

Tudományos és Művészeti Diákkori Konferencia

2022 Ősz

Kilátó tervezés támogatása lézerszkenneres technológiával

Készítők: Nagy Kristóf György
Gerencsér Máté
Építőmérnök BSc

Győr, 2022. november 4.

TARTALOMJEGYZÉK

TARTALOMJEGYZÉK	1
BEVEZETÉS.....	3
1. Helyszín bemutatása	6
2. Felmérés eszközei.....	8
2.1. Lézerszkennner	8
2.2. Mérőállomás	9
2.3. GNSS vevő	10
3. Felmérések végrehajtása és adatok feldolgozása.....	12
3.1. Helyszíni felmérések.....	12
3.2. A statikus lézerszkennner adatainak feldolgozása	14
3.3. Pontfelhő.....	17
3.4. Pontfelhő alkalmazása	18
4. Látványterv elkészítése.....	19
4.1. Szerkezet kialakítása	19
4.1.1. Szerkezet.....	19
4.1.2. Kilátó közlekedési része	19
4.1.3. Kilátótartozékok	20
4.1.4. Az áthidalt vízfolyás jellemzői	20
4.1.5. Választott anyagok	20
4.1.6. Építéstechnológia	20
4.1.7. Építési-és bontási hulladékok kezelése.....	20
4.1.8. A kialakítás indoklása.....	20
4.2. Statikai koncepció.....	21
4.2.1. Melegen hengerelt	21
4.2.2. Ötvözetlen, hegeszthető.....	21
4.3. Térbeli modellezés	21

4.3.1. Modellezés fajtái.....	22
4.4. Kilátó látványtervének elkészítése.....	23
5. Eredmények bemutatása	27
5.1. A mérőállomással és lézerszkennerral meghatározott pontok koordinátáinak összehasonlítása.....	27
5.2. Időkimutatás.....	29
ÖSSZEFOGLALÁS	30
IRODALOMJEGYZÉK	31

BEVEZETÉS

A dolgozatunk témája a 3D szkennelt pontfelhők felhasználhatósága a modern mérnöki munkálatokban. A témaválasztás előzménye a Természetközeli kilátók Tervpályázata, amelyben olyan vízparti vagy a vízhez és élővilágához kapcsolódó kilátók tervezése volt a feladat, amelyeket az illetékes önkormányzata rövidtávon meg kíván valósítani. Az első ábra mutatja a tervpályázat felhívását.



1. ábra Természetközeli kilátók tervpályázat (Forrás: Arrabona EGTC [1])

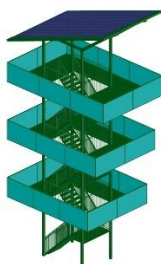
A tervpályázat részeként 3D szkennelt állományt készítettünk a leromlott állapotú, szárazföldön nem megközelíthető hídpillérekről és a pontfelhő segítségével készítettük el a kilátó tervét.

Elsődleges motivációnk, hogy hallgatóként megismerkedjünk, egy előre mutató technológiával. Célunk, hogy rávilágítsunk, a modern technológia az építőmérnöki témakörökben is jelentősen meg tudja rövidíteni egy tervezési folyamat hosszát, valamit le tudja redukálni a járulékos költségeket. Például egy kivitelezés során elég egyszer felmérni és ez az állomány bármikor ott van az irodánkban a számítógépen, tudunk utólagosan méréseket végezni 6-7 mm pontosan, illetve el tudjuk helyezni majdani környezetében az adott konstrukciót.

Feladunk egyrészt a lézerszkennelés fizikai elvégzése melyet kiegészítettünk mérőállomásos mérésekkel, hogy a két módszert megbízhatósági szempontból is össze tudjuk hasonlítani. Ezen adatok előkészítése, mint összeillesztés és zajszűrés, majd a tervezőmérnöki programokkal való feldolgozásuk, részletes bemutatása. Igyekezünk kitérni különös tekintettel a tervezési folyamatra ismertetésére melyhez a pontfelhő szolgált alapul, hogyan használhatóak ezek az állományok CAD környezetben. Ezen tapasztalatokkal alátámasztva, hogy a céljaink közt is megfogalmazott idő-megtakarítást is kielégítik ezen módszerek.

A pályázatban négy helyszín került megjelölésre, mely helyszínek különböző adottságokkal és kihívásokkal bírtak. Tervezési területek az alábbiak voltak: Abda, Dunaszeg, Kimle, Kunsziget volt, amelyre mi Kunszigeten kívül mindegyikre beadtunk egy pályázati munkát.

Az abdai kialakítás során figyelembe vettük a terepi adottságokat, ahol rengeteg magas fa található és légi felvételek alapján megállapítottuk, hogy egy ilyen magasságú építményből nyílik a legtisztább kilátás, ezért is lett 15 méter magas. Anyagát tekintve a tartósság és a legkisebb fenntarthatósági költségek voltak a fő szempontok, így lett a választásunk a szerkezeti acél. A korlát anyagát biztonsági üvegnek álmodtuk meg, mert ez korlátozza legkevésbé a kilátást és modern külsőt ad a kilátónak. Szintenként a kilátó rendelkezik fényképezőgép rögzítőtalppal, illetve a tetejére napelemek lettek elhelyezve, külön kérésre, melyek képesek az építményt és a környezetét megfigyelő kamerarendszert ellátni megfelelő mennyiségű energiával. Az abdai kilátó látványtervét mutatja a 2. ábra.



2. ábra Abdai kilátó látványterve (Saját szerkesztés)

A dunaszegi kilátó lécburkolati koncepciója abból adódott, hogy a Morotva- tó körül rengeteg nádas található és szerettük volna, ha ez megjelenik az építmény homlokzatán. Szerettük volna egy környezetébe beleilleszkedő létesítményt létrehozni, amely az itt élő állatvilágot zavartalanul hagyja. Az építmény formai világát minél egyszerűbb, letisztultabb tömegbe szerettük volna kivitelezni, ez adta a végleges kialakítást. A Dunaszegi kilátó környezetbe illesztett látványtervét mutatja a 3. ábra.



3. ábra Dunaszegi kilátó látvány terve (Saját szerkesztés)

A kimlei helyszínen a II. világháború során lebombázott híd egyik pillérét jelölték ki a kilátó helyszínének (4. ábra). A pillérek állapota az eltelt pár év alatt szemmel láthatóan is leromlott, amelyre első sorban a növényzet utal. Az állapotvizsgálathoz és a későbbi tervezéshez szükséges geodéziai felmérés fő problémája a megközelíthetősége, ezért merült fel a lézerszkennerral történő felmérési megoldás, ami a dolgozat témája.



4. ábra Kimlei kilátó látványterve (Saját szerkesztés)

1. Helyszín bemutatása

„Kimle az 1-es főút mellett, a Mosoni-Duna két partján fekszik, Mosonmagyaróvártól délkeletre mintegy 10 kilométer és Győrtől északnyugatra 30 kilométer távolságra. 1966-ban jött létre négy környékbeli település, Horvátkimle, Magyarkimle, Károlyháza és Novákpusztá egyesítésével, a mai formáját pedig 2002-ben, Károlyháza kiválásával nyerte el.” [2]

„1923 végén készült el az első állandó Duna-híd, amely összekötötte Horvátkimlét és Magyarkimlét (5. ábra). A híd ötletgazdája és építtetője Mauthner Henrik, Novákpusztai birtokosa, aki novákpusztai üzemei és a vasútállomás közötti teherszállítás fejlesztésére kisvasutat kívánt létesíteni. A hidat és a rajta lévő kisvasutat 1923. december 17-én adták át, mely valóban jelentős változást hozott a község lakóinak életében.” [2]



5. ábra A kimlei régi Duna-híd (forrás: Kimlei önkormányzat)

„Kétségtelen, hogy a Mosoni-Dunán való átkelést megkönnyítve, a kapcsolatokat szorosabbra fűzte ugyan, az azonban nem hallgatható el, hogy az átkelő már néhány évvel az átadása után is meglehetősen rossz állapotban volt. Visszaemlékezők szerint felületén lyukak tátongtak, faszerkezete elkorhadt, állandó javítást igényelt. Az 1930-as évekből több, a főszolgabírónak címzett jelentés maradt fent, melyek a „Magyarkimlei dunahíd” rossz állapotáról tudósítanak. Az uradalmat a különböző hatóságok többször felszólították a híd karbantartására, egyúttal az építmény vizsgálatával kapcsolatos költségek megtérítésére, amire a fenntartó, Mauthner Henrik, aki többször rendbe hozatta a hidat, meglehetősen indulatosan reagált. Annak a meggyőződésének adott hangot, hogy a megye által fenntartott törvényhatósági utakon sok olyan híd van, melyek állapota nem oly tökéletes, mint az általa fenntartott híd.” [2]

„További, immár visszafordíthatatlannak bizonyult állagromlást okozott a» Régi hídban », hogy azt az 1945 tavaszán visszavonuló német katonaság hasonlóan a megye több hídjához egy helyen felrobbantotta, ekkorra azonban már nem volt olyan személy, akit tulajdonosként kötelezni lehetett a helyreállításra. A híd közepén aládúcolták, a robbanás okozta hasadékok bepallózták, így az – ekkortól ideiglenesnek tekintett híd a kisvasutat ugyan már nem, de a szekérforgalmat újra elbírta” (6. ábra). [2]



6. ábra Jó négy évtizedig (1923–65 között) szolgált a Mosoni-Dunaágon fölött vezető, Kimle két felét összekötő fahíd.

