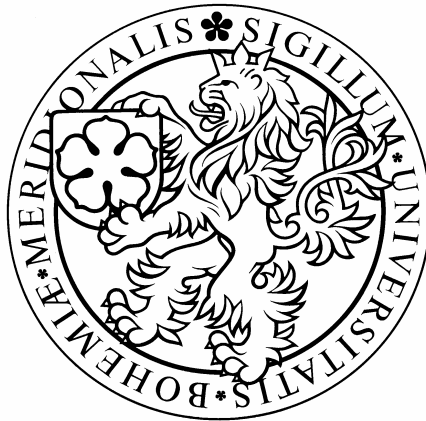


**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**  
**ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

---

**Katedra pozemkových úprav**

**Obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí**



**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Aplikace geodetických metod sběru dat při zaměrování  
polohopisných a výškopisných prvků krajiny pro potřeby  
vyhotovení účelových map**

Autor diplomové práce:

Martin Nováček

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Karel Mika

**ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin NOVÁČEK**  
Studijní program: **M4101 Zemědělské inženýrství**  
Studijní obor: **Pozemkové úpravy a převody nemovitostí**

Název tématu: **Aplikace geodetických metod sběru dat při zaměřování polohopisných a výškopisných prvků krajiny pro potřeby vyhotovení účelových map.**

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

Cílem této práce je vyhotovení účelové mapy mikropovodí.


1. Zhodnocení dostupných metod sběru dat s ohledem na jejich efektivnost.
2. Rekognoskace terénu a příprava pro mapování.
3. Vyhodnocení získaných dat a tvorba účelové mapy.
4. Možnosti digitálního zpracování dat a jejich využitelnost při tvorbě geografických informačních systémů.
5. Tvorba digitálního modelu terénu, automatizovaná tvorba výškových profilů, topografické analýzy území.

Rozsah práce: 50 stran  
Rozsah příloh: Digitální mapy(ukázkové tisky)  
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická  
Seznam odborné literatury:  
Pokora, M. a kol.: Geodézie I, DKP Praha, 1985  
Pažourek, J. a kol.: Mapování, VUT Brno, 1992  
Související vyhlášky a předpisy

Vedoucí diplomové práce: Ing. Karel Mika  
Katedra pozemkových úprav  
Datum zadání diplomové práce: 9. března 2006  
Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2008

  
prof. Ing. Magdalena Hrabánková, CSc.  
děkanka

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentská 13 ①  
370 05 České Budějovice

  
doc. Ing. Tomáš Kvítek, CSc.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 9. března 2006

Prohlašuji, že jsem zadanou diplomovou prací včetně příloh vypracoval samostatně na základě vlastních zjištění, uvedené literatury, poskytnutých podkladů a pokynů vedoucího diplomové práce.

Prohlašuji, že v souladu s § 47 b zákona č.111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě, fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne 25.4 2008

.....  
Martin Nováček

Touto cestou bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce Ing. Karlu Mikovi za odborné vedení, podněty, připomínky, vstřícný přístup a pomoc při vedení diplomové práce a dále katedře pozemkových úprav za poskytnutí mapových podkladů a zajištění přístupu k vybavení a softwaru.

## **Abstrakt**

Práce je zaměřena na aplikaci metod dat sběru při zaměřování polohopisných a výškopisných prvků krajiny pro potřeby vyhotovení účelových map. Cílem práce je vytvoření účelové mapy a následně digitálního modelu terénu. Teoretická část je zaměřena na mapy obecně, účelové mapy a jejich druhy, dále na metody sběru dat a digitální metody terénu. V praktické části jsou zhodnoceny metody sběru dat, také je zde popsán postup při tvorbě účelové mapy a digitálního modelu terénu. Následuje posouzení možných přínosů digitálního modelu terénu pro obor pozemkových úprav.

## **Klíčová slova**

účelové mapy, metody mapování, digitální model terénu

## **Abstract**

The work is intent on the application of geodetic methods of mapping while surveying of positional and diagrammatical sketch for the purpose of special maps creation. The aim of the work is to create special map and then digital terrain model. The theoretic part is intent on the maps in general, special maps and their kinds, the methods of mapping and the digital terrain models. In the practical part, there is the evaluation of the geodetic methods as same as the process of the creation of the special map and the digital terrain model. The following part is about examination of the possible contribution of the digital model of the terrain for the branch of land adjustment.

## **Keywords**

special maps, methods of mapping, digital terrain model

# Obsah

1. Úvod.....	3
2. Literární rešerše .....	4
2.1. Mapování.....	4
2.2. Třídění map .....	5
2.3. Obsah mapy.....	7
2.4. Účelové mapy.....	8
2.4.1. Účelové mapy základního významu .....	9
2.4.1.1. Technická mapa města (TMM) .....	10
2.4.1.2. Základní mapa závodu (ZMZ).....	10
2.4.1.3. Základní mapa dálnice (ZMD) .....	11
2.4.1.4. Základní mapa letiště (ZML).....	12
2.4.1.5. Jednotná železniční mapa (JŽM).....	12
2.4.1.6. Účelové mapy podzemních prostor .....	13
2.4.1.7. Mapy pozemkových úprav .....	13
2.4.1.8. Ostatní účelové mapy .....	14
2.5. Metody sběru dat .....	15
2.5.1. Přímé geodetické metody.....	15
2.5.1.1. Podstata tachymetrické metody .....	16
2.5.1.2. Systém GPS .....	18
2.5.2. Nepřímé metody.....	21
2.5.2.1. DPZ a letecká fotogrammetrie.....	21
2.5.2.2. Laserové skenovací systémy .....	25
2.5.3. Rastrová a vektorová digitalizace stávajících mapových podkladů	26
2.6. Digitální model terénu.....	29
2.6.1. Matematický popis terénní plochy .....	30
2.6.2. Typy terénních modelů .....	30
3. Charakteristika daného území.....	32
3.1. Poloha .....	32
3.2. Geologie .....	33
3.3. Pedologie .....	33
3.4. Ekologie.....	34

4. Cíle a metodika .....	35
4.1. Požadavky na metodu sběru dat .....	35
4.1.1 Polohová přesnost .....	35
4.1.2. Výšková přesnost .....	35
4.1.3. Čas pro získání souřadnic podrobného bodu .....	36
4.1.4. Obtížnost získání dat .....	36
4.1.5. Atributová data .....	36
4.2. Tvorba účelové mapy a digitálního modelu terénu .....	37
4.3. Zhodnocení digitálního modelu terénu a jeho možností v PÚ .....	38
5. Výsledky .....	39
5.1. Vyhodnocení metod sběru dat .....	39
5.1.1. Elektronické tachymetry .....	40
5.1.2. GPS .....	42
5.1.3. Nepřímé metody .....	44
5.1.4. Rastrová a vektorová digitalizace stávajících podkladů .....	47
5.1.5. Výsledek porovnání metod sběru dat .....	50
5.2. Postup prací .....	52
5.2.1. Přípravné práce .....	52
5.2.2. Zaměření polohopisu a výškopisu .....	54
5.2.3. Výpočty .....	56
5.2.5. Kresba .....	57
5.2.5. Tvorba mapy odvodnění .....	58
5.2.6. Konstrukce a práce s digitálním modelem .....	59
5.3. Zhodnocení digitálního modelu terénu a jeho možností v PÚ .....	62
5.3.1. Vizualizace .....	62
5.3.2. Eroze .....	63
5.3.3. Odtokové poměry .....	64
5.3.4. Svahová dostupnost techniky .....	65
5.3.5. Projektová dokumentace společných zařízení .....	66
5.3.6. Další využití .....	66
5.3.7. Zhodnocení .....	67
6. Závěr .....	68
7. Seznam použité literatury .....	69
8. Seznam příloh .....	73



# 1. Úvod

Od dávných dob zaznamenávalo lidstvo obrazy svého okolí. Kvůli potřebě zaznamenat polohu něčeho významného začaly vznikat první mapy. S rozvojem civilizace a technických možností se zdokonalovala i tvorba map. Klasické „papírové“ mapy byly dovedeny takřka k dokonalosti, když se začaly prosazovat mapy v digitální podobě. Výpočetní technika dává mapám nové možnosti - kombinace různých map, dynamické měřítko zobrazení, výběr jen určité skupiny informací, atd. Jako významný pokrok v této oblasti se jeví zavedení třetího rozměru do zobrazení mapových podkladů.

Právě digitální mapy a mezi nimi i mapy účelové jsou nedílnou součástí pozemkových úprav - oboru zabývajícího se funkční a prostorovou optimalizací pozemků. Do této oblasti významně zasahuje, a bude i nadále zasahovat, vývoj v oblasti map a mapování, čehož jsou příkladem právě trojrozměrné mapy.

Na tuto oblast jsem se zaměřil ve své diplomové práci. Jejím cílem je vytvoření účelové mapy a následně digitálního modelu terénu, tedy trojrozměrné mapy daného území. Dalším úkolem je zhodnocení možností, které má tento poměrně nový typ mapy v oboru pozemkových úprav a posouzení, zda jsou vůbec jeho možnosti tak významným přínosem pro tento obor. Ke splnění těchto cílů je potřebná základní orientace v mapách obecně a také v oblasti účelových map. Pro vytvoření mapy je nutná znalost metod sběru dat, jejich vlastností, výhod a nevýhod. Významné je také umění samotné kresby a tvorby mapy.

## 2. Literární řešerše

### 2. 1. Mapování

Umění kresby map a plánů patří k nejstarším činnostem lidstva. Prvé kartografické památky, byť to byly jen neumělé geografické situační náčrty, se objevují v historii dávno před vznikem písma, neboť potřeba orientovat se ve svém okolí byla nezbytnou nutností již na úsvitu lidské komunity. (Hojovec, et al. 1987)

Zcela obecně můžeme pod pojmem mapování označit soubor všech činností, vedoucích k vytvoření tzv. původní mapy zpravidla velkého případně středního měřítka. Mezi činnosti nutné k tvorbě takovéto původní mapy řadíme přípravné práce, rekognoskaci terénu, zjišťování předmětů měření, budování podrobného polohového bodového pole, vlastní podrobné měření, výpočetní práce a grafické nebo digitální zpracování výsledků měření. Finálním produktem je tedy analogová mapa tzn. mapa vykreslená na papírové podložce nebo nesrážlivé fólii a nebo mapa digitální s alfanumerickým vyjádřením svého obsahu a s příslušnými databázemi. I tato digitální mapa bývá velmi často prezentována analogovým výstupem. (Huml, et al. 2001)

Pod pojmem mapa rozumíme zmenšené zevšeobecněné zobrazení povrchu Země ostatních nebeských těles nebo nebeské sféry, sestavené podle matematických vztahů na rovině a vyjadřující pomocí smluvených znaků rozmístění a vlastnosti objektů vázaných na jmenovité povrchy. (Hojovec, et al. 1987)

## 2.2. Třídění map

Mapy vyjadřují skutečnost pro nejrůznější účely, jejich druhová skladba je proto neobyčejně pestrá. Přístup ke třídění map může vycházet z účelu, pro který je mapa používána, způsobu jejího vzniku, skutečností, které vyjadřuje, či kartografického způsobu tohoto vyjádření. Řada map má víceúčelovou povahu a lze je proto klasifikovat rozmanitým způsobem. (Huml, *et al.* 2001)

Mapy Země (zeměpisné, geografické) třídíme:

a) podle **územního rozsahu** na

- mapy Země,
- mapy zemských polokoulí,
- mapy kontinentů a mapy oceánů a moří,
- mapy politicko-správních, fyzickozeměpisných, hospodářských nebo jinak vymezených celků (skupin států,...).

b) podle **účelu** na

- mapy pro národní hospodářství (státní mapová díla),
- mapy pro vědu, kulturu a osvětu (školní, turistické,...),
- mapy pro obranu státu (vojenské operační, taktické,...),
- mapy pro výuku (příruční atlasové, nástěnné,...),
- mapy pro orientaci (turistické, vodácké, plány měst, automapy,...),
- mapy pro propagační a propagandistické účely (agitační, reklamní,...),
- mapy pro sport (lyžařské, vodácké, orientační běh,...).

c) podle **obsahu** na:

- mapy obecně zeměpisné
- mapy topografické
- mapy přehledné
- mapy tématické

d) podle **měřítká** na:

- mapy velkého měřítká
- mapy středního měřítká
- mapy malého měřítká

e) podle **formy vyjádření skutečnosti**:

- mapy analogové,

- mapy obrazové,
- mapové transparenty,
- mapy reliéfní
- tyflomapy
- mapy digitální

f) podle **koncepce (metody) vyjádření skutečnosti:**

- mapy analytické
- mapy syntetické
- mapy komplexní.

g) podle **vzniku:**

- mapy původní
- mapy odvozené

(Hojovec, *et al.* 1987)

h) z **hlediska času:**

- mapy statické
- mapy dynamické
- mapy genetické
- mapy retrospektivní
- mapy prognostické

(Voženílek 2001)

## 2.3. Obsah mapy

Obsah mapy zahrnuje všechny objekty, jevy a jejich vztahy, které jsou v mapě kartograficky znázorněny. (Čapek, Mikšovský, Mucha 1992)

Obsah mapy je tvořen několika prvky:

a) **Polohopis** vyznačuje umístění objektu jeho obrysem nebo smluvenou značkou v případě, že skutečný rozměr nelze vyjádřit v daném měřítku obrysem. Smluvené značky jsou seřazeny v mapovém klíči (klíči smluvených značek). Uživatelé informují o dalších vlastnostech objektu tvarem, velikostí či barvou podle významu nebo intenzity výskytu určitého jevu.

b) **Výškopis** uvádí absolutní výšky a tvar topografických ploch terénu pomocí horizontálních řezů terénem (horizontálami) o okrouhlé nadmořské výšce (vrstevnicemi). Základní vrstevnice dodržují stanovený výškový interval, závislý na měřítku mapy. Dalšími způsoby vyjádření výškopisuj jsou absolutní kóty významných přírodních nebo technických objektů (např. vrcholy hor, střed křižovatek silnic), relativní kóty, které vyjadřují nejvyšší převýšení např. mezí, hloubky studní, atd. V geografických mapách přistupuje ještě vyjádření výšek barvami (hypsometrie), stínováním nebo ve skalnatých terénech smluvenou značkou.

c) **Rám** mapy je tvořen čárovými prvky a ohraničuje kresbu. Podle druhu a užití mapy bývá opatřen např. zeměpisnou a kilometrovou sítí.

d) **Popis** je tvořen geografickým a pomístním názvoslovím, vztaženým ke kresbě mapy, texty, které jsou součástí smluvených značek a dále popisem rámu (číslování sítě, čísla sousedních listů, název sídla, atd.). Do popisu vně rámu patří označení listu, měřítko, datum vyhotovení a tisku a další údaje, mezi které se někdy počítají tzv. skelety. (Švec, Hánek 1999)

## 2.4. Účelové mapy

V závislosti na obsahu výsledné mapy se v kategorii velkoměřítkového mapování dělí mapová díla na mapy katastrální a účelové. Účelové mapy tvoří spolu s mapami tématickými kategorii map s nadstandardním obsahem oproti mapě katastrální. O mapách tématických hovoříme v případě speciálních map středních a malých měřítek. (Fišer, Vondrák 2006)

Jako tematická mapa se označuje každá mapa, která na topografickém podkladu – ať již nezměněném, nebo upravovaném – znázorňuje zvláštní téma a je určena ke zcela určitému vypovídacímu účelu. Tématické mapy mohou vyjadřovat celou řadu charakteristik objektů a jevů: polohu, rozšíření, množství, trvalost, čas, směr pohybu, vlastnosti, vzájemné vztahy. V tematických mapách lze znázornit i hypotézy, možnosti, tendence a prognózy. Vzhledem k tomu, že tematické mapy často těží jen ze zdrojů omezených na území jediného státu, nevyplňuje tematický obsah celé mapové pole. Proto jsou četné tematické mapy provedeny jako ostrovní. (Čapek, Mikšovský, Mucha 1992)

Tematické mapy lze klasifikovat podle vzniku na původní a odvozené:

- původní mapy – vznikají z přímého, původního mapování v terénu, vyhodnocování leteckých a družicových snímků, přímého využití statických materiálů nebo jiných původních podkladů. V současné době převládá digitální způsob tvorby původní mapy. Původními mapami jsou například mapy katastrální a některé topografické mapy velkých měřítek.
- odvozené mapy – vznikají z map již existujících převážně kartografickou generalizací. Odvozenými mapami jsou zpravidla všechny topografické mapy středních a malých měřítek, obecně geografické a tematické mapy. (Voženílek 2001)

Klasifikace tématických map podle měřítka je stejná jako klasické členění, avšak i zde je možné najít více přístupů (viz Tabulka 1). (Voženílek 2001)

<b>Geodetický přístup</b>				
Mapy velkých měřítek	1 : 10 000 ↔	Mapy středních měřítek	1 : 200 000 ↔	Mapy malých měřítek
<b>Geografický přístup</b>				
Mapy velkých měřítek	1 : 200 000 ↔	Mapy středních měřítek	1 : 1 000 000 ↔	Mapy malých měřítek

**tabulka 1, Přístupy k mapám jednotlivých měřítek, Zdroj: Voženílek 2001**

Účelové mapy vznikají přímým měřením, přepracováním nebo doměřením požadovaného obsahu do stávajících map. Polohopisným podkladem pro jejich tvorbu často bývá katastrální mapa. . (Fišer, Vondrák 2006)

Členění účelových map:

- účelové mapy základního významu,
- mapy podzemních prostor,
- ostatní účelové mapy.

(Fišer, Vondrák 2006)

Výsledkem tvorby účelové mapy může být mapa grafická, číselná nebo digitální. Volba třídy přesnosti účelové mapy a volba měřítko vychází z účelu, pro který je mapa tvořena. (Pažourek, Reška, Busta 1992)

### **2.4.1. Účelové mapy základního významu:**

Základní účelové mapy jsou:

- technická mapa města,
- základní mapa závodu,
- základní mapa dálnice,
- základní mapa letiště,
- jednotná železniční mapa,
- účelové mapy ostatní (zejména mapy pro projektové účely, mapy pro provozní potřeby organizací, pro pozemkové úpravy, mapy lesnické a

vodohospodářské, mapy skutečného provedení staveb, mapy sídlišť a jiné.  
(Pažourek, Reška, Busta 1992)

-

#### **2.4.1.1. Technická mapa města (TMM)**

Mapové podklady velkého měřítká (katastrální mapy) měst, neposkytují potřebné informace o poloze nadzemních a podzemních vedení a další zařízení komunikačních prostorů, které jsou po urbanistické a projekční řešení výstavby a rekonstrukce města rozhodující. Problémy s vybudováním a udržováním souborné evidence podzemních i nadzemních vedení a jejich zařízení, včetně stoupajících požadavků projektantů na kvalitní a aktuální mapové podklady vedly k vytvoření TMM. (Huml, *et al.* 2001)

TMM se vyhotovuje v S-JTSK a ve výškovém systému Bpv ve 2. a 3. třídě přesnosti. Obvyklým měřítkem TMM je 1:500, je ale možno použít i měřítko 1:200 event. 1:1000 s ohledem na hustotu situace v zájmovém území. Geodetickým základem polohopisu jsou body základního a podrobného polohového pole a výškopisným základem jsou body ČSJNS včetně bodů plošných nivelačních sítí.

Polohopisný obsah se doplňuje o tématické složky v rámci kategorií stavebních objektů, dopravních objektů a zařízení, vodohospodářských zařízení, městské zeleně a podzemních a nadzemních vedení. Výškopis TMM je vytvářen vrstevnicemi, kótovanými body a technickými šrafami. Uvádí se nadmořské výšky bodů bodových polí, kóty poklopů šachet a dalších výškových úrovní v kanalizační šachtě. Popis TMM je doplněn o orientační a popisná čísla, technické parametry vedení v barvě odpovídající druhu vedení a o název a využití budov. (Fišer, Vondrák 2006)

#### **2.4.1.2. Základní mapa závodu (ZMZ)**

Základní mapa závodu slouží pro provozní, plánovací, projekční a evidenční účely velkých i větších průmyslových celků. Tvoří se přímým měřením, kombinací přímého měření a odvození, zpracováním geodetické části skutečného provedení stavby. (Pažourek, Reška, Busta 1992)

Základní mapa závodu se vyhotovuje v souřadnicovém systému JTSK a výškovém systému Bpv ve třídě přesnosti 1, 2, případně 3.

Používá se měřítek 1:200, 1:250, 1:500 i 1:1000. Geodetickým základem polohopisu jsou stejně jako u TMM body bodových polí a pro výškopis body ČSJNS a



body plošných nivelačních sítí. ZMZ tvoří polohopis, výškopis a popis. (Huml, *et al.* 2001)

Obsahem polohopisu jsou stavební objekty, dopravní zařízení a objekty, podzemní objekty a prostory přesahující půdorys budov, vodstvo a vodohospodářské objekty, potrubní a kabelová vedení a jejich zařízení mimo budovy, hranice parkových úprav, ploty, zdi a jednotlivé stromy o průměru kmene větším než 150 mm. Výškopis tvoří nadmořské výšky stanovených bodů polohopisu a výšky charakteristických bodů terénu. Terénní reliéf se vyjadřuje vrstevnicemi a technickými šrafami. Popis mapy obsahuje název, název závodu, čísla bodů bodových polí, mapové značky, čísla objektů, popisná čísla domů, vyznačení technických parametrů jednotlivých druhů vedení, nadmořské výšky bodů bodových polí, výšky vrstevnic. (Fišer, Vondrák 2006)

#### **2.4.1.3. Základní mapa dálnice (ZMD)**

Základní mapa dálnice se systematicky zpracovává v průběhu celé stavby dálnice a slouží jak pro účely výstavby, tak pro dokumentaci po dokončení stavby.

