

# JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

---

Zemědělská fakulta  
Katedra krajinného managementu

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

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Kalibrace odrazných hranolů

Vedoucí diplomové práce:  
Autor:

Ing. Pavel Hánek, Ph. D.  
Miroslav Šimek

Zde bude zadání BP.

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci Kalibrace odrazných hranolů jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

Datum.....

Podpis studenta.....

## **Poděkování**

Můj velký dík patří hlavně Ing. Pavlu Hánkovi, Ph.D. za vedení této bakalářské práce a neocenitelné rady.

Současně děkuji slečně Anetě Majerové a mému bratru Martinu Šimkovi za pomoc při měření. Nakonec bych rád poděkoval své rodině za duševní a materiální podporu v průběhu celého studia.

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá kalibrací odrazných hranolů pro totální stanice používané Katedrou krajinného managementu. Součástí práce bylo měření v terénu. Určeny byly směrodatné odchylky měřených délek a hodnoty součtových konstant pro použité totální stanice a odrazné hranoly. Výsledky jsou porovnány s údaji uvedenými výrobcem. Teoretická část je věnována metrologii, elektronickým dálkoměrům a odrazným zařízením.

## **Klíčová slova**

Kalibrace, elektronické dálkoměry, odrazné hranoly, součtová konstanta, metrologie

## **Abstract**

This bachelor thesis is dealing with calibration of reflective prisms for total stations used by the Department of Landscape Management. Part of this thesis was associated with field measurement. In thesis are determined standard deviation of the measured lengths and values of additive constants for each total station and reflective prism. Results are compared with data provided by the manufacturer. The theoretical part is dedicated to metrology, electronic distance meters and reflective devices.

## **Key words**

Calibration, electronic distance meters, reflective prisms, additive constant, metrology.

## OBSAH

<b>1. ÚVOD</b> .....	<b>7</b>
<b>2. KALIBRACE</b> .....	<b>8</b>
<b>2.1 METROLOGIE</b> .....	<b>8</b>
<b>2.2 PŘEDPISY V RÁMCI METROLOGIE</b> .....	<b>9</b>
<b>2.3 MĚŘIDLA</b> .....	<b>10</b>
<b>2.4 KALIBRACE</b> .....	<b>11</b>
<b>2.5 ORGANIZACE ZABÝVAJÍCÍ SE KALIBRACÍ</b> .....	<b>12</b>
2.5.1 Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.....	12
2.5.2 Český metrologický institut (ČMI).....	13
2.5.3 Český institut pro akreditaci (ČIA).....	13
2.5.4 Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický.....	13
<b>3. ELEKTRONICKÉ MĚŘENÍ DÉLEK</b> .....	<b>14</b>
<b>3.1 ELEKTRONICKÉ DÁLKOMĚRY</b> .....	<b>14</b>
3.1.1 Rádiové dálkoměry .....	14
3.1.2 Světelné dálkoměry.....	16
<b>3.2 OPRAVY DÉLEK</b> .....	<b>17</b>
<b>3.3 SOUČTOVÁ KONSTANTA</b> .....	<b>18</b>
<b>3.4 PŘESNOST DÉLEK MĚŘENÝCH ELEKTRONICKÝMI DÁLKOMĚRY</b> .....	<b>19</b>
<b>4. ODRAZNÉ HRANOLY</b> .....	<b>20</b>
<b>4.1 OPTICKÉ HRANOLY</b> .....	<b>20</b>
<b>4.2 ODRAZNÁ ZAŘÍZENÍ</b> .....	<b>21</b>
<b>5. VLASTNÍ URČENÍ SOUČTOVÉ KONSTANTY</b> .....	<b>22</b>
<b>5.1 CÍLE</b> .....	<b>22</b>
<b>5.2 METODIKA</b> .....	<b>22</b>
5.2.1 Měřické práce .....	22
5.2.2 Výpočetní práce .....	23
<b>5.3 POUŽITÉ PŘÍSTROJE A HRANOLY</b> .....	<b>25</b>
5.3.1 Totální stanice.....	25
5.3.2 Odrazné hranoly.....	27
<b>5.4 VÝSLEDKY</b> .....	<b>30</b>
<b>5.5 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ</b> .....	<b>32</b>
<b>6. ZÁVĚR</b> .....	<b>34</b>
<b>7. SEZNAM ZDROJŮ</b> .....	<b>35</b>
<b>8. SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>37</b>

<b>9.</b>	<b>SEZNAM FOTOGRAFIÍ.....</b>	<b>37</b>
<b>10.</b>	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>38</b>
<b>11.</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>38</b>

# 1. ÚVOD

Tématem této práce je kalibrace odrazných hranolů pro totální stanice používané Katedrou krajinného managementu Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Právě používání těchto zařízení zde tvoří neodmyslitelnou a vysoce důležitou součást výuky. v podstatě nenajdeme absolventa, který by se při studiu v rámci oboru Pozemkové úpravy a převody nemovitostí aspoň s jednou totální stanicí ve vlastnictví fakulty nesetkal. Práce podobného zaměření ještě nebyla provedena, což bylo silným výběrovým kritériem při zvolení právě tohoto tématu.

Cílem bakalářské práce je určit hodnoty součtových konstant pro celkem čtyři totální stanice a sedm odrazných hranolů. Bude tedy blíže popsána metodika měření a výpočtu, a prezentovány jednotlivé výsledky pro kombinace hranolů a stanic. Součástí je též teoretická část, která se věnuje metrologii obecně, metrologickým předpisům a zajištění metrologické služby v České republice. Termín kalibrace, jež je součástí názvu práce, hraje velmi výraznou roli právě v oboru metrologie. Další část je věnována elektronickým dálkoměrům, jejich konstrukci a vlastnostem. Veškerá měření v rámci této práce byla provedena právě elektronickými dálkoměry, jež jsou součástí totálních stanic. Součtovou konstantu vždy dotváří použité odrazné zařízení, proto je kapitola teoretické části věnována i odrazným zařízením.



## **2. KALIBRACE**

### **2.1 Metrologie**

Metrologie je vědní obor zabývající se stanovením měřitelných veličin a jejich měřením; zahrnuje teoretické i praktické aspekty měření. [9]

Hlavní úkoly metrologie: [11]

- Definování jednotek měření
- Realizace jednotek měření a etalonů
- Návaznost měření při ověřování přesnosti

Metrologii rozdělujeme do tří kategorií: [11]

- Fundamentální metrologie
- Průmyslová metrologie
- Legální metrologie

#### **Fundamentální metrologie**

Fundamentální metrologie je základem metrologického systému. Zabývá se soustavou měřicích jednotek, realizací jejich etalonů, soustavou fyzikálních konstant, metodami měření. Tato oblast metrologie má charakter vědeckého výzkumu. Měření je rozhodujícím nástrojem přírodních věd (ale i biologie, medicíny atd.) a fundamentální metrologie je s výzkumem vázána jednak jako jeho nástroj, jednak jako uživatel výsledků.

#### **Průmyslová metrologie**

Průmyslová metrologie se zabývá zajištěním metrologické infrastruktury pro jednotné a správné měření ve výrobě, službách, zkušebnictví a podobně. V této kategorii metrologie jsou soustředěny činnosti spojené s kalibrací hlavních etalonů a pracovních měřidel používaných v nejširší praxi.

