



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta stavební
Katedra speciální geodézie**

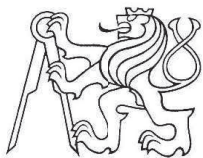
**URČENÍ TVARU A ROZMĚRU EFEKTIVNÍ STOPY DÁLKOMĚRŮ
TOTÁLNÍCH STANIC TRIMBLE S6 A S8**

Determination of the dimension and the shape of the effective spot of
the distance meter total stations Trimble S6 and S8

Bakalářská práce

Studijní program: Geodézie a kartografie
Studijní obor: Geodézie, kartografie a geoinformatika
Vedoucí práce: doc. Ing. Jaromír Procházka, Csc.

**Marek Talovic
Praha, 2016**



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Talovic Jméno: Marek Osobní číslo: 424017
Zadávající katedra: Katedra speciální geodézie
Studijní program: Geodézie a kartografie
Studijní obor: Geodézie, kartografie a geoinformatika

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Určení tvaru a rozměru efektivní stopy dálkoměrů totálních stanic Trimble S6 a S8

Název bakalářské práce anglicky: Determination of the dimension and the shape of the effective spot of the distance meter total stations Trimble S6 and S8

Pokyny pro vypracování:

Realizujte a vyhodnoťte experimentální postup určení efektivních stop elektronických dálkoměrů totálních stanic Trimble S6 a S8. Výsledky vzájemně porovnejte.

Seznam doporučené literatury:

- [1] Rueger, J.M.: Electronic Distance Measurement. 3. vyd. New York: Springer-Verlag, 1990. 266 s. ISBN 3-540-51523-2
[2] Kaanová, B.: Experimentální určení tvaru a rozměru efektivní stopy elektronického dálkoměru. Praha: ČVUT, 2012. Diplomová práce, ČVUT, Fakulta stavební, Katedra speciální geodézie.

Jméno vedoucího bakalářské práce: doc. Ing. Jaromír Procházka, CSc.

Datum zadání bakalářské práce: 23. 2. 2016 Termín odevzdání bakalářské práce: 20. 5. 2016


Podpis vedoucího práce


Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

23. 2. 2016

Datum převzetí zadání


Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, pod odborným vedením doc. Ing. Jaromíra Procházky, Csc. a Ing. Jaroslava Brauna a s použitím literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu zdrojů na konci práce.

V Praze, dne 20. 5. 2016

.....

Podpis

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval doc. Ing. Jaromíru Procházkovi, Csc., pod jehož vedením vznikla tato bakalářská práce, za ochotu, trpělivost a cenné rady. Dále můj velký dík patří Ing. Jaroslavu Braunovi, za časté konzultace, rady a pomoc při měření dat.

Název Práce: Určení tvaru a rozměru efektivní stopy dálkoměrů totálních stanic Trimble S6 a Trimble S8

Autor: Marek Talovic

Obor: Geodézie, kartografie a geoinformatika

Druh práce: Bakalářská práce

Vedoucí práce: doc. Ing. Jaromír Procházka, Csc.

Abstrakt

Účelem této bakalářské práce je provedení vhodných experimentů pro určení rozměrů a tvarů efektivních stop dálkoměrů totálních stanic Trimble S6 HP a Trimble S8 HP.

Klíčová slova

Totální stanice Trimble S6 HP, Totální stanice Trimble S8 HP, Efektivní stopa dálkoměru

Title: Determination of the dimension and the shape of the effective spot of the distance meter total stations Trimble S6 and S8

Author: Marek Talovic

Fieldy of study: Geodesy, cartography and geoinformatics

Type of thesis: Bachelor thesis

Supervisor: doc. Ing. Jaromír Procházka, Csc.

Abstract

The purpose of this bachelor thesis is to do a suitable experiments to determine the dimension and the shape of the effective spot of the distance meter total stations Trimble S6 HP and Trimble S8 HP.

Keywords

Total station Trimble S6 HP, Total station Trimble S8 HP, Effective spot of the distance meter

Obsah

1	Úvod.....	8
2	Přístroje.....	9
2.1	Trimble S6 HP	9
2.2	Trimble S8 HP	11
2.3	Přípravek	12
3	Dálkoměry	15
3.1	Fázové dálkoměry	15
4	Dvouštitkový experiment.....	17
4.1	Princip.....	17
4.2	Postup měření	17
4.2.1	Příprava měření.....	18
4.2.2	Experimentální měření.....	19
4.3	Zpracování	20
4.4	Zhodnocení dvouštitkového experimentu.....	21
5	Jednoštitkový experiment	24
5.1	Princip.....	24
5.2	Postup měření	24
5.2.1	Příprava měření.....	24
5.2.2	Experimentální měření.....	25
5.3	Zpracování	26
5.4	Vyhodnocení jednoštitkového experimentu	27
6	Závěr	33
	SEZNAM ZDROJŮ.....	40
	SEZNAM VZORCŮ.....	41
	SEZNAM TABULEK	42
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	43
	SEZNAM PŘÍLOH.....	44

1 Úvod

Cílem této bakalářské práce je experimentální určení tvaru a rozměru efektivních stop dálkoměrů totálních stanic Trimble S6 High Precision a Trimble S8 High Precision, a to vzhledem ke skutečnosti, že parametry efektivní stopy dálkoměrů nejsou zpravidla výrobcem přístrojů uváděny.

Znalost tvaru a rozměru efektivní stopy dálkoměrů je důležitá především z důvodu vhodného rozmístění měřických odrazných zařízení v terénu, zejména pokud existuje nebezpečí odrazu paprsku dálkoměru od více odrazných ploch, nacházejících se v těsné blízkosti či v zákrytu. Znalost těchto parametrů je též nezbytná pro volbu optimální velikosti měřického cíle, s ohledem na délku záměry (odpovídající velikost terče vzhledem k velikosti stopy).

Experimenty prováděné v rámci této bakalářské práce určují parametry efektivní stopy pro totální stanice, nastavené do módu měření na odrazné plochy. Výzkum je zaměřen na případ, kdy je odrazná plocha nastavena kolmo na záměrnou přímkou dalekohledu.

Vzhledem k tomu, že podobný experiment byl uskutečněn v roce 2012 v rámci diplomové práce Ing. Barbory Kaanové^[1], která parametry zkoumala pro totální stanici Topcon GPT 7501 (pulsní dálkoměr) a taktéž pro Trimble S6 High Precision, je dílčím cílem mé bakalářské práce též porovnání a zhodnocení výsledků dvou nezávisle provedených experimentů, dosažených s časovým odstupem.

2 Přístroje

Tvar a velikost efektivní stopy byly hodnoceny pro totální stanice Trimble S6 HP a Trimble S8 HP především proto, že typ S6 byl zkoumán i Ing. Kaanovou^[1] a výsledky lze tedy porovnat. Dále lze provést porovnání výsledných parametrů typů S6 a S8, které mají stejný fázový dálkoměr, ovšem odlišnost softwarů může způsobit rozlišnost výsledků. K měření byl dále použit přípravek s odraznými šítky, vyvinutý na katedře speciální geodézie, který je stejně jako přístrojové vybavení použité pro tento experiment majetkem Katedry speciální geodézie, Fakulty stavební ČVUT. V níže uvedených parametrech přístrojů jsou informace uvedené výrobcem, týkající se pouze dálkoměru, jelikož úhlové měření není předmětem této práce.

2.1 Trimble S6 HP

Tato totální stanice obsahuje fázový dálkoměr s označením HP *high precision*, v překladu vysoká přesnost. Zdrojem světla je pulsní laserová dioda 660 nm^[2].



Obr. 2.1 – Trimble S6 HP^[5]

Rozměr dálkoměrné stopy udávané výrobcem v hranolovém módu měření:

horizontálně 4 cm/100 m

vertikálně 4 cm/100m

Rozměr dálkoměrné stopy udávané výrobcem v módu DR (direct reflex) tzn. bezhranolové měření:

horizontálně 2 cm/50 m

vertikálně 2 cm/50m

Rozsah atmosférických korekcí: od -130 ppm do 160 ppm

Hranolový mód:

Přesnost: 1mm + 1ppm, za podmínky teploty 5°C až 45°C

Dosah: na 1 hranol: Běžný režim do 3000 m

Režim měření dlouhých délek do 5000 m

na 3 hranoly: Běžný režim do 5000 m

Režim měření dlouhých délek do 7000 m

Doba měření: 2 s

Bezhranolový mód (DR mode):

Přesnost: 3mm + 2ppm

Dosah: na Kodak Gray Card (s odrazivostí 18%): >120 m

na Kodak Gray Card (s odrazivostí 90%): >150 m

Doba měření: 3-15 s

Data z technické specifikace přístroje [3].

Výrobní číslo použitého přístroje: 92120086

2.2 Trimble S8 HP

Trimble S8 HP je novější verzi nejpřesnějších totálních stanic firmy Trimble, vychází z modelu S6. Světlo je generováno pulsní laserovou diodou 660 nm^[10].



Obr. 2.2 – Trimble S8 HP^[6]

Rozměr dálkoměrné stopy udávané výrobcem v hranolovém módu měření:

horizontálně 4 cm/100 m

vertikálně 4 cm/100m

Rozměr dálkoměrné stopy udávané výrobcem v módu DR (direct reflex) tzn. bezhranolové měření:

horizontálně 2 cm/50 m

vertikálně 2 cm/50m

Rozsah atmosférických korekcí: od -130 ppm do 160 ppm

Hranolový mód:

Přesnost:	1mm + 1ppm		
Dosah:	na 1 hranol:	Běžný režim	do 3000 m
		Režim měření dlouhých délek	do 5000 m
	na 3 hranoly:	Běžný režim	do 5000 m
		Režim měření dlouhých délek	do 7000 m
Doba měření:	2 s		

Bezhranolový mód (DR mode):

Přesnost:	3mm + 2ppm	
Dosah:	na Kodak Gray Card (s odrazivostí 18%):	>120 m
	na Kodak Gray Card (s odrazivostí 90%):	>150 m
Doba měření:	3-15 s	

Přestože doba měření udávaná výrobcem je stejná pro oba použité modely, měření typem S8 HP bylo výrazně rychlejší z důvodu rychlejšího průměrování naměřených délek.

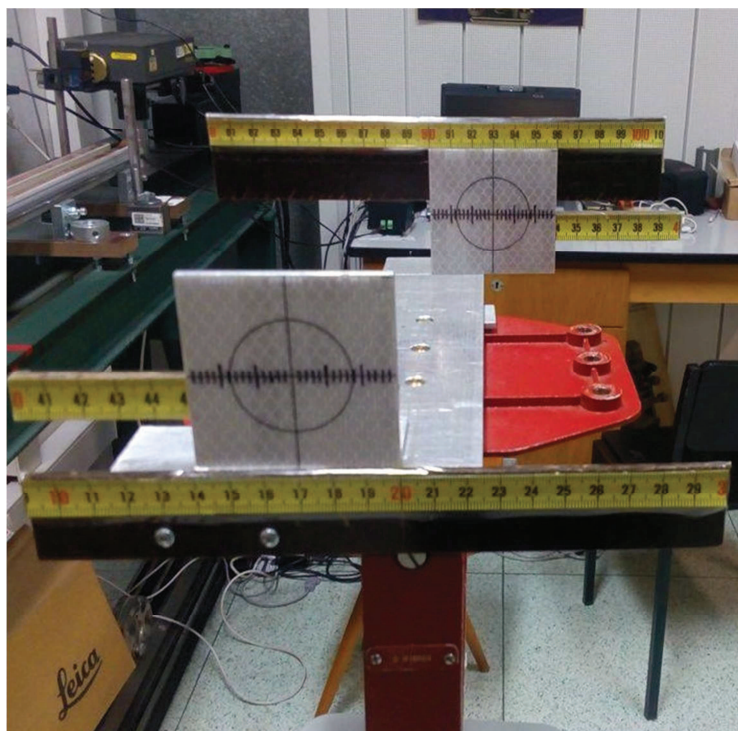
Data z technické specifikace přístroje [4].

Výrobní číslo použitého přístroje: 98111877

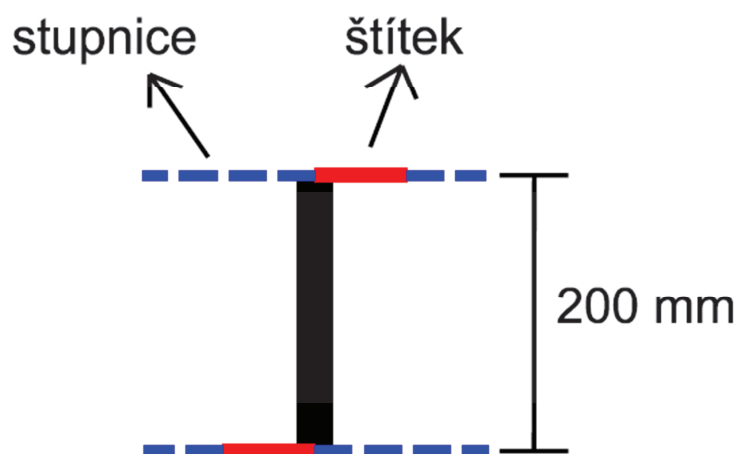
2.3 Přípravek

Přípravek se dvěma odraznými štítky byl speciálně vytvořen pro dvouštítkový experiment. Každý ze štítků je čtvercový, o délce strany 60 mm. Štítky jsou umístěny tak, aby na sebe ve směru záměry zdánlivě navazovaly, a jsou vůči sobě vzájemně posunuty o 200 mm (viz obr. 2.4). Tato odrazná soustava je umístěna na otočném rameni, pomocí něhož lze přípravek směřovat do různých poloh měření (viz obr. 4.2). Na rameni jsou rysky, které slouží k natočení do základních poloh, toto natočení lze realizovat i pomocí kovové destičky, která je příslušenstvím přípravku. Přiložením této destičky lze přípravek nasměřovat přesně i do diagonálních poloh. Štítky na sobě nesou stupnice

s dvoumilimetrovým dělením. Dále je přípravek opatřen stupnicemi s milimetrovým dělením. Celá odrazná soustava je pevně spojena s klasickou geodetickou trojnožkou, čímž je zajištěna možnost připevnění ke stativu pomocí upínacího šroubu.

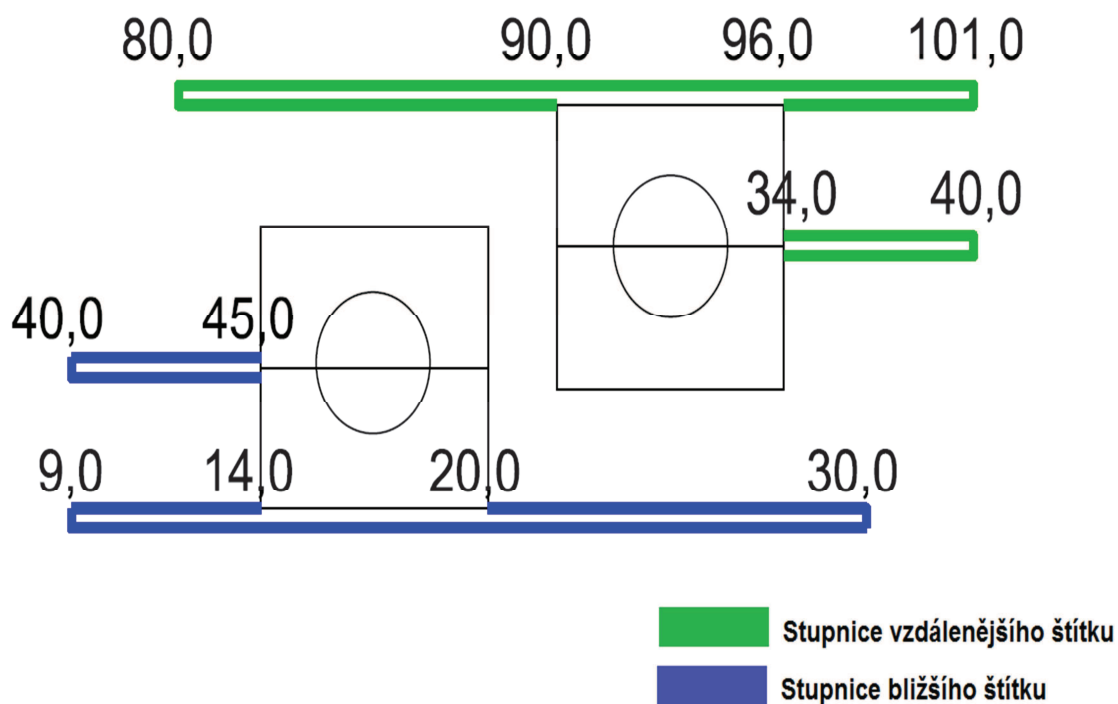


Obr. 2.3 – Přípravek (horizontální poloha)



Obr. 2.4 – Přípravek v horizontální poloze – pohled shora

Číslování stupnic je dělané tak, aby stupnice začínala a končila celým číslem. Kratší stupnice slouží pouze pro pohododlnější čtení, případně pro ověření správnosti čtení.



Obr. 2.5 – Číslování stupnic přípravku

3 Dálkoměry

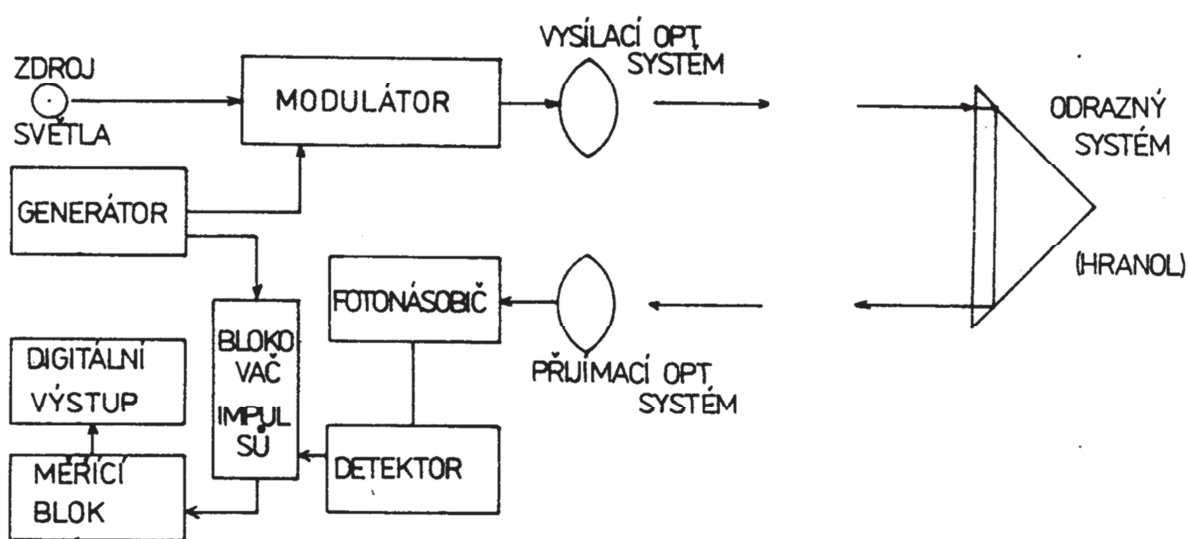
V současnosti nejrozšířenější metodou měření délek je elektronické měření, které je nejen nejrychlejší, ale i nejpřesnější. Elektronické dálkoměry téměř stoprocentně nahradily dřívější metody určení délek, které se dnes používají jen ve výjimečných situacích (mezi tyto metody řadíme ať už přímé měření vzdálenosti, v podobě pásma či invarových drátů, tak nepřímé, v podobě nitkových dálkoměrů, či paralaktického určení vzdálenosti).

Elektronické měření délek řadíme k nepřímému měření délek, jelikož délka je určena z měření tranzitního času a známé rychlosti elektromagnetického vlnění, které dálkoměr vysílá. Tranzitní čas je doba, kterou vyslaná vlna potřebuje k uražení vzdálenosti od vysílače k odrazné ploše a zpět^[8].

Tranzitní čas lze určit přímo – potom se jedná o pulsní dálkoměr, v případě nepřímého měření tranzitního času (měření fázového posunu), hovoříme o fázových dálkoměrech. Přístroje použité pro tuto práci mají dálkoměr fázový, proto je v následujícím odstavci podrobněji popsán jejich princip^[7].

3.1 Fázové dálkoměry

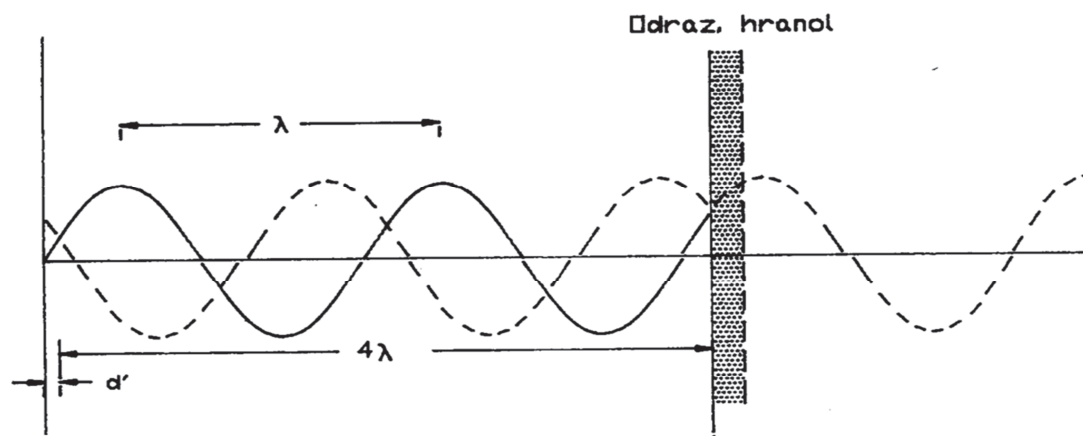
Vlnění se po odrazu od odrazného zařízení vrací do přijímače s určitým fázovým posunem (tento posun je vlastně doměrkem měřené délky viz obr. 3.2). Fázový posun je určen porovnáním okamžité velikosti fáze vysílané a přijímané vlny. Délky se měří pomocí více frekvencí, obvykle 2 – 3.^[8]



Obr. 3.1 – Schéma světelného dálkoměru. [8]

d ... doměrek

λ ... vlnová délka.



Obr. 3.2 – Určení fázového doměrku. [8]

4 Dvouštitkový experiment

Experiment navržen v rámci diplomové práce Ing. Kaanové^[1]

4.1 Princip

V tomto experimentu byl proměřen přípravek, umístěný vzhledem k záměrné přímce totální stanice tak, aby odrazné plochy obou vzájemně posunutých štítků (obr.2.3) na sebe přesně navazovaly, a to pro obě totální stanice na vzdálenost přibližně dvaceti metrů (přesné určení délky pro tento experiment není směrodatné). Princip experimentu spočívá v zjištění největší možné odchylky záměrné přímky od odrazného štítku, a to ve všech směrech, kdy je přístroj v módu měření na odrazné plochy ještě schopen určit délku. Od tohoto zacílení jsou délky na přípravku proměřeny s krokem 2 mm, a to v horizontální, vertikální i obou diagonálních polohách. Cílení po 2 mm se děje vždy ve směru, v kterém je natočen přípravek.

