



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SAKDOLOGOZAT

**Földi lézerszkennerek alkalmazása
tervezési térkép készítéshez**

OE-AMK
2023

Nagyváradi Barbara Éva
T000601/FI12904/A-G



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Nagyvárad Barbara Éva

Szaktervezési szám: [REDACTED]

Törzskönyvi száma: T000601/FI12904/A-G

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: földmérő és földrendező mérnök

Specializáció: Geoinformatika specializáció

A dolgozat címe: Földi lézerszkennelés alkalmazása tervezési térkép készítéshez

A dolgozat címe angolul: Topographic survey using a terrestrial laser scanner

A feladat részletezése:

Készítse el egy beruházás tervezési alaptérképét az arról készült pontfelhő felhasználásával.

Mutassa be a feldolgozás folyamatát, hasonlítsa össze a hagyományos felmérési technikákkal.

Intézményi konzulens neve: Dr. Tóth Zoltán

A kiadott téma elévülési határideje: 2025. 07. 10.

Beadási határidő: 2023. 05. 15.

A szaktervezési: Nem titkos.

Kiadva: Székesfehérvár, 2023. 03. 27*



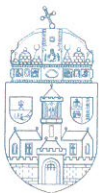
[Signature]
Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom: 2023. 05. 15.

[Signature]

belső konzulens

[Signature]
külső konzulens



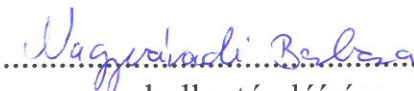
HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott Nagyváradiné Barbara Éva, hogy a szakdolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem.

Egyéb jelentős segítséget nem vettem igénybe.

Az elkészült szakdolgozatban található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: Székesfehérvár, 2023.05.10.


.....
hallgató aláírása

TARTALOMJEGYZÉK

1	Bevezetés	3
2	Fizikai alapok.....	4
2.1	A lézer általános jellemzése	4
2.2	Biztonsági osztályok	6
2.3	Optikai távolságmérés alapelve.....	6
2.3.1	Időmérésen alapuló távmérés.....	6
2.3.2	Fázismérésen alapuló távmérés	7
3	Felhasznált technológiák.....	8
3.1	Műholdas helymeghatározás	8
3.1.1	GNSS alaprendszerek	10
3.1.2	Geodéziai alapok.....	10
3.2	Mérőállomás.....	10
3.3	Légi lézerszkennner	11
3.4	Földi lézerszkennner	12
3.5	Pontosságot befolyásoló tényezők	13
3.5.1	Időjárás, mint befolyásoló tényező	13
3.5.2	Mérési környezet.....	14
3.5.3	A takart felületek, elemekből levezethető problémák.....	14
3.6	Alkalmazási területek.....	15
3.6.1	Geodéziai felhasználás.....	15
3.6.2	Építőmérnöki alkalmazások.....	15
3.6.3	Építészeti alkalmazások.....	16
3.6.4	Gépészeti alkalmazások	16
3.6.5	Régészeti alkalmazások	16

3.6.6	Örökségvédelmi alkalmazások	16
3.6.7	Városmodellezés	16
3.6.8	Speciális alkalmazások	16
4	Felhasznált műszerek és eszközök.....	18
4.1	Javad Triumph-1 GNSS RTK rover.....	18
4.2	Sokkia FX-103	18
4.3	Riegl VZ-400I TLS	20
5	Mérés	22
5.1	Méréstervezés.....	22
6	Mérések feldolgozása	25
6.1	Regisztráció.....	26
6.2	Ellenőrzés.....	32
7	Digitalizálás folyamata	36
7.1	Shape eszköztár.....	43
7.2	Mérési eszköztár:	46
7.3	Pontfelhő színezése	46
8	Tervezési térkép.....	49
9	Összefoglalás	53
10	Summary.....	54
11	Irodalomjegyzék és forrásjegyzék	55
12	Köszönetnyilvánítás.....	57

1 BEVEZETÉS

Szakdolgozatom célja, hogy bemutassam a földi lézerszkennelés mint elsődleges adatnyerési technológia sikeresen alkalmazható tervezési térkép elkészítésére. A technológia fejlődésével leegyszerűsödtek és felgyorsultak a mérési folyamatok, a beállított paraméterek függvényében a műszerek már több millió pont mérésére is alkalmasak másodpercenként. Vannak, olyan lézerszkennelést felhasználó területek is, ahol nem szükséges a geodéziai kiegészítő mérés. Nagyon sok geodéziai munkához viszont szükség van az előállított végtermékeket országos koordináta rendszerben (EOV) biztosítani a megrendelők számára. A lézerszkennereknek nagy előnyük, hogy terepen nagy mennyiségű adatot tudnak rövid idő alatt előállítani. Azonban az eljárás során rengeteg pontot kapunk eredményül. Sokkal több adatunk lesz, mint amire szükségünk van. Az irodai feldolgozás során csak a szükséges pontokat hagyjuk benne a leadandó állományban, ezért a pontfelhőnkön szűrést végzünk. A pontfelhőben jelen lesznek objektumok, amelyekre a további felhasználás során nem lesz szükség, ezért ezeket ki tudjuk metszeni az állományunkból, hogy minimalizáljuk a végtermék méretét. Ez a lépés kihagyhatatlan, mivel a további feldolgozáshoz használt szoftverek erőforrásigényei nagyban függenek az éppen megnyitott állományok méretétől. Másik nagy előnye a gyors, alapos alakhelyes terepi mérésen kívül, hogy nem kell visszamennünk a terepre, ha netán elfelejtettünk volna, például egy aknát megmérni, mert a pontfelhő bármikor a rendelkezésünkre áll és le tudjuk ellenőrizni, hogy minden be lett-e digitalizálva. A szakdolgozatomban a tervezési térkép elkészítési munkafolyamatát mutatom be egy már megvalósult projekt kiegészítésével. A terepi méréstől az irodai munkafolyamatokkal bezárólag részt vettem a munkában és szakdolgozatomban az általam digitalizált szakaszt egészítettem ki az utca teljes szélességében faltól – falig, kerítéstől - kerítésig. Munkaterületemen Budapest XIII. kerület, Röppentyű utcában a Fáy és a Rozsnyay útkereszteződés közé eső 242 m hosszú szakaszon kellett tervezési térképet elkészítenem útfelújítási munkák miatt.

2 FIZIKAI ALAPOK

Lézerszkennelés során fényt és lézert alkalmazunk ezen belül, a látható és a közeli infravörös fény tartományában működő lézereket.

2.1 A lézer általános jellemzése

A fény egyfajta elektromágneses sugárzás, hétköznapi értelemben a látható tartományban lévő sugárzást nevezzük fénynek. Az élet más területein is találkozhatunk sugárzással például: röntgensugárzás, ultraibolya sugárzás, kozmikus sugárzás.

A fény legfontosabb jellemzői:

- Frekvencia és hullámhossz, ami a látható fény tartományában a színeket határozza meg.
- Intenzitás (amplitúdó), amit a fényerősségként érzékelünk.
- Polarizáció, az elektromágneses rezgés iránya.

Ezek között a mennyiségek között fizikai kapcsolat írható fel, mely a frekvencia (f), a hullámhossz (λ) és a sebesség (v) között áll fenn. [1]

$$c = f \cdot \lambda$$

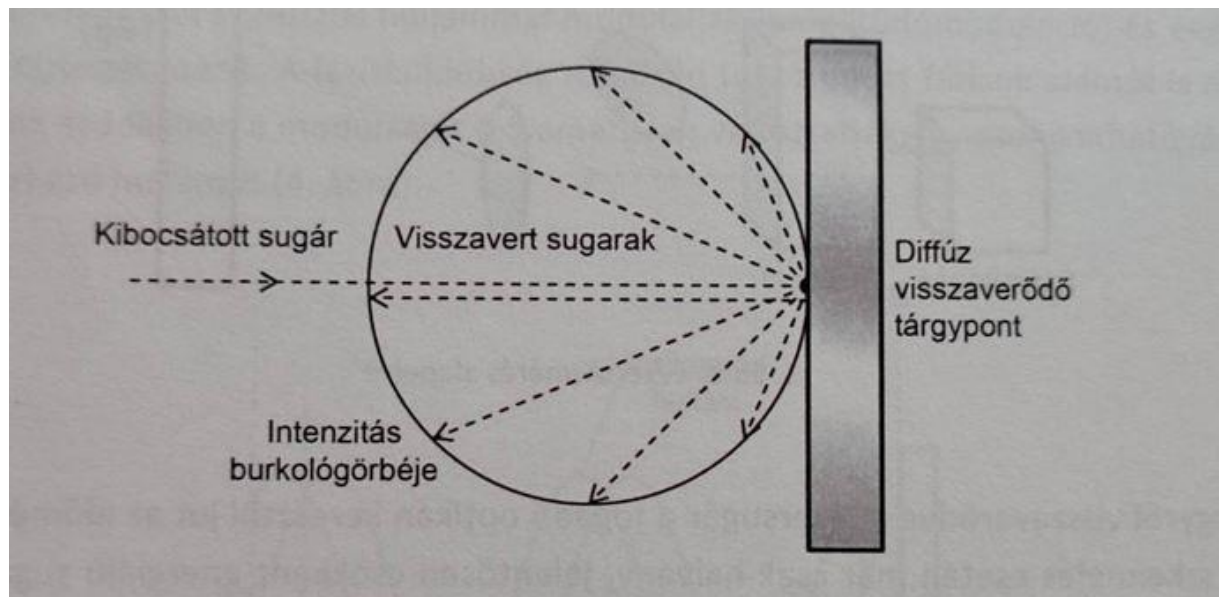
A lézer egy speciális fény, az angol megfelelője a fényerősítés kényszerített fénykibocsátás útján - Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation röviden LASER.

Lézer olyan eszköz, mely külső energia hatására olyan fénysugarakat bocsájt ki, mely

- Koncentrált energiájú,
- Azonos polarizációjú: ahol a lézer által kibocsájtott hullámok mágneses mezejének iránya állandó.
- Monokromatikus: a fény egyetlen hullámhosszú összetevőből áll (vagyis egyszínű).
- Kis divergenciájú: keskeny és kis szétartású sugárnyaláb, ami azt jelenti, hogy a fény szóródása minimális és így nagyobb távolságot érük el.
- Időben és térben koherens: a fázis keresztmetszetében mindenhol azonos.

A lézereket leginkább a gerjesztéskor használt anyag szerint kategorizálhatjuk, így lehetnek: gáz, folyadék, szilárd test vagy félvezető alapú lézerek. A földi lézerszkennelésben leginkább szilárdtest és félvezető lézereket használunk, melyek zöld vagy közeli infravörös tartományban működnek.

Egy másik lényeges tulajdonság, az a felület reflektivitása. A visszaverődési képesség (reflektivitás) alatt a beesési és visszavert energia hányadosát értjük. A szórt (diffúz) visszaverődést eredményező tárgyak által visszavert sugárzás intenzitása egy gömbbel modellezhető, melynél az ábrán látható (2.1. ábra) elrendezés esetén, a legnagyobb energiájú visszaverődés a tárgyra merőleges irányban figyelhető meg.[1]



2.1 ábra: Szórt visszaverődés. [1]

Ezt azért fontos tudni, mert a mérés tervezésénél és felmérés során a hatótávolság megállapításánál is figyelembe kell venni, mivel az adott műszer kisebb reflektivitású objektumot csak kisebb távolságról érzékel pl. aszfalt. A visszaverődésre még befolyással lehet továbbá: az objektum anyaga, színe és a felülete.

2.2 Biztonsági osztályok

A lézereket biztonság szempontjából különböző, nemzetközi szabványok szerint megalkotott osztályokba sorolják [1]:

- Class I: ebben a csoportba az élő szervezetre nem ártalmas lézereket soroljuk.
- Class II: ezen osztályba tartozó lézerek energiaszintje magasabb a Class I-ben lévő lézerekénél, de 1 mW-nál kisebb sugárzási energiával rendelkeznek. Ezeknek a lézereknek alkalmazásával szemben nincsenek különleges követelmények.
- Class III: ezeknek a lézereknek az energiatartománya 1-500 mW. A kategóriába tartozó lézerek csak a sugárba tekintve veszélyesek, ilyenkor védőfelszereléssel védekezhetünk ellenük.
- Class IV: ebbe a kategóriába az 500 mW energiánál nagyobb teljesítményű lézereket soroljuk, amik már ártalmasak az élőlényekre, valamint tűzveszélyesek is. Szigorú biztonsági intézkedéseket kell alkalmaznunk, ezekkel a lézerekkel kapcsolatban. A légi lézerszkennelésben ilyen teljesítményű lézereket használnak, viszont a letapogató lézerek nem egy pontban összpontosulnak, hanem szétszóródnak, és nagy távolságból indítják a sugarat. Így a földön lévő élőlényekre nem veszélyesek. Azonban gyártásuk és összeszerelésük során szigorú biztonsági óvintézkedésüket be kell tartani.

2.3 Optikai távolságmérés alapelve

Lézerrel történő optikai távmérésnek két alkalmazott módszerét ismerjük. A fázismérés és a fény terjedési idejének mérésével történő távolság meghatározás.

2.3.1 Időmérésen alapuló távmérés

ToF (Time of Flight – utazási idő). Az időmérési távmérés alapelve, hogy egy impulzust bocsájtunk ki és ennek a futási idejét mérjük meg. Azaz az impulzus kibocsátása és a visszaérkezése között eltelt idő felhasználásával számítjuk ki a pont helyzetét (a lézersugár terjedési sebességének ismeretében).

Ezzel a mérési módszerrel ismertté vált az impulzus megtett ideje (t), a vivőjel terjedési sebessége (v), így a ferde távolság (D) számítható. [1]

$$D = \frac{vt}{2}$$

2.3.2 Fázismérésen alapuló távmérés

A fázismérési rendszerek folyamatos hullámot alkalmaznak impulzusok helyett.

Ezeknek a rendszereknek kisebb a hatótávolságuk ezért elsősorban a földi lézerszkennelésben terjedtek el.

Ismerjük a fény terjedési sebességét, valamint a jel frekvenciáját. Ebből számítható a mérőjel hullámhossza (λ), mérőjel terjedési sebesség (v), mérőjel frekvenciája (f): [1]

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

Mivel a távolságmérés során a távolság kétszeresét teszi meg a mérőjel, így:

$$D = n \frac{\lambda}{2} + \frac{D'}{2}$$

Ahol a $\frac{D'}{2}$ az egész ciklusok (n) mellett maradandó csonka ciklusból határozható meg.

Ennek megfelelően a fázismérési távmérés alapképlete:

$$D = n \frac{\lambda}{2} + Dm$$

ahol a Dm a maradéktávolság:

$$Dm = \frac{\Delta\lambda}{2\pi} \cdot \frac{\lambda}{2}$$

Az alapképlet segítségével két módszert alkalmazva határozható meg a távolság. [1]

- Az állandó mérőfrekvencia módszere. Amely azt jelenti, hogy a kibocsájtott frekvencia nem változik meg a mérés ideje alatt, vagyis a csonka ciklusunk nem lesz egyenlő nullával, csak kivételes esetekben. A mérőjel hullámhossza (így a frekvenciája is) állandó.
- A változtatható mérőfrekvencia módszere. Aminek a lényege, hogy a mérőjel frekvenciáját úgy változik meg, hogy a csonka ciklus értéke nulla legyen. A számítása egyszerűbb.

