

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA
OSTRAVA
HORNICKO-GEOLOGICKÁ FAKULTA**

LADISLAV PLÁNKA

KARTOGRAFIE I

ČÁST 2

KARTOGRAFICKÁ GENERALIZACE A KARTOMETRIE

(PRACOVNÍ) VERZE 2

**STUDIJNÍ OPORY
PRO STUDIJNÍ PROGRAMY S PREZENČNÍ I KOMBINOVANOU
FORMOU STUDIA**

OBSAH

1 Úvod.....	5
2 Kartografická generalizace.....	7
2.1 Činitelé kartografické generalizace.....	9
2.1.1 Měřítko mapy a poměr měřítek původní a odvozené mapy .	10
2.1.2 Účel mapy	10
2.1.3 Charakter zobrazovaného území.....	10
2.1.4 Způsob grafického vyjádření	11
2.1.5 Psychologické možnosti a schopnosti uživatele	11
2.2 Metody kartografické generalizace	11
2.2.1 Zevšeobecnění mapových prvků.....	12
2.2.1.1 Zevšeobecňování obrysu a tvaru.....	12
2.2.1.2 Zevšeobecňování kvalitativních charakteristik.....	17
2.2.1.3 Zevšeobecňování kvantitativních charakteristik.....	17
2.2.1.4 Prostorová redukce (kartografická abstrakce)	18
2.2.2 Výběr prvků obsahu mapy	19
2.2.2.1 Censální výběr	19
2.2.2.2 Normativní výběr	20
2.2.2.2.1 Výběr mapových prvků s použitím matematické statistiky	20
2.2.2.2.2 Výběr s použitím číselných ukazatelů	22
2.2.2.2.3 Výběr s použitím vah.....	22
2.2.2.2.4 Výběr prvků s použitím teorie grafů.....	23
2.2.3 Vzájemná harmonizace prvků obsahu mapy	24
2.3 Generalizace hlavních prvků obsahu map	27
2.3.1 Vodstvo	28
2.3.2 Reliéf terénu.....	31
2.3.3 Hranice	33
2.3.4 Komunikace	34
2.3.5 Sídla	35
2.3.6 Půdní povrch a rostlinný kryt.....	36
3 Kartometrie.....	37
3.1 Kartometrické vlastnosti map	38
3.1.1 Matematický základ mapy	38
3.1.2 Podrobnost obsahu mapy	38
3.1.3 Přesnost mapové kresby.....	38
3.1.4 Srážka mapy.....	38
3.2 Přesnost map	40
3.2.1 Přesnost původní mapy	42
3.2.2 Přesnost odvozené mapy.....	43
3.2.3 Vyšetřování přesnosti mapy.....	43
3.3 Kartometrické práce	43

3.3.1	Základní kartometrické práce	44
3.3.1.1	Zjišťování délek čar.....	44
3.3.1.2	Zjišťování geografických souřadnic.....	45
3.3.1.3	Zjišťování úhlů a směrniců	46
3.3.1.4	Zjišťování výměr ploch	46
3.3.2	Druhotné kartometrické práce	48
3.3.2.1	Střední výška	48
3.3.2.2	Střední úhel sklonu.....	50
3.3.2.3	Orientace topografické plochy	51
3.3.2.4	Zjišťování objemu topografických těles.....	51
3.4	Kartometrické údaje o České republice.....	54
4	Závěr	57

1 Úvod

Tvarová pestrost objektivní reality je všeobecně známa a jaksi samozřejmě bezproblémově akceptována do té doby, než jsme postaveni před úkol provést kartografickou interpretaci objektivní reality. Dříve nebo později totiž narazíme na grafickou bariéru, která nám neumožní v konkrétním měřítku, nebo při použití konkrétních technologií kartografické tvorby všechny půdorysné detaily zachytit. Je-li to i s použitím některých technologií možné (např. v digitální kartografii), pak mívá větší či menší problémy s rozlišením detailů znázorněných objektů čtenář - uživatel kartografického díla. Kromě tvarové pestrosti tvoří při kartografické interpretaci problém i četnost objektů. Velmi často řeší tvůrce kartografického díla dilema - zobrazit ve svém díle všechny objekty a dílo tak graficky „přeplnit“ až k nepřehlednosti, nebo vybrat jen ty objekty, které v zásadě poslouží pro určenou funkci a účel díla. Vybrat, ale které?

Na výše (explicitně i implicitně) položené otázky se snaží odpovědět tento modul, věnovaný problematice kartografické generalizace. Jeho cílem je seznámit studenty se základními principy generalizace, tak jak je pojímána v základní světové a české kartografické literatuře.

V závěrečné části je připojen oddíl věnovaný kartometrii, neboli metodám měření na mapách. V současné etapě bouřlivého nástupu tvorby a užívání digitálních kartografických produktů je tato část kartografie ve velmi intenzivní přestavbě, a proto má vsunutý oddíl čistě informativní charakter.

2 Kartografická generalizace

Obsah mapy, tvořený především půdorysným vyjádřením zájmových objektů, nelze zobrazit absolutně geometricky věrně a úplně. Stupeň věrnosti grafického znázornění podrobností je úměrný možnostem grafické rozlišitelnosti, čitelnosti a poměru zmenšení. Hlediska grafické rozlišitelnosti a čitelnosti mapové kresby přitom zde stojí v rozporu s měřítkem mapy. V důsledku těchto skutečností zanedbáváme nepodstatné podrobnosti zájmových objektů a jevů a v kartografických dílech je vyjadřujeme buď zjednodušeným schematickým kartografickým znakem, nebo je zcela vynecháme. Zevšeobecňování, výběr a vzájemnou harmonizaci prvků obsahu mapy pak označujeme jako **kartografickou generalizaci**. Je typickou součástí teoretické kartografie. Týká se všech map, map velkých měřítek obvykle v menší míře než map malých měřítek.

Kartografická generalizace je proces, kdy je reálný, resp. již abstrahovaný prvek aproximován prvkem „abstraktním“, resp. „ještě abstraktnějším“, popřípadě zcela vypuštěn z mapového zobrazení. Jde v něm tedy o výběr objektů, které máme na mapě vyjádřit a o jejich geometrické zmenšení, resp. jinou úpravu.

Podle ČSN 73 0401 "Kartografická generalizace spočívá ve výběru, geometrickém zjednodušení a zevšeobecnění objektů, jevů a jejich vzájemných vztahů pro jejich grafické vyjádření v mapě, ovlivněné účelem, měřítkem mapy a vlastním předmětem kartografického znázorňování".

Lze ji realizovat i počítačovými prostředky a programy na základě předem definovaných kritérií.

Z dalších definic kartografické generalizace uvádím:

Kovařík, J. – Dvořák, K. (1964): Kartografická generalizace (zevšeobecňování) je proces, který řeší na vědeckých základech výběr hlavních skutečností a jejich zobrazení na mapě v charakteristických rysech.

Sališče, K.A. (1976, 1982): Kartografická generalizace je výběr hlavního podstatného a jeho cílevědomé zevšeobecnění, mající na zřeteli zobrazení na mapě některé části skutečnosti v jejich základních typických rysech a charakteristických zvláštlostech, v souladu s účelem, tematikou a měřítkem mapy.

Ratajski, L. (1973): Kartografická informace (původní) je široká pro její úplné umístění na mapě. Tato redukce, která zobecňuje kompromis mezi minimem a maximem kartografických značek na mapě, se nazývá kartografická generalizace.

Při aplikacích GIS technologií se za generalizaci považuje výběr a zjednodušení detailů zobrazovaných objektů s ohledem na měřítko a účel mapy. Cílem generalizace je stanovit, co je v kresbě (databázi) zásadní.

Generalizaci běžně použijeme při změně měřítka či účelu mapy, při redukcí objemu dat či kvůli zlepšení grafické stránky mapy.

Někteří autoři (O. Čerba, 2005) rozlišují kartografickou a geoprostorovou generalizaci, a to takto:

- Geoprostorová generalizace je považována za proces, který probíhá mezi dvěma modely většinou různých měřítek, jehož výsledkem je geoprostorový model, který nedeformuje geometrickou polohu prvků jinak, než že při přechodu z větší do menší podrobnosti zjednodušuje jejich tvar tak, aby byly zobrazitelné ve výsledném měřítku.
- Kartografická generalizace je považována za proces probíhající mezi kartografickými modely různých měřítek, přičemž kartografický model zohledňuje a řeší i konflikty mezi jednotlivými prvky tak, aby bylo možné provést tisk kartografického díla v daném měřítku.

I nová mapa menšího měřítka vznikající na bázi již existujícího mapového díla větších měřítek musí mít charakter díla, v němž je usilováno o co nejhodnější vyjádření modelované skutečnosti. Hlediska optimálního vyjádření modelované skutečnosti jsou východiskovým podnětem pro stanovení generalizace. Za taková hlediska považujeme:

- a) **výběr objektů a jevů do nové mapy**, neboť každá mapa zobrazuje vždy jen některé stránky reality. Její obsah výrazně ovlivňuje tematika a účel mapy, její měřítko, charakter území i způsob jejího grafického ztvárnění.
- b) **geometrický charakter** generalizace objektů a jevů nové mapy je z hlediska estetiky mapového díla nejviditelnější, neboť se v něm jedná o "vyhlazování" podrobností („geometricky se zjednodušují“),
- c) **zevšeobecnění kvantitativních charakteristik** formou intervalových značek (např. pro topografické mapy jsou venkovská sídla rozdělena do 4 velikostních typů, zatímco pro menší měřítka je takovéto detailní rozdělení nevyhovující),
- d) **zevšeobecnění kvalitativních charakteristik**, např. zevšeobecnění plochy lesa z druhových klasifikací - les jehličnatý, smíšený apod.
- e) **geometrickou (polohovou) přesnost** neboli požadavek vykreslení objektu na přesně svém místě a pokud možno v rozměrech skutečných nebo jim velmi blízkých, jakož i vyjádření vzájemné polohy mezi objekty odpovídající měřítku mapy.
- f) **geografickou věrnost** neboli zachování vzájemných prostorových vazeb prvků i jevů a zachování jejich geografické specifiky. Z toho vyplývají rozporné požadavky ve vztahu ke geometrické přesnosti, neboť pomocí mapových značek se vyjadřují i plošně menší, leč geograficky významné objekty na místech či v rozměrech, jež se s realitou rozcházejí.

Kartografická generalizace představuje jeden z nejsložitějších a nejkompexnějších problémů tvorby mapy. Proces sestavování mapy a s ním spojená generalizace je vždy spojen se subjektem kartografa, a tak je více či méně ovlivněn jeho zkušenostmi a profesní vyspělostí. V případě mapových souborů jednotné tematiky (např. státní mapová díla, turistické mapy aj.) je proces generalizace určen redakčními pokyny. Přesto lze tvrdit, že různí kartografové vytvoří při sestavování těžké mapy ze stejných podkladů obsahově i graficky jinak pojaté sestavitelské originály. V souvislosti s rozvojem počítačové kartografie přichází v úvahu generalizace řízená algoritmy

počítačových programů. Zde zdánlivě mizí subjekt kartografa, který je nahrazen počítačovým programem. Při použití různých počítačových programů však dojdeme opět k různě finalizovaným sestavitelským originálům. Algoritmizaci generalizace vzájemně souvisejících, ale v různých tematických vrstvách uložených mapových prvků, se navíc dosud nedaří úspěšně vyřešit. Např. vodní tok jako čára obecně proměnné křivosti je zhlazována v závislosti na měřítku mapy jako liniový prvek daný množinou souřadnic, prostorově definujících průběh proudnice, zatímco údolnice, na níž je vodní tok vázán, je výsledkem tvorby vrstevnic třeba v rámci digitálního modelu reliéfu terénu. Obtížně se automatizuje generalizace obecných ploch (dílní úspěchy ukázala náhrada těchto ploch jejími definičními body, nebo lépe, různě konstruovanými přímkovými kostrami těchto ploch). Výrazné nesoulady lze korigovat v interaktivním režimu práce přímo na obrazovce počítače. Jenže tyto korekce jsou opět závislé na subjektu operátora počítače.

Dalším a velmi obtížně algoritmizovatelným aspektem je respektování významu prvku s ohledem na jeho okolí.

2.1 Činitelé kartografické generalizace

Ne všechny informace, resp. ne všechny detaily zjištěné při mapování, lze zachytit do kartografického díla. Zvážíme-li objektivní skutečnost, že 1 km² ve skutečnosti je třeba v měřítku 1:1000 zachytit na ploše 1 m², v měřítku 1:10 000 na ploše 1000 mm² a v měřítku 1:1 000 000 na ploše 1 mm² není třeba o výše uvedené teze dále diskutovat.

Kartografické dílo musí být v každém případě přehledné a čitelné. **Míra přehlednosti** je dána jeho tzv. (**vizuální**) **grafickou zaplněností**, tj. poměrem plochy zaplněné kresbou k celkové ploše mapového listu. Empirický vzorec pro tuto míru má tvar:

$$N = \alpha \frac{q \cdot p}{10^{12} M^2}, \text{ kde}$$

N - grafická zaplněnost v %,

α - součinitel výběru daného prvku mapového zobrazení (např. při výběru 40 % prvků je roven 0,4),

q - množství prvků vybraných druhů ve zvolených jednotkách na 100 km²,

p - střední plocha potřebná pro vyobrazení daného prvku na mapě v mm²,

M - měřítkové číslo mapy.

V optimálním případě bychom očekávali N = 18 %. Praxe však vykazuje grafickou zaplněnost v rozmezí 20 - 36 %. Jakkoliv není příznivé přílišné zaplnění mapového díla prvky jejího obsahu, není dobrým jevem ani opačný úkaz, tj. nedostatečné zaplnění mapového listu prvky jeho obsahu.

S ohledem na nutnost zachování určité míry přehlednosti mapového díla je třeba při přechodu z většího měřítka do menšího provést kartografickou generalizaci. O tom, co lze na plochu mapy umístit, rozhodují tito činitelé kartografické generalizace:

- měřítko mapy a poměr měřítek odvozené a podkladové (původní) mapy,
- účel mapy,
- charakter zobrazovaného území,
- způsob grafického vyjádření,
- psychologické možnosti a schopnosti uživatele.

2.1.1 Měřítko mapy a poměr měřítek původní a odvozené mapy

V tomto případě jde o rozhodující činitel určující způsobilost pro podrobné znázorňování prvků na mapě. Přechod na menší měřítka často znamená i změnu účelu mapy a tím i přechod na jiný stupeň generalizace (z map podrobných se stávají mapy přehledné). Na druhé straně lze aplikací různých generalizačních postupů připravit ze stejné podkladové mapy odvozené mapy stejného menšího měřítka, avšak diametrálně rozdílného určení. Např. školní nástěnná mapa, která musí být čitelná i na větší vzdálenost má podstatně méně informací, než mapa téhož území a měřítka určená pro vědecké účely.

Měřítková řada map s jednotnými výrazovými prostředky nemůže v žádném případě vést k aplikaci téhož generalizačního algoritmu v celém intervalu měřítek. Povaha obsahových prvků map se totiž bude měnit od podrobné polohové lokalizace dílčích prvků map (mapy velkého měřítka) k zobrazení obecnějších charakteristik geosystémů, tvořených těmito prvky (obecně zeměpisné mapy). Zlomovým bodem bude v tomto případě měřítko 1:200 000, tedy rozhraní geodetické a geografické kartografie.

2.1.2 Účel mapy

Mezi měřítkem mapy a jejím účelem existuje silná vazba. Účel (a tematika) mapy určuje váhu významu jednotlivých obsahových prvků mapy a tím i míru jejich výběru a přípustného zjednodušení. Např. na tematické mapě je nutno přisoudit nejvyšší míru podrobnosti z hlediska účelu mapy prvkům dominantním, zatímco další prvky mohou být uvedeny silně zjednodušeně až schematicky (viz reliéf na politických mapách), či být zcela vypuštěny (viz porosty na geologických mapách). Na obecně zeměpisné nebo topografické mapě je třeba naopak základní obsahové prvky vyjádřit obsahově vyváženě, aby vyjadřovaly základní fyzicko-geografické i socioekonomické charakteristiky daného území.

K velmi výrazné redukci zobrazených informací dochází při tvorbě tyflokartografických děl. Účel, ve spojení s použitými kartografickými vyjadřovacími prostředky, způsobuje u těchto map v porovnání s mapami pro vidící redukci obsahu map v poměru 1:12,5 (všechny kartografické prvky), 1:21 (bodové prvky), 1:11 (čárové prvky), 1:2 (plošné prvky) a 1:13 (barvy).

2.1.3 Charakter zobrazovaného území

Je zřejmé, že čím důležitější je skutečnost v daném prostředí, tím naléhavější je její zachování při postupné generalizaci mapového modelu. Např. převýšení 2 m v Nizozemsku je velmi významné, zatímco v Alpách jde o banální zanedbatelnou skutečnost.

V tomto procesu pomáhají kartografii různé oborové rajonizace mapovaných objektů v jejich zájmových prostorech. Výsledkem je vymezení typů, celků, územních rajónů homogenity zájmových charakteristik aj. Jedná se např. o vymezení geomorfologických celků, hospodářských oblastí apod.

2.1.4 Způsob grafického vyjádření

Způsob grafického vyjádření úzce souvisí se stanovením hodnot maximálního a optimálního zaplnění mapy a s jeho čitelností a přehledností. Významně se podílí na vyjádření charakteru zobrazovaného území prostřednictvím volby vhodných mapových znaků po stránce grafické a barevné. Na generalizaci tedy má vliv rozměr znaků, tloušťka čar a barevné detaily. Čím hustší je kresba a čím větší je popis, tím méně prvků můžeme na mapě zobrazit. Tato skutečnost se vyhrcoje v prostorech s velkou koncentrací skutečností přicházejících v úvahu k vyjádření v mapě.

2.1.5 Psychologické možnosti a schopnosti uživatele

Psychologické možnosti a schopnosti uživatele jsou činitelem, který zahrnuje fakt, že kartografický model musí být srozumitelný, musí umožňovat co nejrychlejší vnímání a co nejtrvalejší zapamatování jím předávaných informací, a to minimálně pro ten okruh uživatelů, pro který je programově určen. Velmi významným činitelem je i rozlišovací schopnost lidského oka. Ta je jistě individuální, ale obecně se např. uznává, že by se na mapě neměly vyskytnout detaily menší než 0,2 mm (výjimečně 0,1 mm) pro běžnou čtecí vzdálenost, tj. cca 30 cm, tedy menší než cca jedna tisícina průměrné čtecí vzdálenosti, a že by kartografické znaky měly respektovat omezenost plochy ostrého vidění (pro uvedenou čtecí vzdálenost např. 1 cm²) a nevytvářet znakově hluché nebo naopak přehuštěné shluky v mapové ploše.

Všichni výše uvedení činitelé, působící na kartografickou generalizaci, se uplatňují ve vzájemné interakci. Model kartografické generalizace lze zobrazit jako negativní zpětnou vazbu v systému, kde roli regulujícího faktoru hraje kartograf.

2.2 Metody kartografické generalizace

Metody kartografické generalizace mohou být sledovány ze dvou zorných úhlů pohledu, které představují klasické metody a metody poplatné spíše novým digitálním technologiím.

Při klasické kartografické generalizaci se používají tyto základní metody:

- a) **zevšeobecnění mapových prvků,**
- b) **výběr (selekce) prvků obsahu mapy,**
- c) **vzájemná harmonizace prvků obsahu mapy.**

Významnou součástí generalizace je změna grafické reprezentace kartografických znaků, kdy se jedná především o změnu vlastního kartografického symbolu nebo alespoň některé jeho vlastnosti (barva, síla čáry, struktura aj.) a o generalizace textových popisků a doplňků. Generalizace pak

nemusí mít jen nejčastěji proklamovanou geometrickou podstatu, ale může probíhat výhradně jen v oblasti atributální, tj. generalizací atributové složky.