ZMD se vyhotovuje v S-JTSK a v Bpv. Tzv. Hlavní mapa vychází z kladů map velkých měřítek, je v měřítku 1:1000 a ve 3. třídě přesnosti. Příložná mapa se vyhotovuje tam, kde by hustota kresby nedovolovala v měřítku Hlavní mapy přehledně zobrazit všechny předměty obsahu ZMD. Příložná mapa se zpracovává v měřítku 1:500 nebo 1:200 a ve 2. třídě přesnosti. Mapovací jednotkou je ucelený úsek dálnice. Zájmovým územím pro mapování je pruh široký asi 200 m jehož středem probíhá osa dálnice. (Fišer, Vondrák 2006)

Předmětem polohopisu jsou: zemní těleso, koruna dálnice, dopravní plochy, odvodňovací zařízení, objekty, vybavení dálnice, hranice pozemků dálnice, dálniční telefon, cizí zařízení na dálnici. Mimo dálniční komunikaci jsou předmětem polohopisu stejné prvky, jako pro ZMZ. Předmětem výškopisu jsou nadmořské výšky zemního tělesa, příčných řezů tělesem dálnice v max. vzdálenosti 10 cm na mapě, na zpevněném povrchu dopravních ploch i na cizích zařízeních. Popis ZMD tvoří název mapy, číslo dálnice, čísla bodů bodových polí, mapové značky, názvy dálničních objektů a zařízení, parcelní čísla, nadmořské výšky předmětů výškopisu a místní a pomístní jména. (Huml, *et al.* 2001)

#### **2.4.1.4. Základní mapa letiště (ZML)**

Základní mapa letiště je účelovou mapou, zobrazující jak celistvé areály letišť a jejich řízení, tak samostatná letištní zabezpečovací a jiná zařízení a objekty civilního letectví. (Pažourek, Reška, Busta 1992)

Vyhotovuje se pro potřeby provozu na civilních dopravních letištích, pro správu a údržbu letišť, pro rekonstrukci stávajících staveb a projekci nových staveb a zařízení.

ZML je zpracována v souřadnicovém systému JTSK a výškovém systému Bpv. ZML se vyhotovuje stejně jako ZMD ve dvou verzích – hlavní mapa a příložná mapa a se stejnou přesností a ve stejných měřítkách. (Huml, *et al.* 2001)

Obsahem polohopisu jsou body bodových polí, hranice správních celků, katastrální hranice, vlastnické hranice i hranice nájmu, hranice ochranných pásem, stavební objekty a zařízení, dopravní zařízení, nadzemní a podzemní vedení všech druhů. Výškopis se vyjádří vrstevnicemi, kótami a technickými šrafami. Popis ZML tvoří název mapy, správní údaje, čísla bodů bodových polí, číselná označení letištních objektů a jejich názvy. (Fišer, Vondrák 2006)

#### **2.4.1.5. Jednotná železniční mapa (JŽM)**

Jednotná železniční mapa je účelovou mapou zhotovenou pro potřebu železničního provozu, správu a údržbu železničního zařízení. Vyhotovuje se v souřadnicovém systému JTSK a výškovém systému Bpv. Mapovací jednotkou je drážní těleso spolu s pozemky sloužícími provozu dráhy a drážním zařízením. Přesnost podrobných bodů JŽM je dána třídou přesnosti 3 výjimečně 2 a 4. Používaná měřítko map jsou 1:1000 event. 1:500 (stanice). Používá se kladu obecné polohy jednotlivých mapových listů, který je rovnoběžný s osou zobrazené situace (tratě). JŽM je dělena na mapu hlavní, příložnou a speciální. (Huml, *et al.* 2001)

Předmětem polohopisu JŽM je železniční spodek a jeho stavby, železniční svršek, budovy a stavby, vlastnické hranice objektů a pozemků, sdělovací, provozní a zabezpečovací zařízení, stavební objekty, osy kolejí, železniční svahy, podzemní zařízení, rozvody a inženýrské sítě, vodní toky a komunikace, hektometrovníky, kilometrovníky a jiné. Výškopisnou složkou jsou nadmořské výšky předmětů polohopisu, charakteristických bodů terénní kostry a příčných profilů tělesa dráhy. Výškopis je vyjádřen pomocí kót, vrstevnic a technických šraf. Popis JŽM tvoří: název mapy, označení druhu mapy a speciální popis (km, spád tratě a důležité údaje ČD). (Fišer, Vondrák 2006)

#### **2.4.1.6. Účelové mapy podzemních prostor**

Mapy podzemních prostor (jeskyně, podzemní chodby a průchodné objekty, kromě metra a báňských objektů) se vyhotovují v souřadnicovém systému JTSK a výškovém systému Bpv. Volba měřítko je závislá na hustotě a prostorových rozměrech podzemních prostor, zpravidla 1:500. Zaměření se provádí ve 2. případně 3. třídě přesnosti. (Huml, *et al.* 2001)

Obsah mapy tvoří bodová pole na povrchu, měřické body v podzemí, polohopis, výškopis a popis. Polohopis podzemních prostor tvoří průmět vnitřního obvodu stěn do určité vodorovné nebo šikmé roviny. Znázorňuje se pata stěn nebo svislý průmět v nejširším nebo nejnižším místě nebo v určité dané úrovni. Obsahem polohopisu jsou dále vstupy, schodiště, šachty, přepážky, odvodňovací zařízení, vedení, úseky s havarijním stavem chodeb, studny, prameny, rozhraní druhů materiálů použitých při výstavbě, složení hornin, atd. Obsahem výškopisu jsou nadmořské výšky vybraných bodů polohopisu, relativní výšky nejvyššího bodu stropu, výškové údaje příčných řezů, čára zatopení podzemních prostor apod. (Fišer, Vondrák 2006)

#### **2.4.1.7. Mapy pozemkových úprav**

Jestliže pozemkový úřad rozhodne ve smyslu zákona č. 199/94 Sb. o výběru nejvhodnější zakázky na komplexní pozemkovou úpravu a je uzavřena smlouva o dílo s uchazečem, mohou být zahájeny přípravné geodetické práce. Způsoby zpracování geodetických prací při KPÚ závisí na formě, o které bylo rozhodnuto při stanovení podmínek orgánů, ale pro KPÚ platí, že výsledky mají sloužit k obnově katastrálního operátu a zemědělská část je zpracovaná dle předpisů ČÚZK (§8 (18) zák. č. 284/91 Sb. a navazující § 58 vyhl. č. 190/96 Sb.). (Mazín 2006)

Podkladem pro návrh komplexních pozemkových úprav je zaměření předmětů, které zůstanou obsahem souboru geodetických informací katastru nemovitostí i po skončení pozemkových úprav. Dále se měří polohopisné prvky potřebné pro zpracování pozemkových úprav (tzv. stávající stav před pozemkovou úpravou). Geometrický základ a přesnost těchto map jsou toužené s katastrální mapou, vyhotovují se v dekadickém měřítku a digitální formě ve 3. třídě přesnosti. Výsledné mapové dílo slouží k obnově katastrálního operátu. (Fišer, Vondrák 2006)

Z vyhlášky č. 190/96 Sb. § 58a vyplývá, že katastrální úřad předá pozemkovému úřadu zkontrolované údaje SPI a SGI v potřebném rozsahu pro obnovu katastrálního operátu podle stanovených podmínek. (Mazín 2006)

#### **2.4.1.8. Ostatní účelové mapy**

**Mapa sídliště** – slouží pro údržbu a rekonstrukci sídlišť, jejich správu a provoz. Zpravidla nevzniká najednou, ale postupným zaměřováním dohotovených etap výstavby a její vyhotovení může trvat i několik let. Vyhotovuje se v předepsaných souřadnicových a výškových systémech (JTSK, Bpv.) v měřítkách 1:500 či 1:1000 ve 3. třídě přesnosti. Polohopis a výškopis tvoří stejné prvky jako u TMM obohacené o provizoria, výjezdy, průjezdy a počta podlaží jednotlivých domů. (Huml, *et al.* 2001)

**Mapy v lesním hospodářství** – tzv. lesnické mapy jsou na území našeho státu vyhotovovány již od 15. století. Ve druhé polovině 19. století byl zřízen tzv. lesní katastr. Základním mapovým dílem pro všechny lesnické účelové mapy je Základní lesnická mapa vzniklá geodetickým nebo fotogrammetrickým vyhodnocením v měřítku 1:5000. Zmíněná mapa zachycuje lesní i ostatní pozemkovou držbu a měla by být v souladu s Katastrem nemovitostí (teoretický předpoklad). Na podkladě ZLM vzniká mapa Hospodářská, která zobrazuje stav všech lesů lesního hospodářství. Mapa obrysová vzniká zmenšením Mapy hospodářské do měřítka 1:10 000 a zobrazuje jedno polesí. Na jejím podkladě vznikají např. mapy porostové, typologické, těžební, genetické, mapy mysliveckého průzkumu, atd. (Fišer, Vondrák 2006)

**Mapy nemovitých kulturních památek** – souhrn prací, jimiž se zajišťuje a znázorňuje poloha, tvar, rozměry, případně stavební hmoty těchto objektů. Výsledkem jsou mapy objektů s přilehlým územím a dokumentační výkresy objektů v měřítkách 1:200, 1:250, 1:500 a výjimečně i 1:100 nebo 1:50. Spolu s měřítkem je dána i třída přesnosti 1 až 3.

**Dokumentace skutečného provedení stavby** – takováto dokumentace musí být vyhotovena tak, aby ji bylo možno využít pro kolaudační řízení a uvedení stavby do provozu. Geodetická část se vyhotovuje ve standardních systémech (JTSK, Bpv) ve 2. a 3. třídě přesnosti, výjimečně i ve 4. třídě přesnosti. Měřítko těchto dokumentací se volí 1:500, 1:1000 a 1:2000. Obsahem polohopisu a výškopisu jsou stejné prvky jako u TMM a ZMZ. (Huml, *et al.* 2001)

## 2.5. Metody sběru dat

### Výběr mapovací metody

V mapování dnes existuje několik pracovních způsobů a technologických postupů, pro něž existují kvalitní moderní přístrojové prostředky. Každý z těchto způsobů má své výhody proti ostatním a za určitých okolností se jeví jako nejvhodnější. Žádný z těchto způsobů však není samojediný, je dobré podle okolností využívat předností všech způsobů. Je tedy třeba předpokládat, že zejména při mapování rozsáhlejších území bude vhodné aplikovat více pracovních způsobů, více metod. Optimální proporce využitelnosti různých metod avšak nejsou předem dány, nelze je stanovit předem pro všechny případy. Tyto proporce mohou být stanoveny jen na základě podrobné analýzy každého konkrétního případu, každého konkrétního území. (Maršík, Maršíková 2002)

### 2.5.1. Přímé geodetické metody (elektronické tachymetry, stanice GPS)

Zvláštním grafickým podkladem, který má charakter mapy, je mapa zaměření skutečného stavu. Tato mapa vzniká na začátku zpracování pozemkových úprav. Je výsledkem geodetického měření v terénu, má vektorovou formu a zachycuje skutečný stav v terénu. Obsah a předměty měření jsou dány jednak obsahem budoucí digitální katastrální mapy a dále požadavkem projektanta na podklad pro návrh společných zařízení a jeho prvků. Podmínkou při měření skutečného stavu je připojení na polohové a výškové bodové pole do závazných geodetických referenčních systémů S-JTSK, respektive Bpv. (Vlasák, Bartošková 2007)

Geodetická měření patří k nejpřesnějším, ale zároveň k nejpracnějším metodám získávání vstupních dat. (Klimánek 2006)

V současné době jsou na mapu kladeny nejrůznější požadavky a se zobrazením pouze polohopisné složky se zdaleka nevystačí. Vyjádření třetího rozměru, to je výšek, je podstatně složitější problém než zobrazení polohopisu, protože terén je tvarově velmi složitá plocha. Například při řešení úloh při stavbě silnic, železnic, v melioracích a v řadě dalších disciplín je mapa s vyjádřením výškových poměrů zcela nezbytným a nezastupitelným podkladem. (Pokora, et al. 1985)

Tachymetrie je metoda, kterou se získávají prvky nutné k sestavení polohopisné mapy s výškopisem, nebo se stávající mapa výškopisem doplňuje. (Švec, et al. 2000)

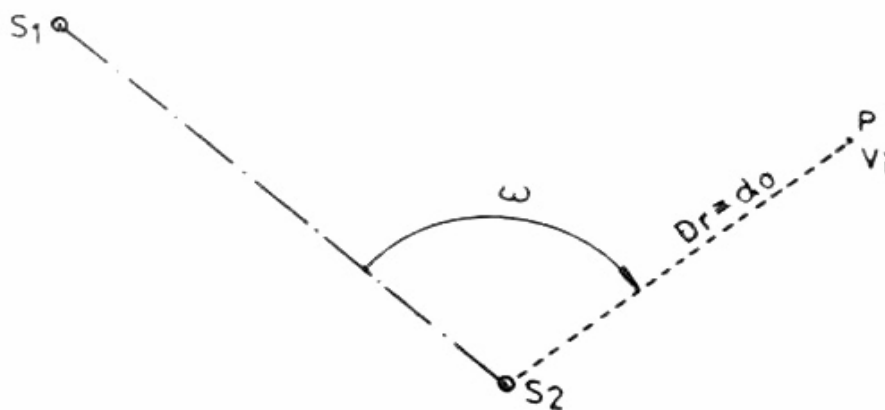
Název této metody je odvozen od řeckého slova tachys, znamenající rychlý. (Pokora, et al. 1985)

Tato metoda se používá pro mapy velkých měřítek od 1:500 až 1:5000. Mapové podklady pro projekty se vyhotovují nejčastěji v měřítku 1:500 a 1:1000 a to jak pro objekty s prostorovou skladbou, tak pro projekty liniové a plošné. Přesnost těchto map musí odpovídat požadavkům na přesnost vytyčování těchto objektů. (Švec, et al. 2000)

V posledních letech prudce stoupá i v mapování význam použití totálních stanic. Pro přístroje nižší přesnosti (tj. 2 – 5 mgon v úhlových měřeních a řádově 5 – 10 mm v délkách), umožňujících registraci alfanumerických dat, se používá označení elektronický tachymetr a v souvislosti s ním termínu elektronická tachymetrie, která je další z mapovacích metod. (Švec, Hánek 1999)

### 2.5.1.1. Podstata tachymetrické metody

Prostorová poloha jednotlivých podrobných bodů,  $i = 1, 2, \dots, n$ , nutných k sestavení polohopisné a výškopisné mapy se určuje prostorovými polárními souřadnicemi, tj. vodorovným a zenitovým úhlem a délkou (viz. Obrázek 1). Na stanovišti  $S_2$ , jehož poloha a výška je známa, se vztahuje vodorovný úhel k bodu polohového bodového pole  $S_1$ , popř. danému směru např. magnetickému severu. Pomocí délky  $d_s$  a zenitového úhlu  $z$  se trigonometricky odvodí převýšení  $h$ . Z toho vyplývá, že přístroj musí být vybaven vodorovným a výškovým kruhem a dálkoměrným zařízením. Délky se měří opticky ryskovým dálkoměrem nebo elektronickým dálkoměrem. (Švec, et al. 2000)



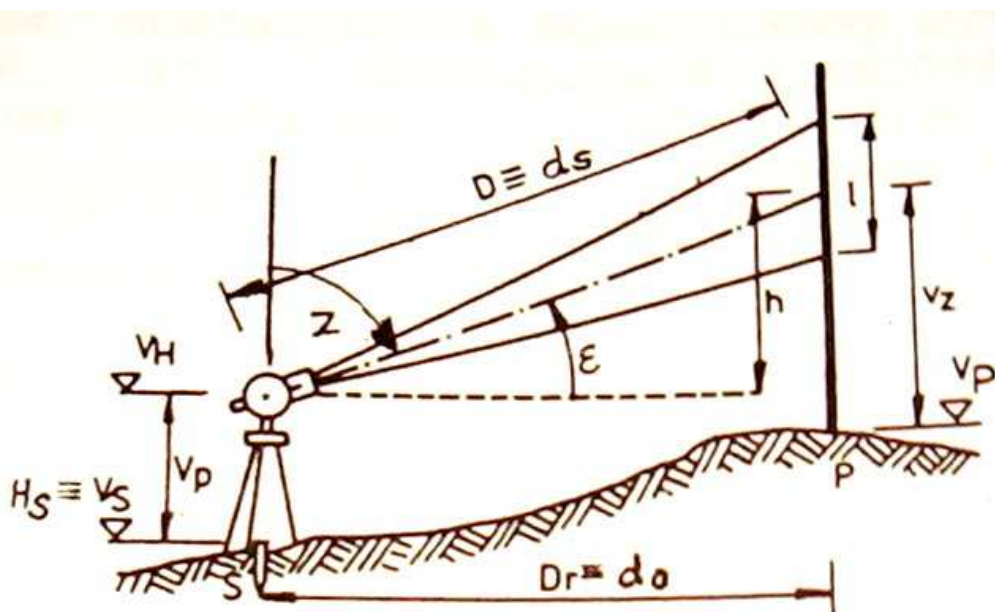
Obrázek 1, Polární určování polohy, Zdroj: Švec, et al. 2000

Rovnice pro tachymetrii – elektronický dálkoměr (viz Obrázek 2)

$$d_o = d_s \cdot \sin z,$$

$$h = d_s \cdot \cos z,$$

kde  $d_o$  je vodorovná vzdálenost,  $d_s$  šikmá vzdálenost,  $z$  zenitový úhel a  $h$  převýšení. (Švec, et al. 2000)



Obrázek 2, Trigonometrické určování výšek, Zdroj: Švec, et al. 2000)

Základem podrobného měření je síť stanovisek, z nichž se určuje poloha a výška jednotlivých podrobných bodů. Hustota stanovisek v této síti je závislá na délce největší záměry, která je závislá na použitém přístroji, na měřítku a účelu mapy a na členitosti, případně tvaru zaměřovaného území. Hlavní stanoviska jsou tvořena body podrobného polohového bodového pole, které existují na zaměřovaném území, a které jsou v terénu trvale stabilizované. Nejčastěji to bývají polygonové body, v ojedinělých případech i body trigonometrické. Protože tato síť bývá obvykle řídká, doplní se dalšími hlavními stanovisky polygonizací, trojúhelníkovými řetězci, protínáním anebo rajónem. (Pokora, et al. 1985)

Současně s měřením se vyhotovuje měřický náčrt, do kterého se od ruky zakreslují a číslovají všechny zaměřované body, polohopisné čáry a čáry terénní kostry. Je výhodné, jestliže se pro měřický náčrt může použít zvětšenina leteckého snímku nebo kopie starší podrobné mapy. Výběr podrobných bodů musí vystihovat nejenom polohopis, nýbrž i výškopis. Pro zobrazení výškopisu se volí body nejprve v místech,

kteřá budou v mapě okótvána: na vrcholech, sedlech, vodní hladině, soutocích, mostech a jiných orientačně významných bodech. Body potřebné k sestřoení vrstevnic se umistřují převážně na čáry terénní kostry. (Čapek, Mikšovský, Mucha 1992)

Čáry a body v nichž se dílčí plochy stýkají, tvoří kostru terénu, kteřou je každý terénní tvar charakterizován. Tyto čáry mají rozhodující význam při rozboru terénu, volbě podrobných bodů, vyhotovení měřického náčrtu a při konstrukci vrstevnic. Patř sem (Obrázek 3):

a) tvarové čáry, které ohraničují mírně sklonitá nebo vodorovná místa některých terénních tvarů,

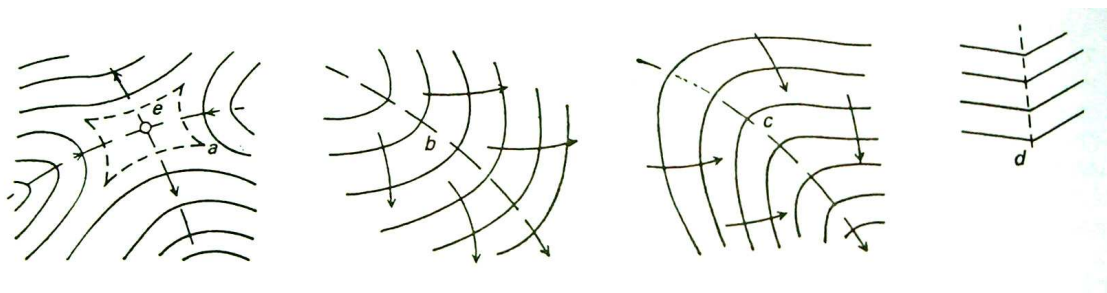
b) hřbetnice – čára, která spojuje relativně nejvyšše položená místa terénního tvaru a voda stéká od ní po úbočí na obě strany. Hřbetnice tvoř proto vodní předěl,

c) údolnice – čára, která spojuje relativně nejniže položená místa terénního tvaru. Má ze všech spádnic nejmenší sklon,

d) hrany – čáry, které vznikají na styku dvou terénních ploch různého sklonu. Podle toho, je-li přechod mezi plochami náhlý, jedná se o hrany ostré, nebo je-li přechod pozvolný, jsou tupé. Hrany mohou být podle svého vzniku buď přirozené (zlom terénu, zářez), nebo umělé (násyp, výkop, ap.),

e) body terénní kostry – místa, kde se čáry terénní plochy sbíhají nebo protínají (styk údolnic, rozdvojení hřbetnice, sedlo).

(Švec, et al. 2000)



Obrázek 3, Tvary tvořící kostru terénu , Zdroj: Švec, et al. 2000

### 2.5.1.2. Systém GPS

V samém závěru 20. století se objevil zcela nový způsob určování polohy bodů a míst na Zemi, který se rychle rozšřřuje a může v některých případech postupně vytlačovat klasické způsoby.