Pozornost je zde kladena především na přechod mezi dvěma odraznými plochami, kde je zjišťováno krajní cílení, kdy měřená délka ještě není ovlivněna odrazem od vedlejší odrazné plochy. Zjišťováno je také, zda se naměřená vzdálenost mezi body na pomezí dvou štítků změní skokově nebo bude měření jevit známky pozvolného přechodu. Naměřené hodnoty byly vyneseny do grafů (ukázka viz obr. 4.4 a 4.5, zbylé grafy jsou v přílohách této práce) a číselné rozměry stopy do tabulek.

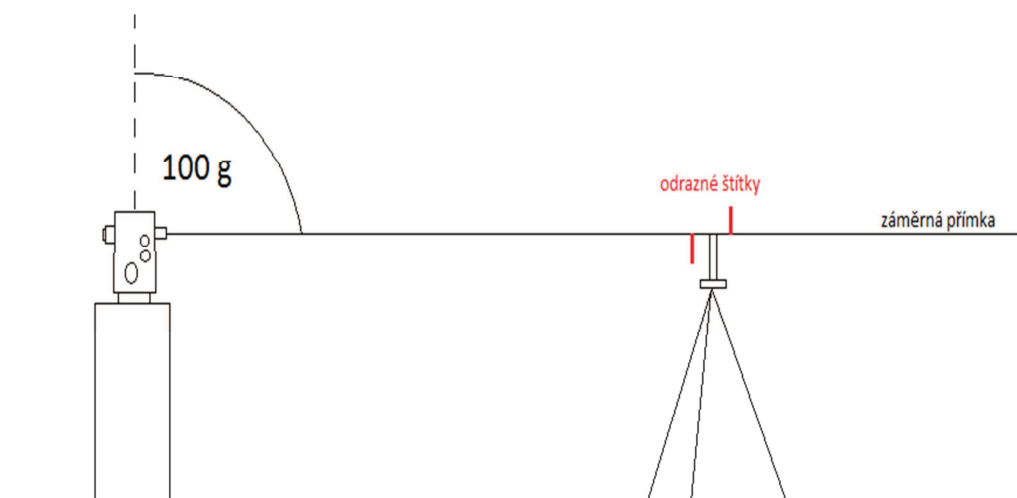
4.2 Postup měření

Experimentální měření jsem osobně realizoval v laboratoři B-s128, Fakulty stavební ČVUT. Jedná se o místnost s konstantní teplotou, atmosférickým tlakem i světelnými podmínkami, přesto byla do stroje, pro maximalizaci přesnosti, zadávána aktuální teplota i tlak.

4.2.1 Příprava měření

Totální stanice byla umístěna na pilíř délkové základny v laboratoři a byla zhorizontována. Na totální stanici byl nastaven zenitový úhel 100 gon a byla zapnuta laserová stopa. Ve vzdálenosti přibližně 20 m od totální stanice byl umístěn stativ s přípravkem. Odrazný systém byl umístěn kolmo na záměrnou přímku, a to tak, aby ve vertikální poloze přípravku laserová stopa mířila přesně na rozhraní dvou odrazných štítků a zároveň, aby nebyla vidět mezera mezi štítky, čili aby stopa neprosvítala za přípravek, čímž bylo docíleno umístění horizontu přístroje do středu odrazného systému. Stativ byl tedy vyzvednut do horizontu přístroje.

Přesné nasměrování horizontální a vertikální polohy přípravku bylo provedeno pomocí totální stanice, kdy rysky ryskového kříže mají přesně kopírovat rysky odrazných štítků na přípravku.



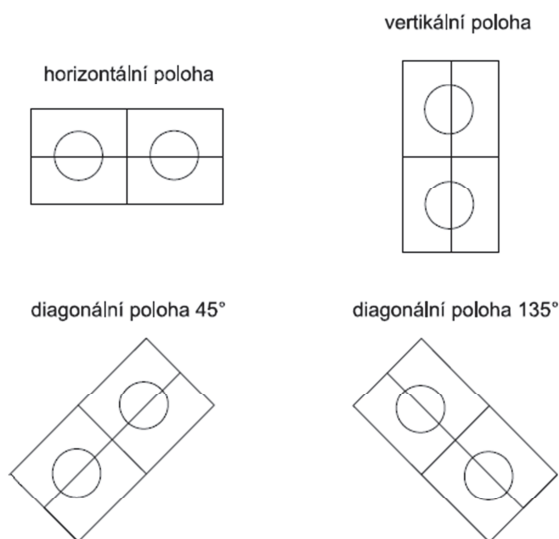
Obr. 4.1 – Situace měření s přípravkem ve vertikální poloze

4.2.2 Experimentální měření

Totální stanice byla nastavena do módu měření šikmých délek na odrazné plochy, dále bylo nastaveno trojí měření každé délky (do zápisníku exportovaného přístrojem je zaznamenán průměr těchto tří měření).

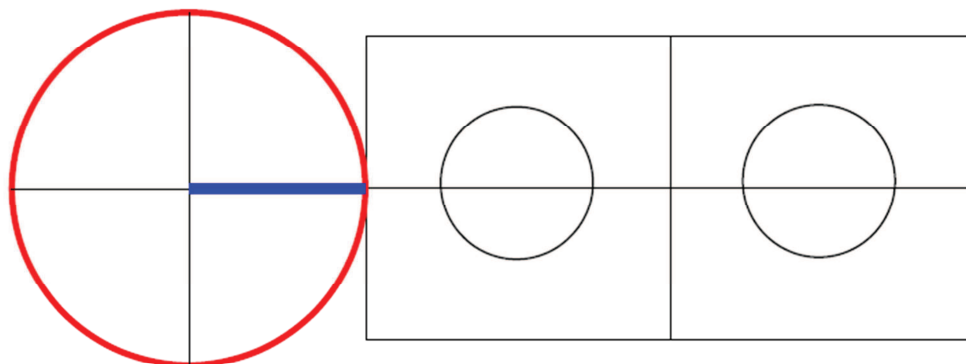
Nejprve bylo v proměřovaném směru zacíleno mimo štítky v úrovni odpovídající rysky na štítkách, tak aby přístroj nebyl schopen změřit danou délku. Postupně bylo ve 2mm krocích cíleno směrem k štítkům, až přístroj délku změřil. Naměřená délka byla uložena a bylo zaznamenáno čtení na stupnici přípravku. Vzdálenost krajního bodu, na který bylo ještě možné měřit délku, od odrazného štítku je jedním z rozměrů efektivní stopy (viz obr. 4.3). Dále byl přípravek postupně proměřován s 2 mm krokem, realizovaným podle stupnice na přípravku, a to až do bodu, kdy byl přístroj ještě schopen změřit délku na druhé straně. Kvůli pozdějšímu zpracování bylo zaznamenáno číslo bodu na okraji štítku a na jejich rozmezí. Takto proměřen byl přípravek ve všech polohách, přecilováno vždy bylo ve směru, v kterém byl umístěn přípravek (tzn. přípravek v horizontální poloze - přecilováno bylo zleva doprava, přípravek ve vertikální poloze – přecilováno bylo shora dolů, atd.).

Měření bylo provedeno ve čtyřech polohách přípravku, horizontální, vertikální a obou diagonálních (viz obr. 4.2).



Obr. 4.2 – Polohy přípravku

Na obrázku 4.3 je zachyceno určení jednoho ze zjišťovaných rozměrů stopy. Přípravek je zde v horizontální poloze, červeně je symbolicky vyznačena efektivní stopa dálkoměru, modře pak jeden z rozměrů stopy. Takovýto rozměrů, vzhledem k měření v několika polohách přípravku je zjištěno osm.



Obr. 4.3 – Určení rozměru stopy (horizontální poloha přípravku)

4.3 Zpracování

Prioritou tohoto experimentu je především zjištění přechodu mezi dvěma štítky. Na určení tvaru a rozměru stopy je vhodnější jednoštítkový experiment, proto byl experiment uskutečněn pro každý přístroj pouze pro délku 20 m.

Všechny naměřené šikmé vzdálenosti byly převedeny na vodorovné (vzorec 4.3) a vyneseny do grafů (obr.4.4 a 4.5), kde jednu osu tvořily vodorovné délky a druhou pořadí bodu. Do grafů byly vyznačeny body okrajů štítků a jejich rozmezí, jelikož bylo přecilováno v 2 mm kroku, z grafu lze vyčíst vzdálenost daného cílení od rozhraní, případně hrany štítku.

Určení jednotlivých rozměrů stopy je obdobné jako v jednoštítkovém experimentu viz kapitola 5. Princip tohoto určení je názorně vykreslen v obrázku 4.3.

$$d_h = d_s * \sin(Z) \tag{4.3}$$

d_h ... vodorovná délka

d_s ... šikmá délka

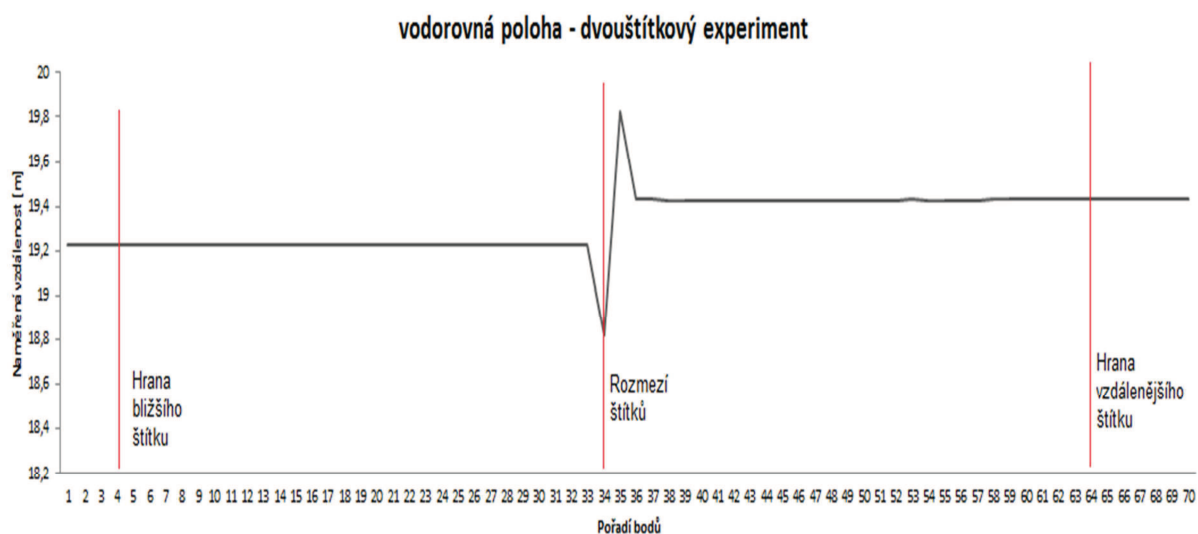
Z ... zenitový úhel

4.4 Zhodnocení dvouštitkového experimentu

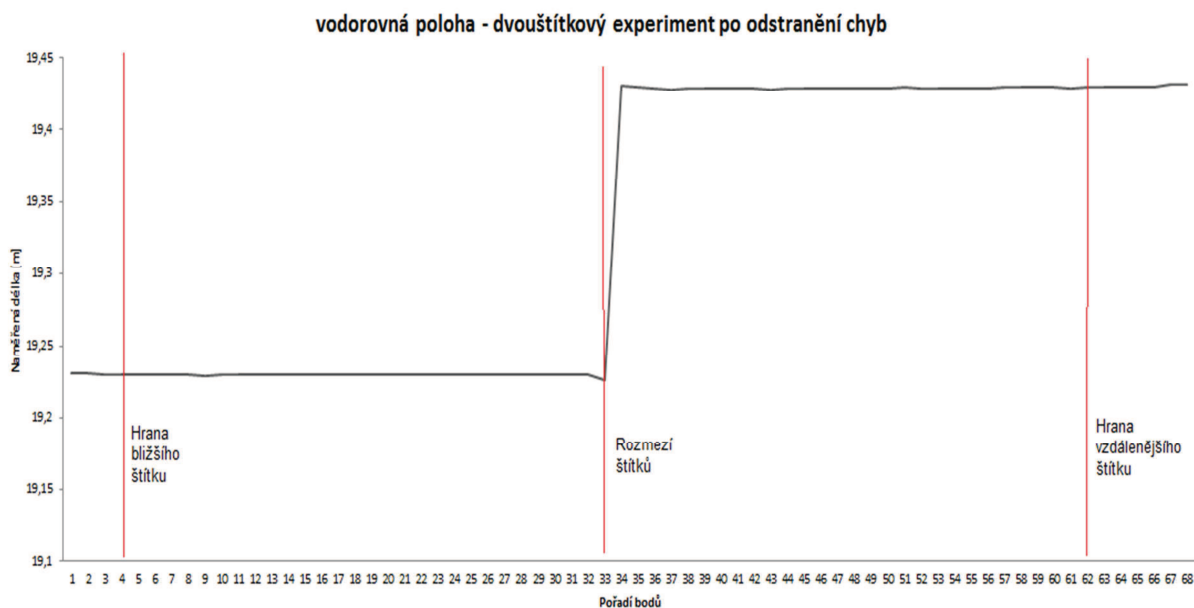
Oba přístroje prokázaly určitou nejistotu při měření délky na rozhraní dvou štitků. Takto měřenou délku obě totální stanice mnohem déle vyhodnocovaly. U obou přístrojů se občas stalo, že při měření někam na pomezí obou štitků byla změřená délka výrazně mimo a naprosto vyčnívala z grafu (viz obr. 4.4). U modelu S6 byly několikrát pozorovány mírné nepřesnosti (v řádech mm) při cílení mimo štitky, v krajních polohách efektivní stopy.

Podstatný rozdíl byl též zaznamenán v celkové době měření, kdy novější typ S8 průměroval měření výrazně rychleji.

Pro ukázkou je zde uveden graf pro model S8 s chybným vyhodnocením délek na rozhraní štitků (obr. 4.4) a tentýž graf po vyjmutí těchto vadných délek (obr. 4.5). Všechny ostatní grafy jsou obsaženy v přílohách.



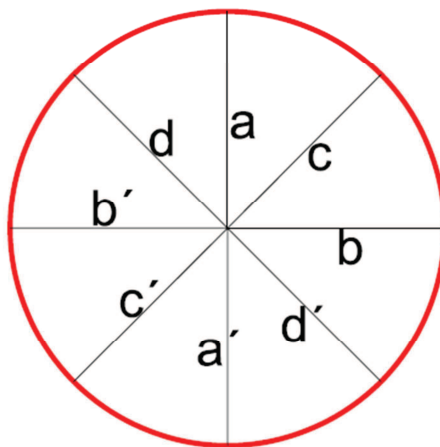
Obr. 4.4 – Graf naměřených délek - dvouštitkový experiment – vodorovná poloha přípravku – Trimble S8 HP



Obr. 4.5 – Graf naměřených délek - dvouštitkový experiment – vodorovná poloha přípravku po odstranění chyb– Trimble S8 HP

V obr. 4.5 lze pozorovat mírné odchylky v naměřených délkách, ty jsou způsobeny nahodilou chybou v dálkoměrném měření.

Pro přehlednost bylo zvoleno stejné značení jednotlivých rozměrů stopy, jako v diplomové práci Ing. Kaanové^[1] (viz obr. 4.6).



Obr. 4.6 – Značení rozměrů stopy^[1]

20 m – dvouštítkový experiment			
[mm]	S6	S8	Rozdíl
a =	12,0	12,0	0,0
a' =	12,0	14,0	-2,0
b =	8,0	8,0	0,0
b' =	8,0	12,0	-4,0
c =	10,0	10,0	0,0
c' =	6,0	14,0	-8,0
d =	8,0	10,0	-2,0
d' =	10,0	10,0	0,0

Tabulka 1 – Porovnání rozměrů efektivní stopy zkoumaných totálních stanic z dvouštítkového experimentu

5 Jednoštítkový experiment

Experiment navržen v rámci diplomové práce Ing. Kaanové^[1]

5.1 Princip

Principem tohoto experimentu je proměření pouze jednoho štítku a zjištění maximálních příčných vzdáleností od hrany štítku, kdy je přístroj ještě schopen změřit délku. Pro tento experiment byl použit stejný přípravek jako pro předchozí, dvouštítkový experiment. Vzdálenější štítek byl zakryt neodrazivým materiálem (silným kusem tmavé látky). Proměření přípravku bylo opět provedeno s 2 mm krokem, v horizontální, vertikální i obou diagonálních polohách. Cílení bylo prováděno ve směru, v kterém byl natočen přípravek.

Pozornost je zde kladena především na zjištění maximálních příčných vzdáleností středu ryskového kříže od okraje štítku a tím pádem určení rozměru a tvaru stopy na vzdálenostech, na kterých je měření provedeno. Ze zjištěných rozměrů efektivních stop obou dálkoměrů byly vyhotoveny výkresy a číselné rozměry byly zaznamenány do tabulek. Z naměřených délek byly vyhotoveny grafy viz obr. 5.2.

5.2 Postup měření

Měření jsem opět osobně realizoval v laboratoři B-s128, Fakulty stavební ČVUT, kde byla zaručena konstantní teplota, tlak i světelné podmínky. Přesto byly pro omezení vlivu teploty a tlaku do přístroje atmosférické podmínky zadávány. Měření v tomto experimentu bylo uskutečněno na základnách 5m, 10m, 15m, 20m a 30m, a to pro obě totální stanice. Výsledkem je tedy tvar a rozměr efektivní stopy dálkoměru právě v těchto vzdálenostech od přístroje.

5.2.1 Příprava měření

I v tomto experimentu byla totální stanice umístěna na pilíř délkové základny v laboratoři a byla zhorizontována. Stativ s přípravkem byl umístěn přibližně do vzdálenosti, na které bylo prováděno výše uvedené měření (přesné určení délky opět není směrodatné). Přípravek byl urovnán stejně jako v předchozím, dvouštítkovém experimentu.

Následně byl zakryt vzdálenější štítek zmíněnou tmavou, neodrazivou látkou. Přesného nasměrování přípravku do horizontální a vertikální polohy bylo docíleno pomocí ryskového kříže totální stanice, kde rysky zhorizontovaného přístroje přesně kopírovaly rysky na přípravku.



Obr. 5.1 – Základny pro měření jednoštítkového experimentu

5.2.2 Experimentální měření

Totální stanice byla i zde nastavena do módu měření na odrazné terče. Dále bylo nastaveno měření šikmých délek a trojí měření každé délky, v přístrojem exportovaném zápisníku je uveden průměr těchto tří měření.

Postup měření je obdobný jako v předchozím experimentu. Opět bylo zacíleno mimo štítek a postupně ve 2 mm krocích bylo cílení přibližováno směrem ke středu štítku, až přístroj dokázal délku změřit. Postupně byl štítek proměřen v 2 mm kroku, až byla maximální použitelná příčná vzdálenost od hrany štítku zjištěna i na druhé straně. Tato maximální příčná vzdálenost středu ryskového kříže od hrany štítku je jedním z rozměrů efektivní stopy dálkoměru (viz obr. 4.3). Jelikož primárním cílem tohoto experimentu je zjištění nejvzdálenějších bodů, kdy přístroj ještě změří délku, byly tyto krajní body, po ukončení měření kontrolně zjištěny ještě jednou, bez ukládání do zápisníku. Pro pozdější zpracování byla zaznamenána čísla bodů na okraji štítku .

Toto měření bylo provedeno pro oba zkoumané přístroje na všech výše uvedených délkách základen. Na každé základně bylo proměření provedeno ve všech čtyřech polohách přípravku, přecilováno bylo opět vždy ve směru, v kterém je umístěn přípravek (tzn. přípravek v horizontální poloze - přecilováno bylo zleva doprava, přípravek ve vertikální poloze – přecilováno bylo shora dolů, atd.).

5.3 Zpracování

Nejprve byly všechny délky převedeny na vodorovné (viz vzorec 4.3). Každý soubor měření byl vyneseno do grafu, v kterém osu Y tvoří naměřená délka v metrech, osu X potom pořadí bodů (body jsou vzhledem k přecilování v 2mm kroku vzdáleny od sebe právě 2 mm). Do grafu byly vyznačeny okraje štítku, tak aby bylo zřejmé, která měření jsou na štítku a která mimo něj. Pojmeme soubor měření zde rozumíme měření na jedné základně, v jedné poloze přípravku, jedním přístrojem.

Ze znalosti maximální příčné vzdálenosti cílení od hrany štítku byly zjištěny rozměry stopy v osmi směrech (způsob určení viz obr. 4.3). Výsledné rozměry efektivní stopy byly zaznamenány do tabulek. Dále byl z těchto rozměrů vyhotoven výkres stop v programu Microstation V8i, a to tak, že osmi body, zjištěnými z měření, byla proložena plynulá křivka. Výkresy efektivních stop i tabulky s jejich parametry jsou uvedeny níže.

Pro každý soubor měření byly spočteny výběrové směrodatné odchylky, které vyjadřují vliv chyby přístroje a současně chybu z nedokonalého nasměrování přípravku kolmo k záměrné přímce přístroje. Tato nedokonalost urovnání ovšem na primární účel tohoto experimentu, jímž je určení tvaru a rozměru stopy nemá vliv. Vliv změny délky při cílení na okraj štítku a na jeho střed je vzhledem k použitým délkám záměr zanedbatelný. Spočtené výběrové směrodatné odchylky slouží pro představu, jak velkých chyb v délkách se v tomto experimentu dosahovalo. Tabulka s vypočtenými výběrovými směrodatnými odchylkami je taktéž uvedena níže (viz tab. 7).

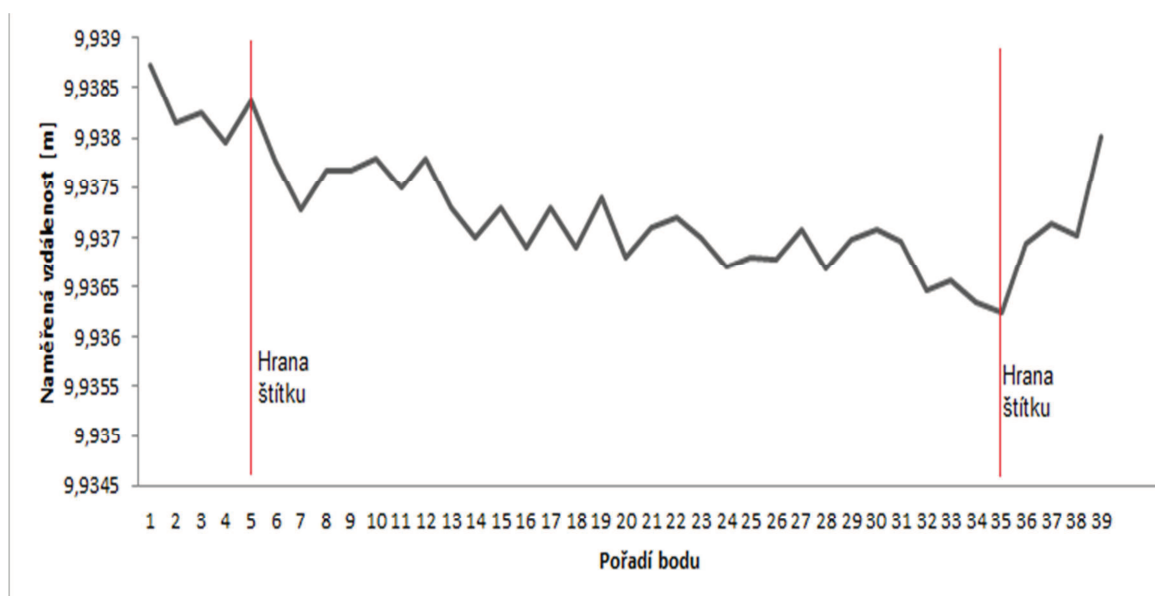
Výběrové směrodatné odchylky byly spočteny pomocí vzorce:

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (\bar{x} - x_i)^2} \tag{5.3}$$

s...výběrová směrodatná odchylka
N...počet hodnot v souboru měření
 \bar{x} ...průměr naměřených hodnot
 x_i ...hodnota jednoho měření

5.4 Vyhodnocení jednoštítkového experimentu

Z grafického znázornění měřených délek při různém zacílení je zřejmá nedokonalost urovnání přípravku kolmo na záměrnou přímkou. Ta se projevuje konstantním růstem/poklesem měřené vzdálenosti, na výsledné rozměry stopy však nemá žádný vliv. Pro příklad je uveden jeden z grafů (obr. 5.2), všechny ostatní jsou v přílohách této práce.