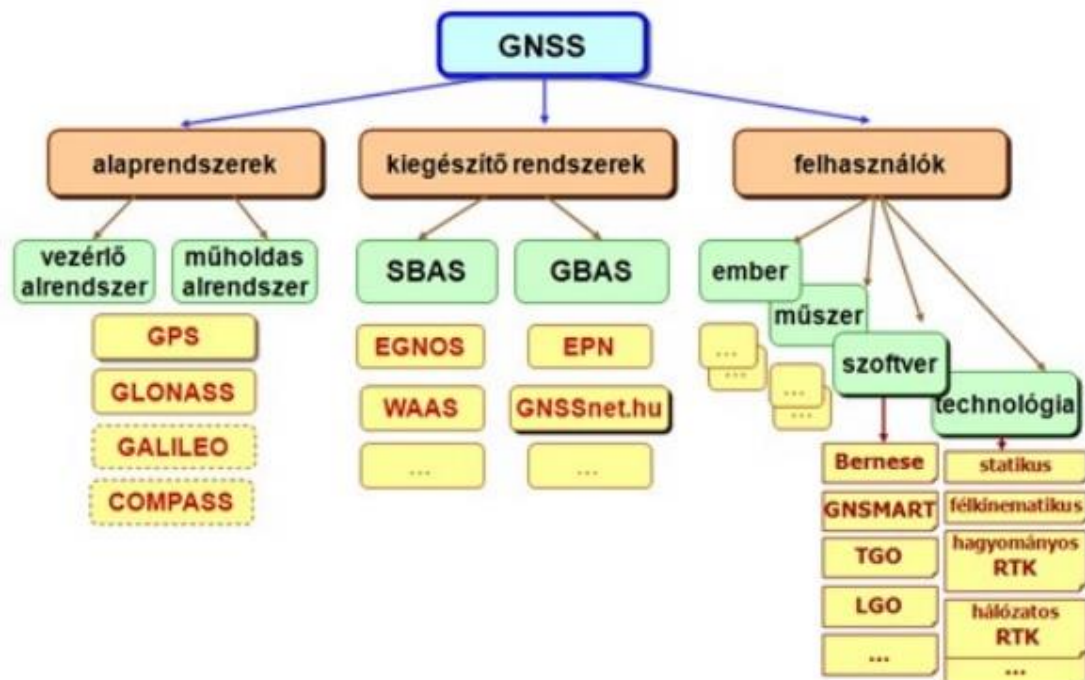
3 FELHASZNÁLT TECHNOLOGIÁK

Ebben a fejezetben azokat az alapvető technológiákat mutatom be melyek a mérés során szükségesek voltak.

3.1 Műholdas helymeghatározás

Egyre fontosabb a korszerű műholdas helymeghatározó rendszereknek alkalmazása. A geodéziában használjuk alappontmeghatározásra, részletpontmeghatározásra, továbbá a terepen való tájékozódásban is egyaránt. Köznyelvben elterjedve GPS (Global Positioning System) rövidítéssel nevezik meg a helymeghatározást, azonban a helyes megnevezés a GNSS (Global Navigation Satellite System), aminek jelentése Globális Navigációs Műholdrendszer jelent. A rendszer 1967 nyarától lett elérhető polgári célú felhasználásra, ezzel megteremtve az alapját a mai modern globális műholdas helymeghatározó rendszereknek a röviden GNSS-rendszereknek. [4]

A GNSS rendszer több részre tagolható, a felépítése az 3.1. ábrán látható.



3.1. ábra: A GNSS rendszer összetevői. [2]

Az alrendszerek csoportosítása a következő lehet:

- GNSS alrendszerek, ide tartoznak a műholdak és a követőállomások
- GNSS kiegészítő rendszerek, amik lehetnek földi alapúak (Ground Based Augmentation System – GBAS), vagy műholdas alapúak (Satellite Based Augmentation System – SBAS)
- Felhasználói oldal (külön alrendszer), ide tartoznak a felhasználók által használt GNSS vevők és a vevőkészülékben vagy külső számítógépeken üzemelő programok és a kiegészítő rendszert üzemeltető szoftverek.

A GNSS mérés során nyers mérési adatokat kapunk további feldolgozás és/vagy tárolás céljából. Ezek a kódtávolságok, fázisértékek és Doppler-számok lehetnek.

A kódmérés a műhold által kibocsátott kód segítségével történik. Ez alapján a különböző műholdak jelei elkülöníthetők lesznek egymástól.

A kódmérés pontossága korlátozott, ezért nagyobb pontosságú mérésekhez a vivőjel fázisát kell mérni.

A fázismérés a műhold által kibocsátott vivőjel és a vevő által előállított referencia-jel fáziskülönbség mérésén alapszik. Ha meghatározott időközönként (epochánként) rögzítjük a fázisértékeket, akkor ezzel lényegében a műhold-vevő távolság változását mérjük a két időpont között, ciklus-egységben.[3] Geodéziai pontosság csak fázismérési vevőkkel érhető el.

A Doppler-mérés eredménye egy meghatározott időtartam alatt mért ún. Doppler-szám, amely kellően rövid időtartam esetén a frekvencia-változással egyezik meg. [3] A RINEX (Receiver Independent Exchange Format) olyan szövegfájl, amely tartalmazza a nyers mérési adatokat, ez egy gyártóktól és műszertől független mérési állomány. Ezek az adatok visszamenőleg 30 napra letölthetők a gnssnet.hu oldalról.

A távolság meghatározásához a vevő a műhold rádiójelének a futási idejét méri meg. Fontos, hogy a műholdak atomórája és vevők egyszerűbb órája egymáshoz pontosan szinkronizált legyen. A vevő órahibájának meghatározása végett egy negyedik műholdra való mérés szükséges ezért minimum 4 műholdra van szükségünk mérés ideje alatt.

A földi lézerszkennelésben az illesztőpontok koordinátáinak meghatározására használjuk.

3.1.1 GNSS alaprendszerek

- GPS rendszer:

USA rendszere. Eredetileg katonai célból létesült, majd nyitottak a civil felhasználók felé. Navstar néven is ismert.

- GLONASS rendszer:

Orosz rendszer. Eredetileg katonai célból létesült, majd nyitottak a civil felhasználók felé.

- Beidou rendszer:

Kínai rendszer. Katonai és civil felhasználás, a kezdetektől így tervezték. Korábban Compass néven is emlegették.

- GALILEO rendszer:

Az EU rendszere. Kizárólag civil felhasználásra. Majdnem teljesen kiépítve.

3.1.2 Geodéziai alapok

A geodézia alapvető ismerete elengedhetetlen a lézerszkenneléssel foglalkozó szakemberek számára. De mi is a geodézia? A geodézia az a tudomány, amely helymeghatározással foglalkozik, görög eredetű szó és földosztást jelent. [5]

3.2 Mérőállomás

A koordináták meghatározásához távolságot, vízszintes és magassági szögeket mérünk. A távolságok mérésére mérőszalagra vagy távmérőre (disto) van szükségünk. A szögek méréséhez szükséges műszert teodolitnak nevezzük. A mai műszerek egyesítik a szögmérő és a távmérő egységeket, azaz a teodolitot és a fizikai távmérőt. Ezeket a műszereket mérőállomásoknak nevezzük. [4] Ezek a műszerek beépített számítógéppel rendelkeznek, amely a mérés vezérlésén kívül az adatok tárolásával és különböző számítások elvégzésével támogatja a munkánkat. [6] A mért adatokat a műszer a belső adattárolójában tárolja, ami közvetlenül van beépítve. Modernebb műszerek már rendelkeznek USB csatlakozóval, amit könnyedén ki tudunk olvasni egy pendrive segítségével. Régebbi műszerek esetén már kicsit bonyolultabban, a mérőállomást csatlakoztattuk a számítógépünkhöz és úgy nyertük ki az adatokat vagy egy saját adatkártyára mentettük le, amihez szükség van külön speciális kártyakiolvasóra. [7] A mai műszerek kéttengelyű kompenzátorokkal rendelkeznek, ami a műszertörzsben az állótengelyben helyezkedik el. Abban az esetben, ha a kompenzálás tartományát

meghaladja az állótengely dőlése, akkor a műszer kijelzőjén figyelmeztető üzenet fog megjelenni, az elektronikus libellát automatikusan megjelenítik a képernyőn és mérést is letiltja a vezérlő program. A műszer típustól függően változik ez a tartomány és a beállítás pontossága. Ha a kompenzátor sérülés éri, amelyet a felhasználó nem vesz észre, méréseket a helytelen működésből következően durva szabályos hibák fogják terhelni, ezért fontos a műszer helyes működését évente kalibrálni. Ennek során elvégzik a szoftveres és hardveres ellenőrzését, amelyről hiteles jegyzőkönyvet állítanak ki. Alapvető, hogy a műszerünket szállításkor óvjuk a rázkódástól és a koccanástól. Az eszközünket mindig óvatosan vegyük ki a műszerdobozból, illetve rakjuk vissza és semmiképp ne szállítsuk a vállunkon a műszerlábbal együtt az átállások közben.

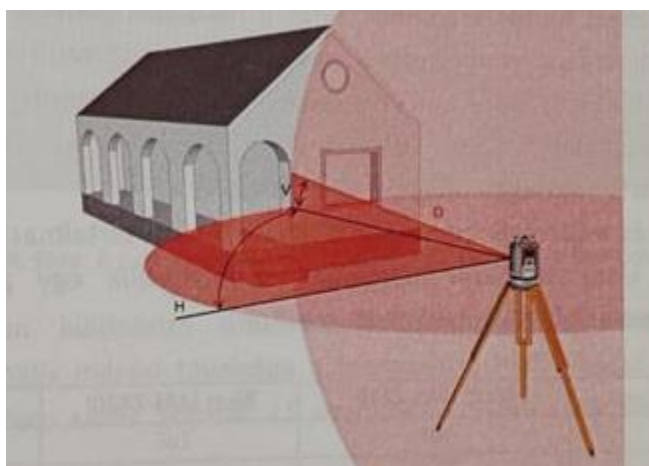
3.3 Légi lézerszkenner

Fontosnak tartom megemlíteni, mivel elsőként a légi lézerszkennelés terjedt el. A szakmai közönség ezen keresztül ismerte meg a technológiát, amit a földi lézerszkennerek fejlesztése és pontfelhők feldolgozása során fel tudtak használni. Alapvetően az 1960-as évekre vezethető vissza megjelenésük, ugyanis ekkortájt jelentek meg a lézerrel történő távolságmérésen alapuló technológiák. Viszont ezek az eljárások nem hozták a pontossági követelményeket. Az 1990-es években a légi lézerszkennelés rohamos fejlődésnek indult, amelynek több oka volt. Az információtechnológia és a finommechanika fejlődése, továbbá ezekben az időkben fejlődtek a műholdas helymeghatározás és az inerciális navigációs szenzorok, amik jelentős mértékben segítettek a megfelelő pontosság elérésében. A fejlődésben jelentős szerepe volt még a kommunikációs eszközök elterjedésének és újításainak. Újabb, nagyobb vivőfrekvenciát alkalmazó mobil kommunikációs rendszerek a bázisállomások telepítésének optimalizálása miatt egyre pontosabb felszínmodelleket igényeltek, melyek tartalmazzák az épített környezetet és vegetációt is. [1]

3.4 Földi lézerszkennner

Megjelenése 1980-as évekre vezethető vissza. A külföldi szakirodalom TLS mozaik szóval hivatkozik rá, ami a Terrestrial Laser Scanner kezdőbetűiből származik.

A 2000-es évekre már bevett adatnyerési eszközöknek számítanak. [8] Működési elve az aktív távérzékelési technológiák közé sorolható, mivel a műszerek az általunk kibocsátott lézersugarakat alkalmazzák a mérés során. A műszer által kibocsátott lézersugár visszaverődik az objektumról, így meg tudjuk határozni a távolságot (3.2. ábra: D), vízszintes (3.2. ábra: H) és magassági (3.2. ábra: V jelölés) szögeket. Ezek ismeretében az adott pont x, y, z koordinátái kiszámíthatók. [1].



3.2. ábra. A lézer szkennner működési elve.[1]

Attól függően, hogy az adott műszer milyen módszerrel határozza meg a felméréendő pont távolságát, megkülönböztetünk időmérési műszereket és fázismérési műszereket.

Továbbá megjelent a teljes hullámforma (full waveform) rögzítésének a lehetősége, ami az időmérési műszerekhez köthető. Amely lehetővé teszi, hogy egy kibocsátott sugárhoz végtelen számú visszaverődést regisztráljunk. A gyakorlatban a mintavételezés sűrűsége határozza meg a visszaverődések számát. Ez a technológia a légi lézerszkennelésben már alátámasztotta felhasználhatóságát. Az időmérés és a fázismérés elveit korábban a 2.3. fejezetben részletesen ismertettem. Az időmérési műszerek előnyük a nagy hatótáv. Azonban a fázismérési műszerekkel nagyobb pontosságot tudunk elérni. A földi lézerszkennerek kiegészülnek színes képalkotással, amelynek segítségével a pontfelhő a valóságnak megfelelően színeztető. Az utófeldolgozás során a szoftver segítségével van lehetőségünk erre. Ez úgy valósul meg, hogy fényképek

alapján a feldolgozó program a pontfelhő minden egyes pontjához egy RGB színkódot rendel, előre meghatározott színinformációra támaszkodva. Integrált IMU (Inertial Measurment Unit) vagy kompenzátor mérőberendezéssel is rendelkeznek.

3.5 Pontosságot befolyásoló tényezők

A földi lézerszkenneres felmérést számos tényező befolyásolhatja. Összeségében elmondható, hogy nem tökéletes felmérési módszerről van szó. A mérést befolyásoló tényezők ugyanúgy fennállnak, mintha más mérési módot választanánk.

Általánosan csoportosítva a következők lehetnek:

- a műszer tulajdonságai
- pontossági követelmények
- mérési környezet
- az objektumok tulajdonságainak hatása a felmérésre

3.5.1 Időjárás, mint befolyásoló tényező

Sok esetben a mérést nyílt terepen végezzük és ilyenkor ki vagyunk téve az időjárási körülményeknek. A műszerek rendelkeznek bizonyos szintű védelemmel, de nem teljesen vízállóak. Mivel méréshez egy lézernyalábot használ a műszer, amelyet egy forgó tükör segít a függőleges síkban eltéríteni, fontos, hogy a tükör tiszta legyen. Esőben nem lehet mérést végezni, nem csak a munkánkat, de a műszerünket is tönkreteszi. Ugyanígy a köd is akadályozó tényező, ahogy az emberi szem sem lát úgy a műszer sem fog. A környezeti hőmérséklet is nagyban befolyásolhatja a műszerünk teljesítményét. A hideg erősen csökkentheti a műszer akkumulátorának működési idejét. Tűző napon vagy a meleg környezetben végzett munka miatt túlhevülhet az eszközünk.

3.5.2 Mérési környezet

A poros közeg is megnehezítheti a mérés elvégzését. A szálló por a tükrökre kerülve okozhat gondot a mérés során. A gőz a már említett módon a ködhez hasonlóan megakadályozza a lézernyaláb terjedését, így kitakarva a szkennelendő területet. Ez a probléma több álláspont beiktatásával a mérésbe jelentősen mérsékelhető.

