



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV GEODÉZIE

INSTITUTE OF GEODESY

**VEKTORIZACE POLOHOPISU S VYUŽITÍM
MRAČEN BODŮ POŘÍZENÝCH SKENOVÁNÍM**

VECTORIZATION OF PLANIMETRY USING POINT CLOUDS CAPTURED BY SCANNING

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Romana Lokšová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. ALENA BERKOVÁ




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

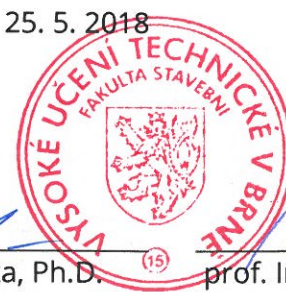

Studijní program	N3646 Geodézie a kartografie
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3646R003 Geodézie a kartografie (N)
Pracoviště	Ústav geodézie

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Romana Lokšová
Název	Vektorizace polohopisu s využitím mračen bodů pořízených skenováním
Vedoucí práce	Ing. Alena Berková
Datum zadání	30. 11. 2017
Datum odevzdání	25. 5. 2018

V Brně dne 30. 11. 2017


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



prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Vosselman, G., Maas, H.: Airborne and Terrestrial Laser Scanning, ISBN 978-1904445-87-6
Štroner, M., Pospíšil, J., Koska, B., Křemen, T., Urban, R., Smítka, V., Třasák, P.: 3D skenovací systémy, Praha 2013

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Pro vektorizaci polohopisné kresby v zadaném území městské části Brno Lískovec využijte mračna bodů pořízená leteckým a mobilním skenováním. K vektorizaci zvolte dostupné programy (např. MicroStation, TerraScan, AutoCAD Map 3D). S využitím transformace mezi zdrojovým a cílovým geografickým souřadnicovým systémem vektorovou kresbu umístěte do S-JTSK. Výsledky vektorizace porovnejte s katastrální mapou a měřením v terénu.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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



Ing. Alena Berková
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Predmetom diplomovej práce je vektorizácia nad mračnami bodov, ktoré sú vyhotovené rôznym technikami. Vektorizácie slúžia ako podklad pre porovnanie so skutočným stavom v teréne získaným meraním v teréne a s DKM

KLÚČOVÉ SLOVÁ

mračno bodov, MicroStation, AutoCAD, letecké laserové skenovanie, pozemné laserové skenovanie, transformation, vektorizácia

ABSTRACT

Diploma thesis deals with vectorisation above point cloud, created by diferent techniques. Vektoriztion purpose as a base for comparison to actual condition in terrain gain by terrain measurement and DKM.

KEYWORDS

point cloud, MicroStation, AutoCAD, airborne laserscanning, terrestrial laserscanning, transformation, vektorization

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Romana Lokšová *Vektorizace polohopisu s využitím mračen bodů pořízených skenováním*. Brno, 2018. 77 s., 12 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie.

PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že som diplomovú prácu spracovala samostatne a že som uviedla všetky použité informačné zdroje.

V Brne dňa 19. 5. 2018

Bc. Romana Lokšová
autor práce

POĎAKOVANIE

V prvom rade by som sa chcela poďakovať vedúcej práce za cenné rady a trpezlivosť. Ďalej by som sa chcela poďakovať Bc. Mariánovi Gelieňovi, Ing. Veronike Mrázkovej a Ing. Denise Jackulíkovej za asistenciu pri meraní v teréne.

OBSAH

1. ÚVOD	9
2. LASEROVÉ SKENOVANIE	10
2.1. História laserového skenovania	10
2.2. Princíp laserového skenovania.....	11
2.3. Rozdelenie skenovania.....	12
2.3.1. Dynamické laserové skenovanie - letecké	12
2.3.2. Dynamické laserové skenovanie – mobilné.....	13
2.3.3. Statické laserové skenovanie.....	14
2.4. Delenie podľa princípu merania.....	14
2.5. Pôsobenie chýb pri meraní laserovými skenermi	15
2.6. Laserové skenovanie v ČR.....	16
2.7. Budúcnosť laserového skenovania	17
3. PÔVOD DÁT.....	19
3.1. Mračná bodov	19
3.2. Vektorizácia.....	20
3.3. Transformácia	20
4. VEKTORIZÁCIA V PROGRAME MICROSTATION.....	23
4.1. MicroStation	23
4.2. Transformácia v programe MicroStation	23
4.3. Práca s mračnom v programe MicroStation	25
4.4. Vektorizácia nad mračnom bodov	26
4.5. Export vektorovej kresby z 3D do 2D a súradníc.....	29
5. VEKTORIZÁCIA V PROGRAME AUTOCAD	31
5.1. Transformácia v programe ReCap 360.....	31
5.2. Vektorizácia v programe AutoCAD	32
5.3. Práca s mračnom v programe AutoCAD.....	35
5.4. Export vektorovej kresby do formátu .dgn a export súradníc	37
6. DKM.....	38
6.1. Export súradníc z DKM.....	38
6.2. Výrez z DKM	39
7. MERANIE V TERÉNE	40

7.1. Popis záujmového územia	40
7.2. Rekognoskácia územia	41
7.3. Tvorba GNSS siete	41
7.4. Meranie v teréne	42
7.5. Spracovanie merania.....	43
7.6. Výpočet konštrukčných omerných mier.....	43
7.7. Vektorizácia.....	44
7.8. Vplyv hustoty mračna bodov na meranie v teréne	44
8. VÝSLEDKY	46
8.1. Porovnanie zoznamov súradníc	46
8.1.1. Porovnanie výsledkov vektorizácie nad leteckým mračnom bodov a DKM (AutoCAD)	49
8.1.2. Porovnanie výsledkov vektorizácie nad leteckým mračnom bodov a DKM (MicroStation).....	50
8.1.3. Porovnanie výsledkov vektorizácie nad pozemným mračnom bodov a DKM (AutoCAD)	51
8.1.4. Porovnanie výsledkov vektorizácie nad pozemným mračnom bodov a DKM (MicroStation).....	52
8.1.5. Porovnanie výsledkov vektorizácie nad leteckým mračnom bodov a merania v teréne (AutoCAD).....	53
8.1.6. Porovnanie výsledkov vektorizácie nad leteckým mračnom bodov a merania v teréne (MicroStation)	54
8.1.7. Porovnanie výsledkov vektorizácie nad pozemným mračnom bodov a meraním v teréne (AutoCAD).....	55
8.1.8. Porovnanie výsledkov vektorizácie nad pozemným mračnom bodov a merania v teréne (MicroStation)	56
8.1.9. Porovnanie výsledkov merania v teréne a DKM	57
8.2. Grafické porovnanie	58
8.2.1. Grafické porovnanie výsledkov vektorizácie a DKM.....	58
8.2.1.1. Vrstva Cesty	58
8.2.1.2. Vrstva Budovy.....	59
8.2.1.3. Vrstva Chodníky.....	61

8.2.1.4. Vrstva Pešinky	61
8.2.2. Grafické porovnanie výsledkov vektorizácie a merania v teréne	62
8.2.2.1. Vrstva Cesty	62
8.2.2.2. Vrstva Budovy	62
8.2.2.3. Vrstva Chodníky	63
8.2.2.4. Vrstva Pešinky	63
8.2.3. Grafické porovnanie merania v teréne a DKM	64
8.2.3.1. Vrstva Cesty	64
8.2.3.2. Vrstva Budovy	64
8.2.3.3. Vrstva Chodníky	65
8.2.3.4. Vrstva Pešinky	65
9. ZÁVER	66
ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY A ZDROJOV	68
ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK	71
ZOZNAM OBRÁZKOV	73
ZOZNAM TABULIEK A GRAFOV	75
ZOZNAM PRÍLOH	76

1. ÚVOD

V súčasnosti sa stretávame s trendom zrýchľovania. Zvyšuje sa tempo života, pracovného nasadenia, ale aj dopravy. Takto by definoval zrýchlenie bežný človek.

V geodetickej praxi sa stýkame so zrýchľovaním pri zbere dát, avšak v tomto prípade ide zrýchľovanie ruka v ruke so zvýšením kvality zberu dát. Diplomová práca bude približovať metódu zberu dát prostredníctvom laserového skenovania. Táto metóda umožňuje za krátky čas získať veľké množstvo dát. V práci sa stretneme s dvoma typmi zberu dát touto metódou. Prvou z nich je letecké laserové skenovanie, ktoré pri zbere dát, v tomto prípade, využíva lietadlo. Druhou metódou je pozemné mobilné skenovanie, získavajúce dáta prostredníctvom lasera umiestneného na streche motorového vozidla.

Mračná bodov slúžia ako podklad na vyhotovenie vektorovej kresby. Na základe nej sa posúdi presnosť voči skutočnému stavu získanému z DKM a z merania v teréne. Cieľom práce je posúdiť, či je vyhotovená vektorizácia, teda aj mračno bodov, vhodnou metódou na vyhotovenie DKM.

V úvode diplomovej práce sa priblíži technika zberu dát laserovým skenovaním, jej historický vývoj, metódy a využitie v praxi na území Českej republiky.

Nasledujúca kapitola rozoberie pôvod vstupných dát a prácu s nimi. Touto kapitolou končí teoretická časť záverečnej práce.

Praktická časť práce začína štvrtou kapitolou približujúcou detailnejší popis práce v programe MicroStation, ktorý je v geodetickej praxi najpoužívanejší.

Piata kapitola priblíži práca v programe AutoCAD, ktorý je využívaný najmä v stavebnej praxi.

V šiestej kapitole sa zameria na získavanie dát z digitálnej katastrálnej mapy.

Detailný popis merania v teréne ako aj spracovanie výsledkov až po samotnú vektorizáciu je uvedený v kapitole siedmej.

Záverečná časť práce je venovaná porovnaniu výsledkov spolu s ich interpretáciou prostredníctvom grafov. Rozoberie sa taktiež vplyv hustoty mračna bodov na vektorizáciu.

2. LASEROVÉ SKENOVANIE

2.1. História laserového skenovania

Pokroky za posledných 50 rokov v oblasti elektroniky, fotoniky a počítačového videnia umožnili vytvoriť spoľahlivé, vysoko rozlíšiteľné a presné pozemné a letecké laserové skenery [1].

Nástup, v roku 1960, lasera, ako zdroja energie, vytvoril mnoho možností pre nové techniky snímania atmosféry, taktiež na zlepšenie a rozšírenie vtedajších techník.

Energia, pri optických alebo blízky optických frekvenciách je monochromatická, koherentná. S rozvojom Q-spínacej techniky sa mohli generovať elektromagnetické vlny vo veľmi krátkych impulzoch s veľmi vysokým výkonom. Viacerí vedci čoskoro rozpoznali uplatniteľnosť tohto zariadenia na atmosférické štúdie a opísali rôzne spôsoby, ktorými by sa mohli využívať špeciálne vlastnosti laserovej energie. Tie sa pohybovali od jednoduchých radarových aplikácií až po sofistikovanejšie koncepty, v ktorých sa využila vlnová povaha a koherentnosť energie lasera [2].

Prvou aplikáciou lasera v geodézii bolo elektrooptické meranie dĺžok, skrátene EDM. Limitujúcim faktorom pri takomto spôsobe zberu dát je plošný rozsah.

V časech studenej vojny vzrástol tlak na vývoj nových metód. Rozvoj fotogrammetrie naštartoval hľadanie nových techník na získavanie priestorových dát z veľkého územia, ktoré by poskytovali presné súradnice. Výrazne k tomu dopomohlo vytvorenie GNSS systémov. Spolu s družicami GNSS vznikli aj presné inerciálne meracie systémy, ktoré spočiatku slúžili iba na vojenské účely. Až po ich sprístupnení bolo možné vytvárať prvé letecké a mobilné skenery na vedecké účely.

Spoločnosť Cyra technologies v roku 1993 ako prvá uviedla na trh laserový skener určený na geodetické a inžinierske účely [9].

V priebehu 20 dekád sa laserové skenovanie stalo dobre zavedenými základmi na poli geodetických techník na získanie geopriestorových dát. Prednosťou laserového skenovania je najmä získavanie dát vo veľkom objeme za krátky čas a to aj v zalesnených, či husto zastavaných oblastiach [1].

V praxi sa môže LLS využiť pri tvorbe 3D modelu, kontrole podzemných a nadzemných vedení a pri analýze vegetácie. Laserové skenovanie sa nevyužíva len v geodetickej praxi, ale aj v stavebníctve, architektúre, či archeológii, ako znázorňuje Obr. 1. V bežnom živote sa môžeme stretnúť s laserovým skenovaním napríklad pri konzole X-BOX kinnect, ktorá sníma pomocou laserového lúča pohyb ľudského tela a prenáša ho do virtuálnej reality hry.

Je možné postrehnúť, že v súčasnej dobe sa čoraz viac zapájajú do meračského procesu bezpilotné lietadlá. Ich spojením s laserovým skenovaním je možné získať dáta aj z nedostupných miest.



Obr. 1 Využitie laserového skenovania v archeológii [11]

2.2. Princíp laserového skenovania

Laserové skenovanie alebo LIDAR (LIght Detection And Ranging), je metóda ktorou je možné lokalizovať objekty na zemskom povrchu s relatívne vysokou presnosťou. Systém nesený v lietadle vysiela lúč smerom k zemi, kde sa odrazí od povrchu späť a systém zaznamená čas, ktorý uplynul medzi vyslaním a prijatím lúča.

Po skončení leteckého zberu dát sa pristúpi k spracovaniu. Zmerané časové intervaly sú prevedené na vzdialenosti a sú porovnávané s údajmi z palubného GPS, údajmi z inerciálnej meracej jednotky lietadla a údajmi z GPS stanice. Na základe

týchto údajov je možné určiť polohu lietadla, teda zemepisnú šírku, zemepisnú dĺžku a nadmorskú výšku. [3]

Výsledkom laserového skenovania je mračno bodov, zhluk bodov so známymi priestorovými súradnicami.

Laserové skenovanie sa vďaka rýchlosti zberu dát a širokému využitiu zaraďuje k veľmi spoľahlivým geodetickým metódam.

V nasledujúcej kapitole bude bližšie priblížené delenie laserových skenerov, metód merania a taktiež rušivých vplyvov na meranie.

2.3. Rozdelenie skenovania

Rozlišujeme dve hlavné typy skenovania statické, označované aj pozemné, s pevnou polohou skenovacieho systému a dynamické umiestnené na mobilných prostriedkoch. Dynamické skenovanie sa delí na letecké a mobilné mapovanie.

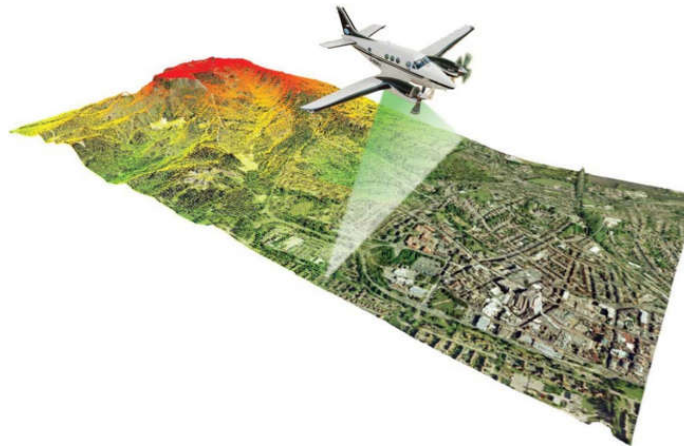
2.3.1. Dynamické laserové skenovanie - letecké

Princíp spočíva v umiestnení skeneru na palube lietadla, helikoptéry alebo drona.

Skenovací systém určený na mapovanie musí pozostávať zo samotného skeneru, GNSS prijímača, inerciálnej meracej jednotky IMU a ďalšieho vybavenia [1].

IMU – slúži na meranie zmien rotácie a polohy. Sústava na určovanie zmien pozostáva z troch gyroskopov a troch akcelerometrov [4].

Zber dát sa vykonáva pozdĺžne s dráhou letu, ako to znázorňuje Obr. 2.



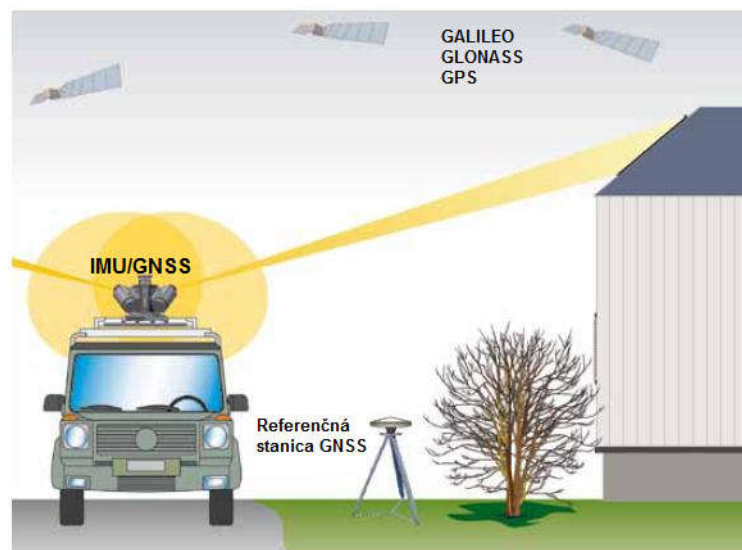
Obr. 2 Princíp leteckého laserového skenovania (LLS) [12]

2.3.2. Dynamické laserové skenovanie – mobilné

Nosičom skeneru je auto alebo loď. Princíp zberu dát je rovnaký ako pri LLS, nosič sa pohybuje po nelineárnej trajektórii (Obr. 3). Pre správne určenie polohy bodu je potrebné poznať pre každý okamžik merania presnú polohu nosiča a smer merania. To zabezpečuje, rovnako ako pri LLS, IMU a GNSS. Počas celej doby skenovania je potrebné, aby bol nosič pripojený na referenčnú stanicu GNSS.

Dosah mobilného laserového skenovania je podstatne menší ako LLS. Súvisí to najmä so zatičením a nedostupnosťou terénu [5].

Metóda nachádza uplatnenie najmä pri kontrole stavu ciest.



Obr. 3 Princíp dynamického laserového skenovania – mobilného (MLS) [13]

2.3.3. Statické laserové skenovanie

V praxi sa najčastejšie stretávame práve s týmto druhom laserového skenovania, keďže je to najdostupnejší spôsob získavania mračien bodov. Skener je umiestnený na statíve a nemení svoju polohu. Princíp statického laserového skenovania (SLS) približuje Obr. 4.

Medzi základné typy SLS patria kamerové a panoramatické skenery [6].

Zber dát prostredníctvom SLS sa využíva najmä v archeológii, snímaní fasád interiérov a pod.

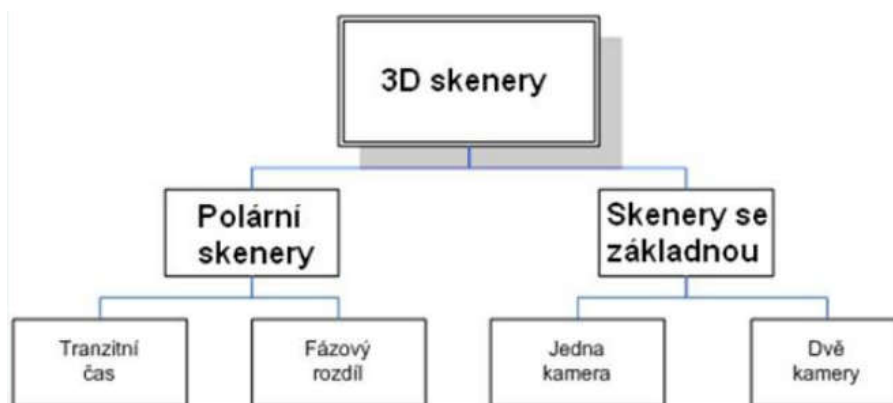


Obr. 4 Princíp statického laserového skenovania [14]

2.4. Delenie podľa princípu merania

Princíp určovania polohy bodu v mračne sa zakladá na určovaní smeru a priestorovej vzdialenosti.

