

Útpálya geometriai ellenőrzése pontfelhő alapján



Készítette:

Hrutka Bence Péter

Nagy Nándor Antal

Építőmérnök Bsc-s hallgatók

Konzulensek:

Dr. Takács Bence

Egyetemi docens, Általános- és Felsőgeodézia Tanszék

Dr. Vasvári Gergely

Adjunktus, Út és Vasútépítési Tanszék

Tartalom

Bevezetés.....	3
1.1 Lézerszkennelés.....	3
1.2 Mérőállomás	3
1.3 A két módszer összevetése	4
2 Millenáris Széllkapu, mint vizsgálati helyszín.....	4
2.1 A projekt.....	4
2.2 A tervek bemutatása	5
2.3 Mérések	5
3 Az út megalkotása	6
3.1 Autodesk AutoCAD Civil 3D modellezés	6
3.1.1 A helyszínrajz előállítása.....	7
3.1.2 A hossz-szelvény előállítása.....	8
3.1.3 Mintakeresztshelvény	9
3.1.4 A modell.....	10
3.1.5 A különböző stílusbeállítások.....	12
4 A létrehozott út felhasználása.....	13
4.1 Adatok kinyerése.....	13
4.2 Adatok feldolgozása	14
4.3 Mérési eredmények megjelenítése Civil 3D-ben.....	15
4.4 Az út objektumként való exportálása	16
5 A pontfelhő feldolgozása.....	17
5.1 Autodesk Recap.....	17
5.2 CloudCompare.....	17
6 A két mérési módszer összevetése	23
7 Összegzés	26
8 Mellékletek.....	26
9 Irodalomjegyzék.....	27

Bevezetés

Lézerszkennő vagy mérőállomás? A két műszerrel végezhető módszer nem zárja ki egymást, de mikor jobb az egyik, s mikor a másik? Egyetemi tanulmányaink során mindkét műszerrel és az általuk végzett mérésekkel, valamint ezek feldolgozásával megismerkedtünk, és jelen TDK dolgozatban összehasonlítjuk őket.

1.1 Lézerszkennelés



1. ábra: Lézerszkennő

A földi lézerszkennők a 2000-es évek végétől kezdtek el megjelenni, mára elterjedté váltak a mérnöki gyakorlatban. A szkennerek a távolságméréshez különböző karakterisztikájú fénysugarat bocsájtanak ki, majd a visszaverődést követően detektálják azokat. [1] A különböző távmérési eljárások maximális hatótávolsága, illetve mérési pontossága eltérő. Egy adott pont koordinátáinak meghatározásához a műszer rögzíti az aktuális vízszintes szöveget, amely a műszerfejezet elforgatásával változik, a magassági szöveget - melyet a

műszerbe épített forgó tükör segítségével tud változtatni - valamint a pont távolságát.

Aktív technológiáról lévén szó, az adatgyűjtést nem befolyásolja a napfény, sötétben, járatokban, barlangokban és árnyékos helyeken is alkalmazható. Napjainkban a földi lézerszkennők jelentős része kiegészül színes képalkotással, amelynek segítségével a pontfelhő a valóságnak megfelelően színeztető. [1]

Minden mérést tervezés előz meg, így a lézerszkennelés előtt egy manuálén bejelöljük, hogy hol tervezünk felállni, illetve hol legyenek a kapcsolópontok, amelyekkel később a feldolgozás során össze tudjuk kapcsolni az egyes pontfelhőket egy közös pontfelhővé.

Az eljárás során tehát rengeteg pontot kapunk eredményül, ezt hívjuk pontfelhőnek. Azonban a műszer nem(csak) azt méri meg, amit mi szeretnénk, illetve lehet, hogy azt pont nem méri meg, amire szükségünk van (pl. egy ház ereszvonálán több pont, vagy egy sarokpont).

1.2 Mérőállomás

Egyetemi tanulmányaink alatt számos mérőállomással találkoztunk, főleg Leica műszerekkel, de a cél szinte mindig ugyanaz volt; bizonyos pontok térbeli helyzetének meghatározása szög- és távmérés segítségével. Ezt ismerve irodai munkával különböző modelleket (drótvázmodellt és felületmodellt) állítottunk elő, illetve ezeket valamilyen úton-módon térképen, különböző programok segítségével (QGIS) is megkíséreltük megjeleníteni. Erre remek példával szolgálnak a különböző tárgyak keretein belül elkészített kisebb-nagyobb házi feladataink.

1.3 A két módszer összevetése

Ezek alapján az elmúlt évek során felvetődött bennünk a kérdés: „Melyik módszer jobb?“, „Mikor melyiket lenne érdemes használni?“. Ezekre a válaszokra tanulmányaink során meg is kaptuk a válaszokat. Összességében kijelenthettük, hogy mindkét módszer alkalmazása a feladattól és igényektől függ.

A lézerszkenneléshez főleg akkor nyúlunk, amikor valamiről igen részletes információra van szükségünk (pl.: egy műemléknek nyilvánított épület homlokzatának felmérése). A mérőállomást pedig akkor használjuk, amikor egy adott objektumról jóval kevesebb adat is elegendő, vagy éppen az adatok ismeretében próbáljuk annak a dolognak a helyét meghatározni környezetünkben. Erről külföldi tanulmányok is értekeznek. [7]

Azonban hol lehet a határ? Mikor tudjuk helyettesíteni az egyik technológiát a másikkal? Ilyen gondolatok között vetődött fel bennünk, hogy mi lenne, ha a minőségbiztosításban használt mérőállomással történő munkavégzést kissé megpróbálnánk felfrissíteni, és más oldalról közelítenénk meg azt. Ennek tükrében egy útpálya geometriai ellenőrzését választottuk ki magunknak, amelyről rendelkezésünkre állt a mérőállomással és lézerszkennelvel mért adat is. Vajon egy útpálya ellenőrzésénél felválthatja-e a lézerszkennel a mérőállomást? Ez a lehetőség sok építőmérnök fejében megfordult már, és TDK dolgozatunk célja, hogy megpróbáljunk erre a problémára választ találni.

2 Millenáris Széllkapu, mint vizsgálati helyszín

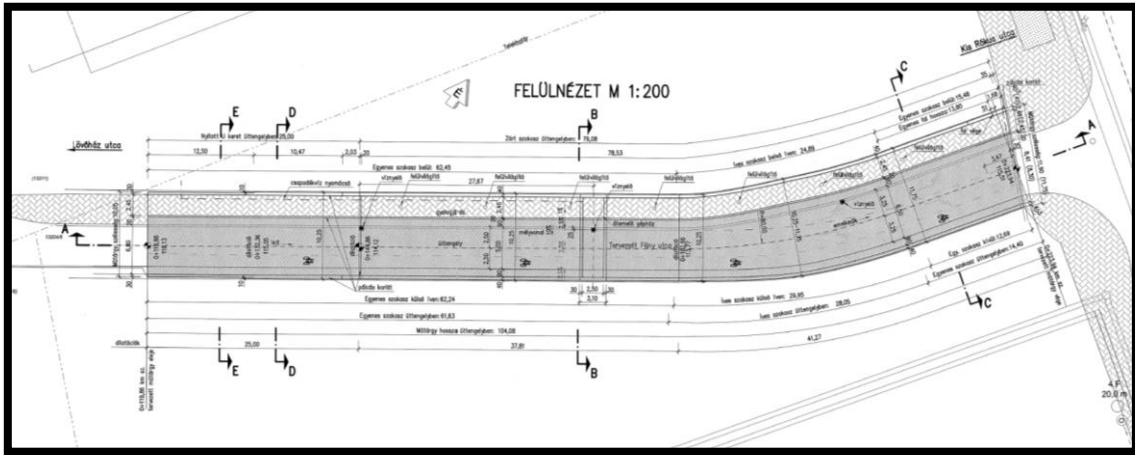
2.1 A projekt

A Margit körút épülettörténetileg a főváros egyik legérdekesebb útvonala. A szocializmus idején az utolsó nagy építkezés 1971-ben fejeződött be. Ekkor adták át a Kohó- és Gépipari Minisztérium minden elemében korszerű, nyolcemeletes, 13 ezer négyzetméteres irodaházát. Azóta a vasbeton szerkezetű irodaház eloregedett, a vele egykorú épületek egy részét már átalakították. [3]

