle. Zvláštním vyvýšeným tvarem je *roh* (Obr. 5). Na jedné straně má úbočí vyduté, na opačné straně vypuklé [9].



Obr. 3: Kupa, zdroj [24].



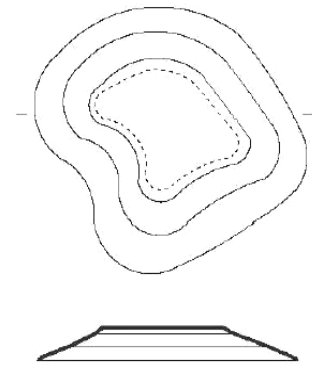
Obr. 4: Kužel, zdroj [24].



Obr. 5: Roh, zdroj [24].

Štít je mohutný vyvýšený tvar s členitým skalnatým vrcholem, s příkrými svahy a s ostrými hranami [9].

Vrcholová plošina (Obr. 6) je tvar, jehož temeno tvoří rovina nebo mírně skloněná plocha. Přechod z temene do úbočí je charakteristický výraznou náhlou změnou svahu na ostré nebo zaoblené hraně. Tvarová čára ohraničující temeno je obecná uzavřená křivka, která svým průběhem naznačuje tvar ploch na přilehlých úbočích. Pokud se na temeni vyskytují terénní nerovnosti, vyjádří se výškovými kótami a doplňkovými vrstevnicemi [9].

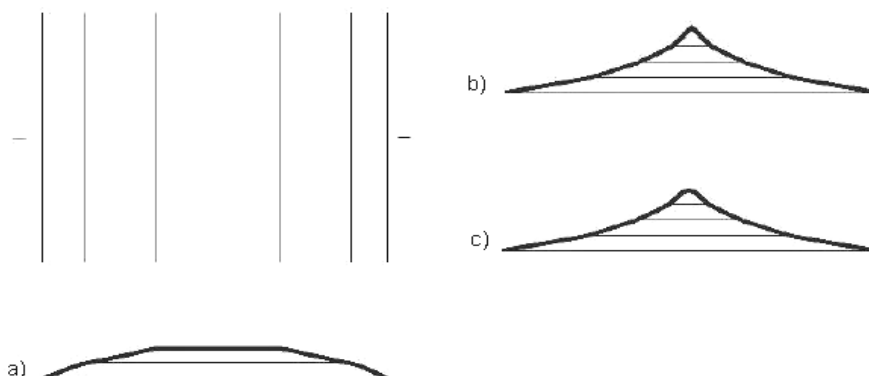


Obr. 6: Vrcholová plošina, zdroj [24].

Vodorovný (vrcholový) hřbet (Obr. 7) je vyvýšený, ve směru hřbetní čáry protáhlý vodorovný tvar. Rozlišujeme vodorovný hřbet klenutý, tupý a ostrý.

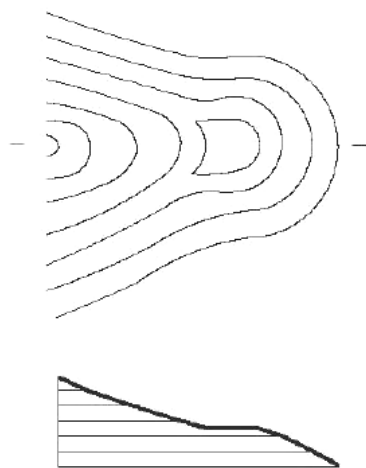
Klenutý hřbet (Obr. 7a) vzniká stykem dílčích ploch s přibývajícím sklonem, tyto plochy jsou podél stykové čáry velmi mírně skloněny. Tvarovou čarou, ohraničující plochu mírného sklonu podél hřbetní čáry, je uzavřená křivka, která svým průběhem naznačuje tvar ploch, a tím i vrstevnic na přilehlých úbočích. **Tupý hřbet** (Obr. 7b) vzniká stykem dílčích ploch ubývajícím sklonu v případě, že podél hřbetní čáry je na obě strany mírně skloněný pruh. Tvarová čára odpovídá zaoblené hraně. **Vodorovný hřbet ostrý** (Obr. 7c) vzniká v případě, že se stýkají dílčí plochy ubývajícím sklonu. Tvarová čára odpovídá ostré hraně, zpravidla přerušované skalními útvary. Skalnatý hřbet s ostrými hranami se nazývá **hřeben** [9].

Výškové poměry na hřbetní čáře vodorovných hřbetů se upřesňují výškovými kótami nebo doplňkovými vrstevnicemi [1].

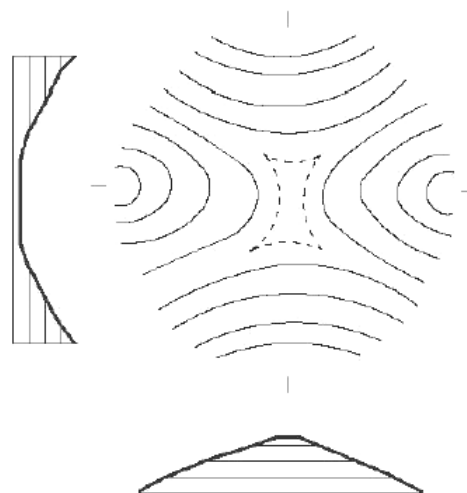


Obr. 7: Vodorovný hřbet a) klenutý, b) ostrý, c) tupý, zdroj [24].

Spočinek (Obr. 8) je část hřbetu vyvýšeniny, kde hřbetnice přechází do značně mírnějšího sklonu. Plocha spočinku, ve srovnání s celkovým průběhem svahového hřbetu, je podstatně méně skloněná, příp. vodorovná. Při podrobném mapování se okraje rozsáhlejších spočinků zaměřují a zobrazují, včetně popisu výškových kót. Menší spočinky se znázorňují doplňkovou vrstevnicí [9].



Obr. 8: Spočinek, zdroj [24].



Obr. 9: Sedlo pravidelné, zdroj [24].

Sedlo je nejnižší plocha mezi dvěma terénními tvary, např. kupami na vrcholové části vyvýšeniny. Nejnižším bodem je *vrchol sedla*. Jestliže hřbetnice mezi dvěma vyvýšenými tvary mají různý sklon na obě strany, bývá vrchol sedla posunutý k ploše více svažité.

Tvarovou čarou ohraničující mírně skloněnou plochu je čtyřúhelník s oblouky vypuklými k vrcholu sedla. Styk dílčích ploch vypuklých a vhloubených na ploše sedla je plynulý [9]. Rozestupy vrstevnic, zakreslené po morfologické interpolaci mezi podrobnými body, se tedy musí ve směru spádu na plochách vypuklých plynule zvětšovat a na plochách vhloubených plynule zmenšovat. Chybný by byl vrstevnicový obraz se stejnými rozestupy, tj. vzniklý lineární interpolací [1].

U *pravidelného sedla* (Obr. 9) vybíhají z jeho vrcholu jen dvě plochy vhloubené. Leží-li delší rozměr sedla na hřbetní čáře, jde o sedlo podélné, leží-li na uvedené čáře kratší rozměr, jde o sedlo příčné. U *nepravidelného sedla* vybíhá i několik ploch vhloubených, a tím i vypuklých; tvarové čáry jsou však vždy čtyřúhelníky s nepravidelným průběhem těch částí, které ohraničují plochy ze sedla vybíhající [1].

Vrchol sedla se kótuje, jeho okolí se tvarově a výškově upřesní vždy dvěma úseky doplňkové vrstevnice nebo pomocí spádovek. Spádovka je krátká čárka kolmá na vrstevnici, zakreslující se ve směru klesání.

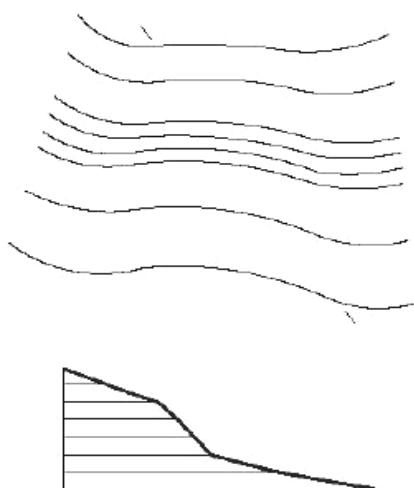
Široké a mělké ploché sedlo s nevýraznými svahy vyvýšenin se nazývá *proluka*, hluboké a úzké sedlo se strmými svahy vyvýšenin má název *soutěska*. Tento název se používá i pro některý druh údolí. Široké a hluboké sedlo v souvislém pásmu se nazývá *průsmyk* [9].

Zvláštními vyvýšenými přírodními tvary jsou *osamělé skály*. Jsou to předměty nápadně a orientačně významné, proto se vždy zaměřují obvodem a zobrazují se v mapách [9]. Problematice zobrazení skal na mapách je věnována samostatná kapitola 5.8 Skalní útvary.

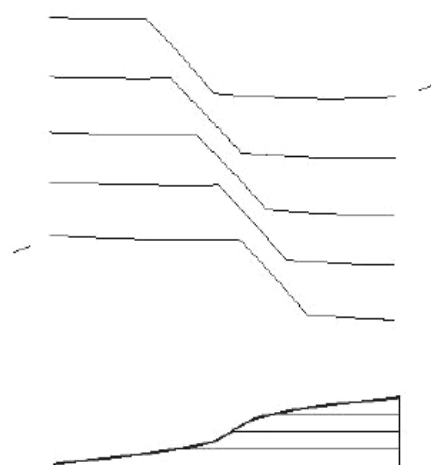
3.1.2 Vypuklé tvary na úbočí vyvýšeniny

Úbočí jsou svahové plochy, které se nacházejí po obou stranách hřbetnice. Mírné svahy se nazývají *lazy*, jestliže mají výrazný sklon, užívá se názvu *stráň*. Svahy téměř svislé jsou *stěny* a překročí-li hodnotu 90° , jedná se o *převis*.

Pruhy území, které jsou nápadně více skloněny než přilehlé svahové plochy, se nazývají *srázy*. Jsou to příkré, obtížně schůdné části úbočí. Pruh srázu může probíhat rovnoběžně s vrstevnicemi, pak je to sráz vodorovný (Obr. 10). V případě, že pruh srázu probíhá šikmo na vrstevnice, jedná se o sráz šikmý (Obr. 11). Vrstevnice na hranách takového srázu se náhle ohýbají nebo lomí [9].



Obr. 10: Vodorovný sráz, zdroj [24].

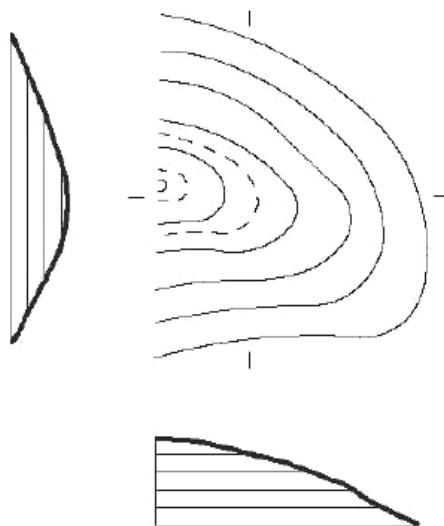


Obr. 11: Šikmý sráz, zdroj [24].

Svahový hřbet je vyvýšený a ve směru spádu protáhlý tvar, který probíhá mezi dvěma vhloubenými plochami. Zpravidla vznikl plynulým stykem dílčích vypuklých ploch se sklonem, který ubývá podél vrstevnic ve směru styku. Stykovou čarou je spádnice [1].

Podle tvaru hřbetní plochy se rozeznává [9]:

- *Svahový hřbet široký* – má mírně klenutou plochu a průběh hřbetnice je téměř neznatelný. Vrstevnice představují ploché křivky.
- *Svahový hřbet normální* (Obr. 12) – na jeho vypuklé ploše lze v terénu vyhledat a měřit podrobné body hřbetnice.
- *Svahový hřbet úzký* – vzniká, stýkají-li se úbočí na zaoblené hraně a vytvářejí velmi výrazný vyvýšený terénní tvar.
- *Svahový hřbet ostrý* – v případě, že hřbetnice tvoří jednu hranu.

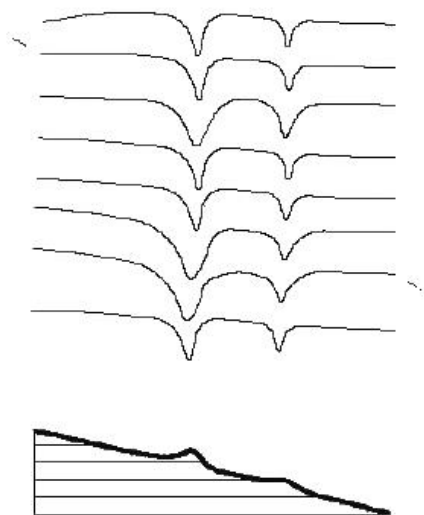


Obr. 12: Svahový hřbet normální, zdroj [24].

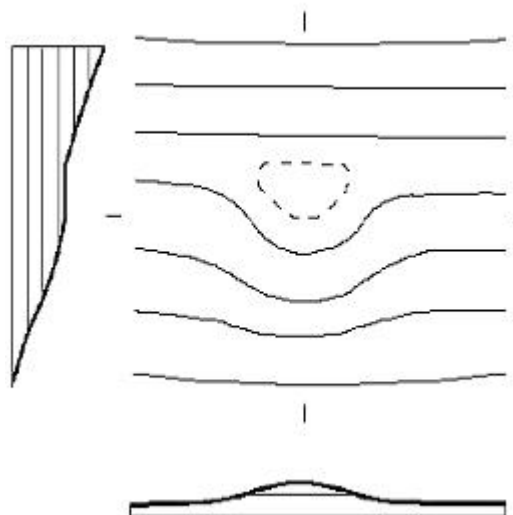
Ve směru hřbetnice je svahový hřbet zřídka přímý. Pak je hřbetnice přímkou, která rozděluje svahový hřbet symetricky (vrstevnice jsou na obou úbočích souměrné). Nejčastěji je svahový hřbet ve směru hřbetnice zakřivený. Vrstevnice pak probíhají tak, že vhloubeným vrstevnicím jednoho úbočí odpovídají na druhém úbočí vrstevnice vypuklé. Zakřivené hřbetnice u hřbetů s různě skloněnými úbočími probíhají blíže k úbočím příkřejším [1].

Zvláštním druhem svahového hřbetu je *ostroh*. Je to svahový hřbet většinou úzký, vybíhající hluboko napříč do údolí, které částečně přehrazuje. Svou polohou tento výběžek nápadně mění směr toku v údolí [9].

