



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT

**3D Lézerszkennelés alkalmazása az építészetben,
építőiparban**

**Épület lézerszkenneres felmérése, 3D
modellezése**

OE-AMK

2023

Hallgató neve: Tóth Tünde Krisztina

Hallgató törzskönyvi száma: T000710/FI12904/A-G



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Tóth Tünde Krisztina

Szakedolgozat száma: [REDACTED]

Törzskönyvi száma: T000710/FI12904/A-G

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: geoinformatikai szakmérnök

Specializáció:

A dolgozat címe: 3D lézerszkennelés alkalmazása az építészetben, építőiparban. Épület lézerszkennelés felmérése, 3d modellezése

A dolgozat címe angolul: Application of 3D laser scanning in architecture and construction industry. Laser scanning survey and 3D modeling of a building

A feladat részletezése:

Mutassa be a lézerszkennelés felhasználási lehetőségeit az építészeti tervezésben. Egy konkrét épület esetében mutassa be a felmérés és a modellezés folyamatát!

Intézményi konzulens neve: Dr. Tóth Zoltán

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

Beadási határidő: 2023. 05. 15.

A szakedolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Székesfehérvár, 2023. 03. 27.



[Signature]

Intézetigazgató

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

[Signature]

belső konzulens

külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozat/diplomamunkában található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: Budapest, 2023 április 15.

.....
hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés	1
1.1	A téma választásának indoklása	1
1.2	Célkitűzések, a megoldandó probléma megfogalmazása.....	3
1.3	A digitalizáció jelentősége az építészeti tervezésben.....	3
2.	hagyományos felmérés, a digitalizáció kezdete.....	5
3.	korszerű technológiák	7
3.1	Geodéziai felmérés	7
3.2	Fotogrammetriai felmérés	8
3.2.1	Földi fotogrammetria	10
3.2.2	Légi fotogrammetria	10
3.3	Lézerszkennes felmérés	13
3.3.1	Időmérésen alapuló lézerszkennelés	14
3.3.2	Fázismérésen alapuló lézerszkennelés	14
4.	földi lézerszkennelés	19
4.1	Lézerszkennelés működése	19
4.2	Lézerszkennelés fajtái, eszközök	21
4.2.1	Statikus földi lézerszkennelés	21
4.2.2	Mobil lézerszkennelés.....	23
5.	saját projekt - a megvalósítás leírása, elemzése, alkalmazása.....	28
5.1	Projekt bemutatása, használt eszköz bemutatása	28
5.2	Történeti ismeretek a felméréndő épületről	31
5.3	Épület felmérésének előkészületei, 3D terepi felmérés, 3D modellezés.....	32
5.3.1	BIM követelmények meghatározása.....	33

5.3.2	Helyszínrajz készítése, georeferálás szükségessége	34
5.3.3	Lézerszkenneres felmérés	35
5.3.4	Lézerszkenneres felmérés feldolgozása, pontfelhők regisztrálása	39
5.3.5	3D modellezés pontfelhő alapján.....	50
6.	Jövőbe tekintés, technológiai fejlődések	59
7.	Összefoglaló.....	61
8.	Summary	62
9.	Irodalomjegyzék	63
9.	Ábrajegyzék	65

1. BEVEZETÉS

1.1 A téma választásának indoklása

Építészként és az építőiparban tevékenykedő mérnökként számos kihívással szembesültem eddigi munkám során. Az egyik legnagyobb kihívás az, hogy a meglévő épületek és a környezetük pontosan dokumentálva legyen amennyiben módosításokat, átépítéseket szeretnénk végezni rajtuk.

Az építészeti tervezés és az építőipar számára a geoinformatika kritikus fontosságú terület, melynek segítségével a tervezők és építők az épületek és környezetük pontos dokumentációját készíthetik el.

Az épületüzemeltetők, létesítménygazdálkodók és az építőipar egyre inkább ráébred arra, hogy a pontos dokumentáció és modellezés milyen elengedhetetlen szereppel bír a sikeres projektmenedzsment és a fenntarthatóság szempontjából.

A geoinformatika tanulmányozásával lehetőséget kaptam arra, hogy megérthessem azokat a technológiákat és eljárásokat, melyekkel a mérnökök szembesülnek munkásságuk során és nem feltétlenül tudnak megoldást találni a feltáruló problémákra. A geoinformatikai szakmérnöki képzésen kapott tudás segített abban többek között, hogy jobban megérthessem azokat a folyamatokat, melyek egy felmérési folyamat és pontfelhő regisztrálás során zajlik, ez által én is hatékonyabb és pontosabb munkát végezhetek tervező mérnökként.

A digitális technológiák fejlődésével új forradalmába lépett az építőipar. A mérnöki tervezési folyamatok, a terepi kivitelezések és gyártások új eszközöket kaptak a minél precízebb, összetettebb, kontrollálhatóbb, eredményesebb épített környezet megvalósításához.

Ez a szakdolgozat az épületek lézerszkennelésének és 3D modell alkotásának a témájára összpontosít, amely egy olyan technológia, melyet nagyon izgalmasnak találok és kijelenthető, hogy rengeteget bizonyított eddig és számos lehetőséget ígér a következő években az építőipar és az építészet jövője számára.

Témám a következő címet kapta:

3D lézerszkennelés alkalmazása az építészetben, építőiparban. Épület lézerszkenneres felmérése, 3D modellezése.

Témaválasztásom tervező építészmérnökként esett a 3D lézerszkennelés tanulmányozására egy olyan tervezési projekt után, ahol pontfelhő adatszolgáltatásból készültek a felmérési tervek.

Az utóbbi időben az épített környezet jelentős változásokon ment keresztül, a városok és agglomerációk népessége folyamatosan növekszik, ami a szabad területek szűkösségét, eltűnését jelenti. Az urbanizáció hatása érzékelhető az életmódunkban, a környezetünk alakulásában és az emberi viselkedésben is.

Az urbanizáció rohamos fellendülése kihívásokat jelent a fenntartható városfejlesztés szempontjából is. Szükséges a környezetünket átgondoltan fejleszteni, alakítani, változtatni, és megfelelő, korszerű otthonokat kell biztosítani az ide költöző embereknek.

E folyamatban nem csupán az otthonteremtés jelent kihívást, hanem a munkahelyek, irodaházak és szolgáltatások megteremtése is. Az élhető városok kialakításához szükség van olyan gazdasági infrastruktúrára is, amely megfelel az előrehaladott társadalmi igényeknek.

Az urbanizációval járó területi korlátok miatt városaink épített környezete már most jelentős, köztük számos műemléki vagy helyi védettség alatt álló épülettel, területtel, utcával. Az új, építésre szánt szabad területek hiánya miatt azonban a meglévő épületek felújítása, módosítása és továbbfejlesztése elengedhetetlenül fontos. A funkcionális kialakítás mellett ugyanilyen fontosnak titulálható a környezetvédelmi és fenntarthatósági szempontok figyelembevétele is.

Ezen szempontok prioritizálásával, tervezőként törekednünk kell arra, hogy a meglévő épületek jelentős részét hasznosítani tudjuk az átalakítások, továbbtervezések során.

1.2 Célkitűzések, a megoldandó probléma megfogalmazása

Szakedolgozatomban az épületfelmérés időbeli fejlődését, módszereit és technikáit vizsgálom a kezdetektől napjainkig. Elemzem a legújabb technológiákat és azt, hogy ezek hogyan segítik és befolyásolják a mérnökök munkáját az épületfelmérés területén.

Részletesen bemutatom az épületfelmérés lépéseit, a különböző mérési módszereket, valamint azoknak előnyeit és korlátait. Emellett kitérek a digitális technológiák szerepére az épületfelmérés során, mint a 3D lézerszkennelés, drónok alkalmazása, illetve az épületek belső-külső feltérképezése.

Célom, hogy átfogó képet adjak az épületfelmérés területének fejlődéséről, valamint bemutassam a jelenlegi technológiai lehetőségeket, amelyek segítik a mérnökök munkáját és elősegítik az épületek hatékonyabb felújítását és karbantartását.

Építészmérnökként és geoinformaika hallgatóként egy konkrét épület digitalizációját mutatom be a kezdeti felmérési lépésektől egy épületmodell elkészítéséig.

Bemutatom azt, hogy a lézerszkennelés milyen előnyöket kínál az épületfelmérés terén és bizonyítom, hogy miért esszenciális e technológia használata. Részletesen beszámolok a terepi felmérés folyamatáról, amely után tervezőprogramok alkalmazásával a 3D-s digitális modell elkészítését járom körbe. Ezek mellett bemutatom a BIM alkalmazását és a jelenleg hatályos LOD követelményeket.

1.3 A digitalizáció jelentősége az építészeti tervezésben

A digitalizáció nélkülözhetetlen részévé vált az épületek tervezése, kivitelezése és üzemeltetése során. A digitális felmérések és modellek a precizitás mellett szimulációkban is fontos szerepet játszanak.

Szimulálni lehetséges előre tűzeseti kiürítéseket, földrengés általi viselkedéseket, környezeti és meteorológiai hatásokra való különböző viselkedéseket.

A digitális modellek az épület kivitelezése után nagy szerepet játszanak a létesítménygazdálkodásban is, mivel az üzemeltetők szimulálni képesek előre bizonyos gépészeti, elektromossági, műszaki beállítások viselkedését. Ez által előre megjósolható

az épület jövőbeli működése, energiafelhasználása, teljesítménye akár a rendszerek élesbe helyezése előtt.

A digitalizáció által képesek vagyunk az épületek viselkedésének nyomonkövethetőségére, mely növeli továbbá a fenntarthatóságot, a kiszámíthatóságot és az energiatakarékos épületek megvalósítását.

2. HAGYOMÁNYOS FELMÉRÉS, A DIGITALIZÁCIÓ KEZDETE

Hagyományos felmérési módszerek

Egy meglévő épület vagy terepi objektum felmérése során kíváncsiak vagyunk az adott objektum fizikai jellemzőire.

Információkat szükséges rögzíteni a pozíciójáról, alaprajzi megjelenéséről, magassági adatairól és a szerkezetek egymáshoz való viszonyítottságáról.

A koordináta tengelyben elhelyezhető alaprajzi, mérhető szerkezetek dimenzióján kívül nélkülözhetetlen és fontos információnak számít, ha a szerkezetek anyagait is minél pontosabban képesek vagyunk dokumentálni. Ez nagy jelentőséggel bír mivel a tervező mérnök a későbbiekben, ezen információk birtokában fogja tudni az újrafelhasználhatóságot figyelembe vanni és az áttervezést a legkisebb károkkal, legmegfelelőbben megtervezni.

A digitális előrehaladás korszaka előtt a felmérések hagyományos épületfelmérési módszerekkel valósultak meg. Ezek a módszerek általában manuális majd optikai eszközön alapultak, mint például a szintezőműszer, a mérőszalag, a vízmérték. Ezekkel az eszközökkel az adatokat papírlapon rögzítették majd ezekből készültek az épületek felmérési dokumentációi.

Az említett módszerek azonban hosszadalmasak és időigényesek, legtöbb esetben nem biztosítanak milliméter pontos, információt. Az épületek régi részeinek vagy a műemlékek felmérése különösen nehéznek bizonyul, mivel ezekről eredeti tervrajz legtöbb esetben nem áll rendelkezésünkre és az épületek állapota a megépüléstől számítva sokat romolhatott.

A telekmérések során geodéta adatszolgáltatása szükségeltetett, míg egy épület felmérésére általában az építész tervezőirodák feladata volt, így ők vonultak ki helyszínre és végezték el az épületek adatrögzítését.

A kézi, mérőszalagos felmérés elavult módja a haladó kor mérnökei számára, mivel idő és erőforrásigényes és sosem lesz olyan pontos, mint amennyire szükségünk van rá.

A hagyományos módszerek hátrányai miatt egyre több szakember fordul a modernebb, digitális technológiák felé, mint például a lézerszkennelés. A 3D lézerszkennelés lehetővé teszi az épület pontosabb és gyorsabb felmérését és a rögzített adatok alapján a 3D modell elkészítését.



1. ábra Hagyományos mérőszalag



2. ábra Lézeres távolságmérő

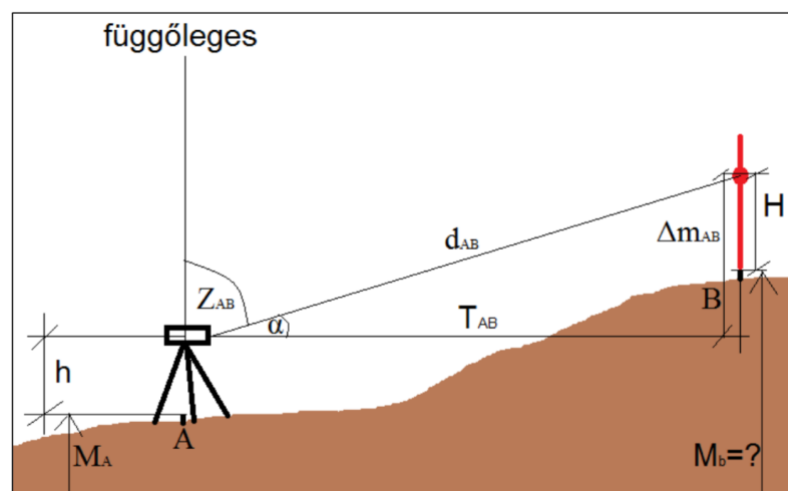
3. KORSZERŰ TECHNOLOGIÁK

A hagyományos kétdimenziós felméréseket a háromdimenziós felmérési technológiák váltották fel, ezek a következők:

1. Geodéziai felmérés
2. Fotogrammetriai felmérés
3. Lézerszkenneres felmérés

3.1 Geodéziai felmérés

A geodéziai felmérés során leggyakrabban térbeli poláris pontmeghatározást végzünk, amely azt jelenti, hogy műszerünkkel az épülettel szemben állva irány- és távmérést végzünk. E felmérési módszerrel milliméter pontosságú adatállomány érhető el.



3. ábra Térbeli előmetszés [1]

A módszert építészeti gyakorlatban a homlokzatok mérésére használták korábban.

Ezen felmérési módszer *hátrányai* közé sorolnám:

- a pontos és precíz végeredmény elérése érdekében sok álláspontot szükséges felvenni, az álláspontok kiválasztását pedig körültekintően szükséges megvizsgálni, mérlegelni

- mivel a méréssel pontokat tudunk meghatározni az épület kívánt részéről, ahhoz, hogy részletes épületkép alakuljon ki, rengeteg álláspontot felvétele szükségeltetik
- a pontok utófeldolgozása jelentős, melyek összerakás után csak az épület jellegét, geometriáját tudják nagyvonalakban leképezni
- a homlokzati ornamentika mérése, precíz dokumentálása, aprólékos felmérést igényelne, ami lehetetlen
- precíz szakember szükségessége, és amennyiben több geodéta dolgozik párhuzamosan egy objektumon, pontvázlat előzetes készítését kívánja meg ezen mérési mód

Építészetben és építőiparban a geodéziai felmérésnek *előnyei* a telkek és alaprajzi épületkontúrok kitűzésénél van, mivel pontos adatokat szükségesek az épület elhelyezkedéséről, és az épületek egymással való viszonyáról. Ezeket helyszínrajzokon és a további terveken szükséges szerepeltetni hatósági engedélyeztetéshez.

3.2 Fotogrammetriai felmérés

A fotogrammetria szó görög szavakból épül fel, mely magyarra fordítva a következő kifejezést jelenti: "grafikusan mérni fény segítségével".

A fotogrammetria a fényképek segítségével térbeli mérések és a képekből készült adatok alapján a térbeli modellek létrehozásának tudománya. Működése szempontjából a fotogrammetria geometriai méréseket végez az elkészített fényképeken majd ezt analizálva, és a vetítés törvényét felhasználva következteti azt, hogy az adott tárgy hol és hogyan helyezkedik el a térben, bizonyos pontokhoz és síkokhoz képest.

A fotogrammetriai felméréseket csoportosíthatjuk több szempont alapján is:

- információszerzés eszközei alapján
- alkalmazási terület alapján
- feldolgozás majd kiértékelés alapján
- felvételi pont és a tárgy távolsága alapján

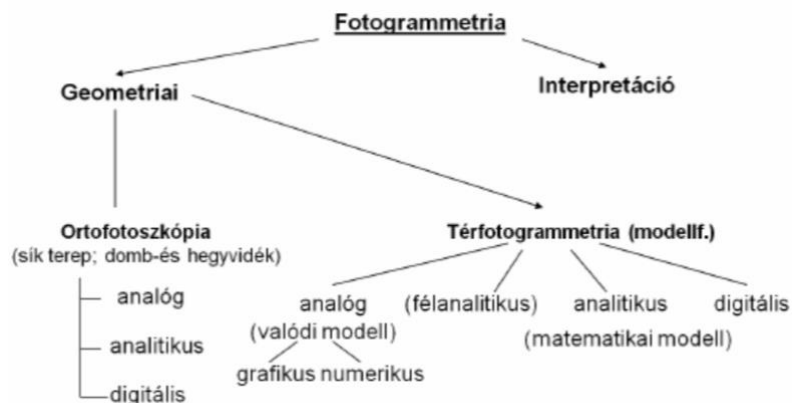
- felvétel helye alapján

Ahhoz, hogy térbeli adatot nyerjünk a kívánt objektumról, több helyről szükséges felvételt készíteni.

