

SZAKDOLGOZAT

**OE-AMK
2021**

**HALÁSZ ISTVÁN
T-000392/FI12904/A-G**



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT

IPARI PADLÓ MÉRÉSE ÉS MINŐSÍTÉSE FÖLDI LÉZERSZKENNERES TECHNOLÓGIÁVAL

**OE-AMK
2021**

Hallgató neve: HALÁSZ ISTVÁN
Hallgató törzskönyvi száma: T-000392/FI12904/A-G



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Halász István

Szaktervezési szám: SZD20120110306563

Törzskönyvi szám: T000392/FI12904/A-G

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: földmérő és földrendező mérnök

Specializáció: Geoinformatika specializáció

A dolgozat címe: Ipari padló mérése és minősítése földi lézerszkenneléses technológiával

A dolgozat címe angolul: Industrial floor measurement and qualification with ground laser scanner technology

A feladat részletezése:

Ismertesse az ipari padlók mérésének munkafolyamatát, a mérés geodéziai előkészületeit, a mérés menetét, a szkennelés feldolgozását. A kapott eredményeket a vonatkozó szabvány szerinti besorolás szerint értelmezze.

Intézményi konzulens neve: Dr. Tóth Zoltán

Külső konzulens neve: Gáncs Dániel

Munkahelye: GEOLINK3D KFT.

A kiadott téma elévülési határideje: 2023. május 15.

Beadási határidő: 2021. 12. 15.

A szaktervezési feladat: Nem titkos.

Kiadva: Székesfehérvár, 2021. 11. 18.




Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:


belső konzulens


külső konzulens



HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott szigorló hallgató kijelentem, 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, 2021. december 6.

Holdor István

.....
hallgató aláírása

Tartalom

1	BEVEZETÉS	7
2	LÉZERSZKENNEREK TECHNOLÓGIAI HÁTTERE.....	8
2.1	Távérzékelés	8
2.2	A sugárzás fizikai alapjai	9
2.3	Lézer.....	12
2.4	A lézerszkennerek csoportosítása	13
2.4.1	Légi lézerszkennelés.....	13
2.4.2	Földi lézerszkennelés	13
2.4.3	Mobil lézerszkennelés	13
2.5	Földi lézerszkennerek működésének alapelve, szkennertípusok.....	14
2.6	Földi lézerszkennerek hasznosítási lehetőségei	16
2.7	Az ipari padlókról általános tulajdonságai	18
2.7.1	A DIN 18202 szabvány	20
3	IPARI PADLÓ MINŐSÍTÉSÉNEK MUNKAFOLYAMATAI	22
3.1	Az ipari padló méréséhez használt műszerek és eszközök	22
3.1.1	Faro Focus S 150 földi lézerszkennér	22
3.1.2	Trimble S6 robot mérőállomás	24
3.1.3	Flexi referenciagömbök	24
3.1.4	Beméréshez használt prizma.....	25
3.2	A feldolgozáshoz használt szoftverek	25
3.2.1	Faro Scene	25
3.2.2	JRC Reconstructor	26
3.2.3	Bentley Microstation.....	26
3.3	Helyszíni munkavégzés	26
3.3.1	Előkészületek a mérésre	26
3.3.2	Lézerszkenneres mérés Faro Focus S150-nel.....	27
3.3.3	Referenciagömbök bemérése Trimble S6 mérőállomással	29
3.4	Utófeldolgozás	30
3.4.1	Adatok kinyerése a műszerekből.....	30
3.4.2	Utófeldolgozás lépései Faro Scene-ben	31
3.4.3	Utófeldolgozás lépései JRC Reconstructor-ban	38
3.4.4	Utófeldolgozás lépései Bentley Microstation-ben.....	42
3.4.5	Hőtérkép előállítása JRC Reconstructor-ban	48

4 IPARI PADLÓ DIN 18202 SZERINTI BESOROLÁSA	50
4.1 Hibás helyek kijelölése	50
4.2 Kiértékelés.....	50
5 FÖLDI LÉZERSZKENNERES MINŐSÍTÉS EGYÉB LEHETŐSÉGEI.....	53
5.1 Mérés és feldolgozás Leica RTC360-nal.....	53
5.2 A TR34 szabvány.....	54
6 ÖSSZEFOGLALÁS	56
7 SUMMARY	57
8 IRODALOMJEGYZÉK.....	58

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, Dr. Tóth Zoltánnak, aki tudásával, észrevételeivel és tanácsaival segítette szakdolgozatom megírását.

Köszönettel tartozom Gáncs Dánielnek, aki szaktudásával és ötleteivel hozzájárult a vizsgamunkám létrejöttéhez.

Köszönöm munkahelyemnek, a Geolink3D Kft-nek, hogy rendelkezésemre bocsátották a felhasznált műszereket és szoftvereket.

Hálával tartozom családomnak, páromnak és barátaimnak, akik az alapképzés során végig támogattak, bíztattak.

Végezetül szeretném megköszönni az Óbudai Egyetem Alba Regia Műszaki Kar valamennyi oktatójának és dolgozójának a lelkiismeretes munkájukért, amivel hozzájárultak a versenyképes tudás elsajátításához.

1 BEVEZETÉS

A XX. század végén soha nem látott fejlődésen ment keresztül az információs technológia, amit a különböző tudomány- és iparágak húzóerőként használtak fel a saját szektoruk megújulására. Nem történt ez másképp a mérnöki területen sem, hiszen többek között az térinformatikában és a geodéziában sorra jelentek meg az újabbnál-újabb műszerek és módszerek. A légi lézerszkennerezés feltűnése után nem kellett sokat várni a földi-, majd a mobil műszerek megjelenésére, melyek fejlődése azóta is töretlen. Nem meglepő, hogy az építőipar is igyekszik profitálni ebből, ma már jóformán mindennapossá vált a szkennerek látványa az építkezéseken.

Szakdolgozatom témája is az ipari geodéziához köthető, ugyanis az igen magas előállítási költségű ipari padlók földi lézerszkenneres mérését és minősítését igyekszem bemutatni. Talán kevesen tudják, de az ipari padlóknak szigorú szabványoknak kell, hogy megfeleljenek, hiszen nem lehetnek sem hullámosak, sem síkban pontatlanok. Egy-két évtizeddel ezelőtt a mérésük és a szabványosításuk is elég időigényes feladat volt (sok helyen még a mai napig is). Célom, hogy ezzel az újabban elterjedő módszerrel bemutassam a földi lézerszkennerek felmérési és feldolgozási előnyeit az idő, a költségek és az emberi mulasztás függvényében.

Szakdolgozatomban a megrendelő általi megbízástól kezdődően, egészen az átadásra szánt dokumentum elkészültéig nyomon lehet követni egy ehhez hasonló munka folyamatait. Első körben az ipari padló mérésének terepi, illetve helyszíni feladatait mutatom be, majd a kapott pontfelhők összeillesztését és tisztítását végeztem el. A módszer segítségével lehetőségem volt a DIN 18202 szabvány szerint minősítenem a padlót, melynek eredményét vizsgamunkámban közöltem.

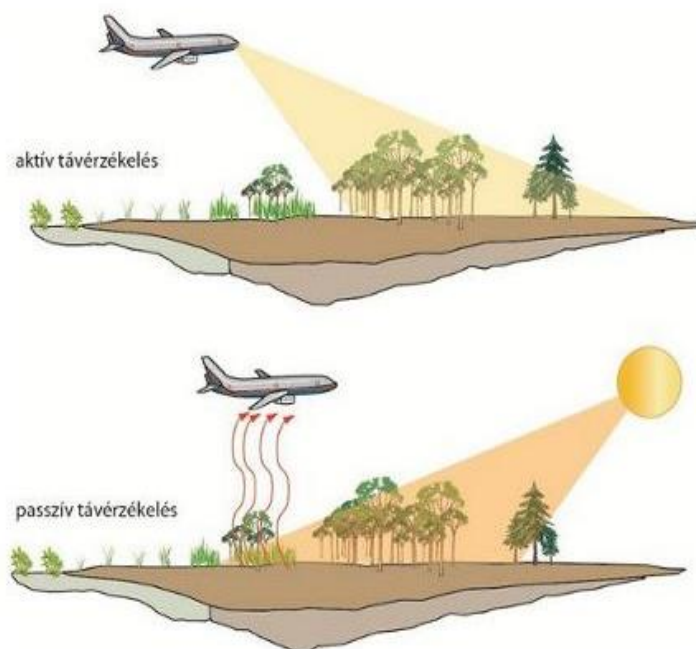
2 LÉZERSZKENNEREK TECHNOLOGIAI HÁTTERE

A lézerszkennelés egy olyan metódus, amely során lézeres technológiával olvasunk be különböző felületeket. Működési elvét figyelembe véve az eszköz emlékeztet a lézeres távmérőkre: a műszer bizonyos irányba lézersugarat bocsájt ki, amely visszaverődik a különböző felszínekről. Segítségével vizsgálható mind a természetes, mind a mesterséges tereptárgyak azok formája, illetve megjelenése alapján. Mivel a módszer a leggyorsabban fejlődő távérzékelési eljárásként ismert, így a következő részt a távérzékelési technológia bemutatásának szentelem.

2.1 Távérzékelés

A szakirodalmakban számos definíció született már a távérzékelés meghatározására, a legáltalánosabb megfogalmazás szerint a távérzékelés egy olyan eljárás, amely során úgy gyűjtünk információt a különböző objektumokról, hogy azokkal közvetlen kapcsolatot nem létesítünk. A fogalom nem csak az információgyűjtés folyamatát takarja, hanem a kapott adatok kiértékelése is ide tartozik.

A távérzékelés végbemehet elektromágneses, gravitációs vagy akár szeizmikus módon is, a szakdolgozat témája szempontjából a legfontosabb az első eset. [1]



1. ábra: Távérzékelési módszerek. [8]

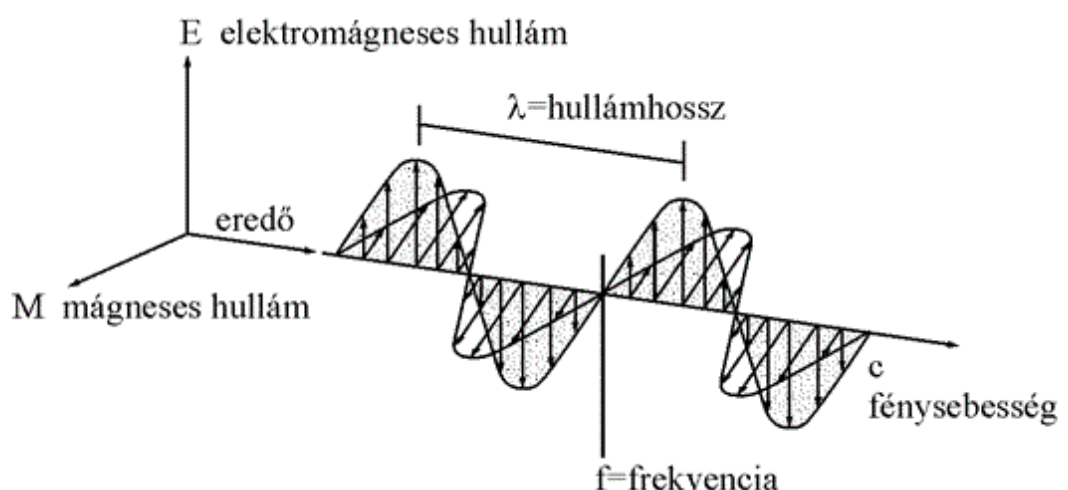
Az optikai távérzékelési technológiákon belül elkülönítünk passzív és aktív adatgyűjtő rendszereket. Előbbi egység a különböző objektumok felszínének természetes elektromágneses sugárzását és a Nap visszavert sugarait használják (ide tartozik a fotogrammetria), míg utóbbi rendszer a saját maga által előállított sugárzás visszaverődését észleli. Ezek alapján látható, hogy a lézerszkennelés az aktív módszerek közé tartozik, mivel a szkennер saját maga bocsájt ki elektromágneses jeleket, melyeket visszaverődés után rögzít. [2]

2.2 A sugárzás fizikai alapjai

A fizikai testek állandóan energiát adnak le, elektromágneses sugárzás formájában. Az elektromágneses sugárzás ciklikusan változó elektromos és mágneses tér, amelyek merőlegesek egymásra és a terjedés irányára, transzverzális hullámokként (haladási irányukra merőlegesen végeznek rezgő mozgást a közegben) terjednek, mindeközben energiát és impulzus szállítanak. Az egyidejűleg végbemenő elnyelés és visszaverődés egyensúlyi állapotot eredményez a sugárzással, a folyamat pedig hőmérsékletfüggő.

Az elektromágneses sugárzás hulláma két összetevőből áll, melyek, ahogy az előbbieken említettem, egymásra és a terjedés irányára is merőlegesek:

- (E): szinuszos elektromos hullám, valamint
- (M): szinuszos mágneses hullám. [2]



2. ábra: Elektromágneses hullám összetevői. [9]

Az elektromágneses sugárzást hullámhossz, sebesség és frekvencia alapján jellemezhetjük. Hullámhossznak (λ) két egymás után következő csúcs közötti távolságot, míg frekvenciának (f) adott idő alatt egy bizonyos ponton átmenő csúcsok számát nevezzük. Mivel a fény terjedési sebessége konstans érték ($\sim 299\,970\text{ km/s}$ vákuumban), ezért a hullámhossz és a frekvencia fordítottan arányosak egymással. [3]

$$c = f \cdot \lambda$$

ahol:

c - a fény terjedési sebességének (km/s),

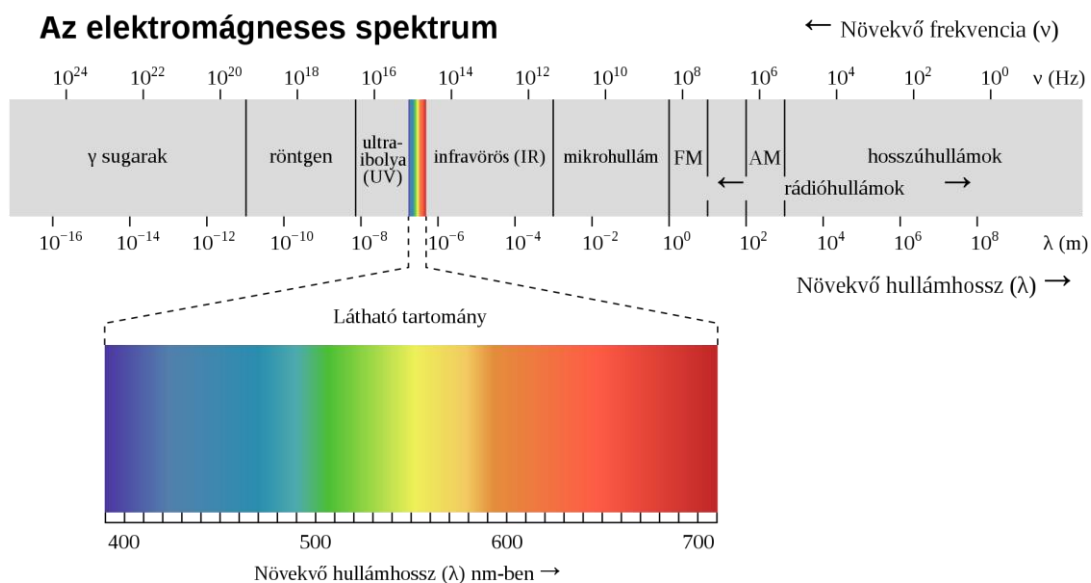
f - a frekvenciának, míg

λ - a hullámhossznak

felel meg.

Minden test elektromágneses sugárzást bocsát ki magából, amelynek hőmérséklete abszolút 0 fok fölött van.

Az elektromágneses sugárzás természetes és mesterséges sugárzásra bontható. Az előbbi csoportba tartozik az úgynevezett szoláris sugárzás, amely a Nap és az égbolt által kibocsátott sugárzást jelöli, valamint ide csoportosítható a földfelszín sugárzása. Mesterséges sugárzásra akár a hétköznapi életből is keríthetünk példát, ilyen például a mikrohullámú sütő, infralámpa, vagy a televízió által kibocsátott sugárzás. [3]



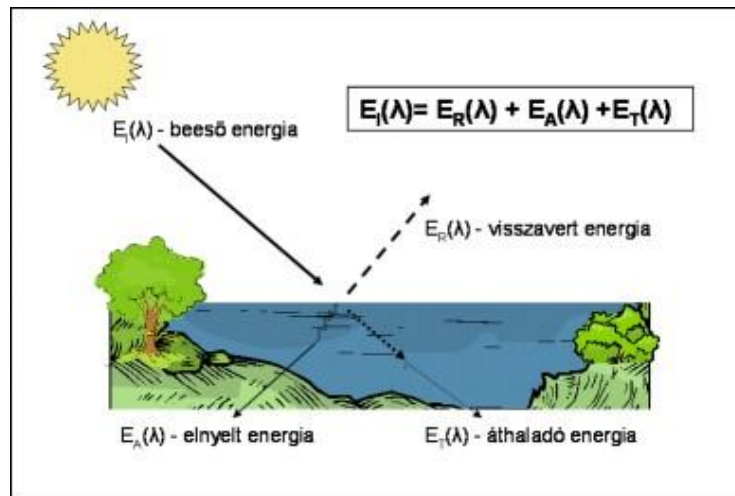
3. ábra: Az elektromágneses spektrum. [20]

Ha az elektromágneses sugárzást hullámhossz és frekvencia alapján felosztjuk, megkapjuk az elektromágneses spektrumot. Távérzékelésnél a teljes tartománynak csupán egy részét használjuk. A távérzékelésre alkalmazott rendszerek az alábbi spektrális tartományokat használják:

- (VIS), azaz a látható fény tartománya ($\lambda = 0,4-0,7$ nm), ami az emberi szemmel érzékelhető elektromágneses sugárzást jelenti.
- (NIR), azaz közeli infravörös tartomány ($\lambda = 0,7-1,3$ nm), amelynél az előző spektrális tartománnyal megegyezően a földfelszín által visszavert sugárzás az információ közvetítője.
- (MIR), azaz középső infravörös tartomány ($\lambda = 1,3-3,0$ nm), itt is a földfelszín által visszavert napsugárzás a számottevő, de már érzékelhető a felszín saját maga által kibocsátott sugárzása.
- (FIR), azaz távoli, vagy termális infravörös tartomány ($\lambda = 3,0-15$ nm), ahol jelentős a felszín által kibocsátott sugárzás, de az alacsonyabb tartományban jelen van a visszavert sugárzás is.
- Mikrohullámú tartomány ($\lambda = 1$ mm-1 m). [3]

Ha az elektromágneses sugárzás ütközik és kölcsönhatásba lép bármilyen testtel, akkor észlelni tudjuk. Ennek formái lehetnek:

- elnyelődés,
- visszaverődés,
- szétszóródás,
- kibocsátódás,
- továbbvezetődés. [2]



4. ábra: Földfelszín és elektromágneses energia alapvető kölcsönhatásai: elnyelődés, visszaverődés, továbbvezetődés. [3]

2.3 Lézer

A lézer az angol laser betűszó magyar megfelelője, amely a Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation kifejezésből ered, ami magyarra fordítva stimulált emisszióval történő fényerősítés. Maga a kifejezés a jelenség kialakulására utal. [2]

A lézerfénynek van néhány tulajdonsága, melyek a fényben nem, illetve nem ekkora mértékben találhatók meg, amely különlegessé és számos iparágban népszerűvé teszi. Ezek a tulajdonságok a következők:

- A lézerfény alatt egy nagyon szűk spektrumú fényről beszélünk, ezért monokromatikus, azaz egyszínű.
- Koherens, széttartása közel nulla, mivel a kibocsátott fénycsugár azonos fázisban van a sugár valamennyi keresztmetszetében.
- Nagy az energiasűrűsége, mivel vékony, javarészt párhuzamos sugarakból áll.
- A hullámoknak állandó irányú mágneses mezeje van, azaz a lézer fénye poláros.