Žebro (Obr. 13) je úzký, často hranatý a nevysoký svahový hřbítek s příkrými úbočími, která se na hřbetnici stýkají buď v zaoblené, nebo ostré hraně [7]. Nelze-li žebro v daném měřítku znázornit vrstevnicemi, zobrazí se mapovou značkou [1] nebo šrafami [9].



Obr. 13: Žebro, zdroj [24].

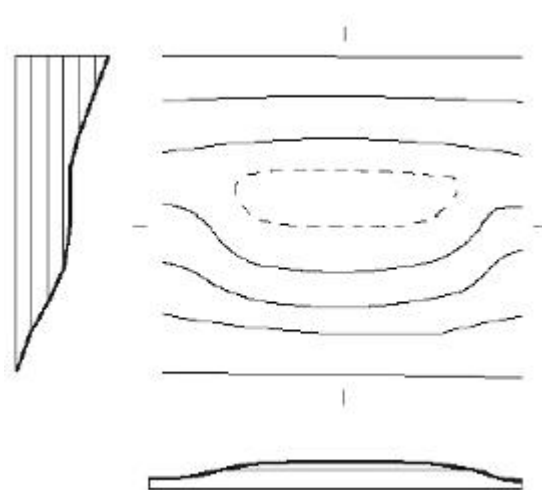


Obr. 14: Výčnělek, zdroj [24].

Výčnělek (Obr. 14) je vodorovná nebo jen málo skloněná plocha malého rozsahu, která přerušuje úbočí podobně jako spočinek přerušuje hřbet. Tvarová čára ohraničuje vodorovnou, případně mírně skloněnou část tohoto zaobleného výstupku. Mezi zobrazovanými vrstevnicemi vzniká náhle zvětšený rozestup a dochází k jejich zakřivení.

Někdy výčnělek vytvoří stupeň, takže je v dolní části omezen hranou. Dlouhý výčnělek protažený ve směru vrstevnic je *terasa* (Obr 15). Tvarová čára se skládá ze dvou křivek, které svým průběhem naznačují tvary skloněných ploch, přerušených terasou.

Ploché části výčnělku i terasy se výškově i polohově zaměřují a při zobrazení se použije doplňkových vrstevnic [9].



Obr. 15: Terasa, zdroj [24].

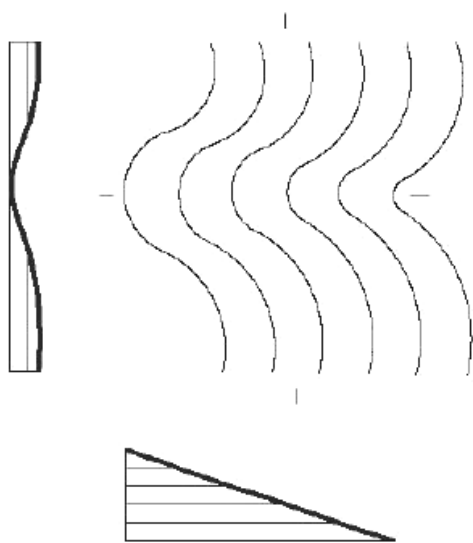
Terénní stupně jsou tvary, které se vyvinuly v hlavních i vedlejších údolích, často i v několika úrovních [7]. V podstatě jsou to srázy probíhající téměř vodorovně, s ostrými nebo zaoblenými hranami; vyšší se znázorňují vrstevnicemi (často jen zesílenými), nižší, které nelze výrazně zobrazit vrstevnicemi, se znázorňují buď spojenými (se zákřesem hrany) hnědými technickými šrafami, mají-li hrany ostré, nebo nespojenými, jsou-li hrany nevýrazné. V místě nejvyššího výškového rozdílu

se zakreslí hnědá tečka a připojí se hnědá relativní kóta. Na velmi dlouhých terasových stupních se okótuje několik míst [1].

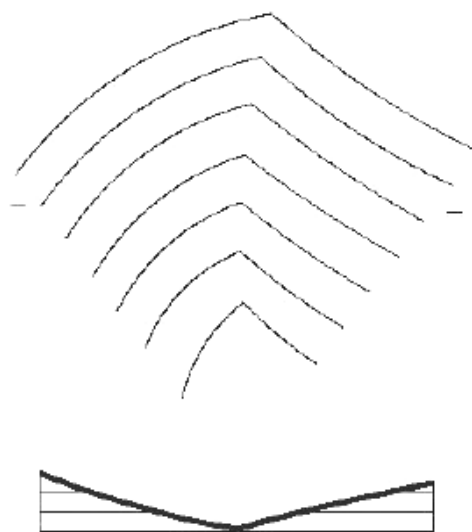
3.1.3 Vhloubené tvary na úbočích

Úžlabí (Obr. 16) je mušlovitá prohlubeň mezi dvěma svahovými hřbety, kde obvykle pramení horské bystřiny. V nejvyšších polohách vyvýšenin je úžlabí často široké, ve směru údolnice se postupně zužuje. Úžlabí často přechází plynule v zářez a ústí do údolí, ve kterém se koryto vodního toku rozšiřuje. Tvarovou čarou je údolnice [9].

Podle tvaru styku dílčích ploch rozeznáváme úžlabí mělké, s téměř nezatelnou údolnicí, úžlabí normální a úzké s výraznými údolnicemi. Vrstevnice znázorňující úžlabí vbíhají nejdále na údolnici, protínají ji kolmo, a jsou tedy na ní nejvíce zakřiveny [1]. Ve vrstevnicové mapě se kvůli orientaci spádových poměrů zakreslí ve vybraných místech vrstevnic krátké spádovky. Informace o spádu se však nejčastěji zjišťují z nadmořských výšek vrstevnic a z výškových kót podrobných bodů [9].



Obr. 16: Úžlabí, zdroj [24].



Obr. 17: Zářez, zdroj [24].

Zářez (Obr. 17) je vhloubený terénní tvar, jehož úbočí se stýkají ve hraně. Tvarovou čarou je údolnice, která bývá buď rovná, nebo zakřivená. Vrstevnice se na údolnici lomí [9].

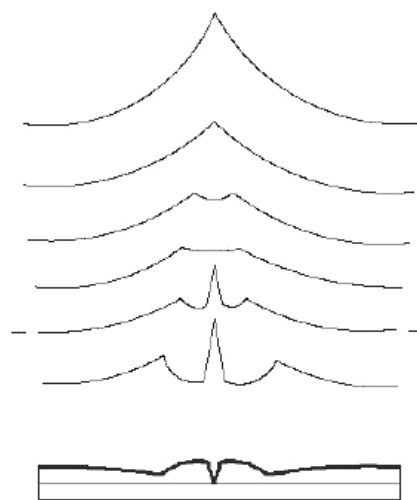
Rýha je vhloubený, protáhlý terénní tvar na mírně skloněných úbočích. Dno rýhy je vytvořeno ostrou hranou. Na rozdíl od zářezu, má rýha malou hloubku a obvykle velmi výrazné horní hrany, které spolu s údolnicí představují další tvarové čáry. Vrstevnice se na tvarových čarách lomí [9].

3.1.4 Tvary na úpatí vyvýšenin

Vyvýšeniny končí ve své údolní části úpatím a jejich svahy přecházejí do přilehlé roviny v místech průběhu tvarové čáry, zvané úpatnice [9]. V tvrdé hornině je přechod náhlý a vrstevnice se na úpatnici lomí nebo náhle ohýbají. V měkké hornině je přechod pozvolný a vrstevnice se na téměř neznatelné úpatnici ohýbají [7].

Na úpatnici se mohou vyskytovat nánosové suťové kužele, výmoly, strže, rokly a propadliny.

Nánosový suťový kužel (Obr. 18) vzniká usazováním písku, kamenů a zeminy snesené vodními přívaly z vyšších poloh k úpatí při ústí horských strží, roklí a zářezů. Naplavená suť představuje útvar podobný plášti kužele [4]. V případech, kdy nanášení materiálu ještě pokračuje, se vrstevnice na styku úbočí s kuželovou plochou lomí a probíhají na ploše kužele jako vypuklé křivky. U starých nánosových kuželů jsou jejich okraje již nevýrazné [1].



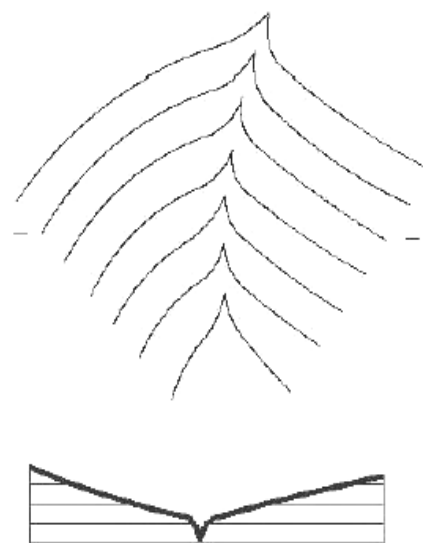
Obr. 18: Nánosový suťový kužel, zdroj [24].

Výmoly jsou příkopy na strmých úbočích vymletých vodou ve směru spádnic. Dno se v blízkosti údolnice rozšiřuje [9].

Strž (Obr. 19) je vhloubený, protáhlý terénní tvar erozivního původu s příkrými svahy, které jsou ohraničeny ostrými, často křivolakými terénními hranami. Je to podobný útvar jako rýha, ve srovnání s ní je však hlubší a má širší dno.

Rokle je jiný název pro strž, zejména je-li hluboká a široce rozvětvená. Probíhá nejen ve směru spádu, ale i rovnoběžně s vrstevnicemi [9].

Nelze-li strže nebo rokly znázornit vrstevnicemi, vyznačí se jejich horní hrany hnědými technickými šrafami [1].



Obr. 19: Strž, zdroj [24].

Propadlina (proláklina) je uzavřená vhloubená část terénního reliéfu, vzniklá působením přírodních sil nebo lidskou činností. Patří k nim: *jámy*, což jsou uzavřené prohlubeniny. Jestliže se jedná o jámu značně hlubokou se svislými stěnami, užívá se názvu *propast*. Ve vápencových oblastech se vyskytují uzavřené nálevkovité prohlubeniny krasového původu, zvané *závrty*. Dosahují hloubky až 10 m [9].

Propadliny, které nelze znázornit v měřítku mapy vrstevnicemi, se zobrazují mapovými značkami: nespojenými hnědými technickými šrafami a údajem relativní výšky [1].

3.1.5 Tvary údolní

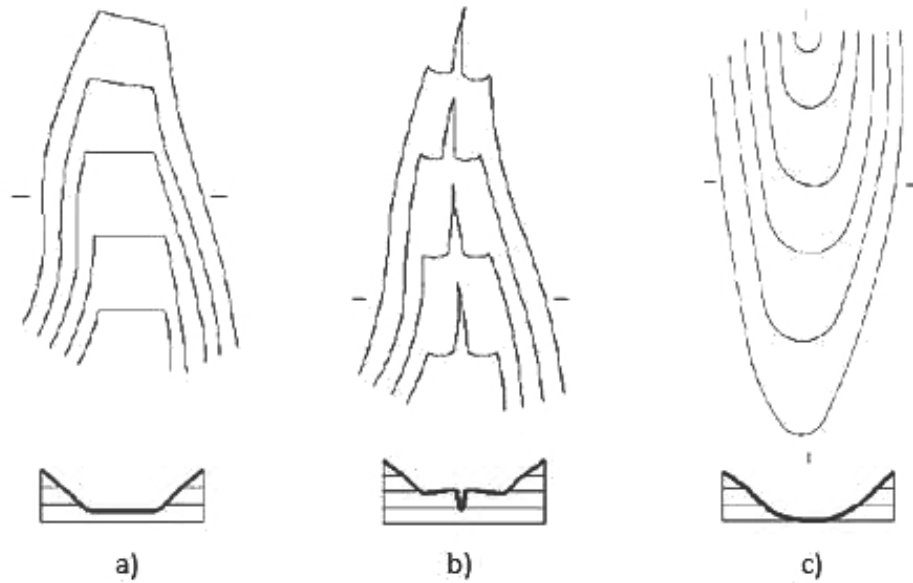
Údolí je protáhlý vhloubený terénní tvar vytvořený okolními svahy. Rozlišuje se údolí hlavní a vedlejší. Hlavní údolí má vyšší svahy, vedlejší se k němu připojuje obvykle pod úhlem menším než 90°. Dohromady tvoří sběrnou srážkovou oblast okolí.

Společným znakem všech údolí je jejich velká délka a relativně malý spád dna vzhledem ke spádu jeho bočních svahů. Podle tvaru dna se rozeznává:

- **Údolí s rovným dnem (plochým)** (Obr. 20a), kde vrstevnice na ploše dna jsou přímé, lámou se, neohýbají se na úpatnicích, které oddělují dno údolí od přilehlých svahů.
- **Údolí s vypuklým dnem (jazykové dno)** (Obr. 20b), jehož vrstevnice jsou vypuklé ve směru spádu údolí, na úpatnicích se lámou nebo ohýbají.
- **Údolí s vhloubeným dnem (úžlabina)** (Obr. 20c), kde dno má žlabovitý tvar, vrstevnice jsou vhloubené ve směru stoupání dna údolí a přecházejí do bočních svahů pozvolně. Úpatnice v tomto případě chybějí. Široké, žlabovitě prohloubené údolí se nazývá *dolina*.

Úžlabinu nesmíme zaměňovat s úžlabím. Úžlabí se na rozdíl od úžlabiny nachází vysoko ve svahu, zatímco úžlabina je protáhlá dolina se žlabovým dnem a má ve všech místech přibližně stejnou šířku. Klesání jejího dna je mírné.

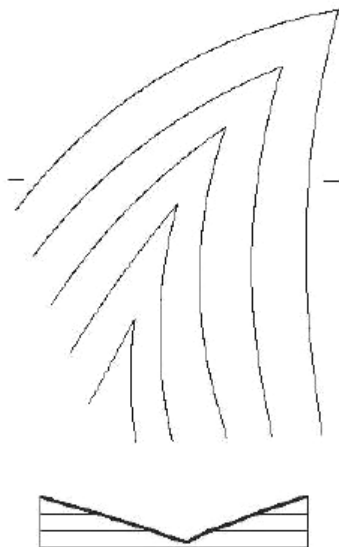
Zvláštním případem předchozích typů údolí je **soutěska**. Představuje úzké a značně hluboké údolí se strmými stěnami. Na jejím počátku bývá obvykle úzké sedlo. Na dně tohoto údolí se může vyskytnout hluboko zaříznuté koryto vodního toku, zvané *kaňon* [9].