*Sík*fotogrammetriáról beszélünk akkor, ha a felméréendő objektumról egyetlen felvétel készült és *sztereo-fotogrammetriáról* abban az esetben, amikor több felvétel készült.

Kiértékelési technológia szerint három csoportot különböztetünk meg:

- *analóg* - műszerekkel történik a kiértékelés
- *analitikus* módszerrel történik a kiértékelés
- digitális fotogrammetria – abban az esetben, mikor számítástechnikai eszközökkel történik a kiértékelés



4. ábra, Fotogrammetria csoportosítása [2]

Kiértékelési technológia szerint három csoportot különböztetünk meg:

- *analóg* - műszerekkel történik a kiértékelés
- *analitikus* módszerrel történik a kiértékelés
- digitális fotogrammetriáról – számítástechnikai eszközökkel történik a kiértékelés

A kiértékelés eredménye alapján lehet:

- *mérőszámok*

- *rajzok*
- *képek*

A felvétel helye szerint két nagy csoportot lehet megkülönböztetni:

3.2.1 Földi fotogrammetria

A földi fotogrammetria során a felmérés földi stációkról – földi álláspontokról történik. A folyamat során mérőképeket, fényképeket szükséges készíteni. Ezek feldolgozásra kerülnek és ezen adatokból a felmért objektumnak térbeli formát lehet adni.

Előnyei közé sorolhatjuk azt, hogy a helyszíni mérés gyorsan elvégezhető, felméréskor nem szükséges megközelíteni a felméréendő tárgyat, ez bizonyos távolságból is bemérhető. A geodéziai felméréshez képest sokkal gyorsabb az utómunka, a kiértékelés gyorsabb és akár automatizálható is. Pozitívumai közé tartozik még az, hogy valós idejű, rengeteg információt hordozó felmérési módszer.

Az építészetben a fotogrammetria jelentős helyet foglal el, mivel az épületek, homlokzatok és ornamentikák felmérése ezen módszer alkalmazásával valósulhatott meg a legpontosabban a 3D lézerszkennelés létrejöttéig. 2023-ra a fotogrammetriai felmérése egy épületnek a lézerszkenneléshez viszonyítva időhatékonyság és információtartalom szempontjából lassúnak és elavultnak számít, ezért törekszünk az egyes felújítandó épületet, műemléket lézerszkenneléssel megörökíteni, annak érdekében, hogy milliméter pontos információt kaphassunk.

3.2.2 Légi fotogrammetria

Légi fotogrammetria során a rögzítő berendezés elhelyezkedhet repülőgépen vagy drónra szerelve, drónba integrálva.

A *repülőgépről* történő felvételezés esetében minimum 3 ember volt szükséges a fedélzeten: pilóta, fényképész és navigátor. Repülés előtt repülési tervet volt szükséges készíteni, melyhez sokoldalú tudás és információ szükségeltetett. Repülés során figyelni kellett, hogy a repülő kis sebességgel is stabilan repüljön és emelkedőképessége is megfelelő legyen. A felvételezésnek a kijelölt útvonalon kellett történnie, és a képeket bizonyos előre meghatározott időben volt szükséges elkészíteni.

A felvételekkel kapcsolatban előre szükséges volt meghatározni azt, hogy a képek mennyit fognak átfedni, mert ez volt szükséges feltétel ahhoz, hogy utólag a felvételek egymáshoz illeszthetők legyenek. Ideális feldolgozáshoz a képek között 60-80%-os átfedés volt szükséges, a sorok között pedig 20-40%-os, annak érdekében, hogy a közös térmodell elállítható legyen.



5. ábra Légi fényképezés [3]

A drónra vagy drónba integrált rendszerek az utóbbi 10 évben terjedtek el, jelenleg a légi felvételezés úttörőinek számítanak. E felmérési módszer sokkal gyorsabb, egyszerűbb és az utófeldolgozás legtöbbször automatikusan megtörténik.

Drónos fotogrammetriai felmérés során szükségünk van egy drónra, kamerára és egy navigátorra, aki egyben a drónpilótaként a drónt vezérelni tudja és elkészíti a felmérés előtt a berepülési térképet.

Ebben a helyzetben semmi más dolgunk nincs, mint a drónnal felszállni. Ügyelni kell a meteorológiai tényezőkre annak érdekében, hogy a drón elég stabilan tudjon repülni abban a magasságban, amelyet megkíván a felmérendő területünk.

A rendszer magától készíti a fényképeket az előre betáplált útvonalon.



6. ábra, Felkészülés drónos terepi mérésre



7. ábra, Terpi felmérés, drón felengedése, DJI Matrice 300 RTK Zenmuse

3.3 Lézerszkennes felmérés

Több, mint egy évszázadra vezethető vissza a lézeres felmérés története. A LASER szó jelentése Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, azaz fényerősítés indukált emisszióval.

Alapjait Albert Einstein fektette le 1917-ben a Zur Quantentheorie der Strahlung című tanulmányában, melyet Max Planck sugárzáselméletére alapozott. [4]

Einstein elmélete szerint a közegen áthaladó fény erősödni is tud bizonyos feltételek teljesülésével, nem csak gyengülni.

A stimulált emissziónak létezését Einstein 1928-ban bizonyította be, 1947-ben már demonstrálni is tudták.

Az első lézer műszert 1960-ban építette meg és hozta először működésbe Theodore Maiman a kaliforniai Hughes Kutatóintézetben. Ez a műszer egy nagy teljesítményű lámpából, egy ezüsttel bevont szintetikus rubinból állt és ez hozta létre a 694 nanométeres hullámhosszú vörös lézerfényt. Az impulzusos lézer továbbfejlesztését, a folyamatos lézersugarat Arthur L. Schawlow és Charles H. Townes valósította meg.

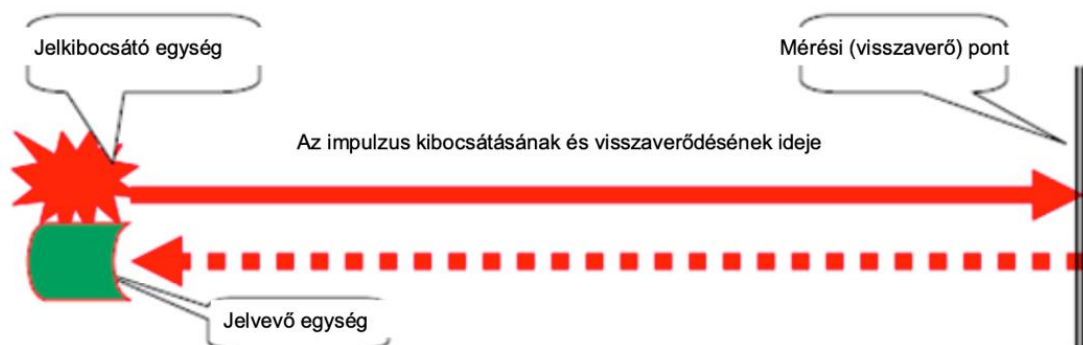
A lézer megjelenését követte a LIDAR (Light Detection and Ranging), a lézer alapú távérzékelés technológia kifejlesztése. E technológia során lett kombinálva a 3D szkennelés és a lézerszkennelés, ez a technológia a 3D lézerszkennelés nevet kapta.

A lézerszkennelés első alkalmazói a meteorológusok voltak, mivel legelőször a lézeres vizsgálatokat a vízmélység mérésére és a földfelszín kutatására használták.

A LIDAR-ok napjainkban a lézertechnológia és optikai kutatások legkorszerűbb, legfrissebb eredményeihez köthetőek. Az aktív távérzékelési rendszerek csoportjába tartozik, ami azt jelenti, hogy a felvevő berendezés saját energiaforrással rendelkezik. Az érzékelő egyaránt a sugár forrása is.

A két legnépszerűbb mérési módszer technológia szerint csoportosítva:

- TOF módszeren alapuló szkennerek
- PHASE elven működő rendszerek



8. ábra A lézeres rendszerek működésének alapelve [5]

3.3.1 Időmérésen alapuló lézershakkenelés

A TOF módszer jelentése a Time Of Flight kifejezés, mely a fény repülési ideje jelentéssel bír. A módszer lényege, hogy a készülék fényimpulzusokat bocsát ki, amely a céltárgyra irányul. Az impulzus visszaverődik a tárgyról, amely visszatér a kibocsátó eszközhöz, mely közben az időtartamot méri. E módszer nagyon pontos és megbízható, a 3D térképezés, robotika, az autonóm járművek navigációja is ezt a technológiát alkalmazza.

3.3.2 Fázismérésen alapuló lézershakkenelés

A PHASE eljárás folyamatosan változó fényimpulzusokat használ a méréshez. A távolság kiszámítása, így az állandóan változó impulzus amplitúdótól függ, így a műszer mérni tudja a modulált jel és a visszaverődő fény fáziseltolódását, amiből a távolság kerül kiszámításra. [6]

Mind a légi és a földi 3D lézershakkenelés aktív részét képezi jelenleg a fejlődő építőipari szektornak.

Tehát 3D lézershakkenelés során beszélhetünk felmérés típusa szerint beszélhetünk:

- Légi lézershakkeneres felmérésről
- Földi lézershakkeneres felmérésről (következő fejezetben részletezve)

Légi lézerszkenneres felmérés

Építőiparban a LIDAR technológiát alkalmazva, drónok segítségével mérik fel a területet és az épületeket. Ezen légi eszközök a tökéletes felbontású fényképek mellett néhány milliméter pontossággal tudnak 3D-s felméréseket készíteni. A TOF szenzornak köszönhetően 360 fokban szóródnak szét a lézersugarak majd ezek visszaverődnek a környezetben lévő tárgyakról. Így készül a sok szakterületen nélkülözhetetlen pontfelhő.

A légi rendszer két egységből épül fel, ezek: a fedélzeti és a földfelszíni egység

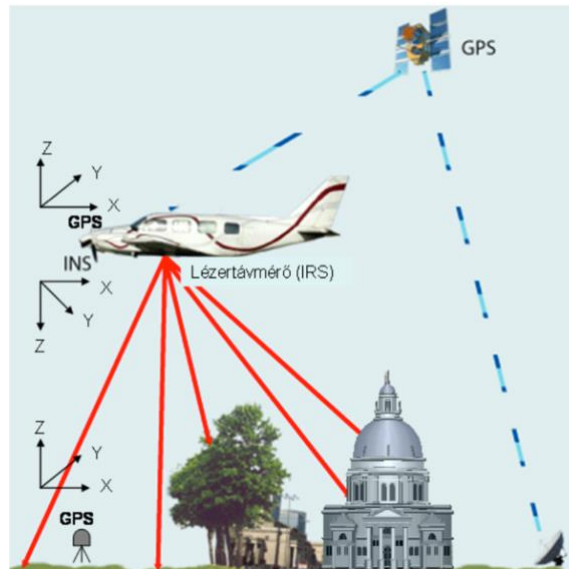
A fedélzeti egység pontos működéséhez a következő attribútumokra van szükség:

- lézeres távmérő
- navigációs rendszer (GPS)
- inerciális navigációs rendszer
- videokamera
- adatrögzítő egység
- repülést tervező és végrehajtó egység

A földfelszíni egység elemei:

- felszíni GPS állomás
- munkaállomás

A lézeres mérő az elektromágneses spektrum infravörös és látható fény tartományában működik, az energia-impulzusokat gerjesztő távmérő rendszerek mérési gyakorisága pedig 300-15000 Hz között lehetséges. A fénynyalábok a repülés irányára merőlegesen pásztázzák a területet, hatótávolsága a sugár kibocsátási energiájától függ. [5]



9. ábra, A légi lézerszkennér rendszer komponensei [7]

Eddigi munkáim során volt szerencsém használni a DJI Zenmuse L1 kamerát A DJI Matrice M300-as drónnal párosítva. Jelenleg a DJI legfejlettebb Lidar+RGB kamerájáról beszélünk, amelyeket légi felmérésekhez. A Zenmuse L1 egy Livox Lidar modult, nagy pontosságú IMU-t és egy 1 hüvelykes CMOS-sal ellátott kamerát tartalmaz egy 3 tengelyes stabilizált gimbalon.

A Matrice 300 RTK kombinálva a DJI Terra szoftverrel teljes megoldást nyújt a 3D rekonstruálással kívánt objektumokról, területekről.

Néhány adat a az L1 kameráról:

- IMU, RGB kamera és Lidar modul integrálva
- egy repüléssel akár 2 km táv megtétele lehetséges
- nagy pontosság: függőlegesen 5cm / vízszintesen 10 cm
- pontarány: 240 000 pt/s
- 3 visszatérési támogatás
- 450 m -es észlelési hatótávolság (80 %-es visszaverődés)
- IP54 behatolásvédelmi szint
- Point Cloud Liveview



10. ábra DJI Matrice 300 RTK Zenmuse működés előtt



11. ábra DJI Matrice 300 RTK Zenmuse működés közben



12. ábra DJI Zenmuse L1

A légi lézerszkennelés alkalmazási területei közé sorolhatjuk még:

- erdőterületek felmérése, faállomány karbantartása
- mezőgazdasági felmérések, vegetáció, növénykultúra feltérképezése
- városmodellezés, BIM
- tengerfenék, vízmélység mérések

4. FÖLDI LÉZERSZKENNELÉS

4.1 Lézerszkennelés működése

A lézerszkenneres felmérés több technika alkalmazásával valósítható meg, több elterjedt lézerszkennertípus által rögzített adatállománnyal találkozhatunk. Leggyakrabban használt szenzorok a következők: ALTM (Opentech Canada), ALS (Leica Geosystems), Toposys (Toposys GmbH), TopEye (Hansa Luftbild) és RIEGL (RIEGL LMS).

Lézer letapogatás szempontjából négy különböző technikai megoldást terjedt el legjobban:

Oscilláló tükrös

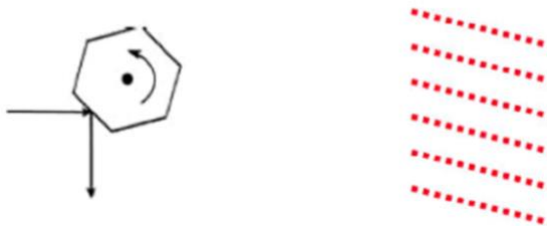
Az oscilláló tükrös szkennert munkafolyamata során a lézerfény útját egy oscilláló tükrök segítségével törli meg és irányítja a mérendő objektum irányába. Ezt a technológiát használják a Leica és az Optech szenzorok. [5]



13. ábra Oscilláló tükrös szkennert működési elve és a mért pontok elhelyezési [8]

Forgó-poligon szkennert

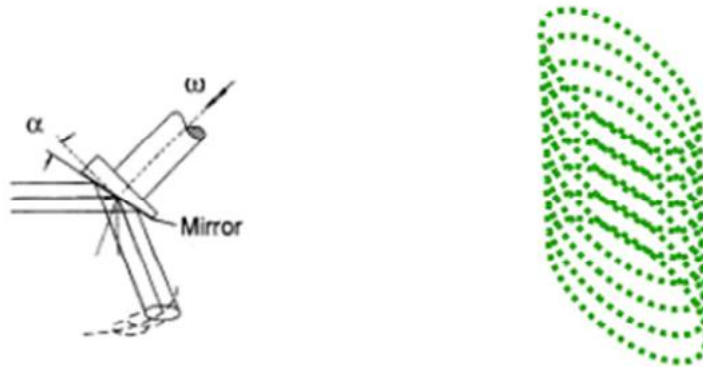
Ebben az esetben a forgó poligon oldalai a tükrök és a poligon forgása egyirányú. Ez a poligon végzi a fény irányának az eltérítését, mely által a leghomogénebb pontelosztás valósulhat meg. [5]



14. ábra Forgó-poligon szkennert működési elve és a mért pontok elhelyezési sémája [8]

Nutáló tükrös szkennер

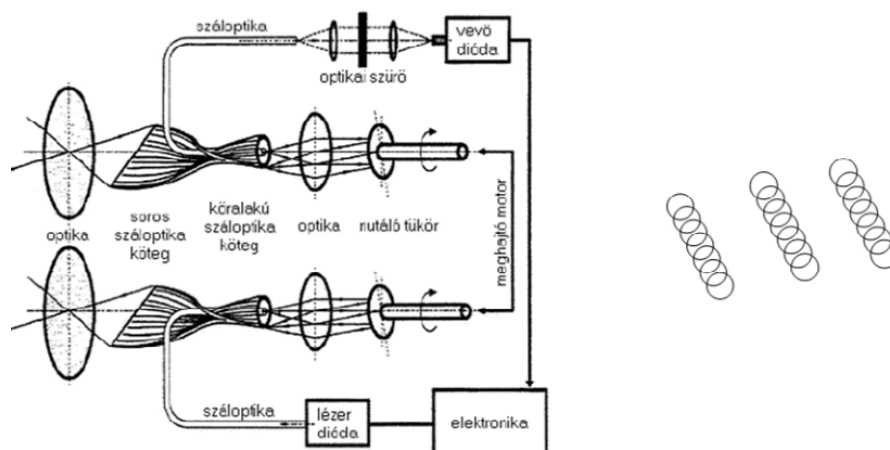
A lézerfényt egy nutáló mozgást végző tükör irányítja a mérendő objektum felé. A pásztázás során a felmérés folyamán egyszer már felmért pontok újra felmérésre kerülnek, ezek a kétszer szkennelt pontok kalibrálás során felhasználhatóak. [5]



15. ábra Nutáló tükrös szkennер működési elve és a mért pontok elhelyezési sémája [8]

Optikai szálak

Az optikai szálak mérés során is a nutáló mozgást végző tükör játszik főszerepet. A kibocsátott impulzus a tükréről verődik vissza és a körben elrendezett optikai szálak egyikére esik, melyek továbbvezetik ezeket a mérés irányába. Ezt a megoldást a Toposys rendszerekben alkalmazzák, ez a rendszer 83000 pontot képes másodpercenként mérni. [5]



16. ábra Az optikai szálak pásztázás működési elve és a mért pontok elhelyezési sémája [5]

4.2 Lézerszkennelés fajtái, eszközök

Az építészeti tervezésben úttörő technológiaként robbantak be a pontfelhős adatállományok. A városok feltérképezése, az épületfelújítások, a műemléki épületek megőrzésére vonatkozó szándékok szükségessé és elengedhetlenné tették a milliméter pontos felmérés fogalmát, meglétét, használatát.