Ezen tulajdonságai miatt a lézer az élet minden területén kiválóan használható, legyen szó elektronikáról, orvostudományról, hadászatról, építőiparról, a teljesség igénye nélkül. Esetünkben a földi lézerszkennerek a lézerfény koherenciáját, energiasűrűségét és minimális széttartását kamatoztatják. [23]

2.4 A lézerszkennerek csoportosítása

A lézerszkennereket attól függően, hogy hol használják, az alábbi három csoportra lehet bontani:

2.4.1 Légi lézerszkennelés

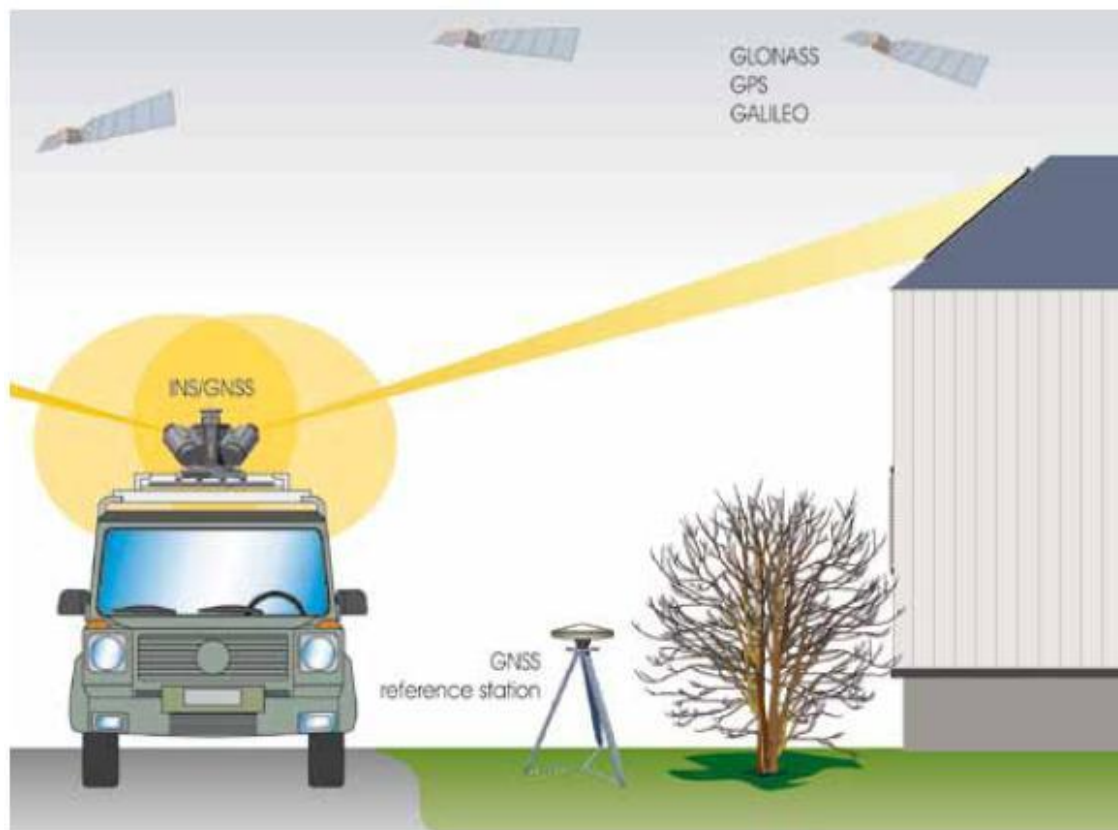
A technológia elnevezése eredetileg egybeforrt a légi szkennerek megjelenésével, mivel eleinte csak a levegőben használható platform létezett. Megjelenésük annak köszönhető, hogy a navigációs eszközök hatalmas fejlődésen mentek keresztül, megjelent többek között a GNSS (Global Navigation Satellite System) és az INS (Inertial Navigation System). A műszert szállító légi jármű többféle lehet: UAV (Unmanned Aerial Vehicle), helikopter, hőlégballon, merev szárnyú repülőgép. [2] [4]

2.4.2 Földi lézerszkennelés

A földi lézerszkennerek megjelenése idején csak a hagyományos mérőállványon elhelyezett műszerek voltak használatban. A lézerfény egyre szélesebb körű elterjedése az iparágakban elősegítette az egyre korszerűbb és különleges megoldásokkal megújított technológia fejlődését. Hamar rájöttek, hogy a földi lézerszkennelssel nem csak mozdulatlan műszerrel, úgynevezett statikus mérést lehet végrehajtani, hanem ötvözve azt a légi szkennelésben alkalmazott, fentebb említett navigációs rendszerekkel, dinamikus mérések elvégzésére is lehetőség nyílik. [2]

2.4.3 Mobil lézerszkennelés

Az előbbieken leírt folyamat hozománya a mobil szkennelés megjelenése. A technológia összetevői nagyfokú egyezést mutatnak a légi lézerszkenneléssel, de itt több szenzor beépítésére van szükség. Mivel az eljárás egyik alapfeltétele, hogy mozgó járműre legyen felszerelve, eleinte személygépjárművek platóját használták erre a célra, manapság azonban már hajókra és teherautókra is telepítenek lézerszkennereket. [2] [4]

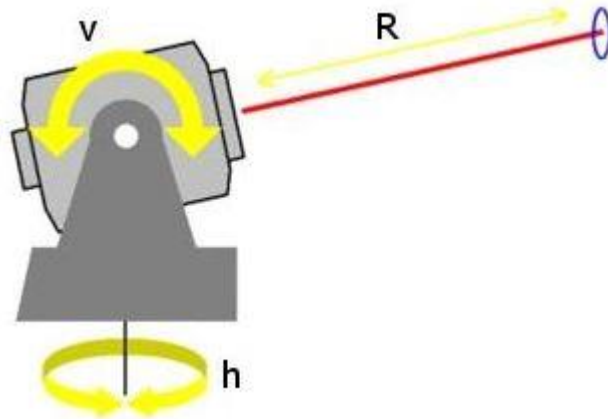


5. ábra: A mobil lézerszkennerek működési elve. [22]

2.5 Földi lézerszkennerek működésének alapelve, szkennertípusok

A lézerszkennelés a térbeli adatgyűjtés leghatékonyabb és legkorszerűbb formája. A műszer néhány perc leforgása alatt több százezer, vagy akár millió pont koordinátáit képes megmérni kellő pontossággal. A technológia előnyei közé tartozik, hogy jól mérhető paramétereket használ (idő, távolság), kis emberigény, nagyfokú automatizáltság jellemzi, valamint nem csupán a mérendő objektum formájáról, geometriájáról gyűjt adatot, hanem annak anyagi sajátosságairól is.

Természetesen, mint mindennek, ennek a technológiának is megvannak a hátrányai. A rengeteg kitakarás miatt sok álláspontra van szükségünk, hogy egységes képet kapjunk a felmért objektumról. Mivel a lézer minden felületről visszaverődik, így az esőcseppekről, páracseppekről, szálló porszemekről is, ezek negatív hatásai nehezen kiküszöbölhetők. A lézerszkennerek alapvető működési elve hasonló a földmérők által használt geodéziai mérőállomásokhoz.



6. ábra: A lézerszkennerek alapvető működési elve. [7]

A fenti ábra jól szemlélteti a műszer működési elvét. A szkennerek lézersugarat bocsát ki (R), melynek segítségével megkapjuk a mérendő pont és a műszer távolságát. Ezen felül rögzíti a pillanatnyi vízszintes (h), illetve magassági (v) szöget, így ez a három adat (egy távolság és két szögérték) elegendő egy adott pont koordinátáinak meghatározásához. A legnagyobb különbség a hagyományos geodéziai módszerek és a lézerszkennerek között, hogy míg előbbinél egy perc alatt alig néhány pont koordinátái mérhetők be, addig utóbbinál ennek milliószorosát kapjuk ugyanannyi idő alatt. [6]

A földi lézerszkennereket leggyakrabban a pont és műszer távolságának meghatározásának technológiájával osztályozzuk. Az alábbi csoportokat különítjük el:

- Időmérés módszerén alapuló műszerek (ToF-Time of Flight)

A módszert alkalmazó szkennerek alapelve, hogy a műszer rövid impulzussorozatot vagy egy nagy energiájú lézerimpulzust bocsát ki, ami az objektum felületéről visszaverődik és a készülék vevőjébe visszatér. Mivel a fény terjedési sebessége állandó, így a lézersugár emissziója és a visszaverődése között eltelt idő mérésével az alábbi formula alapján kiszámítható a kérdéses távolság:

$$D = \frac{c}{2} \times t$$

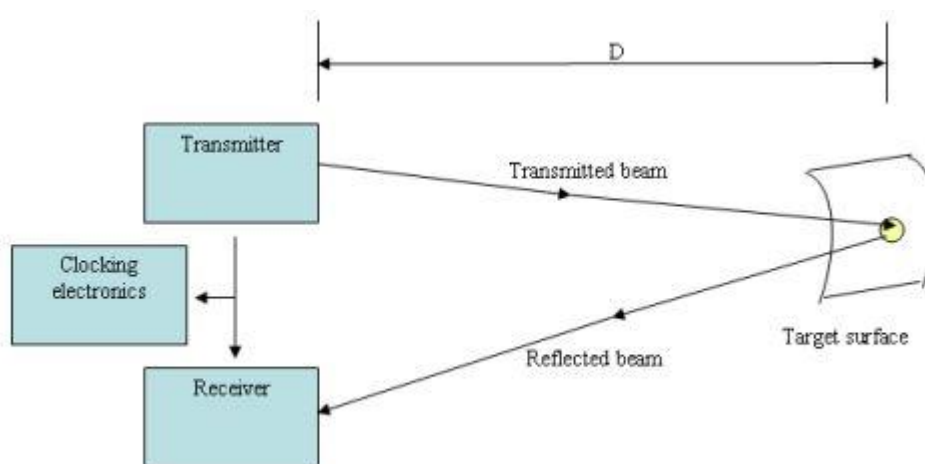
ahol:

D = a kérdéses távolság,

c = konstans érték, a fény terjedési sebessége ($\approx 299\,970$ km/s vákuumban),

t = a kibocsátás és visszaverődés között eltelt idő.

A módszer előnyt kovácsol a lézerefény azon tulajdonságának, hogy energiája koncentrált, így nagyobb távolságokban is kellően pontos mérést eredményez. Másik pozitív sajátosság, hogy a távolság mérésének pontossága nem függ magától a mérni kívánt távolságtól. [4] [5] [6]



7. ábra: Időmérésen alapuló lézerszkenner működési elve. [5]

– Fázismérés módszerével működő műszerek (PB-Phase Based)

Ebben az esetben az emittált és visszaverődött lézersugár fázisainak segítségével számítható a távolság. A jel moduláció útján képződik, ami azt a folyamatot takarja, amely útján az úgynevezett vivő képes lesz a jelet eljuttatni a két végpont között. A távolság számításának alapja, hogy ismeretlen számú egész fázis, valamint egy maradék, csonka fázis érkezik vissza a vevőbe. A folyamat során a vivő több eltérő hullámhosszúságú jelet továbbít. A nagyobb hullámhosszúságú jel az egész fázisok számát, míg a rövidebb pedig a csonka fázisból maradt távolságot adja meg. A módszer előnye, hogy ugyan kisebb a hatótávolság, de a mérés sokkal pontosabb lesz. [4] [5]

2.6 Földi lézerszkenner hasznosítási lehetőségei

A földi lézerszkennereknek és a belőlük kinyert adatoknak számos hasznosítási lehetőségük létezik. Elég csak napjaink építőiparára gondolni, ahol kevés témának szentelnek annyi időt, mint a **BIM modellezésnek**. A BIM (Building Information Modeling) mozaikszó, vagy magyar nevén Épületinformációs Modellezés, egy olyan komplex modell elnevezése, amelynek köszönhetően tárolni és kezelni tudjuk egy épület felméréséből származó és rendelkezésre álló adatot, valamint akár meg is oszthatjuk

azokat a megrendelőkkel. Más megközelítés szerint a létesítmények tervezési és építési procedúráinak szimulálását és optimalizálását végezhetjük el teljes körű digitális modellek segítségével. [10] [11]

Az Épületinformációs modellezés tulajdonképpen egyfajta átmenet a számítógép által segített tervezés (CAD-Computer-Aided Design) és az információs technológia (IT-Information Technology) között. Hatalmas előnye, hogy egy épület teljes élettartamán keresztül, bármikor elővehető, legyen szó a tervezés, kivitelezés, költségbecslés, vagy akár a majdani működtetés ciklusáról. A BIM folyamata számos eszközt, technológiát és egyezményt használ, segítségével az épület bármelyik alkotóeleméről részletgazdag információhoz juthatunk, amikor csak szeretnénk.

A fentebb említett szimuláció és optimalizálás segítségével ütemezhető az építkezés menete. Egy ilyen háromdimenziós modell létrehozásához, amely minden szükséges információt magában foglal, tekintélyes adatmennyiség szükségeltetik. Ezeket számtalan forrásból megkaphatjuk (pl.: mérőállomással történő felmérés), azonban mind közül a legpontosabb, legrészletesebb és legkönnyebben kezelhető a lézerszkennner által generált pontfelhő.

Amennyiben egy meglévő épületről nem rendelkezünk információval, illetve a rendelkezésre álló adatok hiányosak vagy elavultak és frissítésre szorulnak, abban az esetben a lézerszkennnerből kinyert pontfelhőből megkaphatjuk azokat az arra alkalmas szoftverek támogatásával. Ez nagy segítség lehet egy építmény restaurálásánál, átalakításánál vagy akár bontásánál is, emellett az ily módon történő épületfelmérés ára és elkészítésének ideje sokkal kedvezőbb, mint hagyományos módszer esetén. További építőipari felhasználásként tekinthetjük az adott időközönként történő felmérést építkezés során, így a folyamat teljeskörűen dokumentálhatóvá válik. A kinyert pontfelhő és panorámaképek használatával végig kísérhető a változás valamennyi fázisban. Amennyiben egy objektumról nincs alap-, és homlokzatrajzzal, lézerszkennneres felméréssel elő tudjuk állítani azokat, így segítve a munkálatokat és a megvalósulást. A pontfelhőből kinyert adatok háromdimenziósak, így gyors távolság, szög és területméréseket végezhetünk, ezáltal lehetségessé válik egy építmény geometriai vizsgálata. Mindemellett a módszerrel felület- és térfogatszámítás is végezhető. A lézerszkennner hasznosítási lehetőségei közé tartozik a **műemlékvédelem**. Egy valódi színes digitális modell egy leletről és annak közvetlen környezetéről igen nagy segítség a

régészek, történészek, de akár az építészek számára is. Más eszközökkel, technológiákkal, illetve fényképekkel kiegészítve kiindulási alapot nyújt akár a felújítási munkálatok megtervezéséhez is.

Nagyban megnehezíti, de nem lehetetleníti el a mérést a fény hiánya, így lehetséges **bányákban** és **barlangokban** is lézerszkennerek használata. A pontfelhő feldolgozásánál lehetőség van a természetes, ezáltal szabálytalan felületek modellezésére. Hasznosítási lehetőségként szóba jöhet különböző előregyártott elemek, termékek **minőségellenőrzésére**, mely során az említett gyártmány geometriáját vizsgálhatjuk felül oly módon, hogy összevetjük a feldolgozott pontfelhőn mért eredményeket a tervezés során megalkotott CAD állománnyal, így kimutathatóvá válnak az eltérések. Lézerszkenneres felmérések segítségével bármilyen gyárépület digitális állománya elkészíthető. A folyamat során digitalizálhatóak a gépek, vezetékek, különböző csövek és akár az átépítések is, melyekről nem rendelkezünk tervekkel. A módszer előnye, hogy egy pillanatra sem szükséges a termelés és gyártás leállítása. A módszer segítségével hívható **tudományos munkákhoz** is. Végezhetünk különböző geográfiai, morfológiai felméréseket, melyek segítségével könnyedén rekonstruálhatóvá válik a mindenkori terepfelszín. Több időpontban végzett mérés által vizsgálható a terület változása, különböző természeti jelenségek lefolyása, csuszamlások, lejtések és lefolyások is. Az adatokból könnyedén lehet térfogatot és annak változását számolni. [10]

2.7 Az ipari padlókról általános tulajdonságai

Az ipari padló kifejezés az olyan varrat nélküli betonpadlókat jelöli, melyeket nagy általánosságban fedett ipari területeken használnak. Ugyan esztétikai megjelenése nem kecsegtető, azonban tartóssága, kopásállósága és nagy teher- és forgalomtűrő képessége miatt alkalmas épületek padozatának kialakítására.

Az ipari padló lehet burkolt (legtöbbször kerámiaburkolatot vagy műgyantát használnak), illetve burkolatmentes (leggyakrabban polírozott, kéregerősített, azaz fokozott kopásállóságú felületek). Mivel ipari területeken használják, ezért többek között a gépek és targoncák forgalma, polcrendszerek és állványok súlya, azaz a hasznos terhelés az aljzat ezen felületén valósul meg. Nem szabad önálló betonréteggént tekinteni rá, mivel az alatta lévő osztályokkal együtt tartja és nyeli el a rá nehezedő terheket, teherátadó szerkezet. Az ipari padló a raktárépületek, üzemek és csarnokok leginkább terhelésnek

kitett része, közvetlenül érik statikus (polcrendszerek súlya) és dinamikus (anyagmozgatáshoz szánt gépek súlya) erők. [12]

Számtalan előírás fellelhető az ipari padló kivitelezésével kapcsolatban, melyeket fontos betartani, hiszen így hosszú távon (évekig, évtizedekig) garantálhatóvá válik gazdaságos felhasználhatóságuk. Ezeket a szabályokat szabványokba foglalva találhatjuk meg, melyek sokszor más megközelítés szerint készülnek, azonban valamennyi objektív megítélési szempontok szerint osztályozzák az ipari betonpadlókat. A legfőbb objektív kritériumok, melyek a minősítést szolgálják a következők:

1. Padló felületének síkpontossága: A síkpontosság egy olyan feltétel, melyben egy adott felület minden egyes eleme egy síkban van. A tűrési zónát egy előre kijelölt és két párhuzamos sík adja, melynek tartalmaznia kell az előbbit. Magyarországon a leggyakrabban a síkpontosság az a műszaki fogalom, amely alapján az ipari padló minősítését végzik.
2. Felület kopásállósága: Amennyiben egy felület térfogata koptatás hatására nem változik jelentősen, kopásállónak nevezzük. A szabványokban léteznek erre is határértékek, melyek alapján osztályokba sorolják a padló kopásállóságát, azonban nem minősítik magát az ipari betonpadlót. Legtöbbször Böhme-féle koptatóberendezéssel vizsgálják ezt a tulajdonságot.
3. Egyéb objektív megítélési szempontok: A padlót érő terhelés miatt egy sor statikai számítást kell elvégezni, hogy meghatározható legyen a padlólemez vastagsága (általában 15-20 cm), vasalása, a beton szilárdsága. Ha az előzőek a tervezetthez képest gyengébbek, nem megfelelőek, akkor a padló teherbírása is kisebb. Míg az előző pontokban említett két kritériumnál van lehetőség utólagos javításra, addig ezekben az esetekben nincs lehetőség a felület korrigálására, jó eséllyel egyben ki kell cserélni az egészet. [12]

Ahogy említettem, az ipari padló minősítését síkpontosság alapján lehet szabványokba önteni. Magyarországon a DIN 18202:2013-04, TR34, DIN 15185, MSZ EN 13670:2010, MSZ 04-803/1-1990 és az MSZ EN 15620:2009 szabványok írják elő a síkpontossági határértékeket. Ezek közül a leggyakrabban alkalmazott DIN 18202-t mutatom be, mely alapján szakdolgozatom is készült, valamint vizsgamunkám végén szót ejtek a TR34 szabályzatról is.