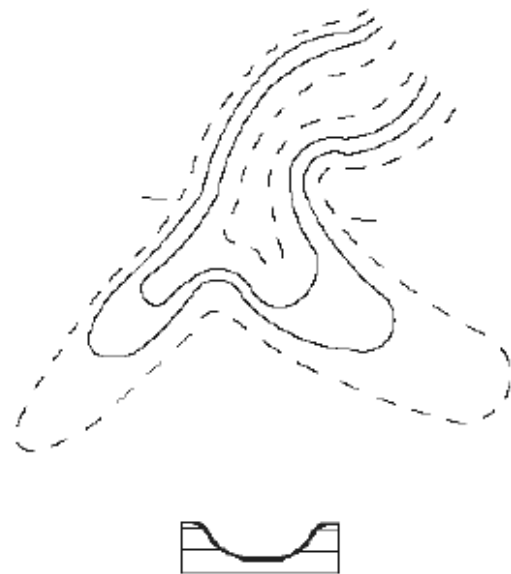
Obr. 20: Údolí s a) rovným, b) vypuklým, c) vhloubeným dnem, zdroj [24].

Mezi údolní tvary řadíme:

Údolní zářez (Obr. 21) má podobný tvar jako zářez na úbočí. Je to údolí s úzkým dnem, jehož úbočí se stýkají na hraně [9]. Vrstevnice se na údolnici lomí [7].



Obr. 21: Údolní zářez, zdroj [24].



Obr. 22: Ravena, zdroj [24].

Raveny (Obr. 22) jsou v podstatě nízké srázy, zpravidla s ostrými hranami [1]. Jsou to převážně členitá, široká koryta bývalých vodních toků. Tvarové čáry probíhají místy změn sklonu terénu, tvoří je břehová čára a úpatnice, která s ní probíhá zhruba rovnoběžně [9].

Nelze-li je znázornit vrstevnicemi, zobrazí se jako terasové (přírodní) stupně, tedy hnědými technickými šrafami. Délka šraf se přizpůsobí šířce vodorovného průmětu jejich svahů. Na vhodných místech, která se označí hnědou tečkou, se připojí údaje relativní výšky [1].

3.2 Umělé tvary

Převážnou část terénního reliéfu vytvářejí přírodní terénní tvary vymodelované působením vnitřních a vnějších přírodních sil. V krajině se však setkáváme ještě se skupinou tvarů, které vznikly lidskou činností. Umělé terénní tvary se vyskytují stále ve větším rozsahu, na mnohých místech se seskupují ve velké umělé tvary a vtiskují některým oblastem charakteristický ráz.

Vliv člověka na reliéf je nejvýraznější v průmyslových oblastech. V uhelných pánvích s hlubinným dolováním se objevují rozsáhlé a často vysoko nakupené haldy, v poddolovaných prostorech pak uzavřené, často vodou zatopené prohlubeniny. V oblastech povrchových dolů se změny v reliéfu projevují ještě výrazněji.

S umělými tvary se setkáváme, i když v menším rozsahu, i jinde: podél komunikací s výkopy a náspy, u řek se sráznými a regulovanými břehy, v nížinách se sítí zavodňovacích a odvodňovacích kanálů apod.

Většina umělých tvarů jsou v podstatě srázy, zpravidla s ostrými hranami. Jsou-li malých rozměrů, znázorňují se technickými šrafami a v místě největšího výškového rozdílu relativními kótami, jsou-li větších rozměrů, je možné je znázornit zesílenými a mnohdy i základními vrstevnicemi [1].

3.3 Typy reliéfu

Tvary georeliéfu tvoří soubory, které nazýváme typy reliéfu. Typ reliéfu je víceméně výrazně omezené území se stejným vzhledem a stejnou genezí, závislou na horninách a jejich uložení, na stejném souboru geomorfologických pochodů a stejné historii vývoje [3]. Z hlediska obtížnosti mapování, tj. zaměření a zobrazení mapovaného území se rozlišuje terén pravidelný a nepravidelný [9].

V našich krajinách, zejména v zemědělských oblastech, kde staletým obděláváním dochází k jistému tlumení lokálních nepravidelností, se často setkáváme s úseky pravidelného terénu, a to buď jednoduchého, nebo více či méně členitého [1].

V pravidelném jednoduchém terénu na sebe plynule navazují jednotlivé dílčí plochy. Na svazích se vyskytují úseky různého, ale málo odlišného sklonu, které průběžnou pravidelnost ve směru spádu výrazně nenarušují [9]. Profilové čáry svahů ve směru spádu jsou křivky s velmi jednoduchým průběhem [1]. Vrstevnice jsou zakresleny ve značných rozestupech a probíhají v křivkách s velkými oblouky, někdy jsou vedeny v přímých úsecích. Uvedený typ terénu se vyskytuje v krajině s malými výškovými rozdíly [9].

V pravidelném terénu členitém je průběh profilových čar podél spádnic obdobný jako u terénu jednoduchého. Průběh horizontál je však živější a výraznější, neboť horizontály nápadně vybíhají na vypuklých plochách, tedy na svahových hřbetech, a nápadně vbíhají do ploch vhloubených, tedy do úžlabí a zářezů [7]. Charakteristickým znakem je poměrně hustá souvislá síť výrazných hřbetnic a údolnic, které tvoří terénní kostru horizontálního členění svahů vyvýšenin. Vrstevnicový obraz členitého terénu je také klidný, ale ve vodorovném průběhu mnohem živější. Vrstevnice probíhají opět s velkými rozestupy, ale v křivkách výrazně zvlňených [1]. Uvedený typ pravidelně členitého terénu v našich krajích převládá.

Do pravidelného terénu často zasahuje terén nepravidelný. Jeho charakteristikou je nerovnoměrný průběh terénních ploch ve směru spádu, příp. i ve směru horizontál [9]. Profilové čáry jsou zvlňené křivky se zaoblenými přechody mezi sklony mírnějšími a sráznějšími nebo s přechody náhlými, lomenými [4].

4. Stručný vývoj kartografického znázorňování terénního reliéfu

S terénním reliéfem jako rámcem životního prostředí, určujícím způsob života, měli lidé individuální, společenské a civilizační problémy od nepaměti. Historickým důsledkem těchto problémů byla snaha o praktickou prezentaci terénního reliéfu – řešení úlohy znázornění přírodních třírozměrných těles a jejich vlastností v rovině, podle požadavků jejich uživatelů [4].

Orientační smysl a cit pro krajinu musel být u prehistorických lidí na neobyčejně vysoké úrovni. Svědčí o tom schopnosti příslušníků tzv. primitivních národů nakreslit jim známou, mnohdy značně rozlehlou krajinu, o čemž se přesvědčovali zejména cestovatelé ještě v nedávné době. Pozoruhodné jsou například reliéfní mapy zhotovované na Sahaře v pouštním písku kočovnými Tuaregy [18].

Na nejstarší známé mapové památce, tzv. Pavlovské mapě (Obr. 23) pocházející z období asi 25 000 před Kristem, je georeliéf (ohraničený na rovinné kresbě obdélníkem) vyjádřený systémem paralelních zaoblených čar vyrytých do povrchu mamutího klu. Způsob zobrazení georeliéfu na Pavlovské mapě je zvláštní a v dějinách zobrazování georeliéfu ojedinělý. Je ortogonální s prvky perspektivy. Není známé, že by ho někdo zopakoval anebo napodobil. Další zachovanou památkou je mapa Mezopotámie, asi z 3. tisíciletí před Kristem, na které je, pokud je známo, georeliéf poprvé znázorněn řadou kopečků [15]. Takové grafické vyjádření pouze informovalo uživatele mapy o charakteru zobrazené krajiny [16].



Obr. 23: Pavlovská mapa, zdroj [15].

Kopečkovou (pahorkovou) metodou se výškopis na mapách zobrazoval až do poloviny 18. století, kdy byla nahrazena metodou šrafování. Zobrazovací pomůckou byly nejprve kreslířské šrafy. Tyto pokusy o půdorysné a plastické znázornění terénu v mapě, při kterých se terénní tvary umísťovaly primitivním a hrubým odhadem („à la vue“) do nepřesného obrazu polohopisných čar, neměly žádnou geometrickou hodnotu [1].

Se vznikem třídy topografických map, zvláště vojenských, jejichž tvorba je podmíněna vznikem hustšího bodového pole, jsou kladeny požadavky na geometrickou reprezentaci terénního reliéfu v daném měřítku mapy a zároveň na jeho plastické vyjádření, které by v uživateli vyvolávalo představu o charakteru hodnoceného terénu. O vznik geometrických základů šrafování se zasloužil saský plukovník a kartograf Johann Georg Lehmann, profesor na vojenské škole v Drážďanech, který do procesu vyjadřování terénního reliéfu na mapách zapojil numerické hodnoty terénu a zavedl charakteristickou geometrii [5].

Další, i v současnosti dobře známou a používanou metodou zobrazování georeliéfu na mapách jsou vrstevnice [15]. S vrstevnicovým znázorňováním terénu se setkáváme v evropských státech již na konci 17. století. Roku 1697 vyhotovil rotterdamský měřič P. Ancelin mapu řeky Maasy a na podkladě výšek bodů, měřených na dně řeky provazcem, znázornil řečiště hloubkovými vrstevnicemi [1].

Literatura uvádí, že vrstevnice jsou vynálezem holandského hydrografa jménem Nicolaus Samuelz Cruquius (1678 – 1754). Údajně v roce 1729 přišel na myšlenku spojit body stejné hloubky moře na hydrografických mapách ústí řeky Merwede do Severního moře – a vyhotovil tak izobathy. Krátce poté dostal podobný nápad francouzský geograf Philippe Bauche, který v roce 1737 vyjádřil dno Lamanšského kanálu izobathami. Další Francouz, Marcellin Ducarla-Bonifas navrhl využití této metody na vyjádření výškových poměrů pohoří a horstev – aplikováno bylo ve Švýcarsku.

Nevýhody vrstevnic, jak je pocítovali tehdejší uživatelé, především vojáci – velitelé, byly: nedostatek plasticity ve vyjádření terénu (proto ještě dlouho přežívalo šrafování – prakticky až do poloviny 20. století) a návyky a požadavky uživatelů, které vedl zvyk a rutina. Dokonce bylo pro lepší vystižení plasticity terénu použito metody stínování vrstevnic [5]. Také nedostatek vhodných přístrojů k určování výšek přispěl k tomu, že vrstevnicový způsob znázorňování se všeobecně vžil až v druhé polovině 19. století [1].

Objev litografie (A. Senefelder, 1796) umožnil zavedení barev do mapové tvorby a tisku map [5]. Na základě vrstevnicové metody vznikla v 30. letech 19. století (a dodnes se používá) metoda hypsometrie, což je vyjádření výšek pomocí barevných vrstev (výškových stupňů). Metoda vznikla v podobě dvou variant: se stmavující se stupnicí (podle zásady „čím vyšší, tím tmavší“) a se zesvětlující se stupnicí („čím vyšší, tím světlejší“) [15]. Metodou hypsometrie se zabýval i vynikající český kartograf Karel Kořistka, který ji využil v roce 1856

pro znázornění terénu Prahy a jeho okolí. Kořistka se stal klasikem hypsometrických a orografických směrů v geografii a kartografii a i ve světě je dosud uznávaným průkopníkem těchto snah [11].

Ve vývoji metodik pro vyjádření terénu pokračoval i Kitirio Tanaka, který navrhl geometrické řešení pro zvýraznění plasticity terénu a zavedl terénní řezy rovinami o sklonech 45° vzhledem k horizontu, jehož výsledkem je dojem plastického terénu. Tuto metodu však nelze doporučit pro malou názornost [2].

Ve 20. století se na podkladě vrstevnic rozšířila metoda stínování georeliéfu, přičemž se rozšířilo několik druhů technik: lavírování, těrkování, dark-plate, tečkované stínování apod. Pozornost si zaslouhuje i názorný a dodnes používaný způsob fotografování osvětleného (resp. vystínovaného) hladkého reliéfního modelu, který byl vyhotovený z vrstevnic.

Po vzniku fotogrametrie vznikly ještě dvě zajímavé metody: anaglyfická a stereoskopická. Princip anaglyfu spočívá ve složení dvou vrstevnicových obrazů vyhotovených v doplňkových barvách pozorovaných přes brýle s filtry opačného zbarvení. Stejně tak i stereoskopická metoda vyžaduje na složení dvou obrazů speciální zařízení (minimálně stereoskop) [15]. Ani jedna metoda se příliš nerozšířila.

Přibližně v 60. letech minulého století vznikla myšlenka ukládat a organizovat prostorové informace v počítačích. Kanada byla první zemí, která využila možnosti geografických analýz z podrobných mapových podkladů. Koncem 60. let vyvinula kanadská vláda první geografický informační systém CGIS, který obsahoval informace o zemědělství, lesnictví, životním prostředí, rekreačních podmínkách, hustotě zalidnění a využívání krajiny [20].

S rozvojem výpočetní techniky a geografických informačních systémů (GIS) vznikaly a jsou nadále zpřesňovány analytické, digitální modely terénního reliéfu, umožňující všestranné nebo speciálně, tematicky orientované analýzy terénní morfologie a také zobrazování terénních tvarů z různých výšek a úhlů pohledu [5].

Nové digitální technologie zaváděné do kartografie (a naopak zavádění kartografie do informačních a komunikačních technologií) prakticky ukončily ruční kartografickou tvorbu. Současný proces mapování a tvorby map je dynamičtější, pružnější a interaktivnější. Jedinečné vlastnosti multimédií a virtuální reality dodaly digitálním mapám novou hloubku a poskytly nové možnosti, jak kartografii jako vědě, tak i široké veřejnosti jako uživatelům [27].

5. Metody zobrazování terénního reliéfu

Přístupy k vyjadřování členitosti zemského povrchu prodělaly dlouhý vývoj [18]. Metody interpretace reliéfu se často pro zvýšení prostorového vjemu užívají v kombinacích. Stručně se hovoří o třetím rozměru mapy [6].

V této kapitole se seznámíme s hlavními metodami používanými pro zobrazení terénního reliéfu. Metody jsou seřazeny podle historického vývoje.