3.5.3 A takart felületek, elemekből levezethető problémák

Szintén a lézerszkennelés optikai mivoltára vezethető vissza, hogy nem mérhető vele, ami a gépből érkező lézernyaláb számára nem látható. Ilyenek lehetnek például a szigetelt csövek, amelyeknél pusztán a szigetelés mérhető, maga a tényleges csőméret nem. Illetve az olyan elemek és tárgyak, amelyek a rálátási szög okozta árnyékhata miatt vannak takarásban. Sok esetben lehetőség van arra, hogy a kitakart felületeket másik állásból felmérhessük, ilyenkor nincs más megoldásunk a probléma kikerülésére. A felmért felület és a lézer által bezárt szög nagyban befolyásolja a kapott pontfelhő sűrűségét. Legnagyobb pontsűrűséget akkor érünk el, ha a mért felület merőlegesen áll a lézersugárra, a felület szögének változásával, folyamatosan csökken az adott területen a mért pontok száma. A szín, anyag és az objektum felület is befolyásolja a pontosságot. Érdeemes figyelembe venni, hogy a besugárzott energia töredékével fog visszaverődni a lézersugár a sötét színű objektumokról. A modern lézerszkennereknél már nem okoz problémát a fekete szín, a régi típusú műszerek a fekete színű objektumokra vakok voltak. Az objektumok anyaga és felületkezelése is hatással van a visszaverődésre, de hatásuk a legtöbb esetben elhanyagolható. A tükröződő felületek az optikai elven működő műszereknél, mint a lézerszkennerek sok gondot okoznak. Találkozhatunk mérés közben tükrökkel, amik a mért felhőt nagyon pontosan letükrözve vetítik, nehezítve a feldolgozást. Zavaróak lehetnek a tiszta ablakok, amik a tükrökhöz hasonlóan átvetítik a mért felhőt, itt egyszerűbb dolgunk van a feldolgozásnál, hiszen az így vetített felhő sokkal kisebb pontsűrűségű lesz a valódihoz képest. Tükröződő falburkolatokkal is találkozhatunk, mint például tiszta csempefelület. Ilyenkor a falsík felhőrészlete zajosabb lesz, mint nem tükröződő felületnél. Utómunkával ez egy nehezen kezelhető probléma. Olyan esetekben okoz gondot a tükröződés, ahol a felület a rávetülő lézerefény nagyon nagy százalékát visszaveri vagy szétszórja. Utómunkával a pontfelhőből ki lehet törölni a tükröződéseket.

A nagy forgalmú területek, szintén egy olyan körülmény, ami nem lehetetleníti el a mérést azonban utómunka időigényét növeli meg. Rossz pillanatban elindított mérés, akár a mérés ismétlésének szükségességéhez vezethet, ami idővesztességet okozhat. Méréskor oda kell figyelni erre, például várjuk meg az elhaladó kamiont, autót és gyalogosokat stb.

3.6 Alkalmazási területek

A lézerszkennelési technológiával felmért objektum, minden eddiginél részletesebb háromdimenziós modellezés lehetőségét vonzza magával.

Jelenlegi alkalmazási területek:

- geodézia
- építőmérnöki alkalmazások
- építészeti alkalmazások
- gépészeti alkalmazások
- régészeti alkalmazások
- örökségvédelmi alkalmazások
- városmodellezés
- erdőgazdálkodás
- egyéb speciális alkalmazások

3.6.1 Geodéziai felhasználás

Mint szakdolgozati témám is sugallja, a technológia kiválóan alkalmas tervezési térkép készítésére. Továbbá mozgásvizsgálatokhoz, kivitelezési változásvezetésre és állapot felmérésre is alkalmas.

3.6.2 Építőmérnöki alkalmazások

Az egyik legszerte ágazóbb alkalmazási terület.

- modellezés: BIM (Building Information Model) (AutoDesk Revit, ArchiCAD)
- bányászat: a gyártók speciális műszereket fejlesztettek ki, térfogat számítás, dokumentálási és rekultiváció-tervezési folyamatok esetén is használják.
- minőség ellenőrzés: a felmért adatokat összehasonlítják a referencia adattal és a kapott adatokat elemzik. Speciális minőség ellenőrzési feladat egy alagút minőség ellenőrzése, ahol az összetett geometria miatt más módszerekkel időigényes lenne a felmérés.

- monitoring: folyamatos ellenőrzési feladatok, például egy földcsuszamlás, veszélyes terület megfigyelése.

3.6.3 Építészeti alkalmazások

A távolsági és szögmérési pontatlanságok csökkennek, így gyorsabban elkészíthetők az alakhelyes műszaki rajzok.

3.6.4 Gépészeti alkalmazások

Bonyolult csőhálózatok és szerelvények aktuális állapotának felmérése és modellezése sok esetben beavatkozás vagy fejlesztés tervezését segítve.

3.6.5 Régészeti alkalmazások

Fontos szerepet tölt be a feltárt lelet dokumentálásában és archiválásában. Sok esetben a feltárások során olyan objektumok felmérése szükséges, melyek geometriája szabálytalan, diszkrét pontokkal nehezen leírható. Emellett a lézerszkenneléssel készült modelleket másolatok, replikák gyártásánál is alkalmazzák [1]

3.6.6 Örökségvédelmi alkalmazások

A nehezen hozzáférhető helyekről (pl. mennyezet, párkánytagozatok, tetőszerkezet) is precíz információkat ad, és segíti a hagyományos módon nem mérhető szerkezetek (pl. kétszeresen görbült felületek) rajzi rögzítését.

3.6.7 Városmodellezés

A 3D városmodellek nagyon pontosan képesek a város topográfiáját leírni.

3.6.8 Speciális alkalmazások

- Baleseti és bűnügyi helyszínelésnél is alkalmazható, bár hazánkban ez még nem elterjedt.
- Robotika és jármű irányítás: Olyan eszköz, amely emberei beavatkozás nélkül képes eljutni egyik helyről a másikra.



3.3. ábra: Kaptár kövek lézerszkennelése a Bükkben.

4 FELHASZNÁLT MŰSZEREK ÉS ESZKÖZÖK

4.1 Javad Triumph-1 GNSS RTK rover

„Szélsőségesen nagy pontosság – A Javad jelfeldolgozási technológia biztosítja a legnagyobb mérési pontosságot.” [9]

Nautiz X8 terepi vezérlő, amely Windows alapú és Carlson SurvCE vezérlőszoftttel működik.

- GPS L1, L2, L2C, L5, és GLONASS L1, L2 jelvétele 216 csatornán.
- Képes a GALILEO E1/E5A és a Beidou jelvételekre, az általam használt eszközöknél ezek nem tartoztak bele az alapkonfigurációba, de bármikor bővíthető.



4.1. ábra: Javad Triumph-1 GNSS.

4.2 Sokkia FX-103

Az FX mérőállomás Windows alapú operációs rendszerrel rendelkezik. Az alapfelszereltséghez MAGNET Field szoftver tartozik.

Távolságmérési tulajdonságai:

- főlíára mérés 0,3 m - 500m.

- direktreflex 30 m - 500m-ig lehetséges.
- mini prizma CP01 típusnál: 1,3 m - 2,500m, OR1PA típusnál: 1,3 m - 500m.
- kör prizma 1,3 m - 4,000m / Jó körülmények között akár 5,000m-ig.

Megbízhatósági számértékek:

- szögmérés: 3"
- távmérés prizma: 2mm+2ppm
- fóliára: 3mm+2ppm
- felületre: 3mm+2ppm

Lézer biztonsági osztálya:

- felületre mérés esetén: Class 3
- prizma és fóliára mérés esetén: Class 1



4.2. ábra: Sokkia FX103 mérőállomás. [10]

4.3 Riegl VZ-400I TLS

A Riegl VZ 400-i szkennert integrált kamera segítségével a lézer- és a képi adatokat is tudja rögzíteni, és magas minőségű automata pontfelhőszínezést tesz lehetővé. Integrált Nikon DSLR kamerával rendelkezik és beépített IMU-val a tájékozódáshoz. A mérés feldolgozását a RISCAN PRO szoftver segítségével tudjuk elvégezni.



4.3.ábra: Riegl VZ-400i műszer. [11]

Egyéb fő tulajdonságok: [11]

- ultranagy sebességű adatgyűjtés. akár 1 200 000 impulzus/perc
- többszörös visszaverődés detektálása (akár 15)
- könnyen használható, felhasználóbarát színes érintő képernyő (800x480 px)
- rugalmasan kialakítható extra perifériák, például Bluetooth, GNSS vevőegység
- felhő kompatibilitás beépített WiFi és USB adatkapcsolat

Minimális és maximális mérési távolság	0,5 m - 770 m
Pontosság	5 mm
Hatékony mérési sebesség	500 000 mérés/sec
Terep állóság	-20°C és + 40°C között
Látószög	100° vertikálisan / 360° horizontálisan
Tömeg (kg)	9,7 kg
Lézer osztály	Laser class 1
Mérési módszer	ToF
Lézernyaláb divergenciája	0,35mrad

4.4. ábra: Riegl VZ-400i műszer adatai. [12]

5 MÉRÉS

5.1 Méréstervezés

Mielőtt kimennénk terepre, a mérést irodai előkészítés előzi meg. Fontos a terület lehatárolása, álláspontok és az alappontok helyének megtervezése. Ezzel időt tudunk megspórolni terepen. Ennek a folyamatnak fontos szerepe van az emberi erőforrásszükséglet meghatározásában és a felszerelések, eszközök kiválasztásában.



5.1. ábra: Terület lehatárolása.

A mérési folyamat előtt röviden bemutatom a szükséges eszközöket és segédeszközöket.

- hilti szeg, kalapács és jelölő festék
- Javad RTK GNSS, GS tripod gyorsoldóval
- Sokkia FX-103 + 1 db műszerállvány

- Sokkia SP01 távmérő prizma + prizmabot
- Riegl VZ400I lézerszkennner + 1 db gurulós műszerállvány
- 5 db prizma + állvány (illesztő pontok)

Munkám során a terepi felmérés megkezdése előtt a területen alappontok elhelyezése volt a feladatom. Alappontokat GNSS- technológia segítségével határoztam meg 2 x 60 epochával, a kapott eredmény közepelve lett Microsoft Excelben.



5.2. ábra: Alappont meghatározás.

Alappontok meghatározása után egyidejűleg történt a lézerszkennelés és a mérőállomás segítségével a prizmák mérése. A mérőállomással letájékoztam az alappontokra. A felmérés során prizmákat alkalmaztunk, melyek nagy visszaverő képességű anyaggal vannak bevonva. Anyagukat tekintve lehetnek fémből vagy műanyagból. Nagy előnyük,

hogy beavatkozás nélkül el lehet forgatni őket, így a lézerszkenneléses mérés után elforgatva meg tudtam mérni mérőállomással, ezáltal meg lett pontosan határozva a prizma koordinátája. Lézerszkennelés során, ha lehet ügyelni kell arra, hogy a lehető legkevesebb mozgó objektum pl. gyalogosok, autók stb. legyen. Hiszen ezek lényegesen növelik a mérési eredmények szűrésének idejét. A lézerszkennер a mérés végén a csatlakoztatott fényképezőgéppel automatikusan elvégezte a fényképezést.



5.3. ábra: Lézerszkennерrel készült kép.

Az illesztőpontos szkennelésen kívül másnap kiegészítő mérést végeztünk, ahol már nem volt szükség a mérőállomásra. A mérés végezetével az adatok kinyerése az irodában történt.

6 MÉRÉSEK FELDOLGOZÁSA

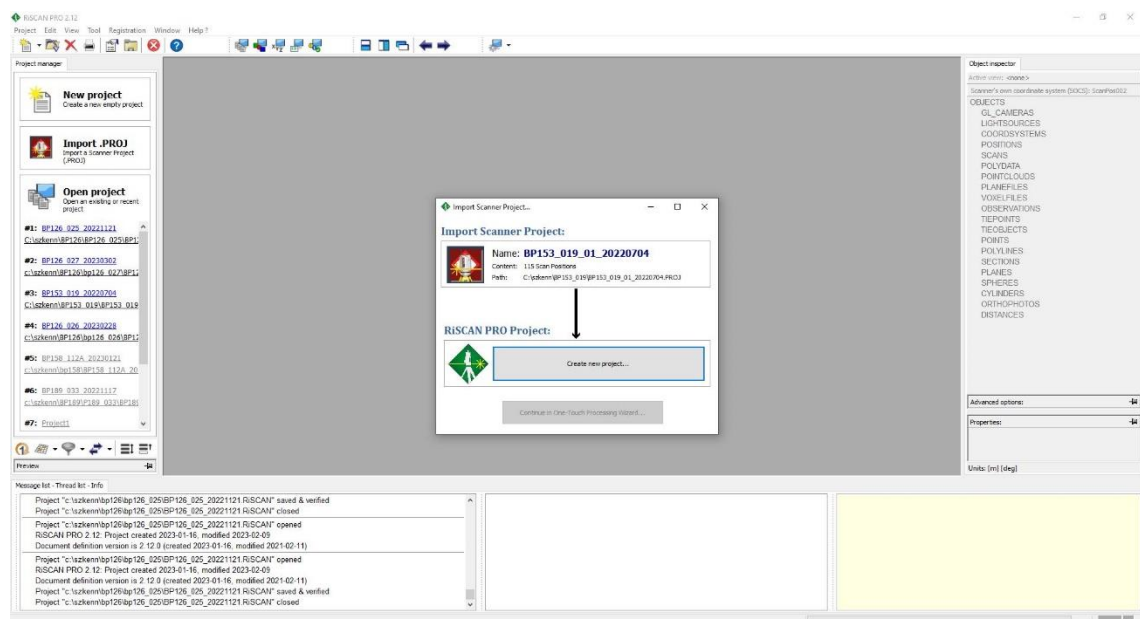
A földi lézerszkennelés mérési eredményei az irodában kerülnek feldolgozásra és kiértékelésre. Minden gyártónak van saját fejlesztésű feldolgozó szoftvere.

A Riegl-nek a RISCAN Pro szoftver a saját feldolgozó programja.

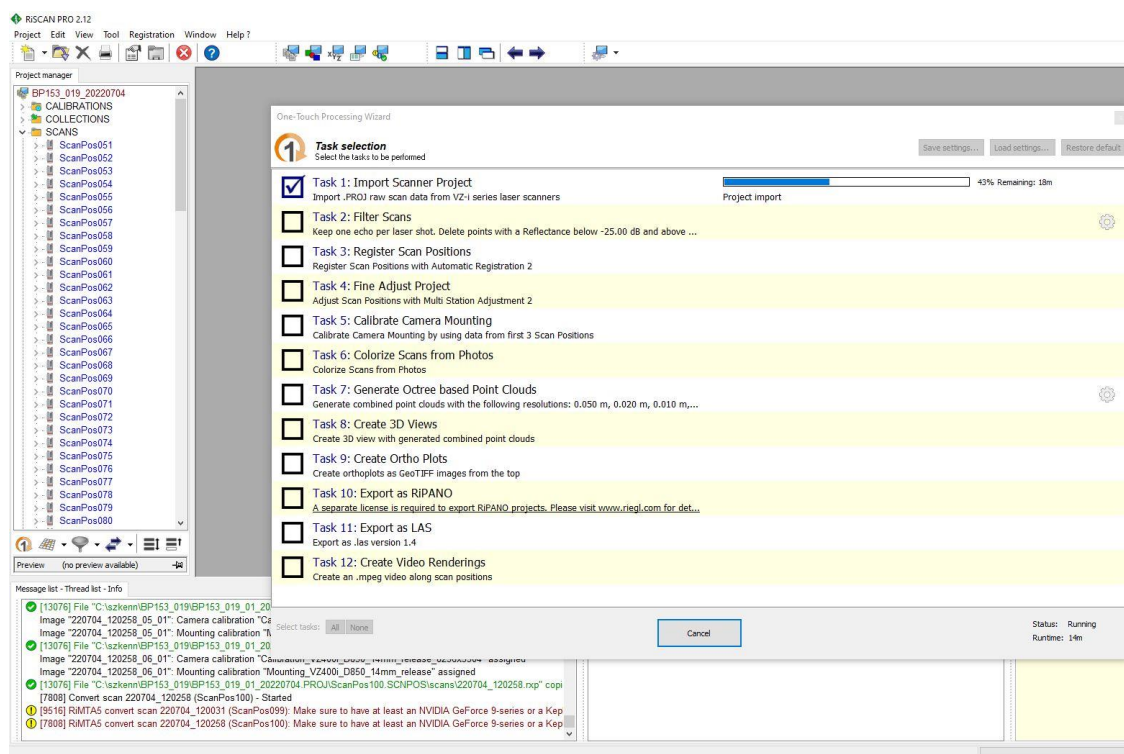
A feldolgozás folyamat lépései a következők lehetnek:

- regisztráció, transzformálás
- szűrés, tisztítás
- eredmények, végtermék előállítása

A feldolgozás folyamatát kisebb mintaterületen mutatom be, azon a szakaszon, amit én digitalizáltam. Miután a mérési adatokat kiolvastuk a műszerünkből egy SD kártya segítségével és felmásoltuk a számítógépünkre, a nyers állományt beimportáljuk a RISCAN Pro programba.