## Legální metrologie

Cílem legální metrologie je chránit občany před důsledky špatného měření v oblasti úředních a obchodních transakcí, pracovních podmínek, zdraví a bezpečnosti práce. Prostředky zabezpečení těchto zájmů jsou stanovení zákonných měřicích jednotek a požadavků na měřidla, metody měření a zkoušení. [11]

### 2.2 Předpisy v rámci metrologie

Základními předpisy v rámci metrologie dle [8] jsou:

- zákon č. 505/1990 Sb., o metrologii, ve znění pozdějších předpisů
- vyhláška č. 262/2000 Sb., kterou se zajišťuje jednotnost a správnost měřidel a měření ve znění pozdějších předpisů
- vyhláška č. 345/2002 Sb., kterou se stanoví měřidla k povinnému ověřování a měřidla podléhající schválení typu, ve znění pozdějších předpisů
- vyhláška č. 264/2000 Sb., o základních měřicích jednotkách a ostatních jednotkách a o jejich označování
- zákon č. 200/1994 Sb., o zeměměřictví a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením, ve znění pozdějších předpisů
- vyhláška č. 31/1995 Sb., kterou se provádí zákon č. 200/1994 Sb., o zeměměřictví a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením, ve znění pozdějších předpisů
- ČSN EN ISO 10012 - Systémy managementu měření - požadavky na procesy měření a měřicí vybavení
- ČSN EN ISO/IEC 17025 - Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří
- ČSN ISO 7078 - Postupy měření a vytyčování - Slovník a vysvětlivky
- ČSN ISO 17123 - Optika a optické přístroje
- ČSN EN ISO 9000 - Systémy managementu kvality - Základní principy a slovník
- ČSN EN ISO 9001 - Systémy managementu jakosti - Požadavky
- ČSN 01 0115 Mezinárodní slovník základních a všeobecných termínů v metrologii

## 2.3 Měřidla

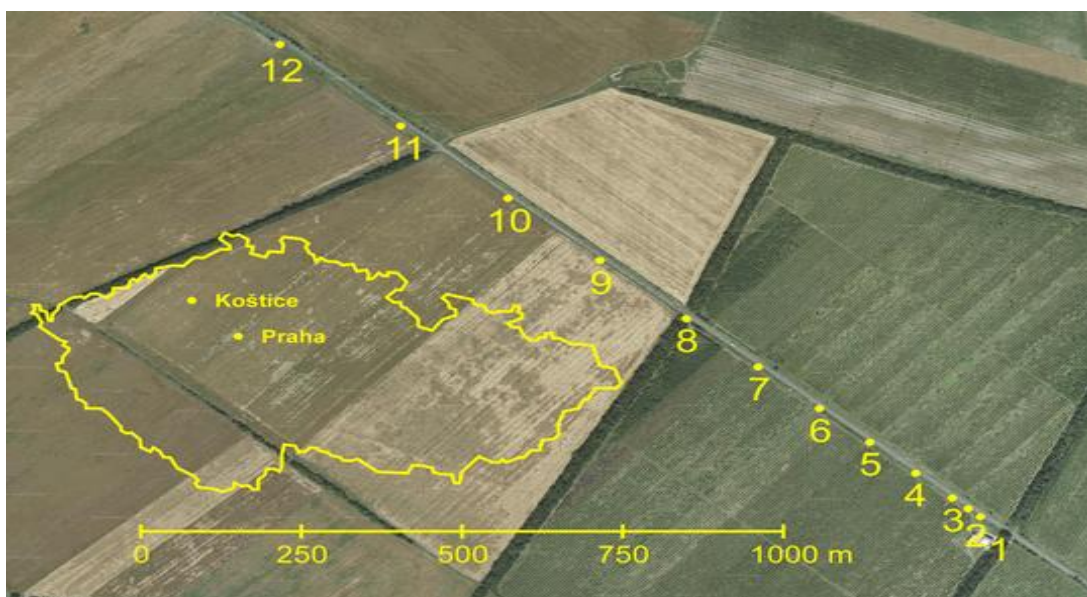
Měřidla slouží k určení hodnoty měřené veličiny. Spolu s nezbytnými pomocnými měřicími zařízeními se člení na: [5]

- Etalony
- Pracovní měřidla stanovená
- Pracovní měřidla nestanovená
- Certifikované referenční materiály a ostatní referenční materiály

### Etalony

Etalon (standard) je ztělesněná míra, měřicí přístroj, měřidlo, referenční materiál či měřicí systém, určený k definování, realizaci, uchování či reprodukci jednotky nebo jedné či více hodnot určité veličiny mající sloužit jako reference. [10]

Jako státní etalon délky 25 až 1450 m ev. č. ECM 110 – 13/08-041 slouží délková základna Koštice. Jedná se o terénní etalon složený ze 12 pilířů nucené centrace uzpůsobených pro připevnění standardní zeměměřické techniky. Pilíře se nacházejí na katastru obce Koštice v okrese Louny v linii podél silnice Koštice Libčeves. Etalon slouží především ke kalibraci elektronických měřidel velkých délek (dálkoměry totálních stanic, nasazovací a ruční dálkoměry). [12]



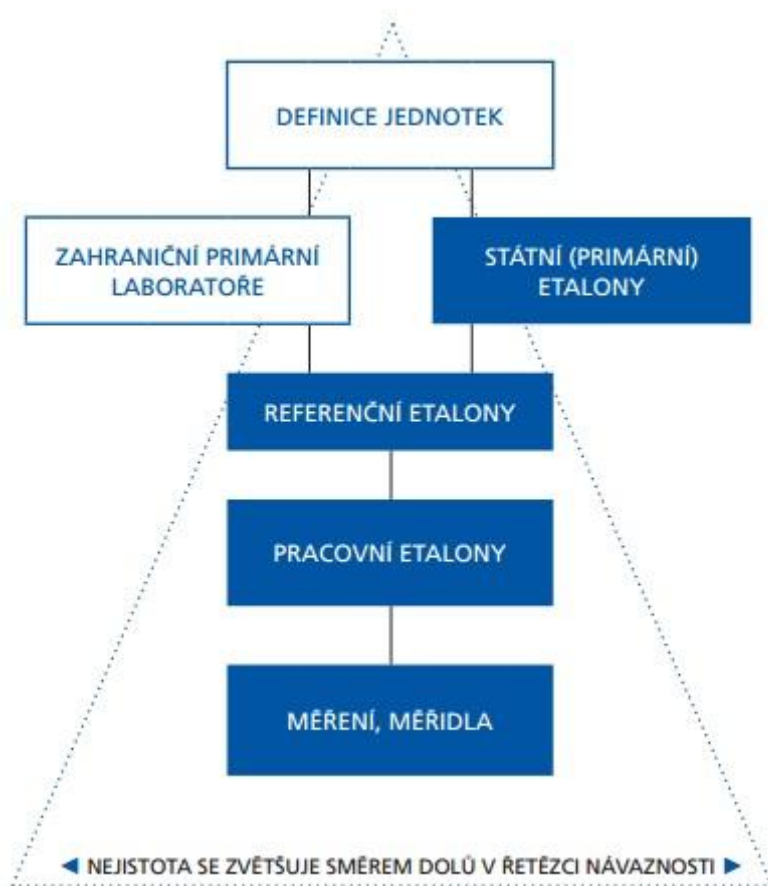
Obr. 1: Státní etalon velkých délek Koštice – ortofotomapa [12]

## Měřidla stanovená a nestanovená

Stanovená měřidla jsou měřidla, která Ministerstvo průmyslu a obchodu stanoví vyhláškou k povinnému ověřování s ohledem na jejich význam. [5]

Na základě vyhlášky č. 345/2002 sb. v platném znění jsou v oblasti zeměměřictví stanovenými měřidly prohlášena pouze měřická (ocelová) pásma. [8]

Obr. 2. naznačuje návaznost mezi etalony, měřidly a nejistotou při měření.



Obr. 2: Řetězec metrologické návaznosti [10]

## 2.4 Kalibrace

Kalibrace je soubor úkonů, při kterých se zjišťují metrologické charakteristiky měřidla, především pak závislost mezi hodnotami naměřenými kalibrovaným měřidlem nebo mírou a mezi příslušnými známými hodnotami měřené veličiny, kalibrací se provede navázání na daný etalon; kalibrace může být završena justováním měřidla. [9] Výsledek kalibrace je zaznamenán v kalibračním listu. [11]

Pro kalibraci měřicích přístrojů mluví nejméně čtyři důvody: [10]

- Zajistit a prokázat návaznost.
- Zajistit, aby údaje uváděné přístrojem byly konzistentní s jiným měřením.
- Stanovit správnost údajů uváděných přístrojem.
- Zjistit spolehlivost přístroje, tj. zda je mu možno důvěřovat.

Veškerá měřidla nestanovená využívaná pro zprávu, údržbu a tvorbu katastru nemovitostí jako i ostatní měřické práce, jejichž odběratelem nebo zhotovitelem je resort ČÚZK podléhají kalibraci ve lhůtách stanovených v [8]. pro dálkoměry totálních stanicích je tato lhůta 3 roky. Po ní musí dojít k recalibraci.