2.2.1 Zevšeobecnění mapových prvků

Zevšeobecnění mapových prvků může být vedeno ve čtyřech rovinách, a to:

- a) **zevšeobecnění obrysu a tvaru (geometrická generalizace),**
- b) **zevšeobecnění kvalitativních charakteristik,**
- c) **zevšeobecnění kvantitativních charakteristik,**
- d) **kartografická abstrakce.**

2.2.1.1 Zevšeobecnění obrysu a tvaru

Prvky vybrané ke kartografickému vyjádření nelze zpravidla zakreslit se všemi jejich tvarovými podrobnostmi. V mapách velkých měřítek např. nelze vyjádřit všechny detaily obrysů budov, drobné reliéfní tvary, všechny zákruty řeky aj. Pokud má být mapa dobře čitelná, je proto třeba při její kresbě uplatnit generalizaci obrysů a tvarů neboli tzv. geometrickou generalizaci, resp. geometrické zevšeobecnění obrysů a tvarů. Rozumí se jím vypuštění takových podrobností, které nejsou dosti výrazné nebo se v měřítku mapy „špatně“ vykreslují. Přitom je však třeba zachovat ty podrobnosti, které charakterizují mapovaný objekt, nebo které jsou nezbytné pro pochopení správného účelu mapy.

Zevšeobecnění obrysu a tvaru neznamená zjednodušení smluvených znaků ani kartografického jazyka. Jde při něm o zjednodušení kresby tvarů přírodních i umělých objektů tak, aby si tyto zachovaly co možné nejdéle ještě svůj charakter. Při kresbě jsou definovány závazné limity, jako např. pro detail 0,2 mm, šířku mezer 0,15 - 0,30 mm, tloušťku černé čáry 0,07 (0,1) mm, tloušťku barevné čáry 0,1 (0,12) mm, poloměr kruhu 0,3 mm apod. Jestliže by byl přechodem do menšího měřítku tento limit překročen, je třeba příslušný tvar zevšeobecnit.

Pokud jsou minimální délky stanoveny takovým způsobem, že žádná, případně pouze jedna strana areálu (budovy) splňuje omezující podmínky, pak je polygon nahrazen bodovým znakem (prostorová redukce) neboli dojde k maximální geometrické generalizaci, k tzv. kartografické abstrakci. Polygon je bez ohledu na původní tvar nahrazen obdélníkem, pro který jsou stanovy tyto podmínky:

- obdélník má směr nejdelší strany polygonu,
- plochá původního a generalizovaného polygonu má být shodná,
- těžiště původní plochy a těžiště obdélníku má být totožné a
- poměr stran generalizovaného obdélníku má být stejný jako poměr stran obdélníku opsaného původnímu polygonu.

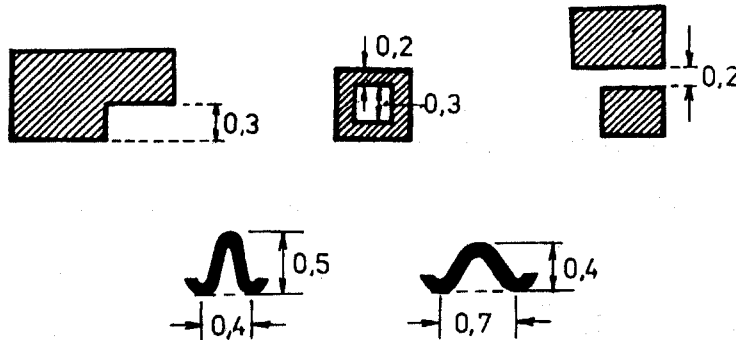
Geometrická generalizace se významně uplatňuje u plošných (sídla, lesní a vodní plochy aj.) a liniových znaků (říční síť, vrstevnice apod.).

Tvary menších než prahových rozměrů mohou být v mnoha případech tak významnou geografickou charakteristikou mapovaného prostoru, že je vypustit

nelze. Pro tyto případy se v kartografii uplatňuje tzv. „kresba nad (přes) míru" nebo prostorová redukce (kartografická abstrakce). Pokud je kartografická abstrakce na původní mapě již použita, nelze na bodové znaky geometrickou generalizaci aplikovat.

Limitní hodnoty uvedené v obrázku představují ve skutečnosti významné úseky, resp. plochy krajiny (viz Tabulka 2-1).

Pro zjednodušování mapových prvků se využívá rastrové metody, kdy se souřadnice bodů abstrahují do nejbližšího průsečíku vhodně zvolené ε -ové křížové sítě (Obr. 2-2).



Obr. 2-1 Limitní hodnoty pro detail

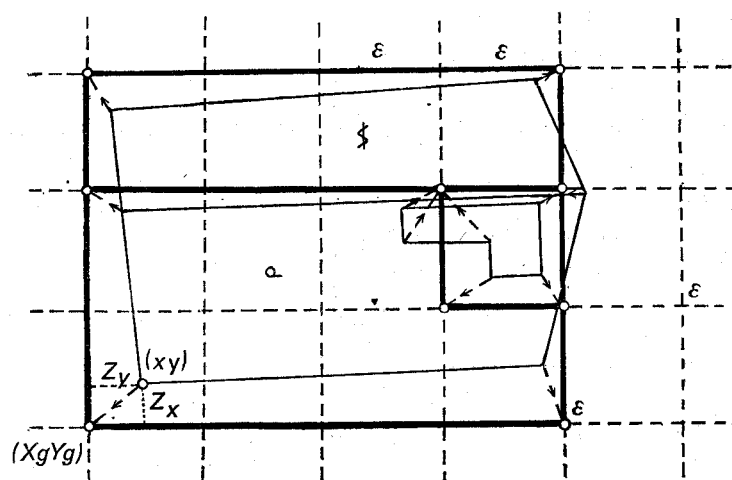
Při zjednodušování liniových znaků se používá těchto objektivizujících algoritmů:

- geometrické metody, které využívají např. redukce opěrných bodů klouzavým průměrem,
- vypuštění (resp. ponechání) každého x -tého bodu linie,
- eliminace blízkých bodů (délkový test),
- eliminace bodů s malým úhlovým rozdílem (úhlový test),
- eliminace bodů s malou kolmou vzdáleností od základní linie,
- Langův algoritmus (založený na porovnávání minimálních kolmých vzdáleností),
- Reumann-Witkamův algoritmus (tvorba obalového koridoru okolo generalizované linie),
- Visvalingam-Whyattův algoritmus,
- Douglas-Peuckerův algoritmus.

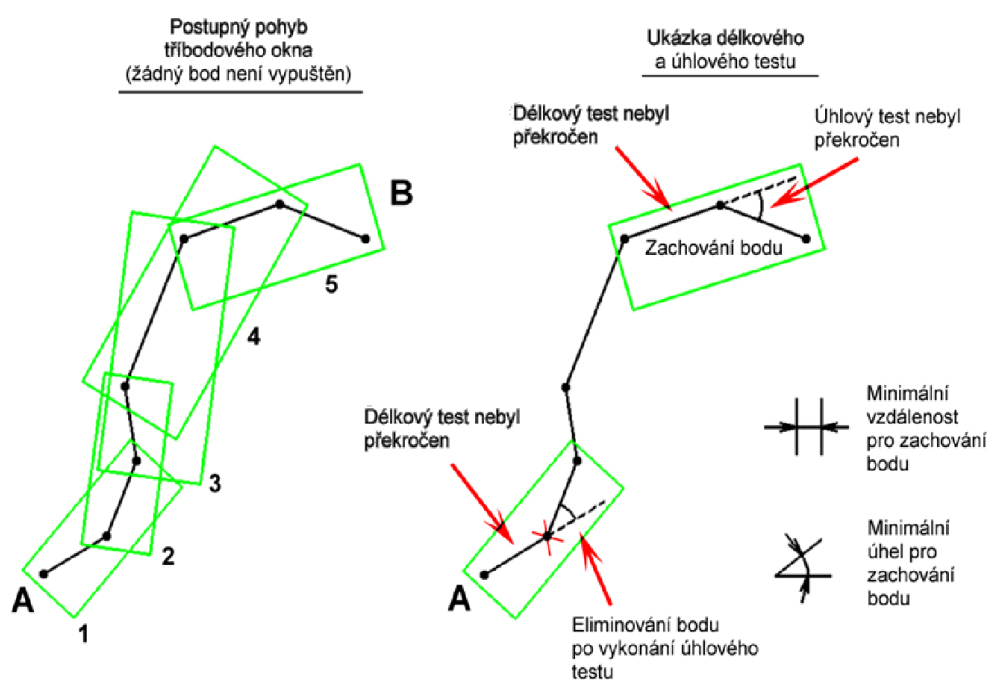
Tabulka 2-1 Přepočítání rozměrů z map různých měřítek na skutečné velikosti

Rozměr v mapě v mm	Měřítko mapy						
	1:1000	1:5000	1:10000	1:50000	1:200000	1:500000	1:1000000
	Rozměr ve skutečnosti v metrech						
0,1	0,1	0,5	1	5	20	50	100

0,3	0,3	1,5	3	15	60	150	300
0,5	0,5	2,5	5	25	100	250	500
0,7	0,7	3,5	7	35	140	350	700



Obr. 2-2 Principy rastrové metody



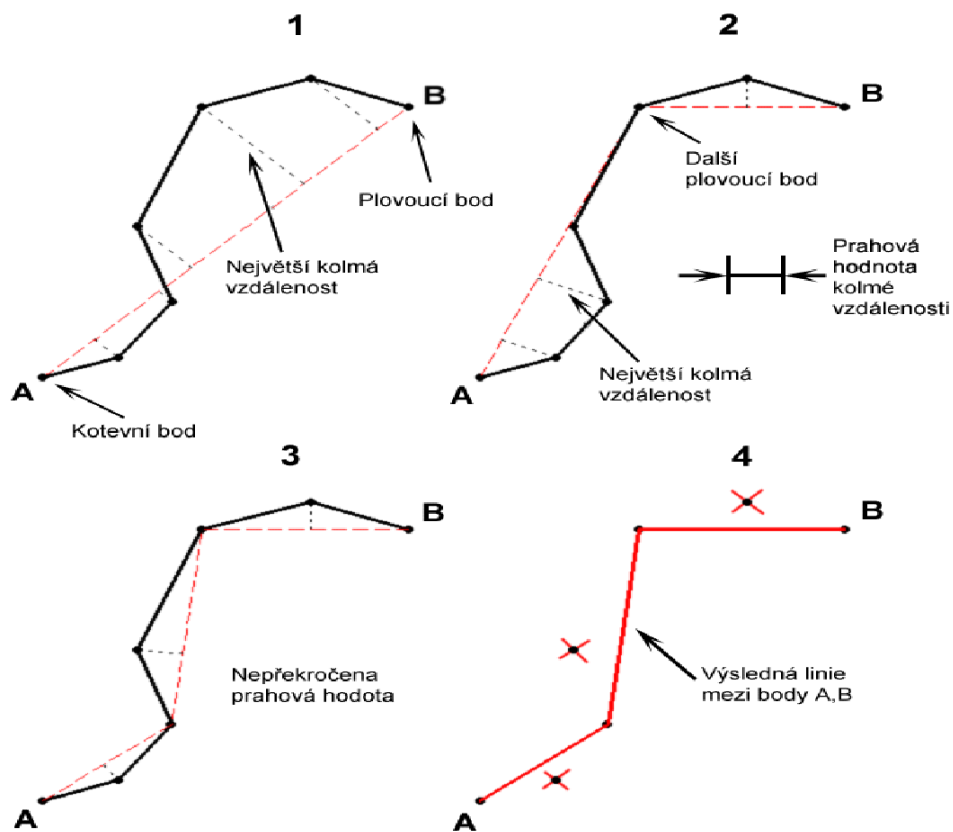
Obr. 2-3 Délkový a úhlový test

Při generalizaci obrysů je třeba respektovat charakteristiky příslušných typů fyzicko-geografických a socioekonomických prvků a jejich seskupení (např. vystižení typu říční sítě, půdorysu sídel, utváření reliéfu terénu). Je nutné zachovat koncové body linií (zachování topologických vazeb), průběh generalizované linie přibližně v průběhu původní linie (relativní proporce, specifické tvary) a přibližnou výměru (pokud se jedná o obvod).

Vyhlazením linií se zvyšuje estetičnost kresby mapy. Provádí se tehdy, když je podkladovým materiálem pro tvorbu mapy taková mapa, na které byla kresba provedena pomocí lomené čáry nebo když vzniká původní mapa z měřického náčrtu a ze souřadnic bodů jejich prostým spojováním a odvozená mapa, jako

generalizovaná kresba, musí obsahovat jen plynulé křivky, procházející souřadnicemi bodů.

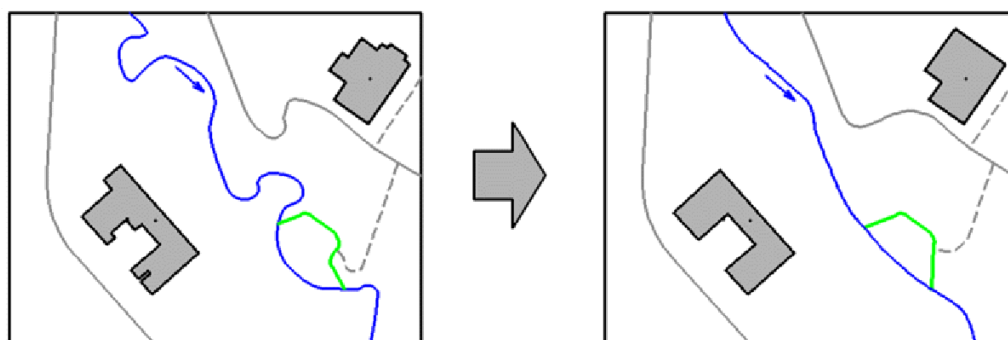
Do kategorie geometrické generalizace lze zařadit i vylepšení (zvýraznění, zlepšení, exaggerace) mapového obrazu, kdy se za účelem zkvalitnění obrazu např. zvýrazní meandry vodního toku nebo prvky tematické mapy, které je nutno vyzdvihnout do popředí kresby nebo se provede pravoúhlé vyrovnání u objektů, u nichž lze objektivně předpokládat pravoúhlý půdorys.



Obr. 2-4 Douglas-Peuckerova metoda

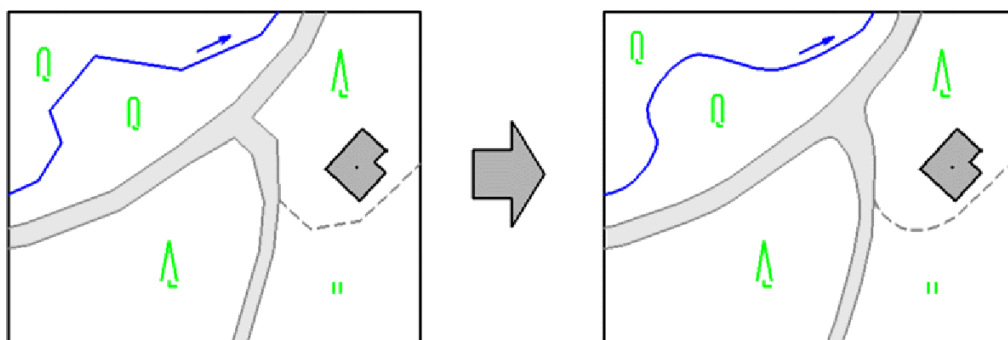
Pro pravoúhlé vyrovnání používáme dva základní postupy:

- zjištění rozměrů polygonu (oměrných) a jejich vyrovnání pomocí metody nejmenších čtverců,
- metoda výpočtu os polygonu.

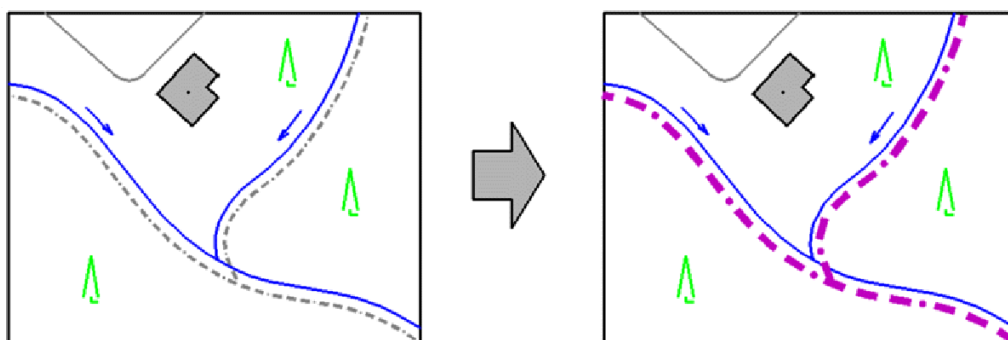


Obr. 2-5 Generalizace vodního toku a obrysu budovy

Při práci s plochami musíme při geometrické generalizaci počítat se sjednocením (slučováním, sdružováním, agregací), zrušením (vypuštěním, eliminací) a rozdělením ploch. Při všech těchto operacích je však třeba řešit i tvar a velikost sousedních ploch. Při sjednocení usilujeme o seskupení příliš malých nebo izolovaných ploch, případně linií. Malé plochy, které by po výběru měly být vypuštěny, se sloučí s většími, přičemž se podle kultury, tématu nebo významu sousedních ploch vybírá, k jaké ploše mají být menší plochy přidány. Hranice mezi menší a větší plochou se pak z kresby vypouští. Lze však slučovat i stejně velké plochy podobného nebo stejného významu. Pro operaci sjednocení využijeme algoritmu sjednocování obalových ploch nebo triangulace ploch.



Obr. 2-6 Příklady vyhlazení obrazu

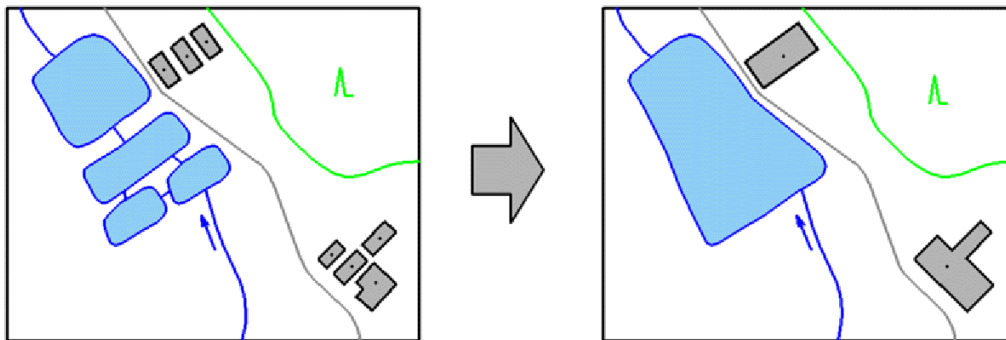


Obr. 2-7 Příklad zvýraznění obrazu

Vypuštění plochy lze provést dvěma základními způsoby, a to:

- určením těžiště vypouštěného polygonu a jeho propojením s takovými hraničními body tohoto polygonu, které leží na místě styku minimálně tří polygonů. Tato varianta je jednoduchá, ale pro složité plochy jsou výsledky značně deformované (pro nekonvexní plochy může tato metoda dokonce dávat nekorektní výsledky),

- u složitějších polygonů pomocí triangulace a tvorby kostry.



Obr. 2-8 Příklad sjednocení ploch

2.2.1.2 Zevšeobecnování kvalitativních charakteristik

Zevšeobecnění kvalitativních charakteristik předpokládá, že s rostoucím měřítkovým číslem se jejich původní detailní členění stává stále obecnějším (viz Tabulka 2-2). Žádaného efektu je zpravidla dosahováno zjednodušením hierarchické struktury rozlišovacích parametrů.

Tabulka 2-2 Příklad zevšeobecnění kvalitativních charakteristik

Mapy velkých měřítek	Mapy středních měřítek	
chmelnice	speciální kultury	zemědělská půda
vinice		
ovocné sady		
louky	trvalé travní kultury	
pastviny		

2.2.1.3 Zevšeobecnování kvantitativních charakteristik

Kvantitativní charakteristiky jsou kartograficky podchyceny zpravidla pomocí velikostních stupnic. **Zevšeobecnování kvantitativních charakteristik** vychází z intervalového vymezení kvantitativních skupin, spojených navzájem kvalitativním vztahem (např. rozdělení sídel do tříd podle počtu obyvatel). Při aplikaci této generalizační metody jde o zmenšení počtu intervalů. Redukci počtu intervalů nelze provádět mechanicky. Lze ji provádět na základě analýzy frekvenční křivky výběrového souboru, který je modelovým řešením proměnné hustoty pravděpodobnosti výskytu prvku dané kvantity.