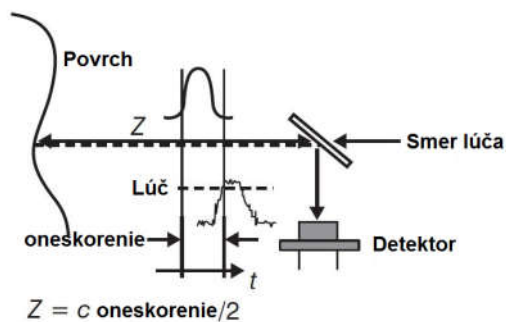
Existujú dva základné typy 3D skenerov, ako uvádza Obr. 5 [6].



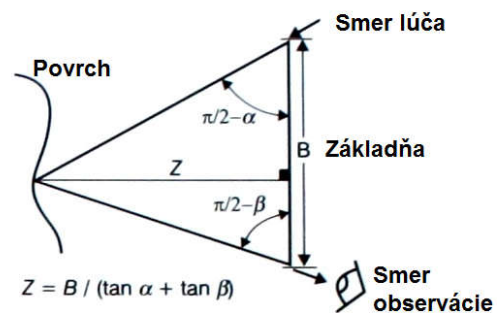
Obr. 5 Rozdelenie typov skenerov [6]

Ako prvé si priblížime polárne skenery, ktoré využívajú elektromagnetické vlny. Ako je možné vidieť na Obr. 6 a), elektromagnetické vlny sú vyslané so známou rýchlosťou v danom médiu. Meria sa časové oneskorenie spôsobené svetlom prechádzajúcim zo zdroja na reflexnú cieľovú plochu a späť do detektora svetla. Tento princíp ponúka výhodnú metódu na určovanie vzdialenosti. Polárne skenery merajú buď fázový rozdiel alebo tranzitný čas.

Na druhej strane skenery so základňou využívajú trianguláciu, konkrétne kosínusový zákon (Obr. 6 b)). Vytvorením trojuholníka s použitím osvetľovacieho smeru zameraného na reflexnú plochu a smer pozorovania v známej vzdialenosti od zdroja osvetlenia. [1]



Obr. 6 a) Princíp polárneho skenera



b) Princíp skenera so základňou [1]

2.5. Pôsobenie chýb pri meraní laserovými skenermi

Skenovacie systémy sú mechanické prístroje, ktoré sú vyrobené a merajú s určitou presnosťou. Okrem týchto vplyvov, ktoré je možné označiť ako vnútorné, je meranie a jeho výsledky ovplyvňované taktiež vonkajšími vplyvmi, ako sú napríklad tvar, či povrch meraného objektu, jeho okolie alebo atmosférické podmienky.

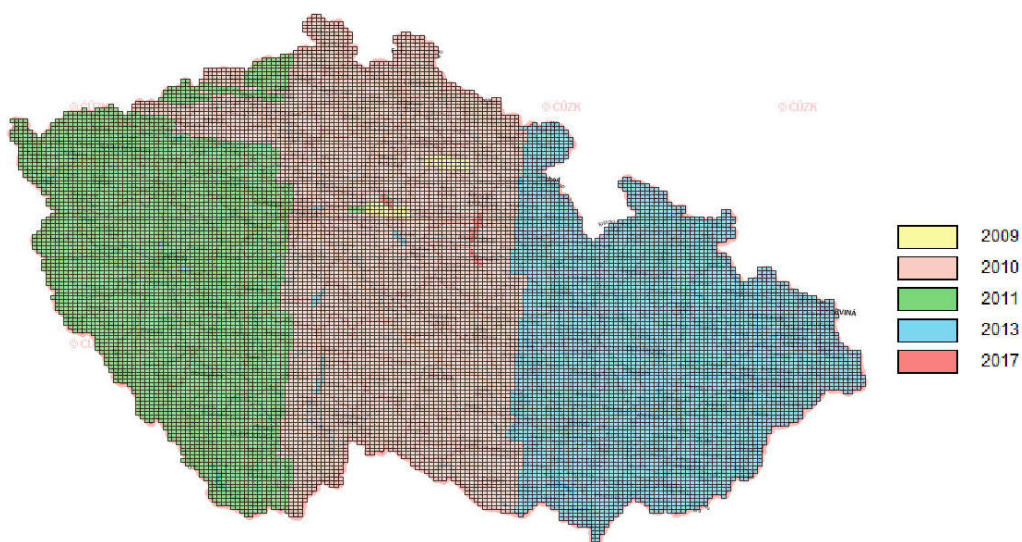
Na presnosť merania pôsobí v prvom rade presnosť určenia priestorovej vzdialenosti a presnosť určenia uhla. Tieto veličiny sú ovplyvňované kvalitou skeneru, ale taktiež vonkajšími vplyvmi ako je atmosféra, tvar a povrch skenovaného objektu a jeho okolie a pod [6].

2.6. Laserové skenovanie v ČR

Významným projektom v oblasti laserového skenovania bol projekt pre vytvorenie DMR 4. a 5. generácie a DMP 1. generácie.

Na tvorbe nového výškopisu ČR sa podieľali Ministerstvo obrany ČR (zapožičalo lietadlo L-410FG), Ministerstvo poľnohospodárstva ČR (zaistilo prenájom laserového skeneru RIEGL LMS – Q680 a príslušenstva) Český úrad geodetický a katastrálny (zabezpečilo riadenie a koordináciu procesu, a správu dát) [8].

Stav DMR do roku 2017 približuje Obr. 7.



Obr. 7 Stav DMR Českej republiky do roku 2017 [18]

Popis jednotlivých DMR Českej republiky sú uvedené v Tab. 1.

Tab. 1 Modely terénu pre ČR [7]

Názov	Popis	Deklarovaná presnosť (úplná stredná chyba výšky mH)	Stav aktualizácie
DMR 4. generácie	Výškový model vo formáte mriežky (GRID) 5x5 m	0,3 m v odkrytom teréne, 1m v zalesnenom teréne	67,9% územia ČR
DMR 5. generácie	Výškový model vo formáte nepravidelnej siete (TIN) získaný z dát LLS po manuálnej kontrole	0,18 m v otvorenom teréne, 0,3m v teréne s otvorenou vegetáciou	33,4% územia ČR
DMP 1. generácie	Digitálny model povrchu Českej republiky 1. generácie (DMP 1G) predstavuje zobrazenie územia vrátane stavieb a rastlinného porastu vo formáte nepravidelnej siete (TIN)	0,4 m pre presne vymedzené objekty (budovy) 0,7 m pre objekty presne neohraničené (lesy a ďalšie prvky rastlinného porastu)	33% územia ČR

2.7. Budúcnosť laserového skenovania

Vďaka širokospektrálnemu využitiu laserového skenovania je možné využiť ho vo viacerých vedných sférach. Nejedná sa iba o geodéziu. Uplatnenie môže nájsť aj v lekárstve, archeológii, kriminalistike a pod.

Pri súčasnom trende rýchleho rozvoja techniky je možné očakávať skvalitnenie zberu dát. Predpokladá sa zvýšenie citlivosti zberu dát a to aj cez hustejší vegetačný kryt.

Spolu s technológiou sa bude zlepšovať aj softvér, ktorý sa bude bližšie približovať bežnému užívateľovi. Zlepšenie by mohol priniesť softvér, ktorý by poskytoval automatickú filtráciu a vektorizáciu dát.

Zmeny možno očakávať aj pri samotných laserových prístrojoch, ktoré sa bežnému užívateľovi priblížia najmä zmenšením rozmerov, zlepšením citlivosti a výdržou batérie.

Rozvojom inteligentných telefónov a tabletov sa bude dbať aj na prenosnosť prístrojov. V súčasnej dobe existuje nadstavba na tablet spoločnosti Apple iSense, ktorá umožňuje vyhotovenie skenu objektov kdekoľvek. [17]

So zmenšením rozmerov treba počítať aj pri meračskej technike, ktorá sa týmto krokom bude snažiť dostať sa do popredia a povedomia širšej skupine užívateľov a zefektívniť tak zber dát.

3. PÔVOD DÁT

3.1. Mračná bodov

Vstupné dáta pre spracovanie diplomovej práce boli poskytnuté Centrom AdMaS, ktoré tvorí súčasť Fakulty stavebnej Vysokého učení technického v Brne. Jednalo sa o dvojicu mračien bodov, ktoré boli zozbierané dvoma odlišnými metódami zberu dát v súradnicovom systéme ETRS 89/UTM 33N.

Mračno bodov vytvorené leteckým laserovým skenovaním bolo vyhotovené prístrojom Riegl LMS-Q780, znázorneným na Obr. 9, umiestneným na palube lietadla.

Mračno bolo súčasťou väčšieho celku, avšak bolo orezané na oblasť Oblej ulice a príslušného okolia, ktorá sa nachádza v okrese Brno – mesto, konkrétne v katastrálnom území Nový Lískovec.

Na vyhotovenie mračna bodov pozemným laserovým skenovaním bol použitý skener značky Riegl VMX-450 umiestnený na streche automobilu (Obr. 8), z toho dôvodu mračno bodov zachytáva iba Oblú ulicu, nie celé jej okolie. Napriek tomu, že mračno zachytáva menšiu oblasť, než mračno bodov vyhotovené leteckým skenovaním, obsah bodov je vyšší a to v dôsledku väčšieho počtu zosnímaných detailov.



Obr. 8 Automobil vybavený laserovým skenovacím systémom Riegl VMX-450



Obr. 9 Laserový skener Riegl LMS-Q780 [19]

Hustota bola pred skenovaním jednotlivých mračien nastavená na hodnotu 50mm. Pri takto zvolenej hustote je počet bodov v mračne bodov, vyhotovené leteckým laserovým skenovaním 1 607 065 a v mračne bodov, vyhotovené mobilným laserovým skenovaním 60 943 040.

Letecké mračno bodov zobrazuje územie s rozlohou je 10,84 ha, pričom dĺžka územia je 784 m a šírka územia je 205 m. Rozmery územia, ktoré znázorňuje pozemné mračno bodov je možné určiť len odhadom. Rozlohu možno odhadovať na 9,5ha, dĺžku na 778 m a šírku na 199 m.

Vstupné mračná bodov nie sú súčasťou príloh z dôvodu veľkosti súborov.

3.2. Vektorizácia

Pod týmto pojmom je možné si predstaviť odvodzovanie vektorových dát z rastrových dát podporované technickými a programovými prostriedkami [15].

V tomto prípade boli za programové prostriedky zvolené CAD softvéry MicroStation a AutoCAD, ktoré sú často používané v geodetickej praxi. Softvéry taktiež podporujú prácu s mračnom bodov.

Prv než sa pristúpi k vektorizácii je potrebné mračná transformovať.

3.3. Transformácia

Transformácia vyjadruje prevod súradníc z jedného referenčného súradnicového systému do druhého, avšak v tomto prípade sa nebude jednať len o transformáciu súradnicového systému, ale aj o transformáciu do kompatibilného dátového formátu. Pre zjednodušenie sa bude transformácia do iného formátu označovať ako konverzia.

Vstupné mračná vyhotovené pozemným aj leteckým laserovým skenovaním sú v súradnicovom systéme ETRS 89 v zobrazení UTM zóna 33N, v ktorej sa nachádza záujmové územie. Táto informácia je dôležitá najmä z hľadiska výberu vstupného súradnicového systému v softvéri. Výstupný súradnicový systém je zvolený Czech/JTSK.Křovák, odpovedajúci súradnicovému systému S-JTSK.

Parametre vstupného (Obr. 10 a)) a výstupného (Obr.10 b)) systému sú získané z programu MicroStation.

Správnosť oboch transformácií bola približne overená pripojením WMS servera, konkrétne ortofoto snímku, do výkresu. Transformácie v programe AutoCAD bude bližšie priblížená v kapitole ReCap.

Vstupným formátom mračien bol formát *.las*, ktorý je štandardný binárny formát určený na uchovávanie lidarových dát [10].

The image shows a screenshot of the 'Souřadnicový systém' (Coordinate System) dialog box in MicroStation. It is divided into three sections: 'Souřadnicový systém', 'Datum', and 'Elipsoid'. Each section contains a list of parameters and their values.

Souřadnicový systém	
Název	ETRS89.UTM-33N
Popis	ETRS89 / UTM zone 33N
Zobrazení	UTM - univerzální příčné Mercatorovo zobrazení
Zdroj	EPSG, V6.3, 25833 [Large and medium scale topog
Jednotky	Meter
Časové pásmo	33
Hemisféra	Severní
Minimální zem. dé	12°00'00.0000"E
Maximální zem. d	21°00'00.0000"E
Minimální zem. šíř	35°30'00.0000"N
Maximální zem. ší	80°03'00.0000"N

Datum	
Název	ETRF89
Popis	European Terrestrial Reference Frame, 1989 (= W
Zdroj	Various source, all say its equivalent to WGS84
Metoda konverze	Geocentrická translace
Přírůstek X	0
Přírůstek Y	0
Přírůstek Z	0

Elipsoid	
Název	GRS1980
Popis	Geodetic Reference System of 1980
Poloměr rovníku	6378137
Poloměr pólu	6356752.3141403478
Eccentricita	0.081819191042830641
Zdroj	Stem, L.E., Jan 1989, State Plane Coordinate Syste

Obr. 10 a) Parametre vstupného

Souřadnicový systém	
Název	Czech/JTSK.Krovak
Popis	Czechoslovakian Grid System (S-JTSK)
Zobrazení	Křovákovo (přesný počátek)
Zdroj	Prof. ing. Bohuslav Veverka, DrSc, GEO
Jednotky	Meter
Zem. délka pólu	42°30'00,0000"E
Zem. šířka pólu	59°45'27,3548"N
První standardní rovnoběžka	78°30'00,0000"N
Zem. délka počátku	17°40'00,0000"W
Zem. šířka počátku	49°30'00,0000"N
Redukce měřítka	0,9999
Nepravá rovinná souřadnice E	0
Nepravá rovinná souřadnice N	0
Kvadrant	Kladná X a Y
Minimální zem. délka	00°00'00,0000"E
Maximální zem. délka	29°20'00,2646"E
Minimální zem. šířka	42°00'00,0000"N
Maximální zem. šířka	55°00'00,0000"N

Datum	
Název	Czech/JTSK
Popis	Czech/Slovak Republics (7 Parameter Transform)
Zdroj	Transformace souřadnic ze systému WGS84 do S-JTSK
Metoda konverze	Transformace sedmi parametrů
Přírůstek X	570,6934
Přírůstek Y	85,6936
Přírůstek Z	462,8393
X Otočení	-4,99825
Y Otočení	-1,58663
Z Otočení	-5,26114
Změna velikosti	3,5430155

Elipsoid	
Název	BESSEL
Popis	Bessel, 1841
Poloměr rovníku	6377397,155
Poloměr pólu	6356078,96282
Excentricita	0,081696831219061447
Zdroj	US Defense Mapping Agency, TR-8350.2-B, Decem

Obr. 10 b) výstupného souřadnicového systému

4. VEKTORIZÁCIA V PROGRAME MICROSTATION


4.1. MicroStation

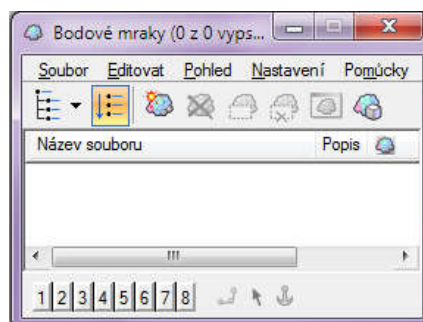
Softvér MicroStation sa zaraďuje medzi najpoužívanejšie CAD softvéry v ČR. Od verzie softvéru V8 umožňuje prácu s mračnom bodov a práve preto bol zvolený na vektorizáciu mračna.

MicroStation podporuje dátový formát mračna *.pod*, preto je potrebné vykonať konverziu vstupných mračien, ktoré sú v dátovom formáte *.las*.

4.2. Transformácia v programe MicroStation

V programe je založený *Nový 3D výkres*, pričom je kladený dôraz na to, aby bol výkres v súradnicovom systéme S-JTSK.

V *Paneli nástrojov* sa zvolí ikona , symbolizujúca *Mračno bodov (Point Cloud)*. Zobrazí sa nové okno *Bodové mraky*, znázornené na Obr. 11, slúžiace na pripojenie/odpojenie a zobrazenie mračna bodov.

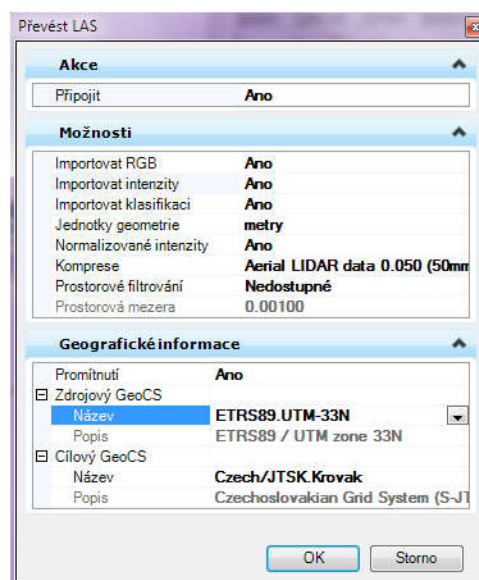


Obr. 11 Okno bodové mraky

Výberom na voľbu *Súbor* → *Pripojiť* sa zobrazí ponuka na import mračna bodov.

Primárny dátový formát určený na načítanie mračien je *.pod*, preto je potrebné, aby v okne *Otvorenie* bol zvolený typ súboru *Všetky súbory (*.*)*.

Po zvolení požadovaného mračna sa ukáže ponuka, umožňujúca konverziu mračna v dátovom formáte *.las* na dátový formát *.pod* (Obr. 12).





Obr. 12 Prevod na dátový formát .las

Súčasťou tejto konverzie je aj transformácia medzi rôznymi súradnicovými systémami.

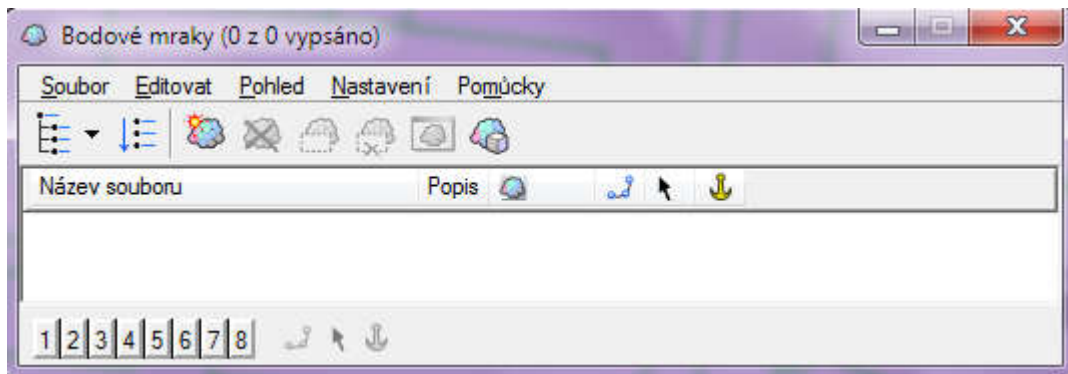
Za zdrojový súradnicový systém sa v tomto prípade zvolil *ETRS89.UTM-33N* a cieľový *Czech/JTSK.Křovák* (Obr. 12), ktorý zodpovedá súradnicovému systému S-JTSK Křovák East North.

