

# ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ  
KATEDRA SPECIÁLNÍ GEODÉZIE



## GEODETICKÉ PRÁCE PŘED ZAHÁJENÍM VÝSTAVBY SURVEYING WORK PRIOR TO CONSTRUCTION

Bakalářská práce

Studijní program: Geodézie a kartografie

Studijní obor: Geodézie, kartografie a geoinformatika

Vedoucí práce: Ing. Lenka Línková, Ph.D.

Praha 2024

Matouš Nedoma



# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Nedoma** Jméno: **Matouš** Osobní číslo: **508428**  
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**  
Zadávající katedra/ústav: **Katedra speciální geodézie**  
Studijní program: **Geodézie a kartografie**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Geodetické práce před zahájením výstavby**

Název bakalářské práce anglicky:

**Surveying Work Prior to Construction**

Pokyny pro vypracování:

- 1) Zaměření a vyrovnání základní vytyčovací sítě
- 2) Zaměření terénu před výkopovými pracemi a tvorba DMT (GNSS)
- 3) Kontrola DMT pomocí terestrického měření
- 4) Zaměření a výpočet kubatur po odtěžení (bude-li dodržen harmonogram zemních prací)

Seznam doporučené literatury:

1. Hampacher, M. - Štroner, M.: Zpracování a analýza měření v inženýrské geodézii. 2. vyd. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, ČVUT v Praze, 2015. ISBN 978-80-01-05843-5.
2. ČSN ISO 4463-1 Měřicí metody ve výstavbě - Vytyčování a měření - Část 1: Navrhování, organizace, postupy měření a přijímací podmínky. 1999.
3. ČSN ISO 4463-2 Měřicí metody ve výstavbě - Vytyčování a měření - Část 2: Měřické značky. 1999.
4. ČSN 73 0420-1 Přesnost vytyčování staveb - Část 1: Základní požadavky. 2002.
5. ČSN 73 0420-2 Přesnost vytyčování staveb - Část 2: Vytyčovací odchylky. 2002.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

**Ing. Lenka Línková, Ph.D. katedra speciální geodézie FSv**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **15.02.2024** Termín odevzdání bakalářské práce: **20.05.2024**

Platnost zadání bakalářské práce: \_\_\_\_\_

Ing. Lenka Línková, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) práce

prof. Ing. Martin Štroner, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Jiří Máca, CSc.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studenta

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Lenky Línkové, Ph.D. Veškerou použitou literaturu jsem uvedl v seznamu použitých zdrojů.

V Praze dne:

Podpis

## **Poděkování**

Tímto bych chtěl moc poděkovat své vedoucí práce paní Ing. Lence Línkové, Ph.D. za odbornou pomoc, konzultace a trpělivost při zpracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Petru Jaškovi, Ph.D. za konzultace a rady ohledně prací v terénu i u následného zpracování.

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá geodetickými pracemi před zahájením výstavby servisního a školícího zařízení Emil Frey – Kyje. Nejprve byla zaměřena základní vytyčovací síť, která dále byla transformována a vyrovnána v programu EasyNET pro další použití při výstavbě. Před zahájením stavby byl také zaměřen její terén a vyhotoven digitální model terénu z GNSS měření, který byl porovnán na kontrolních profilech s měřením totální stanicí.

## **Klíčová slova**

Totální stanice, GNSS, TIN, vyrovnání, digitální model terénu

## **Abstract**

This bachelor thesis deals with surveying works before the construction of the Emil Frey - Kyje service and training facility. Firstly, the basic surveying network was established, which was further transformed and adjusted in the EasyNET software for further use in construction. Before the construction commenced, the terrain was also surveyed and a digital terrain model was created from GNSS measurements, which was compared on with measurements from a total station.

## **Keywords**

Total station, GNSS, TIN, adjustment, digital terrain model

## Seznam použitých zkratk

Bpv	Balt po vyrovnání
CZEPOS	Síť permanentních stanic GNSS České republiky
ČSN	Česká státní norma
ČSNS	Česká státní nivelační síť
ČSTS	Česká státní trigonometrická síť
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
DEM	Digital elevation model
DGNSS	Diferenciální globální navigační satelitní systém
DMP	Digitální model povrchu
DMR	Digitální model reliéfu
DMT	Digitální model terénu
GIS	Geografický informační systém
GLONASS	GLObalnaya NAVigatsionnaya Sputnikovaya Sistema – ruský globální systém určování polohy
GNSS	Globální navigační satelitní systém
GPS	Global positioning system
IMU	Inertial measurement unit
ISO	International Organization for Standardization – Mezinárodní organizace pro standardizaci
MNČ	Metoda nejmenších čtverců
RTK	Real time kinematic
S-JTSK	Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
TIN	Triangulated irregular network
TS	Totální stanice
ZVS	Základní vytyčovací síť

# Obsah

Úvod .....	10
1 Základní údaje .....	11
1.1 Lokalita .....	11
1.2 Základní informace o stavbě .....	12
1.3 Podklady stavby .....	12
1.4 Geodetické podklady .....	13
2 Použité přístroje a programy .....	13
2.1 Přístroje .....	13
2.1.1 Totální stanice Leica MS50 .....	14
2.1.3 GNSS aparatura Leica GS18 .....	15
2.3 Programy .....	16
2.3.1 Autodesk Civil 3D 2024 .....	16
2.3.2 Kokeš .....	16
2.3.3 EasyNET .....	16
3 Vytyčovací sítě, jejich dělení, stabilizace a přesnost .....	17
3.1 Dělení podle způsobu připojení .....	18
3.1.1 Vytyčovací sítě připojené na bodové pole ČSTS .....	18
3.1.2 Místní sítě .....	18
3.2 Dělení podle významu .....	18
3.2.1 Primární vytyčovací síť .....	18
3.2.2 Sekundární vytyčovací síť .....	18
3.3 Dělení podle tvaru .....	18
3.3.1 Liniové .....	18
3.3.2 Plošné .....	19
3.4 Stabilizace vytyčovacích sítí .....	20
3.4.1 Těžká stabilizace .....	20
3.4.2 Lehká stabilizace .....	21
3.5 Technické normy .....	21
3.5.1 ČSN ISO 4463-1 .....	21
3.5.2 ČSN ISO 4463-2 .....	21
3.5.3 ČSN 73 0420-1 .....	21
3.5.4 ČSN 73 0420-2 .....	21
4 Digitální model terénu, možnosti měření a zpracování .....	22
4.1 Možnosti měření digitálního modelu terénu .....	22
4.1.1 Fotogrammetrie .....	22



4.1.2	Laserové skenování.....	23
4.2	Použité technologie měření .....	24
4.2.1	GNSS.....	24
4.2.2	Prostorová polární metoda .....	25
5	Měřické práce a zpracování.....	25
5.1	Měření a zpracování základní vytyčovací sítě .....	25
5.1.1	Informace o měření .....	25
5.1.3	Navržení, stabilizace a příprava základní vytyčovací sítě .....	26
5.1.4	Zaměření ZVS.....	27
5.1.5	Vyrovnání a transformace.....	29
5.2	Měření a zpracování digitálního modelu terénu.....	31
5.2.1	Informace o měření .....	31
5.2.2	Popis měření.....	32
5.2.3	Vyhotovení DMT .....	32
5.2.4	Kontrolní měření totální stanicí.....	33
5.2.5	Zhodnocení přesnosti DMT .....	34
6	Závěr.....	37
7	Seznam literatury .....	38
8	Seznam tabulek.....	41
9	Seznam obrázků .....	42
10	Seznam příloh.....	43

# Úvod

Tématem bakalářské práce je provedení geodetických prací při výstavbě servisního a školícího střediska firmy Emil Frey – Kyje. Téma práce vzniklo na základě osobní zkušenosti při pracovní činnosti v geodetické firmě Geodetická kancelář Nedoma a Řezník. Dalším důvodem výběru tématu byla také komplexnost geodetických prací provedená na této stavbě.

Digitální model terénu je stejně jako základní vytyčovací síť patří k základním prvkům geodézie, jelikož se bez nich neobejde většina větších staveb. Digitální model terénu poskytuje důležitý podklad architektům a projektantům pro plánování a návrh stavby. Geodetickým podkladem během stavby pak je základní vytyčovací síť pro správné umístění a orientaci jednotlivých objektů.

Cílem bakalářské práce je vyhotovení digitálního modelu terénu z měření technologií GNSS a navrhnutí a realizace základní vytyčovací sítě. Dále provedení kontrolního měření digitálního modelu terénu pomocí totální stanice a porovnání odchylek od digitálního modelu terénu.

V první části se věnuji popisu lokality a samotného měření spolu s použitými přístroji a programy. Dále pak popisují digitální model terénu včetně jeho definice, použité technologie pro zaměření a kontrolní měření totální stanicí. Nakonec se věnuji vyhotovení základní vytyčovací sítě a procesu jejího zpracování.

# 1 Základní údaje

Tato kapitola se zabývá popisem lokality měření, stejně tak jako použitými geodetickými podklady nebo podklady stavby. Dále také popisem dvou měřických dnů, během kterých byly zaměřeny body pro digitální model terénu a stabilizována a zaměřena základní vytyčovací síť.

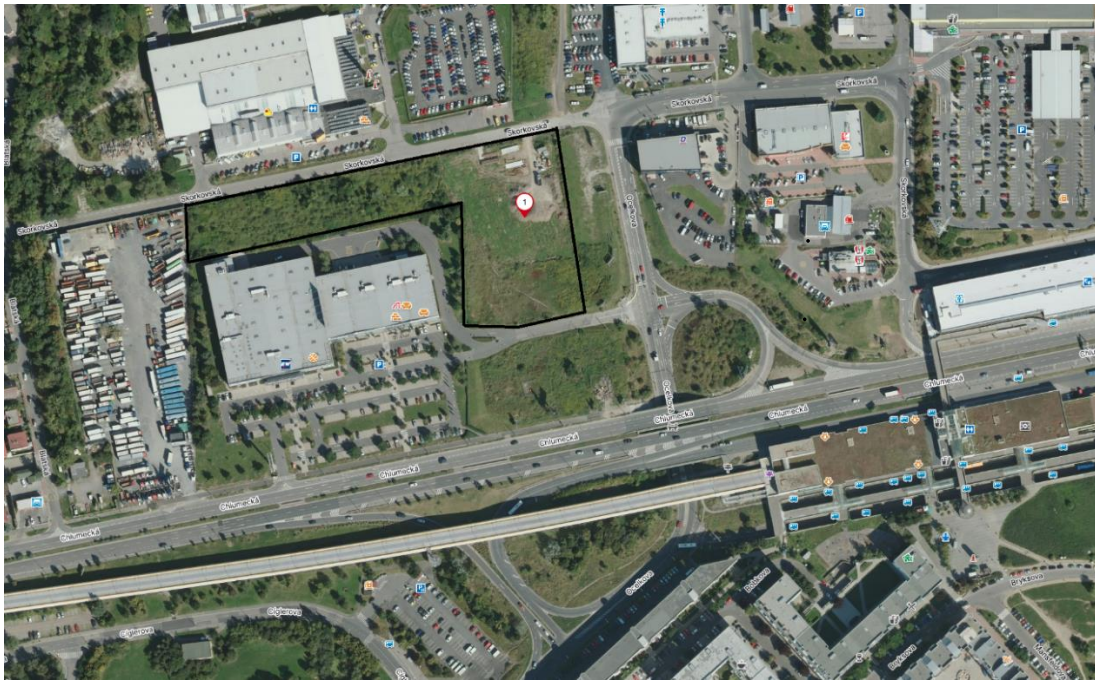
## 1.1 Lokalita

Tento odstavec je zpracován s využitím [1]. Jedná se o pozemek s výměrou 20070 m<sup>2</sup> ve tvaru písmena „L“ na východním kraji Prahy v městské části Praha – Kyje u křížení ulic Skorkovská a Ocelkova v komerční a logistické zástavbě severně od Chlumecké ulice. V oblasti se nachází komerční objekty prodejny Siko, Makro, Emil Frey a další.

S pozemkem sousedí komerční objekty prodejny Electroworldu a Jysku na jihozápadě, na západě je to pak Truck centre (prodejce nákladní techniky). Na východě je za Ocelkovou ulicí prodejna aut Domanský. Přes jižní oblast pozemku prochází účelová komunikace – příjezdová cesta k prodejně Electroworld od hlavní ulice Ocelkova. Cesta představuje věcné břemeno, kterým je omezeno vlastnické právo k pozemku.

Pozemek je mírně svažité směrem k jihu z úrovně cca 255 m n. m. do úrovně cca 252,5 m n. m. Pozemek byl v době měření zbaven náletových porostů a zbyla na něm pouze mírně členitá hliněná plocha s občasným travnatým porostem.

Přes pozemek prochází významné trasy technické infrastruktury, především plynovody VTL, STL a NTL a další sítě. Jedná se o území, které je na okraji Prahy, přesto je ale na strategickém místě pouze 5 minut chůze od autobusového nádraží a stanice metra Černý Most (obr. 1).



Obrázek 1: Lokalita měření [2]

## 1.2 Základní informace o stavbě

Jedná se o novostavbu servisního a školícího střediska, která bude sloužit prodeji, servisu, odstavení a prezentaci ojetých vozů firmy Emil Frey ČR. Zastavěná plocha bude činit 2351,35m<sup>2</sup> a hotová budova bude mít 2 nadzemní podlaží pro celkem až 95 osob. Mimo servisní zázemí zde bude také myčka, lakovna nebo nabíjecí stanice pro elektromobily, na střeše budovy pak bude umístěna fotovoltaická elektrárna. Projektant stavby je firma ABTSMOLEN spol. s.r.o., investor a stavebník je pak firma ADIMO ČR s.r.o. [1].