(forrás: Kimlei önkormányzat)

„Az ilyen módon megfoltozott átkelő még húsz évig biztosított átkelést a Mosoni-Dunán, ennyi idő kellett ugyanis ahhoz, hogy megépülhessen a máig használatos, állandó híd Horvátkimle és Magyarkimle között. A negyvenkét évet szolgált, helyiek által» Régi hídként» emlegetett átkelő a sebtében elvégzett bontás után megmaradt négy vasbeton pillére egy „kedves mementó”, szinte a falu jelképévé vált. Több elképzelés született a torzó befejezésére, hasznosítására. Ami végül megvalósult: a bal parti második pilléren jelzik az árvizek tetőzésének szintjét, a jobb partin pedig 2015-ben emlékművet avattak.” [2]

2. Felmérés eszközei

A hagyományos geodéziai eszközök mellett megjelentek olyan innovatív felmérési technológiához, mint a statikus és a mobil lézerszkennerek (7. ábra), valamint a pilóta nélküli légitáncmű (UAV) történő felmérés. Ebben a fejezetben a felméréshez használt eszközöket mutatjuk be.



7. ábra Leica HDS6200 statikus lézerszkennerek a felmérés helyszínén, (Saját kép)

2.1. Lézerszkennerek

A lézerszkennelés a távérzékelési eljárások egyik legújabb, legdinamikusabban fejlődő területe. Az 1970-es években indult kísérleti fejlesztések után, a gyakorlati alkalmazásokban a 1990-es évek elején jelent meg. Mint minden távérzékelési eljárásnál, a lézerszkenneléssel végzett adatgyűjtésnél is közvetlen fizikai kapcsolat létesítése nélkül szerzünk információt a vizsgált tárgyról. A hagyományos felosztás szerint a lézerszkennelés az aktív távérzékelési eljárások közé tartozik. A szkennerek lézervénysugarat bocsájt ki, mely a vizsgált tárgyról visszaverődik a műszerbe. A legelterjedtebb műsvertípusok mérési elve szerint a műszer meghatározza a lézervénnyel „irányát” a saját test koordináta-rendszerében, **valamint** valamilyen módszerrel. Ez a három adat (két szögérték, és egy távolság) elegendő egy térbeli pont pozíciójának egyértelmű meghatározásához.[3]

A felmérés során a Széchenyi István Egyetem műszerét, egy Leica HDS6200-at használtunk. (8.ábra) A működési elve az előző bekezdés leírtak alapján működik.



8. ábra Leica HDS6200 (Forrás Serecal weboldal [4])

2.2. MÉRŐÁLLOMÁS

„A mérőállomás geodéziai műszer, teodolit, távmérő és adatrögzítő egyben (9. ábra). Vízszintes, magassági szögeket és távolságot mér, rögzít. Korábban a teodolit és a távmérő külön műszer volt, és az adatrögzítés még manuálisan történt. Távmérők méretének, energiaszükségletének csökkenésével, és az adatrögzítők megjelenésével egy műszerré forrtak össze. Ezen műszer segítségével felmért adatokból készíthetünk térképeket, vagy térkép (terv) alapján kitűzhetjük a valóságba a tervezett objektumot. Az újabb mérőállomások alkalmasak GPS-szel, ill. digitális szintezőműszerekkel való együttműködésre. Így akár azonnal előállítható a méréskor használható vonatkozási rendszer, 3D-ben (GPS), ill. bekapcsolható a nagy pontosságú magassági rendszerbe (szintező). A legmodernebb mérőállomások már képalkotásra, szkennelésre is alkalmasak.” [5]



9. ábra Mérőállomás

A felméréshez Leica TPRS 1201-es típusú robotmérőállomást használtunk (10. ábra). Segítségével meghatároztuk a négy jeltárcsa koordinátáit és négy álláspontból ellenőrző méréseket végeztünk a pillérek jellemző pontjainak meghatározásával. Ezek az álláspontok a megegyeznek statikus lézerszkennер rögzítési helyszíneivel, kényszerközpontosan illesztettük a lézerszkennер műszertalpába.



10. ábra Leica TPRS 1201 mérőállomás (Forrás: Precision-geosystems weboldal [6])

2.3. GNSS vevő

A műholdas helymeghatározó rendszerek elterjedésével a helymeghatározás művelete már nem igényel magas szakmai ismereteket, ennek elvégzését a GNSS vevők bárki számára költséghatékonyan biztosítják. Ugyanakkor ez az egyszerűség egyben a technika alkalmazásának veszélyeire is felhívja a figyelmet.

Megfelelő szakmai ismeretek nélkül a felhasználókat elvakíthatja az a tény, hogy egy elektronikus eszköz kijelzi a saját pozícióját, hiszen a felhasználók többsége ezeket a koordinátákat minden kritikát mellőzve „helyes” koordinátáknak tételezi fel. A korábbiakban láthattuk, hogy a GNSS technika alkalmazásával meglehetősen széles pontossági skálán tudjuk a méréseinket elvégezni az alkalmazott GNSS vevőktől és a mérési módszerektől függően.

Gyakori tévedés, hogy a szakmai ismeretekkel nem rendelkező felhasználó egy kód mérésből meghatározott koordinátáról feltételezi, hogy az geodéziai pontosságú koordináta.

A felmérés egyik előzetes követelménye volt, hogy az eredmények EOV (Egységes Országos Vetületi) rendszerben legyenek meghatározva, ezért két alappontot Geodéziai GNSS vevővel és hálózatos RTK módszerrel mértünk fel. A vevő típusa Leica Viva GS15. (11. ábra)



11. ábra Leica Viva GS15 (Forrás: Geomasgroup weboldal [7])

3. Felmérések végrehajtása és adatok feldolgozása

3.1. Helyszíni felmérések

Munkavégzés helye és ideje: Kimle, 2022. április 5.

Kiérkezésünkkor folyt a hídpillérek állapotának felmérése. A szilárdságára vonatkozó méréseket egy másik csapat végezte. A mi munkánk párhuzamosan haladt velük, így a pontfelhőben zavaró tényezőként jelentek meg, ezért a pontfelhő előkészítése során ezt a csapatot kellett a pontfelhőkről kivágni.

Elsődlegesen két fix pontot kellett kihelyeznünk melyet a mérőállomásos mérések koordináta számításához vettünk alapul.

Ehhez elsődlegesen egy Leica GS15 GNSS vevőt használtunk, pontjelként hagyományos fa kitűző karót és szeget mellyel alappontot pontot létesítettünk.

Az alappontok meghatározása után elhelyeztük a jeltárcsákat (12. ábra) mindkét partoldalon, melyeket az egész mérés során mozdulatlanul kellett hagyni mivel ezek képviselik a fix pontokat mellyel a pontfelhők összeilleszthetővé válnak.



12. ábra Jeltárcsa (Saját kép)

A mérőjelek kihelyezése után már láthattuk, hogy mely álláspontokról válnak legjobban láthatóvá a tárcsák. A négy mérőtárcsából legalább háromnak látszódnia kell a szkennelés során. A megválasztott helyeken, ahova a műszerlábat helyeztük, kényszerközpontosan cseréltük a két műszert. Így biztosítva az azonos nézőpontot a két műszer számára. A lézerszkennер maximum távolságmérési képessége 79 méter.

Tapasztalat alapján 30-40 méternél nagyobb műszer-tárcsa távolság esetében kevés pont keletkezik a jeltárcsa helyén, aminek következtében bizonytalanabb a tárcsa közepének megadása, az illesztés megbízhatósága csökken.

A felmérés előzetes tervezése során Google Maps térkép alapján (13. ábra) megközelítőleg 50 méteres távolságra számíthattunk a két part között, ami már illesztési nehézséget jelenthet, ezért szükségesnek tartottuk a jeltárcsák koordinátáinak mérőállomásokos meghatározását.



13. ábra Felmérési helyszín (Forrás: Google Maps, műholdfelvétel)

A felmérés menete a következőképpen történt.