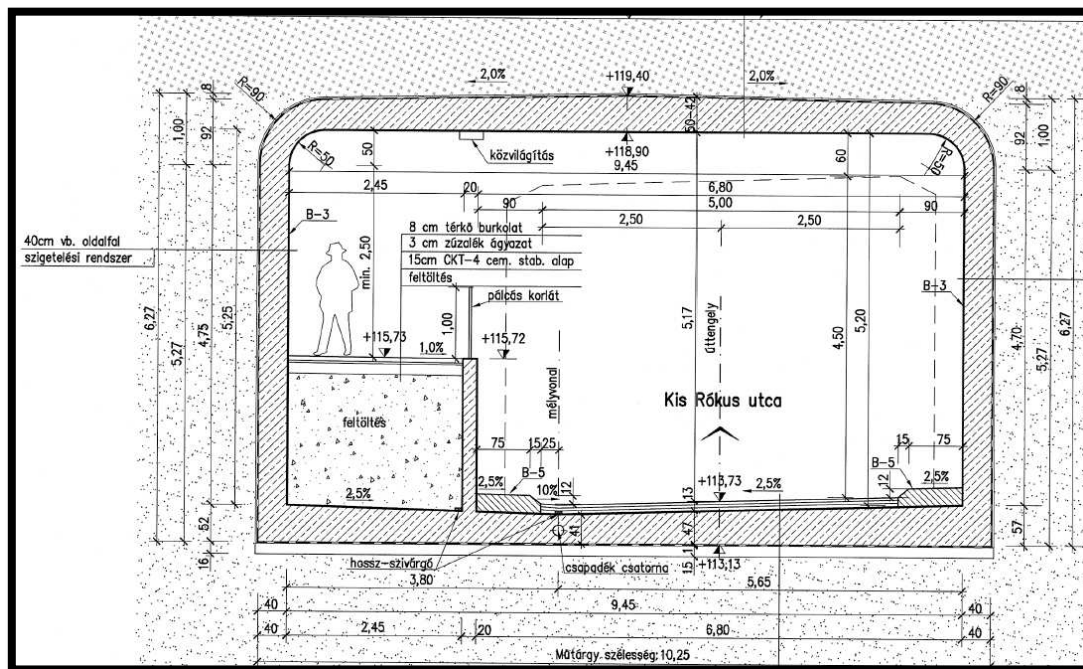
Az épület egyre kevésbé felelt meg a mai kor igényeinek. Építészeti felmérések szerint a város nagyon sokat nyerhetne, ha lebontanák ezt az épületet. A Millenáris egészen a Széna térig nyújthatna, s megindulhatna a Ganz-épületek felújítása-fejlesztése is. [3] Hosszas előkészületek és megfontolások után a lebontás és az építkezés elkezdődött, a kialakuló zöldövezet neve Széllkapu lett. A Millenáris Park bővítése az elképzelések szerint 2018-ban fejeződhet be, a budapestiek ekkor vehetik majd birtokba a környék levegőminőségét jelentősen javító zöld parkot és a parkolási gondokat enyhítő mélygarázst. [4] A levegő minőségének javítását az is indokolja, hogy az épület óriási mérete miatt blokkolta az északnyugati széljárást, amely a Hűvösvölgyből hozza a friss levegőt. A tervek között szerepel egy aluljáró is, melynek ellenőrzése a TDK dolgozatunk támaja lett.

2.2 A tervek bemutatása

A modell elkészítésének céljából hossz- és keresztmetszeteket kaptunk PDF formátumban, melyeket *AutoCAD Civil 3D* szoftverben megrajzoltunk. Később ezeket az útpálya megalkotásához használtunk fel.



2. ábra: Felülnézeti ábra



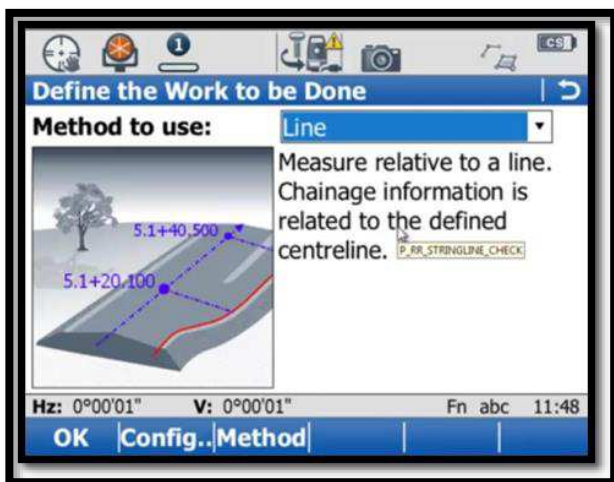
3. ábra: Keresztmetszet

Az összes terv a [mellékleteknél](#) található.

2.3 Mérések

Az elkészült Fény utcai aluljáróban az útpálya minősítése először mérőállomás segítségével történt. A méréseket Takács Bence végezte, ehhez az útpályát 5 méterenként szelvényezte, a műszer saját programjának segítségével kitűzte és bemérte a szelvényekben az út tengelyét, az burkolat széleit, a mélyvonalat és a forgalmi sávok

felezőpontjait (szelvényenként 6 pontot). Az útpálya 105 méter hosszú, tehát 22 szelvényben összesen 132 minősítési pontot tűzött ki és mért be.



4. ábra: Leica úttervező program

állnak, akkor a műszer szoftverébe be is tölthetők.

Az elkészült aszfaltburkolat felmérését a Hungeod Kft. munkatársai földi lézerszkenneléssel is elvégezték, a kapott pontfelhőt pedig az építési rendszerben helyezték el.

3 Az út megalkotása

Az útpálya geometriai minősítéshez elengedhetetlenek a kiindulási alapként szolgáló tervek, hiszen a tervezett és megvalósult állapot különbségének kimutatása a tervekől létrehozott modellek alapján történik. A vizsgálatokhoz *AutoCAD Civil 3D* szoftverben a tervek alapján elkészítettük a tervezett állapotot, ennek lépéseit mutatjuk be ebben a fejezetben.

3.1 Autodesk AutoCAD Civil 3D modellezés

Az építőmérnöki gyakorlatban egyik leggyakrabban használt szoftver az *AutoCAD Civil 3D*, hiszen igen sok tervezést igénylő feladatot meg lehet benne valósítani. A tervezés mellett geodéziai munkavégzéshez szükséges funkciókkal is rendelkezik, így számunka is igen kézenfekvő volt ennek a programnak a használata, illetve az ezzel kapcsolatos ismereteink bővítése.

A munkálatok megkezdése előtt szükséges volt egy úgynevezett „Template” telepítése, amely a különböző országok szabványos jelöléseit tartalmazza. Erre elsősorban kényelmi szempontok miatt volt szükség, mert ez a kiegészítő tartalmaz különböző stílus beállításokat, illetve szabványos jelöléseket. A telepítése a következő oldalról történő fájl letöltésével indul:



5. ábra Autodesk AutoCAD Civil 3D

<https://knowledge.autodesk.com/support/autocad-civil-3d/downloads/caas/downloads/content/civil-3d-country-kits-for-hungary.html> [5] [6]

Miután a letöltés megtörtént, a számítógép *Vezérlőpultján* a *Programok eltávolításánál* a *Civil 3D* telepítését módosítva hozzá lehet adni a letöltött *Template-et* a szoftverhez. Fontos megemlíteni, hogy ezt a későbbiekben egy új lap megnyitásával tudtuk behívni, majd csak ezek után kezdhetjük el a tervezést, illetve modellezést.