V současné době obíhá Zemi celý systém umělých družic, jejichž prostřednictvím je možno určit polohu libovolného pevného i pohyblivého objektu na Zemi i v atmosféře v kterýkoli okamžik. Na počátku vývoje družicového systému umožňujícího určování polohy předmětů a bodů stála snaha vojenského námořnictva USA mít možnost sledovat a znát přesnou polohu ponorek Polaris. (Maršík, Maršíková 2002)

V současné době se jeví jako velmi účelné využití technologie GPS pro získávání informací o území. Dnešní metody GPS splňují hlavní požadavky aktualizace dat v terénu zejména pro svou rychlost, přesnost a spolehlivost. (Fišer, Vondrák 2004)

Poloha přijímače GPS je určena geometrickým protínáním z měřených vzdáleností mezi satelity a aparaturou, které se určují zpracováním družicového signálu. Pro výpočet existuje několik metod a výpočetních postupů. (Hánek, Hánek, Maršíková 2007)

Měření pomocí družicových polohových systémů lze provádět na základě kódových (C/A kód nebo P(Y) kód), fázových nebo dopplerovských měření. Základním principem kódových měření je určování vzdáleností mezi přijímačem a družicemi. K tomuto účelu se využívá tzv. dálkoměrné kódy vysílané jednotlivými družicemi, což jsou v podstatě přesné časové značky umožňující přijímači určit čas, kdy byla odvysílána kterákoliv část signálu vysílaného družicí. Fázová měření jsou založena na odlišném principu – vůbec nepracují s dálkoměrnými kódy, ale zpracovávají vlastní nosné vlny (určuje počet vlnových délek nosné vlny mezi přijímačem a družicí). Tento počet se skládá jednak z celočíselného násobku nosných vln a jednak z desetinné části – fázová měření proto vykazují určitou nejednoznačnost (ambiguity). Dopplerovská měření využívají principu posunu frekvence na nosné vlně a prakticky se používají jen k určení rychlosti jakou se přijímač pohybuje. (Klimánek 2006)

### **Podle počtu použitých přijímačů dělíme metody měření na:**

#### **Autonomní (absolutní) metoda**

V případě, že uživatel má k dispozici pouze jednu aparaturu, může její prostorovou polohu určit na základě pseudovzdáleností mezi přijímačem a minimálně čtyřmi družicemi. Přístroj může být v klidu nebo v pohybu. Tato metoda je vhodná pro navigační využití.

## **Relativní metody**

Relativní metody patří mezi nejpřesnější způsoby určení polohy bodů. K měření je zapotřebí minimálně dvou GPS aparatur. Jedna z aparatur, tzv. referenční stanice, se umísťuje na bod o známých souřadnicích. Data jsou registrována po dobu celého měření. Během observace musí být na stanoviskách dostupné alespoň čtyři stejné družice. Na základě znalosti souřadnic referenční stanice jsou stanoveny opravy (korekce). Oprava eliminuje chybu vzniklou při průchodu signálu atmosférou a chybu z nepřesnosti určení efemrid družic. Podle toho, kdy je zaváděna rozlišujeme metody v reálném čase a postprocesní metody. Relativní metody využívají fázová měření. (Hánek, Hánek, Maršíková 2007)

**Statická metoda** se používá v aplikacích, které vyžadují nejvyšší přesnost. Klasickou statickou metodou (Static), využívající dlouhé několikahodinové observační doby, lze určovat relativní polohu s milimetrovou přesností na prakticky libovolné vzdálenosti. Rychlá statická metoda (Rapid static) krátkými observačními dobami na úrovni několika minut až několika desítek minut se využívá pro určování polohy v rozsahu do několika desítek kilometrů. Principem metody reokupace (Reoccupation) je opakované nezávislé měření téhož bodu s časovým odstupem. Interval záznamu dat u statických metod se zpravidla pohybuje od 2 do 30 sec. Běžná přesnost se pohybuje kolem 5 mm až 15 mm, limitní přesnost získaná z 24 hodinových observací se pohybuje v rozmezí 3 mm až 1 mm. Zpracování dat se děje až po měření v kanceláři (tzv. postprocessing).

**Kinematické metody** se vyznačují zejména rychlostí určení prostorové polohy. Pro kinematické metody je charakteristické, že poloha se přiřazuje k časovým okamžikům předem nastavených časových intervalů. Metoda Stop&Go je polokinematickou metodou, u které se po počáteční několikaminutové inicializaci určuje poloha ostatních podrobných bodů pouze z několika epoch měření. Její přesnost se pohybuje na úrovni 1 až 2 cm. Klasická kinematická metoda využívá rovněž počáteční několikaminutové inicializace a po ní se určuje poloha v předem nastaveném časovém intervalu. Pokud se počáteční inicializace provádí za pohybu aparatury, jedná se o metodu Kinematic On the Fly (KOF), používající se např. pro určování trajektorie pohybujících se vozidel, letadel, apod. Přesnost kinematické metody se uvádí v rozmezí 2 cm až 5 cm. Zpracování dat se děje po skončení měření postprocessingem.

Pro určování polohy v reálném čase se používá metoda Real Time Kinematic (RTK). Z referenční aparatury umístěné na bodě o známých souřadnicích se pomocí radiového spojení vysílají data do pohyblivé aparatury, kde se vyhodnocují. Prostorovou polohu získáváme v reálném čase při použití běžného radiomodemu do vzdálenosti cca 10 km, přičemž se přesnost určení polohy pohybuje na úrovni 20 mm až 5 mm. Dosah metody závisí zejména na dosahu radiomodemu. Pro zvýšení dosahu se používá GSM síť nebo internetu. (Bureš, Švábenský, Weigel 2004)

V současnosti je nabízena možnost přijímat korekce z tzv. virtuálních referenčních stanic (VRS), takže odpadá nutnost použití vlastní referenční stanice. V České republice je Zeměměřickým úřadem provozovaná síť CZEPOS, která obsahuje 26 permanentních stanic, které pokrývají celé území ČR. Každá stanice CZEPOSu provádí nepřetržitě 24 hodin denně observace s vteřinovou registrací. Střední polohová chyba v určení bodu se při využití CZEPOS u metod měření v reálném čase pohybuje okolo 14 mm a výšková střední chyba okolo 45 mm.

### **Diferenční metody (DGPS)**

Metody DGPS používají kódové měření, pro které je potřeba minimálně dvou GPS přijímačů. Jeden z nich je nazýván referenční stanicí a je umístěn na bodě o známých souřadnicích. Stejně jako v případě relativních metod je pak možné na určených bodech zavádět potřebné korekce. Pro získání diferenčních korekcí jsou využitelné také systémy EGNOS a WASS. V případě přijímání signálu EGNOS/WASS opět není potřeba dvou přijímačů. (Hánek, Hánek, Maršíková 2007)

Způsobem DGPS bylo provedeno v druhé polovině 90. let 20. století zhuštění celostátní sítě pevných bodů. (Maršíková, Maršík 2006)

## **2.5.2. Nepřímé metody (letecká fotogrammetrie a DPZ, laserové skenovací systémy)**

### **2.5.2.1. DPZ a letecká fotogrammetrie**

Ortogonální překreslení leteckých snímků – ortofotomapa – je důležitým podkladem pro jednání s vlastníky o umístění jejich původních i nových pozemků, o poloze rozhraní druhů pozemků, o rozsahu zamokření a dalších prvcích. Pokud jsou při snímkování a dalším zpracování dodrženy potřebné parametry z hlediska přesnosti

potřebné pro obsah katastrální mapy a podkladu pro projekt, je možné ortofotomapu využít i pro lokalizaci předmětů měření. Současně s ortofotomapou vzniká i digitální model terénu. Pro některé oborové průzkumy (eroze, zemědělská výroba) je možné použít i satelitní snímky buď ve viditelné, častěji však v infračervené nebo multispektrální vlnové oblasti. (Vlasák, Bartošková 2007)

Dálkový průzkum je věda i umění získávat užitečné informace o objektech, plochách či jevech prostřednictvím dat měřených na zařízení, která s těmito zkoumanými objekty, plochami či jevy nejsou v přímém kontaktu. (Lillesand, Kiefer 1994)

„Dálkový průzkum je nejdražší způsob, jak vytvořit obrázek“ - Andrew Bashfield, Intergraph Corporation.

Při porovnání s dnes již tradičními vědními a technickými obory je zřejmá podobnost dálkového průzkumu Země s fotogrammetrií. Proto se objevila otázka, zda dálkový průzkum není součástí fotogrammetrie nebo fotogrammetrie součástí dálkového průzkumu. Podle hledisek Mezinárodního desetinného třídění odborné literatury (MDT), vypracovaného Mezinárodní federací pro dokumentaci (FID) v roce 1979 přisuzuje fotogrammetrii literaturu týkající se snímků a snímkování pro geometrické účely, např. pro mapování, architekturu a další obory. Do třídy Dálkový průzkum Země řadí literaturu týkající se dálkově získaných údajů o fyzikálních a chemických vlastnostech Země. Typickými výstupy fotogrammetrie jsou souřadnice a z nich odvozené délky, úhly, vektory, plochy a objemy, dále izočáry (např. vrstevnice), digitální model území nebo reliéfu a mapy (čárové i polotónové). V případě dálkového průzkumu Země jsou to izočáry charakterizující zejména kvalitativní vlastnosti zemského povrchu, připovrchových vrstev a moří, plochy výskytu určitého jevu a rozlišení či lokalizace vegetačního pokryvu, přírodních zdrojů, znečištění vody a vzduchu, poškození vegetace, oblačnosti, přírodních katastrof apod. (Šíma 2003)

Na DPZ v užším slova smyslu lze tedy nahlížet jako na vědu či umění zabývající se tématickou informací – vytvořením a zpracováním obrazové informace pro účely tématického mapování. Geometrickými nebo také měřičskými vlastnostmi snímků se potom zabývá především fotogrammetrie. Je však nutné poznamenat, že jakákoliv aplikace používající materiálů DPZ využívá jak jejich geometrických vlastností, tak i tématického obsahu. Zvláště v poslední době s mohutným rozvojem výpočetní techniky se hranice mezi tématickým mapováním metodou DPZ a fotogrammetrií stále více stírají, a to především v oblasti zpracování a interpretace. (Dobrovolný 1998)

Výsledky pozorování a měření se získávají ve formě fotografických snímků nebo obrazových záznamů zachycovaných zpravidla v digitální formě na magnetickém médiu. Elektronická záznamová zařízení a fotografické komory jsou umísťovány nejen na automatických družicích, kosmických lodích a orbitálních laboratořích, ale i na letadlových laboratořích – létajících ve velkých výškách, na fotogrammetrických letadlech, vrtulnících a mikroletounech a na zemském povrchu. (Hojovec, et al. 1987)

Fotogrammetrie se dělí z několik hledisek, např. podle stanoviska měřické komory na pozemní (terestrickou nebo leteckou (aero-) fotogrammetrii. Tzv. dálkový průzkum Země (DPZ) využívá snímky, které jsou pořizovány z letadel, družic nebo z kosmických lodí.

Pro aplikace je velmi významné dělení fotogrammetrie podle počtu současně vyhodnocovaných snímků. Jednosnímková fotogrammetrie při vyhodnocování poskytuje pouze rovinné souřadnice. Měřený objekt ve směru třetí souřadnice (většinou nadmořské výšky) nemá být příliš členitý, neboť je exaktně řešen pouze vztah roviny snímku a roviny objektu. Dvousnímková (též: stereo-) fotogrammetrie pracuje s uspořádanou dvojicí snímků pořízených ze dvou různých stanovisek tak, že se obrazy obou snímků vzájemně překrývají. V překrytu vzniká umělé stereoskopické pozorování. Spojnice těchto dvou sousedních stanovisek se nazývá fotogrammetrická základna. (Švec, Hánek 1999)

Zařazení fotogrammetrie vůči geodézii a DPZ

(Uvažujeme případy mapování)

- geodetické metody – přesnost cm a lepší
- fotogrammetrické m. – přesnost cm, dm
- DPZ – přesnost m, km

(Hánek 2006)

Snímky z letadel či družic mohou v mnoha případech vhodně nahrazovat mapy, protože ve velmi krátkém okamžiku zachytí daleko více detailů, které se jinak musí získávat zdlouhavým terénním mapováním. Obsah klasické mapy je vzhledem k realitě určitým způsobem generalizován a také brzy zastarává, snímek je úplným modelem krajiny, a protože lze snímky určité oblasti pořizovat relativně velmi často, dávají nám obraz i o dynamice krajiny. (Dobrovolný 1998)

Komplexní pohled na zobrazované území dává velké možnosti využití právě pro potřeby kartografie. Materiály fotogrammetrie a dálkového průzkumu mohou sloužit při řešení následujících kartografických úkolů:

- zpracování tematických map malých měřítek,
- sestavování operativních map dynamických jevů,
- doplňování a vedení základních a tematických map malých a středních měřítek,
- zlepšení vyjadřovacích prostředků kartografického zpracování map,
- vyhotovení map jiných kosmických těles.(Hojovec, et al. 1987)

Je však nutno předeslat, že letecký snímek nebo obrazový záznam z družice ještě není mapou. Obsahuje řadu zkreslení, která je nutno v procesu zpracování odstranit. Navíc jde o záběr shora, pro lidské oko nezvyklý, při kterém má řada objektů na zemském povrchu specifický vzhled. Proto jsou důležitými součástmi fotogrammetrie a dálkového průzkumu Země také zpracování a interpretace snímků a obrazových záznamů. (Dobrovolný 1998)

Měřické vyhodnocení snímků se provádí analyticky nebo analogově pomocí vyhodnocovacích přístrojů. Aby bylo možno kromě tvaru a velikosti objektu stanovit i jeho prostorovou polohu, musí být známa poloha snímku a měřické komory v okamžiku expozice, tedy prvky orientace. Dělí se na prvky vnitřní orientace, definující vnitřní vztahy v komoře, a na prvky vnější orientace, udávající vztah komory a objektu (území).

Podmínkou vyhodnocení snímků, tj. transformace bodů centrálního promítání na body pravoúhlého promítání, je existence na snímku jednoznačně identifikovatelných vřícovacích bodů se známými prostorovými geodetickými souřadnicemi. (Švec, Hánek 1999)

Použití snímků v geografii, kartografii, fotogrammetrii a mnoha dalších oborech se neobejde bez výkladu jejich obsahu – interpretace snímků. Interpretace snímků čili fotointerpretace je výzkumná metoda, která zkoumá předměty a jevy prostřednictvím jejich obrazů na snímcích. Nejde o pouhé čtení snímků – při interpretaci se na základě jevů přímo zobrazených na snímcích usuzuje i na jevy, které na nich zobrazeny jsou. (Čapek, Mikšovský, Mucha 1992)

Důležitou etapou fotogrammetrického mapování, na které závisí efektivnost metody je etapa doměření. Doměření je ovlivňováno více faktory, které nepůsobí odděleně, ale vzájemně se ovlivňují. Při snaze o snížení geodetických prací v terénu je však třeba si uvědomit, že vzhledem k charakteru vyhotovované mapy, nebude možno nikdy doměření zrušit, ale jen snížit. Rozsah doměření je ovlivňován především

- volbou vhodné lokality,
- leteckým měřickým snímáním,

- spoluprací fotogrammetrického pracoviště s geodety, provádějícími doměření,
- technologickou a programovou připraveností. (Pražák 1987)

Letecké a kosmické snímky svým komplexním charakterem velmi usnadňují vyhotovení tematických map. Tematické mapy vyhotovené na podkladě kosmických a leteckých snímků mohou být vhodným doplňkem stávajících topografických map, vzhledem k tomu, že zobrazují údaje, které na těchto mapách nejsou a často ani být nemohou. Jde o situační změny a zejména vyhodnocení časových údajů získaných monitorováním. Z přemíry informací obsažených na fotografických snímcích vybírají jednotlivé obory pro tvorbu tematických map pouze ty, které jsou předmětem jejich zájmu.

Náplní tematických map v zemědělství bývá nejčastěji rozlišení vegetace – tj. jednotlivých kultur a osevních ploch komplexně nebo v jednotlivých fenologicky významných obdobích. Dalším velmi často kartograficky vyjadřovaným znakem je klasifikace půdy, jejich vlhkost a teplota. Kombinují se různé druhy snímků, z různých časových údobí a způsoby zpracování. Vzhledem k velkému množství dat se využívá možností digitalizace snímků a jejich zpracování počítačem. Nové postupy umožnily využití při sledování škod na zemědělských kulturách; studium, plánování a vyhodnocení rekultivačních a melioračních zásahů; při sledování a studiu eroze půdy a při předpovědích a hodnocení úrody zemědělských plodin. (Hojovec, et al. 1987)

V ČR je několik státních a soukromých subjektů, které poskytují letecké snímky a ortofotomapy z celého území státu, nebo jsou schopné dodat aktuální ortofotomapu pro dané území. Ze státních institucí je to Zeměměřický úřad, který je používá pro aktualizaci ZABAGED a SM5, dále Mze – zemědělské agentury, které ortofotomapy používají pro vytvoření a aktualizaci iLPIS (Land Parcel Identification System). (Vlasák, Bartošková 2007)

### **2.5.2.2. Laserové skenovací systémy**

Skenovacích systémů existuje v současnosti celá řada. Liší se fyzikálními principy, které byly použity pro jejich sestavení jako například využití laseru, optických dálkoměrů či fotogrammetrických postupů, svými technickými parametry, svým účelem a místem nasazení. Skenovací systémy mohou být umístěny na družicích, v letadlech nebo na zemi. Skenery, jejichž stanoviště je na zemi, tzv. terestrické, lze dále rozlišit

podle jejich zorného pole na panoramatické nebo kamerové. (Křemen K., Křemen T. 2004)

System laserového snímání je založen na principu analýzy svazku laserových paprsků, který je vyslán z nosiče, nacházejícím se v určité vzdálenosti od snímaného objektu. Paprsek dopadne na objekt a odráží se v podobě echa zpět k senzoru, přičemž je změřena vzdálenost, kterou urazil. Paprsek se odráží od každé plošky objektu, čímž se vytváří posloupnost ech od nejvyšších (senzoru nejbližších) odrazových ploch po nejnižší. V zásadě platí, že čím větší frekvenci impulsů laser vysílá, tím přesnější informaci pořizuje, neboť je získáváno více údajů na jednotku plochy. (Kolejka, Tejkal 2002)

Analýzou zaznamenaného vráceného paprsku je pak vyhodnocován vlastní objekt a vzdálenost čidla od něj, a pokud je toto měření doprovázeno sběrem optických dat ve viditelném, případně dalších pásmech, je výsledný efekt ještě umocněn. (Klimánek 2006)

Laserové snímání klade vysoké nároky na zpracovatelské možnosti disponibilní techniky, neboť pořízených dat je při vysoké podrobnosti snímače značné množství. Vhodně se lze s tímto problémem vypořádat filtrací (gridováním), přičemž platí, že 1 hodina snímání je rovna 1 dnu nepřetržitého zpracování na výkonných pracovních stanicích. (Kolejka, Tejkal 2002)

Vlastní vizualizace do podoby digitálního modelu terénu představuje v podstatě zobrazení echa záznamu. (Klimánek 2006)

### **2.5.3. Rastrová a vektorová digitalizace stávajících mapových podkladů**

Mapy je možné rozdělit podle jejich formy na grafické (analogové) a digitální (vektorové a rastrové). Většina mapových podkladů je stále k dispozici pouze v grafické formě a jedním z prvních kroků zpracovatele pozemkových úprav je jejich převedení do digitální formy. Nejprve se převádějí do rastru a potom zpravidla i do vektorového formátu. U digitální formy mapy se údaj o měřítku mění pouze na jednu z informací o původu mapy a její přesnosti. Převodem grafické mapy do digitální formy nelze její přesnost zlepšit, ta zůstává stejná. Nevhodným postupem naopak lze původní přesnost zhoršit. U digitálního podkladu se uvádí vztahné měřítko, které ovlivňuje velikost textů a mapových značek na tiskových výstupech. (Vlasák, Bartošková 2007)



Lidské oko snadno rozpoznává na mapě prostorové vlastnosti objektu – polohu, půdorysný tvar, vztah k jiným objektům i jejich vlastnosti. Pro počítačovou reprezentaci však musejí být všechny tyto skutečnosti určitým způsobem zakódovány a uloženy do datových souborů. V zásadě existují dva základní způsoby reprezentace prostorových dat, nazývané formáty:

- vektorová (implicitní),
- rastrová (explicitní).

(Voženílek 2000)

Ve vektorovém modelu je výchozím geometrickým parametrem bod, resp. úsečka spojující dva sousední body, u rastrového modelu je základní kódovací jednotkou buňka v gridu, čili pravidelném polygonu. V rastrovém modelu je jednotkou pixel. Umístění je vyjádřeno pořadovým číslem sloupce a řádky sítě, ve které se pixel nachází. Ve vektorovém modelu jsou homogenními jednotkami body, čáry a polygony. Je jich méně (desítky tisíc). Jejich pozice je dána konečnými čísly, avšak s velmi malými rozdíly, takže pro praktické užití tvoří téměř spojitý interval souřadnicových hodnot. (Klimešová 2001)

Typickým příkladem vektorových dat je výsledek digitalizace mapového podkladu. Vektorizace (koverze rastr-vektor) je převod rastrových dat na data vektorová. Zatímco opačný převod je možné provést z větší části automaticky, konverze rastr-vektor je složitější. Ve vektorových modelech odpovídají základní logické jednotky v geografickém kontextu liniím na mapě (vrstevnice, řeky, ulice, hranice plocha apod.). Obraz (model) je vytvořený z linií, které vznikají spojením lomových bodů, přes které linie procházejí. (Voženílek 2000)

Základem vektorizace by měla být vždy kvalitní předloha a výstupem je vektorový soubor, který lze po úpravách úspěšně používat dál ve vektorových produktech se všemi výhodami (snadné transformace a editace, bezztrátová změna velikosti, apod.). (Fořt, Mikšík 2005)

Podkladové mapy se nejdříve skenují, provede se transformace na rohy mapových listů a rastrový obraz se vektorizuje nejčastěji ručním způsobem. (Huml, *et al.* 2001)

Linie tvořící objekt mají definovaný svůj počátek a konec, tedy směr. Pro počátky a konce linií i pro jejich lomové body se zaznamenávají souřadnice  $x$  a  $y$  v daném souřadnicovém systému. Plochy se definují stejným způsobem pomocí hraničních linií. Další atributy nebo popisné informace o daném objektu mohou být

uloženy v samostatných záznamech (databázích) podrobněji charakterizující objekt z hlediska jeho vlastností. (Voženílek 2000)

První grafické databáze řešily jen umístění a vykreslení objektu a ne informaci o objektu samotném. Zakódování popisných parametrů se obvykle provádí pomocí kódovací tabulky. Společné identifikační označení udává, ke kterému geometrickému parametru určitý vztahový nebo popisný parametr patří. Identifikátory jsou obvykle číselné, ale mohou být i alfanumerické. Typickými příklady identifikačního označení jsou i některé parametry, jako je třeba číslo domu nebo adresa. (Klimešová 2001)

Výhodou vektorových systému je efektivní ukládání a správa mapových dat, protože ukládají pouze údaje o hranicích a attributech objektů a nikoli to, co je okolo těchto hranic. Umožňují provádět mnoho analytických operací. Protože existuje úzká vazba mezi logikou vektorové reprezentace dat a tradičními postupy tvorby map, umožňuje použití této reprezentace nahradit tradiční tvorbu map (např. Základní mapa ČR na podkladě ZABAGEDu).