5.1 Kopečková metoda

Řada kartografů se pokoušela zobrazit výškové poměry způsobem dávajícím okamžitý prostorový vjem. Prvé pokusy lze sledovat již v 1. st. n. l., kdy Ptolemaios zavedl kopečkový způsob. Opakovaná kresba kopců byla schematickou značkou naznačující výskyt horských pásem. Tato poměrně primitivní metoda zobrazování výškopisu se používala na mapách až do 18. století [18].

Příkladem použití této metody mohou být například Helwigova mapa Slezska z roku 1561, Komenského mapa Moravy z roku 1569 (Obr. 24) nebo Müllerova mapa Čech z roku 1744.

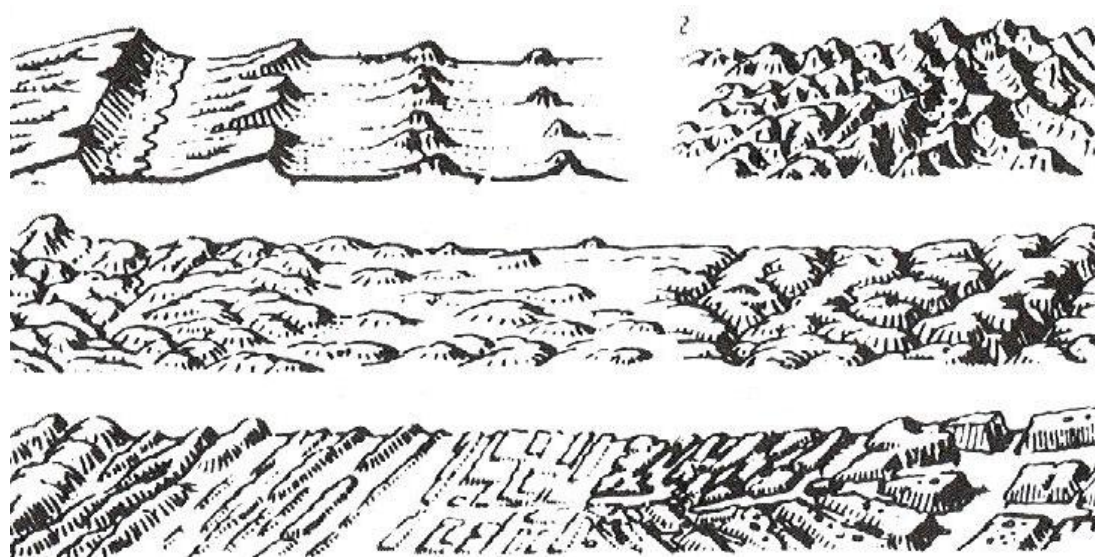


Obr. 24: Výřez z Komenského mapy Moravy, zdroj [21].

Z kopečkové metody se vyvinuly některé další způsoby zobrazování zemského reliéfu.

5.1.1 Fyziografický způsob

Rozpracováním kopečkové metody, americkým kartografem Raiszem, který vytvořil velice podrobnou soustavu vyznačování jednotlivých krajinných typů [6], vznikl fyziografický způsob znázornění reliéfu (Obr. 25). Fyziografické mapy znázorňují relativně velké části zemského povrchu na úrovni států. Slouží převážně jako tematické morfologické mapy, jejichž účelem je vyjádřit tvary reliéfu. Zpracování fyziografických map se neobejde bez doplňkových odborných materiálů a osobní znalosti terénu [2].



Obr. 25: Příklad fyziografického znázornění, zdroj [32].

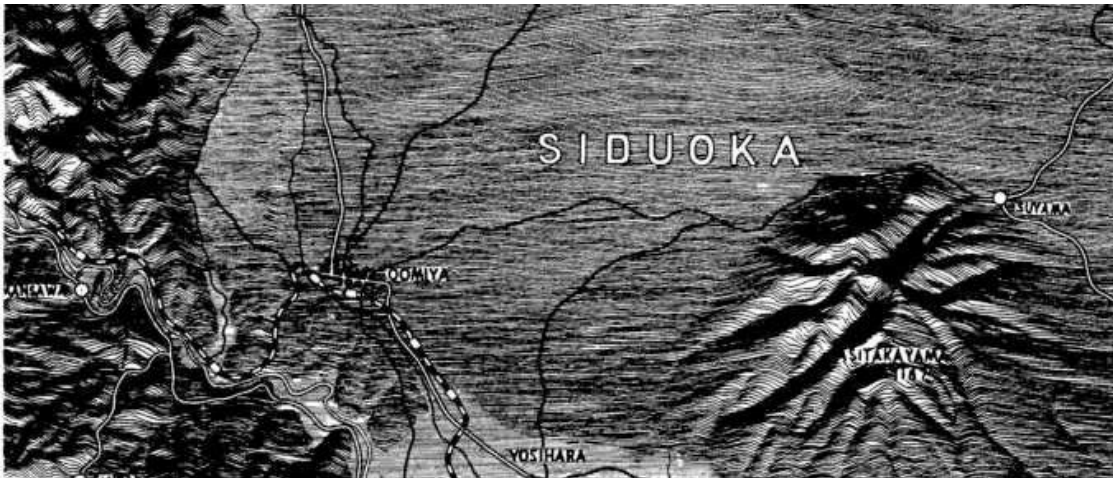
5.1.2 Pohledové mapy

Kopečková metoda v pozdějším období postupně nabývala povahy pohledových map, tj. perspektivního pohledu na reliéf [18], kde vlastní tvorba mapy je dílem zkušeného kartografa, který vybaven kartografickými znalostmi i kresličským uměním, zhotoví za pomoci stínování a jiných technik esteticky účinné dílo [14]. Zpracování pohledových map tedy patří spíše do oblasti malířství než kartografie. V Československu dosáhl vynikajících výsledků kreslíř a geograf S. Vorel, ve světovém měřítku nemá konkurenci rakouský umělec H. Berann [2].

5.1.3 Řezy

Řada souběžně vedených řezů dává plastický vjem [6]. Zajímavý postup uvádí japonský kartograf Kitirio Tanaka, který přišel se šikmými profily, používanými při metodě šikmých řezů. Jde o průsečnice reliéfu se soustavou rovin probíhajících ve směru západ - východ a skloněných pod úhlem 45° . V mapě se zobrazují průměty šikmých profilů do vodorovné roviny [2]. Tanaka zavedl toto unikátní

zobrazení terénu v roce 1932 a pomocí něj vytvořil mapu hory Fuji v Japonsku (Obr. 26) [22].



Obr. 26: Výřez z mapy hory Fuji od Kitiria Tanaky, zdroj [22].

5.1.4 Reliéfní mapy

Reliéfní mapy (nesprávně „plastické mapy“) patří ke speciálním kartografickým výrobkům, které doplňují mapový obraz o třetí rozměr [2]. Přenášení obsahu mapy na reliéfní model můžeme realizovat několika způsoby:

- *Reliéfní stupňová mapa* je montována (stavěna) z výškopisných vrstev reliéfu vyřezaných z lepenky, překližky nebo plastové fólie, které byly napřed polepeny rovinným otiskem mapy. Horní plochy výškových vrstev jsou nositeli rovinné mapové kresby a svislé stěny jsou bez kresby.
- *Reliéfní mapa stupňová nebo s hladkým povrchem*, který je nosičem mapového obrazu. Obsah mapy je zakreslen kresličskými technikami jednobarevně nebo i vícebarevně. Polohopisný obsah zakreslíme podle rovinné předlohy pomocí vztahné sítě nebo pomocí optického promítání.
- *Reliéfní mapa tvarovaná* je taková, kdy se mapa nejprve vytiskne nebo nakopíruje na rovinnou termoplastovou fólii, která se potom vytvaruje do reliéfního modelu podle makety [6].

Měřítko výšek reliéfních map bývá převýšeno. Je to nutné z důvodu, že při zachování stejného měřítka jako má polohopis, by byl výškopis podán zcela nevýrazně. U map středních měřítek se volí převýšení v rovinatém terénu 10 až 25:1, v kopcovitém terénu 5 až 10:1 a v terénu horském 2 až 5:1.

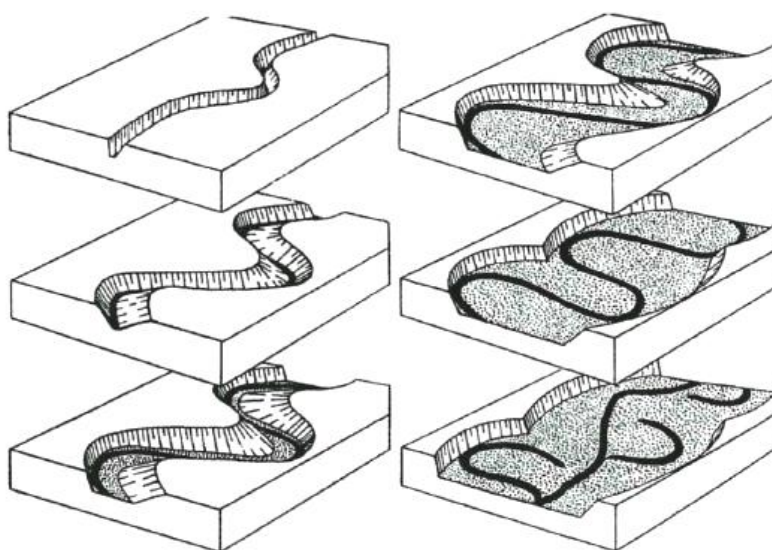
V kartografii mají reliéfní mapy význam především pro svoji názornost, hodí se proto zvláště k účelům didaktickým [14]. Zvláštním druhem reliéfních map jsou

mapy tyflografické (slepecké), určené pro nevidomé a osoby s vadami zraku. Obsahují zpravidla jednoduchou polohopisnou kresbu, která je mělce reliéfní, a popis mapy v Braillově písmu [2].

5.1.5 Blokdiagram

Pro pohledové (perspektivní) zobrazení reliéfu je také hojně používána metoda blokdiagramu [18], která vyvolává prostorovou představu vyříznutého bloku krajiny s kresebně propracovaným povrchem (Obr. 27). Výřez je třeba orientovat tak, aby se území svažovalo k pozorovateli. Může být buď v poloze průčelní (jeden okraj rovnoběžný s dolním okrajem čtverce), nebo nárožní [2]. Vychází se z metody kót a vrstevnic [6], výškové poměry se výrazně převyšují [18]. Na bocích blokdiagramu je možno zobrazovat geologické poměry, kresba se často stínuje.

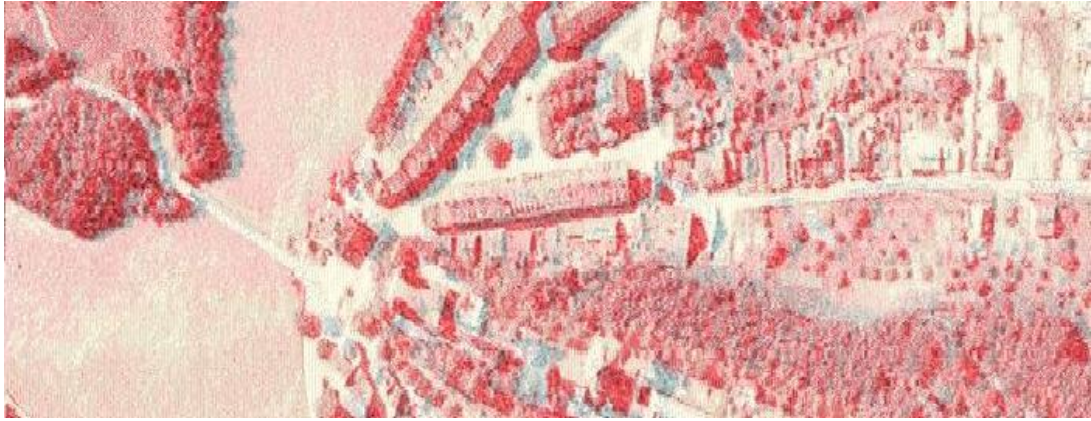
Vizualizace poměrů pomocí blokdiagramu topografické nebo statistické plochy je úspěšně řešena na osobních počítačích, kde se jedná o tzv. 3D modelování [18], které bude podrobněji popsáno v kapitole 5.6 Digitální modely reliéfu (DMR).



Obr. 27: Sada blokdiagramů pro zobrazení vývoje údolí, zdroj [14].

5.1.6 Anaglyfové mapy

Pro získávání prostorového vjemu je zajímavá i aplikace anaglyfů, založená na stereoskopickém vjemu. Metoda je známá z fotogrametrie [18] a uplatňovala se nejvíce v italské kartografii [2]. Půdorysný (vrstevnicový) obraz se vytiskne v modré a červené barvě (Obr. 28). Pozorováním anaglyfovými brýlemi vzniká na základě paralax prostorový vjem [6].



Obr. 28: Výřez z anaglyfové mapy, zdroj [32].

5.1.7 Zhodnocení metody

Kopečková metoda se již dnes pro zobrazování výškopisu na mapách nepoužívá. V některých případech, převážně pro turistické a propagační materiály, se používají pohledové mapy. Oblíbené jsou mapy horských soustav (např. pohledová mapa Šumavy) i velkých územních celků (mapa USA) [18]. Z hlediska získávání informací o výškách je pro nás tato metoda bezcenná, jelikož nemá žádnou geometrickou hodnotu.

5.2 Kótování

Metoda kótování je nejpřesnějším způsobem zachycení terénního reliéfu, neboť kóty získáváme přímo jako výsledek topografického nebo fotogrametrického měření. V mapě slouží kóty pro rychlou orientaci v terénu [6].

Informace o výškových poměrech v mapě jsou zprostředkovány uvedením absolutní nebo relativní výšky (kóty) bodu [9]. Absolutní výšky (nadmořské výšky), které jsou vztaženy ke střední hladině některého moře, po případě k určitému nulovému horizontu, a které jsou rozprostřeny po celé ploše mapových listů, se uvádějí v topografických mapách všech měřítek. Relativní výšky, které se připojují k malým přírodním a umělým tvarům terénu, a které vyznačují převýšení se zřetelem k okolní půdě, jsou důležitou složkou znázorňování zejména v mapách středních a velkých měřítek [1].

5.2.1 Zhodnocení metody

Nespornou výhodou této metody je nezávislost kót na měřítku mapy. Kóty však nedokážou navodit plastický vjem, metoda kótování je tedy vhodná jako metoda doplňková, poskytující bližší informace o výškách v terénu.

5.3 Šrafy

Šrafy jsou krátké spádnice uspořádané ve vrstvách nebo podél určité linie. Kreslíme je jako krátké čárky proměnné délky, tloušťky a hustoty, výjimečně mají tvar trojúhelníkový [6]. Dnes mají pouze doplňkovou funkci. Užíváme je ke znázornění drobných terénních útvarů, které nelze vhodně zachytit pomocí vrstevnic.

