



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV GEODÉZIE

INSTITUTE OF GEODESY

**ÚČELOVÁ MAPA BRNĚNSKÉHO VELEDROMU
A JEHO OKOLÍ**

THEMATICAL LARGE SCALE MAP OF VELODROM IN BRNO

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Lukáš Hrabovský

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. RICHARD KRATOCHVÍL

BRNO 2019



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3646 Geodézie a kartografie
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3646R003 Geodézie, kartografie a geoinformatika
Pracoviště	Ústav geodézie

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Lukáš Hrabovský
Název	Účelová mapa brněnského veledromu a jeho okolí
Vedoucí práce	Ing. Richard Kratochvíl
Datum zadání	30. 11. 2018
Datum odevzdání	24. 5. 2019

V Brně dne 30. 11. 2018

doc. Ing. Radovan Machotka, Ph.D.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

ČSN 01 3410 - Mapy velkých měřítek. Základní a účelové mapy.

ČSN 01 3411 - Mapy velkých měřítek. Kreslení a značky.

Fišer, Vondrák: Mapování. CERM Brno, 2. vydání, 2006. ISBN 80-7204-472-9.

Fišer, Vondrák: Mapování II. CERM Brno, 2004. ISBN 80-214-2669-1.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Provedte zaměření skutečného stavu severní části brněnského velodromu a jeho vnějšího pláště. Vybudujte měřičskou síť a připojte ji polohově do S-JTSK a výškově do Bpv. Určete maximální sklon dráhy v zatáčce a minimální sklon dráhy na rovině. Vyhotovte účelovou mapu velodromu ve vhodném měřítku s využitím výsledků bakalářské práce studenta Samuela Ďuriše. Vyhotovte podélný řez podchodem.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Richard Kratochvíl
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalárska práca je zameraná na vyhotovenie účelovej mapy Brnenského velodromu v mierke 1:250. Severná časť bola zameraná mnou a južná časť bola prevzatá od kolegu Samuela Ďuriša. Účelová mapa obsahuje výškopis, polohopis a popis. Mapa je vyhotovená v 3. triede presnosti podľa ČSN 01 3410 a je pripojená na referenčné systémy S-JTSK a Bpv. K danej mape je vyhotovený pozdĺžny rez podchodu a výpočet sklonov najvyššieho a najnižšieho miesta na dráhe.

KLÍČOVÁ SLOVA

Účelová mapa, prípravné práce, meračské práce, metódy merania, Grafické a výpočtové práce

ABSTRACT

The bachelor thesis is dealing with creation of thematic map of Velodrom in Brno, made in scale of 1:250. The northern part of this Velodrom was measured by me and the southern part was received from my colleague Samuel Ďuriš. Thematic map contains planimetry, altimetry and map lettering. The map is carried out in the 3rd accuracy class in accordance with ČSN 01 3410 and is connected to reference systems S-JTSK and Bpv. The thesis includes the computation of the highest and the lowest elevation of the track.

KEYWORDS

Thematical map, preparatory work, measuring work, measuring methods graphic and computational work

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Lukáš Hrabovský *Vyhotovení účelové mapy brněnského velodromu*. Brno, 2018. 41 s., 11 příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce Ing. Richard Kratochvíl

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 12. 5. 2019

Lukáš Hrabovský
autor práce

POĎAKOVANIE

Ako prvému by som chcel poďakovať vedúcemu práce Ing. Richardovi Kratochvílovi za trpezlivosť a pomoc pri tvorbe bakalárskej práce. Ďalej by som chcel poďakovať Samuelovi Ďurišovi za pomoc pri meračských prácach. Poslední, ktorým patrí veľké ďakujem je rodina a blízki za podporu počas celej doby štúdia.

V Brne 7.4.2019

Hrabovský Lukáš
Autor práce

OBSAH

1 ÚVOD.....	10
2 LOKALITA.....	11
3 ÚČELOVÁ MAPA.....	12
3.1 Obsah účelových máp.....	12
3.2 Rozdelenie účelových máp.....	14
4. METÓDY MERANIA.....	16
4.1 Pomocná meračská sieť.....	16
4.2 Podrobné meranie.....	18
4.2.1 Polárna metóda.....	19
4.2.2 Metóda konštrukčných omerných.....	19
5. MERAČSKÝ NÁČRT.....	21
6 PRÍPRAVNÉ PRÁCE.....	24
6.1 Rekognoskácia terénu.....	24
6.2 Použité prístroje.....	25
6.2.1 GNSS system, Trimble R4-3.....	25
6.2.2 Totálna stanica Topcon GPT 3003N.....	26
7 MERAČSKÉ PRÁCE.....	27
7.1 Stabilizácia a zameranie pomocnej meračskej siete.....	27
7.2 Podrobné meranie polohopisu a výškopisu.....	28
8. VÝPOČTOVÉ PRÁCE.....	29
8.1. Výpočet bodov pomocnej meračskej siete (PMS)	31
8.2. Výpočet podrobných bodov (PB)	31
8.3. Výpočet sklonov.....	32
8.4. Testovanie presnosti.....	33
8.4.1 Testovanie presnosti súradníc X, Y.....	33
8.4.2 Testovanie presnosti výšok H.....	34

9. GRAFICKÉ SPRACOVANIE.....	35
9.1. Účelová mapa.....	36
10. ZÁVER.....	37
ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV.....	38
ZOZNAM OBRÁZKOV A TABULIEK.....	39
ZOZNAM SKRATIEK.....	40
ZOZNAM PRÍLOH.....	41

1 ÚVOD

Cieľom bakalárskej práce je zameranie skutočného stavu severnej časti Brnenského velodromu a pripojenie južnej časti, ktorá bola prevzatá od spolužiaka Samuela Ďuriša. Následne bola vyhotovená účelová mapa celého Brnenského velodromu v mierke 1:250. Obsahom merania je polohopis a výškopis lokality, ktorý je pripojený do súradnicového systému S-JTSK a výškového systému Bpv. K účelovej mape je vyhotovený pozdĺžny rez podchodu, ktorý sa nachádza na západnej časti velodromu a vypočítané sklony dráhy v mieste najväčšieho a najmenšieho spádu. Meračské práce prebiehali tak aby splňovali podmienky 3. triedy presnosti podľa normy ČSN 01 3410 a vyhotovená mapa, podľa normy ČSN 01 3411 . Pri meračských prácach mi pomáhal kolega Samuel Ďuriš.

2 LOKALITA

Daná lokalita je Brnenský velodrom. Nachádza sa v Brne časti Pisárkách. Rozloha celého velodrómu je približne 2,3 ha, pričom využiteľné územie tvorí necelý 1 ha. Objekt sa nachádza v katastrálnom uzemi Pisárky a je rozložený na štyroch parcelách s parcelnými číslami 112, pre plochu, 109/1 pre tribúnu a 111 a 113 pre budovy správy štadiónu.

Štadión má 400 metrov dlhú zastrešenú klopenú betónovú strechu. V areáli štadiónu sa nachádza viaceré stavebných prvkov ako sú napríklad rozhodcovská veža, stupne víťazov, bufet, parkoviská, chodníky a iné.

Na mieste dnešného velodrómu bola Bauerova rampa, predchodkyňa dnešnej dráhy. Prvé cyklistické závody sa konali 21.7.1889. Dráha bola pôvodne hlinená, s antukovým vrškom. Súčasná podoba pochádza z roku 1969, kedy sa na velodróme konali majstrovstvá sveta v dráhovej cyklistike. Velodrom slúži klubu TJ Favorit Brno ako areál pre usporiadanie závodov, koncertov a vystúpení.

[1]



Obr. 1 Lokalita zvýraznená v leteckom snímku [2]

3 ÚČELOVÁ MAPA

Účelové mapy tvoria spolu s tematickými mapami kategóriu máp s nad štandardným obsahom oproti katastrálnym mapám. Účelové mapy sú vždy mapy veľkých mierok, ktoré obsahujú okrem základných prvkov aj ďalší obsah podľa účelu pre aký vznikli. Používajú sa pre plánovanie, projektovanie, evidenčné, dokumentačné a ďalšie účely.