## 1.3 Podklady stavby

Jedním z podkladů stavby byl inženýrskogeologický průzkum pro založení stavby provedený Ing. Mgr. Janem Valentou. Dalším z podkladů stavby byla také zkouška podzemní vody, radonový průzkum. Lokalita leží mimo památkově chráněné území, a tak nemusel být prováděn archeologický průzkum, ovšem v průběhu výkopových prací bude na místě stavby přítomen archeolog, který bude dohlížet na rozsah výkopu a případné naložení s archeologickými nálezy [1].

## **1.4 Geodetické podklady**

Výškové připojení vytyčovací sítě nebylo předmětem této práce, ale bylo provedeno na 2 nivelační značky ČSNS. První nivelační značka má označení CJ-28.2.1 a je umístěná na obchodním domě s čp. 1532, stabilizována byla v roce 2012 [3]. Druhá nivelační značka CJ-28.4 je stabilizována nivelační značkou 1 metr nad zemí na pilíři lávky z roku 1998[4].

# **2 Použité přístroje a programy**

Pro měření a zpracování byly použity přístroje a programy zapůjčené firmou Geodetická kancelář Nedoma a Řezník.

## **2.1 Přístroje**

Základní vytyčovací síť byla měřena totální stanicí Leica MS50 (v. č.: 4044444), digitální model terénu byl měřen GNSS aparaturou Leica GS18 (v. č.: 3608649). Pro měření bodů pro DMT i pro kontrolní zaměření bodů DMT byl použit kontroler Leica CS20 (v. č.: 3281178).

### 2.1.1 Totální stanice Leica MS50

Tento odstavec byl zpracován podle [5]. Pro měření Základní vytyčovací sítě a pro měření kontrolních profilů byla použita robotická totální stanice značky Leica model Nova MS50 s udávanou úhlovou přesností 1", přesností délky 1 mm + 1.5 ppm při měření na hranol a 2 mm + 2 ppm při měření bez hranolu. Přesně dán dosah měření na hranol výrobcem není, bez hranolu dosah pak je do 2000 m.

Při měření byla také využita funkce automatického zaostření obrazu, kdy pomocí tlačítka umístěného na boku totální stanice se obraz automaticky zaostří, proto většinou není nutné další doostřování obrazu. Dále byla využita funkce robotického otáčení na body, která byla uplatněna při měření více skupin. Body tak stačilo zaměřit manuálně v první skupině, v následujících skupinách již totální stanice zacílila na bod sama, před měřením tedy stačilo pouze mírně docílit a doostřit obraz.

Totální stanice byla upevněna na stativu (obr. 2). Pro kontrolní měření DMT byl použit One-man systém s výtyčkou, hranolem Leica 360° a kontrolerem Leica CS20 pro dálkové řízení TS.



Obrázek 2: Totální stanice Leica M50 [6]

### 2.1.3 GNSS aparatura Leica GS18

Tato část byla zpracována podle [7]. Pro měření digitálního modelu terénu byla použita GNSS aparatura Leica GS18. Udávaná polohová přesnost této aparatury při měření metodou RTK je 8 mm + 0.5 ppm, výšková 15 mm + 0.5 ppm. Přesnost statické metody je 3 mm + 0.1 ppm v poloze a 3.5 mm + 0.4 ppm ve výšce, u rychlé statické metody jsou parametry: 3 mm + 0.5 ppm (P) a 5 mm + 0.5 ppm (V). Tento přístroj má také IMU jednotku, která ulehčuje měření tím, že umožňuje měřit v náklonu (není potřeba rovnat libelu, držet výtýčku svisle). Jednotka pomocí úhlu a délky výtýčky přepočítává polohu na hrot výtýčky.

Pro použití měření s náklonem je třeba před měřením krátce s výtýčkou zakývat do stran, aby proběhla inicializace měření náklonu. Při použití kompenzace náklonu je dodatečná maximální nejistota měření 8 mm + 0.4/° (kompenzace náklonu funguje do 30°). Pro určování polohy využívá signálu z družice GPS, GLONASS, Galileo a BeiDou.

Pro zobrazení uživatelského rozhraní byl použit kontroler Leica CS20, přes který je GNSS přijímač ovládán (obr. 3).



Obrázek 3: GNSS aparatura Leica GS18 [8]

## **2.3 Programy**

Tato část popisuje použité programy pro zpracování měření a vytvoření výkresů.

### **2.3.1 Autodesk Civil 3D 2024**

Autodesk Civil 3D je programu postavený na základu aplikace Autodesk AutoCAD. Rozhraní i funkce jsou podobné, ovšem verze Civil 3D obsahuje nadstavbu pro lepší práci s 3D modely, profily a obecně plánováním ve 3D. V této práci byl použit pro vytvoření digitálního modelu terénu a výkresů [9].

### **2.3.2 Kokeš**

Jedná se o geodetický software od firmy Gepro s.r.o. určený pro běžné geodetické grafické práce, výpočty a tvorbu mapových výstupů. Při zpracování byl použit pro import měření a následný převod do výkresového souboru pro otevření v programu Autocad [10].

### **2.3.3 EasyNET**

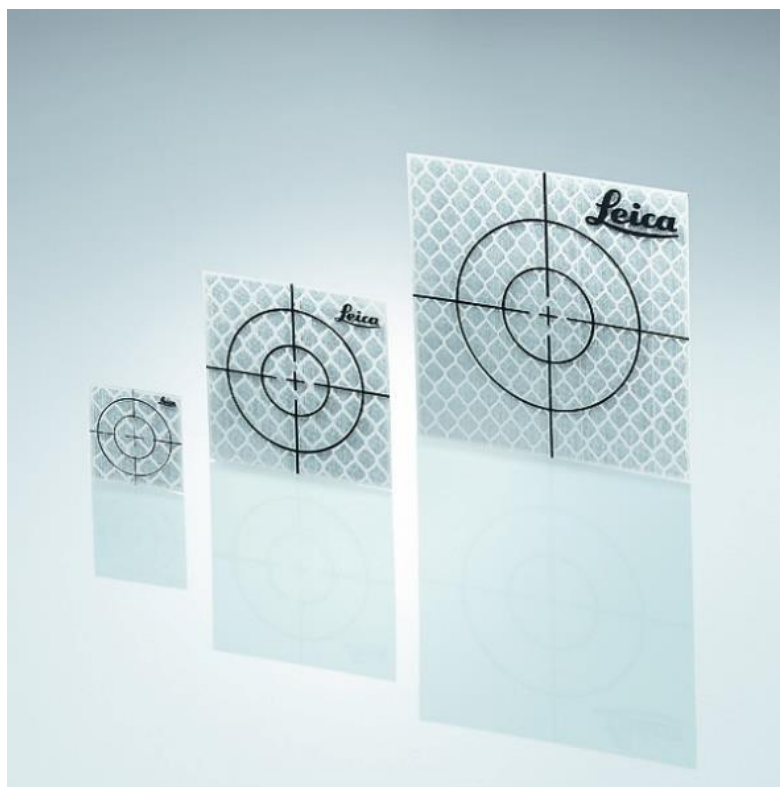
EasyNET je aplikace pro geodetické výpočty, především zpracování velkého množství měření. Dále také slouží ke kontrole měření, jejich vyrovnání, automatickou detekci odlehlých hodnot a jejich vyloučení a také na transformaci měření. EasyNET byl použit pro zpracování měření, následné vyrovnání a transformaci základní vytyčovací sítě spolu s vykreslením měřické sítě a elips chyb na jednotlivých bodech [11].



### 3 Vytyčovací sítě, jejich dělení, stabilizace a přesnost

Tato kapitola byla zpracována podle [12] a [13]. Základní vytyčovací síť (ZVS) je nezbytné vyhotovit před začátkem každé větší stavby. Slouží k poskytnutí referenčních bodů pro vytyčování jednotlivých objektů stavby, infrastruktury, inženýrských sítí nebo například kontrolnímu zaměření. Jedná se o základní síť bodů pro geodetické účely při výstavbě a je důležitá pro dosažení stanovené přesnosti.

Obvykle obsahuje soubor bodů rozmístěných po celém zájmovém území tak, aby body pokrývaly danou oblast co nejvíc rovnoměrně, proto její vyhotovení vyžaduje důkladnou rekognoskaci terénu. Každému bodu jsou určeny souřadnice v závazném souřadném systému. Souřadnice jsou pak využívány po celou dobu výstavby. Stabilizace bodů se určuje dle důležitosti, náročnosti a trvání stavby a dělí se na trvalou, těžkou a lehkou (body můžou být stabilizovány např.: mikropiloty, mezníkem, hřebem, čepem nebo odrazným štítkem (obr. 4)).



Obrázek 4: Odrazný štítek [14]

### **3.1 Dělení podle způsobu připojení**

Vytyčovací sítě jsou ve většině případů připojeny na závazný souřadnicový systém, tedy na státní síť (u nás ČSTS – Česká státní trigonometrická síť). U menších staveb mohou být sítě vedeny v místním souřadnicovém systému.

#### **3.1.1 Vytyčovací sítě připojené na bodové pole ČSTS**

Zpravidla se vytyčovací sítě připojují na Českou státní trigonometrickou síť a jsou tedy v závazném souřadnicovém systému, kterým je S-JTSK (Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální). Výškově je pak síť připojena na ČSNS (Českou státní nivelační síť), která je v systému Bpv (Balt po vyrovnání – výškový systém vztažený k vodočtu umístěném na pobřeží Baltského moře).

#### **3.1.2 Místní sítě**

V případech, kdy by připojovací síť nevyhovovala přesnosti, zavede se místní trigonometrická síť a místní podrobná polohová síť. Většinou se takový systém zavádí na menších stavbách, tato informace pak ale musí být uvedena v dokumentaci stavby.

### **3.2 Dělení podle významu**

Vytyčovací sítě se podle významu dělí na primární a sekundární vytyčovací síť neboli základní a podrobnou vytyčovací síť.

#### **3.2.1 Primární vytyčovací síť**

Tvar i rozměr vytyčovací sítě se přizpůsobuje velikosti zájmového území, pro které je vyhotovována. Je také potřeba síť přizpůsobit terénu a stavu porostu nebo výšce okolní zástavby. Dále musí být body primární vytyčovací sítě dobře stabilizované a ochráněné proti zničení.

#### **3.2.2 Sekundární vytyčovací síť**

Sekundární vytyčovací síť vychází z bodů primární sítě a slouží k vytyčení rozměru i tvaru objektu. Jako body sekundární sítě jsou často použity body, které již vytyčeny byly nebo body nově zřízené a zaměřené na některém z objektů stavby.

### **3.3 Dělení podle tvaru**

Jedno z dalších kritérií dělení vytyčovacích sítí je taky jejich využití neboli pro jakou stavbu, jaký tvar stavby budou využity.

#### **3.3.1 Liniové**

Další typ vytyčovacích sítí jsou liniové. Ty se dále dělí na vytyčovací osu, polygonový pořad, trojúhelníkové sítě a GNSS sítě.

### **3.3.1.1 Vytyčovací osa**

Jedním ze základních typů sítě je vytyčovací osa, jedná se o 2 body, které tvoří přímku. Používá se u malých staveb. Její hlavní nevýhoda je právě stabilizace pouze dvěma body, kdy při zničení jednoho bodu, případně překážky mezi body dojde k ovlivnění přesnosti sítě.

### **3.3.1.2 Polygonový pořad**

Dále se používá také polygonový pořad, který se dobře přizpůsobí tvaru a délce stavby. Jeho přesnost je ovlivněna délkami stran, způsobem, jakým je orientován (nejlépe oboustranně), jaký má tvar, kolik má bodů a jeho celková délka. Přesnost výsledného polygonového pořadu závisí na přesnosti měřených veličin, proto ji ovlivňuje i typ použitého přístroje. Platí zde ale stejně jako u vytyčovací osy, že pokud dojde ke zničení některého z bodů, naruší se celá síť a je obtížné bod obnovit se stejnou přesností. Většinou je pak nezbytné celý pořad změřit znovu.

### **3.3.1.3 Trojúhelníkové sítě**

Mezi další liniové vytyčovací sítě patří také trojúhelníkové nebo čtyřúhelníkové řetězce. Jedná se o trojúhelníky nebo čtyřúhelníky napojené stranami na sebe. Měří se zde všechny úhly a 1 nebo 2 základny, délka stran je cca 300 metrů a přesnost úhlů do 1 mgon.

### **3.3.1.4 GNSS sítě**

V současné době se také začínají pro méně přesné práce využívat sítě vyhotovené pomocí technologie GNSS. Body jsou zde měřeny delšími observacemi a opakovaně podruhé po uplynutí alespoň hodiny pro nezávislé ověření měření (jiné postavení družic, příjem signálu od jiných družic).

## **3.3.2 Plošné**

Tento odstavec se věnuje popisu vlastností, stabilizaci a měření plošných sítí.