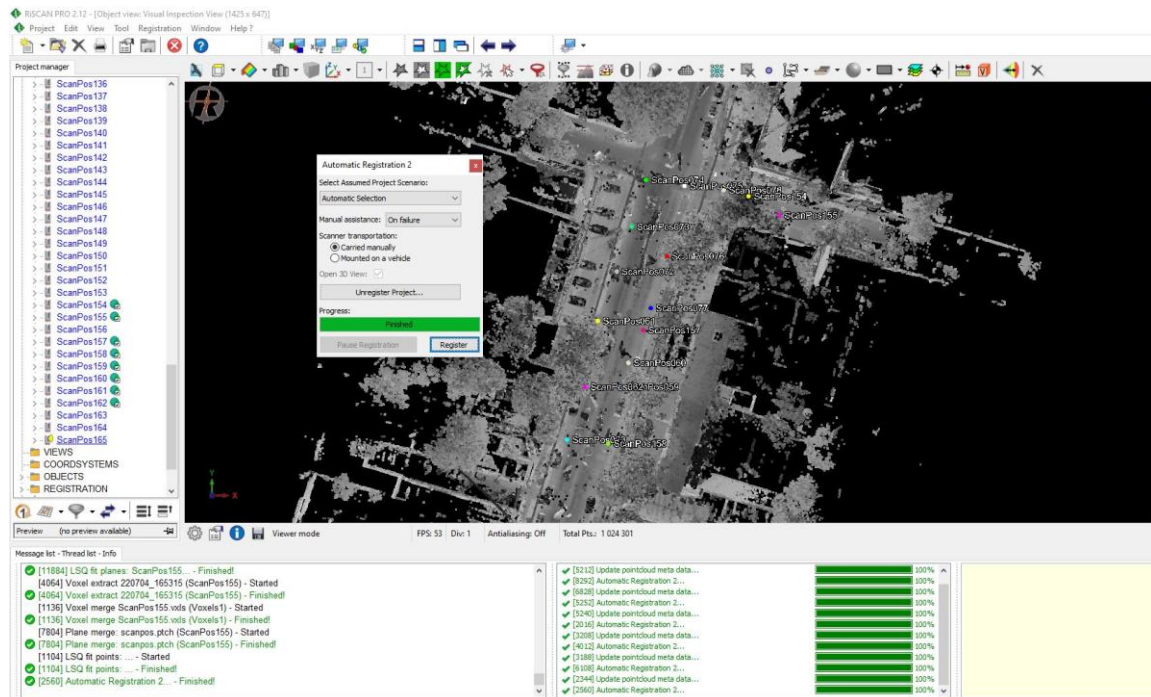
6.1. ábra: Project kicsomagolása.



6.2. ábra: Importálás folyamata.

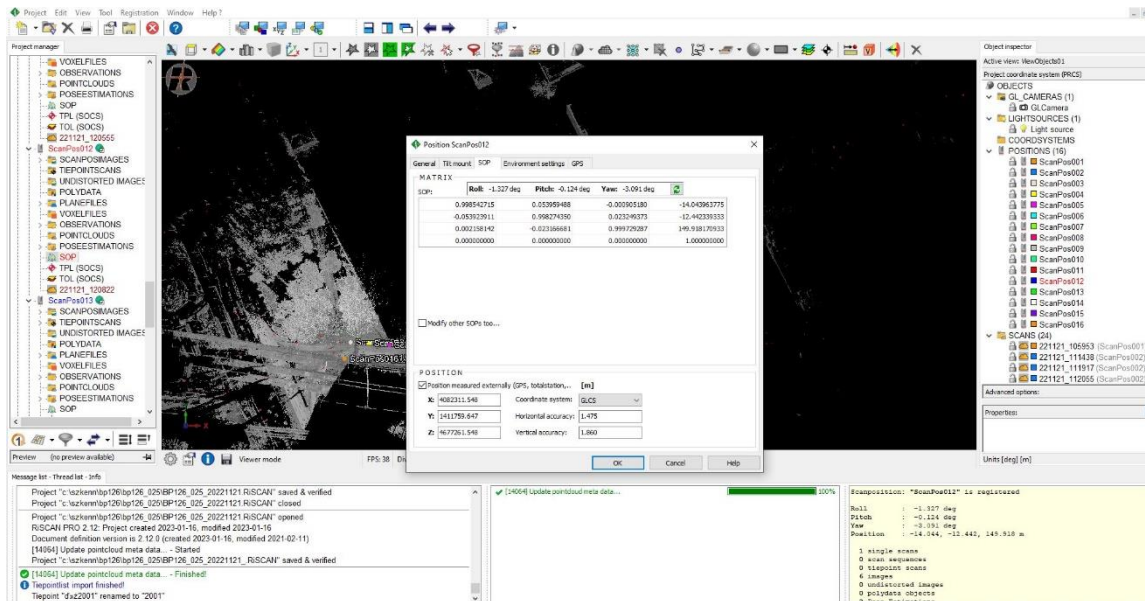
6.1 Regisztráció

Miután beimportáltuk a pontfelhőnket elindítjuk az automata regisztrálást, amely során globális vetületi rendszerbe fog kerülni. A regisztrációs folyamat során a szkennerek saját (SOCS – Scanner’s Own Coordinate System) koordináta rendszerében illeszti össze a különböző állásokban készült pontfelhőket. A folyamat célja, hogy a különböző állásokban készült szkenneléseket összekapcsolja. A prizmás álláspontok mérése idején az álláspontokból a reflektív fóliákra vagy prizmákra is rá lett mérve, ezek koordinátái meghatározásra kerültek a mérőállomással.



6.3. ábra: Automata regisztrálás folyamata.

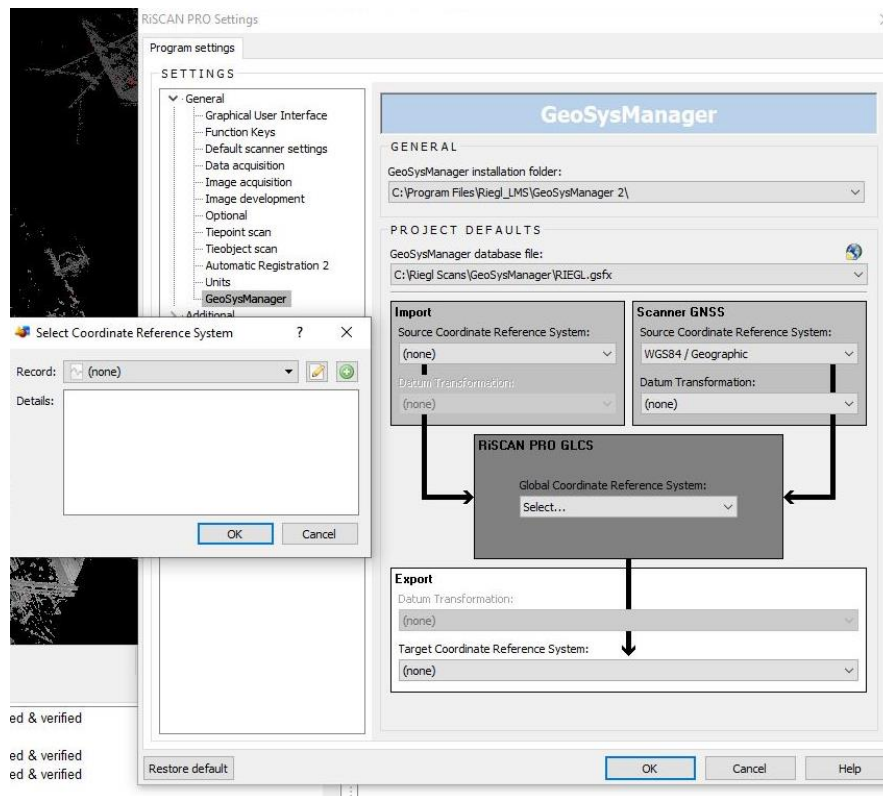
A mérés ideje alatt a szkennert első álláspontjából került definiálásra a POP mátrix, melyet első lépésként egység mátrixnak állítottam be. Ezt egyszerű lépésként a projekt POP (Project Orientation and Position) mátrixát megnyitva a „set default” paranccsal végre tudtam hajtani. Ekkor kinullazza az adatokat a program és fontos, hogy a frissítés gombra is rákattintsunk mert magától nem állítja be a Roll (billenés), Pitch (dőlés) és Yaw (elforgatás) értékeit. Ez a lépés azért volt fontos mivel, ha marad az eredeti POP mátrix az EOVS koordináták importálása során, az új POP mátrix kiszámításakor az eredeti értéket is beleszámítja. Tehát egy plusz eltolási érték belekerül a mátrix definiálásakor és ez által nem a valós helyükön lesznek az álláspontok.



6.4. ábra: Eredeti pop mátrix.

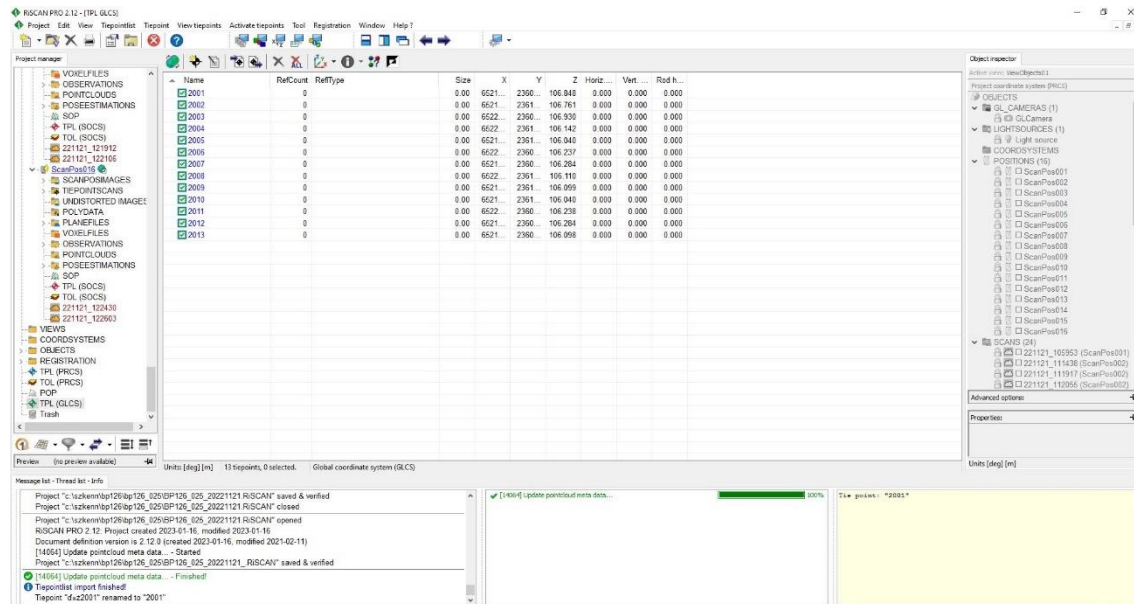
Nagyon fontos lépés még beállítani, hogy ne WGS84 koordináta rendszerben számoljon a program.

Ezért be kell állítani, hogy „none” legyen, ahogy a 6.5. ábrán is látható.



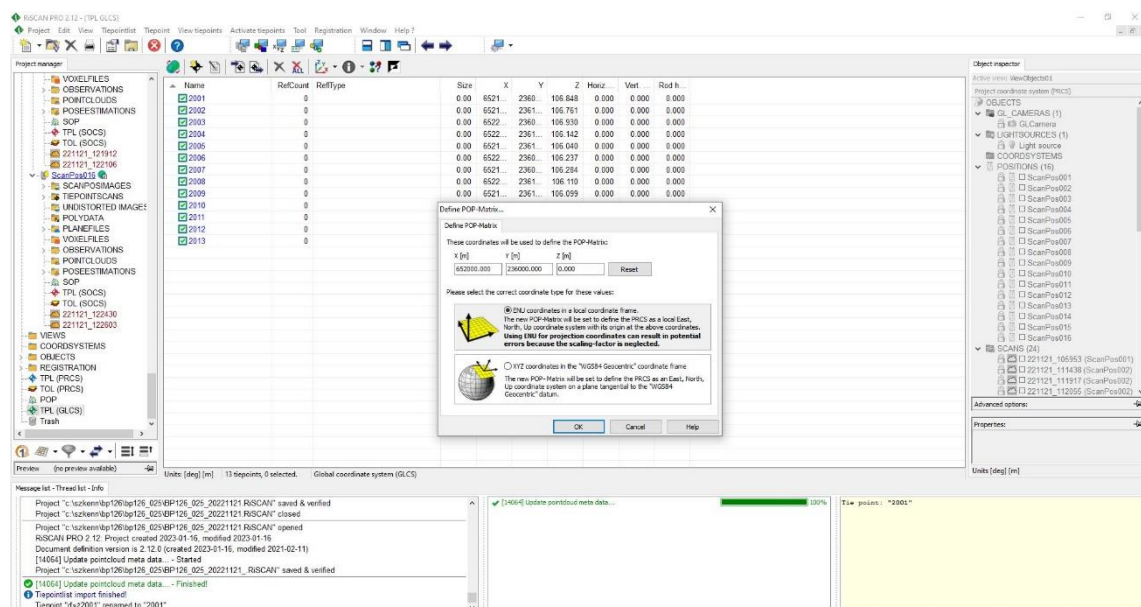
6.5. ábra: Koordináta rendszer beállítása.

Következő lépés a reflektíves álláspontok koordinátáinak betöltése. Első lépésben a mérőállomással megmért koordinátákat importálom. Ez a koordinátajegyzék, a TPL GLCS (Tiepointlist Global Coordinate System) került behívásra.



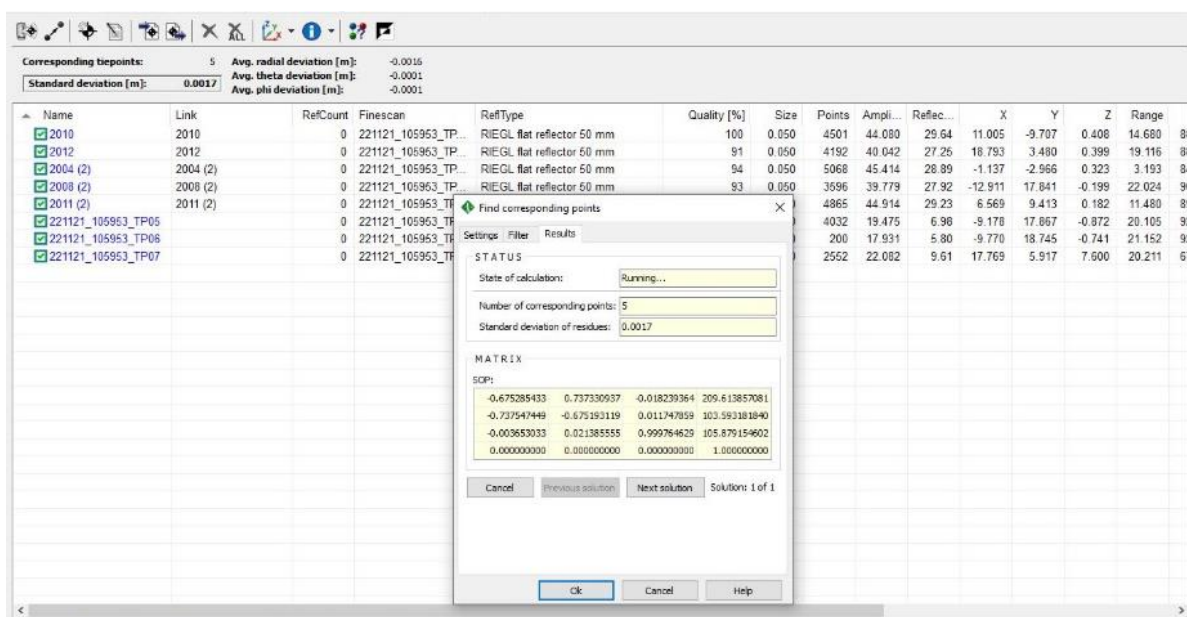
6.6. ábra: Illesztő pontok behívása.