2.7.1 A DIN 18202 szabvány

Az utolsó pár évtizedben a legtöbbször a német DIN 18202:2013-04 szabványt alkalmazták ipari padló minősítésére Magyarországon. A Német Szabványügyi Intézet (Deutsches Institut für Normung-DIN) által kiadott irányelv alapján a mérés első lépéseként egy mérőlécet kell a padló felszínére helyezni. A lécz a legtöbb esetben 1 vagy 4 méter hosszú, mivel a szabvány alább látható 3. táblázatában 1 és 4 méteres távolsághoz adja meg az előírt tűrést. Természetesen ettől eltérő hosszúságú alumíniumléccel is elvégezhetőek a mérések, ezekben az esetekben interpoláció útján kaphatjuk meg a legnagyobb tolerálható távolság értékét.

Table 3: Flatness tolerances

Column	1	2	3	4	5	6
Group	Applicable to	Position deviations (limit values), in mm, for distances between measuring points, in m, up to				
		0,1	1 ¹⁾	4 ¹⁾	10 ¹⁾	15 ¹⁾ 2)
1	unfinished upper surfaces of floors, subfloors and concrete bases	10	15	20	25	30
2	unfinished upper surfaces of floors, subfloors and concrete bases subject to more stringent requirements (e.g. to receive floating screed, industrial floors, tile flooring and bonded screed), and finished surfaces for minor purposes (e.g. in storerooms or basements)	5	8	12	15	20
3	finished floors (e.g. screed as wearing courses or screed to receive a flooring, trowelled or bonded floorings)	2	4	10	12	15
4	As group 3, but subject to more stringent requirements	1	3	9	12	15
5	unfinished walls and unfinished ceilings	5	10	15	25	30
6	finished walls and ceilings (e.g. plastered walls, wall claddings and linings, suspended ceilings)	3	5	10	20	25
7	As group 6, but subject to more stringent requirements	2	3	8	15	20
¹⁾ Intermediate values shall be taken from figures 1 and 2, and shall be given to the nearest millimetre. ²⁾ The flatness tolerances in column 6 also apply to distances between measuring points of over 15 m.						

8. ábra: A DIN18202 szabvány 3. táblázata, melynek 3. és 4. sora tartalmazza az ipari padlók síkpontosságára vonatkozó határértékeket. [14]

A 3. számú táblázat tartalmazza azokat a legnagyobb tolerálható síkpontossági értékeket, melyek egy sík, egyenletes felület esetében még megengedhetőek különféle hosszokra lebontva. Ipari padló esetén a táblázat 3. és 4. sora a mérvadó. Előbbi engedékenyebb, utóbbi viszont szigorúbb az értékeket nézve. A 3. sornál 0,1 m-en 2 mm-t, 1 m-en 4 mm-t, 4 m-en 10 mm-t, 10 m-en 12 mm-t, 15 m-en 15 mm-t ír elő, ennél nagyobb mérési

hosszúságnál nem növekszik. A 4. sor 0,1 m-en 1 mm-t, 1 m-en 3 mm-t, 4 m-en 9 mm-t enged meg, efölötti hosszúságnál egyezik az előző sorban megadott hibahatárokkal. Összegezve, egy nagyobb blokk (Több 100 vagy akár 1000 négyzetméteres csarnokrész) esetében, a megengedhető legnagyobb síkpontossági hiba 15 mm alatt kell legyen. A szabályzat a mérendő pontok mennyiségéről nem ír elő egzakt számot, sem arról, hogy milyen irányban kell elvégezni a folyamatot, így a megrendelőre és a vizsgálóra van bízva, hogy hol és mennyit mér. Jellemzően azokon a területeken vesznek fel több vizsgálati pontot, ahol a tervek szerint nagyobb használatnak lesz kitéve az ipari padló. Ennek a nagyfokú szabadságnak előnye, hogy így megelőzhetővé válnak a megbízó és a kivitelező közti konfliktusok, ugyanis a cél a használhatóság, így a kevésbé igénybe vett területeken kevesebb mérés is elegendő. A szabvány segítségével megállapíthatóvá válik, hogy a felület mely területei terheltek síkpontossági hibákkal, azonban a fentebb említett okok miatt nem alkalmas az ipari padló osztályokba sorolására. A DIN 18202 szerinti minősítés azt mutatja meg, hogy mely helyeken felel meg a szabvány által előírt síkpontossági előírásoknak, és mely helyeken nem. Miután a korrigálandó területek kijelölésre kerültek, a szabványon túl az kerül előtérbe, hogy ezek a részek mekkora külső hatásoknak lesznek kitéve. Ha a hullámosság hatással van a rendeltetésszerű használatra, lehetőség van a kitűzött helyeken korrekcióra (pl.: csiszolás), ellenkező esetben nincs szükség beavatkozásra. [13]

3 IPARI PADLÓ MINŐSÍTÉSÉNEK MUNKAFOLYAMATAI

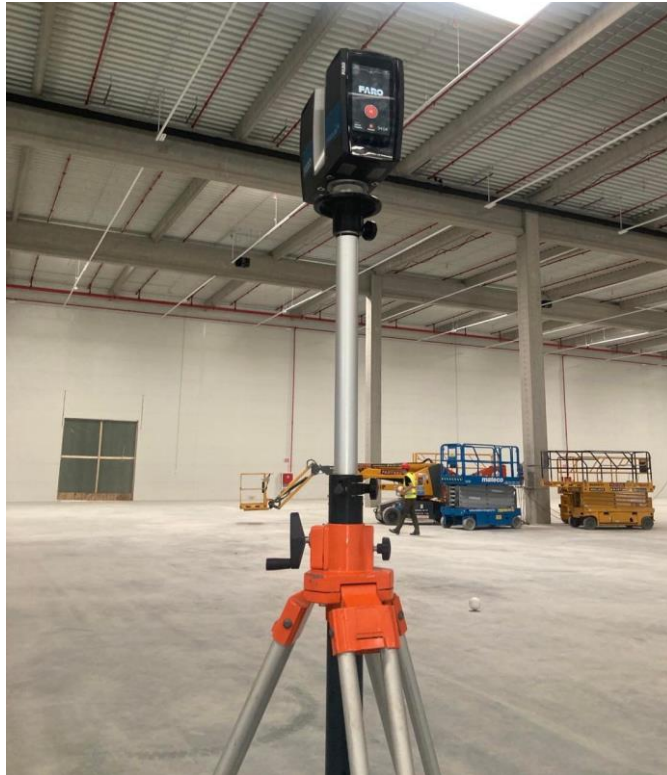
A fejezet célja egy elkészült ipari padló felmérése és minősítése a DIN 18202 szabvány alapján. Munkámban bemutatom a helyszíni mérés, majd az irodai feldolgozás folyamatát, majd a szabvány határértékei szerint minősítem az ipari padlót síkpontosság alapján. Fontos kiemelnem, hogy az előírás nem alkalmas a padozat osztályokba sorolására, csupán a maximális eltérési értékeken túlmutató helyek kijelölésére, azok alapján pedig a padló megfeleltetésére.

3.1 Az ipari padló méréséhez használt műszerek és eszközök

A méréshez szükségem volt egy földi lézerszkennerre a pontfelhő előállítására, egy mérőállomásra, mellyel a célpontok pozícióját határoztam meg, referenciagömbökre, melyekkel a pontfelhők összeilleszthetőségét biztosítottam, valamint egy speciálisan a golyók beméréséhez tervezett prizmára.

3.1.1 Faro Focus S 150 földi lézerszkennner

A lézerszkenneres felmérést Faro Focus S 150 műszerrel végeztük. Az egyesült államokbeli gyártó készüléke egy nagy sebességű, háromdimenziós lézerszkennner, amely teljeskörű felmérésre és dokumentációra képes. A lézeres technológiának köszönhetően pár perc alatt rendkívül részletes, háromdimenziós képet kaphatunk komplex környezetekről. Ezek a felvételek több millió 3D felmérési pont összessége. A szkennert mind kültéri, mind beltéri felmérésre egyaránt alkalmasra tervezték. Széles körben elterjedt az alkalmazása, találkozhatunk vele az építőiparban, mérnöki munkáknál, termékek tervezésénél, vagy akár bírósági ügyek lerendezésénél (pl.: autóbaleset rekonstrukciója). Érintőkijelzőjén rengeteg információt és beállítást láthatunk, így megkönnyíti a terepi felmérés sokszor igen hosszadalmas folyamatát, valamint nem igényel óriási háttértudást egy kezdő felhasználó számára. Igen hasznos funkciója az úgynevezett SCAN GROUP, mely annyit tesz, hogy szkennelés során kiválaszthatunk különböző felületeket, területeket, melyről nagyobb felbontással, nagyobb részletességgel készíthetünk felvételeket, ezáltal még pontosabb információkhoz juthatunk egy-egy számunkra fontosabb egységről. Ezt általában nem alkalmazzuk ipari padlóknál, inkább acélszerkezetek részeit, homlokzatokat, csavarokat, azok helyeit mérjük fel ilyen módon.



9. ábra: Faro Focus S150 földi lézerszkennerek ipari padló mérés közben. Hátterben látható néhány referenciagömb.

Az S 150 a Focus széria valamennyi tagjához hasonlóan fázismérés módszerével működő eszköz, azaz a műszer egy forgó tükörre való vetítés segítségével szórt infravörös fényt bocsájt ki, mely eltérő hullámhosszúak, majd ezek az eltérő felületekről visszaverődnek. A pontok műszertől való távolságát a fázisok eltolódása alapján számíthatóvá teszi. Beépített kéttengelyű kompenzátorral rendelkezik, mely segítségével minden egyes mérést 19 szögmásodperc pontossággal végez el. Az alábbi táblázatban a műszer főbb jellemzőit szedtem össze:

Műszer típusa	FARO FOCUS S 150
Távmerési elv	fázismérési
Minimális és maximális mérési távolság [m]	0.6-150
Pontosság [mm]	2 @10 m 3.5 @ 25 m
Mérési sebesség [pont/s]	976 000
Szkennelési tartomány (vertikális x horizontális) [°]	300° x 360°
Szögpontosság	19'' horizontálisan/vertikálisan
Tömeg [kg]	4.2 (akkumulátorral együtt)
Lézer osztály	1

Akkumulátor üzemelési ideje [óra]	4.5
-----------------------------------	-----

1. táblázat: Faro Focus S 150 néhány fontosabb specifikációja. [16]

3.1.2 Trimble S6 robot mérőállomás

A földmérők igényeit leginkább kielégítő mérőállomás a piacon. Beépített szervomotorjának köszönhetően meggyorsítja és megkönnyíti a terepen végzett munkát. Pontossága $1\text{ mm} + 2\text{ ppm}$. Prizmától függően akár 2000 méterről is képes mérni. Befektetésnek tökéletes, hiszen ugyan kezdeti költsége magasabb, mint egy hagyományos mérőállomásnak, de mivel nincs feltétlenül szükség figuránsra használatához az AUTOLOCK funkciónak köszönhetően, amely megcélozza a prizmát és mozgás esetén követi azt, így a beruházás gyorsan megtérül. A gyártó által kifejlesztett technológia, amely a SUREPOINT nevet kapta, segít szélsőséges esetekben (pl.: nagy szél, rázkódás, talaj okozta süllyedés) is korrigálni, még mérés közben is. Egy TSC3 típusú controllerrel kiegészítve használtam, melyen a Trimble Access alkalmazás futott, összességében egy letisztult, minden földmérési feladatot kielégítő rendszert kaptam, amely jelentősen megkönnyíti a napi feladatok elvégzését. [17]



10. ábra: Trimble S6 robot mérőállomás.

3.1.3 Flexi referenciagömbök

Faro Focus S150 lézersházával történő felmérésnél célpontok kihelyezése szükséges. Ezek lehetnek nyomtatott papíron, sakktáblához hasonló checkerboardok, kódolt

targetek, valamint referenciagömbök. Mivel ez utóbbi formájából kiindulva minden beesési szögből gömbként jelenik meg a felvételeken, így a legpontosabb illesztést ezzel kaphatjuk, ezt választottam. A referenciagömbök 145 mm átmérőjűek, fehér színűek, alsó részükön mágnessel kiegészítve, így egyéb szkenneres felméréseknél felhelyezhetőek akár pillérekre, falsíkokra, illetve bármilyen tárgyra. Padló térképezésénél erre ugyan nem volt szükség, mivel a gömböket magán a felmérés tárgyán helyeztem el. Golyókból két dobozzal, hordozónként 6, azaz összesen 12 darabbal dolgoztam, melyeket a munka előrehaladtával folyamatosan raktam a megfelelő helyekre.

3.1.4 Beméréshez használt prizma

Speciálisan az előbb bemutatott gömbök pozíciójának beméréséhez tervezett prizma, azonban számtalan más felhasználási lehetősége ismert. Mivel menetes csavarral van összeillesztve, így horizontálisan és vertikálisan is forgatható. Talpán szintén egy 40 mm átmérőjű mágnes található, mellyel számtalan helyen lehetővé teszi a mérést. A prizma állandója -34.4 mm.

3.2 A feldolgozáshoz használt szoftverek

Az irodai utófeldolgozás javarésztét, azaz a pontfelhő összeillesztését, tisztítását és megjelenítését az alábbi szoftverekkel végeztem:

3.2.1 Faro Scene

A Faro Scene kifejezetten a Faro lézerszkennerekhez készült, 3D pontfelhő kezeléséhez és feldolgozásához készült szoftver. Számos funkcióval és eszközzel ellátták, így megkönnyíti a nagy adatmennyiséggel járó lézerszkenneres felmérések menedzselését. Rengeteg automatizált lehetőséggel egészítették ki, mellyel kiválthatóak manuális munkafolyamatok, mint például a célpontkeresés, felvételek színezése, vagy akár a különböző szűrők alkalmazása. Lehetőségünk van megjeleníteni, mérni, vagy a térinformatikában használatos kiterjesztésekben exportálni a Scene által feldolgozott pontfelhőnket. Több kompatibilis kiterjesztéssel felvértezve, melyeket használtam is, megkönnyítette a feldolgozási munkafázisokat.

3.2.2 JRC Reconstructor

A JRC Reconstructor szintén egy 3D pontfelhők menedzseléséhez és feldolgozáshoz használható szoftver, amely plug-in alkalmazásként hozzacsatolható a Scene-hez. A két program között gondtalan az átjárás. Nagyjából a két alkalmazás lehetőségei hasonlóak, azonban más erősségük révén különböző fázisokban használtam őket. A Reconstructor-t előtisztításra, pontfelhők egybeolvasztására, a projekt koordináta rendszerének létrehozására és igazítására, valamint a padló hőterképének előállítására használtam.

3.2.3 Bentley Microstation

A Microstation lényegében egy népszerű CAD-alapú szoftver, amely 2- és 3 dimenziós tervezéshez és munkákhoz használható. A programot az amerikai Bentley Systems fejlesztette és forgalmazza. A szoftver használata lehetőséget nyújt BIM modellezésre, mérnöki és tudományos munkák elvégzéséhez. Felépítése és használata igen hasonló az AutoCAD-hez. A Microstation alapértelmezett fájlformátuma a dgn (design), azonban képes felismerni a standard CAD állományok kiterjesztéseit, mint például dxf vagy dwg. A Terrascan és Terramodell kiterjesztéseivel együtt vettem igénybe a program lehetőségeit. Munkám során a szoftvert a pontfelhő tisztítására, osztályozására, később felhasználni kívánt rácshálók létrehozására és modellezésre használtam. [18]

3.3 Helyszíni munkavégzés

A nagy pontosságot igénylő ipari padló felméréséhez és minősítéséhez elengedhetetlen, hogy a hagyományos geodéziai módszereken túl bevonjunk a munkába újabb módszereken alapuló eszközöket. Esetünkben a mérőállomás pontossága, valamint a lézerszkennerek által generált nagymennyiségű adatának kombinációja szavatolja a gyors és pontos munkavégzést és a minden igényt kielégítő eredményeket.

3.3.1 Előkészületek a mérésre

A munka megkezdéséhez a megrendelői megkeresés után adatszolgáltatás szükséges. Ez esetben sem volt másképp, a partner ellátott a megfelelő információkkal, a csarnok kivitelezéséről készült dwg állománnyal és egy pdf-fel is. Mivel ipari padló esetében találkoztam már ennél sokkal nagyobb területtel is, valamint korábban már mértem fel a megrendelő által épített csarnokot, így tudtam, hogy mire számítsak. Miután megbeszéltük a felmérés időpontját, kértem, hogy a minél pontosabb és

akadálymentesebb munka érdekében a nagyobb törmelékkupacoktól és víztócsáktól szabadítsák meg a helyszínt, valamint, ha dolgoznak még munkagépekkel, akkor egy helyre álljanak azokkal.

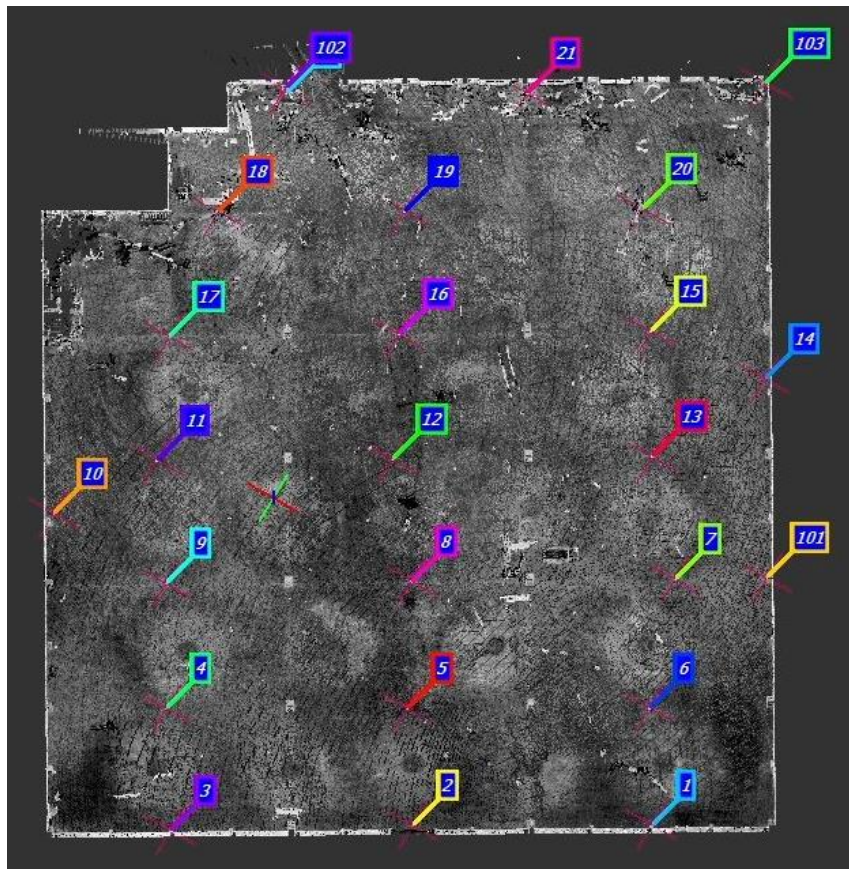
3.3.2 Lézerszkenneres mérés Faro Focus S150-nel

A felmérésre 2021. szeptember 2-án került sor. A helyszín egy magyarországi csarnok, a pontos hely megjelölését szakdolgozatomban mellőzöm a titkosítás elkerülése végett. A megbízó nem kérte a teljes csarnok felmérését, körülbelül 5000 négyzetméternyi részt, amibe beletartozik egy irodai rész is, amit nem kellett feltérképeznem. A későbbiekben raktározásra használni kívánt könnyűszerkezetes csarnok 12 x 24 méteres pillérkiosztású. A helyszínre érve szemügyre vettem a felmérendő területet és ezalatt eldöntöttem a kezdő pozíció helyét, ahonnan indítani fogom a lézerszkenneres rögzítést. A kiválasztott kezdőponton felállítottam a műszer karbonszálas tripodállványát, majd a rögzítőcsavarral felerősítettem rá a szkennert. A műszer egyik oldalán az érintőképernyője kapott helyet, másik oldalt pedig be tudtam helyezni az adatok rögzítésére szánt 32 GB-os SD-kártyát, valamint az eszköz akkumulátorát. Ekkor bekapcsoltam a Faro lézerszkennert és ameddig betöltött, addig kihelyeztem a fentebb bemutatott referenciagömböket. Lézerszkenneres felmérésnél célszerű különböző távolságokban, irányokban és magasságokban szétszórni a célpontokat, fontos, hogy nem szabad egy síkban lenni több gömbnek. Ipari padló térképezése során annyi a változás, hogy a referenciáinkat a padlóra kell elhelyezni, mivel az a felmérésünk tárgya, a többi elem ebben a munkában nem fontos. További fontos instrukció, hogy az egyes felvételek elindítása előtt meg kell győződnünk arról, hogy az induláskor a lézer nem vág félbe egy referenciát sem. Ez azért lényeges, mert a műszer horizontálisan 360°-ot tesz meg, így, ha pont egy célpontot keresztez induláskor, akkor annak másik fele az aktuális mérés végén kerül térképezésre és nem feltétlenül fog összeilleni a két fél. A műszer indításakor megjelenik a főmenü, melyben először létrehoztam egy mappát a munkának, majd magát a munkát is. Ezután a beállításokra ugrottam, ahol megadtam a szükséges paramétereket. Itt kiválaszthattam a felbontást (Resolution), a minőséget (Quality), a horizontális és vertikális szkennelési tartományt, hogy milyen szenzorokat szeretnék használni, színes vagy színek nélküli felvételeket szeretnék-e, egyebek. Az alábbi táblázatban az általam a méréshez használt paramétereket írtam le:

Felbontás	1/4
Minőség	4x
Szkennelési tartomány (vertikális x horizontális) [°]	300 x 360
Szkennelési idő (óra:perc:másodperc)	00:07:21
Pontok távolsága	6.1mm/10m
Szenzorok	Dőlésmérő Íránytű Magasságmérő GPS

2. táblázat: Faro Focus S150 ipari padló méréséhez beállított paraméterei.

