

Manuál spracovateľských postupov pre  
mobilný zber dát a návrh validačnej  
geodetickej siete pre Digitálny Obráz Krajiny  
(DOK)

Júl 2023

## Obsah

Manažérske zhrnutie .....	3
Zoznam použitých skratiek .....	3
Manuál spracovateľských postupov pre mobilný zber dát.....	4
Vzťah konvenčných geodetických postupov pri zbere údajov o krajine a mobilný zber dát.....	8
Návrh konfigurácie mobilného laserového systému .....	15
Rekognoskácia záujmovej oblasti .....	19
Metodika zberu dát.....	21
Príprava merania.....	21
Stanovenie trajektórií merania: .....	21
Plán merania v dňoch.....	24
Poskytovanie súčinnosti pri príprave záujmového územia.....	24
Meteorologická predpoveď .....	24
Definovanie kontrolných lokalít podrobnej polohovej a podrobnej výškovej validačnej siete .....	24
Metodika merania.....	25
Postup pri neštandardných situáciách.....	26
Správa a analýza raw dát .....	28
Bezpečnosť a ochrana dát v celom procese zberu, spracovania a poskytovania dát.....	31
Spracovanie raw dát do požadovaného formátu .....	33
Návrh validačnej geodetickej siete, štruktúra, parametre a charakteristiky .....	37
Usporiadanie validačnej geodetickej siete .....	38
Referenčné body validačnej geodetickej siete .....	38
Základná validačná sieť.....	40
Podrobná polohová validačná sieť.....	42
Validačná geodetická sieť vo vzťahu k mračnu bodov.....	43
Určenie parametrov validačnej geodetickej siete autorizovaným geodetom.....	45

## Manažérske zhrnutie

Tento dokument bol vyhotovený ako dodávka pre odberateľa Technickú univerzitu v Košiciach v rámci plnenia Zmluvy o spolupráci v oblasti výskumu a vývoja digitálnej transformácie.

Účelom tohto dokumentu je vytvoriť manuál, ktorý definuje pravidlá a postupy mobilného zberu dát v Slovenskej republike. Výsledkom dokumentu je:

- popis základných princípov mobilného zberu dát a jeho porovnanie s inými metódami
- definovanie účelu využitia mobilného zberu dát
- popis metodiky mobilného zberu dát, a to podrobný popis prípravy merania a merania samotného, ako aj realizácia validačných meraní na zabezpečenie kontroly presnosti výsledkov mobilného zberu dát, postup správy, analýzy a spracovania dát získaných mobilným mapovaním.

Pre všetky definované kroky metodiky tento manuál definuje výstupy, ktoré majú byť súčasťou mapovania a dokumentácie tak, aby pri využívaní mobilného zberu dát boli používané rovnaké postupy, rovnaké hodnotiace kritériá a bola dosahovaná adekvátne presnosť meraní, vrátane zabezpečenia ich kontrol.

## Zoznam použitých skratiek

BIM	Building Information Modelling – Informačná databáza stavby
GNSS	Globálny navigačný systém
IMU	Inerciálna meracia jednotka (Iner
GLONASS	Global Navigation Satellite System – Globálny navigačný systém prevádzkovaný Ruskom
GPS	Global Positioning System – Globálny navigačný systém prevádzkovaný USA
LIDAR	Light Detection and Ranging – technológia merania dát pomocou lasera
NDS	Národná diaľničná spoločnosť
RAW dáta	Tzv. Primárne dáta, dáta získané priamo pri meraní
RTK	Real Time Kinematic Positioning – určovanie polohy v reálnom čase
SK POS	Slovenská priestorová observačná služba
SSC	Slovenská správa ciest
UAV	Unmanned Aerial Vehicle – bezpilotné lietadlo, označované zjednodušene ako “dron”
USA	Spojené štáty americké (United States of America)
ZB GIS	Základná báza údajov pre GIS

## Manuál spracovateľských postupov pre mobilný zber dát

Mobilný zber dát sa v súčasnosti stal jednou zo základných techník primárneho zberu priestorových údajov. Pod pojmom **primárny zber priestorových údajov** rozumieme merania v teréne, ktorými pre prípad tohto dokumentu rozumieme určovanie priestorovej polohy fyzických objektov (napríklad dopravnej infraštruktúry, budov, zelene a pod.). Tento materiál sa nezaobrá meraním javov (napríklad zmeny klímy a pod.). Pod pojmom **priestorová poloha** rozumieme určenie polohy i výšky meraných objektov.

Mobilný zber dát ako technika primárneho zberu údajov sa stal štandardnou technikou popri klasických trigonometrických meraniach, výškových meraniach (nivelácia), určení polohy prostredníctvom GNSS prijímačov. Ide o terénne meranie na rozdiel od techník diaľkového prieskumu Zeme, kedy meranie prebieha na obrazoch resp. modeloch vytvorených fotogrametricky resp. pomocou LIDAR nástrojov.

Výsledkom merania pri mobilnom zbere dát je tzv. **mračno bodov** - je to kompletná sada bodov, z ktorých každý má určenú priestorovú polohu a celé mračno má tiež určené parametre presnosti. Okrem toho - podľa použitej meracej technológie môžu byť k dispozícii aj sférické fotografie.

Jednoznačnými výhodami mobilného zberu dát, ktoré ho predurčujú na rozsiahle využitie v rámci mapovania sú:

- **rýchlosť zberu dát** - mobilný zber dát v závislosti od podmienok merania a kvality meracieho zariadenia umožňuje denne zber až desiatok kilometrov údajov,
- **rozsah zberu dát** - mobilný zber dát umožňuje získavať údaje pomocou LIDAR technológie. Je možné realizovať merania, ktorých výsledkom je mračno bodov s hustotou jednotlivých bodov niekoľko desiatok až stoviek bodov na 1 m<sup>2</sup>,
- **presnosť zberu dát** - výsledné mračno bodov dosahuje presnosť v určení polohy na úrovni až 2 až 5 cm v polohe a výške. Táto presnosť však závisí od spôsobu merania, vzdialenosti meraných objektov od trajektórie merania a ďalších faktorov.

Mobilný zber dát má široké spektrum uplatnenia. Je ideálny na nasledovné účely:

- mapovanie uličných pásov pre rôzne využitie: mapovanie sietí (nadzemných sietí resp. v prípade podzemných mapovanie ich povrchových znakov – poklopy, šupatká a pod.), pasportizácia (budov, dopravného značenia, komunikácií, zelene a pod.), aktualizácia mapových diel (vrátane napr. ZB GIS, mapy miest, železničné mapy, mapy závodov),
- mapovanie pre účely novej výstavby - pri použití vhodného nosiča je možné využiť mobilný zber dát na zameranie súčasného stavu stavby,
- mapovanie areálov (s využitím vhodného nosiča - automobil resp. ruksak),
- mapovanie pre účely dokumentácie skutočného vyhotovenia stavby,
- mapovanie lesných oblastí.

**Využitie mobilného zberu dát** je v prvom rade pri veľmi presnom mapovaní pri tvorbe digitálnych 3D máp. Pomocou správne organizovaného mobilného zberu dát je možné veľmi rýchlo a efektívne mapovať uličné pásy v mestách a obciach, mapovať priemyselné areály, cesty, železničné komunikácie a inú dopravnú infraštruktúru. Mobilným zberom dát je možné získavať údaje v menej dostupných oblastiach - pomocou vhodne zvoleného nosiča a optimalizovanej mapovacej technológie, ktoré bude prenášať človek (batoch). Z mračna bodov, ktoré vznikne po spracovaní je možné vytvárať 2D, 2,5D a 3D vektorové mapy resp. databázy objektov, ku ktorým je možné následne priradiť atribútové údaje. Výsledky mobilného zberu dát je možné interpretovať, využívať ich pre projektovanie prác, modelovanie priestorových objektov, v oblasti BIM, posudzovania stavebných povolení a pod.

Mobilný zber dát umožňuje dosahovať presnosť meraných dát na úrovni triedy presnosti 3 a vyššej a súčasne umožňuje veľmi rýchly zber priestorových dát - meracie zariadenia umožňujú štandardne pohyb rýchlosťou až 80 km/h<sup>1</sup> bez straty presnosti mapovania, avšak pri mapovaní mestskej/obecnej zástavby je potrebné brať do úvahy priemernú rýchlosť mapovania 25 km/h. Pri mapovaní 5 hodín to predstavuje potenciál mapovania 125 kilometrov líniových stavieb za deň pri presnosti na úrovni triedy presnosti 3 v určení polohy i výšky. Samozrejme je potrebné následne brať do úvahy samotné spracovanie dát - ktoré môže byť realizované podľa príslušného účelu, t.j. z celého mračna bodov môžu byť následne spracované len stavby, alebo len cestné komunikácie, resp. iba vybrané objekty (napríklad cesty, zástavky a budovy) a pod.

Mobilný zber dát - ako vyplýva z jeho samotného pomenovania - prebieha pomocou meracej technológie, ktorá je umiestnená na **nosiči**. V praxi ide zvyčajne o automobil, v prípade meraní na železnici môže ísť o umiestnení automobilu na vagón alebo na špecializovanom vozni či rušni; ťažko dostupné terény je možné mapovať pomocou meracieho zariadenia umiestneného v špeciálnom batohu.

Pri mobilnom mapovaní je potrebné rovnako uviesť **limity mobilného zberu dát**. Niektoré z nich je možné optimalizovaním mapovania eliminovať resp. minimalizovať, niektoré je potrebné brať do úvahy pri voľbe mobilného mapovania ako spôsobu primárneho zberu údajov:

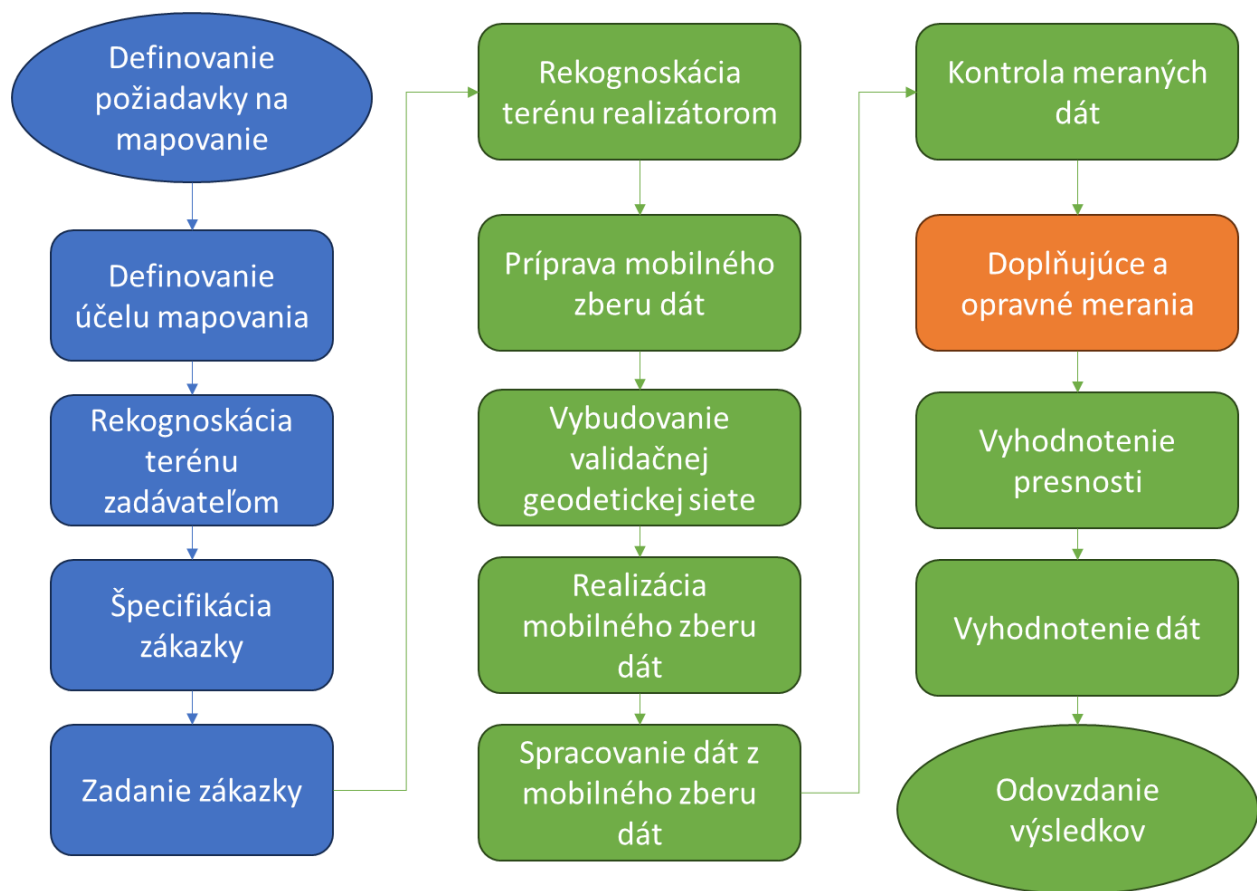
- **dosah** - LIDAR skener má s optimálnou presnosťou limitovaný dosah mapovania. V praxi ide o 100 - 180 metrov meracej technológie a presnosť merania je tiež závislá od počasia a odrazivosti meraných objektov.
- **viditeľnosť** - rovnako ako pri klasickom tachymetrickom meraní je možné pomocou mobilného zberu dát zachytiť iba viditeľné časti objektov. V prípade napríklad stavieb, ktoré obsahujú nádvoria resp. nie sú viditeľné iba z uličného pásu je potrebné zvoliť trasu mapovania, ktorá zabezpečí zmeranie celého objektu (t.j. trajektória mapovania zo všetkých strán objektu) alebo zvoliť doplnkovú metódu (napríklad dmeranie neprístupných oblastí statickým LIDAR skenerom alebo LIDAR skenerom umiestneným na drone).
- **objem dát** - mobilné mapovanie generuje skutočne rozsiahly objem dát. Je preto potrebné mať k dispozícii dostatok ukladacieho priestoru na surové (tzv. RAW) dáta a súčasne na mračná bodov po ich vyrovnaní. Rovnako musí byť dedikovaný priestor na vektorové dáta, ktoré vzniknú spracovaním mračna bodov.

---

<sup>1</sup> Niektoré technické špecifikácie výrobcov uvádzajú rýchlosti 100 až 120 kilometrov za hodinu. Pri týchto rýchlostiach mobilného mapovania, aj pri nastavení najvyššej možnej frekvencie merania, je už mračno bodov príliš riedke na to, aby dosahovalo potrebnú presnosť na úrovni 2-5 cm v určení polohy a výšky.