A tervezőirodáktól a kivitelezésig minden folyamatban kiemelten fontos a pontos adatszolgáltatás és a követhetőség biztosítása. Az idők során a terepi lézerszkennerekkel előállított valós és pontos adatok nélkülözhetlenné váltak a tervezőasztalnál dolgozó mérnökök és a terepen tevékenykedő kivitelezők számára is.

A pontfelhők rendkívül pontosan tükrözik a valóságot és minden szükséges attribútumot tartalmaznak ahhoz, hogy a 3D modell elkészítése és a 2D-s rajzok elkészülhessenek. Az épület vagy az adott objektum bonyolultságától függetlenül a 3D lézerszkennelés mindig teljeskörű és pontos eredményt szolgáltat.

4.2.1 Statikus földi lézerszkennelés

A Földi lézerszkennelés osztályozására szintén sok lehetőség kínálkozik. Megjelenésekor a hagyományos állványon – tripodon elhelyezett műszer volt használatos.

Jelenleg a hagyományos földi fix lézerszkennelés eredményezi a legnagyobb pontosságot. A technológia fejlődésével folyamatosan nő a piaci szereplők száma, egyre pontosabb, egyre nagyobb teljesítményű gépek és szoftverek jelennek meg. Legnagyobb gyártók közé sorolhatjuk a következőket:

Leica Geosystems – Svájc



17. ábra, Leica RTC 360 szkennер

Faro – Amerika



18. ábra, Faro Focus S70 3D szkennelő

Trimble – Amerika



19. ábra, Trimble X7 3D Laser Scanner

Riegl – Ausztria



20. ábra, Riegl VZ400-i

Zoller und Fröhlich – Németország

4.2.2 Mobil lézerszkennelés

Szerkezetre applikálható szkenner

A technológia fejlődésével megjelentek a mobil lézerszkennerek és műszerek is, melyek mozgás során is képesek rögzíteni a környezeti adottságokat.



21. ábra BKK autóra szerelt kamera [9]

2015-ben egy autóra szerelt lézerszkennelvel kezdte el a BKK bemérni Budapest utcáit. Ekkor egy autóra szerelt RIEGL VMX-450 hardverrel mértek 300 terrabájtnyi adatot Budapest utcáiról, épületeiről. A hozzá létrehozott szoftver 1,5 millió pixelt rögzített másodpercenként, fényképekkel kiegészítve a pontfelhő állományokat.

[9]



22. ábra BKK autóra szerelt kamera [9]

Kézi szkennerek

BLK2GO

Időközben megjelentek a kompaktabb technológiák, melyeket emberi hordozás, mozgás során is alkalmazni lehet.

A Leica Geosystems kifejlesztette a BLK2GO nevű lézerszkennert, melyet kézbe véve, végigsétálva a mérendő terület- körül végzi a mérést.

Legnagyobb előnye e kézi mobilszkennerek a statikus szkennerekkel szemben, az a felméréndő idő minimalizálása, amit a terepen tölt a szakember. Egy séta során, akár már az épület szemrevételezése alatt lehetséges azon adatoknak begyűjtése, melyekre később szükség lehet.

Fő különbség a statikus szkennerekhez képest az az, hogy míg a statikus szkennernél szükséges előre tervezni, előre felállítani a mérési pontok helyzetét, a BLK2GO ezt nem igényli, mivel csak egy bejárás szükséges az alkalmazásához.



23. ábra BLK2GO kézi lézerszkennert [10]

Hátránya a szerkezetnek a többi szkennerekhez képest az operációs idő, mivel az akkumulátor jelenleg 45 percnyi sétát bír. A BLK2GO segítségével is több mérés végezhető, majd ezeket az időbeli méréseket egymáshoz lehet regisztrálni szoftveres környezetben.

A műszer hátrányához lehet sorolni azt, hogy míg a statikus szkennerek szép, esztétikus képet mutatnak a szoftverbe importáláskor, a kézi mobil szkennerek alkalmazásával ez a látvány nem olyan precíz és esztétikus. Ennek az oka az, hogy a mobil szkennelés során az adat nem olyan jól strukturált és homogén mint egy statikus felvételezés esetén. Ez a mozgás és a haladási sebességnek köszönhető. Így a 3D pontfelhő vizuális célú felhasználására a BLK2GO nem alkalmas olyan szinten, mint a statikus szkennerek.

A mobil szkennerek pontossága beltéren 1 cm körül mozog, amennyiben a berendezések referenciapontként tudnak szolgálni. A kültéri pontatlanság nagyobb.

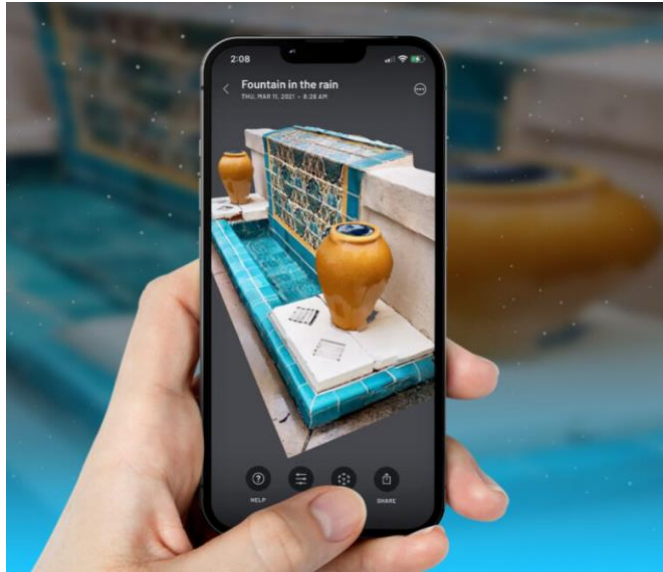
Összességében a BLK2GO-van nem a legpontosabb adatokat tudjuk gyűjteni, viszont nagyon gyorsan és nagy mennyiségben tudunk információt rögzíteni, begyűjteni és előállítani a környezetünkről. [11]

Telefonok

Az elmúlt évek során egyre több okostelefonban is elérhetővé vált a LIDAR térbeli adatgyűjtő technológia. Az okostelefonok Lidar szenzorai hasonló módon működnek, mint a hagyományos LIDAR rendszerek.

A telefonok LIDAR szenzorai nagyon hasznosak egy-egy gyors szemrevételezés, felmérés során, amikor nincs szükségünk milliméter pontos információra. Használatukkal gyorsan tudunk kisebb területeket, objektumokat mérni, nem igényelnek hosszú előkészületeket a használat előtt.

Ezen szenzorok még új technológiának számítanak a mobiltelefonokban, de egyre több gyártó vezeti be ezeket készülékeibe.



24. ábra, Mobiltelefonba integrált LIDAR szenzor alkalmazása

Autonóm robotok



25. ábra A SPOT robot – Leica Geosystems és Boston Dynamics

A Leica Geosystems és a Boston Dynamics közös együttműködésével 2021-re született meg az az autonóm 3D szkenneres robot, amely a felmérés során nem igényel emberi erőforrást a mérések elvégzéséhez. A SPOT alkalmazásával, jelentősen csökken a terepi élőmunkaigény, a felmérés monitorizálása pedig távvezérléssel kivitelezhető. Ennek

köszönhetően lehetőség nyílik olyan területek felmérésére és rögzítésére, ami eddig nagyon veszélyes vagy lehetetlen volt, mint pl. bányák, robbanásveszélyes helyszínek.

A pontos, naprakész adatok szerzéséhez a Leica az RTC360-as technológiát implementálta a mobil robotba, amely különféle iparágnak nyújt segítséget az építőiparon túl is.

A lézerszkennelés ezáltal rugalmassá és aggilissá válik, sokféle terep megközelíthető. A SPOT tetején lévő RTC 360 VIS technológiája 5 kamerát használ a szkennelnyomonkövetésére a helyszínen a szkennelések között. A VIS rendszer (Visual Inertial System) pedig pontos és automatizált terepi előregisztrálásra képes, melyet a kezelőpanelről követni lehet.

A szkennelés folyamatát a felhasználónak csak távolról kell elindítania. Minden szkennelés mobileszközön keresztül történik, miközben a Spot és az RTC360 navigál a programozott szkennelési útvonalon.

5. SAJÁT PROJEKT - A MEGVALÓSÍTÁS LEÍRÁSA, ELEMZÉSE, ALKALMAZÁSA

5.1 Projekt bemutatása, használt eszköz bemutatása

A projekt, melyet bemutatok részletesen, a Nagykároly melletti Szentháromság kápolna felmérését és modellezését mutatja be, mely épület egy mesterséges dombon helyezkedik el. A felmérést saját lézerszkennerral készítettem és saját gépeket/szoftvereket alkalmaztam az adatok feldolgozásához.

Ez a projekt és mérés azért fontos számomra építésként, mivel korábban sokszor tapasztaltam azt, hogy a kapott adatszolgáltatás a geodétáktól, akik lézerszkenneres technológiával mértek nem voltak elégségesek, megfelelőek. A problémák közé sorolom azt is, hogy sokszor a felvett állások olyan pozíciókban helyezkedtek el, ami utólag értékelhetetlen pontfelhő állományt eredményezett. Olyan objektumok, falfülkék, akár falrészek voltak takarásban, melyek nagyon fontos jelentőséggel bírtak és nem volt lehetőség ezek tanulmányozására már a szkennelés után.

Ezért döntöttem úgy, hogy építészmérnökként beleásom magam a geoinformatikába, a lézerszkennelés technológiájába és folyamatába.

Mivel a legtöbb jelenlegi lézerszkennerek alkalmazásához nem szükséges a geodéta képesítés illetve egy gomb segítségével működtethető a szerkezet, kellő tanulmányozással, érdeklődéssel és tanulással elsajátítható a folyamat.

A következőkben tanulmányozott épület lézerszkennelésére azért volt szükség mert a kápolna nagyon rossz állapotban van, szükséges felújítani. Ehhez a megrendelő megbízott egy építész irodát, és statikus mérnökirodát, hogy adjanak javaslatot a probléma kiküszöbölésére, megoldására.

Az építész és tartószerkezeti tervek megvalósításához pontos és precíz felmérés szükséges a kápolna jelenlegi állapotáról. Az építész és a tartószerkezeti tervek alapjául fog szolgálni a 3D lézerszkenneres felmérés, amelyet egy terepi statikus szkennerek segítségével fogok megvalósítani.

A 3D lézerszkennelés technológiája által előállított pontfelhő alkalmazásával néhány milliméter pontosságú adatot kapunk, amellyel biztonságosan dolgozhatnak a továbbiakban a mérnökök.

A terepi 3D lézerszkennelés elvégzéséhez a Leica Geosystems BLK 360 terepi képalkotó lézerszkennert gépet használok.

A használt gép bemutatása: BLK360 G1 lézerszkennert

E képalkotó lézerszkennert a Leica Geosystems nagy szenzációjának számított 2017-ben. Egy kompakt, kicsi gép, amely egy gomb megnyomásával 3D pontfelhő modellt (pontfelhő, panorámafotó, hőkamera) képes előállítani. Gyorsan lehet használni akár értékbecslőktől kezdve BIM szakemberekig, mára már elengedhetetlen munkaeszközzé vált.

A gép működése egyszerű, mérete 100x100x165 mm-es téglatestbe foglalható, csupán egyetlen gombot szükséges megnyomni az eszközön az indításhoz.



A gép működtethető akár távolról is egy IOS okos rendszerről amely lehet egy telefon vagy akár egy táblagép is. Ezenken mérés után egyből megtekinthető a rögzített pontfelhő. Előnyeként megemlíthetjük azt is, hogy a táblagépnek és a távoli vezérlésnek köszönhetően a mért pontfelhők már a helyszínenösszeregisztrálhatóak az egyes mérések után. Így már a helyszínen el tudjuk kezdeni azt a részét a pontfelhők feldolgozásának, ami hagyományos az irodában kezdődne el.

A BLK 360 egy képalkotó lézerszkennerek, integrált szférikus fényképező rendszerrel és panorámikus hőkamerával (termográf szenzorral). A szkennelés távmérő rendszer – nagysebességű Time of Flight (ToF) a Waveform Digitizing (WFD) technológia által valósul meg. Alapadatok a szkennerek tulajdonságairól:

Szkennelés:

Lézerosztály :	1 (IEC 60825-1:2014 szerint)
Hullámhossz:	830 nm
Látószög:	360° (vízszintes)/ 300 ° (függőleges)
Hatótáv:	min 0.6 m – max 60 m
Pontmérési sebesség:	Akár 360'000 pont/mp
Távmérési pontosság:	4 mm @ 10 m / 7 mm 20 m

Képkészítés:

A fényképező egy 15 megapixeles rendszer, amely 3 kamerából áll, amely egy 150 Mp kalibrált szférikus panoráma, HDR, LED segédfény, 360° x 300°.

A hőérzékelő kamera FLIR technológia alapú, nagy hullámhosszú infravörös kamera, termális IR panorámakép 360 °x 70 °.

Teljesítménye szempontjából kevesebb mint 3 perc alatt végez egy panorámaszkent, egy pont 3D pontossága egyetlen mért pontra, ha ezt 78%-os visszaverő képességű felületen vizsgáljuk 6 mm @ 10 m / 8 mm @ 20 m-en.

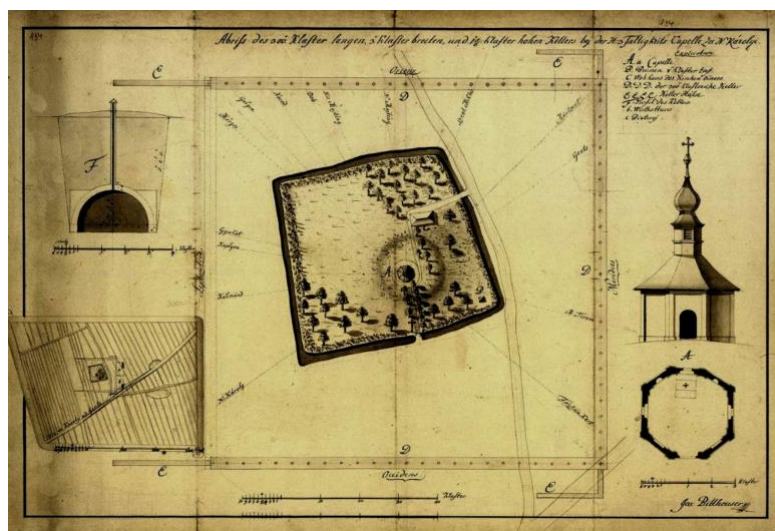
A BLK 360 lézerszkennerek kültéri és beltéri használatra is alkalmas, a mérési hőtartomány +5 °C és +40 °C, szilárd szemcsék és fröccsenő folyadék ellen védett.

Az adatgyűjtés során valós idejű képi- és szken adatokat kapunk, melyek a mérési időben megtekinthetők, szerkeszthetők. Ezen kívül automatikus dőlésmérés is elkészül. [11]

5.2 Történeti ismeretek a felméréndő épületről

Az első lépés a szakdolgozatom elkészítéséhez az volt, hogy minél részletesebb adatgyűjtést készítsek szakmai irodalomból és a felméréndő épület történetéből.

A Szentháromság kápolnát Gróf Károlyi Sándor építtette, aki híres volt a vallás- és iskolaügy érdekében hozott áldozataiért, messze felülmúlta kortársait. 1699-ben határozta el, hogy a Szentháromság tiszteletére épített Nagykároly mellett egy kápolnát, az akkor úgy nevezett „Lyukashalmon”. Szándékát azonban csak 1703-ban valósíthatta meg, a kápolna gondozására pedig szentferencrendi szerzetest szerzett „remetének“, aki a kápolna melletti házban lakott.



26. ábra Kápolna helyszínrajza és tervrajzai [12]

1790-re a kápolna állapota omladozni kezdett, ezért néhány helyen javításokat végeztek rajta. 1801-ben átalakításra is volt szándék, viszont ez nem valósulhatott meg mivel „három öl magas halom feltöltött és laza földből áll és a gyenge falak csak másfél láb mélyen vannak alapozva és így nem bírták volna meg” .

1885-ben egy istentisztelet után egy oltáron maradt égő gyertyától felgyúlt, így jelentős károkat szenvedett. A további évek során a kápolna többször volt elzárva a zarándokok elől mivel annyira rossz állapotban volt, hogy nem volt biztonságos a benne tartózkodás. [12]

2006-ban végeztek egy nagymértékű felújítást, ami során a kápolna tartószerkezete mégjobban megsérült. Ekkor a kápolna kettérepedt és elkezdett süllyedni, lecsúszni a dombról.