A kihelyezett referenciagömbökből néhányat, a mérés során összesen 22 darabot megjelöltem vagy filctollal, vagy matricával. Ettől eltérően természetesen jóval több golyót helyeztem ki, amik a felvételekben kötőpontként meg is jelentek, azonban nem volt szükség, csak egy kis részüket bemérni. Fontos, hogy ezek a jelek megmaradjanak még lehetőség szerint pár hétig arra az esetre, ha valami nem jól sikerülne a felmérés során.



11. ábra: Referenciagömbök elhelyezkedése a mérés helyszínén.

A Faro Focus S150-nel történő felvételezés egyfajta előre gondolkodást igényel. Mivel egy felvételezés több percet is igénybe vett, így volt időm megtervezni a következő lépést, hogy hova kerüljön a szkennerek, hogyan rakjam ki a referenciagömböket, milyen kapcsolódás lesz az eddigi referenciákkal. Célszerű a lézerszkenneres álláspontok helyeit a felméréndő terület szempontjából vagy körkörös, vagy kigyózáva megtervezni. Én utóbbit választottam, a pillérek alkotta oszlopsorok között hosszanti irányban haladtam, majd a falhoz érve visszafordultam és ebben a sorrendben mértem. Fontos volt, hogy egy álláspontból legalább 5-6 referenciagömböt azonosítani tudjon a műszer, ezeket maximum 20 méteres távolságra tettem az eszköztől. Figyeltem, hogy az egyes mérések közötti kapcsolódás meglegyen, így olyan helyekre raktam az egymás után következő felvételezési pontokat, ahol a szomszédos térképezés kapcsolópontjaiból legalább 4 az új scan-ben is látszódnak, így a későbbiekben a felvételek összeillesztését biztosítani tudtam. Elegendő lenne kevesebb kapcsolópont is, azonban a területen munka zajlott és előfordulhatnak olyan esetek, ahol a kíváncsi munkások felveszik a referenciagömböket, mert még nem láttak ilyet és nem tudják, hogy mennyire fontos azok mozdulatlansága, vagy figyelmetlenségükből adódóan belerúgnak, megmozdítják azokat. Ez okból kifolyólag mindig tartottam a legalább 4 közös kapcsolópontot két felmérés között. A mérés előrehaladtával folyamatosan megjelöltem néhány pontot a fentebb említett módon. A területet 24 darab felvételtől sikerül beszkennelem, mely körülbelül 4 órát vett igénybe.

3.3.3 Referenciagömbök bemérése Trimble S6 mérőállomással

Miután végeztem a lézerszkennerral történő méréssel, összepakoltam a műszert és következett a Trimble robot mérőállomással történő rögzítés. Mivel az ipari padló egy sima, sík felület, így a műszer fa tripodjának lábai hajlamosak lehetnek szétesészni, ezért egy úgynevezett csillagot fektettem a földre, amelyre az állvány felállítottam. Erre felhelyeztem a műszert és a kötőcsavarral rögzítettem azt. A paránycsavarokkal és a szelencés libella segítségével az állótengely nagyjából függőlegessé állítottam. Azért csak nagyjából, mert később a műszerhez használt kontrolleren megjelenő digitális libellával állítottam teljesen függőlegessé. A műszer és a kezelő bekapcsolása után megvártam, amíg összekapcsolódnak, majd egy új munkát létrehoztam. Munkám során a legtöbbször alappontokra való letájékoztás (hátrametszés) útján határozom meg a műszer helyzetét,

azonban itt a műszer felállási helyének adtam meg fiktív koordinátákat, mivel ipari padló esetén nincs szükség EOVS vetületi rendszerben való georeferálásra.

Szerencsére olyan helyet választottam a mérőállomás állásának, ahol valamennyi megjelölt referenciapontot be tudtam mérni, így ezekre a jelölésekre egyesével ráhelyeztem a fentebb bemutatott prizmat és elvégeztem a vizsgálatot. Összesen 22 darab referenciagömb elhelyezkedését mértem be, ezeken kívül találtam három darab +1 méteres relatív magasságot, melyek fóliával voltak megjelölve, így ezeket is belevettem az adatokba, ugyanis a későbbiekben ez nagy segítséget jelent majd a feldolgozás munkafolyamatai során.

3.4 Utófeldolgozás

Földi lézerszkenneres mérés során a terepi munkarészek csupán kis hányada a munkának. Tulajdonképpen az adatok feldolgozása nélkül csak egy hatalmas, rendszerezetlen pontfelhőt kapunk, amelyből nem sok számunkra hasznos információt eredeztethetünk. Ahhoz, hogy a pontfelhőnkéből értékelhető adatokat kapjunk, a munka oroszlánrészét az irodában kell végrehajtanunk. Ennek az utófeldolgozási munkának a folyamatait mutatom be a következő részben.

3.4.1 Adatok kinyerése a műszerekből

A helyszíni munkafolyamatok végeztével visszatértem az irodába, ahol megkezdtem a feldolgozási fázist, első körben az állományok előkészítésével. A Faro Focus S150 műszer a mérés folyamán folyamatosan mentette az adatokat egy 32 GB-os SD-kártyára, így abból egy kiolvasó segítségével lementettem számítógépre az adatokat. A Trimble S6 mérőállomás esetében egy pendrive használatával exportáltam az azzal bemért adatokat egy csv fájlba.

A mérőállomás álláspontjának, valamint a referenciák értékeinek a következő táblázatban látható értékek felelnek meg:

Pontnév	X	Y	Z	Kód
0902_1	1000.000	2000.000	110.000	stn (álláspont)
G1	963.574	2016.190	108.363	REFGOMB
G2	983.002	2027.606	108.358	REFGOMB
G3	1002.437	2039.490	108.362	REFGOMB
G4	1008.701	2029.520	108.364	REFGOMB
G5	989.195	2018.083	108.354	REFGOMB

G6	969.533	2006.514	108.363	REFGOMB
G7	973.695	1994.579	108.365	REFGOMB
G8	994.988	2007.211	108.365	REFGOMB
G9	1014.821	2019.078	108.367	REFGOMB
G10	1027.362	2018.505	108.358	REFGOMB
G11	1021.596	2009.195	108.363	REFGOMB
G12	1002.570	1997.997	108.363	REFGOMB
G13	981.509	1985.440	108.362	REFGOMB
G14	976.166	1973.613	108.362	REFGOMB
G15	987.755	1975.034	108.361	REFGOMB
G16	1008.116	1987.192	108.359	REFGOMB
G17	1026.563	1998.306	108.362	REFGOMB
G18	1028.684	1985.562	108.362	REFGOMB
G19	1013.619	1976.648	108.360	REFGOMB
G20	994.350	1965.190	108.359	REFGOMB
G21	1009.477	1961.022	108.359	REFGOMB
G22	1029.037	1972.480	108.363	REFGOMB
F101	966.214	1990.326	109.282	1M
F102	1029.230	1972.139	109.281	1M
F103	990.439	1949.042	109.282	1M

3. táblázat: A mérőállomás álláspontja és a bemért referenciák koordinátái és egyéb adatai táblázatba szedve.

A 3. táblázat 4. oszlopában jól látszódik a referenciagömbök magasságának (Z értékének) kis szórása, amely +/- 1 centiméteren belül van. Ebből következtethetünk arra, hogy a mérőállomással történő munkavégzésünk megfelelő volt.

3.4.2 Utófeldolgozás lépései Faro Scene-ben

A Faro Scene megnyitása után rögtön létrehoztam egy jól azonosítható néven egy új projektet. Ezzel a lépéssel egy projektmappa is létrejön, mely a Faro Scene-re jellemző almappa-struktúrával épül fel. Mivel közvetlenül a tömörített adatállományból nem lehet a feldolgozást elvégezni, így ki kellett csomagolnom a terepi mérés kiolvasásakor létrehozott rar állományt. A PREVIEW mappában megtaláljuk a lézerszkennerek által készített panorámaképeket csökkentett felbontásban. Érdemes átfutni ezeket a felvételeket, hiszen így első lépésben látható, hogy a referenciagömbök tisztán látszódnak a fotókon, így valószínűleg a metaadatokban is jó eredményekkel fogunk találkozni.



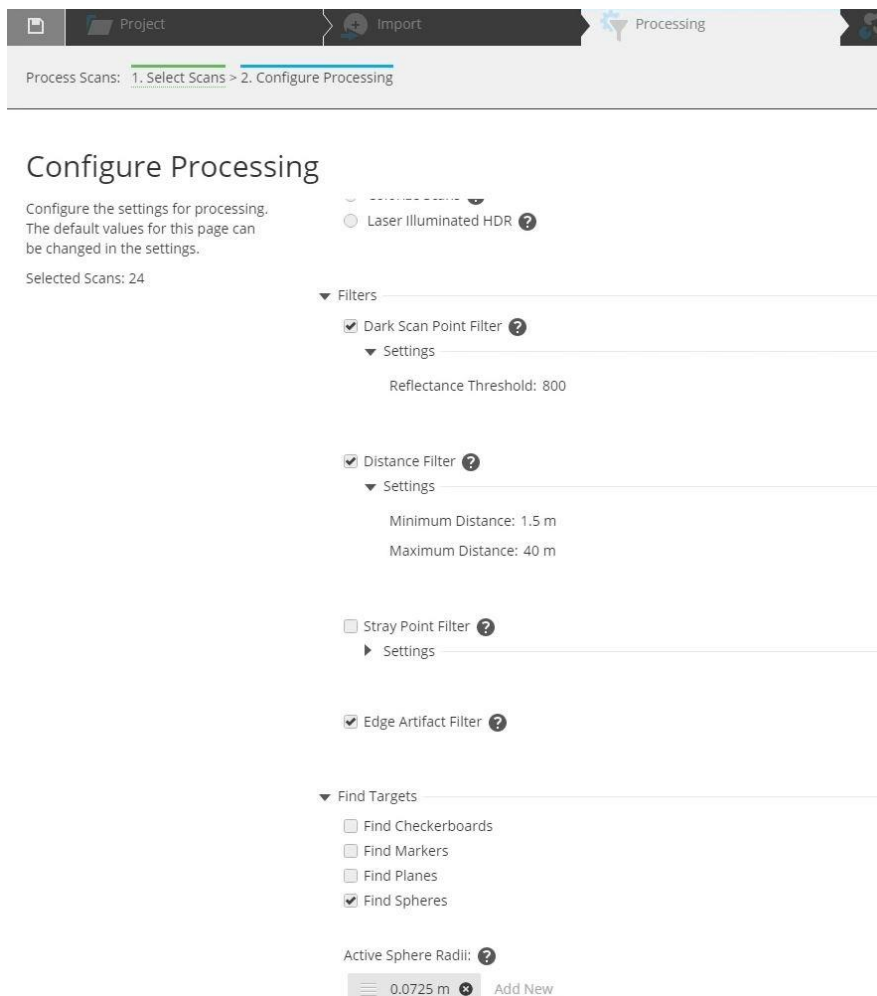
12. ábra: Faro Focus S150 által készített panorámakép.

A 12. számú ábrán jól látható néhány referenciagömb, amely a mérések illeszthetőségét szolgálja, valamint a víztócsák, melyektől a későbbiekben megszabadulunk majd.

A SCANS mappában a műszer által generált fls kiterjesztésű állományok találhatóak, ezekkel dolgoztam javarészt. Bemásoltam még a projektmappába a mérőállomással bemért pontok állományát, mely csv kiterjesztésben lett exportálva a kontrollerből. Megnyitva a fájlt, pontszám-X-Y-Z-kód szerkezetben tekinthetjük meg az eredményt, melyet fentebb, az x. számú táblázatban feltüntettem. A Scene miatt fontos, hogy a különböző adatok vesszővel kell legyenek elválasztva, a tizedest pedig ponttal jelöljük. Jól látható, hogy a meghatározott pozíciójú referenciagömbök GOLYO, a pillérekre előzetesen kihelyezett +1 méteren kihelyezett fóliákat pedig 1M kódjelöléssel mentettem el. Ez utóbbiakból három darabot találtam, ezek azért fontosak, mert a helyszínen talált és bemért +1 méteres jelek Z koordinátái, azaz a magasságuk lesznek a későbbiekben a magassági koordináta rendszerünkben a fixen beállított 1 méteres magasság, míg ebből egy métert levonva megkapjuk az ipari padló 0 szintjét.

Ezután megkezdhetjük a tényleges feldolgozást, első lépésként valamennyi scan-t beimportáltam a Scene-be. Itt érdemes rögtön menteni, amit kétféleképpen tehetünk meg: vagy közvetlenül a Save gombbal, vagy a Process Scans paranccsal, amely nemcsak elmenti, hanem a nekünk kedvező szűrőket is alkalmazni fogja, melyekre szükségünk lesz. Ez utóbbit lehetőségünk van akár felvételenként, akár projektenként futtatni más-más beállításokkal. Ugyan az ipari padló egy eléggé homogén, egynemű felület, így nem szükségeltetik eltérő beállításokat alkalmazni, azonban hasznos olyan lézerszkenneres

felmérések esetében (pl.: homlokzatok, teljes épületek felmérése, melyeknél kül- és beltéren egyaránt csinálunk felvételeket), ahol eltérő konfigurációkat kell használnunk.



13. ábra: A Faro Scene-ben alkalmazott beállításaim.

Következő lépésként megadtam az alapvető beállításokat, ahogy a fent látható 13. ábrán is látható. Mivel ipari padlónál nem szokás színes felvételeket készíteni, így utólag sem szükséges színeznit azokat, mert nehezebben lehetne a referenciagömböket megtalálni. Fontosabb beállítás a Dark Scan Point Filter (sötét pont szűrő), mivel az ipari padlós felmérés során minden rajta található objektum (pocsolya, sár, kisebb törmelékkupac) a betonnál alacsonyabb visszaverődési értéket ad, így ezt a megfelelő értékre állítva megkönnyíthetjük munkánkat és nem lesz szükség a tócsákat manuális módon eltávolítani a szkennekből. A Faro Focus S150 0-2048 nm közötti visszaverődési értékeket rögzít. Itt a beállításhoz 800-as értéket adtam meg, amelynél biztosított abban,

hogy minden megmaradt pontot hasznosítani tudok. A későbbiekben van lehetőség változtatni ezen a konfiguráción, azaz, ha zajosak maradtak a felvételek, magasabbra lehet venni ezt az értéket.

Következő fontos beállítás a távolságszűrő (Distance Filter). A Faro műszerek 40 méteres távolságig maximálisan megbízhatóak, így maximum távolságnak ezt az összeget adtam meg. Minimum távolságnál tudni illik, hogy a műszertől 1 méteres távolságban jóformán használhatatlan pontok keletkeznek, így 1.5 méteres disztanciát írtam be ide, az ennél közelebbi felvételeket a program eldobja.

Az Edge Artifact Filter egyfajta élszűrő, amely valamennyi oldal találkozásánál pontokat töröl. A fázismérésen alapuló szkennerek ezeknél a csatlakozásoknál zajosak, így ezeken a helyeken ez a beállítás pár pixelt hatástalanít.

Következőleg a célpontot kellett beállítanom, melyet majd a szoftvernek automatikusan fel kell ismernie. Itt választható opcióként ugranak fel a sakktáblához hasonló targetek (checkerboard), a kódolt papírcélpontok (markers), a falsíkok (planes), valamint a referenciagömbök (spheres). Mivel ipari padló szkenneléséhez legutóbbi a legmegfelelőbb, így én is ezekkel dolgoztam, ezért ezt jelöltem ki. Ezután meg kellett adnom a gömb sugarát. Mivel a fentebb ismertetett referenciagömb 14.5 cm átmérőjű, így gyors fejszámítás után a 7.25 cm-es értéket írtam be. Ezennel be is fejeződött a beállítások kiválasztása és elindítottam a feldolgozást, mely átlagosan néhány percet vesz igénybe, az állomány nagyságától függően.

Miután lefutott az előfeldolgozás, a referenciagömbök pozícióiból jegyzőkönyvet, reportot készítettem a Sphere Report parancs segítségével, majd csv formában elmentettem. Microsoft Excelbe beimportálva láthatjuk a munkánkhoz tartozó összes lézerszkenneres felvételben található referenciagömbök neveit, koordinátáit és egyéb attribútumait táblázatba szedve.