Obr. 5.2 – Ukázka grafu- jednoštítkový experiment (Trimble S6 – vertikální poloha na 10m)

V následujících tabulkách (tab. 2 – tab. 6) jsou uvedeny rozměry efektivní stopy a jejich porovnání pro obě totální stanice (značení jednotlivých rozměrů viz obr. 4.6).

5 m - jednoštítkový experiment			
[mm]	S6	S8	Rozdíl
a =	6,0	6,0	0,0
a' =	6,0	6,0	0,0
b =	4,0	2,0	2,0
b' =	4,0	4,0	0,0
c =	6,0	4,0	2,0
c' =	6,0	6,0	0,0
d =	6,0	4,0	2,0
d' =	4,0	6,0	-2,0

Tabulka 2 – rozměry efektivní stopy z jednoštítkového experimentu na 5 m

10 m - jednoštítkový experiment			
[mm]	S6	S8	Rozdíl
a =	8,0	10,0	-2,0
a' =	8,0	10,0	-2,0
b =	6,0	4,0	2,0
b' =	4,0	6,0	-2,0
c =	8,0	8,0	0,0
c' =	6,0	6,0	0,0
d =	8,0	8,0	0,0
d' =	6,0	6,0	0,0

Tabulka 3 – rozměry efektivní stopy z jednoštítkového experimentu na 10 m

15 m - jednoštítkový experiment			
[mm]	S6	S8	Rozdíl
a =	10,0	8,0	2,0
a' =	8,0	12,0	-4,0
b =	8,0	6,0	2,0
b' =	6,0	8,0	-2,0
c =	10,0	8,0	2,0
c' =	8,0	10,0	-2,0
d =	6,0	10,0	-4,0
d' =	8,0	10,0	-2,0

Tabulka 4 – rozměry efektivní stopy z jednoštítkového experimentu na 15 m

20 m - jednoštítkový experiment			
[mm]	S6	S8	Rozdíl
a =	10,0	10,0	0,0
a' =	10,0	14,0	-4,0
b =	8,0	8,0	0,0
b' =	6,0	10,0	-4,0
c =	10,0	10,0	0,0
c' =	6,0	10,0	-4,0
d =	6,0	8,0	-2,0
d' =	8,0	10,0	-2,0

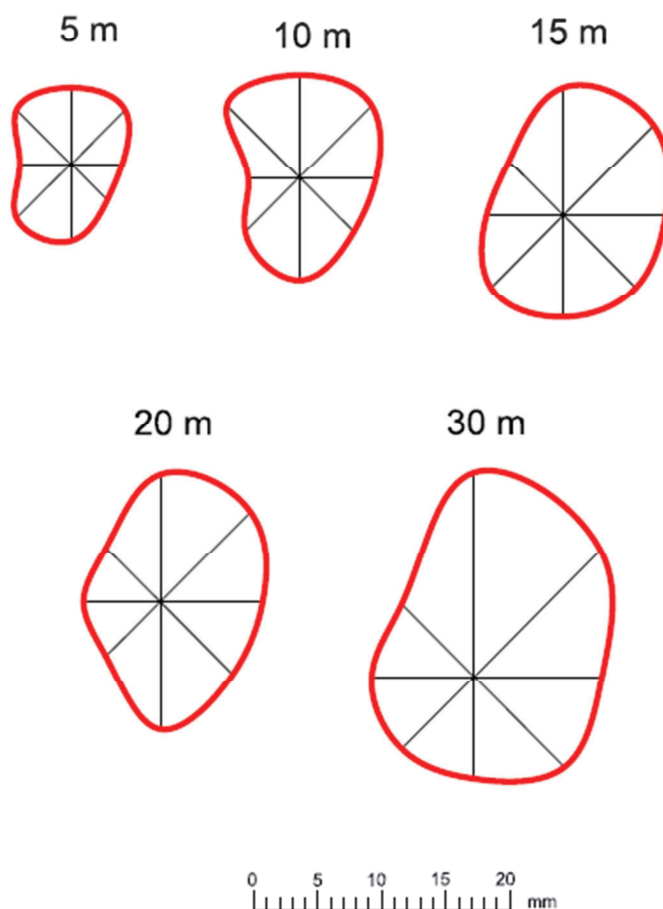
Tabulka 5 – rozměry efektivní stopy z jednoštítkového experimentu na 20 m

30 m - jednoštítkový experiment				
[mm]	S6	S8	Rozdíl	
a =	16,0	12,0	4,0	
a' =	8,0	18,0	-10,0	
b =	10,0	10,0	0,0	
b' =	8,0	14,0	-6,0	
c =	14,0	12,0	2,0	
c' =	8,0	16,0	-8,0	
d =	8,0	14,0	-6,0	
d' =	10,0	12,0	-2,0	

Tabulka 6 – rozměry efektivní stopy z jednoštítkového experimentu na 30 m

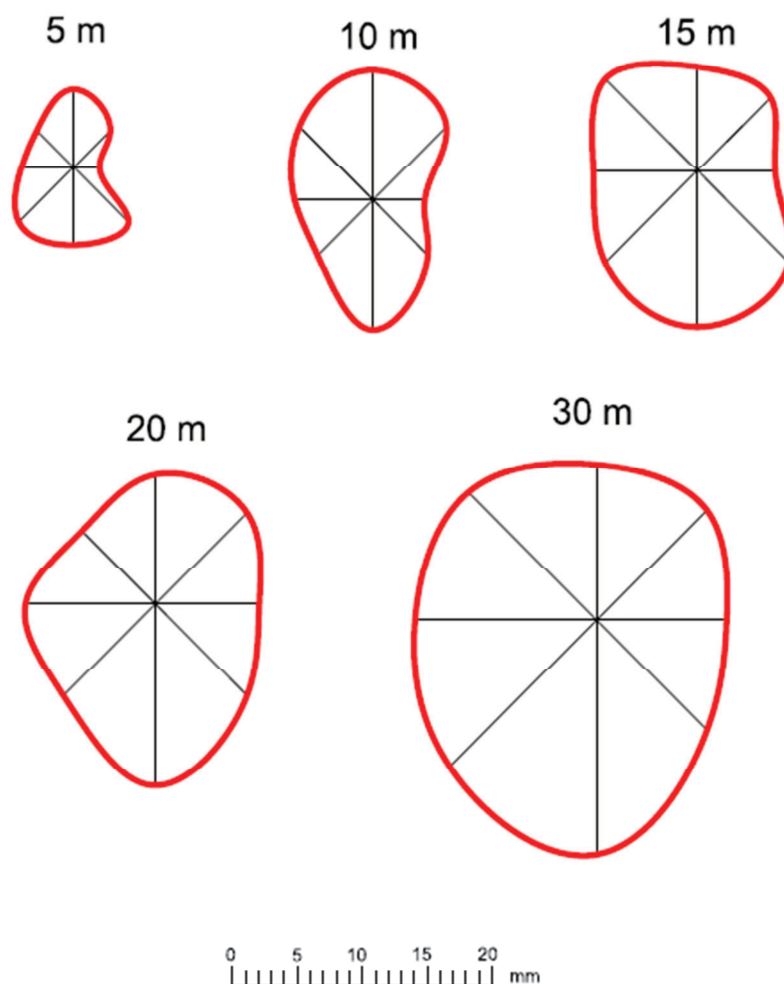
V následujících obrázcích (obr. 5.3 a obr. 5.4) je vykreslena efektivní stopa totálních stanic na daných délkách záměr. Pro představu velikosti je přidáno měřítko.

Trimble S6 HP



Obr. 5.3 – Vykres efektivní stopy – Trimble S6 HP

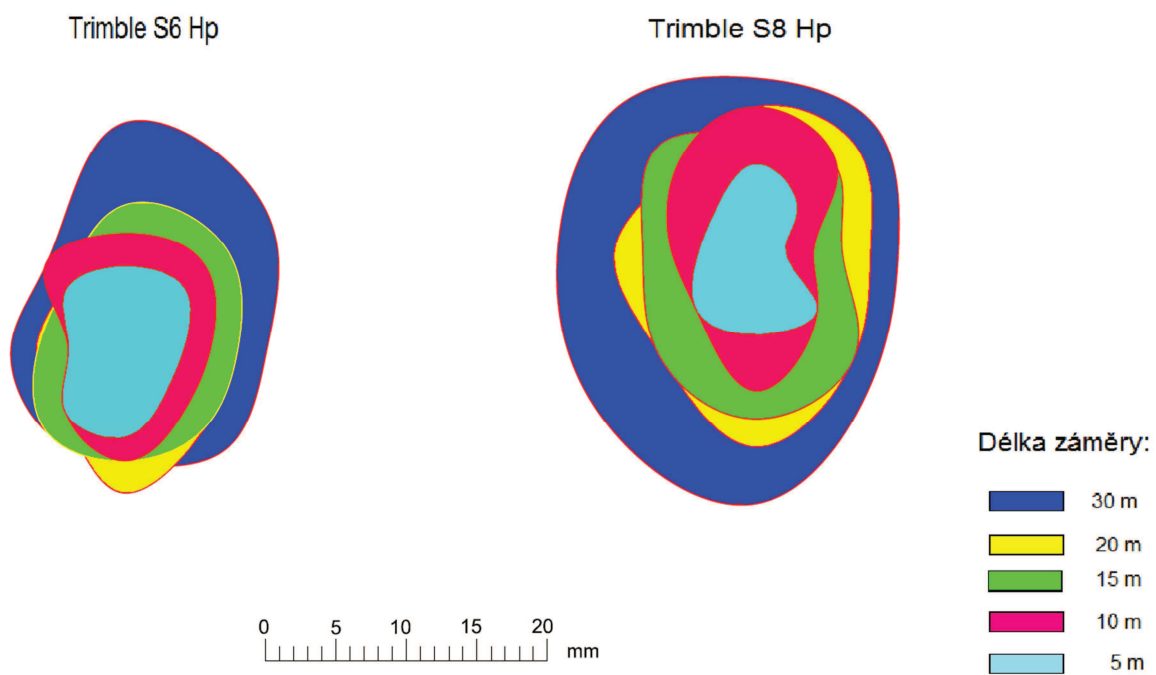
Trimble S8 HP



Obr. 5.4 – Výkres efektivní stopy – Trimble S8 HP

V dalším obrázku (obr. 5.5) jsou stopy z obrázků 5.3 a 5.4 položeny soustředně přes sebe a barevně odlišeny, lze tedy pozorovat postupné zvětšování stopy s rostoucí délkou záměry. Tento obrázek slouží též jako grafické porovnání efektivních stop totálních stanic.

Grafické porovnání efektivních stop totálních stanic:



Obr. 5.5 – Grafické porovnání stop totálních stanic

Tabulka výběrových směrodatných odchylek:		Trimble S6 HP	Trimble S8 HP
Délka záměry	Poloha přípravku	Výběrová směrodatná odchylka [mm]	Výběrová směrodatná odchylka [mm]
5 m	Horizontální	0,317 mm	0,686 mm
	Vertikální	0,698 mm	0,456 mm
	Diagonální 45°	0,676 mm	0,704 mm
	Diagonální 135°	0,336 mm	0,552 mm
10 m	Horizontální	0,493 mm	0,511 mm
	Vertikální	0,575 mm	0,823 mm
	Diagonální 45°	0,658 mm	0,642 mm
	Diagonální 135°	0,480 mm	0,655 mm
15 m	Horizontální	0,530 mm	0,512 mm
	Vertikální	0,592 mm	0,466 mm
	Diagonální 45°	0,871 mm	0,403 mm
	Diagonální 135°	0,653 mm	0,979 mm
20 m	Horizontální	0,722 mm	0,599 mm
	Vertikální	0,884 mm	0,452 mm
	Diagonální 45°	0,925 mm	0,741 mm
	Diagonální 135°	0,915 mm	1,091 mm
30 m	Horizontální	0,351 mm	0,418 mm
	Vertikální	0,317 mm	0,570 mm
	Diagonální 45°	0,399 mm	0,386 mm
	Diagonální 135°	0,322 mm	1,364 mm

Tabulka 7 – výběrové směrodatné odchylky

Tabulka 7 slouží pro představu, jak velkých chyb bylo dosahováno v jednotlivých souborech měření experimentu. Až na malé výjimky (2 případy) výběrové směrodatné odchylky nepřesahují 1 mm.

6 Závěr

Účelem této bakalářské práce bylo danými experimenty zjistit velikost a tvar efektivních stop fázových dálkoměrů totálních stanic Trimble S6 HP a Trimble S8 HP, a to vzhledem ke skutečnosti, že parametry efektivní stopy obvykle výrobcem uváděny nejsou (výrobci obvykle uvádí jen rozměr stopy pro bezhranové měření délek). Znalost tvaru a rozměru efektivní stopy je ovšem důležitá, zejména pokud hrozí, že může dojít k odrazu paprsku vyslaného dálkoměrem od jiné odrazné plochy, tj. pokud se odrazné štítky/hranoly nachází v těsné blízkosti, popř. zákrytu. Znalost tvaru a rozměru efektivní stopy pak umožňuje vhodnou volbu místa a je rovněž nezbytná pro volbu velikosti odrazné plochy, vzhledem k délce záměry.

Změna naměřených délek na rozhraní štítků v dvouštítkovém experimentu je náhlá, a to pro obě zkoumané totální stanice (ke stejnému závěru pro Trimble S6 dospěla i Ing. Kaanová ve své diplomové práci^[1]). Pro totální stanici Topcon GPT 7501 s pulsním dálkoměrem byla tato změna, určená v rámci diplomové práce Ing. Kaanové, pozvolná^[1]. U obou zkoumaných totálních stanic, Trimble S6 HP a Trimble S8 HP, se vyskytly chyby při cílení na rozhraní štítků, kdy přístroj naměřil výrazně odlišné hodnoty. Toto bylo nejspíše zapříčiněno složením odražených elektromagnetických vln od dvou odrazných ploch. Vzhledem k uvedené úvaze, podložené dosaženými výsledky lze prohlásit, že v praxi je spolehlivější vyhnout se situaci, kdy jsou 2 odrazné plochy umístěny za sebou.

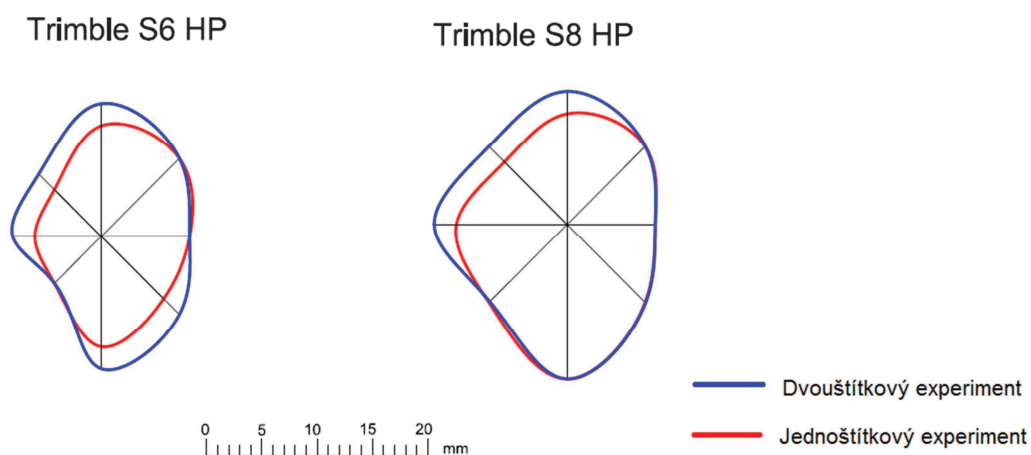
Výrobcem uvedená rozbíhavost stopy činí $4\text{cm}/100\text{m}^{[3],[4]}$ ve všech směrech a je tomu tak u obou zkoumaných přístrojů. Předpoklad stejné rozbíhavosti paprsku do všech směrů není vzhledem k výsledkům této práce přesný a jedná se spíše o přibližnou hodnotu. V následující tabulce (tab. 8) jsou uvedeny hodnoty stopy podle výrobce na dané délce záměry, pro porovnání je vedle nich vždy spočten průměr ze všech rozměrů stopy na dané délce (použita data z jednoštítkového experimentu).

Délka záměry	Udané výrobcem [mm]	S6 [mm]	S8 [mm]
5 m	2,0	5,3	4,8
10 m	4,0	6,8	7,3
15 m	6,0	8,0	9,0
20 m	8,0	8,0	10,0
30 m	12,0	10,3	13,5

Tabulka 8 – porovnání efektivní stopy s parametrem udaným výrobcem

Z tabulky 8 lze též pozorovat, že efektivní stopa dálkoměru novější totální stanice Trimble S8 HP je, s výjimkou 5m záměry, větší, a to přesto, že obě totální stanice mají stejný, fázový dálkoměr. Rozdílnost stop zkoumaných totálních stanic může být dána odlišností softwarů přístrojů. Grafické porovnání tvaru a rozměru efektivních stop totálních stanic je zobrazeno v obrázku 5.5. Ze zjištěných dat lze usuzovat, že rozdíl mezi efektivními stopami daných totálních stanic roste s měřenou vzdáleností. U obou totálních stanic se projevila tendence protažení tvaru efektivní stopy ve vertikálním směru.

Při porovnání rozměrů stopy zjištěné z dvouštitkového a jednoštitkového experimentu bylo zjištěno, že maximální dosažený rozdíl je roven 2 mm, kdy právě 2 mm jsou jedním krokem v přecilování. Porovnání bylo provedeno na délce základny 20 m, na které bylo proměření uskutečněno v rámci obou experimentů. Jelikož dvouštitkový experiment byl zaměřen především na zjištění přechodu naměřené délky při přecilování mezi dvěma štitky, byly jako výsledné rozměry stopy (tj. ty, z kterých byly vyhotoveny výkresy stop), použity rozměry zjištěné v jednoštitkovém experimentu. Grafické porovnání stopy zjištěné z různých experimentů na 20 m délce je zobrazeno v obr. 6.1.



Obr. 6.1 – Grafické porovnání stop zjištěných z různých experimentů

Trimble S6 HP	Dvouštitkový experiment [mm]	Jednoštitkový experiment [mm]	Rozdíl [mm]
a =	12,0	10,0	2,0
a' =	12,0	10,0	2,0
b =	8,0	8,0	0,0
b' =	8,0	6,0	2,0
c =	10,0	10,0	0,0
c' =	6,0	6,0	0,0
d =	8,0	6,0	2,0
d' =	10,0	8,0	2,0

Tabulka 9 – porovnání rozměrů efektivní stopy z různých experimentů – Trimble S6 HP

Trimble S8 HP	Dvouštitkový experiment [mm]	Jednoštitkový experiment [mm]	Rozdíl [mm]
a =	12,0	10,0	2,0
a' =	14,0	14,0	0,0
b =	8,0	8,0	0,0
b' =	12,0	10,0	2,0
c =	10,0	10,0	0,0
c' =	10,0	10,0	0,0
d =	10,0	8,0	2,0
d' =	10,0	10,0	0,0

Tabulka 10 – porovnání rozměrů efektivní stopy z různých experimentů – Trimble S8 HP

Jelikož přístroj Trimble S6 HP byl zkoumán i v rámci diplomové práce Ing. Kaanové^[1], bylo dílčím cílem této bakalářské práce porovnání výsledků, z dvou nezávislých měření, s časovým odstupem. Ohledně primárního cíle dvouštitkového experimentu, kterým je přechod mezi dvěma štitky, panuje shoda – změna naměřené délky je skoková a občas se vyskytne výrazně špatné měření na pomezí štitků, dané pravděpodobně složením odražených elektromagnetických vln od dvou různých odrazných ploch. V diplomové práci^[1] je přímé určení rozměru stopy provedeno pouze ve směru horizontálním a vertikálním. Maximálním rozdílem v rozměru stopy jsou 4 mm. Kompletní číselné vyjádření rozdílů s výsledky z diplomové práce^[1] je vyneseno do tabulek 11 - 16.