Účelová mapa sa vyhotovuje v súradnicovom systéme S-JTSK a výškovom systéme Bpv, obvykle 3. triede presnosti. Účelové mapy sa tvoria rôznymi spôsobmi a to priamym meraním, prepracovaním alebo domeraním požadovaného obsahu do pôvodnej mapy. [3]

3.1 Obsah účelových máp

Obsah máp je tvorený:

Polohopis

Polohopis je obraz predmetov šetrenia a merania na mape ukazujúcich ich polohu, rozmer a tvar bez závislosti na terénnom reliéfe. Polohopis tvorí stavebné objekty, inžinierske siete, vodstvo, komunikácie. [4]

Výškopis

Obraz terénneho reliéfu na mape, ktorý je vyjadrovaný:

Vrstevnicami
Výškovými kótami
Technickými šrafami

Vrstevnice

Vrstevnica je zvislí priemet priesečníc vodorovných rovín, ktoré majú pravidelný interval od nulovej nadmorskej výšky s reliéfom. [5]

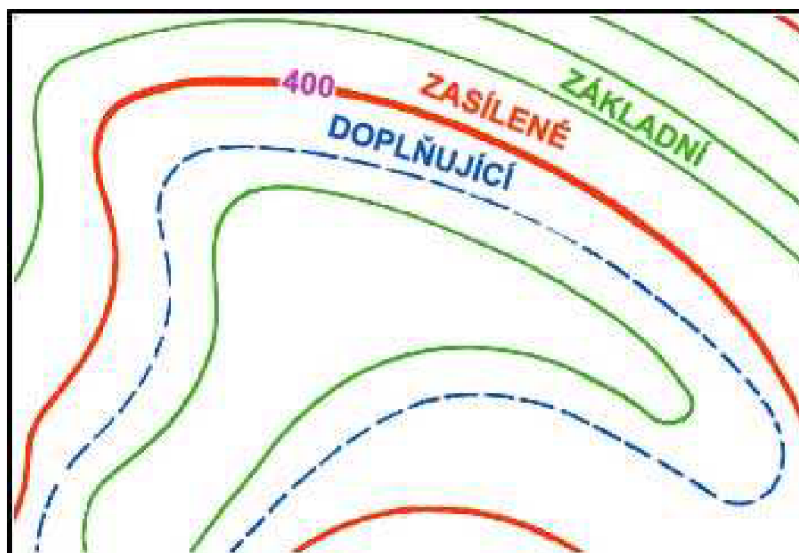
Rozdelenie:

- Základná vrstevnica
- Zvýraznená vrstevnica
- Doplnková vrstevnica

Základná vrstevnica: Plná súvislá čiara, interval v mapách veľkých mierok spravidla 1 m až 0,20 m (základný interval sa volí v závislosti na mierke a zložitosti typu). Citelnosť, názornosť a geometrická hodnota vrstevnicového obrazu

Zvýraznená vrstevnica: Plná čiara, hrúbka 0,35mm, päťnásobok základného intervalu

Doplnková vrstevnica: Používa sa v oblastiach kde sa terén veľmi ťažko zobrazuje základnými vrstevnicami. [5]



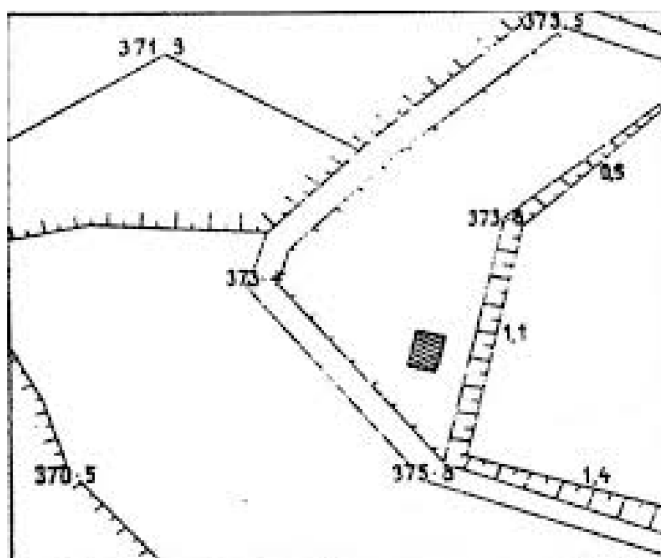
Obr.2 Vrstevnice [5]

Výškové kóty

Výšková kóta je číselný údaj umiestnení ku kótovacej značke, ku zobrazenému bodu, ku vrstevniciam a podobne, vyjadruje výšku vzhľadom k zrovnávanej ploche. [5]

Rozdelenie: Relatívne výšky: Vyjadrenie výšky terénnych stupňov, príkopov a násypov

Absolútne výšky: Vyjadrenie výšky bodov terénnej kostry a podrobných bodov

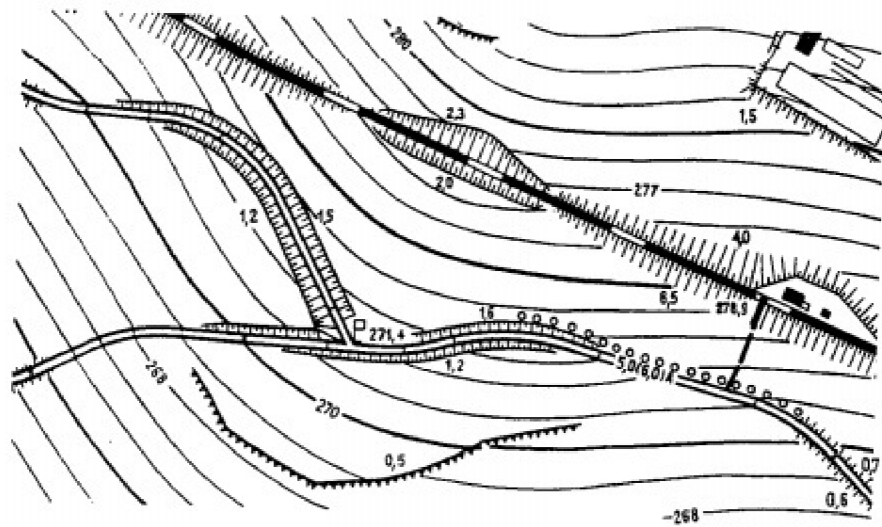


Obr. 3 Výškové kóty [5]

Technické šrafy

Technické šrafy použijeme vtedy pokiaľ sa daný terén nedá vyjadriť vrstevnicami. Šrafami sa zobrazujú tvary umelé (násypy, jamy a pod.) a stupne (brehy, medze a pod.) prebiehajúce súbežne z vrstevnicami. Šrafy nie je treba kresliť v celom priebehu terénneho stupňa.

Hrany sa kreslia len v prípade, ak sa nekryjú s polohopisnou čiarou, alebo sú od nich vzdialené viac než 0,5mm v mierke mapy. K hornej a dolnej hrane sa napíše výšková kóta, pri nedostatku miesta sa napíše relatívna kóta v mieste najvyššieho prevýšenia. [5]



Obr. 4 Technické šrafy [5]

Popis

Popis účelovej mapy je tvorený z čísiel bodov polohového bodového poľa, čísiel hraničných znakov, miestnych názvov a označenie parciel parcelnými číslami a tiež z údajov o výškach. [6]

3.2 Rozdelenie účelových máp

Účelové mapy podľa starej normy rozdeľujeme do 3 skupín : účelové mapy základného významu, mapy podzemných priestorov a ostatné účelové mapy. V novšej norme sa udáva rozdelenie na základné a účelové.

Účelové mapy základného významu

- technická mapa mesta
- základná mapa závodu
- základná mapa diaľnic
- základná mapa letísk
- jednotná železničná mapa staníc a trasi

Mapy podzemných priestorov:

- Sú mapy jaskýň a podzemných chodieb s výnimkou baní, tunelov a metra

Ostatné účelové mapy:

- účelové mapy pre prevádzkove účely organizácii
- pre pozemkové úpravy
- lesnícke a vodohospodárske mapy
- geodetická časť dokumentácie skutočného prevedeniu stavieb [7]

4. METÓDY MERANIA

Meračské práce zahŕňujú meranie pomocnej meračskej siete, podrobných bodov a všetky úkony spojené s meraním bakalárskej práce velodrom.

4.1 Pomocná meračská sieť

Pre podrobné meranie sa polohové bodové pole doplní pomocnými meračskými bodmi. Sieť pomocných meračských bodov sa volí na hustote zamerania podrobných bodov

Pomocné body sa určujú:

- Rajón
- Pomocnými polygónovými ťahmi
- Pretínanie zo smeru, poprípade dĺžok
- Voľne stanovisko
- Technológiou GNSS
- Plošnými sieťami

Pomocné body sa môžu označovať dočasne drevenými kolíkmi, kovovou trubkou, klincom, vyrytým krížikom a pod. [8]

Našom prípade boli použité metódy technológia GNSS a rajón.