Az *AutoCAD*-ben egy út modelljének előállítását 3 elem létrehozásából áll:

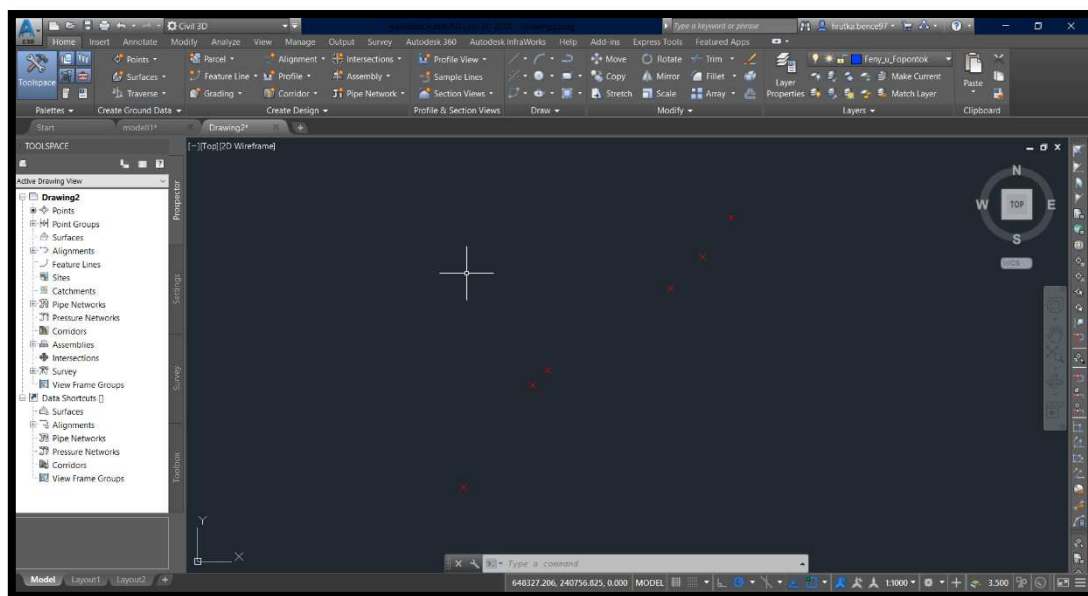
- Helyszínrajz (*Alignment*)
- Hossz-szelvény (*Profile*)
- Mintakereszt-szelvény (*Assembly*)

Ezek ismeretében elő lehet állítani a tervezett út teljes 3 dimenziós modelljét. A későbbiekben ennek a folyamatnak a megvalósítását szeretnénk bemutatni.

3.1.1 A helyszínrajz előállítása

A nyomvonal előállításához szükségünk van a tengelyünk definiálására. Az ehhez szükséges adatokat elsősorban a rendelkezésünkre álló „Kitűzési adatok” c. mellékletből tudjuk kinyerni.

Először a főbb geometriát (kezdőpont, sarokpont(ok), végpont) leíró pontok létrehozása történt meg. Ezt a *Point creation tool* parancs segítségével tettük meg. Itt meg kellett adni a szükséges koordinátákat, így előálltak a pontok a rajzunkon.

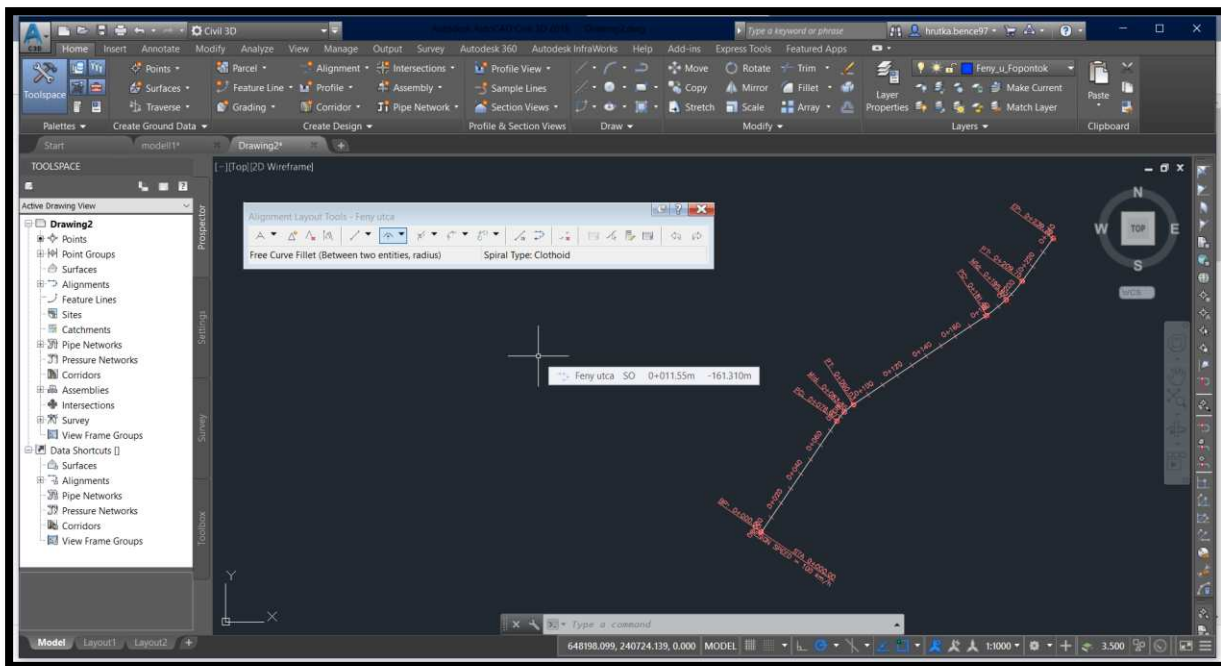


6. ábra: A kezdő-, sarok- és végpontok

A főbb töréspontok ismeretében az *Alignment* → *Alignment creation tool* parancsokat kiválasztva létre tudunk hozni egy tengelyrajzot. Itt definiálnunk kell a nevét, a

kezdőszelvény számát, illetve egyéb stílusbeállításokat. Miután ezt megtettük, megjelenik egy kis ablak, amelyen belül különböző rajzi eszközökkel lehetővé válik a tengely megrajzolása.

Először a kezdőpontokat a sarokpontokkal, majd ezeket a végpontokkal egy-egy egyenessel össze kell kötni. Ezt követően a *Free curve fillet* paranccsal megadtuk azokat az egyeneseket, amelyek között valamilyen ívet akartunk beilleszteni, majd ezt követően a szükséges sugarat, esetleg hosszat beállítva a *Civil 3D* létrehozta a tengely 2D-s rajzát.



7. ábra: Az elkészült Alignment és az ehhez használt Tool

A rajzon különböző stílusbeállítások segítségével különböző információkat lehet megjeleníteni a szelvényezésre és ívekre vonatkozóan.

Fájl	Szerkesztés	Formátum	Nézet	Súgó
Ø	116.096			
6.366	116.086			
7.153	115.976			
31.640	115.878	3.500		
63.362	115.862	6.250		
91.500	116.200			
92.500	116.320			
104.509	116.536	7.000		
117.371	116.407	12.800		
145.713	113.857	21.250		
172.622	113.721	5.000		
195.307	113.836	16.250		
216.528	115.321	7.200		
239.790	115.902			

8. ábra: A hossz-szelvény adatai

3.1.2 A hossz-szelvény előállítása

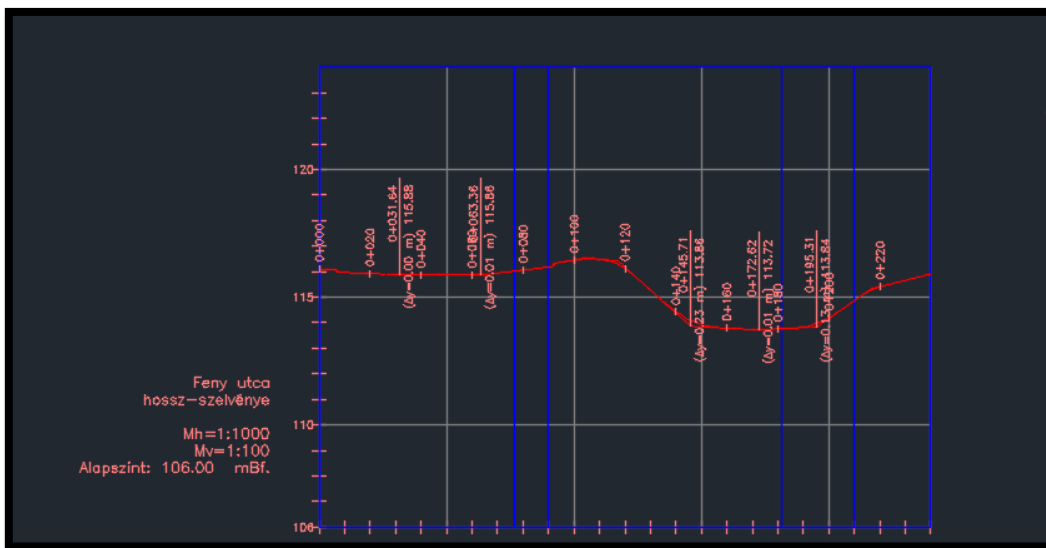
A fentiekben létrehozott Alignment azonban csak 2 dimenziós adatokat tartalmaz. Ahhoz, hogy használhatóvá tegyük a megrajzolt útpályát, még hozzá kell kapcsolnunk az egyes pontok magasságát. Erre szolgál a hossz-szelvény előállítása.