A jelenlegi felújítás megpróbálja a kápolnát megmenteni és a szerkezetét stabilizálni. Ehhez szükség van pontos felmérésekre, hogy a statikus mérnökök és az építészmérnökök a lehető legpontosabban tudjanak a problémára választ adni.

5.3 Épület felmérésének előkészületei, 3D terepi felmérés, 3D modellezés

Általánosságban elmondható, hogy egy épületfelmérésre készülve számos jövőbeni tényezőt szükséges figyelembe venni azzal kapcsolatban, hogy a pontfelhőt mire fogják használni.

Leggyakoribb esetben a pontfelhőket az építőiparban, építészetben azzal a céllal rendelik meg a tervezők, hogy abból milliméter pontos adatokat kinyerve, az épületek jelenlegi dimenzióit rögzíteni tudják. Kiemelten fontos műemléki épületek esetében a meglévő állapot dokumentálása, ha átalakítás, módosítás, hozzáépítés a cél. Továbbtervezés szempontjából pedig elengedhetetlen tudni a pontos méreteket, anyagokat és azokat a részeket, amelyek védettséggel bírnak.

A következőkben a térszkenneléses felmérés és a 3D BIM dokumentáció folyamatát vizsgálom a kápolna példáján keresztül. Felméréstől a 3D dokumentálásig az ideális munkafolyamatokat mutatom be a saját munkámmal illusztrálva.

Napjainkban a tervezőirodák 3D-ben, BIM-ben dolgoznak és modelleznek, annak érdekében hogy létrehozzák a kivitelezendő épület digitális ikertestvérét.

A BIM (Building Information Modeling) egy olyan digitális modellezési folyamat, melyben az épület vagy az infrastruktúra tervezése és építése során létrehozott összes adatot egy központi fájlban, adatbázisban rögzítenek.

„A BIM olyan CAD-alapú tervezésmódszertani folyamatok és irányelvek alkalmazásának összessége, mely lehetővé teszi az építmények létrehozásában és üzemeltetésében érdekelt szereplők (építtetők, tervezők, kivitelezők, üzemeltetők) számára a valóságnak megfelelő virtuális térben történő együttműködést és információátadást, illetve a releváns adatok gyors és hatékony megjelenítését.” [13]

A BIM alkalmazásával egy helyen tudjuk kezelni a különböző szakági terveket, amelyek magába foglalják az építészeti rajzokat, a szerkezeti terveket, az elektromos és gépész szakági terveket is.

Egy BIM modell készítése hasonló a 3D modellezés folyamatához de kiegészül az elemek megbízható információkkal való feltöltésével és klasszifikálásával, miközben meghatározott modellezési módszereket és szabályokat alkalmazunk. Az információk minősége és alkalmazhatósága az osztályozási szintek minőségén és betartottságán múlik. Ezen szabályok alapján az elkészült modell megosztható, minden szakember megtekintheti, módosíthatja és kiegészítheti (amennyiben jogosultsága van hozzá) az általuk létrehozott adatokkal és metaadatokkal. Ehhez szükség van arra, hogy minden szereplő, a BIM modellben tudatosan működjön, és hozzáértően kezelje a rendszert.

Azért, hogy megfelelő adatszolgáltatást adhassunk/kapjunk egy pontfelhős felmérés megrendelése/elvállalása során, tapasztalataim szerint a az alább felsorolt lépéseket szükséges tisztázni és alkalmazni.

5.3.1 BIM követelmények meghatározása

Épületfelmérésre majd modellezésre készülve előnyös ha a BIM követelményszintekkel tisztában vagyunk és azzal, hogy milyen LOD (Level of Detail/Level of developement)

igényszint van meghatározva. A későbbiekben ettől a elvárási szinttől fog függni a 3D modell részletezettsége.

A LOD-szinteket klasszifikációs rendszer szerint egyes modell elemekre, vagy modell elemekből álló magasabb szintű rendszerekre vonatkoztathatjuk.

A LOD szinteket LOD100-tól LOD500-ig csoportosítjuk. A LOD100-as szint a legkevésbé kidolgozott modell, itt a legtöbb információ jelzésértékkel, szimbólumokkal jelenik meg, konkrét 3D modellelemet a terv nem tartalmaz. A LOD 500-as szint a legrészletesebb osztály, ahol a modellelem a valódi elemek helyszínen mért tulajdonságait tükrözik a méret, alak, elhelyezkedés, mennyiség és tájolás tekintetében. Ez a szint már a megvalósult állapotot tükrözi, ilyen részletezettségű modellhez pedig a kivitelezés során folyamatos felmérést szükséges végezni. [13]

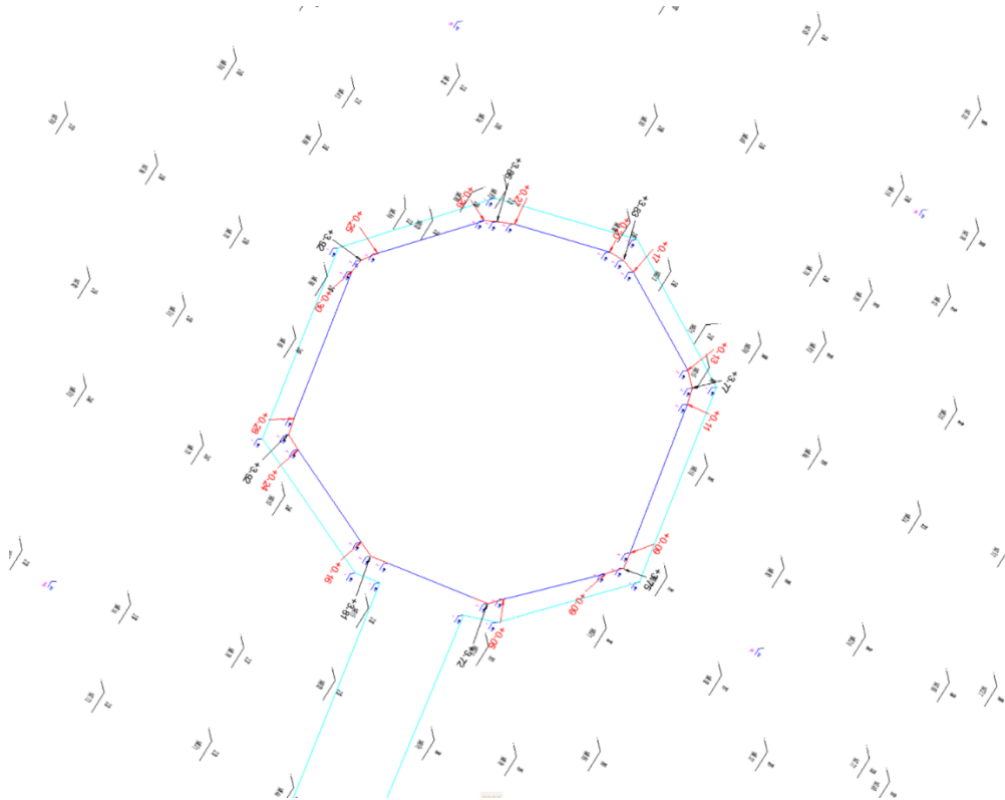
A felméréndő kápolna esetében a követelményszint a LOD300-as szint volt, ahol a modell elemek meghatározott rendszerként, gyártmányként grafikusán jelennek meg a modellben, olyan mennyiséggel, mérettel, alakkal, elhelyezkedéssel és tájolással mint ahogy a kivitelezendő épület fog megvalósulni. A projekt origóját szükséges előre meghatározni hogy a modell elemek elhelyezése a kiválasztott origó figyelembevételével történjen majd.

5.3.2 Helyszínrajz készítése, georeferálás szükségessége

Miután rögzítettük a követelményszinteket a felméréndő épület modellezését illetően, meg kell határoznunk azt, hogy szükséges-e az épületet georeferálni. A georeferálás egy adott objektum földrajzi helyzetének hosszúsági és szélességi fokok vagy egyéb koordináta-egységek által történő, valamely vetületi rendszer (pl. EOVI, ETRS89) szerinti meghatározását jelenti.

Ehhez a projekthez szükséges volt a georeferálás, így első lépésként egy geodéta segítségével helyszínrajz készült a kápolna területéről. A geodéta által készített felmérés előtt megbeszéltük azokat a referenciapontok rögzítését, melyekkel a helyszínrajz és a

pontfelhő a referencia pontok által egyesíthető lesz. A kapott felmérés DWG fájlformátumban érkezett.



27. ábra Helyszínrajz, geodézia adatszolgáltatás

5.3.3 Lézerszkenneres felmérés

A geodák mérései után elkezdtem a lézerszkenneres felmérés folyamatát áttekinteni és előre rögzíteni azt, hogy a helyszínen hol lesznek a szkennelés állásai. Mivel kis épületről beszélünk, belső térben elégnek bizonyult 2 állás felvétele míg a kápolna körül 8 állást alkalmaztam. Ezen állások által minden fal külső-belső oldala rögzítve lett.

Három darab targetet használtam annak érdekében, hogy a pontfelhő összefésülhető legyen a geodéziai felméréssel és a georeferálás is megtörténhessen. A targetek olyan jól megjelölt kontrasztos szimbólumok, amelyeket a pontosság javítására használunk. Ezeket olyan területeken, pozíciókban szükséges elhelyezni, ahol ezek jól láthatóak és könnyen megtalálhatóak. Figyelni kell, hogy a célpontok mindig magas kontrasztúak legyenek.

A mi esetünkben nagyon fontos volt az, hogy a kápolna minden fala külsőleg és belsőleg is a legrészletesebben legyen dokumentálva, mivel az egyik része süllyedés miatt elkezdett lecsorogni a dombról. Ez azt eredményezte, hogy a falak megrepedtek majd ketté szakadt az épület.

Ahhoz, hogy mérnöki pontossággal a legjobb megoldást tudjuk találni a felújításra, milliméter pontosan tudnunk kell a repedések szélességét, hosszúságát, szögeit.

Ezek mellet információt kapunk arról is, hogy milyen mértékben vannak vizesedve a falak. A vizesedésnek a felső vonala szépen lekövethető majd a pontfelhőből a színes intenzitásos felmérésnek köszönhetően.



28. ábra, Kápolna lézerszenneres felmérése

Az állások kiválasztása után még a helyszíni mérés elkezdése előtt beállítottam azokat a szükséges paramétereket, melyek a LOD szinthez elégséges információt biztosítanak és a pontfelhő minőségét is befolyásolják. A prioritás az volt, hogy legyen egy intenzitásos színes pontfelhő, közepes pontsűrűséggel és színes panorámaképek is készüljenek.

Ezeket a beállításokat terepen állítottam be, egy IOS tablet segítségével, melyre a Leica Cyclone Field programja került telepítésre előzőleg. A Cyclone Field alkalmazás lehetővé teszi a pontfelhők gyors és hatékony rögzítését és feldolgozását már a helyszínen.



Az alkalmazás tulajdonságai:

- Pontfelhő-rögzítés: pontfelhő rögzítése távoli vezérléssel
- Adatok rögzítése: lehetőség van képek, videók vagy más adatok rögzítésére a helyszínen, abban az esetben ha nem elég az információ, melyet a pontfelhő tartalmaz. Tudunk rögzíteni meta adatokat, melyeket majd a szoftverbe importálva is láthatunk.
- Automatikus regisztráció: A tableten míg a szkennelés tart, azokat a méréseket, melyek már elkészültek, az automatikus regisztrációval egymáshoz tudjuk illeszteni, ez segíti gyorsítani a későbbi irodai munkát.

A linkelést 3D-ben is elvégezhetjük, mivel már valós időben láthatjuk a redukált információtartalommal rendelkező felmért pontfelhőt.

- Adatok exportálása: A szoftver lehetővé teszi a rögzített adatok exportálását akármelyik Leica Cyclone szoftverbe, vagy más szoftverekbe a további feldolgozáshoz.

A kápolna kézi mérése hagyományos módszerekkel már egy évvel korábban megtörtént, ekkor a tetőszerkezet is fel lett mérve kézi mérőszalaggal és méteressel. A mérést három napig két építész készítette.

Jelen felmérés során 11 állást rögzítettem, melynek színes pontfelhő lett a produktuma, színes panorámaképekkel, az összpont mennyiség: 125,394,381 db pont.

SiteMap 1

Bundle Count:

1

Setup Count:

11

Link Count:

13

Point Count:

125,394,381

UCS

Active

Name

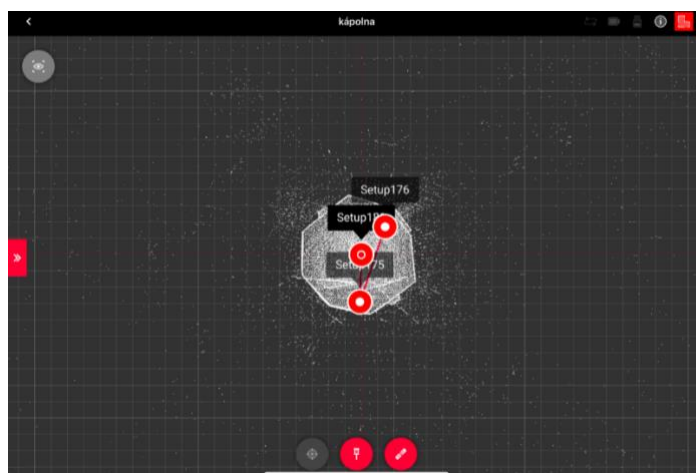
Setup

Reference Point

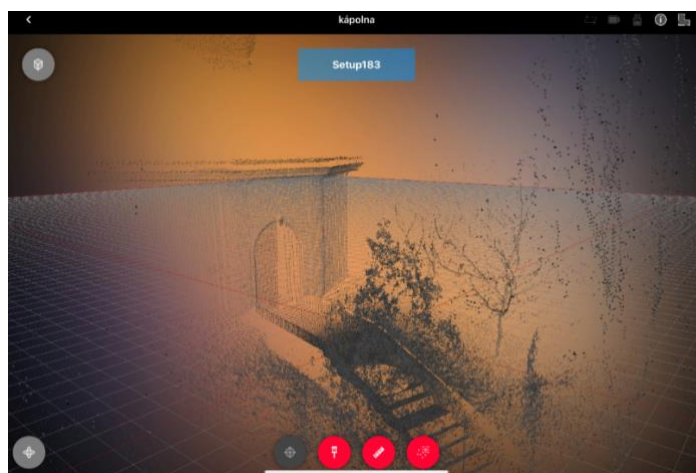
Heading

Using GPS

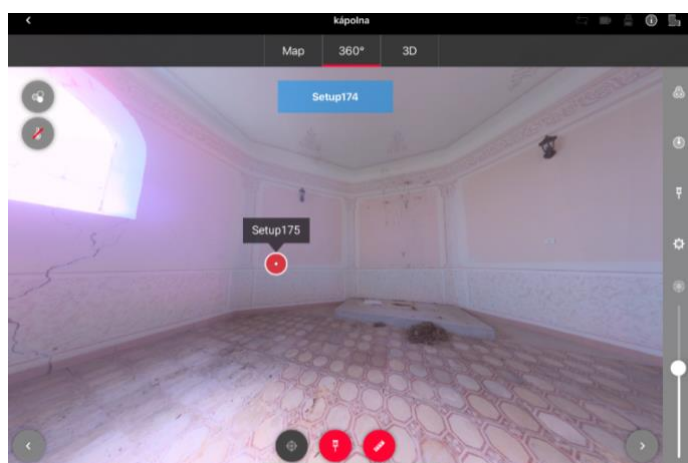
29. ábra Kész pontfelhő adatai



30. ábra Cyclone FIELD 360 alkalmazása terepen



31. ábra Cyclone FIELD 360 alkalmazása terepen



32. ábra Felmérés közbeni valós idejű panorámakép tableten

5.3.4 Lézerszkenneres felmérés feldolgozása, pontfelhők regisztrálása

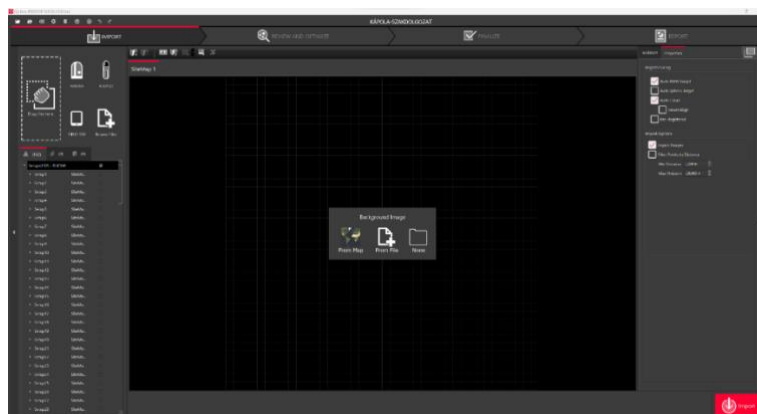
A lézerszkennelés eredménye az az összeregisztrált pontfelhőhalmaz, melyeket az állásonkénti mérésekből kapunk. Én helyszínen nem regisztráltam előre a tableten a pontfelhőket hanem az irodai utófeldolgozást választottam mivel tisztítani is szerettem volna fájlt.

A terepi felmérés után a Cyclone Register 360-as szoftverrel dolgoztam. Ez a programot a lézerszkenneres felmérések feldolgozására és a pontfelhők regisztrálására használják. Számos olyan funkcióval rendelkezik, amelyek lehetővé teszi a felhasználók számára a gyors és precíz feldolgozást és regisztrálást. Előnye a programnak, hogy nagyon egyszerű felülettel rendelkezik, felhasználóbarát és könnyű megtanulni.