Rajón

Vektor danej dĺžky a daného smeru (orientovaná úsečka) slúžiaceho ku geodetickému zameraniu a určeniu polohy poprípade aj výšky (pravouhlých súradníc, popr. Aj výšky) nového geodetického bodu z geodetických bodov, ktorých poloha bola určená a dokumentovaná. [9]

Dané prvky : body A[Y_A, X_A] a B[Y_B, X_B]

Merané prvky: dĺžka $S_{A,P}$, uhol ω

Neznáme prvky: P[Y_P, X_P]

Výpočet neznámych súradníc bodu P, potrebujeme poznať smerník $\delta_{A,P}$, ktorý získame :

$$\delta_{A,P} = \delta_{A,B} + \omega \quad (4.1)$$

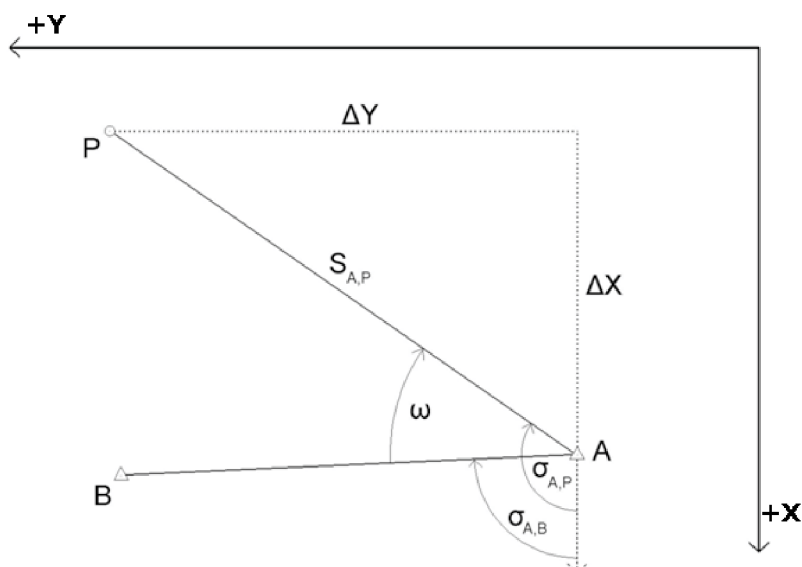
Výpočet súradnicových rozdielov ΔX_P a ΔY_P : $\Delta X_P = S_{A,P} * \cos\delta_{A,P}$ (4.2)

$$\Delta Y_P = S_{A,P} * \sin\delta_{A,P} \quad (4.3)$$

Súradnice bodu P dostaneme pričítaním súradnicových rozdielov k súradniciam bodu A

$$X_P = X_A + \Delta X_P \quad (4.4)$$

$$Y_P = Y_A + \Delta Y_P \quad (4.5)$$



Obr. 5 Rajón [10]

Maximálna dĺžka rajónu môže byť 100 m a zároveň nesmie byť dlhšia ako je najvzdialenejšia orientácia bodu. Dĺžka trojnásobného rajónu nesmie presiahnuť 250 m. Touto metódou boli určené súradnice bodov 4004, 4005, 4006, 4007, 4019, 4020. [9]

Technológia GNSS

V geodézii sa používa relatívny spôsob určenia polohy. Súčasne merajú najmenej dva prijímače a výsledok je relatívna poloha týchto prijímačov.

Vo väčšine prípadov sú v geodézii používané fázové merania. Pri tzv. statickej metóde meria najmenej dva (ale spravidla viac) prijímače súčasne po dobu niekoľkých hodín či dlhšie. Statická metóda poskytuje najpresnejšie výsledky. Používa sa pre budovanie polohových základov, pri sledovaní deformácii alebo v geodynamickej sieti.

Rozdelenie: Statická

Rýchlo statická

Stop and go

Kinematická

RTK – real time kinematic [11]

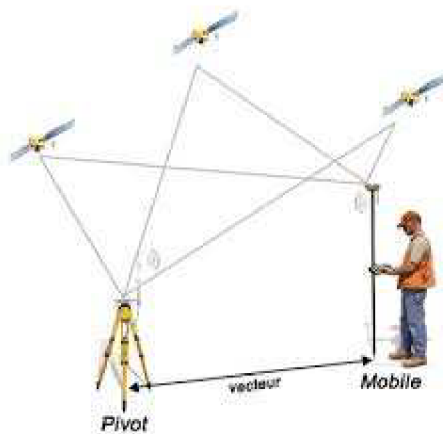
Pri meraní sme používali metódu RTK.

RTK – real time kinematic

Jedná sa o získanie aktuálnych, presných korekcií meraných pseudo vzdialeností v reálnom čase. Dáta pre výpočet poskytujú referenčné stanice umiestnené na bode o známych súradniciach.

Metóda RTK vyžaduje špeciálnu meračskú aparatúru vybavenú, ako hardverovo (pre prenos meraných dát alebo priame korekcie medzi stanicami), tak softverovo (pre online výpočet korekcií). Metóda RTK sa využíva pri vytyčovacích prácach a určení súradníc neznámych bodov.

Pri meraní bola elevačná maska 15° a interval záznamu bol 5 sekúnd. Touto metódou boli určené body 4001, 4002, 4003, 4008, 4009, 4010, 4011, 4012, 4013, 4014, 4015, 4016, 4017.



Obr. 6 Metóda RTK [12]

4.2 Podrobné meranie

Podrobné body polohopisu sa väčšinou zameriavajú polárnou metódou a dopĺňujúca sa používa ortogonálna metóda, metóda konštrukčných omerných a metóda pretínania zo smerov alebo z dĺžok. Okrem uvedených geodetických metód merania polohopisu je možné použiť taktiež fotogrametrickú metódu alebo GNSS technológiu. Podrobné body polohopisu sú číslované v rámci meračských náčrtov, číslované od 1 smerom nahor.

Pri výpočte súradníc podrobných bodov sa používajú meračské náčrty, zápisníky podrobného merania a zoznamy súradníc daných bodov. [13]

- Typové úlohy:
0. Metóda pravouhlých súradníc
 1. Polárna metóda 4.2.1
 2. Vyrovnanie bodu do priamky
 3. Metóda priesečníkov dvoch priamok
 4. Metóda konštrukčných omerných 4.2.2
 5. Metóda pretínania z dĺžok
 6. Redukcia súradníc o strešný presah
 7. Metóda konštrukčných omerných zo súčasným vyrovnaním na pravouhlosť
 8. Metóda pretínania späť
 9. Kontrolné omerné miery
 10. Úprava obrazca na pravouhlosť
 11. Metóda riadiacej priamky [13]

V teréne som využili polárnu metódu a metódu konštrukčných omerných.

4.2.1 Polárna metóda

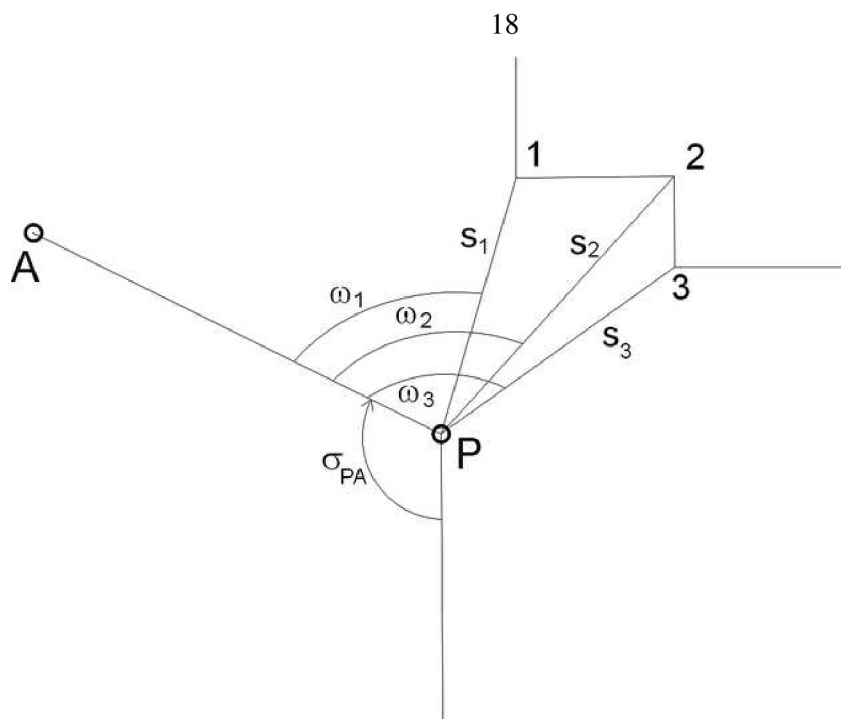
Polárna metóda je základnou metódou na podrobné polohopisné meranie. Podrobné body určujeme pomocou polárnych prvkov – vodorovný uhol a vodorovná dĺžka.