Az ehhez szükséges adatokat a terv centiméteres élességgel tartalmazza. A *Civil 3D*-n belül lehetőségünk van ennek előállítására. Ez megtehető saját kezűleg rajzolva, vagy akár egy *TXT formátumú* adat formájában betöltve. Fontos megjegyezni, hogy adatbeolvasással történő profil létrehozásához a fájlnak a következő

szerkezetet kell viselnie:

- Minden sor szelvényt számmal kezdődik, amelyet egy szóközzel elválasztva követ a tervezett magassági érték.
- Amennyiben van lekerekítés, vissza kell számolni az adott hossz-szelvényt alkotó egyenesek szelvényét, magasságát, valamint egy harmadik adatként meg kell adni az ív hosszát.

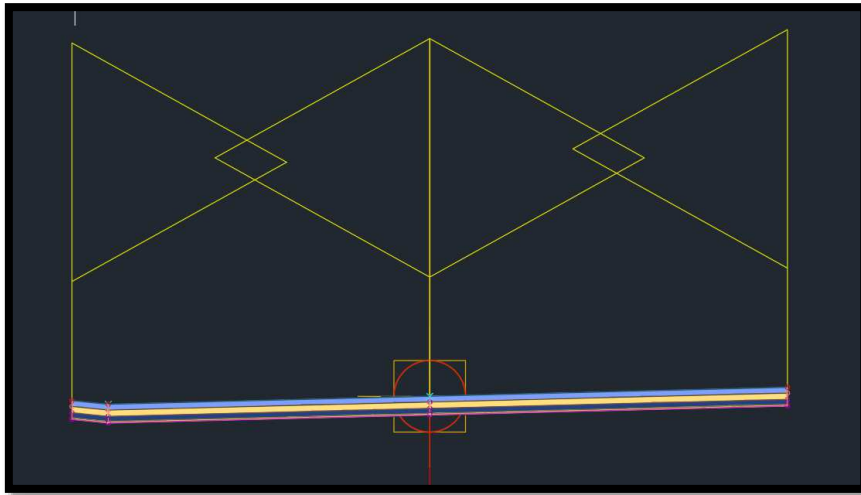
Ennek tükrében létrehoztunk egy, a Fény utcát leíró szöveges dokumentumot (Kitűzési adatok alapján), amelyet a *Profile* → *Create profile from file*-lal importáltuk. Itt megneveztük a profilt, majd különböző egyéb geometriát leíró információk megjelenítésével a hossz-szelvényünk is előállt.



9. ábra: Hossz-szelvény

3.1.3 Mintakeresztprofil

Az utolsó komponens előállítását az *Assembly* → *Create assembly* útvonalon történt. Itt szintén beállíthatók a már korábban megismert beállítások (név, stílus), majd ezt követően tetszőlegesen elhelyezhető egy, a tengelyünket jelölő objektum. Erre kattintva és a *Tool palette*-et kiválasztva már előre létrehozott elemek között válogathatunk. A terveken található metszetekből kiolvasható a különböző rétegek vastagsága, az esésviszonyok és szélességek is. Ezek alapján és az építőelemeket felhasználva megrajzolható a keresztprofilunk.

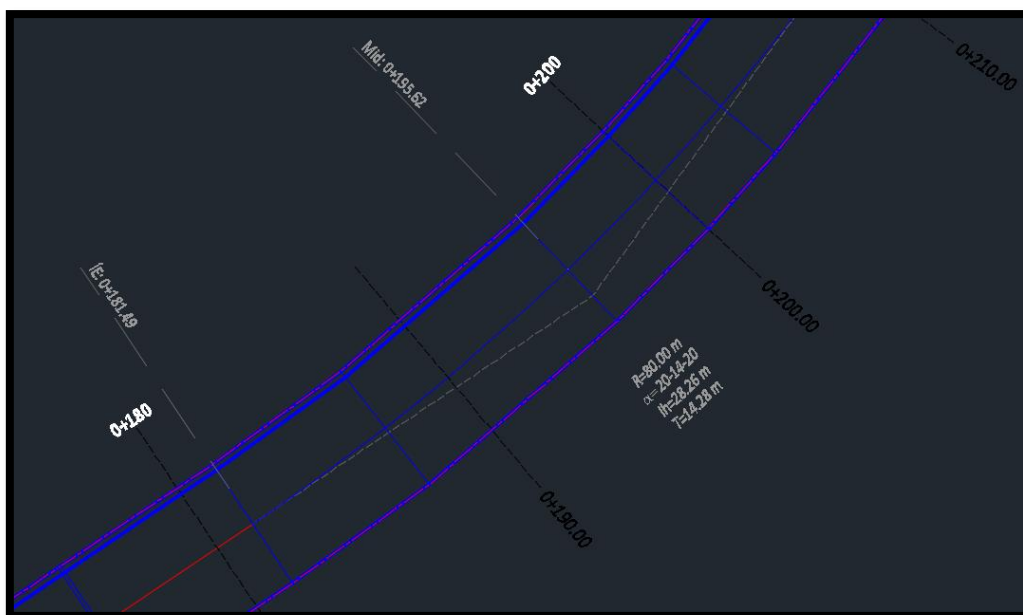


10. ábra: A mintakeresztmetszvény

A mintakeresztmetszvény definiálása során érdemes figyelni a különböző tulajdonságokra, például itt ki kell választanunk, hogy az adott elem az út jobb vagy bal oldalát jelölje. Ezek mellett (a saját példánkhoz hasonlóan) ha az út több részből áll, figyelni kell az elemek összekapcsolására is. Ehhez az *Add to assembly* parancs használata szükséges.

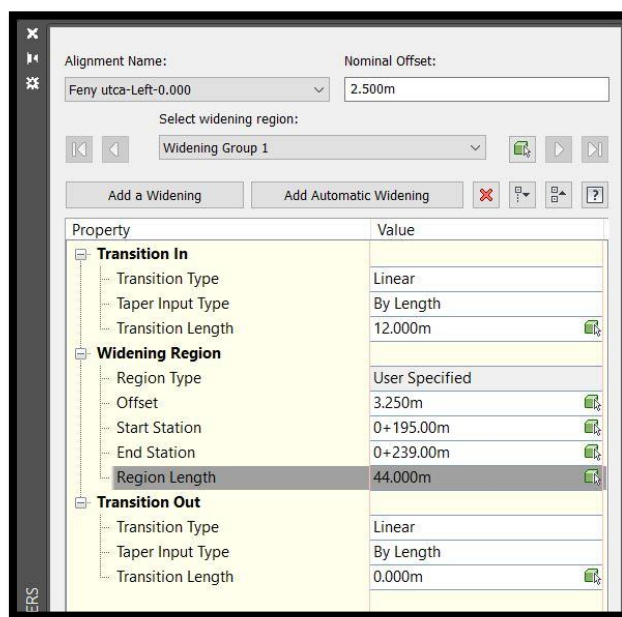
3.1.4 A modell

A három szükséges építőelemünkből a *Civil 3D Corridor* menüpontján belül van lehetőségünk a megfelelő Alignment, Profile és Assembly kiválasztását követően megalkotni az utunkat. A beállítások segítségével meg lehet adni, hogy mely szelvénytípusok között szeretnénk ezt a modellt felépíteni. A mi esetünkben, mivel elsősorban a műtárgy környezetére koncentrálnunk a vizsgálatunk során, ezek a 0+119.86 és 0+239.79 km szelvényekre korlátozódott. Pár kattintás után elő is állt az útpálya.