### **3.3.2.1 Pravidelné (pravoúhelníkové) sítě**

Tyto sítě jsou tvořeny čtverci nebo obdélníky. Mají vysokou přesnost a homogenitu v síti (přesnost v celé síti je zhruba stejná). Sítě se nejčastěji zhotovují jako volné, bez redukci délek a redukce z nadmořské výšky. Počátek sítě se volí libovolně a orientace pak například jako přímá osa komunikace. Stabilizace u tohoto typu sítě je těžká, tzn. je zde snaha o trvalou stabilizaci pomocí betonových bloků se zapuštěnou kovovou deskou s vyvrtaným otvorem. Výhoda sítě je její přesnost, a i snadná obnova z průsečíku dvou přímek. Nevýhodou je cenová náročnost na obnovu a náročnost na rovinnost terénu kvůli viditelnosti.

### 3.3.2.2 Nepravidelné sítě bez přímé vzájemné návaznosti

Sítě sestávají z bodů, které na sebe nemají přímou návaznost. Měří se geodetickými metodami, které určují souřadnice jednoho bodu, například polární metoda, protínání vpřed, protínání z délek, rajón nebo protínání zpět.

### 3.3.2.3 Metoda přechodných stanovisek

Tato metoda přišla s vývojem měřické i výpočetní techniky a nahradila tím klasický způsob měření plošných vytyčovací sítí. Při této metodě se nejdříve zhotoví tzv. výchozí vytyčovací síť (může být určena technologií GNSS), která má 5-8 bodů umístěných mimo prostor stavby na místech, na které je dobrá viditelnost. Síť je vyhotovena již před zahájením výstavby a je trvale stabilizována, aby byla zachována po celou dobu procesu stavění. Výchozí vytyčovací síť je vyrovnána jako volná metodou nejmenších čtverců (MNC). Dále je připojena na státní síť pomocí Helmertovy transformace.

Z výchozí vytyčovací sítě se dále zaměřují přechodná stanoviska, ta jsou stabilizována pouze dočasně např.: kolíkem. Po zaměření úhlů a délek se vypočtou souřadnice takového stanoviska. Z těch se spolu se souřadnicemi rohů projektovaných objektů vypočtou polární vytyčovací prvky a vytyčí se charakteristické body objektu. Dále se z přechodných stanovisek určí body tzv. zhušťovací vytyčovací sítě, které se umísťují na již postavené objekty. Přechodná stanoviska jsou určována protínáním zpět, protínáním z délek, kombinací protínání zpět a rajónu s orientací na konci nebo také vetknutým polygonovým pořadem. Úloha se řeší vyrovnáním MNC, které již bývá v moderních totálních stanicích obsaženo v jejich softwaru. Přesnost výchozí vytyčovací sítě je do jednoho centimetru. U přechodných stanovisek a zhušťovacích bodů je přesnost větší, přistupuje ale faktor vlivu měření.

## 3.4 Stabilizace vytyčovacích sítí

Pro dodržení přesnosti základních vytyčovacích sítí je třeba adekvátní stabilizace dle potřeby stavby, tu dělíme na těžkou a lehkou.

### 3.4.1 Těžká stabilizace

Těžká stabilizace, jak již bylo zmíněno u pravidelné sítě, je například betonový blok o rozměrech 0,5 x 0,5 x 1 až 2 m. V horní části betonového bloku je zapuštěná kovová destička s dírou. Výška je vztažena k hřebové značce, která je umístěna vedle destičky. V případě, kdy poloha bodu není vytyčována přesně, může hřebová značka sloužit jako polohový i výškový bod.

Další těžkou stabilizací je vybetonovaný pažený vrt zapuštěný do rostlé skály. Hlava pilíře se zařízením pro nucenou centraci je umístěna ve výšce okolo 1,3 metrů nad terénem, je proto potřeba vyhotovit okolo pilíře ochoz. Výšková značka je potom umístěna z boku pilíře.

### **3.4.2 Lehká stabilizace**

Lehkou stabilizací může být kamenný mezník nebo zabetonovaná trubka. Výhodou je snadné zhotovení oproti těžké stabilizaci, ovšem nevýhodou je větší riziko poškození. Body jsou pak dodatečně chráněny skruží nebo ochranným tyčovým znakem, které se umísťují 0,75 m od bodu (jako u bodů státních bodových polí).

## **3.5 Technické normy**

Jedná se o normy, které se týkají vytyčování staveb, zřizování vytyčovací sítě, stanovení vytyčovacích odchylek, postupu při geodetických pracích a definici geodetických pojmů.

### **3.5.1 ČSN ISO 4463-1**

Tato část normy 4463 se zabývá jednotlivými etapami vytyčovacích prací ve výstavbě. Konkrétně zřízením primárního systému, vytyčením sekundárního systému, vytyčováním výšek bodů sekundárních systémů v různých výškových úrovních, vytyčením podrobných bodů a vybudováním a přenosem výšek výškových bodů [15].

### **3.5.2 ČSN ISO 4463-2**

Jedná se o druhou část normy ČSN ISO 4463 a zabývá se stabilizací a signalizací stanovisek a cílů na staveništích. Stanoví zásady pro navrhování, požadavky na značky a jejich kontrolu. Vztahuje se na měřické značky pro všechny typy stavebních konstrukcí [16]

### **3.5.3 ČSN 73 0420-1**

Tato norma stanoví zásady pro určování a používání mezních vytyčovacích odchylek a s tím souvisejících postupů při vytyčování staveb. Ustanovení této normy platí pro vytyčování všech druhů staveb a jejich částí, pro které nebyly vydány zvláštní technické normy nebo předpisy [17].

### **3.5.4 ČSN 73 0420-2**

Tato norma popisuje a stanoví hodnoty mezních vytyčovacích odchylek pro vytyčování prostorových staveb a zásady pro jejich užívání, popř. způsob určování jejich hodnot. Dále také stanoví mezní vytyčovací odchylky pro rozměření a pro osazení stavebních dílců, montovaných konstrukcí a dílců bednění monolitických konstrukcí, u nichž byl zpracován návrh geometrické přesnosti podle ČSN 73 0420-1 a hodnoty mezních vytyčovacích odchylek pro vytyčování liniových a plošných staveb a zásady pro jejich užívání, popř. způsob určování jejich hodnot [18].

## 4 Digitální model terénu, možnosti měření a zpracování

Tento odstavec byl zpracován podle [19] a [20]. Zemský povrch se nedá matematicky vyjádřit, je proto potřeba ho nějak zjednodušit pro vyjádření. DMT je vlastně digitální popis toho povrchu nebo jeho části, na jehož vstupu jsou měřené jednotlivé body, hrany či mračno bodů. Digitální model terénu dělíme na digitální model reliéfu (DMR) – zobrazení přirozeného nebo člověkem upraveného povrchu v nepravidelné trojúhelníkové síti (TIN), digitální model povrchu (DMP) – zobrazení území včetně budov, vegetace také v TIN nebo digitální výškový model (DEM) – zobrazení pouze povrchu, nejčastěji Země. V tomto případě se jedná o model reliéfu, jelikož byl zaměřen zemský povrch i s tím, co na něm je přirozeně nebo člověkem upraveno [21]. DMT má celou řadu využití, ať už pro kartografické nebo v tomto případě geodetické účely plánování stavby a výpočet odtěženého materiálu.

### 4.1 Možnosti měření digitálního modelu terénu

Pro měření digitálního modelu terénu lze využít mnoho metod, ty nejpoužívanější z nich jsou popsány v tomto odstavci.

#### 4.1.1 Fotogrammetrie

Tento odstavec byl zpracován podle [22]. Jedná se o obor, který se zabývá měřickými vlastnostmi snímků a zjišťováním geometrických a polohových údajů z těchto obrazových záznamů. Snímky mohou být pořízeny jak ze vzduchu družicí, letadlem, vrtulníkem nebo bezpilotním systémem (dále jen dron), tak také ze země např. fototeodolitem. Výhodou fotogrammetrie je její efektivita v rychlosti pořízení a zpracování měřených dat. Fotogrammetrie se dělí podle polohy stanoviště na: pozemní, leteckou a družicovou. Dále podle počtu snímku a jejich konfigurace na jednosnímkovou, kde jsou určovány 2D souřadnice a výsledkem je rovinný obraz, a na vícesnímkovou, která zpracovává více navzájem se překrývajících obrazových záznamů. Zde jsou měřeny 2D souřadnice a určeny 3D.

Vícesnímková metoda se dále dělí na stereofotogrammetrii, ta vyhodnocuje dva snímky, osy záběrů jsou rovnoběžné a výsledkem je prostorový model, a průsekovou metodu, která pracuje s více snímky, které se překrývají, jsou pořízeny ze známých stanovišek kolem celého objektu a osy záběrů snímků se sbíhají.

Pro tvorbu digitálního modelu terénu se používá hlavně metody letecké fotogrammetrie, ale záleží na lokalitě a její rozmanitosti. Pro zpracování je důležitá kontrola kvality dat, včetně kvality a přesnosti fotografií. Zpracování proběhne na základě identifikace známých bodů na snímcích, což jsou například jednoznačně identifikovatelné terénní prvky nebo vlíčovací body zřízené před nafocením lokality.

Z orientovaných snímků je vytvořeno mračno bodů, ze kterého je pak vytvořen digitální model terénu. Přesnost fotogrammetrického měření se pohybuje v řádech centimetrů až decimetrů a využívá se hlavně pro státní mapová díla, dokumentaci památek nebo taky pro tvorbu digitálního modelu povrchu či reliéfu.

#### **4.1.2 Laserové skenování**

Tento odstavec byl zpracován podle [23] a [24]. Jedná se o technologii určování prostorových souřadnic bodu pomocí laseru. První typ laserových skenerů využívá prostorovou polární metodu, tzn. ze stanoviska je pro každý bod měřen horizontální, vertikální úhel a šikmá vzdálenost. Vzdálenost se počítá pomocí času dráhy paprsku od skeneru přes odrazení od objektu a opětné přijetí paprsku na senzoru přístroje. Druhý způsob určení šikmé délky je porovnání fáze mezi vyslaným paprskem a tím, který přístroj přijme po odrazení od měřeného objektu. Tento rozdíl je pak přímo úměrný vzdálenosti mezi skenerem a objektem.

Druhým způsobem určení polohy bodu je triangulační metoda (triangulační skenování), která funguje na principu měření ze známé základny a následného vypočtení bodu z protínání z úhlů. První metoda představuje měřickou sestavu, již tvoří jedna kamera a jeden laser, které jsou umístěny na základně. Kamera pak snímá stopu laseru na otáčejícím se objektu nebo je paprsek rozmítán po povrchu objektu otáčejícím se zrcátkem. Druhá metoda pak využívá dvě kamery, které jsou umístěny na známé základně a laser, který je mezi kamerami a promítá paprsek na objekt. Stopa paprsku je pak zachycena oběma kamerami a výsledný bod je vyhodnocen pomocí snímků z obou kamer. Tato metoda se v geodézii v dnešní době skoro nevyužívá, kvůli jejímu malému dosahu.

Laserové skenování se uplatňuje pro výpočty ploch, objemů nebo nepravidelných ploch těžko měřitelných terestrickým měřením. Výhodou je jeho rychlost a nenáročnost při obsluze skeneru, velká podrobnost, možnost měření velkého množství dat najednou a také možnost obarvení mračna bodů (spojení měření s obrazovými daty). Mezi nevýhody patří náročnost zpracování velkého množství dat nebo vysoká pořizovací cena skenerů, tzn. i vysoká cena takové služby u geodetických firem. Přesnost dat z laserových skenerů se pak určuje na základě přesnosti měření vzdálenosti a úhlu samotným skenerem a také skenovaným povrchem, kdy u členitého povrchu je přesnost určení bodu výrazně horší.

## 4.2 Použité technologie měření

V této části jsou popsány terestrické metody měření, které byly využity pro měření.

### 4.2.1 GNSS

Tento odstavec popisující technologii GNSS byl zpracován podle [25], [26], [27] a [28]. GNSS neboli Global Navigation Satellite System je dálkoměrný systém, který funguje na principu prostorového protínání z délek. Družice vysílá navigační zprávu, což je zpráva o dráze družice, která mimo jiné obsahuje čas vyslání zprávy, polohu družice, opravu hodin přijímače, zdravotní stav družice, Keplerovy elementy v čase a její označení. Přijímač potřebuje pro výpočet tuto zprávu přijmout alespoň od 4 družic, aby mohl spočítat 4 neznámé, kterými jsou souřadnice přijímače X, Y, Z a oprava hodin přijímače. Oprava hodin přijímače je potřeba z důvodu menší přesnosti hodin přijímače, než je pro výpočet potřeba.

Přijímač pak vypočte z rozdílů času vyslání a přijetí signálu vzdálenosti, ze kterých vzniknou při známé poloze družice kulové plochy, v jejichž průsečíku leží přijímač, pro který chceme určit souřadnice. Přesnost výsledného určení polohy mimo jiné ovlivňuje počet družic, od kterých přijímač dostane navigační zprávu.

Pro navigační účely se informace přijaté z družic zpracovávají, jak je popsáno výše, dosažená polohová přesnost je okolo 5-10 metrů. Chyby, které ovlivňují přesnost, jsou hlavně systematické (chyby z prostředí, kterým se signál šíří, chyba družice a chyba přijímače), proto musíme použít metodu diferencování, která pracuje s jedním přijímačem, jenž je stabilizován na známém bodě a neustále měří, a druhým přijímačem v terénu. Rozdíly, pomocí nichž se dopočítávají korekce, vznikají z měření přijímačem, který se pohybuje v terénu (rover) a přijímá signál od stejných družic jako přijímač stabilizován na známém bodě, tím pádem je zatížen stejnými / podobnými chybami jako přijímač v terénu. Principem diferenčního měření se přesnost zvýší na cca 0.5–1 metr v poloze, což se již dá použít například pro metody GIS. Čím dále od sebe jsou přijímače, tím přesnost DGNSS klesá.