Metóda ma dva typy použitia:

Polárna metóda s pevným stanoviskom: súradnice stanoviska sú známe, spracujeme výpočet orientačného posunu meraného na osnove smerov

Polárna metóda s voľným stanoviskom: súradnice stanoviska sú neznáme, výpočty sa robia v pomocnej ortogonálnej súradnicovej sústave, ktoré sa podobnostnou transformáciou prevedú do geodetického systému.

Počet daných bodov je 2-10, počet určovaných bodov je neobmedzený. [13]

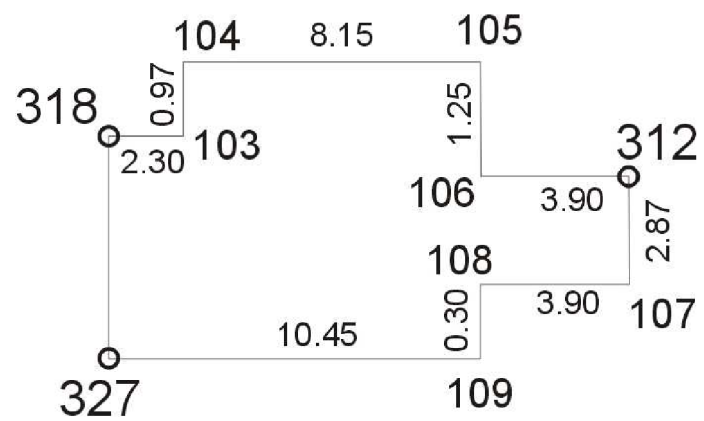


Obr. 7 Polárna metóda [14]

4.2.2 Metóda konštrukčných omerných

Úloha je určená pre zameriavanie pravouhlých výstupkov objektu. Dané body sú vždy dva, maximálny počet určovaných bodov je 8. Povolené je určiť pravouhlé výstupky do veľkosti max. 5 m. Dané body sa uvádzajú ako prvý a posledný bod záznamu.

Omerné miery sa zapisuje zo znamienkom “-”, pokiaľ koncový bod omernej miery od spojnice predošlých dvoch bodov vo smeru postupu predpisu vľavo, ak leží na pravo je hodnota omernej miery uvedená kladne. Prvá omerná je vždy kladná. [13]



Obr. 8 Metóda konštrukčných omerných [15]

5. MERAČSKÝ NÁČRT

Meračský náčrt je grafické a predtým aj číselné vyjadrenie výsledkov podrobného merania a vyšetrovania, ktoré je podkladom alebo jedným z podkladov na zobrazenie obsahu mapy. Vyhotovuje sa pri meraní priamo v teréne, predmety merania sa v ňom zobrazujú len približne. [16]

Obsahom meračského náčrtu sú body bodového poľa, body pomocnej meračskej siete, podrobné body, profily, čiary terénnej kostry, tvarové čiary, omerné a konštrukčné miery, ďalší polohopisný obsah, popis a podobne.

Meračské náčrty delíme podľa:

- Ohraničenia: rámové: hranicou je vnútorná rámová čiara mapového listu
blokové: hranicou je trvalý líniový objekt
- Obsahu: polohopis
výškopis

Výškopisný meračský náčrt ako podklad pre meračské náčrty výškopisu môže slúžiť kopia meračského náčrtu polohopisu alebo zväčšenina polohopisného podkladu.

Pokiaľ je bod určený opakovane, jeho číslo sa podtrhne. Po skončení meračských prác je treba náčrty adjustovať, čo spočíva vo zvýraznení prvkov obsahu a v doplnení potrebných údajov (popis, čísla susedných náčrtov). [16]

Popis meračského náčrtu:

- Číslo náčrtu a názov katastrálneho územia
- Orientácia blokového náčrtu k severu
- Čísla susedných meračských náčrtov
- Pokiaľ je náčrt v mierke, uvedie sa dole v strede
- Popisové pole

Meračský náčrt sa adjustuje v príslušných farbách a štýle čiar:

Obvod meračského náčrtu sa vyznačuje striedavou čiarou žltej farby.

Hnedou sa vyznačuje:

- Podrobné body určené tachymetricky
- Priebeh čiar terénnej kostry, tvarových čiar (čiarkovane), v rovinnom území aj interpolačná spojnica
- Náznaky horizontál po vyjadrovaní približného priebehu vrstevníc a spádových charakteristík
- Priečne profily určené tachymetricky
- Hrany terénnych stupňov pokiaľ nie sú totožné s polohopisnou kresbou a šrafy smere spádnic určené tachymetricky
- Relatívne výškové kóty, výšky bodov bodových poli a pomocných meračských bodov

Modrou sa vyznačuje:

- Podrobné body určené plošnou niveláciou a ich čísla
- Priečne profily určené plošnou niveláciou
- Dĺžkové miery pre domeranie polohopisu v priestore plošnej nivelácie
- Hrany terénnych stupňov pokiaľ nie sú totožné s polohopisnou kresbou a šrafy smere spádnic určené niveláciou
- Vodné toky a súvisiace objekty

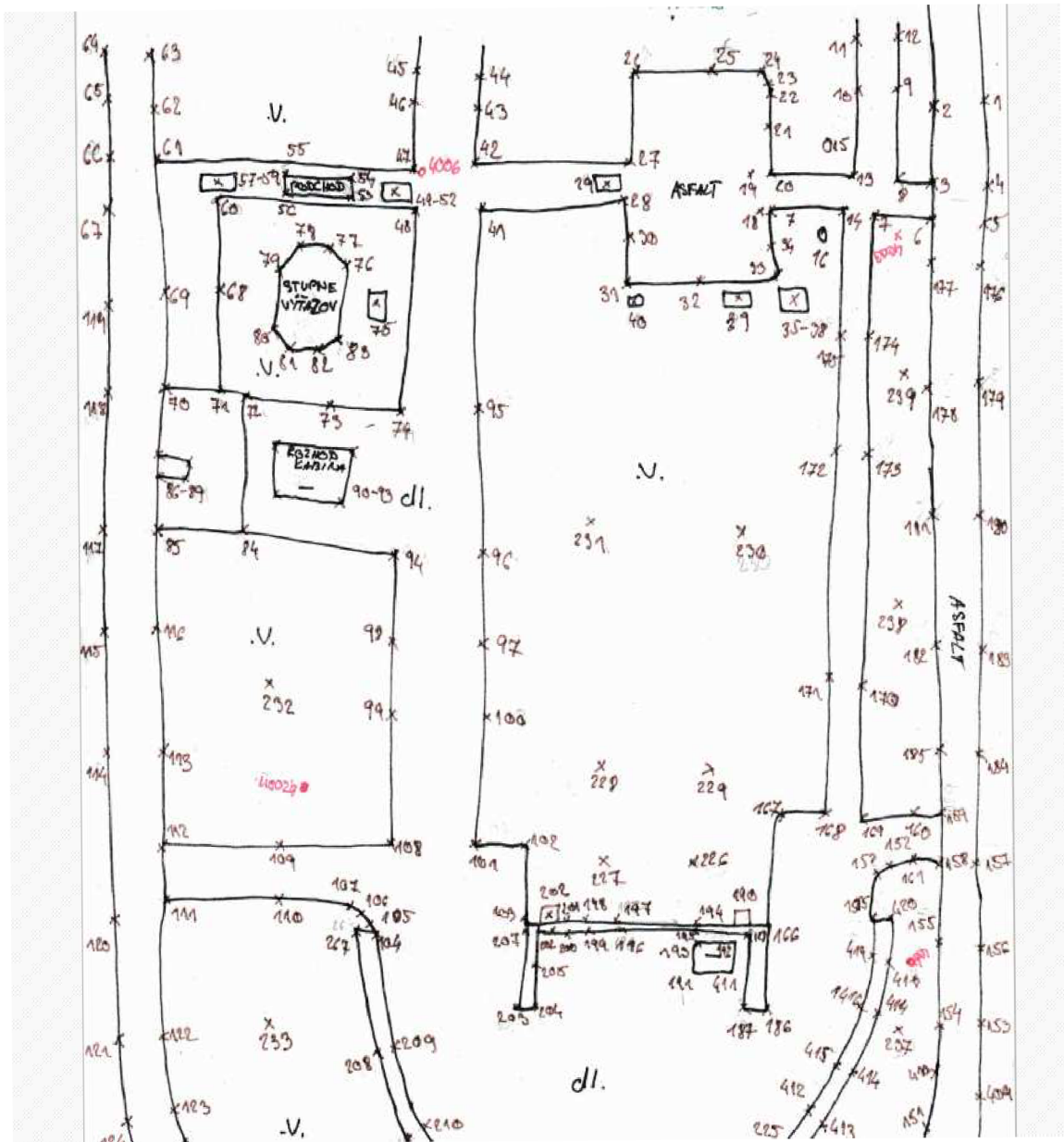
Červenou sa vyznačuje:

- Bodkočiarkovanou čiarou strany polygónového ťahu nezobrazených v polohopisnom podklade
- Čiarkovane rajóny a meračské priamky
- Riadiace bodkované orientačné smery
- Pomocné meračské body a ich čísla
- Body bodových poli a ich čísla
- Orientácia náčrtu k severu šípkou

Čiernou vyznačujeme:

- Kontrolné omerné miery
- Merané rozmery predmetov a priemery potrubia
- Polohopisná kresba
- Popisné čísla
- Nadzemné znaky a priebeh inžinierskych sieti príslušnou mapovou značkou
- Ostatné predmety meraní príslušnou mapovou značkou [16]

Počas merania sme vytvorili 6 meračských náčrtov, z toho dôvodu bol vyhotovený prehľad meračských náčrtov.



Obr. 9 Meračský náčrt

6 PRÍPRAVNÉ PRÁCE

Prípravné práce sa skladajú z dvoch častí a to sú:

6.1 Rekognoskácia terénu

6.2 Použité prístroje

6.1 Rekognoskácia terénu

Rekognoskácia terénu prebehla dňa 26.7.2016 v ten istý deň začali aj meračské práce na lokalite.

S Ing. Kratochvílom sme sa dohodli, že sa bude zameriavať vnútro Brnenského velodromu a informoval nás o častiach, ktorým treba venovať väčšiu pozornosť. Po dohode s ním sme sa dohodli a informovali správcu velodromu, že najbližšie 3 dní sa budeme pohybovať po velodrome. Velodrom sme si rozdelili na 3 časti a to na tribúnu, dráhu a plochu.

V danej lokalite sa nenachádzali žiadne body bodového poľa. Z toho dôvodu sme si stabilizovali body pomocnej meračskej siete a následne zamerali pomocou merania GNSS.



Obr. 10 Zadaná lokalita

6.2 Použité přístroje

Prístroje a pomôcky, ktoré sme použili boli vhodne vybrané pre možnosť mapovania s presnosťou 3. Triedy presnosti.

Prístroje a pomôcky:

- 6.2.1 GNSS systém, Trimble R4-3 (v.č. 5328440051)
- 6.2.2 Totálna stanica Topcon GPT 3003N
- Odrazový hranol na tyčke, pásmo, statív

Prístroje a pomôcky boli požičané zo stavebnej fakulty VUT v Brne.

6.2.1 GNSS system, Trimble R4-3

Meračské práce začali vybudovaním pomocnej meračskej siete technológiou GNSS. Technológia pracuje na 220 kanáloch s podporou GPS, GLONASS, Galileo a BeiDou. Aparatúra sa skladá s prijímača Trimble R8 a ovládacej kontrolnej jednotky Trimble CU. R8 je GNSS prijímač, anténa

A radiomodem integrovaný do jedinej kompaktnej jednotky.



Obr. 11 GNSS prijímač Trimble [17]

Presnosť použitej metódy RTK:

- Poloha 8mm + 1ppm RMS
- Výška 15mm + 1ppm RMS

6.2.2 Totálna stanica Topcon GPT 3003N

Na podrobné meranie podrobných bodov sme využili totálnu stanicu Topcon 3003N. Totálna stanica je vybavená elektronickým diaľkometerom, ktorý umožňuje aj bez hranolové meranie dĺžok do 250 m. Je to najefektívnejšia a najrýchlejšia metóda merania. Hranolový mód má dosah až 3000 m s presnosťou merania dĺžok $m_s = 3\text{mm} + 2\text{ppm} * D$ (D =dĺžka zámery). Presnosť merania smeru v jednej polohe je charakterizovaná strednou chybou $0,0007^{\circ}$ a stredná chyba uhlu je $0,0010^{\circ}$



Obr. 12 Topcon GPT 3003N [17]

7 MERAČSKÉ PRÁCE

Meračské práce prebiehali počas 3 dní. Súčasťou práce bolo vybudovanie pomocnej meračskej siete, zameranie podrobných bodov, kontrolné meranie

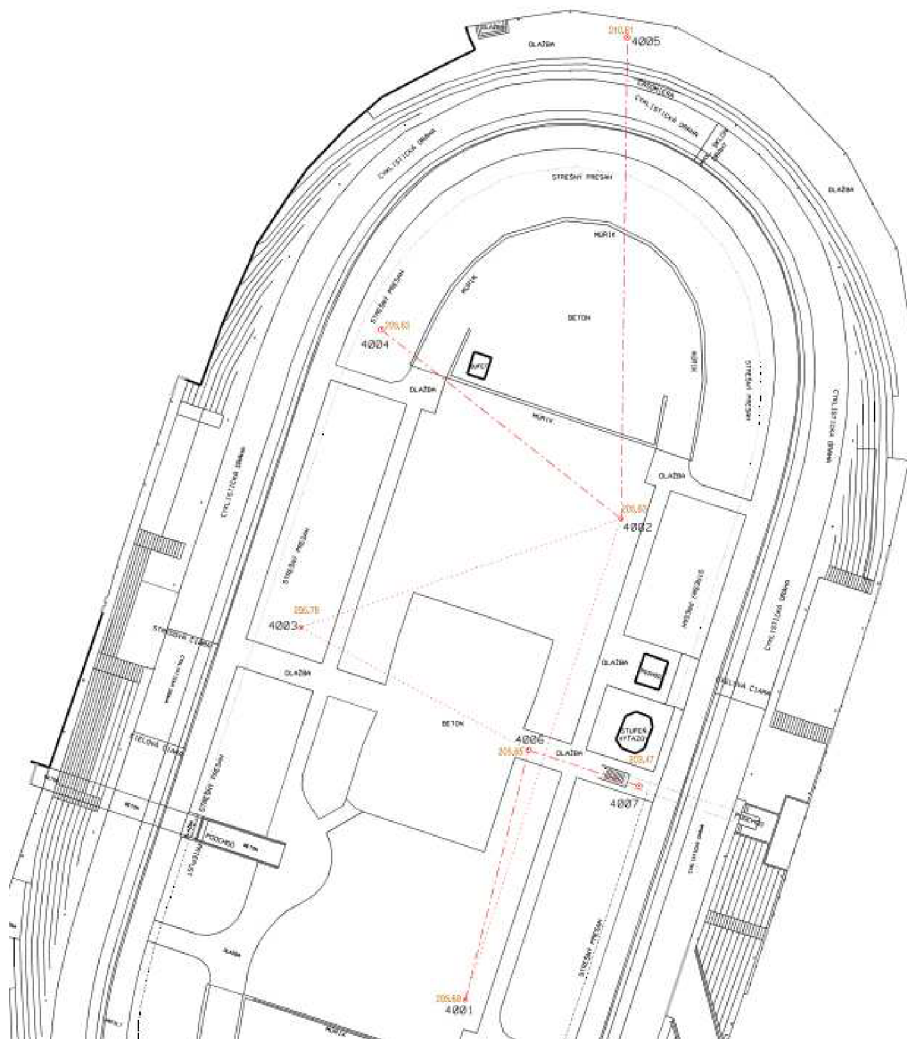
Rozdelenie meračských prác:

7.1 Stabilizácia a zameranie pomocnej meračskej siete

7.2 Podrobné meranie polohopisu a výškopisu

7.1 Stabilizácia a zameranie pomocnej meračskej siete

V danej lokalite sa nenachádzala žiadna meračská sieť. Museli sme si ju vybudovať. Meračská sieť sa volí v hustote na zameranie podrobných bodov. Pred meraním sme si určili body 4001, 4002, 4003, ktoré boli stabilizované roxorovou tyčou zabitou v teréne a zamerané metódou GNSS. Následne sme si určili ďalšie 4 body 4004, 4005, 4006, 4007, ktoré boli stabilizované meračskými klincami a zamerané metódou rajón pomocou totálne stanice Topcon 3003N. Body, ktoré boli určené metódou GNSS boli 2 krát zamerané s časovým intervalom minimálne 2 hodiny. K daným bodom boli vytvorené geodetické údaje a prehľad pomocnej meračskej siete.