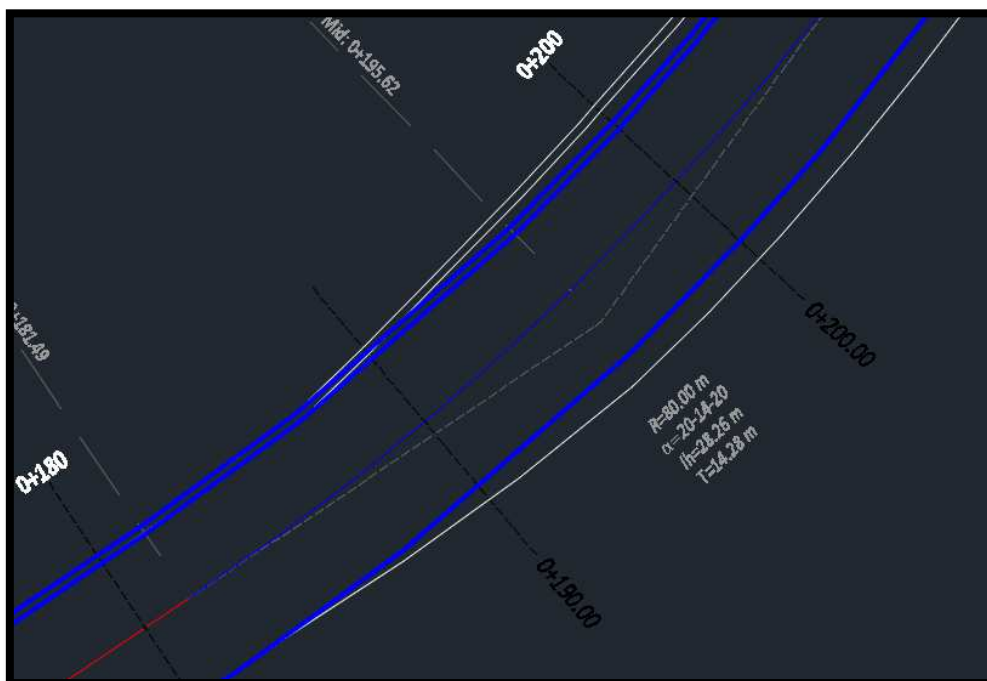


11. ábra: Létrehozott corridor pár geometria adattal

Azonban, ha ezt a modellt összehasonlítjuk a kapott tervekkel, akkor láthatjuk, hogy abban az út kissé kiszélesedik 5-ről 6,5 méterre. A *Civil 3D*-ben lehetőségünk van ennek a geometriának a beállítására az *Add widening* paranccsal, azonban itt igen konkrét értékeket lehet beállítani, mint például a kiszélesedés kezdeténél és végénél a pontos szelvéyszám. Ez még önmagában nem jelent problémát, azonban a kapott terveken ezek az értékek nem szerepelnek. A későbbi munkálatokhoz szükség volt ezek megadására, emiatt itt empirikus úton jártunk el.

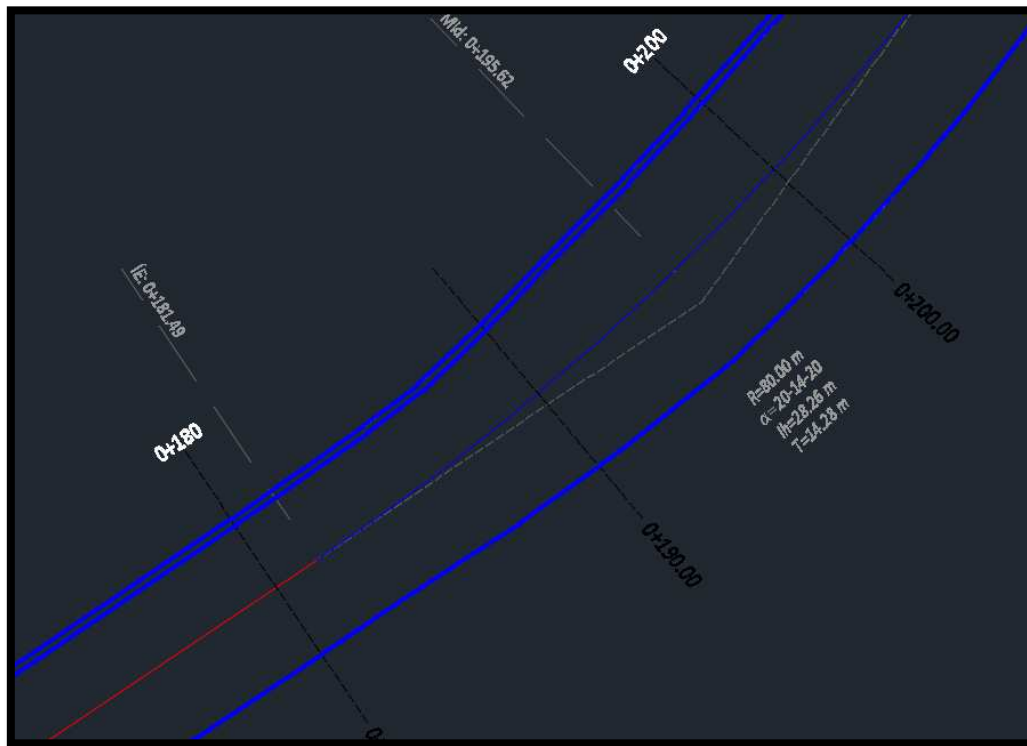


12. ábra: Paraméterek a kiszélesítéshez



13. ábra: A szélesítéshez használt polyline-ok

A paraméterek megadásával előállt a pálya jobb oldalának kiszélesítéséhez szükséges vonal. Az eljárás akár egy egyszerű szabadkézzel megrajzolt polyline-nal is megvalósítható lehetne. Mivel a tervek alapján az út bal oldalán jóval bonyolultabb átmenet van, így ennek a megoldását végül ezzel a másik funkcióval oldottuk meg. Az oka annak, hogy ezt nem tudtuk automatizáltan az első esetben bemutatott módszerrel végrehajtani, valószínűleg az lehet, hogy az utat eredetileg nem *Civil 3D*-ben tervezték meg. Ez az egyszerűsítés azonban nem befolyásolja a későbbi munkálatok eredményét.