Pro geodetická měření je potřeba větší přesnost, proto se zde využívají další informace z radiových signálů. Hlavní je ale měření dvou přijímačů současně, z toho jeden musí být umístěn na bodě o známých souřadnicích. V ČR se v současné době využívá síť permanentních stanic, která nahrazuje druhý přijímač stabilizovaný na bodě o známých souřadnicích. Tuto síť v ČR provozuje například CZEPOS, který za poplatek poskytuje hodnoty korekcí právě ze těchto permanentních referenčních stanic. Mezi další nejznámější referenční sítě na území ČR patří Trimble VRS Now Czech nebo TopNET. V dnešní době se využívá hlavně metody RTK nebo rychlé statické metody, první z nich dosahuje přesnosti 25-50 mm, druhá pak 5-10 mm + 1 ppm.

Každý globální navigační satelitní systém využívá svůj souřadnicový systém, proto je nutné souřadnice nadále transformovat do v ČR používaných systémů S-JTSK a Bpv. Postup



transformace je dán Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním (ČÚZK). V současné době ovšem tuto transformaci obsahuje přímo program v kontroleru či přijímači, pokud se jedná o českou distribuci.

GNSS aparatura se skládá z přijímače, antény, kontroleru, jež spouští, dále ovládá a řídí přijímač a je využíván při polní práci a měření v reálném čase k ukládání a zobrazení dat.

#### **4.2.2 Prostorová polární metoda**

Jedná se o jednu z nepoužívanějších metod určení prostorové polohy bodu. Využívá se pro celou řadu geodetických prací, včetně zaměření stavebních objektů, bodů terénu nebo vytyčovací sítě. Principem polární metody je měření vodorovného směru, zenitového úhlu a vzdálenosti, ze kterých se pomocí známých souřadnic bodů, na kterém je měřeno, vypočte cílový bod. Při měření byla polární metoda použita při zaměřování základní vytyčovací sítě a kontrolních profilů pro porovnání s modelem terénu.

## **5 Měřické práce a zpracování**

Tato část popisuje měřické práce před vyhotovením ZVS a digitálního modelu terénu.

### **5.1 Měření a zpracování základní vytyčovací sítě**

Tato část popisuje stabilizaci, zaměření, vyrovnaní a následnou transformaci 12ti bodů základní vytyčovací sítě.

#### **5.1.1 Informace o měření**

Datum: 22.2. 2024

Lokalita: Kyje – ul. Skorkovská, Praha

Katastrální území: Kyje (731226)

Počasí: zataženo, oblačno, teplota 5 °C

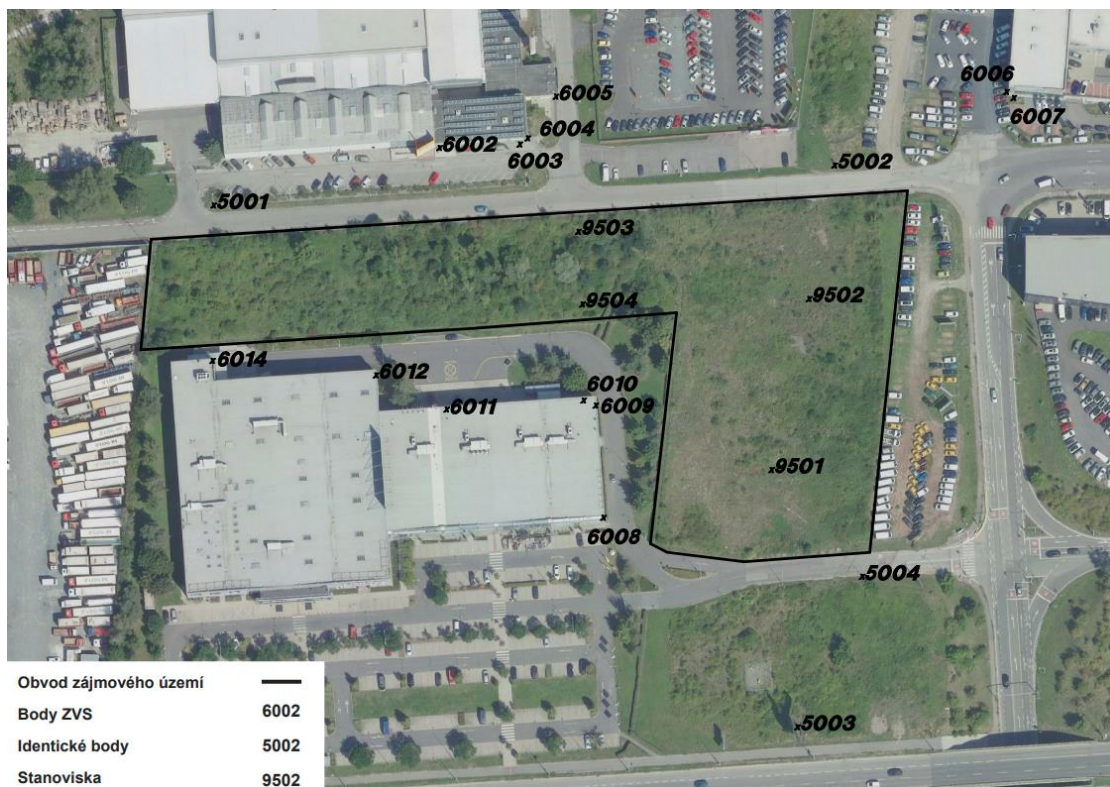
Použité pomůcky a přístroje: Leica MS50, hranol Leica 360°, kontroler Leica CS20, stativ, výtyčka

### 5.1.3 Navržení, stabilizace a příprava základní vytyčovací sítě

Před zaměřením samotné sítě byla provedena rekognoskace terénu pro navrhnutí vhodného rozmístění bodů základní vytyčovací sítě po celém zájmovém území. Celkem bylo stabilizováno 12 bodů ZVS (čísla bodů 6002-6012 a 6014) pomocí odrazných štítků na okolních výškových budovách tak, aby byla zachována dobrá viditelnost na síť bodů z celé stavby (obr. 5,6).

Dále byla navrhována stanoviště pro zaměření bodů ZVS a identických bodů, kterým byla přiřazena čísla bodů 9501-9504. Identické body představovaly 4 pomocné body na okolních objektech stabilizované odraznými štítky a zaměřené před začátkem stavby polární metodou firmou Geodetická kancelář Nedoma a Řezník (pomocná síť, čísla bodů 5001–5003). Tyto body nemohly být zaměřeny v rámci mé brigádní pracovní činnosti z důvodu časové náročnosti.

Jelikož stavba nemá přímou návaznost na stávající konstrukce (např.: potrubní mosty atd.), byly souřadnice bodů pomocné sítě určeny z technologie GNSS. Výškově byly body pak připojeny trigonometrickou nivelací na ČSNS, konkrétně na body CJ-28.2.1 a CJ-28.4 viz odstavec 1.4 Geodetické podklady.



Obrázek 5: Lokality měření s body ZVS, pomocnou sítí a stanoviště



Obrázek 6: Stabilizace bodu ZVS

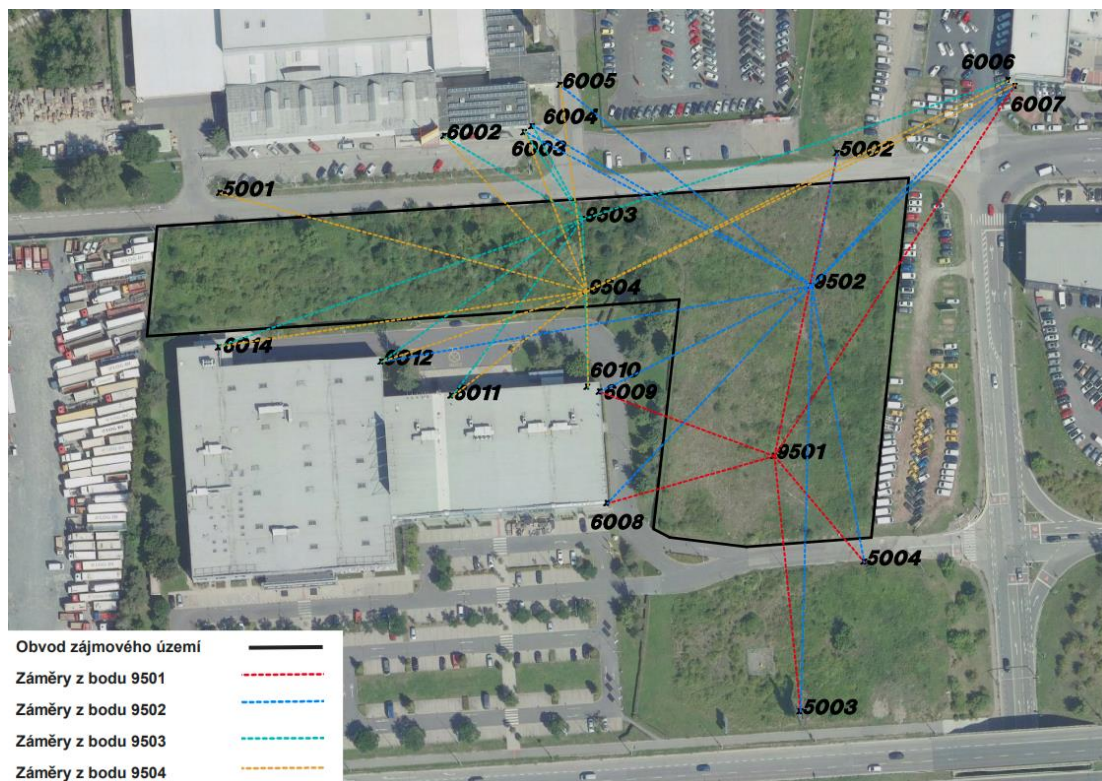
#### 5.1.4 Zaměření ZVS

Před začátkem měření byla provedena temperace stroje na okolní teplotu, poté byl stroj postaven na stativ a zhorizontován. Po zapnutí přístroje byl nastaven správný tlak a teplota kvůli fyzikálním korekcím. Body základní vytyčovací sítě byly zaměřeny totální stanicí Leica MS50 (obr. 7). Celkem bylo měřeno ze 4 stanovisek, z každého stanoviska byly zaměřeny body ZVS, na které byla dobrá viditelnost. Zároveň bylo měřeno i na identické body (body pomocné sítě), které byly použity pro vyrovnání a následnou transformaci (obr. 8). Na každý bod byl měřen vodorovný směr, zenitový úhel a šikmá délka ve dvou polohách dalekohledu.

Po každé skupině byla totální stanicí vypsána směrodatná odchylka jednoho vodorovného směru a zenitového úhlu a podle toho byla případně přidána další skupina pro zpřesnění měření. Na každém bodě byly změřeny alespoň 3 skupiny.



Obrázek 7: Měření ZVS



Obrázek 8: Lokalita měření se záměry na body z jednotlivých stanovisek



### 5.1.5 Vyrovnání a transformace

Po měření byl z totální stanice vyexportován zápisník měření ve formátu .ASC, ve kterém jsou měření uložena v seznamu, který obsahuje všechny měřické skupiny, číslo bodu, šikmou vzdálenost, výšku cíle, vodorovný směr a zenitový úhel vždy v obou polohách dalekohledu.

Zápisník byl v textovém editoru upraven na bloky jednotlivých stanovisek, tak aby se s ním dalo dále pracovat v programu EasyNET. Poté otevřen v programu EasyNET, kde proběhla nejprve identifikace měřických skupin, poté nastavení redukce délek střední hladiny měřické sítě a směrodatná odchylka měřené veličiny. U vodorovného směru i zenitového úhlu byla pro vyrovnání nastavena hodnota 0.5 mgon kvůli chybě z manuálního cílení a vlivu okolních jevů (sluneční záření, sníh, refrakce).

Vyrovnání i následná transformace proběhly také v programu EasyNET. Pro vyrovnání byla použita metoda MNČ, pro vyloučení odlehlých hodnot měření Huberova metoda robustního odhadu. Ta vychází z normálního rozdělení měřených veličin a minimalizuje vliv odlehlých měření na výsledné odhady. Jejím cílem je odhad parametrů modelu, který je robustní vůči odlehlým měřením, tzn., že lépe odpovídá základní struktuře dat [29].

Směrodatná odchylka šikmé délky byla pro vyrovnání nastavena 2 mm, což je udávaná přesnost měření délky u totální stanice Leica MS50 při měření bez hranolu. Výše zmíněné hodnoty pro nastavení vyrovnání sítě jsou uvedeny v obrázku 9.