Zvyšné parametre ostávajú nezmenené. Transformáciu mračna potvrdíme klávesou *OK*.

Farba mračna je biela, avšak je možné ju zmeniť pomocou nástroja *Bodové mraky*  → *Nastavenia* → *Prezentácia* → *Zoznam štýlov prezentácie*. Zo *Štýlov reprezentácie* bola zvolená prezentácia na základe *Výšky a intenzity*, keďže vykreslila mračno bodov v spektre farieb, čo umožnilo lepšiu orientáciu a tým aj vektorizáciu. Stlačením voľby  sa prezentácia preniesla do všetkých pohľadov. Týmto krokom bola transformácia, konverzia a prezentácia mračna ukončená a pristúpilo sa k samotnej vektorizácii.


4.3. Práca s mračnom v programe MicroStation


Účelom kapitoly je detailnejšie priblížiť prácu s mračnom bodov v programe MicroStation. V úvode kapitoly na Obr. 13 je možno vidieť panel ponuky práce s mračnom bodov.




Obr. 13 Panel práce s mračnom bodov

Karta *Súbor*


Pripojiť mračno  - umožňuje pripojenie mračna bodov (v dátových formátoch .las, .pod, .bin, .e57 a iných) do výkresu.


Odpojiť mračno  - umožňuje odpojenie aktívneho mračna bodov z výkresu.

Previesť  - umožňuje konverziu a transformáciu mračna bodov.

Export  - umožňuje exportovať aktívne mračno bodov do dátového formátu .pod a .xyz, pri exporte možno meniť hustotu, jednotky, desatinnú presnosť, geografické informácie, alebo zmeniť filter.

Karta Editovať

Orezanie mračna  - umožňuje orezanie mračna pomocou rôznych tvarov a v rôznych pohľadoch.

Odstránenie orezania  - odstráni orezanie v aktívnom mračne bodov.

Karta Nastavenie

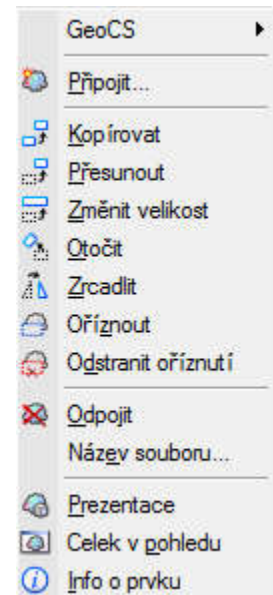
Prezentácia – umožňuje zvoliť farebnosť mračna bodov na základe rôznych štýlov, ktoré možno ľubovoľne prestaviť, prípadne umožňuje vytvorenie vlastného štýlu prezentácie mračna bodov.

Karta Pomôcky

GeoCS – umožňuje nastavenie pomocného súradnicového systému a jeho odpojenie.

Pracovné okno ponuky práce s mračnom bodov

Kliknutím na názov aktívneho mračna bodov sa zobrazí zjednodušená ponuka (Obr. 14) práce s mračnom bodov obsahujúca voľbu pomocného súradnicového systému, informácie o mračne bodov, orezanie a pod.





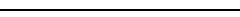

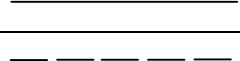


Obr. 14 Zjednodušená ponuka

4.4. Vektorizácia nad mračnom bodov

Dôležitým krokom pri vektorizácii bola klasifikácia budúcej vektorovej kresby do vrstiev, ktorá bola vykonaná pomocou nástroja *Správca vrstiev*.

Vektorizované kresby vyhotovené nad oboma mračnami bodov obsahujú rovnaký počet vrstiev. Vrstvy sa zhodujú aj svojimi vlastnosťami, ktoré sú uvedené v Tab. 2.

Tab 2. Vlastnosti vrstiev vektorizácií nad mračnami bodov

Názov vrstvy	Farba vrstvy	Typ čiary	Hrúbka čiary
Budovy	0		1
Cesty	0		2
Chodníky	0		0
Mračno bodov	0		0
Pešinky	0		0
Popis	0		0
Tlačový list	0		0

Farba vrstvy bola zvolená zo základnej palety farieb programu MicroStation. Rovnako aj *Typ* a *Hrúbka čiary* boli volené zo základných typov a hrúbok čiar.

Farba, Typ aj *Hrúbka čiary* boli nastavené *Podľa Vrstvy*, to znamená, že po zvolení vrstvy sa bude línia vykresľovať podľa prednastavených atribútov uvedených v Tab.2.

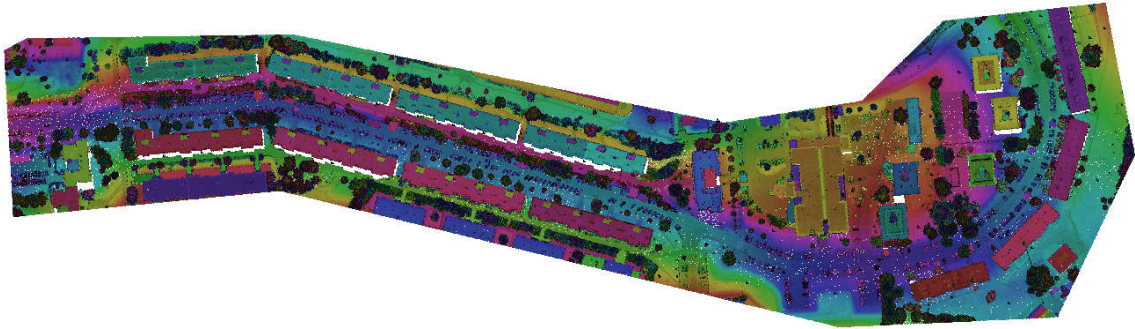
Vrstvy slúžia na to, aby boli jednotlivé druhy povrchov ľahko rozlíšiteľné.

Súčasťou každého výkresu je aj vrstva *Default*, ktorá však ostáva nevyužitá.

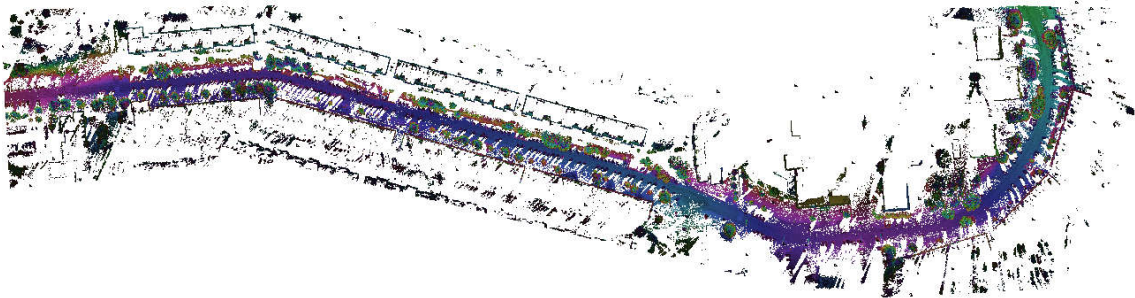
Následne sa pristúpilo k vektorizácii. Zvolila sa vrstva, do ktorej sa bude zakresľovať budúca kresba a pomocou nástroja *Umiestniť úsečku* sa obtiahla hranica požadovaného objektu (stavby).

Nakoľko sa jedná o vektorizáciu polohopisu, je potrebné, aby sa pohľad na mračno zvolil Zhora (Obr. 13 a) a b)). Keďže sa jedná o 3D mračno bodov je možné s ním ľubovoľne manipulovať a to otáčať, posúvať prípadne meniť pohľady podľa predvolených možností pomocou nástroja *Otočiť pohľad*.

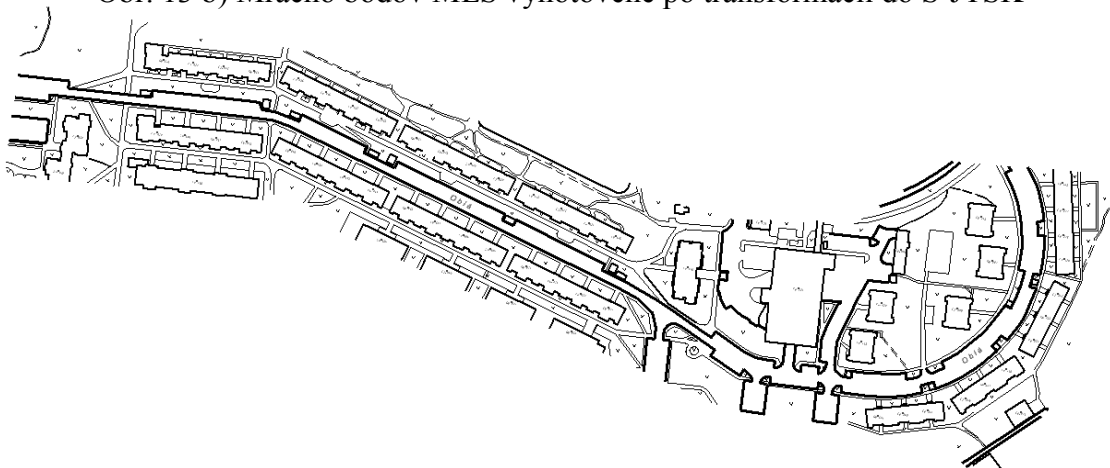
Vyhotovené vektorizácie sú súčasťou *Prílohy číslo 1 – Vektorizácia* a znázornené na Obr. 14 a) a b).



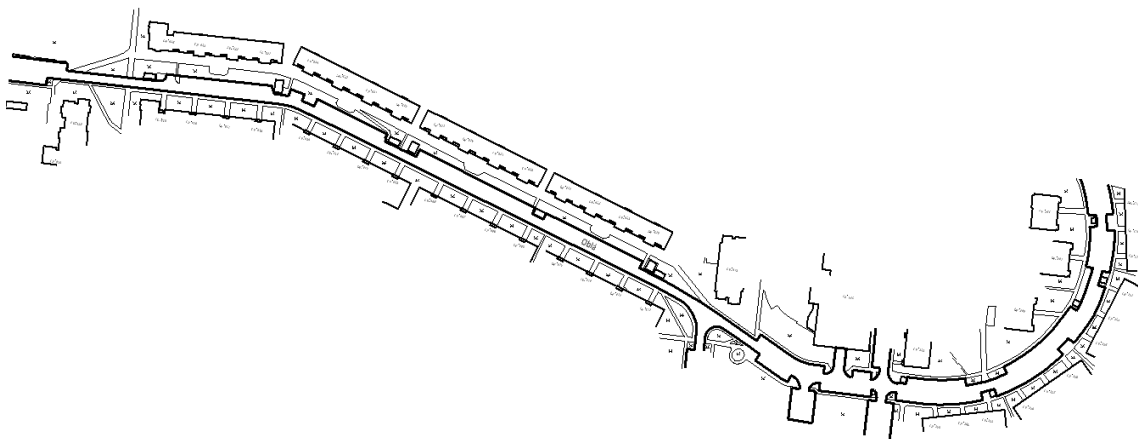
Obr. 13 a) Mračno bodov LLS vyhotovené po transformácii do S-JTSK



Obr. 13 b) Mračno bodov MLS vyhotovené po transformácii do S-JTSK



Obr. 14 a) Vektorová kresba nad mračnom bodov vyhotoveným LLS



Obr. 14 b) Vektorová kresba nad mračnom bodov vyhotoveným MLS

4.5. Export vektorovej kresby z 3D do 2D a súradníc

Na účely porovnania zoznamov súradníc, získaných z výsledkov vektorizácie a z merania v teréne (DKM), je potrebné, aby bola v jednotlivých výkresoch znázornená iba vrstva Budovy. Je to z toho dôvodu jednoznačnej polohy lomových bodov. Zvyšné vrstvy vektorizácie slúžia len na účely grafického porovnania.

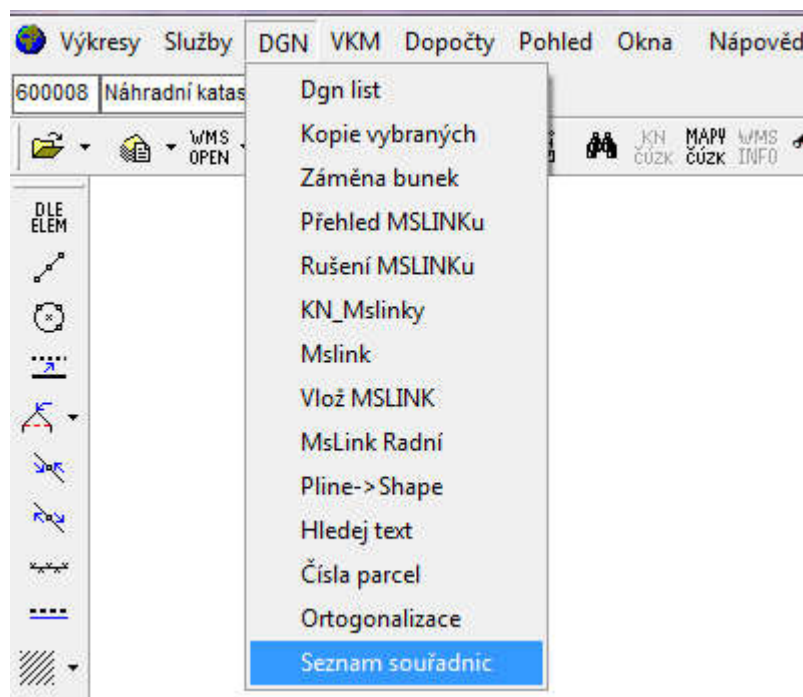
Aby bolo možné získať zoznam súradníc z vektorizácie nad mračnom bodov je potrebné vyhotovený 3D výkres vyexportovať do formátu 2D.

V paneli nástrojov sa zvolil *Súbor* a vyhládala sa voľba *Export*, ktorá ponúka priamy export do formátu 2D. Výkresy vo formáte 2D sú súčasťou *Prílohy číslo 1 – Vektorizácia – 2D*.

Pri exporte súradníc vektorizácie nad mračnom bodov bolo potrebné použiť program VKM. Ten umožňuje pracovať .dgn formátmi, avšak iba vo formáte výkresu V7.

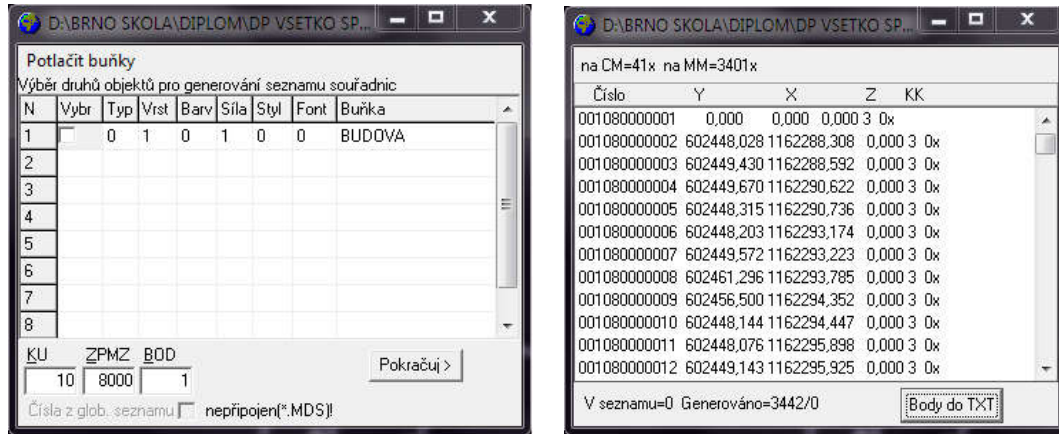
Postupnosťou krokov *Výkres* → *Otvoriť* sa zobrazí zvolená vektorizácia nad mračnom bodov.

Na lište panelu nástrojov pribudne nová voľba *DGN* (Obr. 15). Po jej zvolení sa zobrazí ponuka, z ktorej sa zvolí posledná možnosť *Zoznam súradníc*.



Obr. 15 Export zoznamu súradníc z kresby vo formáte .dgn

Otvorí sa nové okno so zoznamom vrstiev, ktoré sa vo výkrese nachádzajú. Po stlačení tlačidla *Pokračuj* sa vyexportujú súradnice vo formáte *.txt* a následne sa uložia do *Prílohy číslo 1 – Vektorizácia – Zoznamy súradníc*. Postup je znázornený na Obr. 16 a) a b).



Obr. 16 a) zoznam vrstiev vo výkrese

b) vyexportované súradnice z výkresu

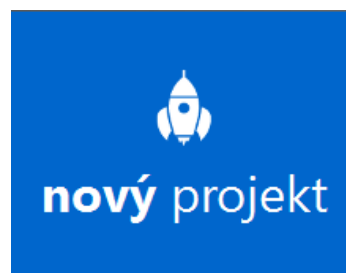
5. VEKTORIZÁCIA V PROGRAME AUTOCAD

Softvér AutoCAD 2016 je produktom spoločnosti Autodesk a rovnako ako MicroStation sa zaraďuje medzi CAD softvéry. Umožňuje 2D a 3D projektovanie.

AutoCAD nepodporuje dátový formát *.las*. Z toho dôvodu je nutná konverzia do požadovaného formátu a transformácia do súradnicového systému S-JTSK prostredníctvom doplnkového softvéru ReCap360, ktorý je tiež produktom Autodesku.

5.1. Transformácia v programe ReCap 360

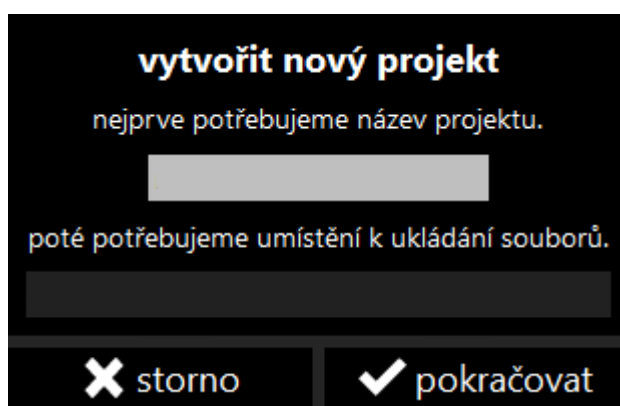
Ako bolo spomenuté v predchádzajúcej kapitole ReCap 360 je doplnkový softvér AutoCAD-u. Program sa nachádza priamo v AutoCAD-e v karte *Vložiť*, hneď vedľa *Vloženia mračna bodov*. Používanie ReCap-u je veľmi jednoduché.



Obr. 17 Ikona Nový projekt

V prvom kroku je potrebné, pomocou ikony *Nový projekt* (Obr. 17), naimportovať mračno bodov, ktoré sa bude transformovať. Treba dbať na to, aby bolo vstupné mračno v dátovom formáte *.las*.