Beállítottam, hogy a helyi koordináta rendszer alapján számoljon a program.



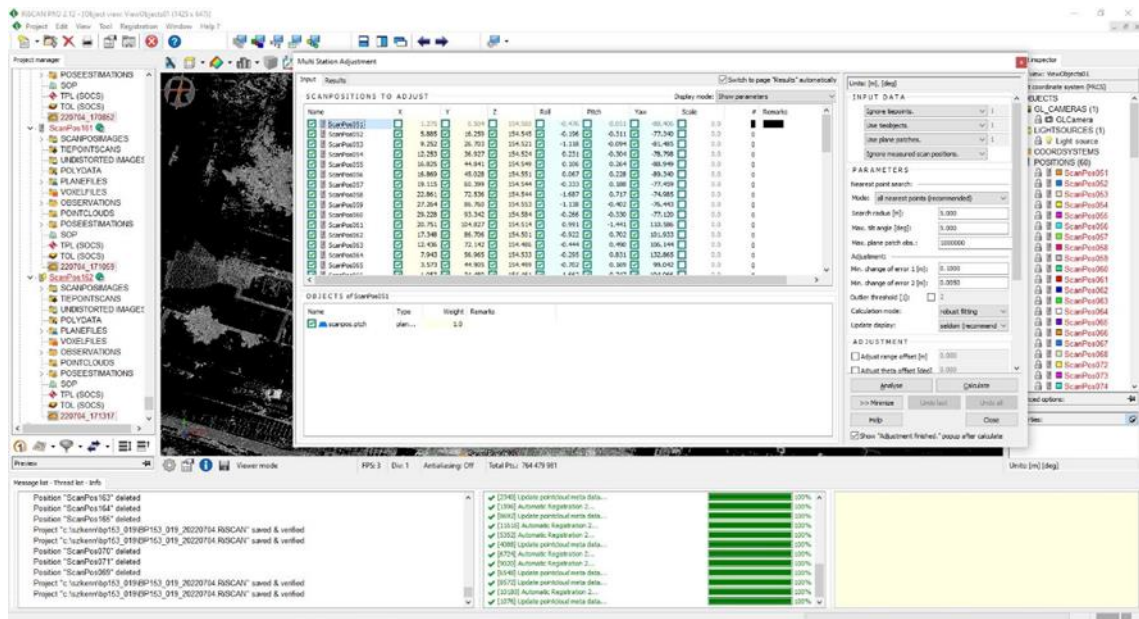
6.7. ábra: POP mátrix definiálása.

A következőkben az álláspontok kerültek regisztrálásra úgy, hogy az álláspontokban mért illesztő pontok TPL SOCS (Tiepointlist Scanner Own Coordinate System) kerülnek összeillesztésre a TPL PRCS (Tiepointlist Project Coordinate System rövidítése) listába másolt koordináta listával. A kettő közötti kapcsolat a „Find corresponding points” ikonra kattintva kerül kiszámolásra. Az illesztés során fontos szempont, hogy minél több közös pont legyen.



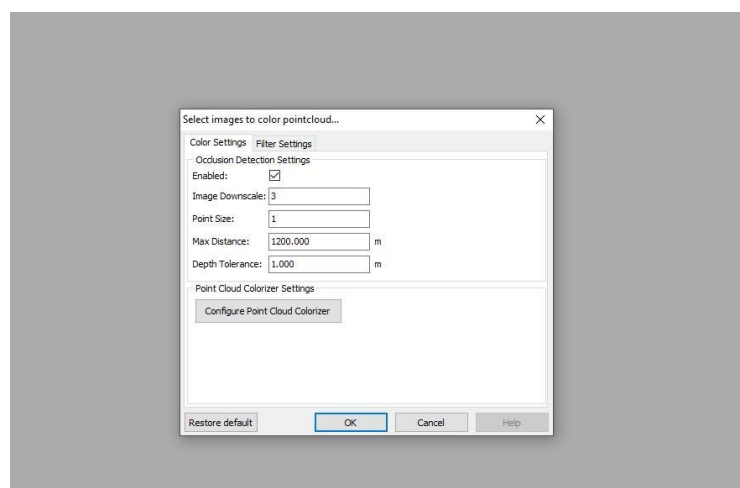
6.8. ábra: Közös pontok találata.

Az illesztés után a MSA (Multi Station Adjustment) lefuttatása, ami, milliméter pontosra összeilleszti az álláspontokat. Az F4 gyors billentyűvel előhívtam az MSA parancs felugró ablakát és fontos, hogy az illesztőpontos álláshelyek megkötésre kerüljenek.



6.9. ábra: MSA.

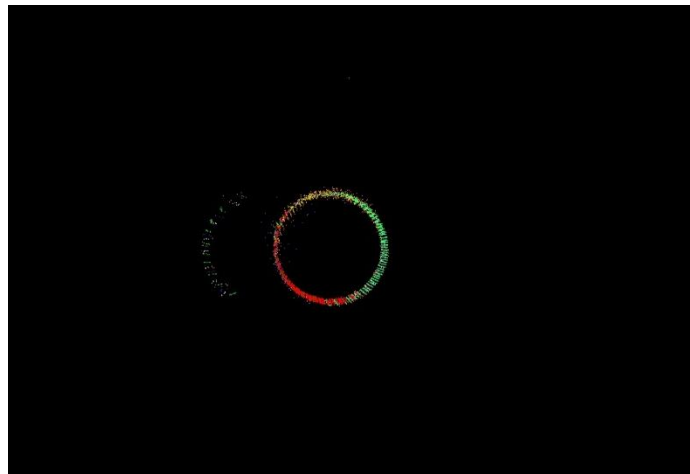
Miután az álláspontok összeillesztésre kerültek, a pontfelhő színezésével folytattam. Az álláspontok mérése közben készített fényképek segítségével történik, amelyek az adott álláspontokhoz kötöttek. A pontfelhő egy-egy pontja a képek alapján egy RGB kódot kapnak. Ezt a pontfelhőn jobb klikk és a „color from images” paranccsal tudtam végrehajtani. A munkám során nem volt szükséges ezt elkészíteni.



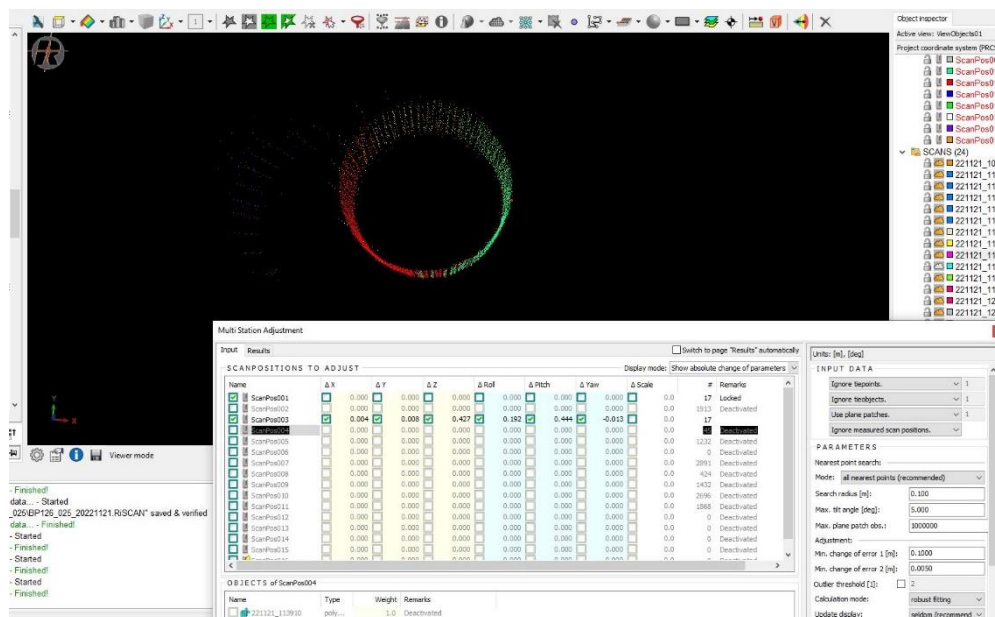
6.10. ábra: Pontfelhő színezése.

6.2 Ellenőrzés

A következő lépésben a pontfelhő minőségét kell ellenőrizni, hogy nincs-e az álláspontok pontfelhői között elcsúszás. Az 6.11. ábrán láthatóan a pont felhő szellemképes, tovább kell finomítani, hogy teljesen összeálljon. Az egymás után a többi álláspont is ellenőrzésre kerültek. Egy időben általában több álláspont ellenőrzését végeztem el. A pontfelhőmet több helyen ellenőriztem, hogy nincs-e benne szétnyílás, nem -e csavarodott el.



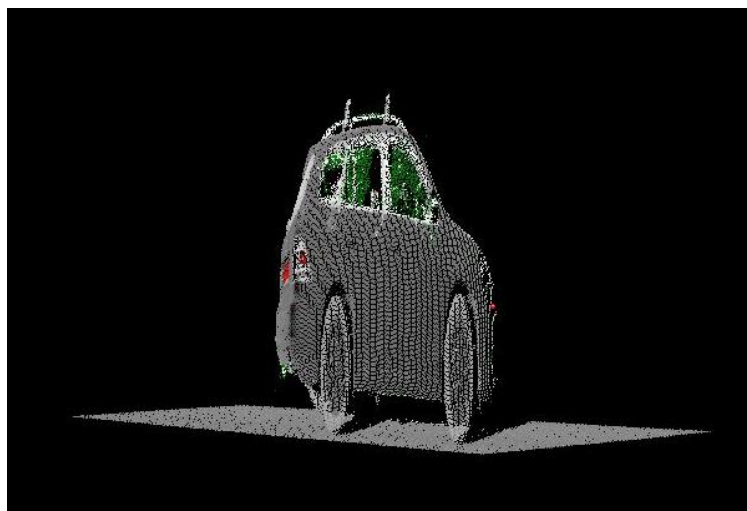
6.11. ábra: Pontfelhő ellenőrzése.



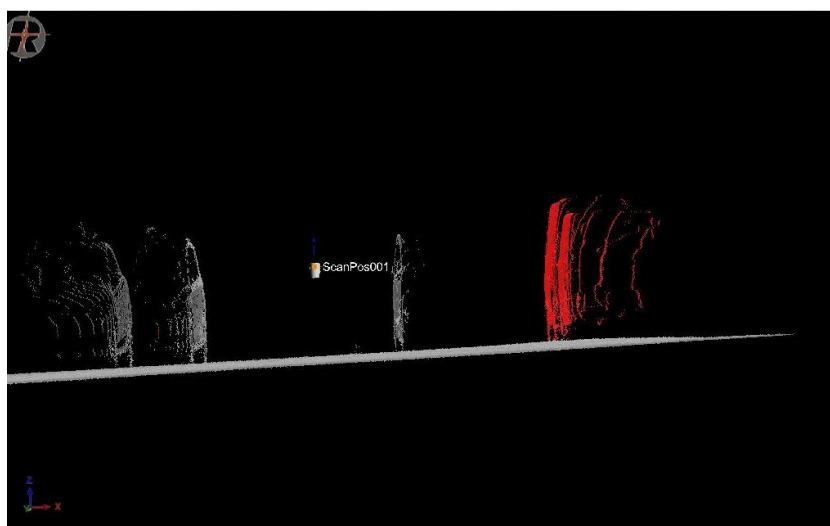
6.12. ábra: MSA futtatása.

A felmérés során előfordulhat, hogy felesleges adat is keletkezik a pontfelhőn. Ilyen például az üvegből adódó tükröződés, gyalogos és egyéb mozgó objektum stb.

A későbbi felhasználás során ez zavaró lehet, vagy megtévesztheti az operátort a kiértékelésben. Továbbá a pontfelhő méretét is növeli a zaj. Ezért szükséges a pontfelhő zajsűrését elvégezni.

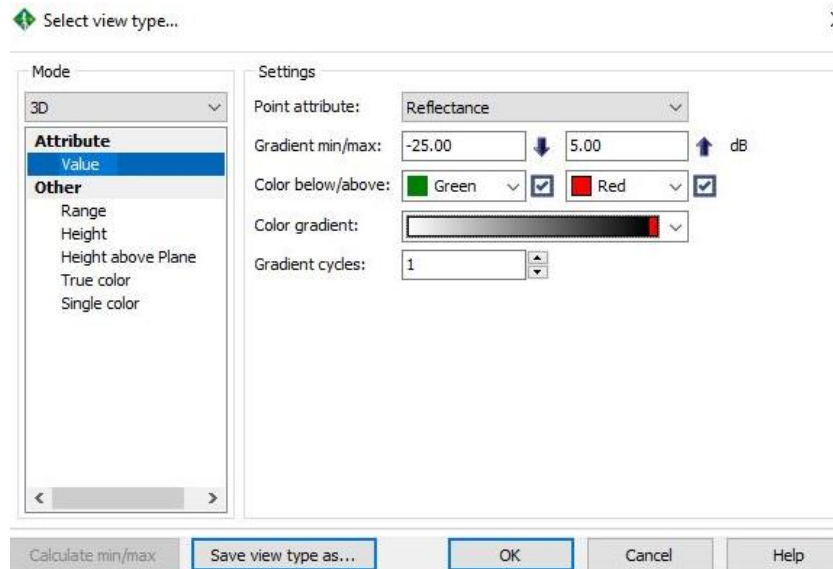


6.13. ábra: Zaj a pontfelhőben.



6.14. ábra: A pontfelhő tisztítása.

A legkézenfekvőbb módszer az úgynevezett manuális módszer. Ebben segítségül vettem, hogy változtattam a megjelenítésen, mely lehet intenzitásérték alapú, hamis színes és valós színes is.



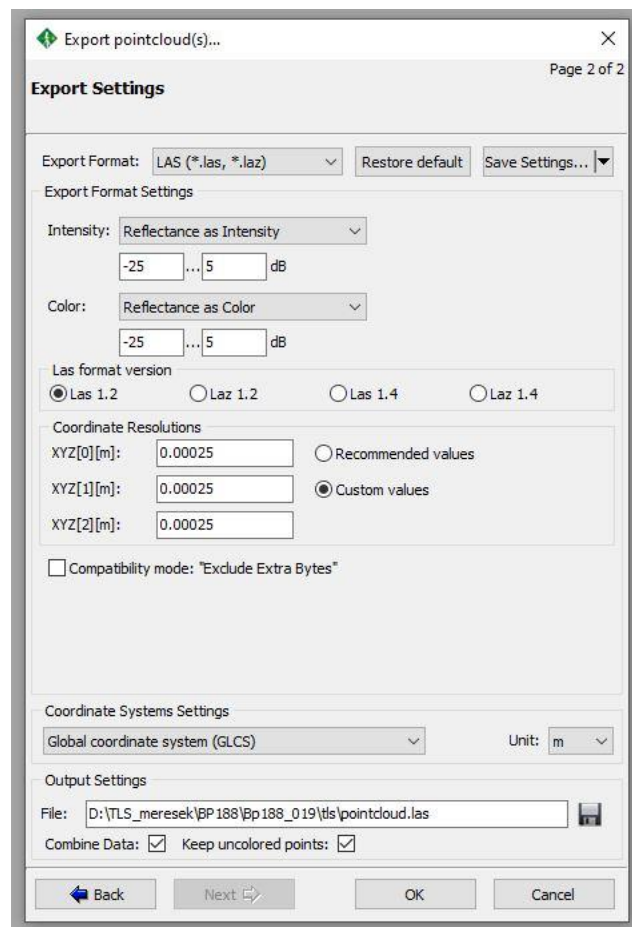
6.15. ábra: Az intenzitások beállítása.