Nastavení - Vyrovnání sítě

**Souřadnice před vyrovnáním**

Zachovat vložené souřadnice nefixních bodů

**Vyloučení odlehlých hodnot**

Hladina významnosti: 0.05

Metoda robustního odhadu: Huber

**Analyzované veličiny**

Vodorovný směr     Šikmá délka (doplňek)

Zenitový úhel     Směrník

Šikmá délka     Převýšení

Svislé provažování

**Ukončení iteračního vyrovnání**

Maximální počet iterací: 50

Maximální změna robustní váhy: 0.001

Maximální změna souřadnice bodu [mm]: 0.010

**Směrodatná odchylka měřené veličiny**

Vodorovný směr [mgon]: 0.500

Zenitový úhel [mgon]: 0.500

Šikmá délka [mm]: 2.00

**Směrodatná odchylka doplňkové veličiny**

Šikmá délka [mm]: 2.00

Směrník [mgon]: 0.500

Převýšení [mm]: 1.00

Svislé provažování [mm]: 1.00

**Apriorní jednotková směrodatná odchylka**

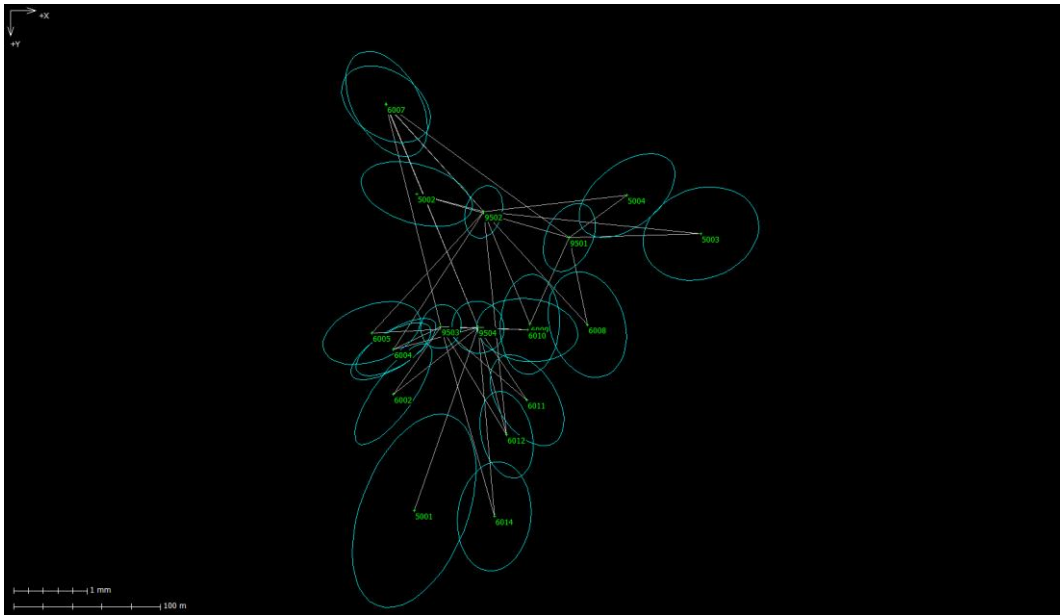
1

Vložit [Ent]    Ukončit [Esc]

Obrázek 9: Nastavení vyrovnání sítě z programu EasyNET

ZVS byla vyrovnána jako volná síť s využitím 4 opěrných bodů, kterými byly body 5001, 5002, 5003 a 5004, které byly zaměřeny před začátkem stavby viz odstavec 5.1.3 Navržení, stabilizace a příprava základní vytyčovací sítě.

S vyrovnáním byly programem vykresleny i elipsy chyb, stejně tak jako informace o vyrovnání (obr. 10). Počet vyloučených odlehlých hodnot měření byl celkem 27, z toho 8 vodorovných směrů, 9 zenitových úhlů a 10 šikmých délek. Celkový počet vyrovnaných měření je 330, počet nadbytečných měření pak 270.



Obrázek 10: Elipsy chyb na jednotlivých bodech

Po vyrovnání byla v programu EasyNET provedena prostorová čtyřprvková transformace skládající se z rovinné shodnostní transformace a posunu výškových souřadnic ve svislém směru. Identické body byly zvoleny opět body pomocné sítě s čísly bodů 5001-5004. Výsledné souřadnice ZVS jsou uvedeny v tabulce 1.

<b>Výsledné souřadnice vyrovnaných a transformovaných bodů ZVS</b>			
<b>ČB</b>	<b>X [m]</b>	<b>Y [m]</b>	<b>Z [m]</b>
6002	1041894.3042	731787.1810	263.8952
6003	1041892.1352	731756.5923	263.9345
6004	1041892.1175	731756.5532	263.9466
6005	1041876.4540	731746.6893	260.5298
6006	1041874.8927	731590.3791	268.2689
6007	1041875.3002	731590.1511	268.2662
6008	1042022.6161	731730.2312	261.5188
6009	1041983.6143	731732.8888	261.5125
6010	1041982.1646	731736.9364	261.5223
6011	1041985.4417	731784.5932	261.5195
6012	1041973.1620	731809.1331	261.4879
6014	1041968.9063	731865.3860	261.5117

Tabulka 1: Výsledné souřadnice vyrovnaných a transformovaných bodů ZVS

## **5.2 Měření a zpracování digitálního modelu terénu**

Pro měření digitálního modelu terénu byla zvolena metoda měření GNSS RTK, kvůli její časové efektivitě a také nenáročnosti měření.

### **5.2.1 Informace o měření**

Datum: 18.1. 2024

Lokalita: Kyje – ul. Skorkovská, Praha

Katastrální území: Kyje (731226)

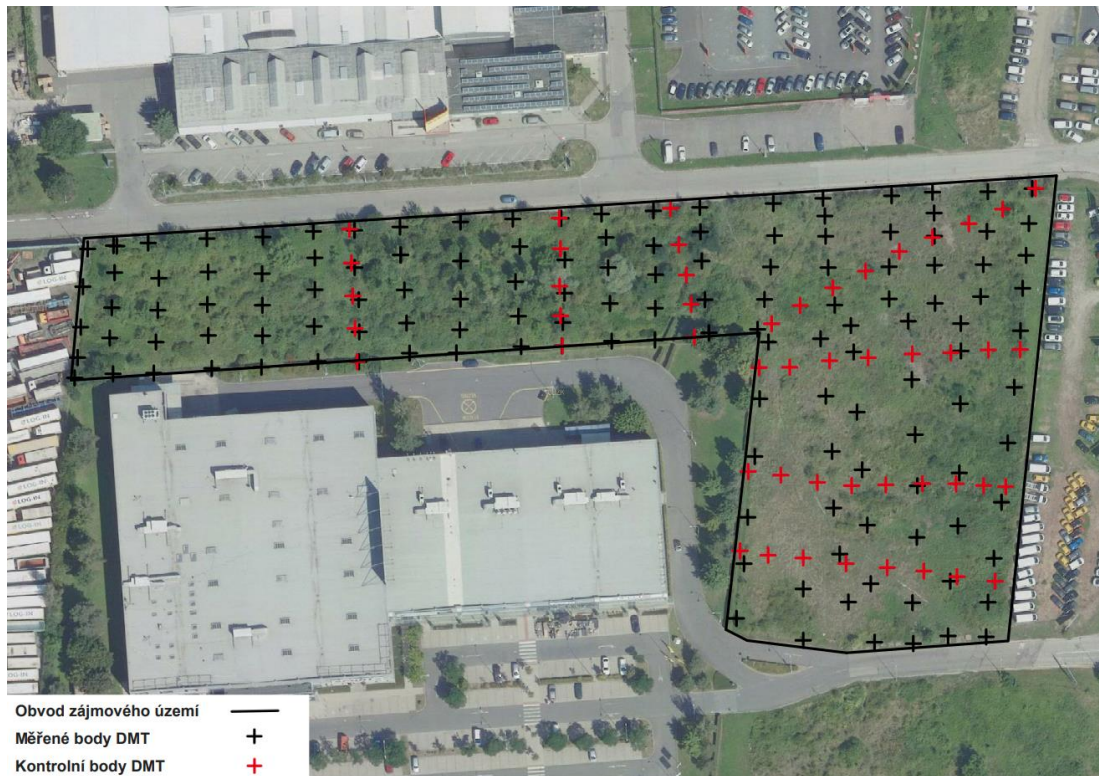
Počasí: sníh, teplota 0 °C

Použité pomůcky a přístroje: Leica GS18, kontroler Leica CS20

### 5.2.2 Popis měření

Body terénu byly měřeny GNSS aparaturou Leica GS18 metodou RTK ve čtvercové síti cca 15 m x 15 m (obr. 11). Doba observace na každém bodě byla 1 vteřinu. Měřeno bylo s výškou antény 2 metry a korekce v reálném čase byly přijímány z virtuální referenční stanice.

Body pak byly měřeny v síti po cca 15 metrech po celém zájmovém území. Území není skoro vůbec členité a nemá žádné hrany či jinak vyvýšené oblasti, proto nebylo potřeba měřit podrobněji. Celkově bylo pro vytvoření DMT změřeno 141 bodů.

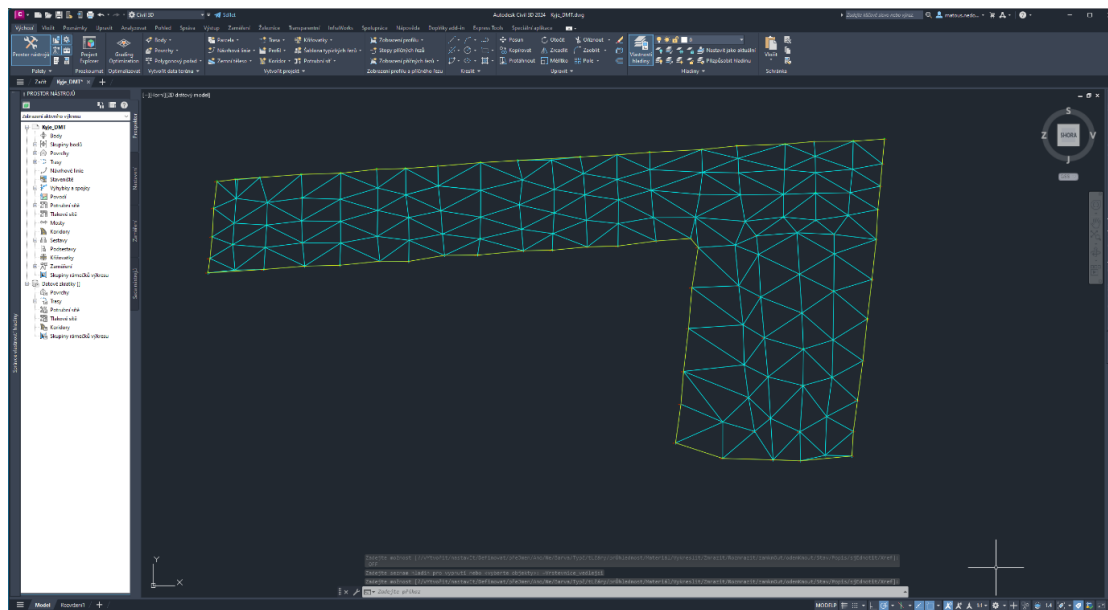


Obrázek 11: Lokalita měření s měřenými a kontrolními body DMT

### 5.2.3 Vyhotovení DMT

Pro zpracování DMT byl použit software Kokeš, ve kterém byly souřadnice bodů z GNSS převedeny do formátu .DXF pro import do programu AutoCAD Civil 3D. Zde pak proběhla definice vlastního stylu povrchu pro vytvoření modelu. Dále byly do povrchu přidány měřené body a vytvořena trojúhelníková síť (obr. 12). Pomocí té byl poté vyhotoven vrstevnicový model terénu s rozestupem vrstevnic 20 cm (hlavní interval po jednom metru).





Obrázek 12: Okno z programu AutoCAD Civil 3D

## 5.2.4 Kontrolní měření totální stanicí

Pro ověření přesnosti modelu terénu měřeného metodou GNSS RTK bylo provedeno kontrolní měření totální stanicí Leica MS50. Po celém zájmovém bylo změřeno 7 profilů ze dvou stanovisek, na každém profilu byl bod měřen po cca 10ti metrech. Celkem bylo změřeno 49 bodů. Body byly měřeny v jedné poloze dalekohledu pomocí one-man systému, kdy je na tyčce s hranolem připevněný také kontroler, pomocí kterého je totální stanice ovládána (obr. 13). Kontrolní body byly měřeny nezávisle na měření GNSS.



Obrázek 13: Totální stanice Leica MS50 na stativu, výtyčka

### 5.2.5 Zhodnocení přesnosti DMT

Pro porovnání DMT s kontrolními body zaměřenými polární metodou byl z měření metodou GNSS RTK vyhotoven vrstevnicový model s rozstupem vrstevnic 1 cm, na kterém byly v místech měřených kontrolních bodů odečítány výšky pro porovnání přesnosti.

Kvůli přesnosti měření RTK metodou byly výsledné výšky z obou metod měření zaokrouhleny na centimetry, odchylky na měřených bodech tak byly porovnávány v centimetrech. Body číslo: 1, 6, 11, 15, 24, 25, 32, 33, 41, 42 a 49 byly vyřazeny z důvodu, že byly měřeny mimo vytvořený model terénu a nebylo tak možné je s vrstevnicovým modelem porovnat.

Celkem bylo porovnáno 38 bodů, výběrová směrodatná odchylka jednoho měření byla 8 cm, mezní odchylka pak 16 cm. Na základě mezní odchylky byly vyřazeny 3 body, které tuto odchylku překračují. Poté byla opět vypočtena výběrová směrodatná odchylka (6 cm) a mezní odchylka (12 cm). Tu překračoval již pouze jeden rozdíl výšek.

Důvodem překročení mezní odchylky jsou nedokonalosti terénu, měření bodů v různých místech a menší hustota bodů, ze kterých byl vyhotoven DMT. 3 měření vyřazená po prvním výpočtu jsou zvýrazněna v tabulce 2.