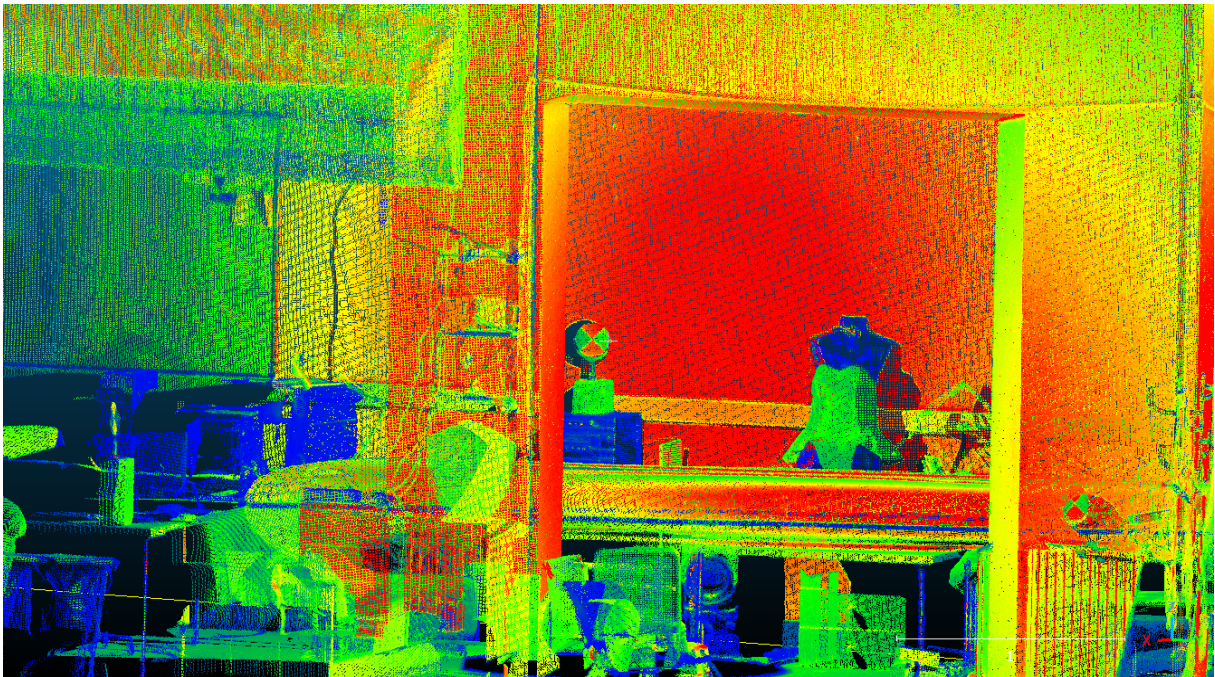
1. Előzetesen két alappontot határoozunk meg (101 és 102-es pontszámmal) GNSS vevővel.
2. Kihelyeztük a lézerszkennerek jeltárcsáit, jól látható helyre, mindkét partra 2-2 tárcsa került. Ezek a pontszámai 1001-1004.
3. Az első álláspontunkon (101-es) elvégeztük az első lézerszkenneres felmérést majd kényszerközpontosan kicseréltük a műszert a mérőállomásra, amellyel először mértünk a tájékozó irányra és a négy jeltárcsára. További ellenőrző részletméréseket hajtottunk végre a pillérek jellemző pontjaira.

4. Mivel a pillérek egymást takarják ezért további három állaspontra volt szükség, a folyó mindkét oldalán két-két álláspontként értendően. Mindegyik esetben a statikus lézerszkennert követte a mérőállomásos ellenőrző mérések.

3.2. A statikus lézerszkennerek adatainak feldolgozása

A szkennelt adatok kinyerése a műszerből szerencsére többféle módon is történhet. Lehetőséget biztosít a Leica az SSD alapú technológiára építő adatkivitelre (Pendrive), valamint UTP kábeles összeköttetést is ad PC és a szkennerek között, illetve WLAN alapú adatátviteli formával akár már okostelefonról is rá lehet csatlakozni a műszerre.

Ezen feldolgozandó adatok akár jelentős mennyiségű tárhelyet is felhasználhatnak, hiszen a feldolgozandó pontok száma 100 milliós nagyságban is mérhető a kívánt részletességtől függően. Ennek okán célszerűbb az UTP kábeles adatátvitel mely széles sávú adatátviteli lehetőséget biztosít. A 14. képen a részletezettség mértéke figyelhető meg. Ez a kép egy intenzitási érték alapján színezett pontfelhő, melyet csak a pontok és azok adatai határoznak meg.



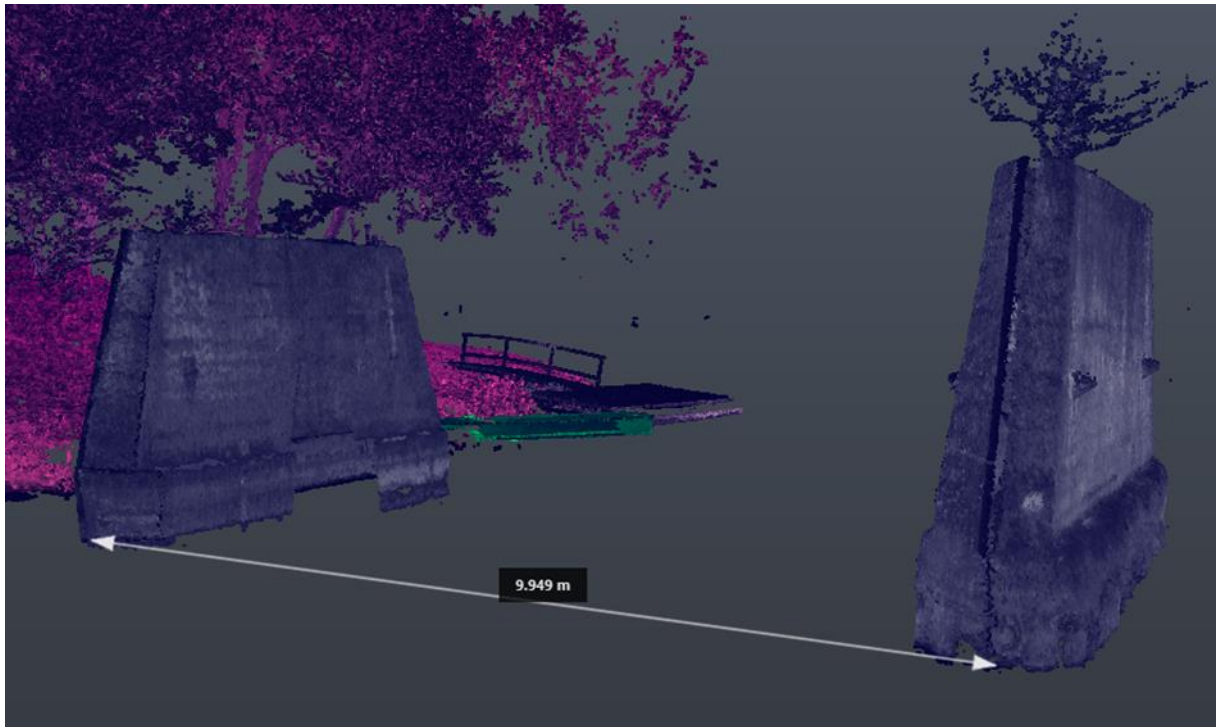
14. ábra Lézerszkennelt szoba részletgazdagsága (Saját szerkesztés)

Az általunk használt pontfelhő előkészítő programokat illetően, az Autodesk-en alapuló ReCap Pro és az ingyenesen használható CloudCompare.

„A ReCap Pro szoftver segítségével a tervezők és mérnökök kiváló minőségű, részletes modelleket rögzíthetnek a valós környezetről. Átláthatja és ellenőrizheti a meglévő és megépült állapotokat, így betekintő adatokra tehet szert és jobb döntéseket hozhat.

Pontfelhőket vagy hálókat hozhat létre a BIM- (épületinformáció-modellezési) folyamatok számára, illetve elősegítheti a csapatok közötti, valós környezetben alapuló együttműködést földmérés, épület és infrastruktúra projektek tervezése, kivitelezése és felújítása” [8]

Az AutoCAD ReCap program a pontfelhőket koordináta-rendszerben kezeli, így maguknak a pontoknak is, saját koordináta rendszerbeli értékeik keletkeztek. Ebből kifolyólag a felmért pontok között nagy pontosságú mérések digitális elvégzésére is van lehetőség „a tervező asztal mellől” melyet a következő 15. ábra kíván szemléltetni.

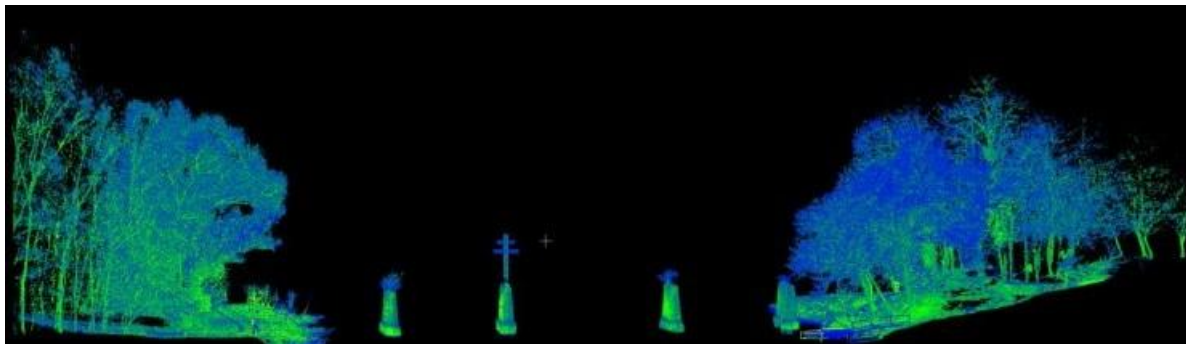


15. ábra Távméremés pontfelhőben (Saját szerkesztés)

Sok esetben ezek a mérések akár pontosabbak is lehetnek, mint egy-egy valós mérés. A centiméter alatti pontossággal felvett pontok, ha már egyszer koordinátát kaptak, azt a számítógép mindig ugyan úgy tölti be és ugyan azokat a numerikus adatokat képes kiszámítani a mérések ismétlésének számától függetlenül, míg egy fizikai mérőszalagot bizonyos esetekben szinte lehetetlen kétszer ugyan oda visszarakni.