Szerencsére a mintaterületemen kevés problémás rész volt, de fontosnak tartottam megemlíteni, mert ez is a folyamat része.

Legutolsó lépés az állomány exportálása. Itt be lehet állítani, hogy osztályozott, illetve ne legyen osztályozott a pontfelhő. Ezt az osztályozást magasság szerint különíti el a program.



6.16. ábra: Az osztályozott pontfelhő csoportjai.



6.17.ábra: A pontfelhő exportálása.

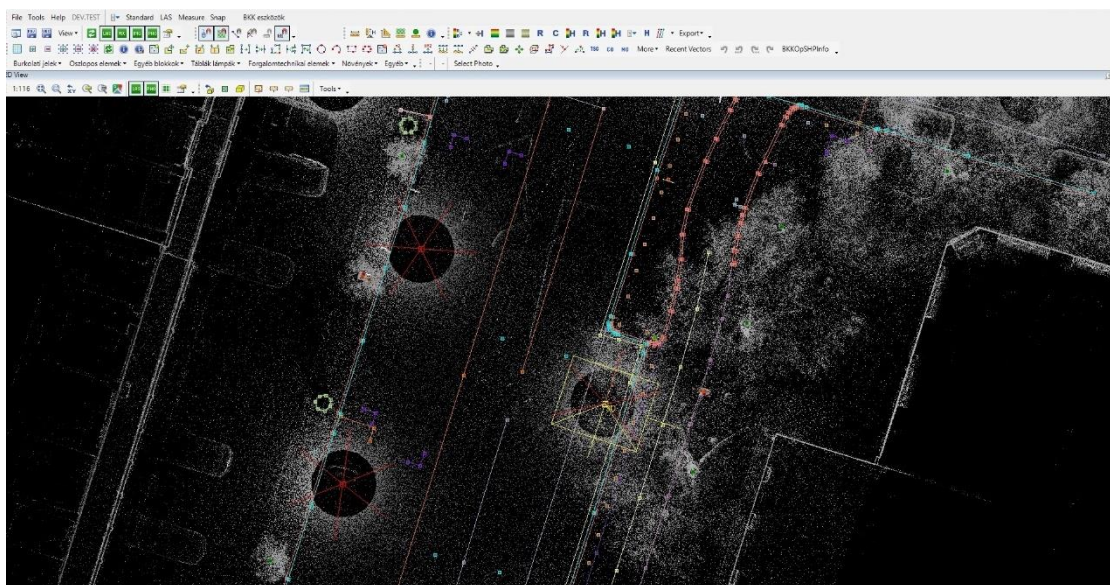
Ezen felugró ablakban ki lehet választani, hogy milyen formátumban szeretnénk ki exportálni a pontfelhőt és lehetőségünk van kiválasztani a laz, vagy las formátumot, én az utóbbit jelöltem ki.

7 DIGITALIZÁLÁS FOLYAMATA

A digitalizálást a PointCloudScene (PCS) szoftver segítségével valósítottam meg.

A programmal lehetőség van légi és földi szkennerből származó adatok feldolgozására és különböző térinformatikai adatbázisok létrehozására. „Lehetőséget nyújt pontfelhő (las, txt, pts, stb.), tájékozott fényképek és georeferált 2D raszterek megjelenítésére és ezeken alapuló geometriai kiértékelésre, attribútum adatok gyűjtésére. A kiértékelés során használhatunk shape rétegeket, fájl- és personal geodatabase adatbázisokat. Szükség esetén dxf állományokat is be tudunk hívni, mint referencia, konvertálhatunk shape formátumra, illetve állíthatunk elő saját adatainkból” [13]

A betöltött adatokat különféle nézetablakokban lehet megjeleníteni. A jobb oldalon egy kétdimenziós átnézeti ablakban (2D view), a teljes betöltött pontfelhő egy, a felhasználó által kimetszett, részét térhatásban megjelenítő háromdimenziós nézet ablakban (3D view), a tájékozott képeket, a képnézegető ablakban (Image pair) jeleníthető meg.



7.1. ábra: PointCloudScene, 2D-s view.

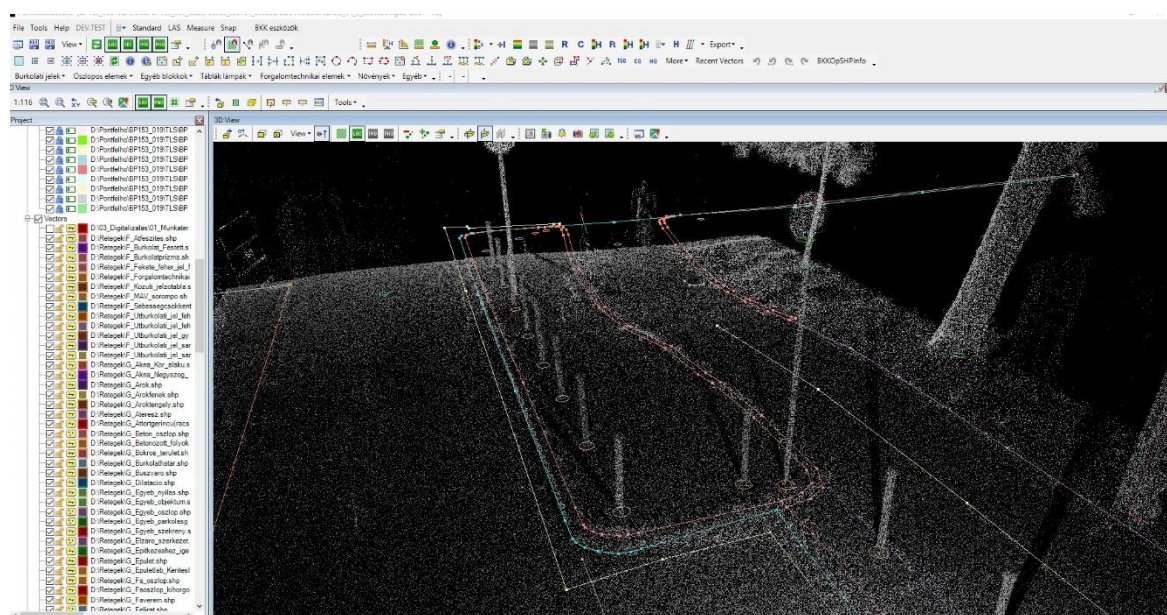
Mielőtt folytatnám, a munka menetét pár szót írnék a shape fájlformátumról.

A shapefile az angol shape szóból ered, magyarul jelentése: alak, forma.

A geoinformációs rendszerekben (GIS) elterjedt fájlformátum.

Ezt a formátumot az Esri dolgozta ki és tartja karban. Tartalmazza térképi adatbázisok geometriai információit. Háromféle geometriai elemet tudunk létrehozni: pontot, vonalat és poligont. [14] Egy shapefájlba csak egy fajta vektoros objektum kerülhet (egy pontokat tartalmazó SHP-be nem kerülhet vonal), viszont a SHAPE-en belül attribútumokat, táblázatot, adatokat tudunk feltölteni például a fa átmérő vagy az útburkolati felfestés színét.

Megnyitottam a PointCloudScene programot. Következő lépésben importáltam a pontfelhőmet. Megnyitásukkor automatikusan végrehajtásra kerül a pontfelhők optimalizálása, indexelése. Feldolgozáskor csak az adott nézethez vagy nagyításhoz szükséges pontokat tölti be automatikusan. A rétegeim shape fájlformátumban kerültek mentésre.



7.2. ábra: PointCloudScene, 3D view.

A program nagy előnye, hogy a rajzi és pontfelhő elemeket le tudja képezni a felhővel együtt rögzített képre, perspektivikus nézetben. A feldolgozás elkezdése előtt az első lépés az összes felhasználható adat behívása és projekt fájl létrehozása után, a használandó SHAPE fájlok létrehozása. Kiegészítésük lehetséges a feldolgozás közben is, ha találunk olyan objektumot, ami szükséges és elfelejtettem volna a réteget létrehozni.

Az általam létrehozott SHAPE-ek a következők voltak:

F_Burkolat_Festett (Polyline): Idekerültek az útburkolat és kerékpárút felfestései.

F_Burkolatprizma (Polyline): Az útburkolatban süllyesztett prizma. A burkolatprizmákat a prizmasor tengelyében elhelyezkedő vonallal vettem fel. A prizmasor kiosztását attribútum adatként jegyeztem fel.

F_Kozuti_jelzotabla (Polyline): Beépülő kiértékelő programmal vettem fel, alulról-fölfelé haladó irányban.

F_Utburkolati_jel_feher_folytonos (Polyline): Folytonos vonalláncként ábrázoltam, amíg a felfestés alapján is egy vonalként látszódik. A felfestés szélességét attribútum adatként rögzítettem.

Az ide tartozó útburkolati felfestések az alábbiak voltak:

- záróvonal
- úttest szélét jelző vonal
- forgalomtól elzárt terület
- kötelező megállás helye
- várakozóhelyek folytonos felfestései
- megállási tilalmat jelölő X jel

F_Utburkolati_jel_feher_szaggatott (Polyline): Az első vonal elejétől az utolsó vonal végéig egy folytonos vonallánccal digitalizáltam. A kiosztását és szélességét attribútum táblázatban rögzítettem.

Az ide tartozó felfestések az alábbiak voltak:

- terelővonal
- úttest kijárat széle
- helyzetjelző megállás helye
- várakozóhelyek szaggatott felfestései

F_Utburkolati_jel_gyalogatkelo (Polyline): A gyalogátkelőhely minden elemét külön zárt vonallánccal digitalizáltam körbe.

F_Utburkolati_jel_sarga_folytonos (Polyline): Folytonos vonalláncként ábrázoltam, amíg nem változik meg egyetlen attribútuma sem, illetve míg a felfestés alapján is egy vonalként látszódik. A felfestés szélességét attribútum táblázatban rögzíteni kellett.

A vonallánccot a felfestések tengelyében kell megszerkeszteni.

Az ide tartozó felfestések az alábbiak:

- kerékpár záróvonal
- kerékpárral kötelező megállás helye
- buszmegálló
- taximegálló
- megállási tilalmat jelző vonalak
- lassító harántcsíkozás
- különösen veszélyes terület körvonala, amennyiben folytonos

F_Utburkolati_jel_sarga_szaggatott (Polyline): Az első vonal elejétől az utolsó vonal végéig egy folytonos vonallánccal digitalizáltam. A kiosztását és szélességét attribútum adatként adtam meg.

Az ide tartozó felfestések:

- kerékpár terelővonal
- kerékpársáv helyzetjelző megállás helye
- várakozási tilalmat jelző vonalak
- kerékpár átkelő vonala
- különösen veszélyes terület körvonala

G_Akna_Kor_alaku (Point): A kör alakú akna helyét egy három pontból álló vonallánccal kellett meghatároznom. A töréspontokat egymástól egyenlő távolságra az akna legnagyobb látható köríve mentén kellett felvenni. Ezáltal az akna beszúrási pontja és átmérője is meghatározásra került.

G_Akna_Negyszog_alaku (Polyline): A négyszög alakú akna helyét egy három pontból álló vonallánccal kellett meghatározni. A töréspontokat a négyszög három sarokpontján kell felvenni. Ezáltal az akna beszúrási pontja és mérete is meghatározásra került.

G_Attortgerincu(racsos)_beton_oszlop (Polyline): Két pontos vonallánccal kellett felvenni, melynek első pontja az oszlop középpontja, második pontja pedig az oszlop oldalának középpontja olyan módon, hogy a vonal a kitöréssel egyező irányába helyezkedjen el.

G_Beton_oszlop: Az oszlop tengelyében egy ponttal kellett felvenni.

G_Bokros_terulet (Polyline): Olyan növényekkel borított terület, melyek a fáknál alacsonyabbak, vagy alacsonyan elágazó száruk van. A bokros területeket felülnézetből talajszinten, a legnagyobb kiterjedésüknek megfelelően kellett digitalizálni.

G_Burkolathatar (Polyline): Ebbe a rétegbe tartozik az egyes burkolati típusok változásának határa. Burkolattípusok: aszfalt, beton, térkő, zúzott kő, kockakő.

G_Egyeb_objektum (Point): Egyéb burkolati jelek tartoznak ide, például irányjelző nyíl, terelőnyíl, feliratok felfestése (busz, stop), figyelmeztetések felfestése (elsőbbségadás kötelező, gyermekek, kerékpárosok, gyalogos átkelőhely).

G_Elzaró_szerkezet (Point): Az elzáró szerkezetek feladata, hogy a beépítés helyén egy záróelem segítségével az áramlási keresztmetszetet szabályozzák. Ezek közül a felszíni szerelvényeket ábrázoljuk az objektum középpontjára helyezett beszúrási ponttal.

G_Epulet (Polyline): A épület vonalát folytonos 3D-s vonalláncként kellett felvenni a talajszinten.

G_Fa (Polygon): Az egyedülálló fák beszúrási pontját a törzsének közepén kellett lehelyezni a talaj magasságában. Attribútum táblázatban rögzíteni kellett a törzs átmérőjét.

G_Fa_oszlop (Polyline): Egy gyámmal támasztott fatartó esetén két pontos vonallánccal kellett felvennem úgy, hogy az első pont az oszlop közepére, második pontja pedig a gyámoszloptól távolabbi oldalára essen.

Két gyámmal támasztott fatartó esetén két pontos vonallal kellett felvenni, mely a gyámok két szélső oldalának közepét köti össze egymással.

G_Felirat (Point): Burkolattípusok és burkolatlan felületek feliratának rétege.

G_Femoszlop (Point): Az oszlop tengelyében egy ponttal kellett felvenni.

G_Jarda (Polyline): A járda felületek határoló vonala tartozik bele az alábbi objektumféleségbe.

G_Kapu (Polyline): Az ingatlanokhoz tartozó kapuk, bejáratok és kocsibejárók alsó törésvonala kerül ebbe a rétegbe.

G_Kerites (Polyline): A kerítések alsó vonalának digitalizálása a burkolat magasságában.

G_Korlat (Polyline): Gyalogosok, kerékpárosok védelmét szolgáló korlátok.

A korlátokat talajszinten, tengelyében kellett digitalizálni.

G_Kozmuszekreny (Polyline): A felszín feletti közműszekrényeket vettük fel az objektumféleségbe és 3 pontos vonallánccal rajzoltam meg.

G_Parkolasgatló_oszlop (Point): Egy ponttal vettem fel, melyet az oszlop tengelyénél a felszín magasságában kell beilleszteni.

G_pótmérés (Polyline): A nem jól látszódó vagy egyáltalán nem látszódó területek és objektumok kerültek ebbe a rétegbe. Terepi ellenőrzés során ellenőrizzük, szükség esetén bemérjük az objektumot.

G_Soveny (Polyline): A sövény szorosan egymás mellé ültetett és gondozott cserjékből álló növény sor. Az ültetett tujákból álló sor is ehhez az objektumtípushoz tartozik.