Odchyly na kontrolně měřených profilech					
Profil	ČB	Výška z DMT (GNSS) [m]	Výška měřená pomocí TS [m]	Rozdíl v absolutní hodnotě[m]	průměr odchyly na profilu [cm]
P1	2	253,97	254,01	0,04	4
	3	253,69	253,73	0,04	
	4	253,12	253,16	0,04	
	5	252,51	252,47	0,04	
P2	7	253,30	253,33	0,03	3
	8	253,76	253,76	0,00	
	9	254,27	254,35	0,08	
	10	254,73	254,71	0,02	
P3	12	253,60	253,51	0,09	5
	13	254,19	254,22	0,03	
	14	254,74	254,76	0,02	
P4	16	253,64	253,53	0,11	7
	17	253,92	253,90	0,02	
	18	254,33	254,28	0,05	
	19	254,65	254,52	0,13	
	20	255,11	255,13	0,02	
	21	255,67	255,64	0,03	
	22	256,00	256,00	0,00	
	23	256,23	256,43	0,20	
P5	26	255,82	255,93	0,11	5
	27	255,39	255,50	0,11	
	28	254,54	254,58	0,04	
	29	254,02	254,01	0,01	
	30	253,83	253,85	0,02	
	31	253,59	253,61	0,02	
P6	34	253,05	252,83	0,22	10
	35	253,04	252,95	0,09	
	36	253,35	253,28	0,07	
	37	253,67	253,89	0,22	
	38	253,98	253,97	0,01	
	39	254,30	254,31	0,01	
	40	254,58	254,52	0,06	
P7	43	253,76	253,76	0,00	5
	44	253,40	253,36	0,04	
	45	253,05	252,98	0,07	
	46	252,71	252,65	0,06	
	47	252,55	252,47	0,08	
	48	252,49	252,44	0,05	

Tabulka 2: Odchyly na kontrolně měřených profilech

## 6 Závěr

V rámci této bakalářské práce jsem se věnoval procesu geodetických prací při přípravě zahájení výstavby, konkrétně základní vytyčovací síti, její stabilizaci, následnému změření i vyrovnání pomocí MNČ a transformace pomocí shodnostní transformace. Dále jsem v rámci své práce zaměřil a v programu Autodesk Civil 3D 2024 zpracoval digitální model terénu. Zaměření a výpočet kubatur nebyl proveden z důvodu nedodržení harmonogramu zemních prací.

Pro měření i zpracování byly použity moderní technologie, a to měření GNSS aparaturou Leica GS 18 metodou RTK pro měření digitálního modelu terénu. Dále pak pro základní vytyčovací síť byla použita robotická totální stanice Leica MS50 s úhlovou přesností 1". Pro zpracování měření byly použity programy Autodesk Civil 3D 2024, Kokeš a EasyNET.

Výsledkem je vyrovnaná základní vytyčovací síť a digitální model terénu. ZVS má celkem 12 bodů a bude sloužit po celou dobu výstavby pro různé geodetické práce, ať už při vytyčování, tak při následném zaměření skutečného provedení stavby. Po dokončení stavby může sloužit při navazující výstavbě v okolí této stavby.

## 7 Seznam literatury

- [1] EUROPROJEKT. Souhrnná zpráva: Servisní zázemí Emil Frey – Kyje. 2023.
- [2] *Mapy.cz* [online]. [cit. 2024-05-10]. Dostupné z: <https://mapy.cz/letecka?x=14.4124000&y=50.0883000&z=11>
- [3] Nivelační údaje. In: ČÚZK [online]. [cit. 2024-05-15]. Dostupné z: [https://bodovapole.cuzk.cz/nbOutput\\_ws\\_n2.aspx?id=ffmpYnMrz1lqaogumpYSBgQjYxuUTbO9s2xXNAE%2btGYRWcaZarj1Bnm9U3YfiotF](https://bodovapole.cuzk.cz/nbOutput_ws_n2.aspx?id=ffmpYnMrz1lqaogumpYSBgQjYxuUTbO9s2xXNAE%2btGYRWcaZarj1Bnm9U3YfiotF)
- [4] Nivelační údaje. In: ČÚZK [online]. [cit. 2024-05-15]. Dostupné z: [https://bodovapole.cuzk.cz/nbOutput\\_ws\\_n2.aspx?id=ffmpYnMrz1L%2bQTgYtftMVNallo2XprwhtAbIJY8wv73VCzAIC9BxcZ2JEWMMu9mz](https://bodovapole.cuzk.cz/nbOutput_ws_n2.aspx?id=ffmpYnMrz1L%2bQTgYtftMVNallo2XprwhtAbIJY8wv73VCzAIC9BxcZ2JEWMMu9mz)
- [5] Leica Nova MS50 Datasheet. In: *ONEPOINTSURVEY* [online]. nevedeno [cit. 2024-05-10]. Dostupné z: <https://docs.onepointsurvey.com/pdf/Leica-Nova-MS50-Datasheet.pdf>
- [6] Leica Nova MS50 Multi Station. In: *ONEPOINTSURVEY* [online]. nevedeno [cit. 2024-05-10]. Dostupné z: <https://www.onepointsurvey.com/products/leica-nova-ms50-multi-station>
- [7] Leica GS18 T Data sheet. In: *SCCSSURVEY* [online]. nevedeno [cit. 2024-05-10]. Dostupné z: <https://www.sccssurvey.co.uk/pdfs/GNSS/Leica-GS18-T-Datasheet.pdf>
- [8] Leica GS18 T. In: *GEFOS* [online]. nevedeno [cit. 2024-05-10]. Dostupné z: <https://www.gefos-leica.cz/o-produktech/geodeticke-pristroje/gnss-systemy/gs18-t>
- [9] AUTODESK. *AutoCAD* [online]. [cit. 2024-05-10]. Dostupné z: <https://www.autodesk.cz/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>
- [10] GEPRO SPOL. S R.O. *Kokeš* [online]. [cit. 2024-05-10]. Dostupné z: <https://www.gepro.cz/produkty/kokes/>
- [11] TŘASÁK, Pavel. ADJUST SOLUTIONS. EasyNET [online]. 2016 [cit. 2024-05-10]. Dostupné z: <http://adjustsolutions.cz/easynet/#download>
- [12] PROCHÁZKA, Jaromír. Polohové vytyčovací síť, Polohové vytyčování. In: *ČVUT* [online]. 2015 [cit. 2024-05-10]. Dostupné z: [https://k154.fsv.cvut.cz/wp-content/uploads/2022/01/Sylabus\\_IG\\_6.pdf](https://k154.fsv.cvut.cz/wp-content/uploads/2022/01/Sylabus_IG_6.pdf)
- [13] INŽENÝRSKÁ GEODÉZIE. In: *Vysoká škola báňská* [online]. 2002 [cit. 2024-05-10]. Dostupné z: <https://www.hgf.vsb.cz/export/sites/hgf/544/.content/galerie-souboru/skripta/IGopravene.pdf>

- [14] GZM29 odrazný štítek 20x20 mm. In: *GEFOS* [online]. nevedeno [cit. 2024-05-10]. Dostupné z: [https://www.gefos-leica.cz/e-shop/geodeticke-pristroje/prislusenstvi-geodeticke/odrazne-hranoly-a-stitky/gzm29-odrazny-stitek-20x20-mm\\_763532](https://www.gefos-leica.cz/e-shop/geodeticke-pristroje/prislusenstvi-geodeticke/odrazne-hranoly-a-stitky/gzm29-odrazny-stitek-20x20-mm_763532)
- [15] ČSN 73 0420-2. *Přesnost vytyčování staveb – Část 2: Vytyčovací odchylky*. Praha: Český normalizační institut, 2002, 32 s.
- [16] ČSN 73 0420-1. *Přesnost vytyčování staveb – Část 1: Základní požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2002, 12 s.
- [17] ČSN ISO 4463-1. *Měřicí metody ve výstavbě – Vytyčování a měření – Část 1: Navrhování, organizace, postupy měření a přijímací podmínky*. Praha: Český normalizační institut, 1999, 32 s.
- [18] ČSN ISO 4463-2. *Měřicí metody ve výstavbě – Vytyčování a měření – Část 2: Měřické značky*. Praha: Český normalizační institut, 1999, 48 s.
- [19] PACINA, Jan a Marcel BREJCHA. *Digitální modely terénu*. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně v Ústí n. Labem, Fakulta životního prostředí, 2014. ISBN 978-80-7414-848-4.
- [20] URBAN, Jiří. *Digitální model terénu*. Praha: Ediční středisko Českého vysokého učení technického, 1991. ISBN 9788001005538.
- [21] Exploring digital elevation models. In: *ArcGIS* [online]. nevedeno [cit. 2024-05-10]. Dostupné z: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/exploring-digital-elevation-models.htm>
- [22] PAVELKA, Karel. Fotogrammetrie a DPZ. In: *ČVUT* [online]. nevedeno [cit. 2024-05-10]. Dostupné z: [https://k154.fsv.cvut.cz/~kremen/SGEA\\_11\\_K155\\_2022.pdf](https://k154.fsv.cvut.cz/~kremen/SGEA_11_K155_2022.pdf)
- [23] KŘEMEN, Tomáš. Laserové skenování. In: *ČVUT* [online]. nevedeno [cit. 2024-05-10]. Dostupné z: [https://k154.fsv.cvut.cz/~kremen/LSK\\_1.pdf](https://k154.fsv.cvut.cz/~kremen/LSK_1.pdf)
- [24] PAVELKA, Karel. Laserové skenování – nová technologie sběru prostorových dat. In: *ČVUT* [online]. nevedeno [cit. 2024-05-10]. Dostupné z: <https://portal.cvut.cz/wp-content/uploads/2017/04/HP2006-14.pdf>
- [25] MERVART, Leoš. *Globální polohový systém*. Praha: České vysoké učení technické, 1994. ISBN 80-01-01221-2.
- [26] RAPANT, Petr. *Družicové polohové systémy*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2002.
- [27] KOSTELECKÝ, Jakub. *Globální polohové souřadnicové systémy*. v Praze: České vysoké učení technické, 2019. ISBN 8001065715, 9788001065716.

- [28] ŠTRONER, Martin. Globální navigační satelitní systémy (GNSS). In: ČVUT [online]. nevedeno [cit. 2024-05-10]. Dostupné z: [https://k154.fsv.cvut.cz/wp-content/uploads/2022/01/GNSS\\_obs.pdf](https://k154.fsv.cvut.cz/wp-content/uploads/2022/01/GNSS_obs.pdf)
- [29] Metody robustního odhadu. In: *IngGeo ČVUT* [online]. nevedeno [cit. 2024-05-10]. Dostupné z: [https://inggeo.fsv.cvut.cz/wiki/doku.php?id=04\\_teorie\\_chyb:0418\\_robustni\\_odhad](https://inggeo.fsv.cvut.cz/wiki/doku.php?id=04_teorie_chyb:0418_robustni_odhad)



## 8 Seznam tabulek

Tabulka 1: Výsledné souřadnice vyrovnaných a transformovaných bodů ZVS .....	31
Tabulka 2: Odchylky na kontrolně měřených profilech .....	36

## 9 Seznam obrázků

Obrázek 1: Lokalita měření [2] .....	12
Obrázek 2: Totální stanice Leica M50 [6] .....	14
Obrázek 3: GNSS aparatura Leica GS18 [8] .....	15
Obrázek 4: Odrazný štítek [14].....	17
Obrázek 5: Lokalita měření s body ZVS, pomocnou sítí a stanovisky .....	26
Obrázek 6: Stabilizace bodu ZVS .....	27
Obrázek 7: Měření ZVS.....	28
Obrázek 8: Lokalita měření se záměrami na body z jednotlivých stanovisek.....	28
Obrázek 9: Nastavení vyrovnání sítě z programu EasyNET .....	29
Obrázek 10: Elipsy chyb na jednotlivých bodech.....	30
Obrázek 11: Lokalita měření s měřenými a kontrolními body DMT .....	32
Obrázek 12: Okno z programu AutoCAD Civil 3D .....	33
Obrázek 13: Totální stanice Leica MS50 na stativu, výtyčka .....	34

## 10 Seznam příloh

1. Seznam souřadnic bodů pomocné sítě (tištěný + elektronicky)
2. Zápisník měření ZVS (tištěný + elektronicky)
3. Protokol měření DMT z GNSS aparatury Leica GS18 (tištěný + elektronicky)
4. Zápisník kontrolního měření DMT (tištěný + elektronicky)
5. Protokol o výpočtech z programu EasyNET (tištěný + elektronicky)
6. Vrstevnicový model terénu – Kyje\_DMT.dwg / Kyje\_DMT.xml (elektronicky)
7. Vrstevnicový model terénu - A2 v měřítku 1 : 500 (tištěný + elektronicky – Kyje\_DMT.pdf)
8. Vrstevnicový model terénu s ortofoto - A2 v měřítku 1 : 500 (tištěný + elektronicky – Kyje\_DMT\_orto.pdf)

# Příloha 1

## Souřadnice bodů pomocné sítě

Souřadnice bodů pomocné sítě			
Číslo bodu	Y [m]	X [m]	Z [m]
5001	731865.512	1041914.199	257.038
5002	731649.901	1041900.232	258.148
5003	731662.728	1042095.361	255.395
5004	731640.415	1042043.202	255.112