V nasledujúcom kroku sa zvolí názov a miesto uloženia mračna po transformácii (Obr. 18).

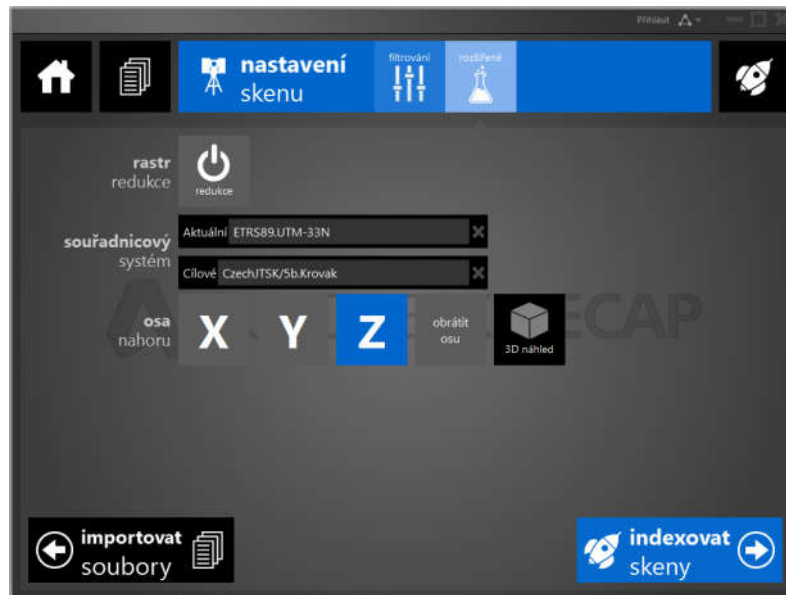


Obr. 18 Názov a umiestnenie výstupného mračna

Pomocou ikony *Vybrať súbor k importu* sa vyberie požadovaný súbor.

Po načítaní mračna bodov je potrebné nastaviť (viď Obr. 19) aktuálny a cieľový súradnicový systém sledom krokov *Nastavenie skenu* → *Rozšírené*.

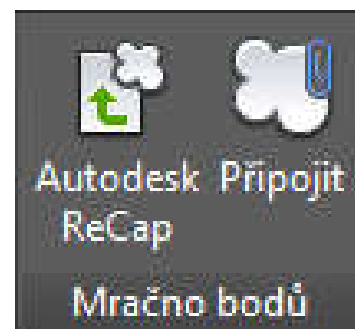
Za aktuálny (zdrojový) súradnicový systém bol zvolený systém *ETRS89.UTM-33N* a za cieľový *Czech/JTSK.Křovák*. Stlačením tlačidla *Indexovať sken* sa začne transformácia. Po zobrazení mračna v programe sa transformácia automaticky uložila do zvoleného priečinku v dátovom formáte *.rcp*.



Obr. 19 Voľba aktuálneho a výstupného súradnicového systému

5.2. Vektorizácia v programe AutoCAD

V programe AutoCAD sa zvolí možnosť *Zahájiť kreslenie*. Pomocou nej je založený nový výkres. Zo zložky so základacími súbormi sa vyberie šablóna s prednastavenými jednotkami (metrami a grádmi) odpovedajúca súradnicovému systému S-JTSK. Vo výkrese sa vyberie hladina, do ktorej sa naimportuje mračno bodov. Hladina 0 sa necháva prázdna.



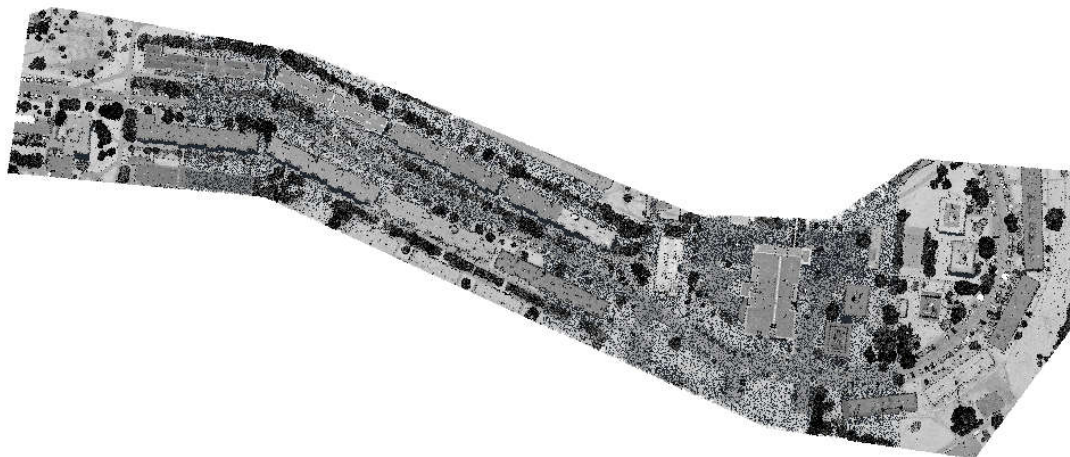
Obr. 20 Pripojenie mračna bodov

Mračno pripojíme pomocou voľby *Mračno bodov* → *Pripojiť*, ktorá sa nachádza v karte *Vložiť*. Ikona je znázornená na Obr. 20.

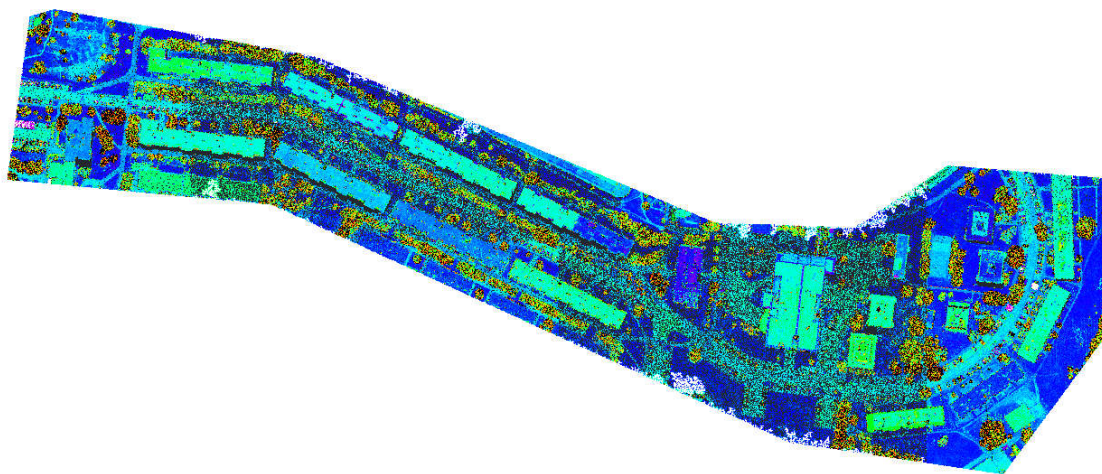
Keďže je mračno v S-JTSK je možné načítať mračno od počiatku súradnicového systému.

Po načítaní do výkresu sa mračno zobrazí v odtieňoch sivej farby. Kliknutím na rám mračna bodov sa objaví ponuka *Práca s mračnom*, ktorá je oveľa rozmanitejšia než ponuka v programe MicroStation. Z ponuky sa využila voľba *Zafarbenie snímku podľa intenzity a veľkosť bodov*, ktorá bola nastavená na hodnotu 3 a slúžila na zlepšenie orientácie v mračne.

Uzamknutím mračna sa predídze jeho posunu alebo zrušeniu. Znáznornenie farebnosti mračna po načítaní do výkresu a po zmene farebnosti sa nachádza na Obr. 21 a Obr. 22.



Obr. 21 Mračno bodov po načítaní do výkresu



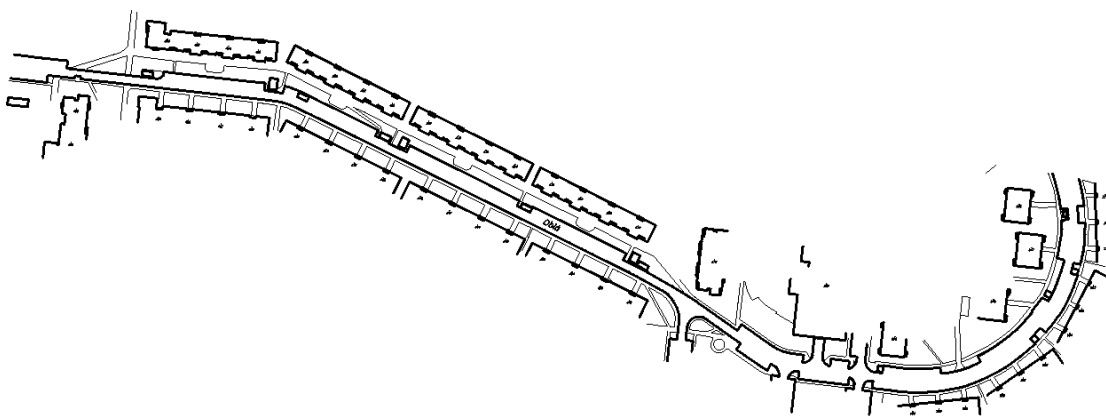
Obr. 22 Mračno bodov po zmene farebnosti

Vrstvy (Hladiny) v programe AutoCAD sa budú názvami zhodovať s vrstvami v programe MicroStation.

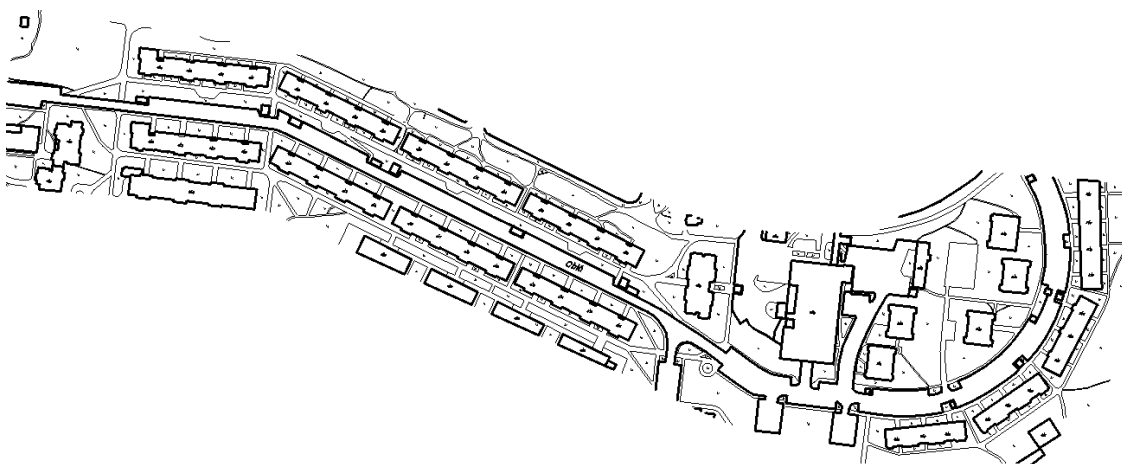
Správca vrstiev sa nachádza v karte *Východzí* v paneli hladiny. Po výbere možnosti *Vlastnosti hladín* sa otvorí nové okno reprezentujúce správcu hladín. Prvá, nultá hladina, ostáva nezmenená, rovnako ako vrstva Default v programe MicroStation. Následne sa nastaví *Hrúbka* a *Typ čiar* jednotlivých vrstiev.

Vektorizácia sa vykonáva v požadovanej vrstve pomocou prvku *Úsečka*.

Vektorizácie nad mračnami bodov sú súčasťou *Prílohy číslo 1 – Vektorizácia* a sú znázornené na Obr. 23 a Obr. 24.



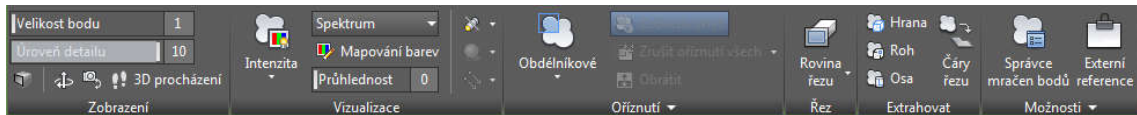
Obr. 23 Vektorizácia nad mračnom bodov vyhotoveným pozemným skenovaním



Obr. 24 Vektorizácia nad mračnom bodov vyhotoveným leteckým skenovaním

5.3. Práca s mračnom v programe AutoCAD

Táto kapitola bude venovaná detailnejšiemu popisu práce s mračnom bodov, ktorú poskytuje program AutoCAD. Možnosti panelu Práca s mračnom bodov sú znázornené na Obr. 25.





Obr. 25 Panel umožňujúci personalizáciu mračna bodov

Panel zobrazenie

Veľkosť bodu – umožňuje zväčšenie/zmenšenie veľkosti bodu od 1 – 10 pixlov

Úroveň detailu – nastavuje sa hustota bodov (denzita), hodnota 10 odpovedá 100%
hodnota 1 - 10%


Perspektíva  – zmení zobrazenie aktuálneho výrezu na perspektívny pohľad

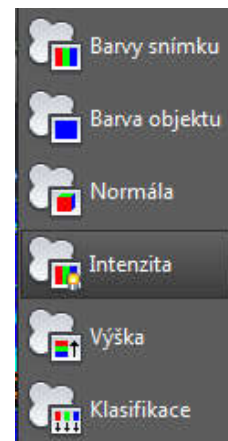
3D orbit  – umožňuje otáčanie pohľadu v priestore

3D otáčanie  – spustí príkaz 3DCÍL a simuluje efekt otáčania kamery

3D prechádzanie – zmení 3D pohľad vo výkrese a vytvorí vzhľad prechádzania modelom


Panel vizualizácia

Štýly  – nastaví sa farebný štýl mračna bodov na základe: farby snímku, farby objektu, intenzity, normály, výšky alebo klasifikácie (Vid' Obr. 26).





Obr. 26 Štýly


Farebné schémy – zobrazenie mračna bodov na základe predvolených farebných schém

Mapovanie farieb  – umožňuje užívateľovi vizualizáciu mračna bodov na základe ním zvolených parametrov a rozsahu, podľa intenzity, výšky a klasifikácie.


Prieľadnosť – nastaví sa preľadnosť zvoleného mračna bodov 0 – 90

Osvetlenie  – nastaví sa efekt osvetlenia, a to buď jednostranného alebo obojstranného, prípadne bez osvetlenia. Rovnako je možné nastaviť zdroj osvetlenia.

Tieňovanie  – nastaví efekt tieňovania mračna – iba pri obojstrannom osvetlení

Svetelný zdroj  – nastaví sa možnosti svetelného zdroja

Panel orezanie

Orezanie  – nastaví sa tvar rezu 3D mračna obdĺžnikový, polygónový alebo kruhový


Zobraziť/skryť orezané – zobrazí alebo skryje orezané časti mračna bodov

Zrušiť orezanie všetkých/posledných – zrušenie orezání


Obrátiť – inverzia orezaného mračna


Nový stav uložení – uloží aktuálny stav orezaného mračna bodov


Panel rez

Rovina rezu  – vytvorí rovinu rezu s možnosťami – spredu zozadu zľava sprava zhora zdola alebo dvoma bodmi

Panel extrahovať

Extrahovať hranu  – extrahuje úsečku z priesečníku 2 rovinných segmentov mračna

Extrahovať bod  – extrahuje rohový bod z priesečníku 3 rovinných segmentov alebo mračna bodov

Extrahuje osu  – extrahuje os súmernosti z valcového segmentu mračna bodov

Panel možnosti

Správca mračien bodov – otvorí alebo zavrie správcu mračna bodov v ktorom je možné riadiť viditeľnosť sníčkov alebo oblastí

Externé referencie – zobrazí paletu externých referencií.


Zobrazit' hraničný obdĺžnik – vypne/ zapne ohraničenie mračna bodov, ktorým sa vstupuje do ponuky mračno bodov.

Vďaka uvedeným funkciám softvér AutoCAD predstihuje MicroStation v práci s mračnom bodov.

5.4. Export vektorovej kresby do formátu .dgn a export súradníc

Pred samotným exportom do formátu 2D je potrebné vypnúť všetky vrstvy okrem vrstvy Budovy.

Pri prevode vektorovej kresby nad mračnom bodov do 2D sa v programe AutoCAD postupuje nasledovne.

Domovské tlačidlo  zobrazí panel, z ktorého sa vyberie možnosť *Export*. Z ponuky sa vyberie *Export do formátu DGN* a uloží sa do zvoleného priečinka.

Súbor je síce uložený vo formáte .dgn, ale nie vo formáte 2D, preto je potrebné súbor otvoriť v programe MicroStation a opakovať prevod uvedený v kapitole *Export vektorovej kresby z 3D do 2D a súradníc*.

Výkresy vo formáte .dwg a .dgn (3D) sú súčasťou *Prílohy číslo 1 – Vektorizácia*.

Export súradníc sa opätovne vykoná pomocou programu VKM. Zoznamy súradníc sú súčasťou *Prílohy číslo 1 – Vektorizácia – Zoznamy súradníc*.

6. DKM

Jedným z cieľov práce bolo porovnanie vektorovej kresby nad mračnom bodov so súčasným stavom v katastri.


Aktuálnu katastrálnu mapu Nového Lískovca je možné získať vo formáte *.vfk* z internetovej stránky Českého úradu zeměměřického a katastrálního.


6.1. Export súradníc z DKM

V programe VKM sa založí *Nový výkres* do ktorého sa vo formáte *.vfk* *Importuje* Digitálna katastrálna mapa (ďalej len DKM). Keďže mapa znázorňuje celé katastrálne územie je vhodné mapu orezať podľa obrysu hranice mračna bodov. Na vyhotovenie obrysu sa zvolilo mračno vyhotovené pomocou leteckého skenovania, keďže znázorňovalo väčšie územie.

Hranica mračna sa v programe MicroStation vyznačila uzavretým polygónom.

Takto pripravený polygón sa referenčne pripojí do výkresu v programe VKM.

V paneli nástrojov sa otvorí nové *Okno so zoznamom súradníc* . V okne sa vyberie ponuka *Výstup*, ktorej sa vyberie možnosť *Textový súbor*. Zobrazia sa ďalšie dve okná umožňujúce rôzne typy výberov bodov a export do textového súboru.

Z panelu nástrojov výberu bodov sa zvolí ponuka *Výber ohradou* . Ohrada sa umiestni na hranicu polygónu a uzavrie. V ponuke filtrov sa aktivuje Ohrada, ktorá zabezpečí, že sa vyberú iba tie body, ktoré sa nachádzajú vo vnútri ohrady. Stlačením tlačítka VYBER sa vyberú body vo vnútri ohrady. Potvrdí sa stlačením OK.


Body v zozname súradníc, ktoré sú vybrané vo vnútri ohrady, sa od ostatných líšia farbou riadka. Kým ostatné neoznačené body sú v ružovom riadku, tie označené sú v žltom riadku.


V okne exportu do textového súboru sa za *Obsah výstupnej vety* zvolí *Číslo bodu Y X Z KK*. Ostatné hodnoty ostávajú nezmenené. Súbor vyexportujeme stlačením tlačítka OK a zvolením miesta uloženia.