Obr. 13 Prehľad pomocnej meračskej siete

7.2 Podrobné meranie polohopisu a výškopisu

Po vybudovaní a zameraní pomocnej meračskej siete nasledovalo podrobné zameranie polohopisu a výškopisu danej lokality. Na meranie podrobného merania sa používajú metódy geodetické a fotogrametrické, laserové skenovanie, mobilné mapovanie a technológia GNSS.

Podrobné meranie sme vykonávali geodetickými metódami. Využívali sme polárnu metódu, pomocou totálnej stanice a odrazového hranolu, ktorá registruje namerané údaje. Nameraných bodov bolo 731. Z každého stanoviska bol zameraný minimálne jeden identický bod. Bolo potrebné zaviesť fyzikálne korekcie teplota a tlak do totálnej stanice.



Obr. 14 Meranie podrobných bodov

8. VÝPOČTOVÉ PRÁCE

Po ukončení meračských prác nasledovali výpočtové práce. Ako prvé sme si museli vyexportovať namerané údaje z GNSS aparatury a totálnej stanice. Pre export nameraných dát z totálnej stanice bol použitý software GeomanW.

Zápisník vo formáte.zap vieme importovať a otvoriť vo výpočtovom programe Groma v11 a vypočítať súradnice v súradnicovom systéme S-JTSK a výškovom systéme Bpv.

Pred samotným výpočtom súradníc je dôležité nastaviť mierkový faktor, ktorý redukuje merané dĺžky na dĺžky v Křovákovom kartografickom zobrazení opravené o redukciu z nadmorskej výšky. Mierkový faktor sa dá buď nastaviť v totálnej stanici, pri exportovaní dát z totálnej stanice alebo pri spracovaní v programe Groma. Mierkový faktor sme zadávali v programe Groma a to tak že sa zadá približná súradnica a výška v danom území do nástroja Křovák.

The screenshot shows a window titled 'Křovák' with several input fields and checkboxes. The 'Pravouhlé souradnice' section has Y: 600362, X: 1161645, and Z: 205. The 'Polární souradnice' section has Ro: 1307613.719 m and Epsilon: 27.33084972°. The 'Kartografické souradnice' section has Šírka: 78.41401491° and Délka: 27.89076507°. The 'Mierkový koeficient' section has two checked checkboxes: 'Oprava z kartografického zkreslení' (0.999901123208) and 'Oprava z nadmorské výšky' (0.999967872914). The 'Výsledný mierkový koeficient' is 0.999868999299. There are 'Nastavit' and 'Vypočet' buttons at the bottom right.

Section	Parameter	Value
Pravouhlé souradnice:	Y:	600362
	X:	1161645
	Z:	205
Polární souradnice:	Ro:	1307613.719 m
	Epsilon:	27.33084972 °
Kartografické souradnice:	Šírka:	78.41401491 °
	Délka:	27.89076507 °
Mierkový koeficient:	<input checked="" type="checkbox"/> Oprava z kartografického zkreslení	0.999901123208
	<input checked="" type="checkbox"/> Oprava z nadmorské výšky:	0.999967872914
	Výsledný mierkový koeficient:	0.999868999299

Obr. 15 Nastavenie mierkového koeficientu

Mezní odchylky pro práci v katastru nemovitostí

Testovat mezní odchylky dle předpisů pro práci v katastru nemovitostí Předpisy ...

Uživatelské tolerance:

Název:

1 - Velmi přesné měření
 2 - Přesné měření
 3 - Standardní měření
 Bakalarka
 Netestovat

Jednotlivé výpočty:

Minimální úhel protnutí u průsecíku a protínání:

Orientace osnov:

Max. oprava orientace:

Maximální oprava or. délky:

Maximální oprava or. převýšení:

Polygonové pořady:

Rozdíl v dvakrát měřené délce:

Úhlový uzáver [cc]:

Polohová odchylka:

Transformace souřadnic:

Maximální střední chyba transformačního klíče:

Mezní změna měřítka: 1 ±

Obr. 16 Tabuľka tolerancii

Po vykonaní týchto úkonov nasledovalo:

- 8.1. Výpočet bodov (PMS)
- 8.2. Výpočet podrobných bodov
- 8.3. Výpočet sklonov
- 8.4. Testovanie presnosti

8.1. (PMS)

Spracovanie pomocnej meračskej siete sa uskutočnilo 2 spôsobmi. Technológiou GNSS a metódou rajón.

Ako prvé bolo spracované meranie GNSS metódou RTK. Pomocou softvéru Trimble General Survey SW: 2,30 zabudovaného v prístroji Trimble R4-3. Súradnice bodov určené metódou RTK sú v rovnakom súradnicovom systéme ako súradnice referenčnej stanice, ku ktorej je vzťahnuté meranie. Tým pádom sú súradnice v S-JTSK a výšky v Bpv, transformované pomocou globálneho transformačného kľúča. Výsledne súradnice boli určené ako aritmetický priemer z dvoch meraní.

Následne sme vykonali výpočty pomocných bodov meraných rajónom. Súradnice určené z GNSS sme importovali do programu Groma a pomocou funkcie výpočtu rajónu sme určili ostatné body PMS.

Protokol o výpočte a zoznam súradníc sa nachádza v prílohe 03.1. Pomocná meračská sieť polárna metóda a 04.1. Pomocná meračská sieť

8.2. Výpočet podrobných bodov

Po výpočte bodov PMS nasleduje výpočet súradníc a výšok podrobných bodov. Súradnice a výšky bodov sme počítali v programe Groma polárnou metódou. Kvôli množstvu bodov sme použili funkciu Polárna metóda dávkou. U identických bodov, ktoré boli merané na každom stanovisku aspoň raz sa urobil priemer výsledných súradníc.

The screenshot displays the GROMA v. 12.0 software interface. It features several windows and a dialog box:

- Suradnice: Souradnice**: A table showing calculated coordinates for various points. The columns are Predc. Cislo, Y, X, Z, Typ, Kv., and Popis. The data includes points 1 through 20 with their respective Y, X, and Z values.
- Suradnice: Souradnice**: A second table showing calculated coordinates for points 4001 through 4020. The columns are Predc. Cislo, Y, X, Z, Typ, Kv., and Popis.
- hrabovský konfigurácia: Merení**: A table showing measurement parameters for points 4001 through 4011. The columns are Predc. Cislo, Hz, Z, Vod.délka, dlh, Signál, and Popis.
- Polární metoda dávkou**: A dialog box for batch calculation. It includes fields for Soubory (Vstup and Výstup), Volby (Use only marked values, Edit orientation, Count points in batch), Okamžitý stav výpočtu (Station, Point, Method), and Celkový stav výpočtu (Calculated, Not used).

Obr. 17 Polárna metóda dávkou

8.3. Výpočet sklonov

K zadaniu bolo potrebné určiť v miestach najvyššieho a najnižšieho prevýšenia sklon dráhy. To znamená medzi spodnou a hornou hranou betónovej dráhy. Sklon dráhy sme vyjadrili dvomi veličinami.