## Příloha 2

### Zápisník měření ZVS

1	9501	0.00000		
-1				
5002	108.12224	0.00000	87.31248	98.03094
5002	108.11924	0.00000	287.31132	301.97076
6007	154.74392	0.00000	309.85273	305.54718
6007	154.74382	0.00000	109.85330	94.45391
5004	48.63428	0.00000	229.64533	99.59458
5004	48.63428	0.00000	29.64622	300.40647
5003	89.77198	0.00000	67.86694	300.42615
5003	89.77178	0.00000	267.86674	99.57566
6008	61.09625	0.00000	356.72816	92.98399
6008	61.09795	0.00000	156.72983	307.01687
6009	65.42254	0.00000	196.72745	306.54522
6009	65.42254	0.00000	396.72731	93.45485
5002	108.12164	0.00000	87.31317	98.03015
5002	108.12014	0.00000	287.30971	301.97013
6007	154.74412	0.00000	309.85093	305.54789
6007	154.74352	0.00000	109.85287	94.45315
5004	48.63418	0.00000	229.64537	99.59383
5004	48.63428	0.00000	29.64428	300.40603
5003	89.77208	0.00000	67.86683	300.42515
5003	89.77188	0.00000	267.86760	99.57467
6008	61.09675	0.00000	356.72900	92.98371
6008	61.09855	0.00000	156.72907	307.01672
6009	65.42234	0.00000	196.72747	306.54476
6009	65.41954	0.00000	396.72740	93.45467
5002	108.12184	0.00000	87.31193	98.02999
5002	108.11994	0.00000	287.31199	301.97002
6007	154.74352	0.00000	309.85348	305.54658
6007	154.74322	0.00000	109.85321	94.45260
5004	48.63398	0.00000	229.64564	99.59272
5004	48.63418	0.00000	29.64610	300.40700
5003	89.77218	0.00000	67.86631	300.42610
5003	89.77188	0.00000	267.86706	99.57536
6008	61.09705	0.00000	356.72865	92.98351
6008	61.09835	0.00000	156.72950	307.01633
6009	65.42254	0.00000	196.72693	306.54446
6009	65.42034	0.00000	396.72708	93.45512
S1	65.42334	0.00000	396.74499	93.45511
5002	47.23298	0.00000	340.06753	98.36810
5002	47.23338	0.00000	140.06769	301.63240
6006	99.73336	0.00000	176.53544	307.24843
6006	99.73326	0.00000	376.53500	92.75140
6007	99.59786	0.00000	376.82282	92.74116
6007	99.59786	0.00000	176.82332	307.25804
5004	98.32976	0.00000	316.11143	298.81868

5004	98.33006	0.00000	116.11096	101.18120
5003	148.81504	0.00000	129.75700	100.65810
5003	148.81484	0.00000	329.75734	299.34161
6008	104.43674	0.00000	376.10182	302.79529
6008	104.43644	0.00000	176.10164	97.20449
6009	82.98410	0.00000	198.58327	96.48601
6009	82.98080	0.00000	398.58270	303.51394
6012	152.77483	0.00000	16.92977	301.89800
6012	152.77683	0.00000	216.92934	98.10214
6003	112.18403	0.00000	260.39722	96.02601
6003	112.18523	0.00000	60.39722	303.97457
6004	112.18383	0.00000	60.41809	303.98172
6004	112.18423	0.00000	260.41735	96.01715
6005	112.54992	0.00000	270.92545	97.96603
6005	112.54912	0.00000	70.92504	302.03395
5002	47.23398	0.00000	340.06687	98.36758
5002	47.23358	0.00000	140.06763	301.63232
6006	99.73326	0.00000	176.53567	307.24740
6006	99.73376	0.00000	376.53491	92.75038
6007	99.59816	0.00000	376.82096	92.74074
6007	99.59746	0.00000	176.82287	307.25945
5004	98.32966	0.00000	316.11065	298.81761
5004	98.32976	0.00000	116.11112	101.18177
5003	148.81474	0.00000	129.75646	100.65721
5003	148.81474	0.00000	329.75763	299.34283
6008	104.43694	0.00000	376.10094	302.79478
6008	104.43704	0.00000	176.10182	97.20446
6009	82.98380	0.00000	198.58231	96.48600
6009	82.98160	0.00000	398.58238	303.51462
6012	152.77603	0.00000	16.92833	301.89702
6012	152.77653	0.00000	216.92973	98.10202
6003	112.18413	0.00000	260.39759	96.02579
6003	112.18423	0.00000	60.39672	303.97409
6004	112.18393	0.00000	60.41784	303.98155
6004	112.18333	0.00000	260.41718	96.01810
6005	112.54932	0.00000	270.92520	97.96612
6005	112.54902	0.00000	70.92544	302.03315
5002	47.23358	0.00000	340.06730	98.36769
5002	47.23368	0.00000	140.06758	301.63246
6006	99.73346	0.00000	176.53504	307.24888
6006	99.73346	0.00000	376.53518	92.75192
6007	99.59766	0.00000	376.82158	92.74096
6007	99.59766	0.00000	176.82244	307.25888
5004	98.32956	0.00000	316.11014	298.81800
5004	98.32956	0.00000	116.11056	101.18206
5003	148.81444	0.00000	129.75698	100.65746
5003	148.81424	0.00000	329.75731	299.34179
6008	104.43644	0.00000	376.10210	302.79543
6008	104.43734	0.00000	176.10173	97.20429
6009	82.98170	0.00000	198.58179	96.48589
6009	82.98400	0.00000	398.58221	303.51449
6012	152.77623	0.00000	16.92871	301.89726

6012	152.77593	0.00000	216.93000	98.10278
6003	112.18473	0.00000	260.39727	96.02521
6003	112.18403	0.00000	60.39677	303.97434
6004	112.18383	0.00000	60.41728	303.98160
6004	112.18393	0.00000	260.41719	96.01764
6005	112.54942	0.00000	270.92466	97.96613
6005	112.54932	0.00000	70.92577	302.03358
S2	36.05281	0.00000	300.17703	100.66867
6010	59.16456	0.00000	378.29047	94.45627
6010	59.16366	0.00000	178.28931	305.54330
6011	77.36481	0.00000	220.73340	304.23453
6011	77.36481	0.00000	20.73471	95.76468
6012	86.34399	0.00000	41.05151	96.22952
6012	86.34339	0.00000	241.05257	303.76984
6014	134.60887	0.00000	258.32062	302.42813
6014	134.60857	0.00000	58.32020	97.57213
6002	56.83216	0.00000	114.72652	91.55180
6002	56.83156	0.00000	314.72846	308.44611
6003	36.60691	0.00000	347.39030	313.23776
6003	36.60791	0.00000	147.39019	86.76175
6004	36.60531	0.00000	147.46502	86.73933
6004	36.60421	0.00000	347.46696	313.25930
6006	156.60962	0.00000	60.31814	304.83782
6006	156.60902	0.00000	260.31810	95.16144
6010	59.16356	0.00000	378.28847	94.45587
6010	59.16486	0.00000	178.28723	305.54246
6011	77.36511	0.00000	220.73409	304.23402
6011	77.36381	0.00000	20.73369	95.76454
6012	86.34309	0.00000	41.05160	96.22997
6012	86.34339	0.00000	241.05218	303.76980
6014	134.60897	0.00000	258.32037	302.42788
6014	134.60857	0.00000	58.31992	97.57174
6002	56.83076	0.00000	114.72759	91.55347
6002	56.83126	0.00000	314.72834	308.44613
6003	36.60781	0.00000	347.38937	313.23868
6003	36.60711	0.00000	147.39006	86.76285
6004	36.60481	0.00000	147.46434	86.74032
6004	36.60431	0.00000	347.46643	313.26104
6006	156.60952	0.00000	60.31923	304.83705
6006	156.60902	0.00000	260.31835	95.16091
6010	59.16346	0.00000	378.28817	94.45570
6010	59.16486	0.00000	178.28791	305.54300
6011	77.36511	0.00000	220.73380	304.23406
6011	77.36401	0.00000	20.73403	95.76578
6012	86.34299	0.00000	41.05241	96.22869
6012	86.34339	0.00000	241.05253	303.76948
6014	134.60927	0.00000	258.31967	302.42796
6014	134.60897	0.00000	58.31913	97.57129
6002	56.83106	0.00000	114.72654	91.55359
6002	56.83136	0.00000	314.72766	308.44567
6003	36.60781	0.00000	347.38980	313.23796
6003	36.60751	0.00000	147.38996	86.76189

6004	36.60491	0.00000	147.46627	86.73932
6004	36.60411	0.00000	347.46583	313.26013
6006	156.60942	0.00000	60.32002	304.83711
6006	156.60912	0.00000	260.31836	95.16119
6010	59.16396	0.00000	378.28747	94.45649
6010	59.16496	0.00000	178.28770	305.54307
6011	77.36491	0.00000	220.73339	304.23394
6011	77.36421	0.00000	20.73410	95.76566
6012	86.34309	0.00000	41.05254	96.23005
6012	86.34349	0.00000	241.05131	303.76970
6014	134.60907	0.00000	258.32036	302.42757
6014	134.60907	0.00000	58.32120	97.57167
6002	56.83056	0.00000	114.72780	91.55392
6002	56.82966	0.00000	314.72785	308.44581
6003	36.60671	0.00000	347.39018	313.23834
6003	36.60861	0.00000	147.38996	86.76276
6004	36.60481	0.00000	147.46577	86.74027
6004	36.60751	0.00000	347.46624	313.26091
6006	156.60882	0.00000	60.31825	304.83706
6006	156.60942	0.00000	260.31776	95.16062
6010	59.16366	0.00000	378.28838	94.45602
6010	59.16496	0.00000	178.28724	305.54244
6011	77.36611	0.00000	220.73456	304.23497
6011	77.36301	0.00000	20.73342	95.76420
6012	86.34309	0.00000	41.05203	96.23013
6012	86.34419	0.00000	241.05283	303.76951
6014	134.60947	0.00000	258.32211	302.42787
6014	134.60827	0.00000	58.31989	97.57145
6002	56.83126	0.00000	114.72687	91.55368
6002	56.83176	0.00000	314.72673	308.44603
6003	36.60781	0.00000	347.39045	313.23814
6003	36.60721	0.00000	147.39037	86.76146
6004	36.60541	0.00000	147.46679	86.74034
6004	36.60501	0.00000	347.46633	313.25919
6006	156.61012	0.00000	60.31813	304.83761
6006	156.60872	0.00000	260.31799	95.16147
6010	59.16296	0.00000	378.28758	94.45612
6010	59.16496	0.00000	178.28725	305.54340
6011	77.36471	0.00000	220.73324	304.23386
6011	77.36421	0.00000	20.73311	95.76539
6012	86.34249	0.00000	41.05154	96.23012
6012	86.34399	0.00000	241.05202	303.77056
6014	134.60947	0.00000	258.32064	302.42729
6014	134.60907	0.00000	58.32021	97.57136
6002	56.83086	0.00000	114.72699	91.55382
6002	56.83116	0.00000	314.72722	308.44680
6003	36.60761	0.00000	347.39041	313.23827
6003	36.60761	0.00000	147.38987	86.76146
6004	36.60481	0.00000	147.46622	86.74032
6004	36.60411	0.00000	347.46599	313.26036
6006	156.60932	0.00000	60.31829	304.83784
6006	156.60902	0.00000	260.31789	95.16105



S3	156.60932	0.00000	260.31793	95.16097
5001	132.58367	0.00000	60.93353	99.00278
5001	132.58317	0.00000	260.93352	300.99615
6002	74.07868	0.00000	297.01656	307.69192
6002	74.08018	0.00000	97.01671	92.30604
5001	132.58337	0.00000	60.93179	99.00288
5001	132.58287	0.00000	260.93211	300.99622
6002	74.07838	0.00000	297.01575	307.69255
6002	74.08028	0.00000	97.01586	92.30614
6003	60.19467	0.00000	123.43978	90.47590
6003	60.19507	0.00000	323.43994	309.52230
6005	72.84579	0.00000	336.16257	304.86880
6005	72.84419	0.00000	136.16200	95.13120
6006	165.01092	0.00000	214.73317	94.86171
6006	165.01102	0.00000	14.73272	305.13661
6007	165.03482	0.00000	14.91289	305.13779
6007	165.03372	0.00000	214.91275	94.85985
6010	34.30383	0.00000	343.28016	87.75121
6010	34.30523	0.00000	143.28049	312.24749
6011	60.24327	0.00000	201.94882	306.93947
6011	60.24287	0.00000	1.94863	93.05927
6012	76.07705	0.00000	23.17089	94.53413
6012	76.07785	0.00000	223.17061	305.46524
6014	129.70881	0.00000	234.20141	303.21379
6014	129.70871	0.00000	34.19991	96.78524
5001	132.58407	0.00000	60.93097	99.00235
5001	132.58377	0.00000	260.92991	300.99538
6002	74.07938	0.00000	297.01428	307.69364
6002	74.08108	0.00000	97.01556	92.30617
6003	60.19537	0.00000	123.43783	90.47411
6003	60.19587	0.00000	323.43953	309.52407
6005	72.84659	0.00000	336.16026	304.87032
6005	72.84539	0.00000	136.15941	95.13032
6006	165.01122	0.00000	214.72937	94.86300
6006	165.01092	0.00000	14.73109	305.13837
6007	165.03542	0.00000	14.91299	305.13832
6007	165.03612	0.00000	214.91204	94.86134
6010	34.30323	0.00000	343.27969	87.75172
6010	34.30463	0.00000	143.28032	312.24648
6011	60.24327	0.00000	201.94861	306.94050
6011	60.24237	0.00000	1.94838	93.05923
6012	76.07705	0.00000	23.16958	94.53303
6012	76.07785	0.00000	223.17040	305.46460
6014	129.70901	0.00000	234.20080	303.21457
6014	129.70861	0.00000	34.19918	96.78391
5001	132.58447	0.00000	60.92951	99.00137
5001	132.58407	0.00000	260.93118	300.99640
6002	74.08008	0.00000	297.01434	307.69458
6002	74.08018	0.00000	97.01419	92.30655
6003	60.19577	0.00000	123.44001	90.47485
6003	60.19657	0.00000	323.43708	309.52443
6005	72.84709	0.00000	336.16134	304.86849