	Sphere Name	Scan Name	X [m]	Y [m]	Z [m]	Diameter [m]	Number of points	Color	Position deviation [mm]	Scan point distance [mm]	Scan point drift [mm]
37	Sphere	0902_001	-13.699014	-1.437466	-2.777749	0.145000	151	Green	0.341964	0.247938	-0.003143
38	Sphere9	0902_007	-7.360956	-1.388464	-7.152784	0.145000	624	Green	0.345295	0.254108	-0.016326
39	Sphere8	0902_015	-4.881981	-5.230631	-7.279477	0.145000	687	Green	0.348923	0.225625	-0.009276
40	Sphere8	0902_001	9.394500	-3.513620	-2.393058	0.145000	318	Green	0.354831	0.237512	0.003629
41	Sphere14	0902_017	-5.880959	1.413598	-6.743072	0.145000	1003	Green	0.355191	0.269029	-0.021721
42	Sphere9	0902_014	7.254338	5.735058	-8.503085	0.145000	426	Green	0.355878	0.258648	-0.008842
43	Sphere10	0902_014	6.082237	2.121669	-8.502254	0.145000	729	Green	0.360292	0.233834	-0.019170
44	Sphere7	0902_018	13.300243	-3.732098	-4.437716	0.145000	137	Green	0.361725	0.272657	-0.015515
45	Sphere6	0902_013	-13.024234	-2.122620	-8.749032	0.145000	176	Green	0.362627	0.269358	-0.013588
46	Sphere11	0902_018	-9.072258	3.270439	-6.238612	0.145000	377	Green	0.363010	0.254992	-0.025471
47	Sphere6	0902_010	-2.659184	-2.869846	-6.234192	0.145000	1467	Green	0.363289	0.229592	-0.005749
48	Sphere7	0902_019	6.645006	9.716706	-5.111439	0.145000	231	Green	0.364624	0.239640	-0.021209
49	Sphere	0902_005	-0.518517	-6.072608	-4.018397	0.145000	973	Green	0.364730	0.290868	-0.015494
50	Sphere5	0902_009	11.259102	-3.177376	-4.533531	0.145000	225	Green	0.364931	0.225511	-0.005271
51	Sphere10	0902_009	-5.527683	4.923254	-6.481939	0.145000	651	Green	0.366446	0.220272	-0.011235
52	Sphere10	0902_010	-6.382800	6.460488	-6.234888	0.145000	413	Green	0.366942	0.245063	-0.024148
53	Sphere3	0902_001	-15.643082	5.251750	-4.185742	0.145000	108	Green	0.375588	0.274552	-0.009199
54	Sphere7	0902_015	0.554945	-8.340937	-7.283202	0.145000	495	Green	0.379316	0.228659	-0.014922
55	Sphere11	0902_022	-0.095676	-3.834902	-5.654999	0.145000	1508	Green	0.379923	0.254855	-0.007955
56	Sphere	0902_010	1.782681	5.712507	-6.236503	0.145000	1009	Green	0.383482	0.268179	-0.024769
57	Sphere9	0902_010	-7.465731	3.135291	-6.233208	0.145000	540	Green	0.385324	0.236612	-0.026408
58	Sphere10	0902_011	4.375557	2.120077	-7.202918	0.145000	1547	Green	0.386912	0.267415	-0.019183
59	Sphere2	0902_022	-14.508266	-10.525941	-4.151922	0.145000	88	Green	0.387456	0.300373	-0.015112
60	Sphere	0902_017	-4.517043	7.572265	-6.742456	0.145000	451	Green	0.389307	0.276351	-0.027726
61	Sphere4	0902_012	2.276537	-1.976560	-7.325128	0.145000	3158	Green	0.391200	0.248623	-0.018362
62	Sphere	0902_003	-2.261593	-5.523941	-4.392401	0.145000	343	Green	0.395922	0.267826	0.004713
63	Sphere7	0902_022	14.734983	2.606938	-5.656593	0.145000	101	Green	0.397112	0.309440	-0.021616
64	Sphere5	0902_022	5.342670	4.984518	-5.652240	0.145000	666	Green	0.397654	0.240811	-0.016072
65	Sphere3	0902_014	5.177550	-2.179661	-8.496906	0.145000	1170	Green	0.401526	0.266137	-0.027940
66	Sphere10	0902_017	4.634934	-0.917437	-6.740262	0.145000	1567	Green	0.402095	0.280945	-0.017080
67	Sphere3	0902_024	-4.974245	4.649034	-4.430388	0.145000	793	Green	0.402951	0.241706	-0.002032
68	Sphere5	0902_008	11.685529	-10.389631	-6.150345	0.145000	119	Green	0.402980	0.278926	-0.028540
69	Sphere2	0902_016	8.651603	-0.452704	-6.572199	0.145000	461	Green	0.407232	0.348894	-0.013449
70	Sphere12	0902_015	-0.043168	5.722212	-7.279083	0.145000	1139	Green	0.407515	0.284045	-0.029693
71	Sphere10	0902_019	-3.458266	-5.254373	-5.109127	0.145000	905	Green	0.410345	0.254691	0.000236
72	Sphere10	0902_021	2.809531	10.222928	-4.898602	0.145000	306	Green	0.410569	0.217145	-0.010898
73	Sphere3	0902_010	10.444417	-3.189586	-4.496527	0.145000	267	Green	0.412590	0.232681	0.004197
74	Sphere9	0902_006	-3.669942	-4.703920	-6.332122	0.145000	1028	Green	0.413143	0.279749	-0.010927

14. ábra: Sphere report (részlet).

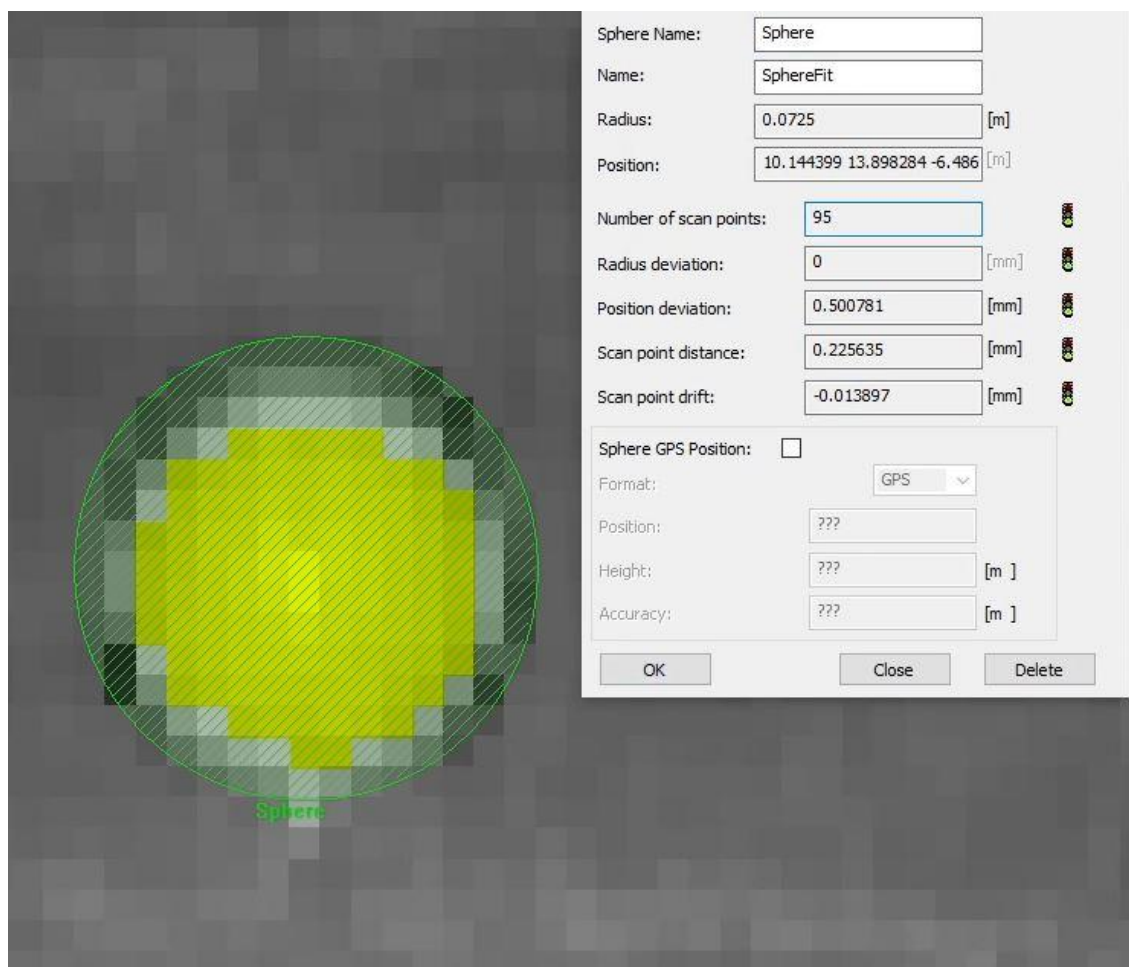
A szoftver automatizált gömbkeresése nem tökéletes, előfordulhat, hogy nem, vagy pontatlanul talál meg referenciákat, esetenként egyéb gömbhöz közelítő alakú tárgyakat (fej, sisak, lámpabúra, tűzjelző) is golyónak érzékel, így át kellett nézmem a táblázat I oszlopát, amely a helyzeti eltérést mutatja milliméterben. Az említett oszlopot érték szerinti csökkenő sorrendbe rendezve megvizsgáltam a 2 mm-nél nagyobb értéket mutató eredményeket felvételenként.

Behívva az első felvételt a síkbeli nézeten megjelent a nagy felbontású panorámakép, valamint a referenciagömbök, balról-jobbra emelkedő számsorrendben számozva.



15. ábra: Az automatizálás útján felismert gömbök, balról-jobbra emelkedően számozva.

A Sphere Report táblázatát böngészve már tudjuk, hogy melyik gömbbel, illetve gömbökkel volt probléma. A problémásan felismert kiválasztásokat töröltem és a Sphere Selector funkcióval újra kijelöltem azokat oly módon, hogy a gömbre rákattintottam úgy, hogy lehetőleg a legtöbb és legjobb pixeleket tartalmazza, majd jobb gombot lenyomva, az előugró parancsokból kiválasztottam a Sphere Radius lehetőséget. Ekkor a felugró ablakban láthatjuk a módosított kiválasztás eredményeit. Amennyiben a helyzeti eltérést (Position Deviation) az előre magunknak megadott 2 mm alá sikerül csökkenteni, akkor elfogadjuk azt.

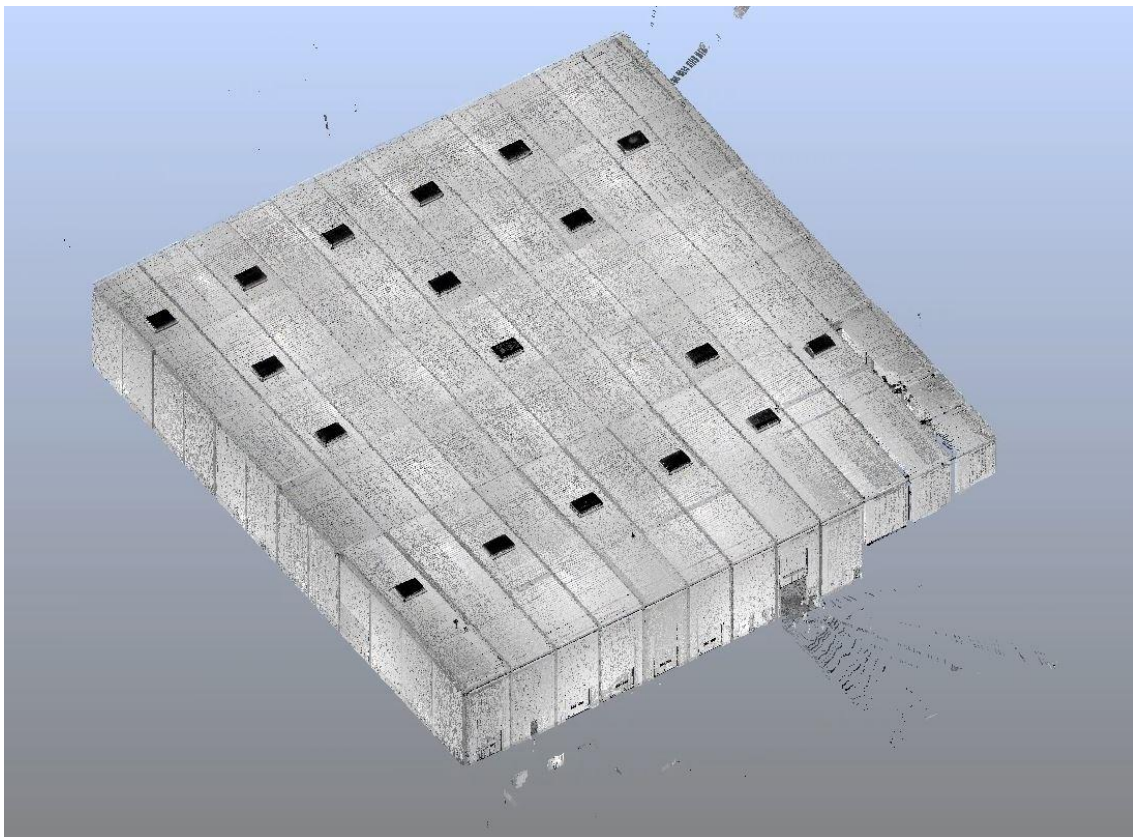


16. ábra: Egy módosított referenciagömb kijelölése. Látható, hogy a Position deviation érték mellett 2 mm alatti eltérés jelenik meg, így az illesztés elfogadható.

Ha bármely paraméter nem felel meg az előre megadottaknak, a program jelzi azokat egy sárgán vagy pirosan felvillanó, közlekedési lámpához hasonló ikonnal. A kijelölésnél figyelni kell arra, hogy a referenciagolyóknál jellemzően a szélén vannak a hibás pontok, mivel itt kisebb a beesési szög. Mivelhogy a kép és ezáltal a gömbök felvétele is pixelekből áll, így a minél pontosabb azonosítás érdekében lehetőségünk van az Add Selection paranccsal képkockákat hozzáadni a kijelöléshez, akár egyenként, akár poligon formájában. A további, a program általi automatizálás során hibásan kiválasztott gömböket az előző sorokban bemutatott javítással minden felvételre elvégeztem, aminek menete: hibás kijelölés törlése-gömb helyes pozíciójának kiválasztása-Sphere Radius. Miután az előzőeket valamennyi szkennre megcsináltam, a Place Scans opcióval összeillesztettem azokat a közös referenciák alapján. A felugró ablakban fontos, hogy az

inklinométer, azaz a dőlésérzékelő be legyen kapcsolva. Miután lefuttattam az illesztést, szemügyre vehettem a szkennenkénti, valamint a gömbönkénti középhibát, így, ha találtam volna még határértéken kívül eső számot, javíthattam volna azon.

Következő lépésként beimportáltam a mérőállomással meghatározott gömbpozíciókat. A referenciapontokat automatán illesztettem rá a meglévő, összeillesztett felvételekre ugyancsak a Place Scans paranccsal.

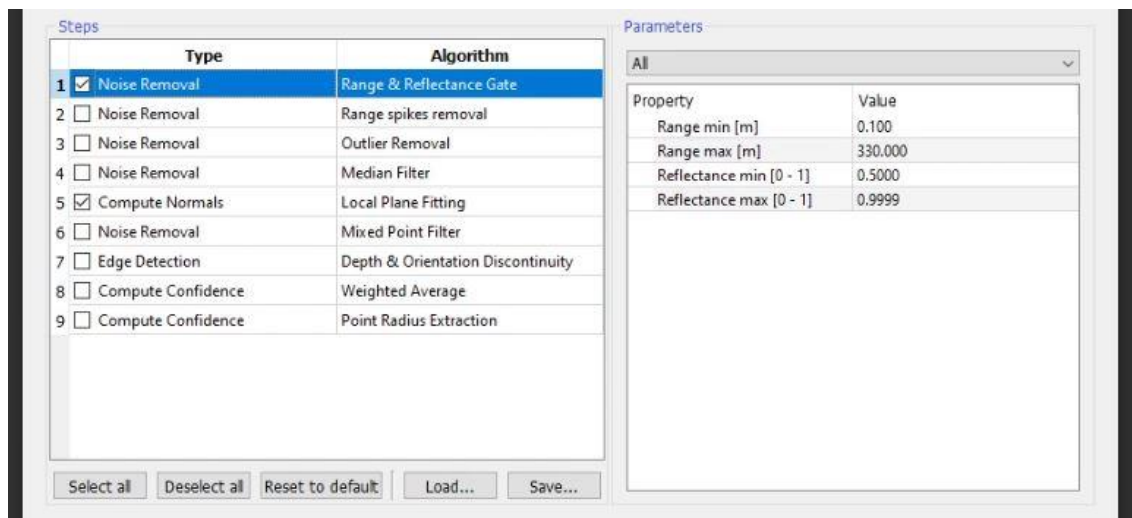


17. ábra: Illesztett pontfelhő tisztítás előtt.

3.4.3 Utófeldolgozás lépései JRC Reconstructor-ban

Mentés és exportálás után következő lépésben egy másik applikációban, a JRC Reconstructor-ba importáltam az állományt. A Reconstructor egy plug-in alkalmazás, melyet a Faro SCENE-hez írtak, így gondtalan az átjárás a két program között. A Reconstructor képernyőjén láthatóak a behívott állományaink, amik grid pontfelhők, másnéven strukturált adathalmaz. Ez azt jelenti, hogy a műszer által készített panorámakép minden egyes pixeléhez tartozik egy X, egy Y és egy Z koordináta. Ahogy a Scene-nél, úgy a Reconstructor-nál is van egy előszűrési lépés, amely a zajcsökkentést

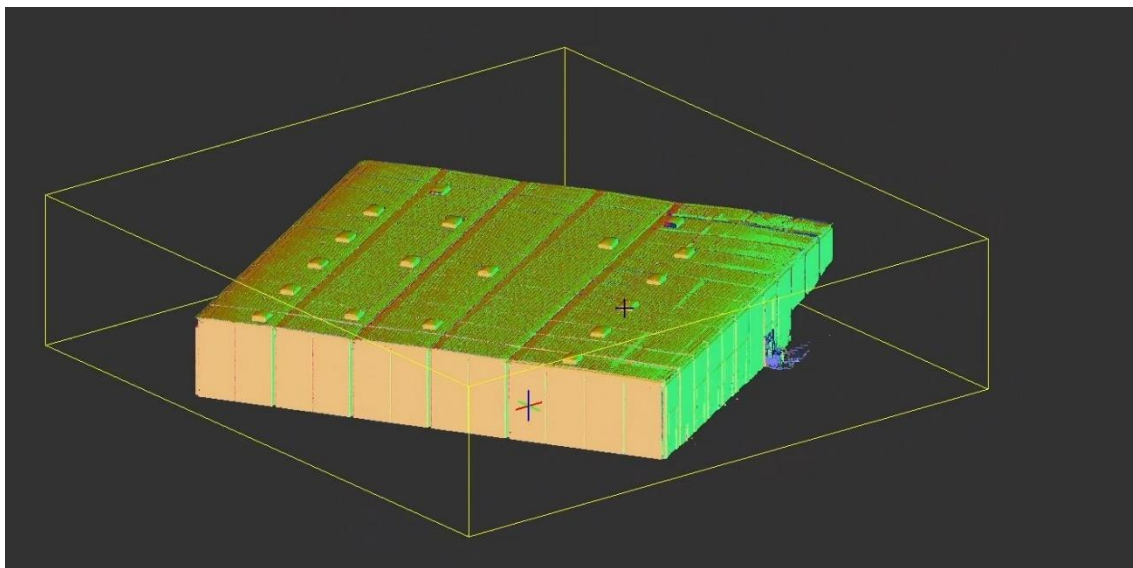
hivatottak szolgálni. Az előszűrést (Pre-process point clouds opció) elindítva, egy új ablakban megjelennek a felméréseink és a ki-be kapcsolható szűrők.



18. ábra: Szűrők beállításai JRC Reconstructor-ban.

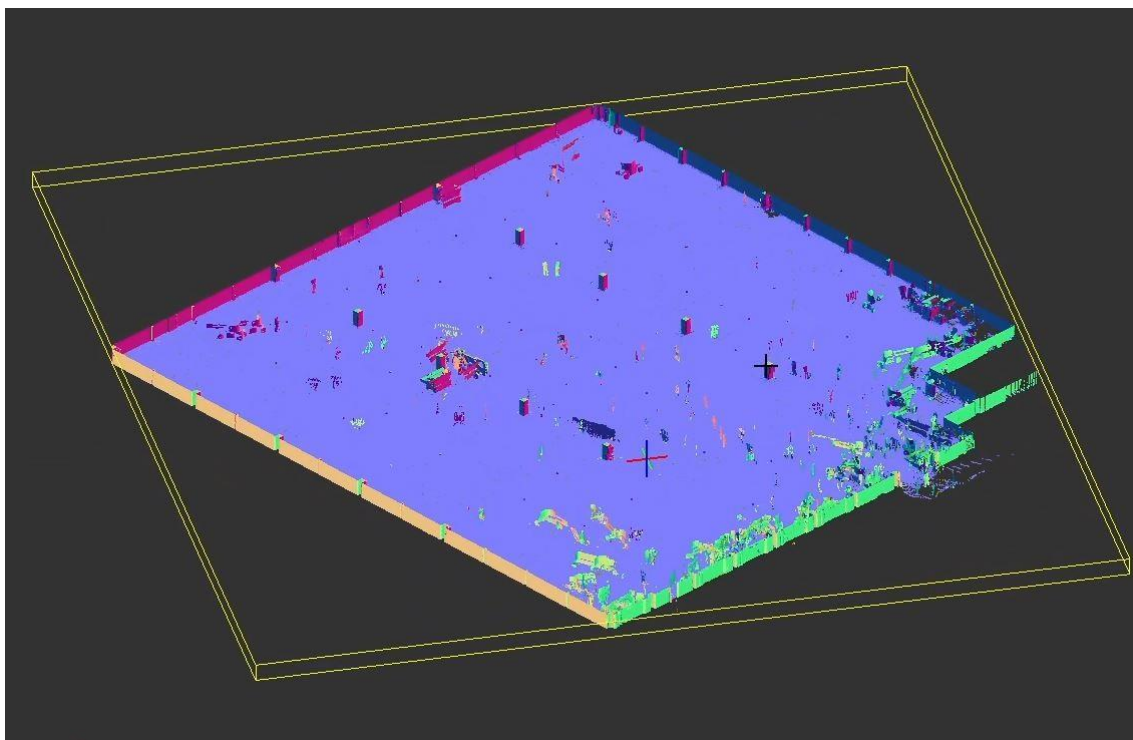
Első a visszaverődési szűrő beállítása, mely 0 és 1 közötti értékeket kaphat (1-es érték a 100 %-ban visszaverődő jel). Ipari padlónál minimumnak 0.5, maximumnak 0.9999 értéket állítottam be. A többi konfigurációt a program alapértelmezése szerint hagytam, majd elindítottam az előszűrést. Miután lefutott, az egyesével megjelenő szűrt grideket egyesítettem (Merge clouds and level3D density). Ezzel az opcióval nem csak a pontfelhő egybeolvasztását tudtam elvégezni, hanem igazítottam is a felbontását oly módon, hogy beállítottam a megfelelő értéket, amely ipari padlók esetében 2 cm, azaz így 2 centiméterenként lesz legalább 1 pont, aminek lesz X,Y és Z koordinátája.