- V stupňoch, počíta sa uhol medzi vodorovnou a šikmou rovinou

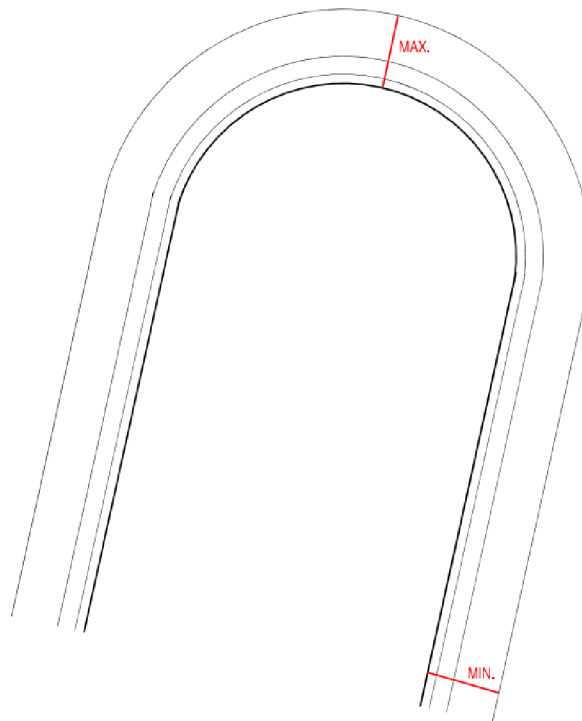
$$\alpha = \tan \frac{h}{L} \quad (8.1)$$

h – prevýšenie, L – vodorovná vzdialenosť

- V percentách, do pomeru sa dáva prevýšenie a šikmá vzdialenosť medzi najnižším a najvyšším miestom

$$S = \frac{h}{L} * 100 \quad (8.2)$$

Výpočet sklonov sa nachádza v prílohe 10.1 Výpočet sklonov



Obr. 18 Náčrt najnižšieho a najvyššieho sklonu

8.4. Testovanie presnosti

Po podrobnom meraní nasledovalo nezávislé kontrolné meranie. Rozsah reprezentatívneho výberu sa stanoví počtom najmenej 100 bodov (u súradníc a výšok) alebo najmenej 100 dvojíc bodov (u dĺžok ich spojnic). Body boli vyberané tak aby tvorili reprezentatívny výber, boli rozmiestnené po celom území, boli v teréne jednoznačne identifikovateľné. Presnosť výsledkov tvorby sa stanovuje pomocou charakteristiky presnosti a kritérií presnosti. Testovanie sa vzťahuje k daným kritériám. V našom prípade ku kritériám 3. triedy presnosti. [18]

trieda presnosti	u_{XY} [m]	u_H [m]	u_V [m]
1	0,04	0,03	0,30
2	0,08	0,07	0,40
3	0,14	0,12	0,50
4	0,26	0,18	0,80
5	0,50	0,35	1,50

Tab.1 Kritéria presnosti [18]

Pri podrobných bodov sa testuje : 8.4.1 Testovanie presnosti súradníc X,Y

8.4.2 Testovanie presnosti výšok H

8.4.1 Testovanie presnosti súradníc X, Y

K testovaniu presnosti určenia súradníc X, Y podrobných bodov sa vypočítajú pre body reprezentatívneho výberu rozdiel súradníc:

$$\Delta X = X_m - X_k, \quad (8.3) \quad \Delta Y = Y_m - Y_k \quad (8.4)$$

Kde X_m a Y_m sú výsledné súradnice podrobného bodu polohopisu a X_k a Y_k sú súradnice toho istého bodu s kontrolného merania. Dosiachnutia stanovenej presnosti sa testuje pomocou smerodatnej súradnicovej odchýlky s_{XY} vypočítanej ako kvadratický priemer smerodatnej odchýlky súradníc s_X a s_Y , ktorá sa určí z výberu N bodov vzťahu:

$$s_X = \sqrt{\frac{1}{k * N} \sum_{j=1}^N \Delta X_{j=1}^2} \quad s_Y = \sqrt{\frac{1}{k * N} \sum_{j=1}^N \Delta Y_{j=1}^2} \quad (8.5)$$

➤ Výberová smerodatná odchýlka je $s_{X,Y} = \sqrt{0,5(s_X^2 + s_Y^2)}$ (8.6)

Vyhovuje kritériu $s_{X,Y} \leq \omega_{2N} * u_{XY}$

Pričom $\omega_{2N} = 1,1$ pre výber v rozsahu N od 100 do 300 bodov

➤ Polohová odchýlka Δp vypočítané zo vzťahu

$$\Delta p = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} \quad (8.7)$$

Vyhovuje kritériu

$$|\Delta p| \leq 1,7u_{XY} \quad [18] \quad (8.8)$$

8.4.2 Testovanie presnosti výšok H

K testovaniu presnosti výšok H podrobných bodov sa vypočítajú pre každý bod výberu výškové rozdiely:

$$\Delta H = H_m - H_K \quad (8.9)$$

H_m je výška podrobného bodu výškopisu

H_k je výška toho istého bodu z kontrolného určenia

Dosiahnuté stanovené presnosti sa testujú pomocou výberovej smerodatnej výškovej odchýlky s_H

$$s_H = \sqrt{\frac{1}{k * N} \sum_{j=1}^N \Delta H_{j=1}^2} \quad (8.10)$$

➤ Výškové odchýlky ΔH vyhovujú kritériu $|\Delta H| \leq 2 * u_H * \sqrt{k}$ (8.11)

➤ Výberová smerodatná výšková odchýlka s_H vyhovuje kritériu výšky na spevnenom povrchu

$$s_H \leq \omega_n * u_H \quad [18] \quad (8.12)$$

9. GRAFICKÉ SPRACOVANIE

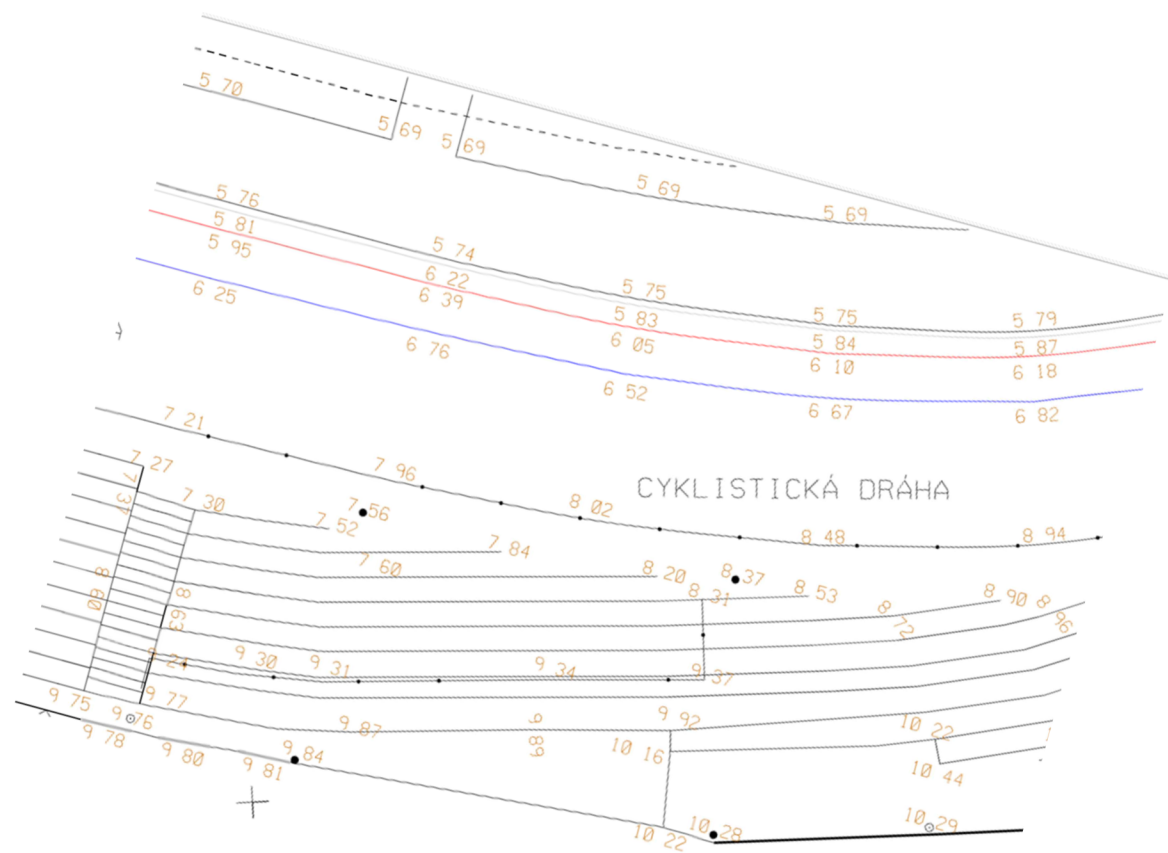
Po výpočtoch nasledovalo grafické spracovanie príloh. Spracovanie sme vykonávali v programe MicroStation PowerDraft V8i. Prílohy, ktoré sme spracovali boli klady meračských náčrtov, prehľadný náčrt bodového poľa, pomocná meračská sieť, výpočet sklonov, geodetické údaje, pozdĺžny rez podchodu a účelová mapa v mierke 1:250.