6.2. Výrez z DKM

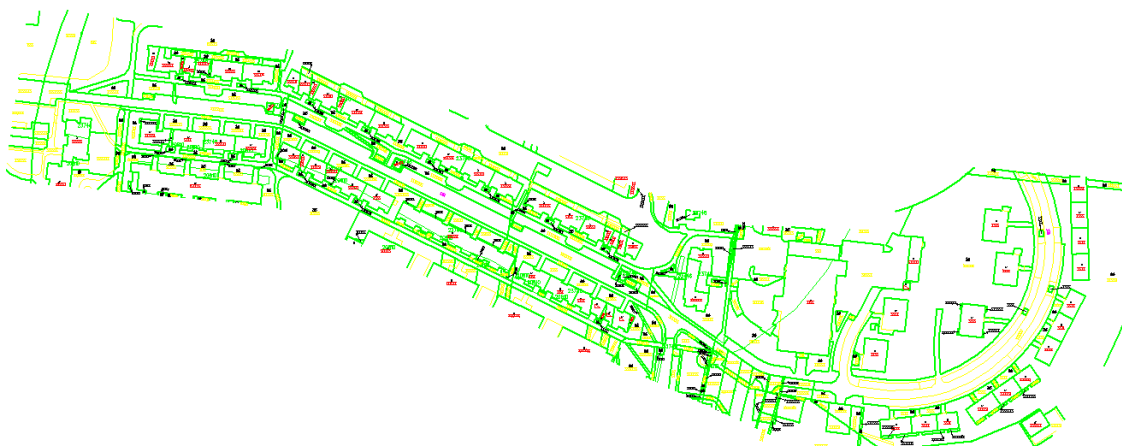
Orezanie v programe VKM nie je možné, preto je potrebné DKM vyexportovať do formátu .dgn. Po načítaní DKM do programu VKM sa v paneli objaví kolónka *VKM*, ktorá umožňuje prácu s výkresom. Kliknutím na kolónku sa zobrazí ponuka, z ktorej sa vyberie možnosť *Export*, z ktorej zvolíme možnosť *DGN (DIKAT)*.

Vyexportovaný výkres sa otvorí v programe MicroStation. Referenčne sa k nemu pripojí výkres s polygónom znázorňujúci záujmové územie.

Územie sa oreže pomocou *Ohrady*. Tá sa nastaví pomocou voľby *Umiestniť ohradu* . Zobrazí sa ponuka umiestnenia ohrady, z ktorej sa zvolí *Typ ohrady: Prvok* a *Režim ohrady: Vonkajšok*, a následne klikneme na ohradu.

Dlhším stlačením ponuky *Umiestniť ohradu* sa zobrazí ponuka práce s ohradou, z ktorej sa zvolí voľba *Zmazať obsah ohrady* . Týmto krokom sa DKM oreže podľa pripojeného polygónu. Orezaná DKM je znázornená na Obr. 27.

Výrez DKM ako aj zoznam súradníc z výrezu DKM sú súčasťou *Prílohy číslo 3 – DKM*.



Obr. 27 Orezaná DKM Nového Lískovca

7. MERANIE V TERÉNE

Účelom merania v teréne je získanie aktuálneho stavu v teréne nezávislého na údajoch uvedených v DKM. Podkladom na meranie je vektorová kresba nad mračnom bodov vyhotoveným leteckým laserovým skenovaním.

Výsledok merania je následne porovnávaný so stavom v katastri a výsledkom vektorizácií nad mračnami bodov v jednotlivých programoch.

Porovnanie sa vykoná matematicky a graficky. Matematické porovnanie sa vykoná v programe VKM a pozostáva z porovnania vektorizovanej kresby a dvoch zoznamov súradníc bodov získaných meraním v teréne (DKM).

Grafické porovnanie pozostáva z vizuálneho porovnania výsledkov vektorizácií a DKM alebo merania v teréne.

7.1. Popis záujmového územia

Záujmové územie sa rozprestiera v Brne v katastrálnom území Nový Lískovec. Mestská časť sa nachádza na úpätí Kamenného vrchu, preto je jeho terén na západnej strane značne svahovitý.

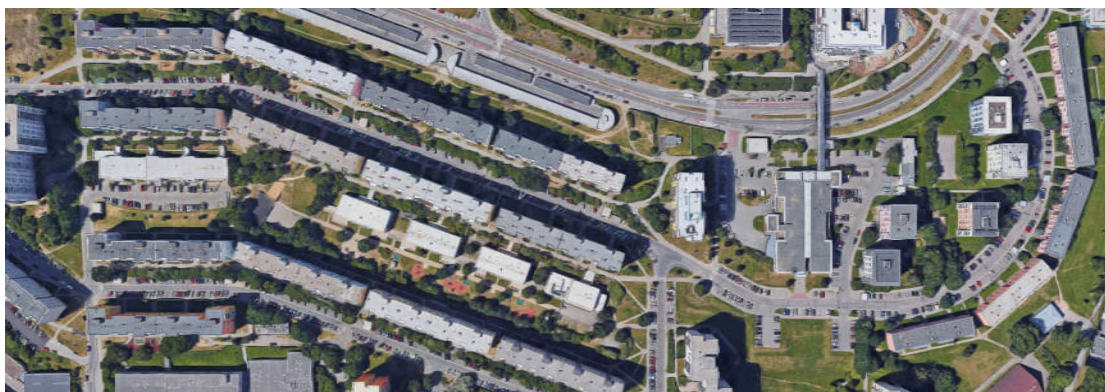
Mračno bodov zachytáva stavby (bolo vyhotovené) v okolí Oblej ulice. Západná strana ulice je husto zastavaná panelovými domami. Parkovanie v tejto časti ulice je riešené čiastočným státím na chodníku, z toho dôvodu je ulica jednosmerná.

Zadná strana panelových domov je obkolesená veľkým množstvom zelene. Zadné vchody k panelákom sú prístupné provizórnymi chodníkmi. Na kopci nad panelovými domami je vybudovaná kľukatá cestička z kameňov, ktorá slúži ako prístup k zadným vchodom panelových domov.

Juhozápadná časť územia je priestrannejšia. Nachádzajú sa tu polyfunkčné budovy, v ktorých sídlia materské centrá, knižnica, fitness, či Úrad mestskej časti Nový Lískovec. Budovy sú prepojené s chodníkom mostíkmi.

Druhá časť ulice poskytuje veľkorysejší priestor. Zástavba aj zeleň tu je redšia a parkovanie je možné na vyhradených parkoviskách. Taktiež sa tu nachádza mnoho ihrísk a nákupne stredisko Albert s vlastným parkoviskom.

Záujmovú časť Nového Lískovca znázorňuje Obr. 28.



Obr. 28 Zájmové územie

7.2. Rekognoskácia územia

Cieľom rekognoskácie bolo bližšie preskúmanie terénu a voľba približných stanovišiek pre tvorbu bodového poľa. Rekognoskácia bola vykonaná 16.2.2017.

7.3. Tvorba GNSS siete

Bodové pole nadväzuje na existujúce podrobné polohové bodové pole (PPBP). Na základe informácií uvedených na stránke www.geoportál.cuzk.sk sa v záujmovej oblasti nachádza 5 bodov PPBP. Avšak sieť je možné pripojiť iba na bod 505, nachádzajúci sa v KÚ Nový Lískovec. Geodetické údaje o bode PPBP sa nachádzajú v *Prílohe číslo 2 – Meranie v teréne – Bodové pole*.

Zvyšné body nebolo možné použiť v dôsledku zatienenia budovami alebo vegetáciou.

Na meranie bol použitý prístroj Trimble RTK R4 (Obr. 29). Sieť je tvorená 40 bodmi zameranými metódou GNSS. Body siete boli stabilizované pomocou meračských klincov alebo kolíkov, v závislosti od terénu. Hustota siete odpovedá hustote zástavby, viditeľnosti a zatieneniu porastov. Sieť bola navrhnutá tak, aby z jedného stanoviska bola možná orientácia na minimálne dva body siete.



Obr. 29 Prijímač GNSS Trimble R4

Každý bod bol zmeraný dvakrát nezávisle metódou RTK, v súlade s nariadením vyhlášky č. 31/1995 Sb.. Protokoly z merania, porovnanie súradníc a priemerné hodnoty súradníc sú súčasťou *Prílohy číslo 2 – Meranie v teréne – Bodové pole*.

V prípade nepostačujúcej hustoty bodového poľa sa vytýčili prechodné stanoviská, ktoré boli číslované od 4001. Tieto body boli stabilizované pomocou meračských klincov alebo kolíkov v závislosti od terénu.

7.4. Meranie v teréne

Podrobné meranie polohopisu prebehlo v období od 7.3.2017 do 20.3.2017. Na meranie bol použitý prístroj Topcon GTP 3003N, optický hranol Topcon, statív, dvojmeter a 5 metrové pásmo. Výsledkom merania súradníc podrobných bodov polohopisu je protokol uvedený v *Prílohe číslo 2 – Meranie v teréne – Podrobné meranie*.

Orientácia na jednotlivých stanoviskách sa vykonávala vždy na dva body GNSS siete.

Na každom stanovisku sa dbalo na to aby boli odmerané minimálne 3 kontrolné body.

Predmetom merania boli aj pešinky nachádzajúce sa v severnej časti meraného územia. Vyhádzalo sa pritom z faktu, že nespevnené chodníky môžu byť podkladom na vybudovanie pevných chodníkov, ako to bolo v prípade obnovy Björnsonovho sadu.

Body, ktoré nebolo možné odmerať, sa vypočítali dodatočne použitím programu VKM. V okolí chýbajúceho bodu sa odmerali pomocou pásma rozmery potrebné na jeho výpočet.

Jednotlivé body boli zakreslené do meračských náčrtov získaných z vektorizácie nad mračnom bodov a sú súčasťou *Prílohy číslo 2 – Meranie v teréne – Meračské náčrty*.

7.5. Spracovanie merania

Výpočet súradníc bodov polohopisného merania sa vykonal v programe Groma.

Do programu boli načítané priemerné hodnoty súradníc meračskej siete a zápisník z merania polohopisu. Pred samotným výpočtom súradníc sa vylúčili, pomocou voľby *Hromadná zmena*, tie body, ktoré dopĺňovali sieť.

Následne sa automaticky *Spracoval zápisník*, keďže orientácie boli merané v dvoch polohách. V záložke *Výpočty* sme zvolili Polárnu metódu dávkou, ktorá nám umožňuje výpočet celého zápisníka naraz. Vo výpočtovom protokole môžeme vidieť, že žiadne z meraní neprekračuje povolenú odchýlku. Protokol z merania a výsledný zoznam súradníc je súčasť *Prílohy číslo 2 – Meranie v teréne – Podrobné meranie – Výpočtový protokol podrobných bodov*.

7.6. Výpočet konštrukčných omerných mier

V dôsledku členitosti budov, ako aj zatičeniu porastom nebolo možné zamerať niektoré body. Preto sa pri takomto prípade zamerali rozmery budovy v okolí neznámeho bodu meračským pásmom a pomocou nich sa vypočítali súradnice bodu. Na výpočet bol použitý program VKM.

Body vypočítané pomocou konštrukčných-omerných boli číslované od čísla 6029, podľa toho z ktorého bodu sa bod počítal. V prípade, že z jedného bodu sa počítalo viac bodov, ako napríklad z bodu 470, označovali sa body 6470 a 66470. Obdobne sa označovali body počítané od čísla 1007. Ak sa z jedného bodu počítalo viacej bodov, ako napríklad z bodu 1022, tak sa označujú body číslami 61022 a 661022.

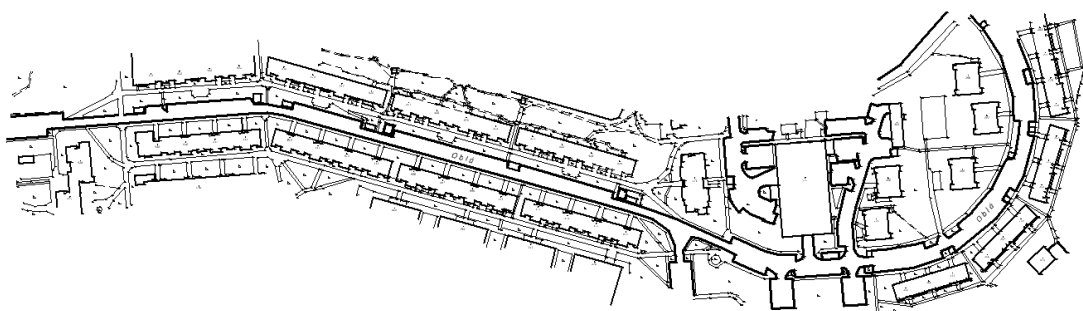
Tento typ číslovaní bol zvolený v dôsledku prehľadnosti.

Protokol z výpočtu konštrukčných omerných a zoznam súradníc z merania v teréne spolu s konštrukčnými-omernými mierami sú súčasť *Prílohy číslo 2 – Meranie v teréne – Výpočet konštrukčných-omerných*.

7.7. Vektorizácia

Súradnice podrobných bodov polohopisu, ktoré boli výsledkom merania sa načítali pomocou programu Groma do programu MicroStation. Postup vektorizácie je obdobný ako pri vektorizácii nad mračnami bodov. Rovnako sa zhodujú aj názvy a atribúty vrstiev, ktoré sú uvedené v Tab. 2 v kapitole Vektorizácia v programe MicroStation.

Vektorizácia posluži na grafické porovnanie s jednotlivými vektorizáciami nad mračnami bodov a DKM. Výsledná vektorizácia, Obr. 30, je súčasť *Prílohy číslo 2 – Meranie v teréne – Vektorizácia merania v teréne*.



Obr. 30 Vektorizácia merania v teréne

7.8. Vplyv hustoty mračna bodov na meranie v teréne

Jedným z cieľov záverečnej práce je zhodnotiť vplyv hustoty bodov na meranie v teréne, konkrétne aký najmenší detail je možné z mračna bodov odhadnúť.

Kapitola 3.1. *Mračná bodov* uvádza, že hustota bola pred skenovaním jednotlivých mračien nastavená na hodnotu 50mm. Z exportu mračien bodov do formátu .xyz sa získa počet bodov v jednotlivých mračnách. Mračno vyhotovené LLS obsahuje 1 607 065 a 60 943 040 bodov obsahuj mračno vyhotovené MLS.

Najmenší odmeraný detail pri vektorizácii nad mračnom bodov vyhotoveným LLS je vzdialenosť medzi pätou balkóna a rohom budovy s číslom popisným 349. Vzdialenosť medzi meranými bodmi 1522 a 1523 je 19,5 cm. Na základe vektorizácie možno dosiahnuť v tomto mieste vzdialenosť 22,5 cm pri vektorizácii v programe AutoCAD a vzdialenosť 23,3 cm pri vektorizácii v programe MicroStation.

Ďalšie blízke body možno nájsť na severných stranách bytových domov s číslom popisným 420 – 427. Jednalo sa o schod vedúci do zadného vchodu. V týchto prípadoch je možné odmerať a znázorniť vzdialenosť v rozmedzí 22 – 35 cm.

Hustota mračna je adekvátne voči odhadovanému detailu. V dôsledku toho, že mračno je vyhotovené LLS, sa v ňom nenachádza zbytočne veľa detailov.

Z vektorizácie nad mračnom bodov vyhotoveným MLS sa získali obdobné výsledky. Najmenší detail, ktorý bolo možné zamerať na základe vektorizácie bola opätovne budova s číslom popisným 349. Rovnako ako v prípade vektorizácie leteckého mračna bodov aj v tomto prípade bol ďalšími najmenšími detailmi severná časť bytových domov s číslom popisným 420 – 427. Avšak na rozdiel od LLS mračna bodov vytváralo líniu severnej časti budov iba malé rezíduum bodov.

Hustota mračna je príliš vysoká, vzhľadom na účely aké potrebujeme. Spôsob akým je mračno vyhotovené zabezpečuje na jednej strane mnoho nepotrebných detailov ako sú fasády budov, prechody pre chodcov, vegetácia, dopravné značenie a pod.

Na druhej strane nezachytáva detaily potrebné pre meranie.

Z toho dôvodu je obtiažne tvrdiť, či hustota mračna mala skutočne dopad na celkovú presnosť vektorizácie. Menšia hustota LLS mračna zabezpečí znázornenie väčšej plochy potrebnej pre vektorizáciu polohopisu než vysoká hustota MLS mračna.

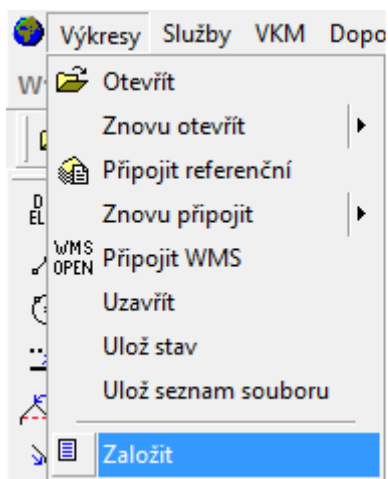
8. VÝSLEDKY

Cieľom záverečnej práce je vyhotovenie polohopisu na podklade mračna bodov a jeho porovnanie vzhľadom na súčasný stav uvedený v katastrálnej mape a v teréne.



Pre tento účel bol zvolený program VKM. Ten umožňuje porovnanie dvoch zoznamov súradníc tak, že po zadaní najmenej dvoch IB vyberie funkcia automaticky ďalšie blízke body do zadanej tolerancie.

Výsledkom vektorizácií sú štyri polohopisy nad mračnom bodov, jeden polohopis vyhotovený z merania v teréne a aktuálna DKM.

8.1. Porovnanie zoznamov súradníc





Obr. 31 Založení nového výkresu

V programe VKM sa *Založí* nový výkres, Obr. 31, do ktorého sa načíta *Zoznam súradníc*  z výsledkov vektorizácie alebo merania v teréne. Jednotlivé body sú znázornené symbolom .

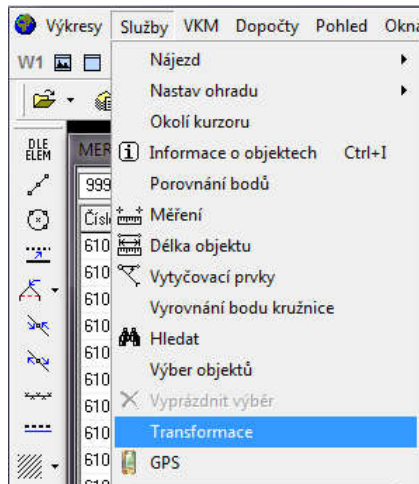
Do založeného výkresu sa *Referenčne pripojí* vektorová kresba nad mračnom bodov, ktorá slúži na zlepšenie orientácie pri výbere bodov.

Do takto pripraveného súboru sa založí nový zoznam súradníc. Postup zakladania je rovnaký ako pri zakladaní výkresu, vid' Obr. 30, avšak za výstupný formát sa zvolí *Zoznam súradníc*.

Po založení zoznamu súradníc sa zobrazí nové okno, ktoré umožňuje prácu so súradnicami. Pomocou voľby  *Vstup* sa načíta požadovaný zoznam súradníc vo formáte *.txt*. Body v druhom zozname súradníc sú označené symbolom .

V ďalšom kroku sa pristúpi k samotnému porovnaniu zoznamov súradníc. Z panelu nástrojov sa vyberú *Služby* → *Transformácie*, Obr. 32. V novom okne sa

zobrazia možnosti transformácií. Vyberie sa karta *Identické body*, Obr. 33 a), ktorá nám umožní vybrať dvojice blízkych bodov. Body starej sústavy volíme body zoznamu súradníc vektorizácie nad mračnom bodov (merania v teréne), novú sústavu predstavujú body z DKM (vektorizácie merania v teréne). Nová dvojica sa volí po stlačení tlačidla *Nový bod kľúča*.