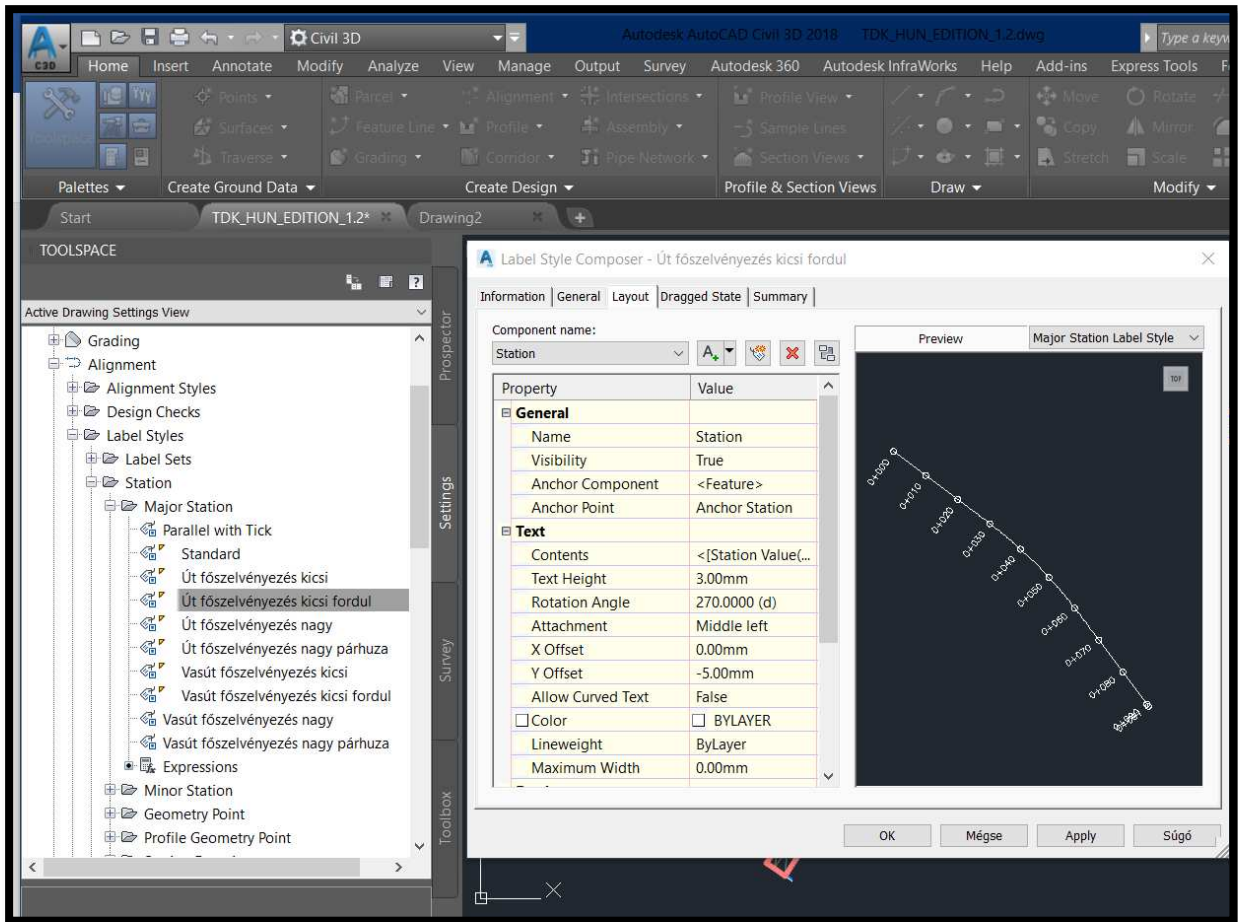
14. ábra: A kiszélesítés

3.1.5 A különböző stílusbeállítások

A korábbiakban a különböző fázisokban említésre kerültek a különböző stílusbeállítási lehetőségek. Ez talán nem mindenki számára lehet fontos, azonban az igényes munkák elkészítésének elengedhetetlen feltétele ezek ismerete.

A *Civil 3D* lehetővé teszi a *Style* parancson belül különböző, személyre, vagy munkákra specializált szövegek létrehozását. Itt beállíthatók betűtípusok, illetve ezek egyéb tulajdonságai is. Erre azért van szükség, mert a szoftverben automatikusan generált megírásokat csak ezekre megalkotott egyedi formátumokra tudjuk lecserélni. Fel is vetődhet a kérdés, hogy a létrehozott *Alignment*, *Profile* feliratait hol tudjuk ezek alapján szerkeszteni.

Ehhez a *Toolspace* használta szükséges, ezen belül is a *Settings* fülre kell kattintani. Itt megtalálhatjuk felsorolva a program különböző funkcióit, s ezeket megnyitva el tudjuk érni a különböző *Label style*-okat. Ezen belül grafikusan nyomonkövetve tetszőlegesen szerkeszteni tudjuk a megírásra került szövegek különböző tulajdonságait.



15. ábra: Az alignment szerkesztése

4 A létrehozott út felhasználása

Felmerülhet a kérdés, hogy megérte-e a korábbiakban említett lépéseken végighaladva a rendelkezésünkre álló adatok alapján reprodukálnunk a vizsgálandó utat. A következőkben erre szeretnénk választ adni az előállított modellünk különböző feladatrészekben való felhasználásával.

4.1 Adatok kinyerése

Az *AutoCAD*-ben előállított modell lehetőséget ad a geometriai adatainak exportálására. Ezt viszonylag egyszerűen pár kattintással meg is tehetjük. Ehhez szükség van a *Toolspace* → *Toolbox* → *Miscellaneous Utilities* → *Reports* fülére, amelyen belül az elkészült Corridor adatait az útpálya kívánt helyein, rétegeknek megfelelően exportálni tudjuk különböző fájlformátumokba. Kényelmi szempontok miatt ezt mi *CSV*-be tettük meg. Ez a Report tartalmazza a szelvényszámokat, a pontok koordinátáit (X,Y,Z), a tengelytől való távolságokat és a burkolat rétegeinek megnevezését is.

Corridor Points Report

Client: Prepared by:
 Client Preparer
 Client Company Your Company Name
 Address 1 123 Main Street
 Date: 2018. 10. 14. 16:10:24

Corridor Name: 5m_szeles
 Reference Alignment Name: Feny utca

Station	Offset	Northing	Easting	Elevation	Description
0+120.00	2.500	240711.1511	648403.7812	116.189	ETW
0+120.00	-2.246	240715.0920	648401.1358	116.070	Crown
0+120.00	-2.246	240715.0920	648401.1358	116.070	ETW
0+120.00	0.000	240713.2268	648402.3878	116.126	Crown
0+120.00	-2.500	240715.3025	648400.9945	116.095	ETW
0+125.00	2.500	240713.9378	648407.9326	115.783	ETW
0+125.00	-2.247	240717.8787	648405.2872	115.664	Crown
0+125.00	-2.247	240717.8787	648405.2872	115.664	ETW
0+125.00	0.000	240716.0135	648406.5393	115.721	Crown
0+125.00	-2.500	240718.0892	648405.1459	115.690	ETW
0+130.00	2.500	240716.7244	648412.0840	115.333	ETW
0+130.00	0.000	240718.8002	648410.6907	115.271	Crown
0+130.00	0.000	240718.8002	648410.6907	115.271	Crown
0+130.00	-2.246	240720.6654	648409.4386	115.130	ETW_Pave2
0+130.00	-2.246	240720.6654	648409.4386	115.215	Crown

16. ábra: A report file tartalma

4.2 Adatok feldolgozása

A geometriát leíró adatokat és a mérési eredményeket felhasználva *MS Excel* környezetben lehetőségünk van az útpálya minősítési munkálatához szükséges különbségek számítására.

Mivel a korábbiakban a szélesítéssel kapcsolatban adódtak problémák, így a *Civil 3D report*-ól csak az út tengelyére vonatkozó adatokat hagytuk meg. Ebből a tervezett oldalesések és a mérések segítségével meghatározott tengelytől való távolság ismeretében a *Tervezett magassági értékeket* ki tudtuk számolni minden mérőállomással mért pontban, ezt táblázatban meg is jelenítettük. További táblázatok az [1. mellékletben](#) érhetőek el.

Szelvény	Tervezett értékek							
	Szelvényezés szerinti bal oldal közepe				Tengely			
	Koordináták				Koordináták			
	Y [m]	X [m]	Mag. [mBf]	Táv. [m]	Y [m]	X [m]	Mag. [mBf]	Táv. [m]
0+121	648402,102	240714,527	116,062	1,239	648402,705	240713,431	116,101	0,000
0+125	648405,839	240717,047	115,690	1,248	648406,539	240716,014	115,721	0,000
0+130	648409,984	240719,819	115,240	1,240	648410,691	240718,800	115,271	0,000
0+135	648414,151	240722,616	114,790	1,240	648414,842	240721,587	114,821	0,000
0+140	648418,288	240725,423	114,387	1,265	648418,994	240724,374	114,419	0,000

17. ábra: Részlet a mellékelt „Tervezett értékek” c. táblázatból

A tervezett és mért értékeket ismerve meg lehet határozni az egyes helyeken való eltéréseket is. Erről a következő táblázat ad részletesebb információt, amelyben a mérnöki gyakorlatnak megfelelően a **20 mm**-nél nagyobb eltéréseket külön jelöltük és minősítettük. Az ehhez tartozó teljes táblázat a [2. mellékletben](#) érhető el.