V odlišném režimu, jehož součástí ovšem kalibrace je také, se provádí ověřování stanovených měřidel. Ověřením se potvrzuje, že stanovené měřidlo má požadované metrologické vlastnosti. Ověřené měřidlo opatří autorizované metrologické středisko (např. ČMI nebo pro měřická pásma VÚGTK, v.v.i.) úřední značkou a vydá ověřovací list. [11]

## **2.5 Organizace zabývající se kalibrací**

### **2.5.1 Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví**

Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ) byl zřízen zákonem České národní rady č. 20/1993 Sb. o zabezpečení výkonu státní správy v oblasti technické normalizace, metrologie a státního zkušebnictví. ÚNMZ je organizační složkou státu v resortu Ministerstva průmyslu a obchodu ČR. Hlavním posláním ÚNMZ je zabezpečovat úkoly vyplývající ze zákonů České republiky upravujících technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví a úkoly v oblasti technických předpisů a norem uplatňovaných v rámci členství ČR v Evropské unii. od roku 2009 zajišťuje také tvorbu a vydávání českých technických norem. [13]

### **2.5.2 Český metrologický institut (ČMI)**

Vzhledem k postavení ČMI v národním metrologickém systému (Obr.2) a díky přímé návaznosti na etalony nejvyšších řádů je schopen provádět ve většině oborů měření kalibrace s nejvyšší přesností v ČR. Uskutečňuje výkon státní správy v oblasti metrologie svěřené ČMI zákonem o metrologii č. 505/1990 Sb. v platném znění. Uchovává, zdokonaluje a mezinárodně porovnává státní etalony ČR, včetně přenášení hodnot měřících jednotek na sekundární etalony. Vykonává státní metrologickou kontrolu měřidel, t.j. schvalování typu a ověřování stanovených měřidel, plní funkci střediska kalibrační služby. [11]

### **2.5.3 Český institut pro akreditaci (ČIA)**

Český institut pro akreditaci provádí nestranné, objektivní a nezávislé posouzení způsobilosti (akreditaci) pro kalibrační laboratoře dle ČSN EN ISO/IEC 17025:2005. [14]

### **2.5.4 Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický**

Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický (VÚGTK) je ÚNMZ pověřen výkonem funkce autorizovaného metrologického střediska, ze jména v oblasti délek. Provádí ověření stanovených měřidel v oboru délka. Dále na základě rozhodnutí Českého institutu pro akreditaci č. 544/2011 je VÚGTK akreditován jako kalibrační laboratoř č.2292 pro kalibraci měřidel v oboru délka a úhel. VÚGTK plní také funkci přidružené laboratoře ČMI, a to ze jména v oblasti spojené s metrologickým zabezpečením měřidel používaných v zeměměřictví (stavebnictví) a správou státních etalonů. Sem patří státní etalon délky 25 až 1450 m a státní etalon tíhového zrychlení, délková základna Hvězda a azimutální základna Židovské pece. [12]

## 3. ELEKTRONICKÉ MĚŘENÍ DÉLEK

### 3.1 Elektronické dálkoměry

Elektronické dálkoměry jsou v dnešní době nejrozšířenější přístroje sloužící k měření délek. Princip činnosti elektronických dálkoměrů je založen na měření času, za který projde elektromagnetický signál určenou délkou s tam a nazpátek. Délka se vypočte pomocí jednoduchého vztahu (Obr. 3.).

$$s = \frac{v\tau}{2} + k_a \quad (\text{Obr. 3.})$$

kde  $v$  je rychlost šíření vln podél jejich dráhy,  $\tau$  je tranzitní čas a  $k_a$  je adiční konstanta přístroje. [2]

K určení délek elektronickými dálkoměry se používá dvou pásem elektromagnetických vln, světelných a rádiových. pro přesné geodetické práce jsou vhodné světelné vlny v rozsahu viditelného spektra a v oblasti infračerveného záření, přibližně v intervalu vlnových délek od 0,2  $\mu\text{m}$  do 10  $\mu\text{m}$  (30 THz až 1500 THz) a ultrakrátké vlny v oblasti vlnových délek od 3 mm do 1 m (300 MHz až 100 GHz). [2]

Elektronické dálkoměry dělíme na dvě základní skupiny podle druhu vlnění, které využívají: světelné (světelné vlnění) a rádiové dálkoměry (rádiové vlnění). Tyto dva druhy vlnění se od sebe liší dosahem a přesností.

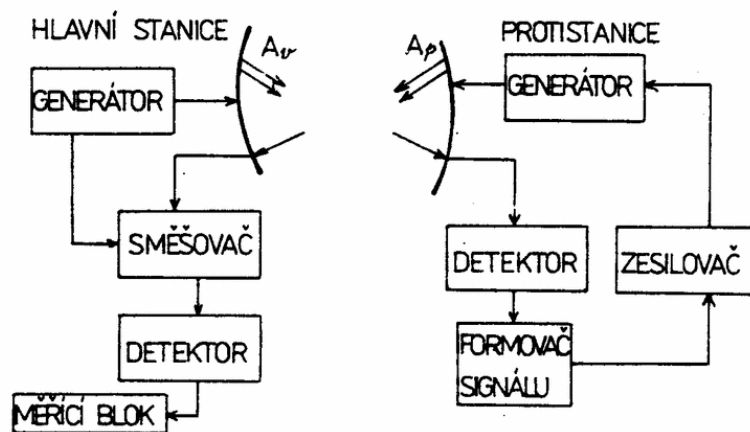
Dle dosahu lze elektronické dálkoměry dále dělit na: [6]

- Malé (do 5 km)
- Střední (5-15 km)
- Velké (nad 15 km)

#### 3.1.1 Rádiové dálkoměry

Dosah rádiových dálkoměrů je až 100 km, poměrná chyba je ovšem větší než u dálkoměrů světelných. Rádiové dálkoměry lze použít i za zhoršených atmosférických podmínek. Tyto dálkoměry se někdy také označují jako telluometry. Měřickou soupravu tvoří dva přístroje – hlavní (vysílací) stanice a protistanice

(funguje jako odrazné zařízení). Princip jejich činnosti je následující: na jednom konci měřené délky se umístí vysílací stanice pracující s centimetrovými vlnami amplitudově či frekvenčně modulovanými. Signál vyslaný z vysílací antény  $A_v$  dopadne na přijímací anténu  $A_p$ . Přijatý signál se vede do detektoru (demodulátoru), kde se odstraní nosné vlnění. Demodulovaný signál se upraví ve formovači signálu a po zesílení se vrací do generátoru, kde se moduluje a vysílá anténou  $A_p$  zpět k hlavní stanici. Zde je přijat, ve směšovači se „sejde“ se signálem vysílaným z hlavní stanice. Oba signály jsou v detektoru demodulovány a v měřícím bloku fázově porovnány. Ze zjištěného fázového rozdílu (doměrku měřené délky) je poté automaticky určena měřená vzdálenost. [6]



Obr. 4: Schéma rádiového fázového dálkoměru [6]

V posledních dvou desetiletích se běžné geodetické práce orientovaly výhradně na světelné dálkoměry, s dosahem několika kilometrů, které mají vysokou přesnost a spolehlivost určení délek. Pozemní rádiové dálkoměry se již nepoužívají vzhledem k jejich poněkud nižší přesnosti a nutnosti obsluhy na obou koncových bodech. [2]