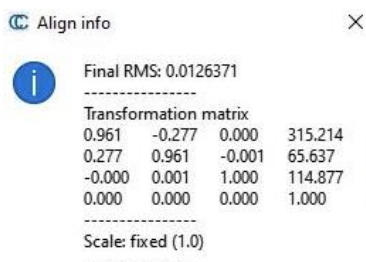
Mint az korabeli műszaki dokumentációkból kiderült a pilléreknek 10 méterre kell lenniük egymástól, mely a digitális mérésekből ki is derül, hogy gerinc vonaltól gerinc vonalig ekkora méretekhez képest igen szépen is lett kivitelezve, az eltérés közel 0,5 cm. A szkennelés, habár távolról lett elvégezve a pillérekhez képest mégis a módszer lehetőséget nyújt közvetlen adatok méréséhez.

A meghatározott jeltárcsák segítségével elvégezzük a különböző szkennelések összeillesztését, amiből egy pontfelhőt kapunk, ezt mutatja a 16. ábra, melynek színei a lézerjel intenzitási értékeihez van rendelve. Az összeillesztéshez az Autodesk ReCap alkalmazását használtuk.



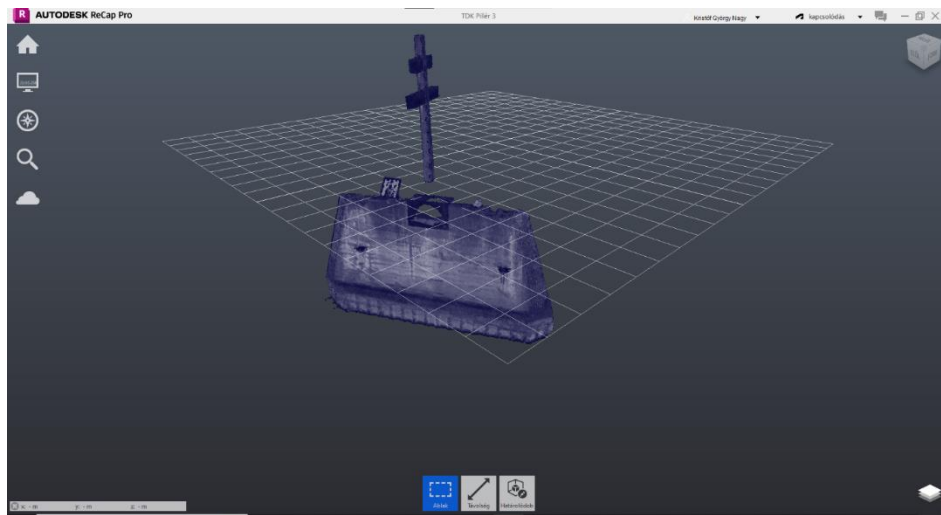
16. ábra Az összeillesztett pontfelhő CloudCompare szoftverben megjelenítve (Saját szerkesztés)

A nyers pontfelhőt először CloudCompare programban tisztítjuk le. Ebben a programban transzformáltuk át a pontfelhőt saját koordináta-rendszeréből EOVS rendszerűvé a jeltárcsák segítségével. A jeltárcsák EOVS koordinátáit tájékozással és poláris koordinátaszámítással előzetesen meghatároztunk. A 17. ábra mutatja a transzformációs mátrix értékeit és a georeferálás középpontját, ami 1,2 cm.



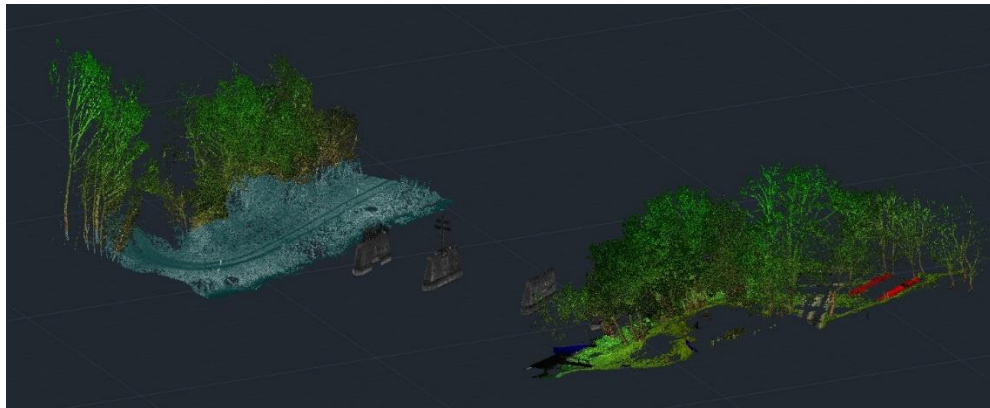
17. ábra EOVS transzformáció (Saját szerkesztés)

Másrészt a felméréendő területen kívüli fölösleges adatokat is ezzel a CloudCompare szoftverrel vágjuk le. Az EOVS koordinátával rendelkező és letisztított pontfelhőt vissza importáltuk ReCAP szoftverbe (18. ábra)



18. ábra Tisztított és transzformált pontfelhő részlete (Saját szerkesztés)

Ezután már beilleszthető különböző programokba, mint például AutoCAD és következhet a modellezés (19. ábra).



19. ábra Pontfelhő AutoCAD szoftverben megjelenítve (Saját szerkesztés)

3.3. Pontfelhő

Bár egyre többen ismerik és használják a munkájuk megkönnyítésére a térszkenneléses eljárást és az annak az eredményeként felvett pontfelhőt, sok esetben még mindig új technológiaként tekintenek rá.

Először is fontos tisztán látni, hogy a pontfelhő pontosan az, amit a neve is jelez: több tíz-, vagy százmilliónyi pontosan megmért helyzetű pontok halmaza a térben (20. ábra).

A felmérés során a rendszer nem állít elő 3D testmodellt, így nem képezhetők automatikusan rajzok a pontfelhőből. Bár a technológia rohamosan fejlődik, és szinte naponta jelentenek be újításokat a témában, a szoftveres technológiák még nem állnak olyan magas a szinten,

hogy a felvett pontfelhőből a 3D modell automatikusan, egy kattintással és a mögötte levő nagy számítási kapacitással generálható legyen.

3.4. Pontfelhő alkalmazása

„A 3D lézerszkenneres felmérés, vagy térszkennelés egy igazán hatékony módszer, amely rengeteg időt hagy a mérnökök kezében és nagy mennyiségű bizonytalanságot szüntet meg a tervezési folyamat során, ehhez viszont megfelelően kell felhasználnunk az eredményét, a pontfelhőt. Ne modellezzünk, ha 2D rajz is elég, ne modellezzünk szükségtelen dolgokat, álljunk egészségesen nyitott és rugalmas műszaki gondolkodással a feladathoz és a pontfelhőhöz, mint eszközhöz, hiszen éppen arra való, hogy megkönnyítse a munkánkat! Sajnos sokszor találkoztunk azzal, hogy egy megrendelő korábban próbálkozott ugyan a 3D lézerszkenneres felméréssel, de azt volt kénytelen tapasztalni, hogy a viszonylag drágán elvégzett felmérés pontfelhőjét nem tudta felhasználni, mert ebben nem kapott segítséget, így rákényszerült a körülményesebb 3D modellezésre.” [9]



20. ábra Pontfelhő alkalmazása, már meglévő állapot felmérésére. (Forrás: Bimfra weboldal [10])

4. Látványterv elkészítése

A látványterveknél nagy figyelmet fordítottunk a települések kéréseire, a legfontosabb szempontnak választottuk ezt az irányt, ami meg is hozta az eredményt. A pontozás alapján a munkáinkat a helyi önkormányzatok maximális pontszámmal jutalmazták.

4.1. Szerkezet kialakítása

A kilátó főbb adatai:

- A kilátó szélessége: 2,52 m
- A kilátó hosszúsága: 28,00 m
- A kilátó teljes magassága, a pillértől: 4,50 m

4.1.1. Szerkezet

Alapozásnál figyelembe kellett vennünk a kilátó terheit, valamint az esetlegesen fellépő egyéb terheléseket is. A szerkezet alá 2 db HEA 200-as szelvényt terveztünk, a bal partra kivezetett szelvények alá pluszba egy vasbeton sávalapot raktunk.

A terhelést az alapnak a 2 db HEA 200-as szelvény fogja átadni. A szelvényekre kerül rá a fa burkolati rész. Az első szintet egy henger alakú vasbeton rész fogja tartani, amely fa borítást fog kapni. A lépcső melletti korlátok acél zártszelvényekből készülnek, amelyek kiegészítik a teherhordást, ezzel biztosítva a biztonságot is.

4.1.2. Kilátó közlekedési része

Keresztmetszeti elrendezés

- 0.05 m korlát
- 2.42 m közlekedő rész
- 0.05 m korlát
- 2.52 m teljes szélesség
- Megfelelő lejtés megfelelően kialakítása.

A járófelület burkolati rétegrendje

- Fa burkolat
- HEA 200-as szelvény

Esésviszonyok

- hosszirányban: 2,0% esés
- keresztirányban: 3,0 % esés

4.1.3. Kilátótartozékok

A korlát a híd külső oldalán 1,1 m magas, fából készült korlát van elhelyezve. A korlát mindkét oldalon, valamint a teraszon is elhelyezkedik, az adott magasságban. Az első emeletre vezető lépcső korlátja statikai szerepet is vállal.