9.1. Účelová mapa

Výsledkom merania a spracovania je vyhotovená účelová mapa Brnenského velodromu v mierke 1:250 v súradnicovom systéme S-JTSK a výškovom systéme Bpv. Mapa bola vytvorená v programe MicroStation PowerDraft V8i. Ako prvé bol založený výkres vo formáte .dgn. Pomocou aplikácie MDL s využitím nadstavby Groma boli nastavené atribúty pre správne zobrazenie bodov a importovaných súradníc a výšok. Tabuľka atribútov bola prevzatá od vedúceho bakalárskej práce Ing. Richard Kratochvíl.

Následne sme vytvorili ďalší výkres .dgn s rovnakými parametrami do ktorého bol pripojený referenčný výkres s bodmi. Pomocou meračských náčrtov sme začali tvoriť účelovú mapu v mierke 1:250. Riadili sme sa technickou normou ČSN 01 3411 MAPY VELKÝCH MEŘÍTEK Kreslení a značky a tabuľkou atribútov. Výškové kóty, ktoré sa nachádzali na spevnenom povrchu boli zaokrúhľované na 2 desatinné miesta a na nespevnenom povrchu na 1 desatinné miesto.

Na záver sme doplnili hektárovú sieť zo súradnicami 4 vybraných bodov a náčrt mapových listov s vyznačením výkresom. Následne bola doplnená legenda so všetkými prvkami mapy, popisná tabuľka a označenie severu severkou.



Obr. 19 Výrez z účelovej mapy

10. ZÁVER

V danej bakalárskej práci je opísaný postup zamerania a vyhotovenia účelovej mapy Brnenského velodromu. Po zoznámení sa lokalitou sme pomocou technológie GNSS zamerali 3 body pomocnej meračskej siete. S týchto bodov sme zamerali ďalšie 3 body pomocnej meračskej siete metódou rajónu. Nasledovalo podrobné meranie lokality (polárna metóda, konštrukčné omerné). Celkový počet podrobných bodov bolo 731, k nim boli vytvorené 6 meračských náčrtov. Namerané dáta boli importované do programu Groma v11 a vypočítané súradnice a výšky všetkých bodov v systémoch S-JTSK a Bpv. Súradnice a výšky bodov boli importované do grafického programu MicroStation PowerDraft V8i. Kde následne bola vytvorená účelová mapa v mierke 1:250 a pozdĺžny rez podchodu.

Účelová mapa bola vyhotovená v súradnicovom systéme S-JTSK a výškovom systéme Bpv v 3. triede presnosti. Presnosť mapy bola testovaná podľa normy ČSN 01 3410 MAPY VELKÝCH MĚŘÍTEK Základní a účelové mapy.

ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮV

- [1] Stručná história Wikipedia.org [online]. © 2019 [cit. 7.3.2019]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Velodrom_Brno
- [2] Mapy.cz [online]. Mapy.cz, s.r.o. © 2019 [cit. 7.3.2019]. Dostupné z: <https://sk.mapy.cz/zakladni?x=16.5820130&y=49.1874175&z=16&m3d=1&height=1796&yaw=0&pitch=-90&l=0&source=pubt&id=15209344>
- [3] RATIBORSKY, Jan. Geodézie 1. Praha : Nakladatelství ČVUT, 1997 ISBN 80-01-012697-7
- [4] Polohopis, Geodézie Pokorná-Polák [online.] © 2019 [cit. 7.4.2019]. Dostupné z: <http://www.geodeziepp.cz/pojmy.htm#P>
- [5] Výškopis, Geodézie Geocaching [online.] © 2019 [cit. 7.4.2019]. Dostupné. z: https://www.geocaching.com/geocache/GC7AK4F_metody-zobrazeni-vyskopisu
- [6] Slovník VÚGTK, VÚGTK, v.v.i. [online.] © 2015 [cit. 7.4.2019]. Dostupné z: <https://www.vugtk.cz/slovník/>
- [7] FIŠER, Z., VONDRÁK, J.:Mapování I. VUT, CERM s.r.o. Brno 2005
- [8] Návod pro obnovu katastrálního operátu a převod. Praha: Vydavatelství norem 1990
- [9] NEVOSÁD, Zdeněk, VITÁSEK,Josef. Geodézie III : Průvodce předmětem Geodezie III. Brno: VUT , 2005
- [10] Geodézie pro stavební obory, Výpočty [online.] © 2019 [cit. 7.4.2019] Dostupny z : <https://www.fce.vutbr.cz/ged/stavari/vypocty/rajon.html>
- [11] TESÁŘ, Pavel. Úvod do GNSS
- [12] Geodetický a katografický ústav Bratislava [online.] © 2019 [cit. 7.4.2019] Dostupný z: <http://www.skpos.gku.sk/o-skpos.php>
- [13] KALVODA, Petr., Brno Mapování I, přednáška Podrobné měření [prednáškový text]
- [14] Polárna metóda. Geomatika [online.] © 2019 [cit. 7.4.2019] Dostupny z: <https://kgm.zcu.cz/studium/gen1/html/ch08s05.html>
- [15] Konštrukčných omerných. Geomatika [online.] © 2019 [cit. 7.4.2019] Dostupny z: <http://old.gis.zcu.cz/studium/gen1/html-old/ch08s03.html>
- [16] KALVODA, Petr., Brno Mapování I, přednáška Měřický náčrt [prednáškový text]
- [17] Geoserver Praha [online] dostupný z : www.geoserver.cz
- [18] ČSN 01 3410. Mapy velkých měřítek – Základní a účelové mapy. Praha :Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní skušebnictví, 2014

ZOZNAM OBRÁZKOV A TABULIEK

Obr. 1 Lokalita zvýraznená v leteckom snímku.....	11
Obr. 2 Vrstevnice.....	13
Obr. 3 Výškové kóty.....	13
Obr. 4 Technické šrafy.....	14
Obr. 5 Rajón.....	17
Obr. 6 Metóda RTK.....	18
Obr. 7 Polárna metóda.....	19
Obr. 8 Metóda konštrukčných omerných.....	20
Obr. 9 Meračský náčrt.....	23
Obr. 10 Zadaná lokalita.....	24
Obr. 11 GNSS prijímač Trimble.....	25
Obr. 12 Topcon GPT 3003N.....	26
Obr. 13 Prehľad pomocnej meračskej siete.....	27
Obr. 14 Meranie podrobných bodov.....	28
Obr. 15 Nastavenie mierkového koeficientu.....	29
Obr. 16 Tabuľka toleranci.....	30
Obr. 17 Polárna metóda dávkou.....	31
Obr. 18 Náčrt najnižšieho a najvyššieho skolnu.....	32
Obr. 19 Výrez z účelovej mapy.....	36
Tab.1 Kritéria presnosti.....	33

ZOZNAM SKRATIEK

S-JTSK	Súradnicový systém jednotnej trigonometrickej siete katastrálnej
Bpv	Balt po vyrovnání
GNSS	Global Navigation Satellite Systém (Globálny družicový polohový system)
WGS84	World Geodetic Systém 1984 (Svetový geodetický system 1984)
RTK	Real time kinematic
GPS	Global Positioning Systém (Globálny polohový systém)
GLONASS	Globálny navigačný system
ČSN	Česká štátna norma
PMS	Pomocná meračská sieť

ZOZNAM PRÍLOH

01_GNSS	01.1_Protokol_RTK (E) 01.2_Protokol_urcenia_bodu_tehnologiu_GNSS (E)
02_Zapisniky	02.1_Zapisnik (E)
03_Protokoly	03.1_Pomocna_meracka_siet_polarna_metoda (E) 03.2_Podrobne_body_polarna_metoda (E)
04_Zoznamy_suradnic	04.1_Pomocna_meracka_siet (E) 04.2_Podrobne_body (E)
05_Meracke_nacrty	05.1_Meracke_nacrty (E+P)
06_Prehladky	06.1_Prehlad_BP (E+P) 06.2_Prehlad_kladu_nacrtov (E+P)
07_Geodeticke_udaje	07.1_Geodeticke_udaje (E+P) 07.2_Geodeticke_udaje (E+P) 07.3_Geodeticke_udaje (E+P)
08_Testovanie_presnosti	08.1_Overenie_YX (E) 08.2_Overenie_H (E)
09_Pozdlny_rez_podchodom_	09.1_Pozdlny_rez_podchodom (E+P)
10_Vypocty_sklonov	10.1_Vypocet_sklonov (E+P)
11_Mapy	11.1_Body (E) 11.2_Mapy (E+P)

Vysvetlivky:

E - elektronická forma prílohy

P- papierová forma prílohy