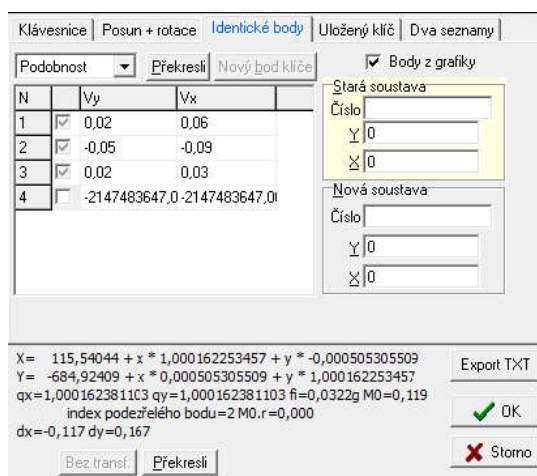


Obr. 32 Voľba transformácie

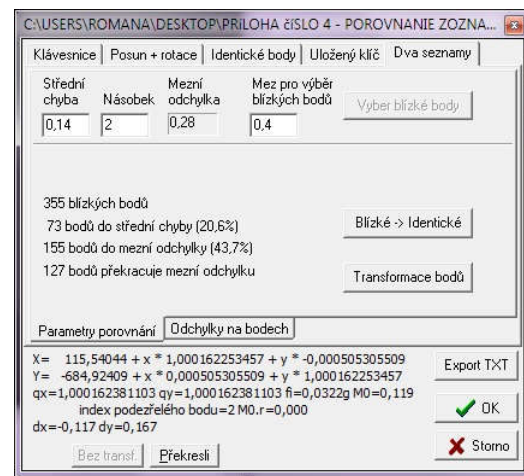
Volia sa minimálne tri dvojice bodov, ktoré sú rovnomerne rozložené po celej záujmovej oblasti. Kládne sa dôraz na to, aby sa, z merania v teréne a DKM, vybrali rovnaké dvojice bodov.

Zvolené body predstavujú identické body.

Čísla a súradnice jednotlivých identických bodov sa nachádzajú v protokole z porovnania súradníc.



Obr. 33 a) Transformácia – Identické body



b) Porovnanie dvoch zoznamov

Prv než sa pristúpi k porovnaniu je potrebné, aby bola aktivovaná voľba *Bez transformácie*. Tá zabezpečí, že sa dvojica zoznamov porovná bez transformácie.

Po úspešnom výbere troch dvojíc identických bodov, vid' Obr. 33 a), sa v karte *Dva zoznamy* pristúpi k určaniu kritérií pre výber ďalších blízkych bodov. Hodnota *Strednej chyby* sa stanoví 0,14 m, odpovedajúca kódu kvality 3. *Medzná chyba* je

stanovená ako dvojnásobok strednej chyby, preto sa hodnota násobku volí 2. Hodnota *Medze pre výber blízkych bodov* je nastavená na hodnotu 0,40 m, odpovedajúcu medznej polohovej chybe kódu kvality číslo 3. S vyplnenou tabuľkou sa pristúpi k automatickému *Výberu blízkych bodov*, Obr. 33 b).

V okne sa zobrazia štyri riadky, ktoré udávajú počet porovnaných bodov.

Prvý riadok udáva počet porovnaných dvojíc bodov z celkového počtu načítaných bodov. V druhom riadku sa nachádza počet bodov, ktorých rozdiel neprekračuje hodnotu strednej chyby. Tretí riadok uvádza počet bodov, ktoré neprekračujú hodnotu medznej odchýlky a nakoniec body, ktoré prekračujú hodnotu medznej odchýlky. Tabuľku s dvojicami blízkych bodov je možné zobrazit' pomocou karty *Odchýlky na bodoch*, ktorá sa nachádza v strednej časti okna.

Grafy z jednotlivých porovnaní sú znázornené podľa typu porovnania v jednotlivých výkresoch.

Zoznam porovnaných súradníc ako aj protokol z porovnania sa získa stlačením *Transformácie bodov*. Oba súbory sú súčasťou *Prílohy číslo 4 – Porovnanie zoznamov súradníc*.

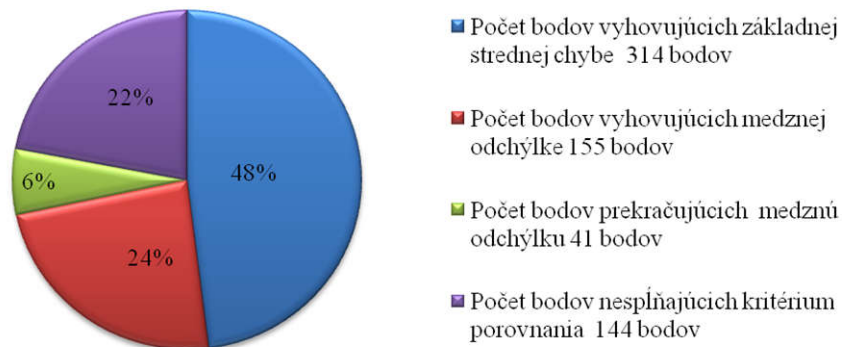
8.1.1. Porovnanie výsledkov vektorizácie nad leteckým mračnom bodov a DKM (AutoCAD)

Prvými porovnávanými zoznamami súradníc sú súradnice získané z výsledku vektorizácie nad leteckým mračnom bodov v programe AutoCAD a zoznam súradníc získaný exportom z výrezu DKM.

Počet bodov získaných na základe vektorizácie je 654 a počet z DKM je 2802. Výsledkom porovnania bolo 510 blízkych bodov, z ktorých až 314 vyhovuje základnej strednej chybe. Počet bodov vyhovujúcich hodnote medznej odchýlky je 155. Zvyšok, 41 blízkych bodov, prekračuje hodnotu medznej odchýlky. Počet bodov nespĺňajúcich kritérium pre porovnanie predstavujú 144 bodov.

Ako možno z *Grafu č. 1* vidieť z vektorizácie v programe AutoCAD sa získal najvyšší počet bodov vyhovujúcich základnej strednej chybe zo všetkých porovnaní DKM.

Graf č. 1 Porovnanie výsledkov vektorizácie LLS AUTO a DKM



Dôvodom vyššieho počtu bodov je lepšia rozlišovacia schopnosť pri vektorizácii v programe AutoCAD. Jednotlivé línie bolo možné detailnejšie vykresliť. Tým pádom sa zvýšila pravdepodobnosť zhody so súradnicami DKM.

Výstup z porovnania súradníc ako aj zoznam porovnaných súradníc je súčasťou *Prílohy číslo 4 – Porovnanie zoznamov súradníc – Porovnanie LLS AUTO a DKM.*

8.1.2. Porovnanie výsledkov vektorizácie nad leteckým mračnom bodov a DKM (MicroStation)

Ďalšími porovnávanými zoznamami sú súradnice získané vektorizáciou nad leteckým mračnom bodov vyhotovenej v programe MicroStation, ďalej len LLS MS, a zoznamy súradníc získané z DKM.

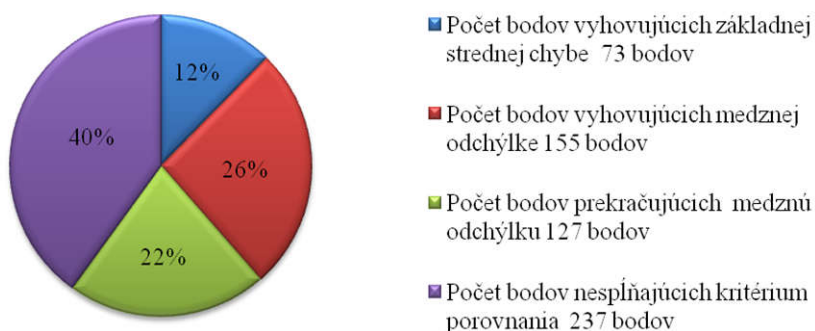
Podkladom na orezanie DKM bol polygón hranice územia vytvorenej mračnom bodov z leteckého laserového skenovania, preto sa bude počet porovnávaných objektov z vrstvy Budovy zhodovať.

Počet bodov získaných vektorizáciou je 592 a počet bodov z DKM je 2802.

Výsledkom porovnania oboch zoznamov je 355 blízkych bodov, z nich 73 spĺňa kritériá základnej strednej chyby 0,14 m (*Graf číslo 2*). Počet bodov, ktoré vyhovujú medznej odchýlke je 155. Zvyšných 127 bodov prekračuje hodnotu medze pre výber blízkych bodov, ktorá je stanovená na hodnotu 0,40 m.

Počet bodov nespĺňajúcich kritériá porovnania predstavuje 237 bodov.

Graf č. 2 Porovnanie výsledkov vektorizácie LLS MS s DKM



Dôvodov nižšieho počtu bodov, oproti porovnaniu výsledkov LLS AUTO, je horšia rozlišovacia schopnosť v programe MicroStation. Farebná škála klasifikovaného mračna bodov nie je tak sýta ako v programe AutoCAD, preto bolo obtiažnejšie presne určiť polohu jednotlivých objektov.

Výstup z porovnania súradníc spolu so zoznamom súradníc sú súčasťou *Prílohy číslo 4 – Porovnanie zoznamov súradníc – Porovnanie LLS MS a DKM*.

8.1.3. Porovnanie výsledkov vektorizácie nad pozemným mračnom bodov a DKM (AutoCAD)

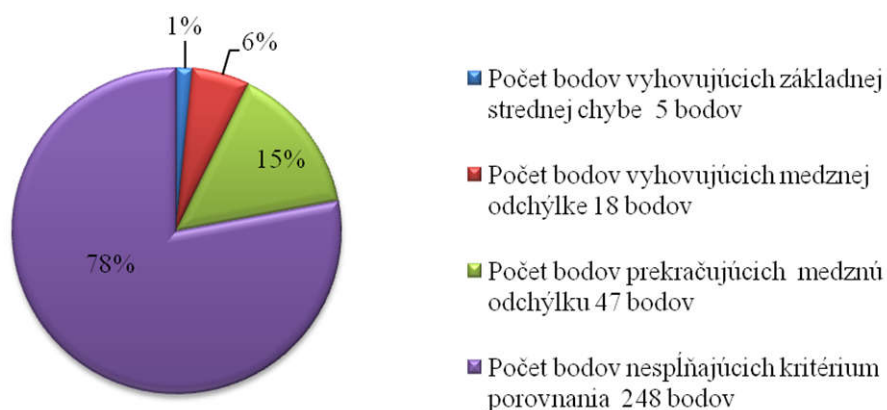
Ako bolo spomenuté v predchádzajúcej kapitole zaoberajúcej sa porovnávaním zoznamu súradníc z vektorizácie v programe AutoCAD, tento program sa vyznačuje svojím detailným zobrazením mračna bodov.

Avšak ani tento fakt neprispel k zvýšeniu počtu blízkych bodov.

Z programu AutoCAD sa získa 318 bodov. Z porovnania s DKM získame 70 blízkych bodov, z ktorých iba 5 bodov vyhovuje základnej strednej chybe. Zvyšné počty bodov sú uvedené v legende *Grafu číslo 3*.

Pri pohľade na predchádzajúce porovnania sú to neuspokojivé výsledky. Za nízky počet blízkych bodov môže aj fakt, že pozemné mračno nezobrazuje všetky budovy, ako to bolo v prípade leteckého mračna bodov. Je to vidieť aj na počte bodov získaných z exportu súradníc, ktorý je o polovicu menší.

Graf č. 3 Porovnanie výsledkov vektorizácie MLS AUTO a DKM



Výstup z porovnania spolu so zoznamom súradníc je súčasťou *Prílohy číslo 4 – Porovnanie zoznamov súradníc – Porovnanie MLS AUTO a DKM*.

8.1.4. Porovnanie výsledkov vektorizácie nad pozemným mračnom bodov a DKM (MicroStation)

Ako je z názvu kapitoly zjavné predmetom porovnania je vektorizácia nad pozemným mračnom bodov, ktoré nezachytáva detaily celého územia a DKM.

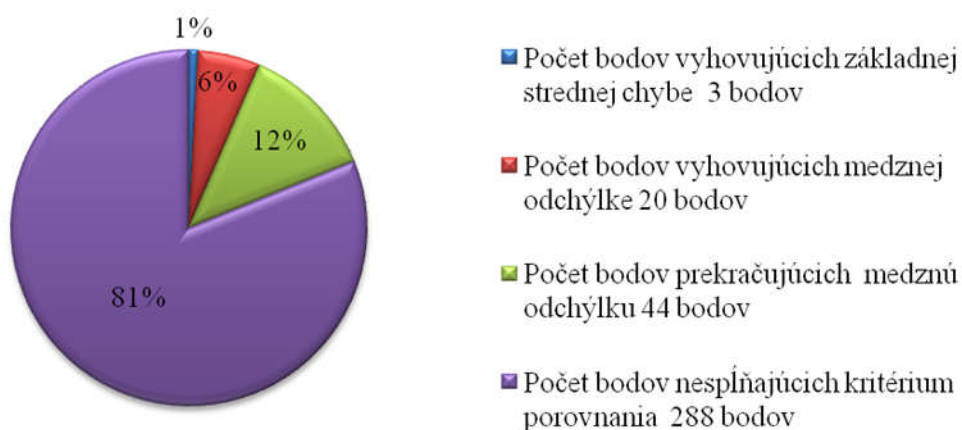
Z toho dôvodu bude počet bodov získaných z vektorizácie, ako aj počet blízkych bodov nižší ako v prípade predchádzajúcich porovnaní.

Výsledkom vektorizácie v programe MicroStation je 355 bodov.

Porovnaním sa dosiahlo 67 blízkych bodov, z ktorých len 3 vyhovuje základnej strednej chybe a 20 medznej odchýlke. Ostatných 44 bodov prekračuje hodnotu medze pre výber blízkych bodov. Zvyšných až 288 bodov nespĺňa požiadavky pre porovnanie.

Percentuálne zastúpenie jednotlivých bodov sa je znázornené v *Grafe č. 4*.

Graf č. 4 Porovnanie výsledkov vektorizácie MLS MS a DKM



Napriek vynikajúcemu zobrazovanému detailu nie je možné dosiahnuť takú presnosť ako u predchádzajúcich porovnaní, avšak na rozdiel od predchádzajúceho porovnania získame väčší počet bodov.

Výstup z porovnania zoznamov súradníc ako aj zoznam blízkych bodov je súčasťou *Prílohy číslo 4 – Porovnanie zoznamov bodov – Porovnanie MLS MS a DKM*.

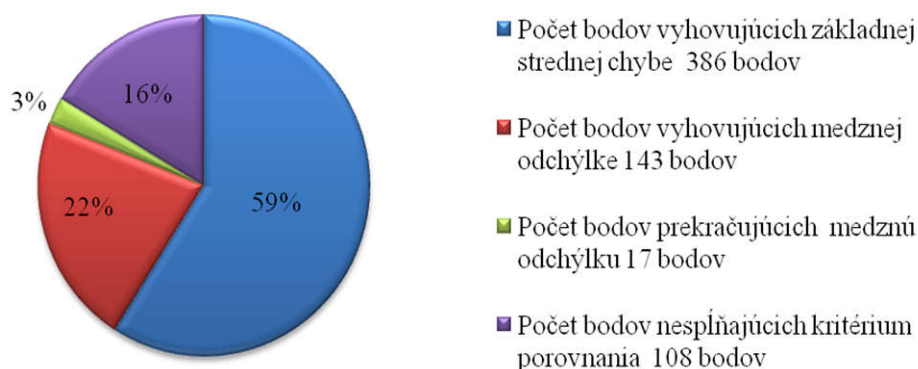
8.1.5. Porovnanie výsledkov vektorizácie nad leteckým mračnom bodov a merania v teréne (AutoCAD)

Exportom súradníc z vektorizácie nad mračnom bodov získame 654 bodov.

Výsledkom porovnania zoznamov je 546 blízkych bodov. Z nich 386 bodov vyhovuje základnej strednej chybe. Percentuálne zastúpenie bodov spolu s počtom jednotlivých bodov je uvedený v *Grafe č. 5*. Takto vysoká hodnota bodov, vyhovujúcich základnej strednej chybe, sa nedá získať ani z porovnania s DKM. Preto je na mieste tvrdiť, že vektorizácia nad leteckým mračnom bodov vyhotovená v programe AutoCAD najlepšie zachytáva objekty v teréne. Je na mieste tvrdiť, že je možné ju použiť ako náhradu za meranie v teréne.

Z výsledku tiež vyplýva, že meranie v teréne je vyhotovené presnejšie než DKM.

Graf č. 5 Porovnanie vektorizácie v programe AutoCAD a merania v teréne



8.1.6. Porovnanie výsledkov vektorizácie nad leteckým mračnom bodov a merania v teréne (MicroStation)

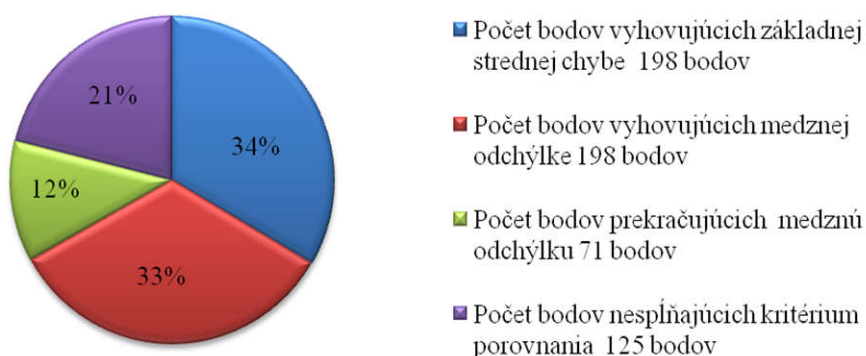
Podkladom na meranie bola vektorizácia nad mračnom bodov, vyhotoveným leteckým laserovým skenovaním. Z toho dôvodu bude počet bodov z merania a z vektorizácie približne rovnaký.

Výsledkom merania bolo 2501 bodov. Z vektorizácie nad mračnom bodov sme získali 592 bodov.

Porovnaním zoznamov získame 467 blízkych bodov, z ktorých 198 vyhovovalo základnej strednej chybe. Percentuálne zastúpenie bodov je uvedené v *Grafe č. 6*.

Na rozdiel od porovnania s DKM sa získal väčší počet bodov vyhovujúcich základnej strednej chybe. Môže to byť spôsobené tým, že meranie bolo vyhotovené presnejšie než DKM.

Graf č. 6 Porovnanie výsledkov vektorizácie a merania v teréne



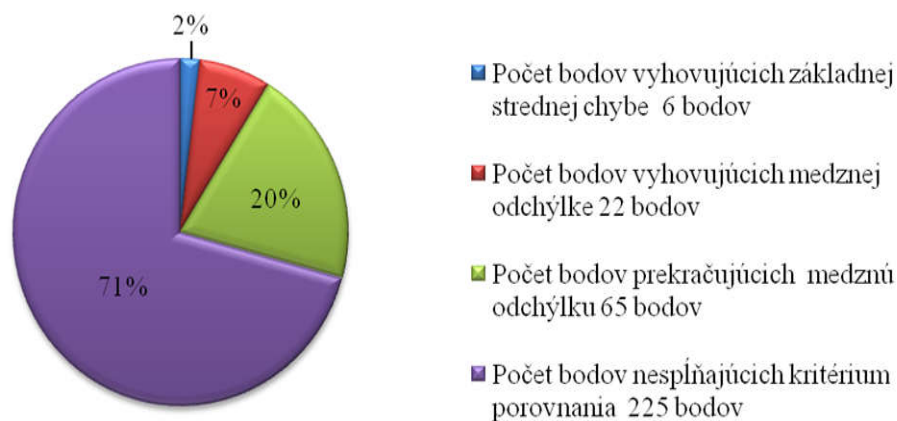
Výstup z porovnania ako aj zoznam súradníc sa nachádza v *Prílohy číslo 4 – Porovnanie zoznamov bodov – Porovnanie LLS MS a MER*.