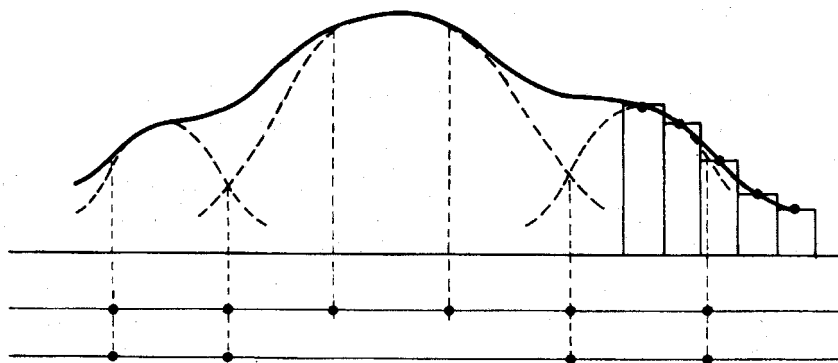
Jednu z dalších možných cest ukazuje Obr. 2-10. Je prezentací příkladu znázornění sídel na zeměpisných mapách v měřítkách 1:500 000 až 1:30 000 000. Ta se na nich vyjadřují většinou kruhovými signaturami, jejichž velikost je úměrná počtu obyvatel v nich. Závislost mezi průměrem kruhu d a počtem obyvatel p v jednotkách 10 000 obyvatel je vyjádřen např. podle E. Srnky vztahem:

$$d = a \cdot p^b$$

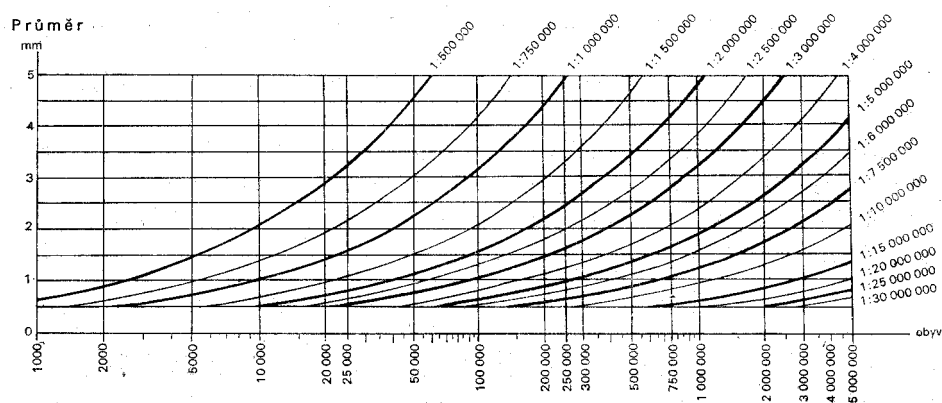
Parametry **a**, **b** jsou odvozeny analýzou existujících mapových děl a mají hodnotu **a = 1,06** a **b = 0,48**. Po určité úpravě lze výše uvedený vztah upravit do podoby

$$d = \sqrt{p}$$

a podle něj stanovené průměry signatur pro jednotlivá měřítka zeměpisných map lze soustředit do nomogramu (viz Obr. 2-10).



Obr. 2-9 Generalizace velikostní stupnice v závislosti na průběhu frekvenčního grafu



Obr. 2-10 Nomogram pro stanovení velikosti signatury

Po aplikaci nomogramu následuje výběr konkrétního sídla, který je závislý na hustotě zalidnění, typu sídla a jeho významu, typu předepsaného písma a velikosti názvu (délka a víceslovnost názvů), způsobu vyjádření, který je dán navrženým znakovým klíčem, a na vztahu sídel k jiným prvkům mapy.

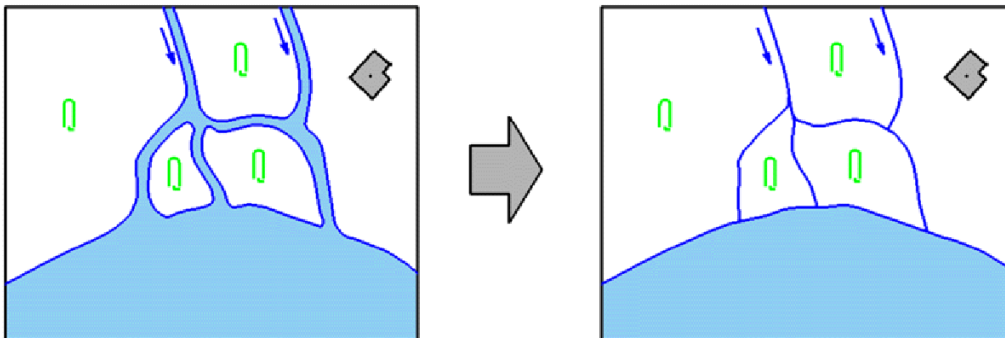
2.2.1.4 Prostorová redukce (kartografická abstrakce)

Při zmenšování měřítka mapy ztrácí mapový obraz postupně schopnost vyjádřit názorně jednotlivé objekty nebo ohraničené jevy a je třeba je nahradit kartografickým znakem. Přejít od půdorysného, byť se zmenšujícím se měřítkem stále více geometricky schematizovaného vyjádření, na bodový nebo liniový znak smlouveného tvaru, se nazývá kartografická abstrakce (collapsing).

Změna mapového znaku může probíhat ve směru:

- plocha - linie (vodní toky nebo komunikace s využitím triangulace ploch),
- plocha - bod (budovy malých rozměrů),

- linie – bod,
- bod - plocha (vytvoření bloku zástavby z izolovaných budov reprezentovaných bodovými znaky).



Obr. 2-11 Příklad prostorové redukce plocha – linie

2.2.2 Výběr prvků obsahu mapy

Zjednodušení prvků mapového vyobrazení samo o sobě neodstraní přílišnou zaplněnost mapového listu při přechodu do menších měřítek. Proto je nutné provést výběr zobrazovaných objektů, po jehož skončení se však nesmí povaha a charakter vyobrazeného zemského povrchu, resp. tematických informací zkreslit.

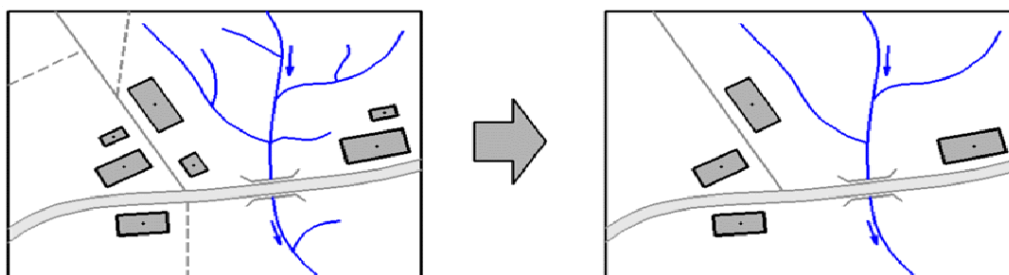
Při výběru definujeme prvky, které mají být vizuálně potlačeny tak, aby tvořily pozadí mapy, případně byly z mapy úplně vypuštěny a naproti tomu prvky, které mají být k zobrazení určitého tématu zvýrazněny. Při výběru však nikdy nelze vypustit nebo zvýraznit všechny prvky splňující výběrová kritéria, a to v takových případech, kdy např. nelze vypustit polní nebo lesní cestu, která je jedinou komunikací vedoucí k chatovým osadám nebo k jiným objektům, které po generalizaci na mapě zůstávají, čímž by se narušil důležitý orientační prvek na mapě a to v podobě informace o přístupu k daným objektům.

Výběr je záležitost subjektivní, do jisté míry jej však objektivizovat lze. Existují dva způsoby výběru, a to:

- a) censální výběr,
- b) normativní výběr.

2.2.2.1 Censální výběr

Censální výběr, je založen na předem stanovených podmínkách, neboli vychází z rozměrových minimálních limitů, resp. významových podmínek, jež jsou zakotveny v technickém projektu kartografického díla. Např. v mapě se zobrazí pouze silnice I. třídy (kritérium kvality), sídla s počtem obyvatel vyšším než 500 (kritérium kvantity) apod. I censální výběr však musí obsahovat definici výjimek, aby mohlo být přihlédnuto ke specifickým podmínkám vybraných částí krajiny (např. vykreslení silničního spojení k sídlu, jež by mělo být na základě kvantitativního kritéria vypuštěno apod.). Censální výběr tedy stanovuje horní a dolní hranici výběru. Samotný výběr v těchto mezích částečně závisí na individuálním uvážení tvůrce mapy, tj. nemá jednotný ráz, méně závisí na okolí prvku a vazbách mezi jednotlivými prvky.



Obr. 2-12 Ukázka výběru

2.2.2.2 Normativní výběr

Cílem normativního výběru je objektivní stanovení procentní normy výběru, tj. kolik procent objektů v realitě bude zobrazeno na mapě. Vychází z empiricky stanovených norem, které zohledňují četnost jednotlivých prvků, nikoliv prvky, které má mapa obsahovat (to závisí na zvolených pravidlech tvorby mapy) s uvážením jejich vlastností a významu v jednotlivých regionech. Objektivizace takovýchto kritérií není možná bez spoluúčasti oborových specialistů (územní plánovači, demografové, vodohospodáři aj.). I při normativním výběru se někdy uplatní zdůvodněné výjimky.

Mezi normativní způsoby výběru řadíme:

1. výběr mapových prvků s použitím matematické statistiky,
2. způsob výběru s použitím číselných ukazatelů,
3. způsob výběru s použitím vah,
4. výběr prvků s použitím teorie grafů.

2.2.2.2.1 *Výběr mapových prvků s použitím matematické statistiky*

Výběr mapových prvků s použitím matematické statistiky je definován na základě statistických hodnot získaných z existujících map. Takto se stanoví jakási nejpravděpodobnější norma pro určitý prvek mapy.

Základní definice analytického modelu generalizace s jednoduchou závislostí je formulována pro případ, že hustotu prvků vyjádříme jejich počtem, resp. délkou na jednotku plochy. „Zákon výběru“ kartograficky zobrazených prvků je definován analytickým vztahem, který může mít např. tento tvar:

$$n_{(P_{oi})} \% = a_{oi} n_{(P_o)}^{-b_{oi}} \quad (2-1)$$

kde:

$n_{(P_o)}$ - počet prvků na podkladové mapě na jednotkové ploše P_o ,

$n_{(P_{oi})}$ - počet prvků na odvozené mapě na ploše P_{oi} v procentech z původního počtu prvků na ploše P_o podkladové mapy,

a_{oi} , b_{oi} - experimentální parametry.

Plochy P_o a P_{oi} vyjadřují totožné území ve dvou různých měřítkách. Všeobecně platí

$$n_{(P_{oi})} = \frac{n_{P_{oi}}}{n_{P_o}} 100 \quad (2-2)$$

Porovnáním vztahů (1) a (2) získáme vztah platný pro určení počtu prvků na odvozené mapě v absolutních hodnotách

$$n_{(P_{oi})} = \frac{a_{oi}}{100} n_{(P_o)}^{1-b_{oi}} \quad (2-3)$$

Parametry a_{oi} , b_{oi} udávají stupeň a charakter kartografického výběru při různé hustotě prvků na podkladové mapě.

Význam a možné hodnoty násobného parametru a_{oi} posoudíme ze vztahů (3-1) a (3-3). Při konstantním $n_{(P_o)}$ a b_{oi} a nárůstem a_{oi} je spojený růst % vybraných prvků do odvozené mapy a naopak. Dolní hranice $a_{oi} = 0$ bude pro případ $n_{(P_{oi})} = 0$, což znamená, že z podkladové mapy nevybereme žádný prvek. Význam a možné hodnoty mocninového parametru b_{oi} posoudíme ze stejných výchozích vztahů. Vyplyvá z nich, že může nabývat hodnot v intervalu $\langle 0;1 \rangle$ a že je ukazatelem variability stupně výběru při různé hustotě prvků na podkladové mapě.

Další normou, použitelnou pro výběr prvků s použitím matematické statistiky, může být např. **Töpferův zákon odmocniny**, který je definován buď v rozšířeném, nebo jednoduchém tvaru. Znění tohoto zákona v rozšířeném tvaru můžeme psát ve tvaru:

$$n_o = n_p c_v c_z \sqrt{\frac{M_p}{M_o}}$$

kde:

- n_o - počet určitého prvku odvozené mapy,
- n_p - počet identického prvku podkladové mapy,
- M_o - měřítkové číslo odvozené mapy,
- M_p - měřítkové číslo podkladové mapy,
- c_v - významová konstanta,
- c_z - konstanta poměru velikosti identických značek v obou mapách.

Jednoduchý zákon odmocniny vychází z předpokladu, že $c_v = c_z = 1$. V praxi se používá častěji než rozšířený tvar, který má kritická úskalí právě ve stanovení hodnot pro významové konstanty.

Doposud se osvědčily následující, empiricky zjištěné, hodnoty vycházející z měřítkových čísel původní (M_p) a odvozené (M_o) mapy:

a) **pro významové konstanty**

$$c_v = \sqrt{\frac{M_o}{M_p}} \quad - \text{ pro zvlášť významný prvek,}$$

$$c_v = 1 \quad - \text{ pro prvek normálního významu,}$$

$$c_v = \sqrt{\frac{M_p}{M_o}} \quad - \text{ pro prvek malého významu,}$$

b) **pro konstanty poměru velikosti znakového klíče**

$$c_z = \frac{s_p}{s_o} \sqrt{\frac{M_p}{M_o}} \quad - \text{při generalizaci liniových prvků tloušťky } s,$$

$$c_z = \frac{f_p}{f_o} \sqrt{\frac{M_p}{M_o}} \quad - \text{při generalizaci plošných prvků, když jsou}$$

směrodatné plochy f ,

$c_z = 1$ - je-li tloušťka čáry, resp. plocha znaku na odvozené mapě určena podle zákona odmocniny takto:

$$s_o = s_p \sqrt{\frac{M_p}{M_o}}, \text{ resp. } f_o = f_p \sqrt{\frac{M_p}{M_o}}$$

Tato metoda nebere v úvahu vnitřní vztahy mezi jednotlivými prvky mapového obsahu a nerespektuje charakteristiky čárových prvků, nýbrž pouze jejich počet.

2.2.2.2.2 *Výběr s použitím číselných ukazatelů*

Způsob výběru s použitím číselných ukazatelů vychází z experimentálního vyšetření prvků na podkladové mapě. Množství prvků v nové mapě se stanoví na základě příslušné hustoty na podkladovém kartografickém originále, resp. v terénu, a to izolovaně od jejich okolí a vazeb. Prováděný výběr se označuje jako proporcionální. Lze jej matematicky popsat takto:

$$K = \left[\frac{n_{(p_o)}}{n_{(p_o)}} \right] \text{ a } L = \left[\frac{h_{(p_o)}}{h_{(p_o)}} \right]$$

kde:

K - hustota odvozených prvků z jejich počtu (n_{p_o}) na podkladové mapě,

L - hustota čárových odvozených prvků z jejich délek (h_{p_o}) na podkladové mapě,

$n_{(p_o)}$, $h_{(p_o)}$ - počet, resp. délka prvků,

$\overline{n_{(p_o)}}$, $\overline{h_{(p_o)}}$ - aritmetický průměr počtu, resp. délek prvků,

b_{oi} , d_{oi} - koeficienty proporcionálního stupně vývoje.

2.2.2.2.3 *Výběr s použitím vah*

Způsob výběru s použitím vah se používá většinou v malých měřítkách. Vychází z toho, že každému prvku se přisoudí řada ukazatelů, jejichž význam je z hlediska krajiny a tvořeného nového mapového díla ohodnocen na jednotlivých objektech např. balově v rozmezí 1 – 10 (nejhorší/nejméně významný až nejlepší/nejvýznamnější). Objekty se zvolenými součty bodů (tedy s největšími celkovými vahami) za všechny ukazatele jsou pak převzaty do odvozené mapy. Např. pro hydrografickou síť severně od Šumperka bylo možné provést výběr podle Tabulka 2-3.

Tabulka 2-3 Příklad aplikace metody vah na hydrografickou síť

Vodní tok	Ukazatel					Celkem
	Délka	Plocha povodí	Průtok	Počet přítoků	Ekonomický ukazatel	
Morava	10	10	10	10	10	50
Desná	6	4	3	5	8	26
Merta	3	2	2	2	2	11
bezejmenný	2	2	1	1	1	7

2.2.2.2.4 Výběr prvků s použitím teorie grafů

Každý graf lze vyjádřit prostředky numerické matematiky jako soubor čísel. Pomocí matice můžeme na grafu exaktním způsobem modelovat generalizační výběr. Východiskem k objektivní generalizaci, prakticky výhradně jevů a objektů, které mají síťový charakter (dopravní síť, říční síť aj.) a jsou tudíž vyjádřeny liniovými znaky, je správné vystižení souvislostí mezi jednotlivými částmi grafu (např. hierarchický systém toků generalizované říční sítě).

Soustava liniových prvků na mapě znázorněná jednou čarou (např. říční síť) reprezentuje **orientovaný acyklický multigraf**. Počátky, křížení, rozdělení a ukončení hlavních linií pak představují **uzly multigrafu** a úseky mezi sousedními uzly **hrany multigrafu**. **Orientace hran** je dána např. směrem toku. Hran multigrafu mají charakter křivek, které se řeší samostatně. Vlastní generalizační výběr je simulován řešením úloh o cestách v grafu (délka hran je řešena parametricky v závislosti na měřítku tvořené nové mapy). Částečné úkoly generalizace spočívají ve vyhledávání uzlů a v testování podmínky, zda vzdálenost má podkritickou hodnotu a nachází se např. na přítoku nižšího řádu.

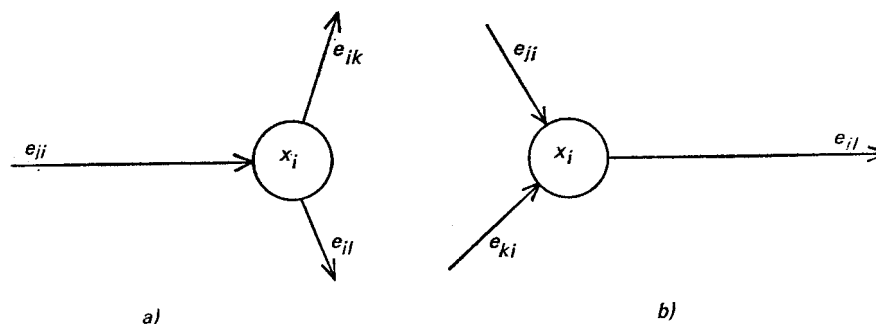
Orientovanému acyklickému grafu můžeme přiřadit incidenční matici $\mathbf{A} = (a_{ij})$ tak, že existence hrany je prvek matice $a_{ij} = 1$, jinak $a_{ij} = 0$. Multihrany jsou evidovány a zpracovávány mimo incidenční matici v seznamu hran. Výpočet r -té mocniny incidenční matice se uskutečňuje předpisem

$$A^r = A^{-1} \cdot A$$

R -tá mocnina incidenční matice poskytuje informaci o cestách v orientovaném grafu.

Zkoumání jednotlivých uzlů r -tého řádu vychází ze dvou standardních situací mezi uzlem a incidenčními hranami, kde e_{ji} je vstupní a e_{ik} , e_{il} výstupní hrana vůči uzlu X_i a obdobně e_{ji} , e_{ki} jsou vstupní a e_{il} výstupní hrany uzlu X_i . Konkrétní situace vychází z prohlédnutí seznamu hran, při kterém uzel vystupuje v jednom případě jako počáteční a potom jako koncový uzel příslušných incidenčních hran.