Behívva a strukturálatlan állományt megjelent a pontfelhő, valamint körülötte egy úgynevezett 'bounding box', amely X, Y és Z értékben a minimumtól a maximumig tart, azaz mindhárom érték alsó és felső határán lévő pontokat köti össze, meghosszabbítva azokat. Ipari padló esetében, ha ez a határoló test eltér a pontfelhőnkéntől, az azt jelenti, hogy a felmért állományban vannak külső pontok, például, ha a lézersugár 'kilő' egy ablakon, bejáraton, stb., és valamilyen kívül található testről visszaverődik, akkor annak az objektumnak a legtovább eső pontjához igazítja ezt a határolót.



19. ábra: A még teljes pontfelhő és az úgynevezett 'bounding box'.

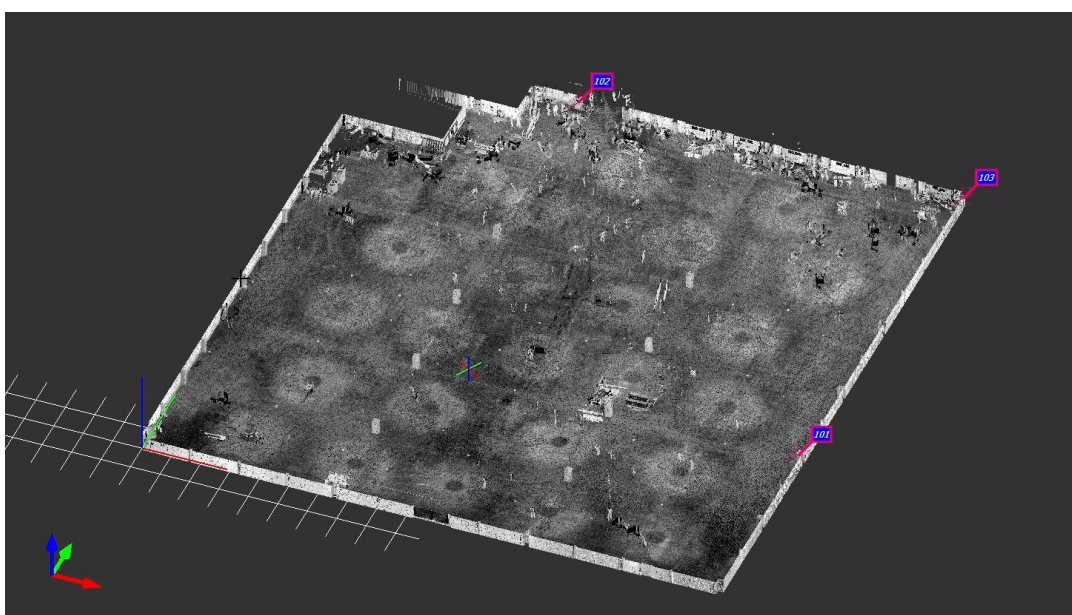
Ez nagy segítségem volt a következő lépésben, ahol leválogattam minden olyan részt, ami nem szükséges ipari padló utófeldolgozásához (pl.: oszlop, ember, mennyezet, stb.). Ezt a kijelölés után a Delete Inside, vagy Delete Outside paranccsal tudtam végrehajtani, attól függően, hogy a kiválasztott, vagy a kijelölésen kívüli részeket akartam törölni.



20. ábra: A leválogatott pontfelhő, mely a padlót tartalmazza.

Eredményül egy nyers padlófelületet kaptam, amivel a továbbiakban tudtam dolgozni. Tulajdonképpen már itt elkezdődött a tisztítási folyamat, melyet a későbbiekben folytattam.

Következő lépésként az épület raszteréhez igazítottam a koordináta rendszert. Ehhez szükségem volt a megrendelő által megküldött dwg állományra, valamint a saját referenciagömbök koordinátáit tartalmazó listára. Fontos, hogy padló elemzéséhez és minősítéséhez mindig raszterirányra párhuzamos irányok alkotják a vonatkoztatási rendszerünket. A célom az volt, hogy az eseti, program által definiált koordináta rendszert az épület főirányaival párhuzamos vonatkoztatási rendszerré transzformáljam. Ehhez egy segéd koordináta rendszert alakítottam ki, mely főirányait a dwg állományban található raszter főirányaival megegyezően állítottam be. Ezzel egyidőben beállítottam a rendszer Z értékéhez tartozó 0 magasságot is oly módon, hogy a golyók mérőállomással bemért állományából a +1 méteres jelekhez jelző magasságot megnéztem, ami 109.282 volt, ebből 1 métert levonva, Z értéknek beállítottam 108.282-t, amit a koordináta rendszerünk 0 magasságának tekintünk inentől fogva és a későbbiekben ehhez az értékhez vonatkoztatva tudtam a minősítést elvégezni. Mivel az eredeti rendszer még megvolt, így a segéd koordináta rendszert exportáltam UCS-ként (User Coordinate System). Egy egyszerű különbség-számítással és eltolással helyre igazítottam a rendszer origóját, amely a felmért terület bal alsó sarkába került.

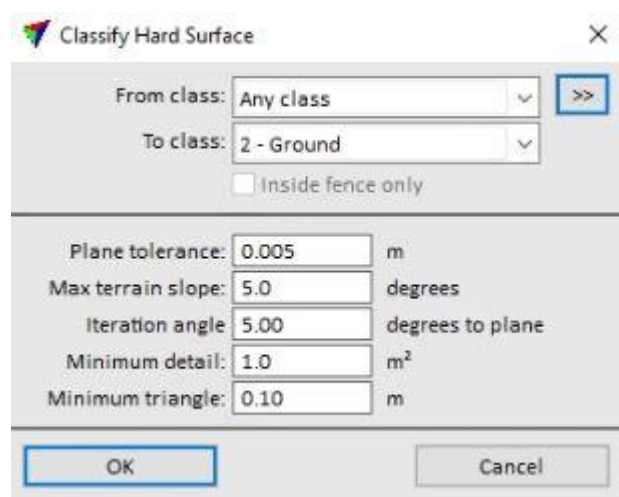


21. ábra: A koordináta rendszer (UCS).

Mivel a következő lépésben Microstation szoftveres környezetben dolgoztam, így az új koordináta rendszert las kiterjesztésben exportáltam, amely a lézerszkenneres felmérések jellemző fájlformátuma.

3.4.4 Utófeldolgozás lépései Bentley Microstation-ben

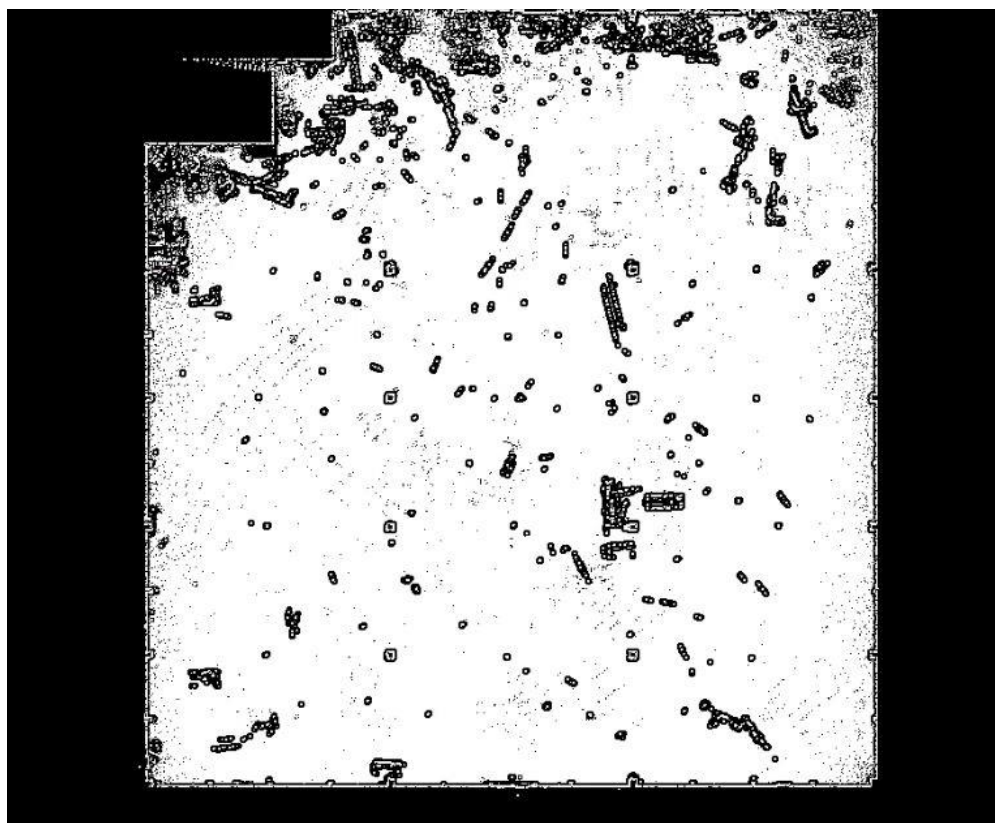
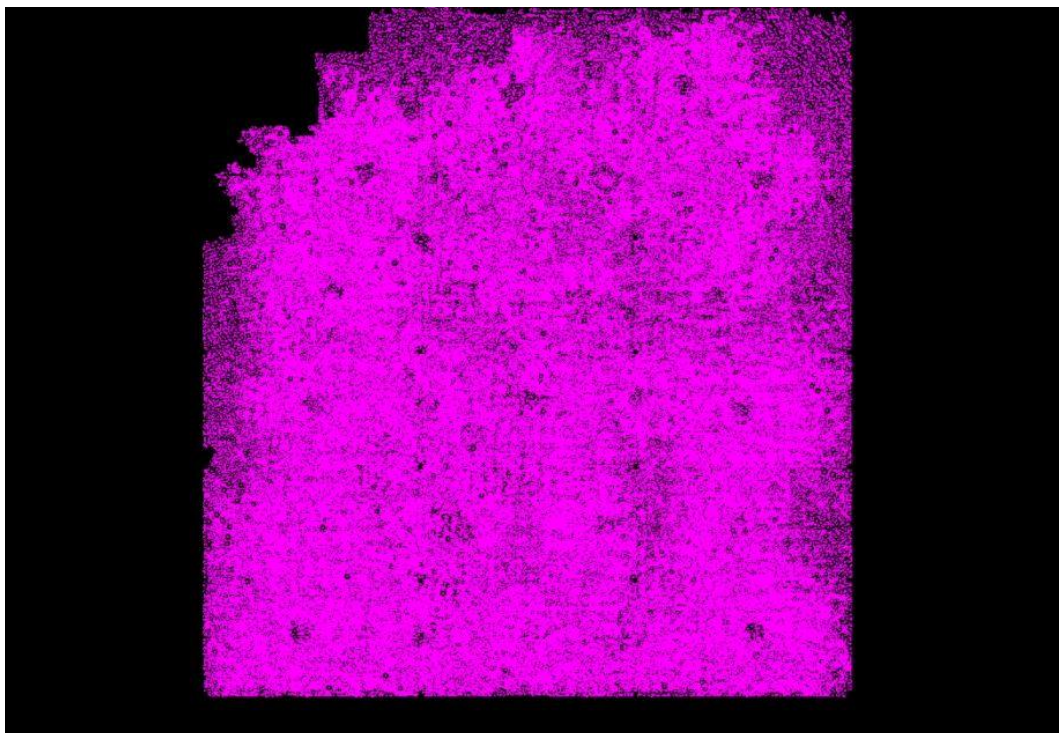
Első körben a las állományt a Microstation egy bővítményébe, a Terrascan-be hívtam be. Miután láthatóvá vált a pontfelhő, valamennyi pontot átosztályoztam default rétegbe, így a későbbiekben a leválogatásban a használható pontokat ettől eltérő rétegbe tudtam tárolni. Ezután a Classify-> Hard Surface opcióval leválogatást csináltam az alábbi beállításokkal:



22. ábra: A leválogatás paraméterei.

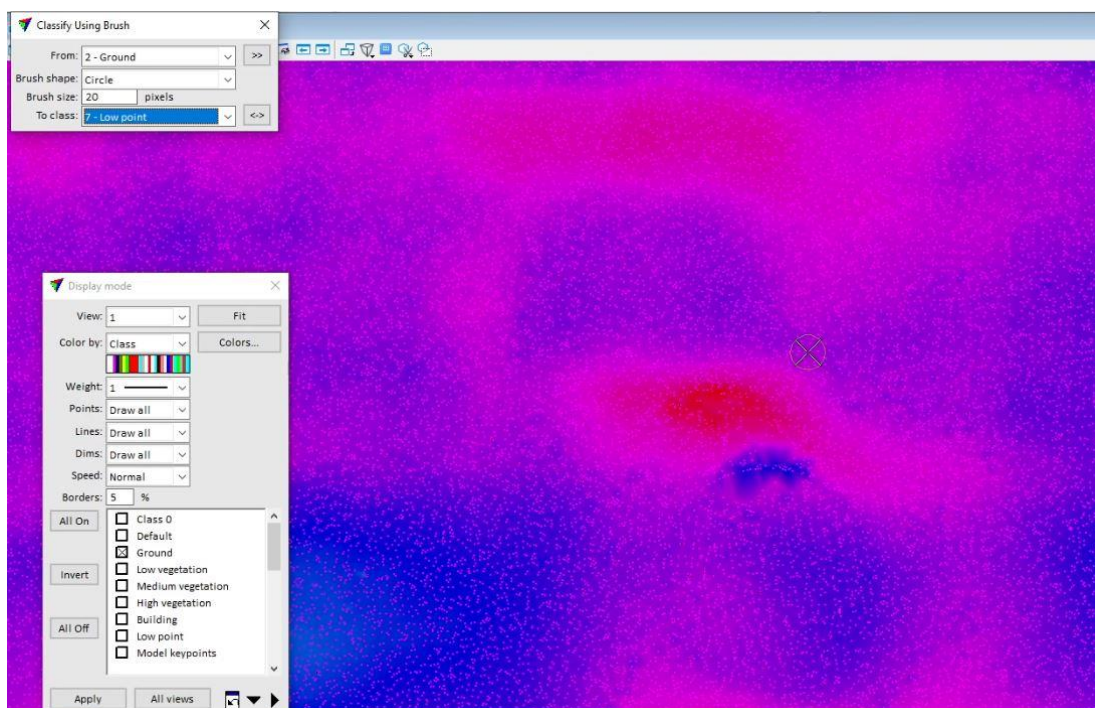
Síktoleranciának 0.005 métert adtam meg, lejtés tűrésnek 5°-ot, de padlónál jó esetben ennél sokkal kevesebb a valós érték. Legkisebb egybefüggő felületünk, amely beválogatásra kerül 1 m², mely kellően magas érték ahhoz, hogy zajt ne válogasson bele a kiválasztásba. Ha magasabb értéket adtam volna meg, akkor ugyan még kevesebb zajos rész kerülne bele, viszont olyan kis területeken, mint például két pillér közötti rész, a padló pontjait sem vette volna bele a leválogatásba.

Miután lefutott a szelekció, a Display Mode funkciónak köszönhetően megnéztem mindazon pontokat, amik bekerültek, illetve azokat a pontokat is, amik nem kerültek bele az osztályozásba. Előbbi csoport a Ground osztályba került, utóbbi maradt Default csoportban. Az alábbi két képen szemügyre vehető mindkét osztály, jól látható, hogy jócskán maradt olyan pont, ami nem került bele a szelektált állományba.



23-24. ábra: A leválogatott padló (felső kép) és a választásból kikerült (alsó) pontok.

A leválogatott Ground osztályt elmentettem, majd létrehoztam belőle egy TIN-modellt, amelyet megjelenítettem. Az újonnan prezentált állományon már jól látszanak a felmért padló vonalai, valamint ezekkel együtt a különböző nem kívánatos elemek, melyeknek belekezdtem a megtisztításába. A tisztítás folyamata lézerszenneres felméréseknél egy igen komplex folyamat, mivel a különböző munkák során el kell döntenünk, hogy mely elemekre van szükségünk, és melyekre nincs. Ipari padlónál kicsit kedvezőbb a helyzet, mivel maga a padozat homogén, így könnyen beazonosítható az az információ, melyeket fel tudunk használni, míg a nem releváns pontokat könnyedén ki tudjuk szűrni. Az állományban még látszódtak olyan padlórészek, melyek hullámosnak tündek, túrésen túli különbségeket vehettünk észre rajtuk, melyeket fel kellett javítanom. Ez nagyrészt abból adódott, hogy a műszeres mérések távolsága és a fény mennyisége nem volt ideális. Azonban arra is van megoldás, hogy ezeket a részeket kijavítsuk és a végén a lehető legpontosabb minősítést tudjuk elvégezni. Első körben a kirívóan magas és alacsony pontoktól kellett megtisztítanom az állományt. Ezt a kijelölő eszközünkkel (Classify Using Brush) tettem meg, amelynek egy ecset képe van a szoftverben. Beállítottam az ecset méretét, ami 20 pixel esetünkben, valamint, hogy a Ground rétegből a Low Point rétegbe rakja át a nem kívánatos elemeket. A kurzorral a nem odaillő részekre először, majd másodszor egy olyan pontra kattintva, amely magasságilag nem rendelkezik a padló megfelelő részeitől eltérő értékkel, úgymond magasság szempontjából beleillesztjük a környezetükbe a nem megfelelő területeket. Ezeket a részeket tuskéknek is nevezzük. Az alábbi képen látható egy ilyen túske, mivel a színskálánkat relatívnak állítottam be, így a legmagasabb helyek zöldes színnel, a legalacsonyabbak a legkékesebb/lilasabb.