Výhody vektorové reprezentace digitálních dat:

1. objektová orientace dat, kdy je umožněno pracovat s jednotlivými objekty jako samostatnými celky,
2. menší náročnost na paměť,
3. dobrá reprezentace jevové struktury dat,
4. kompaktnost struktury,
5. kvalitní grafika, přesné kreslení, znázornění blízké mapám,
6. jednoduché vyhledávání, úpravy a generalizace objektů a jejich atributů,
7. vysoká geometrická přesnost.

Nevýhody vektorové reprezentace digitálních dat:

1. složitější zjišťování odpovědí na polohové dotazy,
2. obtížnější tvorba překryvů vektorových vrstev,
3. komplikovanost datové struktury,
4. drahé výstupy – náročné vektorové periférie,
5. výpočtová náročnost, potřeba speciálního softwaru, kvalitní hardware,
6. problémy při náročných analytických operacích, složitost výpočtů,
7. problémy při tvorbě uživatelských modelů, komplikované využití pro simulaci procesů. (Voženílek 2000)

## 2.6. Digitální model terénu

V souvislosti s rozvojem moderní výpočetní a zobrazovací techniky vznikl nový způsob záznamu a vyjádření výsledků měření zemského povrchu (terénní plochy). Na místo tradičního grafického zobrazení v mapě je možno zaznamenávat, uchovávat a zpracovávat soubor číselných (digitálních) údajů o terénu. Vedle pojmu mapa se objevuje pojem „digitální model terénu“. I v české odborné literatuře se často vyskytuje zkratka DTM (z angl. Digital Terrain Model) a říká se také digitální terénní model. (Maršíková, Maršík 2006)

Digitální modely terénu jsou používány v geoinformatice zhruba od roku 1950. Od té doby se staly nedílnou součástí digitálního zpracování prostorových geografických informací. V aplikacích GIS poskytují příležitosti pro modelování, analyzování a zobrazování úkazů souvisejících s topografií a reliéfem. (Klimánek 2006)

Náročná ruční tvorba vrstevnicového znázornění výškopisu je v posledních letech stále více vytlačována zpracováním prostorových dat v DTM poskytujících výstupy nejen ve formě vrstevnicového obrazu, ale rovněž ve formě prostorových pohledů na danou oblast pod obecně voleným azimutem a zenitovým úhlem pozorovacího paprsku. Přidružením vhodných metod stínování, pravidelných řezů terénem nebo barevnou hypsometrií můžeme získat velice věrohodný model krajiny asi tak, jako bychom se dívali z letadla při různé výšce letu a proměnlivých podmínkách osvětlení. (Huml, *et al.* 2001)

Obvykle se definuje digitální model terénu jako množina měřených bodů terénní plochy a dále soubor pravidel uložených v paměťovém médiu počítače. Údaje o měřených bodech, zvaných uzlové body, obsahují obvykle rovinné souřadnice  $x$ ,  $y$ , a nadmořské výšky těchto bodů a dále jejich charakteristické znaky (vyjádřené číselným kódem). (Maršíková, Maršík 2006)

Výchozím zdrojem dat pro tvorbu DTM mohou být geodeticky přímo měřené prostorové souřadnice, nebo souřadnice získané digitalizací mapy obsahující výškopis a nebo souřadnice, které jsou výsledkem fotogrammetrického vyhodnocení stereoskopických modelů. (Huml, *et al.* 2001)

Soubor pravidel obsahuje obvykle pokyny jak aproximovat na základě uzlových bodů pro daný účel terénní plochu nějakou geometrickou plochou a jak řešit různé

topografické a technické úlohy na aproximované (geometrické) ploše. (Maršíková, Maršík 2006)

Digitální model terénu (DTM) popisuje zemský povrch ve smyslu „holého povrchu“ bez lidských projevů, jakými jsou stavby nebo mosty, a bez veškeré vegetace. Digitální model povrchu (DSM – digital surface model) je chápán jako výsledek prvního průsečíku promítacího paprsku. DSM tudíž zahrnuje stejně tak body budov, jako vegetaci nebo zemský povrch. Můžeme se rovněž setkat s pojmem DEM (digital elevation model, česky volně přeloženo digitální výškový model), který funguje jako 2,5D model. Sestává z mřížky, která obsahuje ve vrcholech výšky odpovídajících bodů od referenční plochy, bez jakéhokoliv omezení podstaty objektu. (Fišer, Vondrák 2006)

### **2.6.1. Matematický popis terénní plochy**

Terénní plocha je velmi nepravidelná. Vykazuje místa, kde je průběh hladký, jinde zas vidíme linie, které prozrazují, že je tam hladkost narušena a dokonce se setkáváme s terénními stupni, které jsou sice většinou umělé, nicméně k terénu patří. Jinou zvláštnost představují údolnice a hřbetnice, kde průběh sice může být hladký, ale výjimečnost těchto linií je rovněž evidentní. Takové jevy se nazývají singularitami a jsou různého druhu. Matematicky je možné je charakterizovat jako nespojitost derivace, či nespojitost funkce. Úspěšný způsob, jak se singularit zbavit, je rozdělit plochu na menší části a hranice dělení vést po singularitách. Dostaneme tak množinu elementárních plošek prostých singularit a jestliže budeme umět jejich geometrii definovat, je problém popisu složité terénní plochy vyřešen. Předpokládejme, že takové dělení již bylo provedeno. Pak pro matematický popis terénní plochy, jakož i jiných útvarů, které na terénu spočívají, dostáváme množinu hladkých ploch, které se vzájemně stýkají ve vrcholech a na hranách. (Urban 1991)

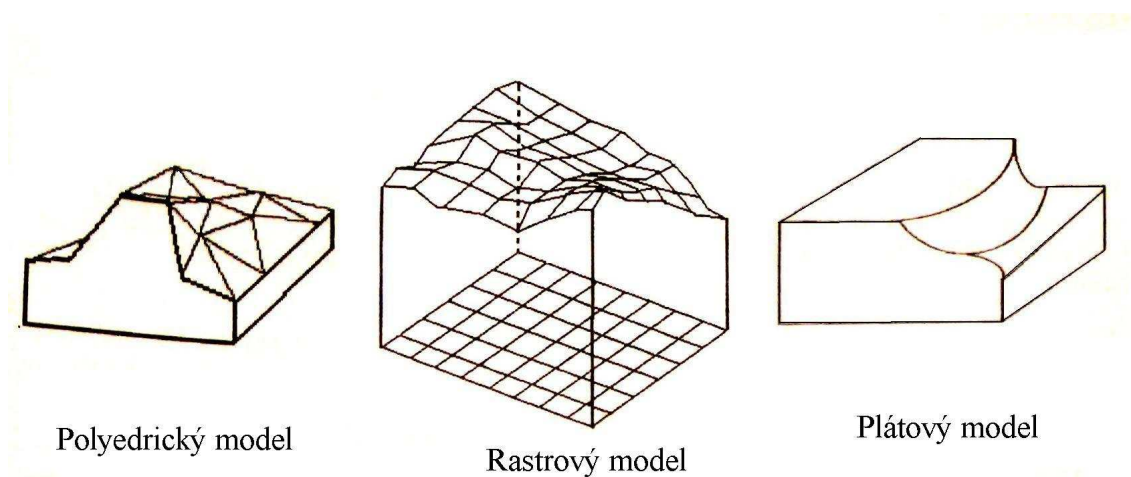
### **2.6.2. Typy terénních modelů**

Používá se několik typů terénních modelů. Jejich společným rysem je rozdělení terénní plochy na elementární plošky. Neuvažují se tedy takové modely, kde je terén reprezentován např. vrstevnicemi v digitální podobě nebo jinými charakteristickými čarami. (viz. Obrázek 4)

- Polyedrický model – Elementárními ploškami jsou v tomto případě nepravidelné rovinné trojúhelníky. Ty k sobě přiléhají a tvoří tak

nepravidelný mnohostěn, který se přimyká k terénu. Vrcholy mnohostěnu jsou body na terénní ploše souřadnicově určené příslušnými geodetickými metodami.

- Rastrový model – Model je dán množinou elementárních plošek nad oky pravidelného rastru. Jedná se vlastně o zborcené čtyřúhelníky, případně je možné uvažovat i jiné, složitější plochy. Vrcholy, či spíše uzly pravidelné sítě, obvykle nebývají přímo měřené, ale jsou odvozené určitým výpočetním postupem. Pravidelné uspořádání dat v matici představuje oproti polyedrickému modelu značné výhody. Je však zřejmé, že hranice elementárních plošek nemohou sledovat průběh singularit, což může být na závalu přesnosti, není-li rastr dost hustý.
- Plátový model – Model získáme tak, že povrch rozdělíme na nepravidelné, obecně křivé plošky troj- nebo čtyřúhelníkového tvaru, přičemž hranice dělení se vedou po singularitách. (Fišer, Vondrák 2006)



Obrázek 4, Typy digitálních modelů, Zdroj: Fišer, Vondrák 2006

### 3. Charakteristika daného území

Území bylo zvoleno na základě získaných informací o prováděné rekonstrukci odvodňovacích zařízení. Zobrazení systému odvodnění tvoří právě tématickou složkou tvořené účelové mapy.

#### 3.1. Poloha

Zájmová lokalita se nachází v jižních Čechách, přibližně 4 km severně od Hluboké nad Vltavou, východně od silnice druhé třídy č. 105 (Hluboká nad Vltavou – Týn nad Vltavou). Severní okraj zkoumaného území tvoří Stará Obora – skupina většinou hospodářských budov. Přibližné souřadnice GPS jsou 49°05'25" severně a 14°25'00" východně. Nadmořská výška se pohybuje v rozmezí cca 410 až 430 m n. m. (Bpv). Viz. Obrázek 5.



Obrázek 5, Poloha zkoumané lokality, Zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

Zkoumaná lokalita se nachází v katastrálním území Hluboká nad Vltavou, přičemž ze západu a jihozápadu hraničí s katastrálními územími Olešník a Munice.

Mapování za pomoci geodetických měření bylo prováděno na celkové ploše 23,04 ha. Zkoumané pole se rozkládá na pozemkových parcelách číslo 812/1 o výměře 70.098 m<sup>2</sup>, 812/3 o výměře 23.994 m<sup>2</sup>, 812/4 o výměře 26.909 m<sup>2</sup>, 813 o výměře 4.767 m<sup>2</sup>, 806/1 o výměře 18.432 m<sup>2</sup>, 806/2 o výměře 51.762 m<sup>2</sup>, 807/1 o výměře 38.275 m<sup>2</sup>, 807/5 o výměře 470 m<sup>2</sup>, 807/6 o výměře 431 m<sup>2</sup>.

## 3.2. Geologie

Podle geologické lokalizace oblast náleží do systému Hercynského, provincie Česká vysočina, subprovincie – Česko-moravská soustava, oblast – Středočeská pahorkatina, celek – Tábořská pahorkatina, podcelek – Písecká pahorkatina, okrsek – Ševětínská vrchovina. Západní část již spadá do oblasti – Jihočeské pánve, celku Českobudějovická pánev, podcelku – Blatská pánev, okrsek Zlivská pánev. Horninový podklad tvoří pestrá série moldanubika (svorové ruly, pararuly až migmatity s vložkami vápenců, erlanu, kvarcitu, grafitu a amfibolitu), do západní části území zasahují mezozoické horniny (pískovce, jílovce).

## 3.3. Pedologie

Na daném území se nachází půdy s kódem BPEJ 5.50.01 a 5.47.00. Obě bonitované půdně ekologické jednotky se nachází v klimatickém regionu 5 (mírně teplý, mírně vlhký, suma teplot nad 10°C: 2000-2500, vláhová jistota 4-10, suchá vegetační období 15-30, průměrné roční teploty 7-8 °C, roční úhrn srážek 550-700 mm).

Největší část území zaujímá půda s kódem bonitované půdně ekologické jednotky 5.50.01. Hlavní půdní jednotka 50, tedy hnědá půda oglejená, středně těžká, půdní substrát - žula, rula svor, filit, oputka aj., půdy se sklonem k zamokření. Jedná se o sklonitost 1-3° (rovina s možností plošné vodní eroze) a expozici všesměrnou. Půda je to hluboká, bezskeletovitá. Třída propustnosti 3 - střední, tj. 0,08 – 0,83 mm/min, podorničí s výraznou strukturou nebo tvořené hlínou. Středně propustná svrchní vrstva půdy je uložena na jílovité hlíně se slabě vyvinutou kostkovitou nebo polyedrickou strukturou.

Dále se na území vyskytuje BPEJ č. 5.47.00. Hlavní půdní jednotka 47, tedy oglejená půda, středně těžká, půdní substrát - svahoviny s eolickou příměsí, půdy dočasně zamokřené, až středně skeletovité. Jedná se o sklonitost 1-3° (rovina s možností plošné vodní eroze) a expozici všesměrnou. Půda je to bezskeletovitá až slabě

skeletovitá, středně hluboká. Třída propustnosti 4 - nízká, tj. 0,025 – 0,08 mm/min, pod svrchní propustnější vrstvou se vyskytuje kompaktní jíl nebo jílovitá hlína

### **3.4. Ekologie**

Přímo na zkoumaném území se žádné biokoridory ani biocentra většího významu nenachází. Východně leží nadregionální biocentrum Hlubocká obora a severně se nachází nadregionální biokoridor Štěchovice-Hlubocká obora. Dle fyto geografického členění leží oblast v obvodu Českomoravského mezofitika, v okrsku Písecko-hlubockého hřebenu a na západě těsně sousedí s Budějovickou pánví, hranici tvoří silnice č. 105. Chráněné území se zde nenachází. Potenciální přirozená vegetace - Biková a/nebo jedlová doubrava (*Luzulo albidae-Quercetum petraeae, Abieti-Quercetum*).



## **4. Cíle a metodika**

### **4.1. Požadavky na metodu sběru dat**

Konkrétní požadavky na metodu sběru dat byly stanoveny s ohledem na jejich účel, tedy pro potřeby sběru dat pro pozemkové úpravy a jejich dílčí analýzy a práce související s funkční a prostorovou optimalizací pozemků. Cílem této práce nejsou exaktní rozbor přesnosti konkrétních metod, v případě hodnocení přesností jde spíše o porovnání na základě stanovení řádové přesnosti a kvality určovaných bodů na základě výsledků jejich praktického využití.

#### **4.1.1. Polohová přesnost**

Vzhledem k tomu, že část výsledků měření bude sloužit jako podklad pro obnovu katastrálního operátu, musí být dodržen minimálně kód kvality 3, tedy střední polohová chyba menší nebo rovna 0,14 m. Kód kvality pro účely katastru stanoví příloha č. 13 (Charakteristiky a kritéria přesnosti podrobného měření a souřadnic podrobných bodů) vyhlášky č. 26/2007 (kterou se provádí zákon č. 265/1992 Sb., o zápisech vlastnických a jiných věcných práv k nemovitostem, ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 344/1992 Sb., o katastru nemovitostí České republiky, ve znění pozdějších předpisů).

#### **4.1.2. Výšková přesnost**

Do deklarovaného účelu tvorby digitálního modelu terénu, tedy modelu pro potřeby pozemkových úprav, může spadat například i příprava podkladů pro realizaci společných zařízení a revitalizací toků. Tyto záležitosti však vyžadují velmi přesná data, která lze získat nivelací již na přesně stanovené lokalitě. Neznamená to však, že digitální model terénu většího území je pro potřeby například realizace cestní sítě, odvodnění, revitalizací atd. nepoužitelný. Právě naopak, DTM lze účelně využít jako podklad pro celkový přehled o výškových poměrech v území a vyhledání lokalit, na nichž je právě aplikace těchto opatření potřebná. Pro ostatní účely, tedy např. eroze, odtok, svahová dostupnost techniky, atd., se jeví jako vyhovující přesnost stanovení výšek na 0,2 m.

### **4.1.3. Čas pro získání souřadnic podrobného bodu**

Vzhledem k rozdílnosti postupů sběru dat nelze přesně stanovit dobu k určení souřadnic jednoho bodu či k získání kompletního souboru dat. Hodnocení časové náročnosti bude tudíž prováděno na základě obecných předpokladů a zkušeností. Není nutné stanovovat přesné časy jednotlivých úkonů, protože většina metod je ovlivňována konkrétními specifickými podmínkami jednotlivých zakázek, jde spíše o orientační dobu trvání jednotlivých úkonů.

### **4.1.4. Obtížnost získání dat**

Obtížnost získání dat není exaktně definovatelná veličina. Jedná se o hodnocení, jak je obtížné pro člověka s klasickým geodetickým vzdělání bez zvláštních kontaktů a možností získat za pomoci konkrétní metody výsledek, to znamená souřadnice a případně atributy jednotlivých podrobných bodů.

### **4.1.5. Atributová data**

Posledním porovnávaným hlediskem jsou možnosti získávání a přiřazování atributů – to znamená dat, která nejsou pro tvorbu „holého“ DTM nezbytně nutná, ale dodávají jim významy a parametry, a tím pádem i možnosti analýz a interpretací celého modelu, zejména při použití v geografických informačních systémech.

## **4.2. Tvorba účelové mapy a digitálního modelu terénu**

Cílem této části je vytvoření účelové mapy odvodnění pro potřeby pozemkových úprav a dále tvorba digitálního modelu terénu. Jedná se o popis postupu prací spojených s přípravnou fází, mapováním, výpočty, kresbou mapy a tvorbou digitálního modelu terénu včetně zkušeností z prováděných prací.

### **4.3. Zhodnocení digitálního modelu terénu a jeho možností v PÚ**

Model území je názorným prostředkem k zobrazení zemského povrchu. Samostatná polohopisná nebo naopak výškopisná složka nedokáže uživateli mapy přiblížit dostatečně věrně skutečný stav. Již v minulosti docházelo k pokusům tento nedostatek vyřešit. Proto vznikly mapy kombinující polohopis s výškopisem ve formě šraf, vrstevnic atd. Odhlédneme-li od ručně vyráběných a pracných modelů na úrovni uměleckých děl, nebylo v minulosti možné názorné a přitom funkční zobrazení terénu zrealizovat. Vhodným nástrojem se v posledních několika desítkách let stala digitální výpočetní technika.

Digitální model terénu nabízí velké množství možností, jejichž využití nejen v oblasti komplexních pozemkových úprav stále není zcela zmapováno a především plnohodnotně využíváno. Cílem práce je zhodnotit možnosti využití digitálního modelu terénu v oboru pozemkových úprav. Dále je cílem posoudit, zda zvýšené nároky a vícepráce spojené s tvorbou DTM mají význam v porovnání se získanými daty a dosaženými výsledky.

## 5. Výsledky

### 5.1. Vyhodnocení metod sběru dat

Sběr dat, tedy zjišťování souřadnic a případně dalších atributů, přichází na řadu po rekognoskaci terénu a dalších přípravných a organizačních pracích. Velmi důležitá je optimální příprava a volba způsobu, jakým bude získávání dat prováděno.

Získávání dat, ať už v terénu či v kanceláři, je ve většině případů časově nejnáročnější a tedy i nejnákladnější operací v tvorbě mapy. Proto je potřeba klást důraz na výběr správné metody nebo metod sběru dat.

Správné zvolení technologie sběru dat závisí na konkrétním úkolu, který má být s její pomocí řešen. Záleží na tom, jak velká lokalita má být zmapována, jaká je členitost a přístupnost území, jaký je pokryv oblasti, dále záleží na požadované přesnosti získaných dat a také například na době, za kterou je možné data získat. Specifika jednotlivých zakázek mohou vyvolávat potřebu zohlednění dalších vlastností vybíraných metod.

Výběr metody by měl vycházet také z dobré znalosti vlastností a možností jednotlivých technologií pro sběr dat, jejich silných a slabých stránek. Důležitá je také znalost situace v rámci jedné technologie. Pro každý systém sběru dat totiž existuje několik dodavatelů, kteří většinou navíc nabízejí několik možností a typů svých produktů, tyto se někdy i velmi výrazně liší svými parametry i cenou.

Špatně zvolená technologie může výrazně prodloužit dobu, po kterou budou data získávána. Dalším důsledkem může být nižší kvalita získaných dat, v extrémních případech může dojít až k totální nepoužitelnosti dat, která nebudou splňovat podmínky pro zadaný účel. Každopádně každý z těchto důsledků nesprávné volby technologie sběru dat má za následek prodloužení doby získávání dat a v případě včasného neodhalení nevhodnosti dat může být tato doba prodloužena navíc o čas, který zabere zbytečného zpracovávání a řešení problémů spojených s nekvalitními daty.