5.3.1 Nepravé šrafy

Do této skupiny řadíme šrafy, které nejsou založeny na matematickém základu.

5.3.1.1 Kreslířské šrafy

Kreslířské šrafy (Obr. 29) se kreslí podle subjektivně volených zásad a vytvářejí různě tónované, více nebo méně, prostorově názorné obrazy terénu. Kreslířské šrafy nemají žádnou geometrickou hodnotu [6].



Obr. 29: Kreslířské šrafy, zdroj [25].



Obr. 30: Krajinné šrafy, zdroj [6].

5.3.1.2 Krajinné šrafy

Krajinné šrafy (Obr. 30) jsou vývojovými následníky kreslířských šraf. Používají se na mapách pro vyjádření všeobecného průběhu značně generalizovaných terénních útvarů. Mají povahu tvarových čar, vyznačují úpatnice vyvýšených tvarů či horizontály oblastí vodní eroze (říční koryta) [18].

5.3.1.3 Fyziografické šrafy (skalní šrafy)

Fyziografické šrafy (Obr. 31) se používají při zobrazování skal, ledovců, skalních sutí, které nelze pro jejich strmost a tvarovou rozečkanost vyjádřit vrstevnicemi [18]. Zmíněné terénní útvary zobrazujeme zákresem výrazných

kosterních čar, zejména ostrých hran, které rozčleňují skalní útvar na menší plochy, které vykryjeme volnou šrafurou ve směru horizontál a spádnic [6]. Plastičnost skalní šrafury se u obou směrů šraf dociluje změnou tloušťky čáry podle šikmého kombinovaného osvětlení [2].



Obr. 31: Fyziografické šrafy, zdroj [32].

Obdobně postupujeme při zákresu ledovců a sutí. Zde navíc vymezujeme sesuvnou oblast tečkováním, kameny a kamenné řeky vyznačujeme např. nepravidelně orientovanými trojúhelníčky [6].

5.3.2 Pravé šrafy

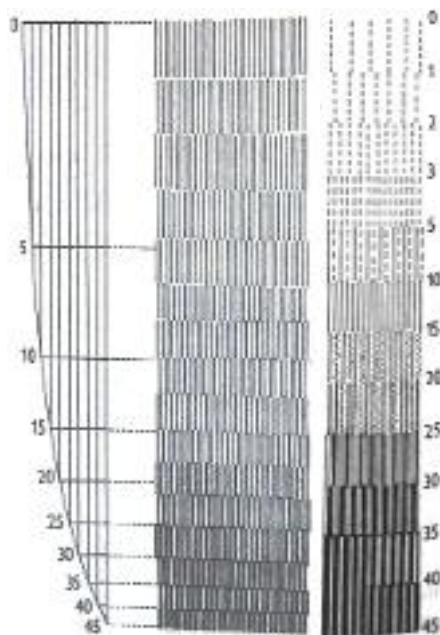
Pravé šrafy jsou šrafy, které již mají matematický základ. Dnes se sestavují na podkladě vrstevnic podle následujících pravidel [2]:

- Délka šraf odpovídá rozestupu mezi dvěma podkladovými vrstevnicemi, nemá však být menší než 0,3 mm a větší než 4 mm.
- Šrafy jsou úseky spádnic, kolmé na vrstevnice, jejich obraz může být mírně zakřivený [18].
- Šrafy jsou uspořádány v rovnoběžných nebo koncentrických řadách.
- Hustota šraf na délkovou jednotku musí být na celé mapě stálá.

5.3.2.1 Sklonové šrafy (Lehmannovy)

Sklonové šrafy vyjadřují sklon terénu poměrem světla a stínu, daného vztahem tloušťky šrafy ku šířce mezery dvou sousedních šraf [6], jedná se o zásadu „čím strmější, tím tmavší“ [18]. Velikost spádu neboli úhlová hodnota terénního sklonu je v Lehmannově šrafuře vyjádřena intenzitou sklonových šraf. Lehmann stanovil stupnici poměru stínu a světla pro určité sklony od 0° až po 45° [1].

Dříve užívaný vztah vycházel ze zásady, že vodorovné plošky zůstanou bílé, svah kolmý k vodorovné rovině bude černý. Protože v terénu převládají malé úhly sklonu, navrhl Lehmann modifikovanou II. (tzv. praktickou) stupnici, kdy k černému vyplnění dochází již při 45° [18].



Obr. 32: Srovnání Lehmannovy (vlevo) a Mufflingovy stupnice, zdroj [14].

Jiní autoři navrhli obdobné koncepce; např. F. K. Muffling používá ve své stupnici též přerušovaných čar a vlnovek (Obr. 32) [14].

Plného významu dosáhla Lehmannova metoda v době, kdy byl topografické mapě dán pevný geometrický základ, tj. když vybudovaná trigonometrická síť vytvořila spolehlivou kostru pro polohově správné zobrazení terénu [1].

Sklonových šraf bylo užito např. na speciálních mapách III. vojenského mapování. Počet šraf v délkové jednotce byl konstantní – 25 šraf/cm, jejich délka nejvýše 4 mm. Vyrytí šrafury pro jeden mapový list trvalo až čtyři roky [6].

5.3.2.2 Stínové šrafy

Stínované šrafy (Obr. 33) použil poprvé v r. 1836 G. H. Dufour, který vystihl, že strmost svahu je již dána délkou šraf a není nutné ji zdůrazňovat ještě tloušťkou. Proměnlivé tloušťky šraf využil jako prostředku k vytvoření plastického dojmu podle principu šikmého severozápadního osvětlení [2]. Kombinace slabě a silně šrafovaných svahů působí mnohem výrazněji než šrafy sklonové a lze jí lépe vyjádřit hřbetnice a údolnice. Nevýhodou metody jsou bílé „jazyky“ na místě údolnic, vzbuzující dojem cest [18].



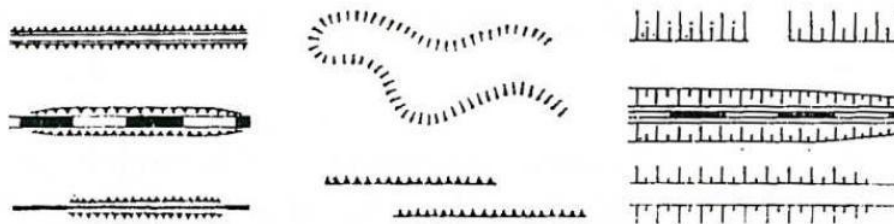
Obr. 33: Stínované šrafy, zdroj [18].

Analogické řešení, založené na využití výpočetní techniky, podal Yoeli (1965). Na základě digitálního modelu terénu uloženého v paměti počítače a volitelného úhlu osvětlení se propočte pro každý bod čtvercového rastru intenzita osvětlení. Grafický výstup se provádí tiskem teček různého průměru [6].

5.3.2.3 Technické šrafy

Technické šrafy (Obr. 34) tvoří řada střídajících se krátkých a dlouhých čárek, vyplňující skloněnou plochu a začínající na její horní vyznačené hraně. Kreslí se střídavě jedna na celou délku a druhá o poloviční délce skloněné plochy. Používají se pouze v mapách velkých měřítek do 1:5000 [2].

Technická šrafa sice informuje o náhlé změně sklonu terénu, ale musí být doplněna kótou pro zjištění velikosti úhlu sklonu [9]. Přírodní útvary zobrazujeme hnědými šrafami, umělé černými, s připojenou kótou relativního převýšení [6].



Obr. 34: Technické šrafy, zdroj [6].

5.3.2.4 Topografické šrafy

Topografické šrafy mají tvar vzájemně uspořádaných klínků, orientovaných ve směru spádu. Vyznačují např. terénní hrany (pískovny, mohyly, vymletá řečiště) [18]. Jejich různým tvarem je možno vyjádřit druh hran, ve kterých se různě skloněné plochy stýkají, tj. jejich tupost nebo zaoblenost, a jejich tloušťkou je možno vyznačit, ve kterých místech je sklon zobrazované plochy menší [1]. V topografických mapách se kreslí hnědě [18].

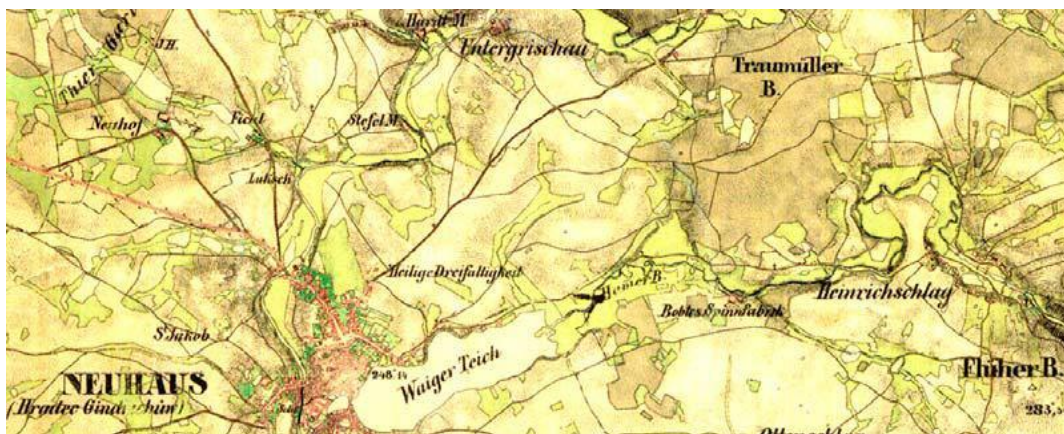
5.3.2 Zhodnocení metody

Obraz vzniklý pomocí šrafování je velmi názorný, avšak jeho vznik je mimořádně pracný a zdlouhavý. Mapové pole je navíc šrafurou zbytečně zatěžováno, čímž dochází ke snížení čitelnosti polohopisu a popisu. Metoda je tedy vhodná pouze jako doplňková, její použití doporučuji pouze pro malé plochy, jejichž průběh nelze znázornit jinou metodou.

V našich zemích bylo šrafování využíváno především v období I. – III. vojenského mapování. Při I. vojenském mapování byla jako podklad použita zvětšenina Müllerovy mapy Čech, do které vojenští důstojníci zakreslovali situaci metodou „à la vue“. Mapování bylo prováděno bez geodetických základů, výškopis se kreslil pomocí kreslířských šraf [18].

Mapy II. vojenského mapování (Obr. 35) již byly prováděny na geodetických základech, výškopis se kreslil sklonovými šrafami [9]. Poloha vrcholových tvarů a průběh čar terénní kostry byly zjišťovány pomocí grafického protínání. Měřením nebo odhadováním úhlů sklonu byly získávány potřebné údaje k půdorysnému vyjádření terénních šraf [23].

III. vojenské mapování řídil Vojenský zeměpisný ústav ve Vídni. Výšky se určovaly výškoměrem nebo barometricky [9]. Terén byl znázorňován tzv. kombinovaným způsobem, tj. kótami, vrstevnicemi, šrafováním a lavírováním [23].



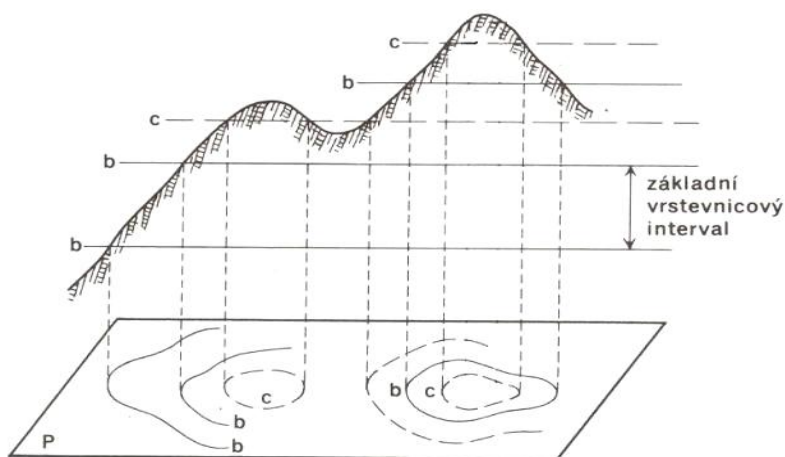
Obr. 35: Výřez z mapy II. vojenského mapování, zdroj [23].

5.4 Vrstevnice

Vrstevnice jsou uzavřené linie spojující na topografické ploše body o stejné, vhodně zaokrouhlené výšce. Jsou to půdorysné obrazy průniků hladinových ploch (zjednodušeně vodorovných rovin) vedených v určitém výškovém intervalu [15]. Vrstevnice nad zvolenou základní nulovou plochou nazýváme izohypsy, pod touto plochou je označujeme jako izobathy (hloubnice). V mapě tiskneme vrstevnice hnědě, hloubnice a také vrstevnice na sněhu a ledovcích modře [6].

Průběh vrstevnic musí být nepřetržitý až na některé výjimky, např. pod domy v obci, kdy je nutno vrstevnice přerušit apod. Nadmořská výška vrstevnic se udává číselnými kótami vepisovanými ve směru průběhu vrstevnic tak, aby vršky číslic směřovaly do kopce. Čísla vrstevnic nemají vytvářet sloupce, ty působí neesteticky [2]. Zvláště nutné je připojit výškové kóty u ploch negativních (dno jámy) a ploch pozitivních (vrchol kupy) za účelem rychlé orientace v mapě [7].

Vzdálenost dvou vrstevnic na mapě se nazývá *rozestup vrstevnic* [2]. Rozestupy mezi vrstevnatými rovinami nazýváme *základní interval* (Obr. 36).



Obr. 36: Základní vrstevnicový interval, zdroj [26].

V rámci topografických map stejného měřítka bývá základní interval konstantní. Při jeho volbě je nutno respektovat sklonové poměry reliéfu. Z nich vyplývá krajní mez v mapě zobrazitelné vzdálenosti dvou sousedních vrstevnic, dána hodnotou cca 0,3 mm. V našich výškopisných podmínkách se běžně volí v závislosti na měřítku mapy hodnotou $i=M/5000$, kde M je měřítkové číslo [18].