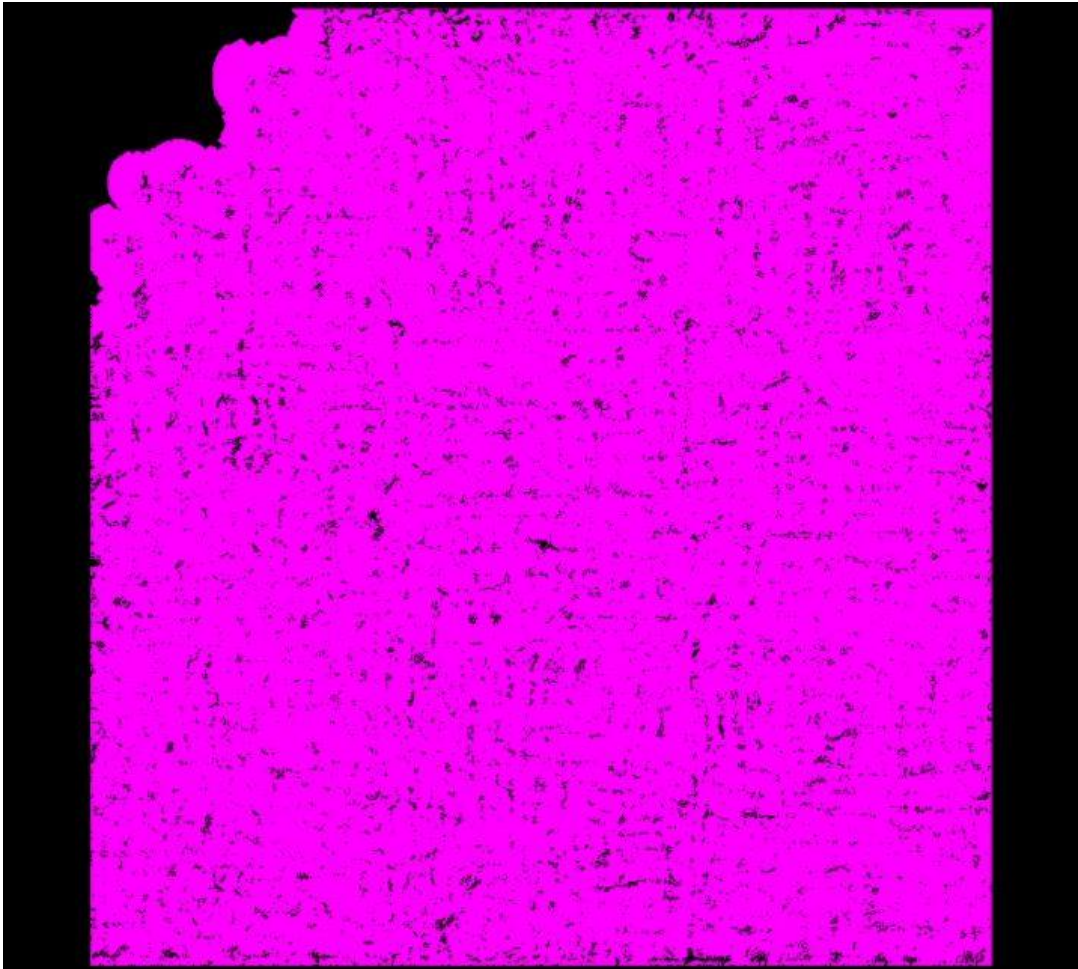


25. ábra: Relatív színskálán kirajzolódó eltérés, 'tüske' (piros rész alatti kék folt).

Miután a legjobban eltérőnek vélt részekkel végeztem, újra leosztályoztam a réteget, így az előbb említett relatív színskála miatt változott a modell kinézete, mivel már nem voltak akkora vertikális változások, így másképp színezte azt. Eddig akár 10 centiméteres magasságkülönbségek is lehettek, a tisztítás első körével végezve már 2-3 centiméteressé zsugorítottuk az eltéréseket az egész padlóra nézve. Megtehettem volna, hogy oldalnézetbe váltva egy meghatározott magasság fölött az összes pontot kivágtam volna, azonban azzal nem tudtam volna megfelelő minőségű osztályozást készíteni a későbbiekben. Ezek a különbségek sok padlón tárolt eszközből származhatnak, ilyenek például a kábelek, emelőgépek vagy törmeléklerakat. Esetünkben pont a fal közelébe halmozták föl az anyagokat, gépeket, így ott nagyobb szükség volt a manuális tisztításra. Munkám közben jól látható volt, hogy ahogy kattintottam, a program által generált színezés lekövette a pontfelhő változását, magyarul a modellük dinamikusan változott a tartalom módosulásának megfelelően. Miután a legmagasabb pontot megtaláltam és megtisztítottam, újrafuttattam a modellt és egyből változott a színezés. Ekkor már a legkisebb eltérés is jól látható volt a padló megjelenésében. Ezután újra használtam a kijelölő funkciót és az új modell szerint is tisztítottam a pontfelhőt. Célom az volt, hogy a lehető legkisebb különbség legyen a pontok magasságának minimuma és maximuma

között. Miután végeztem a tisztítással, belefogtam a kisebb hibák kiszűrésébe. Ez a lépés a programban jól automatizálható, úgymond kisimítottam a pontok közötti hézagokat a Smoothen Points opcióval. A módszert a szakzsargonban ‘vasalásnak’ nevezték el. Ipari padlónál ezeket a kisebb eltéréseket lehetőségünk van automatikus, a program által definiált szűrővel ‘kivasalni’, a nagyobb különbségeket nem érdemes ezzel a módszerrel csinálni, mert a jelentősebb differenciákat is beleveszi a tisztításba, így nem megfelelően szűri ki a fentebb említett lerakatok, gépek és kábelek okozta kitakarásokat, nehezebb lesz észrevenni ezeket. Ezért pontosabb, ha a nagyobb, látható hibákat manuálisan, a felmért pontokból keletkezett metaadatokból csináljuk, majd később ‘vasalunk’ automatizálva, így én is így tettem.

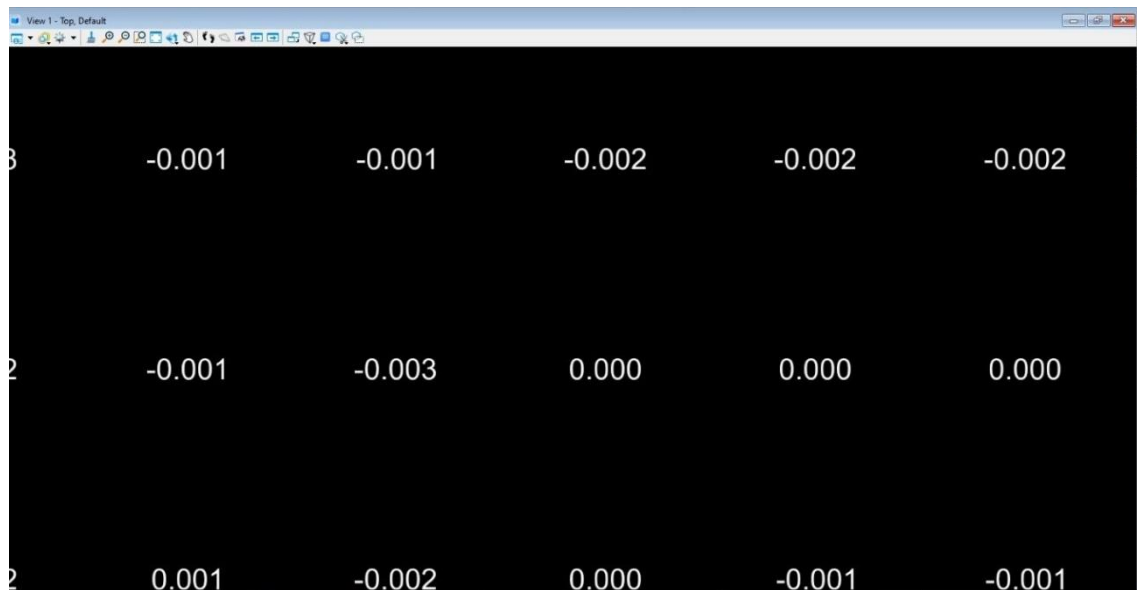
A simítás, illetve vasalás automatizálásához meg kellett adnom, hogy maximum mekkora különbségeket javíthat. Mivel a program alapbeállítása 10 cm-t ad meg, ami egy túlzó érték ipari padló esetében, így én 2 cm-t adtam meg mindkét vertikális irányra, ami ideális a feladat elvégzéséhez. Megadtam még, hogy a Ground réteget simítsuk a magasság függvényében, ami evidens. Lefuttatva a parancsot a kis különbségek eltűntek. Következő lépésben egységesítettem felbontás szerint a modellt az Export Lattice Model opció segítségével. Ezzel a mozzanattal több fontos dolgot is elvégeztem. Elsősorban egy fix, szabályos 2 cm-es rácshálóvá alakítottam az állományt, melyekben új magassági értékeket kaptam. Ehhez beállítottam, hogy a rácspontok olyan Z értékeket kapjanak, hogy a bármely irányban 1 cm-re található pontok magasságát átlagolja és az kerüljön bele a rácspontok magassági értékéhez. Mivel vannak lyukak az állományban (pillérek helye, nagyobb kitakarások), melyek vertikális értékeire szükségünk lesz, szükséges volt elvégezni egy automatizált interpolációt. Az interpoláció során ismert pontok értékeiből, közelítés útján adhatóak értékek ismeretlen elemekre. Ezt a folyamatot foltozásnak hívjuk. Az exportálás után behívtam a fájlt. Láttam, hogy a program olyan helyeket is befoltozott, melyekre nem volt szükségem, így ezeket le kellett válogatnom és vágnom. Ezeket a körvonal mentén, poligonok létrehozásával csináltam úgy, hogy az azokon kívül eső részeket töröltem.



26. ábra: Interpoláció általi foltozás utáni padló.

A 26. ábrán látható, hogy a bal felső sarokban, illetve a pillérek helyein a program automatikusan befoltozta az üres helyeket.

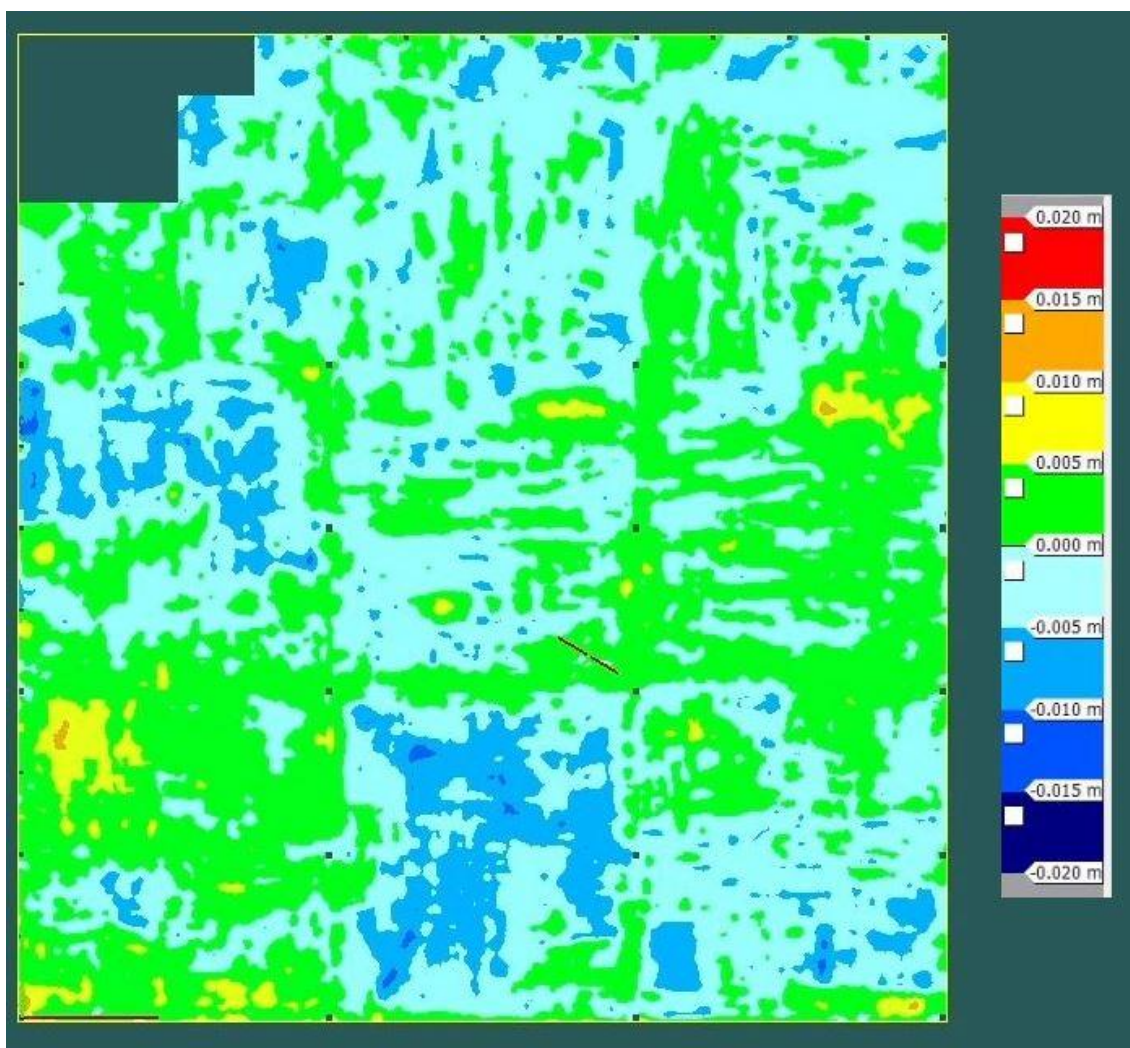
Ekkor előre gondolkodtam és legyártottam két darab állományt, melyekre a későbbiekben lesz szükségem. Az egyik egy 1x1 méteres szabályos raszterháló, mely majd a vizuális megjelenítéshez lesz szükséges magassági megírásokhoz a megrendelőnek átadott állományban. A másik pedig egy 10x10 centiméteres raszter, melyet a padló elemzéséhez, minősítéshez fogok használni. Mivel ezek raszterpontjai pontosan rá fognak illeszkedni a tisztított 2x2-es raszter pontjaira, így kiválasztottam, hogy pontosan azokat az értékeket vigyék tovább, melyek ráesnek a metszett pontokra, mivel, ha az előzőekben választott átlagolással csináltam volna, eltérő adatokat kaptam volna.



27. ábra: 1 x 1 méteres raszter rácspontjai, Z érték megírásokkal.

3.4.5 Hőtérkép előállítása JRC Reconstructor-ban

Ezután elkészítettem a letisztított padló hőtérképét Reconstructor-ban. Ehhez behívtam a generált 2x2 centiméteres hálót és a Color with altitudes paranccsal kiszíneztem azt magasság szerint úgy, hogy megadtam, hogy a Z értékek alapján automatizálja. A padlót a pontfelhőből bármilyen relatív értéken le lehetett volna szűrni, azonban itt vált fontossá, hogy az általam beállított 0 magasságom igazodjon a helyi +1 méteres jelölésekhez. Itt lehetőségünk van ízlés szerint beállítani a színskálát és az értékek a színezési skálák között. Kontrasztos színek jobban kihangsúlyozzák a padlók helytelenségét, így sötétebb színezésnél csúnyábbnak, pasztellesebb árnyalatok használata esetén szebbnek láttathatjuk a padlót. Miután megfelelően beállítottam a hőtérképet, ortofotóként kiexportáltam a színskálával együtt.



28. ábra: Hőkép színskálával.

A kiexportált állományt ráhelyeztem a korábban elkészített épületraszterre és megkezdtem a mért padló minősítését.

4 IPARI PADLÓ DIN 18202 SZERINTI BESOROLÁSA

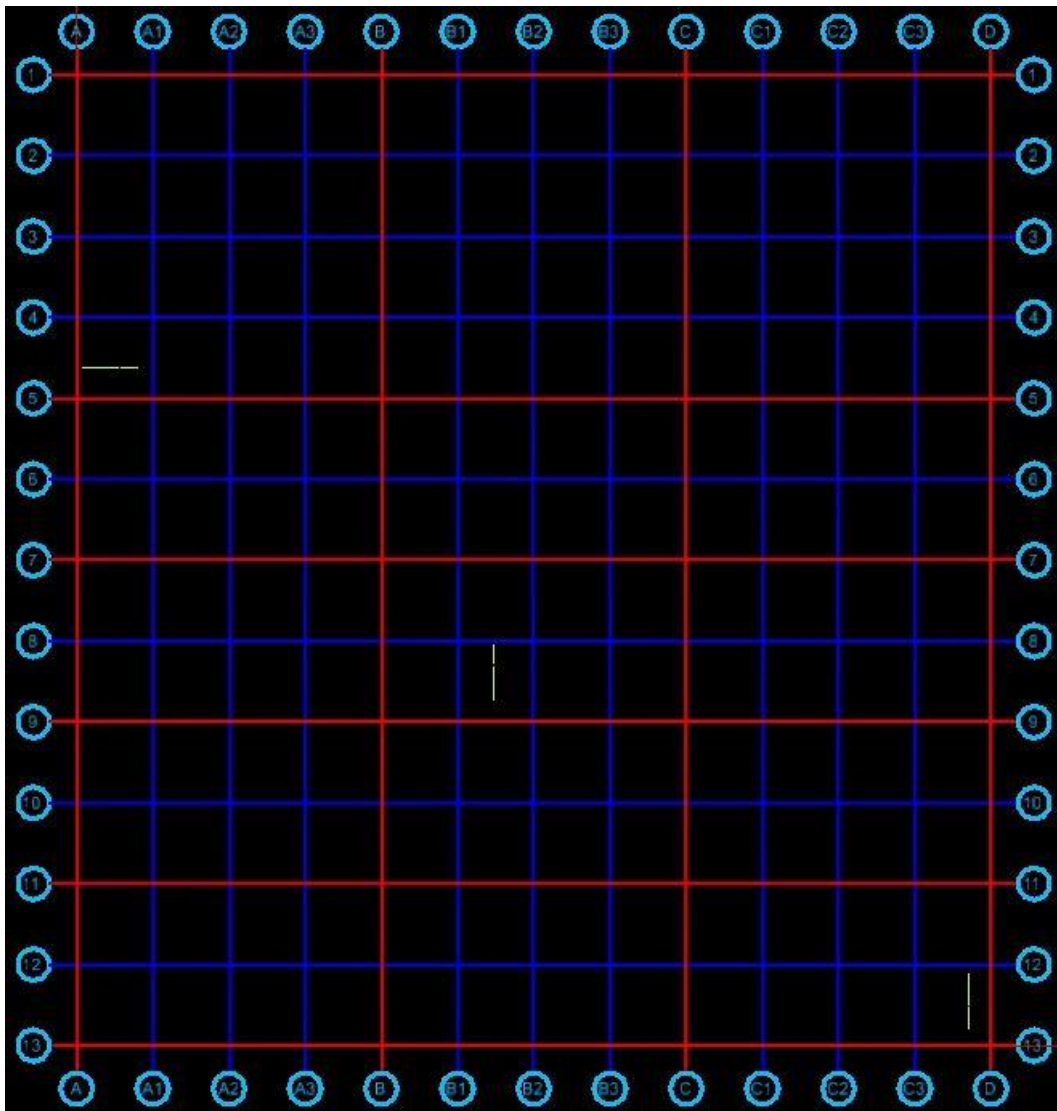
4.1 Hibás helyek kijelölése

A padló minősítése a munkahelyem, a Geolink3D Kft. által létrehozott Microsoft Excel makró modulok segítségével történt. Ehhez magára a kiterjesztésre, valamint a korábban létrehozott 10x10 centiméteres raszterfájlra volt szükségem. A makróba inputként beolvastam az exportált raszterpontok értékeit, majd a szabványra jellemző paraméterek megadásával lefuttattam egy számítást. Ez egy hosszú, időigényes folyamat volt, mivel több, mint 478 000 sornyi adatot generált a mérésünk. Az Excel-ben van egy külön fül, ahol megjeleníthetjük a tisztított padló hőtésképet. A kiterjesztés kifejezetten a DIN 18202 szabványhoz készült, így a korábban kifejtett tűrésértékek megjelennek azon. Beállítottam a projektre érvényes normákat, ami 10 mm értéket kapott 4 méteres léchosszúsággal számolva, azaz a lécz alatt az 1 cm-nél kisebb eltéréseket nem, a nagyobbakat viszont jelöli. Mivel valamennyi, a felhőben mért pontra érvényes ez, ezért be kellett állítanom, hogy a 4 méteres léczet az automatikus számítás alatt mennyire tolja el a felmérés teljes hosszán, mondhatni végtelenszer. Első körben X irányban, vagyis esetünkben függőlegesen 40 dm-es értéket adtam meg, Y irányban pedig 0-t. Ez esetben a 10 centiméteres raszter valamennyi pontján eltolást végzett az alkalmazás. A számolás lefuttatása után a hőtésképet ábrázoló fülön megjelent a 10 mm-nél nagyobb eltéréssel terhelt rész. Mivel már a feldolgozás korábbi fázisában is láttam, hogy a kivitelezők remek munkát végeztek, így elfogadtam, hogy a függőleges léceltolás útján csak egy helyen nem felel meg a padló a szabványértékeknek. Elvégeztem ugyanezt a módszert vízszintes léceltolással, ahol Y irányban toltam el a 4 méteres léczet, X irányban nem. Újfént megjelentek a hibás helyek, ezúttal két darab részt jelölt be az alkalmazás. Ezek alapján már minősíteni is tudtam az általam felmért padlót.