Samozřejmě jakékoliv prodloužení doby sběru dat, které není nezbytně nutné, vede ke zvýšení finančních nákladů. Těmi mohou být například mzdové náklady, náklady na provoz zařízení, náklady na pohonné hmoty v případě opakovaných výjezdů a řada dalších zbytečných výdajů. V extrémním případě může dojít až ke zjištění, že investice do nákladného zařízení je zbytečná, zařízení je vzhledem k účelu nevhodné.

V dnešní společnosti jsou náklady důkladně sledovány a finanční hledisko je i v tomto případě jedním z hlavních ukazatelů správnosti zvolené metody.

Pro potřeby zmapování daného území, ale i území přibližně o velikosti jednoho katastru, včetně výškopisu, se nabízí několik technologií. Tyto technologie lze vzájemně kombinovat, což je velmi účelné, neboť nevýhodu jednoho systému vykompenzuje svými přednostmi systém jiný.

### **5.1.1. Elektronické tachymetry**

V současnosti se stále ještě jedná o nejčastěji používanou metodu sběru dat v terénu, i když rychlý rozvoj GPS-aparatur v posledních letech začíná tuto pozici ohrožovat.

Elektronické tachymetry vychází z klasických tachymetrů, tedy přístrojů pro „rychlé měření“ – mapování, tedy určování úhlů a délek. Tachymetry slouží k současnému měření polohopisu i výškopisu. Poloha je stanovena polární metodou, výška trigonometricky. Klasický nitkový tachymetr byl vybaven svislým kruhem a nitkovými ryskami pro odečítání délek. Elektronika nejprve převzala funkci měření délek, v 70. letech se na trhu začaly objevovat již plně elektronické tachymetry. Elektronické nebo též digitální, kompaktní, číslicové tachymetry bývají nejčastěji nazývány totálními stanicemi.

Přístroj se na stanovisku usadí na stativ, provede se horizontace a centrace. Aby mohly být určovány i výšky podrobných bodů, musí být změřena výška stroje na stanovisku. Po nastavení všech potřebných dat v totální stanici může začít klasické měření, kdy jsou do paměti přístroje zaznamenávány změřené úhly a délky. Pro určení délek se používá odrazný hranol na výtyčce o známé aktuální relativní výšce. Může být použito i měření laserovým dálkoměrem bez odrazného hranolu, které má nižší dosah, než měření na odrazný hranol, i když v současnosti se výrobci dostávají na hodnoty pro běžnou činnost dostačující. Např. Leica udává u nejnovějšího dálkoměru PinPoint 300 maximální dosah 700 m, Trimble 600 m a Topcon u svých nových modelů uvádí dokonce až 2000 m, samozřejmě vše v ideálních podmínkách. Základním nedostatkem měření bez odrazného hranolu je neznámá výška cíle, lze jej tedy použít pro tvorbu digitálního modelu terénu jen omezeně. Výška cíle nad terénem je totiž nutná pro výpočet výškopisu.

Pomocí totálních stanic lze získat velmi přesná data o poloze a výšce určovaných bodů.

Polohová přesnost současných totálních stanic, při dodržení standardních měřických postupů, plně dostačuje požadavkům pro určování polohy bodů pro obnovu katastrálního operátu, tedy s kódem kvality 3, tj.  $\leq 0,14$  m. A to jak v režimu měření na odrazný hranol, tak i při bezhranolovém měření. Viz tabulka parametrů (tabulka 2) základních totálních stanic vybraných výrobců.

Parametry	Výrobce a typ přístroje		
	Leica TC(R)407	Topcon GTS-105N	Sokkia SET610
Úhlová přesnost	7" (20cc)	5" (15cc)	6" (19cc)
Dosah dálkoměru (na 1 hranol)	3 500 m	2 300 m	1600m
Délková přesnost	2 mm + 2 ppm	2 mm + 2 ppm	3 mm + 2 ppm

**tabulka 2, Parametry vybraných základních modelů totálních stanic, Zdroj: jednotliví výrobci**

Výšková přesnost určení bodu za pomoci trigonometrické nivelace tím pádem také vyhovuje stanovenému limitu 0,20 m. Při měření na vzdálenosti vyšší než 200 m je nutné zavádět opravy ze zanedbání skutečného horizontu a z vertikální refrakce.

Časová náročnost přímých terénních měření bývá v zásadě vyšší, než například při digitalizaci stávajících mapových podkladů. U totálních stanic se doba pro získání dat skládá z několika částí:

1) Tvorba bodového pole (polygon, rajony, volná stanoviště) - liší se dle množství stávajících bodů o známých souřadnicích a dle rozsahu a členitosti území. Řádově v hodinách.

2) Ustavení totální stanice na stanovišti, proměření bodového pole (ve dvou polohách). Ovlivněno počtem orientací a jejich polohou - čas na přesun figuranta, v případě trojpodstavcové metody - doba na přestavbu stativu. Řádově v minutách až desítkách minut.

3) Zaměření podrobných bodů. Záleží na terénu, množství měřených bodů, generalizaci, počtu a zkušenosti figurantů. Vlastní měření trvá cca 5 - 10 sekund, ke kterým musí být připočten čas na přesun a urovnání odrazného hranolu na dalším bodě. Řádově se tedy jedná o desítky sekund na jeden bod.

4) Zpracování měření. Moderní totální stanice umožňují výpočet souřadnic přímo v reálném čase za pomoci v nich integrovaného výpočetního softwaru - v tom případě se provede pouze přenos souřadnic do PC. Pokud jsou zaznamenávány klasicky

úhly a délky, provede se přenos typizovaného zápisníku do PC, kde je následně proveden výpočet pomocí příslušného softwaru - časová náročnost - minuty až desítky minut.

Obtížnost získání dat - jelikož je měření prováděno venku, jsou terénní pracovníci vystaveni povětrnostním vlivům (nízké nebo vysoké teploty, déšť,...), měření v některých případech ani nelze technicky uskutečnit, kvůli např. nízké viditelnosti, hustému dešti a dalším vlivům. Dále je třeba pracovníky a vybavení na místo měření (často i opakovaně) dopravit. Většinou bývá nezbytné vyhotovovat měřický náčrt. Naopak dobře zorganizované samotné měření probíhá bez prostojů.

Sběr atributových dat je také velmi snadný a přesný. Pokud se terénní pracovníci podílejí i na dalším zpracování dat, dochází méně často k chybné interpretaci získaných údajů. Data o vlastnostech měřeného terénu vznikají jako vedlejší produkt měření. Pracovníci si velké množství údajů pamatují nebo zaznamenávají do polního náčrtu. Další pomůckou, kterou nabízí většina totálních stanic, je možnost přiřazení tzv. kódu, tedy popisky, ke každému změřenému bodu. Je tedy zřetelné, že například bod č. 1 byl na hranici lesa.

### **5.1.2. GPS**

GPS je vojenský navigační družicový systém provozovaný Ministerstvem obrany Spojených států amerických. Oficiální původní název systému je NAVSTAR GPS. Ve skutečnosti existuje několik globálních navigačních satelitních systémů (Glonass, Galileo, DORIS, Beidou,...). Bezesporu největší význam pro, nejen geodetickou, praxi však má právě NAVSTAR GPS. Proto vznikl pojem GNSS (Globální navigační satelitní systém), aby nebyl americký systém GPS zaměňován s ostatními navigačními systémy.

Vývoj NAVSTAR GPS byl zahájen v roce 1973 a po postupném rozšiřování se stal plně funkčním a dostupným po celém světě 17. ledna 1994, kdy byla na orbitu umístěna kompletní sestava 24 družic. 1. května 2000 byla odstraněna úmyslně vkládaná chyba - tzv. SA (Selective Availability), která snižovala přesnost a měla tím zabránit zneužití GPS k útoku na USA nebo jejich jednotky (ty měly k dispozici údaje o poloze bez SA). GPS se od jeho startu pomalu rozšiřovalo i do civilních oborů. Masové rozšíření nastalo po přelomu tisíciletí, ať už ve formě turistických přístrojů a navigací nebo jako geodetické aparatury.



Aparatury GPS, které jsou použitelné při zpracovávání pozemkových úprav lze v zásadě rozdělit na dvě skupiny: ruční a klasické - geodetické. Ruční, mají kompaktní rozměry a dosahují nižších přesností, než geodetické. Nelze je zaměňovat s navigačními přístroji pro turistiku, které nejsou určené pro zápis většího množství dat, nemají funkce potřebné pro profesionální použití a většinou nedosahují ani potřebných přesností. Hlavním těžištěm využití ručních GPS je sběr dat pro mapování středních měřítek a sběr GIS dat, tedy dat jimž většinou dostačuje přesnost udávaná pro tyto GPS přístroje 0,5 až 30 m - dle přístroje a metody.

Klasické geodetické aparatury se skládají ze dvou jednotek – z referenční stanice a tzv. roveru. V současné době odpadá potřeba vlastní referenční stanice. Tato může být nahrazena sítí CZEPOS, což jsou referenční stanice umístěné na budovách katastrálních úřadů (na jihu Čech jsou to Tábor, Prachatice, Dačice, Kaplice), která vysílají informace prostřednictvím datového spojení (GPRS) všem uživatelům, kteří mají službu objednanou a následně za ní platí. Pro potřeby měření pro katastr nemovitostí vyhovuje např. služba RTK (Real Time Kinematics). Pro využití CZEPOSu v reálném čase je potřeba, aby byl rover dvoufrekvenční, tedy aby umožňoval přijímat RTK korekce pro zpřesnění polohy a aby byl vybaven GPRS modemem. Pokud uživatel nevyžaduje zpracování dat v reálném čase, lze pro dosažení přesnosti pro katastrální účely využít i jednofrekvenční aparaturu bez modemu a při tzv. postprocessingu si uživatel stáhne data z CZEPOSu zpětně.

Polohová přesnost ručních GPS se s použitím korekcí pohybuje okolo 0,5 m (Trimble GeoExplorer GeoXT 0,5 m + 1ppm). Což pro potřeby katastru jednoznačně nedostačuje. Polohová přesnost klasických geodetických GPS se dle výrobce a produktu pohybuje v kinematickém módu na úrovni 12 mm + 2 ppm (Magellan ProMark 3) či 10 mm + 1 ppm (Trimble R6). Pro měření v katastru nemovitostí jsou tedy tyto přesnosti naprosto dostačující.

Výšková přesnost GPS se obecně pohybuje v hodnotách dvojnásobku až trojnásobku přesnosti polohové. Zde ruční GIS-GPS s výškovou přesností od 1 m také nevyhovují stanovenému limitu 0,20 m. Navíc při klasickém držení v ruce není jednoznačně určena výška mezi přístrojem a terénem. Klasické geodetické GPS tuto podmínku splňují - Magellan ProMark 3 15 mm + 2 ppm, Trimble R6 20 mm + 1 ppm.

Časová náročnost je v zásadě podobná náročnosti při měření totální stanicí. Odpadá však potřeba budování bodového pole, stačí vyhledat minimálně 3 body se známými souřadnicemi v systému JTSK – pro potřeby Helmertovy transformace

z WGS 84 do S-JTSK. Včetně pozdějšího zaměření daných bodů jde o desítky minut až hodiny. Namísto ustavení totální stanice na stanovisku musí být navázáno spojení s referenční stanicí a vyhledání dostupných družic. Jedná se o časový interval řádově v minutách až desítkách minut. Zaměření podrobných bodů trvá přibližně stejnou dobu, jako u měření totální stanicí. Řádově tedy desítky sekund na jeden bod. Zpracování záleží na tom, jestli byla data z referenční stanice přijímána v reálném čase, pak jde jen o přenesení dat z přístroje do PC, nebo je využíván postprocessing, tehdy je potřeba započít čas na získání a zpracování dat z referenční stanice (CZEPOSu). Jedná se tedy o minuty až desítky minut.

Obtížnost získání dat – opět se jedná o metodu sběru dat přímo v terénu, pracovníci jsou tedy vystaveni povětrnostním vlivům. Dále je třeba pracovníky a vybavení na místo měření (často i opakovaně) dopravit. Většinou bývá vhodné vyhotovovat měřický náčrt (pokud není kresba prováděna přímo v roveru). Dobře zorganizované samotné měření probíhá bez prostojů, výjimkou je čas, kdy nejsou dosažitelné minimálně 4 družice (zejména v době kolem poledne).

Atributová data jsou opět získávána rychle a přesně. Data o vlastnostech měřeného terénu vznikají de facto jako vedlejší produkt měření. Na mnoho parametrů si vzpomenu terénní pracovníci nebo jsou zapsána v náčrtu, ať už v klasickém či elektronickém. U mnohých GPS aparatur je možné přiřazovat kódy a například i tvořit linie a bodové prvky. Na to jsou zvláště zaměřeny právě ruční GIS-GPS.

### **5.1.3. Nepřímé metody (letecká fotogrammetrie a DPZ, laserové skenovací systémy)**

Nepřímé metody získávání dat, tedy bez kontaktu s mapovaným terénem, se dají rozdělit na tři skupiny – letecká fotogrammetrie, dálkový průzkum Země (DPZ) a laserové skenovací systémy (lidary). Pro upřesnění – pod pojmem fotogrammetrie bude dále myšlena letecká fotogrammetrie – pozemní fotogrammetrie se pro účely tvorby digitálního modelu terénu pro pozemkové úpravy vzhledem ke své podstatě nehodí. Rozdíl mezi fotogrammetrií a DPZ je vykládán více způsoby, ale nejčastěji bývá uváděno hledisko účelu a hledisko přesnosti. Z hlediska účelu slouží fotogrammetrie k určování geometrických dat (úhlů, délek, orientací, ...), z DPZ se získávají popisná data (vegetační pokryv, teplota, ...). Druhé hledisko je přesnost. Zde je pro leteckou fotogrammetrii uváděna maximální přesnost v řádech dm, pro DPZ v řádech m až

desítek m. V případě laserového skenování se jedná o odlišnější technologii, která spojuje klasické geodetické metody a nepřímé metody.

Principem fotogrammetrie je tvorba a vyhodnocování fotografických materiálů. Před snímkováním je třeba zrekognoskovat území. Následuje volba metody (jednoduché, přibližné, přesné – kombinovaná, integrovaná, univerzální, stereometoda). Dalším krokem je výběr a signalizace vlčovacích bodů, které budou použity pro transformaci. Poté se vyhotoví projekt snímkového letu (účel snímkování a požadovaná přesnost, charakteristika území, výpočet, vodící mapa, popis, technická zpráva). Při náletu je na speciální fotografický přístroj zaznamenána série obrazů terénu a prvky vnitřní orientace (konstanta komory  $f$ , poloha hlavního bodu  $H$  ( $dx, dy$ ), případně radiální distorze) a vnější orientace (souřadnice vstupní pupily  $X_0, Y_0, Z_0$  a úhly  $\omega, \varphi, \kappa$ ) v době pořízení snímku. Následuje geodetické zaměření vlčovacích bodů (to může být provedeno i při jejich signalizaci) a poté vyhodnocení, které se pro dosažení co nejlepších výsledků provádí na speciálních zařízeních. Samozřejmě je možné použít klasické PC s nadstavbami geodetických softwarů, ale toto řešení nedosahuje tak kvalitních výsledků (jak přesnost tak rychlost) jako přesné analytické přístroje.

Dálkový průzkum Země se zabývá pořizováním a vyhodnocováním nejen fotografických materiálů, bývají získávány záznamy jednotlivých složek elektromagnetického záření (infračervené, UV záření, ...) a nebo záznamy z radarů, skenerů atd. Z těchto obrazů můžeme získat ve viditelném spektru záření jiným způsobem těžko identifikovatelné informace (druhy půd, teplota, vlhkost, vegetační pokryv,...). Pro sběr těchto dat bývají ve většině případů využívány družice, dále mohou být využívána také letadla letící ve vysoké výšce, u nich je však zdrojem chyb jejich pohyb ve všech osách a více se do chyb promítá i vliv atmosféry. Zpracování získaných dat probíhá v několika fázích. První z nich je rektifikace a restaurace obrazu, kdy dochází k opravě geometrického zkreslení, radiometrické transformaci a případně k redukci šumu. Dalším krokem je zvýraznění obrazu za použití roztažení histogramu obrazu, barevného zvýraznění, filtrace a detekce hran. Následuje klasifikace, tedy vytváření klasifikačních pravidel a následné přiřazování jednotlivých hodnot do skupin. Poslední fází zpracování jsou postklasifikační úpravy a spojování dat s jinými obrazovými daty, jejich vzájemná kombinace a finalizace celého projektu.

Laserové skenování je jedna z nejrychleji se rozvíjejících oblastí posledních několika let. Podstata laserového skenování vychází z emitace (vyzařování) laserového záření (infračerveného nebo viditelného) a po odrazu paprsku od zaměřovaného objektu

dojde k jeho zachycení. Vysílač (emitor) vysílá pulsy záření o vysoké frekvenci (až 80 000 Hz). Emitovaný paprsek se odrazí od terénu, přičemž dokáže projít i vegetačním krytem. Odražený paprsek je zachycen a jsou zaznamenány jeho parametry. Na základě těchto parametrů lze velmi přesně určit prostorové souřadnice zaměřeného bodu. Frekvence měření těchto bodů se pohybuje řádově v tisících až milionech za minutu, tímto vzniká takzvané bodové mračno. Laserové skenery mohou být umístěny na letícím objektu – např. helikoptéra, letadlo (letecké skenování), využívá se pro zaměření větších celků. Nebo se mohou nacházet na pevném stanovišti (pozemní skenování), což bývá využíváno zejména v architektuře, archeologii, památkové péči, průmyslu, dokumentaci nehod a v mnoha dalších aplikacích.

Co se týče polohové a výškové přesnosti jsou výsledky jednotlivých metod pro účel tvorby digitálního modelu terénu značně rozdílné. U fotogrammetrických metod může být digitální model terénu jedním ze vstupních podkladů pro vyhodnocení polohopisu a výškopisu. Potřebě DTM se lze vyhnout využitím stereofotogrammetrie. Přesnosti udávané pro dálkový průzkum Země se pohybují v hodnotách několika metrů v poloze i ve výšce. Co se týče letecké fotogrammetrie, tak jsou hodnoty závislé na rozlišení a měřítku ortofotomapy. Čím nižší výška letu a čím vyšší rozlišení snímků tím vyšší přesnost. Požadované hodnoty, tedy 0,14 m v poloze a 0,20 m jsou však při použití běžně nabízených produktů firem zabývajících se tvorbou ortofotomap jen těžko dosažitelné a speciální nálet daného území pro požadovanou přesnost se jeví jako velmi náročné. Naopak laserové skenovací systémy splňují polohové i výškové požadavky s dostatečnou rezervou.

Časová náročnost se vzhledem k zaběhnuté praxi, kdy si uživatel snímky sám nevyhodnocuje, ale objednává si hotové ortofotomapy zájmového území u specializovaných firem disponujících nezbytnou technikou i potřebným know-how, nedá přesně interpretovat. Pokud si uživatel objedná data, která již má firma k dispozici například v rámci svého uceleného snímkování celé republiky, jsou data použitelná v podstatě ihned. V případě, že jsou požadovány specifické parametry snímků, které nemá dodavatel k dispozici je nutné provést nové snímkování se všemi potřebnými kroky, což celý proces značně prodlužuje. V případě ideálních podmínek se doba od zadání po získání finálních dat včetně vyhodnocení pohybuje minimálně na úrovni několika týdnů, samozřejmě záleží na rozloze zkoumaného území. Hlavním problémem jsou však podmínky, za nichž je snímkování uskutečňováno. Snímkování je kvůli minimálnímu zakrytí povrchu korunami stromů nejlepší provádět v období vegetačního

klidu – tzn. brzy na jaře nebo později na podzim. Dalšími omezujícími faktory jsou podmínky pro samotný let letadla a nízká oblačnost, která může terén zakrývat. Proto je nové fotogrammetrické snímkování velmi časově náročné.

Naopak získávání dat z družic je k dispozici takřka v reálném čase, problémem může být jejich dostupnost. Dodavatelé snímků mohou poskytnout i starší data, takže zde není nutné čekat na období vegetačního klidu. Laserové skenování je opět omezeno klimatickými podmínkami pro let nosiče (helikoptéry, letadla), naopak vegetačním krytem dokáže část vyslaných pulsů projít. Pro menší lokality do několika desítek hektarů je možné použít pozemní skenování, ale to je vhodné spíše do intravilánu a pro další účely. Časová náročnost u leteckého laserového skenování se pohybuje v řádu dnů, zejména kvůli samotnému snímkování a nutnosti výpočtů aktuální polohy snímače a měřených bodů.

Vzhledem k tomu, že většina firem dodává již kompletní data podle přání objednavatele je obtížnost získání dat jako taková nízká. Problémem může být nalezení kvalitní a cenově dostupné nabídky. Pokud se jedná o DPZ, nabízí družicové snímky jen několik málo společností – např. Gisat, s. r. o. , navíc u těchto podkladů se nenabízejí takové možnosti v oblasti tvorby dat na přání zákazníka. Laserové skenování nabízí také pouze několik firem a to zejména kvůli pořizovací ceně zařízení, rychlému vývoji této technologie a z toho plynoucího rychlého zastarávání pořízených zařízení.

Sběr atributových dat je komplikovaný faktem, že se jedná o bezkontaktní metody. Pracovníci, kteří provádějí mapování, vyhodnocují pouze obrazy skutečnosti, nejsou s terénem v přímém kontaktu a nemohou získat tolik „vedlejších“ dat jako například stav polních cest, meliorací atd. Naopak dálkový průzkum Země dokáže získat data, která nejsou lidským okem viditelná. Další výhodou je poskytnutí celkového přehledu o zkoumaném území.