Az első emeletre egy csigalépcső vezet fel, 15 cm-es lépcsőfok magassággal. A lépcső 3 méter magasságba csatlakozik be a teraszhoz.

4.1.4. Az áthidalt vízfolyás jellemzői

A Mosoni-Duna a Duna folyam jobbparti fattyúága. A szlovákiai Oroszvár és Dunacsún között ágazik ki a Dunából. Végig kanyarodik a Szigetköz déli oldalán és 125 km után Vénéknél ömlik vissza a Dunába. Magyarországi szakasza: 121.5 km. Győrnél ömlik bele a Rábca és a Rába. A Mosoni-Duna bal oldalán helyezkedik el Kimle is.

4.1.5. Választott anyagok

A fő anyagunk a fát választottuk, a legtermészetesebb anyaggal szerettük volna kivitelezni a szerkezetünket. A betont csak az alapozáshoz használtuk fel, valamint az acélt is a tartószerkezethez használtuk. Az anyagok részletes pontosítása a kiviteli terveknél lesz meghatározva, statikai számításokkal.

4.1.6. Építéstechnológia

A balparti földmunkák megkezdése előtt a híd környezetében a különböző kábelek helyzetét fel kell tární. Ehhez, és a további építési munkákhoz szakfelügyeletet kell biztosítani! A lakatos munkáknál fokozottan ügyelni kell a biztonságra, illetve a megfelelő szakmai munkára. A betonozása előtt a felső síkot ellenőrizni kell. A fa munkálatok során is ügyelni kell a munkavédelemre.

4.1.7. Építési-és bontási hulladékok kezelése

Az építési és bontási hulladék kezelésének részletes szabályozására vonatkozóan a 45/2004. (VII.26.) BM-KVVM együttes rendeletben foglaltak az irányadók. Ha veszélyes hulladék keletkezik, a 98/2001 (VI.15.) Korm. rendelet szerint kell eljárni.

4.1.8. A kialakítás indoklása

Teraszos megoldást kértek tőlünk a helyi önkormányzattól és ezt figyelembe véve valósítottuk meg az ötletünket. A tervezés hosszasan bizonyult és számos gondolat, tervek közül a körös megoldást választottuk. Véleményünk szerint, tökéletesen bele illik a környezetbe és a későbbi bővítés során se fog gondot okozni a tervezett építmény.

A kör az idő szimbóluma is; a kerék forog, és újra életre kell egy lerombolt híd emléke is. Az építmény becsült élettartalma karbantartástól függően 50-75 év.

4.2. Statikai koncepció

A HEA acélszelvényt a tanulmányunkba, azért hoztuk be, mert az előkészületek után, a tervezésnél az alátámasztáshoz 2 db szelvényt alkalmaztunk. (21. ábra)

4.2.1. Melegen hengerelt

„A meleg hengerlés kiinduló alapanyaga az öntött buga. Meleg hengerléssel különböző méretű és formájú acél szelvényeket lehet készíteni. A fémeket forgó hengerekkel meleg állapotban megmunkálják és az előírt anyag formáját veszi fel. Ez a megmunkálás alakváltozással és az anyag mikroszerkezetének átalakulásával jár.” [11]

4.2.2. Ötvözetlen, hegeszthető

„Az acél olyan vasötvözet, melynek széntartalma 2,06 % alatt van. Az ötvözetlen acél fizikai és kémiai tulajdonságai közel azonosak a nyersvasével. Szilárdsága nagyobb, atomrács szerkezete rendezettebb. Hideg és meleg alakíthatóságuk is jobb, mint az alapacélké. Laboratóriumi acél vizsgálatok roncsolásmentes és roncsolásosak, ezek lehetnek próbahegesztés, és szakító, hajlító és törésvizsgálatra. A törésvizsgálat az MSZ EN 1320 szerint, a kiértékelés MSZ EN 25 817 szerint kell történnjen. Alkalmazása: nagy méretű több részből álló ipari – építő-, és gépszerkezetek gyártása.” [11]



21. ábra HEA szelvény (Forrás: Profil weboldal [11])

4.3. Térbeli modellezés

„Az AutoCAD 3D modellezése lehetővé teszi objektumok létrehozását szilárdtest, felület és háló objektumok felhasználásával. A szilárdtest, a felület és a háló objektumok különböző funkciókat

kínálnak, amelyek együttes használata a 3D modellezési eszközök igen hatékony készletét biztosítja.” [13]

A 3D modellezés virtuális térben szinte költségmentes megoldást jelent bárki számára. Nem kell fizikailag megvalósítanunk egyből a tervezett objektumunkat, hiszen virtuális térben is körbe tudjuk nézni, szimulációs programokkal használat közben is tudjuk vizsgálni, valamint egy ilyen modellből a 3D nyomtatás segítségével, ha a megvalósításig jut a folyamat egyből egy kompromisszumkész de használható tárgyat lehet létrehozni.

4.3.1. Modellezés fajtái

Testmodellezés

A szilárdtestmodell olyan zárt 3D test, amely rendelkezik tömeg, térfogat, tömegközéppont és tehetetlenségi nyomaték tulajdonsággal.

Felületmodellezés

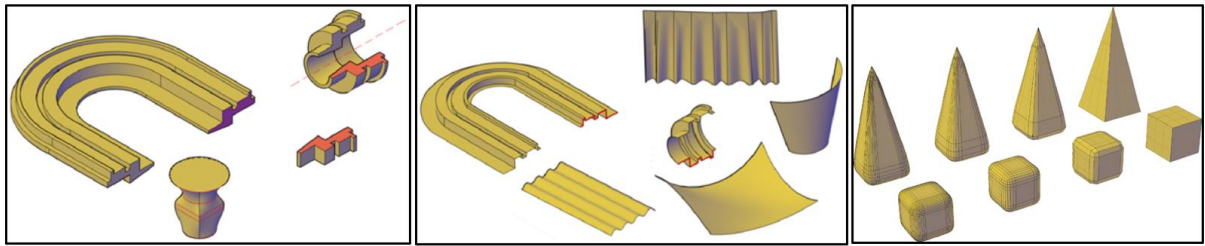
A felületmodell olyan vékony héj, amely nem rendelkezik tömeggel, sem térfogattal. Az AutoCAD kétfajta felületet kínál: procedurális és NURBS típusú felületeket.

Az asszociatív modellezés előnyeinek kihasználásához alkalmazzon procedurális felületeket, NURBS felületek használatával pedig a vezérlő csomópontokkal végzett formázás előnyeit élvezheti.

A modellezési munkafolyamat rendszerint hálók, szilárdtestek és procedurális felületek segítségével létrehozott egyszerű modell kialakításából, majd NURBS felületekké konvertálásából áll. Ez nem csupán a szilárdtestek és a hálók esetében rendelkezésre álló egyedi eszközök és primitív alakzatok használatát teszi lehetővé, hanem egyben a felületek által biztosított alakformálási lehetőségeket is: asszociatív modellezés és NURBS modellezés.

Hálómodellezés

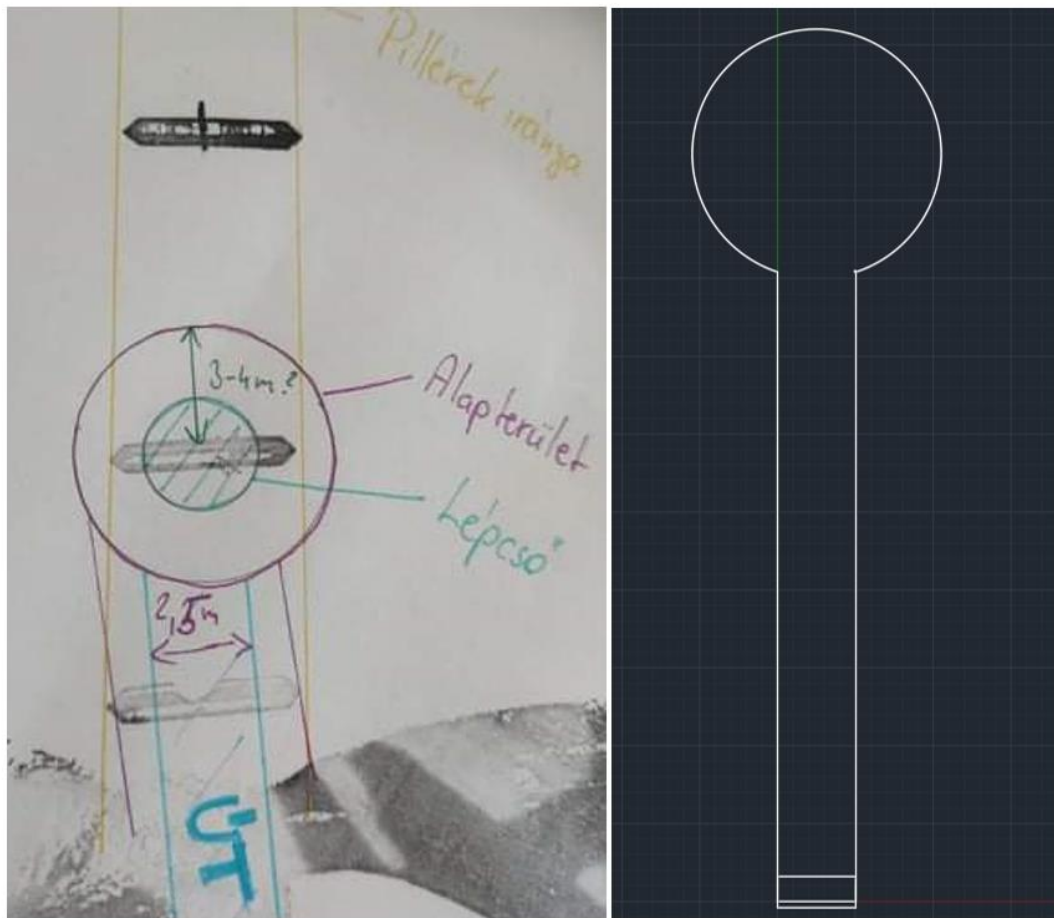
A hálómodellek csomópontokból, élekből és lapokból állnak, és poligonos (három- és négyszögekből álló) reprezentációját adják a 3D alakzatoknak. A szilárdtest-modellekkel ellentétben a hálóknak nincs tömeg tulajdonsága. Ugyanakkor az AutoCAD 2010 verziótól kezdődően – a 3D szilárdtestek esetéhez hasonlóan – létrehozhatunk primitív hálóalakzatokat, így téglatestek, kúpok és gúlák hálót is. (22. ábra)