A sövényeket felülnézetből talajszinten, a legnagyobb kiterjedésüknek megfelelően kellett digitalizálnom zárt vonallánccal.

G_Szegely_DONTOTT (Polyline): A szegély vonalát folytonos 3D-s vonalláncként kellett felvenni mindaddig, amíg típusa nem változik meg.

G_Szegely_Gombsuvegsor (Polyline): A szegély vonalát folytonos 3D-s vonalláncként kellett felvenni mindaddig, amíg típusa nem változik meg.

G_Szegely_Keramit (Polyline): A szegély vonalát folytonos 3D-s vonalláncként kellett felvenni, mindaddig amíg típusa nem változik meg.

G_Szegely_Kerti (Polyline): A szegély vonalát folytonos 3D-s vonalláncként kellett felvenni mindaddig, amíg típusa nem változik meg.

G_Szegely_Kiemelt (Polyline): A kiemeltszegélyek kerültek ebbe a rétegbe. Az útburkolattól távol eső felső élét kellett digitalizálnom.

G_Szegely_K (Polyline): K szegélyek kerültek ebbe a rétegbe. A szegély felső élét húztam meg és lezártam végükön.

G_Szegely_Sullyesztett (Polyline): A süllyesztett szegélyek kerültek ebbe a rétegbe. Az út szélétől távolabbi élét kell digitalizálnom.

G_Tabla_tarto (Point): az oszlop tengelyében egy ponttal kellett felvenni.

G_Utburkolat (Polyline): A közúti útburkolat határolóvonala tartozik bele a shape-be. Alapvetően a közút széle, az úttest határoló vonalát 3D vonalláncként kellett felvennem, csak burkolt utak esetében.

G_Viznyelo_Negyzet_alaku_felsobeomlesu (Polyline): A víznyelőt úgy vettem fel, hogy az út felől nézve a közelebbi bal sarka az első pont, a rácsra merőleges szomszédos sarka a második pont, a harmadik pontot meg az óramutató járásával ellentétes irány határozza meg.

G_Vizvezeto_sav_ontottaszfalt (Polyline): Az úttest szélén húzódó, csapadékvíz elvezetésére szolgáló sáv. A burkolat magasságában helyezkedik el.

G_Viznyelo_racsos (Polyline): A rácsos víznyelőket zárt vonalláncként vettem fel.

Ezeket a SHAPE fájlokat a Project Manager ablakban tudjuk kijelölni, ezzel megadva, hogy melyik legyen az aktív rétegünk és szerkeszteni is csak ekkor tudjuk. Itt lehetőségünk van a csoportosítani is őket a tartalmazó könyvtár szerint. Itt tudunk létrehozni új SHAPE rétegeket, olvashatunk be még adatot, módosíthatjuk a már meglévő tulajdonságokon (szín, láthatóság stb.).

Következő lépésben elkezdtem a digitalizálást. A kiértékeléshez legfontosabb funkció a *Create new vector*. Ezzel a funkcióval új elemeket vehetünk fel az állományunkba.

Új elemek elhelyezésébe nagy segítséget ad a Snap eszköztár (7.3. ábra).



7.3. ábra: Snap eszköztár.

Ezen az eszköztáron lehet beállítani, hogy a szerkesztő műveletek során milyen elemeket választhatunk ki, milyen elemek pozícióját használja fel a program. A fogómódok alkalmazása hierarchikusan, jobbról-balra sorrendben történik. Az aktív ikonjai színesek, a nem engedélyezettnek szürke az ikonjuk. A fogómódok megváltoztatása gyors billentyűkkel is lehetséges. A gyors billentyűkkel egy-egy fogómódot tudunk ki-be kapcsolni.

1. Snap to mouse position: A pozíció kiválasztásakor a 2D ablakon kijelölt X és Y koordinátát veszi figyelembe az utoljára használt magasság értékkel. Csak a 2D ablakon értelmezett. ('F' hotkey)
2. Snap to cloud point: A pozíciók kiválasztásakor a pontfelhők pontjait veszi figyelembe. A 2D és 3D ablakon értelmezett. ('L' billentyűparancs)
3. Snap to vector point: A pozíciók kiválasztásakor a vektor pontjait is figyelembe veszi. A 2D és 3D ablakon értelmezett ('V' billentyűparancs)
4. Snap to Plane point/Toggle Snap to Plane point: Meghatározott síkot figyelembe vevő fogómód (Shift+P/(P))
5. Toggle axis plane/Snap to Clipboard Axis: Csak a 3D ablakban megjelenített segédsíkra keletkeznek vetített pontok. Amennyiben használjuk a pontfelhő és a vektor pontjai, nem lesznek kiválaszthatók. Csak a 3D ablakon értelmezett.

7.1 Shape eszköztár



Show Attribute Table: a kiválasztott vektor elem attribútum táblájának megjelenítése szerkesztése.

Select Shape Items: vektor elem kiválasztása.

Unselect Shape Items: a kiválasztás megszüntetése.

Clear Shape Selection: a kiválasztás megszüntetése.

Shape Information: az aktuális objektum adatait, jellemzőit jeleníti meg.

Shape Information (2): az aktuális objektum adatait, jellemzőit jeleníti meg.

Create New: az aktív vektor rétegen új elem létrehozása. Az elem típusa függ a vektorréteg típusától (pont, polyline, felület).

Move shape vertex az aktív vektor rétegen vertex helyzetének mozgatása

Insert Shape Vertex: az aktív rétegen egy elemhez új töréspont hozzáadása

Remove Shape Vertex: az aktív vektor rétegen egy elem töréspontjának a törlése

Join Shape Polylines: az aktív vektor rétegen két kapcsolódó elem (polyline) egyesítése. Az elsőként kiválasztott elem attribútumait tartja meg az új elem.

Isect + Join Shape Polylines: az aktív rétegen két nem kapcsolódó elem (polyline) meghosszabbítása egymáshoz és az elemek egyesítése. Az elsőként kiválasztott elem attribútumait tartja meg az új elem.

Split Shape Polylines: az aktuális rétegen lévő polyline típusú elem egyik vertexe mentén való kettévágása. Mindkét új elem a régi elem attribútumait tartja meg.

Reverse geometry: az aktív rétegen lévő elem irányítottságának módosítása. Az elem irányát jelképesen ábrázoló nyilakat a 2D View-ben mutatja.

Circle by 3 points: az aktív rétegre kör rajzolása, a kör területének 3 pont megadásával történik.

Rectangle by 3 points: az aktív vektor rétegre négyzet rajzolása a négyzet területének 3 pont megadásával.

Delete polyline Item: az aktív vektor rétegen egy kiválasztott elemén törlése

Set elevation: az aktív réteg kiválasztott elemének mozgatása csak magassági értelemben a pontfelhőhöz.

Modify vertex Z: az aktív réteg kiválasztott elemének mozgatása csak magassági értelemben a kiválasztott magassághoz (pontfelhő vagy vektor alapján).

Modify vertex XYZ: az aktív rétegen kiválasztott elemének mozgatása megadható XYZ koordinátára.

Drape: az aktív rétegen a kiválasztott elemének mozgatása csak magassági értelemben a pontfelhőhöz.

Drape Vertex: az aktív rétegen a kiválasztott elemének mozgatása csak magassági értelemben a pontfelhőhöz.

Divide Section: az aktív rétegen lévő kiválasztott elemre fix távolságonként [m] töréspontok beillesztése. Az új vertexek koordinátái a vonal futásával megegyezők.

Copy Shape: az aktív rétegen lévő elem lemásolása az aktív rétegre úgy, hogy attribútum adatait nem tartja meg. A beillesztés helyét a másolás végén lehet meghatározni.

Shift by Z: az aktív rétegen lévő elemet csak magassági értelemben lehet módosítani egy fix Z magassági érték [m] alapján.

Paralell: az aktív rétegen lévő vonalas elemet lehet lemásolni az elemtől beállítható xy és z távolságra.

Insert midpoint: Közbenső pont beszúrása.

Transfer subgeometry: az aktív polygon típusú elemből lehet az eszközzel kivágni egy kisebb (szintén az aktív rétegen lévő) poligon típusú elemet. A kijelölés sorrendje a geometriát nem, az adattartalmat viszont befolyásolja.

Copy geometry: az aktív rétegen lévő elem lemásolása egy másik rétegre úgy, hogy attribútumait is megtartja. A beillesztés helyét a másolás végén lehet meghatározni.

Move geometry: az aktív rétegen lévő elem áthelyezése egy másik rétegre úgy, hogy attribútumait megtartja. A beillesztés helyét a másolás végén lehet meghatározni.

Undo: művelet visszavonása.

Redo: művelet visszavonásának visszavonása.

Munkám során követelmény volt, hogy a hosszú, egyenes szakaszokon töréspontokat 4-8 méterenként kellett elhelyezni. Ívek esetében a töréspontok közötti távolságokat csökkenteni kellett, hogy a pontossági követelmények teljesülhessenek. Azoknál az eseteknél, ahol látható volt, hogy a szegély sérült volt vagy letört esetleg hiányos volt ott ugyanúgy meg kell szerkeszteni, mintha ott lenne. Előszörban a vonalas elemeket digitalizáltam. A burkolat szélét rajzoltam meg, majd ahol szegély volt a „parallel” paranccsal lemásoltam és szimmetrikusan eltoltam. Miután ez megtörtént a move geometry paranccsal áthelyeztem a megfelelő rétegre. Ezek után ellenőriztem a szegélyvonalam magasságát és ha módosítani kellett a drape vertex paranccsal tudtam megtenni. Az attribútum táblázatban egyes objektumok szélességét meg kellett mérnem és rögzíteni kellett ezt a mérési eszköztár segítségével tudtam megvalósítani (7.4. ábra).

7.2 Mérési eszköztár:



7.4. ábra: Mérési eszköztár.

1. *Measure distance*: Két pont távolságának mérésére szolgál. A képernyőn a 2D, 3D távolság és magasság különbség kerül kijelzésre.
2. *Measure dH*: A megjelölt ponttól függőlegesen található legközelebbi és legtávolabbi pont (pontok) távolsága. Csak a 3D nézeten használható.
3. *Distance (3pt)*: jelenleg inaktív
4. *Measure Point Cloud Density*: Pontfelhő sűrűségének meghatározása.
5. *Info*: 3D ablakban adott pontra kattintva megadja a koordinátáit.

A programban lehetőség van a pontfelhő színezésére is.

7.3 Pontfelhő színezése

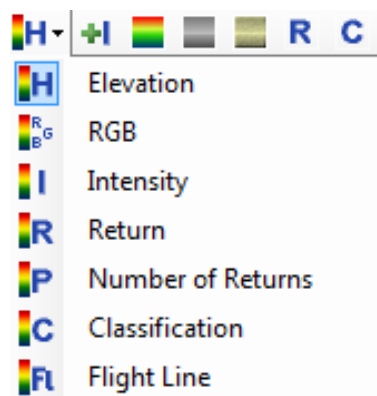
Magasság szerinti pont színezési módok, RGB színezés (valós színek) és a 3D ablakba való panoráma képek behívása megkönnyítik az adatok feldolgozását, objektumok felismerését pontfelhőben.

A pontfelhő színezését a felső fejlécben lévő ikonok segítségével tudjuk módosítani (LAS eszköztár):



7.5. ábra: Pontfelhő színezésének módosítására szolgáló eszköztár.

A pontfelhő színezettségé mind a két és háromdimenziós megjelenítésnél egyszerre módosítható. Az első ikon legördülő menüjében kiválaszthatunk néhány alap színezési típust. Az adott színezés paramétereit a **View** View/Edit Colors menüben beállíthatjuk, vagy a felső menü soron, a következő ikonra kattintva.



7.6. ábra: Pontfelhő színezésének módosítására szolgáló eszköztár.

Elevation – Adott szín árnyalatainak segítségével magassági alapon való színezettség.

RGB – A pontok színezése az állományban tárolt RGB értékek alapján történik. Az értékek a szkennelt adatok feldolgozása során a fényképek alapján kerülnek meghatározásra.

Intensity – A pontfelhőt az intenzitás értékek alapján színezi.

Return – A pontok a szkennelés visszatérési értéke szerint lesznek színezve.

Number of Returns – A pontok színezése a szkennelés visszatérési értékek száma szerint történik.

Classification – Ha be van kapcsolva, a pontfelhő a pontonkénti osztályozási adatok szerint lesz színezve

Flight Line-on belül több lehetőséget is ki tudunk választani:

Blend with intensity: Az intenzitás értéket növeli a színek alapján.

Edit colors: A megjelenő párbeszéd ablakon pontfelhő színezése módosítható. (Azonos a 'View\Edit colors' ablakkal.)

Grayscale on/off: A pontfelhő színezését szürke árnyalatú megjelenítéssel vegyíti.

Sepia on/off: A negyedik ikon szepia (barnás) árnyalatúra színezi a 2D pontfelhőt.

Filter by Return: A pontfelhő pontjainak szűrése a visszatérések számától függően.

Filter by classification: A pontfelhő pontjainak szűrése az osztályozási információk alapján.

Filter by Height: A pontfelhő pontjainak szűrése magasság alapján.

Trajectory points: Az aktuális nyomvonal (Lásd: 'Project Explorer') egy pontjának kiválasztása.

Miután elkészültem a vonalas és pontszerű objektumok felvételével a következőkben a szoftverbe beépülő kiértékelő program segítségével vettem fel a közúti jelzőtáblákat és egyéb pontszerű burkolati jeleket. Miként elkészültem a digitalizálással átnéztem a munkaterületemet, hogy esetleg nem maradt-e ki valamelyik objektum, illetve ellenőriztem magassági értelemben is. A legegyszerűbb módszere az ellenőrzésnek, hogy beforgatom oldalnézetbe és ellenőrzöm, hogy nincs-e leeső pontom. Illetve kisebb kivágatokban ellenőrzöm. Sajnos előfordulhat, hogy pontfelhőnkben vakfolt van, a digitalizálendő objektumunk kitakarásban van, és nem jól látszódik vagy egyáltalán nem, ezt célszerű felvenni a „G_pótmérés” rétegre, hogy terepre visszamenve le tudjuk ellenőrizni vagy kiegészítő mérés készüljön. Esetemben volt egy víznyelő, ami nem látszódott mert egy autó állt rajta. Utólag GNSS technológiával lett meghatározva. És ezzel egyidőben a terepi ellenőrzést is végrehajtjuk. Ez történhet úgy is, hogy az elkészült térképünket kinyomtatjuk papírra ez kis munkaterület esetén vagy pdf fájl formátumban. Miután leellenőriztük állományunkat a következő lépésben az AutoCad Map programba importáltam be a shape fájlokat. Ezen munkafolyamatban már nem vettem részt, de a későbbiekben ezt az állományt használok fel és egészítettem ki az utca teljes szélességében.

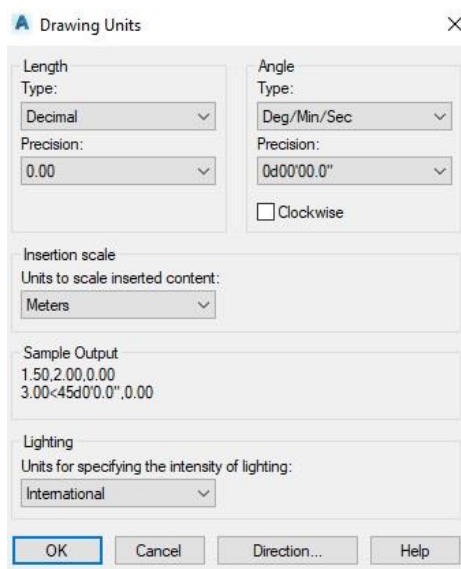
8 TERVEZÉSI TÉRKÉP

Célja, hogy egységes alapot biztosítson a műszaki tervezéshez, kivitelezéshez és megvalósulási térképek elkészítéséhez. Tartalmuk összetett, legfőképpen attól függ, amit a megrendelő kér, aki ismerteti a célt és az igényeket és nem utolsó sorban a pontossági követelményeket. A tervezési térkép nélkülözhetetlen alapja a tervezési feladatok számára. Alapja a területileg illetékes kormányhivatal földhivatali osztályától megvásárolt, ingatlan-nyilvántartási térkép.