#### **5.1.4. Rastrová a vektorová digitalizace stávajících mapových podkladů**

Tato metoda spočívá ve využití již vytvořených mapových podkladů k tvorbě dalších map. Digitalizace stávajících mapových podkladů samotná ve své podstatě jen převádí analogová data do formy digitální. Smysl digitalizaci dává až kombinace jednotlivých složek určité mapy se složkami jiných map případně s jinými podklady nebo výsledky měření. V případě pozemkových úprav je jednoznačně nejvýznamnějším

podkladem katastrální mapa, která se už z principu pozemkových úprav a stavu katastru v ČR ve většině případů vyskytuje v analogové respektive rastrové podobě.

Digitalizace analogových předloh se provádí pomocí kvalitních skenerů. Výstupem ze skenování bývá ve většině případů rastrový datový soubor ve formátu TIFF (Tag Image File Format) – koncovka .tif. Jedná se o nejrozšířenější bezztrátový formát ukládání obrazových dat v technických oborech, narozdíl např. od nejznámějšího formátu JPEG, který je zkomprimovaný a tudíž ztrátový. Po naskenování se pro lepší čitelnost může přikročit k úpravám barevnosti, jasu, kontrastu a dalších charakteristik obrazu. Rastrový obraz je dále potřeba umístit do správné polohy vůči souřadnicovému systému – tzv. lokalizace, to se provede pomocí transformací.

Transformace rastrů a transformace obecně patří k základním úlohám geodetických softwarů. Doposud se používala afinní transformace 1. stupně na rohy mapového listu, ale jeví se jako nevhodná, jelikož se zavádí pouze průměrná srážka mapového listu. V současnosti se přechází na metodu bikubického plátování. Pro transformaci je třeba nalézt pro každý typ transformace dané minimální množství identických bodů – tj. bodů, které jsou jednoznačně identifikovatelné v rastru a zároveň v souřadnicovém systému. Body se známými souřadnicemi získáme například z předchozích měření nebo se může v případě transformování části jednoho ze standardních mapových děl (SMO 5, ZMVM,...) jednat o vygenerované souřadnice rohů mapových listů. Výsledkem je rastrový mapový podklad.

Dalším krokem je vytvoření vektorového mapového podkladu. Ten může být vytvořen pomocí dvou postupů. První způsob je v návaznosti na rastrový podklad, do vrstvy nad rastr se vkládají body a úsečky, jim se přiřazují různé hodnoty, značky, barvy, atd. Druhý postup vychází z nezdigitalizovaného podkladu a prostředkem tohoto postupu je počítačová periferie zvaná tablet nebo též digitizér. Jedná se o polohovací zařízení skládající se z pevné podložky s aktivní plochou a z pohyblivého snímacího zařízení v podobě pera nebo tak zvaného „puku“ (obdoba myši s nitkovým křížem a tlačítky). Perem nebo pukem se zaznamenávají body a linie na předloze a zároveň se zobrazují a ukládají v digitální podobě na PC. Samozřejmě i zde je potřeba označení identických bodů pro transformaci do daného souřadnicového systému. Výsledkem obou zmíněných postupů je vektorová kresba.

Polohová přesnost je závislá na měřítku, přesnosti a kvalitě digitalizovaných map. Přesnost dále snižuje mimo jiné nestálost tiskového materiálu (zejména papíru), stáří konkrétního materiálu, kvalita tisku (šířka čar, atd.), kvalita skeneru, míra

generalizace, zručnost a zkušenosti pracovníka, který digitalizaci provádí a další. Pro katastrální mapy uvádí příloha 13.9 vyhlášky č. 26 / 2007 kódy kvality a přesnosti podrobných bodů získaných digitalizací podle měřítka digitalizovaných katastrálních map (tabulka 3).

<b>Měřítko katastrální mapy</b>	<b>Kód kvality</b>	<b>Střední souřadnicová odchylka</b>
1:1000 a 1:1250	6	menší než 0,21 m
1:2000 a 1:2500	7	0,21 - 0,50 m
1:2880 a jiné neuvedené	8	větší než 0,50 m

**tabulka 3, Polohová přesnost katastrálních map, Zdroj: ČÚZK**

V případě výškové přesnosti je závislá na stejných faktorech jako přesnost polohová, navíc se přidává fakt, že výškopis je u většiny mapových děl pokrývajících celé území ČR pouze doplňkem a není mu tedy přikládána taková významnost. Pro zobrazení výškopisu se nejčastěji využívají vrstevnice s rozestupy 1, 2, 5, 10 m atd. Vrstevnice tedy zobrazují jen výškové změny s rozlišením nad jeden metr. Dále se zejména jako doplněk k vrstevnicím využívá také metody výškových bodů a kót a barevné hypsometrie, dnes již méně používanými metodami jsou: kopečková nebo pahorková manýra a šrafování.

Časová náročnost skenování je závislá na rozloze území a měřítku podkladu, pohybuje se podle požadované kvality na úrovni několika minut na jeden list formátu A3. Transformace je ovlivněna kvalitou transformovaného mapového podkladu a počtem identických bodů. Průměrná doba pro transformaci bez komplikací se udává v řádu desítek minut. Dobu samotné vektorizace rastrového obrazu ovlivňuje zejména počet lomových bodů v mapě a potřeba úprav kresby, tedy umístování linií a objektů do vrstev, výběr různých barev, typů a tlouštěk čar, vkládání popisků, symbolů a tak dále. Rychlost zaznamenání jednoho lomového bodu se pohybuje na úrovni jedné až několika sekund.

Obtížnost získání dat je nízká. Požadovaný mapový podklad lze zakoupit např. v prodejnách map Zeměměřického úřadu v krajských městech nebo v případě katastrálních map získat její analogovou kopii nebo již digitální verzi na katastrálních úřadech a pracovištích v konkrétním požadovaném území. Problémy mohou nastat v případě specifických nebo starších mapových podkladů.

Atributová data jsou získávána pouze přebíráním již zaznamenaných dat. Vzájemná kombinace složek několika mapových podkladů může přinést další informace. Bohužel i za těchto podmínek bývá v mnoha případech množství dat nedostatečné a je nezbytný výjezd do terénu k průzkumu daného území a zaznamenání dalších dat.

### 5.1.5. Výsledek porovnání metod sběru dat

Na základě porovnání byly jednotlivým parametrům pro každou metodu sběru dat přiřazeno hodnocení v rozmezí 1 - 5, přičemž 1 = nejlepší a 5 = nejhorší. Hodnocení byla pro přehlednost a možnost srovnání seřazena do tabulky. Z dosažených hodnocení byl vypočten aritmetický průměr pro každou metodu. Viz. tabulka 4.

Metoda Parametr	Geodetické m.		Nepřímé m.			Digitalizace map	
	El. tach.	GPS	FTGM	DPZ	LSS	Rastrová	Vektorová
Polohová přesnost	1	1	2	4,5	1	3,5	4
Výšková přesnost	1	1	3	5	1	4	4,5
Časová náročnost	4	4	3	2	2	1	2
Obtížnost získání dat	3	3	2	3	2	2	3
Atributová data	1,5	1,5	3	2	3	4	4
Aritmetický průměr	2,1	2,1	2,6	3,3	1,8	2,9	3,5

Pozn.: El. tach. = elektronická tachymetrie.

**tabulka 4, Zhodnocení jednotlivých geodetických metod**

Z porovnání vyplývají jako nejvhodnější pro zmapování terénu pro účely pozemkových úprav letecké laserové skenování (LSS) a geodetické metody tedy elektronická tachymetrie a GPS. Výhodou všech těchto technologií je přesnost, která plně vyhovuje požadavkům pozemkových úprav.

Dalšími výhodami laserového skenování jsou rychlost sběru dat při náletu a obtížnost získávání těchto informací o povrchu, která je důsledkem malého rozšíření této technologie mezi „běžnými uživateli“ a tím pádem pořizováním výsledků pouze specializovanými firmami dodávajícími již hotová data bez potřeby dalších úprav. Naopak nevýhodou je menší množství doplňkových dat, které vypovídají o vlastnostech skenovaných objektů.

U elektronických tachymetrů a geodetických GPS aparatur jsou kromě přesnosti výhodou také široké možnosti při sběru atributových dat a jejich jednoznačné a exaktní



stanovení, narozdíl například od fotogrammetrie, kde jsou v některých případech hodnoty spíše odhadovány. Bohužel negativem je relativní obtížnost sběru dat čili pracnost a zejména jeho časová náročnost.

Ostatní metody samostatně nespĺňují v dostatečné míře požadavky kladené na tvorbu DTM daného mikropovodí. Díky cenným datům, která poskytují, se však mohou stát velmi významnými doplňkovými metodami.

Do zhodnocení vstupuje další významný faktor a to cena. Pokud je i ta nejlepší a nejrychlejší technologie dostupná za výrazně vyšší cenu než ostatní, méně kvalitnější metody, nemá šanci se významněji rozšířit mezi širší spektrum geodetických subjektů. V těchto případech technologii vlastní pouze několik firem, které ji vzhledem ke své specializaci plně využijí a výnosy vygenerované tímto finančně velmi náročným systémem převyší náklady na jeho pořízení. Ovšem existují i firmy, které zařízení a s ním spojené softwarové vybavení zakoupí k účelu pořizování dat na objednávku jiných firem.

Příkladem právě takto finančně náročné technologie jsou právě laserové skenovací systémy. I v České republice se vyskytuje několik málo firem, které nabízejí pořízení obrazů terénu za použití leteckých laserových systémů např. GEODIS BRNO, s. r. o. nebo ARGUS GEO SYSTÉM, s. r. o. Pozemní skenování nabízí i další firmy např. GEFOS, a. s. Naopak cenová náročnost elektronických tachymetrů a GPS aparatur není vysoká, o čemž svědčí masové rozšíření těchto technologií mezi geodetickými subjekty.

Z čistě technologického hlediska se jeví jako nejvhodnější pro použití pro účel tvorby DTM území do velikosti jednoho katastru letecké laserové skenování, které nabízí vysokou přesnost i rychlost. Využití této technologie však brání její nákladnost a s tím související nízká rozšířenost v praxi. Proto byla pro tuto práci zvolena geodetická metoda a to sice elektronická tachymetrie - metoda náročnější, ale méně nákladná, rozšířenější a v praxi dostatečně prověřená.

## 5.2. Postup prací

### 5.2.1. Přípravné práce

Zadané území bylo lokalizováno na portálu [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz) a proběhlo prvotní seznámení se s danou lokalitou z dostupných základních map, turistických map a ortofotomapy. S ohledem na rozsah území, požadavky a dostupné možnosti byla na základě rozboru v předchozí části práce zvolena metoda mapování. To bude prováděno metodou elektronické tachymetrie.

Dále byly v rámci přípravných prací k zmapování terénu pomocí totální stanice získány podklady k danému území. A to sice:

- snímek katastrální mapy v měřítku 1 : 2000 v papírové podobě,
- digitální ortofotomapa s rozlišením pixelu 50 cm,
- snímek mapy BPEJ v měřítku 1 : 2000 v papírové podobě,
- mapa projektu „Rekonstrukce podrobných odvodňovacích zařízení“ od projekční kanceláře AGROMA v papírové podobě,
- údaje o trigonometrických, zhušťovacích a nivelačních bodech ze serveru Českého úřadu zeměměřického a katastrálního – aplikace Databáze bodových polí (<http://dataz.cuzk.cz>).

Pro potřeby prací v terénu – orientace v území, zápisy poznámek, atd. byla vytvořena kopie katastrální mapy a projektu odvodnění. Důvodem okopírování podkladů byla také možnost poškození originálů při terénních pracích. Dále byla z internetové aplikace Českého úřadu zeměměřického a katastrálního – Databáze bodových polí vytištěn výřez přehledové mapy - triangulační list číslo 4001. Po zhodnocení situace na základě přehledové mapy a ortofotomapy, konkrétně výškových poměrů v terénu a jeho pokryv, tedy faktorů nejvíce omezujících přímou viditelnost, byly vytištěny geodetické údaje těchto bodů (všechny triangulační list č. 4001):

- trigonometrický bod č. 6,
- zhušťovací bod č. 231,
- zhušťovací bod č. 232,
- nivelační bod č. Mg3-11,
- nivelační bod č. Mg3-12,

- nivelační bod č. Mg3-13.1,
- nivelační bod č. Mg3-14.1,
- nivelační bod č. Mg3-15,
- nivelační bod č. Mg3-15a,
- nivelační bod č. Mg3-16.1.

Před samotným měřením bylo od firmy SETERM CB, a. s. zapůjčeno vybavení potřebné k mapování - totální stanice Leica TCR 705, stativ dřevěný, 2x výtyčka Nedo 3 m laminátová, 2x odrazný hranol s cílovým terčem, 3x vysílačky PMR Motorola, svinovací ocelový metr 3 m, stabilizační materiál (kovové roxory, dřevěné kolíky), značkovací barva žlutá ve spreji, kladivo.

### Parametry totální stanice Leica TCR 705

<b>úhlová přesnost</b>	5" (1,5 mgon), zobrazení úhlů po 1" (0.5mgon)
<b>dosah dálkoměru</b>	3000 m na 1 odrazný hranol
<b>přesnost (DIN 18723)</b>	+/- 2mm + 2ppm
<b>zvětšení dalekohledu</b>	30 x
<b>doba měření</b>	standardní 1 s, tracking 0.3 s
<b>měření s viditelným laserem</b>	
<b>dosah laserového dálkoměru</b>	bez hranolu 170 m s 1 hranolem 7 500 m
<b>přesnost</b>	+/- 3 mm + 2 ppm
<b>pointer</b>	velikost stopy 12 mm na 50 m (elipsa)
<b>ostatní parametry</b>	
<b>paměť</b>	8000 bodů
<b>displej</b>	LCD, 8 řádků po 24 znacích
<b>hmotnost</b>	4.5 kg
<b>rozměry</b>	150mm x 207mm x 360mm

tabulka 5, Parametry totální stanice Leica TCR 705, Zdroj: Leica Geosystems

Měření probíhalo ve dnech 15. 9. 2007 a 22. 9. 2007. Po příjezdu do dané lokality proběhlo zhodnocení podmínek měření jako vyhovujících - 15. 9. 2007 zataženo, maximální denní teplota 20°C, dne 22. 9. 2007 oblačno, maximální denní teplota 22°C. Byla provedena terénní pochůzka a průzkum lokality.

Dalším krokem bylo vyhledání dostupných trigonometrických, zhušťovacích a nivelačních bodů na základě podkladů z internetové aplikace Českého úřadu zeměměřického a katastrálního – Databáze bodových polí. U trigonometrického bodu č.

6 v lokalitě na jihovýchodním okraji rybníka Šnekl byla nalezena ochranná tyč pohozená v meliorační šachtě. Bod samotný byl následně dohledán podle oměrných kót uvedených v náčrtku. Zhušťovací body 231 a 232 byly nalezeny bez problémů a nejevily znaky poškození, přesto byla provedena kontrola polohy na základě oměrných kót. Po zhodnocení polohy bodů a faktu, že jejich výška byla určena technickou nivelací, bylo shledáno, že počet, poloha i kvalita dostačují danému účelu a k vyhledávání dalších bodů již nebylo přikročeno.

Následovalo vytvoření bodového pole a jeho stabilizace. Na dvou lokalitách na okraji zkoumaného pozemku s rozhledem na celé zájmové území byly zatlučeny dřevěné kolíky a jejich umístění označeno značkovací barvou. Poté proběhlo zaměření melioračních šachet – viz další část. Po příjezdu na stanoviště dne 22. 9. 2007 bylo zjištěno, že následkem přejezdů techniky po pozemku byly stabilizace bodů zlikvidovány. Proto bylo přikročeno ke stabilizaci dvou nových bodů v méně dostupných lokalitách. Stabilizace byla tentokrát provedena kovovými roxory o průměru cca 1 cm a délce cca 50 cm, opatřenými dvěma kolíky plnicími ochrannou a signalizační funkcí. Z těchto stanovisek bylo provedeno zaměření ostatních podrobných bodů, tedy bodů pro tvorbu DTM a účelové mapy.

### **5.2.2. Zaměření polohopisu a výškopisu**

Pracovní skupinu tvořil 1 měřič a dva figuranti. Měření včetně části přípravných prací v terénu probíhalo 15. 9. 2007 v odpoledních hodinách a 22. 9. 2007 od ranních hodin do pozdního odpoledne.

Na jednotlivých stanoviscích byla totální stanice zhorizontována a zcentrována na stativu a proběhlo zadání dat o stanovisku a měřených bodech bodového pole. Měření probíhalo střídavě na dvě výtyčky s odraznými hranoly. Bylo využito standardního režimu měření na odrazný hranol. Na několika lomových bodech budov byl použit i režim bezhranolového měření pomocí laserového dálkoměru, takto změřené body však nebyly použity k tvorbě digitálního modelu terénu, ale pro potřeby transformace.

Jednotlivé podrobné body byly voleny na místech určujících strukturu polohopisu – víka melioračních šachet, lomové body plotů, rozhraní kultur, atd. V případě bodů určujících výškové poměry území bylo voleno jejich umístění na terénních hranách a na místech změny sklonu. V případě rozsáhlejších ploch bez

viditelných změn svažitosti byly na těchto plochách zaměřovány body ve zhruba čtvercové síti v rozestupu přibližně 50 m dle úvahy figuranta.

K zaznamenávaným údajům o úhlech a vzdálenostech u měřených bodů byl v totální stanici za pomoci funkce rychlého kódování připojován popisný kód charakterizující právě měřený objekt. Rychlé kódování funguje na principu číselných kombinací. Na numerické klávesnici je stisknut několikamístný (v případě přístroje Leica 705 dvoumístný) číselný kód, který odkazuje na záznam v uživatelem nadefinované databázi – např. po stisku 01 se za geodetická data přiřadí kód „budova“. Zaznamenané kódy umožňují jednoduchou identifikaci bodu například při kresbě.

Zaměření výškopisu pomocí totální stanice je oproti polohopisnému měření specifické v několika aspektech. Tím prvním je zaznamenání výšky totální stanice nad stabilizovaným bodem do její paměti, případně do zápisníku. Výjimkou může být nestabilizované volné stanovisko. Vzhledem k uvažovanému využití stanovisek k dalším měřením byla tato stabilizována a jejich výška určena, aby v případě opakovaného měření či vytyčování nemuselo být opakováno připojení výšek ze známých bodů.

Dalším specifikem měření výškopisu je potřeba zaznamenávání přesné výšky zaměřovaného cíle (hranolu) nad objektem. Toto se zajistí nastavením konstantní známé výšky na výtyčkách, pokud možno v minimální poloze (běžně 130 cm), aby byla omezena odchylka způsobená vyhnutím výtyčky mimo svislici. Změna výšky výtyčky je pak v případě potřeby nahlášena figurantem měřiči a ten pak novou hodnotu nastaví do totální stanice. S tím souvisí i nutnost instruktáže figuranta v otázce výškového měření a útvarů charakterizujících výškopisnou strukturu území.

Měření výšek také výrazně omezuje možnosti použití laserového dálkoměru, protože ve většině případů není známa přesná výška cíle záměry nad terénem, ten bývá obvykle zakryt vegetací, tudíž není možné přímé zaměření terénu. V určitých případech je možné zaměřit například holé betonové obrubníky atd., ovšem to zvyšuje pravděpodobnost nepřesné nebo dokonce chybné identifikace cíle a tedy zaměření nesprávného bodu.

Při záměrách na vzdálenosti vyšší než 200 m též vznikají zanedbatelné odchylky měření, proto je nezbytné zavádět opravy ze zanedbání skutečného horizontu a z vertikální refrakce.

Zvýšení časové náročnosti při zaměření také výškopisné složky oproti pouhému zaměření polohopisu je z celkového pohledu zanedbatelné. V podstatě se jedná o

změření výšky stroje nad stanoviskem a hlášení změn výšek cíle v průběhu měření. Co se týče celého mapování, tak jeho dobu významně prodlužuje zaměření výškopisu u rozsáhlých ploch, kde se polohopis vyskytuje jen minimálně – typickým příkladem jsou rozlehlá pole a louky. Situaci může zkomplikovat nedostatečná přesnost určení výšek u bodů polohové sítě, vzhledem k hustotě sítě nivelačních bodů se však připojení na body s požadovanou přesností nejeví jako zásadní komplikace.

### 5.2.3. Výpočty

Data byla z totální stanice přenesena pomocí datového kabelu a softwaru Leica Geofice Tools. Zvoleným formátem pro export z formátu GSI používaného firmou Leica byl formát MAPA2 identifikovatelný souborem s koncovkou „.zap“. Tento již starší formát je velmi přehledný, protože se nejvíce podobá klasickému ručnímu zápisníku ve formuláři. Další výhodou je podpora většiny softwarů a jeho úspornost. Nevýhodou je jeho striktně daná skladba a syntaxe, což může v případě manuálních oprav komplikovat následný automatizovaný výpočet. Ukázka formátu MAPA2:

```
9940012310 1178.654 1.700 205.1912 99.2615 *PBP
      51  38.449 1.500 379.5639 98.2646 *LES
      52  34.322 1.500 372.7178 97.7576 *PLOT_KOV
      53  44.116 1.500 364.9664 97.9271 *MEZNIK
```

Výpočty souřadnic bodů byly provedeny v univerzálním geodetickém programu pro výpočty i tvorbu map VKM verze 3.1.0.41 respektive v jeho výpočetním modulu G-NET/mini, dodaném firmou Ing. Svatopluk Sedláček – geodetický software. Tento program byl pro výpočty zvolen na základě předešlé praxe s ním a znalosti jeho ovládacích prvků a postupů, rozhodujícím faktorem bylo také časově nenáročné automatické provedení výpočtů. Samozřejmě pro kresbu dále využívaný software Kokeš by byl pro danou úlohu také vhodný.