8.1.7. Porovnanie výsledkov vektorizácie nad pozemným mračnom bodov a meraním v teréne (AutoCAD)

Počet bodov získaných z vektorizácie nad pozemným mračnom bodov je 318. Z nich sa získa 93 blízkych bodov, z ktorých je 6 bodov vyhovujúci základnej strednej chybe, 22 medznej odchýlke a zvyšných 65 bodov prekračuje medznú odchýlku. Rozdielom celkového počtu bodov z merania a vektorizácie a blízkych bodov získame 225 bodov teda body, ktoré nespĺňajú žiadne z uvedených kritérií.

Ako možno vidieť na grafe, tak body vyhovujúce základnej strednej chybe tvoria iba 2% z celkového počtu bodov, ako je možné vidieť v *Grafe číslo 7*. Tento nízky počet môže mať príčinu v chybnom vstupnom mračne bodov.

Graf č. 7 Porovnanie vektorizácie a merania v teréne

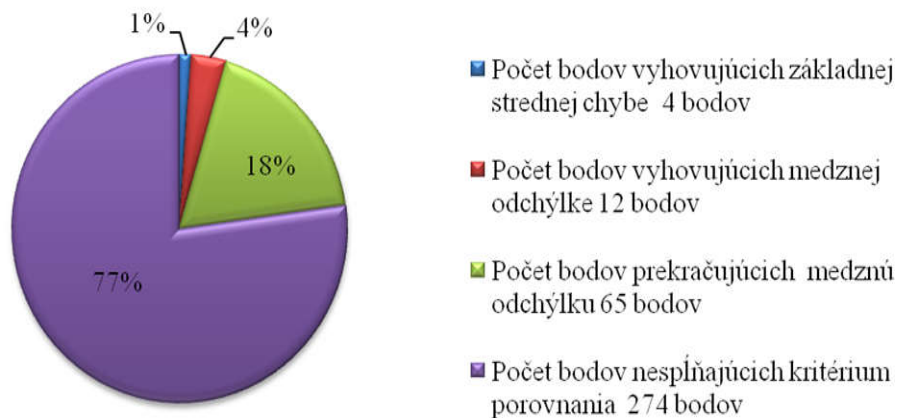


8.1.8. Porovnanie výsledkov vektorizácie nad pozemným mračnom bodov a merania v teréne (MicroStation)

Na základe vektorizácie vyhotovenej nad pozemným mračnom bodov v programe MicroStation sa získalo 355 bodov. Z tohto počtu je 81 blízkych bodov. Z blízkych bodov sa získa 4 bodov vyhovujúcich základnej strednej chybe, 12 bodov vyhovujúcich medznej odchýlke, 65 bodov prekračujúcich hodnotu medze pre výber blízkych bodov. Z celkového počtu bodov 274 bodov nespĺňa stanovené podmienky. Graf číslo 8 znázorňuje percentuálne zastúpenie jednotlivých bodov.

Z výsledkov vyplýva, že vektorizácia nad pozemným mračnom bodov vyhotovená v programe MicroStation, ani žiadna iná vektorizácia nad pozemným mračnom, nie je vhodným podkladom na vyhotovenie polohopisu. Dôvodom môže byť zlá práca v programe MicroStation, alebo problém so vstupným mračnom bodov.

Graf č. 8 Porovnanie vektorizácie v programe MicroStation a merania v teréne



8.1.9. Porovnanie výsledkov merania v teréne a DKM

Ako bolo spomenuté v úvode kapitoly Meranie v teréne, podkladom pre vlastné meranie je vektorizácia nad mračnom bodov vyhotoveného leteckým laserovým skenovaním. Toto mračno taktiež slúži ako podklad na orezanie DKM. Tým pádom je veľkosť porovnávaného územia totožná.

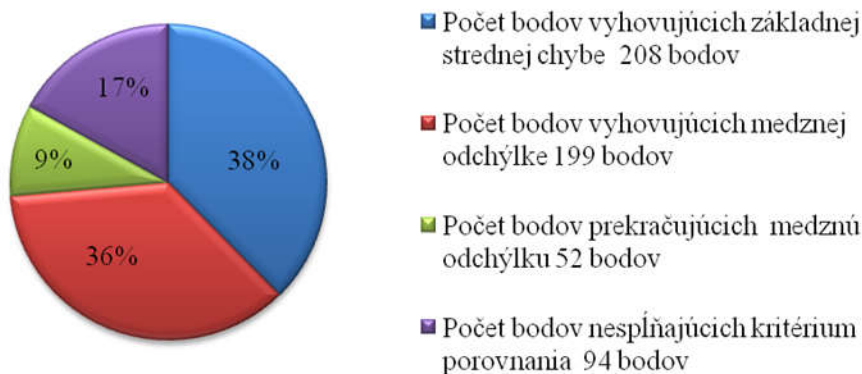
V dôsledku toho, že meranie aj DKM vychádzajú priamo z merania v teréne sú výsledky porovnaní najlepšie zo všetkých.

Výsledkom merania v teréne bolo celkovo 2502, avšak len 553 bodov odpovedalo zameraným lomovým bodom na budovách. S týmto počtom bodov sa vstúpilo do porovnania s DKM.

Na základe porovnania merania v teréne a DKM sa získalo 459 blízkych bodov. Z toho až 208 bodov vyhovujúcich základnej strednej chybe, 199 bodov vyhovujúcich medznej odchýlke, 52 bodov prekračujúcich medznú odchýlku. Zvyšných 94 bodov nespĺňa ani jedno z vyššie uvedených kritérií.

Percentuálne zastúpenie jednotlivých bodov je uvedené v *Grafe číslo 9*.

Graf č. 9 Porovnanie výsledkov merania s DKM



Protokol porovnania, ako aj zoznam porovnaných súradníc sa nachádza v *Prílohe číslo 4 – Porovnanie zoznamov súradníc – Porovnanie MER a DKM*.

8.2. Grafické porovnanie

V predchádzajúcich kapitolách boli predmetom záujmu blízke body, avšak je potrebné sa zamerať aj na tie prvky, ktoré nie je možné matematicky porovnať. Nejedná sa len o vzdialené prvky ale aj o prekrývajúce sa línie, ktoré nebolo možné porovnať v dosledku vzájomnej vzdialenosti bodov.

Predmetom porovnávania sú, rovnako ako v prípade matematického porovnania výsledky jednotlivých vektorizácií, DKM a meranie v teréne.

Na rozdiel od predchádzajúceho, matematického porovnania, budú predmetom grafického porovnávania všetky vrstvy jednotlivých vektorizácií. Výsledkom grafického porovnania budú iba tri porovnania, a to porovnanie štvorice vektorizácií a DKM, porovnanie štvorice vektorizácií a merania v teréne a porovnanie merania v teréne s DKM. Jednotlivé vektorizácie budú od seba navzájom farebne odlišené a uvedené v legende. Výsledky porovnania budú v elektronickej forme uvedené v *Prílohe číslo 5 – Grafické porovnanie* a v tlačovej forme v mierke 1:1 000 vo *Výkresoch číslo 1 – 3*.

V dôsledku prehľadnosti sú jednotlivé porovnania rozdelené do podkapitol, ktoré sa budú zhodovať s názvami vrstiev použitých pri vektorizácií jednotlivých podkladov.

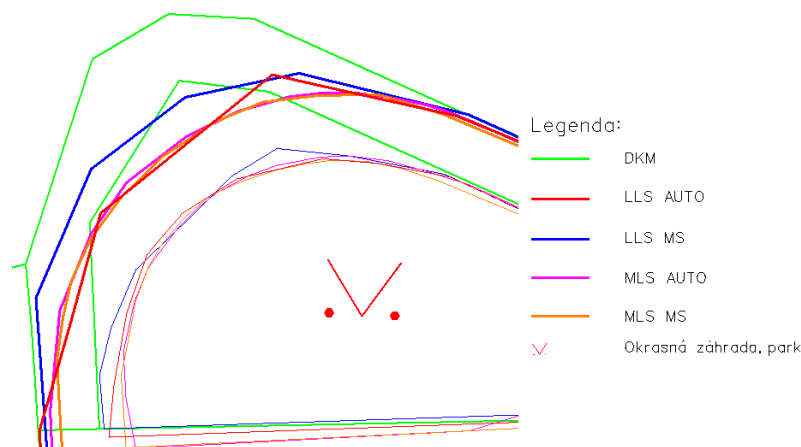
8.2.1. Grafické porovnanie výsledkov vektorizácie a DKM

8.2.1.1. Vrstva Cesty

Výsledky všetkých vektorizácií sú totožné s celým priebehom línie cesty v DKM.

Rozdiely množno vidieť najmä v blízkosti drobných stavieb. Tie sú využívané ako sklady pre kontajnery. V ich tesnej blízkosti sa nachádzajú nízke a vyššie kroviny, prípadne stromy. Z toho dôvodu možno tvrdiť, že tento rozdiel je spôsobený zatienením.

Ďalší rozdiel sa nachádza v blízkosti križovatky Oblej ulice so Svážnou ulicou. Jedná sa o pravotočivú zákrutu (Obr. 34). DKM sa od výsledkov vektorizácií líši o 3,7 m. Je to spôsobené chybou pri tvorbe DKM. Drobné odchýlky voči DKM sa nachádzajú aj pri iných zákrutách, je to zapríčinené neidentickosťou lomových bodov línií jednotlivých vektorizácií.



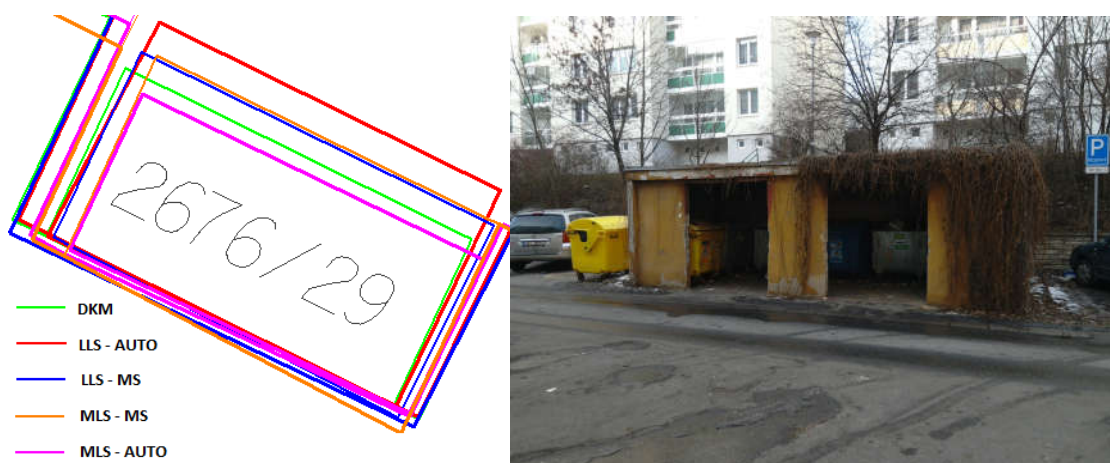
Obr. 34 Odľahlosť výsledkov vektorizácie voči stavu v DKM

8.2.1.2. Vrstva Budovy

Vrstva Budovy, rovnako ako vrstva Cesty, veľmi tesne prilieha k DKM.

V prípade stavebných parciel č. 469, 465, 429, 428 a 518 sú rozdiely minimálne.

Väčšie rozdiely sa nachádzajú pri menších stavbách akými sú napríklad stanoviská kontajnerov. Tieto rozdiely sú spôsobené prítomnosťou vegetácie, vid' Obr. 35.



Obr. 35 Murované stanovisko kontajnerov vektorizácia a stav v teréne

Ako je možné vidieť pri stavbe s č. p. 279 – 281, Obr. 36, výsledok vektorizácie nad leteckým mračnom bodov sa od DKM odlišuje 1,5 metra. V rámci rekognoskácie v teréne bolo zistené, že táto odchýlka je spôsobená dodatočne osadenou strešnou krytinou na spomínanej stavbe. S rovnakým problémom je možné sa stretnúť v prípade parciel s č. p. 352 – 354 a 346.

Táto odchýlka je viditeľná iba na východnej strane spomínaných stavieb. Je to spôsobené dráhou letu pri zbere dát.



Obr. 36 Zastrešenie budovy č. p. 279 vektorizácia a stav v teréne

Za najhrubšiu chybu v porovnaní je možné považovať budovu s č. p. 493. Na východnej strane budovy je vidieť odchýlku časti budovy od výsledku vektorizácie. Táto odchýlka môže byť spôsobená buď chybou v DKM alebo chybou pri zbere dát. Detailnejšie sa k tejto problematike vyjadrí kapitola Grafické porovnanie DKM a merania v teréne na strane 65.

Nejednoznačný je v DKM zakres balkónov. Podľa ČSN 01 3411 *Mapy veľkých mierok – kreslenie a značky* by sa balkóny ani lodžie v DKM vyznačovať nemali.

V prípade budovy s č. p. 349 sú balkóny zakreslené v DKM, ale pri budove s č. p. 347 balkóny zakreslené nie sú. Jedná sa pritom o typovo rovnaké budovy. S rovnakým problémom sa možno stretnúť aj pri budovách s č. p. 350, 351 a 346, ktoré sú tiež typovo rovnaké ako budova s č. p. 349.

Obdobný problém je aj so zakresom lodžií. Budovy s č. p. 472 – 475 majú zakreslené lodžie iba na severnej strane. Tie sa nachádzajú aj na južnej strane budovy,

pričom ich zakres chýba. V prípade budov s č. p. 416-419 zakres lodží úplne absentuje.

Odstránenie nezrovnalostí môže byť vykonané prekreslením stavu v DKM výsledkom vektorizácie nad leteckým mračnom bodov, ktoré vykazuje najlepšie výsledky pri porovnaní.

Balkóny aj lodžie sú síce vo vektorizácii vyznačené, ale pri matematickom porovnaní sa nebrali do úvahy.

8.2.1.3. Vrstva Chodníky

Chodníky veľmi presne opisujú stav v DKM. Väčšie rozdiely možno nájsť napríklad v blízkosti drobných parciel. Tieto rozdiely sú spôsobené zatienením vegetácie.

Rozdiely v prístupových chodníkoch do jednotlivých stavebných objektov možno prisudzovať nielen zatieneniu vegetácie, ale aj chýbajúcim častiam mračna bodov. V týchto úsekoch bol priebeh chodníka naznačený najprv krivkou a následne rozložený na úsečky, aby sa najlepšie vystihol tvar chodníka.

S týmito znezmapovanými časťami sa stretávame najmä u mračna bodov vyhotoveného pozemným laserovým skenovaním. Je to spôsobené nielen vegetáciou, ale aj automobilmi, budovami, či terénnymi nerovnosťami.

Najpresnejšie opisuje DKM vektorizácia leteckého mračna bodov vyhotovená v programe MicroStation, naopak najhoršou je vektorizácia pozemného mračna bodov vyhotoveného v programe AutoCAD. Pri tejto vektorizácii sa dosahujú odchýlky od DKM až 0,80m.

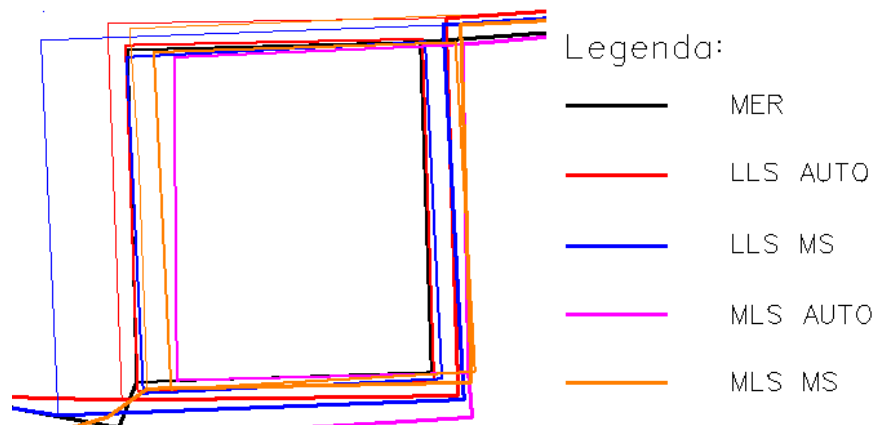
8.2.1.4. Vrstva Pešinky

DKM znázorňuje stavby, ktoré sú pevne spojené so zemským povrchom, preto pešinky nie sú zázorné na DKM.

8.2.2. Grafické porovnanie výsledkov vektorizácie a merania v teréne

8.2.2.1. Vrstva Cesty

Výsledky vektorizácií veľmi tesne opisujú priebeh línie cesty. Avšak ani pri tejto vrstve nie je možné vyvarovať sa chybám. Odchýlky od merania sa nachádzajú najmä v blízkosti zalomenia línie a v blízkosti drobných stavieb, ako približuje Obr. 37. Tieto odchýlky vzniknú väčšinou na východnej strane, z toho dôvodu je na mieste tvrdiť, že vznikajú zatiernením pri zbere dát, prípadne zatiernením drobných stavieb.



Obr. 37 Odchýlka cesty pri malej stavbe

8.2.2.2. Vrstva Budovy

Rozdiely sa rovnako ako v predchádzajúcom porovnaní nachádzajú pri drobných stavbách a pri budove s č. p. 352 – 354 a č. p. 277 – 279.

Predmetom vektorizácie boli aj balkóny a vchody do budov, čo korešponduje s predmetom merania.

Najväčšiu odchýlku voči meraniu dosahujú vektorizácie nad pozemným mračnom bodov.

8.2.2.3. Vrstva Chodníky

Najväčšie odchýlky sa vo vrstve Chodníky nachádzajú v blízkosti vchodov do budov. V mnohých prípadoch sú zapríčinené zatienením vegetáciou, v iných zlou orientáciou pri vektorizácii.

Najviac sa od merania v teréne odlišujú vektorizácie nad pozemným mračnom bodov vyhotovené pomocou programu AutoCAD a MicroStation.

8.2.2.4. Vrstva Pešinky

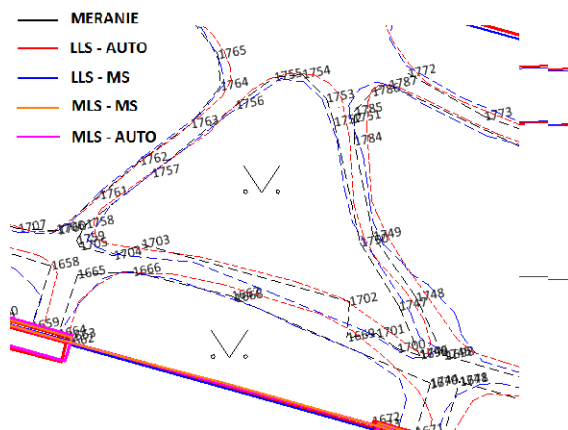
Pešie chodníčky boli, na rozdiel od predchádzajúceho porovnania, predmetom merania v teréne. Dôvody prečo boli pešie chodníčky merané boli dva. Prvým bola vektorizácia. Keďže vektorizácia bola vykonaná skôr ako samotné meranie v teréne, resp. rekognoskácia, nebolo jasné o aký typ líniovej stavby sa jedná.