A program képes a lézerszkenneres adatokat automatikusan is regisztrálni. E folyamat során a program algoritmusokat használ, amely a rendelkezésre álló adatok alapján összefésüli azokat a lehető legnagyobb pontossággal. A manuális regisztrálási módszer során a felhasználók pedig a pontfelhőket manuálisan illeszthetik össze.

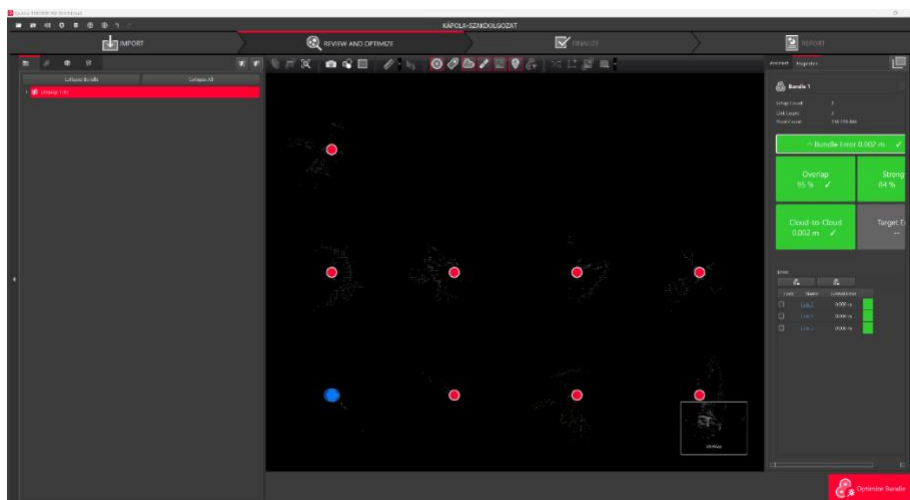
A Register 360 szoftver használható a pontfelhők zajszerűsítésére is. Erre akkor van szükség, amikor az épületben sok visszaverődő felület található. Ilyen felületek az ablakok, a tükrök vagy a fényes bevonatú objektumok.

Az irodai munka a mért pontfelhők importálásával kezdődött a BLK360 G1-es lézerszkennerből. A pontfelhők importálása akár órákig is eltarthat, mivel vezeték nélküli adatátvitelről beszélünk a szkennerek és a fogadó PC között.



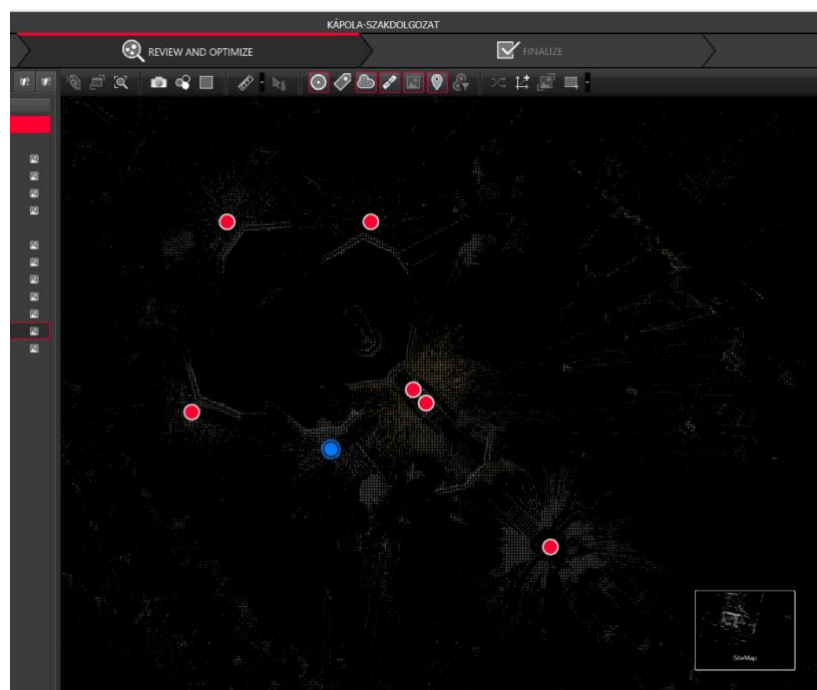
33. ábra A Cyclone Register 360 kezelőfelülete

Az importált adatok, amelyekkel dolgoznunk kell egyenként jelennek meg a kezelőfelületen. Mikor betöltöttük az összes scant, kezdődhet a szkenek szétválogatása.



34. ábra Importált pontfelhők

Első lépésként a külső méréseket és a belső méréseket szétválasztom és külön regisztrálom azokat.

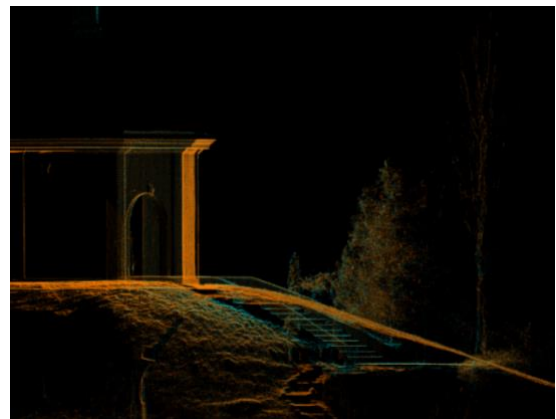
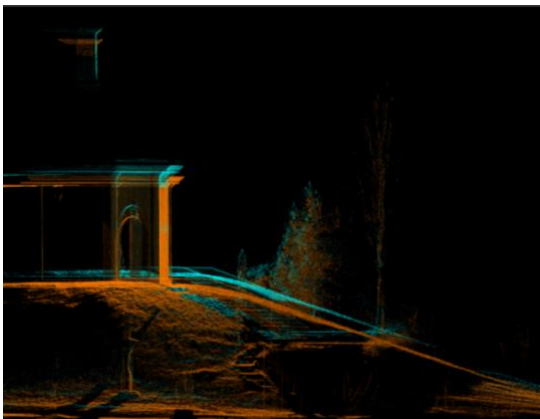


35. ábra Pontfelhők szétválogatása

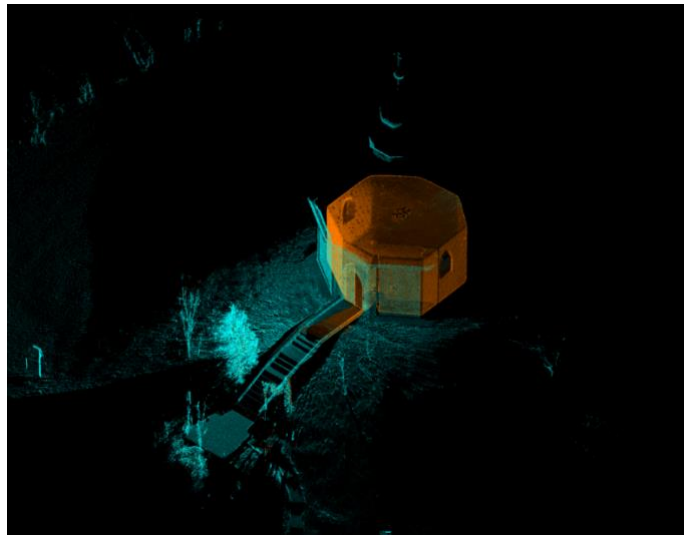
A regisztráció során segítségül hívom a program tulajdonságait is. Két állás linkelése során ezeket a lehető legközelebb helyezem el egymáshoz alaprajzi és metszeti vetületben egyaránt.

A két külön mérés két jellegzetes színt kap a program által, mely nagyban segít abban, hogy könnyen megkülönböztethetők és egymáshoz illeszthetők legyenek.

Ha elég nagy az átlapolás a két mérés között, a program ezt felismeri és az Optimize Cloud paranccsal megerősíthetjük azt, hogy a két felhőt egymáshoz kapcsolja.



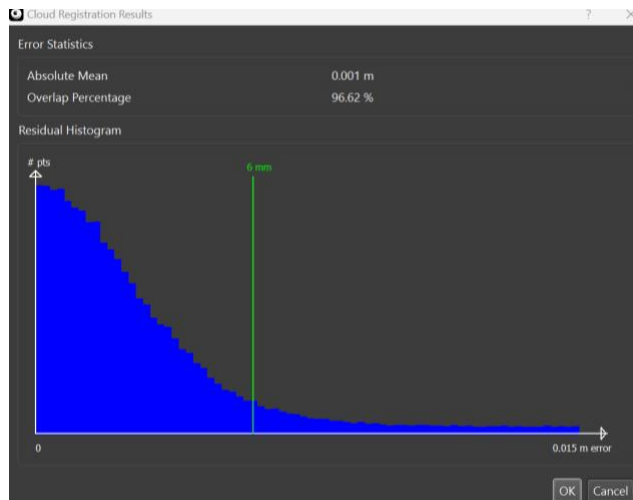
36. ábra Két felhő összekapcsolása metszetben



37. ábra Két felhő összekapcsolása 3D-ben

Az összekapcsolás után kapunk egy hisztogramot a regisztrációs kimutatásáról, amelyből pontos adatokat kaphatunk arról, hogy a két pontfelhőt milyen pontossággal sikerült

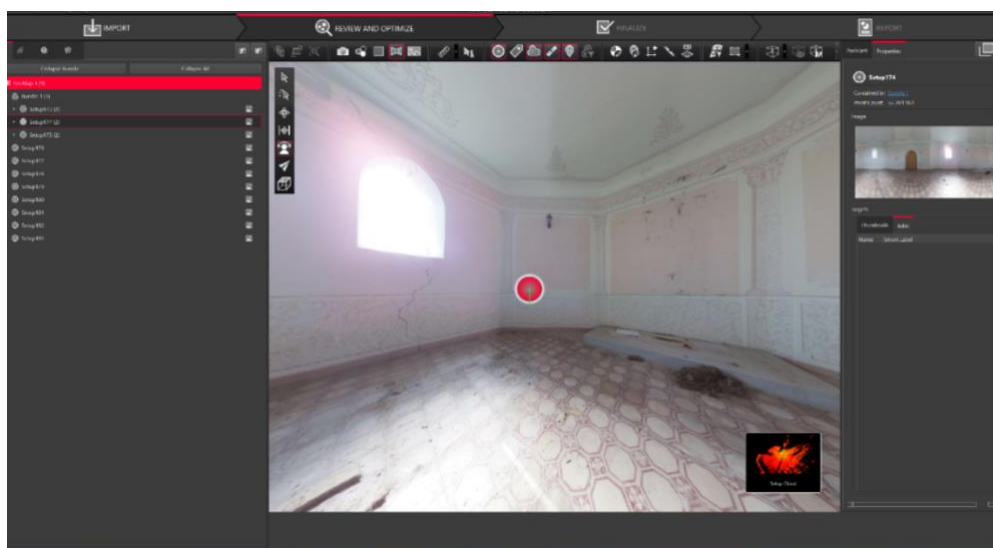
összeilleszteni és hány százalékos az átlapolás. Jelen esetben a két felhőnél a pontosság: 0.001m és az átlapolás százaléka: 96,62 % lett.



38. ábra Felhő regisztrációs hisztogram

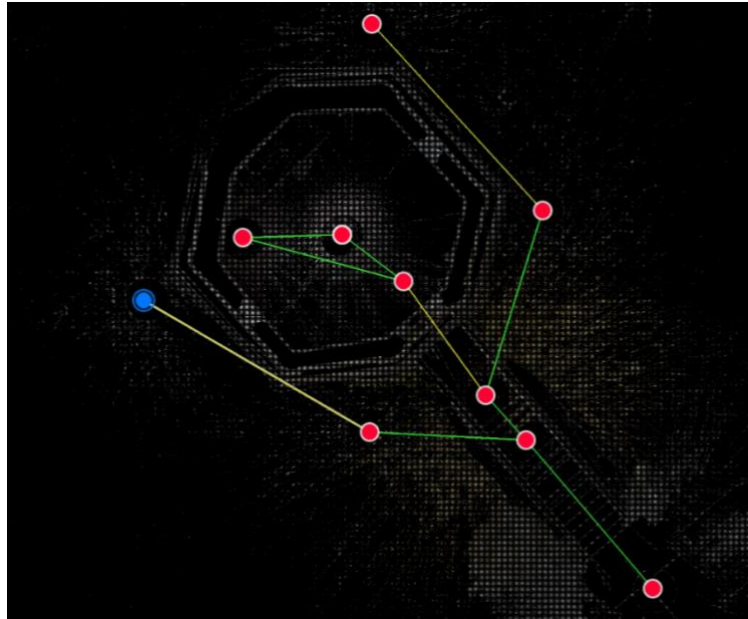
E módszer alkalmazásával regisztráltam össze a felvett állások pontfelhőit beltérben és kültérben. Miután külön-külön a kinti és a benti állásokat összefésültem két olyan mérőpontot kerestem, amely a belső és a külső teret is egyaránt rögzítette. Ez a kapocs, amely alapján összeilleszthető a kültér a beltérrel.

Abban az esetben, mikor bizonytalan voltam a pontfelhők pontos helyzetéről a 3D panorámaképek segítséget nyújtottak a tájékozódásban.



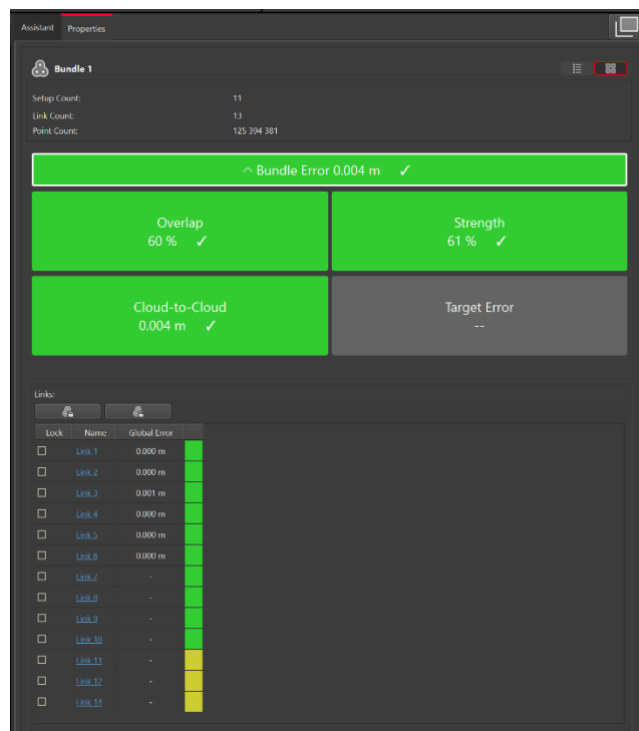
39. ábra 3D panorámakép ellenőrzéshez

A végső pontfelhő alaprajzi vetülete a következő lett:



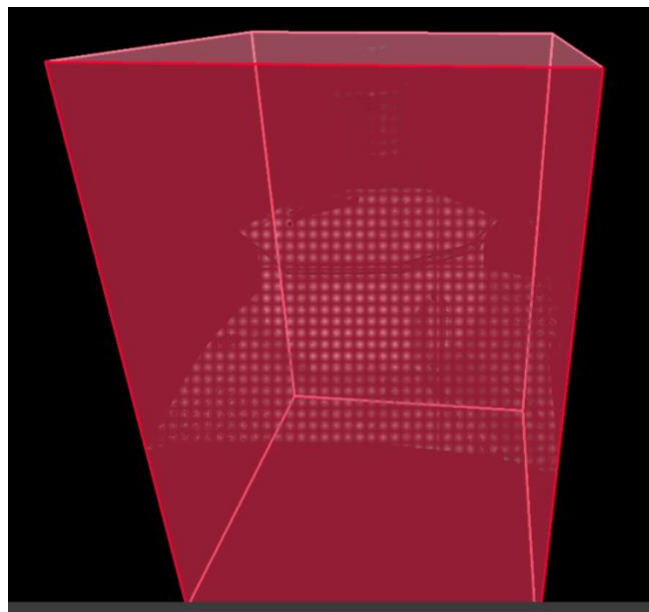
40. ábra Pontfelhő végső alaprajzi vetülete

A regisztrálás és linkelés befejeztével kapunk egy kimutatást arról, hogy az összeregisztált pontfelhő milyen pontos, milyen átfedettség van egyes felhők között és a linkek között mi a maximális globális pontatlanság.

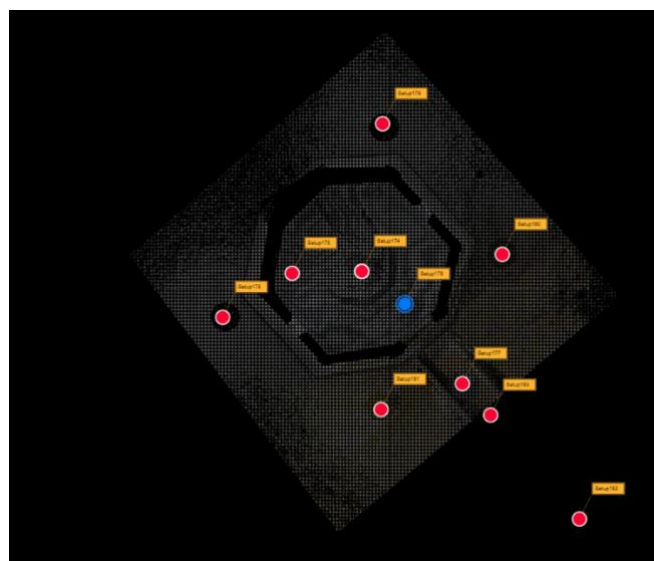


41. ábra Regisztrálás kimutatása

Végül Limit Box-szal választhatjuk ki azt a részét az épületnek/területnek, amelyet exportálni szeretnénk. Fontosnak tartom azt, hogy ezt a funkciót használjuk, mivel ezzel lenyeshetők azok a pontok, melyek véletlenül hibásan kerülhettek bele a ponthalmazba. Itt különös tekintettel kell lenni akkor, ha külső méréseket is végzünk. Amennyiben távoli zaj marad a fájlban, ez hátráltatja a későbbi feldolgozást a modellező programban. Exportáláshoz egy kis Limit Box-ot készítettem és az ezen kívül eső pontokat töröltem az adathalmazból.