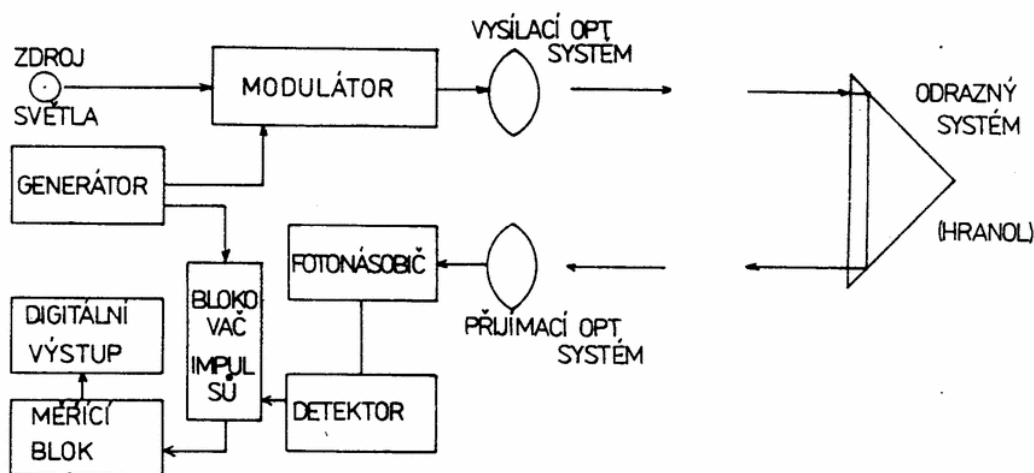


### 3.1.2 Světelné dálkoměry

Světelné (elektrooptické) dálkoměry jsou v geodézii rozhodující skupinou přístrojů k měření délek v rozsahu od několika metrů do několika desítek kilometrů. Vyznačují se vysokým stupněm přesnosti, rychlosti a automatizace měření. [2]

Současné světelné dálkoměry jsou již většinou vybaveny elektronickými výpočetními systémy, které automaticky či poloautomaticky redukuje šikmo měřené vzdálenosti na vodorovné, vypočítávají výškové rozdíly, případně provádějí i souřadnicové výpočty. k přístroji je možné také připojit registrační zařízení, které měřené údaje registruje a usnadňuje jejich další automatizované zpracování. [6]

V praxi se používají buď světelné dálkoměry s přímým měřením časového intervalu, pracující v impulsovém provozu, anebo dálkoměry s nepřímým určením časového intervalu pomocí měřených fázových rozdílů modulačních signálů. [2]



Obr. 5: Schéma světelného fázového dálkoměru [6]

Zdroje světla se z fyzikálního hlediska třídí podle způsobu, jakým je buzeno svítící těleso. Rozeznávají se tři hlavní skupiny světelných zdrojů: teplotní, výbojové a luminiscenční. u světelných dálkoměrů se používají jen některé druhy světelných zdrojů. Jsou to projekční žárovky (wolframové), patřící do skupiny teplotních zdrojů, výbojky rtuťové, argonzirkonové, xenonové atd., ze skupiny výbojových a lasery a luminiscenční diody, které náležejí k luminiscenčním zdrojům. [2]

Koncový bod měřené délky je signalizován zacíleným odrazným hranolem (koutovým odražečem). Počet hranolů je závislý na vzdálenosti a atmosférických podmínkách. pro maximální dosah se používají tzv. hnízda, tvořená větším počtem hranolů ve společném nosiči. Existují i přístroje, které pracují s pasivním odrazem měřických vln od nepohltivého cíle, takže na koncový bod není zapotřebí umisťovat odrazné systémy. [4]

### **3.2 Opravy délek**

Opravy délek určených elektrooptickými dálkoměry můžeme rozdělit na: [7]

- Opravy ze změny rychlosti šíření elektromagnetického signálu (fyzikální korekce)
- Opravy ze zakřivení dráhy elektromagnetického signálu (matematická korekce)
- Přístrojové opravy

#### **Fyzikální korekce**

Rychlost šíření elektromagnetických signálů je závislá na fyzikálních vlastnostech vzduchu, tj. na jeho teplotě, tlaku a vlhkosti a na vlnové délce nosných vln. [7]

Při měření dálkoměrem se kromě vlastního měření provádí měření meteorologických dat (teplota a tlak, při délkách větších než 5 km také vlhkost vzduchu). Při délkách větších než 1 km a převýšením větším než 200 m se měří teplota a tlak na obou koncích měřené délky tj. i u odrazných hranolů. Chyba v teplotě 1°C nebo 333 Pa (tj. 2,5 Torr) v tlaku způsobí v měření vzdálenosti přibližně chybu 1 mm na 1 km. [3]

Při měření v rámci této práce byly atmosférické údaje zadávány přímo do přístroje, totální stanice tedy uváděla již redukovanou vzdálenost.

## Matematická korekce

Tvar dráhy elektromagnetických vln je závislý na indexu lomu vrstev vzduchu, kterými signál prochází. Dráha se podobá oblouku kružnice o velkém poloměru, jehož křivost je obvykle stejného smyslu jako zakřivení ze země. u světelných dálkoměrů jsou opravy ze zakřivení dráhy prakticky zanedbatelné, protože dosahují velikosti 1 mm pro délku až 39 km. [7]

Pro tuto práci není třeba započítávat, nejdelší měřená délka byla 150 m, vliv této korekce je tedy nepatrný.

## Přístrojové opravy

Při měření délek prochází vysílané a odražené signály v dálkoměrných přístrojích řadou složitých obvodů. v některých obvodech může docházet k systematickému zpoždění elektrických procesů a tím také k systematickým chybám v měřených délkách. Jiným zdrojem chyb bývá nedodržení předpokládaných parametrů činnosti některých bloků dálkoměru, např. stability modulačního kmitočtu apod. Také při měření časového intervalu, fázového rozdílu, nebo kmitočtu vznikají různé systematické chyby. Určení velikosti jednotlivých systematických chyb je obtížné. Proto se vylučují nepřímými způsoby a vhodnými měřickými postupy.

Přístrojové opravy je možné rozdělit do dvou hlavních skupin: [2]

- Opravy konstantní velikosti
- Opravy úměrné měřené délce

## 3.3 Součtová konstanta

Konstanta se skládá ze dvou částí. První část konstanty je geometrického původu a tvoří ji vzdálenost geometrického počátku měřené délky od vertikální osy přístroje, která je totožná s vertikální osou přichytného šroubu a geometrického konce měřené délky od vertikály totožné s olovní odrazného systému. Druhá část konstanty je součtem všech konstantních systematických chyb, způsobených různými druhy zpoždění signálů v elektrických obvodech přístroje a systematickou chybou měřeného časového intervalu nebo fázového rozdílu. Protože parametry elektrických

obvodů se mohou časem měnit, je nutno adiční konstantu ověřovat v určitých časových intervalech.

Adiční konstanta se zavádí přímo do výpočtu délky v přístroji, takže na displeji dálkoměru a v jeho paměti se objeví výsledná délka. [2]

Konstantu je třeba rozdělit na část přístrojovou a hranolovou. Každý výrobce se snaží, aby tyto části byly stejné, ovšem s opačným znaménkem. Výsledkem je tedy konstanta nulová. Pokud ovšem bude měřeno např. přístrojem Leica na hranol Topcon, konstanta nulová nebude. [7]

### 3.4 Přesnost délek měřených elektronickými dálkoměry

Výrobci dálkoměrů udávají ve svých prospektech a návodech zjednodušenou rovnici střední chyby naměřených délek  $m_s$ , obvykle ve tvaru:

$$m_s = \pm(a + b \text{ ppm})$$

kde a,b jsou parametry přístroje, ppm značí milióntinu délky ( $10^{-6} \cdot d$ ).