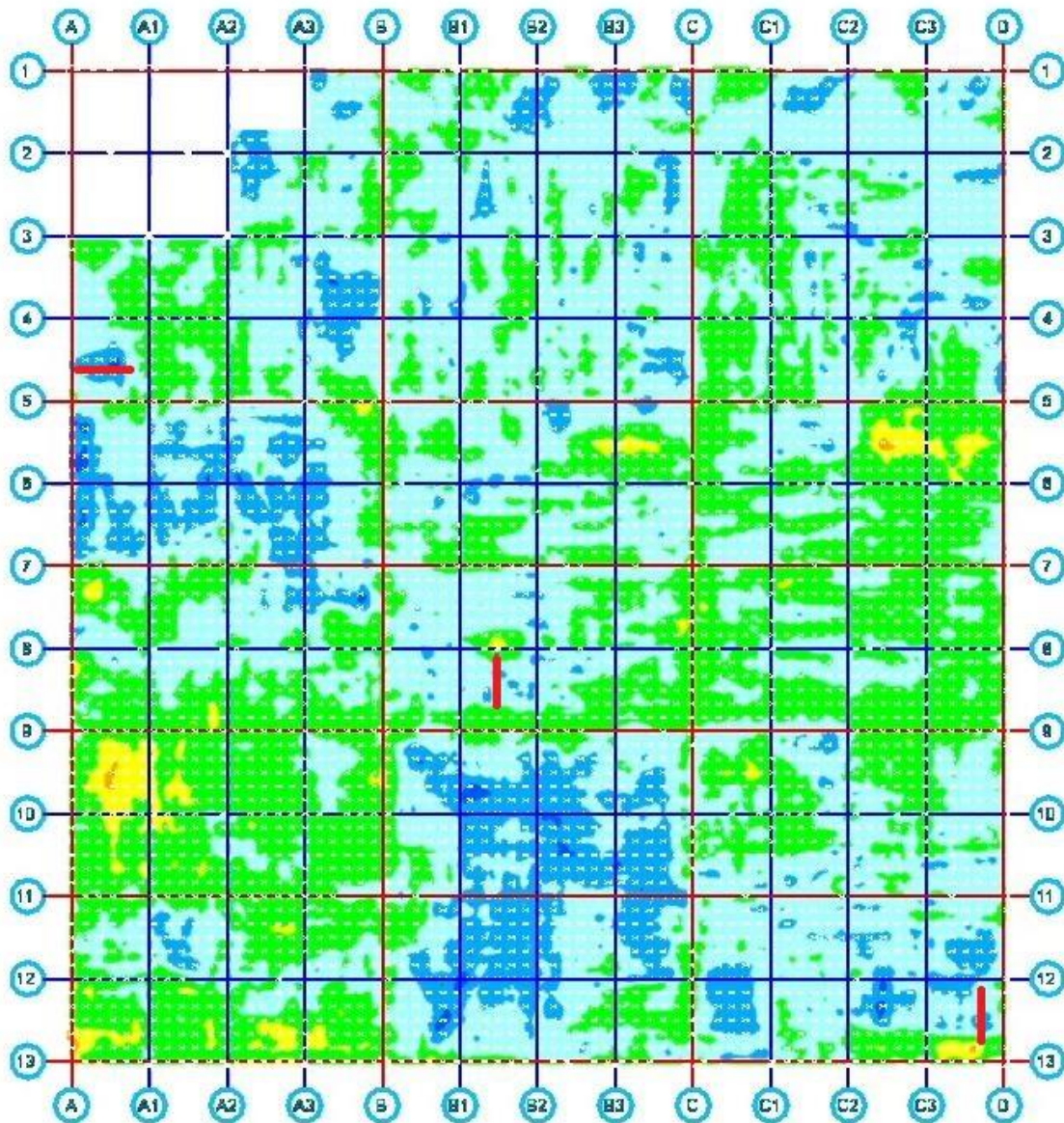
4.2 Kiértékelés

Munkám során az adott ipari padló síkpontosságát elemeztem a megrendelő által kért DIN18202 szabvány 3. táblázatának 3. sorának 4. oszlopa szerint. Ez alapján minden olyan helyet kijelöltem, ahol az irányelv szerint meghatározott 4 méter hosszúságú lécz felfekszik, és alatta nagyobb a réstávolság, mint 1 centiméter. Ahogy a fentiekben említettem, a szabvány nem alkalmas az ipari padló osztályokba sorolására, szimplán

annyit tudunk vele meghatározni, hogy mely helyeken nem felelt meg a követelményeknek a kivitelezés. Lényegében nem minősítettem a padlót, hanem elemeztem. Az alábbi végterméken látszik az a három darab hely, melyek értékei meghaladták a DIN18202 által előírt normát. Az elkészült elemzést átnyújtottam a megrendelőnek, aki ez alapján eldönti, hogy használatba veszi-e a padlót, vagy javítást eszközöl rajta.



29. ábra: A makró által kijelölt kifogásolható területek az épület raszterében, hőterkép nélkül



30. ábra: A tűréshatáron kívül eső helyek a felmért ipari padló hőterképén

A piros vonallal kijelölt helyeken 10 mm-nél nagyobb a réstávolság a padló és a lécz között. A makróba való importálást követően, a számítás lefutása után az applikáció kikalkulálta a legnagyobb réstávolságot valamennyi pontból, mindkét irányba 14 mm. A DIN 18202 kimondja, hogy az egész padlóra nézve nem lehet egy helyen sem nagyobb a differencia, mint 15 mm, így ennek a kitételnek is megfelel a padló. Összességében azonban elmondható, hogy ez egy megfelelő padló, ugyanis nincs egyetlenegy olyan része sem, ahol 15 mm-nél magasabb lenne ez az érték, és mindössze 3 olyan terület volt, ahol elérte a réstávolság a szabvány által megjelölt 10 mm-t.

5 FÖLDI LÉZERSZKENNERES MINŐSÍTÉS EGYÉB LEHETŐSÉGEI

Az általam bemutatott módszer csak egy volt a sok minősítést biztosító eljárás közül. Szakdolgozatom végén szeretnék röviden bemutatni egy másik műszert, valamint egy másik szabványt.

5.1 Mérés és feldolgozás Leica RTC360-nal

A svájci gyártó műszere a felmérési metódus és a pontfelhő illesztése szempontjából különbözik a Faro-tól. Az RTC360 cloud-to-cloud illeszt, vagyis megkeresi a különböző szkennekben a hasonló alakokat és az alapján passzítja a pontokat. A táblagépekről is üzemeltethető terepi szoftverük, a Leica Cyclone segítségével már két mérés között is összepárosíthatjuk a felvételeinket, a kijelzőn előzetesen egymásra is hangolhatjuk a két felvételt. Az RTC esetében nem szükséges kötőpontok kihelyezése, mivel ahogy fentebb említettem, a megegyező alakzatok alapján végzi az illesztést, azonban mégis szoktunk néhány gömböt kihelyezni és bemérni a georeferálás miatt. Ezeket a targeteket a mérés során hozzákapcsolhatjuk 1-1 felvételhez, a bonyodalom elkerülése végett egy gömböt csak egy szkennben geotaggelünk, célszerűen abban, amelyikben a legjobban látszódik. Feldolgozáshoz a gyártó által kifejlesztett Register 360-t érdemes használni. A folyamat szintén a referenciák illesztésével kezdődik, hasonlóan a Scene-ben tapasztaltakhoz. Mivel már a tableten, konkrétan a terepen elkezdjük az illesztést oly módon, hogy a szomszédos felvételeket összekapcsoljuk, elképzelhető, hogy a folyamatban előre haladva két közeli mérést nem kapcsolunk közvetlenül össze, kihagyjuk a hurkokat. Ezt a Registerben automatikusan és manuálisan is megtehetjük, érdemes utóbbit választani, mert az automatizálás nem sikerült tökéletesre. Két mérés társításánál a szoftver kiírja, hogy az illesztés különbségét mm-ben, valamint a két felvétel közötti átfedést. A hibát javíthatjuk a szkennnek mozgatásával.

Lehetőségünk van mérőállomás által bemért referenciaállományt behívni és beilleszteni a georeferálás miatt. A Scene-hez hasonlóan itt is tudunk előtisztítást végezni, például tetőszerkezet, vagy egyéb kilógó pontok eltávolítása a pontfelhőből.

A további lépéseket, azaz a pontfelhő regisztrációját, tisztítását és a végtermékek előállítását már a szakdolgozatomban korábban kifejtett metódus szerint ajánlott megcsinálni a JRC Reconstructor és a Bentley Microstation szoftverek segítségével.

5.2 A TR34 szabvány

A másik elterjedt minősítési szisztéma a brit TR34 (Technical Report 34) előírás, melyet a CS-Concrete Society adott ki, kimondottan ipari padlókhhoz tartozó szabályozásokat tartalmaz. Igazodik a padlózat rendeltetéséhez, azaz elsősorban a csarnokban munkát végző gépek (targoncák, emelőgépek) kijelölt közlekedési útvonalaira koncentrál. Két alapvető tulajdonságra koncentrál, amelyek megkülönböztetésre kerülnek a leírásban: az egyik a vízszinteség (levelness), amelynek értékeit a táblázatban a Property E tartalmazza, míg a másik a korábbiakban már emlegetett síkpontosság (flatness), ennek legnagyobb megengedhető eltéréseit a Property F oszlop foglalja magába. Gyakoribb, hogy egy padló vízszintes, viszont hullámos, de előfordulhat, hogy síkpontos, de nem vízszintes.

A vízszinteség mérése lényegesen egyszerűbb, tulajdonképpen 3m x 3m-es rácshálót kell létrehozni, ahol a rácspontokban kell szintezéssel mérni és azok egymáshoz viszonyított magasságbeli különbségeit kell a követelmény-rendszerben foglaltakhoz hasonlítani. Az előírás külön megszabja, hogy a falaktól és egyéb meglévő szerkezetektől (pl.: pillérek) 1,5 méteres távolságig nem szabad pontot felvenni, mivel itt forgalom nem várható. A síkpontosság mérése már nem szintezéssel, hanem speciális mérőműszerekkel történik, melyek kerékkel ellátottak, így egy adott irányban végig haladva felméri a padló hullámosságát.

A mérési metódusok alapján a TR34 kimondja, hogy a Property E, azaz a vízszinteség a 3m x 3m-es rácsháló két szomszédos pontja közötti magasságbeli különbséget jelenti. A Property F, vagyis a síkpontosság a magasságbeli különbségek változása két egymást követő pont között, melyek legalább 300 mm-re vannak egymástól. Magyarországon főként a vízszinteség szerinti meghatározást alkalmazzák, azonban a lézerszkenneres felméréseknek köszönhetően egyre több vizsgálat történik Property F szerint is. A szabvány megkülönböztet úgynevezett Free-movement (FM) és Defined-movement (DM) területeket. Előbbinél a padlóra hatást gyakorló gépek szabad pályán mozognak, így annak minden irányban megegyező paraméterekkel kell rendelkezzen. Ezek a padlózatok használhatóságuk szerint rugalmasak, ellentétben a kötőtpályás padlókkal, ahol előre meghatározott a gépek útvonala. Hazánkban leginkább FM zónás ipari padlókat készítenek, így jelen leírásban csak ezekkel foglalkozom.

A TR34 a szabadpályás területekre vonatkozó követelményrendszert 4 csoportra osztja, a megrendelő és a kivitelező feladata, hogy eldöntse, hogy melyik alapján szeretné a vizsgálatot lefolytatni. Ezek az osztályok FM1-től FM4-ig terjednek, a számok növekedésével egyre engedékenyebbek, ahogy az alábbi táblázatban is jól látható:

Padló osztály	Property E (mm)	Property F (mm)
FM1	4.5	1.8
FM2	6.5	2.0
FM3	8.0	2.2
FM4	10.0	2.4

4. táblázat: A TR34 szabvány 3.1. számú táblázata. [19]

Hazánkban azok a megrendelők, akik TR 34 szabvány szerint kéri a minősítést, javarészt az FM3 szerinti követelményeket szeretné megugrani, így a legtöbb megrendelés erre a kategóriára érkezik. A táblázatból kiolvasható, hogy a vízszintesség FM1, azaz a legszigorúbb kritériumok esetén az egymás mellett lévő rácsponthoz 4,5 mm-es, az FM2-nél 6,5 mm-es, FM3-nál már 8 mm-es, míg a legenyhébb FM4-es csoportnál már 10 mm-es differenciát enged meg. A szabályzat megenged egy kis tűrést, ugyanis, ha a mérések 95 %-a a megengedett értékeken belül marad és sehol sincs 15 mm-nél nagyobb eltérés a szomszédos pontok között, akkor a padló átadható. A TR34-nél nincs osztályba sorolás, a mérés végén mindössze annyi derül ki, hogy a padló a kategóriájának megfelelt-e vagy sem. Utóbbi esetben, miután kijelölésre kerültek a problémás területek, lehetőség van utólagos javításra, de kompromisszumok árán egy alacsonyabb kategóriájú megfeleltetésre is, ha a megrendelőnek megfelel. [19] [21]

A TR34 szerinti minősítés elkészítése gyakorlatilag teljesen megegyezik a DIN 18202-vel, annyi különbséggel, hogy a brit előírás szerint 3 x 3 méteres rácshálót kell létrehozni és a 3 méteres szomszédok magasságkülönbségét kell elemezni a táblázat választott sora és oszlopa alapján.

6 ÖSSZEFOGLALÁS

Szakdolgozatom korunk egyik leginnovatívabb technológiájának, a földi lézerszkennereknek az ipari padlók felmérésében és minősítésében való létjogosultságát mutatja be. Ennek érdekében egy valós munka folyamataiba nyújtottam betekintést a terepi mérés szervezésétől, egészen a minősítés elkészítéséig.

Az ipari padlók szabványok szerinti megfelelése azok síkpontossága szerint értelmezhető. A DIN 18202-es szabvány külön kitér arra, hogy hogyan kell szintezés útján megállapítani a padozat magassági eltéréseit. Ez a feladat egy több ezer négyzetméteres terület esetében hatalmas időigénnyel jár, mind a helyszíni, mind az irodai munkafázisokat nézve. Földi lézerszkennerek alkalmazásával azonban akár 1 nap alatt megkaphatja a megrendelő a kívánt végterméket.

Vizsgamunkámban nagy hangsúlyt fektettem az elvégzett feladatok értelmezésére. A lézerszkenneres felmérés után az abból származó pontfelhőt irodai körülmények között dolgoztam fel. A pontfelhőt összeillesztettem, leválogattam és tisztítottam, majd simítottam a kisebb-nagyobb hibákat. A 2x2 centiméteres rácshálónak köszönhetően, amit a pontrengeteg minden egyes tagjának koordinátaiból készítettem, megkönnyítette a megjelenítést és magát a padló minősítését is. Sok munkafolyamat remekül automatizált az általam használt szoftverekben, azonban a legkényesebb feladatokat manuális módon végeztem el.

A végeredmény egy hő térkép lett, amin jelöltem azokat a helyeket, melyek magassági eltérései nagyobbak voltak, mint amit a szabvány határértékei megengednek. Összességében egy jól elkészített padlót mértem fel síkpontosság szempontjából, a padlót megfelelőnek találtam.

7 SUMMARY

My thesis focuses on terrestrial laser scanning, one of the most innovative technologies of our modern times, and its role in measurement and qualification of industrial floors.

In order to reach this goal, I have observed a real work procedure from organising measurement to creating qualification.

The appropriate qualification of industrial floors can be classified according to their flatness. The DIN 18202 standard points out how to define elevational differences of the floor by leveling. This task takes a huge amount of time in case of an area occupying thousands of square metres regarding both on site and office work phases. However, when using a terrestrial laser scanner the customer can get the required end product in only one day.

In my thesis I have focused on the meaning of the completed tasks. After carrying out the terrestrial laser scanning measurement, I processed its point cloud under office circumstances. I fitted the point clouds, selected and cleaned it, after that corrected the possible mistakes. Due to the 2x2 centimetre grid which I have made out of the coordinates of each point of the point cloud, the presentation and certification of the floor have become easier. Several work tasks are almost perfectly automated in the softwares I used, however, the most important tasks had to be done manually.

The end result is a heat map on which I marked the areas with bigger elevational differences than allowed by the limits of the standard.

On the whole I have surveyed a well-prepared floor according to flatness, therefore I have found that the floor was appropriate.

8 IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Bácsatyai L., Márkus I. (2001): Fotogrammetria és távérzékelés, Tankönyvpótló segédlet az erdőmérnök hallgatók részére, Sopron
- [2] Berényi A. (2011): Földi lézerszkennelés mérnökgeodéziai célú alkalmazása, Phd értekezés, Budapest
- [3] Verőné Wojtaszek Malgorzata (2010): Fotointerpretáció és távérzékelés 1.: A távérzékelés fizikai alapjai, Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar, Székesfehérvár
- [4] Tarsoly P., Tóth Z. (2010): Mérnökgeodézia 15.: Automatizáció a terepi adatgyűjtésben, Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar, Székesfehérvár
- [5] Bjorn Van Genechten et. al: Theory and practice on Terrestrial Laser Scanning (Training material based on practical applications-3DRiskMapping project), 2008
- [6] Rehány N. (2010): Földi lézerszkennér pontossági vizsgálata, TDK dolgozat, BME
- [7] Lovas T., Berényi A. (2011): Távérzékelés Msc.,Jegyzet, BME
- [8] Nagyvárad, L. (2013): Adatnyerési módszerek. In: Kovács, F., Lóki, J., Nagyvárad, L., Gyenizse, P., Bugya, T., Rábay, A.: Környezeti informatika. Kiadó: Szegedi Tudományegyetem; Debreceni Egyetem; Pécsi Tudományegyetem. 2013.
- [9] Mucsi L. (2013): Műholdas távérzékelés.: Elmélet és Gyakorlat, SZTE Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged
- [10] GEOLINK3D KFT. honlapja, <https://www.geolink3d.hu/>
- [11] Kulcsár Z. (2017): Mi az a BIM?, internetes bejegyzés, VGF szaklap, <https://www.vgfszaklap.hu/lapszamok/2017/marcius/4310-mi-az-a-bim>
- [12] Csorba G. (2018): Ipari padló, esztrich vagy aljzatbeton, internetes bejegyzés, <http://iparipadlo.blogspot.com/2018/12/ipari-padlo-esztrich-vagy-aljzatbeton.html>
- [13] Csorba G. (2016): Az ipari padló minőségi osztályba sorolása (2.), internetes bejegyzés, <http://iparipadlo.blogspot.com/2016/02/az-ipari-padlo-minosegi-osztalyba.html>

- [14] DIN 18202 szabvány, pdf formátum,
<https://face-consultants.com/wp-content/uploads/2017/02/Page-33.pdf>
- [15] <https://iparipadlo.com/>
- [16] Faro Focus S150 adatlapja
<https://downloads.faro.com/index.php/s/zfzkF37J5M4iafj?dir=undefined&openfile=120330>
- [17] Trimble S6 adatlapja
<https://geomaticslandsurveying.com/wp-content/uploads/2018/11/Trimble-S6-total-station-Datasheet.pdf>
- [18] Bentley Microstation honlapja
<https://www.bentley.com/en/products/brands/microstation>
- [19] TR34 szabvány, pdf formátum
<https://face-consultants.com/wp-content/uploads/2020/09/Explanatory-Information-FM-Table-3.1-TR34-4th-Edition-2013.pdf>
- [20] https://hu.wikipedia.org/wiki/Látható_spektrum
- [21] Csorba G. (2016): Az ipari padló minőségi osztályba sorolása (3.), internetes bejegyzés,
<http://iparipadlo.blogspot.com/2016/03/az-ipari-padlo-minosegi-osztalyba.html>
- [22] https://www.researchgate.net/figure/Principle-of-mobile-laser-scanning_fig1_261170078
- [23] <http://colop.hu/letoltesek/szakmai-ismeretek/a-lezerrol-alapjaiban-lezer-fajtak/>