Trimble S6 HP – dvouštitkový experiment – 20m –porovnání s diplomovou prací Ing. Kaanové^[1]			
rozměr	Výsledky z diplomové práce ^[1] [mm]	Výsledky zjištěné v rámci této bakalářské práce [mm]	Rozdíl [mm]
a =	8,0	12,0	-4,0
a' =	8,0	12,0	-4,0
b =	6,0	8,0	-2,0
b' =	8,0	8,0	0,0

Tabulka 11 – porovnání rozměrů efektivní stopy s diplomovou prací^[1]-dvouštitkový experiment

Trimble S6 HP – jednoštítkový experiment – 5m –porovnání s diplomovou prací Ing. Kaanové^[1]			
rozměr	Výsledky z diplomové práce ^[1] [mm]	Výsledky zjištěné v rámci této bakalářské práce [mm]	Rozdíl [mm]
a =	5,5	6,0	0,5
a' =	6,0	6,0	0,0
b =	4,0	4,0	0,0
b' =	2,0	4,0	2,0

Tabulka 12 – porovnání rozměrů efektivní stopy s diplomovou prací^[1]-jednoštítkový experiment – 5m

Trimble S6 HP – jednoštítkový experiment – 10m –porovnání s diplomovou prací Ing. Kaanové^[1]			
rozměr	Výsledky z diplomové práce ^[1] [mm]	Výsledky zjištěné v rámci této bakalářské práce [mm]	Rozdíl [mm]
a =	8,0	8,0	0,0
a' =	8,0	8,0	0,0
b =	6,0	6,0	0,0
b' =	4,0	4,0	0,0

Tabulka 13 – porovnání rozměrů efektivní stopy s diplomovou prací^[1]-jednoštítkový experiment – 10m

Trimble S6 HP – jednoštítkový experiment – 15m –porovnání s diplomovou prací Ing. Kaanové^[1]			
rozměr	Výsledky z diplomové práce ^[1] [mm]	Výsledky zjištěné v rámci této bakalářské práce [mm]	Rozdíl [mm]
a =	10,0	10,0	0,0
a' =	8,0	8,0	0,0
b =	5,0	8,0	3,0
b' =	6,0	6,0	0,0

Tabulka 14 – porovnání rozměrů efektivní stopy s diplomovou prací^[1]-jednoštítkový experiment – 15m

Trimble S6 HP – jednoštítkový experiment – 20m –porovnání s diplomovou prací Ing. Kaanové^[1]			
rozměr	Výsledky z diplomové práce ^[1] [mm]	Výsledky zjištěné v rámci této bakalářské práce [mm]	Rozdíl [mm]
a =	11,0	10,0	-1,0
a' =	8,0	10,0	2,0
b =	6,0	8,0	2,0
b' =	6,0	6,0	0,0

Tabulka 15 – porovnání rozměrů efektivní stopy s diplomovou prací^[1]-jednoštítkový experiment – 20m

Trimble S6 HP – jednoštítkový experiment – 30m –porovnání s diplomovou prací Ing. Kaanové^[1]			
rozměr	Výsledky z diplomové práce ^[1] [mm]	Výsledky zjištěné v rámci této bakalářské práce [mm]	Rozdíl [mm]
a =	12,0	16,0	4,0
a' =	8,0	8,0	0,0
b =	6,0	10,0	4,0
b' =	8,0	8,0	0,0

Tabulka 16 – porovnání rozměrů efektivní stopy s diplomovou prací^[1]-jednoštítkový experiment – 30m

Obě testované totální stanice prokazují relativně malé rozměry efektivní stopy, tím pádem poměrně malou rozbíhavost paprsku. Tyto malé rozměry jsou dány především tím, že oba přístroje disponují fázovými dálkoměry, dálkoměry pulsní, zkoumané v rámci diplomových prací Ing. Kaanové^[1] a Ing. Volkman^[9] prokázaly daleko větší rozměry efektivních stop.

V budoucnu by bylo zajímavé provést zjištění tvaru a rozměru efektivní stopy pro dvě totální stanice stejného typu, se stejným softwarem. To by ukázalo, jestli jsou výsledky

pro každý přístroj jedinečné nebo jen mírně odlišné. Dále by bylo vhodné provést zjištění tvaru a rozměru efektivní stopy na delších základnách.

Veškeré výpočty byly provedeny v programu Microsoft Excel, výkresy pak byly vyhotoveny v programu MicroStation V8i. Všechny přílohy jsou na přiloženém DVD. Přílohy obsahují také soubory ve formátu xlsx, tyto soubory slouží jako zápisníky z měření s převody šikmé délky na vodorovnou a pro jednoštitkový experiment obsahují i výpočet výběrových směrodatných odchylek.

SEZNAM ZDROJŮ

- [1] Kaanová, B.: *Experimentální určení tvaru a rozměru efektivní stopy elektronického dálkoměru*. Praha: ČVUT v Praze, 2012. Diplomová práce. ČVUT, Fakulta stavební, Katedra speciální geodézie. Vedoucí práce Doc. Ing. Martin Štroner, Ph.D.
- [2] *Trimble.com* [online]. [cit. 2016-05-06]. Dostupné z: <https://www.trimble.com/Survey/trimbles6.aspx>
- [3] Datasheet: Trimble S6. *Trimble.com* [online]. [cit. 2016-05-06]. Dostupné z: http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-218010/022543-098L-CZE_TrimbleS6_DS_0613_LR.pdf
- [4] Datasheet: Trimble S8. *Trimble.com* [online]. [cit. 2016-05-06]. Dostupné z: http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-390412/022543-410H_TrimbleS8_DS_0115_LR_sec.pdf
- [5] *Stp-rus.com* [online]. [cit. 2016-05-06]. Dostupné z: <http://www.stp-rus.com/tovar/taheometr-trimble-s6-3-autolock-dr-plus/>
- [6] *Geooptic.ru* [online]. [cit. 2016-05-06]. Dostupné z: <http://www.geooptic.ru/catalog/taheometry/trimble/s8/>
- [7] Rüeger, J. M. *Electronic distance measurement: an introduction*. 3rd totally rev. ed. New York: Springer-Verlag, c1990. ISBN 0387515232.
- [8] Metody nepřímého měření délek. <http://www.zcu.cz> [online]. ZCU Plzeň [cit. 2016-05-06]. Dostupné z: <http://old.gis.zcu.cz/studium/gen1/html-old/ch06s02.html>
- [9] Volkmann, M.: *Testování vybraných parametrů dálkoměrů totálních stanic s využitím původní fotogrammetrické metody*. Praha: ČVUT v Praze, 2010. Diplomová práce. ČVUT, Fakulta stavební. Vedoucí práce Ing. Bronislav Koska, Ph.D.
- [10] *Trimble.com* [online]. [cit. 2016-05-06]. Dostupné z: <https://www.trimble.com/Survey/trimbles8.aspx>

SEZNAM VZORCŮ

4.3 – Převod šikmé délky na vodorovnou.....	21
5.3 – Výběrová směrodatná odchylka	26

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1- Porovnání rozměrů efektivní stopy zkoumaných totálních stanic z dvouštitkového experimentu.....	23
Tabulka 2- rozměry efektivní stopy z jednoštitkového experimentu na 5m.....	27
Tabulka 3- rozměry efektivní stopy z jednoštitkového experimentu na 10m.....	28
Tabulka 4- rozměry efektivní stopy z jednoštitkového experimentu na 15m.....	28
Tabulka 5- rozměry efektivní stopy z jednoštitkového experimentu na 20m.....	28
Tabulka 6- rozměry efektivní stopy z jednoštitkového experimentu na 30m.....	29
Tabulka 7- výběrové směrodatné odchylky.....	32
Tabulka 8- porovnání efektivní stopy s parametrem udaným výrobcem.....	34
Tabulka 9- porovnání obou experimentů – Trimble S6 HP.....	35
Tabulka 10- porovnání obou experimentů– Trimble S8 HP.....	35
Tabulka 11- porovnání rozměrů efektivní stopy s diplomovou prací ^[1] – dvouštitkový experiment	36
Tabulka 12- porovnání rozměrů efektivní stopy s diplomovou prací ^[1] – jednoštitkový experiment -5m	37
Tabulka 13- porovnání rozměrů efektivní stopy s diplomovou prací ^[1] – jednoštitkový experiment -10m	37
Tabulka 14- porovnání rozměrů efektivní stopy s diplomovou prací ^[1] – jednoštitkový experiment -15m	37
Tabulka 15- porovnání rozměrů efektivní stopy s diplomovou prací ^[1] – jednoštitkový experiment -20m	38
Tabulka 16- porovnání rozměrů efektivní stopy s diplomovou prací ^[1] – jednoštitkový experiment -30m	38

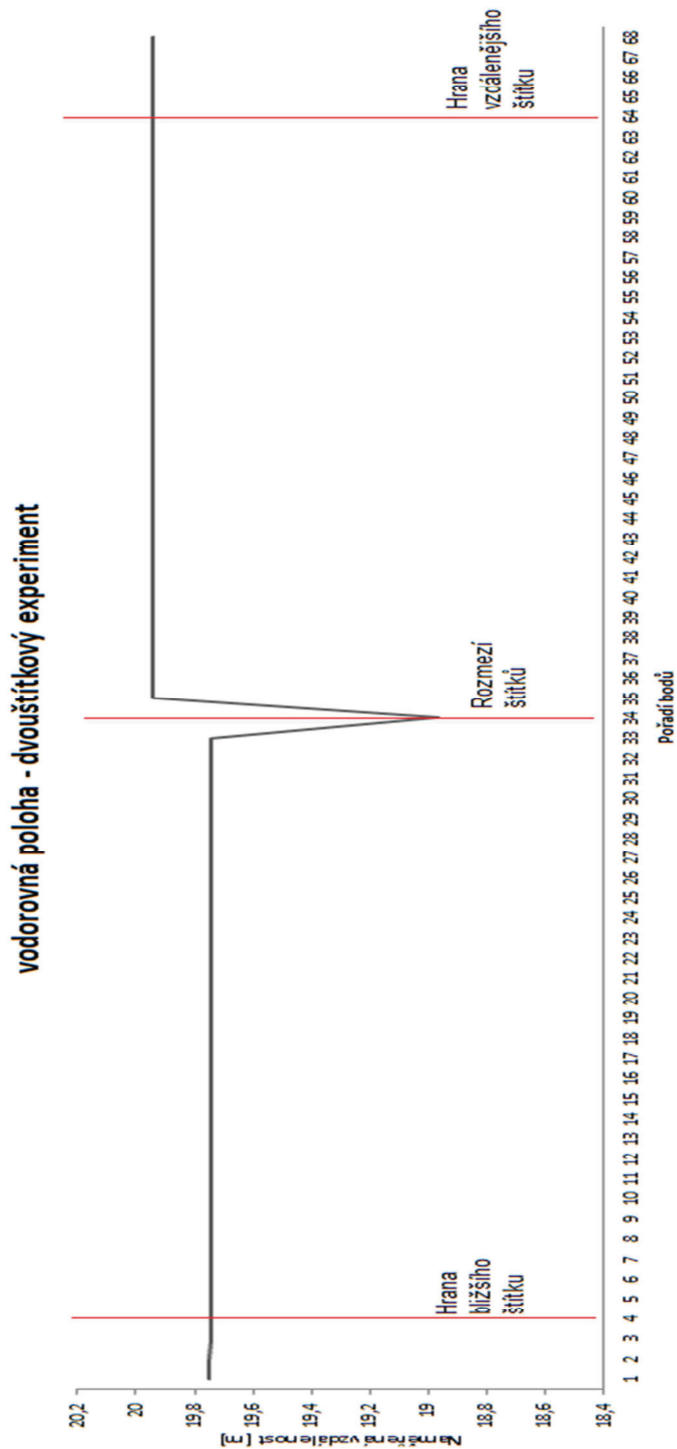
SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 2.1 – Trimble S6 HP	10
Obrázek 2.2 – Trimble S8 HP	11
Obrázek 2.3 – Přípravek (horizontální poloha)	13
Obrázek 2.4 – Přípravek v horizontální poloze - pohled shora	13
Obrázek 2.5 – Číslování stupnic přípravku	14
Obrázek 3.1 – Schéma světelného dálkoměru	15
Obrázek 3.2 – Určení fázového doměrku	16
Obrázek 4.1 – Situace měření s přípravkem ve vertikální poloze	18
Obrázek 4.2 – Polohy přípravku	19
Obrázek 4.3 – Určení rozměru stopy (horizontální poloha)	20
Obrázek 4.4 – Graf naměřených délek - dvouštitkový experiment – vodorovná poloha přípravku – Trimble S8 HP.....	21
Obrázek 4.5 – Graf naměřených délek - dvouštitkový experiment – vodorovná poloha přípravku po odstranění chyb – Trimble S8 HP.....	21
Obrázek 4.6 – Značení rozměrů stopy	22
Obrázek 5.1 – Základny pro měření jednoštitkového experimentu	25
Obrázek 5.2 – Ukázka grafu- jednoštitkový experiment (Trimble S6 – vertikální poloha na 10m)	27
Obrázek 5.3 – Výkres efektivní stopy – Trimble S6 HP.....	29
Obrázek 5.4 – Výkres efektivní stopy – Trimble S8 HP.....	30
Obrázek 5.5 – Grafické porovnání stop totálních stanic.....	31
Obrázek 6.1 – Grafické porovnání stop zjištěných z různých experimentů	35

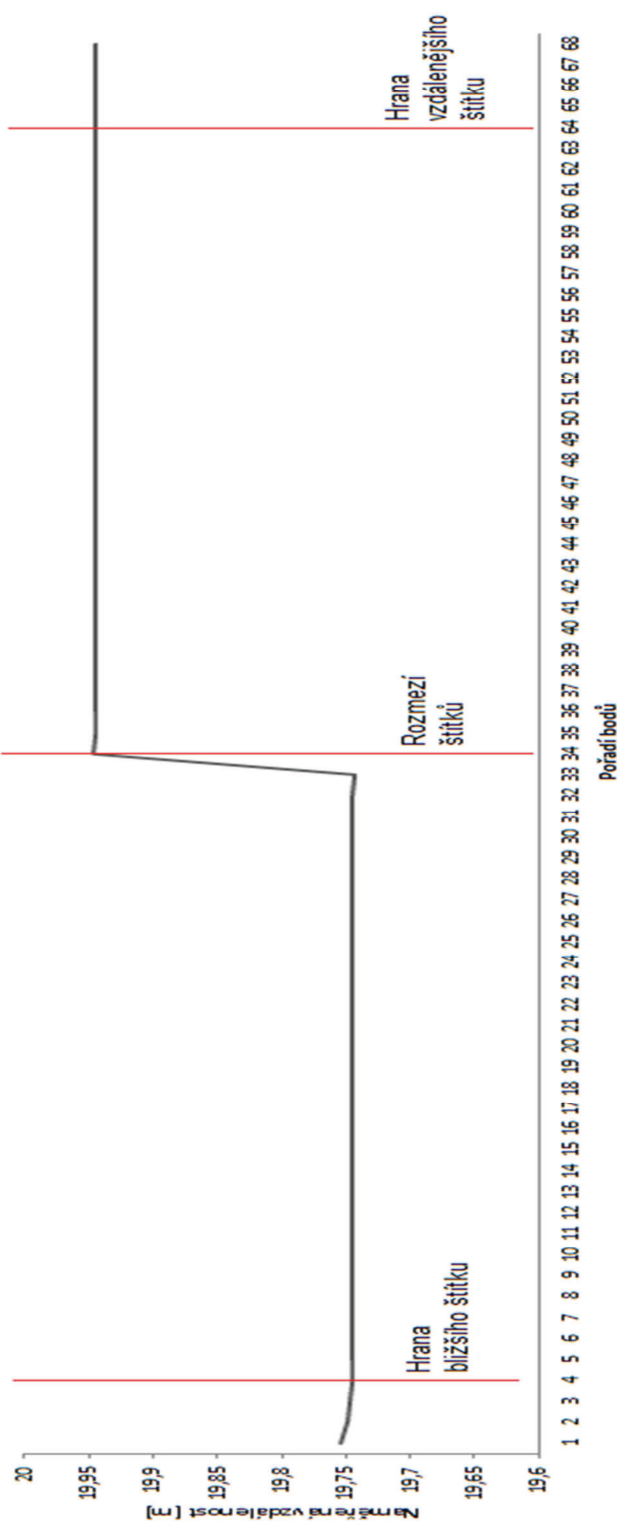
SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 – Grafy dvouštitkového experimentu – Trimble S6 HP	45
Příloha č. 2 – Grafy dvouštitkového experimentu – Trimble S8 HP	50
Příloha č. 3 – Grafy jednoštitkového experimentu – Trimble S6 HP	56
Příloha č. 4 – Grafy jednoštitkového experimentu – Trimble S8 HP	63
Příloha č. 5 – Výkresy efektivních stop – Trimble S6 HP	70
Příloha č. 6 – Výkresy efektivních stop – Trimble S8 HP	71
Příloha č. 7 – Zápisníky z měření ve formátu .xlsx	DVD

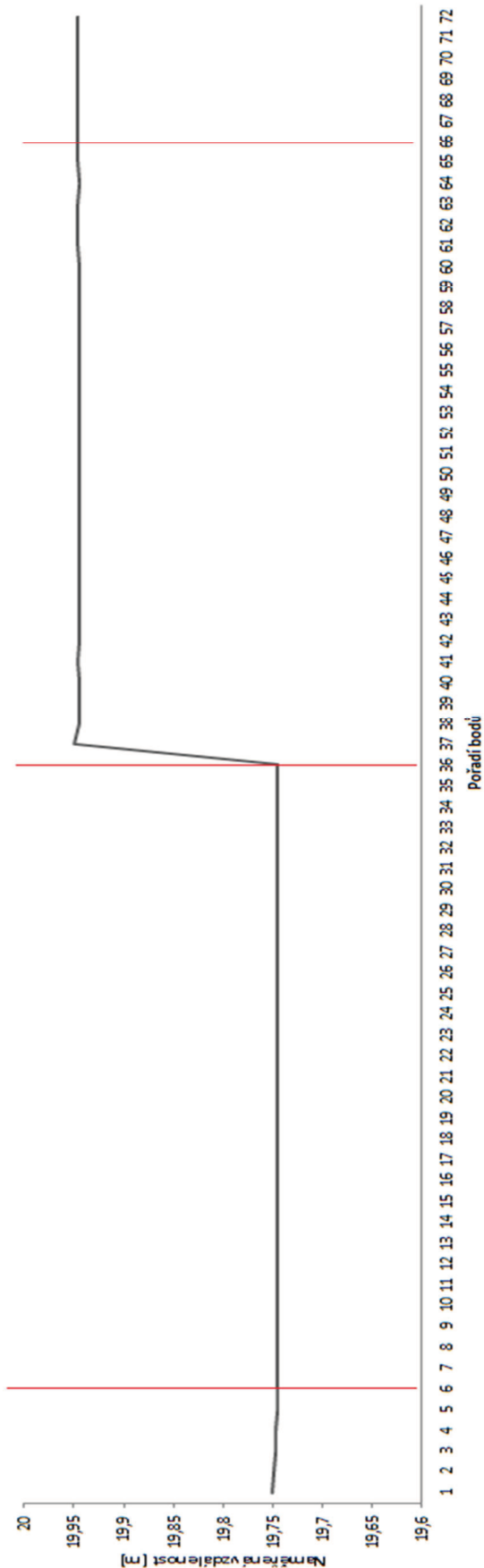
Příloha č. 1 – Grafy – dvouštitkový experiment – Trimble S6 HP



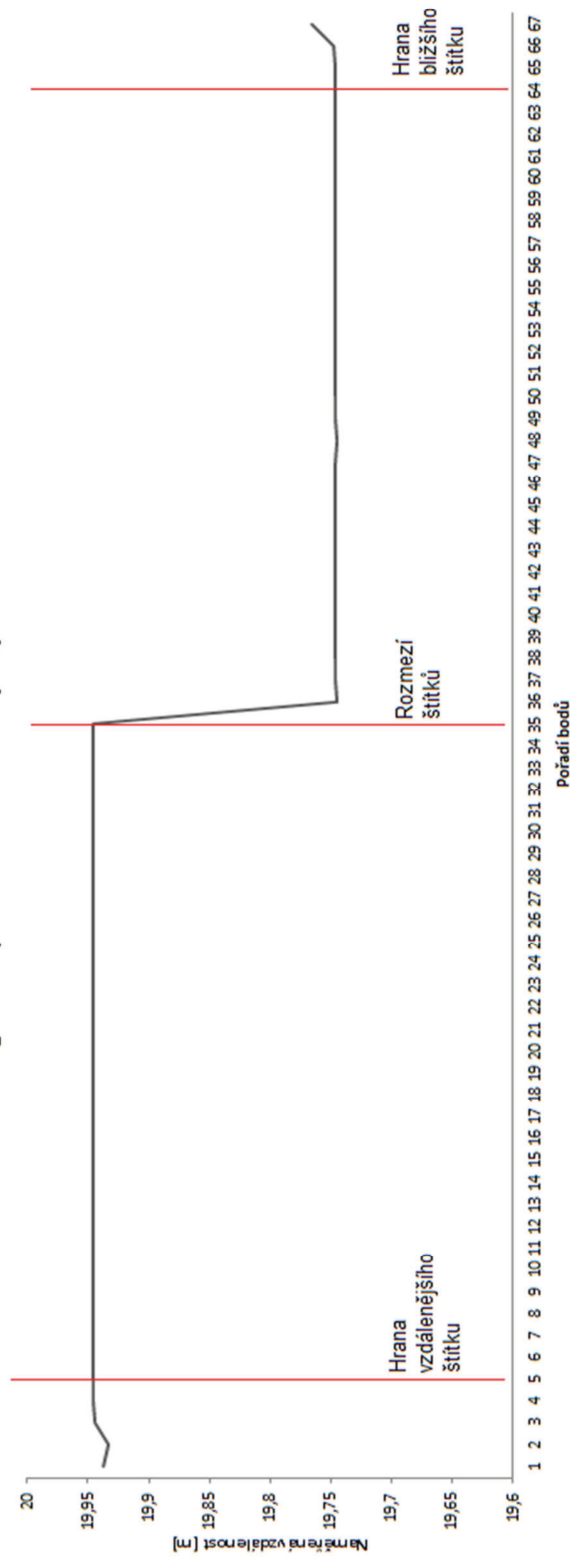
vodorovná poloha - dvouštitkový eperiment po odstranění chyb