Vyústění každé hrany se zaznamenává do seznamu hran. Délkové kritérium je voleno podle měřítko mapy a je zadáváno parametricky. Celý proces výběru se ukončí, až se r -tá mocnina incidenční matice stane nulovou maticí.



Obr. 2-13 Vztah mezi uzlem a hranami v multigrafu

2.2.3 Vzájemná harmonizace prvků obsahu mapy

Harmonizace (vzájemné sladění) obsahu mapy přichází v úvahu tehdy, když tvar, resp. obrys či plošné rozměry prvku na odvozené mapě se už nedají znázornit, i když to účel mapy přímo vyžaduje. Při řešení výběru takových prvků mohou nastat z hlediska grafického znázornění dva případy vzájemných vazeb, jakož i vazeb na okolní prvky, a to:

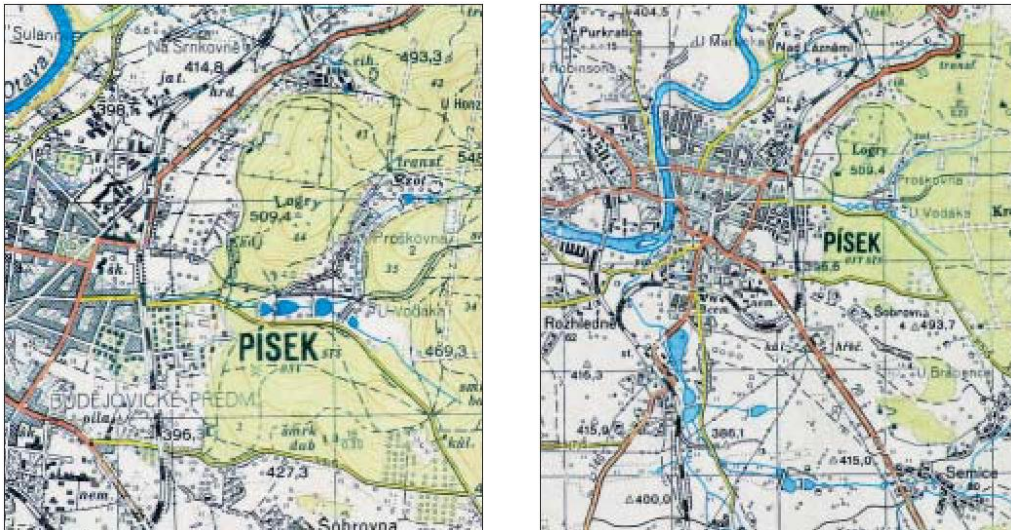
- harmonizace prvků mapy s jednoduchou a stejnorodou strukturou,
- harmonizace prvků se složitou strukturou.

Při užití metody harmonizace prvků mapy s jednoduchou a stejnorodou strukturou používáme jejich znázornění na mapě pomocí čárových mapových znaků. Z technických důvodů je ve většině případů vykreslujeme „nad míru“. V takovém případě je generalizujeme kvantitativně i kvalitativně při současné generalizaci struktury. Pod strukturou prvku rozumíme skladbu, vazby, tvar, obrys, délku, plošné rozměry. Vyjadřujeme-li na odvozených mapách takové prvky, pak se buď změni jejich tvar, nebo jejich délkové resp. plošné rozměry.

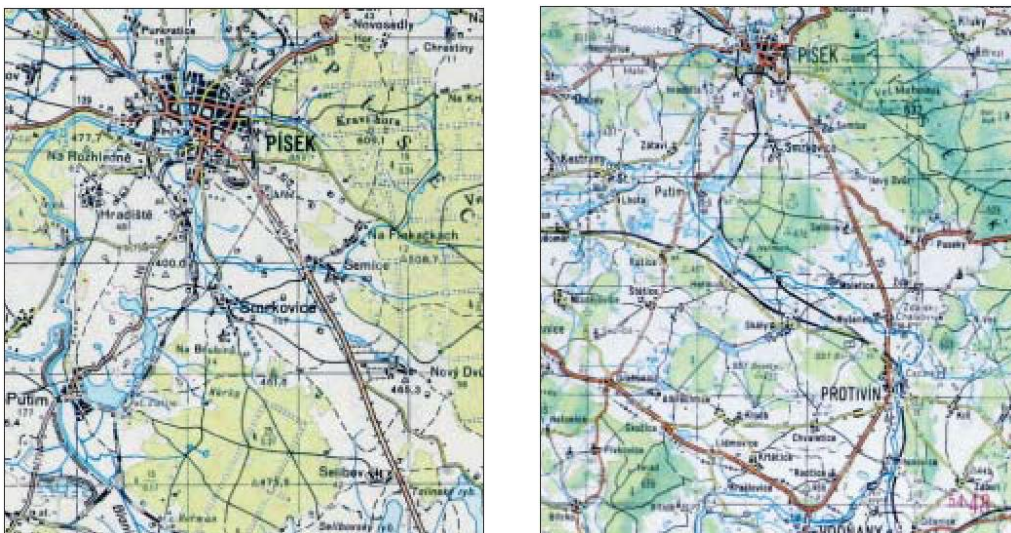
Při generalizačním zevšeobecnění tvaru prvku nám jde o to, abychom maximálně možně zachovali nezměněný půdorysný tvar. Dále dbáme na to, abychom zachovali relativní klikatost čar a zachovali přitom charakteristické podrobnosti. Při generalizačním zevšeobecnění délkových a plošných rozměrů prvků nám jde o to, abychom zachovali vztahy mezi délkovými a plošnými prvky na mapě vůči vazbám ke skutečnosti. Z toho vyplývající rozpory se projeví při kresbě čárových prvků.

Např. železnice na mapě 1:50 000 zabírá při čáře o síle 0.5 mm 4x větší plochu, než ve skutečnosti. Následkem tohoto plošného nadhodnocení nastane v okolí značky polohopisná deformace při znázorňování ostatních prvků, které se musí buď přemísťovat („posun kresby“), nebo plošně zmenšit („kresba pod míru“) či vůbec vynechat. Jde tedy o sladění, zveličování, zdůrazňování apod. a také o změny způsobu vyjádření podstatných rysů a o posuny v geometrii kartografického obrazu.

Zevšeobecněním se snažíme zachovat ty podrobnosti, které jsou důležité z hlediska účelu mapy, tzn., že charakteristické rysy zdůrazňujeme. Zakřivenější úseky jsou generalizované více, a tím i více délkově zkracované. Zevšeobecněním se zmenšuje polohová přesnost zákresu.



Obr. 2-14 Topografická mapa z roku 1954, originální měřítko 1 : 25 000 (vlevo) a 1 : 50 000 (vpravo) – zmenšeno



Obr. 2-15 Topografická mapa, pětibarevná, originální měřítko 1 : 100 000 (vlevo, 1954) a 1 : 200 000 (vpravo, 1960) – zmenšeno

Při "kresbě nad míru", zabírá významný objekt v daném měřítku na mapě (silnice, železnice aj.) v přepočtu na míry ve skutečnosti daleko větší plochu než by odpovídalo měřítku jeho zmenšení. Jedná se o kresbu, která není věrným půdorysným obrazem, ale o kresbu, kde jsou dodrženy významné a typické ohyby průběhu osy nebo obrysové čáry příslušného prvku. Jde o upřednostnění geografických aspektů před aspekty stroze půdorysnými. Příkladem takové kresby, kreslené ve větším měřítku vůči okolní kresbě na mapě středních a malých měřítek může být Ašský výběžek („kartografická agrese“) či holešovický oblouk Vltavy v Praze.

Kresbu „nad míru“ porovnáváme podle vztahu

$$\psi = \frac{b}{KB}$$

kde:

ψ - koeficient překreslení, vyjadřující poměr generalizovaného tvaru k velikosti nengeneralizovaného tvaru v měřítku mapy 1:M,

- b - šířka (velikost) znaku na mapě v mm,
 B - velikost (šířka) objektu v přírodě v km,
 K - koeficient přechodu k měřítku, kdy: $K = \frac{10^6}{M}$.

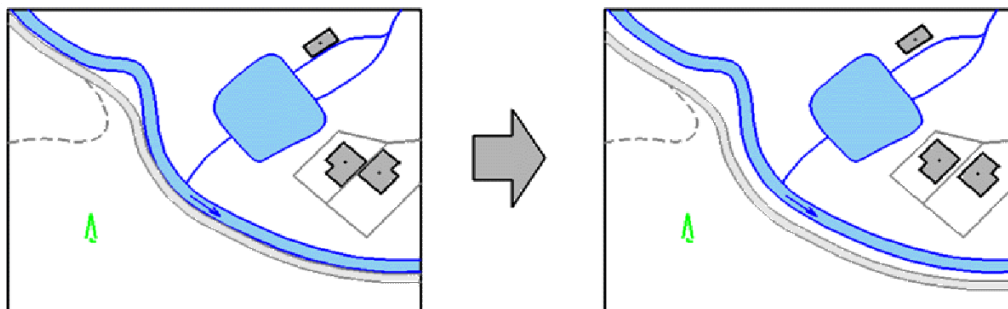


Obr. 2-16 Topografická mapa, pětibarevná, originální měřítko 1 : 500 000 (vlevo, 1960) a 1 : 1 000 000 (vpravo, 1961) – zmenšeno

Např. na mapě 1:500 000 znázorníme dvojitou čarou o šířce 1 mm vodní tok, jehož šířka je 0,5 km, ale i dálnice, jejichž šířka je jen 0,03 km. Pro oba případy pak bude mít koeficient překreslení rozdílné hodnoty, a to:

$$\psi_1 = \frac{1}{2,0,5} = 1, \text{ resp. } \psi_2 = \frac{1}{2,0,03} = 17$$

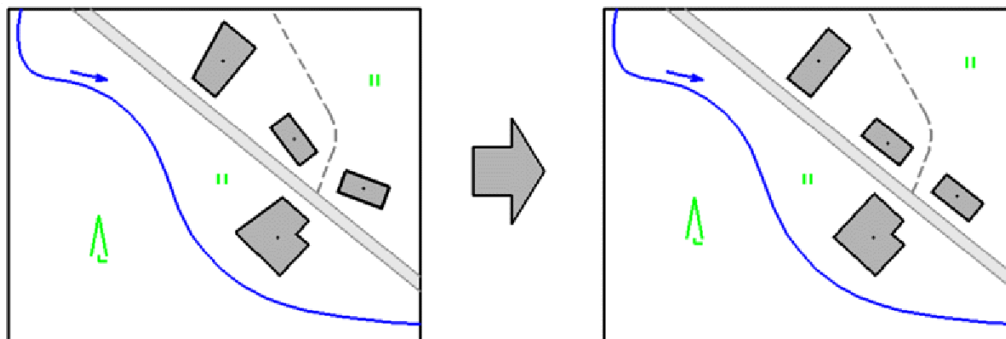
"Posunu kresby" se uplatňuje tehdy, kdy by při důsledném půdorysném zobrazení docházelo ke grafickým střetům (překrytům) mezi mapovými znaky blízké sousedících prvků. Např. v úzkém údolí, kterým protéká horská řeka, po jejíchž březích vedou komunikace, je třeba zakreslit osu vodního toku co nejvěrněji s ohledem na údolnici. Kresbu znaku pro železnici, resp. pro silnici je nutno od zobrazení vodoteče odsunout, v případě souběhu komunikací různého typu se odsouvá znak nejvýznamnějšího prvku nejméně (v našem případě by šlo o železniční trať). Z kartometrického hlediska se jedná o účelové zanášení systematické polohové chyby náhodně proměnné velikosti, které je však na druhé straně vyváženo zvýšením přehlednosti mapy.



Obr. 2-17 Příklad posunutí kresby

Za jistou modifikaci posunutí kresby můžeme považovat operaci pootočení. Posun nebo pootočení můžeme z hlediska generalizace akceptovat, pouze pokud se jedná o generalizaci spojenou se zpřesněním vstupních dat, konkrétně např. při zpřesňování jednoho datového zdroje pomocí druhého (katastrální mapa versus ortofoto).

Metodu harmonizace prvků se složitou strukturou uplatníme při vyjádření sídel. Zde použijeme symbolické, bodové, čárové i plošné výrazové prostředky s barevným rozlišením tak, abychom docílili optimálně proporcionální správnosti a úplnosti vyjádření při respektování kritérií rozlišitelnosti, čitelnosti a výtvarného souladu. Proti zobrazení struktury jednoduchých prvků přichází nejvíc v úvahu spojování stejnorodých prvků do jednoho celku. Z hlediska kartografického znázorňování zde platí zásada dodržet co nejpřesněji polohu středových, resp. osových čar a relativní rozložení prvků vybraných do odvozené mapy. Porušení geometrické přesnosti se provádí na úkor druhořadých prvků.



Obr. 2-18 Příklad otočení kresby

V konečné fázi generalizace je tedy třeba zajistit soulad mezi zobrazovanými prvky za předpokladu zachování geometrické přesnosti, charakteru zobrazovaného krajinného typu i estetické hodnoty kartografického díla.

Velkou část harmonizaci zaujímá práce s textem (výběr, posunutí, grafické přiřazení, vytváření zkratk) a jinými mapovými doplňky.

2.3 Generalizace hlavních prvků obsahu map

Při kartografické generalizaci je třeba dodržovat některé zásady, z nichž nejvýznamnější jsou tyto:

- zásada zachování rozlišení, již rozumíme, v souladu s účelem a funkcí mapy, respektování průměrných rozměrů a zejména dostatečných rozdílů ve velikostech bodových mapových znaků, v šířkách série liniových znaků, ve výškách názvosloví a v použitých barevných atributech znaků, především areálových,
- zásada zachování charakteristických rysů, již rozumíme respektování typických, charakteristických rysů každého prvku mapu jednotlivě, ale i souhrnu všech prvků,
- zásada zachování proporcionality, která se uplatňuje zejména při kartografické interpretaci kvantitativních ukazatelů a projevuje se dodržováním velikosti rozměrů mapových znaků nejen v souladu

s použitým matematickým pravidlem, ale i v souladu se správným vnímáním těchto znaků (např. jsou-li velikosti zobrazovaných objektů v poměru 1:2:4 atd., pak i velikosti pro ně použitých znaků musíme vnímat v tomto poměru),

- zásada logické návaznosti, která znamená dodržování vzájemné souvislosti a spjatosti objektů a jevů i přesto, že byly zobrazené podle jiných zásad a je tudíž třeba provést určité korekce, které vyplývají z logických vazeb mezi prvky obsahu mapy.

V konečné redakci kartografického díla, s ohledem na generalizaci, musíme rozlišit:

- **matematické prvky**, jejichž generalizace je ze zřejmých důvodů velmi omezená,
- **fyzicko-geografické prvky**, které se zpracovávají s ohledem na jejich další členění. Nejvyšší prioritu má **vodstvo** a druhou nejvyšší prioritu pak má **orografie**,
- **socioekonomické prvky**, u nichž je třeba věnovat zvláštní pozornost především administrativním hranicím a sídlům.

2.3.1 Vodstvo

Pro potřeby kartografie považujeme za vodstvo souhrn přírodních a umělých vodních objektů a hydrotechnických zařízení s nimi souvisejících, jež jsou zakresleny na mapě. Na topografických mapách lze zachytit veškeré vodstvo bez výrazné generalizace. Zeměpisné mapy používají jak výběr, tak zjednodušování obrysů a tvarů. Z hlediska kartografické interpretace rozlišujeme u vodstva:

- a) vodní toky a kanály (tekoucí vodstvo),
- b) jezera, rybníky a další vodní nádrže souše,
- c) bažiny a močály,
- d) prameny a studny,
- e) moře a oceány,
- f) ledovce a trvalou sněhovou pokrývku,
- g) hydrotechnická zařízení.

Vodní toky (a kanály) se vykreslují na obecně zeměpisných mapách od pramene jednoduchou plynule se rozšiřující čarou. Pokud skutečná šířka vodního toku přesáhne v měřítku mapy 0,3 mm, vykresluje se dvojčarou s rozstupem, který odpovídá skutečným rozměrům šířky vodního toku. Např. na mapách 1 : 500 000 se dvoučarou vyjadřují toky širší než 60 m, na mapě 1 : 1 000 000 širší než 300 m. Často se při kresbě vodních toků a kanálů používá kresba nad míru. Hloubka toku a rychlost jeho proudu bývá na topografických mapách uváděna jako doplňkový číselný údaj.

Tabulka 2-4 Grafické vyjádření vodních toků různých šířek na topografických mapách různých měřítek

Vyjádření toků	Šířka toku v metrech
----------------	----------------------

	1:25 000	1:50 000	1:100 000	1:200 000
Jednočárově	5	5	10	10
Dvoučárově světlosti 0,3 mm	3 - 15	5 - 30	10 - 60	20 - 80
Dvoučárově, půdorysně správně	nad 15	nad 30	nad 60	nad 80

U vodních toků a kanálů se sleduje maximální věrohodnost při zachycení:

- struktury říční sítě (stromovitá, mřížkovitá, pravoúhlá aj.), jejíž charakter by měl být po jakékoli generalizaci zachován,
- míra křivolakosti vodního toku, která je dána koeficientem klikatosti (K), když:

$$K = \frac{D_k}{D_s}$$

kde:

D_k - skutečná délka křivky vodního toku,

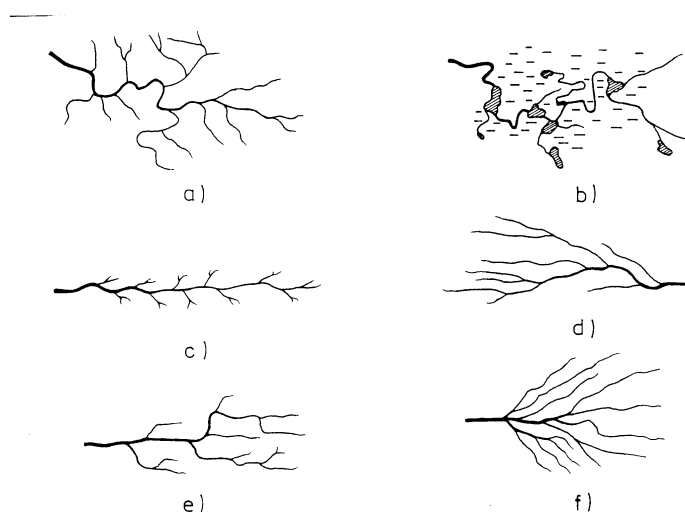
D_s - délka úsečky (nejkratší spojnice) od pramene po ústí vodního toku.

- hustota říční sítě v km.km^{-2} , resp. v $\text{km}^2.\text{km}^{-2}$,
- počet levostranných a pravostranných přítoků.

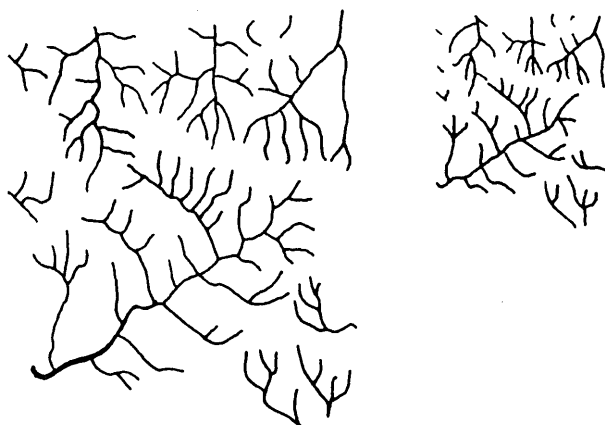
V procesu generalizace není žádoucí, aby byla míra křivolakosti zcela likvidována, tj. aby K dosáhlo hodnoty 1, či aby byl radikálně změněn poměr počtu levostranných a pravostranných přítoků do hlavního toku. Stejně tak není vůbec žádoucí, aby se generalizací porušil optický vjem, prezentující strukturu říční sítě a její hustotu (je v ní implicitně obsažena informace o řadě parametrů formujících krajinu v minulosti a současnosti).

Při generalizaci říční sítě se obvykle stanovuje censálním výběrem minimální délka přítoků (např. 5, resp. 10 mm v daném měřítku mapy). Normativní metody| výběru zohledňují výše uvedený charakter říční sítě tím, že se neopírají pouze o délku vodních toků, ale berou ohled na jejich počet na jednotkové ploše. Takovýmto postupem bude zachována poměrná hustota kresby říční sítě při přechodu na jakékoli menší měřítko odvozené mapy.