Podle vrstevnicového intervalu se rozlišují čtyři druhy vrstevnic:

- *Základní vrstevnice*, jejichž výška je dělitelná zvoleným výškovým intervalem [18].
- *Zdůrazněné vrstevnice*, což jsou vrstevnice, které se vykreslují v celém svém průběhu silnější (tlustší) čarou. Obvykle se pro zdůrazněné vrstevnice volí pětinašobek základního intervalu [33].
- *Doplňkové vrstevnice*, které na rozdíl od základních a zdůrazněných vrstevnic nemusejí být uzavřené. Sestrojují se jen na místech, kde je rozstup základních vrstevnic tak velký, že dostatečně nevystihuje tvary reliéfu. Vrstevnicový interval je roven polovině nebo čtvrtině základního intervalu. Kreslí se přerušovanou čarou, nejlépe tenčí než u základní vrstevnice (přerušovaná působí opticky více než spojitá) [2].
- *Pomocné vrstevnice*, tedy zjednodušené nekótované horizontály kreslené bez geodetických podkladů. Kreslí se čárkovaně v místech, kde nebylo možno kreslit vrstevnice právě jako v úsecích, kde je sesuv půdy, v sídlištích se stupňovitě upravenými zahradami atd. Čili znázorňují přibližně terén tak, jak vypadal před příslušným zásahem do reliéfu terénu [7].

Pro dobrou orientaci o směru sklonu terénu se doplňují vrstevnice spádovkami. To jsou krátké čárky (počátky hřbetnic), které se vyznačují tam, kde by z kresby vrstevnic nemusel být jasný směr sklonu. Kreslí se např. v rovinách, kde jsou terénní tvary málo výrazné, vrstevnice o stejné výšce se opakují nebo v okolí vrcholů terénních útvarů, v sedlech, spočincích, u prohlubenin [9].

5.4.1 Konstrukce vrstevnic

Vrstevnicový obraz je možno získat přímo fotogrametrickým vyhodnocením nebo automatickým vyřešením na počítači. Nepřímo jej získáváme grafickou interpolací mezi obecně rozptýlenými polohově i výškově zaměřenými podrobnými body. Má-li topografická plocha mezi podrobnými body stejnosměrný spád, lze vrstevnice interpolovat lineárně. V přírodě však převažují terénní plochy se spádem plynule přibývajícím nebo ubývajícím, proto je nutno na spádnících provádět

morfologickou interpolaci s plynule proměnnými rozestupy vrstevnic v závislosti na změně spádu [6].

Je třeba provést generalizaci vrstevnicového obrazu reliéfu. Generalizace má tento postup [18]:

- generalizace orografického schématu s ohledem na měřítko;
- vykreslení úseků hlavních vrstevnic v místech hřbetnic, údolnic a spádnic;
- vyznačení vrcholů vyvýšenin a sedel;
- dokreslení hlavních vrstevnic na ucelený průběh;
- doplnění ostatních vrstevnic a dalších prvků výškopisu (skalní kresba, šrafy, aj.).

5.4.2 Stínované vrstevnice

Zajímavou, i když pro svoji pracnost dnes velmi zřídka používanou technikou navozování prostorového vjemu vrstevnicového obrazu jsou stínované vrstevnice (Obr. 37). Při konvenční představě severozápadního osvětlení reliéfu se části vrstevnic, ležící v oblasti vrženého stínu, vykreslují zesíleně.



Obr. 37: Stínované vrstevnice, zdroj [6].

K tomu se používá speciální pero. Jedná se o graficky náročnou záležitost, kterou mohou provádět kartografové s citem a prostorovou představivostí [18].

5.4.3 Zhodnocení metody

Vrstevnice nezakrývají situační kresbu, vyjádření tvaru terénu, zvláště při větším sklonu plochy je velmi názorné a konstrukce profilů je snadná [7]. To vše jsou důvody, proč je dnes zobrazení terénu pomocí vrstevnic nejpoužívanější metodou. A to i přes nevýhodu nutnosti zaměření velkého množství výškových bodů pro sestrojení vrstevnic.

V období 1918 – 1923 byla prováděna Zeměpisným vojenským ústavem reambulace vojenských map z třetího vojenského mapování, protože se ukázalo, že zejména přesnost po stránce výškopisné je nepostačující. V letech 1923 – 1938 se provádělo nové topografické mapování, později (1938 – 1945) na podkladě nových přesnějších geodetických podkladů [7]. Tak vznikly například mapy 1:10 000

s intervalem vrstevnic 1 m a 2 m, nebo mapa v měřítku 1:20 000 s intervalem vrstevnic 5 m.

5.5 Barevná hypsometrie (barevné odstupňování výšek)

Metoda barevné hypsometrie spočívá v barevném nespojitém znázornění výšek zemského povrchu po jednotlivých výškových stupních. Výškovým stupněm se rozumí výškový rozdíl vrstevnic, které jej ohraničují, plocha mezi těmito vrstevnicemi se nazývá výšková vrstva. Každá výšková vrstva se vykřívá barvou odpovídající příslušnému výškovému stupni podle hypsometrické stupnice barev [2].

Jeden z tvůrců hypsometrie je Fr. Hauslab (1798 – 1883), který užíval dvou stupnic - stupnici jednobarevnou a stupnici vícebarevnou [7]. Přístup Hauslaba byl založen na vytvoření harmonicky vyvážené barevné stupnice, vytvořené podle zásady čím vyšší, tím tmavší [6]. Jednobarevná stupnice se skládala z odstínů téže barvy, při čemž nejsvětější odstín byl vyhrazen vrstvě nejnižší a odstín nejtmaší vrstvě nejvyšší. U vícebarevné stupnice vrstva nejnižší měla bílou barvu, pak následovala oranžová, červená, zelená, modrozelená, červenohnědá, a pro vrstvu nejvyšší barva fialová (Obr. 39a) [7].

Podle stejné zásady postupoval i český geograf a geodet K. Kořistka, který propracoval metodu barevného odstupňování výšek k velké dokonalosti. Kořistkovy rukopisné mapy se vyznačují nejen dokonalou kresbou čar, ale i koloritem jemných vyrovnaných barev, který při uchování průzračné lehkosti dokáže zřetelně odlišit výškové polohy i vytvořit barevnou plasticitu (Obr. 38) [11].



Obr. 38: Výřez z Kořistkova výškopisného plánu Prahy, zdroj [11].

Hauslabův současník Sydow navrhl stupnici na základě barev převládajících v přírodě (tzv. švýcarská manýra) [6]. Jejím vývojem a úpravami vznikla nejznámější a nejužívanější Sydowova-Wagnerova stupnice: modrozelená, zelená, žlutozelená,

žlutá, žlutohnědá, oranžovohnědá, hnědá, hnědočervená (Obr. 39b). E. von Sydow byl také autorem první stupnice zpracované podle zásady čím výše, tím světleji, nejprve černobíle, tj. tóny šedi, později barevně ve sledu šedá, šedo zelená, žlutá, bílá (Obr. 39c). Tento sled barev ztemňuje nejnižší nejvíce osídlené plochy, kde je mapa obvykle hustě zaplněná. Proto se hodí především pro horské oblasti bez nížin.

Sydowovy stupnice byly předchůdkyněmi pozdějších stupnic E. Imhofa, založených na základě myšlenky tzv. vzdušné perspektivy. Vzdušnou perspektivou se rozumí změna barev s rostoucí vzdáleností v důsledku rozptylu a pohlcování světla atmosférou. Pro Imhofovy stupnice je typický tento sled barev: šedomodrá, modrozelená, zelená, žlutozelená, zelenožlutá, žlutá, světle žlutá, bílá (popřípadě narůžovělá) (Obr. 39d) [2].

S dalším námětem, tzv. teorií barevné plastiky, odůvodňovanou momenty fyzikálními a fyziologickými, přišel r. 1898 K. Peucker. Jeho spektrálně adaptivní stupnice v pořadí od šedé přes zelenou, žlutou, oranžovou ke karmínově červené, se uplatnila jen v několika mapách (Obr. 39e) [1].

Současné stupnice volí modrou barvu pro moře – čím hlubší, tím tmavší; zelenou pro níže položené a úrodné oblasti – čím nižší, tím tmavší; s přechodem přes žlutou, hnědou až červenohnědou pro výše položené a neplodné plochy [6].

a) Hauslabova stupnice



b) Sydowova - Wagnerova stupnice



c) Sydowova stupnice



d) Imhofova stupnice



e) Peuckerova stupnice



Obr. 39: Srovnání hypsometrických stupnic, zdroj [vlastní tvorba].

5.5.1 Zhodnocení metody

Metoda zobrazení terénu pomocí barevného odstupňování je přehledná a názorná, avšak barvy mohou vyvolávat u pozorovatelů nesprávné závěry (např. zelená pro nížiny může evokovat bujnou vegetaci, i když ve skutečnosti se

jedná o vyprahlou poušť). Navíc z tohoto znázornění nelze vyčíst přesnou výšku. Pro podrobné mapy velkých a středních měřítek je tedy vhodné tuto metodu doplnit např. vrstevnicemi a výškovými kótami.

Příkladem českých hypsometrických map jsou například Kořistkovy mapy – Výškopisný plán Prahy z roku 1858 a Mapa Krkonoš z roku 1877.

5.6 Stínování (tónování)

Kóty ani vrstevnice neposkytují dostatečný prostorový vjem. Obraz reliéfu se proto často doplňuje stínováním [18]. Stínování využívá ke znázornění reliéfu střídavě se měnících světlých a tmavých tónů. Pro podobnost se střídáním stínů ve skutečné krajině se místo přesnějšího a doporučeného výrazu tónování běžně používá méně obecný, ale názornější a všeobecně rozšířenější termín stínování. Ve skutečnosti je však stínování pouze zvláštním druhem tónování.

Postatou této metody je představa, že na všechny plochy reliéfu dopadají světelné paprsky z téhož směru a vytvářejí rozdíly v osvětlení [2]. Při volbě úhlu dopadajících paprsků hodnotou 45° , dostává mapa podobu leteckého snímku, kdy strany přivrácené ke světlu jsou světlé a odvrácené ztemnělé [6]. Sklon dopadajících paprsků vůči vodorovné rovině by měl být jednotný na celé ploše mapy, aby se intenzita tónu v závislosti na sklonu svahů měnila všude stejně.

Hlavní směr osvětlení bývá obvykle od severozápadu, není to ovšem jediný možný směr, vhodné je i osvětlení od západu, popř. jihozápadu, které odpovídá směru osvětlení severní polokoule v odpoledních hodinách. Naproti tomu jižní osvětlení, propagované některými kartografy jako v přírodě nejobvyklejší, se zatím uplatnilo jen výjimečně, protože s sebou přináší i nebezpečí inverzního chápání reliéfu.

Vedle hlavního směru osvětlení se vždy volí ještě vedlejší směr osvětlení, obvykle od severu. Tento směr osvětlení se využívá při stínování hřbetů, které jsou protaženy ve směru severozápad – jihovýchod a při použití pouhého hlavního směru osvětlení by byly na obou svazích stínovány stejně.

Pro zvýšení plastického účinku se zavádějí ještě určité prvky vzdušné perspektivy:

- V zájmu odlišení osvětlených svahů od vodorovné roviny se osvětlené svahy v dolních partiích slabě stínují.
- Protilehlé svahy se u hřbetnic stínují kontrastněji, u údolnic méně kontrastně.
- Místní stíny se na zastíněných svazích zesilují, na osvětlených svazích zeslabují.

Osvětlené svahy se mohou od zastíněných odlišit i barevně, např. švýcarské nebo německé mapy používají pro osvětlené svahy žlutou, pro zastíněné šedou nebo modrošedou [2].

Celkem rozlišujeme tři druhy tónování.

5.6.1 Sklonové tónování

Sklonové tónování (stínování při tzv. svislém osvětlení) je vybudováno na stejném základě jako Lehmannova šrafura, tedy podle zásady, čím příkřejší, tím tmavší. Stupnice sytosti tónů, zpravidla v šedé nebo šedomodré barvě, bývá až do 5° rozčleněna po 1°, aby mohly být vymodelovány i ploché části terénu, a poté po 5° až do stanoveného maximálního sklonu [1]. Sklonové tónování nepůsobí dostatečně plasticky, a proto se samostatně nepoužívá [2].

5.6.2 Stínování při šikmém osvětlení

Stínování při šikmém osvětlení je shodné s rozložením světla a stínu na šikmo shora osvětleném trojrozměrném modelu: přivrácené svahy jsou světlé, odvrácené svahy tmavé. Na vodorovné plochy nedopadají paprsky kolmo, a proto jsou stínovány, což je ovšem z hlediska jejich bohaté obsahové náplně nevýhodné [2]. Na rozdíl od předchozího způsobu vyvolá toto stínování neobyčejně účinný, plasticky působící obraz [1].

5.6.3 Kombinované stínování

Tato metoda stínování vznikla sloučením obou předchozích způsobů. Intenzita tónu se mění v závislosti na směru osvětlení a současně i na sklonu svahu. S každým ohybem vrstevnice a současně s každou změnou rozstupu vrstevnic je nutno měnit i intenzitu stínování. Vodorovné plochy zůstávají bílé. Kombinované stínování (Obr. 40) je nejvhodnějším a nejpoužívanějším druhem tónování [2].



Obr. 40: Kombinované stínování, zdroj [2].

Pro vytvoření stínů užíváme různé technologie:

- **Ruční stínování** vždy vychází z vrstevnicového obrazu [6] (modrokopie). Stín se vyjadřuje vykryváním oblasti stínu velmi měkkou tužkou (6B), technikou těrkování, založenou na roztírání tuhového nebo křídového prášku nebo lavírováním [15], tj. stínováním rozmýváním tuše nebo barvy [2], metodou dark-plate neboli seškrabáváním šedé vrstvy nanesené na průsvitný list plastu [15].

Technika ručního stínování je pracná, značně náročná na prostorovou představivost a vyžaduje dlouhodobou praxi a estetické vnímání [18].

- **Fotomechanické stínování** spočívá v ofotografování šikmo osvětleného trojrozměrného modelu reliéfu a následné retuši vržených stínů [2]. Jinou technikou je nastříkání reliéfní (trojrozměrné) mapy stříkací pistolí na stlačený vzduch, směr nástřiku byl volen jihovýchodní [18].

- **Automatizované stínování** používá jako podklad digitalizovaný obraz vrstevnic dodaný do paměti počítače.

Stínování je často využíváno jako doplňková metoda k barevné hypsometrii. Na tomto principu zpracoval J. Králík tzv. kontinuální difúzní hypsografii, použitou v r. 1987 na slovenském fyzickém glóbu 1:50 000 000. Stínování se provádí při současném dodržení zásad „čím strměji, tím temněji“ a „čím výše, tím temněji“. Nízko položená území se nestínují vůbec [2].