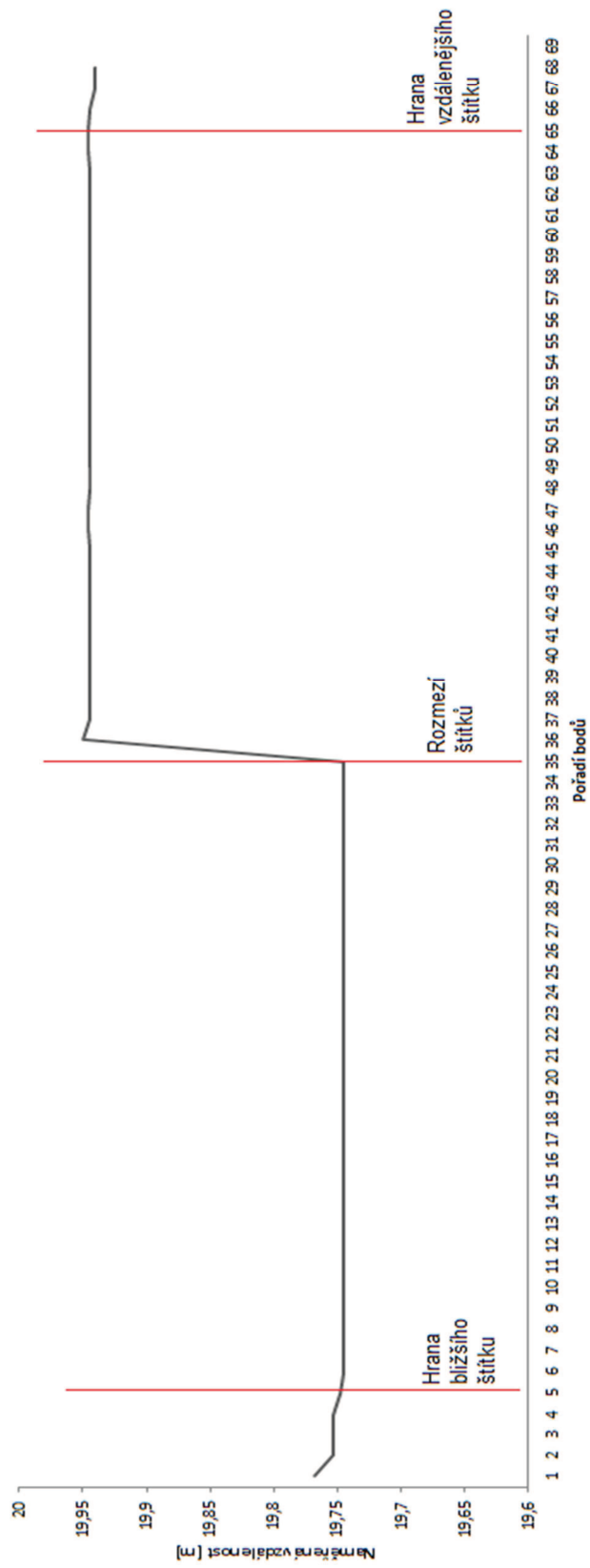
svislá poloha - dvouštitkový experiment



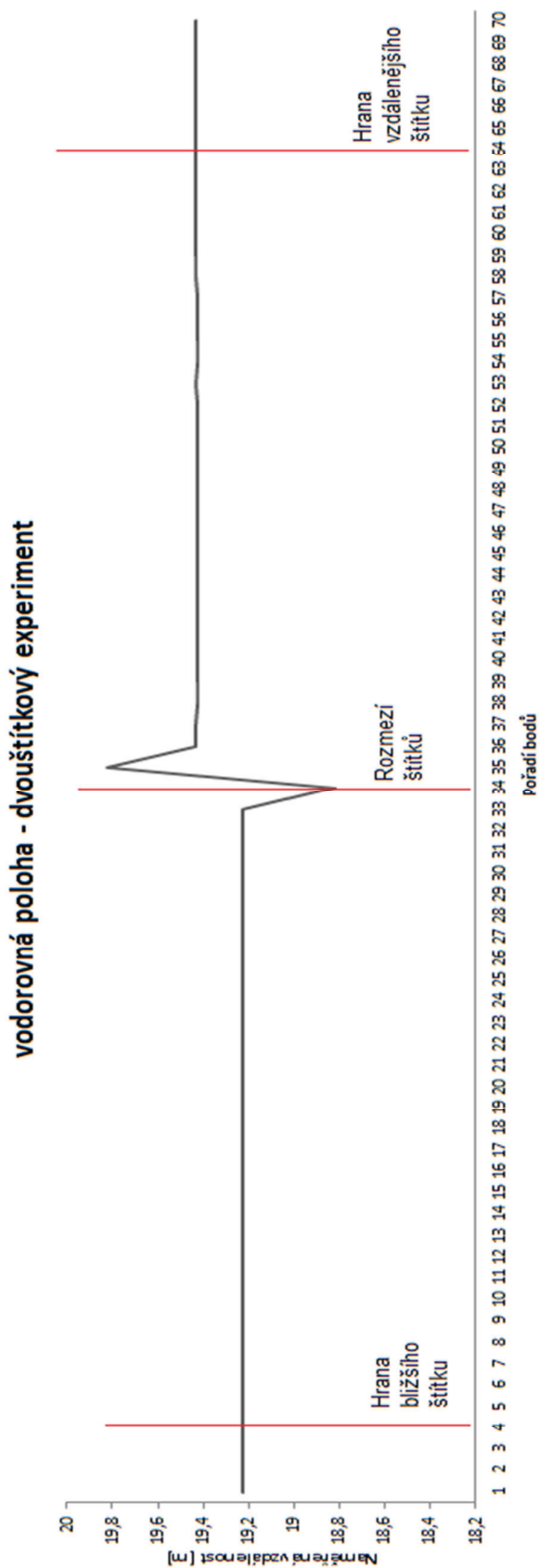
diagonální poloha - dvouštitkový experiment 45°



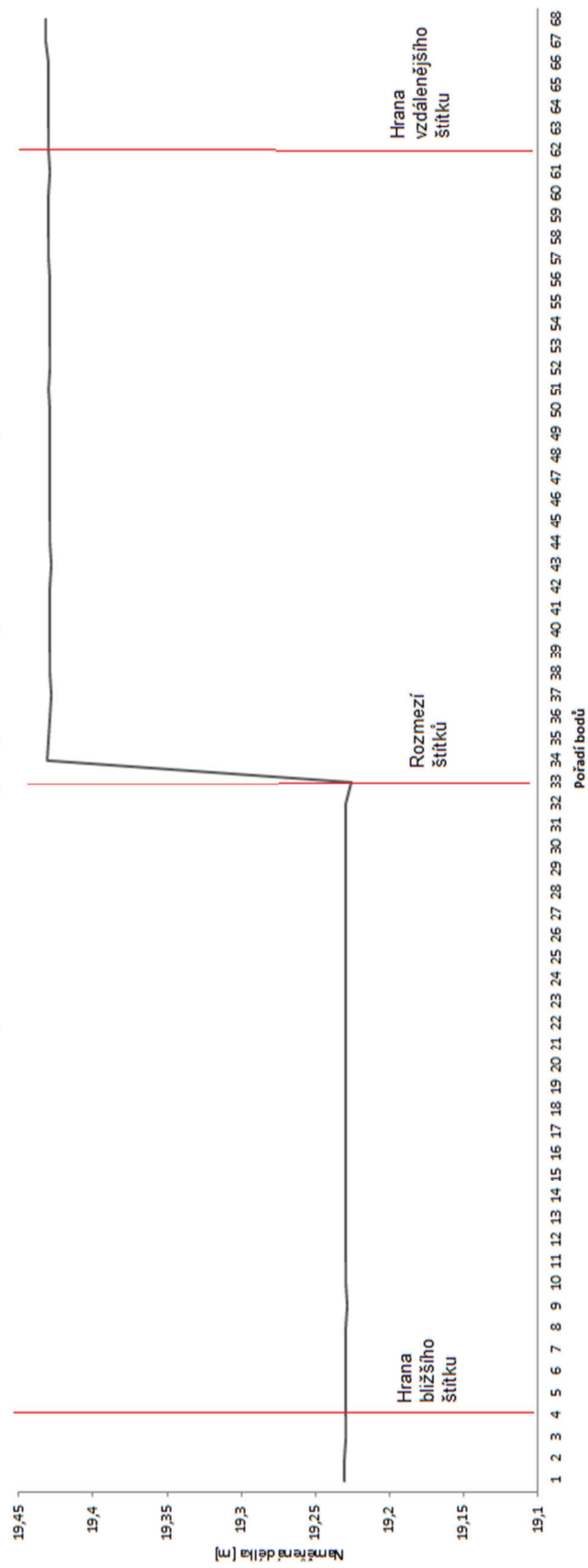
diagonální poloha - dvouštitkový experiment 135°



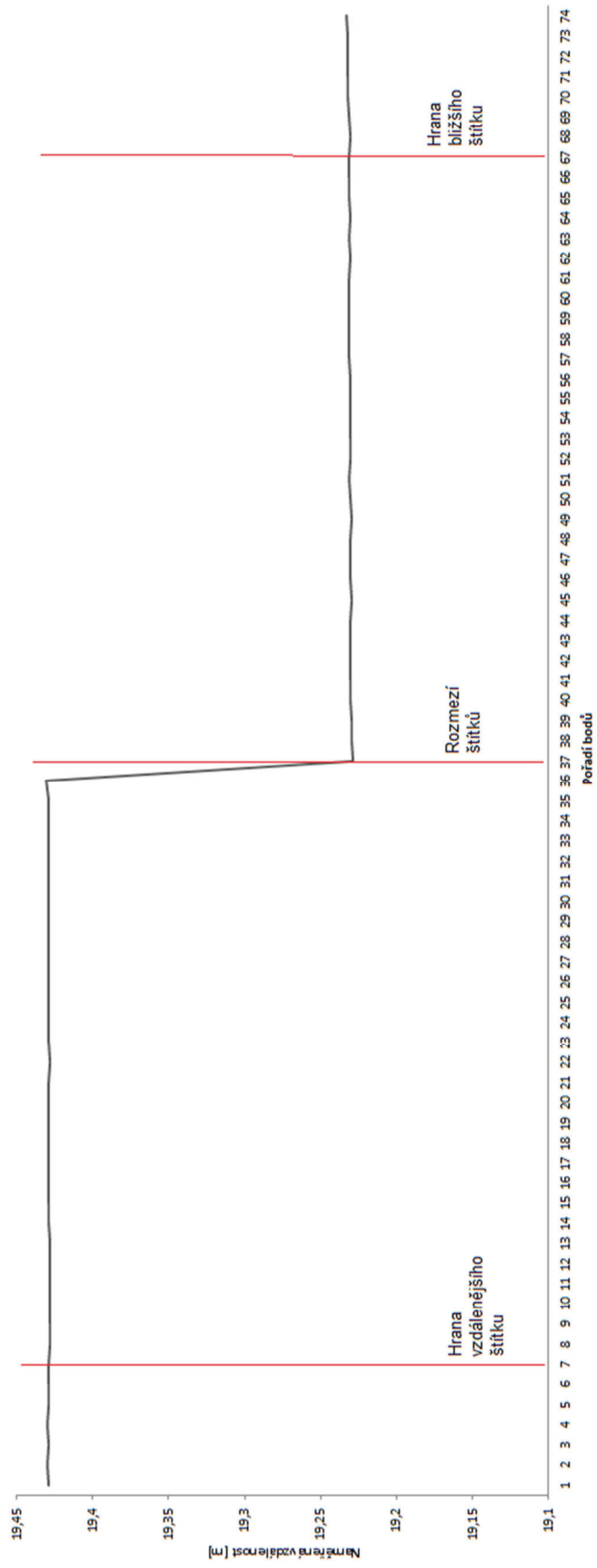
Příloha č. 2 – Grafy – dvouštitkový experiment – Trimble S8 HP



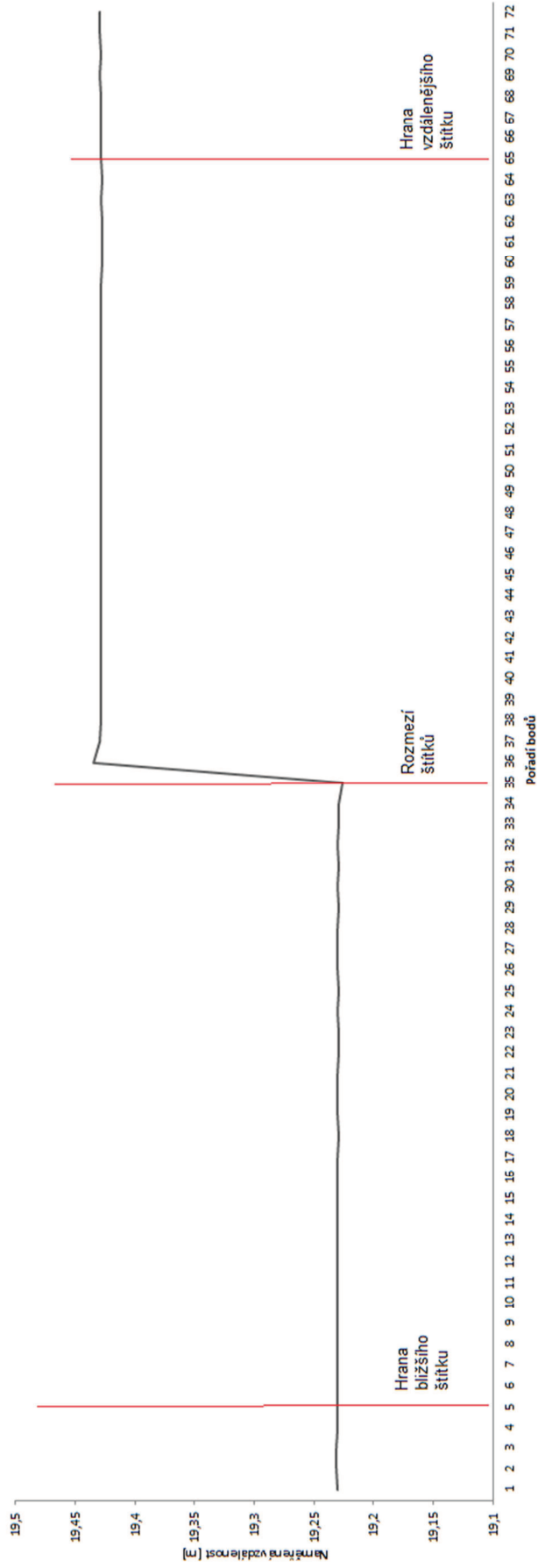
vodorovná poloha - dvouštitkový experiment po odstranění chyb

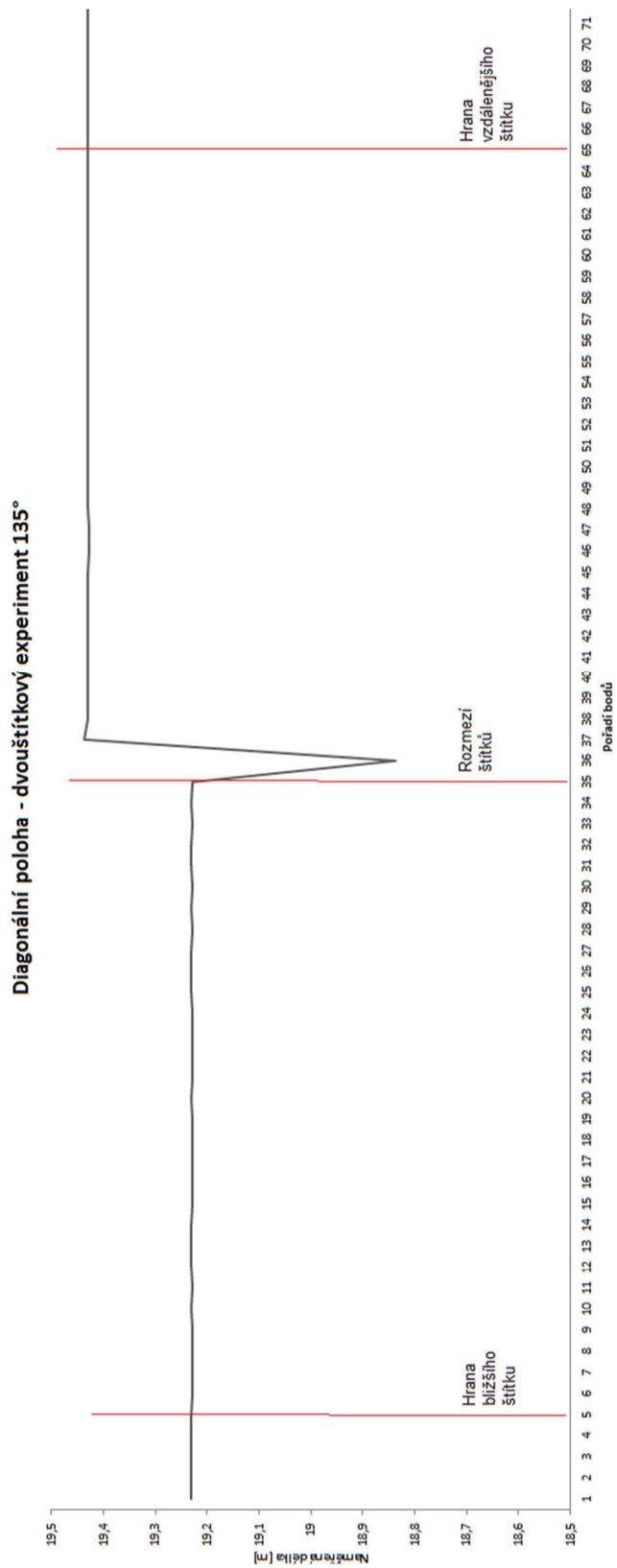


svislá poloha - dvouštitkový experiment



Diagonální poloha - dvouštitkový experiment 45°





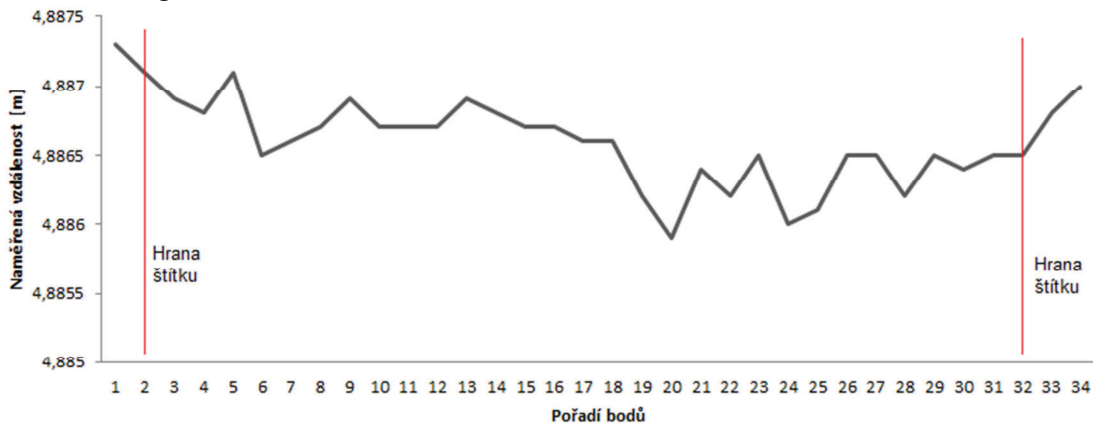
Diagonální poloha - dvouštitkový experiment 135° po odstranění chyb



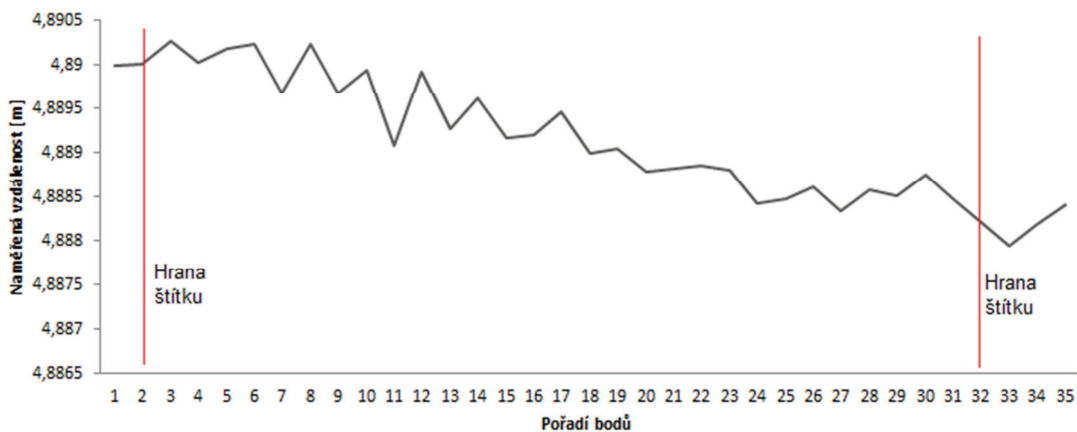
Příloha č. 3 – Grafy – jednoštítkový experiment – Trimble S6 HP

Na 5m:

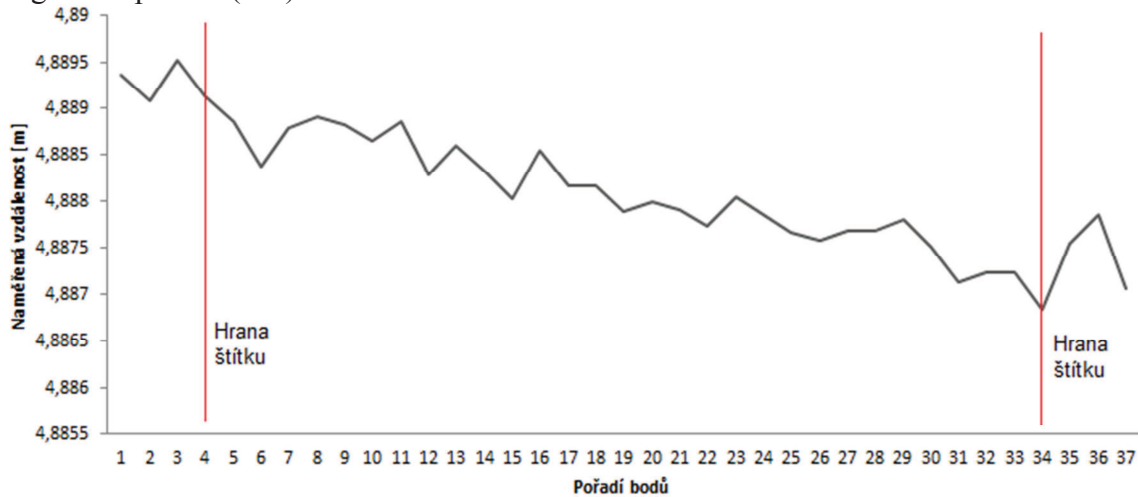
Horizontální poloha:



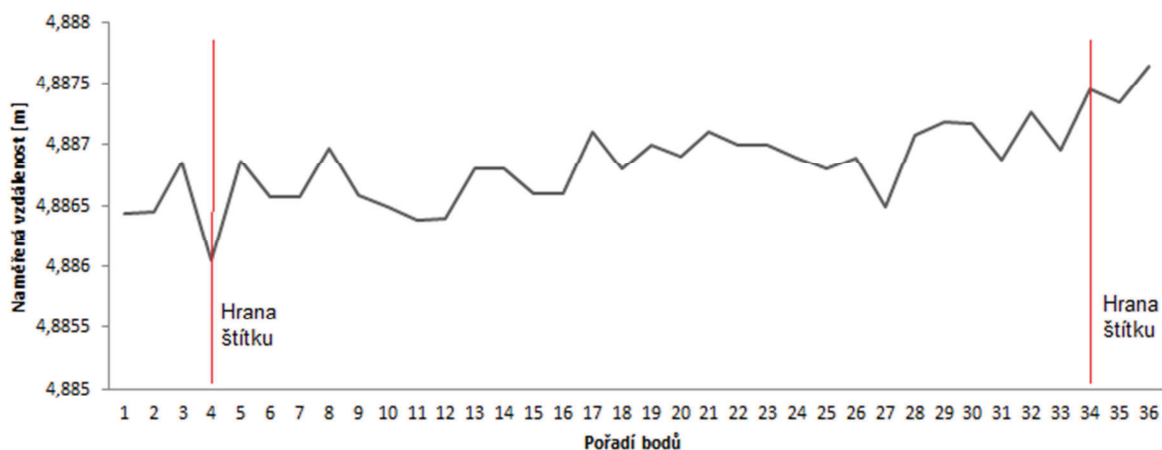
Vertikální poloha:



Diagonální poloha (45°):