42. ábra Limit Box használata

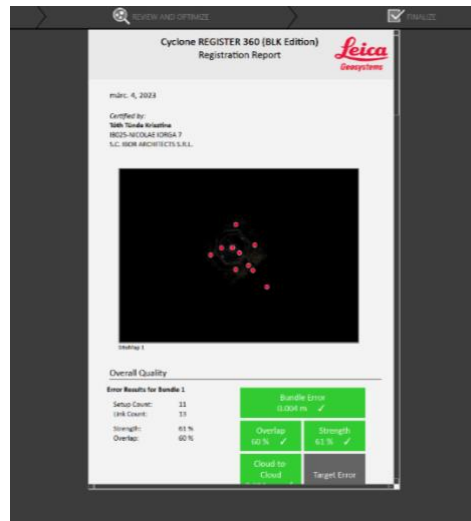


43. ábra Limit Box használata

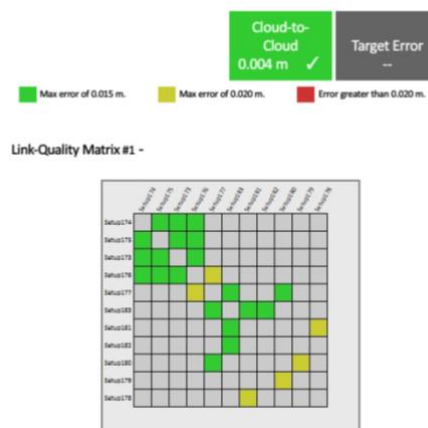
Utolsó lépésként következik az, hogy kiválasszuk a formátumot, melyben exportálni fogjuk a pontfelhőt.

Sok formátum közül lehet választani a Register 360-ban: TrueView, PTS,PTG,PTX,E57, PCP. A mentés jelen esetben E57 formátumban fog történni mivel a pontfelhő modellezését az Archicad programba fogom beolvasni és a felhő 3D modellezéses feldolgozása is itt fog megvalósulni.

A pontfelhő mellé egy reportot is készítek, ahol a pontfelhő összes adata fel van tüntetve, abban az esetben, ha mégjobban szemügyre szeretnénk venni a pontosságát.

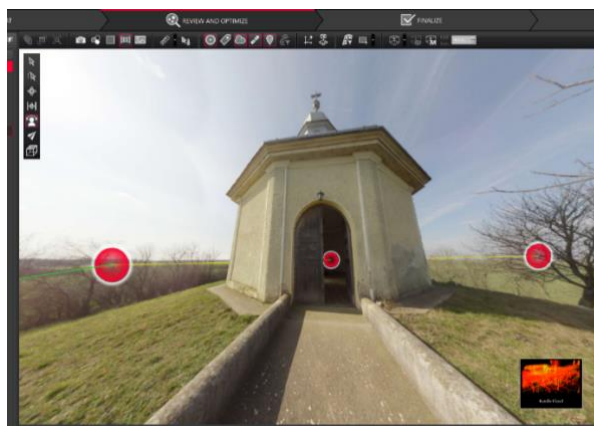


44. ábra Report az elkészült anyagról



45. ábra Report az elkészült anyagról

Pontfelhő mentésén kívül lehetőségünk van panorámaképeket exportálni illetve virtuális túrát készíteni igény esetén.



46. ábra, Virtuális túra nézete Cyclone Register 360 programban



47. ábra, Belső panorámakép valós színekkel a kápolnáról



48. ábra, Belső panorámakép Hue/Intensity Map funkcióval

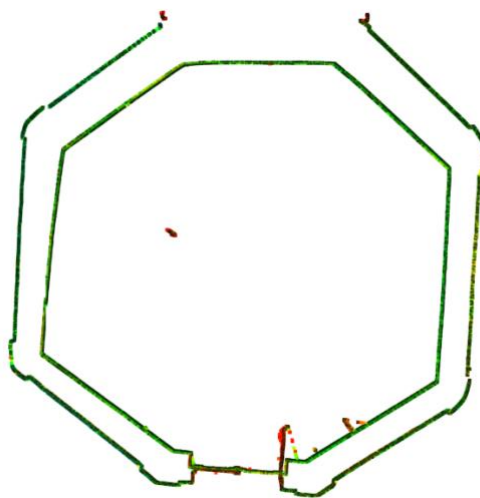


49. ábra, Külső panorámakép valós színekkel a kápolnáról

Pontfelhő exportáláson kívül ortofotókat is készíthetünk alaprajzokról, homlokzatokról és metszetekről is. Én Hue/Intensity Map vizualizációs eszköz segítségével hoztam létre színes rajzokat/szeleteket az épületről.

A Hue (Színárnyalat) a színtér egyik alapvető jellemzője, amely lehetővé teszi, hogy a pontfelhőkben lévő pontokat színekkel jelöljük meg. Az Intensity (intenzitás) pedig az adott pontok árnyékoltságát, azaz a lézerpontok intenzitását jeleníti meg.

Ezzel a funkcióval létrehozott adatok a felhő vizuális elemzését és értelmezését könnyebbé teszi, egyszerűbben lehet magasságmeghatározást, felszíni textúrákat és egyéb jellemzőket vizsgálni.



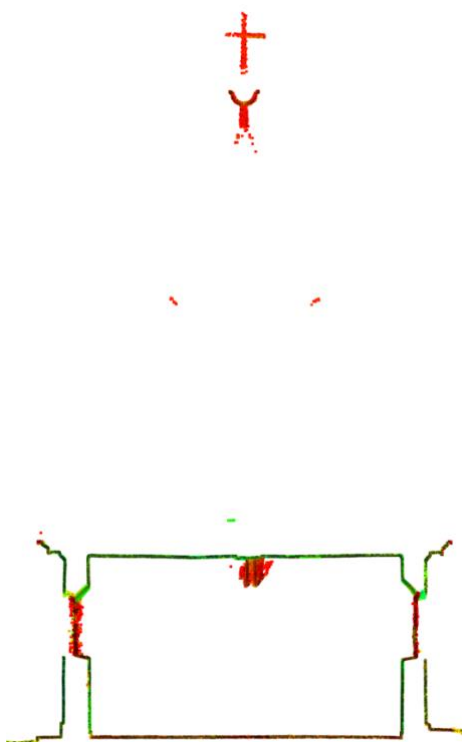
50. ábra, Kápolna pontfelhő, 10 cm-es magassági szelet



51. ábra, Kápolna pontfelhő, 2 m-es magassági szelet



52. ábra, Kápolna homlokzati pontfelhő



53. ábra, Kápolna pontfelhő-metszet

5.3.5 3D modellezés pontfelhő alapján

A pontfelhő feldolgozást az Archicad program segítségével fogom elkészíteni. Azért ezt a programot választottam, mert véleményem szerint ez a legegyszerűbben kezelhető program, amely kielégíti az egyszerű modellezés igényét.

Az Archicad alapvetően egy professzionális építészeti tervezőprogram, melyet a Graphisoft cég fejlesztett ki. Első verziója 1982-ben jelent meg és azóta folyamatosan fejlesztik. Jelenleg a legfrissebb verzió az ArchiCAD 26 nevet viseli.

Az Archicad az építészeti tervezés teljes folyamatát támogatja, kezdve a tervezéstől az utolsó 2D-s dokumentációig. Az épületek teljes modelljeit képesek vagyunk létrehozni, beleértve a falakat, ablakokat, ajtókat, tetőket, padlókat és lépcsőket. Az épületek modellezése mellett pedig a környezeti adottságok rögzítése is történhet a programon belül amennyiben pontos adatszolgáltatásunk van a környezetről.

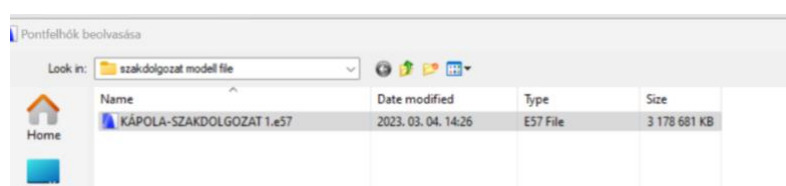


Az Archicad program egy széles körben használt tervezői szoftver, mely lehetővé teszi az építészek és a tervezők számára, hogy pontos és részletes épületmodelleket készítsenek. Az Archicad előnyei közé tartozik, hogy képes importálni és exportálni számos formátumot, beleértve a geoinformatikai adatokat is, amelyek segítségével lehetőség nyílik az épületmodellek helyszín-specifikus információkkal való kiegészítésére.

Az Archicad és a geoinformatikai adatok együttes alkalmazásával az épületek pontosabb helyszíni elhelyezése valósítható meg. Az ArchiCAD előnyei közé tartozik még az, hogy a program képes integrálni a különböző geoinformatikai szolgáltatásokat, mint például a térképes szolgáltatásokat és az adatbázisokat is ezáltal a felhasználók könnyen hozzáférhetnek a helyszíni adatokhoz és információkhoz.

Előnyök között említhetjük még azt, hogy kompatibilis számos más tervezőprogrammal, mint például az AutoCad-del és a SketchUp-pal is. Ez azért praktikus, mert az adatok átvitele és a tervezési kollaboráció egyszerűsödhet.

Az Archicadben való munkát a pontfelhő importálással kezdtem. A File menüben kell kiválasztanunk a pontfelhő állományt, amellyel dolgozni fogunk. Jelen esetben az E57 fájlformátumot töltök be. Az Archicad az E57 formátumon kívül, támogatja még a .LAS, .XYZ, .PTS, .PLY fájlformátumokat is.



54. ábra Pontfelhő importálása Archicadbe

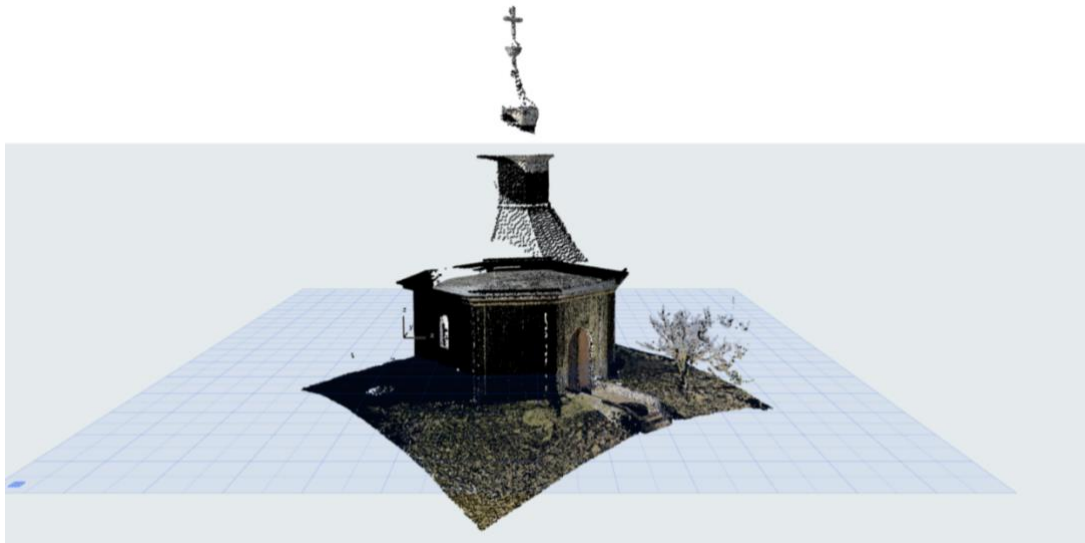
A pontfelhő adatállománynak a nagy részét töröltem Limit Box-szal a Register 360-ban így az importált adathalmaz mérete 3,2 GB-nál megállt. Ez a fájl méret még problémák nélkül kezelhető az Archicadben.

A pontfelhő importálása után első lépésként mivel georeferáltuk a fájlt az előző programban, itt is szükséges beállítani azt, hogy hol helyezkedik el pontosan az épületünk a koordináta rendszerben.

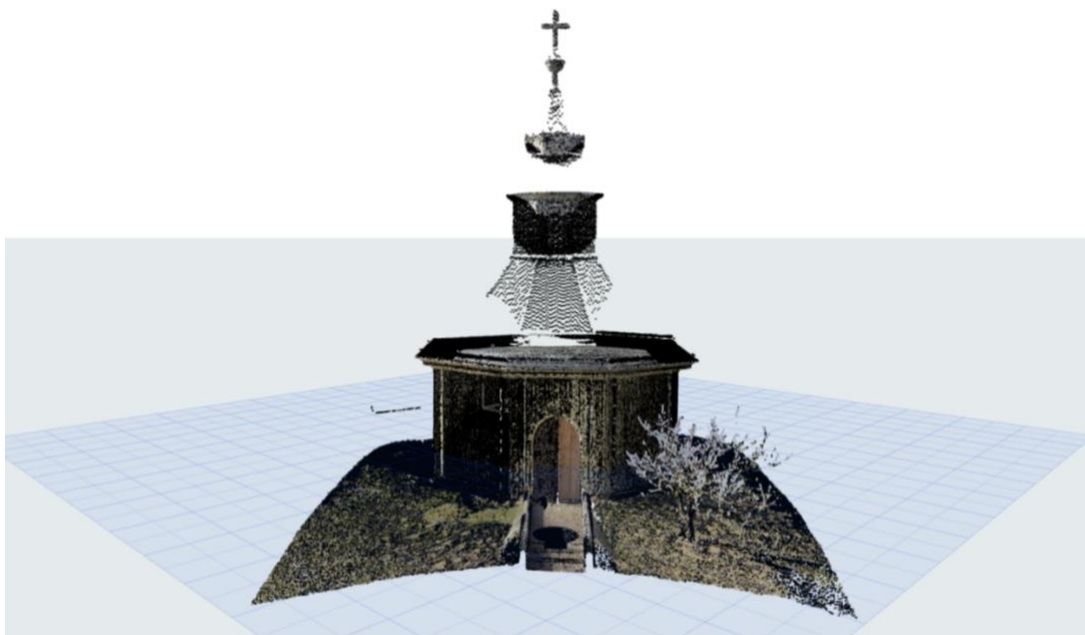
A pontfelhő feldolgozás következő lépéseként elkezdem vizsgálni az adathalmazt. Megnézem a kérdéses részeket, esetleg található-e kitakart rész a felhőben. A pontfelhőt alaprajzban, metszetben és 3D-ben is vizsgálom. A színes pontthalmaznak köszönhetően könnyen észrevehetőek azok a kérdéses részek, melyek miatt ez a felmérés készült.

Mivel a tetőszerkezetet nem volt lehetőség felmérni lézerszkennerrel, ez hiányosan szerepel a felhőben. Mivel a szkennert a földről látható részeket regisztrálta, így a tető

formája és magassága is rögzítésre került.



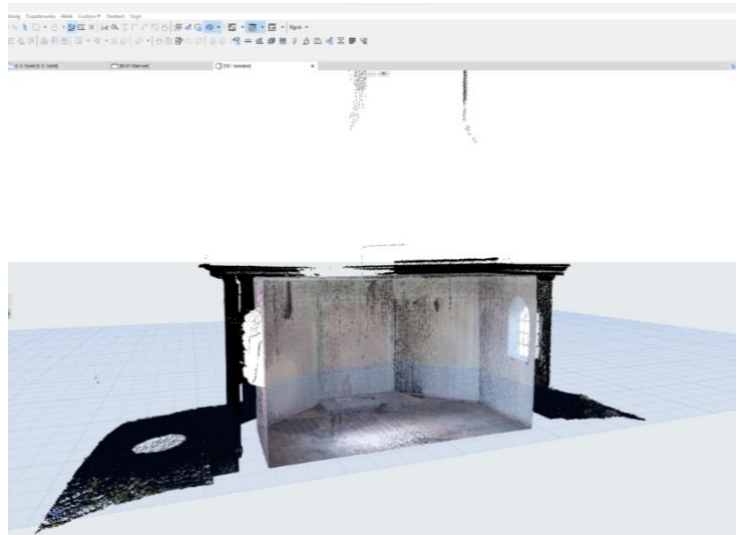
55. ábra, Kápolna 3 dimenziós nézete Archicad programban



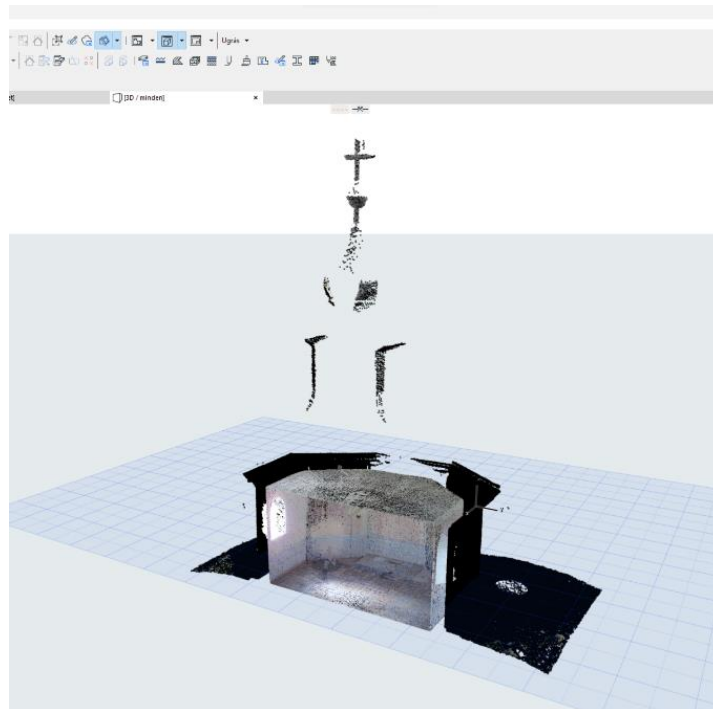
56. ábra Kápolna 3 dimenziós nézete Archicad programban

A pontfelhő tanulmányozásához és modellezéséhez az épületet szeletekre szükséges vágni/bontani, ami elsősorban vízszintes és függőleges metszeti síkokkal valósítható meg. Modellezés során én 10 cm-es metszeti síkokkal dolgoztam.