5.6.4 Zhodnocení metody

Metoda stínování podává názorný obraz o plastice terénu, a přesto nenarušuje čitelnost mapy. Dnes, kdy se k tvorbě využívají počítače, je tato metoda rychlá a neklade nároky na vysokou zručnost autora mapového díla. Z tónované mapy však nelze určit přesnou výšku bodu.

5.7 Digitální modely reliéfu (DMR)

S rozvojem moderní výpočetní techniky se vyskytl požadavek na digitální zpracování výškových dat a jejich využití v geografických informačních systémech [8]. Vedle pojmu mapa se objevuje pojem „digitální model terénu“ (Obr. 41). I v české odborné literatuře se často vyskytuje zkratka DTM (z angl. Digital Terrain Model) a říká se také digitální terénní model [13]. DTM se většinou rozumí geometrický popis terénu. Takovýto popis umožňuje ve spojení s polohopisnými informacemi vytvořit prostorový model území [27].

Jeho široké využití vychází z následujících předností [20]:

- přesně vyjadřuje georeliéf;
- je vhodný pro shromažďování dat o zemském povrchu;
- minimalizuje požadavky na uložení dat;
- zvyšuje výkonnost zpracování hypsometrických dat;
- je vhodný k provádění povrchových analýz;
- umožňuje dobrou vizualizaci zemského povrchu.



Obr. 41: DTM, zdroj [29].

Dalším typem digitálního modelování je digitální výškový model DEM (z angl. Digital Elevation Model), popisující 2,5D rastrový model, který obsahuje výškové body ve vztahu k referenčnímu povrchu, často bez omezení toho co objekty reprezentují. Tento termín charakterizuje spíše modelovací techniku, než data, která DEM popisuje [10].

5.7.1 Datové reprezentace

Pro snadný popis terénu se většinou používá princip rozdělení celé plochy na menší části, které se dají snadněji geometricky popsat. Podle charakteristik těchto plošek se rozlišují následující typy modelů [30]:

5.7.1.1 Rastrový model

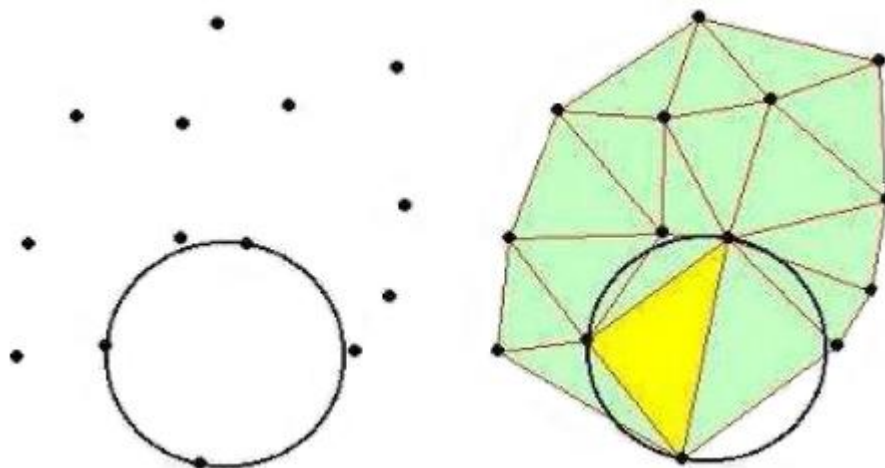
Rastrový model je chápán ve dvou variantách. První považuje buňku (pixel) za plošku (fasetu) uzavřenou čtyřmi body rastrové sítě, z nichž každý může mít jinou výšku (grid), a výsledný model je tak tvořen zborcenými čtyřúhelníky [10], které je možno rozdělit na trojúhelníky, případně je možné uvažovat i jiné, složitější

plochy [17]. Druhá pokládá buňku za objekt reprezentující pravoúhloú plošku integrálně a přiřazená hodnota reprezentuje atribut výšky pro celou plochu buňky [10].

5.7.1.2 Polyedrický model

Elementárními ploškami jsou v tomto případě nepravidelné rovinné trojúhelníky, které k sobě přiléhají a tvoří tak nepravidelný mnohostěn, který se přimyká k terénu. Vrcholy mnohostěnu jsou souřadnicově určené body na terénní ploše, interpolace se obvykle provádí lineárně po trojúhelnících [17]. Tento přístup, označovaný jako triangulace či nepravidelná trojúhelníková síť, v originále Triangulated Irregular Network (TIN), je v současné době nejrozšířenější u vektorově orientovaných GIS [10].

Hlavní výhodou triangulovaných povrchů je adaptabilita s ohledem na vstupní data: oblasti s velkou variabilitou terénu jsou pokryté hustou sítí terénu, vzniká tedy velké množství malých trojúhelníků; ploché oblasti (nebo s konstantním sklonem) obsahují méně bodů, díky tomu vznikají velké trojúhelníky [29]. Tvar trojúhelníků stanovuje tzv. Delaunayova podmínka [8], jejíž princip je velmi jednoduchý – třemi body je proložena kružnice (Obr. 42) a zkoumá se, zda uvnitř kružnice proložené třemi body leží další bod. Pokud ano, zvolí se jiné tři body, pokud ne, z testovaných bodů se vytvoří trojúhelník [29].



Obr. 42: Delaunayova podmínka, zdroj [29].

Model TIN má však i své nedostatky. V případě, že se TIN vytváří z vrstevnic, mohou vznikat tzv. umělé terasy (většinou v okolí plochých hřbetů a údolí), které znemožňují následnou automatickou tvorbu linií a odtoků nebo rozvodnic [19]. Tato chyba se dá odstranit dodáním výškových bodů nebo linií terénní kostry [29].

5.7.1.3 Plátový model

Plátový model má mnoho rysů společných s modelem polyedrickým. Terén je opět rozdělen na menší plošky, které však nemusí být pouze rovinné, mohou být i jistým způsobem zakřivené. Nejčastěji se používají plochy popsitelné polynomickými funkcemi, které na sebe při hraničních liniích navazují tak hladce, aby byla zaručena spojitost derivací do jistého, předem daného řádu [10]. Tento způsob popisu nepravidelných křivých ploch byl prvně použit v průmyslovém designu, odkud též pochází termín plát [17].

5.7.2 Interpolace

Při tvorbě DMT se využívá metody interpolace, která slouží k výpočtu hodnot v místech, kde nebyly měřeny. Nejčastěji se jedná o výpočet výšky (souřadnice z) pro zadaný bod nebo pixel nebo výpočet polohy (souřadnice x, y) při interpolaci vrstevnic [10]. Existuje několik metod prostorové interpolace:

5.7.2.1 Metoda inverzních vzdáleností (IDW - Inverse Distance Weighting)

IDW je interpolační funkce využívající toho, že každý bod má v interpolaci lokální vliv, který klesá se vzdáleností. Na základě této vzdálenosti je bodu přiřazena určitá váha. Váha bodu, který je geometricky blíže k interpolované buňce, je větší než váha bodu vzdálenějšího [8]. Interpolovaná hodnota nadmořské výšky je vypočtena váženým průměrem nadmořských výšek okolních bodů [20].

5.7.2.2 Trend

Body interpolovaného povrchu lze v případě jeho spojitost vypočítat polynomickou funkcí, tzv. trendem [20]. Výsledný povrch neprochází žádným ze vstupních bodů, pouze se snaží o maximálně nejlepší přizpůsobení povrchu souboru vstupních bodů. Zvyšováním stupně polynomu lze vystihnout složitější tvary a redukovat náhodnou složku. Je zde ovšem vyšší pravděpodobnost výskytu chyb (a tím větších odchylek) na okrajích území nebo v územích mimo měření [19].

5.7.2.3 Spline

Metoda spline vychází z interpolace pomocí nejčastěji kubických funkcí [10] a generuje povrch s minimální křivostí. Pomocí parametrů, které řídí spline interpolace můžeme definovat chování výsledného povrchu tak, aby např. pro vyšší hladkost neprocházel přesně vstupními body. Vždy však musíme mít na paměti účel, pro který DMT vytváříme – při požadavku výškové přesnosti by výsledný DMT

měl procházet vstupními body, zatímco např. pro hydrologické analýzy je vhodnější povrch hladší (a výškově ne úplně přesný) [29].

Výhodou metody spline je, že lze modifikovat části terénu, aniž by se musel přepočítávat povrch, nevýhodou naopak, že výsledný reliéf je nerealisticky hladký díky shlazení bariér a skoků [19].

5.7.2.4 Kriging

Kriging je proces, který generuje odhadnutý povrch z rozptýlené množiny bodů, obsahující informaci o nadmořské výšce/hodnotě modelovaného jevu. Na rozdíl od ostatních interpolačních metod vyžaduje interaktivní zkoumání modelovaného jevu, abychom byli schopni zvolit vhodnou metodu odhadu pro výsledný povrch. Kriging je komplexní proces, který vyžaduje hlubší znalost prostorové statistiky [29]. Tato metoda může dosahovat velmi přesných výsledků, ale je značně výpočetně náročná [19].

Z hlediska využití interpolace je nutné si uvědomit, že neexistuje nejlepší (přesná) metoda, pouze nejlepší odhad, a tedy nelze spoléhat na jedinou interpolační metodu. Nedílnou součástí je verifikace, tj. ověření výsledku interpolace hodnocením rozptylu, srovnáním s jinými metodami či s původně naměřenými hodnotami [10].

5.7.3 Hodnocení kvality a přesnosti

Zásadní vliv na kvalitu výsledného DTM má výběr zdrojů a způsobu získávání dat. V současnosti je většina dat získávána ze tří různých zdrojů: z pozemního měření, fotogrametrie nebo digitalizací zdrojů kartografických dat. Ostatní metody využívají radarové nebo laserové měření výšek a sonary (pro podvodní terén) [28].

Vždy je nutné provést kontrolu těchto dat, aby se případné chyby nepřenášely dále do modelů. Základním a nejjednodušším postupem jsou různé způsoby vizualizace vstupních dat. Takovéto způsoby jsou však vhodné pouze pro odhalení hrubých chyb na relativně malém území. Pro rozsáhlejší prostory a pro detailní kontrolu je nutné nejprve DTM vytvořit a poté vhodnými prostředky tento povrch vyhodnotit [10].

Velmi běžnou metodou kontroly je vynechání určitého procenta vstupních bodů. Po vygenerování DTM výšku těchto bodů odečteme od výsledného povrchu, abychom zjistili, jak přesně tento povrch reprezentuje skutečný terén.

Další jednoduchou metodou je vizuální kontrola vrstevnic. Z výsledného DTM si necháme vygenerovat vrstevnice o polovičním intervalu, než jsou vrstevnice vstupní a vizuálně porovnáme, jaký je průběh povrchu mezi vrstevnicemi. Položení původních a výsledných vrstevnic přes sebe může pomoci odhalit chyby v interpolaci [29].

Pro svoji jednoduchost a rychlost je často pro tvorbu DTM využívána metoda TIN. Z TIN struktury se vygeneruje rastrový model DTM a k vyhledání chyb se použijí filtry. Vzhledem k povaze chyb (chybně uvedený atribut vytváří falešnou singularitu) je vhodné použít filtry pro analýzu hran – Laplaceův filtr (zvýraznění hran) nebo Sobelův filtr (detekce hran) s vhodnou velikostí filtrovacího oka [10].

Výškové hodnoty v DTM jsou zatíženy třemi typy chyb [19]:

- *Omyly* jsou vertikální chyby spojené s procesem sběru dat. Jejich velikost často přesahuje maximum absolutní povolené chyby a jsou proto snadno identifikovatelné.
- *Systematické chyby* jsou výsledkem procedury použité v procesu vytváření DTM a sledují předem určená schémata nebo pravidla. Jsou obvykle předem předvídatelné, tento typ chyb je spojen s určitou předpojatostí a často uměle vytváří nereálné tvary reliéfu.
- *Náhodné chyby* jsou čistě náhodné a nepředvídatelné a zůstávají po odstranění omylů a systematických chyb. Mají normální rozložení a jsou charakterizované proměnlivostí znaků, častějším výskytem malých chyb než velkých, vzácným výskytem extrémně velkých chyb atd. Pozitivní a negativní systematické chyby se vyskytují se stejnou četností.

5.7.4 Software pro zpracování DTM

V současné době existuje velké množství softwarových produktů, umožňující zpracování DMT a většina z nich je součástí programů z oblasti GIS.

- *TopoL* – původní český GIS vyvíjený od 90. let firmou Help Service Mapping.
- *Idrisi* – rastrově zaměřený GIS s modulární koncepcí, který je vyvíjen od roku 1987 v Clark Labs.
- *ArcGIS* – patří do rodiny legendárního softwaru, který je průkopníkem GIS již od roku 1976, v rámci produktové řady firmy ESRI.

- *Surfer* – produkt určený pro vizualizaci „povrchů“ z diskrétních hodnot bodových měření, vyvíjený firmou Golden Software, Inc. pro inženýrské a výzkumné aplikace.
- *Atlas* – je produktem stejnojmenné české firmy, založené v roce 1990 za účelem vývoje vlastního grafického softwaru pro oblast inženýrských prací. Společnost v této oblasti úzce spolupracuje se švýcarskou firmou Ingenieurbüro Bernhard Pöpping a s českými firmami GEPRO a TopoL Software.
- *GRASS* – je software, který má licenci GNU General Public Licence, což činí tento produkt svobodně přístupný, ale při dodržení dalších podmínek. GRASS je modulárně koncipovaný GIS, obsahující přes 400 programů a pomocných prostředků, které umožňují práci s rastrovými i vektorovými daty [10].

5.7.5 Zhodnocení metody

Digitální modely dnes již běžně využívají odborníci zabývající se studiem procesů probíhajících na Zemi, tedy především geologové, hydrologové, geografové, ekologové a další, avšak dá se očekávat, že do budoucna se stanou běžnou součástí života každého z nás.

Digitální modely terénu jsou velmi názorné a umožňují uživatelům provádět nejrůznější analýzy od modelování odtoku přes šíření radiového signálu, odhad půdní eroze až po analýzu dostupnosti místa apod. Určování výšek bodů je u digitálních modelů velmi snadné, jelikož každý bod je určen prostorovými souřadnicemi, tedy i výškou.

5.8 Skalní útvary

Znázorňování skalních útvarů, zpravidla příkrých a místy i převislých a u některých hornin chaoticky rozčleněných, je úkol velmi obtížný [1]. Budeme-li se snažit zachytit skálu pouze vrstevnicemi, výsledkem bude nepřehledná a nečitelná změť čar, protože jednotlivé vrstevnice budou ležet příliš blízko sebe a začnou se slévat. Řešením jsou skalní (též fyziografické) šrafy, které se i na současných mapách velkých a středních měřítek jako výrazový prostředek pro zachycení plošně rozlehlejších skalních útvarů běžně používají.