Druhým dôvodom bolo budúce využitie merania, resp. vektorizácie, pri vybudovaní nových chodníkov.

Väčšia sústava pešínok sa nachádza v severnej časti mračna bodov medzi budovami s č. p. 436 až 476.

Pešinky nachádzajúce sa v blízkosti bodov nie sú tak blízke meraniu ako pešinky vzdialenejšie od budov, ako možno vidieť na Obr. 38. Dôvodom je zatienenie vegetácie, ako aj samotných budov.

Pešinka nachádzajúca sa v blízkosti budovy s č. p. 351 je veľmi presne opísaná výsledkami vektorizácií. Výnimkou je jedna z línií vektorizácie pozemného mračna, ktorá sa od skutočnej línie odchyľuje o 0,30 – 0,80 m. Táto odchýlka môže byť spôsobená terénnou nerovnosťou, alebo šumom vzniknutým pri zbere dát.



Obr. 38 Pešinky v okolí budov s č. p. 436 – 476 vektorizácia a stav v teréne

8.2.3. Grafické porovnanie merania v teréne a DKM

8.2.3.1. Vrstva Cesty

DKM rovnako ako meranie vychádzajú zo skutočného stavu v teréne. Výsledky nie sú zaťažené prekrytom vegetácie, automobilov alebo terénnych nerovností ako to bolo v prípade vektorizácie merania v teréne. Z toho dôvodu budú DKM ako aj meranie takmer totožne. V prípade vrstvy cesty sa vyskytlo pár odlišností, napríklad vyššie spomenutá zakruta na križovatke ulíc Oblá a Svážná.

8.2.3.2. Vrstva Budovy

Ako bolo spomenuté v kapitole Grafické porovnanie DKM s výsledkami vektorizácie pri budove s č.p. 493 sa objavila nezrovanosť. Týka sa komína umiestneného na východnej strane budovy. Odchýlka komína znázorneného na DKM sa od merania v teréne líši o 4,7m.

Na základe informácií z katastrálneho úradu môže byť príčinou ochýlky buď prestavba komína, alebo chybné meranie, prípadne chyba pri výpočte geodetickej úlohy. Na zaslaných ortofoto snímkoch z rokov 2001, 2003 a 2016, uvedených na Obr. 39, je zreteľne vidieť, že poloha komína sa nezmenila.



Obr. 39 Ortofoto snímky z rokov 2001, 2003, 2016 s aktuálnym stavom v KN [19]

Podľa informácií uvedených na stránke ČÚZK je pre toto územie vyhotovená KMD v mierke 1: 1 000, platná od roku 2004. Táto mapa vznikla digitalizáciou pôvodnej mapy. Preto je na mieste tvrdiť, že chyba mohla vzniknúť v dôsledku chybného merania, alebo výpočtu, a digitalizáciou sa prenáša až do súčasného stavu.

V kapitole 6.2. export súradníc DKM bolo spomenuté, že získané súradnice majú kód kvality 3. V prípade KMD v mierke 1:1 000 musia mať body kód kvality 6 a vyšší.

Nezrovnalosť medzi stavom uvedenom v DKM a v teréne je možné riešiť podnetom na príslušnom KP – Brno mesto na opravu kresby budovy.

8.2.3.3. Vrstva Chodníky

Vo vrstve sa nenachádzajú žiadne odchýlky voči DKM.

8.2.3.4. Vrstva Pešinky

Vrstva nie je súčasťou DKM, preto ju nie je možné porovnať s meraním v teréne.

9. ZÁVER

Cieľom diplomovej práce bolo porovnanie jednotlivých výsledkov vektorizácie s aktuálnym stavom v teréne získaným na základe merania a z údajov v DKM.

Vstupné mračná bodov v dátovom formáte .las, vyhotovené pozemným a leteckým laserovým skenovaním, sa transformovali a konvertovali do S-JTSK a rôznych formátov. Cieľom bolo vyhotovenie vektorovej kresby nad jednotlivými mračnami v rôznych softvéroch. Vyhotovené vektorizácie slúžili ako podklad na meranie v teréne.

Z vyhotovených vektorizácií boli vyexportované zoznamy súradníc slúžiace na porovnanie s výsledkami merania v teréne a stavom v DKM. Porovnané výsledky je možné rozdeliť do troch kategórií. Prvou by bolo porovnanie podľa typu mračna, druhou porovnanie podľa programu na vyhotovenie vektorizácií a treťou by bol pôvod dát druhého zoznamu súradníc, teda či boli súradnice získané meraním, alebo z DKM.

Z porovnania zoznamov súradníc vyplýva nasledovné.

Na základe výsledkov z porovnania vektorizácií nad jednotlivými typmi mračen vyplýva, že najlepšie výsledky možno dosiahnuť z vektorizácie nad mračnom bodov vyhotoveným leteckým laserovým skenovaním. Spôsobuje to fakt, že mračno bodov vyhotovené pozemným laserovým skenovaním napriek svojmu veľkému počtu bodov zobrazuje menšie územie. Z toho vyplýva, že počet bodov nemá v tomto prípade vplyv na presnosť vektorizácie. Ďalší nežiaducim faktorom bola aj vegetácia, ktorá v mnohých prípadoch znemožňovala vektorizáciu.

Z pohľadu druhej kategórie sa najviac blízkych bodov sa získa z porovnania zoznamov súradníc získaných z vektorizácií nad mračnami bodov v programe AutoCAD. Je to spôsobené najmä tým, že softvér je lepšie prispôsobený na prácu s mračnami bodov. Lepšia rozlišovacia schopnosť umožňuje presnejšie vykresľovanie línií než program MicroStation.

Tretia kategória porovnania výsledkov prihliada na pôvod vstupných dát, teda či boli zoznamy súradnice získané z merania v teréne alebo z DKM. Vyšší počet blízkych bodov sa získa z merania v teréne. Je to zapríčinené tým, že podkladom na meranie

v teréne boli práve výsledky vektorizácií, čím sa zvýšila pravdepodobnosť zhody a vylúčili sa nepotrebné súradnice. DKM, napriek tomu, že jej výrez bol totožný s obvodom najrozsiahlšieho mračna, obsahovala mnoho nadbytočných bodov.

Výsledky porovnania naznačujú, že vektorizáciu nad mračnom bodov vyhotoveným leteckým laserovým skenovaním v programe AutoCAD je možné použiť na tvorbu DKM.

Porovnanie vyjadruje vzájomnú blízkosť bodov. Pre detailnejšiu analýzu presnosti bolo potrebné grafické porovnanie. To spočívalo vo vyhotovení trojice výkresov, ktoré znázorňovali výsledky vektorizácií nad mračnami bodov s DKM alebo vektorizáciou merania v teréne. Posledný z trojice výkresov porovnával vektorizáciu merania v teréne so stavom uvedeným v DKM.

Na základe výsledkov grafického porovnania sa zistila nezrovnalosť v zákrese budovy s číslom popisným 493. Časť budovy zakreslená v DKM neodpovedá vektorizácií nad jednotlivými mračnami. Táto odchýlka je potvrdená aj pri meraní v tréne. Riešením problému by bolo premeranie chybnnej oblasti.

Menšie rozdiely oproti stavu v DKM (meraniu v teréne) sa nachádzajú v blízkosti drobných stavieb. Tie zapríčiňuje nadmerná hustota vegetácie v ich okolí.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATURY A ZDROJOV

- [1] VOSSELMAN G., MAAS H.-G. *Airborne and terrestrial laser scanning*. Whittles publishing. Dunbeath, UK, 2010. s. 9. ISBN:978-1904445-87-6
- [2] COLLIS, R. T. H. *Lidar. Atmospheric exploration by remote probes* [online]. 1969 s. 2 [cit. 2018-05-14]. Dostupné z:
<<http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19720017707.pdf>>
- [3] JANKOVIČOVÁ, I. *Příprava mapových podkladů pro mapování pro OB* [online]. Brno. 2015. [cit. 2017-12-03]. Dostupné z:
<<http://podklady.jankovic.cz/laser.html>>
- [4] DOLANSKÝ, T. *Lidary pro mapování terénu. Lidary a letecké laserové skenování*. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně. 2004. s. 12-20. ISBN 80-7044-5750. Dostupné z:
<<http://wvc.pf.jcu.cz/ki/data/files/160lidaryweb.pdf>>
- [5] MIKITA, T. *Použití GIS a DPZ pro krajinné inženýrství* [online]. Brno Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita. 2014. [cit. 2016-04-028]. Dostupné z:
<http://uhulag.mendelu.cz/files/pagesdata/cz/vgdp/vgdp_gis4.pdf>
- [6] ŠTRONER, M. a kol. *3D skenovací systémy Česká technika - nakladatelství ČVUT*. Praha. s. 22 – 42. 2013. ISBN 978-80-01-05371-3
- [7] PAVELKA K. *Letecké laserové skenování v ČR a možnosti využití dat pro dokumentaci historické těžby nerostných surovin*. [online] ČVUT v Prahe. Fakulta stavební. [cit. 2017-12-03]. Dostupné z:
<<http://lfgm.fsv.cvut.cz/data/RIV/j%C3%A1chymovsko.pdf>>
- [8] TECHNICKÁ ZPRÁVA K DIGITÁLNÍMU MODELU RELIÉFU 4. GENERACE: DMR 4G. Praha, 2010, 11 s. Dostupné také z:
<http://geoportal.cuzk.cz/Dokumenty/TECHNICKA_ZPRAVA_DMR_4G.pdf>

- [9] History of Laser Scanning [online]. 2017, 1 s. Dostupné z: <<http://floridalaserscanning.com/3d-laser-scanning/history-of-laser-scanning/>>
- [10] What is a LAS dataset? [online]. 2016. [cit. 2017-12-03] Dostupné z: <<http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/las-dataset/what-is-a-las-dataset-.htm> >
- [11] KOSOWATZ J. *Laser Scanning Explores Antiquity*. [online]. 2014. [cit. 2017-12-03]. Dostupné z: <<https://www.asme.org/engineering-topics/articles/technology-and-society/laser-scanning-explores-antiquity>>
- [12] BENNETT T. *Exploring Reality Computing for Civil Infrastructure*. [online]. 2015. [cit. 2017-12-03]. Dostupné z: <<http://informedinfrastructure.com/12620/reality-computing-for-civil-infrastructure/>>
- [13] WANG H. a kol. *Automatic road extraction from mobile laser scanning data*. [online]. 2012. [cit. 2017-12-03]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/figure/261170078_fig1_Figure-1-Principle-of-mobile-laser-scanning>
- [14] KOOME D. 3D laser scanning; surveying in HD!. [online]. 2016. [cit. 2017-12-03]. Dostupné z: <<https://www.linkedin.com/pulse/3d-laser-scanning-surveying-hd-derrick-koome>>
- [15] TERMINOLOGICKÁ KOMISE ČÚZK. *Terminologický slovník zeměměřictví a katastru nemovitostí*. [online]. 2014. [cit. 2017-12-03]. Dostupné z: <http://www.vugtk.cz/slovník/termin.php?jazykova_verze=&tid=1294&l=vektorizace>
- [16] přijímač RTK
- [17] LIEVENDAG N. Structure sensor 3d scanner review. [online]. 2016. [cit. 2017-12-03]. Dostupné z: <<https://3dscanexpert.com/structure-sensor-review-part-1/>>

[18] Stav DMR. ČUZK: Geoportál [online]. Praha, 2010. [cit. 2017-12-03]. Dostupné z:
< <http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/?wmcid=547&serverconf=meta> >

[19] Ortofoto snímky ČUZK: [online]. Praha, 2010. [cit. 2017-12-03]. Dostupné z:
<<http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/?wmcid=8491>>

[20] Skener RIEGL LMS-Q780 [online]. Dostupné z:
<<https://geo-matching.com/category/airborne-laser-scanning/riegl-lms-q780>>

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK

EDM	Elektronické meranie dĺžok (Electronic distance measurement)
GPS	Globálny systém na určenie polohy (global positioning system)
LLS	Letecké laserové skenovanie Light Detection And Ranging
LIDAR	Laserové skenovanie (Light Detection And Ranging)
IMU	Inerciálna meracia jednotka (Inertial Measurement Unit)
GNSS	Globálny navigačný satelitný systém (Global Navigation Satellite System)
MLS	Mobilné laserové skenovanie
SLS	Statické pozemné laserové skenovanie
ČR	Česká Republika
DMR	Digitálny Model Reliéfu
GRID	Pravidel'ná štvorcová sieť
TIN	Nepravidelná trojuholníková sieť (Triangulated Irregular Network)
DMP	Digitálny Model Povrchu
ETRS	Európsky Terestrický Referenčný Systém (The European Terrestrial Reference System)
UTM	Univerzálny Tranzverzálny Mercatorov systém (Universal Transverse Mercator)
MLS	Mobilné laserové skenovanie (Mobile Laser Scanning)
S-JTSK	Systém Jednotnej Trigonometrickej Siete Katastrálnej
Bpv	Balt po vyrovnání
WMS	Webová Mapová Služba (Web Map Service)
KÚ	Katastrálne územie
PPBP	Podrobné polohové bodové pole
MS	MicroStation
AUTO	AutoCAD
LLS MS	Vektorizácia nad leteckým mračnom bodov vyhotovená v programe MicroStation
LLS AUTO	Vektorizácia nad leteckým mračnom bodov vyhotovená v programe MicroStation

MLS MS	Vektorizácia nad pozemným mračnom bodov vyhotovená v programe MicroStation
MLS AUTO	Vektorizácia nad pozemným mračnom bodov vyhotovená v programe AutoCAD
KN	Výsledok vektorizácie
MER	Meranie v teréne
Č.P.	Číslo popisné
KN	Kataster nehnuteľností

ZOZNAM OBRÁZKOV

- Obr. 1 Využitie laserového skenovania v archeológii [11]
- Obr. 2 Princíp leteckého laserového skenovania (LLS) [12]
- Obr. 3 Princíp pozemného laserového skenovania – mobilného (MLS) [13]
- Obr. 4 Princíp pozemného laserového skenovania – statického [14]
- Obr. 5 Rozdelenie typov skenerov [6]
- Obr. 6 a) Princíp polárneho skenera, b) Princíp skenera so základňou [1]
- Obr. 7 Stav DMR Českej republiky do roku 2017 [18]
- Obr. 8 Automobil vybavený laserovým skenovacím systémom Riegl VMX-450
- Obr. 9 Laserový skener Riegl LMS-Q780
- Obr. 10 a) Parametre vstupného, b) výstupného súradnicového systému
- Obr. 11 Okno bodové mraky
- Obr. 12 Prevod na dátový formát .las
- Obr. 13 Panel práce s mračnom bodov
- Obr. 14 Zjednodušená ponuka
- Obr. 13 a) Mračno bodov LLS vyhotovené po transformácii do S-JTSK
- Obr. 13 b) Mračno bodov MLS vyhotovené po transformácii do S-JTSK
- Obr. 14 a) Vektorová kresba nad mračnom bodov vyhotoveným LLS
- Obr. 14 b) Vektorová kresba nad mračnom bodov vyhotoveným MLS
- Obr. 15 Export zoznamu súradníc z kresby vo formáte .dgn
- Obr. 16 a) zoznam vrstiev vo výkrese, b) vyexportované súradnice z výkresu
- Obr. 17 Ikona Nový projekt
- Obr. 18 Názov a umiestnenie výstupného mračna
- Obr. 19 Voľba aktuálneho a výstupného súradnicového systému
- Obr. 20 Pripojenie mračna bodov
- Obr. 21 Mračno bodov po načítaní do výkresu
- Obr. 22 Mračno bodov po zmene farebnosti
- Obr. 23 Vektorizácia nad mračnom bodov vyhotoveným pozemným skenovaním
- Obr. 24 Vektorizácia nad mračnom bodov vyhotoveným leteckým skenovaním
- Obr. 25 Panel umožňujúci personalizáciu mračna bodov
- Obr. 26 Štýly

- Obr. 27 Orezaná DKM Nového Lískovca
- Obr. 28 Záujmové územie
- Obr. 29 Prijímač GNSS Trimble R4
- Obr. 30 Vektorizácia merania v teréne
- Obr. 31 Založenie nového výkresu
- Obr. 32 Voľba transformácie
- Obr. 33 a) Transformácia – Identické body, b) Porovnanie dvoch zoznamov
- Obr. 34 Odľahlosť výsledkov vektorizácie voči stavu v DKM
- Obr. 35 Parcela č. 2676/29 vektorizácia a stav v teréne
- Obr. 36 Zastrešenie budovy č. p. 279 vektorizácia a stav v teréne
- Obr. 37 Odchýlka cesty pri malej stavbe
- Obr. 38 Pešinky v okolí budov s č. p. 436 – 476 vektorizácia a stav v teréne
- Obr. 39 Ortofoto snímky z rokov 2001, 2003, 2016 s aktuálnym stavom v KN [19]

ZOZNAM TABULIEK A GRAFOV

Tab. 1 Modely terénu pre ČR [7]

Tab. 2 Vlastnosti vrstiev vektorizácií nad mračnami bodov

Graf č. 1 Porovnanie výsledkov vektorizácie LLS AUTO a DKM

Graf č. 2 Porovnanie výsledkov vektorizácie LLS MS s DKM

Graf č. 3 Porovnanie výsledkov vektorizácie MLS AUTO a DKM

Graf č. 4 Porovnanie výsledkov vektorizácie MLS MS a DKM

Graf č. 5 Porovnanie vektorizácie v programe AutoCAD a merania v teréne

Graf č. 6 Porovnanie výsledkov vektorizácie a merania v teréne

Graf č. 7 Porovnanie vektorizácie a merania v teréne

Graf č. 8 Porovnanie vektorizácie v programe MicroStation a merania v teréne

Graf č. 9 Porovnanie výsledkov merania v DKM

ZOZNAM PRÍLOH

Elektronické prílohy:

Príloha číslo 1 – Vektorizácia

Súbor – Zoznam súradníc

Príloha číslo 2 - Meranie v teréne

Súbor – Bodové pole

Súbor – Meračské náčrty

Súbor – Podrobné meranie

Súbor – Výpočet konštrukčných omerných

Príloha číslo 3 – DKM

Príloha číslo 4 - Porovnanie zoznamov súradníc

Súbor – Porovnanie LLS AUTO a DKM

Súbor – Porovnanie LLS AUTO a MER

Súbor – Porovnanie LLS MS a DKM

Súbor – Porovnanie LLS MS a MER

Súbor – Porovnanie MER a DKM

Súbor – Porovnanie MLS AUTO a DKM

Súbor – Porovnanie MLS AUTO a MER

Súbor – Porovnanie MLS MS a DKM

Súbor – Porovnanie MLS MS a MER

Príloha číslo 5 - Grafické porovnanie

Voľné prílohy:

Grafické porovnanie výsledkov vektorizácie s DKM v mierke 1:1 000

Grafické porovnanie výsledkov vektorizácie s meraním v teréne v mierke 1:1 000

Grafické porovnanie merania v teréne s DKM v mierke 1:1 000