- **dostupnosť GNSS signálu** - v prípade výpadku GNSS signálu nie je možné určiť presne polohu stredu meracieho zariadenia – t.j. definovať trajektóriu merania a tým pádom vytvoriť mračno bodov. Preto je potrebné mať nastavený systém mapovania tak, aby boli zabezpečené minimálne výpadky GNSS signálu, kedy je možné nahradiť tento výpadok iným spôsobom merania polohy IMU (odometer) resp. meranie usporiadať tak, aby výpadky nenastávali.
- **validácia merania** - pri mobilnom meraní alebo pri vyrovnaní môže dôjsť vplyvom podmienok merania, vinou technológie alebo skreslenia GNSS signálu, vplyvom odrazivosti meraných objektov k celkovému zdeformovaniu mračna bodov alebo k zníženiu deklarovanej presnosti merania. Na kontrolu resp. na opravu mračna bodov je potrebné mať k dispozícii výsledky mapovania validačnej geodetickej siete
- **spracovanie dát** - na spracovanie dát je potrebné použiť softvér na spájanie a vyrovnanie mračna bodov a následne softvér na spracovanie dát a vytvorenie objektov, ktoré majú byť výsledkom mapovania podľa vopred deklarovaného účelu.

**Základný pracovný postup využitia mobilného zberu dát**, ktorý je predmetom podrobnej špecifikácie v ďalších častiach tohto dokumentu je znázornený na nasledovnom diagrame:



**Modrou farbou** sú znázornené činnosti na strane **zadávateľa**, **zelenou** na strane **realizátora** mobilného mapovania, **oranžovou** prípadná nutnosť **opakovaného merania** na základe vyhodnotenia nameraných dát.

Pred samotným mobilným zberom dát (rovnako ako pred akýmkoľvek iným zberom dát) musí na strane zadávateľa existovať reálna potreba zberu dát (napríklad pre účel tvorby technickej mapy, analýzy viditeľnosti, overovacích meraní, dokumentačných meraní a pod.). Následne - po identifikovaní takejto požiadavky - musí **zadávateľ podrobne definovať účel merania**, pretože z neho neskôr vyplynie **technická špecifikácia merania**. Pred samotným spracovaním technickej špecifikácie vykoná zadávateľ rekognoskáciu terénu. Po týchto úvodných krokoch definuje zadávateľ Špecifikáciu zákazky - v ktorej musí byť uvedený účel merania a využitia získaných dát (či má byť predmetom len samotný výsledok merania t.j. mračno bodov alebo aj vyhodnotenú, t.j. interpretovanú dáta - inými slovami - či zhotoviteľ mobilného mapovania dodá iba vyrovnanú a transformovanú mračno bodov alebo dodá aj mapové výstupy - vektorovú kresbu a pod.), musí byť definované obdobie merania, požiadavky na rozsah merania (t.j. na akom území prebehne a aké objekty minimálne musia byť odmerané), podrobnosť merania, požiadavky na presnosť merania, požiadavky na podmienky merania (najmä poveternostné podmienky), ale aj súradnicový systém výstupných údajov, požiadavky na technické vybavenie (ak je relevantné), formát odovzdaných výstupov, požiadavky na validačnú geodetickú sieť a kvalitu validačných meraní, postup, akým bude zadávateľ hodnotiť kvalitu výstupov a pod. Pokiaľ má Zadávateľ k dispozícii akúkoľvek podpornú dokumentáciu k meraniu (napríklad mapu lokality, uličnú sieť, ktorá má byť predmetom merania vo vektorovej podobe), podkladové mapy, vzor výstupu, na ktorý bude účelová mapa využitá - všetko zahrnie ako prílohy k špecifikácii predmetu plnenia.

Realizátor mobilného zberu dát po získaní zákazky vykoná vlastnú rekognoskáciu terénu, po ktorej v rámci prípravy mobilného zberu dát definuje trajektórie merania, časy merania, navrhne postup merania a potrebnú súčinnosť zadávateľa a pod. Pred samotným mobilným zberom dát vybuduje realizátor merania validačnú geodetickú sieť. Následne realizuje mobilný zber dát v teréne. Po jeho ukončení dôjde k spracovaniu dát - triedeniu, extrahovaniu dát z RAW dát do spracovateľného formátu, dokumentácii metaúdajov a vyrovnaniu dát, výstupom čoho je mračno bodov. Toto mračno bodov je hodnotené na základe validačnej geodetickej siete z pohľadu dosiahnutej presnosti. V prípade, že parametre presnosti nebudú dosiahnuté (napríklad v rámci jednej alebo viacerých misií prípadne v rámci celých meraní dát), je potrebné mobilný zber dát opakovať. Po spracovaní všetkých dát dôjde k finálnemu vyhodnoteniu presnosti a podľa zadania aj k vyhodnoteniu dát, t.j. vytvoreniu napríklad vektorovej kresby z mračna bodov - ak boli tieto činnosti v špecifikácii zákazky. Posledným krokom je odovzdanie dát zadávateľovi, ktorý vykoná kontrolu dát podľa vopred definovaných parametrov a v prípade nezhôd má nárok na reklamáciu plnenia s požiadavkami na opravy.

## Vzťah konvenčných geodetických postupov pri zbere údajov o krajine a mobilný zber dát

V oblasti primárneho zberu dát v súčasnosti existuje niekoľko základných metód, ktoré je možné identifikovať ako blízke k mobilnému zberu dát:

- GNSS merania
- Trigonometrické merania
- Nivelácia
- Statické skenovanie LIDAR skenermi
- Fotogrametrický zber dát (pozemné mapovanie)
- Diaľkový prieskum Zeme (LIDAR skenovanie, fotogrametria alebo snímkovanie zo satelitov).

S ohľadom na účel tohto dokumentu sa táto kapitola zaoberá iba nasledovnými konkrétnymi metódami zberu dát:

- GNSS merania (RTK)
- GNSS merania (statická metóda)
- Trigonometrické merania totálnou stanicou
- Nivelácia
- Statické skenovanie LIDAR skenermi

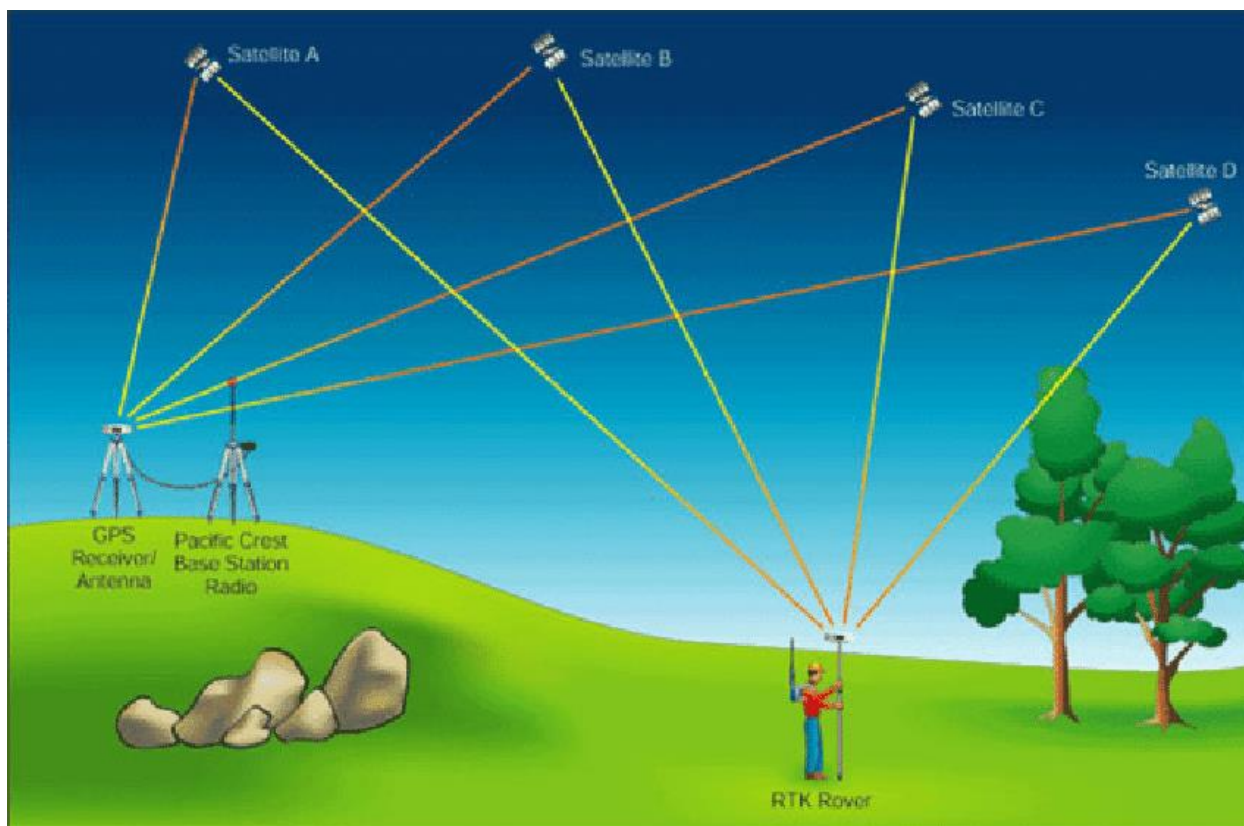
### **GNSS merania RTK**

Ako uvádzajú všeobecne dostupné zdroje (napríklad: [https://www.gps.gov/systems/gnss/#:~:text=Global%20navigation%20satellite%20system%20\(GNSS,a%20global%20or%20regional%20basis. \)](https://www.gps.gov/systems/gnss/#:~:text=Global%20navigation%20satellite%20system%20(GNSS,a%20global%20or%20regional%20basis. ))) globálne navigačné systémy (Global Navigation Satellite System - GNSS) je obecné pomenovanie pre konšteláciu satelitov na orbite a sústavy pozemných staníc, na základe ktorých sú poskytované globálne dostupné polohové, navigačné a časové služby. Najznámejším GNSS je Global Positioning System (GPS) prevádzkovaný v USA, avšak rovnako relevantné sú systémy GLONAS, Bei Dou a Galileo - podrobne viď na stránkach: <https://www.gps.gov/> , <http://en.beidou.gov.cn/> , <https://www.gsc-europa.eu/> a [https://glonass-iac.ru/en/about\\_glonass/](https://glonass-iac.ru/en/about_glonass/) .

Základný princíp pri presnom určovaní polohy pomocou GNSS pri veľmi presných meraniach je meranie fázy nosnej vlny signálu GNSS. Na tieto účely je potrebné prijímať údaje z GNSS satelitov (preto sa označujú geodetické zariadenia pre meranie pomocou GNSS ako "prijímače") a súčasne prevádzkovať minimálne dva prijímače, pričom poloha jedného z nich je presne určená a statická.

V prípade metódy GNSS RTK (Real Time Kinematic) je schéma usporiadania prijímačov a satelitov minimálne nasledovná:





(zdroj obázka: [https://www.researchgate.net/figure/Real-time-kinematic-RTK-GNSS-El-Mowafy-2000\\_fig1\\_49662751](https://www.researchgate.net/figure/Real-time-kinematic-RTK-GNSS-El-Mowafy-2000_fig1_49662751) )

Ako vyplýva z obrázka, je potrebné, aby oba prijímače boli pripojené na minimálne 4 rovnaké satelity (4 satelity sú potrebné z nasledovného dôvodu: 3 satelity na určenie polohy X, Y, Z a štvrtý satelit na určenie časovej korekcie). Statický prijímač, označovaný ako "BASE" prijíma údaje a komunikuje prostredníctvom modemu resp. dátovej siete (bežne sa do GNSS prijímačov v súčasnosti vkladajú 2 SIM karty rôznych operátorov na prenos dát mobilnou sieťou) s pohybujúcim sa prijímačom, ktorý je označovaný ako "ROWER". Počas meraní - trvajúcich 30 sekúnd až minútu - dokáže ROWER určovať podrobnú polohu jednotlivých bodov, na ktorých je vykonávané meranie. Dosahovaná presnosť - podľa kvality prijímačov - môže byť v polohe  $1 \text{ cm} \pm 2 \text{ ppm}$  (parts per milion) a vo výške  $2 \text{ cm} \pm 2 \text{ ppm}$ .

V súčasnosti mnohé krajiny alebo súkromní poskytovatelia poskytujú služby určovania polohy, ktoré dokážu nahradiť statický prijímač (BASE) pripojením sa na existujúcu sieť permanentných staníc. Meračovi v tom prípade postačuje jeden prijímač (ROWER), ktorý má dátový modem/SIM kartu a prístup k službám siete permanentných staníc. V Slovenskej republike sa pre tieto účely využíva najčastejšie sieť permanentných staníc SKPOS, ktorú prevádzkuje Geodetický a kartografický ústav Bratislava (podrobnejšie vid' na [https://en.wikipedia.org/wiki/Real-time\\_kinematic\\_positioning](https://en.wikipedia.org/wiki/Real-time_kinematic_positioning) ), dispozícií sú však aj private siete.

Meranie pomocou GNSS RTK má nesporný rad výhod pri primárnom zbere dát:

- jednoduché vybavenie - vďaka permanentnej sieti staníc postačuje jeden kvalitný prijímač na realizáciu merania
- pomerne vysoká presnosť merania
- rýchlosť merania - ak uvažujeme 60 sekúnd na meranie je možné za hodinu merať až 60 bodov. V skutočnosti bude číslo nižšie, pretože merač musí body vyhľadávať v teréne, dokumentovať ich polohu a pod.

Limitujúcim faktorom meraní sú:

- výška. V prípade potreby 2,5 a 3D meraní nie je možné použiť meranie pomocou GNSS prijímača, pretože - napríklad v prípade budov - sa na merané body merač jednoducho nedostane
- rýchlosť - v prípade merania uličných pásov a rozsiahlom počte objektov je rýchlosť merania pomerne limitujúcim faktorom.
- dostupnosť GNSS signálu - v prípade výpadku GNSS signálu, t.j. prijímač nemá prístup k minimálne údajom zo 4 satelitov, nie je možné meranie realizovať, resp. je potrebné ho opakovať v čase, kedy budú nad horizontom k dispozícii minimálne 4 satelity. Tento problém sa bude prejavovať najčastejšie v mestách resp. lesných porastoch a iných lokáciách s tienením nad horizontom.
- skreslenie GNSS signálu - signál, ktorý prichádza od satelitov na orbite môže byť skreslený - najmä vplyvmi v oblastiach nad povrchom Zeme - ostatné vplyvy, ako napr. vplyv ionosféry sú eliminované na úrovni softvérových korekcií. Problém viacnásobného odrazu signálu (multipath efekt), problém prerušovania signálu, problém deformácie signálu v blízkosti sietí vysokého napätia a pod. môže zásadne zmeniť presnosť celého GNSS merania, pričom merač si tohto problému nemusí byť vedomý.

Pre účely **využitia GNSS RTK meraní pri mobilnom zbere dát** dávame do pozornosti, že určenie polohy pomocou GNSS RTK dosahuje rovnakú resp. nižšiu presnosť ako meranie pomocou meracích sústav pre mobilný zber dát. Preto GNSS RTK nie je vhodná na budovanie validačnej geodetickej siete resp. na overovanie presnosti meraní pri mobilnom zbere dát. Je možné ju využiť na domeranie v priestore, kde nedosiahne mobilné mapovanie a nedochádza k prejavu limitujúcich faktorov (otvorené priestranstvá a pod.).