V programu VKM byl vytvořen nový soubor, do kterého byly vloženy celé názvy, souřadnice a výšky bodů ZBP, konkrétně trigonometrického bodu 6 a zhušřovací bodů 231 a 232, triangulační list 4001. Poté byly v textovém editoru provedeny lehké úpravy v zápisníku sloužící ke korektnímu zpracování syntaxe. Upravený zápisník byl následně načten do modulu G-NET/mini v programu VKM. Následovalo spuštění automatického procesu, který provedl polární výpočty

polygonového pořadu a trigonometrické nivelace samozřejmě se započtením redukcí. Systém vyhodnotil dosažená měření jako vyhovující. Po překontrolování dosažené přesnosti, dosažených a mezních odchylek v protokolu o výpočtu byl uložen seznam souřadnic stanovisek do textového souboru.

Následoval automatický výpočet podrobných bodů. Nejprve byl načten seznam souřadnic stanovisek, který byl vytvořen v předchozím kroku. Poté byl znovu načten zápisník. Byly zadány průměrné souřadnice a nadmořská výška sloužící pro výpočty redukcí. A opět byl spuštěn automatický výpočet souřadnic bodů. Výstupem se stal finální seznam souřadnic všech měřených bodů v textovém souboru.

Program VKM působí jako profesionální nástroj pro geodetické práce. Je znatelné, že se jedná již o několikátou generaci programu. Očividná je také vstřícnost vývojářů k potřebám a požadavkům uživatelů – geodetických pracovníků a jejich účast při vývoji tohoto programu. Práce je proto přehledná a nekomplikovaná, vycházející z logiky klasických „ručních“ výpočtů.

#### **5.2.4. Kresba**

Kresba byla prováděna v programu Kokeš verze 7.65. Podklady v analogové podobě byly do rastrového formátu naskenovány pomocí skeneru Mustek ScanExpress A3 600dpi USB 2.0 (formát A3, optické rozlišení 300x600 dpi, interpolované rozlišení 9600x9600 dpi, barevný rozsah 48-bit). Rastrové podklady byly v programu Kokeš pomocí funkce „Klíč a transformace“ a názorného zobrazení pomocí „Přehledky a transformace“ natransformovány na změřené objekty, případně na rohy mapových listů. Byla zvolena shodnostní transformace, vycházející z posunutí a otočení výchozí souřadnicové soustavy  $x, y$  do cílové souřadnicové soustavy  $X, Y$ . V našich podmínkách je nejčastěji je touto cílovou soustavou S-JTSK. Při shodnostní transformaci dochází ke změně pouze polohy transformované mapy, nikoliv jejího tvaru. K určení této transformace je nezbytně nutný pouze jeden identický bod, přesto je vhodné použít více identických bodů vzhledem k možnosti stanovení odchylek a kontrole. Vzorce pro shodnostní transformaci:

$$X = x \cdot \sin \alpha - y \cdot \cos \alpha + t_x$$

$$Y = x \cdot \cos \alpha + y \cdot \sin \alpha + t_y$$

Souřadnice změřených bodů z programu VKM byly naimportovány do seznamu souřadnic pomocí funkce „Čtení seznamu souřadnic v obecném formátu“, kde se

v přehledném rozhraní pro každou hodnotu (souřadnice y, x, z, zadal určitý sloupec v zápisníku. Jednotlivé složky kresby byly postupně ukládány do vrstev s nastavenými parametry.

Nejprve byl řešen zaměřený polohopis. Na podkladu již netransformované ortofotomapy byl pomocí přichytávání se na změřené body zvektorizován dřevěný plot ohraničující oboru a pozůstatky dřívějšího oplocení a dále linie dělící kultury a druhy pozemků. Katastrální mapa byla netransformována na rohy mapových listů vygenerované v softwaru Kokeš. Lomové body budov zaměřené pro tyto účely se jeví jako neodpovídající stavu v transformované katastrální mapě. Vektorizace katastrální mapy probíhala vkládáním lomových bodů linií pomocí grafického vstupu bodů. Následně byly do vzniklých ploch doplněny parcelní čísla a symboly druhu pozemků .

Pro větší přehlednost situace bylo na podkladě ortofotomapy zvektorizováno okolí zkoumané lokality do vzdálenosti přibližně 250 m. Všechny vzniklé plochy byly s využitím aplikace výplně ploch zbarveny.

### **5.2.5. Tvorba mapy odvodnění**

Meliorace jsou jednou ze složek společných zařízení pozemkových úprav. Historicky nejčastějším případem meliorací na našem území je odvodnění. Odvodňovací stavby z druhé poloviny 20. století jsou v současné době na pokraji své životnosti. K rekonstrukci stávajících a realizaci nových technických způsobů odvodnění není dostatek prostředků a zamokření se řeší jinými způsoby, jako například delimitací pozemků. Přesto v některých případech k rekonstrukcím a výstavbám nového odvodňovacího systému dochází. Příkladem může být projekt rekonstrukce podrobných odvodňovacích zařízení ve zkoumané lokalitě.

Právě odvodnění tvoří tematickou složku tvořené účelové mapy. Účelová část mapy charakterizující projektované odvodnění byla zakreslena do obecné mapy vytvořené v předchozím kroku. Kresba probíhala na základě přímo měřených bodů a výkresu projektu. Po označení přímým měřením stanovených bodů určujících meliorační šachty zvolenými kruhovými buňkami a okótování výškami jejich poklopů bylo překročeno k transformaci výkresu projektu „Rekonstrukce podrobných odvodňovacích zařízení“ na zaměřené šachty. Byla zvolena shodnostní transformace, která objekt posunuje a otáčí, ale nemění jeho tvar. Poté byly podle netransformovaného



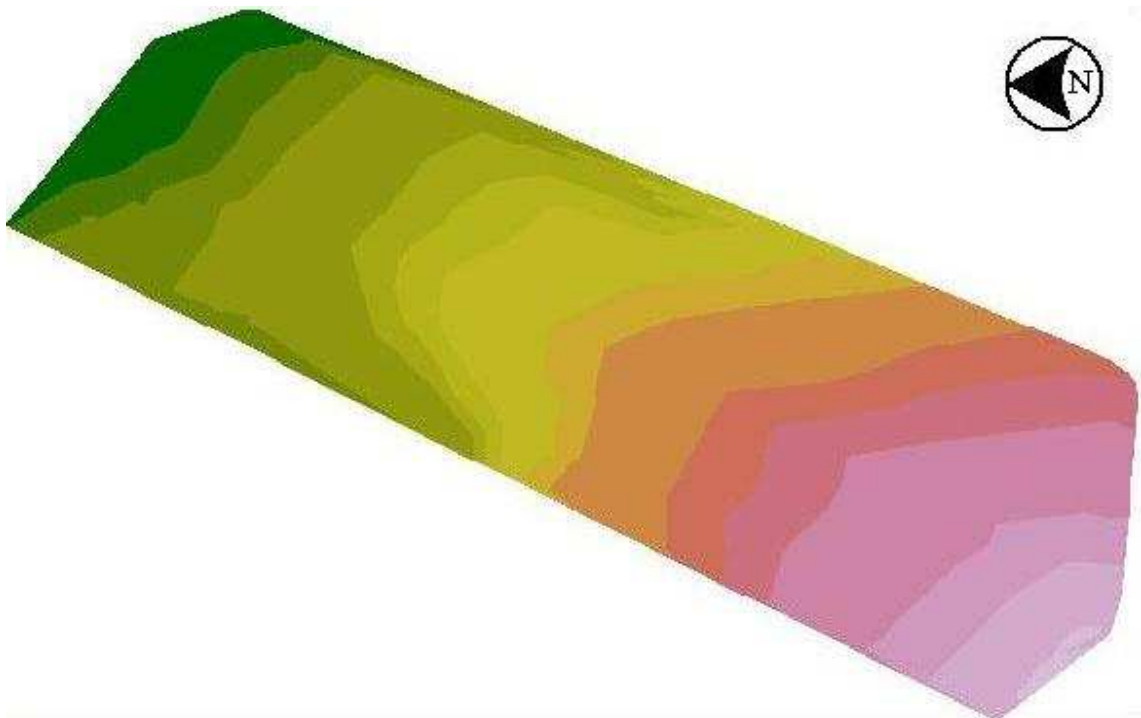
výkresu pomocí grafického vstupu do zvláštní vrstvy zvektorizovány svodné a do další vrstvy sběrné drény.

Vrstvy zobrazující šachty a drény byly následně vyexportovány do formátu .shp čili shapefile softwaru ArcGIS. Na základě této operace byly vygenerovány dva soubory dat - liniových (drény) a bodových (šachty). Tyto shapefile jsou určeny k pozdějšímu použití jako vektorové vrstvy překrývající dále vytvořený digitální model terénu.

### **5.2.6. Konstrukce a práce s digitálním modelem**

Konstrukce digitálního modelu terénu probíhala v programu ERDAS IMAGINE verze 9.1. Software ERDAS IMAGINE od společnosti Leica Geosystems umožňuje zpracovávat různé typy geografických dat. Především je zaměřen na zpracování leteckých a družicových snímků, a to od vytvoření ortosnímků až po vyhodnocení informací o typu pokryvu, aktualizaci polohopisu a mapování výškopisu. Jedním z jeho nástrojů je tvorba a práce s digitálními modely terénu.

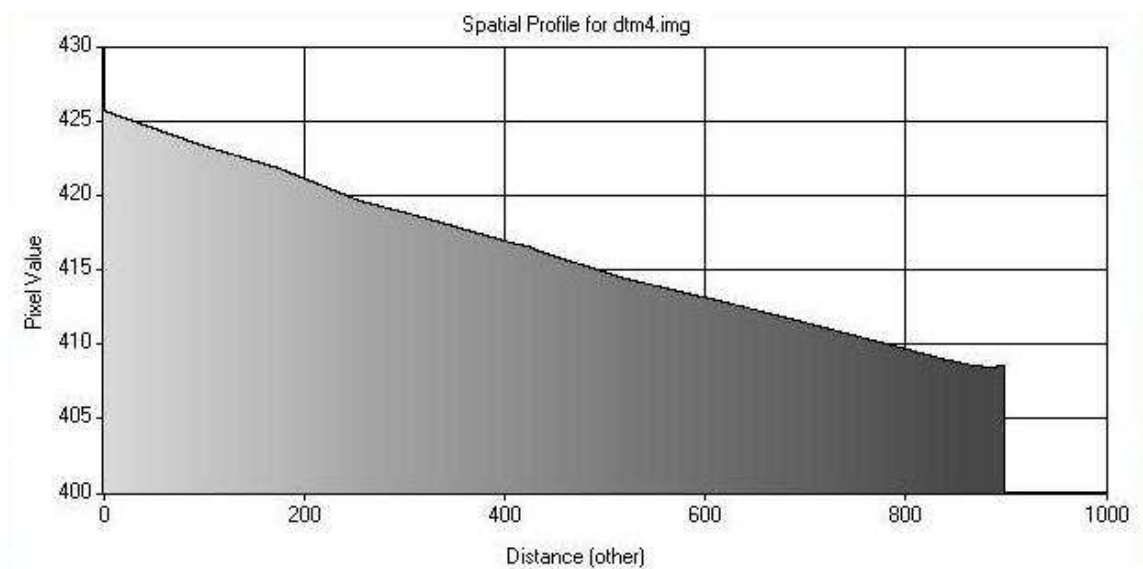
Ve skupině úloh pro přípravu dat „Data Preparation“ byla zvolena položka „Create Surface“, která spustila aplikaci 3D surfacing. Proběhlo načtení souřadnic bodů v ASCII formátu, tedy prostém textovém souboru s koncovkou .dat. Vzhledem k tomu, že se jedná o zahraniční produkt, není plně dořešena podpora zobrazení bodů v systému JTSC. Proto bylo nutné přiřadit polohovým souřadnicím záporné znaménko. Pořadí souřadnic bylo uvedeno klasicky Y, X, Z. Po načtení souřadnic do datové tabuky proběhlo samotné generování modelu v položce „Surfacing“. Byl zvolen výstupní soubor a nastavena metoda „Linear Rubber Sheeting“ a velikost buněk 0,2. Zadaná výšková hladina pro pozadí (čili plochu bez hodnot) činila 400 m. Poté proběhlo generování digitálního TIN modelu terénu. Jeho zobrazení neproběhlo automaticky, bylo nutné v základním menu programu otevřít prohlížeč a načíst vytvořený soubor ve formátu .img. viz. Obrázek 6.



**Obrázek 6, Příklad zobrazení digitálního modelu terénu**

Zobrazení modelu lze dále upravovat, přidávat na něj další vrstvy vektorové i rastrové. V našem případě byla na model promítnuta ortofotomapa a dále vektorová kresba odvodnění, která byla z programu Kokeš vyexportována do formátu shapefile (přípona .shp) aplikace ArcGIS a ten byl načten do prohlížeče ERDAS Viewer.

Přímo v prohlížeči lze zadávat například trasu profilu (přímou i zalomenou), který se automaticky vykreslí ve vedlejším okně (viz. Obrázek 7), v tomto případě se jedná o profil hlavního svodného drénu.



**Obrázek 7, Ukázka automatizovaného profilu vytvořeného v softwaru ERDAS Imagine**

Může být zadán i výřez části povrchu. Další možnosti poskytuje například funkce „Image Drape“, ta umožňuje trojrozměrnou vizualizaci digitálního modelu, včetně fotomapy. Výsledkem je pak virtuální pohled na velmi reálně působící terén, v němž lze libovolně měnit úhel a pozici kamery, nastavovat osvětlení sluncem, zamlžení vzdáleného území, atd.

Mezi další funkce tohoto programu patří topografické analýzy. Ty na základě vytvořeného modelu provedou dané rozborů. Například se jedná o analýzu svažitosti, zobrazení neviditelných prostor, vykreslení vrstevnic, zobrazení relativních výškových stupňů, atd. Ve většině případů není práce s těmito aplikacemi nikterak složitá, zadá se vstupní soubor digitálního modelu terénu, nastaví se požadované parametry a udá se výstupní soubor, do nějž jsou uloženy výsledky analýzy. S těmito výsledky je možné nadále pracovat. Odlišná je práce s aplikací určující viditelné a neviditelné prostory „Viewshed“. Zde se pracuje v prostředí prohlížeče, kam se buď přímo nebo na základě souřadnic umístí stanovisko a nastaví se požadavky na rozhled – výška pozorování, zorné pole, vzdálenost, atd. Poté je přímo v prohlížeči zobrazen kruh, případně kruhová výseč s určením viditelných a neviditelných prostor. Toto je možné zkombinovat i s aplikací „Image Drape“ a volně se nad analyzovaným územím pohybovat.

Software ERDAS je komplexním nástrojem pro geodézii a její odvětví, obsahuje velké množství funkcí a nástrojů vhodných pro zpracování různých druhů dat. Konkrétně pro potřeby práce s digitálním modelem terénu je velmi dobře vybaven a nabízí nepřeberné množství možností. Jedná se o velmi výkonný software, jehož slabinou je méně komfortní, nepřehledné a místy zmatené uživatelské rozhraní, které snižuje rychlost práce a nevyvolává v uživateli pocit intuitivnosti. Příkladem může být situace, kdy se po vytvoření DTM model neotevře, ale pouze uloží a musí být spuštěn prohlížeč a v něm načten uložený soubor. Tato komplikovanost je zčásti zapříčiněna právě množstvím nabízených funkcí. Částečným problémem se může jevit také neexistence lokalizace softwaru ERDAS IMAGINE, zejména uvažování nad přesným významem odborných termínů mírně zpomaluje práci.

## **5.3. Zhodnocení digitálního modelu terénu a jeho možností v PÚ**

Využití potenciálu digitálního modelu terénu v pozemkových úpravách v současné době zdaleka nedosahuje nabízených možností. V některých případech bývá pro vytvoření si základního přehledu využíváno zahraničních internetových mapových serverů a aplikací, které mimo jiné nabízejí trojrozměrné zobrazení území kdekoli na Zemi, mezi tyto aplikace patří například Google Earth, NASA World Wind, a nebo Microsoft Virtual Earth. Kvalita map však vzhledem ke globálnímu pojetí nemůže být na vysoké úrovni a výškopis se pohybuje v řádech metrů. Tyto modely mohou sloužit skutečně pouze k vytvoření si představy o území v rámci přípravných prací.

Česká firma GEODIS BRNO, s. r. o. nabízí svůj komerční model České republiky, přesnost je vyšší než u zmiňovaných celosvětových modelů, přesto však nedosahuje přesnosti pro potřeby obnovy katastrálního operátu. Může však být přínosem v jiných oblastech, například vizualizace terénu za účelem prezentace návrhů a výsledků komplexní pozemkové úpravy vlastníkům pozemků. Právě tuto možnost využití svého DTM prezentuje společnost GEODIS na modelovém příkladu KPÚ v obci Čejč.

### **5.3.1. Vizualizace**

Právě vizualizace digitálního modelu terénu je první z možností, které tento model poskytuje. Vizualizace DTM nabírá na významu zejména ve spojení s ortofotomapou a případně dalšími prostředky (např. fotografie, grafy,...) známými z prostředí geografických informačních prostředků. Jak již bylo výše popsáno – v případě celosvětových internetových aplikací jde jen o vytvoření si hrubé představy projektantem, geodetem atd. o území, následnou lepší orientaci v území a případně o připomenutí si určitých skutečností po návratu z terénu.

Pokud je však digitální model vytvořen a zpracován, může sloužit jako významný psychologický nástroj k přesvědčení vlastníků pozemků o významu pozemkových úprav. Hlavní výhodou této aplikace DTM je názornost. Vlastníci na monitoru vidí takřka reálně své stávající pozemky, navrhované uspořádání nových pozemků, případně jejich porovnání. Dalším příkladem může být vysvětlení potřeby společných zařízení vlastníkům, zejména se jedná o protierozní opatření.



Obrázek 8, Zobrazení DTM využitého při KPÚ Čejč v softwaru GeoShow3D Lite, Zdroj: GEODIS BRNO, s. r. o.

### 5.3.2. Eroze

Dalším možným příkladem využití je analýza ohroženosti území vodní erozí. Eroze je jedním ze základních problémů, jejichž řešení je úkolem komplexních pozemkových úprav. Analýza území z hlediska erozního smyvu se provádí pomocí univerzální rovnice Wischmeier-Smith:

$$G=R.K.L.S.C.P \quad (\text{t.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1})$$

**G= průměrná dlouhodobá ztráta půdy** ( $\text{t.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$ ),

R= faktor erozní účinnosti deště,

K=faktor náchylnosti půdy k erozi,

L=faktor délky svahu,

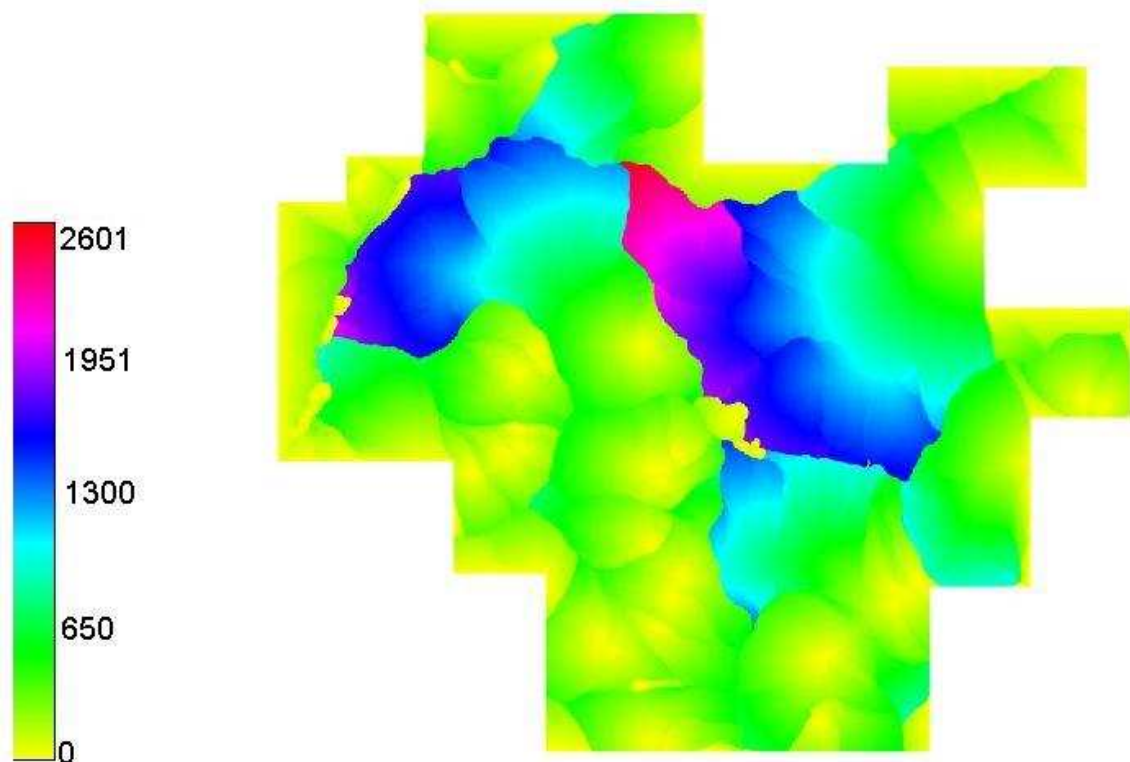
S=faktor sklonu svahu,

C=faktor ochranného vlivu vegetace,

P=faktor vlivu protierozních opatření,

Ze jmenovaných faktorů lze z DTM využít data vhodná k získání faktoru délky svahu L a faktoru sklonu svahu S. Tyto údaje lze získat pomocí topografických analýz, v případě požadavku na přesně definovaný svah, lze zadat osu profilu, který má být

zobrazen nebo zanalyzován. V kombinaci s geografickými informačními systémy definujícími jednotlivá území po vrstvách určujících jednotlivé plochy s vlastnostmi významnými pro zbylé faktory lze po dosazení faktoru erozní účinnosti návrhového deště získat průměrnou dlouhodobou ztrátu půdy pro každý pozemek. Jedná se o poměrně náročnou úlohu, jejíž potenciální realizace však významně urychlí práce na erozní analýze celého území v obvodu pozemkové úpravy. Tomuto tématu a zejména postupu při realizaci této úlohy se ve větším rozsahu věnují například Votrubec a Vlasák 2005 (odkaz uveden v seznamu použité literatury).