Oceány a moře se omezují pobřežní čarou (břehovkou), kterou tvoří buď hranice přílivu, nebo střední úroveň mořské hladiny. Z mapové kresby musí být jasný typ pobřeží (fjordové, lagunové, korálové, deltové aj.), a proto je časté využívání kresby nad míru (např. u fjordového pobřeží nelze zachytit v daném měřítku všechny zálivy, proto se provede výběr a kresba takového počtu významnějších zálivů, které ve svém souhrnu dají jasnou představu o charakteru zobrazovaného pobřeží, obdobná poznámka platí pro pobřeží lemovaná značným počtem malých ostrůvků).



Obr. 2-19 Typy říčních soustav (a - stromový, b - labyrintový, c - kořinkový, d - souběžný, e - roštový, f - vějířovitý)



Obr. 2-20 Generalizace říční sítě

Reliéf mořského dna se na obecně zeměpisných mapách vyjadřuje pomocí barevné hypsometrie (batymetrie) podle zásady „čím hlubší - tím tmavší odstín“ modré barvy. Na všech mapách musí být vyjádřena izobata 200 m, která označuje hranici šelfového moře. Mořské dno se doplňuje kótami hloubek, zejména v místech plavebních tras. V současné době se mořský reliéf zvýrazňuje stínováním pomocí bílé a šedé barvy. Do plochy moří a oceánů se zakreslují mělčiny, písčiny, skály, korálové útesy, bóje, majáky, přístavy a kotviště aj.

Jezera a rybníky a další vodní nádrže souše se ohraničují břehovkou, která reprezentuje průběh střední letní hladiny dané vodní plochy. V případě výrazného kolísání vodní hladiny, nebo při značné neurčitosti břehovky (např. na styku vodní plochy s bažinatým územím) se břehová čára tečkuje nebo čárkuje. V místech s velkou četností vodních ploch se při censálním výběru často stanovuje minimální rozměr vodních ploch v měřítkách map (např. pro měřítko 1 : 25 000 - 1 : 200 000 se obvykle jedná o 1 mm²). Přitom se však současně musí brát zřetel na zachování typického poměru vodních ploch a ploch souše v dané části krajiny, tzn., že se připouští kresba vybraných vodních ploch nad míru. Z dalších parametrů vodních ploch je sledováno především jejich množství, tvar vodní plochy a její souvislost s říční sítí a s georeliéfem. U středních a malých měřítek se celkem běžně zevšeobecňuje břehová čára. Je-li vodní plocha vybrána, pak musí být vyjádřena tvarově správně i za cenu

jejího kreslení nad míru. Jsou-li jezera blízko sebe, nelze je uměle slučovat. Údaje o hloubce vodních nádrží, výšce a šířce hrází apod. jsou součástí doplňujících číselných údajů. Pro vyjádření hloubkových poměrů lze využít i kresby izobat (hloubnic).

Ledovce a plochy s trvalou sněhovou pokrývkou se zobrazují na mapách bílou nebo světle modrou barvou, která je v případě potřeby kombinována zákresem vyčnívajících skalních útvarů. Vrstevnice se na plochách pokrytých trvalým ledem nebo sněhem kreslí modře. V obraze světového oceánu se běžně zakresluje hranice plovoucích ker (velká důležitost z dopravního hlediska) a hranice zalednění. Protože se v souvislosti s ledovými jevy jedná ve většině případů o dynamické areály, jsou jejich obrysové čáry kresleny čárkovaně nebo tečkovaně.

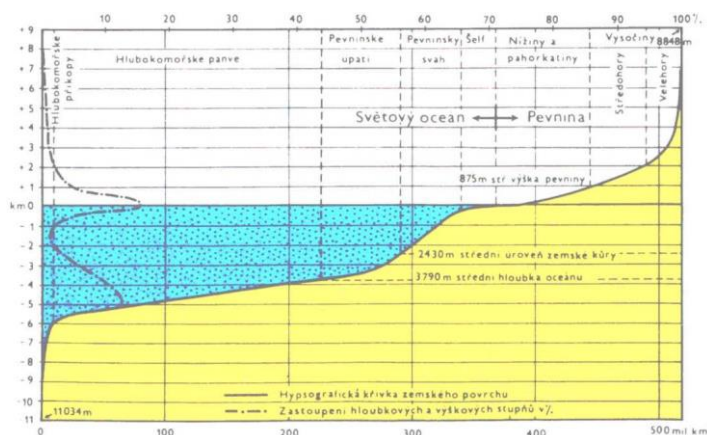
Studny se kreslí pouze v podrobných topografických mapách. V obecně zeměpisných mapách pak v pouštích (oázy), resp. ve stepních a řídko osídlených oblastech.

Hydrotechnická zařízení sloužící využití vody (vodní elektrárny, přehrady), vodní dopravě (přístavy, doky, plavební komory, jezy, propustí, majáky) a ochraně proti vodě (hráze, vlnolamy, zpevněná nábřeží aj.) se obvykle zakreslují pouze na topografických mapách.

Popis všech druhů vodstva je na mapě v maximální úplnosti, přehlednosti a čitelnosti. Na topografických mapách se obvykle uvádějí názvy všech vodních toků a jezer větších než 10 mm^2 , zatímco na obecně zeměpisných mapách se popisují v maximální míře všechny zakreslené vodní toky a vodní plochy (tedy i vodní plochy menší než 10 mm^2). Názvy zálivů, moří se umísťují do jejich delší osy tak, že popis prokládáme mezerami. Mezery mezi písmeny nemají být větší než trojnásobek výšky písmena. Názvy řek se kreslí zásadně ve směru vodního toku, u dlouhých řek se názvy opakují po obou stranách toku.

2.3.2 Reliéf terénu

Orografie se generalizuje až po zákresu říční sítě. Zahajuje se generalizací terénní kostry (hřbetnice, údolnice), od níž se následně odvíjí generalizace vrstevnic.



Obr. 2-21 Hypsografická křivka území světa

Reliéf terénu představuje nejdůležitější prvek topografických a obecně zeměpisných map. Jeho vyjádření:

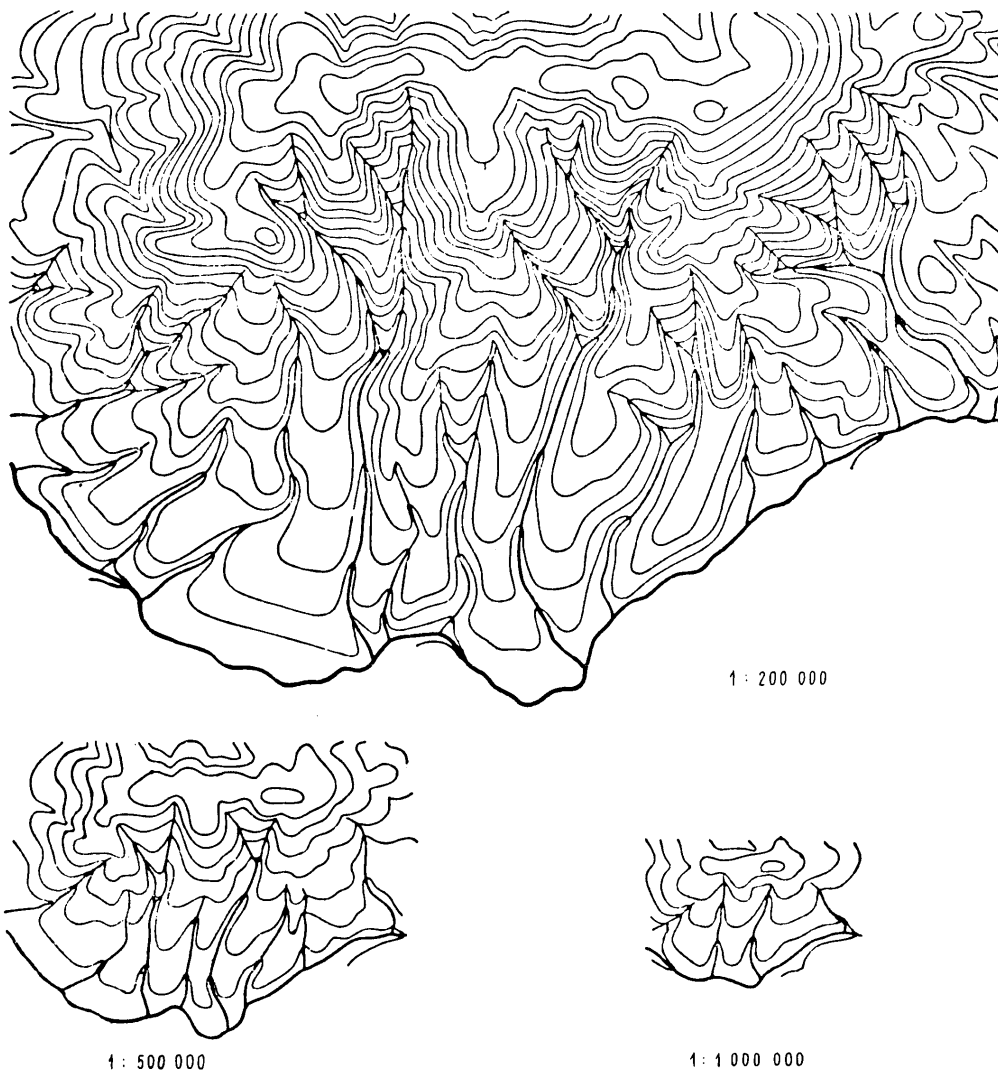
- respektuje geomorfologické charakteristiky typů georeliéfu,
- umožňuje řešit sklony svahů, viditelnost prostor, rozčlenění georeliéfu,
- poskytuje uživateli plastický vjem (geografická názornost).

Generalizace reliéfu terénu se projevuje ve výběru tvarů, které mají být zobrazeny (při současném vypuštění méně významných podrobností). Jde ve své podstatě o výběr základních vrstevnic, který se projevuje zvětšením jejich vzdálenosti i ve vazbě na měřítkové číslo M (na českých/slovenských mapách obvykle podle vztahu $i = M/5000$).

Při jakékoliv generalizaci musí být zachovány typické morfometrické znaky zobrazovaného území. V této souvislosti je třeba připomenout, že **jedna vrstevnice dá představu o nadmořské výšce, charakter reliéfu terénu však vystihují pouze vrstevnice ve vzájemné souvislosti, neboli každý tvar reliéfu terénu lze vyjádřit jedině více vrstevnicemi.**

Generalizace reliéfu terénu je ovlivněna minimálními rozměry uzavřených útvarů a ohybů. Tyto je třeba řešit vždy v rámci celého elementárního území a, ohyby explicitně, v rámci celého vykresleného tvaru.

Zpětnou kontrolou o úspěšnosti generalizace reliéfu terénu může být hypsografická křivka, která vyjadřuje závislost plochy jednotlivých výškových vrstev na nadmořské výšce (viz Obr. 2-21). Je to spojitá křivka, která reprezentuje součet ploch výškových a hloubkových stupňů georeliéfu na vymezeném území (svět, kontinent, republika). Konstruuje se tak, že se v pravouhlém grafu vyjádří na vertikální ose ve vhodném intervalu nadmořské výšky a na horizontální osu se pak postupně vynášejí z mapy zjištěné ortogonální průměty ploch mezi zvolenými vrstevnicemi nebo ploch definovaných výškových (hloubkových) stupňů. Křivka je obvykle konstruována jako součtová, takže se začíná kreslit od nejvyšších výškových úrovní a k plochám nižších výškových úrovní se postupně přičítají plochy, které zaujímají všechny předcházející vyšší výškové stupně. Poslední zákres na horizontální ose pak musí představovat celkovou plochu zájmového území. Hypsografická křivka se s výhodou používá pro určování rozestupu limitních vrstevnic pro hypsometrickou metodu interpretace reliéfu terénu. Jejím autorem je pravděpodobně de Lapprent (1838).



Obr. 2-22 Vliv měřítka na postupnou generalizaci vrstevnicového obrazu georeliéfu

2.3.3 Hranice

Hranice se v zásadě negeneralizují, pokud možno ani prvky obsahu mapy, jimiž procházejí. Sleduje-li však hranice přírodní linii, kterou je nezbytně nutné generalizovat (vodní tok), pak je samozřejmě zevšeobecňován i průběh hranice. Jde-li hranice osou vodního toku, resp. komunikace a nemůže-li být v důsledku mapového znaku vyjádřena polohopisně správně, kreslí se střídavě po obou stranách vodního toku, resp. komunikace. Pro vyjádření sporných hranic se využívá přerušované čáry. Znaky významných hranic jsou doprovázeny obvykle fialovou lemovkou vně ohraničeného území.

Průběh hranic musí být jednoznačný. Pokud hranice různé úrovně významnosti půdorysně splývají, kreslí se smluveným znakem hranice nejvyššího významu. Zajímavý je již zavedený pojem **kartografická agrese**, spočívající v zákresu části cizího státního území jako území vlastního.

Státní hranice se generalizují jen v minimální míře, a to převážně jen u velmi malých měřítek. Ostatní hranice jsou generalizovány většinou jen v závislosti na linii, kterou sledují (např. vodní tok).

Názvy států a správních celků se umísťují do příslušných areálů tak, aby nerušily polohopisné a výškopisné prvky obsahu mapy. Význam správních celků se odlišuje typem a velikostí písma.

2.3.4 Komunikace

Kresba komunikací, jako „staveb“, které umožňují spojení různých míst dopravními prostředky, musí být provedena geograficky věrně a podle použitého měřítka geometricky přesně zcela, nebo jen v určitých velmi specifických uzlech (např. křížení komunikací, technické stavby na komunikacích jako tunely, mosty aj.), protože jsou velmi důležitým orientačním faktorem jak na mapách, tak ve skutečnosti (zejména železnice a dálniční tahy).

Kresba komunikací musí vystihnout i jejich dopravně-geografické charakteristiky a hospodářský význam příslušných spojů mezi sídly. U topografických map se žádá i vyjádření technické úrovně a vybavenosti komunikačních sítí. Kvantitativním parametrem, který objektivizuje generalizační proces je hustota komunikační sítě, vyjádřena součtem délek komunikací jednoho druhu na ploše jednoho km².

Všimneme-li si jednotlivých druhů dopravy pak:

- železnice (i jednokolejné) zobrazujeme na topografických mapách všechny do měřítka 1:1 000 000, a to černým liniovým znakem, který s ohledem na měřítko mapy nese úměrné množství informací o počtu a rozchodu kolejí, významu tratě (hlavní, vedlejší, vlečka), elektrifikaci aj. Od tohoto měřítka (v zásadě u zeměpisných map) se intenzívně projevuje výběrová generalizační metoda. S postupným zmenšováním měřítka postupně ubývá i informací o počtu kolejí, jejich rozchodu, trakčním vedení, účelu a současném stavu tratě. Do měřítka 1 : 200 000 lze zobrazit veškerou železniční síť půdorysně věrně. U středních a malých měřítek se uplatňuje zevšeobecňování tvarů, a to ve velmi úzké návaznosti na generalizaci reliéfu terénu a říční sítě. Na obecných zeměpisných mapách se železnice dělí jen na hlavní a vedlejší (obvykle se kreslí červeně). Zde se při výběru uplatňují i ostatní generalizační metody. V topografických mapách klademe velký důraz i na znázornění technických zařízení (nádraží, tunely, mosty aj.).
- dálnice a silnice až do III. řádu zobrazujeme v plném rozsahu do měřítek 1:200 000 a větších, zatímco nezpevněné polní a lesní cesty do měřítek 1:50 000 a větších. Při generalizaci silničních komunikací je třeba zachovat základní charakteristiky každého druhu. Musí vyniknout spojení sídel, hustota sítě i vzájemná návaznost jednotlivých druhů komunikací. Generalizace silničních komunikací se projevuje na topografických mapách v jejich výběru, v zevšeobecňování kategorizace a klasifikace, jakož i v geometrickém zjednodušení tras. Na zeměpisných mapách ztrácí smysl vyjádření nižších kategorií komunikací. Na topografických mapách musí být všechna větší sídla spojena komunikacemi. Výběr hlavních spojů ovlivňuje zakres sídel na nich rozložených a naopak, výběr menších sídel si vynucuje zakres komunikací nižší klasifikace.

- ostatní druhy dopravy jsou zobrazovány s ohledem na charakter kartografického díla. Zatímco např. nadzemní potrubní doprava a elektrické vedení jsou zobrazovány na topografických mapách zcela běžně, a proto na ně uplatňujeme podobné principy generalizace jako na výše uvedené druhy dopravy, je letecká doprava zobrazována i na mapách malých měřítek jen ve zcela zvláštních případech, a to ještě schematicky, a námořní plavba dokonce jen pomocí jednoduchých liniových znaků.

2.3.5 Sídla

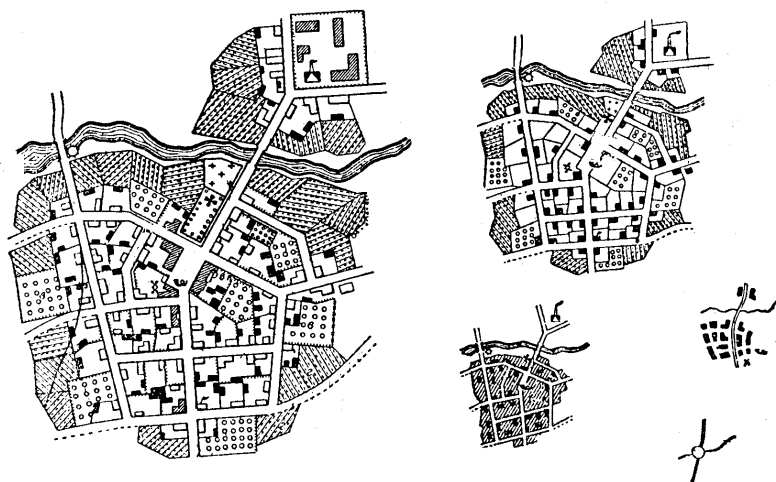
Jako sídla označujeme lokality, jež jsou obývány lidmi a jsou od sebe vzdáleny alespoň 400 m. Do měřítka 1:200 000 je zakreslujeme všechna, včetně zachování jejich půdorysu. Při přechodu z velkých měřítek do měřítek malých postupně zjednodušujeme jejich vnitřní strukturu. Při současném zmenšování plochy jejich mapové prezentace je dosažen mezní stav, kdy již není další zjednodušování uvnitř půdorysu možné. Pak se přejde na jeho prezentaci bez vnitřního dělení nebo na mapový znak, tzn., že geografické pojetí obsahu mapy převládne nad pojetím topografickým.

V průběhu generalizace je třeba v maximální míře zachovávat vazbu sídla na komunikační síť, sídlem průjezdné komunikace a typ sídla (ulicovka, čtvercová zástavba, roztroušená zástavba, souvislá zástavba apod.). Doporučuje se také velmi citlivě a až v případě největšího prostorového tlaku zasahovat do lokalizace volných ploch v sídle (parky a jim podobné plochy) a významných budov (především církevních staveb). Obě mají mimořádný orientační význam.

Sídla a jejich názvy zabírají cca 50 % zaplněné plochy mapového listu, a proto je jistě zřejmý jejich vliv na přehlednost a čitelnost mapy a tím i velká odpovědnost sestavitele mapy při jejich generalizaci.

Na topografických mapách České republiky rozlišujeme obvykle **velkoměsta** (nad 100 000 obyvatel), **velká města** (20 000 - 100 000 obyvatel), **města** (2 000 - 20 000 obyvatel) a **sídla venkovského typu I** (500 - 2 000 obyvatel), resp. **sídla venkovského typu II** (méně než 500 obyvatel, samoty a osady).

Při generalizaci není vhodné provádět výběr takovým způsobem, že je celá mapa rovnoměrně pokryta sídly. Relace reálného řídkého a hustého osídlení musí být zachována i v kartografickém díle.