### **GNSS merania - statická metóda**

Základný princíp merania je rovnaký ako v prípade GNSS RTK. Zásadnými odlišnosťami sú:

- dva (alebo viaceré) naraz merajúce prijímače sú počas celého merania statické
- meranie trvá minimálne 15 minút, niekedy až niekoľko hodín a signál je zaznamenávaný každých 5-10 sekúnd
- spracovanie nameraných údajov neprebíha v teréne automaticky výpočtom v zariadení, ale v tzv. v postprocessingu.

Rovnako ako v prípade GNSS RTK meraní je možné využívať pre GNSS statickú metódu merania služby permanentných sietí, pričom v tomto prípade získa používateľ týchto služieb dáta vo formáte RINEX pre účely spracovania dát v postprocessingu. V praxi teda postačuje realizovať

meranie jedným prijímačom statické merania v teréne, nakoľko služby permanentných staníc simulujú existenciu statickej stanice na bode so známymi súradnicami.

Dosahovaná presnosť statických meraní je až na úrovni milimetrov pri určení polohy a výšky meraného bodu.

Výhody merania staticou GNSS metódou:

- presnosť. Ide o nesporne jednu z najpresnejších metód určovania polohy.

Limitujúcim faktorom meraní je rýchlosť a nutnosť postprocessingu. Rovnako nevyhnutnosť využívať dva prijímače pri meraní resp. riziko výpadku služieb siete permanentných staníc počas merania.

Pre účely využitia GNSS statickej metódy pri mobilnom zbere dát je potrebné ju považovať za možný sekundárny spôsob určenia polohy bodov validačnej geodetickej siete. S ohľadom na to, že mobilný zber dát je priamo viazaný na meranie polohy pomocou GNSS je výhodnejšie na budovanie siete validačných meraní využívať metódy trigonometrie a nivelácie, GNSS statická metóda bude využívaná iba v prípade, že nebudú k dispozícii žiadne pevné body, z ktorých trigonometricky a niveláciou bude možné validačnú sieť vybudovať. Táto skutočnosť však musí byť zdokumentovaná v návrhu validačnej geodetickej siete, riadne odôvodnená a odsúhlasená zadávateľom.

### **Trigonometrické merania totálnou stanicou**

Základnou metódou primárneho zberu dát je meranie uhlov a dĺžok a z nich určovanie polohy jednotlivých objektov. V našich podmienkach sa používajú trigonometrické merania na určovanie polohy (meranie vodorovných uhlov a dĺžok) a určovanie výšky (meranie vertikálnych uhlov a dĺžok). Samotné meranie predpokladá poznanie resp. výšky minimálne dvoch bodov a následne meranie uhlov a dĺžok na neznámy bod.

Trigonometrické meranie môže v prípade správneho využitia dosahovať veľmi vysoké presnosti v určovaní polohy a výšky - na úrovni 2-3 centimetrov. Určenie polohy stanoviska stroja je v súčasnosti možné použitím meracieho zariadenia s integrovaným GNSS zariadením. Voči mobilnej meracej technológii však nejde o zásadnú výhodu - napríklad pomocou mobilného mapovacieho skenera je možné dosahovať rovnakú presnosť určenia polohy a výšky meraných bodov.

Limitom trigonometrických meraní je najmä ich rýchlosť - trigonometrické merania v teréne sú pomerne náročné a neumožňujú odmerať taký veľký počet bodov, ako mobilný zber dát. Rovnako je možné diskutovať o tom, či by meranie pomocou GNSS RTK a trigonometrických meraní bolo rovnako rýchle, to však nie je predmetom tejto metodiky.

Pri mobilnom zbere dát majú trigonometrické merania nasledovné zásadné uplatnenie:

- budovanie validačnej geodetickej siete (výškovej aj polohovej) - trigonometrické meranie je totiž možné realizovať úplne nezávisle na GNSS meraniach, ktoré ovplyvňujú mobilný zber dát. Práve pre tieto účely budú trigonometrické merania spolu s nivelačnými meraniami základom pre budovanie validačnej geodetickej siete a využitie GNSS meraní bude možné iba v odôvodnených prípadoch. Podrobné využitie trigonometrických meraní je uvedené v kapitolách Návrh validačnej geodetickej siete, štruktúra, parametre a charakteristiky a Určenie parametrov validačnej geodetickej siete autorizovaným geodetom.
- doplňujúce merania - ako bolo uvedené vyššie, mobilný zber dát má svoje limity ohľadom na viditeľnosť objektov. V prípade, že mobilným zberom dát nie je možné získať kompletné údaje o objekte - typicky o nádvoiriach budov, vnútroblokoch a pod. je trigonometrické meranie jednou z možností, ako chýbajúce body pre účely tvorby výsledného produktu dokončiť. Ak má byť výsledkom mobilného zberu dát iba mračno bodov, trigonometrické meranie nebude postačujúce a musia byť využité na doplnenie meraní metódy pozemného skenovania resp. leteckého skenovania pomocou UAV.

### **Nivelácia**

Nivelácia - pod týmto pojmom konkrétne pre účely tohto dokumentu rozumieme tzv. geometrickú niveláciu - je metóda merania na určenie výškového rozdielu medzi dvoma bodmi. Z toho vyplýva, že niveláciu je potrebné realizovať minimálne z jedného bodu so známou výškou, optimálne vložiť meranie medzi dva body so známou výškou pre účely vyrovnania.

Ide o najpresnejší spôsob určovania výšok, pri veľmi presnej nivelácii na úrovni milimetrov. Pri meraní v praxi sa takýto veľmi presný postup nivelácie využíva zvyčajne len pri budovaní výškových geodetických sietí, avšak pomocou tejto metódy sa zisťujú i posuny a deformácie objektov, monitorovanie pohybu zemskej kôry a pod.

Pri mobilnom zbere dát bude nivelácia predstavovať iba doplnkovú metódu na budovanie validačnej geodetickej siete. Hoci dosahuje veľmi vysokú presnosť pri určení výšok, jej limitujúcim faktorom je rýchlosť merania a počet bodov určených s vysokou presnosťou. Avšak pri nivelácii nedochádza k určeniu polohy jednotlivých bodov.

### **Statické skenovanie LIDAR skenermi**

Pozemné skenovanie je analógiou mobilného zberu dát pomocou LIDAR skenera. V tomto prípade však ide o mapovanie zariadením, ktoré je umiestnené staticky. Pri mapovaní územia je potrebné presne určiť polohu počiatočného a koncového stanoviska resp. bodov, ktoré sú viditeľné v mračne bodov, aby následne mohlo dôjsť ku georeferencovaniu mračna bodov. Samotné mapovanie prebieha po jednotlivých stanoviskách, pričom sú skeny z každého stanoviska prepojené navzájom v bodoch, ktoré sú viditeľné z minimálne dvoch stanovísk.

Presnosť pozemného skenovania je veľmi vysoká - je možné dosiahnuť až centimetrovú presnosť v určení polohy bodu v mračne bodov v závislosti od použitej technológie skenovania a vzdialenosti objektu od pozície skenera; rovnako má na dosiahnutú presnosť vplyv aj použitá technika pozemného skenovania a aparatúra. Oproti mobilnému zberu dát - napriek tomu, že pozemné skenovanie je pomerne rýchle - je potrebné poukázať na nižšiu rýchlosť merania.

Vo vzťahu k mobilnému zberu dát je pozemné skenovanie **ideálnou doplnkovou metódou zberu dát** tam, kde nie je možné vykonať zber dát mobilným meracím zariadením. Výsledkom mapovania je potom mračno bodov z mobilného zberu dát a pozemného skenovania.

Ako zhrnutie uvádzame na záver tejto kapitoly možnosti využitia jednotlivých metód v rámci mobilného zberu dát a ich porovnanie priamo vo vzťahu k mobilnému mapovaniu:

<b>Metóda zberu dát</b>	<b>Výhody voči mobilnému zberu dát</b>	<b>Limitujúce faktory</b>	<b>Využitie pri mobilnom zbere dát</b>
GNSS RTK merania	+ nižšia cena meracieho zariadenia	- neumožňuje merať na vyššie položených miestach (priečelia budov) - rýchlosť (nižšia ako pri mobilnom zbere dát) - dostupnosť GNSS signálu (bez použitia ďalšieho zdroja dát - napr odometer) - skreslenie GNSS signálu (bez možnosti korekcie podľa ďalšieho zdroja dát)	Doplňujúce merania v priestoroch, v ktorých meranie neobmedzujú limitujúce faktory.
GNSS Statické merania	+ nižšia cena meracieho zariadenia + vyššia presnosť	- rýchlosť merania	V odôvodnených prípadoch vhodná na budovanie geodetickej validačnej siete.

Trigonometrické merania totálnou stanicou	+ nižšia cena meracieho zariadenia + rovnaká presnosť	- rýchlosť merania - limit pri meraní vo výškach (priechelia budov)	Budovanie validačnej geodetickej siete Domeriavanie nedostupných častí objektov, ktoré sú predmetom merania mobilným zberom dát
Nivelácia	+ nižšia cena meracieho zariadenia + veľmi vysoká presnosť určenia výšok	- rýchlosť merania - určovanie iba výšok - limit pri meraní vo výškach	Budovanie validačnej geodetickej siete
Pozemné skenovanie	+ nižšia cena meracieho zariadenia + možná kompatibilita mračien bodov	- rýchlosť merania	Domeriavanie neodostupných častí objektov, ktoré sú predmetom merania mobilným zberom dát

## Návrh konfigurácie mobilného laserového systému

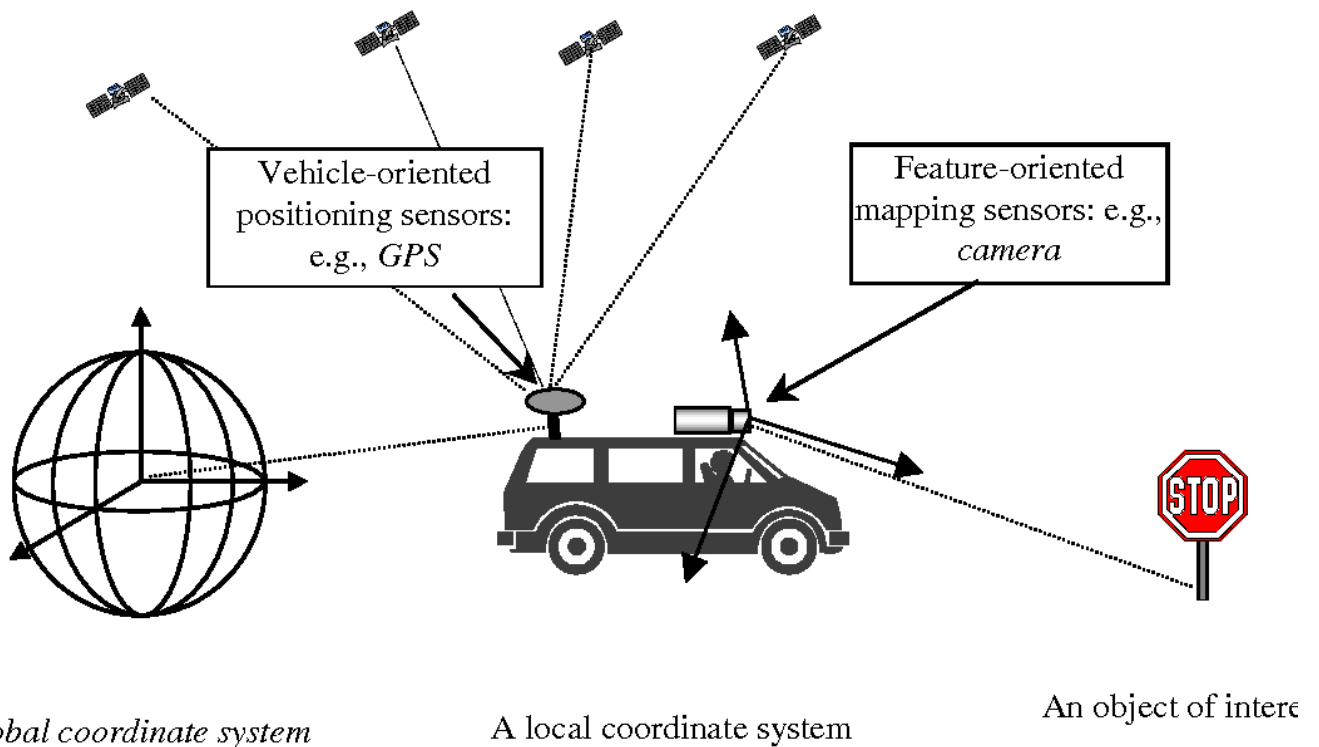
Ako bolo uvedené v kapitole Manuál spracovateľských postupov pre mobilný zber dát, pri mobilnom zbere dát je potrebné používať vhodnú meraciu technológiu.

**Základná konfigurácia meracej technológie pre zber dát, ktorej využívanie predpokladá táto metodika je mobilný laserový systém, ktorý pozostáva z nasledovných základných častí:**

- LIDAR skener
- inerciálna meracia jednotka
- GNSS prijímač
- ovládacie zariadenie
- zdroj energie

Pre dosahovanie požadovanej presnosti podrobného merania pre minimálne 3. triedu presnosti (stredná chyba 14 cm) je potrebné, aby meracia technológia obsahovala navyše:

- odometer
- pevnú základnicu
- sekundárny GNSS prijímač
- sférická kamera



### Stručný popis jednotlivých komponentov meracej technológie:

**LIDAR skener** - je pulzné skenovací zariadenie, ktoré pracuje na princípe vysielania laserového lúča k meranému objektu, pričom od stredu (emitora) laserového lúča je s vysokou presnosťou meraná dĺžka

(vzdialenosť) objektu a uhol pod akým bol laser vyslaný. Ide teda o veľmi rýchle mapovanie meraním uhla a dĺžky. V závislosti od nastavenia dokáže LIDAR skener zmerať polohu niekoľkých tisícok bodov za sekundu s vnútornou presnosťou merania do 2 cm. Súradnice týchto bodov sú uložené v lokálnom súradnicovom systéme skenera.

Pre účely veľmi presných meraní je potrebné, aby LIDAR skener spĺňal minimálne nasledovné technické parametre:

Efektívna rýchlosť merania:	1 000 kHz a viac
Dosah merania pri reflektivite > 80%:	235 m a viac
Dosah merania pri reflektivite cieľa > 10%:	85 m a viac
Presnosť merania:	5 mm a vyššia
Záber (rozsah merania):	360 stupňov (sféra)

**Inerciálna meracia jednotka (IMU)** - nakoľko sa nosič (napríklad auto) neustále pohybuje a dochádza k miernym otrasom a náklonom emitora, inerciálna meracia jednotka neustále sleduje náklon LIDAR skeneru vo všetkých troch osiach a určuje náklony - tzv. roll, peach, heading. Tieto parametre slúžia na vyrovnanie merania a na presné určenie polohy odmeraných bodov vo zvolenom súradnicovom systéme.