Obrázek 9, Analýza délky svahu, Zdroj: GeoModel, s. r. o.

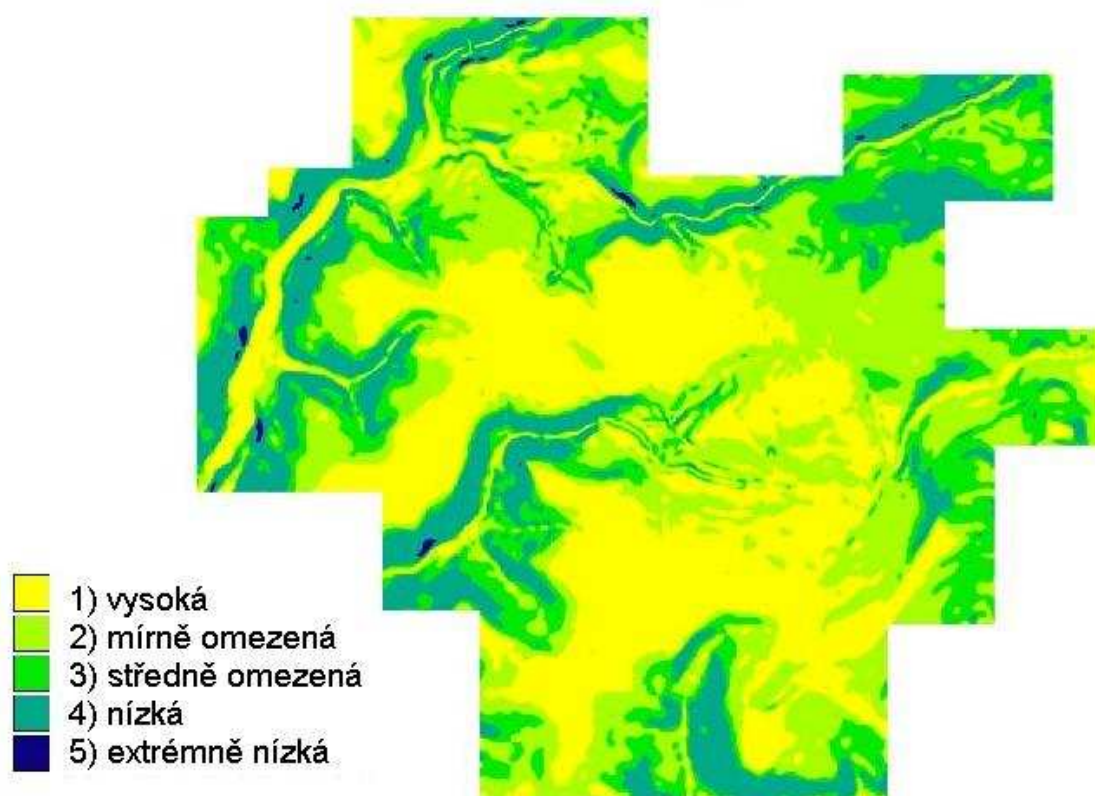
### 5.3.3. Odtokové poměry

S erozí je silně provázána otázka odtokových poměrů v mikropovodí. Odtok je hydrologický pojem vyjadřující objem vody, která odeče za určité časové období z daného povodí. Zásadní význam zejména pro povrchový a podpovrchový odtok mají mimo jiné právě vlivy sklonitosti a délky svahu použité ve výše uvedené analýze erozní ohroženosti povrchu. DTM se tedy může stát podkladem pro modelování odtoku a jeho parametrů. Základní úlohou je stanovení konkrétního mikropovodí, tedy určení linie na základě průběhu reliéfu. Dále lze na základě tvaru území určovat dráhy soustředěného odtoku. DTM může sloužit přímo jako objekt, na němž bude po přidání dalších vrstev

charakterizujících např. vegetační pokryv a další parametry, provedena analýza. Může také sloužit pouze jako prostý zdroj dat, kdy se pouhým označením bodů potřebných pro danou analýzu, které jsou z vizualizace jasně zřetelné, získají souřadnice a ty se následně zadají do specializovaného programu.

#### 5.3.4. Svahová dostupnost techniky

Další možnou aplikací pro DTM je svahová dostupnost techniky, tedy svahová dostupnost různých zemědělských strojů. Tato veličina je závislá na sklonu terénu. Samozřejmě také záleží na druhu pozemku. Jiné nároky jsou kladeny na ornou půdu a jiné na trvalý travní porost. Proto zde přichází v úvahu analýza sklonitosti, kde se jednotlivé rozsahy sklonů zatřídí do skupin (např. 0-5° snadno dostupná, 5-10° dostupná, 10-20° obtížně dostupná, 20-30° velmi obtížně dostupná, nad 30° nedostupná) podle technických možností mechanizace. Po přidání vrstvy s druhem pozemku se mohou skupiny dále členit.



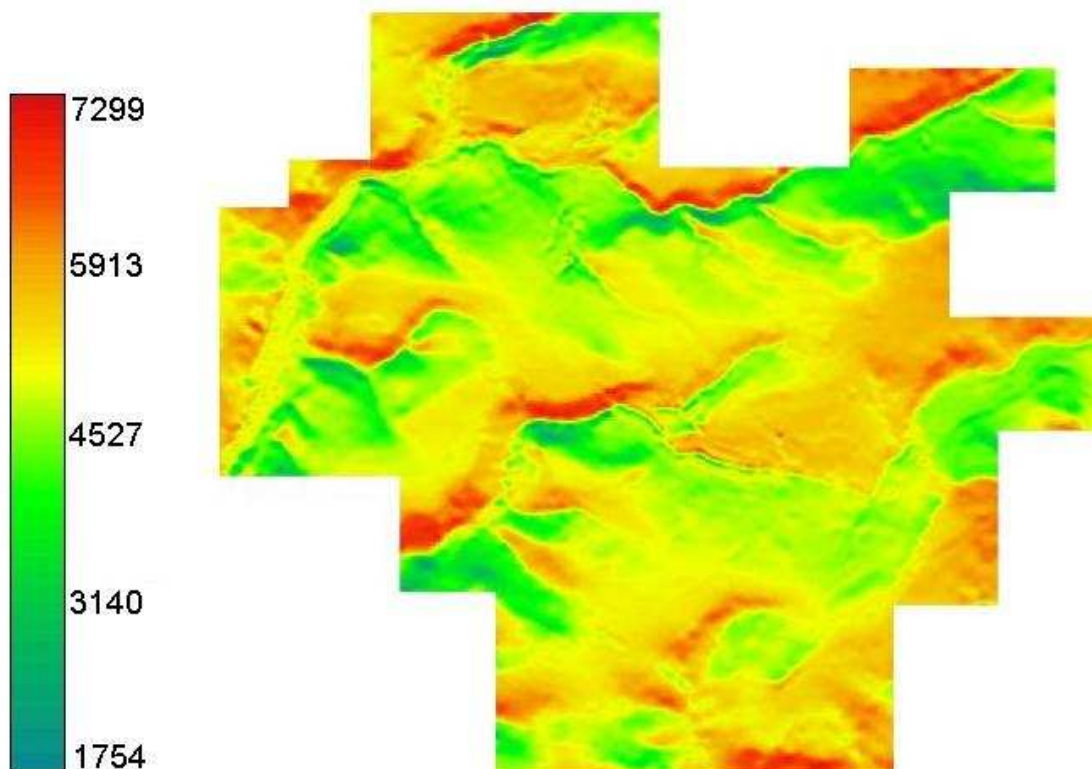
Obrázek 10, Analýza mechanizační dostupnosti, Zdroj: GeoModel, s. r. o.

### 5.3.5. Projektová dokumentace společných zařízení

Velký význam může mít DTM jako podklad při projektování nových a rekonstrukci stávajících společných zařízení. V případě opatření stavební povahy vyžadujících vyšší přesnost, např. propustky, mostky, železniční přejezdy, atd. je vhodné provést přesnější zaměření a zanivelování konkrétního místa. Pro vytipování umístění stavby však DTM v udávané přesnosti plně vyhovuje. V případě projektu meliorací, protierozních opatření, jakou jsou meze, průlehy, zasakovací pásy, atd. se již jeví přesnost modelu jako vyhovující. Do společných zařízení se řadí také územní systémy ekologické stability. Z DTM si může projektant ÚSES vytipovat před terénním průzkumem oblasti fungujících biocenter a biokoridorů a také rizikové lokality.

### 5.3.6. Další využití

DTM nabízí další možnosti využití v prostředí pozemkových úprav, ale i v zemědělství. Na základě digitálního modelu terénu a výsledků analýz sklonitosti a odtoku lze navrhovat delimitace pozemků. Další možnou aplikací je zobrazení expozice pozemků a dokonce by byla teoreticky možná i simulace osvětlení pozemku slunečním zářením např. v průběhu dne nebo roku.



Obrázek 11, Analýza oslnění reliéfu, Zdroj: GeoModel, s. r. o.



### 5.3.7. Zhodnocení

Celkově se jeví DTM jako nástroj, který může být významným přínosem pro pozemkové úpravy a jejich části – zejména se jedná o oblast analýz terénu a také o názornější předkládání záměrů a návrhů vlastníkům. Pokud je mapování provedeno včetně výškopisné složky, je náročnost tvorby DTM již pouze minimální. Nevýhodou se jeví právě prodloužení doby potřebné k zmapování terénu včetně výškopisu a tím pádem nárůst již takto dosti vysokých nákladů na geodetické práce. V oblasti analýz je potřeba určitých znalostí konkrétní problematiky, ale počítá se, že v těchto případech bude DTM sloužit jako podklad specialistům v daném oboru, kteří si konkrétní rozbor budou provádět sami dle potřeby. Výstupem geodeta by byl tedy pouze „holý“ digitální model terénu. Rozšíření digitálních modelů do pozemkových úprav dle mého názoru brání nižší informovanost zadavatelů geodetických prací o možnostech DTM. Právě ti by případně měli v zadání geodetických prací požadovat také tvorbu digitálního modelu terénu. Další překážkou může být neochota geodetických firem investovat do poměrně nákladného specializovaného softwaru, který by v praxi sloužil k pouhé tvorbě DTM. Toto lze však obejít možností, že by software vlastnili až odborníci zpracovávající analýzy a generování digitálního modelu by prováděli až tito specialisté na základě podkladů od dodavatelů geodetických prací.

## 6. Závěr

Předmětem mé práce bylo vytvoření účelové mapy odvodnění pro potřeby pozemkových úprav a následně digitálního modelu terénu, tedy trojrozměrné mapy daného území. Dalším úkolem bylo zhodnocení možností, které má digitální model terénu v oboru pozemkových úprav a posouzení, zda jsou jeho možnosti tak významným přínosem pro tento obor.

V literární rešerši jsem se zaměřil na těchto několik témat - mapy obecně, jejich třídění a obsah. Dalším tématem byly informace o účelových mapách a druzích nejrozšířenějších účelových map včetně jejich popisu. Následovaly metody sběru dat potřebných pro tvorbu mapy, jejich členění, charakteristiky atd. Poslední částí literární rešerše byl popis digitálních modelů terénu. Ve vlastní práci bylo nejprve charakterizováno zadané území. Dále byly definovány cíle práce a metodika jejich dosažení. Poté již následovaly vlastní výsledky.

Ze zhodnocení dostupných metod mapování vyplynuly jako nejlepší metody k získání dat elektronické laserové skenovací systémy, elektronické tachymetry a GPS aparatury. Ostatní metody mohou být vzhledem ke stanoveným požadavkům použity jako doplňkové. S přihlédnutím k dostupnosti jednotlivých technologií a aktuálním možnostem zapůjčení techniky byla zvolena metoda elektronické tachymetrie.

Po přípravných pracích následovalo vlastní měření. To probíhalo ve dvou dnech. Zmapování i výškopisné složky klade, oproti měření polohopisnému, nároky nejen na techniku, obsluhu přístroje, ale i na figuranty. Zvýšení časové náročnosti pouhého měření se však z celkového pohledu jeví jako zanedbatelné. Časově náročné je zmapování výškopisu u velkých, na polohopis chudých, ploch.

Následný přenos dat a jejich výpočty v softwaru VKM proběhly bez problémů. Další práce v softwaru Kokeš mi díky předchozí praxi též nečinily obtíže. Vytvořená účelová mapa působí přehledně. Tvorbu digitálního modelu terénu komplikovala nepřehlednost uživatelského rozhraní softwaru ERDAS IMAGINE, přesto je tento program výkonným nástrojem nejen pro tvorbu trojrozměrných zobrazení reliéfu.

Po zhodnocení možností digitálního modelu terénu v oboru pozemkových úprav jsem došel k jednoznačnému závěru, že se jedná o nástroj, který může být významným přínosem pro pozemkové úpravy a jejich části – zejména se jedná o oblast analýz terénu a také o názornější předkládání záměrů a návrhů vlastníkům. Nevýhodou je prodloužení doby potřebné k zmapování terénu.

## 7. Seznam použité literatury

BUREŠ, Jiří, ŠVÁBENSKÝ, Otakar, WEIGEL, Josef. Některé problémy spolehlivosti určování polohy GPS. *Zeměměřič : časopis o geodézii, katastru nemovitostí a kartografii* [online]. 2004, roč. 11, č. 4 [cit. 2007-11-26]. Dostupný z WWW: <[http://www.zememeric.cz/default.php?clanek\\_tisk.php?zaznam=1273](http://www.zememeric.cz/default.php?clanek_tisk.php?zaznam=1273)>.

ČAPEK, Richard, MIKŠOVSKÝ, Miroslav, MUCHA, Ludvík. *Geografická kartografie*. 1. vyd. Praha : Státní pedagogické nakladatelství, 1992. 372 s. ISBN 80-04-25153-6.

DOBROVOLNÝ, Petr. *Dálkový průzkum Země : Digitální zpracování obrazu*. 1. vyd. Brno : Masarykova univerzita v Brně, 1998. 210 s. ISBN 80-210-1812-7.

FÍŠER, Zdeněk, VONDRÁK, Jiří. *Mapování II*. 1. vyd. Brno : Akademické nakladatelství CERM, s. r. o. Brno, 2004. 144 s. ISBN 80-214-2669-1.

FÍŠER, Zdeněk, VONDRÁK, Jiří. *Mapování*. 2. vyd. Brno : Akademické nakladatelství CERM, s. r. o. Brno, 2006. 146 s. ISBN 80-7204-472-9.

FOŘT, Petr, MIKŠÍK, Tomáš. Počítačová grafika 4 : Vektorizace rastrů. *DesignTech.cz : Otevřený publikační portál věnovaný nejen CA technologiím* [online]. 2005 [cit. 2007-11-26]. Dostupný z WWW: <<http://www.designtech.cz/c/support/pocitacova-grafika-4--dil--vektorizace-rastru.htm>>.

HÁNEK, Pavel, HÁNEK, Pavel, MARŠÍKOVÁ, Magdalena. *Geodézie pro obor pozemkové úpravy a převody nemovitostí*. 1. vyd. České Budějovice : Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích Zemědělská fakulta, 2007. 88 s. ISBN 978-80-7040-971-8.

HOJOVEC, Vladimír, et al. *Kartografie*. 1. vyd. Praha : Geodetický a kartografický podnik v Praze, 1987. 660 s.

HUML, Milan, et al. *Mapování a kartografie*. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2001. 211 s. ISBN 80-01-02383-4.

KLIMÁNEK, Martin. *Digitální modely terénu*. 1. vyd. Brno : Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2006. 85 s. ISBN 80-7157-982-2.

KLIMEŠOVÁ, Dana. *Geografické informační systémy a zpracování obrazů*. 2. vyd. Praha : ČZU PEF Praha ve vydavatelství CREDIT Praha, 2001. 92 s. ISBN 80-213-0834-6.

KOLEJKA, Jaromír, TEJKAL, Miloš. Nejrychlejší pohled na svět : Přesný 3D model povrchu z laserového snímání. *GEODIS news*. 2002, roč. 1, č. 1, s. 9-11. Dostupný z WWW: <<http://www.geodis.cz/www/download/pdf/gdn12002/st9-11.pdf>>.

KŘEMEN, Karel, KŘEMEN, Tomáš. Dokumentace skutečného tvaru tunelového ostění. *Zeměměřič : časopis o geodézii, katastru nemovitostí a kartografii* [online]. 2004, roč. 11, č. 04-05 [cit. 2007-11-26]. Dostupný z WWW: <[http://www.zememeric.cz/default.php?/clanek\\_tisk.php?zaznam=1323](http://www.zememeric.cz/default.php?/clanek_tisk.php?zaznam=1323)>.

LILLESAND, T.M., KIEFER, R.W. *Remote sensing and image interpretation*. 3. vyd. New York : John Wiley Sons, 1994, 750 s. ISBN 0-471-30575-8.

MARŠÍK, Zbyněk, MARŠÍKOVÁ, Magdalena. *Geodézie II.* 1. vyd. České Budějovice : Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích Zemědělská fakulta, 2002. 123 s. ISBN 80-7040-546-5.

MARŠÍKOVÁ, Magdalena, MARŠÍK, Zbyněk. *Kartografie*. 1. vyd. České Budějovice : Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích Zemědělská fakulta, 2006. 113 s. ISBN 80-7040-841-3.

MAZÍN, Václav. Generální metodický postup pro komplexní pozemkovou úpravu, jejímž výsledkem je obnova katastrálního operátu na části katastrálního území : vnitřní pokyn Ministerstva zemědělství ČR – Pozemkový úřad Plzeň č. 8/03 ze dne 20.1.2003. *Katedra pozemkových úprav* [online]. 2006 [cit. 2007-11-11]. Dostupný z WWW:

<[http://home.zf.jcu.cz/public/departments/kpu/vyuka/pu/internet\\_uc\\_pu/generalni\\_metodika-brezen06/met\\_1.pdf](http://home.zf.jcu.cz/public/departments/kpu/vyuka/pu/internet_uc_pu/generalni_metodika-brezen06/met_1.pdf)>.

PAŽOUREK, Jiří, REŠKA, Josef, BUSTA, Jan. *Mapování*. 1. vyd. Brno : Nakladatelství Vysokého učení technického v Brně, 1992. 213 s. ISBN 80-214-0454-X.  
POKORA, Matěj, et al. *Geodézie 1*. 1. vyd. Praha : Geodetický a kartografický podnik v Praze, 1985. 548 s. ISBN 29-600-85.

PRAŽÁK, Josef. Navrhované inovace fotogrammetrických metod při základním mapování ve velkých měřítkách v ČR. In MATZKEOVÁ, Marie. *Racionalizace mapování velkých měřítek fotogrammetrickými metodami*. 1. vyd. Brno : Dům techniky ČSVTS, 1987. s. 5. ISBN 60-839-87.

ŠÍMA, Jiří. 25 let od vzniku termínu Dálkový průzkum Země. *Zeměměřič : časopis o geodézii, katastru nemovitostí a kartografii* [online]. 2003, roč. 10, č. 01+02 [cit. 2007-11-26]. Dostupný z WWW: <<http://www.zememeric.cz/default.php?clanek.php?zaznam=1117>>.

ŠVEC, Mojmír, et al. *Stavební geodézie 10 : Praktická výuka*. 1. vyd. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2000. 215 s. ISBN 80-01-01733-8.

ŠVEC, Mojmír, HÁNEK, Pavel. *Stavební geodézie 10*. 2. vyd. Praha : Vydavatelství ČVUT, 1999. 175 s. ISBN 80-01-02076-2.

URBAN, Jiří. *Digitální model terénu*. 1. vyd. Praha : České vysoké učení technické v Praze, 1991. 60 s. ISBN 80-01-00553-4.

VLASÁK, Josef, BARTOŠKOVÁ, Kateřina. *Pozemkové úpravy*. 1. vyd. Praha : Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2007. 168 s. ISBN 978-80-01-03609-9.

VOTRUBEC, Jan, VLASÁK, Josef. Výpočet erozní ohroženosti půdy s využitím gridu. *Acta Montanistica Slovaca* [online]. 2005, roč. 10, č. 2 [cit. 2007-11-28], s. 247-255. Dostupný z WWW: <<http://actamont.tuke.sk/pdf/2005/n2/27vlasak.pdf>>. ISSN 1335-1788.

VOŽENÍLEK, Vít. *Aplikovaná kartografie I. : Tematické mapy*. 2. vyd. Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2001. 187 s. ISBN 80-244-0270-X.

VOŽENÍLEK, Vít. *Geografické informační systémy : Pojetí, historie, základní komponenty*. 1. vyd. Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2000. 173 s. ISBN 80-7067-802-X.

## **8. Seznam příloh**

### **Příloha 1**

Účelová mapa odvodnění na zadaném území

### **Příloha 2**

Účelová mapa odvodnění se zobrazením katastrální mapy

### **Příloha 3**

Zobrazení DTM s překryvem mapy odvodnění v softwaru ERDAS IMAGINE

### **Příloha 4**

Určení profilu na DTM s překryvem ortofotomapy a mapy odvodnění v softwaru ERDAS IMAGINE

### **Příloha 5**

Určení viditelných a neviditelných prostor v softwaru ERDAS IMAGINE

### **Příloha 6**

Určení viditelných a neviditelných prostor v softwaru ERDAS IMAGINE - 3D prohlížení v aplikaci Image Drape

### **Příloha 7**

Zobrazení výškových stupňů pomocí funkce Image Drape

### **Příloha 8**

Vizualizace terénu prostřednictvím funkce Image Drape

### **Příloha 9**

Zápisník měření totální stanicí

### **Příloha 10**

Výpočetní protokoly

### **Příloha 11**

Seznam souřadnic zaměřených bodů