Obr. 2-23 Postupná generalizace obrazu sídla

2.3.6 Půdní povrch a rostlinný kryt

Se zmenšujícím se měřítkem mapy se rozsah zobrazených druhů porostů postupně zmenšuje a na mapách malých měřítek zůstávají jako poslední ve zmenšující se měřítkové řadě zobrazeny jen lesy (lesní půda) bez rozlišení jejich druhu.

Při generalizaci porostů je důležité zachovávat charakteristický tvar obrysů, zejména jejich lomy, které jsou důležité pro orientaci. Z hlediska uchování charakteru krajiny je třeba zachovávat poměr ploch s porostem a ploch bez porostu. Při výběrové generalizační metodě je v tomto kontextu velmi důležité uvědomit si, že v lesnaté krajině je nesmírně významná i malá mýtina, resp. průsek a naopak v bezlesé krajině nelze vypustit třeba i malý lesní remízek, který svými rozměry nedosahuje censálně stanovené velikosti.

Ostatní druhy povrchů (močály, skalnatá území, slaniska aj.) se generalizují obvykle na základě censálního předpisu (např. požadavkem zakreslovat pouze ty plochy s příslušnou charakteristikou, které v daném měřítku nepřesahují velikost 15 mm^2 , resp. 25 mm^2).

3 Kartometrie

Současné mapy vznikají na základě přesných geodetických měření a podávají v mezích svých možností geometricky přesný, geograficky správný a názorný obraz skutečnosti. Jednou ze základních vlastností map, zejména velkých a středních měřítek, je jejich metričnost. Je-li obraz mapy určitým modelem reality, pak mezi tímto modelem a realitou existují matematicky definovatelné vztahy jednoznačně určené měřítkem mapy a zobrazovacími rovnicemi. To nutně znamená, že z mapy musí být možné zpětně určovat hodnoty platné na zemském povrchu. Jedná se zejména o:

- rovinné souřadnice (např. X, Y),
- geografické sférické souřadnice (zeměpisná šířka a délka),
- vzdálenosti,
- plochy rovinných obrazců s lomeným i zakřiveným obrysem,
- úhly a směrníky.

Kromě hodnot rovinných útvarů musí být z kartografických děl určitelné i hodnoty vztahující se k prostorovým útvarům (např. kubatury).

Proces získávání a výpočetního vyhodnocování kartometrických údajů je určitou obdobou geodetických postupů. Při jeho aplikaci je třeba zohledňovat specifika mapového obrazu, která souhrnně označujeme jako **kartometrické vlastnosti map**.

Metodami měření na mapách (kartografických dílech), příslušnými pomůckami a způsoby vyhodnocování hodnot naměřených na mapě se zabývá **kartometrie**. Kartometrie se zabývá i zjišťováním hodnot (dat), které v realitě určit nelze (rozloha státu, střed státu aj.) nebo jejichž zjišťování je velmi obtížné (skutečná délka vodních toků aj.).

Kartometrie představuje obrácení (inverzi) geodetické zásady "z velkého do malého" měřítka. Z toho vyplývají nesmírně velké nároky na přesnost a rozlišovací schopnost kartometrických pomůcek a pečlivost vlastních měřických prací (opakovaná měření, paralaxy aj.). Souhrn chyb ovlivňujících kvalitu kartometrických měření se tak přenáší do reality násobkem měřítkového čísla.

Při vyhodnocování kartometricky získaných veličin je nutno obezřetně aplikovat zásady teorie chyb a vyrovnávacího počtu, zejména pak zákon hromadění středních chyb.

V současné etapě masového využívání výpočetní techniky a převodu kartografických děl do digitální podoby, ať už vektorizací či skenováním, nabývá kartometrie zcela jiných dimenzí. Měření v prostředí digitálních map přechází do matematických operací výpočtu délek, úhlů, ploch aj., které jsou běžnou součástí všech CADů a GIS softwarů a měření na analogových mapách se „ad hoc“ digitalizací na čistě výpočetní operace převádí. Zatímco v prvním případě je přesnost měření pouze otázkou přesného „chycení“ příslušných bodů, je v druhém případě přesnost měření otázkou přesnosti digitalizace, v níž se i při respektování srážky mapy naplno uplatňují všechny zákonitosti

hromadění chyb. Nepříjemným doprovodným jevem digitálního zjišťování metrických charakteristik objektů je častá neznalost konkrétního matematického aparátu, s jehož pomocí jsou v rámci daného software zjišťovány. V každém případě pak nástup digitálních technologií podstatně změnil náhled odborné i laické veřejnosti na klasické metody „měření na mapách“.

3.1 Kartometrické vlastnosti map

Před každým měřením na mapě je nutno si uvědomit veškeré (kartometrické) vlastnosti map, které ovlivní převod získaných veličin z mapy do skutečnosti a odhad jejich vlivu na přesnost výpočtů. Uvažujeme-li postup zobrazení zemského povrchu na mapu a technologii vzniku mapy, pak mezi tyto vlastnosti patří:

- matematický základ mapy,
- podrobnost obsahu mapy,
- přesnost kresby,
- srážka mapy.

3.1.1 Matematický základ mapy

Matematický základ mapy, tj. měřítko, rovinný a sférický souřadnicový systém použitý na mapě a především průběh kartografických zkreslení délek, úhlů a ploch značně ovlivňuje vlastnosti mapového obrazu ve středních a malých měřítkách.

3.1.2 Podrobnost obsahu mapy

Podrobnost obsahu mapy je ovlivněná účelem mapy, jejím měřítkem a stupněm a způsobem její generalizace.

3.1.3 Přesnost mapové kresby

Přesnost mapové kresby závisí na generalizaci (posuny a tvarová zjednodušení kresby), a na nahodilých a systematických chybách vnesených do mapy v procesu její tvorby a reprodukčního zpracování.

3.1.4 Srážka mapy

Srážka mapy je daná vlastnostmi mapové podložky. Mapový papír podléhá rozměrovým změnám, které jsou založeny již při jeho vlastní výrobě (nestejněměrné složení papírově směsi), skladování (působení vzdušné teploty a vlhkosti) a při vlastním tisku mapy (heterogenní rozložení tlaku a vlhkosti v rámci mapového listu).

Mapový papír dlouhodobě vystavený proměnné teplotě a vlhkosti vzduchu mění časem své rozměry. Tyto změny jsou dosti pravidelné. Osami symetrie deformace papíru jsou střední příčky mapového rámu, které jsou zpravidla

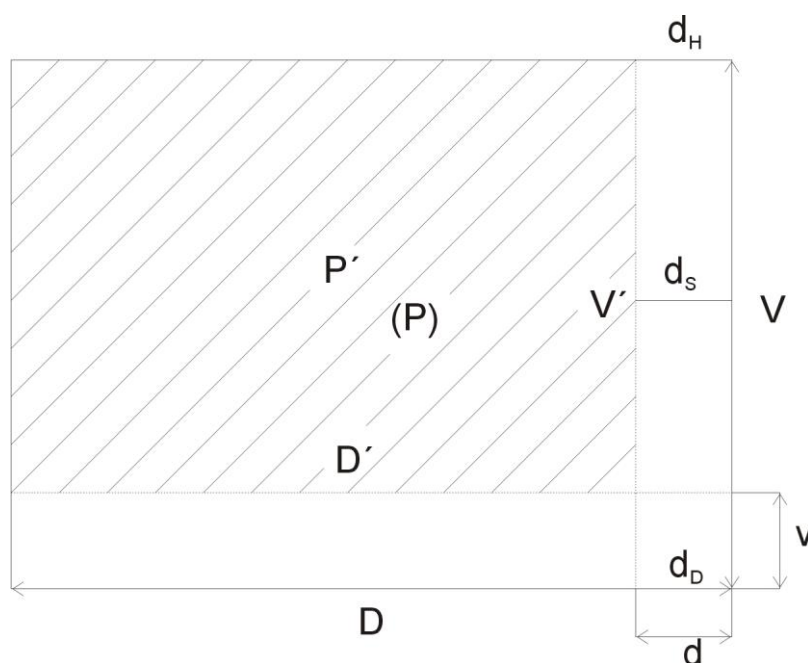
souběžné nebo kolmé na směr výroby papíru. Délkové změny dosahují až 2 % délky. V případě map nalepených na kovovou podložku nebo na plastovou fólii jsou tyto změny podstatně menší.

Srážka mapy má povahu systematické chyby. Plošný nátisk jednotlivých barev však může způsobit nepravidelné deformace omezeného rozsahu. Protože se mění s časem, musí se určovat před každým kartometrickým šetřením a její vliv početně eliminovat. Jsou-li známy správné rozměry mapového listu D , V (délka, výška) a jejich skutečné hodnoty D' a V' získané kartometrickými postupy (postupným přímým proměřením, resp. kartometrickou digitalizací rámu a středních příček mapy, potom se absolutní srážka ΔP určí vztahem:

$$\Delta P = Dv + Vd - dv,$$

příčemž elementární plošku dv není třeba uvažovat. Hodnoty d a v se určí z rozdílů správných a měřením určených rozměrů mapového rámu - d_H (horní rám), d_S (střední příčka), d_D (dolní rám) a obdobně v_1 , v_2 , v_3 na základě vyrovnání váženým aritmetickým průměrem, tj.:

$$d = \frac{d_H + 2d_S + d_D}{4}, \text{ resp. } v = \frac{v_1 + 2v_2 + v_3}{4}$$



Obr. 3-1 Srážka mapového listu

Celková plocha mapového listu potom je:

$$P = D'V' + \Delta P = P' + \Delta P$$

Srážku mapového listu je výhodné vyjádřit relativním způsobem v %, zavedením tzv. srážkových modulů q a r .

$$q = 100 \frac{d}{D}, \text{ resp. } r = 100 \frac{v}{V}$$

Pro relativní plošnou srážku p (%) potom platí:

$$p = q + r,$$

z čehož plyne:

$$P = P'(1 + 0,01p)$$

Jsou-li známy relativní hodnoty r a q lze vyvodit vztah pro délkovou relativní srážku s , platnou pro čáru vedenou pod obecným úhlem γ a vytínající na stranách mapového rámu úseky x', y' . Po opravě těchto veličin o vliv srážky bude pro délkový úsek K platit:

$$K = \sqrt{x'^2 + y'^2} \quad \text{a} \quad s = 100 \frac{K - K'}{K}$$

takže platí:

$$K = K'(1 + 0,01s)$$

Pro hledanou relativní srážku v % platí:

$$s = \frac{x'^2 r + y'^2 q}{x'^2 + y'^2} = r \sin^2 \gamma + q \cos^2 \gamma$$

Uvedené poznatky lze bez výrazné ztráty přesnosti použít i v případech, kdy mapový list není exaktní obdélník, ale obrazec jemu blízký (lichoběžník, sférický lichoběžník).

3.2 Přesnost map

Míru polohové (púdorysné nebo výškové) věrnosti mapového vyjádření objektů a jevů na mapě v porovnání s realitou označujeme jako přesnost mapy. Závisí především na způsobu mapování, použitém kartografickém zobrazení a polygrafickém zpracování, resp. technických parametrech počítačového výstupního zařízení. Mapy vznikají složitým procesem, na němž se však vedle složek technické povahy podílí v řadě případů i subjekt jejich tvůrce. Důsledkem této okolnosti je neobyčejně pestrá skladba konstrukčních, obsahových, technických, jazykových a grafických vyjadřovacích nedostatků a nesprávností na mapách. Lze rozlišit celou řadu druhů chyb, ale mezi nejdůležitější patří chyby:

- **věcné** (faktografické, obsahové), tj. uvedení nesprávných údajů a názvů, špatná lokalizace, umístění, průběh, ohraničení byť i správných údajů,
- **z použitého zobrazení**, tj. z nesprávné volby kartografického zobrazení s ohledem na účel mapy (např. použití konformního zobrazení pro věrné vyjádření ploch a tvarů areálů),
- **kartometrické**, tj. chyby vyplývající z nesprávného odměření a následného výpočtu (přepočtu) délek, úhlů a ploch na mapě,
- **z kartografické generalizace**, tj. chyby, které vznikly aplikací nevhodné metody kartografické generalizace (byl ovlivněn charakter, konfigurace, velikost, průběh, četnost aj. vlastnost zobrazovaných objektů nebo jevů),
- **vyjadřovací** (chyby mapového jazyka), které vyplývají z nevhodné aplikace mapového jazyka a mohou vyplývat ze špatného označení

(signační chyby), např. nesprávná volba výrazového prostředku pro daný význam z hlediska tvaru, z nesprávného použití morfografických operací (znakotvorné chyby), např. nevhodná tvorba kartografického znaku s ohledem na význam, který má reprezentovat, z použití nesprávné znázorňovací metody (znakoskladebné chyby), nověji syntaktické chyby, vyplývající z nesprávné nebo nevhodné syntaxe nebo z použití nevhodného stylotvorného faktoru (stylotvorné, stylistické chyby), který brání mapě plnit její imanentní, resp. z hlediska účelu relevantní funkce a který vadí čistotě, resp. adaptabilitě zvoleného mapového stylu.

Podle stupně důležitosti můžeme hovořit o **chybách** a **nedůslednostech**. Za chyby se považují zjevná porušení pravidel, nedůslednosti jsou výsledkem nepozornosti či zanedbání některých stránek nebo souvislostí vyplývajících z nedodržení některých pravidel. Hranice mezi nimi je velmi neostrá a je předmětem individuálního výkladu s ohledem na řešený problém. Nedůslednost však je otevřenou branou k chybám, a tak je třeba všem nekorektnostem na mapách bránit všemi dostupnými prostředky.

Podle výkladu J. Pravdy (2001) můžeme rozlišovat:

- **grafickou přesnost mapy** neboli polohovou přesnost vyjádření obsahu mapy grafickými prostředky, přístroji a pomůckami. Představuje hodnoty v intervalu 0,1 – 0,2 mm, které se vztahují k originálu mapy. Grafická přesnost výtisku mapy je nižší o hodnoty přípustné pro tisk (závisí na druhu tisku a formátu mapy). Při ofsetovém tisku maloformátových map jsou přípustné hodnoty kolem 0,3 – 0,4 mm, při tisku velkoformátových map (nad 1 m) až 1 mm.
- **polohovou přesnost mapy** neboli půdorysnou přesnost obsahu mapy. Při mapování v jednotlivých měřítkách je stanovena technickými předpisy (směrnicemi, návody). Jejím limitem je zpravidla hodnota grafické přesnosti.
- **výškovou přesnost mapy** neboli věrnost mapového vyjádření nadmořských výšek, která se určuje technickými předpisy pro mapování v jednotlivých měřítkách a podle výškových poměrů (sklonitosti) mapovaného georeliéfu. Závisí i na metodách výškových měření a na zaokrouhlení nebo počtu desetinných míst určených k uvádění výšek jednotlivých bodů.
- **přesnost mapování** neboli věrnost poloh objektů zobrazovaných na mapě. Závisí na polohové přesnosti výchozích bodů, na metodě mapování (obvykle je určena technickými předpisy) a na dalších faktorech s ohledem na tematiku mapování.
- **přesnost soutisku barev mapy** neboli míru kvality vícebarevných map vyhotovených ofsetovým tiskem. Závisí na použité technologii přípravy tiskových podkladů a na použitých tiskových strojích (formát, opotřebenost, pečlivost obsluhy). Dovolená odchylka v soutisku jednotlivých barev se proto pohybuje od 0,2 mm na mapách malých formátů do 1,0 mm na nástěnných mapách.

- **přesnost zobrazení mapy** neboli grafická přesnost konstrukce kartografického zobrazení (je třeba dávat pozor na záměnu s rozdíly v naměřených délkách, plochách a úhlech ve srovnání s realitou, které závisí na kartografickém zobrazení a které označujeme jako zkreslení mapy). Pod označením přesnost zobrazení mapy může být chápána i výstižnost vyjádření obsahu mapy, která přechází do sémantické přesnosti (věrnosti).

Obecně je téměř nemožné charakterizovat metrickou přesnost mapy uvedením jediného parametru ve smyslu **chyby mapy**, např. střední polohové chyby mapové kresby. Každá mapa, má vlastní soubor číselných charakteristik přesnosti platných pro jednotlivé prvky mapového obsahu. Ten je ovlivněn metodou získání dat potřebných pro jeho kartografické vyjádření, mírou jeho generalizace, pečlivostí a způsobem vykreslení, možnostmi reprodukce aj. Přitom je navíc nutno rozlišovat, zda se jedná o **mapu původní**, tj. vzniklou např. na základě přímého měření v terénu nebo **mapu odvozenou**, vzniklou přebíráním a úpravami mapového obrazu z vhodných podkladových map.

3.2.1 Přesnost původní mapy

V procesu vzniku původních map se postupně uplatní:

- **chyby geodetických základů** (polohopisných a výškopisných sítí), které v měřítku mapy představují zcela zanedbatelné veličiny, jež graficky zanikají,
- **chyby měřických postupů**, které jsou dány předepsanými odchylkami při mapování polohopisu a výškopisu. Jsou voleny tak, aby nepřevýšily přesnost grafických prací, tj. 0,2 mm.
- **chyby konstrukční přípravy**, které vznikají při vynášení mapového rámu a uzlových bodů rovinných a sférických souřadnic, jakož i bodů daných geodeticky určenými souřadnicemi (vrcholové kóty, kóty silničních křižovatek apod.). Pro body o známých souřadnicích vynášených koordinátografem nebo počítačem řízeným kreslicím stolem platí tolerance $\pm (0,05 - 0,1 \text{ mm})$.
- **chyby vlastní mapové kresby**, které záleží na přesnosti vynášecích pomůcek, kvalitě interpolace, nutnosti kresby "přes míru" na základě předepsané velikosti kartografických znaků, nutnosti posunu kresby méně významných prvků v místě nakupení mapových znaků, nutnosti tvarové generalizace aj. Tyto vlivy mají většinou povahu systematické chyby místně proměnné velikosti.
- **chyby zpracování kartografického originálu**, které vznikají při čistokresbě mapové kresby před jejím reprodukčním zpracováním. Mají náhodný charakter ovlivněný grafickou zručností kresličů map, tvarovou členitostí a hustotou kresby. Nepřevýší hodnotu 0,5 mm.
- **chyby reprodukčního zpracování**, které jsou vždy chybami systematické povahy, jež jsou ovlivněné použitou technologií. Nejpodstatnější je chyba z fotografických předloh (nedodržení rozměrů mapového rámu $\pm 0,2 - 0,3 \text{ mm}$) a chyba ze soutisku jednotlivých barev (v důsledku nestejně polohy listu při opakovaném průchodu tiskovým zařízením $\pm 0,3 \text{ mm}$).

3.2.2 Přesnost odvozené mapy

Odvozené mapy přebírají některé chyby podkladových map, na jejichž základě vznikají. Navíc se uplatní:

- **chyby přenosu mapové kresby z kartografických podkladů**, tj. v procesu pantografování, překreslování vztažnou sítí, promítání aj., které jsou vyjádřeny hodnotou 0,4 mm, resp. při fotomechanickém přenosu, které jsou vyjádřeny hodnotou 0,2 mm. Chyby kresby podkladů se zmenšují poměrem měřítkových čísel $\frac{M_p}{M_o}$, tj. mapy podkladové (M_p) a mapy odvozené (M_o).
- **chyby z úprav mapové kresby**, které se projeví jako výsledek překreslování do odlišného znakového klíče,
- **chyby z generalizace**, které ovlivňují především malá měřítka. Jde o tvůrčí fázi kartografického procesu, kde je prioritním cílem dodržení přehlednosti a vzájemné vyváženosti mapového obrazu s přihlédnutím k významu jednotlivých prvků. S přechodem na střední a malá měřítka dochází k výrazné změně hladiny generalizace způsobující zejména intenzivní zjednodušování linií (obrysy areálů, vrstevnice, vodní toky) a tím jejich zkracování (u obecně zeměpisných map až o 30 %).