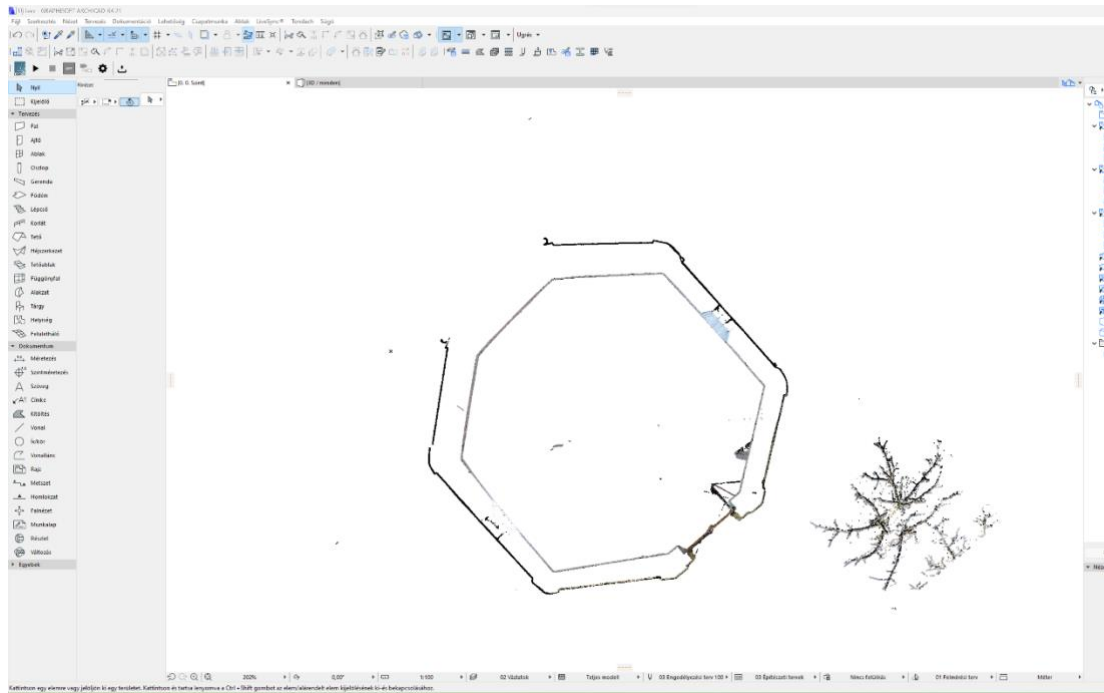
Az Archicad programban a pontfelhő szerkesztésére nincs már lehetőség, amennyiben pontokat vagy épületrészeket szeretnénk törölni, ezért gondosan szükséges előkészíteni a pontfelhőt még mielőtt azt a modellező programba importáljuk



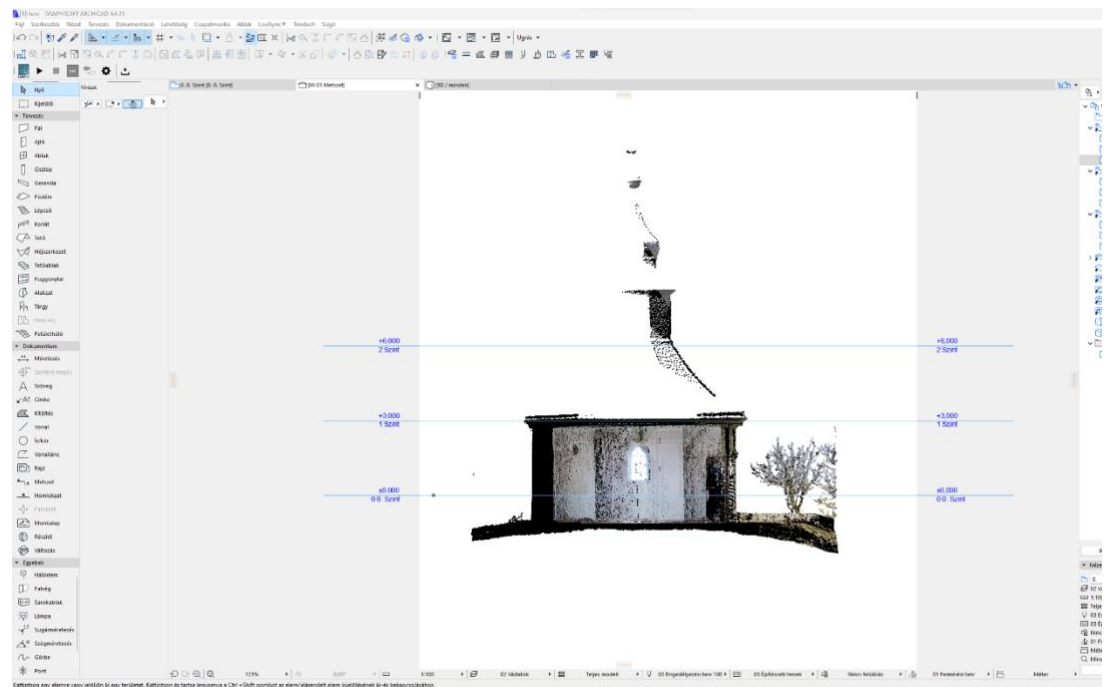
57. ábra Kápolna 3 dimenziós nézete Archicad programban



58. ábra Kápolna 3 dimenziós nézete Archicad programban



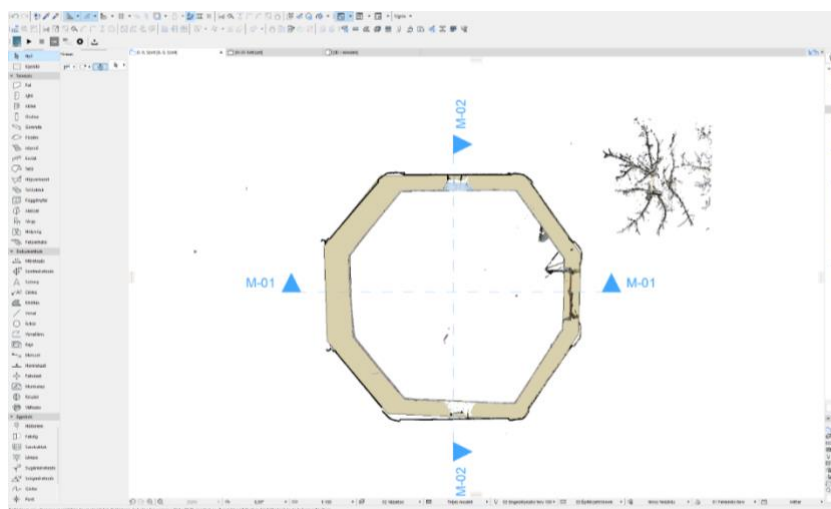
59. ábra Kápolna alaprajzi nézete ArchiCAD programban



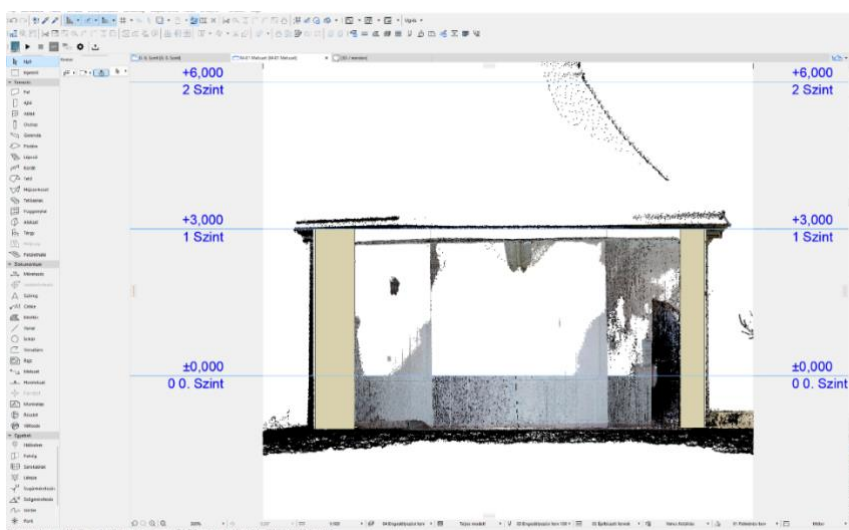
60. ábra Kápolna metszeti nézete ArchiCAD programban

A 3 dimenziós modellezésre az Archicadban számos lehetőségünk van. Én egyszerűen a fal eszközzel fogom a falakat rögzíteni, a padozatot és a födémszerkeszetet födémelemekből.

A modellezés során folyamatosan szükséges figyelni arra, hogy valós méretekkel, görbületekkel, esetleges kihajlásokkal számoljunk. Amennyiben egy elem nem egyenes, azt több falszakaszból szükséges rögzíteni. A folyamatos ellenőrzés a pontfelhő és a modell elemek között elengedhetetlen, amennyiben a LOD 300-as szintnek akarunk megfelelni.



61. ábra Kápolna alaprajzi nézete Archicad programban 3D modell elemekkel



62. ábra, Kápolna metszeti nézete Archicad programban 3D modell elemekkel

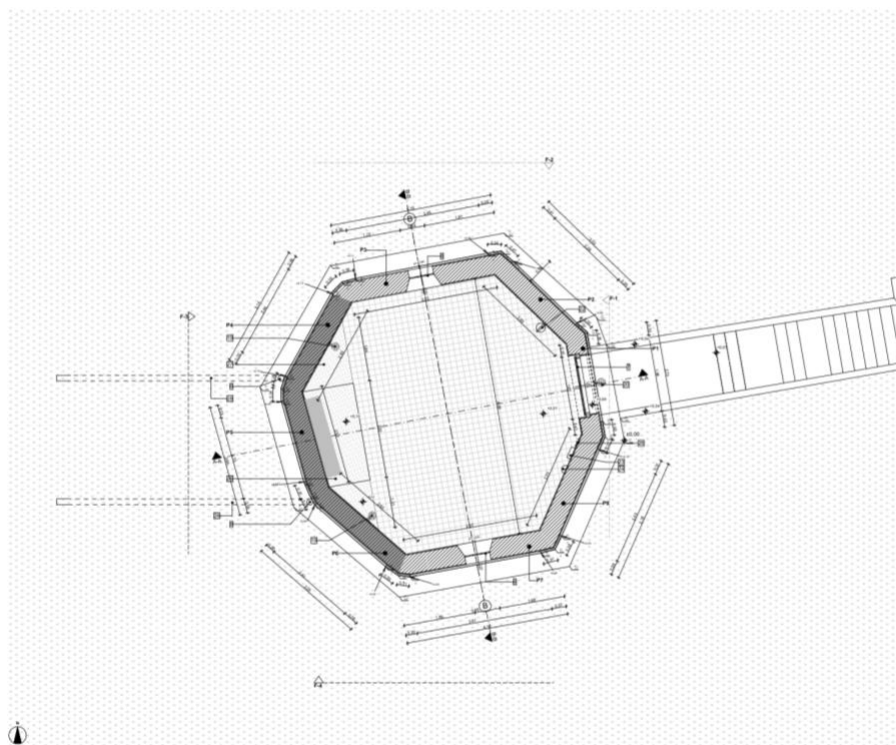
A terepet a geodéziai adatok alapján modelleztem. Ebben az esetben nem hagyatkoztam a lézerszkennerre, mivel a vegetáció a domboldalon magas volt, a bokrok és a magas fű a talaj szintjét eltakarták, így az esetleges pontatlanság miatt a geodéziai adatokra vettem figyelembe.

A tetőszerkezeti rajzokat a lézerszkennelés után kellett összefésülni a milliméter pontos modellel.

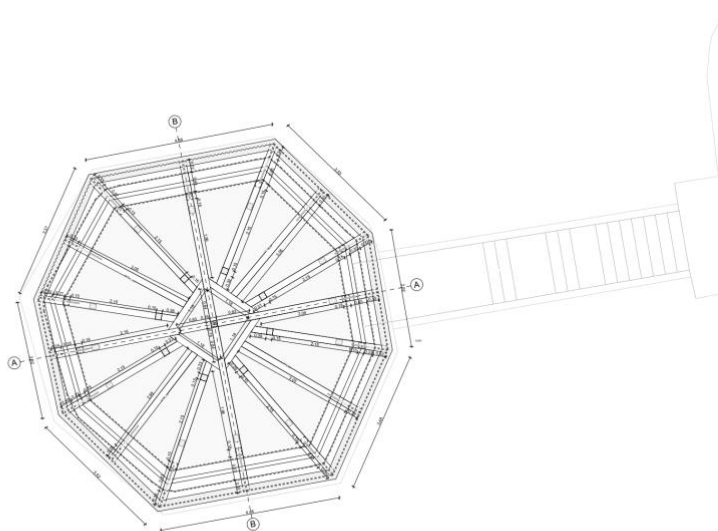
A 3D modellezés befejeztével elkészült a 3D digitális ikerje a dombon álló kápolnának.

Ez alapján pedig elkészültek a 2D felmérési rajzok, melyeket használni lehet a továbbtervezés során.

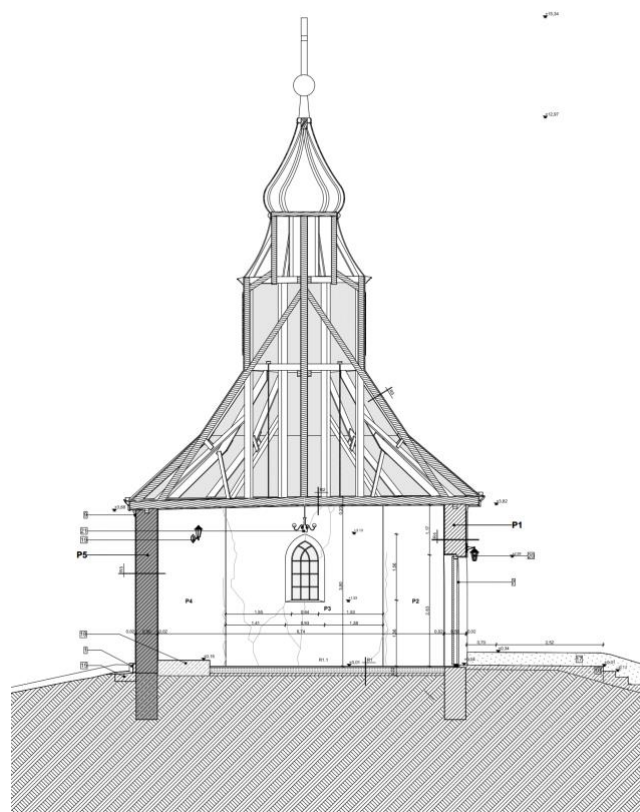
A következő ábrák néhány válogatás az elkészült felmérési dokumentáció rajzi anyagából.