Szelvény	Szelvényezés szerinti bal oldal széle						Szelvényezés szerinti bal oldal mélyvonala					
	Pontszám	Magasság			Táv. [m]	Megfelelőség (Tűrés ± 20 mm)	Pontszám	Magasság			Táv. [m]	Megfelelőség (Tűrés ± 20 mm)
		Tervezett [m]	Mért [m]	Eltérés [mm]				Tervezett [m]	Mért [m]	Eltérés [mm]		
0+121	1981	116,069	116,031	-38	-2,502	Nem felel meg	1980	116,042	116,024	-18	+2,226	Megfelel
0+125	1975	115,695	115,636	-59	-2,500	Nem felel meg	1974	115,666	115,62	-46	+2,205	Nem felel meg
0+130	1969	115,244	115,208	-36	-2,503	Nem felel meg	1968	115,216	115,191	-25	+2,217	Nem felel meg
0+135	1963	114,796	114,795	-1	-2,499	Megfelel	1962	114,766	114,784	+18	+2,199	Megfelel
0+140	1957	114,390	114,389	-1	-2,502	Megfelel	1956	114,363	114,388	+25	+2,234	Nem felel meg
0+145	1951	114,090	114,084	-6	-2,496	Megfelel	1950	114,062	114,08	+18	+2,215	Megfelel
0+150	1945	113,888	113,890	+2	-2,496	Megfelel	1944	113,861	113,884	+23	+2,217	Nem felel meg
0+155	1939	113,785	113,798	+13	-2,498	Megfelel	1938	113,758	113,788	+30	+2,229	Nem felel meg
0+160	1933	113,758	113,773	+15	-2,493	Megfelel	1932	113,730	113,753	+23	+2,213	Nem felel meg
0+165	1927	113,733	113,740	+7	-2,498	Megfelel	1926	113,705	113,73	+25	+2,211	Nem felel meg
0+170	1921	113,707	113,714	+7	-2,494	Megfelel	1920	113,679	113,702	+23	+2,210	Nem felel meg
0+175	1915	113,705	113,716	+11	-2,488	Megfelel	1914	113,678	113,701	+23	+2,215	Nem felel meg
0+180	1909	113,729	113,726	-3	-2,506	Megfelel	1908	113,702	113,712	+10	+2,233	Megfelel
0+185	1987	113,754	113,752	-2	-2,529	Megfelel	1986	113,727	113,72	-7	+2,267	Megfelel
0+190	1993	113,789	113,798	+9	-2,798	Megfelel	1992	113,762	113,78	+18	+2,527	Megfelel
0+195	1999	113,913	113,920	+7	-3,156	Megfelel	1998	113,885	113,913	+28	+2,876	Nem felel meg
0+200	2005	114,140	114,158	+18	-3,269	Megfelel	2004	114,113	114,143	+30	+2,998	Nem felel meg
0+205	2011	114,468	114,479	+11	-3,260	Megfelel	2010	114,440	114,463	+23	+2,979	Nem felel meg
0+210	2017	114,816	114,822	+6	-3,249	Megfelel	2016	114,789	114,811	+22	+2,982	Nem felel meg
0+215	2033	115,154	115,153	-1	-3,242	Megfelel	2022	115,127	115,13	+3	+2,967	Megfelel

18. ábra: Részlet az „Eltérések táblázat” c. mellékletből

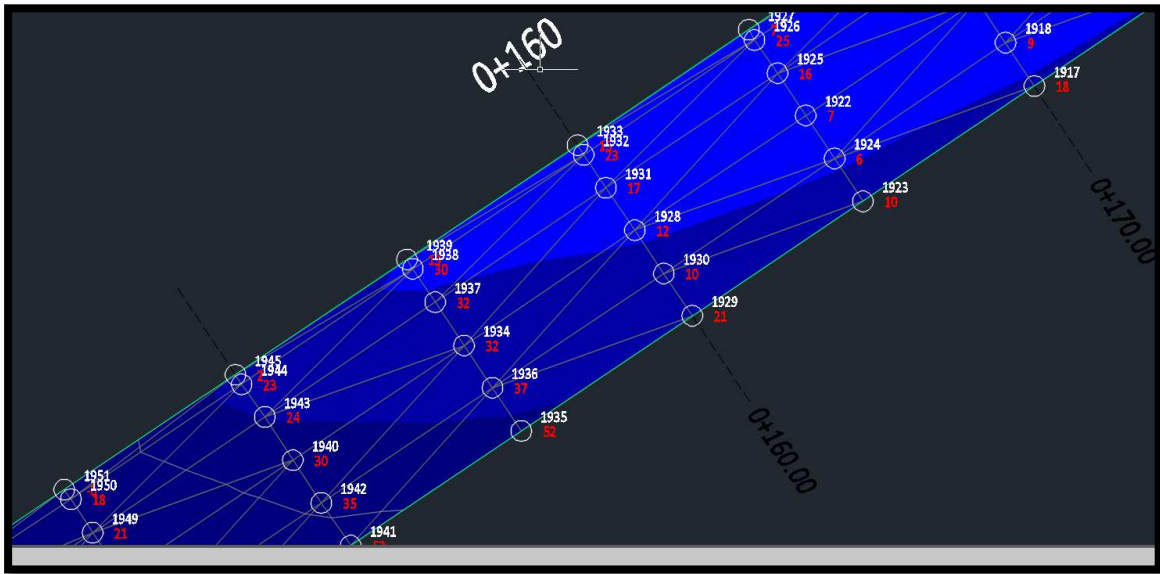
4.3 Mérési eredmények megjelenítése Civil 3D-ben

1981	648401,308	240715,515	+38
1975	648405,127	240718,077	+59
1969	648409,293	240720,876	+36
1963	648413,447	240723,660	+1
1957	648417,591	240726,446	+1
1951	648421,749	240729,229	+6
1945	648425,902	240732,017	-2
1939	648430,065	240734,814	-13
1933	648434,209	240737,589	-15
1927	648438,368	240740,387	-7
1921	648442,512	240743,164	-7

19. ábra: Mérési eredmények

A dokumentáció részét képezi a hibák rajzon történő ábrázolása is. Ez az elkészített táblázatok felhasználásával könnyen megtehető. Itt szükségünk van egy olyan állományra, amely tartalmazza a vizsgálati pontok pontszámát, Y, X koordinátáit, valamint a tervezett és mért magasságokat (19. ábra).

Miután ez megtörtént, *CSV* vagy *TXT* formátumú fájlként kimentettük az adatokat. Ezt követően újra elővehetjük a *Civil 3D*-ben elkészített rajzunkat, és a már korábban ismertetett *Point creation tool*-on belül az *Import points* ikon segítségével meg tudjuk jeleníteni a mért pontjainkat. Ezek stílusát a *Toolspace*-en belül már bemutatott helyen át tudjuk állítani, így egy igen látványos és részletgazdag térképi rész készíthető a dokumentációhoz. Az elkészített rajz a [3. mellékletben](#) tekinthető meg.