Pre účely veľmi presných meraní je potrebné, aby IMU spĺňala minimálne nasledovné technické parametre:

Presnosť určenia merania bez výpadkov GNSS signálu (pri použití post processingu):

Presnosť určenia polohy (X,Y):	0,02 m a vyššia
Presnosť určenia výšky (Z):	0,05 m a vyššia
Presnosť merania rýchlosti:	0,005 m/s a vyššia
Presnosť určenia roll/pitch:	0,005 stupňa a vyššia
Presnosť určenia heading:	0,015 stupňa a vyššia

Presnosť určenia merania s maximálne 60 s výpadkov GNSS signálu (pri použití post processingu):

Presnosť určenia polohy (X,Y):	0,10 m a vyššia
Presnosť určenia výšky (Z):	0,07 m a vyššia
Presnosť merania rýchlosti:	0,005 m/s a vyššia
Presnosť určenia roll/pitch:	0,005 stupňa a vyššia
Presnosť určenia heading:	0,015 stupňa a vyššia



**GNSS prijímač** - umožňuje určiť polohu emitora LIDAR skenera, spolu s výstupmi IMU (hodnoty roll, pitch, heading) v súradnicovom systéme - v prípade GNSS prijímačov je to štandardne WGS84. Doteraz uvedené tri komponenty sú základom na vytvorenie výsledku mobilného zberu dát - **mračna bodov**.

Pre účely veľmi presných meraní je potrebné, aby GNSS prijímač spĺňal minimálne nasledovné technické parametre:

- dvojfrekvenčná anténa
- príjem signálu minimálne z nasledovných družicových systémov:
  - GPS L1/L2
  - GLONASS G1/G2
  - BeiDou B1
  - Galileo E1

**Ovládací panel** - slúži pre merača v teréne, aby mohol sledovať stav merania, stav meracej technológie, dostupnosť satelitov pre GNSS prijímač, prehliadať náhľady získaných dát a podobne. Ide o nástroj na riadenie a optimalizáciu meracích prác.

**Zdroj energie** - slúži pre celú meraciu sústavu. Operátor(i) mobilného zberu dát musia mať k dispozícii batérie na meranie počas minimálne jedného meracieho dňa.

Batéria musí byť bezpečná, t.j. gélová, nesmie byť použitá batéria na báze roztoku.

**Odometer** - je zariadenie, ktoré sa umiestňuje na koleso automobilu (keď je nosičom) a počíta počet odvalení kolesa od začiatku merania. Odometer má dve funkcie - je kontrolným meracím nástrojom pre vyrovnanie prejdetej dĺžky a súčasne nahrádza príjem GNSS signálu v prípade jeho krátkodobého výpadku - napríklad v tuneli. Pri vjazde do tunela je určená pomocou GNSS prijímača a IMU presná poloha emitora. V tuneli, po strate GNSS signálu (v podzemí nie je dostupný) určuje prejetú dráhu odometer a súčasne IMU. Po východe z tunela sa následne v čase a priestore obnoví príjem GNSS signálu a celá trasa merania a mračno bodov získané meraním bez GNSS signálu je takto priestorovo lokalizované. Rovnako odometer slúži pri výkyvoch signálu v mestách, krátkych výpadkoch alebo odstraňovaní multipatch efektu. Je podmienkou na dosiahnutie najvyššej presnosti určenia polohy a výšky (viď charakteristiky IMU).

**Pevná základnica** - je zariadenie v podobe pevného rámu resp. pevného prvku, ktoré slúži na umiestnenie druhého GNSS prijímača na vozidle. použitím dvoch GNSS prijímačov získava mapovacia technológia dve merania GNSS signálu, ktoré následne dokáže použiť pre odstraňovanie chýb merania GNSS a spresňovanie dosiahnutých výsledkov meraní. Je podmienkou na dosiahnutie najvyššej presnosti určenia polohy a výšky (viď charakteristiky IMU).

**Sekundárny GNSS prijímač** - slúži na meranie a spresňovanie získavaných údajov o polohe emitora LIDAR skenera. Je podmienkou na dosiahnutie najvyššej presnosti určenia polohy a výšky (viď charakteristiky IMU). Parametre sekundárneho GNSS prijímača musia byť identické, ako parametre hlavného GNSS prijímača.

**Sférická kamera** - nie je podmienkou pre veľmi presné mapovanie pomocou mobilného zberu dát. Pohľad na sférické dáta však zjednodušuje vyhodnocovanie mračna bodov najmä v prípade, že nie je farebné resp. v prípade jeho interpretácie,

podľa výšky a pod.

Sférická kamera je doplnkovým zariadením mobilného zberu dát. Aby mohli byť sférické snímky účelne využité, sférická kamera - ak bude pri mobilnom zbere údajov použitá - by mala dosahovať minimálne rozlíšenie 30 MPx.

## Rekognoskácia záujmovej oblasti

**Prvotnú rekognoskáciu záujmovej oblasti** pri mobilnom zbere dát vykonáva **zadávateľ prác**. Zadávateľ sa primárne sústreďí na jednoznačnú identifikáciu a popísanie záujmovej oblasti, t.j. vymedzí priestor, ktorý má byť predmetom merania. Samozrejme stanoví účel merania, táto skutočnosť však nie je predmetom rekognoskácie, ale vychádza z potrieb zadávateľa.

Zadávateľ nemusí vykonávať meranie priamo v teréne - rozsah merania rekognoskuje napríklad podľa existujúcej databázy, na základe dostupných mapových a iných podkladov - vlastných, alebo dostupných z verejných zdrojov. Ide najmä, avšak nie výhradne o:

- existujúce databázy objektov
- údaje katastra nehnuteľností
- ortofoto, verejné dáta - napríklad ZB GIS a pod.
- mapa ciest, diaľnic (SSC, NDS), mapa lokálnych komunikácií (poskytnutá správcom) a pod.
- identifikácia možných obmedzení (vojenské oblasti, kritická infraštruktúra, definovanie prípustného počasia atď.).

Výsledkom tejto rekognoskácie je vymedzenie záujmovej oblasti a pripravenie vstupných údajov pre dodávateľa mobilného zberu dát.

Pri realizácii zákazky bude vykonávaná **podrobná rekognoskácia záujmovej oblasti pre mobilný zber dát**, ktorá bude slúžiť na:

- rekognoskáciu pre účely mobilného zberu dát
- rekognoskáciu pre účely budovania validačnej geodetickej siete

### Rekognoskácia pre účely mobilného zberu dát

Pri tejto rekognoskácii bude vychádzať realizátor mobilného zberu dát zo zadania, primárne sleduje **účel merania** a **rozsah záujmovej oblasti**. V pred rekognoskáciou v teréne sa oboznámi s dostupnými mapovými podkladmi (kataster, uličná sieť, ZB GIS, ortofoto), existujúcimi databázami priestorových údajov pre dané územie, prípadne využije iné zdroje dát (napríklad street view a pod.). Následne prebehne rekognoskácia terénu v záujmovej oblasti. V rámci nej musí podľa účelu mobilného zberu dát identifikované minimálne, nie však výhradne:

- viditeľnosť objektov, ktoré majú byť merané - ak majú byť napríklad mapované uličné pásy pre pasportizáciu dopravy, musia byť viditeľné o.i. obrubníky chodníkov, v prípade mapovania pre pasportizáciu sietí, musia byť viditeľné vonkajšie znaky podzemných sietí a pod. Pri rekognoskácii identifikuje realizátor mobilného mapovania túto viditeľnosť.
- dopravné značenie, ktoré má vplyv na plynulosť mobilného zberu dát
- dlhodobé dopravné obmedzenia

Výsledky rekognoskácie realizátor mobilného mapovania zdokumentuje ako jeden z elaborátov zákazky.

### Rekognoskácia pre účely budovania validačnej geodetickej siete

Validačná geodetická sieť - ako je uvedené v kapitole Návrh validačnej geodetickej siete, štruktúra, parametre a charakteristiky - slúži na overovanie výsledkov mobilného zberu dát a prípadnú korekciu pri transformáciách a pri vyrovnaní mračna bodov. Pri rekognoskácii pre účely bodovania validačnej geodetickej siete bude realizátor mobilného mapovania postupovať nasledovne:

- v oblasti záujmu resp. v jej okolí identifikuje body štátnej priestorovej siete, resp. ak je to potrebné iba trigonometrické body a výškové body na mapových podkladoch. K jednotlivým bodom získa informácie z dokumentácie.
- následne v teréne jednotlivé body vyhľadá, zistí ich stav a podľa potreby ich vzájomnú viditeľnosť (zámery pri meraní polygónových ťahov).

Výber a vyhľadanie bodov musí byť realizovaný tak, aby boli následne pri budovaní validačnej geodetickej siete splnené podmienky meraní v polygónových ťahoch.

Z výsledkov rekognoskácie bude vypracovaná dokumentácia v minimálne nasledovnom rozsahu:

1. foto alebo videodokumentácia meraného územia
2. ak je k dispozícii dlhodobá predpoveď počasia
3. miestopisy použitých geodetických bodov
4. fotodokumentácia bodov, ktoré boli pre účely budovania validačnej geodetickej siete vyhľadané a budú použité
5. návrh umiestnenia validačnej geodetickej siete
6. zoznam pažiadaviek na prípravu terénnych meraní (napríklad v čase merania zákaz parkovania osobných automobilov na komunikácii)

### Príprava merania

Po ukončení rekognoskácie terénu terénu pristúpi realizátor mobilného zberu dát k jeho príprave.

Príprava zahŕňa:

- prípravu merania
- prípravu techniky

Pod pojmom **“príprava merania”** rozumieme:

- *stanovenie trajektórií merania*
- *návrh a vybudovanie geodetickej validačnej siete (touto témou sa zaoberá kapitola “Návrh validačnej geodetickej siete, štruktúra, parametre a charakteristiky)*
- *plán merania v dňoch*
- *poskytovanie súčinnosti pri príprave záujmového územia*
- *meteorologická predpoveď*
- *definovanie kontrolných lokalít podrobnej polohovej a podrobnej výškovej validačnej siete*

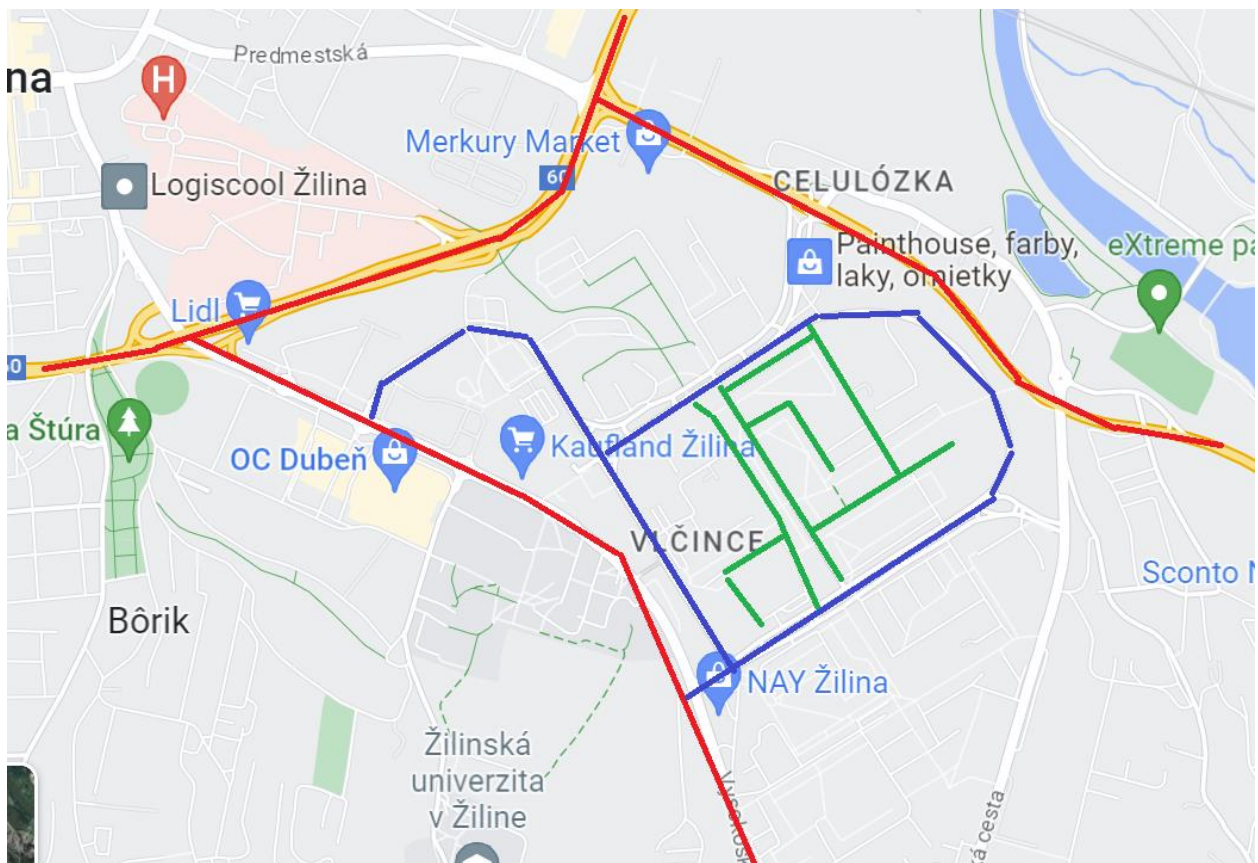
### Stanovenie trajektórií merania:

Pri stanovení trajektórií merania je potrebné dodržiavať zásadu “z veľkého do malého”. Návrh trajektórií bude pre každý mobilný zber dát navrhnutý nasledovne:

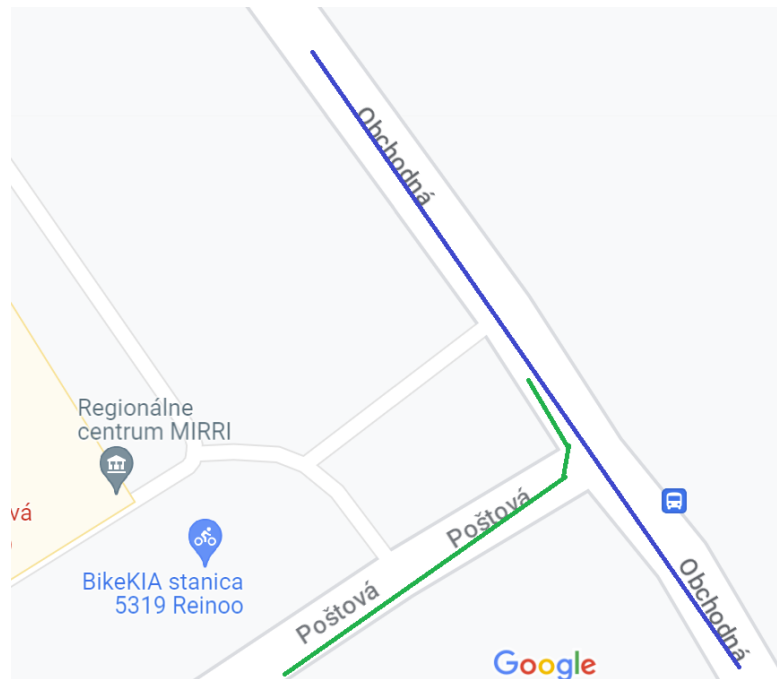
1. **hlavné komunikácie** sú mapované ako prvé. Ich mapovanie musí prebehnúť v čase, kedy nie sú plne vyťažené dopravnou špičkou, napríklad počas víkendových dní, počas štátnych sviatkov a pod. V tomto čase je doprava na komunikáciách minimálna a meranie je možné podľa potreby opakovane realizovať.
2. **hlavné komunikácie štvrtí, blokov a pod.** Jednotlivé trajektórie musia byť navrhnuté tak, aby zabezpečovali čo najvyššiu kontinuitu merania. Aj z toho dôvodu je realizovaná rekognoskácia terénu (priamo v teréne a v kombinácii s mapovými podkladmi) - realizátor merania **musí** vychádzať z organizácie dopravy - minimalizovať prechody svetelnými križovatkami resp. optimalizovať prechody križovatkami tak, aby zaberali čo najmenej času (hrozí strata inicializácie mobilného laserového systému), trajektórie boli optimálne rozložené (minimalizovali sa opakované prechody tej istej trasy bezdôvodne, minimalizované bolo cúvanie a pod.) a v maximálnej miere musia byť zohľadnené dopravné predpisy (pri mobilnom zbere dát by nemalo dôjsť k mapovaniu v protismere a pod.).
3. Trajektórie musia byť navrhnuté tak, aby bola nosnosť komunikácií adekvátna využitiu mobilného laserového systému - napríklad meranie v parkoch, na cyklistických trasách, v športových areáloch a pod. musí byť vopred dohodnuté a odsúhlasené s ich prevádzkovateľom alebo vlastníkom.