3.2.3 Vyšetřování přesnosti mapy

Při vyšetřování přesnosti mapy zkoumáme polohové odchylky kresby proti skutečnosti přímo v mapovém listě. Základem je porovnání s grafickým nebo číselným materiálem, který je vůči zkoumané mapě "přesný". Z grafických podkladů poslouží k tomuto účelu nejlépe mapy mnohonásobně větších měřítek, jejichž chybu není třeba uvažovat, neboť při přepočtu do měřítka zkoumané mapy graficky zanikne. Samozřejmě by mělo jít o kartografické originály neovlivněné chybou z reprodukce a srážkou mapy. Jako číselné podklady je vhodné použít přesně geodeticky zaměřené body, vypočtené souřadnice uzlových bodů geografické sítě, pro vrstevnice kontrolní profily aj.

Polohové posuny se vyznačují přímo v mapě nebo na její průsvitce zákresem vektorů polohových odchylek. Ty se zpravidla kreslí ve větším měřítku. Nutným požadavkem testování přesnosti mapy je shodné kartografické zobrazení předlohové i testované mapy.

3.3 Kartometrické práce

Kartometrické práce (úlohy) dělíme na:

- **základní** (primární), kde potřebné údaje získáme přímým měřením na mapách. Jedná se např. o zjišťování délek čar, úhlů, směrnic, ploch, geografických souřadnic apod.
- **druhotné**, kde se k požadovaným údajům dostaneme přes řadu matematických úkolů. Jedná se o úlohy morfometrické a centrografické.

3.3.1 Základní kartometrické práce

3.3.1.1 Zjišťování délek čar

Mezi nejjednodušší pomůcky pro měření přímých vzdáleností, tj. délek úseček, patří **pravítko** trojúhelníkového profilu se skosenou hranou vylučující paralaxu pozorovatele. Na hranách pravítka jsou stupnice různých měřítek, které mohou být výměnné. Vhodné je použít plochého průsvitného pravítka (nejlépe skleněného) se stupnicí vyrytou na jeho spodní straně.

Pro měření kratších vzdáleností či délek na mapách nedekadických (např. sáhových) měřítek lze použít **příčné měřítko**. Kratší délky změříme pomocí rozvoru odpichovacího kružítka a stupnice příčného měřítka konstruovaného na principu podobnosti trojúhelníků. V geodetické praxi je dosud velmi užívanou pomůckou **velká vynášecí souprava** nebo **vynášecí** (kartírovací, zobrazovací) **trojúhelníky** (sekáčky). Přesnost práce s těmito pomůckami je 0,1 - 0,2 mm.

Velmi výrazně pronikla do kartometrických prací digitalizace, při níž pomocí digitizérů odsouváme z map přímo rovinné souřadnice bodů, které pak jsou zprostředkujícími veličinami pro různé souřadnicové výpočty. Jestliže přesnost digitalizace obou souřadnic označíme $m_x = m_y = m$, pak střední polohová chyba m_p určení polohy snímaného bodu v rámci pracovní plochy digitizéru je

$$m_p = \sqrt{m_x^2 + m_y^2} = m\sqrt{2}.$$

Délku úsečky pak je funkcí souřadnic jejich koncových bodů, tzn., že podle Pythagorovy věty platí:

$$s = f(X_A, Y_A, X_B, Y_B) = \sqrt{(X_A - X_B)^2 + (Y_A - Y_B)^2},$$

Podle zákona hromadění středních chyb a při zápisu parciálních derivací ve formě f_x, f_y , pro něž po dosazení a úpravě platí:

$$f_x = \frac{(X_A - X_B)}{s} \text{ a } f_y = \frac{(Y_A - Y_B)}{s}$$

je:

$$m_s = \sqrt{2(f_x)^2 + 2(f_y)^2} = 1,41m$$

Zjišťování délek křivých čar, tj. čar obecně proměnné křivosti (vodních toků, vrstevnic, břehovek) je pracná záležitost, navíc komplikovaná vlivem geometrické generalizace. Uspokojivé výsledky dávají automatické digitizéry, jejichž čidlo automaticky sleduje osu snímané čáry a v dostatečně jemném intervalu vyhodnocuje délku své trajektorie. Nejrychlejší, ale velmi hrubé výsledky dává měření **křivkoměrem**. Jedná se o měřickou pomůcku vybavenou malým, na obvodě rýhovaným, kolečkem, ručně vedených po obraze čáry. Otáčky kolečka se přenášejí na ručičku udávající na kruhové stupnici délku přímo v km, v závislosti na měřítku mapy. Stupnice křivkoměru obsahuje stupnice v rozpětí 1:10 000 až 1:100 000.

Přesnější ale poměrně pracný postup je založen na použití **odpichovacího kružítka**. Délka křivky d_0 se určí počtem vepsaných tětiv t , daných přiměřeně malým rozvorem odpichovátka. Zmenšováním hodnoty t se dostává stále

věrnější aproximace průběhu křivky vepsaným tětiovým polygonem. Provedeme-li řadu měření s proměnným rozvorem t , pak můžeme definovat $d = f(t)$, a to graficky, či početně. Na základě této závislosti a praktického poznatku, že hodnota t nemůže klesnout pod určitou mez (např. z toho důvodu, že rozvor odpichovátka nelze stáhnout na hodnoty velmi blízké nule), odhadneme optimální hodnotu t pro určení délek křivých čar na mapě.

Pro zjištění vzdáleností dvou značně vzdálených bodů, tj. bodů znázorněných na mapách středních, ale hlavně pak malých měřítek, se uplatní výpočetní metody pro loxodromy, resp. ortodromy.

3.3.1.2 Zjišťování geografických souřadnic

Známe-li rovinné souřadnice X , Y a tvar zobrazovacích rovnic, lze v mnoha případech určit zeměpisné šířky φ a zeměpisné délky λ na elipsoidu (nebo U , V na kouli) inverzí těchto rovnic. Známe-li zobrazovací rovnice v jejich základním tvaru:

$$X = f(\varphi, \lambda), Y = g(\varphi, \lambda)$$

lze někdy provést jejich inverzi (zpravidla pomocí polynomické funkce) na tvar:

$$\varphi = F(X, Y), \lambda = G(X, Y)$$

Na mapách se zakreslenou sítí poledníků a rovnoběžek, nebo mapách s vyznačením zeměpisných souřadnic na mapovém rámu, lze zjistit zeměpisné souřadnice žádaných lokalit podle druhu map a zvoleného kartografického zobrazení přímo.

Na topografických mapách středních měřítek lze tyto souřadnice určit lineární interpolací podle rysek hodnot φ a λ kreslených zpravidla na mapovém rámu. V rámci listů těchto map, jejichž zobrazení bývá obvykle konformní (tj. nezkrslují úhly) je zobrazeno relativně malé území, a proto lze hodnoty φ a λ lineárně interpolovat.

U map malých měřítek konstruovaných v pravých zobrazeních jsou poledníky přímky a rovnoběžky buď kružnice (azimutální, kuželová) nebo přímka (válcová).

Zeměpisná délka se určí odečtem vůči úhlové stupnici na rámu mapy tak, že kolem zájmového bodu otáčíme pravítkem tak dlouho až vytkneme na protilehlých stupnicích stejnou hodnotu (pravítko jsme položili přesně do směru poledníku).

Zeměpisnou šířku určíme buď odsunutím délek (na obraze poledníku opakovaně zjistíme úseky, které dělí zájmový bod od dvou nejbližších rovnoběžek a tyto úseky přeneseme na mapový rám za účelem odečtu jejich šířkové hodnoty - lineární stupnice) nebo posunem zájmového bodu po trajektorii rovnoběžné s nejbližší rovnoběžkou až k nejbližší úhlové stupnici („metoda zavěšeného vozičku“ - nelineární stupnice).

U map malých měřítek konstruovaných v obecných kartografických zobrazeních je vhodnější užít univerzální metodu, tedy metodu aplikovatelnou i ve výše uvedených případech. Je založena na filosofii, která pokládá obrazy čar geografické sítě za vrstevnice. Zájmovým bodem je pak možné vést ve

vhodném směru profil (pokud možno v ostrém úhlu na geografickou síť), který se sklopí do průmětny mapy. Koncovými body sklopených kolmic se proloží hladká křivka vyjadřující spojitou změnu průběhu zájmové veličiny.

3.3.1.3 Zjišťování úhlů a směrniců

K odměřování nebo vynášení horizontálních úhlů na mapách slouží úhlooměry (transportéry, goniometry). Mají kruhový nebo polokruhový tvar s vyznačeným středem a úhlovou stupnicí v šedesátinné nebo setinné úhlové míře vynesené na obvodu. Pro hrubé orientační práce lze použít úhloměřů vytištěných na papíře nebo vyrytých na průsvitnou umělou hmotu. Nejmenší hodnota dílku bývá 1° až $20'$ v závislosti na poloměru kruhu stupnice. Pro přesnější práce používáme kovové transportéry s přesným dělením stupnice a vernierem (např. transportér MEOPTA má stupnici rytou v kroku $0,5^g$ a vernier umožňuje vynášet nebo odměřovat úhly s přesností $0,05^g$). Nejdokonalejšími úhloměrnými pomůckami, určenými především pro vynášení směrnicové osnovy polárních souřadnic, jsou polární koordinátografy. Úhly lze vynášet s přesností $0,01^g$ a délky na $0,05$ mm. V praxi jsou nejpoužívanější výrobky firem Coradi, Kern a Haag-Streit.

Velikost směrniců úseček a úhlů jimi sevřených můžeme určovat i ze souřadnic získaných digitalizací.

Je-li úhel ω zadán svým vrcholem o souřadnicích y_0, x_0 a koncovými body y_1, x_1 a y_2, x_2 směrniců δ_1 a δ_2 svých ramen, pak je určen vztahem:

$$\omega = \delta_2 - \delta_1 = \arctg \frac{y_2 - y_0}{x_2 - x_0} - \arctg \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0}$$

Přesnost určení směrníku pomocí střední kvadratické chyby m_δ vede při znalosti parciálních derivací a podmínce zhruba stejných délek ramen $s_1 \approx s_2$ k výslednému řešení ve tvarech:

$$m_\delta = m \frac{\sqrt{2}}{s}, \text{ resp.}$$

$$m\omega = \sqrt{m_{\delta_1}^2 + m_{\delta_2}^2} = m \frac{2}{s}$$

Závažnějším kartometrickým problémem však je zjišťování vertikálního (sklonového) úhlu v žádaných profilech reliéfu terénu.

3.3.1.4 Zjišťování výměr ploch

Při určování ploch z mapy je nutno uvažovat vliv měřítkového čísla (M^2), plošnou srážku a plošné zkreslení. Rozlišujeme, zda se jedná o plochy omezené lomenou čarou nebo čarou obecně proměnné křivosti.

Určování výměr ploch patří mezi klasické úlohy na katastrální mapě (výměry parcel). S rozvojem digitálních planimetrů a zejména metod kartografické digitalizace se řada metod určování ploch z map stala historickou záležitostí. Často se mezi takové metody počítají i následující, byť nám jejich znalost ještě dnes mnohdy vytrhne trn z paty:

- **geometrický rozklad plochy na elementární geometrické obrazce** (lichoběžníky, rovnostranné trojúhelníky, šestiúhelníky) předem definované plošné velikosti a následná sumace těchto elementárních ploch. Nejčastěji se plocha rozkládá na dostatečně malé čtverce (přes zájmovou plochu se překrývá průsvitná fólie s vhodnou čtvercovou sítí). Výsledná plocha je dána součtem čtverců ležících zcela uvnitř prostoru uzavřeného lomenou čarou a čtverců protnutých obrysovou čarou, které se započítávají v polovičním počtu. Na obdobném principu je založeno užití sítě pravidelně rozmístěných bodů, kde započítáváme pouze vnitřní body obrysu. Každému bodu přísluší elementární ploška, daná roztečí bodů.
- **rozkladem na úzké lichoběžníky** konstantní výšky, pomocí sítě rovnoběžek narýsovaných na průsvitce (harfový planimetr) nebo žíní napnutých v kovovém rámu (nitkový planimetr) ve známé odlehlosti. Pomocí součtového kružítko se postupně sumují délky středních příček lichoběžníků. Výsledná plocha obrazce se určí z počtu celých rozvorů kružítko, odpovídajících plošné jednotce a doměrku určeného příčným plošným měřítkem.
- **kartometrickým zjišťováním souřadnic lomových bodů obrysu**, např. doměrkami vůči kilometrové síti nebo kartometrickou digitalizací a výpočtem plochy běžnými geodetickými postupy (např. pomocí l'Hulierových vzorců alias LH vzorců).
- **měření (polárními) planimetry.**

V praxi se v převážné míře používá mechanický, resp. digitální (polární) planimetr. Polární planimetr se skládá z ramene pevné délky, vymezeného pevným pólem a kloubem, v němž je napojeno rameno proměnné délky, zakončené snímací značkou, která se při měření ručně vede po obrysové čáře určované plochy. Pojízdňé rameno nese odečítací zařízení, tvořené měřicím kolečkem o daném poloměru, na které se při pohybu snímací značky odvíjí ujetá dráha, zaznamenávaná na připojené stupnici s přesností tisícinový otáčkový kolečka.

Při zjišťování ploch dlouhých a úzkých obrazců je vhodné použít planimetry v pojízdňém (valivém) provedení, které mívají různá konstrukční řešení.

V současné době je zjišťování ploch téměř výhradně záležitostí kartometrické digitalizace. Plocha zjištěná LH vzorcem z digitalizace lomových bodů svého obrysu s výpočtem celkové plochy P podle vzorce

$$2P = \sum x_{i+1}(y_{i+2} - y_i), \text{ pro } i=1, \dots, n$$

má střední chybu

$$m_p = 0,5m \sqrt{\sum s_{i,i+2}^2}.$$

Je-li třeba zjistit plochu zeměpisných polí na mapách malých měřítek, je třeba počítat se sférickými plochami, tzn., že je třeba provést výpočet plochy pláště kruhové vrstvy, např. dle vztahu

$$P = 4\pi R^2 \cdot \sin(\varphi_2 - \varphi_1)$$

3.3.2 Druhotné kartometrické práce

Za druhotné kartometrické práce pokládáme:

- profilování a viditelnost v terénu,
- centrografické úlohy, mezi které můžeme zařadit např. zjišťování těžišť území či vyhledávání nejbližších míst od hranice,
- morfometrické úlohy

Pro objektivní posouzení a srovnání tvarových (morfologických) vlastností vybraných objektů reliéfu terénu se používá číselných (morfometrických) charakteristik. Jejich definice a výklad je předmětem morfometrie, tj. dílčí vědní disciplíny geomorfologie. Jejich zjišťování vychází především z vrstevnicového obrazu reliéfu terénu, fixovaného na topografických mapách, a je tudíž typickou kartometrickou úlohou. Mezi základní morfometrické (číselné) charakteristiky reliéfu terénu patří střední výška, střední úhel sklonu, orientace topografické plochy a povrch a objem terénních útvarů. Pokud budeme hovořit čistě o zjišťování metrických charakteristik georeliéfu a jeho jednotlivých forem z mapových podkladů, lze hovořit o orometrii, jako o dílčí disciplíně kartometrie.

3.3.2.1 Střední výška

Střední výška reliéfu terénu představuje ve zjednodušené formulaci průměrnou nadmořskou výšku určité části zemského povrchu. Územní omezení může být provedeno jakékoliv. Určuje se řadou metod, jež se od sebe liší přesností a s ní často spojenou i pracností. Základními metodami určení střední výšky jsou:

1. **průměrové metody**, kde střední výšku počítáme jako prostý aritmetický průměr. Patří mezi ně metody zjišťování středních výšek:
 - z nadmořských výšek vrcholových a údolních kótovaných bodů, vybraných ve vyšetřované části terénu zpravidla tak, aby obojích byl stejný počet,
 - z nadmořských výšek bodů rozložených rovnoměrně po vyšetřované ploše, což však vyžaduje vyhledávání výšek těchto bodů interpolací ve vrstevnicové kresbě,
 - ze středních výšek svislých, mezi sebou rovnoběžných a stejně vzdálených profilů vedených vyšetřovanou částí terénu,
 - z odhadnutých nebo podle nějaké konvence vypočítaných středních výšek stejně velkých plošných částí vyšetřovaného území (elementárních ploch),
 - z odhadnutých středních výšek nebo z výšek středů nestejně velkých terénních prvků, v něž se vyšetřované území rozdělí rozvodními, údolními, úpatními nebo jinými terénními čarami (může se jednat i o vrstevnice). Střední výška celého území se potom vypočítá jako nikoli prostý, ale jako vážený aritmetický průměr.
2. **volumetrické (hypsometrické) střední výšky** je metoda odhadování středních výšek nestejně velkých plošných prvků. Metoda vyžaduje měření

ploch vymezených na vyšetřovaném území vrstevnicemi a výpočet střední výšky jako podílu z objemu a základny terénního tělesa.

3. **hypsografická křivka** udává závislost ploch uzavřených horizontálními křivkami na jejich nadmořské výšce,
4. **výškopisné frekvenční histogramy** se rozšířily především zásluhou zájmu geomorfologů o morfologickou analýzu krajiny. Jde o váhu výškových úrovní v reliéfu krajiny a o jejich výklad. Použijí se buď kóty uvedené po celé rozloze mapou zobrazovaného území, nebo z výšek nejvyšších bodů v malých čtvercových polích.

Při aplikaci metody **elementárních ploch** pokryjeme plochu P_0 podstavy topografického objektu, danou zpravidla jeho úpatnicí, sítí pravidelných plošek, nejlépe čtvercových. Hustotu sítě volíme v závislosti na členitosti reliéfu terénu a měřítku mapy. Pro každou elementární plochu p_i určíme interpolací z vrstevnic její střední výšku h_i . Čtverce přesahující půdorys zájmového objektu uvažujeme pouze plochou, která zasahuje do objektu. Střední výšku H , při platnosti $\sum p_i = P_0$, určíme váženým aritmetickým průměrem podle vztahu:

$$H = \frac{\sum p_i h_i}{P_0}$$

Při větším počtu čtverečků lze výpočet zjednodušit tím, že hraniční čtverce, jejichž střed leží mimo plochu obrysové čáry, neuvažujeme a naopak čtverce zasahující středem do plochy bereme jako celé. Zbytkové plochy se tak více méně vyrovnávají. Výpočet se tak zjednoduší na pouhý aritmetický průměr

$$H = \frac{\sum h}{n}$$

kde n je počet čtverců. Jako střední výšky se dá použít i průměr nadmořských výšek určený z maximální a minimální hodnoty v každé elementární ploše.

Metoda **ploch vrstevných pásů** spočívá v postupném určení ploch vrstevných pásů p_i a jejich středních výšek $h_i' = 0,5(h_i + h_{i+1})$. Hraniční vrstevnice pásu, tj. h_i a h_{i+1} , je nutno volit tak, aby sklon mezi nimi byl pokud možno rovnoměrný v rámci celého pásu. Pro určování ploch je vhodný polární planimetr. Střední výška H je při platnosti $\sum p_i = P_0$ dána vztahem:

$$H = \frac{\sum p_i h_i'}{P_0}$$

Princip **metody hypsografické křivky** spočívá v sestrojení grafu, kde se na vodorovnou osu postupně nanášejí ve směru přibývajících výšky plochy jednotlivých vrstevnicových pásů. Jako vertikální pořadnice grafu se vynášejí výšky hraničních vrstevnic pásů, redukované o výšku h_0 příslušející základně P_0 . Proložení plynulé křivky koncovými body pořadnic získáme hypsografickou křivku. Plocha vymezená touto křivkou a úseky souřadných os touto křivkou vyřatými, představuje v měřítku grafu objem ΔV nad základnou P_0 . Pro střední výšku H platí:

$$H = h_0 + \Delta H = h_0 + \frac{\Delta V}{P_0}$$

Tato v podstatě grafická metoda zdánlivě není příliš přesná. Oproti matematické schematizaci prostřednictvím výše uvedených vzorců však respektuje řadu zajímavých charakteristik reliéfu terénu. Vystihuje např. velmi dobře plynule se měnící sklon úbočí, který uvedené vzorce považují za konstantní. Z inflexního bodu křivky lze určit tzv. **typickou výšku**, tj. výšku, kde leží převážná část úbočí, dále z ní lze určit nejčtenější výšku apod.