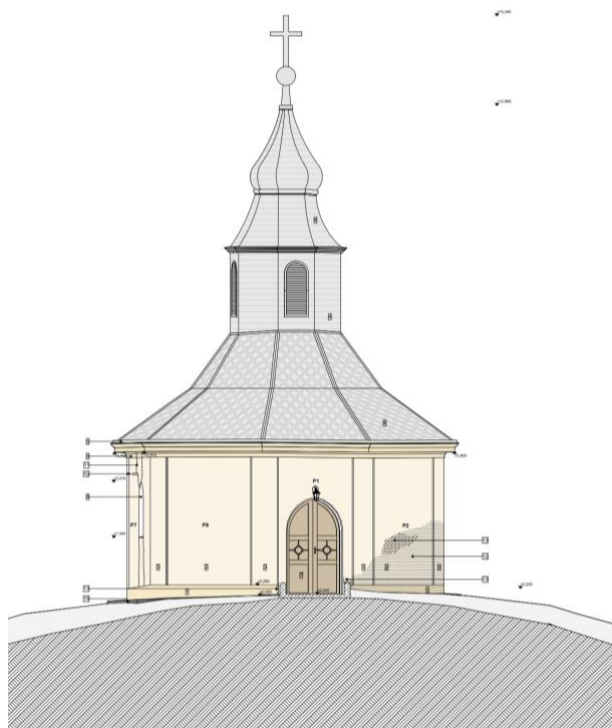
63. ábra Kápolna 2D felmérési alaprajza



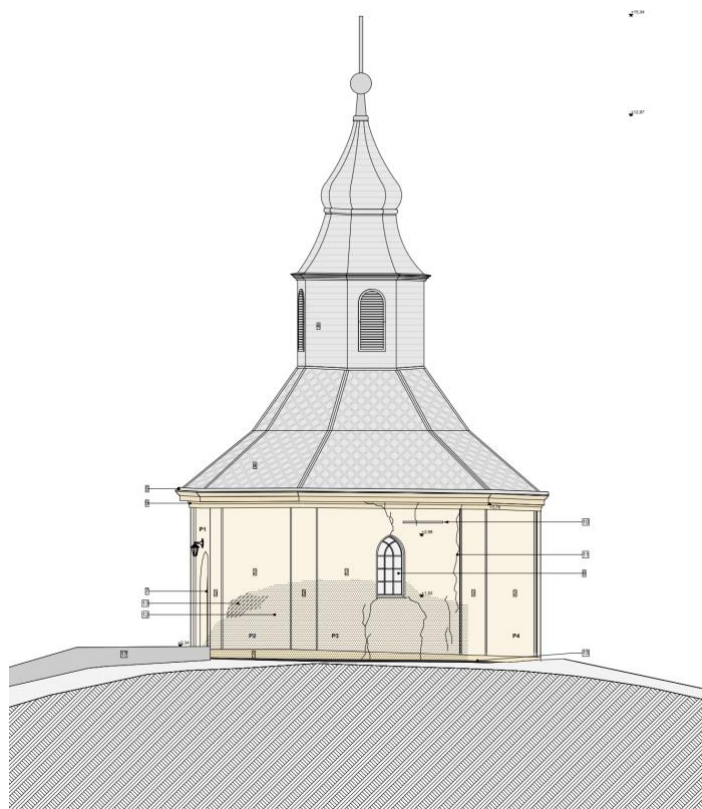
64. ábra Kápolna 2D felmérési tetőszerkezeti alaprajza



65. ábra Kápolna 2D felmérési keresztmetszete



66. ábra Kápolna 2D felmérési homlokzata



67. ábra Kápolna 2D felmérési homlokzata

Az épület lézerszkenneres felmérése nem csak a tervezés előtt kerül dokumentálásra hanem a kivitelezés alatt is fázisonként pontfelhős felmérés fog készülni. Ez nem csak a kivitelezés nyomkövetését és ellenőrzését teszi lehetővé, hanem egy olyan komplex állapotát rögzítjük az épületnek a felújítása során, melyet a későbbiekben akármikor elő lehet venni további felújítások vagy módosítások esetén.

6. JÖVŐBE TEKINTÉS, TECHNOLÓGIAI FEJLŐDÉSEK

A Lidar technológia jövője nagyon ígéretesnek és gyorsan fejlődőnek tűnik. A Lidar már most számos területen alkalmazható: az autonóm járművek szenzoraiban, a drónok rendszereiben, az információs rendszerekben, 3D modellkészítésben, az építőiparban.

A technológia folyamatosan fejlődik és egyre hatékonyabbá válik. Az új szenzorok és rendszerek egyre nagyobb adathalmaz felvételezésére képesek, egyre nagyobb hatótávolságot képesek lefedni és egyre pontosabb adatgyűjtést tesznek lehetővé. A technológia fejlődésével és a minél újabb gépek megjelenésével a szkennelési idő is lerövidül, így a munkafolyamatok egyre gyorsabban elvégezhetőek.

A pontfelhők feldolgozásában valószínűleg nagy előrelépésnek fog számítani a mesterséges intelligencia használata. A lézerszkennelés és az MI integrációja valószínűleg sokkal gyorsabban és sokkal nagyobb adathalmazok kezelésére és kiértékelésére lesz képes. Az MI segíthet a pontfelhők elemzésében, az objektumok azonosításában is. A pontfelhő zajok szűrése és a pontfelhő tisztítás valószínűleg néhány kattintással elvégezhető lesz, nem lesz szükséges ezeket manuálisan szelektálni.

Előrelépésnek fog számítani szintén az a momentum, mikor automatikusan szétválaszthatóak lesznek a különböző berendezési objektumok és az épületszerkezetek. Jelenleg vannak már kezdeményezések de még nem fejlődött ki olyan szinten a technológia, hogy ez a mindennapi munkánk során használható lehetne.

Szintén egy következő lépcsőfok lehet az, mikor a pontfelhő alapján a kiértékelés során az élőmunkás pontfelhőfeldolgozást és a 3D modellezés folyamatát a szoftver fogja

elkészíteni helyettünk, ami nagyban felgyorsítaná a terepi felmérés és a kész 3D modell elkészítése között eltelt időt.

A rengeteg előnye mellett a lézerszkenneléses felmérés néhány hátránnyal is rendelkezik. Az egyik az az ár. Jelenleg a 3D lézerszkennelő eszközök és a hozzájuk tartozó szoftverek nagyon drágák és ez korlátozhatja a kisebb cégek és szakemberek hozzáférését. Ezen kívül a munkaerő költségek is magasak mivel a feldolgozáshoz szakértői tudásra és tapasztalatra van szükség. A szakértői tudás és tapasztalat hiánya korlátozhatja a kinyert adatok értelmezését, melyek kulcsfontosságúak lehetnek az épületre vonatkozó pontos információkhoz.

Hátrányok közé sorolhatjuk még azt, hogy a gyakran előforduló probléma az a nagy adathalmazok kezelése és feldolgozása. Az ilyen mennyiségű adatok feldolgozásához nagy teljesítményű munkaállomásra van szükség, amely akadkozás nélkül könnyedén tud több gigabájtnyi adattal dolgozni.

Összességében, a 3D lézerszkennelés nagyon hasznos, elengedhetetlen és hatékony technológia, de fontos figyelembe venni az említett hátrányokat és kihívásokat annak érdekében, hogy hatékonyan használhassuk a munkásságunk során.

7. ÖSSZEFOGLALÓ

Az előttünk álló időkben az építészeknek, restaurátoroknak, építőiparnak nehézséget okozott a meglévő épületek, műemlékek, régészeti lelőhelyek dokumentálása és a fennmaradó 2D papíralapú dokumentumok megbízhatósága. Azonban az új technológiák, mint a bemutatott lézerszkennelés és pontfelhő készítés majd modellalkotás, megoldották ezt a problémát.

Szakdolgozatom bemutatta a Nagykároly mellett helyezkedő Szentháromság kápolna lézerszkenneléses felmérésének folyamatát, az ebből származó pontfelhők regisztrációját és feldolgozását, a 3D modellalkotást az Archicad programban majd ezen adatok alapján a 2D végleges dokumentációját.

A lézerszkennelés során a kápolna minden részletét pontosan rögzítettem, amire engedélyt kaptunk, a tetőszerkezetet hagyományos kézi méréssel mértem fel.

A pontfelhőből milliméter pontos 3D modellt hoztam létre a kápolna külső és belső részeiről. A 3D modell létrehozása elengedhetetlen volt, mivel ez teszi lehetővé, hogy a későbbiekben más mérnökök is használhassák a kinyert információt.

A felmért adathalmaz lehetővé teszi, hogy virtuális túrát végezzen a megrendelő a kápolna belsejében-külsőjében és felfedezzék a kérdéses részleteket.

A modell alapján elkészült a 2D dokumentáció is, mely biztosítja, hogy az adatok könnyen érthetőek és könnyen használhatóak legyenek a jövőbeni restaurálások, kutatások és módosítások során. A 2D dokumentáció az épület minden részletére kiter, melyet a lézerszkennelés technológiájával rögzíteni tudtunk, beleértve a falak, az ablakok és az ajtók részletes rajzait is.

A lézerszkennelés, pontfelhő és a modellalkotás tehát számos előnnyel jár az építészek, régészek és építőiparban dolgozók számára. Ez a technológia egyre fontosabbá válik a szakma számára, mely egyben felgyorsítja és pontosabbá teszi a dokumentációs folyamatot.

Összefoglalva, a lézerszkennelés és a pontfelhők jövője nagyon ígéretesnek tűnik, különösen az MI integrációjával. Az MI képességei lehetővé teszik majd, hogy nagyobb hatékonysággal és pontossággal használhassuk ezeket a technológiákat.

8. SUMMARY

In the past, architects, restorers, and the construction industry faced difficulties with the documentation of existing buildings, monuments, and archeological sites, as well as the reliability of the 2D paper-based documentation. However, new technologies, such as laser scanning and point cloud creation followed by modeling, have disrupted and solved this problem.

My thesis presented the process of laser scanning surveying a chapel near Nagykároly, the registration and processing of the resulting point clouds, the 3D modeling in Archicad, and the final 2D documentation based on this data.

During the laser scanning process, I precisely recorded every detail of the chapel that we had permission to survey, while manually measuring the roof structure using traditional methods.

From the point cloud, I created a millimeter-accurate 3D model of the exterior and interior of the chapel. The creation of the 3D model was essential, as it allows for other professionals to use the extracted information in the future.

The surveyed dataset allows the client to take a virtual tour inside and outside the chapel and explore the relevant details. Based on the model, the 2D documentation was also created, which ensures that the data is easily understandable and usable for future restorations, research, and modifications.

The 2D documentation covers every detail of the building that we were able to capture with laser scanning technology, including detailed drawings of walls, windows and doors.

Laser scanning, point clouds and modeling offer numerous advantages for architects, archeologists and those in the construction industry. This technology is becoming increasingly important for the profession, as it speeds up and makes the documentation process more accurate.

In summary, the future of laser scanning and point clouds looks very promising, particularly with the integration of AI. The capabilities of AI will allow for greater efficiency and accuracy in using these technologies.

9. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] N. Nándor Antal, „Beltéri geodéziai mikrohálózat létesítésének tapasztalatai,” [Online]. Available: <https://docplayer.hu/106173235-Belteri-geodeziai-mikrohalozat-letesitesenek-tapasztalatai.html>. [Hozzáférés dátuma: 13 április 2023].
- [2] B. Valéria, Fotogrammetria FOT-1 jegyzet, Székesfehérvár, 2011.
- [3] „http://www.vilaglex.hu/Lexikon/Html/Legifeny_.htm,” [Online].
- [4] A. Einstein, „The Quantum Theory of Radiation,” [Online]. Available: <https://s3.cern.ch/inspire-prod-files-9/9e9ac9d1e25878322fe8876fdc8aa08d>. [Hozzáférés dátuma: 13 április 2023].
- [5] V. W. Malgorzata, FOTOINTERPRETÁCIÓ ÉS TÁVÉRZÉKELÉS FOI-3, SZÉKESFEHÉRVÁR: Copyright © Nyugat-magyarországi Egyetem 2011, 2011.
- [6] „<https://docplayer.hu/2950114-Lezertechnika-a-mernokgeodeziaban.html>,” [Online].
- [7] „<http://atomnet.pl/~geodeta/1999/45text.htm>,” [Online].
- [8] D. B. Lohani, „Airborne Altimetric LiDAR: Principle, Data Collection, Processing and Applications,” [Online]. Available: http://home.iitk.ac.in/~blohani/LiDAR_Tutorial/Airborne_AltimetricLidar_Tutorial.htm.
- [9] „Beszkennelik Budapestet,” [Online]. Available: <https://www.origo.hu/auto/20150428-karesz-neven-keszul-budapest-haromdimenzios-terkepe.html>. [Hozzáférés dátuma: 14 04 2023].
- [10] „<https://shop.leica-geosystems.com/leica-blk/blk2go/overview>,” [Online]. Available: <https://shop.leica-geosystems.com/leica-blk/blk2go/overview>.
- [11] „<https://svajcipontosan.com>,” [Online]. Available: <https://svajcipontosan.com>.
- [12] „https://www.kalazanci.ro/szentharomsag_kapolna.html,” [Online]. Available: https://www.kalazanci.ro/szentharomsag_kapolna.html.
- [13] „BIM-KÉZIKÖNYV,” LECHNER TUDÁSKÖZPONT, 2018. [Online]. Available: <https://lechnerkozpont.hu/doc/terbeli-szolgaltatasok-attekintes/lechner-tudaskozpont-bim-kezikonyv-1-kotet-1-kiadas.pdf>. [Hozzáférés dátuma: 14 04 2023].

- [14] G.-M. Hector, D. U. Jeffrey és W. Jennifer, Adatbázisrendszerek megvalósítása, Budapest: Panem, 2001.
- [15] F. Tamás, „Adatbáziskezelés alapjai 1. rész,” [Online]. Available: <https://tferi.hu/adatbaziskezeles-1>. [Hozzáférés dátuma: 25. február 2022].

9. ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra Hagyományos mérőszalag	6
2. ábra Lézeres távolságmérő.....	6
3. ábra Térbeli előmetszés [1]	7
4. ábra, Fotogrammetria csoportosítása [2]	9
5. ábra Légi fényképezés [3]	11
6. ábra, Felkészülés drónos terepi mérésre	12
7. ábra, Terpi felmérés, drón felengedése, DJI Matrice 300 RTK Zenmuse	12
8. ábra A lézeres rendszerek működésének alapelve [5]	14
9. ábra, A légi lézerszkennerek rendszer komponensei [7]	16
10. ábra DJI Matrice 300 RTK Zenmuse működés előtt	17
11. ábra DJI Matrice 300 RTK Zenmuse működés közben	17
12. ábra DJI Zenmuse L1	17
13. ábra Oszcilláló tükrös szkennerek működési elve és a mért pontok elhelyezési [8]	19
14. ábra Forgó-poligon szkennerek működési elve és a mért pontok elhelyezési sémája [8]	19
15. ábra Nutáló tükrös szkennerek működési elve és a mért pontok elhelyezési sémája [8]	20
16. ábra Az optikai szálas pásztázás működési elve és a mért pontok elhelyezési sémája [5] ...	20
17. ábra, Leica RTC 360 szkennerek	21
18. ábra, Faro Focus S70 3D szkennerek	22
19. ábra, Trimble X7 3D Laser Scanner	22
20. ábra, Riegl VZ400-i	22
21. ábra BKK autóra szerelt kamera [9]	23
22. ábra BKK autóra szerelt kamera [9]	23
23. ábra BLK2GO kézi lézerszkennerek [10]	24
24. ábra, Mobiltelefonba integrált LIDAR szenzor alkalmazása.....	26
25. ábra A SPOT robot - Leica Geosystems és Boston Dynamics	26
26. ábra Kápolna helyszínrajza és tervrajzai [12]	31
27. ábra Helyszínrajz, geodéta adatszolgáltatás	35
28. ábra, Kápolna lézerszkenneres felmérése	36
29. ábra Kész pontfelhő adatai	37
30. ábra Cyclone FIELD 360 alkalmazása terepen.....	38
31. ábra Cyclone FIELD 360 alkalmazása terepen.....	38
32. ábra Felmérés közbeni valós idejű panorámakép tableten.....	38
33. ábra A Cyclone Register 360 kezelőfelülete	39

34. ábra Importált pontfelhők	40
35. ábra Pontfelhők szétválogatása.....	40
36. ábra Két felhő összekapcsolása metszetben.....	41
37. ábra Két felhő összekapcsolása 3D-ben.....	41
38. ábra Felhő regisztrációs hisztogram	42
39. ábra 3D panorámakép ellenőrzéshez	42
40. ábra Pontfelhő végső alaprajzi vetülete	43
41. ábra Regisztrálás kimutatása.....	43
42. ábra Limit Box használata	44
43. ábra Limit Box használata	44
44. ábra Report az elkészült anyagról.....	45
45. ábra Report az elkészült anyagról.....	45
46. ábra, Virtuális túra nézete Cyclone Register 360 programban	46
47. ábra, Belső panorámakép valós színekkel a kápolnáról	46
48. ábra, Belső panorámakép Hue/Intensity Map funkcióval.....	46
49. ábra, Külső panorámakép valós színekkel a kápolnáról	47
50. ábra, Kápolna alaprajzi ortofotó, 10 cm-es magassági szelet.....	47
51. ábra, Kápolna alaprajzi ortofotó, 2 m-es magassági szelet.....	48
52. ábra, Kápolna homlokzati ortofotó	48
53. ábra, Kápolna metszet ortofotó.....	49
54. ábra Pontfelhő importálása Archicadbe.....	51
55. ábra, Kápolna 3 dimenziós nézete Archicad programban	52
56. ábra Kápolna 3 dimenziós nézete Archicad programban	52
57. ábra Kápolna 3 dimenziós nézete Archicad programban	53
58. ábra Kápolna 3 dimenziós nézete Archicad programban	53
59. ábra Kápolna alaprajzi nézete Archicad programban	54
60. ábra Kápolna metszeti nézete Archicad programban	54
61. ábra Kápolna alaprajzi nézete Archicad programban 3D modellelemekkel.....	55
62. ábra, Kápolna metszeti nézete Archicad programban 3D modellelemekkel	55
63. ábra Kápolna 2D felmérési alaprajza.....	56
64. ábra Kápolna 2D felmérési tetőszerkezeti alaprajza.....	57
65. ábra Kápolna 2D felmérési keresztmetszete.....	57
66. ábra Kápolna 2D felmérési homlokzata.....	58
67. ábra Kápolna 2D felmérési homlokzata.....	58