A tervezési térképemet a 2022-ben megjelent „Szakmai útmutató digitális tervezési alaptérképek készítéséhez segédlet” alapján készítettem el. Ennek megfelelően lettek a fólia nevek átnevezve és a szükséges jelkulcsok (8.3. ábra) módosítva.

Az AutoCad Civil 3D szoftver diákverzióját töltöttem le a számítógépre és ezzel a programmal valósítottam meg a végleges tervezési térképemet. Ez a program az egyik legrégebbi és legelterjedtebb számítógépes tervezői alkalmazás. [15]

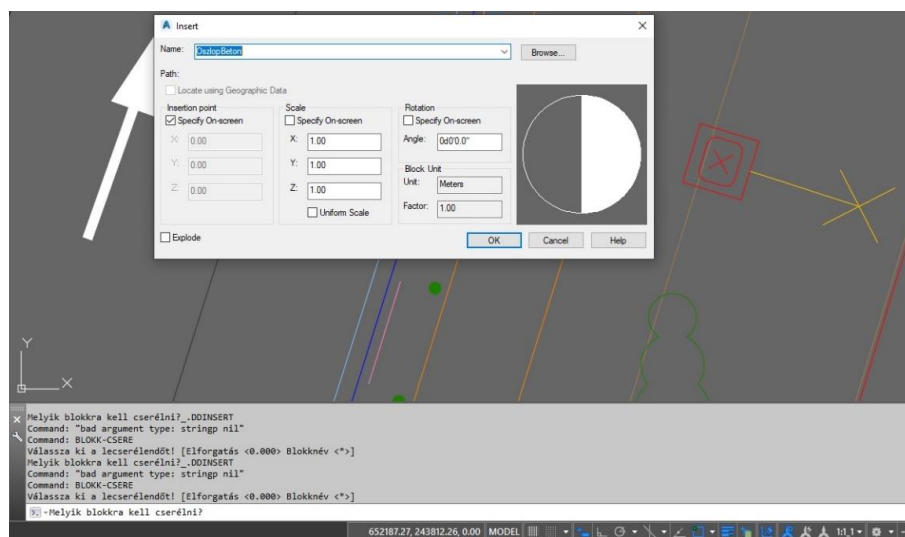
Munkám elején fontos lépés ellenőrizni a rajzunkban, hogy a mértékegység jól legyen beállítva. a Units/ Mértékegys paranccsal előhívjuk a párbeszéd ablakot, itt beállítjuk a szükséges paramétereket.



8.1. ábra: Rajzi egységek párbeszédpanele.

Fontos még beállítani a LTSCALE parancs mellyel a vonaltípus léptéket állítjuk be a rajzunkban. Lényeges, hogy térképünk jól olvasható legyen a modell térben és a papírtérben is. A kiegészítő shape réteg fájlokat a mapimport paranccsal hívtam be.

Ezek után áthelyeztem őket a megfelelő föliára és ez törlésre került. A blokkok cseréjét lisp segítségével valósítottam meg. Ezek az internetről letöltve open source forrásból származnak a http://pf-prg.hu/AutoCAD-AutoLisp/blokk_csere.php#eleje honlapról. Az AutoLisp egy Lisp programozási nyelv, ami eredetileg az Autocad program számára készült, de napjainkban több CAD rendszer képes a futtatására.



8.2. ábra: Jelkulcsok csere folyamata.

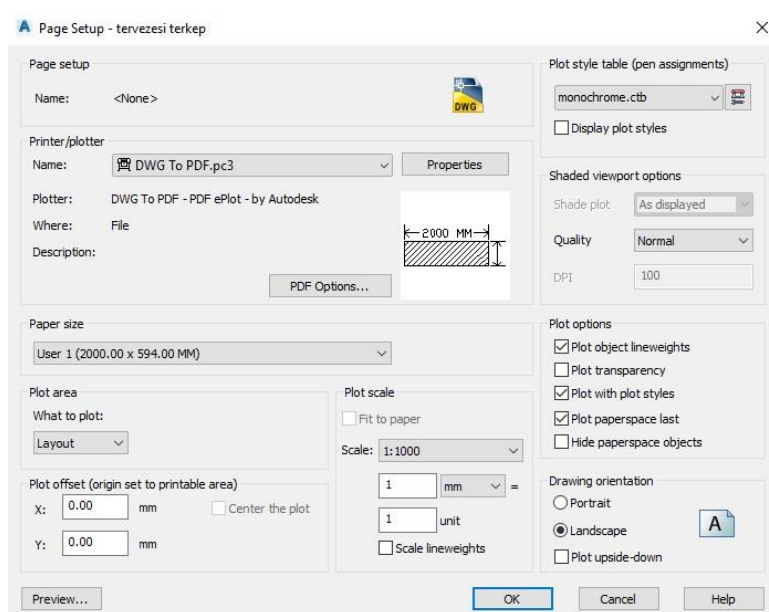
Jelmagyarázat:



8.3. ábra: A felhasznált jelkulcsok.

A fóliák módosítását a Layer Properties felugró ablakban tudjuk elvégezni. Itt lehetőségünk van a színeket, vonal típust, vastagságot állítani és átnevezni is. Illetve a fóliánk láthatóságát ki – bekapcsolni és még azt is be tudjuk állítani, hogy milyen színben, kerüljön kinyomtatásra, lehetőségünk van arra is, hogy az adott fólia ne jelenjen meg a papírtéren. Utolsó lépésként a földhivataltól kapott dxf állományból átmásoltam a földrészlet határokat és a helyrajzi számokat. Munkám befejezésével a purge paranccsal kitisztítottam a rajzomat, ilyenkor törlésre kerülnek a felesleges fóliák. A papírtérben a nyomtatási képet tudjuk beállítani. Az elkészült térképen szerepelnie kell a rajzpecsétnek és az északjelnek. A rajzpecsétet, mosz kockának is hívják, manapság így már nem sokan ismerik. Fontos része a tervezési térképnek, mert ez tartalmazza a készítő, munka tárgyát, méretarányt, vetületet és egyéb fontos infókat.

A papírtérben a layout fülön az egér jobb gombja segítségével előhívjuk a Page setup manager felugró ablakot. Itt tudjuk beállítani a szükséges nagyságú papírméretet, színes legyen a nyomtatásban a rajzunk vagy fekete-fehér.

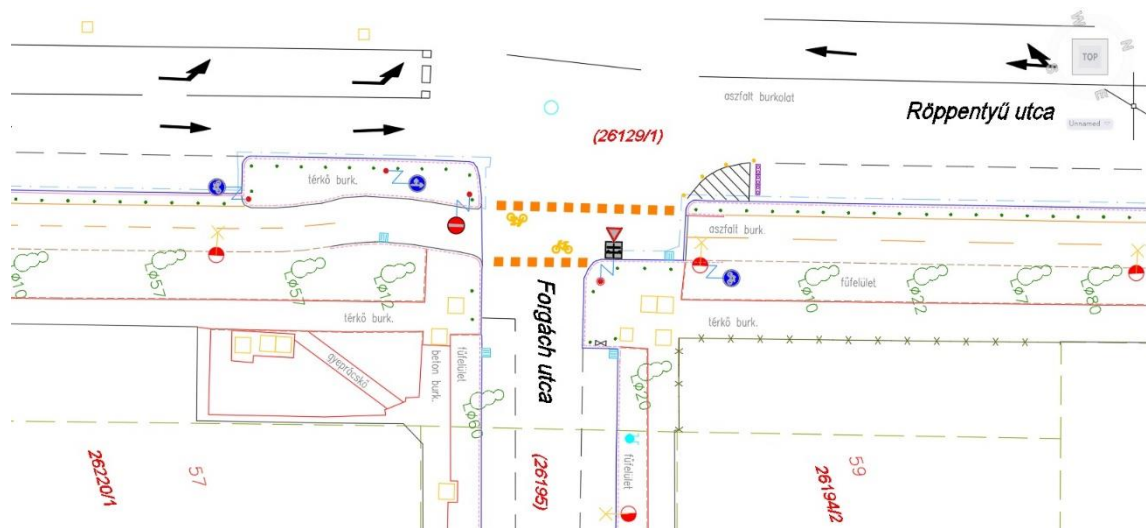


8.4. ábra: Nyomtatási kép beállítása.

Felül a szalagsoron a Layout fülön új viewportot adtam hozzá, ezzel megjelenik a térképem. Beállítottam neki a megfelelő méretarányt, ami $M=1:250$. Továbbá sajátos nézetbe állítottam be, a térképet jobbnak láttam elforgatni, hogy egy lapra ráférjen.

Az Ucs paranccsal megadtam, hogy merre legyen az x,y iránya, ezután a plan paranccsal, hogy a sajátos koordináta rendszerben legyen.

Végül a rajzpecsétet és az észak jelet odahelyeztem a térképem mellé.



8.5. ábra: Részlet a tervezési térképről.

9 ÖSSZEFOGLALÁS

A szakdolgozatom célja volt részletesen bemutatni egy gyors felmérési módszert, a földi lézerszkennelést, majd szemléltetni, hogy rengeteg idő, energia és pénz takarítható meg ezen módszer alkalmazásával. Rövid időn belül nagy mennyiségű adatot tudunk előállítani beállítástól függően, sokkal többet, mint amire szükségünk van. Természetesen vannak olyan feladatok, ahol a földi lézerszkennelssel nem váltható ki a hagyományos geodézia. Mivel egy innovatív módszerről van szó a gyártók folyamatosan fejlesztik az ágazatot, ma már vannak olyan termékek, amelyekben egyesítették a mérőállomás technológiáját a lézerszkennelssel. Továbbá vannak olyan lézerszkennerek, amikkel mérés közben tudnak precíziós pontokat tárolni, amik már EOVS koordinátákkal rendelkeznek. Sajnos nekem ilyen modern eszközök nem álltak rendelkezésemre, de amivel dolgoztam azzal is tudtam szemléltetni a felmérési módszer pontosságát, megvalósíthatóságát és gazdaságossági hatékonyságát. Ha rendelkezésre állnak a szükséges eszközök és tartozékok, akkor rövid idő alatt nagy területet lehet felmérni. Az eszközök beszerzése ugyan egyszerre nagy beruházás, de megfelelő kihasználtság mellett viszonylag gyorsan kitermelik az árukat. Kisebb cégeknek is megéri egy ilyen eszköz beszerzése, hamar megtérül a befektetés. Ebből látható, hogy alkalmazása igen sokrétű, ami biztosítja, hogy mindig lehessen olyan munkát találni, amihez ez a megfelelő műszer. Hátránya viszont, hogy az időt, amit terepen megspórolunk, irodában a feldolgozásra kell fordítanunk, így irodai munkánk könnyen túl nővi egy klasszikus mérőállomással felmért tervezési térkép feldolgozási idejét.

10 SUMMARY

The aim of my thesis was to present in detail a rapid surveying method, terrestrial laser scanning, then to demonstrate how much time, energy, and money can be saved by using this method. Depending on the setting, a large amount of data can be produced in a short period of time, much more than what is needed. Of course, there are tasks where traditional geodesy cannot be replaced by terrestrial laser scanning. Since this is an innovative technology, manufacturers are constantly developing the field. Today, there are products that combine the technology of a total station with a laser scanner. In addition, there are laser scanners that can measure precise points during scanning, which already have EOVS coordinates. Unfortunately, I did not have access to such modern equipment, but I was able to demonstrate the accuracy, feasibility, and cost-effectiveness of the surveying method with the equipment I had. If the necessary equipment and accessories are available, a large area can be surveyed in a short period of time. Although the purchase of the equipment is a large investment at once, with proper utilization, the price can be reclaimed fairly quickly. Even for smaller companies, it is worth purchasing such equipment, as the investment pays off quickly. This shows that its application is very versatile, ensuring that there is always work to be found that requires this tool. However, the disadvantage is that the time saved in the field must be spent on processing in the office, so our office work can easily exceed the processing time of a design map surveyed with a classic total station.

11 IRODALOMJEGYZÉK ÉS FORRÁSJEGYZÉK

- [1] Dr. Lovas Tamás, Dr. Berényi Attila, Dr. Barsi Árpád, Lézerszkennelés, 2012
- [2] Dr. Busics György, Műholdas helymeghatározás 1. 2010
- [3] Dr. Busics György, Műholdas helymeghatározás 3. 2011
- [4] Dr. Csepregi Szabolcs, Gyenes Róbert, Dr. Tarsoly Péter, Geodézia I. 2009
- [5] Gyenes Róbert, A helymeghatározás alapjai, 2010
- [6] Dr Csepregi Szabolcs, Földméréstan I. 2005
- [7] Dr Csepregi Szabolcs, Földméréstan II. 2008
- [8] Verőné Wojtaszek, Malgorzata, Fotointerpretáció és távérzékelés 3., A lézer alapú távérzékelés. 2010
- [9] <http://geomentor.hu/Triumph1-RTK-GPS-vev%C5%91>. [Hozzáférés dátuma: 25. március 2023]
- [10] <https://globalgpssystem.com/sokkia-fx-series/> [Hozzáférés dátuma: 25. január 2023]
- [11] <https://roadata.hu/tls-statikus-lezerszkenner-valasztunk/> [Hozzáférés dátuma: 14. február 2023]
- [12] <http://www.riegl.com/nc/products/terrestrial-scanning/selection-guide/> [Hozzáférés dátuma: 20. január 2023]
- [13] PCS <http://www.digicart.hu/pcs.html> [Hozzáférés dátuma: 14. április 2023]
- [14] <https://www.esri.com/content/dam/esrisites/sitecorearchive/Files/Pdfs/library/whitepapers/pdfs/shapefile.pdf> [Hozzáférés dátuma: 13. április 2023]
- [15] <https://mek.oszk.hu/07300/07399/07399.pdf> [Hozzáférés dátuma: 4. március 2023]
<https://terszkenneles.hu/terszkenneles-hatranyai/> [Hozzáférés dátuma: 20. február 2023]
<https://lechnerkozpont.hu/cikk/muemlekepuletek-lezerszkenneres-3d-felmeresenek-modszertana-es-tapasztalatai> [Hozzáférés dátuma: 10. január 2023]
<https://totalstations.co/sokkia-fx-103-reflectorless-total-station-3-fx-series/> [Hozzáférés dátuma: 9. január 2023]

<https://magyarepitemetchnika.hu/index.php/epites-it/lezerszkenneres-technologiaal-vizsgaltak-a-fiumei-uti-sirkert-mauzoleumait/> [Hozzáférés dátuma: 10. január 2023]

<http://mmk-ggt.hu/fap/> (Szakmai útmutató digitális tervezési alaptérképek készítéséhez)
[Hozzáférés dátuma: 6. január 2023]

12 KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Elsősorban szeretnék köszönetet mondani a családomnak a támogatásért és a határtalan türelemért.

Szeretnék köszönetet mondani konzulensemnek Dr. Tóth Zoltánnak, a szakmai segítségért és támogatásért. Továbbá munkatársaimnak, akik a terepi felmérésben részt vettek.

Végül, de nem utolsó sorban köszönöm a Budapest Közút Kft.-nak, hogy biztosította számomra a szakdolgozatom megvalósulásához szükséges műszereket és szoftvereket és az adatok felhasználását.