4. **ostatné komunikácie**, slepé ulice, vedľajšie cesty a pod. sú plánované ako posledné. Odporúčame minimalizovať rozdelenie úsekov.
5. nastavenie prekrytu trajektórií - jednotlivé trajektórie napríklad v prípade križovatiek sa **musia prekryvať**, t.j. výsledné mračno bodov bude mať v mieste prekrytu trajektórií prekryt. Týmto spôsobom dôjde k prekrytu výsledného mračna bodov a k jeho vyrovnaniu. Nesmie dôjsť k situácií, že trajektórie nebudú mať prekryt.
6. optimalizácia priebehu trajektórií - s ohľadom na viditeľnosť meraných objektov a dosah merania mobilným laserovým skenerom nemusí byť nevyhnutné prejsť po každej komunikácii, ktorá sa v záujmovej oblasti nachádza. Návrh trajektórií nesmie predkladať plán meraní, ktorý by predstavoval mobilný zber dát de facto na identickom území.

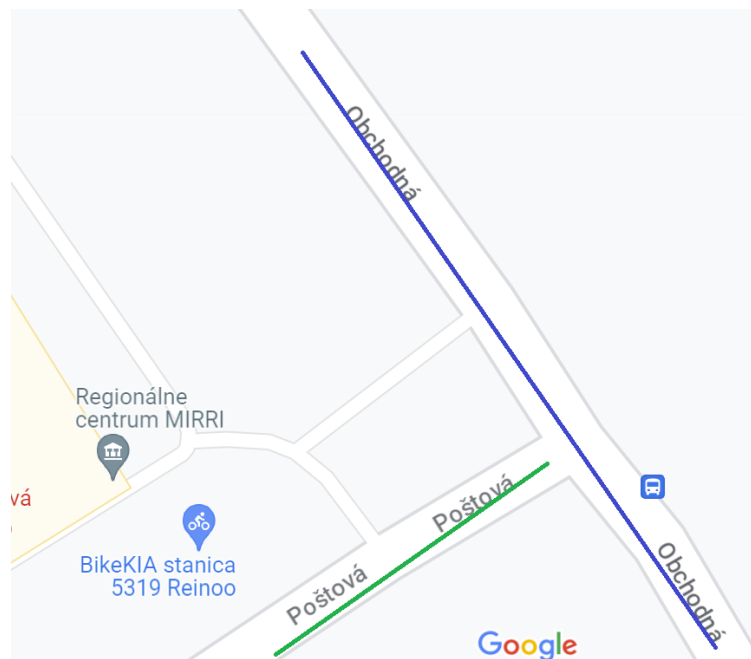
Na nasledujúcom obrázku je schematická ukážka správneho návrhu trajektórií (červená - hlavné ťahy, modrá - hlavné komunikácie, zelená - ostatné komunikácie):



Detail - správny prekryt trajektórií:



Detail - nesprávny prekryt trajektórií:



**Návrh trajektórií musí realizátor mobilného mapovania zdokumentovať a tento návrh podlieha schváleniu na strane zadávateľa zákazky.**

## Plán merania v dňoch

Na základe stanovených trajektórií, výsledkov rekognoskácie terénu a poznania dopravných podmienok v záujmovej lokalite stanoví realizátor merania plán merania v dňoch. Tento plán môže mať ukotvenie v čase, ale nie je to podmienka - plán stanovuje, ktoré trajektórie budú merané v rámci jedného meracieho dňa.

## Poskytovanie súčinnosti pri príprave záujmového územia

Na základe informácií pre zadávateľa zákazky dôjde k príprave jednotlivých trajektórií, ak je to potrebné, k orezu zelene alebo vyprataniu ulíc. Realizátor merania musí nahlásiť v dostatočnom predstihu - s ohľadom na požiadavky merania - že na danej trajektórii prebehne meranie. V prípade, že meranie bude prebiehať v pešej zóne resp. v oblastiach s obmedzeniami na vstup vozidiel, musí si realizátor mobilného mapovania vopred zabezpečiť potrebné povolenia v súčinnosti s príslušnými orgánmi. Na strane zadávateľa je povinnosť poskytnúť mu potrebné dokumenty, aby uvedené povolenia získal.

## Meteorologická predpoveď

Meranie môže prebiehať iba v meteorologicky priaznivých podmienkach. Nesmie prebiehať v noci, za dažďa, počas hmly, zadymania územia, zníženej viditeľnosti a iných faktoroch, ktoré ovplyvňujú kvalitu merania. Realizátor merania dokumentuje predpoveď počasia na jednotlivé dni.

## Definovanie kontrolných lokalít podrobnej polohovej a podrobnej výškovej validačnej siete

Pred začatím zberu dát definuje realizátor merania polohu kontrolných lokalít a odsúhlasí ich so zadávateľom zákazky. Vybuduje validačnú geodetickú sieť v celom jej rozsahu, a to vrátane kontrolných lokalít. Podrobne viď kapitola: Návrh validačnej geodetickej siete, štruktúra, parametre a charakteristiky.

Pred samotným začatím merania musí realizátor merania zabezpečiť aj **prípravu meracej techniky**. V prípade mobilného laserového systému ide o nasledujúce úkony:

- kalibrácia skenera - skener musí mať platný kalibračný protokol, ktorý bude súčasťou elaborátu z merania. V prípade niektorých skenerov sú k dispozícii iba továrensky deklarované presnosti, pričom je definovaný postup autokalibrácie. V prípade, že nie je k dispozícii kalibračný protokol je potrebné doložiť výsledky autokalibrácie vykonanej v zmysle inštrukcií výrobcu. Ak vyžaduje autokalibráciu v pravidelných intervaloch, v rámci merania a pod. musí byť táto skutočnosť zaznamenaná a dokumentácia z autokalibrácie musí byť doložená v zmysle požiadaviek výrobcu.
- kalibrácia meracej sústavy (určenie polohy centra voči odometru, GNSS, určenie pevnej základnice, určenie polohy doplnkovej GNSS, výška vozidla, priemer kolesa a nastavenie odometra). Celá kalibrácia meracej sústavy musí byť zdokumentovaná a táto dokumentácia bude súčasťou elaborátu z merania.
- nahratie trajektórií do ovládacej jednotky mobilného laserového systému
- nabitie batérií



- skúška celého systému pred začatím merania (bude zdokumentovaná v elaboráte z merania pre každý merací deň)
- dôrazne odporúčame, aby vozidlo resp. nosič mobilného laserového systému bol výrazne označený a bola na ňom vhodným spôsobom komunikovaná požiadavka na dodržiavanie ostupov ostatných vozidiel a chodcov. Prípadné nedostatky spôsobené tým, že dochádza k zákrytu nosiča vozidlami alebo chodcami znáša realizátor mobilného mapovania.

## Metodika merania

Mobilné mapovanie bude v teréne prebiehať nasledovne:

1. príchod na miesto mapovania - podľa harmonogramu meraní na miesto, ktoré bude predmetom merania
2. overenie meteorologických podmienok - vizuálne a ich dokumentácia. Meranie nesmie prebiehať v prípade nepriaznivého počasia – dážď, hmla, dymno, vietor, ani v prípade, že je po daždi, na komunikáciách sú mláky, resp. sú komunikácie mokré, mokré sú fasády alebo zeleň. Rovnako v letných mesiacoch nesmie byť realizované meranie, ak došlo k polievaniu vozovky pri údržbe komunikácií a je mokrá. Meranie môže byť realizované len za denného svetla v intervale 1,5 hodiny po východe slnka a 1,5 hodiny pred západom Slnka.
3. overenie svetelných podmienok - pomocou luxmetra a ich dokumentácia, musí byť zaznamenaný čas začatia merania aj čas ukončenia merania.
4. inštalácia mobilného laserového systému – osadenie skenera na nosič, kontrola funkčnosti, zapojenie zdroja a ovládacej jednotky, kontrola kapacity úložiska skenera
5. nastavenie mobilného laserového systému - podľa požiadaviek mobilného zberu dát musí byť nastavená frekvencia merania, rýchlosť záznamov a ostatné parametre tak, aby výsledné mračno bodov vyhovovalo špecifikácii zadávateľa.
6. inicializácia mobilného laserového systému - postup udávaný výrobcom
7. mobilné mapovanie - riadené ovládacou jednotkou na základe definovaných trajektórií. Počas mapovania je povinnosť sledovať, či nedošlo k znečisteniu skenera resp. sférickej kamery, je potrebné ich pravidelne čistiť aby prípadné znečistenie neznehodnotilo kvalitu výstupov. Mobilné mapovanie musí prebiehať rýchlosťou, ktorá je pre požadovanú presnosť merania vyhovujúca, nesmie dochádzať k strate signálu GNSS, poškodeniu odometra resp. nesprávnemu meraniu na odometri vplyvom otrasov a pod.
8. ukončenie mapovania - prvotná kontrola priebehu trajektórií
9. podľa potreby opakované merania v teréne na miestach s výpadkami signálu, znehodnotením laserového skenovania/snímkovania
10. ukončenie meracieho dňa, dokumentácia mimoriadnych podmienok merania, dokumentácia počasia po ukončení merania.

Počas priebehu mobilného mapovania musia všetci pracovníci realizátora mobilného zberu dát dodržiavať zásady BOZP a dopravné predpisy.

## Postup pri neštandardných situáciách

**Výpadok GNSS signálu na viac ako 60 sekúnd** - mobilné laserové zariadenie používané pre mobilný zber dát je sústava, ktorá umožňuje vykonávať meranie aj pri dočasnom výpadku GNSS signálu. Výpadok signálu nesmie byť na dlhšie ako 60 sekúnd pri bežnom meraní. Stratú GNSS signálu dokáže v čase do 60 sekúnd eliminovať použitie IMU s definovanými parametrami a odometra. V prípade straty GNSS signálu na viac ako 60 sekúnd počas merania je potrebné pokračovať v meraní a po ukončení plánovanej trajektórie realizovať na tej istej trajektórii meranie opakovane tak, aby bolo isté, že sa výpadok signálu neopakoval.

V prípade, že meranie prebieha napríklad v tuneloch, podjazdoch a pod. je predpoklad, že dôjde k strate GNSS signálu na viac ako 60 sekúnd. Takáto situácia však musí byť dokumentovaná už v pláne meraní a vopred o nej musí byť zadávateľ informovaný. V prípade, že dôjde k zníženiu presnosti v takýchto úsekoch je potrebné použiť na vyrovnanie mračna bodov body validačnej geodetickej siete.

**Interferencia vysokého napätia** - prejazd pod vysokým napätím môže spôsobiť, že dôjde k zmene priebehu signálu GNSS alebo budú interferenciou zasiahnuté samotné laserové lúče. Táto skutočnosť nemusí byť odhalená počas merania resp. sa prejaví výpadkom signálu. Na odstránení vplyvu interferencie musia byť prijaté nasledovné opatrenia:

- mapovanie v oblasti s možnou interferenciou viac ako jeden krát vždy po inej trajektórii (nie tam a späť, ale napríklad kolmo)
- zvýšenie počtu bodov geodetickej validačnej siete.

**Strata inicializácie mobilného laserového systému** - pred začatím merania musí vždy prebehnúť inicializácia mobilného laserového systému. Pre rôznych výrobcov je princíp inicializácie odlišný, vo všeobecnosti však platí, že ide o úkon, ktorý zabezpečí prijatie GNSS signálu a aktiváciu IMU jednotky. Rovnako tak dôjde k inicializácii odometra a tým pádom celej meracej sústavy. Počas merania môže dôjsť k strate inicializácie - napríklad v zápche, alebo počas príliš dlhého čakania na prechod svetelnou signalizáciou. Strata inicializácie je štandardne hlásená ovládacou jednotkou. Pri strate inicializácie je potrebné okamžite prerušiť meranie. Vypnúť celý mobilný laserový systém, po zapnutí na vhodnom mieste vykonať opakovane inicializáciu a pokračovať v meraní - minimálne 250 metrov pred miestom, v ktorom došlo k strate inicializácie.

**Extrémny počasie** - počas merania môže dôjsť k náhlejšej zmene počasia - vietor, búrka a pod. V takom prípade je potrebné meranie okamžite ukončiť a extrém počasia zdokumentovať.

**Kolízia** - napriek tomu, že mobilný zber dát prebieha v pomerne nízkych rýchlostiach a musí ho vykonávať odborný personál, môže dôjsť k dopravnej nehode. V prípade dopravnej nehody je postup nasledovný:

- zistenie zdravotného stavu meracieho tímu a prípade kolízie s inými účastníkmi dopravnej premávky aj ich zdravotného stavu
- v prípade potreby resuscitácia a privolanie prvej pomoci (112)
- ukončenie merania, dokumentácia spôsobených škôd, spísanie protokolov pre poisťovne
- ovoz/odťah nosiča
- odvoz meracej techniky

- podľa potreby výpoveď pred príslušnými orgánmi
- poskytnutie informácií zadávateľovi zákazky.