22. ábra Testmodellezés, felületmodellezés és hálómmodellezés (Forrás: AutoCAD súgó)

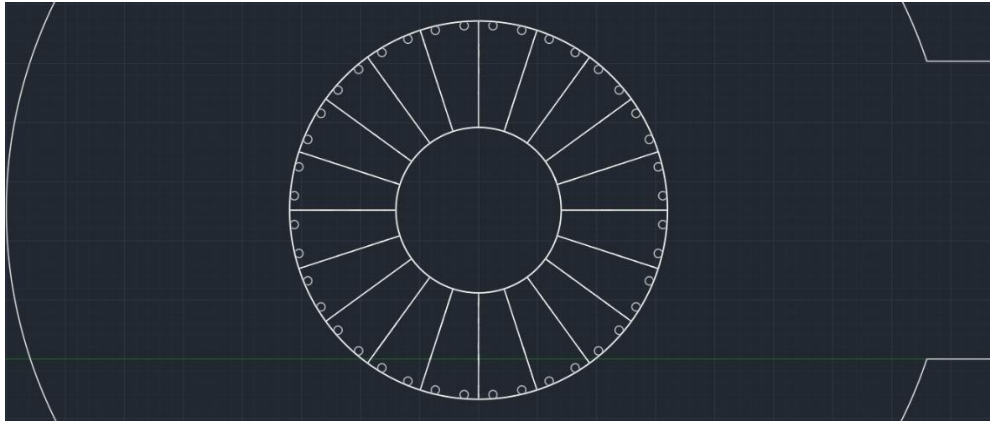
4.4. Kilátó látványtervének elkészítése

1. Alaprajzi nézet kézi felvázolását és az AutoCAD szoftverben megszerkesztett rajzot mutatja a 23. ábra.



23. ábra Papír és digitális terv (Saját szerkesztés)

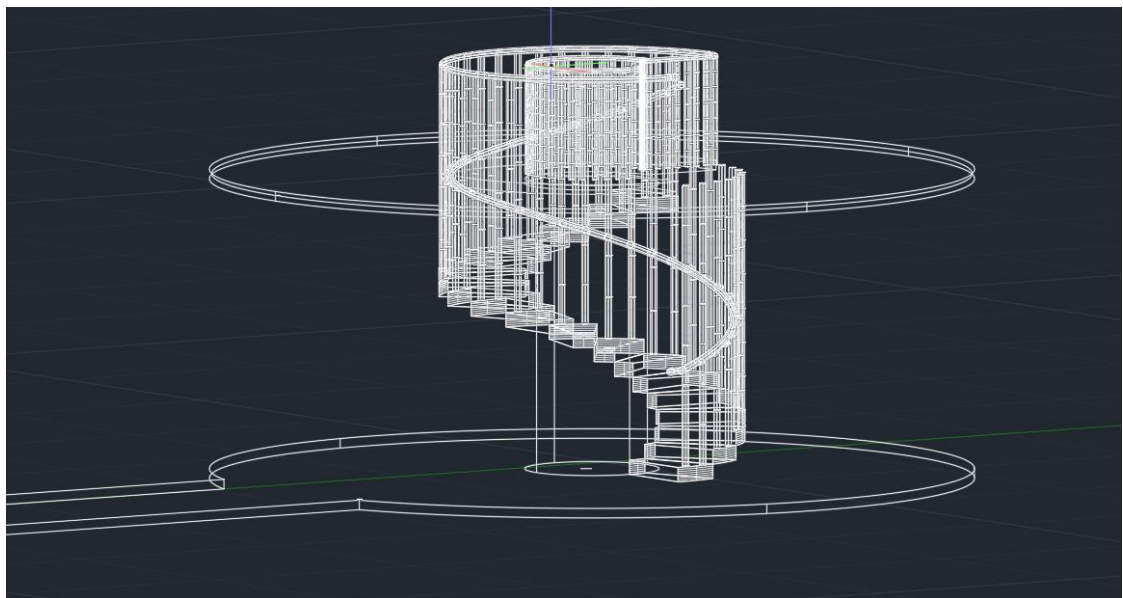
2. Középső oszlop alapnézeti kialakítása (24. ábra)



24. ábra Lépcsős oszlopmag (Saját szerkesztés)

3. 3D Térelemek alkotása a 2D sík elemekből

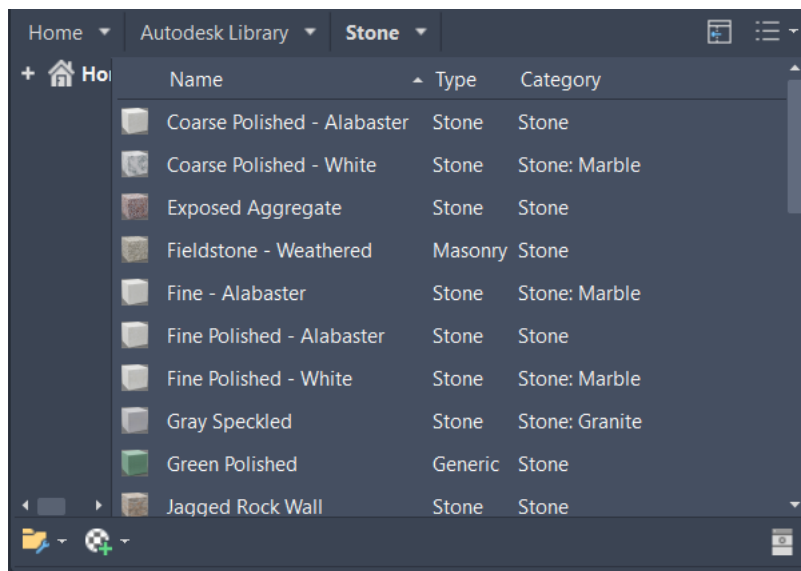
Ennél a folyamatnál van lehetőségünk egyesével valamint csoportokban kijelölve térbeli dimenziókat adni egy egy rajzelemnek. Fontos hogy tényleg csak az egymáshoz tartozó elemek legyenek kijelölve mivel a különböző magasságok egy egy azonos térelem esetén esztétikailag kevésbé látványosak, mondhatni a szemnek nem tetszőek, valamint a későbbiekben a további szerkesztések során akár még problémákhoz is vezethetnek. Az elkészült térhálós modellt mutatja a 25. ábra.



25. ábra Térelemek vázlatosan (Saját szerkesztés)

4. Felületek kezelése, anyagok megadása

Ehhez az AutoCAD saját „materials browser” (26. ábra) beépített modulját használtuk melyben sok felület és felület hatású burkolatok vannak előre definiálva, de saját magunk is létrehozhatunk különböző felületeket akár egy fénykép segítségével.



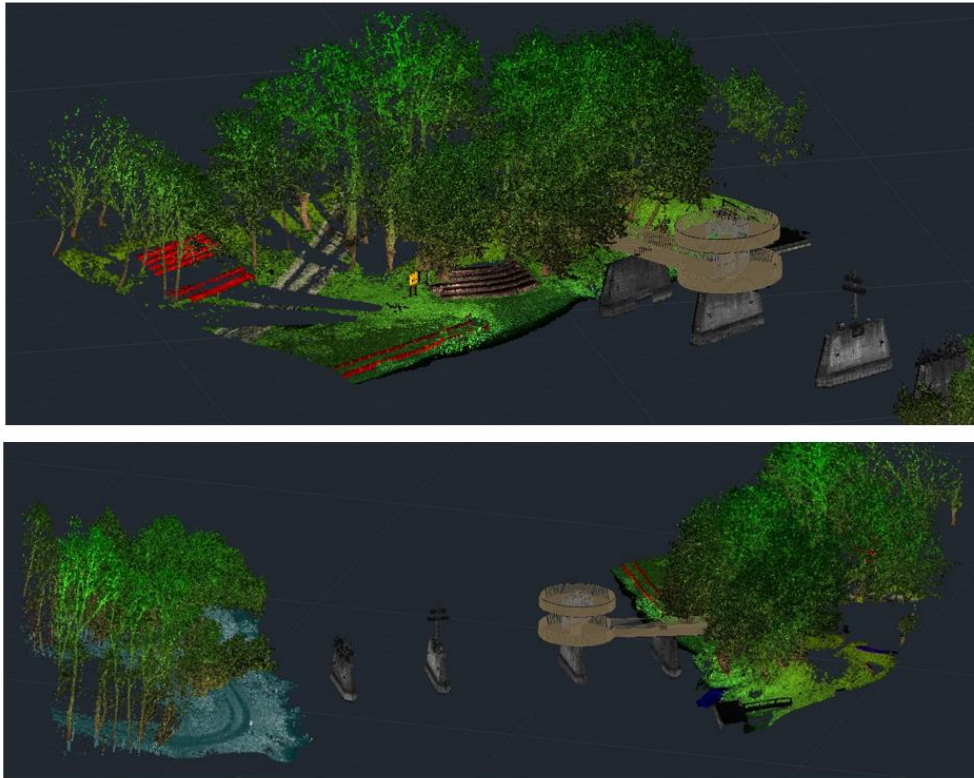
26. ábra Materials Broswer könyvtár az AutoCAD-ben (Saját szerkesztés)

Az anyagminták meghatározását követően az alábbi 27. ábra szerint néz ki a modell.