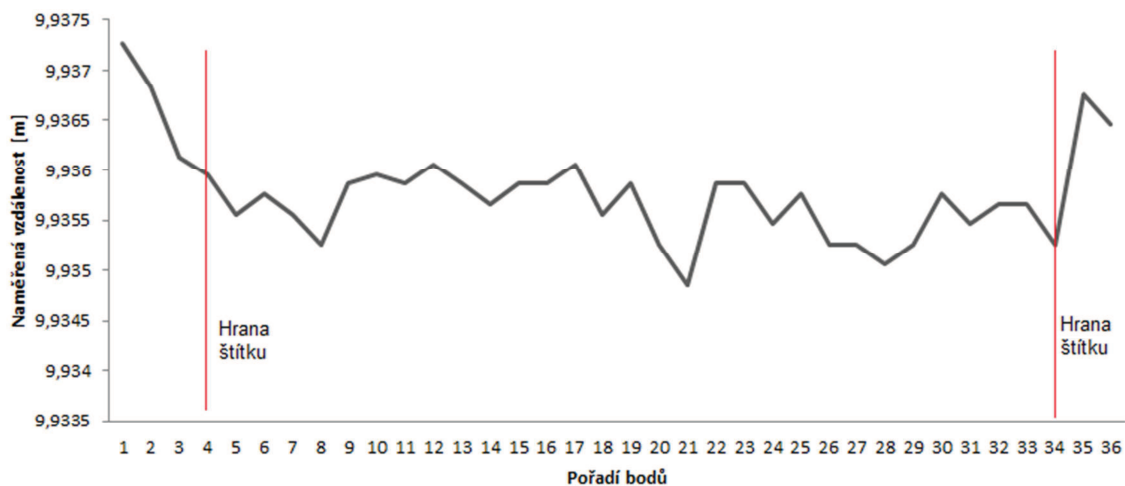


Diagonální poloha (135°):

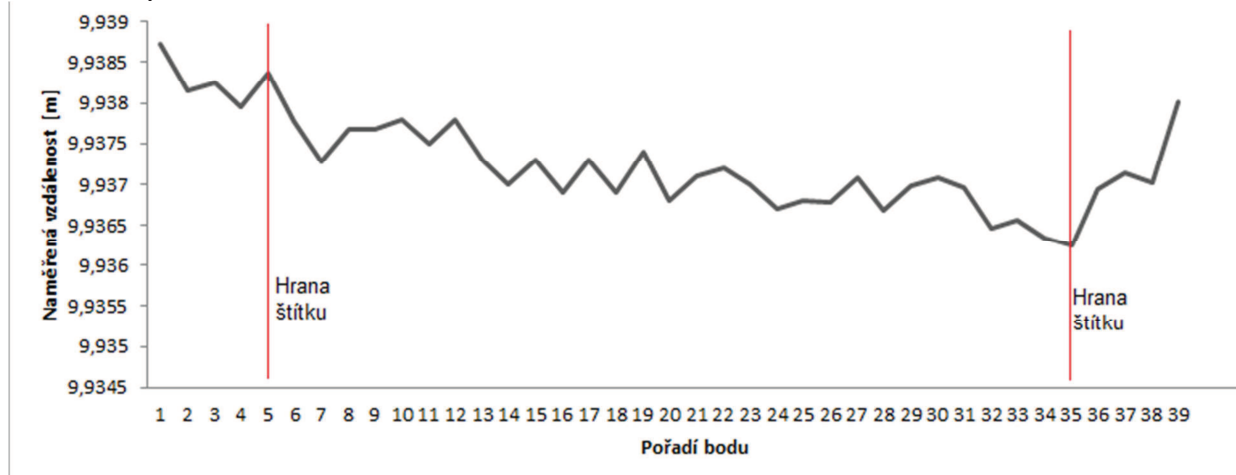


Na 10m:

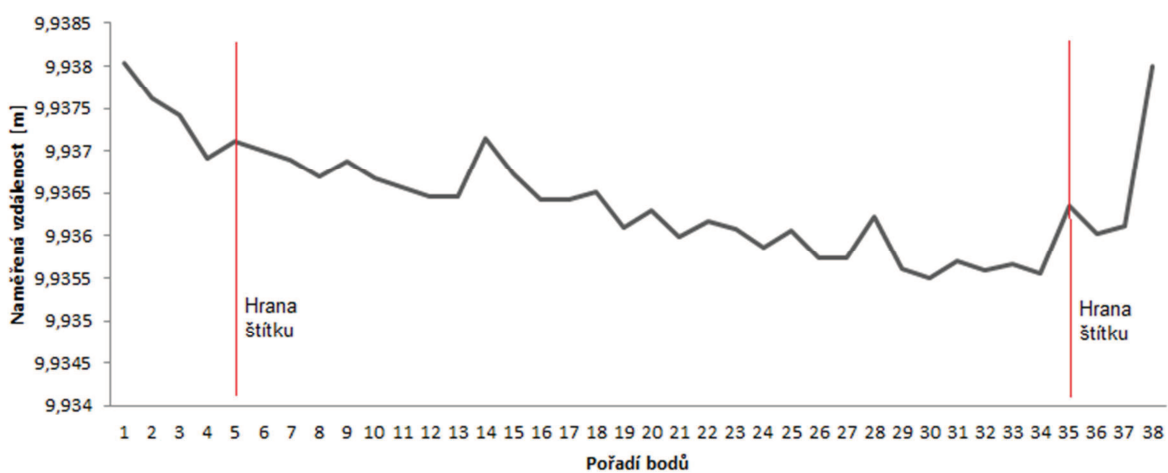
Horizontální poloha:



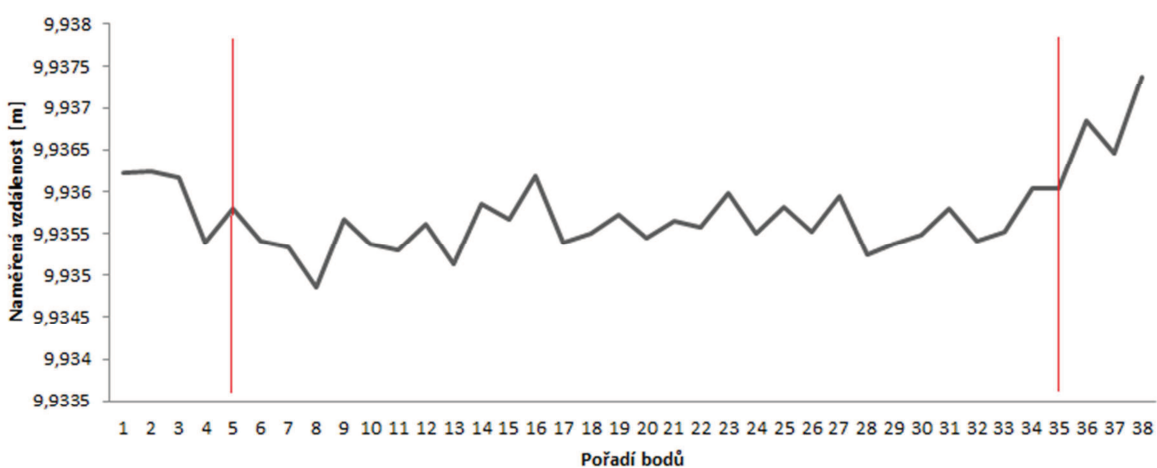
Vertikální poloha:



Diagonální poloha (45°):

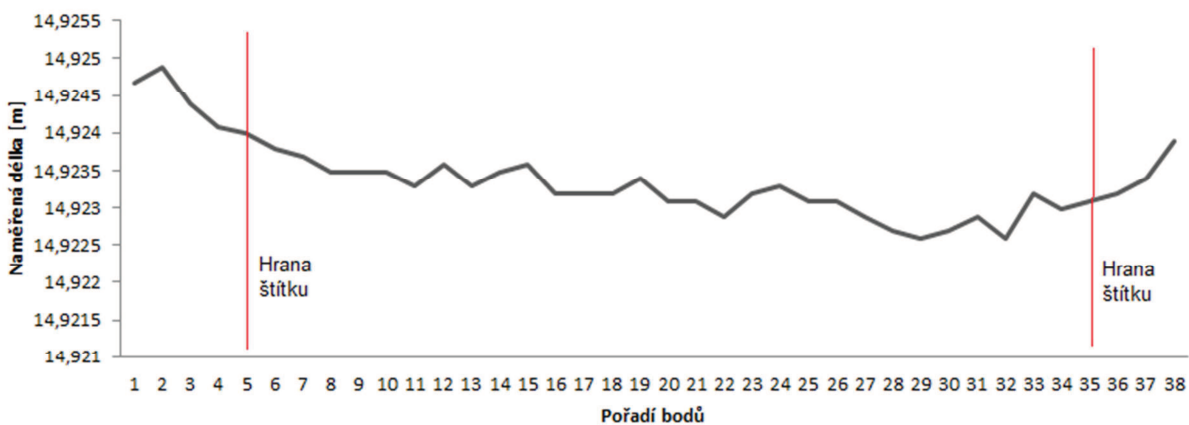


Diagonální poloha (135°):

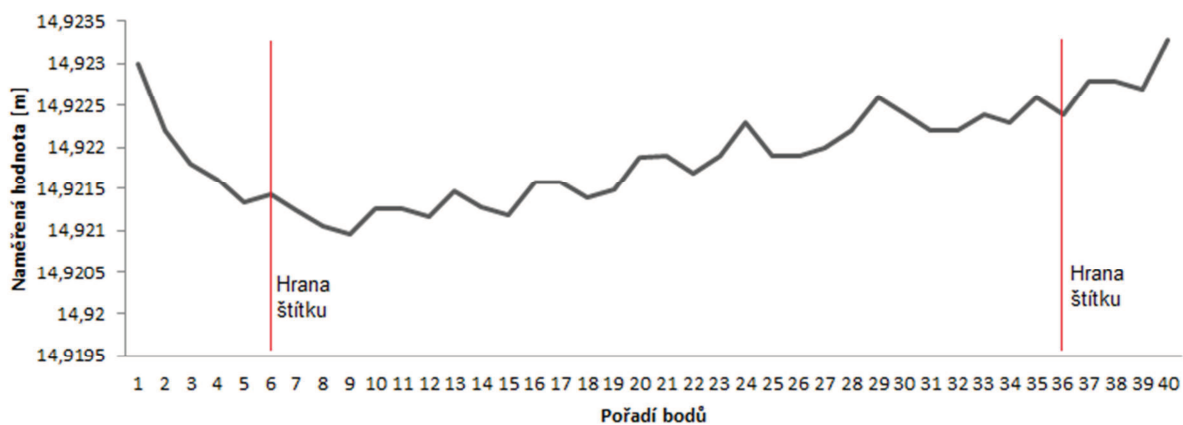


Na 15m:

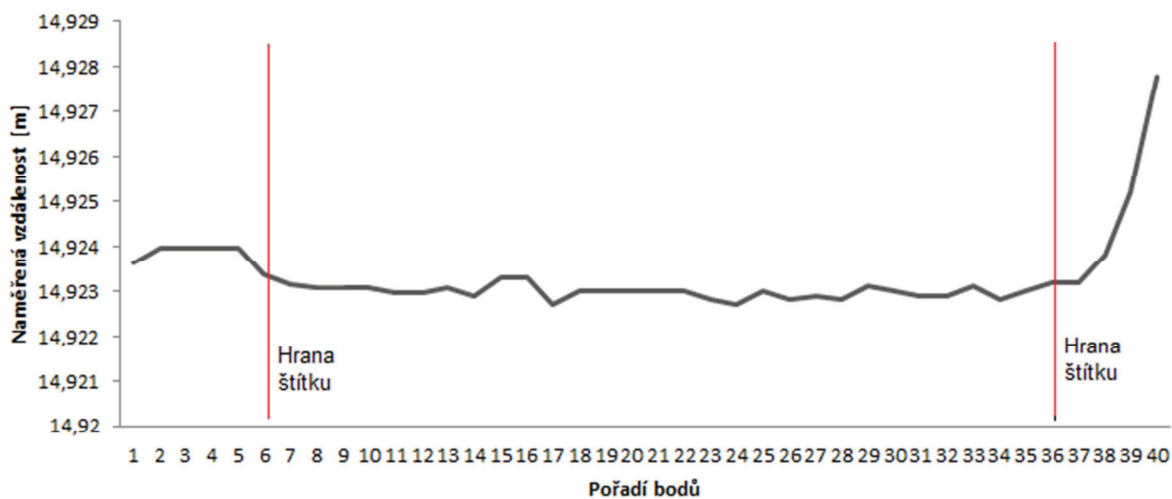
Horizontální poloha:



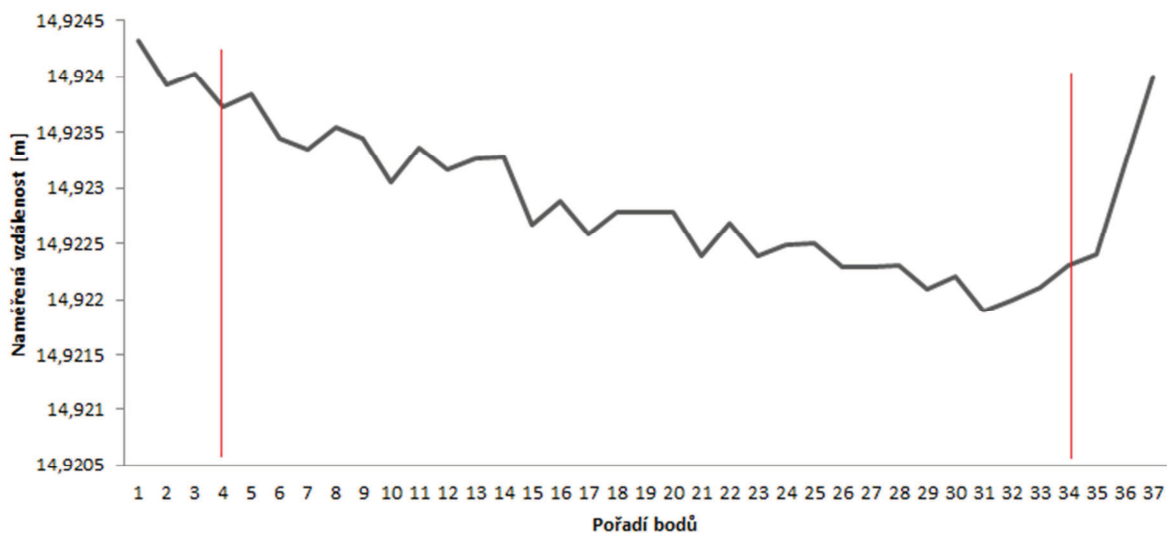
Verikální poloha:



Diagonální poloha (45°):

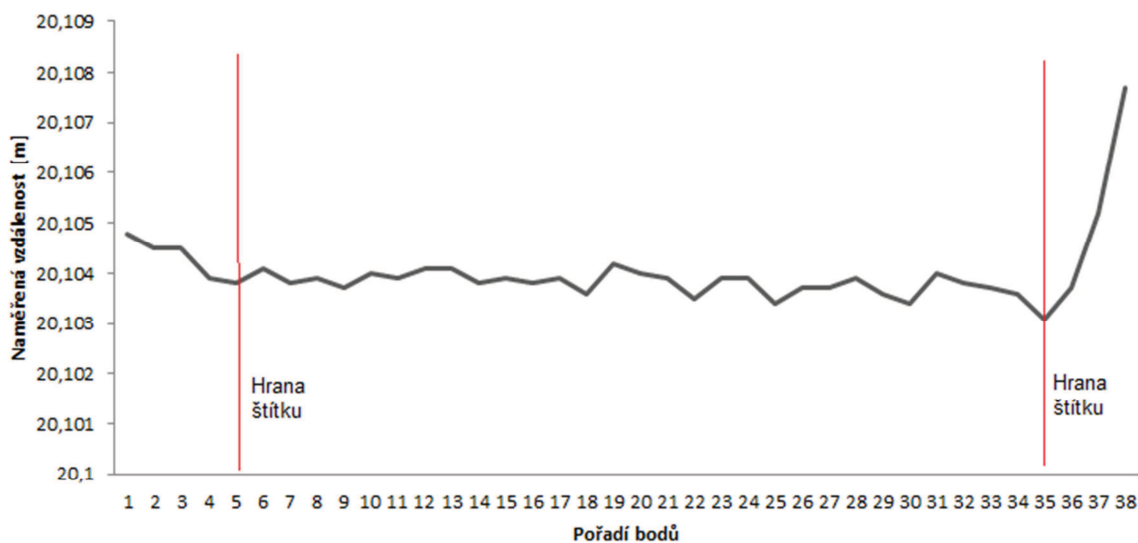


Diagonální poloha (135°):

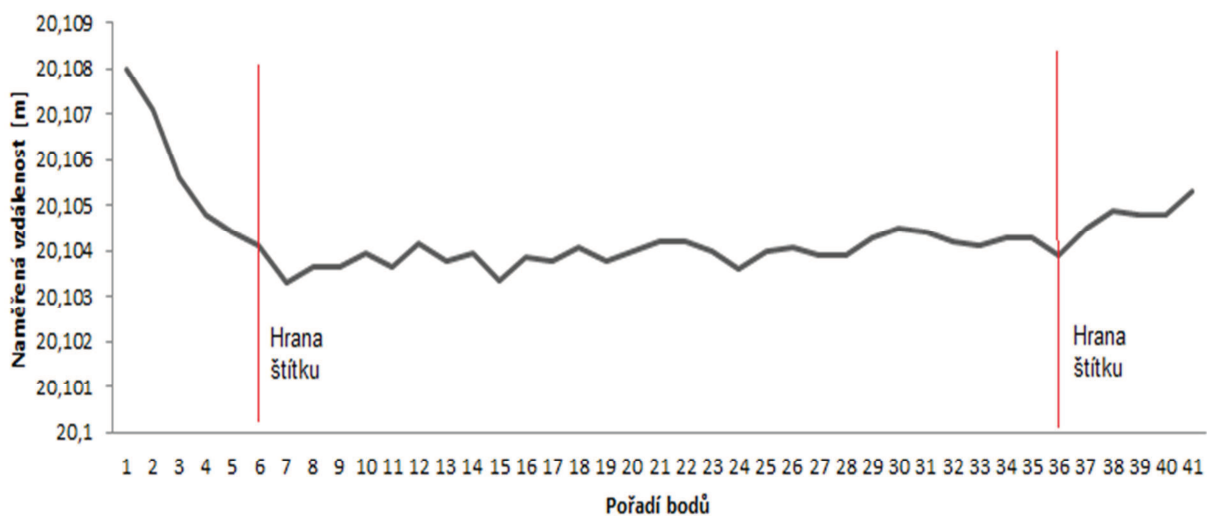


Na 20 m:

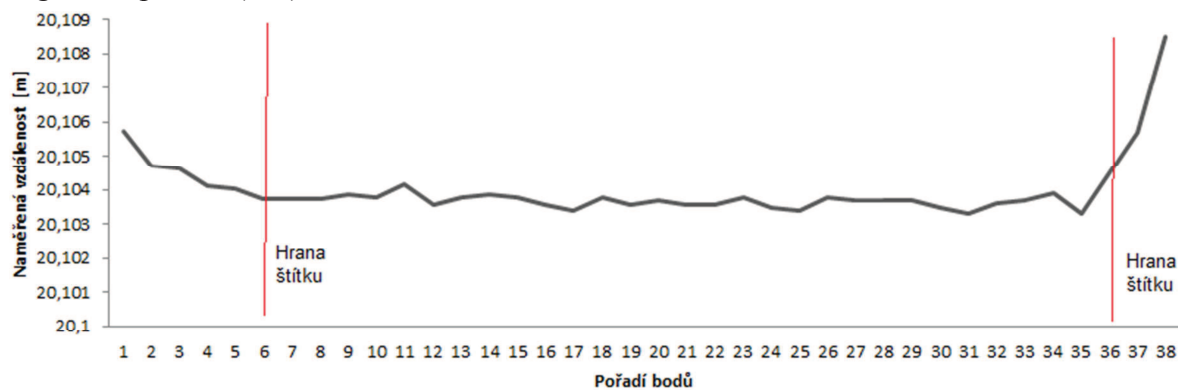
Horizontální poloha:



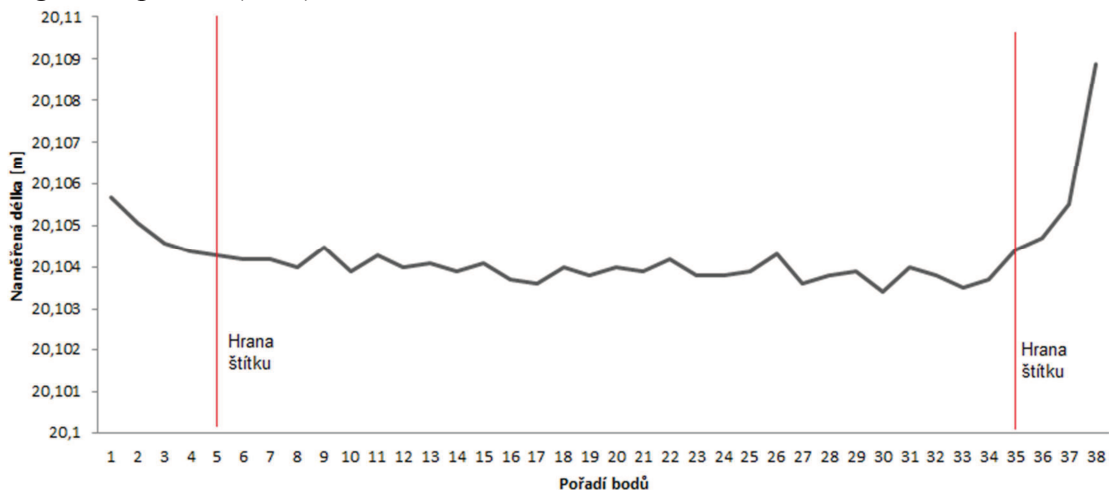
Vertikální poloha:



Diagonální poloha (45°):

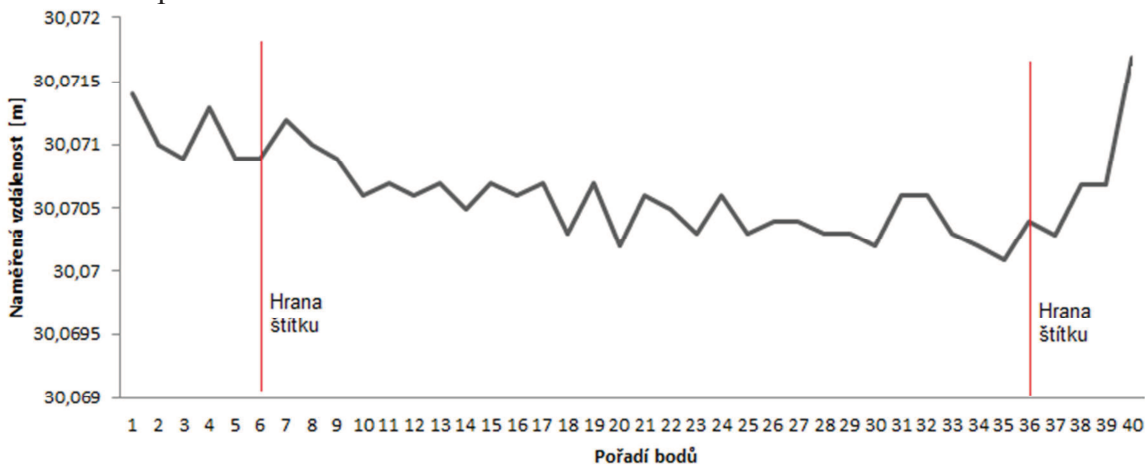


Diagonální poloha (135°):