## Správa a analýza raw dát

V rámci tejto kapitoly je predmetom riešenia správa a analýza RAW, t.j. meraných dát získaných mobilným laserovým skenerom. Predmetom nie je správa a spracovanie dát o validačnej geodetickej sieti.

Po ukončení mobilného zberu dát sú dáta z mobilného laserového systému prenesená na úložisko realizátora zákazky.

Pre každý balík dát uložený z mobilného laserového systému musí byť vytvorený metasúbor, ktorý bude obsahovať minimálne nasledovné údaje:

- názov zákazky
- akronym/číslo zákazky
- dátum a čas merania (čas uvedený od - do)
- dátum a čas uloženia na úložisko
- stručný popis meraného územia (napríklad čísla trajektórií v rámci zákazky)
- názov použitého mobilného laserového systému resp. celej zostavy
- základné parametre mobilného laserového systému
- oprávnenia prístupu

Tieto údaje musia byť spravované podľa logiky:

- zákazka
  - mapovací deň
    - údaje mobilného mapovania (RAW)
    - údaje RINEX
    - vyrovnané a/alebo kategorizované mračno bodov

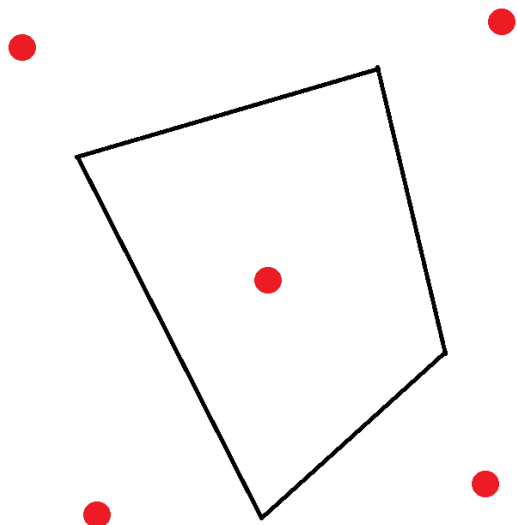
Pre základnú katalogizáciu môžu byť použité základné nástroje na správu priečinkov, rovnako tak DMS systémy alebo nástroje na katalogizáciu priestorových dát (napríklad katalogizačné systémy, vhodne upravené systémy DMS a pod.).

Po uložení skenovaných dát dôjde k zaznamenaniu RINEX formátov pre spracovanie údajov.

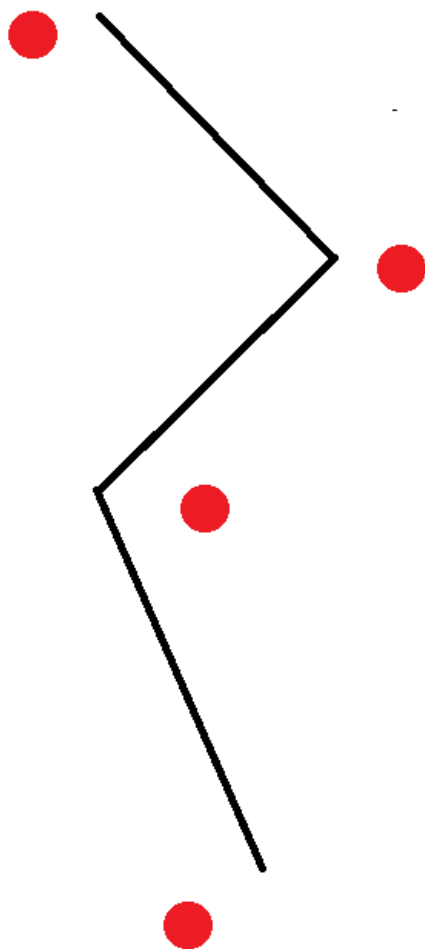
V prípade, že použil realizátor mobilného mapovania vlastné referenčné GNSS stanice, nahrá do príslušného priečinka z týchto staníc RINEX údaje pre spracovanie mapovania. GNSS musí prebiehať počas mobilného zberu dát.

V prípade, že použije realizátor mobilného mapovania údaje z referenčnej siete pevných staníc (napríklad SK POS), vyžiada si RINEX údaje z vhodne umiestnených virtuálnych staníc, ktoré musia byť rozložené nasledovne:

Pre plošné záujmové územia:



Pre líniové záujmové územia:



Vzdialenosť jednotlivých staníc nesmie byť od seba viac ako 5 km. Podľa potreby je preto nevyhnutné realizovať ich rozmiestnenie v priestore s ohľadom na toto kritérium.

Všetky údaje po ukončení tejto fázy musia byť technicky skontrolované, t.j. musí byť overené, že sa jednotlivé súbory dali skopírovať, sú správne katalogizované, neobsahujú technické chyby, ktoré znemožňujú ich čítanie.

## Bezpečnosť a ochrana dát v celom procese zberu, spracovania a poskytovania dát

V prípade mobilného zberu dát (vrátane merania validačnej geodetickej siete) je potrebné brať do úvahy požiadavky na bezpečnosť z nasledovných hľadísk:

- bezpečnosť a ochrana zdravia pri práci
- fyzická bezpečnosť dát pri meraní, transporte a dlhodobej úschove
- bezpečnosť dát pri spracovaní
- ochrana osobných údajov.

**Bezpečnosť a ochrana zdravia pri práci** – priamo súvisí s bezpečnosťou pri procese zberu dát. Je dôležité, aby mali všetci účastníci meraní absolvované školenie bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci s účasťou, aby nedochádzalo k porušovaniu bezpečnostných predpisov. Rovnako nesmie byť žiaden z meračov neskúsený vodič (vodičský preukaz aspoň 2 roky) a jeden z posádky musí byť držiteľom preukazu geodeta. Pre merania pri tvorbe validačnej geodetickej siete platí, že v meračskej skupine musí byť držiteľ preukazu geodeta.

V prípade meraní v súkromných areáloch je potrebné informovať v súčinnosti so zadávateľom vlastníka nehnuteľnosti. V prípade meraní v pešej zóne je potrebné dodržiavať pokyny polície resp. mestskej polície a pre mobilný zber dát musia byť k dispozícii potrebné povolenia.

V prípade meraní v rizikových oblastiach – miesta rekonštrukcií, miesta s poškodeným povrchom vozovky a pod. je potrebné pri rekognoskácii terénu vyhodnotiť možné riziká spojené s danou lokalitou a definovať pravidlá merania (nižšia rýchlosť, umiestnenie kamery), použiť inú metódu alebo úplne danú lokalitu vynechať z merania s riadnym odôvodnením.

**Fyzická bezpečnosť dát pri meraní, transporte a dlhodobej úschove** – za “najzraniteľnejšie” je nutné považovať dáta uložené počas merania na disku meracieho zariadenia. V prípade poškodenia zariadenia, znehodnotenia disku a pod. je potrebné celé meranie opakovať. Preto je potrebné ihneď po ukončení meracieho dňa dáta z meracieho zariadenia preniesť na pevné disky realizátora merania a vykonať o tom záznam. Rovnako je potrebné vybudovať záložnú lokalitu, na ktorú sa budú v rámci zálohovania dáta pravidelne zálohovať – optimálne je vysoké zabezpečenie (na úplne inej geografickej lokalite), ak to však nie je možné, postačuje oddelené diskové pole od ostatnej infraštruktúry. Postačuje jedna záložná kópia RAW dát a jedna kópia finálne spracovaných dát, ako aj celej dokumentácie merania. O vytvorení záloh je potrebné evidovať pravidelný log a môže prebiehať plne automatizovane.

**Bezpečnosť dát pri spracovaní** – táto bezpečnosť je považovaná za procesnú. Pri spracovaní dát je potrebné vždy vychádzať z dát, ku ktorým bola vytvorená dlhodobá záloha. Nesmú sa na spracovanie

použiť dáta bez vytvorenej zálohy – existuje totiž riziko nesprávneho spracovania, zlyhania výpočtovej kapacity, výpadky prúdu (na dlhšie obdobie, ako sú štandardné záložné zdroje) počas spracovania a pod. Toto všetko môže viesť k zničeniu dát a nutnosti celé meranie opakovať. Rovnako tak finálne spracovanie dát je potrebné realizovať až potom, čo sú prvotne spracované dáta zálohované, aby nedošlo k rovnakému poškodeniu. Podrobne je potrebné proces nastaviť v rámci organizácie tak, aby v procese spracovania dát nedošlo k ich znehodnoteniu.

Na strane zadávateľa zákazky rovnako dôrazne odporúčame vyhotoviť zálohu všetkých dodaných výstupov.

**Ochrana osobných údajov** – pri mobilnom zbere dát dochádza k získavaniu údajov aj o osobách, ktoré sa v čase mapovania nachádzajú v danej lokalite, o motorových vozidlách, prípadne je možné získať ďalšie dáta, ktoré môžu byť považované za osobný údaj. Primárne ide o farebné skeny resp. fotografie, avšak aj použitie veľmi hustého skenovania (stovky bodov na m<sup>2</sup>) znamenajú pomerne verné zachytenie napríklad tváre.

V prípade fotografií a farebných skenov je nevyhnutné odstrániť všetky tváre zachytených osôb, evidenčné čísla motorových vozidiel a prípadne ďalšie osobné údaje. V prípade skenov odporúčame dôrazne odfiltrovať zachytenú populáciu. Pre všetky RAW dáta platí, že majú byť zabezpečené na veľmi vysokej úrovni fyzickej i technickej, aby nedošlo k zneužitiu osobných údajov, resp. k odcudzeniu dát.



## Spracovanie raw dát do požadovaného formátu

*Predmetom tohto dokumentu je definovanie postupov pri mobilnom zbere dát. Tento dokument nerieši následné spracovanie mračna bodov do finálnych výstupov v podobe napríklad vektorovej 3D kresby a pod., čo je ďalší spracovateľský postup mračna bodov a zaoberá sa ním samostatný dokument.*

*Po uložení RAW dát dôjde k nasledovným výpočtovým úkonom pomocou vhodného softvérového vybavenia. Už pri plánovaní celej zákazky a samotného zberu dát je dôležité pripraviť harmonogram aj na spracovávanie dát a podrobný postup. Samotné spracovanie zaberie oveľa viac času ako zber dát.*

*Pri plánovaní treba rátať s časom potrebným na jednotlivé kroky. Niektoré úkony a operácie, ako napríklad získanie RINEX dát, idú rýchlo, rádovo v minútach resp. desiatkach minút. Naopak, operácie ako vyrovnanie trajektórií, trvajú hodiny.*

### 1. Získanie RINEX dát

- *zo statických meraní vykonaných počas mobilného zberu dát,*
- *z observačnej služby zo siete pevných staníc*
- *dôležitými parametrami sú:*
  - *vzdialenosť referenčnej stanice od záujmového územia (max 25 km)*
  - *správne zadefinovanie časového okna merania (UT + min 1h pred začiatkom merania a 1h po skončení merania)*
  - *interval*
  - *Rinex formát*
- *Časová náročnosť – nízka (desiatky minút na deň zberu dát)*

### 2. Vyrovnanie trajektórií merania

*Pred tým, ako budú spracované samotné mračná bodov je potrebné spresniť a vyrovnať priebeh jednotlivých trajektórií. Pre tieto účely slúžia údaje z merania GNSS zariadení, ktoré sú súčasťou mobilného laserového skenera (primárny a sekundárny GNSS), poloha centra laserových impulzov, vstupy z odometra a informácie z IMU. Na základe týchto vstupov dôjde k presnému určeniu polohy trajektórie, vrátane charakteristík presnosti. O tomto výpočte bude zdokumentovaný protokol a charakteristiky presnosti; charakteristiky presnosti budú spracované v podobe tabuliek (podľa hustoty záznamov) a zobrazením v mape (farebne podľa veľkosti odchýlky).*

- *Schematický postup*

- vstup RAW trajektórií
- vstup RINEX dát
- nastavenie parametrov pre načítanie dát z ODO, IMU a GNSS systémov
- voľba súradnicových systémov a epoch meraní
- export vyrovnaných trajektórií
- Časová náročnosť – nízka (desiatky minút na deň zberu dát)

### 3. Vytvorenie mračien bodov

Výsledkom zberu dát je určitá RAW databáza. Na to aby sme dostali samotné mračná bodov sú potrebné ďalšie úkony v príslušnom softvéri.

- Schematický postup
  - Nahranie RAW dát (vrátane súborov z kamier) z externých diskov mapovacieho systému do systému, kde sa bude realizovať spracovávanie (PC, server, úložisko...)
  - Záloha dát
  - vstup RAW dát do SW so zachovaním potrebného značenia a hierarchie zákaziek, dní mapovania a pod.
  - Priradenie vyrovnaných trajektórií
  - Primárne očistenie dát od šumu (ak je možnosť takého nastavenia pri importe)
  - Vytvorenie vyrovnaných mračien bodov
- Časová náročnosť – vysoká (rádovo niekoľko hodín importu a spracovania na 1 hodinu jazdy)

### 4. Očistenie mračien bodov

Následne je vhodné vykonať (podľa možnosti príslušného softvéru) očistenie mračien bodov od šumu a tzv. „isolated points“, čo sú body alebo malé zhluky bodov v priestore, ktoré nepredstavujú žiadne zozbierané dáta, ale tvoria iba šum v mračne bodov. Môže ísť napríklad o hmyz, vtáky alebo nečistoty vo vzduchu zachytené počas zberu dát). Správne nastavenými parametrami sa dajú takéto veci jednoducho vymazať, respektíve klasifikovať v mračne bodov ako šum. Je vhodné si pred spustením na veľkých balíkoch dát nastavené parametre overiť, aby

*neprišlo k strate nejakých dát, alebo zlej klasifikácii potrebných prvkov malých rozmerov (napr. káble vzdušných vedení a pod.)*

#### 5. *Kontrola mračien bodov na základe vlícovacích bodov*

*Jednotlivé mračná bodov je potrebné kontrolovať podľa vlícovacích bodov, ktoré nadväzujú na validačnú geodetickú sieť. To zabezpečí aj podmienku, že jednotlivé mračná bodov musia na seba bezošvo nadväzovať. Preto musí byť vyhodnotený prekryt meraní mračien bodov a určenej diferencie, ktoré boli v rámci týchto prekrytov identifikované. Nesmú byť väčšie ako 2sigma, v tomto prípade teda 6 cm. V takom prípade sa body mračien považujú za identické.*

#### 6. *Import fotiek a ofarbenie skenov*

*Mračná bodov sú v ďalšom kroku ofarbené z nasnímaných fotiek. Fotky je potrebné importovať do projektu a zosynchronizovať časové údaje s projektom. Ak boli pred jazdou mapovacím systémom kamery montované na MLS, je nutné nastaviť „camera mounting“ podľa vhodných vlícovacích bodov. Tieto nemusia byť nijako zvlášť signalizované. Postačia napríklad dobre viditeľné prechody pre chodcov a pod. Je ale potrebné aby boli kvalite naskenované aj odfotené. Počas zberu dát je dobré takého miesto nájsť, poznačiť si ho (miesto, čas, záznam MLS) aby bolo jednoduchšie ho pri spracovávaní identifikovať a použiť.*

- *Schematický postup*

- *Import RAW súborov z kamier*
- *Synchronizácia časových stôp s projektom*
- *Výpočet nastavení kamier a mračien bodov (ak je potrebné)*
- *Nastavenie masiek na jednotlivé kamery*
- *Ofarbenie mračien bodov*

- *Časová náročnosť – stredne vysoká (rádovo desiatky minút ofarbovania na 1 hodinu jazdy)*

#### 7. *Po spracovaní mračien bodov dôjde k vyhodnoteniu ich presnosti podľa kapitoly Validácia mračien bodov na základe validačnej geodetickej siete.*

#### 8. *Export mračien bodov*

*Mračná bodov je nakoniec potrebné exportovať do výsledného formátu. Všeobecne použiteľný formát je napr. LAS. Ale sú mnohé iné a závisí od zadávateľa úlohy, ktorý bude vhodný pre ďalšie spracovanie.*

*Všeobecne je potrebné mať nastavené nasledovné parametre exportu:*

- *formát dát*
- *hustota mračna bodov*
- *obsah informácií o bode (RGB, intenzita bodu a pod.)*
- *spôsob delenia zákazky na menšie úseky (rastre, ulice a pod.)*

## Návrh validačnej geodetickej siete, štruktúra, parametre a charakteristiky

Výsledkom mobilného zberu dát je (za predpokladu využitia mobilného skenera, sférickej kamery, bočných kamier):

- Mračno bodov
- Sféricke fotografie, fotografie z doplnkových objektívov na systéme

Validačná geodetická sieť má pre kvalitu mobilného mapovania kľúčový význam. Bez jej existencie môže dôjsť k skresleniu výsledkov mobilného mapovania (iba dosiahnutím vnútornej presnosti), nebude možné s dostatočnou presnosťou realizovať kontrolné merania (polohové a výškové) na overenie výsledkov mobilného mapovania a nebude možné určiť presnosť celého odovzďavaného elaborátu.