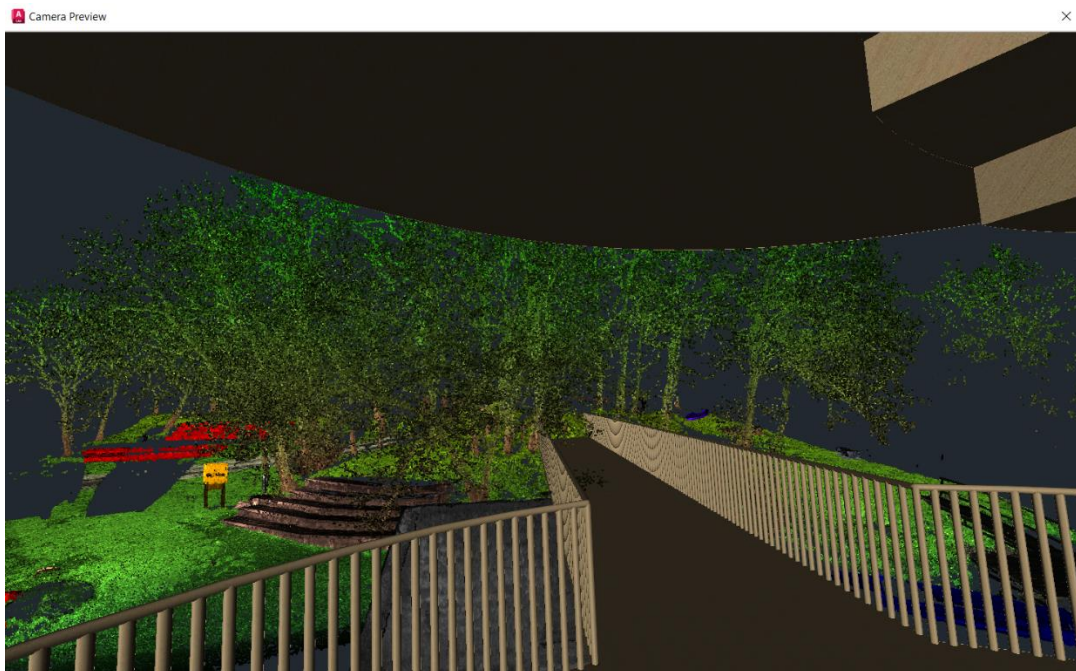


27. ábra Felület létrehozása (Saját szerkesztés))

1. A látványtervünk a **modellünk az exportálásával** keletkezett, amelyet a 28. és 29. ábrákon láthatjuk.



28. ábra Távlati nézeti látványtervek (Saját szerkesztés)



29. ábra Belső nézeti látványterv (Saját szerkesztés)

5. Eredmények bemutatása

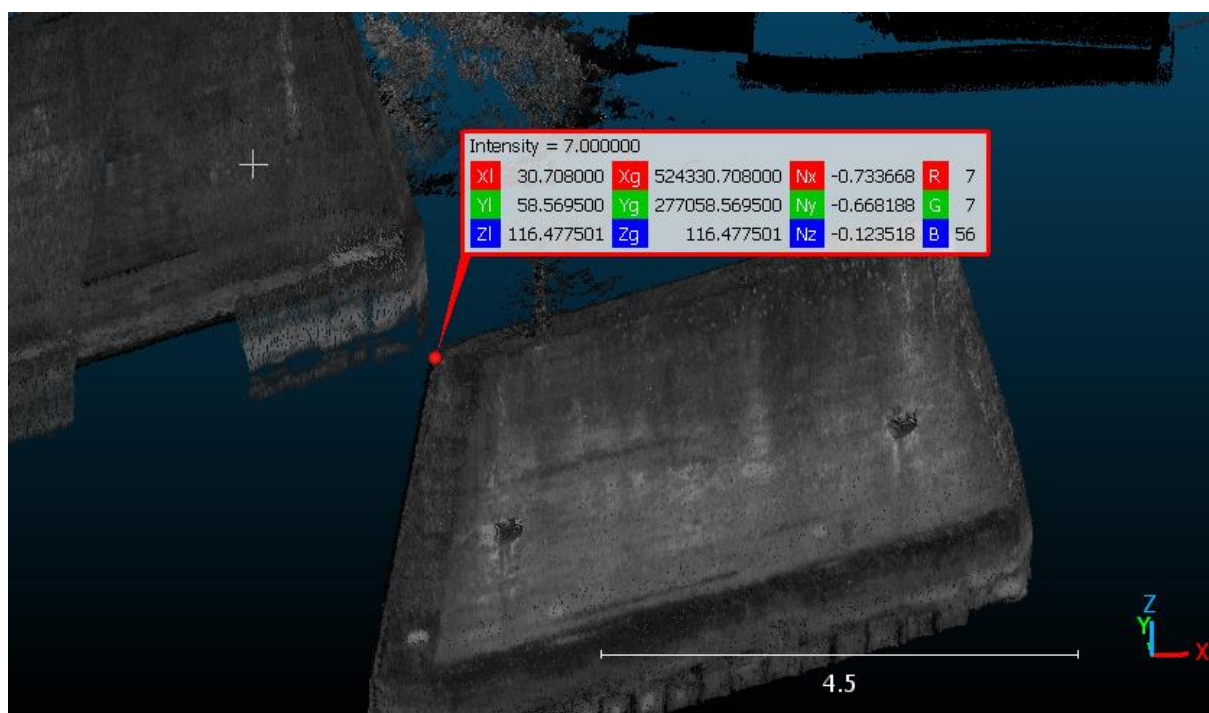
Elsődleges eredményünk a tervpályázatra beadott látványterv, amellyel a legjobb általános települési értékelést kaptuk. További építőmérnöki szempontból két érdekes kérdést vizsgáltunk meg. Az első, hogy a megbízhatónak tekinthető mérőállomással meghatározott koordinátákhoz képest a lézerszkennerral felmért pillérpontok. A második kérdésünk, hogy ebben a feladatban valóban időhatékonyak bizonyult volna a lézerszkenneléses technológia.

	Fenntarthatósági elvek megléte:	6
	Tervezett kilátó ökoturisztikai vonzereje:	3
	Az építészeti minőséget tükröző gondolati háttér:	4
	Az egyedi építészeti kompozíciók és részletmegoldások:	4
	A műszaki megvalósíthatóság, a szerkezetileg ésszerű, de egyedi minőséget biztosító megoldások alkalmazása és a szerkezeti időtállóság:	6
	Település általános értékelése:	8
	Elért pontszám:	29

30. ábra Az Arrabona EGTC által elért pontok [1]

5.1. A mérőállomással és lézerszkennerral meghatározott pontok koordinátáinak összehasonlítása

Előzőekben feltételezésre került, hogy a beszkenelt pontokból 1 cm alatti élességgel digitális mérések végezhetőek a virtuális térben. Ezen állítás igazolására a szkennelés után elvégeztünk méréseket robot teodolittal az adott pillérek jellemző pontjaira, melyek az élek alja és teteje, valamint a felső és alsó határoló sík sarokpontjait foglalja magában jobb és bal oldalon egyaránt. Ezeket a mérési eredményeket Excel táblázatban rögzítettük, melyben összevetettük a pontfelhőből kinyert azonos elhelyezkedésű pontok digitálisan hozzárendelt koordinátaival az eredményeket.