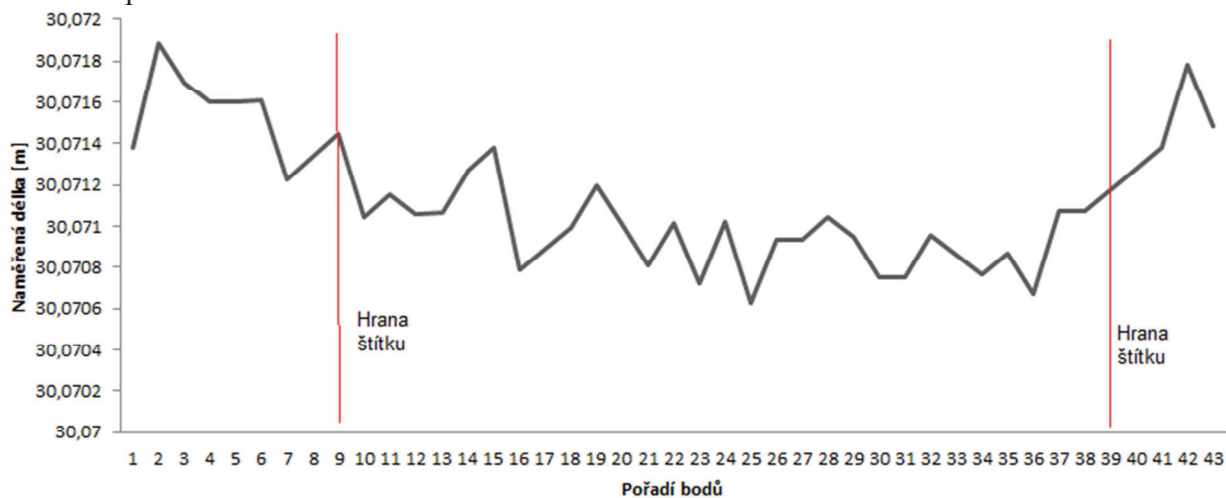


Na 30m:

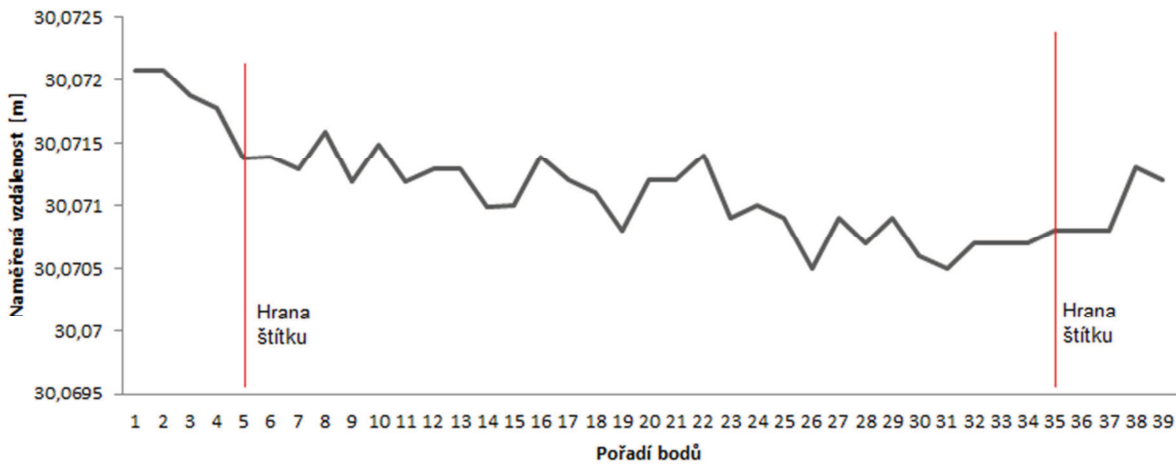
Horizontální poloha:



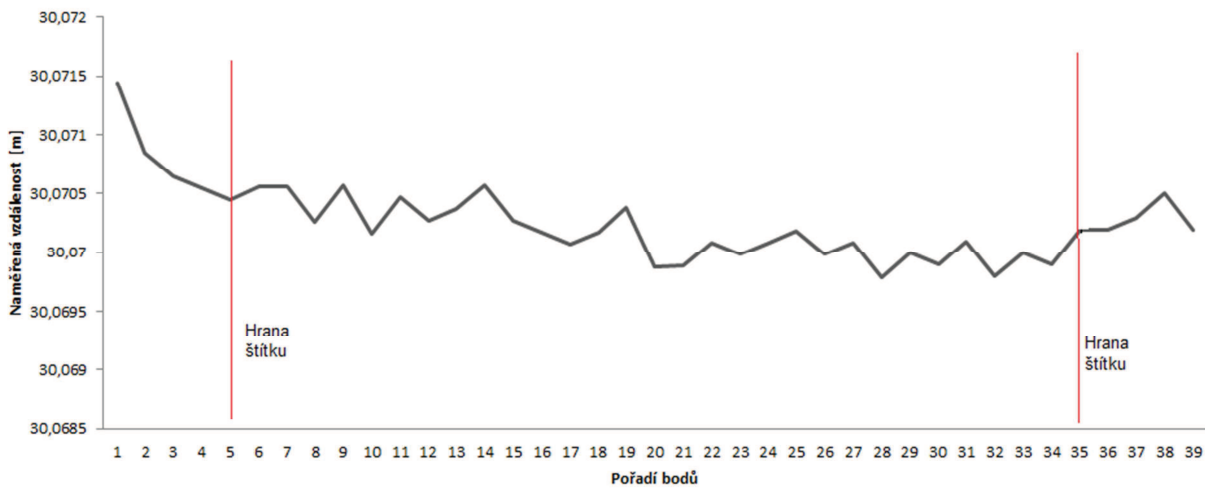
Vertikální poloha:



Diagonální poloha (45°):



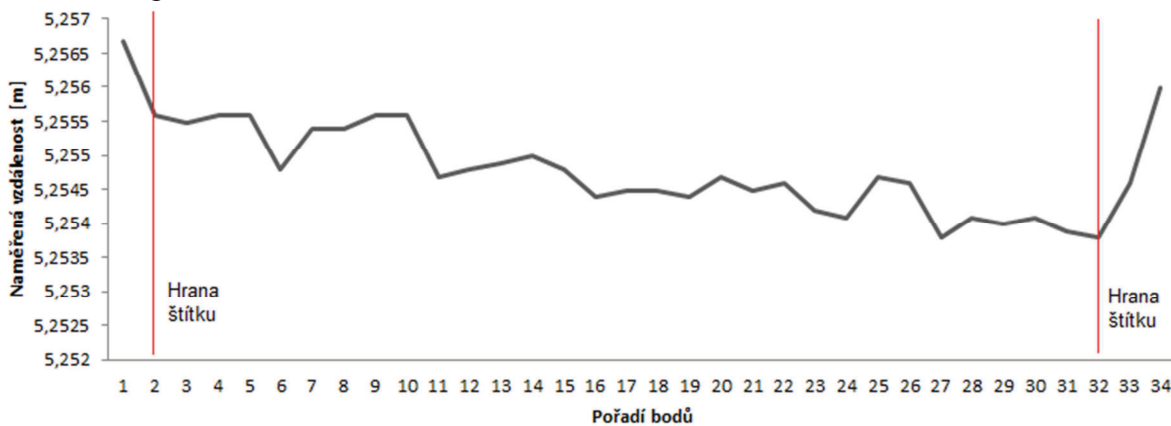
Diagonální poloha (135°):



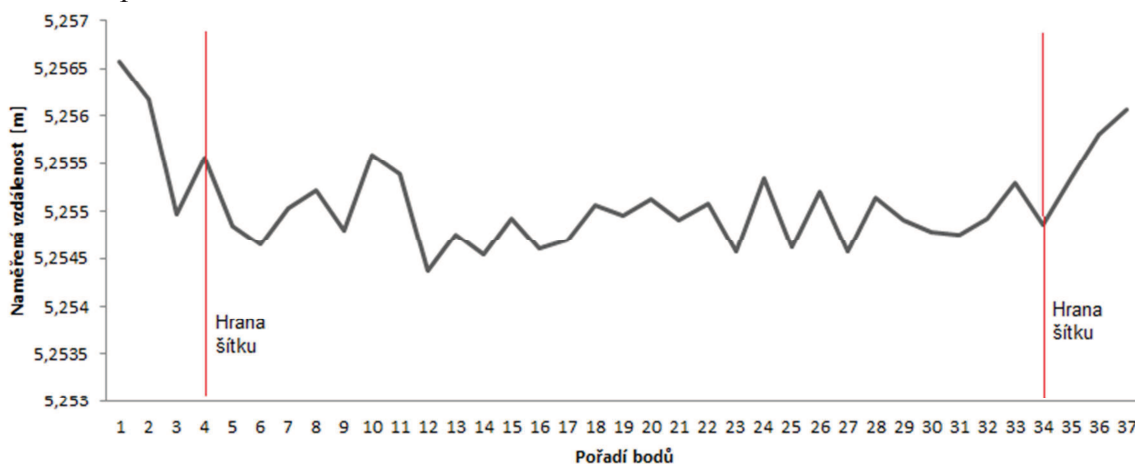
Příloha č. 4 – Grafy – jednoštítkový experiment – Trimble S8 HP

Na 5 m:

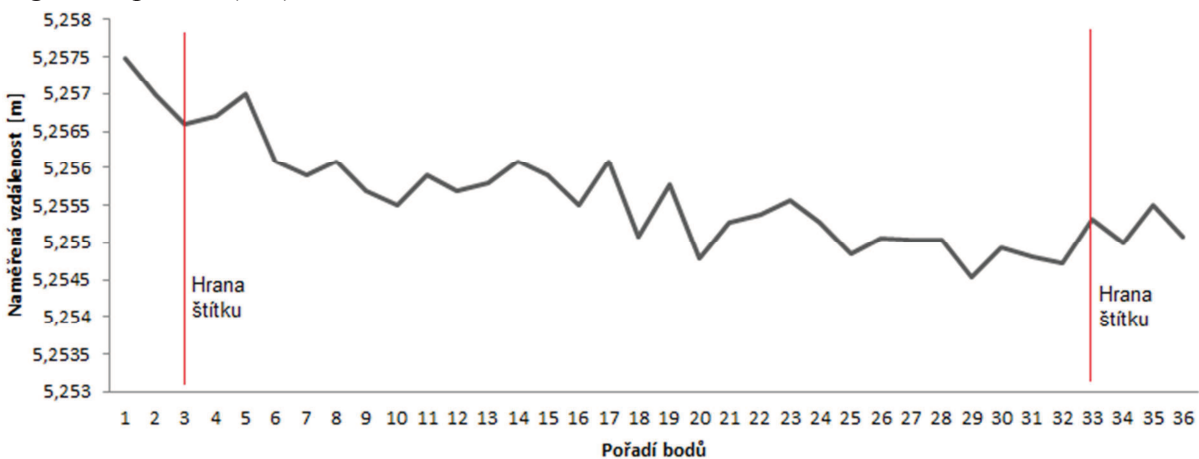
Horizontální poloha:



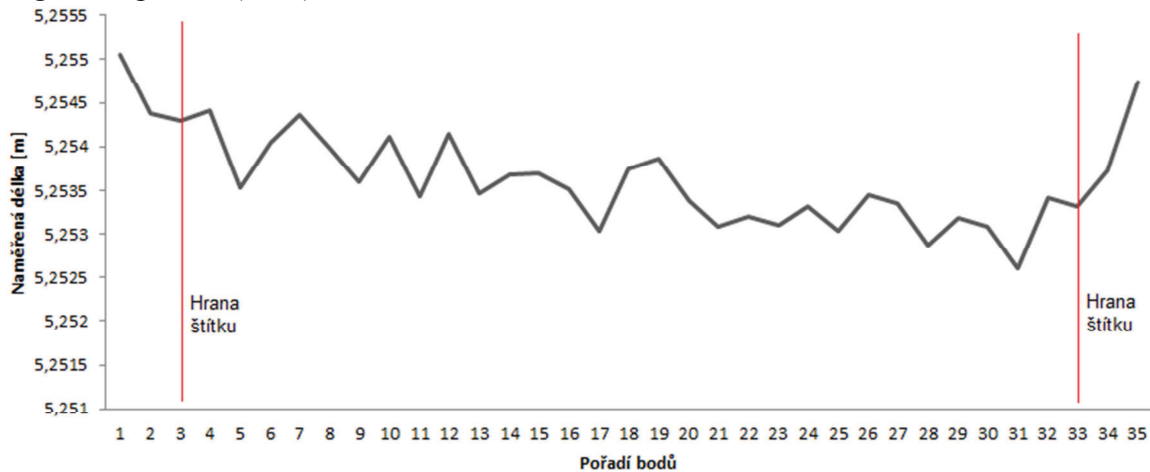
Vertikální poloha:



Diagonální poloha (45°):

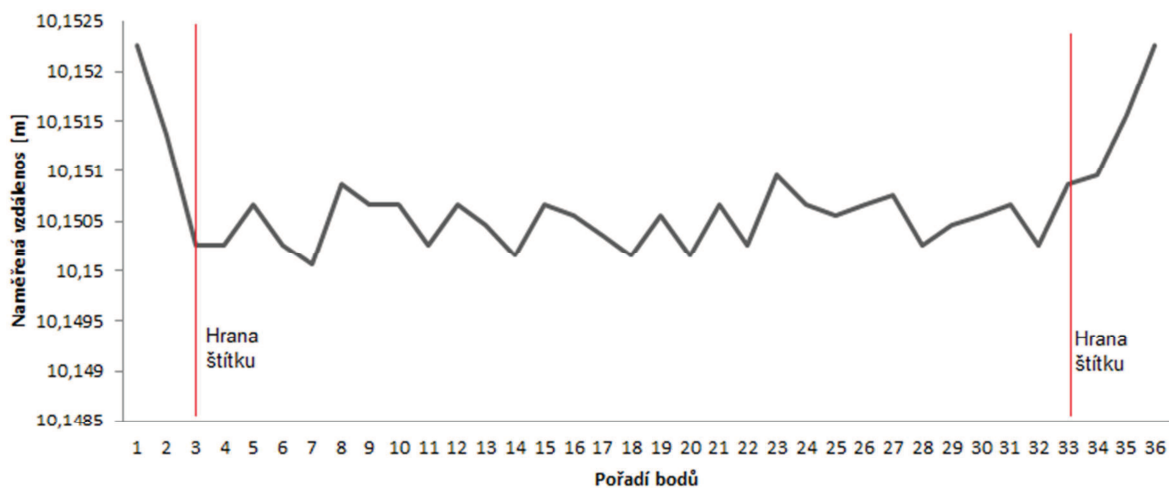


Diagonální poloha (135°):

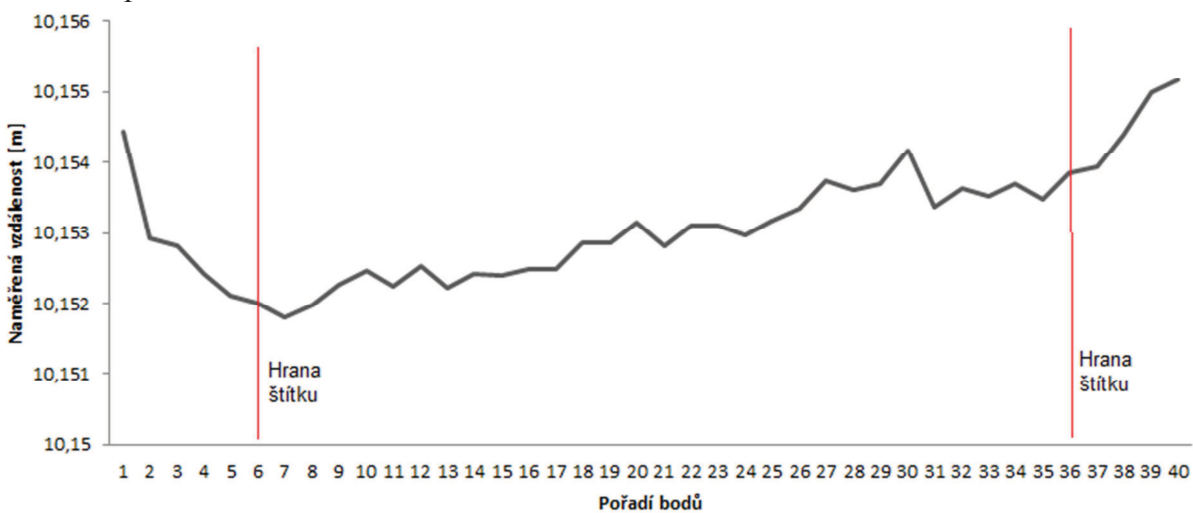


Na 10 m:

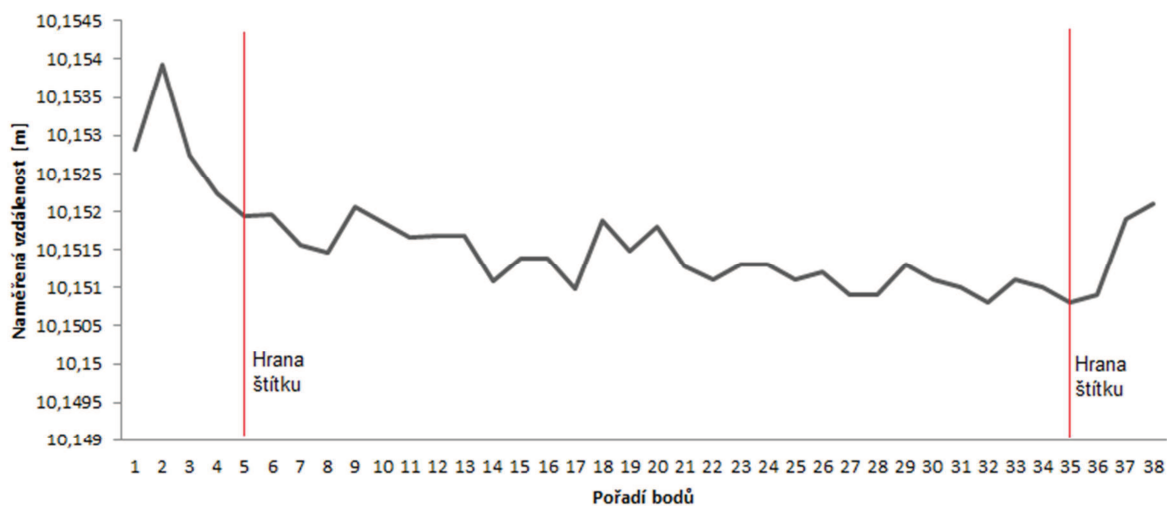
Horizontální poloha:



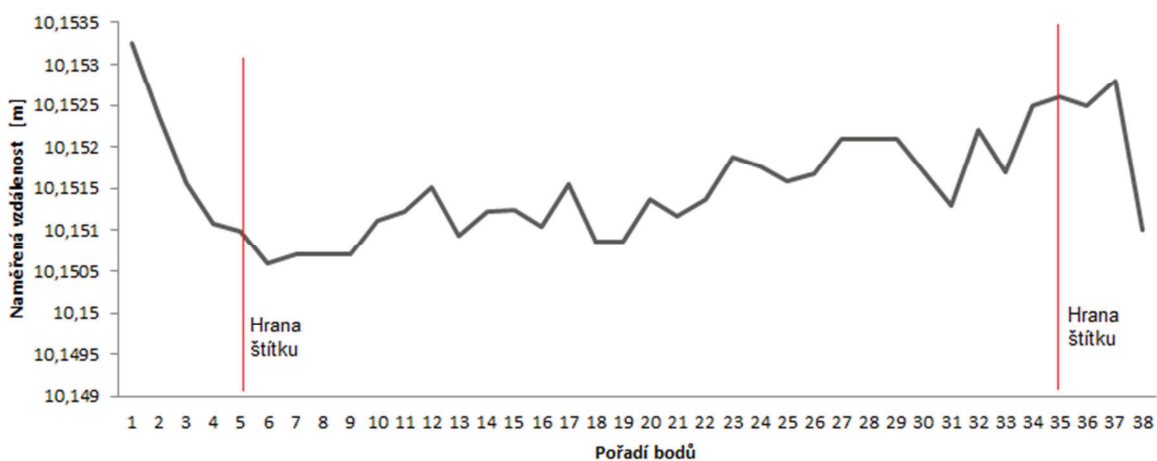
Vertikální poloha:



Diagonální poloha (45°):

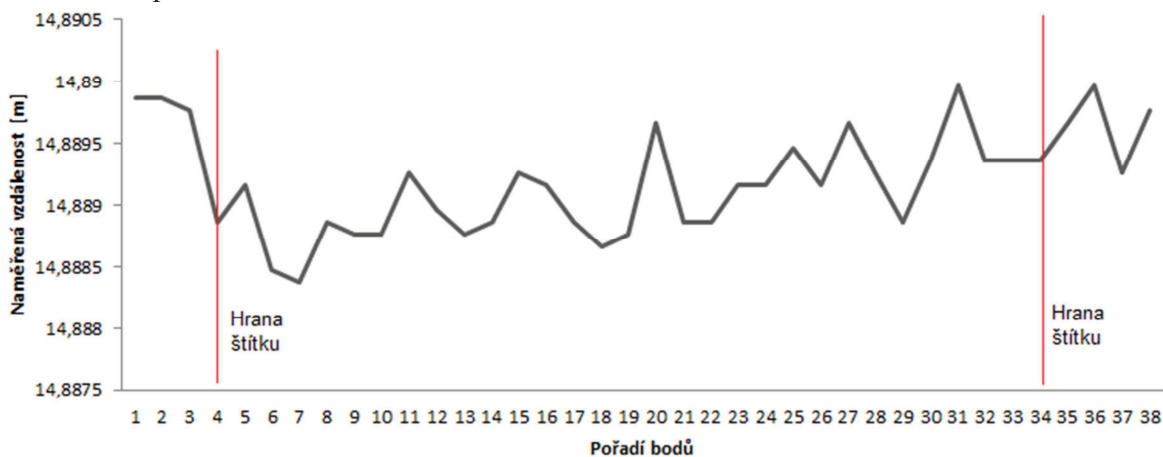


Diagonální poloha (135°):

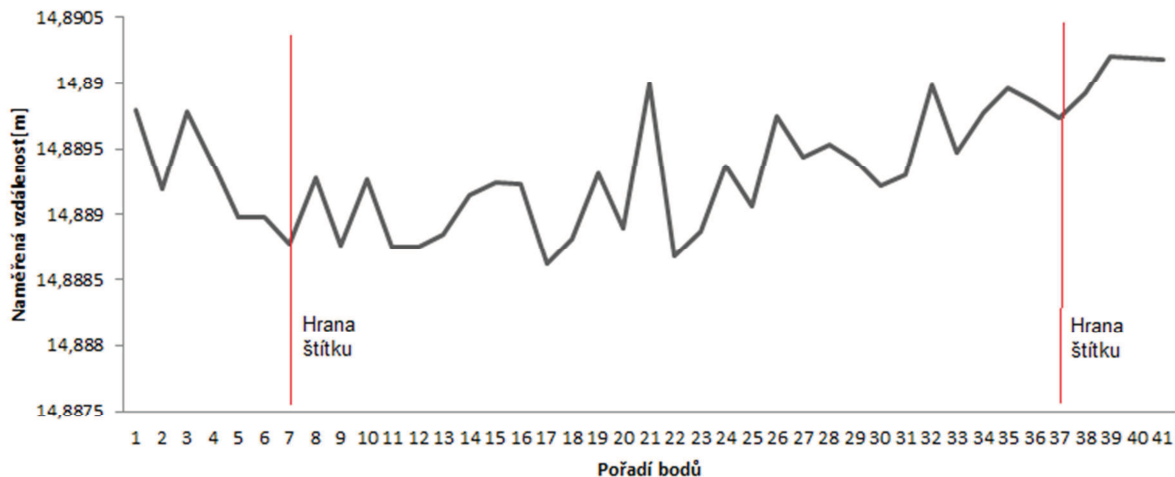


Na 15 m:

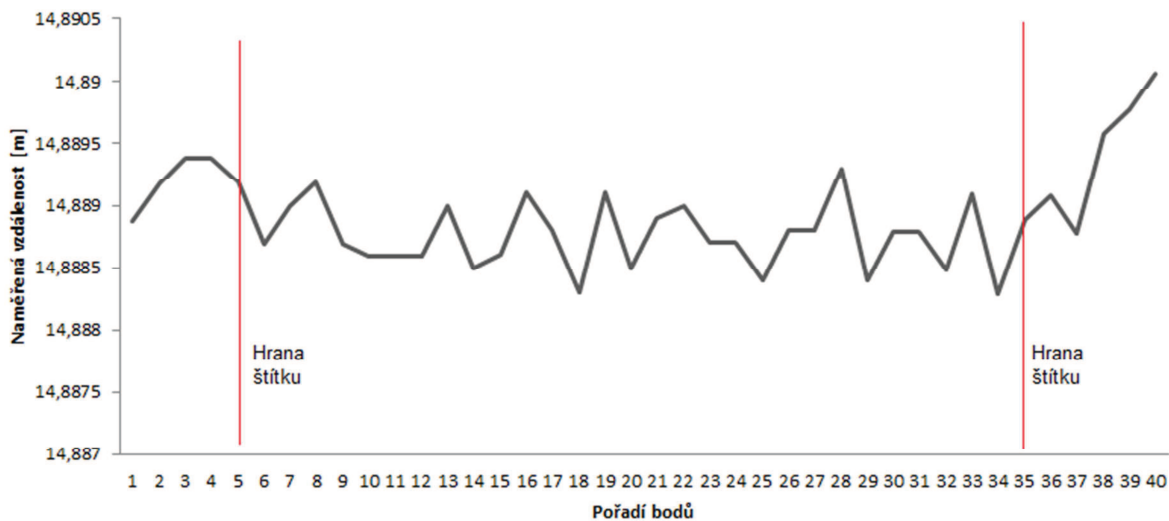
Horizontální poloha:



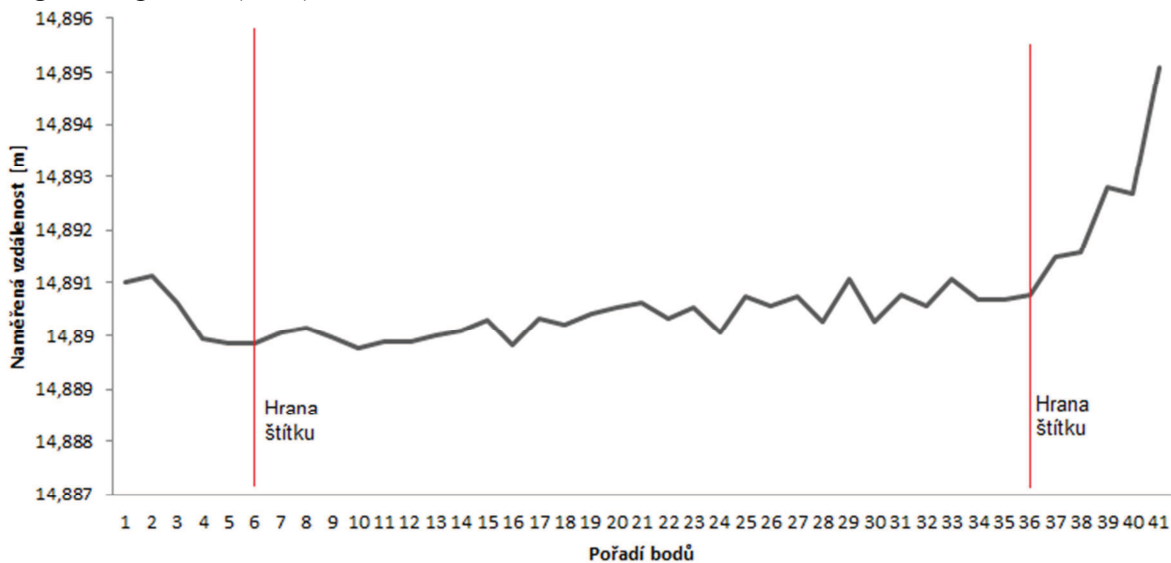
Vertikální poloha:



Diagonální poloha (45°):

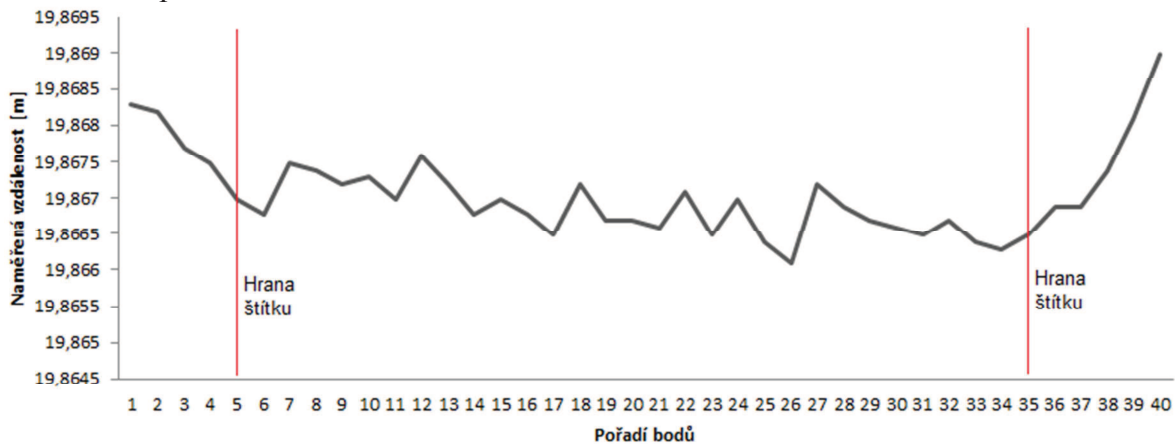


Diagonální poloha (135°):

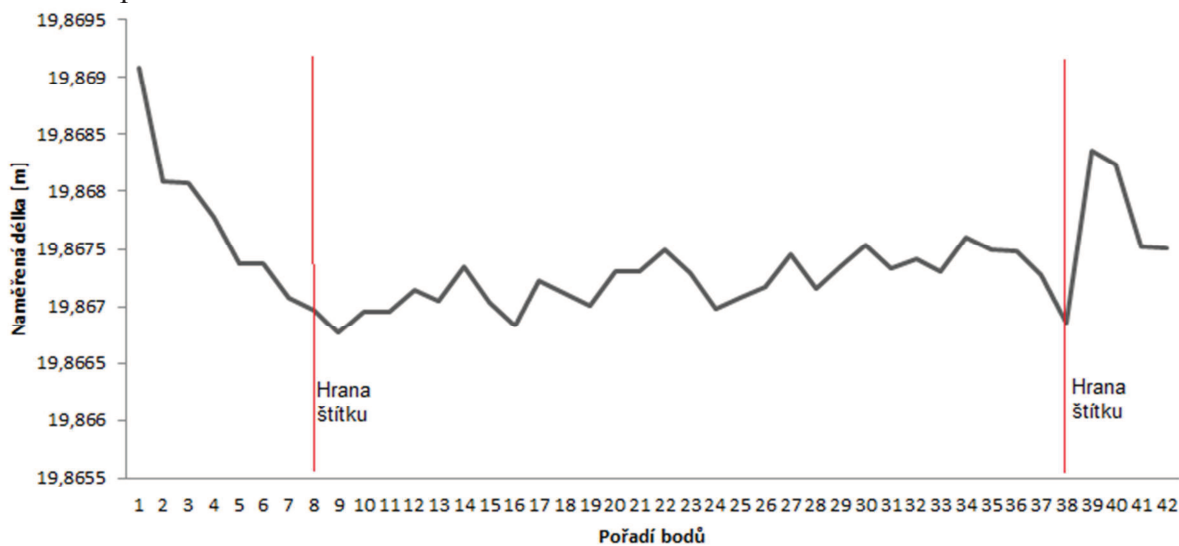


Na 20 m:

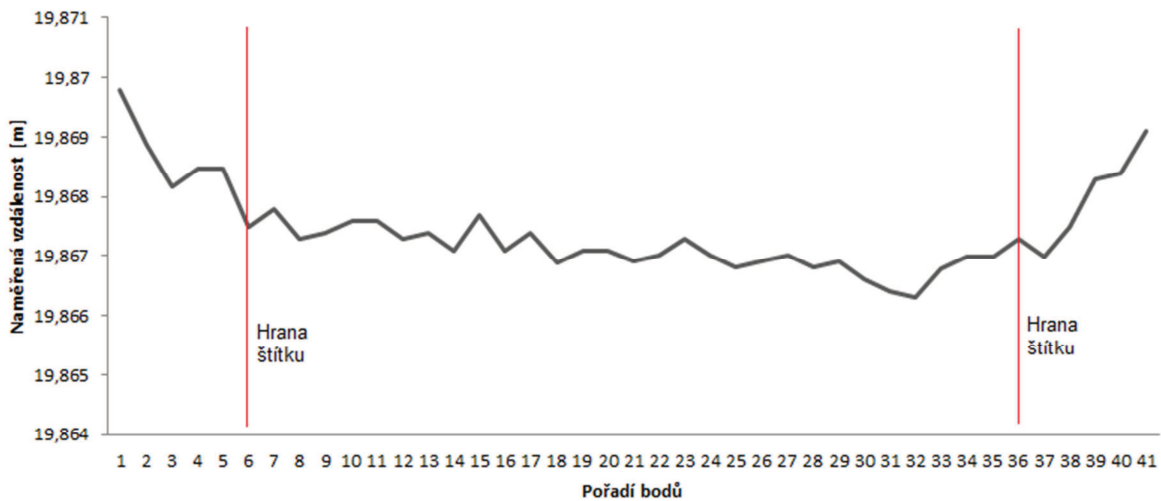
Horizontální poloha:



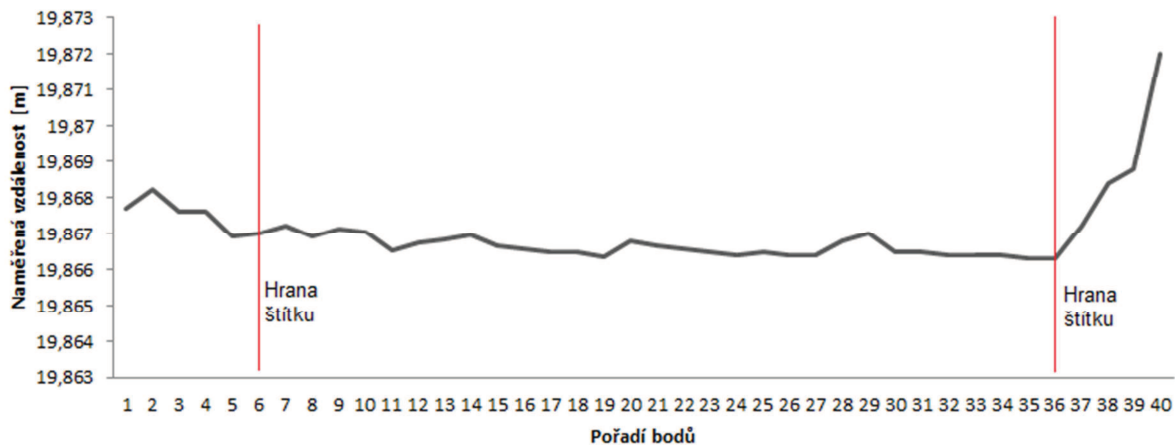
Vertikální poloha:



Diagonální poloha (45°):

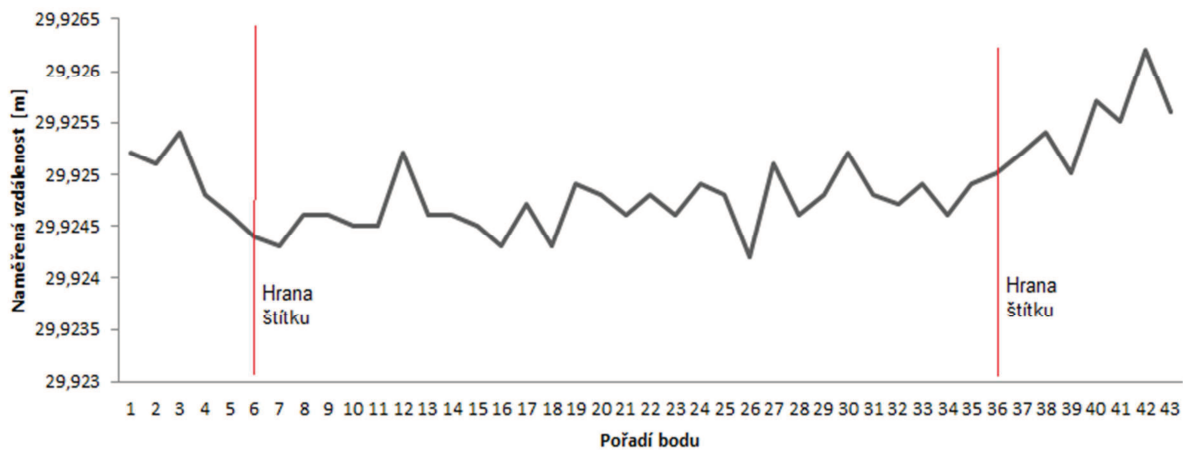


Diagonální poloha (135°):

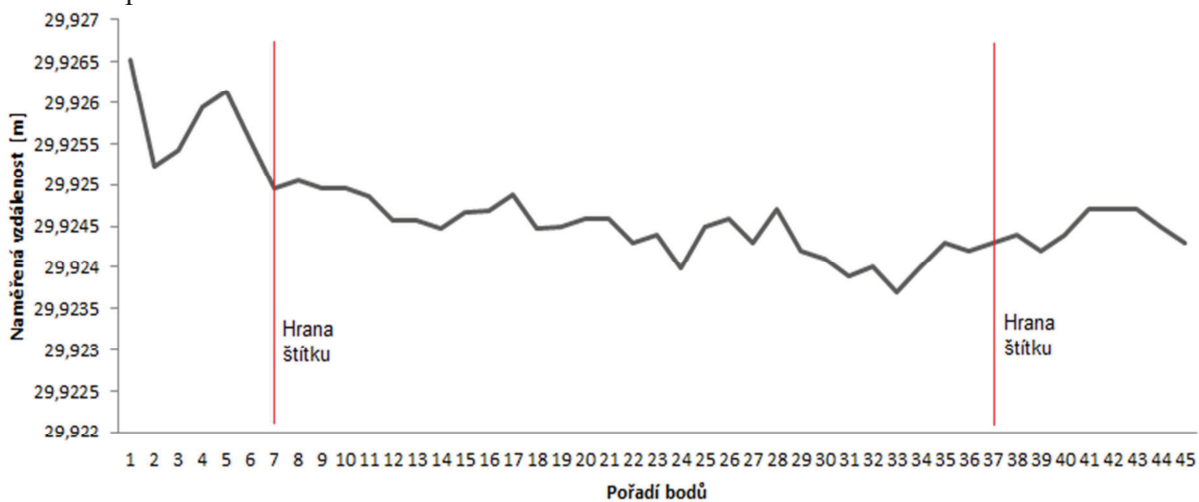


Na 30 m:

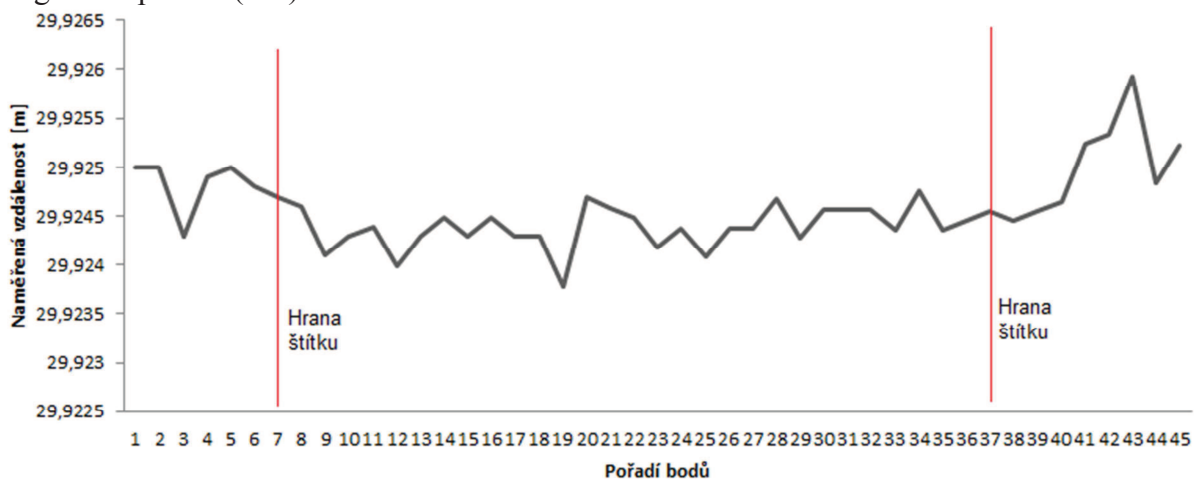
Horizontální poloha:



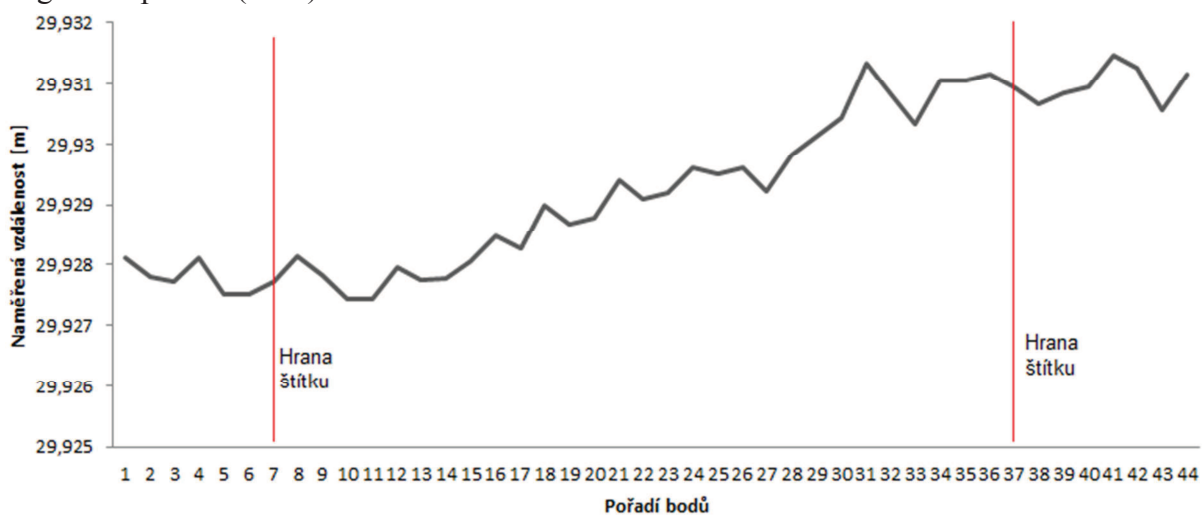
Vertikální poloha:



Diagonální poloha (45°):

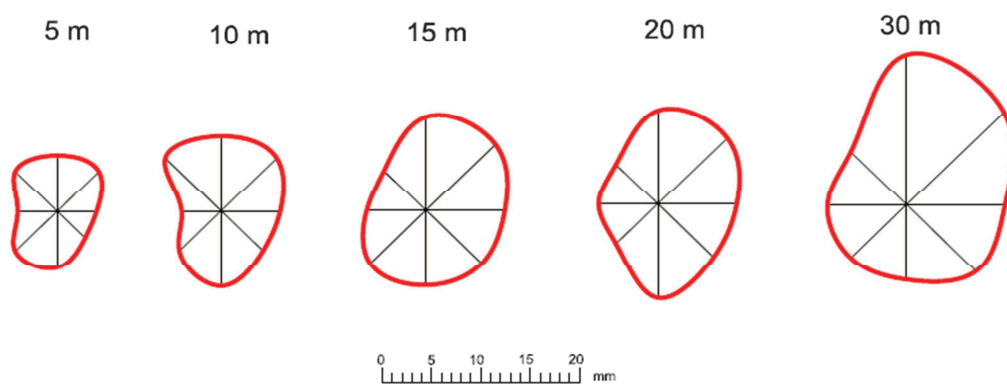


Diagonální poloha (135°):

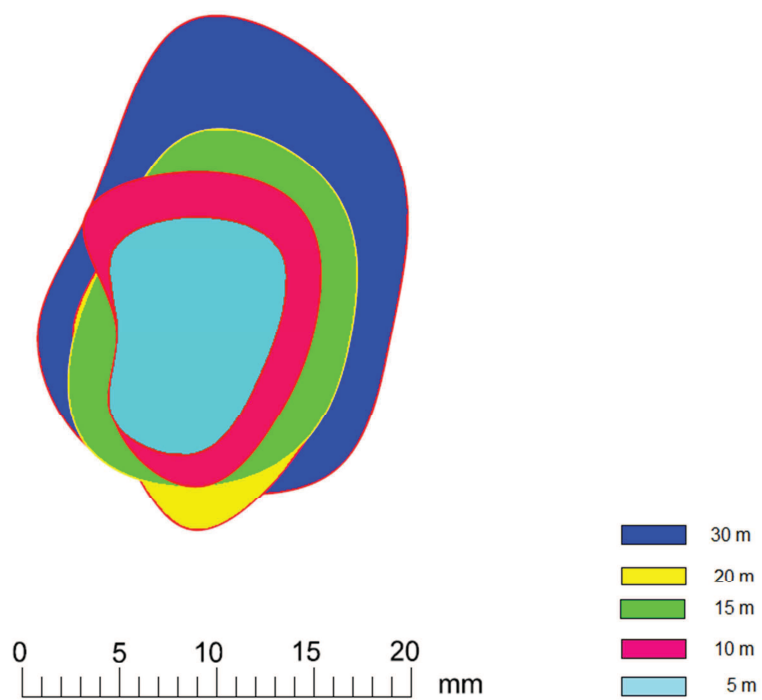


Příloha č.5 – Výkres stop Trimble S6 HP

Trimble S6 HP



Trimble S6 HP



Příloha č.6 – Výkres stop Trimble S8 HP