Rovnako nebude možné presne definovať veľmi presný transformačný kľúč pre dáta z mobilného mapovania (mobilné mapovanie napojené na systémy GNSS udáva polohu vo WGS84) do JTSK03, čím môže dôjsť k znehodnoteniu údajov. [v51]

V odôvodnených prípadoch môže validačná geodetická sieť slúžiť na stanovenie lokálneho transformačného kľúča z WGS84 do JTSK.

Validačná geodetická sieť vznikne štandardnými geodetickými metódami a bude pripojená na štátnu priestorovú sieť, ktorá je určená s vysokou presnosťou. Predpokladáme, že presnosť polohy a výšok bodov validačnej siete bude určovaná o rád vyššou, v krajnom prípade rovnakou triedou presnosti, v akých sú určované polohy a výšky bodov v mračne bodov, ktoré vznikne pomocou mobilného mapovania.

Budovanie validačnej siete bude prebiehať:

- Primárne tachymetrickými meraniami (totálne stanice s veľmi vysokou presnosťou určovania uhlov a dĺžok) vo väzbe na štátnu priestorovú sieť
- Sekundárne GNSS statickými meraniami s prepojením na body štátnej priestorovej siete a s dlhými observáciami (GNSS statické merania).
- Výškové merania - metóda Presnej Nivelácie (PN), s dôrazom na overenie stability vzťažných bodov.

Body validačnej siete vzniknú z polygónových ťahov pripojených na body štátnej priestorovej siete alebo určením polohy bodov GPS statickými meraniami s prepojením na body štátnej priestorovej siete.

V lokalite, ktorá je predmetom merania musia byť body validačnej siete situované tak, aby boli pre mobilné mapovacie zariadenie, ktoré vykonáva zber pomocou LIDAR skenera dobre viditeľné (identifikovateľné v mračne bodov).

Body musia byť pevne stabilizované a musia mať vyhotovené popisné údaje (miestopisy, poloha bodov, protokol o určení polohy/výšky, fotografická dokumentácia) a odporúčame, aby boli chránené pred zničením.

Budovanie validačnej geodetickej siete je možné realizovať iba kalibrovanými zariadeniami. Kalibračné protokoly všetkých zariadení použitých pri budovaní validačnej geodetickej siete musia byť súčasťou dokumentácie.

## **Usporiadanie validačnej geodetickej siete**

Základná validačná geodetická sieť sa musí rozprestierať rovnomerne na celom záujmovom území. Bude obsahovať

- referenčné body validačnej geodetickej siete,
- body základnej validačnej geodetickej siete.

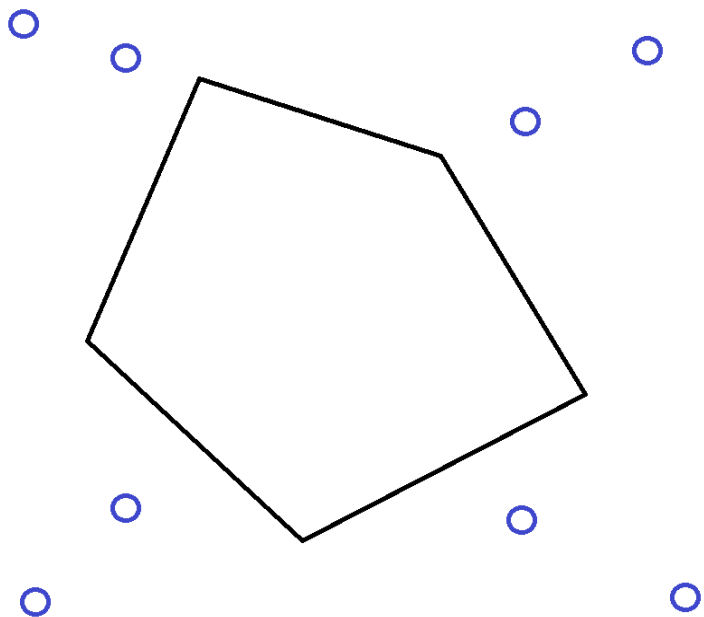
### **Referenčné body validačnej geodetickej siete**

Referenčné body validačnej geodetickej siete, t.j. body štátnej priestorovej siete, alebo body určené GNSS statickým meraním s vysokou presnosťou (stredná polohová a výšková chyba maximálne 2 cm, dĺžka observácie minimálne 5 hodín, umiestnené v ideálnych podmienkach) sa musia nachádzať mimo záujmového územia.

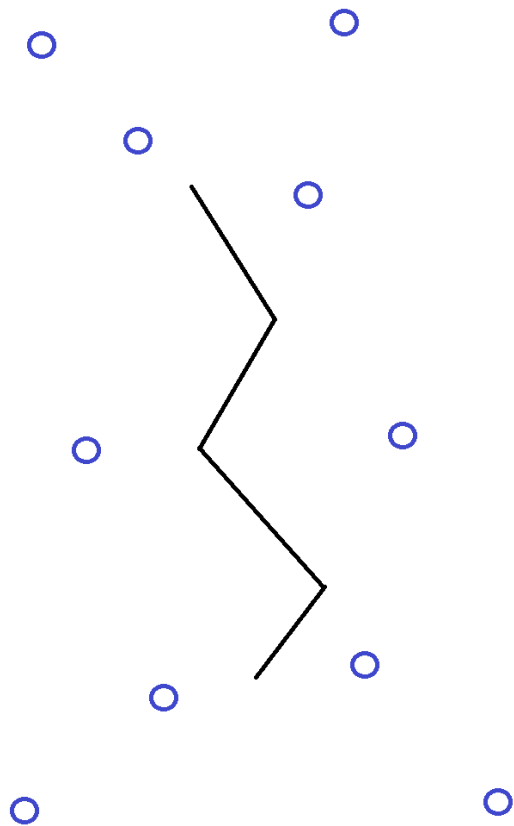
Pri rekognoskácii terénu budú identifikované:

- body ŠPS, ktoré budú využité na budovanie validačnej geodetickej siete
- lokality s ideálnymi podmienkami na GNSS statické merania pre referenčné body.

Rozloženie referenčných bodov v oblasti záujmového územia bude nasledovné (čiernou je vyznačená hranica záujmového územia, modrou poloha referenčných bodov - či už ŠPS alebo určených GNSS statickou metódou):



V prípade líniových stavieb musí byť rozmiestnenie referenčných bodov validačnej siete nasledovné (čiernou je vyznačená hranica líniového objektu, modrou poloha referenčných bodov - či už ŠPS alebo určených GNSS statickou metódou):

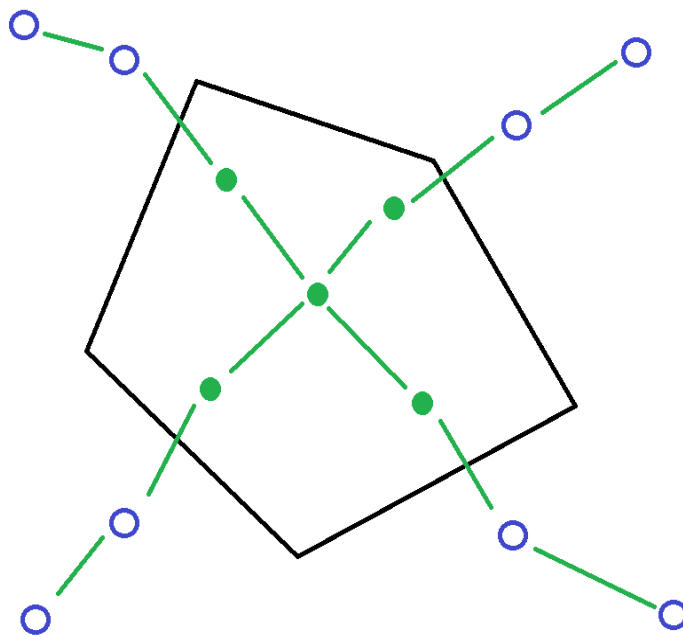


Na základe rekognoskácie terénu budú zdokumentované miestopisy bodov ŠPS, ktoré boli v teréne identifikované a nie sú poškodené. Poškodené body budú nahlásené správcovi - GKÚ. Referenčné body vybudované GNSS statickou metódou budú číslované od hodnoty 1, bude k nim spracovaný miestopis, fotodokumentácia a kompletný spôsob ich určenia, vrátane priloženia záznamu merania a RINEX dát použitých na výpočet polohy referenčného bodu.

## Základná validačná sieť

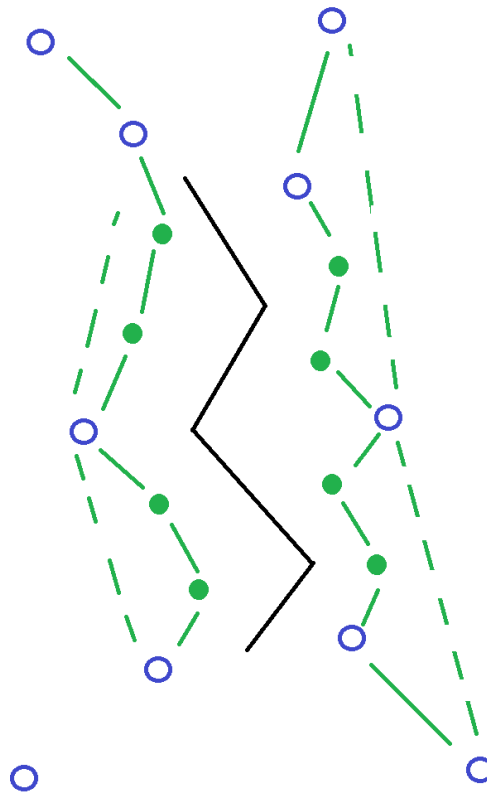
Z referenčných bodov bude následne trigonometrickými meraniami (budovanie polygónových ťahov) vytvorená **základná validačná geodetická sieť**, ktorá bude tvorená vrcholmi polygónových ťahov meraných tak, aby rovnomerne pokrývala celé záujmové územie.

Usporiadanie základnej geodetickej validačnej siete bude pre plošné záujmové územie nasledovné (čiernou je vyznačená hranica záujmového územia, modrou poloha referenčných bodov, zelenou poloha bodov základnej validačnej siete a zámery polygónových ťahov):



Usporiadanie základnej validačnej geodetickej siete pre líniové stavby bude nasledovné (čiernou je vyznačená hranica záujmového územia, modrou poloha referenčných bodov, zelenou poloha bodov základnej validačnej siete a zámery polygónových ťahov):





Presnosť určenia polohy bodov základnej validačnej siete musí byť jedna tretina presnosti merania skenovaním, t.j. pri predpokladanej presnosti výsledného mračna bodov 5 cm, nie však horšia ako 14 cm (tretia trieda presnosti podrobného mapovania, ktorú dosahuje mobilný zber dát v zmysle STN 01 3410 Mapy veľkých mierok. Základné a účelové mapy), musia byť tieto body určené so strednou chybou TP2 = maximálne 4 cm.

**Základná validačná sieť** bude vybudovaná ako polygónová sieť meračských bodov. Body polygónovej siete budú pripojené na referenčné body a budú slúžiť na:

- overovanie presnosti mračna bodov z mobilného zberu dát
- transformáciu mračna bodov z mobilného zberu dát
- realizáciu kontrolného podrobného merania polohových a výškových bodov pre kontrolu mračna bodov z mobilného zberu dát.

Základná validačná sieť bude tvorená polygónovými ťahmi a pripojená na referenčné body. Pre účely budovania základnej validačnej siete bude možné využiť nasledovné typy polygónových ťahov:

**Hlavný polygónový ťah** je obojstrane orientovaný polygónový ťah súradnicovo pripojený na dva trigonometrické body alebo pevné body podrobného polohového bodového poľa 1. triedy presnosti, prípadne na ich zaisťovacie body, alebo polygónový ťah začínajúci na niektorom z týchto bodov a končiaci na uzlovom bode.

**Zauzlený polygónový ťah** je hlavný polygónový ťah zbíhajúci sa s ďalšími polygónovými ťahmi rovnakého druhu v spoločnom uzlovom bode.

Pri budovaní polygónových ťahov základnej validačnej siete bude budú dodržiavané nasledovné pravidlá merania polygónových ťahov:

- Pomer strán polygónových ťahov nesmie byť väčší ako 1:3
- Dĺžka polygónového ťahu max. 3000 m
- Počet bodov určených v jednom polygónovom ťahu: 30

Každý z bodov polygónového ťahu pri budovaní základnej validačnej siete musí byť viditeľný pri mobilnom zbere dát, stabilizovaný pevnou stabilizáciou; číslovanie bodov bude s prefixom XX\_1, kde XX je číslo polygónového ťahu základnej validačnej siete v rámci merania. Pre každý bod základnej validačnej siete bude spracovaná dokumentácia - miestopis, fotodokumentácia, spôsob určenia a pre všetky polygónové ťahy dokumentované merania a výpočty určenia polohy.