32. ábra Cloud Compare Pont koordináták 3D pontfelhőből (Saját szerkesztés)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Teodolitból kinyert koordináták				Pontfelhő azonos pontjainak koordinátái				Különbségek			
2	Sz,	X	Y	M		X	Y	M	X	Y	M	
3	2002	524324,93	277066,66	113,47	1	Szekenner	524324,94	277066,70	113,46	0,01	0,04	-0,01
4	2003	524324,94	277066,65	112,63	1	Szekenner	524324,98	277066,61	112,58	0,04	-0,04	-0,05
5	2004	524325,10	277067,43	113,37	1	Szekenner	524325,08	277067,42	113,39	-0,02	-0,01	0,02
6	2005	524325,16	277067,25	113,43	1	Szekenner	524325,10	277067,21	113,48	-0,06	-0,04	0,05
7	2006	524325,15	277067,43	112,63	1	Szekenner	524325,21	277067,38	112,68	0,06	-0,05	0,05
8	2007	524325,68	277066,49	112,62	1	Szekenner	524325,62	277066,52	112,57	-0,06	0,03	-0,05
9	2008	524325,79	277066,42	113,38	1	Szekenner	524325,76	277066,44	113,34	-0,03	0,02	-0,04
10	2009	524325,56	277066,52	113,44	1	Szekenner	524325,62	277066,50	113,39	0,06	-0,02	-0,05
11	2010	524325,80	277067,50	116,34	1	Szekenner	524325,74	277067,46	116,37	-0,06	-0,04	0,03
12	2011	524326,08	277067,10	116,32	1	Szekenner	524326,09	277067,09	116,26	0,01	-0,01	-0,06
13	2012	524330,24	277070,52	116,36	1	Szekenner	524330,18	277070,51	116,31	-0,06	-0,01	-0,05
14	2013	524330,82	277071,03	113,42	1	Szekenner	524330,79	277071,00	113,37	-0,03	-0,03	-0,05
15	2014	524330,54	277071,09	113,37	1	Szekenner	524330,51	277071,03	113,33	-0,03	-0,06	-0,04
16	2015	524330,68	277071,10	112,61	1	Szekenner	524330,70	277071,11	112,60	0,02	0,01	-0,01
17	3001	524330,70	277058,60	116,51	1	Szekenner	524330,75	277058,65	116,49	0,05	0,05	-0,02
18	3002	524330,00	277058,09	113,50	1	Szekenner	524329,97	277058,14	113,52	-0,03	0,05	0,02
19	3003	524330,11	277058,11	112,68	1	Szekenner	524330,11	277058,06	112,71	0	-0,05	0,03
20	3004	524330,10	277058,46	112,63	1	Szekenner	524330,06	277058,49	112,62	-0,04	0,03	-0,01
21	3005	524330,18	277058,88	113,09	1	Szekenner	524330,16	277058,88	113,12	-0,02	0	0,03
22	3006	524330,19	277058,84	113,51	1	Szekenner	524330,19	277058,85	113,55	0	0,01	0,04
23	3007	524330,17	277058,72	113,63	1	Szekenner	524330,16	277058,71	113,60	-0,01	-0,01	-0,03
24	3008	524330,79	277058,86	116,44	1	Szekenner	524330,73	277058,81	116,43	-0,06	-0,05	-0,01
25	3009	524335,44	277061,81	116,42	1	Szekenner	524335,44	277061,79	116,41	0	-0,02	-0,01
26	3010	524335,91	277062,40	113,47	1	Szekenner	524335,90	277062,35	113,42	-0,01	-0,05	-0,05
27	3011	524337,51	277046,24	116,50	1	Szekenner	524337,54	277046,26	116,52	0,03	0,02	0,02
28	4001	524337,51	277046,24	116,50	1	Szekenner	524337,57	277046,21	116,49	0,06	-0,03	-0,01
29	4002	524336,60	277045,74	113,36	1	Szekenner	524336,66	277045,70	113,30	0,06	-0,04	-0,06

31. ábra Excel táblázat a koordináta különbségekről (Saját szerkesztés)

Az eredmények Excel számításokból kapott koordináta különbségei az alábbiakban láthatók:

A kék oszlopban látható számokból jól kivehető, hogy az eltérések az azonos koordináta irányok esetén mm-ben értendők. Ezek meglehetősen pontosnak tekinthetők már egy tervezési feladat során is, hiszen kivitelezés szinten adott esetekben olykor csak cm élességgel

kell a mérési eredményeket megadni (például egy földmű esetében). Az adatok szórása igazolja a műszer pontosságát is, mely azt mondja ki jelen mérés esetén, hogy 6mm-ként vesz fel a szkennel egy-egy pontot egymástól és ezen eredmények közt sincs 6mm-nél nagyobb eltérés. Y irányban átlagosan 5mm, X irányban átlagosan 3mm, Z irányban pedig átlagosan 2mm eltérésekkel dolgozhatunk.

5.2. Időkimutatás

Pontfelhő szkennelés:

A folyamat a jeltárcsák kihelyezésével kezdődik, partoldalanként 2-2 jól látható helyre. Ezután a műszer felállítása következik, mely álláspontonként 5 percet vesz igénybe. A tényleges szkennelési folyamat álláspontonként 10 perc, mely 4 állásponttal 40 percet vesz igénybe összesítve. Az összesített időeredményt a 33. ábra jelzi.

Hagyományos felmérés:

Hagyományos mérési esetben a folyamat az alapponthálózat létrehozásával veszi kezdetét mely ha nincs a közelben semmilyen megírányozható pont 30 percet is igénybe vehet. Ennek szintén jól láthatónak és megközelíthetőnek kell lennie, valamint lehetőleg nyitott területen legyen, mivel a GPS rendszerű műszer pontosságát befolyásolhatják a környezeti zavarok. A következő munkafolyamat a műszer kihelyezésével egyidejűleg pontra állás és tájékozás mely álláspontonként 10 percet vesz igénybe a műszer újra és újra felállításával együtt, ez 4 állásponttal 60 perc összesen. A tényleges mérési folyamat a részletpontok felmérését jelenti melyek bonyolultabb formájú térelemek esetén akár 10 15 percet is jelenthet. Ez 4 álláspontnál szintén 1 órát is igénybe vehet.

Pontfelhő szkennelés		Hagyományos mérés	
Álláspontok száma	4 db	Álláspontok száma	4 db
Jeltárcsák	5 perc	alappont hálózat létesítés	30 perc
Műszer felállítás	5 perc	Pontra állás és tájékozás	10 perc
Szkennelés	10 perc	Részletpontok felmérése	15 perc
Összesítve	65 perc	Összesen	130 perc

33. ábra Összehasonlító táblázat (Saját szerkesztés)

ÖSSZEFOGLALÁS

Elsődlegesen a pontfelhő létrehozása és a látványtervezés volt a cél azonban a köztes feladatok elvégzése kitűnő alapot adott arra, hogy összehasonlító és bemutató munkánk megfelelő komparálási alap legyen a két módszer közt. Jól kivehető a táblázatokból, hogy elegendő pontosságot biztosít a módszer mindamellett, hogy már ekkora formátumú munkánál is érezhető terepi munka időmennyiséget takarít meg a munkavégzőnek.

Egy jól elvégzett lézerszkenneres felmérés után gyerekjáték a meglévő rajzok naprakésszé tétele, miközben a munkát végző mérnöknek el sem kell mozdulnia a számítógép elől (nem veszít értékes időt utazással, méréssel).

A 3D modellezés napjaink úttörő tervezési módszerének tekinthető mellyel a világ még mindig csak barátkozik, de a térhódítása egyre inkább jellemzővé válik. A virtuális térben való tervezés segít már a kivitelezés megkezdése előtt abban, hogy a rejtett hibákat, buktatókat kiszűrjük a folyamatokból. Jelenleg a világban ez plusz költség minden beruházónak, de a jövőben akár sztenderd, bevált formája lehet a munkavégzésnek.

IRODALOMJEGYZÉK

1. Arabona EGTC weboldal: Vízitúrához köthető kilátó tervpályázat, Elérhető: <https://arabona.eu/fooldal/termeszetkozeli-kilatok-tervpalyazat/2/>, Hozzáférés dátuma: 2022.11.04
2. Kulcsár László: Horvátkimlei hídkronika: ahol a part szakad, Infovilág, 2020, Elérhető: <https://infovilag.hu/horvatkimlei-hidkronika-ahol-a-part-szakad>, Hozzáférés dátuma: 2022.11.04.
3. Tarsoly Péter, Tóth Zoltán: Automatizáció a Terepi Adatgyűjtésben, Geodézia Jegyzet, Nyugat-magyarországi Egyetem, 2011
4. Sercal weboldal: Leica HDS6200 High Speed Laser Scanner, Elérhető: <https://www.sercal.co.uk/p-LEICA-HDS6200-3D-SCANNER-301>, Hozzáférés dátuma: 2022.11.04.
5. [Teodolit és a mérőállomás bemutatása \(uni-obuda.hu\)](https://uni-obuda.hu)
6. Precision-geosystems weboldal: Leica TCR1201 R300 1" High Precision Reflectorless, Elérhető: <https://www.precision-geosystems.com/product/leica-tcr1201-r300-reflectorless-total-station/?v=f24485ae434a>, Hozzáférés dátuma: 2022.11.04.
7. Geomasgroup weboldal: GPS Leica GS15, Elérhető: <https://www.geomasgroup.com/index.php/productos/gps/gps-diferenciales/leica-gs15>, Hozzáférés dátuma: 2022.11.04.
8. www.autodesk.hu
9. <https://terszkenneles.hu/pontfelho-felhasznalasi-modjai>
10. Bimfra weboldal: Pontfelhő, Elérhető: <https://www.bimfra.com/pointcloud>, Hozzáférés dátuma: 2022.11.04.
11. Profil weboldal: HEA Gerenda 160mm, Elérhető: <https://www.profilvasker.hu/HEA-Gerenda-160mm>, Hozzáférés dátuma: 2022.11.04.
12. Autodesk: AutoCAD súgó, 2022. 11. 04.