Hodnota a vyjadřuje konstantní chybu dálkoměru způsobenou zejména chybou adiční konstanty. u světelných dálkoměrů se většinou pohybuje v rozmezí 0,1 mm až 10 mm. Velikost b bývá 1 mm až 5 mm a je ovlivněna měřenou délkou (d se dosadí v km). [2]

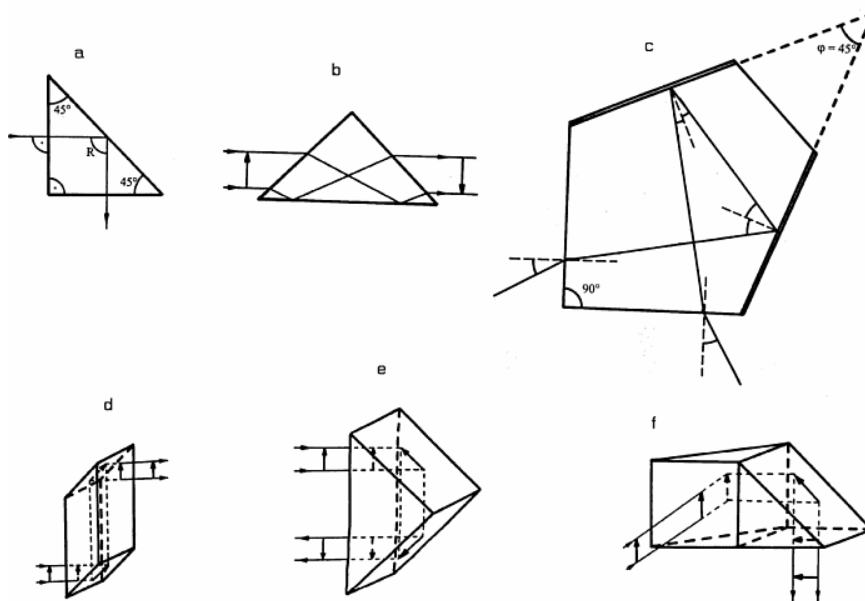
## 4. ODRAZNÉ HRANOLY

### 4.1 Optické hranoly

Hranoly jsou skleněná tělesa omezená dokonale vybroušenými, většinou rovinnými plochami. Materiálem je optické sklo bez velkých nároků na jakost tavby. Hranolů se používá k odklonu paprsků nebo k převracení obrazů optických soustav. [1]

Hranoly můžeme podle tvaru rozdělit na: [3]

- Hranoly trojboké k odklonu paprsku o pravý nebo přímý úhel
- Hranoly čtyřboké k posunu paprsku o konstantní hodnotu
- Hranoly pětiboké k odklonu paprsku o pravý úhel
- Hranoly rombické k odklonu optické osy ve dvou vzájemně kolmých směrech
- Odrazné hranoly světelných dálkoměrů

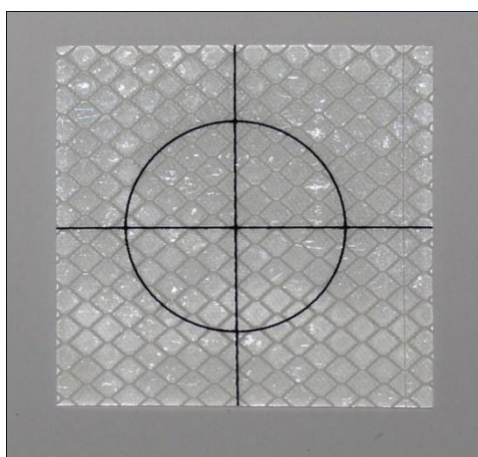


Obr. 6: Příklady optických hranolů [6]

V geodetických přístrojích se nejčastěji používají hranoly trojboké, pětiboké a odrazné. [1]

## 4.2 Odrazná zařízení

Odrazná zařízení, která plní u světelných dálkoměrů funkci pasivní odrazné stanice, se dělí na zrcadla, čočkozrcadlové systémy, odrazné hranoly a fólie. v praxi se dnes užívají jen odrazné hranoly a fólie.



Obr. 7: Odrazná fólie [15]

Příkladem odrazného hranolu je pravidelný trojboký skleněný jehlan, jehož podstavec leží přibližně v kolmé rovině ke směru dopadajícího světla a jehož stěny tvoří zrcadlové plochy. Všechny tři stěny jehlanu jsou vzájemně kolmé. Dopadající světlo prochází podstavou hranolu, třikrát se odráží od jeho stěn a vrací se v rovnoběžném směru zpět k přijímacímu systému dálkoměru. Přesnost nasměrování hranolů může být velmi malá, kolem  $20^\circ$ . Při odrazu hranolem dochází přibližně ke ztrátě 30 % světla. Hranoly se mohou spojovat v hranolové soustavy. Optická a mechanická osa hranolu se mohou lišit, což v kombinaci s použitým dálkoměrem dotváří součtovou konstantu. [2]

## **5. VLASTNÍ URČENÍ SOUČTOVÉ KONSTANTY**

### **5.1 Cíle**

Cílem práce je určit hodnoty součtových konstant pro odrazné hranoly v kombinaci s dálkoměry totálních stanic používanými Katedrou krajinného managementu.

Po měřických pracích a provedených výpočtech dle podkapitoly 4.1 dojde ke stanovení součtové konstanty vždy konkrétního přístroje a hranolu. Tyto údaje mezi sebou budou porovnány a budou též porovnány s hodnotami udávanými výrobcem.

### **5.2 Metodika**

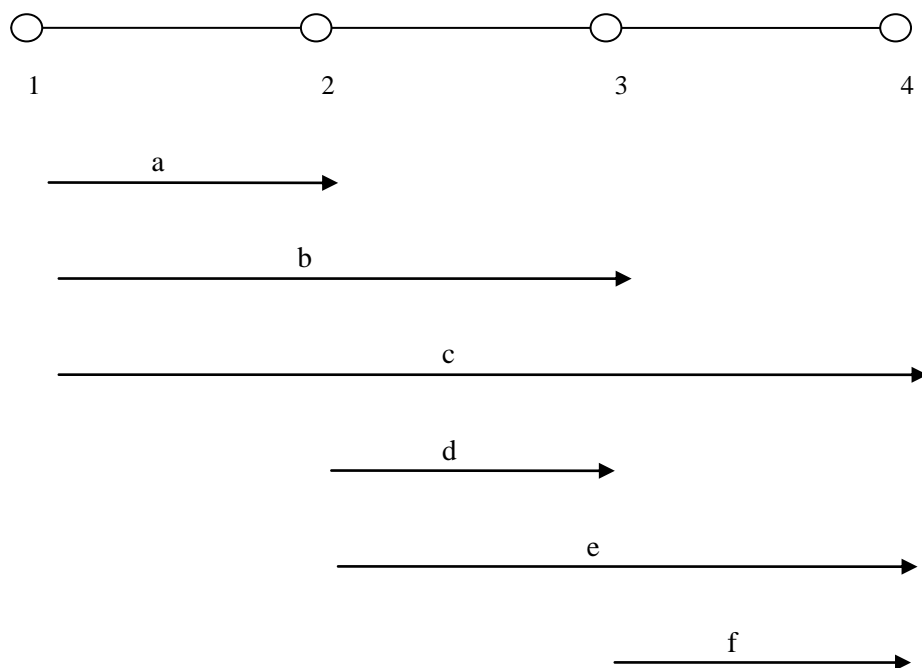
#### **5.2.1 Měřické práce**

Před samotným měřením bylo třeba připravit délkovou základnu. Tu tvořily čtyři body zařazené do přímky, stabilizované dřevěnými kolíky přibližně 50 m od sebe. Stativy na jednotlivých bodech byly horizontovány a centrovány pomocí přístroje. Tato dočasná základna se nacházela v Českých Budějovicích v rovinném terénu. Základna byla připravena dvakrát, jednou pro stanice Canon a poté pro stanice Leica. Měření totiž neprobíhala ve stejný den a nebylo možné ponechat dočasnou stabilizaci.

Vznikl tedy úsek přibližně 150 m dlouhý, se šesti možnostmi měření délky. Každá tato délka byla měřena celkem čtyřikrát a do výpočtu vstupoval aritmetický průměr. Vždy po naměření údajů pro jeden hranol došlo k výměně hranolu na stativu. Nejprve došlo ke měření délek s hranoly Leica na všech úsecích, poté až s hranoly ze iss Jena. Ty mají jinou trojnožku a muselo se tedy znovu horizontovat a centrovat.

Atmosférické údaje byly při měření zadávány do přístroje, nemusí se dále do výpočtu uvažovat. Součtová konstanta byla vždy nastavena na hodnotu 0.

Zápisník měření pro každou totální stanici v kombinaci se všemi hranoly je součástí přílohy 1.