### **Podrobná polohová validačná sieť**

Podrobná polohová validačná sieť bude slúžiť na kontrolu výsledku mobilného zberu dát a spracovania mračna bodov, a to konkrétne na kontrolu určenia polohy bodov. Body podrobnej polohovej validačnej siete budú rozmiestnené na celom záujmovom území tak, aby:

- pri plošných meraniach na každé 1km<sup>2</sup> pripadala jedna kontrolná lokalita
- pri líniových meraniach na každé 2km<sup>2</sup> v osi líniového merania pripadala jedna kontrolná lokalita.

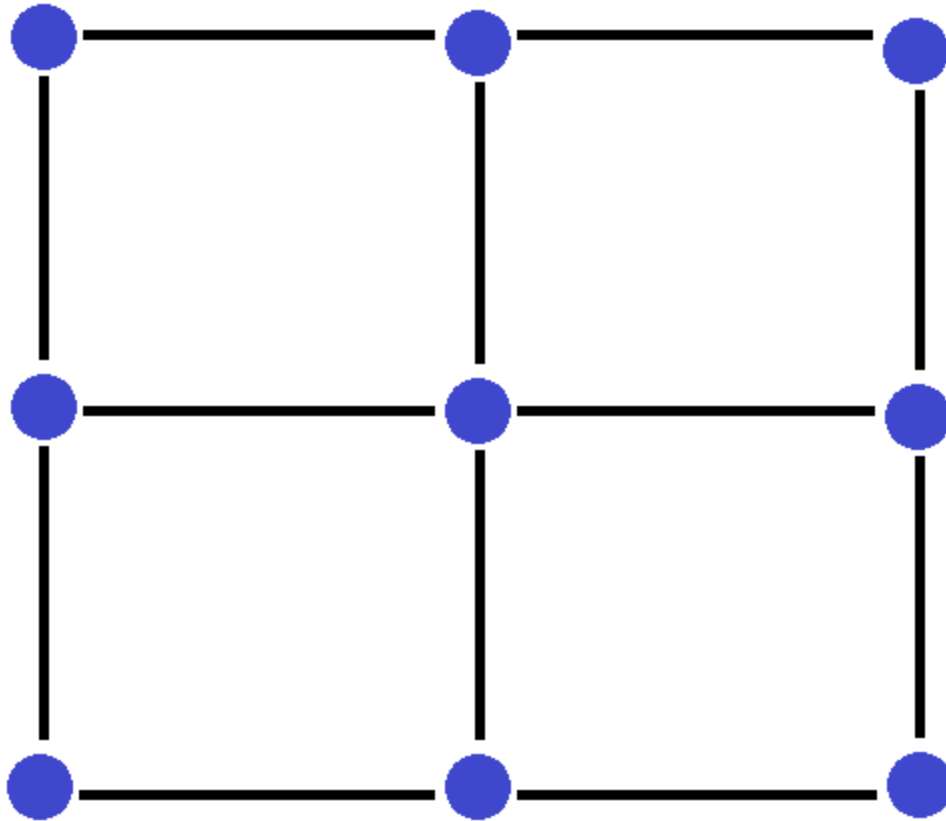
Rozloženie kontrolných lokalít odsúhlasuje zadávateľ zákazky pred samotným začatím kontrolných meraní.

Na kontrolnej lokalite bude zo základnej validačnej siete vybudované meračské stanovisko (alebo stanoviská) vhodnou metódou merania - vedľajší polygónový ťah alebo rajón - z ktorého bude zameraných minimálne 50 podrobných bodov - bodu musia byť volené ako jednoznačné body v teréne - rohy budov, okraje šácht a pod., ktoré sú viditeľné aj v mračne bodov. merané pravidelne podľa pravidiel uvedených vyššie. Poloha bodov nesmie mať určenú polohovú presnosť horšiu ako 3 cm. Z merania na kontrolnom stanovisku bude spracovaná kompletná dokumentácia v nasledovnom rozsahu:

- určenie polohy stanoviska (stanovísk)
- určenie polohy jednotlivých podrobných kontrolných bodov
- metóda merania
- charakteristiky presnosti merania určenia polohy meraných kontrolných bodov
- zápisníky a fotodokumentácia s vyznačením polohy kontrolných bodov.

### **Podrobná výšková validačná sieť**

Podrobná výšková validačná sieť bude mať umiestnenie kontrolných stanovísk v rovnakých lokalitách ako podrobná polohová validačná sieť. Bude ju tvoriť štvorcová mriežka 2x2 m<sup>2</sup>, ktorý bude mať zamerané jednotlivé body každý 1 m, t.j. mriežka podrobnej výškovej validačnej siete na každej lokalite bude určená nasledovne:



Uvedená mriežka musí byť vytvorená ešte pred realizáciou mobilného zberu dát tak, aby bola zaznamenaná aj na fotografiách (pri použití sférickej kamery) a v prípade farebného skenovania aj v mračne bodov, pre jej jednoduchšiu identifikáciu. Mriežka bude v mieste bodov nakreslená v podobe bodov so sústrednými kružnicami s priemerom 1, 5 a 10 cm, pričom farebne bude musieť ísť o kontrast voči terénu (farba s vysokou reflexivitou) a odolnosť proti oderu minimálne počas doby mobilného mapovania. Pred meraním sa na vhodne zvolenej lokalite otestuje reflektivita farby na skenoch a fotografiách a z tohto testovania sa vyhotoví dokumentácia. Poloha bodov nesmie mať určenú výškovú presnosť horšiu ako 3 cm.

Z merania na kontrolnom stanovisku bude vypracovaná kompletná dokumentácia:

- určenie polohy a výšky jednotlivých bodov podrobnej výškovej validačnej siete v každej kontrolnej lokalite
- metóda merania
- charakteristiky presnosti merania určenia výšok meraných kontrolných bodov
- zápisníky a fotodokumentácia s vyznačením polohy kontrolných bodov.

## **Validačná geodetická sieť vo vzťahu k mračnu bodov**

Mračno bodov obsahuje všetky body, ktoré boli vyhotovené mobilným mapovacím zariadením (v prípade, že je jeho súčasťou LIDAR skener). Toto mračno po spracovaní môže byť uložené vo viacerých skenoch (ako odporúča kapitola Správa a analýza RAW dát) alebo v jednom spojenom skene s optimalizovaným rozlíšením bodov (rovnako uvádza kapitola Správa a analýza RAW dát).

Samotný LIDAR skener použitý pri mobilnom mapovaní môže dosahovať – v závislosti od nastavenej frekvencie skenovania, rýchlosti pohybu mobilného mapovacieho zariadenia, kvality skenera, počasia, kvality GPS signálu atď.) veľmi vysokú vnútornú presnosť určenia polohy (2 cm) a výšky každého jedného bodu z mračna bodov. A priori je však potrebné predpokladať, že reálne sa presnosť určenia polohy mračna bodov bude pohybovať na úrovni 5 cm v polohe a vo výške. Túto presnosť ovplyvňuje veľmi veľa faktorov:

- kvalita GNSS signálu
- výpadky merania odometrom
- Povrch komunikácie (otrasy spôsobujú vyššie hodnoty roll, pitch, heading pri meraní pomocou IMU)
- Poveternostné podmienky
- Odrazivosť objektov (po daždi budú mať mokré objekty inú odrazivosť ako za dobrého počasia)
- Vzdialenosť meraného objektu od trajektórie – objekty vzdialenejšie môžu mať nižšiu presnosť určenia ako tie, ktoré sú v blízkosti trajektórie

Vo všeobecnosti sa práve preto môže stať, že niektoré merania mobilným zberom dát dosiahnu presnosti na úrovni mapovania veľkých mierok triedy presnosti 3, t.j. presnosť v určení polohy a výšky do 14 cm.

Na spresňovanie mračna bodov a jeho prevyrovnanie bude práve vhodná validačná sieť a výsledky validačných meraní, aby uvedená presnosť 5 cm mohla byť dosiahnutá.

**Validačná sieť bude slúžiť v prípade LIDAR mračna bodov na nasledovné účely:**

- referenčná sieť pre mračno bodov, ktorá bude slúžiť na kontrolu správnosti vyrovnaní mračna bodov (kontrola možných deformácií pri vyrovnaní mračna bodov),
- referenčná sieť pre mračna bodov z mobilného mapovania pre účely transformácie mračien bodov resp. výstupov ich spracovania z WGS84 do S-JTSK realizácia JTSK03,
- ako základ pre kontrolné podrobné meranie vo vybraných lokalitách na overenie presnosti určenia polôh bodov v mračne bodov,
- ako základ pre kontrolné podrobné meranie vo vybraných lokalitách na overenie presnosti určenia výšok bodov v mračne bodov.

## Určenie parametrov validačnej geodetickej siete autorizovaným geodetom

Kontrola presnosti mračien bodov spočíva v určení odchýlok medzi bodmi mobilného zberu dát a skutočnou terénnou alebo antropogénnou plochou, ktorá je určená inou kontrolnou meracou technológiou ako mobilným zberom dát, pričom je dodržaná nasledovná podmienka:

- presnosť určenia výšky a polohy kontrolným meraním je min. 3-násobne vyššia:

$$m_{\text{kontrol}} \leq m_{\text{LS}} / 3$$

Na jednotlivých kontrolných lokalitách validačnej geodetickej siete bude posúdená presnosť mračien bodov. Pre každú kontrolnú lokalitu bude spracovaný validačný výpočet podľa nasledovných výpočtov:

Polohová presnosť mrača bodov v kontrolnej lokalite sa vypočíta zo vzťahu pre polohovú strednú chybu:

$$m_{XY} = \sqrt{\frac{\sum_{p=1}^n \Delta XY_p^2}{n}}$$

kde  $\Delta XY_p$  je horizontálna odľahlosť bodu mrača bodov jednoznačne identifikovaného na rovinnom zvislom objekte od roviny tohto objektu určenej kontrolným meraním a n je počet testovaných bodov.

Výšková presnosť mrača bodov v kontrolnej lokalite sa vypočíta zo vzťahu pre výškovú strednú chybu:

$$m_h = \sqrt{\frac{\sum_{v=1}^n \overline{\Delta h_v^2}}{n}}$$

kde:

$$\overline{\Delta h}_v = \frac{\sum_{i=1}^4 \Delta h_i}{4},$$

$$\Delta h_i = \left| \overline{h}_{LS} - h_{kontrol\ i}, \right|$$

$$\overline{h}_{LS} = \frac{\sum_{j=1}^m h_{LS\ j}}{m},$$

$h_{LSj}$  je výška j-teho bodu mračna z okolia 0,40 m od projektovaného kontrolného bodu,  $m$  je počet bodov spadajúcich do tohto okolia,  $h_{kontrol\ i}$  je výška meraná kontrolným meraním na  $i$ -tom kontrolnom bode a  $n$  je počet kontrolných mriežok.

Z jednotlivých kontrolných lokalít podrobnej validačnej siete budú spracované hodnotiace elaboráty a posúdená celková presnosť mračien bodov.

V prípade, že nebude dosiahnutá požadovaná presnosť, musí byť daná lokalita zmeraná opakovane a to na všetkých kontrolných lokalitách súvislo až po kontrolné lokality, na ktorých daná presnosť splnená bude.

## Záver

Tento Manuál spracovateľských postupov pre mobilný zber dát a návrh validačnej geodetickej siete pre Digitálny Obraz Krajiny (DOK) komplexne popisuje postupy, pri mobilnom zbere dát pre účely tvorby digitálneho obrazu krajiny, ale aj pre iné účely.

Mobilný zber dát predstavuje súbor na seba nadväzujúcich krokov od definovanie účelu zákazky, rekognoskácie terénu, vykonania meraní až po spracovanie meraných údajov a validáciu kvality. Výsledkom merania a spracovania mobilného zberu dát pre jednotlivé lokality bude nasledovný komplexný elaborát mobilného zberu dát:

### **Definovanie účelu merania**

#### **Rekognoskácia zadávateľom a jej dokumentácia**

##### **Spracovanie technickej špecifikácie zadávateľom, ktorá musí obsahovať minimálne:**

- účel merania a využitia dát
- rozsah merania (záujmová oblasť, merané objekty)
- podrobnosť merania (počet bodov na m<sup>2</sup>)
- presnosť merania
- požiadavky na technické vybavenie (ak je relevantné)
- prípustné podmienky merania
- súradnicový systém a výškový systém
- požiadavky na validačnú geodetickú sieť a validačné merania
- postup hodnotenia kvality výstupov
- požiadavky na dokumentáciu

##### **Rekognoskácia pre účely mobilného zberu dát a budovania validačnej geodetickej siete**

- definovanie viditeľnosti objektov
- dopravné značenie
- dopravné obmedzenia
  
- dostupnosť bodov ŠPS a ich miestopisy
- dokumentácia vyhládaných bodov
- návrh umiestnenia validačnej geodetickej siete
  
- zoznam požiadaviek na prípravu terénnych meraní
- dlhodobá predpoveď počasia
- požiadavky na súčinnosť zo strany zadávateľa

- možné obmedzenia merania

**Tieto výstupy - musia byť odsúhlasené zadávateľom pred začatím merania a odsúhlasenie je súčasťou dokumentácie**

Dokumentácia prípravy merania:

- stanovenie trajektórií merania
- návrh a vybudovanie geodetickej validačnej siete (touto témou sa zaoberá kapitola "Návrh validačnej geodetickej siete, štruktúra, parametre a charakteristiky)
- plán merania v dňoch
- poskytovanie súčinnosti pri príprave záujmového územia
- meteorologická predpoveď
- idefinovanie kontrolných lokalít podrobnej polohovej a podrobnej výškovej validačnej siete

Dokumentácia prípravy meracej techniky:

- kalibračný protokol skenera
- kalibrácia meracej sústavy
- skúška systému pred začatím merania (dokumentácia pre každý deň merania)

Mobilný zber dát

- zázpisník mobilného zberu dát
  - kto meral
  - v akých časoch
  - použitá meracia technika
  - stav počasia
  - svetelné podmienky (určené luxmetrom)
  - špecifické prípady merania

Meranie validačnej validačnej siete

- zázpisníky tachymetrických meraní (môžu byť dokladované ako zázpisník z elektronickej totálnej stanice)
- RINEX súbory statickej metódy
- miestopisy bodov validačnej geodetickej siete

RAW údaje merania dokumentované nasledovne:

- názov zákazky
- akronym/číslo zákazky



- dátum a čas merania (čas uvedený od - do)
- dátum a čas uloženia na úložisko
- stručný popis meraného územia (napríklad čísla trajektórií v rámci zákazky)
- názov použitého mobilného laserového systému resp. celej zostavy
- základné parametre mobilného laserového systému
- oprávnenia prístupu

Tieto údaje musia byť spravované podľa logiky:

- - zákazka
  - mapovací deň
  - údaje mobilného mapovania (RAW)
  - údaje RINEX
  - vyrovnané a/alebo kategorizované mračno bodov

Výsledky spracovania meraní

- posúdenie diferencí mračien bodov
- výsledné spracované mračno bodov vo formáte LAS
- vektorové alebo rastrové údaje podľa typu údajov
- overenie presnosti mračna bodov na základe validačnej siete