Samotný pojem skalní šrafy není jednotný, ale zahrnuje celou řadu stylů, které se liší podle zvyklostí v jednotlivých zemích či vydavatelstvích. Všeobecně velmi dobře hodnoceným stylem je tzv. švýcarská manýra [12], spočívající v kombinaci skalních šraf s vrstevnicemi a výškovými body. Postupuje se tak, že se ve skalních plochách nejprve nakreslí výškové body a stínované zdůrazněné vrstevnice. Potom se vykreslí terénní kostra. Skutečný reliéf skal se zjednoduší na tzv. skalní polyedr, jehož stěny, omezené pomocnými čarami terénní kostry, jsou pro účely znázorňování skal považovány za jednoduché spojitě plochy a vyplňovány skalními šrafami. Ve výsledné mapě je rozčlenění skalního reliéfu vystiženo střídáním ostře kontrastujících světlých a tmavých šrafovaných ploch [1].

Na českých mapách jsou skály znázorňovány značně schematicky hnědými šrafami, pro které se vžil název žebříčková manýra. Oproti švýcarské metodě je kresba skal touto metodou výrazně jednodušší, ale nepůsobí nijak zvlášť plasticky. Degradují ji především libovolně rozmístované spádnice spojené mezi sebou řadou horizontálních šraf, které vytváří dojem ve skutečnosti neexistujících terénních hřbetů.

Způsob, jakým jsou na současných mapách zachyceny skalní útvary, má do ideálního stavu poměrně daleko. Současné metody získávání informací o terénu však nabízí možnost tento stav zlepšit – zejména podrobné digitální modely terénu vytvořené z dat leteckého laserového skenování skýtají značný potenciál pro zpodrobnění informací o skalním terénu. Pro extrakci některých informací z těchto modelů již existují algoritmy, které by umožnily doplnit stávající topografické databáze. Na základě těchto informací by pak bylo možné reprezentovat skály na mapách podrobněji a názorněji. Otázka automatické či semiautomatické tvorby skalních šraf ovšem zůstává prozatím otevřeným problémem [12].

6. Závěr

Každý z popsaných způsobů znázorňování terénu je specifický, má svoje klady i zápory. Použití kterékoliv metody samostatně by nepodávalo dostatečně názornou představu o terénu nebo by neposkytovalo informace o výškách. Např. z kót jsme schopni odečíst přesné výšky bodů, ale nedokážeme si představit, jak terén vypadá. Naopak šrafy nám dokážou dostatečně zprostředkovat tvar terénu, avšak vyčíst z nich výšku bodů je velmi obtížné.

Jako nejlepší samostatná metoda se jeví vrstevnice, ze kterých jsme schopni odečíst výšku a ve většině případů i tvar terénu. Ani metoda vrstevnic však není dokonalá a ideálním řešením tak zůstává použití několika metod najednou.

Nejčastější kombinací na našich mapách je použití vrstevnic jako základu, který je pro lepší přesnost a detailnější zachycení terénu doplněn kótami, technickými, topografickými a případně i skalními šrafami. Pro lepší názornost může být doplněn i barevnou hypsometrií.

Poměrně novou metodou je metoda digitálních modelů terénu. Ta však mezi běžnými uživateli není příliš rozšířena, pravděpodobně i kvůli vysokým nárokům na jejich technickou a softwarovou vybavenost.

Výběr správného způsobu zobrazení se také odvíjí od budoucího využití mapy. Např. mapám určeným pro technické účely postačí vrstevnicové zobrazení, které nemá dostatečnou názornost. Naopak mapy určené pro výuku nebo propagační účely nepotřebují zobrazovat přesné informace o výškách, ale důležitá je názornost těchto map.

Věřím, že vývoj v oblasti znázorňování terénního reliéfu ještě není uzavřenou kapitolou a do budoucna se budeme setkávat se stále dokonalejšími a přesnějšími metodami.

Seznam použité literatury

Tištěné dokumenty

- [1] BOGUSZAK, František – ŠLITR, Jaroslav. *Topografie*. 1. vydání. Státní nakladatelství technické literatury. 1962. 292s. ISBN 04-020-62.
- [2] ČAPEK, Richard – MIKŠOVSKÝ, Miroslav – MUCHA, Ludvík. *Geografická kartografie*. 1. vydání. Státní pedagogické nakladatelství Praha. 1992. 375s. ISBN 80-04-25153-6.
- [3] DEMEK, Jaromír. *Obecná Geomorfologie*. 1. vydání. Academia Praha. 1987. 476s.
- [4] DUŠÁTKO, Drahomír. Vývoj kartografického znázorňování terénního reliéfu na mapách. *Zeměměřič*. 2008. roč. 15. č. 3+4. s. 14-16.
- [5] DUŠÁTKO Drahomír, Vývoj kartografického znázorňování terénního reliéfu na mapách. In *Z dějin geodézie a kartografie 12*. Rozpravy Národního technického muzea v Praze 186. Národní technické muzeum. Praha. 2004. s. 5-29.
- [6] HOJOVEC, Vladimír – DANIŠ, Michal – HÁJEK, Milan – VEVERKA, Bohuslav. *Kartografie*. 1. vydání. GKP Praha. 1987. 660s. ISBN 29-621-87.
- [7] HROMÁDKA, František. *Topografické mapování*. 1. vydání. Vysoké učení technické v Brně. 107s. ISBN 55-566-80.
- [8] HUBÁČEK, Martin – VAŠÍČEK, Marcel. Výškové modely v AČR a možnosti jejich použití. *Vojenský geografický obzor*. 2002. č.1. s. 40 – 47.
- [9] HUML, Milan – BUCHAR, Petr – MIKŠOVSKÝ, Miroslav – VEVERKA, Bohuslav. *Mapování a kartografie*. 2001, 1. vydání. Vydavatelství ČVUT. 2001. 211s. ISBN 80-01-02383-4.
- [10] KLIMÁNEK, Martin. *Digitální modely terénu*. 1. vydání. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. 2006. 85s. ISBN 80-7157-982-3.
- [11] KUDRNOVSKÁ, Olga. *První české výškopisné mapy Karla Kořistky*. Vojenský zeměpisný ústav. 1974. 52s.
- [12] LYSÁK, Jakub. Skalní útvary v kartografii a GIS. *Geodetický a kartografický obzor*. 2010. roč. 56/98. č.3. s. 52 – 58.
- [13] MARŠÍK, Zbyněk – MARŠÍKOVÁ, Magdalena. *Kartografie*. 1. vydání. Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích. 2006. 113s. ISBN 80-7040-841-3.
- [14] NOVÁK, Václav – MURDYCH, Zdeněk. *Kartografie a topografie*. 1. vydání. Státní pedagogické nakladatelství. 1988. 320s. ISBN 14-658-88.
- [15] PRAVDA, Ján. Georeliéf na mapách. *Geodetický a kartografický obzor*. 2005. roč. 51/93. č. 8. s. 173 – 179.
- [16] ROČEK, Ivan. Kde začínal a končil les?. *Vesmír*. 2008. roč. 87. č. 10. s. 667-668.

- [17] URBAN, Jiří. *Digitální modely terénu*. 1. vydání. České vysoké učení technické v Praze. 1991. 60s. ISBN 80-01-00553-4.
- [18] VEVERKA, Bohuslav – ZIMOVÁ, Růžena. *Topografická a tematická kartografie*. 1. vydání. Vydavatelství ČVUT. 2008. 198s. ISBN 978-80-01-04157-1.
- [19] VOŽENÍLEK, Vít – KIRCHNER, Karel – KONEČNÝ, Milan – KUBÍČEK, Petr – LÉTAL, Aleš – PETROVÁ, Andrea – ROTHOVÁ, Hana – SEDLÁK, Pavel. *Integrace GPS/GIS v geomorfologickém výzkumu*. 1. vydání. Univerzita Palackého v Olomouci. 2001. 185s. ISBN 80-244-0383-8.
- [20] VOŽENÍLEK, Vít. *Geografické informační systémy I. Pojetí, historie, základní komponenty*. 1. vydání. Vydavatelství Univerzity Palackého. 1998. 174s. ISBN 80-7067-802-X.

Elektronické dokumenty

- [21] BURDA, Vladimír. Staré mapy Českých zemí. 2000 [cit. 2012-03-31].
URL: <<http://www.oahshb.cz/staremapy/index.htm>>.
- [22] KENNELLY, Patric. *Hillshading with Contours* [online]. 2003 [cit. 2012-03-01].
URL: <http://www.mountaintopography.org/mt_hood/pdfs/kennelly2.pdf>.
- [23] MIKŠOVSKÝ, Miroslav – ZIMOVÁ, Růžena. *Historická mapování českých zemí* [online]. 2010 [cit. 2011-10-30].
URL: <http://www.vuqtk.cz/odis/sborniky/jine/geos06/paper/71_miksovsky_zimova/paper/71_miksovsky_zimova.pdf>.
- [24] MONHART, Václav. *Metody znázorňování výškopisu na mapách* [online]. Plzeň. 2006 [cit. 2012-03-31]. 60s. Bakalářská práce na Fakultě aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni na katedře matematiky. Vedoucí bakalářské práce Ing. Karel Jedlička.
URL: <http://www.gis.zcu.cz/studium/dp/2006/Monhart_Metody_znazornovani_vyskopisu_na_mapach_BP.pdf>.
- [25] PEŠŤÁK, Jaroslav – ZIMOVÁ, Růžena. Polohová přesnost objektů na mapách prvního a druhého vojenského mapování [online]. 2008 [cit. 2012-03-31].
URL: <http://projekty.geolab.cz/qacr/a/files/pesta_k_zimova.pdf>.
- [26] TALHOFER, Václav. Vojenská topografie [online]. 2008 [cit. 2012-03-31].
URL: <<https://appl.vojenskaskola.cz/Guarantee/Pages/PDF/ShowPublikaceB.aspx?ID=18ec8ee2-298c-4ce6-ad4c-eadebf19411>>
- [27] VOŽENÍLEK, Vít. *Agenda současné počítačové kartografie* [online]. 2006 [cit. 2012-03-01].
URL: <http://gis.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2007/sbornik/Referaty/Sekce7/Vozenilek.pdf>.
- [28] WEIBEL, R. – HELLER, M. *Digital Terrain Modelling* [online]. 2001 [cit. 2012-01-23].
URL: <http://www.wiley.com/legacy/wileychi/gis/Volume1/BB1v1_ch19.pdf>.
- [29] Centrum pro virtuální realitu a modelování krajiny. 3D [online]. 2010 [cit. 2011-11-30].
URL: <<http://gis.fzp.ujep.cz/DTM/3d.pdf>>.

- [30] Digitální modely terénu [online]. 2008 [cit. 2012-04-03].
URL: <http://gis.fzp.ujep.cz/files/DTM_kap1_v0.pdf>.
- [31] *Terminologický slovník zeměměřičství a katastru nemovitostí* [online].
2012 [cit. 2012-03-04].
URL: <<http://www.vugtk.cz/slovník/index.php>>.
- [32] Výškopis [online]. 2006 [cit. 2012-03-31].
URL: <<http://geo2.fsv.cvut.cz/jpd/dmt.pdf>>.
- [33] Zobrazení reliéfu [online]. 2008 [cit. 2011-12-18].
URL: <http://gis.fzp.ujep.cz/files/DTM_kap2_v0a.pdf>.

Seznam obrázků

Obr. 1: Tvary a) ploché, b) vypuklé, c) vhloubené, zdroj [1].	11
Obr. 2: Hřbetnice, zdroj [1].	12
Obr. 3: Kupa, zdroj [24].	13
Obr. 4: Kužel, zdroj [24].	13
Obr. 5: Roh, zdroj [24].	13
Obr. 6: Vrcholová plošina, zdroj [24].	14
Obr. 7: Vodorovný hřbet a) klenutý, b) ostrý, c) tupý, zdroj [24].	14
Obr. 8: Spočinek, zdroj [24].	15
Obr. 9: Sedlo pravidelné, zdroj [24].	15
Obr. 10: Vodorovný sráz, zdroj [24].	16
Obr. 11: Šikmý sráz, zdroj [24].	16
Obr. 12: Svahový hřbet normální, zdroj [24].	17
Obr. 13: Žebro, zdroj [24].	18
Obr. 14: Výčnělek, zdroj [24].	18
Obr. 15: Terasa, zdroj [24].	18
Obr. 16: Úžlabí, zdroj [24].	19
Obr. 17: Zářez, zdroj [24].	19
Obr. 18: Nánosový suťový kužel, zdroj [24].	20
Obr. 19: Strž, zdroj [24].	20
Obr. 20: Údolí s a) rovným, b) vypuklým, c) vhloubeným dnem, zdroj [24].	22
Obr. 21: Údolní zářez, zdroj [24].	22
Obr. 22: Ravena, zdroj [24].	22
Obr. 23: Pavlovská mapa, zdroj [15].	25
Obr. 24: Výřez z Komenského mapy Moravy, zdroj [21].	28
Obr. 25: Příklad fyziografického znázornění, zdroj [32].	29
Obr. 26: Výřez z mapy hory Fuji od Kitiria Tanaky, zdroj [22].	30
Obr. 27: Sada blokdiagramů pro zobrazení vývoje údolí, zdroj [14].	31
Obr. 28: Výřez z anaglyfové mapy, zdroj [32].	32
Obr. 29: Kreslířské šrafy, zdroj [25].	33
Obr. 30: Krajinné šrafy, zdroj [6].	33
Obr. 31: Fyziografické šrafy, zdroj [33].	34
Obr. 32: Srovnání Lehmannovy (vlevo) a Mufflingovy stupnice, zdroj [14].	34
Obr. 33: Stínované šrafy, zdroj [18].	35
Obr. 34: Technické šrafy, zdroj [6].	36
Obr. 35: Výřez z mapy II. vojenského mapování, zdroj [23].	37

Obr. 36: Základní vrstevnicový interval, zdroj [26].	37
Obr. 37: Stínované vrstevnice, zdroj [6].	39
Obr. 38: Výřez z Kořístkova výškopisného plánu Prahy, zdroj [11].	40
Obr. 39: Srovnání hypsometrických stupnic, zdroj [vlastní tvorba].	41
Obr. 40: Kombinované stínování, zdroj [2].	43
Obr. 41: DTM, zdroj [29].	45
Obr. 42: Delaunayova podmínka, zdroj [29].	46