Obr. 8: Schéma základny a všech měřených úseků

### 5.2.2 Výpočetní práce

Součtová konstanta  $k$  se vypočítá rozdělením úseku  $c$  na jednotlivé dílčí úseky. Tím vzniknou celkem tři způsoby výpočtu konstanty. do dalších kroků výpočtu budeme pro každou variantu vyjadřovat vlastní  $k$ , označíme si je tedy  $k_1$ ,  $k_2$ , a  $k_3$ .

$$c + k_1 = a + k_1 + d + k_1 + f + k_1$$

$$c + k_2 = a + k_2 + e + k_2$$

$$c + k_3 = b + k_3 + f + k_3$$

Po upravení vzniknou tyto rovnice.

$$k_1 = (c - (a + d + f)) / 2$$

$$k_2 = c - (a + e)$$

$$k_3 = c - (b + f)$$



Celková konstanta se určí z hodnot  $k_1, k_2$  a  $k_3$  metodou váženého průměru. Váhu zde bude určovat směrodatná odchylka  $\sigma_{k1}, \sigma_{k2}$  a  $\sigma_{k3}$ . Ta se určí následujícím způsobem:

$$\sigma_{k1} = \sqrt{\sigma_a^2 + \sigma_d^2 + \sigma_f^2}$$

$$\sigma_{k2} = \sqrt{\sigma_a^2 + \sigma_e^2}$$

$$\sigma_{k3} = \sqrt{\sigma_b^2 + \sigma_f^2} \quad \text{kde } \sigma_{a-f} \text{ jsou výběrové směrodatné odchylky pro dané úseky.}$$

Výběrové směrodatné odchylky  $\sigma_{a-f}$  se vypočítají na základě vztahu:

$$\sigma_{a-f} = \sqrt{\frac{\Sigma vv}{n*(n-1)}} \quad \text{kde } \Sigma vv \text{ je suma druhé mocniny odchylek měření od průměru}$$

$n$  je počet měření.

Na základě  $\sigma_{k1}, \sigma_{k2}$  a  $\sigma_{k3}$  jsme schopni určit váhu  $P_{k1}, P_{k2}$  a  $P_{k3}$ .

$$P_{k1} = \frac{1}{\sigma_{k1}^2}$$

$$P_{k2} = \frac{1}{\sigma_{k2}^2}$$

$$P_{k3} = \frac{1}{\sigma_{k3}^2}$$

Z tohoto vztahu vyplývá, že čím větší směrodatná odchylka  $\sigma_{k1}, \sigma_{k2}$  a  $\sigma_{k3}$ , tím menší bude váha konstanty ve váženém průměru.

Výsledná součtová konstanta  $k$  pak bude:

$$k = \frac{k_1 * P_1 + k_2 * P_2 + k_3 * P_3}{\Sigma P}$$

Součtová konstanta bude vypočítána pro každou totální stanici v kombinaci s každým hranolem.

## 5.3 Použité přístroje a hranoly

### 5.3.1 Totální stanice

#### Nikon C–100

Prvním testovaným přístrojem je totální stanice Nikon C–100 (Obr. 9). Tyto stanice vlastní katedra krajinného managementu celkem dvě, ke měření došlo s oběma stanicemi. Dále budou v práci rozlišeny dle evidenčního čísla.

Oba přístroje jsou vyrobeny v roce 1996, což se projevuje na rychlosti, dosahu a přesnosti měření. Výrobce udávaná přesnost dálkoměru je ve standardním režimu  $5 \text{ mm} + 5 \text{ ppm}$ , bezhranolové měření přístroj nepodporuje. Dosah měření je za dobrých atmosférických podmínek 300 m s minihranolem, 500 m s klasickým hranolem a 800 m s třemi hranoly. Měření jedné vzdálenosti ve standardním režimu trvá 4 sekundy. Součtovou konstantu lze zadávat přímo do přístroje v rozmezí  $\pm 999 \text{ mm}$ . Stanice Nikon C – 100 jsou sice staršího data výroby a k výuce se dnes primárně využívají stanice značky Leica, na některá měření vedené katedrou krajinného managementu jsou ovšem dostačující, proto jsou součástí této práce.



Obr. 9: Nikon C–100 [16]

## Leica TC 407, Leica TCR 407 Power

Totální stanice Leica TC 407 (Obr.10) a TCR 407 Power (Obr.10) jsou sice různé typy přístrojů, ovšem jsou ze stejné série. Mají tedy totožný design a jsou vybaveny stejným dálkoměrem. Jediný rozdíl je ten, že typ TCR 407 Power umožňuje bezhranolové měření. Katedra je vlastníkem jednoho kusu stanice Leica TC 407 a jednoho kusu Leica TCR 407 Power, obě byly předmětem měření v této práci. Obě stanice Leica jsou vyrobené v roce 2005, jsou zdatně novější a modernější než stanice Nikon. Dle technických údajů udávaných výrobcem je přesnost dálkoměru  $2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$  ve standardním režimu. Maximální měřená vzdálenost za dobrých atmosférických podmínek je 1200 m s minihranolem, s klasickým hranolem 3000 m, a za použití tří hranolů může přístroj měřit až do vzdálenosti 4500 m. Měření trvá méně než jednu sekundu. Rozmezí nastavení součtové konstanty je stejné jako u Nikonu C-100, tedy  $\pm 999 \text{ mm}$ .



Obr. 10 Zleva: Leica TC 407, Leica TCR 407 Power [17]

Jak je patrné z obrázku, stanice jsou vizuálně totožné. Rozlišení je možné pomocí štítků s názvem stanice uvedených na boku přístroje. Stanice budou v práci dále rozlišeny dle názvu typu přístroje.

Podkapitola 4.3 vychází ze zdrojů [16] a [17].

### 5.3.2 Odrazné hranoly

Měření součtové konstanty jsou provedena pro celkem sedm odrazných hranolů. Všechny se používají při výuce na katedře krajinného managementu. pro snazší orientaci ve výsledcích a textu budou dále označovány jako hranol 1, 2, 3, 4, 5, 6 a 7.

#### Hranol 1 – Leica GPR111 Basic

Jedná se o odrazný hranol zatavený v plastovém držáku s integrovaným cílovým terčem. Součtová konstanta udávaná výrobcem pro přístroje fy. Leica je 0 mm. Hranol není označen žádným evidenčním číslem, byla na něj tedy umístěná nálepka s označením 1.



Obr. 11: Leica GPR111 Basic [17]

#### Hranol 2 – Leica GMP111 Basic

Minihranol uchycený v plastovém držáku. Součtová konstanta udávaná výrobcem je 17,5 mm. Hranol je na katedře veden pod evidenčním číslem 35-0000426. pro přehlednost byl označen nálepkou s číslem 2. Plastový držák není kompatibilní s trnem trojnožky využívaným při měření, byl tedy vyměňován do originálního držáku hranolu 3.



Obr. 12: Leica GMP111 Basic [17]

### **Hranol 3 – Leica GMP101 Professional**

Leica GMP101 je konstrukčně stejný hranol jako Leica GMP 111 Basic, je ovšem zasažen do jiného držáku, tentokrát kovového. Součtová konstanta je tudíž stejná, 17,5 mm. Hranol je veden pod evidenčním číslem 35-0000425, označen byl nálepkou s číslem 3.



Obr. 13: Leica GMP101 Professional [17]

### **Hranol 4, 5 a 6 – Trojhranol Zeiss Jena**

Jedná se kvalitní kovový trojhranol značky Zeiss Jena, který není blíže specifikován. Hodnota součtové konstanty není známa, ovšem v tomto případě by to nebyla důležitá informace, jelikož nepoužíváme dálkoměr stejné značky. Je složen ze tří menších oddělitelných odrazných hranolů. Jednotlivé hranoly byly označeny

nálepkami 4, 5 a 6, a byly v průběhu měření fixovány v horní pozici držáku (Fot. 2). Docházelo tedy vždy k odrazu optického signálu od požadovaného hranolu.



Fot. 1: Trojhranol Zeiss Jena



Fot. 2: Ukázka montáže při měření

### Hranol 7 – Hnízdo Zeiss Jena

Velké masivní kovové odrazné zařízení značky Zeiss Jena, opět bez možnosti bližší technické specifikace od výrobce. Samotný hranol je složený ze sedmi menších, neoddělitelných odrazných hranolů. Těmto typům odrazných zařízení se obecně říká hnízda [4] a jsou určena k měření větších vzdáleností. Při cílení není možné ovlivnit, od kterého odražeče (hranolu) se signál vrátí zpět.