6005	72.84559	0.00000	136.15735	95.13091
6006	165.01112	0.00000	214.72909	94.86249
6006	165.01102	0.00000	14.73010	305.13818
6007	165.03622	0.00000	14.91202	305.13825
6007	165.03522	0.00000	214.91120	94.85977
6010	34.30283	0.00000	343.28046	87.75195
6010	34.30413	0.00000	143.27994	312.24697
6011	60.24317	0.00000	201.94814	306.94165
6011	60.24257	0.00000	1.94845	93.05796
6012	76.07715	0.00000	23.17176	94.53288
6012	76.07785	0.00000	223.17090	305.46615
6014	129.70931	0.00000	234.19901	303.21501
6014	129.70901	0.00000	34.19886	96.78382

/

-2





138	ME	731887.86	1041938.79	254.64	2.00	18.01.24	11:52:21	3.0	1.9	0.03	6+4	5	MAX3C-MSM	GNSS fixed	T
139	ME	731888.47	1041949.72	253.92	2.00	18.01.24	11:52:30	3.6	2.2	0.03	6+3	5	MAX3C-MSM	GNSS fixed	T
140	ME	731889.32	1041957.95	253.59	2.00	18.01.24	11:52:38	2.6	1.6	0.02	6+5	5	MAX3C-MSM	GNSS fixed	T
141	ME	731890.09	1041963.44	253.44	2.00	18.01.24	11:52:44	2.0	1.3	0.02	9+4	5	MAX3C-MSM	GNSS fixed	T

-----  
 Legenda tříd:

M....měření GNSS  
 PR...průměr z více GNSS měření  
 RE...reference  
 PE...pevný bod  
 NA...navigační

Legenda podtříd:

GPS fixo ... ambiguity z GPS určeny jako celá čísla  
 GNSS fix ... ambiguity z GPS+GLONASS určeny jako celá čísla  
 ĀDNÝ ..... žádná podtřída (u průměrů)  
 Fixní (P ... Bod s fixní polohou

H-ant: Výška antény je uvedena k ARP (základnový bod antény). V tomto případě je to spodní okraj závitů.  
 Interval záznamu RTK pozic je 1 sekunda.

# Příloha 4

## Zápisník kontrolního měření DMT

1	9901	0.00000		
-1				
6012	48.94772	0.00000	371.62475	92.10656
6012	48.94822	0.00000	171.62505	307.89271
5001	96.54837	0.00000	235.64232	301.05696
5001	96.54867	0.00000	35.64330	98.94262
6003	52.13818	0.00000	138.11667	89.57186
6003	52.13978	0.00000	338.11670	310.42784
1	46.62326	1.45000	242.54603	300.59164
2	43.46010	1.45000	230.37819	300.03602
3	42.23462	1.45000	217.22386	299.62214
4	42.60451	1.45000	204.03884	298.76982
5	44.86298	1.45000	191.34818	297.85189
6	19.99522	1.45000	66.49213	296.01566
7	15.06709	1.45000	42.49224	297.24023
8	13.87651	1.45000	7.24271	298.98665
9	18.63344	1.45000	371.34447	301.25693
10	24.73596	1.45000	354.61923	301.86886
11	51.38569	1.45000	32.06448	298.84826
12	49.24612	1.45000	21.07568	299.38252
13	48.18593	1.45000	10.66040	300.30744
14	47.78104	1.45000	399.48781	301.02931
15	49.45332	1.75000	386.46665	301.96859
5004	100.11932	0.00000	296.84258	299.67251
5004	100.11932	0.00000	96.84195	100.32709
6007	122.37631	0.00000	381.33621	93.41142
6007	122.37671	0.00000	181.33645	306.58730
6003.1	95.20468	0.00000	69.75976	305.56337
6003.1	95.20558	0.00000	269.75970	94.43500
16	18.50464	1.45000	239.93114	102.20865
17	13.75761	1.45000	271.47386	101.27339
18	13.95261	1.45000	318.73083	99.53098
19	19.86803	1.45000	349.71118	98.89081
20	28.89370	1.45000	364.11118	97.89486
21	37.45588	1.45000	372.93710	97.50910
22	47.14265	1.45000	379.30587	97.53686
23	56.69562	1.45000	382.78352	97.46599
24	67.07607	1.45000	383.86206	97.71900
25	49.24872	1.45000	29.01212	97.53297
26	40.66754	1.45000	29.95267	97.24580
27	30.68078	1.45000	33.08004	97.25398
28	20.39752	1.45000	37.90148	98.73166
29	9.49187	1.45000	60.71287	101.08076
30	6.26541	1.45000	149.97791	103.29289
31	15.16129	1.45000	191.99597	102.39260
32	22.73849	1.45000	203.45443	101.74788

33	43.25470	1.45000	163.45402	101.67668
34	39.87695	1.45000	150.87277	102.15445
35	39.07996	1.45000	134.67928	101.99830
36	39.73425	1.45000	119.61707	101.43021
37	41.38303	1.45000	105.35068	100.44712
38	45.14658	1.45000	91.80564	100.28683
39	50.37450	1.45000	81.90720	99.82675
40	55.69083	1.45000	75.61239	99.60413
41	60.29377	1.45000	71.40254	99.31945
42	77.90862	1.45000	88.83679	100.28065
43	71.72441	1.45000	95.88787	100.36529
44	66.77548	1.45000	102.94998	100.77383
45	63.11733	1.45000	111.96425	101.20860
46	60.71726	1.45000	123.22253	101.59695
47	59.91507	1.45000	135.53554	101.80953
48	61.37435	1.45000	145.40049	101.80506
49	63.03943	1.45000	153.05666	101.75117

/  
-2

# Příloha 5

## Protokol o výpočtech z programu EasyNET

Protokol C - Vyrovnání sítě  
\*\*\*\*\*  
Vytvořeno: 28.04.2024 13:56:12

### C-01 Základní informace o vyrovnání sítě =====

#### Vyloučení odlehlých hodnot -----

Metoda robustního odhadu:	Huber
Hladina významnosti:	0.05
Počet vyloučených odlehlých hodnot:	27/357 [0.076]
Vodorovný směr:	8/119 [0.067]
Zenitový úhel:	9/119 [0.076]
Šikmá délka:	10/119 [0.084]
Šikmá délka (doplňek):	-
Směrník:	-
Převýšení:	-
Svislé provažování:	-

#### Vyrovnání sítě -----

Apriorní jednotková směrodatná odchylka:	1.000
Aposteriorní jednotková směrodatná odchylka:	0.666
Počet fixních bodů:	0
Počet vyrovnaných bodů:	20
Počet vyrovnaných orientačních posunů:	4
Počet vyrovnaných měření:	330
Vodorovný směr:	111
Zenitový úhel:	110
Šikmá délka:	109
Šikmá délka (doplňek):	0
Směrník:	0
Převýšení:	0
Svislé provažování (X + Y):	0 (0)
Počet nadbytečných měření:	270

### C-02 Vyrovnané souřadnice (Aposteriorní přesnost) =====

#### Legenda:

~~~~~

A: Pořadové číslo

B: Číslo bodu



C: Souřadnice X [m]  
 D: Souřadnice Y [m]  
 E: Souřadnice Z [m]  
 F: Souřadnice X - Směrodatná odchylka [mm]  
 G: Souřadnice Y - Směrodatná odchylka [mm]  
 H: Souřadnice Z - Směrodatná odchylka [mm]

Data:

~~~~~

A	B	C [m]	D [m]	E [m]	F [mm]	G [mm]	H [mm]
1	5001	1041914.2038	731865.5181	257.0416	0.54	0.89	0.48
2	5002	1041900.2301	731649.8988	258.1453	0.51	0.28	0.17
3	5003	1042095.3643	731662.7315	255.3991	0.52	0.43	0.26
4	5004	1042043.1983	731640.4165	255.1097	0.42	0.40	0.20
5	6002	1041894.3059	731787.1844	263.8959	0.32	0.48	0.16
6	6003	1041892.1365	731756.5957	263.9352	0.33	0.26	0.14
7	6004	1041892.1187	731756.5566	263.9473	0.37	0.30	0.15
8	6005	1041876.4552	731746.6929	260.5305	0.43	0.30	0.22
9	6006	1041874.8919	731590.3827	268.2696	0.41	0.34	0.30
10	6007	1041875.2994	731590.1548	268.2669	0.39	0.47	0.27
11	6008	1042022.6170	731730.2330	261.5195	0.36	0.47	0.21
12	6009	1041983.6153	731732.8911	261.5132	0.27	0.46	0.20
13	6010	1041982.1657	731736.9387	261.5230	0.46	0.28	0.15
14	6011	1041985.4433	731784.5955	261.5202	0.35	0.40	0.18
15	6012	1041973.1639	731809.1355	261.4886	0.25	0.39	0.17
16	6014	1041968.9089	731865.3884	261.5123	0.33	0.50	0.26
17	9501	1042006.0544	731671.8084	254.7990	0.23	0.32	0.17
18	9502	1041946.6107	731658.7552	256.9342	0.17	0.24	0.13
19	9503	1041923.2565	731738.8614	256.3776	0.18	0.20	0.11
20	9504	1041948.4991	731737.4632	254.9639	0.24	0.24	0.13

Protokol D - Transformace s vyrovnáním

\*\*\*\*\*

Vytvořeno: 28.04.2024 14:32:11

D-02 Základní informace o transformaci s vyrovnáním - Identické body

=====

Základní informace

-----

Počet identických bodů: 4

Vyloučení odlehlých hodnot

-----

Metoda robustního odhadu: Huber

Hladina významnosti: 0.05

Počet vyloučených odlehlých hodnot: 0/12 [0.000]

Souřadnice X: 0/4 [0.000]

Souřadnice Y: 0/4 [0.000]

Souřadnice Z: 0/4 [0.000]

Vyrovnaní souřadnic identických bodů

-----  
Apriorní jednotková směrodatná odchylka: 1.000  
Aposteriorní jednotková směrodatná odchylka: 0.764  
Počet vyrovnaných souřadnic: 12  
Souřadnice X: 4  
Souřadnice Y: 4  
Souřadnice Z: 4  
Počet nadbytečných souřadnic: 8

D-03 Základní informace o transformaci s vyrovnaním - Transformační klíč

-----  
Základní informace

-----  
Počet transformovaných bodů: 20  
Počet fixních bodů: 0  
Počet vyrovnaných bodů: 20

-----  
Parametry transformačního klíče

-----  
Vyrovnané hodnoty:

Translace:  
X [m]: 9.1556  
Y [m]: -13.0410  
Z [m]: -0.0007  
Rotace [gon]: 0.00080

-----  
Apriorní/Aposteriorní směrodatné odchylky:

-----  
Translace:  
X [mm]: 2.50 : 1.91  
Y [mm]: 2.50 : 1.91  
Z [mm]: 2.50 : 1.91  
Rotace [mgon]: 1.273 : 0.973

D-06 Transformované souřadnice (Aposteriorní přesnost)

-----  
Legenda:

~~~~~  
A: Pořadové číslo  
B: Číslo bodu  
C: Souřadnice X [m]  
D: Souřadnice Y [m]  
E: Souřadnice Z [m]  
F: Souřadnice X - Směrodatná odchylka [mm]  
G: Souřadnice Y - Směrodatná odchylka [mm]  
H: Souřadnice Z - Směrodatná odchylka [mm]

Data:

~~~~~

A	B	C [m]	D [m]	E [m]	F [mm]	G [mm]	H [mm]
1	5001	1041914.2012	731865.5149	257.0409	0.54	0.89	0.48
2	5002	1041900.2302	731649.8955	258.1447	0.51	0.28	0.17
3	5003	1042095.3642	731662.7306	255.3984	0.52	0.43	0.26
4	5004	1042043.1985	731640.4150	255.1090	0.42	0.40	0.20
5	6002	1041894.3042	731787.1810	263.8952	0.32	0.48	0.16
6	6003	1041892.1352	731756.5923	263.9345	0.33	0.26	0.14
7	6004	1041892.1175	731756.5532	263.9466	0.37	0.30	0.15
8	6005	1041876.4540	731746.6893	260.5298	0.43	0.30	0.22
9	6006	1041874.8927	731590.3791	268.2689	0.41	0.34	0.30
10	6007	1041875.3002	731590.1511	268.2662	0.39	0.47	0.27
11	6008	1042022.6161	731730.2312	261.5188	0.36	0.47	0.21
12	6009	1041983.6143	731732.8888	261.5125	0.27	0.46	0.20
13	6010	1041982.1646	731736.9364	261.5223	0.46	0.28	0.15
14	6011	1041985.4417	731784.5932	261.5195	0.35	0.40	0.18
15	6012	1041973.1620	731809.1331	261.4879	0.25	0.39	0.17
16	6014	1041968.9063	731865.3860	261.5117	0.33	0.50	0.26
17	9501	1042006.0542	731671.8064	254.7983	0.23	0.32	0.17
18	9502	1041946.6107	731658.7524	256.9336	0.17	0.24	0.13
19	9503	1041923.2555	731738.8584	256.3769	0.18	0.20	0.11
20	9504	1041948.4981	731737.4605	254.9632	0.24	0.24	0.13