3.3.2.2 Střední úhel sklonu

Jednou z důležitých charakteristik krajiny, jejího reliéfu a topografické plochy je sklon. **Sklonem rozumíme rozdíl nadmořských výšek bodů části topografické plochy podělený vzdáleností mezi nimi.**

Určujeme jej pro konečné, různým způsobem vymezené části topografické plochy. Výchozím materiálem jsou vrstevnicové plány a topografické mapy. Běžnou pomůckou pro přibližné určení sklonu topografické plochy a čar na ní jsou sklonová měřítka nebo nomogramy sestrojené pro určité mapové měřítko a různé výškové intervaly vrstevnic.

Vyhotovení mapy sklonů vyjádřených přesnými izoliniemi sklonů (mapy velkého nebo středního měřítko) je velmi pracné a nahrazuje se přibližným vymezením územních částí se sklony podle dohodnuté stupnice.

Je častý požadavek, aby byly sklonově charakterizovány územní části. Poněvadž tyto části mají jen výjimečně sklon všude stejný, zavádí se jako jejich charakteristika **střední sklon**.

Jako střední sklon plochy se označuje vážený průměr ze sklonů všech jejích částí. Vypočteme ho ze součtu sklonů částí topografické plochy a vahami jejich výměry podělené součtem všech vah.

Vrstevnicové mapy dovolují určovat také **střední spád** topografické plochy, tj. průměr ze spádů ve všech jejích bodech. **Spádem označujeme rozdíl nadmořských výšek bodů části topografické plochy.**

Úhel sklonu délkového elementu čáry vedené libovolným směrem mezi dvěma sousedními vrstevnicemi o výškách h_i a h_{i+1} se určí řešením **sklonového trojúhelníka**. K určení úhlu sklonu lze použít sklonového měřítka nebo sklonového diagramu.

Sklonové měřítko je řešeno pomocí vztahu:

$$z = \Delta h \cdot \cot \beta$$

kde Δh je vrstevnicový interval konstantní pro danou mapu. Představuje pruh měřidla (papírové, umělohmotné) s nelineární stupnicí, na níž jsou sériově vyneseny hodnoty z pro celé stupňové hodnoty.

Sklonový diagram představuje grafické řešení sklonového měřítka, kde hodnoty z jsou vyneseny jako kolmice k lineární stupnici úhlů sklonu. Konce kolmic jsou proloženy plynulou křivkou. Rozstup vrstevnic se odpíchne kružítkem a na sklonovém diagramu se odečte úhel sklonu.

Úhel sklonu β délkového elementu čáry vymezeného dvojicí sousedních vrstevnic h_i a h_{i+1} s konstantním intervalem vrstevnic $\Delta h = h_{i+1} - h_i$ se určí úpravou:

$$\beta = \operatorname{arctg} \frac{\Delta h}{z}$$

Největší sklon má topografická plocha ve směru spádnic, tj. kolmém na vrstevnice. Pro sklon elementární plošky Δp bude platit:

$$\operatorname{tg} \beta = \left(\frac{\Delta h}{\Delta p} \right) \frac{(l_1 + l_2)}{2}$$

Obdobně střední úhel sklonu β_p celého vrstevného pásu vymezeného vrstevnicemi o délkách l_i a l_{i+1} a plochou pásu P_i je

$$\operatorname{tg} \beta_p = \left(\frac{\Delta h}{\Delta P_i} \right) \frac{(l_1 + l_2)}{2}$$

Střední úhel sklonu topografické plochy se určí váženým průměrem dílčích sklonů jednotlivých vrstevných pásů, kde plochy těchto pásů jsou příslušnými vahami.

3.3.2.3 Orientace topografické plochy

Důležitým kritériem při členění zemského povrchu je orientace jeho dílčích plošných prvků ke světovým stranám. Orientace plošných prvků je dána azimutem α průmětů spádových křivek ve středech těchto prvků. Do orientace se nezahrnují terénní tvary se sklonem menším než 1° , pokud mají větší rozlohu, vyčleňují se jako horizontální.

Podle orientace se plošné prvky třídí zpravidla jen do 4 hlavních kvadrantů směrové růžice, a to mezi směrem:

- NW až NE jako orientované k N,
- NE až SE jako orientované k E,
- SE až SW jako orientované k S,
- SW až NW jako orientované k W.

Expozicí plošného prvku topografické plochy rozumíme úhel mezi normálou k němu a směrem, vůči němuž expozici uvažujeme (světelné paprsky, vítr, déšť). Expozice plošného prvku je závislá na jeho orientaci a sklonu.

Čáry znázorňující expozici na vrstevnicovém podkladu se nazývají **izofoty**.

Ze znalosti orientace a sklonu topografické plochy lze např. konstruovat mapy oslunění, mapy sklonu svahů jsou mj. i základem pro mapy průchodnosti terénu apod.

3.3.2.4 Zjišťování objemu topografických těles

Objem topografického tělesa je možno počítat pomocí hypsografické křivky, přes prismatoid, např. ze vzorců Simpsonových nebo z jiných těles nahrazujících terénní těleso. Metoda hypsografické křivky má značné přednosti

ve srovnání s ostatními. Konstrukce hypsografické křivky spočívá v grafické interpolaci hodnot, které nebyly získány přímým pozorováním, ale leží mezi určitými hranicemi. Uskutečňuje se za předpokladu plynulého stoupání georeliéfu, jemuž odpovídá plynulý vzestup křivky. Použit se dá i Tronnierova metoda spočívající ve vážení plastického modelu zhotoveného z hmoty o známé specifické váze.

Objem topografického tělesa vypočítávaný pomocí hypsografické křivky má v sobě chybu vyplývající ze zanedbání sférického tvaru Země. Každou plochu uzavřenou vrstevnicí a změřenou na mapě (předpokládáme plochojevné zobrazení) bychom měli zpětně redukovat do její nadmořské výšky.

Topografické těleso nad základnou p_0 lze změnit na rotační těleso stejného objemu nad kruhovou základnou $p_0 = \pi \cdot r^2$ a o výšce v , která se rovná výšce topografického tělesa nad základnou p_0 . Horizontální řezy rotačního tělesa jsou kruhové a jejich výměry se rovnají plochám uzavřených vrstevnicemi topografického tělesa. Tomuto rotačnímu tělesu, do něhož transformujeme objem topografického tělesa, bylo dáno jméno **hypsografoid**.

Objem $V_{0,m}$ objektu zachyceného v mapě vrstevnými řezy se známými plochami P_0, P_1, \dots, P_n s výškami h_0, h_1, \dots, h_n a vrcholem výšky h_m se určí pomocí stereometrických vzorců pro objem hranolu, komolého jehlanu, kužele či kulového vrchlíku paraboloidu podle tvaru parciálních vrstevnicových řezů vlastního objektu. Platí-li $\Delta h_i = h_{i+1} - h_i$, potom objem $V_{i,i+1}$ vrstvy mezi dvěma vrstevnými plochami h_i, h_{i+1} získáme jako objem hranolu

$$V_{i,i+1} = \frac{P_i + P_{i+1}}{2} \Delta h_i$$

Celkový objem mezi hraničními vrstvami řezu P_0 až P_n se určí sumací pro $i=0, \dots, n-1$ jako:

$$V_{0,n} = \sum_{i=0}^{n-1} \frac{P_i + P_{i+1}}{2} \Delta h_i$$

Při konstantním intervalu vrstevnic Δh se tento vztah zjednoduší

$$V_{0,n} = (P_0 + P_n + 2 \sum_{i=0}^{n-1} P_i) \frac{\Delta h}{2}$$

Analogicky lze užít vzorce pro určení objemu komolého kužele, tj. pro jednu vrstvu

$$V_{i,i+1} = (P_i + P_{i+1} + \sqrt{P_i P_{i+1}}) \frac{\Delta h_i}{3}$$

a při konstantním Δh

$$V_{0,n} = (P_0 + P_n + 2 \sum_{i=0}^{n-1} P_i + \sum_{i=0}^{n-1} \sqrt{P_i P_{i+1}}) \frac{\Delta h}{3}$$

Zbývající objem vrcholové části vymezené posledním řezem o ploše P_n a vrcholem o výškové kótě h_m určíme jako objem kužele

$$V_{n,m} = P_n \frac{h_m - h_n}{3}$$

nebo pomocí vzorce pro výpočet objemu kulového vrchlíku paraboloidu

$$V_{n,m} = P_n \frac{h_m - h_n}{2}$$

Celkový objem topografického objektu mezi jeho základnou a vrcholem je

$$V_{0,m} = V_{0,n} + V_{n,m}$$

Známe-li střední výšku H zájmového území, pak lze pro méně přesné účely určit objem V i podle vztahu

$$V = HP_0$$

Z teoretického hlediska není užití jehlanového a hranolového vzorce též příliš přesné, neboť míra geometrické schematizace průběhu topografické plochy je zde značná. Objem části topografické plochy omezené dvěma sousedními vrstevnicovými řezy o plochách P_i, P_{i+1} určuje, za předpokladu rovnoměrného spádu úbočí, nejlépe vztah pro výpočet objemu komolého kužele

$$V_{i,i+1} = \frac{\Delta h}{3} (r_1^2 + r_1 r_2 + r_2^2)$$

případně, vedou-li vrstevnice blízko sebe

$$V_{i,i+1} = \frac{\Delta h}{2} (r_1^2 + r_2^2)$$

kde r_1, r_2 jsou poloměry kružnic plošně odpovídajících výměřám vrstevných řezů P_i, P_{i+1} . I tento kuželový řez aproximuje plášť topografické plochy mezi sousedními vrstevnicovými řezy přímkovým tělesem.

Pro nejpresnější výpočty je třeba použít **Simpsonův vzorec**, založený na výpočtu objemu profilovým způsobem. Vzorec je založen na aplikaci Simpsonova pravidla, a to má-li těleso dvě rovnoběžné podstavy P_a a P_b a je-li povrch pláště pravidelně vyklenutý, pak:

$$V_{a,b} = \frac{(P_a + P_b + 4P_S)(h_b - h_a)}{6}$$

kde P_S je střední řez a $(h_b - h_a)$ výška. V aplikaci na vrstevnicový obraz, vymezený lichým počtem vrstevných řezů l, \dots, n platí Simpsonův vzorec:

$$V_{a,b} = \left[P_1 + P_n + 2(P_2 + P_3 + \dots + P_{n-1}) + 4(P_{1,2} + P_{2,3} + \dots + P_{n-1,n}) \right] \frac{(\Delta h)}{6}$$

kde výrazy $P_{1,2}, P_{2,3}, \dots, P_{n-1,n}$ značí plochy na mezilehlých vrstevnicích o polovičním intervalu než zvolené Δh . V praxi se volí hodnota Δh rovna dvojnásobku intervalu vrstevnic, takže jako základní vrstevnice se bere vždy každá druhá a za mezilehlé se považují ty, které leží mezi nimi. Při konstantním Δh a za použití všech vrstevnic platí:

$$V_{1,n} = \left(P_1 + P_n + 4 \sum P_{sudé} + 2 \sum P_{liché} \right)$$

Při přesných pracích je nutno před vlastním výpočtem opravit plochy P o vliv srážky, plošného zkreslení a případně o převýšení.

3.4 Kartometrické údaje o České republice

- nejvyšší přírodní bod: Sněžka, 1602 m n.m.
- nejnižší přírodní bod: Hřensko (výtok Labe) 115 m n.m.
- nejvyšší umělý bod: horní plošina vysílače na vrcholu Pradědu, 1653 m n. m.
- nejnižší umělý bod na povrchu země: dno hnědouhelného velkolomu Bílina u Bíliny, 40 m n. m.
- nejhlubší důl: jáma 16 Správy uranových dolů Příbram v Hájích, -1838 m
- střední výška území 405 m, přičemž Čechy 469 m a Morava se Slezskem 432 m,
- spojnice nejsevernějšího a nejjižnějšího bodu: 278 km
- spojnice nejzápadnějšího a nejvýchodnějšího bodu: 493 (482, 485) km
- nejmenší šířka státního území: 143 km mezi Mikulovem a Králíky
- maximální délka po rovnoběžce je 452 km a po poledníku 276 km,
- vzájemná vzdálenost nejvyššího a nejnižšího přírodního bodu: (Sněžka – Hřensko) 108 km při převýšení 1487 m,
- nejkratší vzdálenost k mořím:
 - Baltské 310 km (326 km do Štětínského zálivu)
 - Jaderské 330 km
 - Severní 380 km
- nejsevernější obec: Lobendava, 51°03'20" s. š., 14°18'58" v. d.,
- nejjižnější obec: Studánky u Vyššího Brodu, 48°35'19" s. š., 14°19'31" v. d.,
- nejzápadnější obec: Krásná u Aše, 50°15'07" s. š., 12°05'29" v. d.
- nejvýchodnější obec: Hřava, 49°31'12" s. š., 18°50'01" v. d.
- nejnižše položené sídlo: Hřensko, 116 m n. m.
- nejvýše položené sídlo: Filipova Huť, 1093 m n. m.
- krajní body:
 - sever u obce Lobendava v Ústeckém kraji (51°03'20" s. š. / 51°03'20,53724" s.š. / 51°03'26" s.š. (?), 14°18'58" v. d.),
 - jih u města Vyšší Brod na česko-rakouské hranici, v Jihočeském kraji, 48° 33' 06,50807" s.š. / 48°33'9" s. š. / 48°33'13"(?), 14°19'59" v. d.,
 - východ u obce Bukovec na česko-polské hranici v Moravskoslezském kraji (49°33'1" s. š., 49° 33' 02,10521"s.š., 18°51'32" v. d./

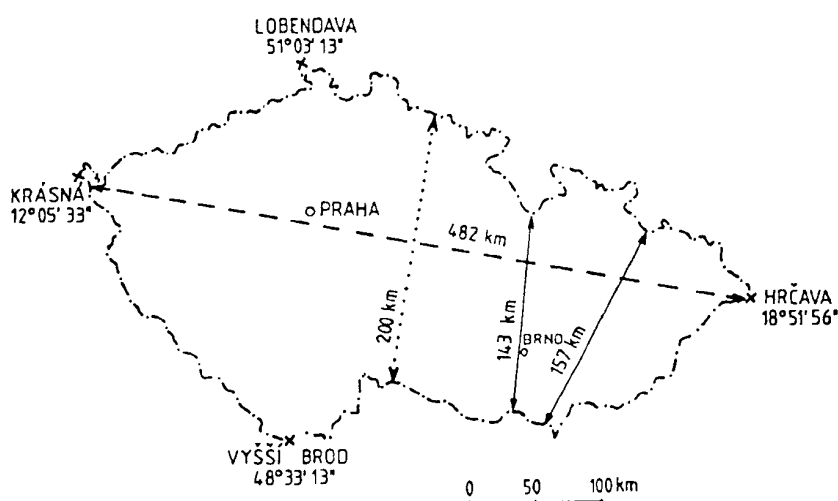
18° 51' 33,31399" v.d.). Hrčavského trojmezí (oficiálně trojstátní bod Beskydy) na území obce Hrčava je **nejjižnějším i nejvýchodnějším bodem** společné česko-slovenské hranice (49°31'2,570" s.š., 18°51'03,550" v.d.).



Obr. 3-2 Bod Bukovec (vlevo nahoře, http://cestovani.idnes.cz/nejvychodnejsi-bod-ceska-male-statni-tajemstvi-fr4/tipy-na-vylet.aspx?c=A081022_144226_igcehv_tom), trojstátní bod Beskydy (vpravo, foto Josef Macura, <http://foto.mapy.cz/268470-Hrcava-trojmezi>)

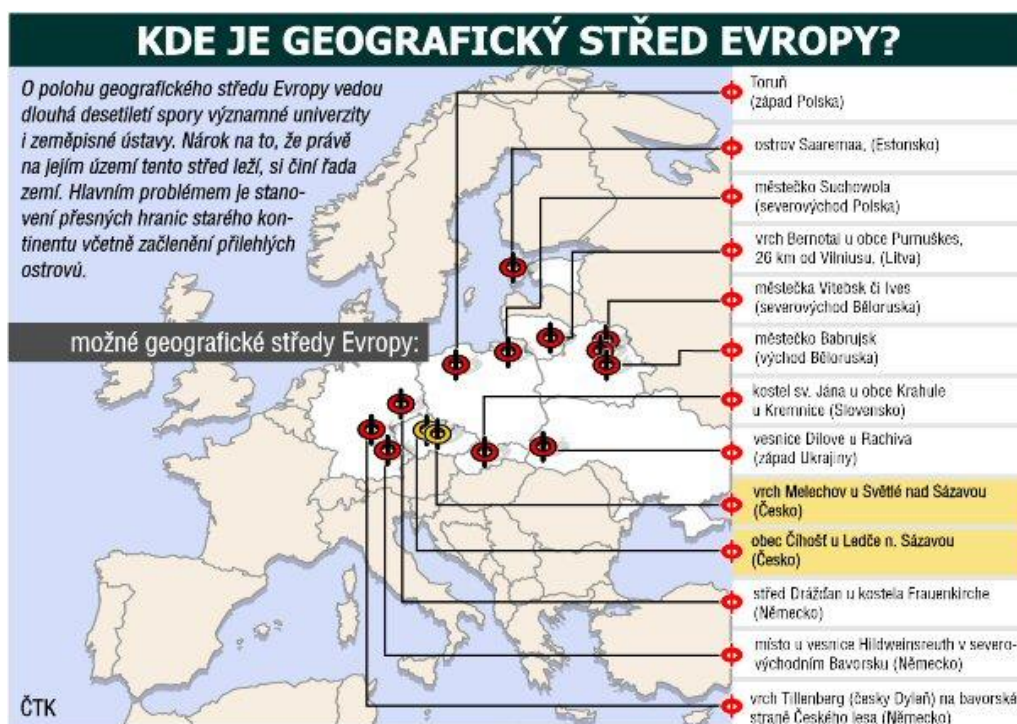
západ u obce Krásná na česko-německé hranici, 12°05'33" (?) v.d./ 12°05'29" v.d. / 12° 05' 26,92179" v.d., 50°15'7" s. š.

- geografický střed leží na katastru obce Čihošť u Ledče nad Sázavou (49° 44' 37,5" s.š., 15° 20' 19,1" v.d.)
- úmoří Severního moře zabírá 63.3% plochy státu, úmoří Černého moře 27.3% a úmoří Baltského moře 9.4% plochy státu.
- nejdelší řeka: Vltava, 433 km
- rozloha státu 78 866 km² (21. místo v Evropě)
- státní hranice jsou většinou historické přírodní povahy (hraniční hory), mají celkovou délku 2290,2 km, z toho s Německem 810,3 km, s Polskem 761,8 km, s Rakouskem 466,3 km a se Slovenskem 251,8 km



Obr. 3-3 Matematicko-geografické údaje o ČR

Některé kartometrické údaje vyvolávají i mnohé vášně a nedorozumění, nouze není ani o komické situace. Jenom jako malý příklad volím shrnující obrázek, publikovaný k tématu „střed Evropy“ na serveru http://www.financninoviny.cz/tema/index_img.php?id=67535.



Obr. 3-4 Příspěvek k tématu „střed Evropy“ na severu http://www.financninoviny.cz/tema/index_img.php?id=67535 (zdroj i autor: ČTK)

4 Závěr

Text modulu přibližuje čtenářům problematiku kartografické generalizace. Jsou rozebrány metody zevšeobecnění mapových prvků, metody výběru a harmonizace prvků obsahu mapy a ve stručnosti jsou připomenuty základní zásady generalizace vybraných prvků obsahu map.

Kapitola věnovaná kartometrii se věnuje kartometrickým vlastnostem map a základním kartometrickým pracím. Zaobírá se tradičními technologiemi, jejichž praktická aplikace již dnes, v éře digitální kartografie, většinou nepřichází v úvahu. Znalost jejich podstaty však rozhodně přispěje k pochopení a k výběru vhodné metody při zjišťování kvantitativních parametrů objektů digitálních kartografických děl.

Předložený modul tvoří spolu s ostatními v rámci studijních opor pro předmět GE18 nedělitelný komplex. Jeho text vychází z dlouholeté přednáškové činnosti v daném oboru, a přesto si neklade nároky na úplnost a bezchybnost. V dalším období se předpokládá jeho průběžná aktualizace.