Fot. 3 Zleva: Trojnožka s optickým centrovačem a hnízdo Zeiss Jena

## 5.4 Výsledky

Nejprve je třeba porovnat směrodatné odchytky jednotlivých měřených úseků  $\sigma_{a-f}$  s přesností dálkoměrů  $m_s$ . Bude-li platit vztah  $\sigma_{a-f} < m_s$ , může tato hodnota vstupovat do výpočtu. Velikosti směrodatných odchylek jsou učeny s přesností 0,1 mm. Jelikož bylo měřeno se čtyřmi stanicemi na sedm hranolů, existuje tedy celkem 28 kombinací. Jako příklad tedy uvádím odchytky při měření na hranol 1 stanicí Nikon C-100 ev.č. 2775 (Tab. 1). Všechny ostatní hodnoty jsou součástí přílohy 2.

Tab. 1: Směrodatné odchytky pro NIKON C-100 ev.č. 2775 při měření s hranolem 1

Směrodatná odchytky (mm)		Přesnost dálkoměru
$\sigma_a$	0,1	5mm + 5 ppm
$\sigma_b$	0,3	
$\sigma_c$	0,4	
$\sigma_d$	0,3	
$\sigma_e$	0,1	
$\sigma_f$	0,3	

Jak vyplývá z Tab. 1, vztah  $\sigma_{a-f} < m_s$  platí v každém případě. do výpočtu mohou tedy vstupovat všechny hodnoty. Hodnota ppm se sice odvíjí od vzdálenosti, která je u úseků různá, nebyla ovšem překročena ani chyba konstantní, a to 5 mm, ppm se tedy již nemusí připočítat.

Při porovnání přesnosti dálkoměru  $m_s$  a směrodatné odchytky  $\sigma_{a-f}$  nedošlo k porušení vztahu  $\sigma_{a-f} < m_s$  ani jednou v rámci celého souboru měření, číselné hodnoty odchylek jsou součástí přílohy 2. Výpočet součtové konstanty tedy mohl být proveden pro všechny stanice a hranoly.

Uvedené hodnoty součtových konstant jsou vyjádřené s přesností na milimetry, neboť menší hodnotu nelze nastavit do přístroje. Určení na mm bude tedy plně postačující.

**Tab. 2 a 3 Zleva: Výsledné součtové konstanty pro Nikon C-100 ev.č. 2775 a Nikon C-100 ev.č. 3152**

<b>Nikon C-100 ev.č. 2775</b>	
<b>Hranol</b>	<b>Součtová konstanta (mm)</b>
<b>1</b>	<b>-33</b>
<b>2</b>	<b>-15</b>
<b>3</b>	<b>-15</b>
<b>4</b>	<b>-27</b>
<b>5</b>	<b>-26</b>
<b>6</b>	<b>-27</b>
<b>7</b>	<b>-29</b>

<b>Nikon C-100 ev.č. 3152</b>	
<b>Hranol</b>	<b>Součtová konstanta (mm)</b>
<b>1</b>	<b>-37</b>
<b>2</b>	<b>-18</b>
<b>3</b>	<b>-19</b>
<b>4</b>	<b>-28</b>
<b>5</b>	<b>-30</b>
<b>6</b>	<b>-30</b>
<b>7</b>	<b>-33</b>

**Tab. 4 a 5 Zleva: Výsledné součtové konstanty pro Leica TC 407 a Leica TCR 407 Power**

<b>Leica TC 407</b>	
<b>Hranol</b>	<b>Součtová konstanta (mm)</b>
<b>1</b>	<b>-1</b>
<b>2</b>	<b>18</b>
<b>3</b>	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>4</b>
<b>6</b>	<b>4</b>
<b>7</b>	<b>5</b>

<b>Leica TCR 407 Power</b>	
<b>Hranol</b>	<b>Součtová konstanta (mm)</b>
<b>1</b>	<b>-1</b>
<b>2</b>	<b>18</b>
<b>3</b>	<b>18</b>
<b>4</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>4</b>
<b>6</b>	<b>5</b>
<b>7</b>	<b>5</b>

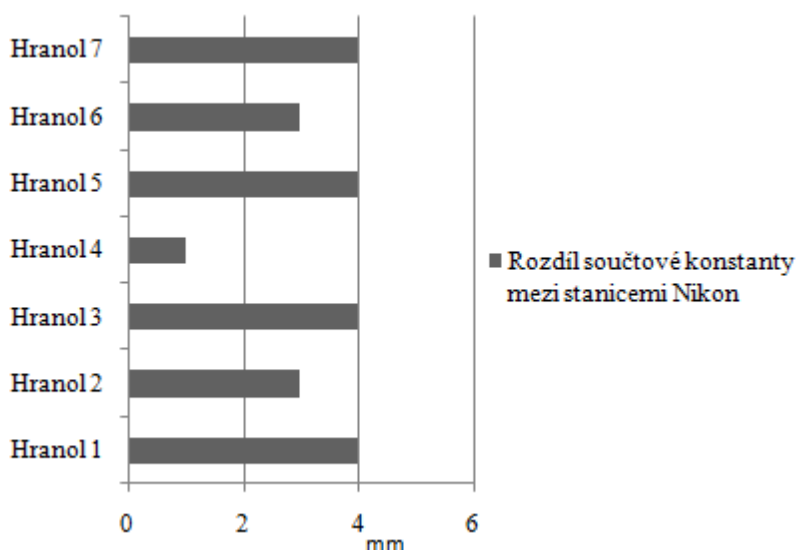


## 5.5 Vyhodnocení výsledků

Hodnoty součtové konstanty určené pro obě stanice Nikon není možné porovnat s žádnou dokumentací k hranolům.

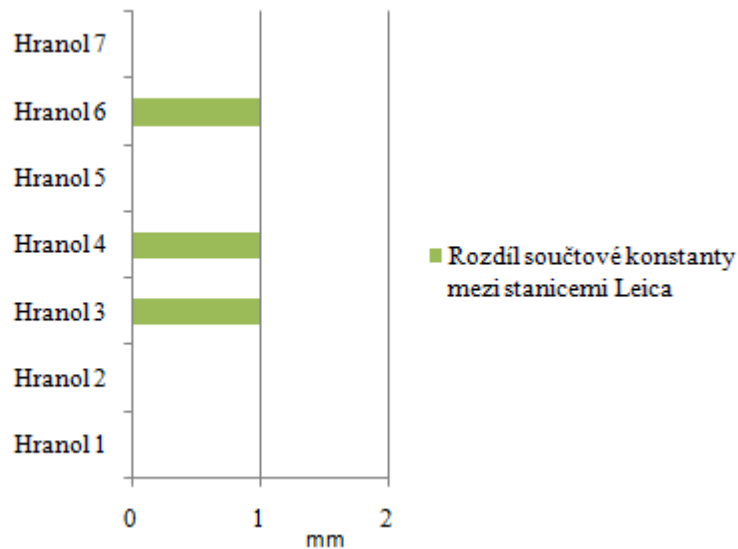
Součtové konstanty s hranoly stejných typů vychází vzhledem k přesnosti dálkoměrů a stáří přístrojů Nikon podobně.

Při porovnání hodnot resp. rozdílu součtových konstant pro jednotlivé hranoly uvedené v Tab. 2 a Tab. 3 je patrné, že stanice Nikon ev.č. 2775 má součtové konstanty menší přibližně o 4 mm. Výjimku tvoří pouze hranol 4. Tento přístroj tedy měří vzdálenosti zhruba o 4 mm kratší než druhý, přitom je vybaven stejným dálkoměrem. Zde se pravděpodobně bude projevovat stáří přístroje a stárnutí elektronických součástek, tak jak je popisováno v kapitole 3.2. Grafické znázornění rozdílů součtových konstant je uvedené v Obr. 14.



Obr. 14: Rozdíl součtové konstanty mezi stanicemi Nikon

Výsledky u stanic Leica již lze porovnávat s údaji od výrobce. pro hranol 1 platí konstanta 0 mm, pro hranoly 2 a 3 konstanta 17,5 mm. z výsledků vyplývá, že u hranolů 2 a 3 lze s továrními údaji souhlasit a lze je pro obě stanice zadávat. u hranolu 1 ovšem vyšla hodnota konstanty -1 mm. Chyba tedy bude na straně hranolu, je uchycen pouze v plastovém držáku, všechny ostatní mají kovové pouzdro.



Obr. 15: Rozdíl součtové konstanty mezi stanicemi Leica

Provedeme-li podobně jako v předchozím případě porovnání součtových konstant uvedených v Tab. 4, Tab. 5 dostaneme jejich rozdíly uvedené v Obr. 15. Rozdíl mezi součtovými konstantami je v tomto případě velmi malý. Tento rozdíl může být způsoben atmosférickými podmínkami, či samotným zaokrouhlováním měřených délek přístrojem a lze je prohlásit za zanedbatelné.

Z výsledků je zřejmé, že pro dosažení co nejpřesnějších výsledků a zachování kvality geodetických prací je třeba součtové konstanty hranolu a přístroje ověřovat. Ani dva stejné typy dálkoměru nemusí při měření na totožný hranol vyhodnotit stejnou vzdálenost a naopak, jak je patrné u hranolů 4, 5 a 6, i identické hranoly mohou mít určitý rozptyl hodnot. Výhodné je tedy zachovávat měřickou dvojici, tedy práci jedné totální stanice stále s jedním hranolem. To je ovšem časově náročné a leckdy neproveditelné.

Hranoly Leica mají sice konstanty uváděné výrobcem, jedná se ovšem o hodnoty určené pouze pro přístroje Leica, neboť zde hraje roli i přístrojová část součtové konstanty. Je tedy velmi důležité pamatovat na tuto skutečnost. Např. u měření totální stanicí Nikon C-100 ev.č. 2775 na hranol 2. Při zadání konstanty 18 mm by přístroj vyhodnotil délku o 33 mm delší oproti skutečnosti.

## 6. ZÁVĚR

Cílem této práce bylo určit součtové konstanty hranolů v kombinaci s různými totálními stanicemi. Nejprve došlo ke shromáždění teoretických informací o klíčových oblastech této práce, což je metrologie, elektronické dálkoměry a odrazné systémy. Získané znalosti byly použity v následujícím zpracování práce. Po stanovení metodických postupů a měřických prací došlo k výpočtům. Zde se poměřovala přesnost přístroje se směrodatnou odchylkou měřených úseků. ve všech případech došlo k dodržení podmínky a data mohla být zadána do výpočtu součtové konstanty. Konečným výstupem měřických výpočetních prací je určení hodnoty součtové konstanty pro používané totální stanice a odrazné hranoly. Jednotlivé výsledky byly mezi sebou porovnány a vysvětleny případné rozdíly.

V dnešní době je běžnou praxí, že se určování a nastavení součtové konstanty nevěnuje taková pozornost. Cílem práce bylo poukázat na to, že i v použití stejného vybavení mohou být rozdíly, a ne vždy se vyplácí používat pouze hodnoty udávané výrobcem. Výsledky této práce mohou být nadále využívány Katedrou krajinného managementu během práce s uvedenou přístrojovou technikou.

## 7. SEZNAM ZDROJŮ

- [1] STREIBL, Jiří. *Geodézie i - Přístroje a výpočty*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 1986. 152 s.
- [2] NEVOSÁD, Zdeněk, SOUKUP, František, VITÁSEK, Josef. *Geodézie II*. Brno: Nakladatelství VUTIUM, 1999. 107 s. ISBN 80-214-1475-8.
- [3] RATIBORSKÝ, Jan. *Geodézie 10*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2000. 234 s. ISBN 80-01-02198-X.
- [4] ŠVEC, Mojmír, HÁNEK, Pavel. *Stavební geodézie 10*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2006. 175 s. ISBN 80-01-03403-08.
- [5] ZÁKON č. 505/1990 Sb. *Zákon o metrologii*. Praha: ČR, 1990-2012
- [6] ČADA, Václav. *Přednáškové texty z Geodézie*. Plzeň: ZČU Fakulta aplikovaných věd, 2005 [cit. 12. 2. 2012]. Online výukový materiál. Dostupné na WWW: < <http://gis.zcu.cz/studium/gen1/html> >.
- [7] MAZALOVÁ, Jana. *Měření délek a komparace měřidel a dálkoměrů*. Ostrava: VŠB-TU Fakulta Hornicko – geologická, 2002 [cit. 20. 2. 2012]. 30 s. Dostupné na WWW: < [http://hgf.unas.cz/mereni\\_delek.doc](http://hgf.unas.cz/mereni_delek.doc) >.
- [8] ČÚZK. *Metrologický řád resortu ČÚZK*. ČÚZK, 2009. [cit. 20. 2. 2012]. Dostupné na WWW: < <http://www.cuzk.cz/GenerujSoubor.ashx?NAZEV=10-Metrolog-rad-PDF> >.
- [9] VÚGTK. *Terminologický slovník zeměměřičství a katastru nemovitostí*. VÚGTK, 2012. [cit. 25. 3. 2012]. Dostupné na WWW: < <http://www.vugtk.cz/slovník/> >.

- [10] [http://www.unmz.cz/sborniky\\_th/sb2009/MvK\\_7\\_vidit\\_hypervazby\\_s\\_mall.pdf](http://www.unmz.cz/sborniky_th/sb2009/MvK_7_vidit_hypervazby_s_mall.pdf) [cit. 25. 3. 2012]
- [11] <http://www.cmi.cz/> [cit. 25. 3. 2012].
- [12] <http://www.vugtk.cz/> [cit. 26. 3. 2012].
- [13] <http://www.unmz.cz/urad/unmz> [cit. 29. 3. 2012].
- [14] <http://www.cai.cz/> [cit. 1. 4. 2012].
- [15] <http://gpprague.cz/eshop/odrazny-stitek-formatu-5-x-5-cm-pi-339.html>  
[cit. 1. 4. 2012].
- [16] Total Station C-100 Instructions. Japan: Canon, 1996.
- [17] Leica Geosystems AG. Leica TPS400/TPS 410 Series. Uživatelská příručka k TC(R)403/405/407/410. [cit. 6. 4. 2012]. Dostupné na WWW: [http://www.gefos-leica.cz/ftp/Totalni\\_stanice/Navody/TPS400/TPS400%20&%20410C-User\\_V2.0\\_Ceska.pdf](http://www.gefos-leica.cz/ftp/Totalni_stanice/Navody/TPS400/TPS400%20&%20410C-User_V2.0_Ceska.pdf) >

## **8. SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1: Státní etalon velkých délek Koštice – ortofotomapa [12]

Obr. 2: Řetězec metrologické návaznosti [10]

Obr. 3: Vzorec pro výpočet délky [2]

Obr. 4: Schéma rádiového fázového dálkoměru [6]

Obr. 5: Schéma světelného fázového dálkoměru [6]

Obr. 6: Příklady optických hranolů [6]

Obr. 7: Odrazná fólie [15]

Obr. 8: Schéma základny a všech měřených úseků

Obr. 9: Nikon C-100 [16]

Obr. 10: Leica TC 407, Leica TCR 407 Power [17]

Obr. 11: Leica GPR111 Basic [17]

Obr. 12: Leica GMP111 Basic [17]

Obr. 13: Leica GMP101 Professional [17]

Obr. 14: Rozdíl součtové konstanty mezi stanicemi Nikon

Obr. 15: Rozdíl součtové konstanty mezi stanicemi Leica

## **9. SEZNAM FOTOGRAFIÍ**

Fot. 1: Trojhranol Zeiss Jena

Fot. 2: Ukázka montáže při měření

Fot. 3: Trojnožka s optickým centrovačem a hnízdo Zeiss Jena

## **10. SEZNAM TABULEK**

Tab. 1: Směrodatné odchylky pro NIKON C-100 ev.č. 2775 při měření s hranolem 1

Tab. 2: Výsledné součtové konstanty pro NIKON C-100 ev.č. 2775

Tab. 3: Výsledné součtové konstanty pro NIKON C-100 ev.č. 3152

Tab. 4: Výsledné součtové konstanty pro Leica TC 407

Tab. 5: Výsledné součtové konstanty pro Leica TCR 407 Power

## **11. SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 1: Zápisníky měřených délek

Příloha 2: Výpočty pro jednotlivé typy přístrojů a hranolů