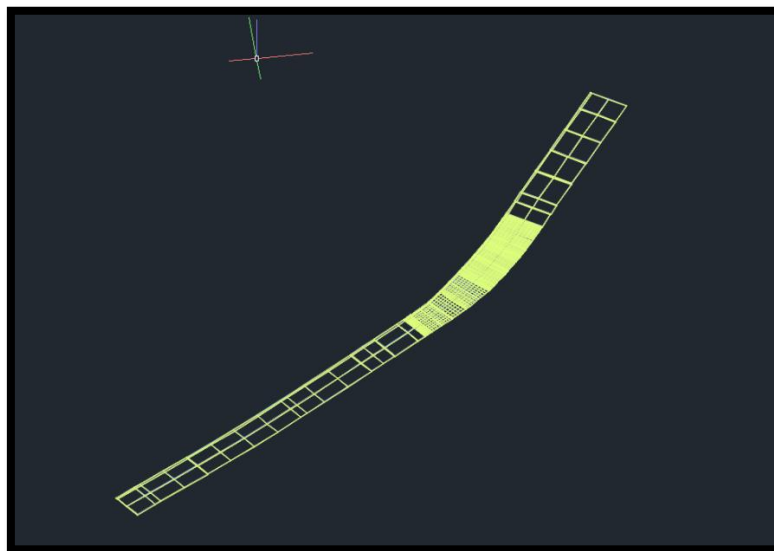


20. ábra: Az eltérések és pontszámok ábrázolása

4.4 Az út objektumként való exportálása

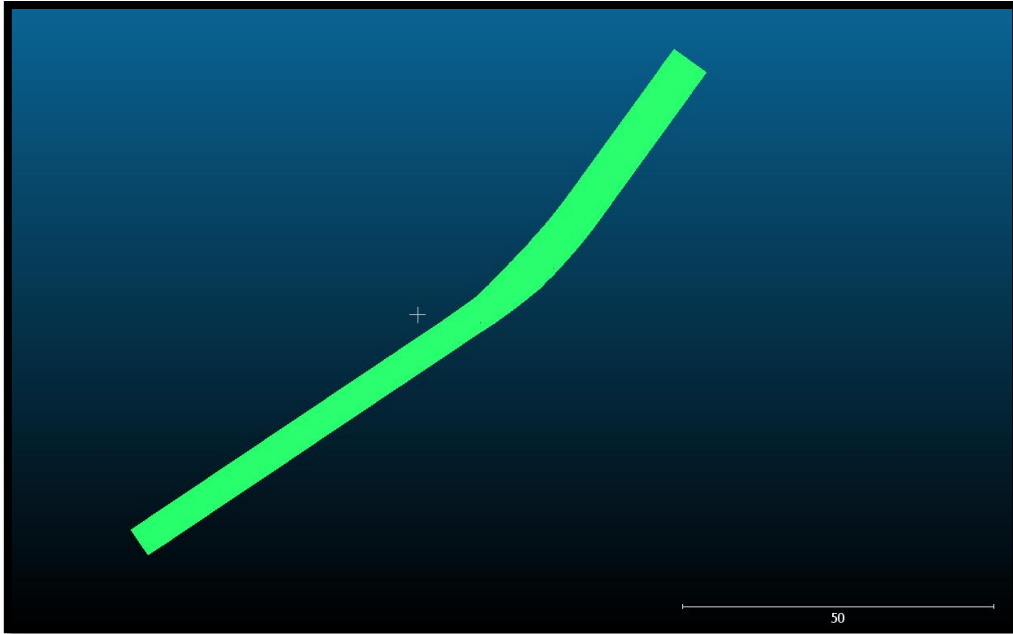
Ahhoz, hogy az utunkat akár más szoftverben, más munkálatokra is fel tudjuk használni, szükségünk van annak az exportálására egy kezelhető formátumban. A kutatásunk szempontjából ez nagyon nagy jelentőséggel bír, hiszen a pontfelhőnk és a tervezett állapot összehasonlítását elsősorban *CloudCompare*-ben tudtuk elképzelni.

A Corridorot először kicsit át kell alakítanunk. Mivel ez elsősorban vonalakból és felületekből áll, így ebből először egy „szilárd” testet kell alkotnunk. Ezt a modellre kattintva az *Extract corridor solids* paranccsal tudtuk megtenni. Itt gyakorlatilag amellet, hogy az úttestet tudjuk létrehozni, ezt ki tudjuk menteni egy külön *DWG* fájlba is.



21. ábra: A 3D-modell Autocad-ben

Miután ezt az új állományt megnyitottuk, egy mesh-t tudunk készíteni, amelyet a *File* → *Export* funkciók segítségével exportálni tudunk *STL formátumba*. Ezzel elérhetővé vált számunka, hogy az eddig *PDF* dokumentumok segítségével *DWG*-ben megalkotott modellünket egy olyan környezetbe tudtuk átvinni, ahol az eddigiektől kicsit eltérő módon tudtuk annak a megvalósított állapotától való eltéréseit kimutatni.



22. ábra: A 3D-modell *CloudCompare*-ben

5 A pontfelhő feldolgozása

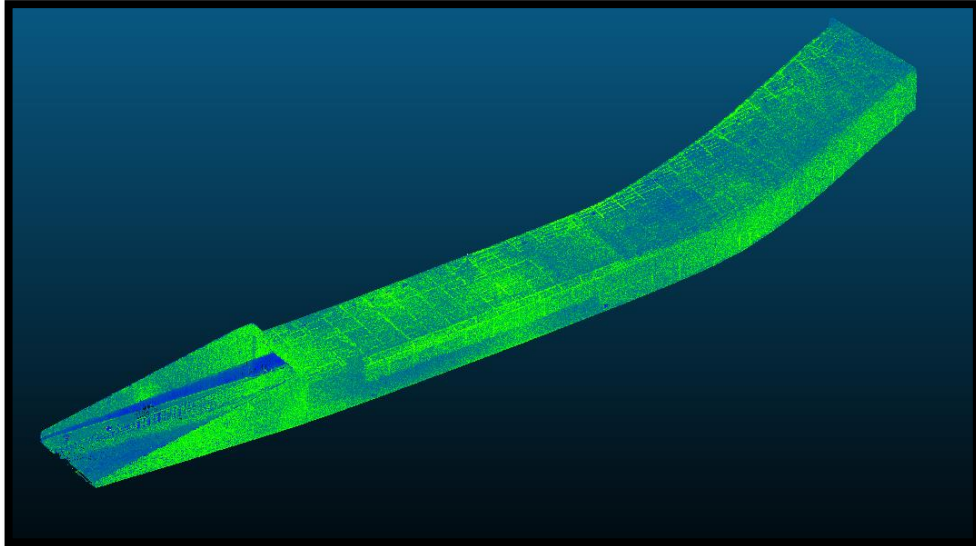
A pontfelhő az alujáróról már korábban elkészült. Az eljárás a következő: a lézerszkennert egymás után több helyen felállítják, és minden állás között legalább 3 kapcsolópontot helyeznek el. Így előállnak az egyes helyeken szkennelt pontfelhők, majd a kapcsolópontok segítségével Autodesk Recap szoftverben összekapcsolhatóak az egyesített pontfelhővé.

5.1 Autodesk Recap

Az *Autodesk Recap Pro* a meglévő állapotok lézerszkennelésével előállított pontfelhőkkel való hatékony munkát teszi lehetővé: segítségével a valóságot könnyedén 3D-s modellekké, vagy 2D-s rajzokká alakíthatjuk. Lehetségessé válik pontfelhők importálása, melyeket a felhasználó tovább szerkeszthet, és más Autodesk szoftverben felhasználhat. [2]

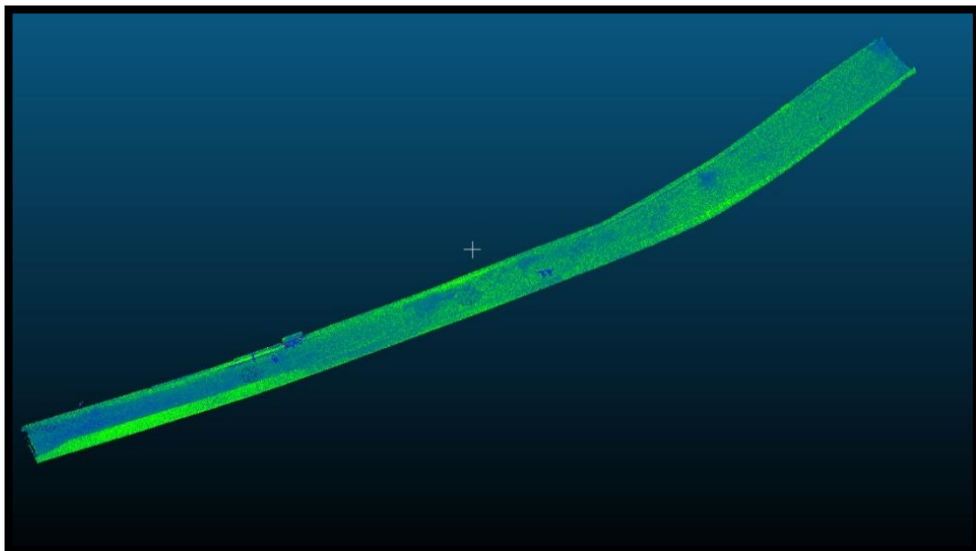
5.2 CloudCompare

Pontfelhők kezelésére kiváló ingyenes és nyílt forrású program a *CloudCompare*. Betölthetőek pontfelhők, vagy más 3 dimenziós objektumok, melyekkel különböző műveleteket lehet elvégezni. Az alujáróról készült pontfelhőt ebbe a szoftverbe töltöttük be további feldolgozás céljából.



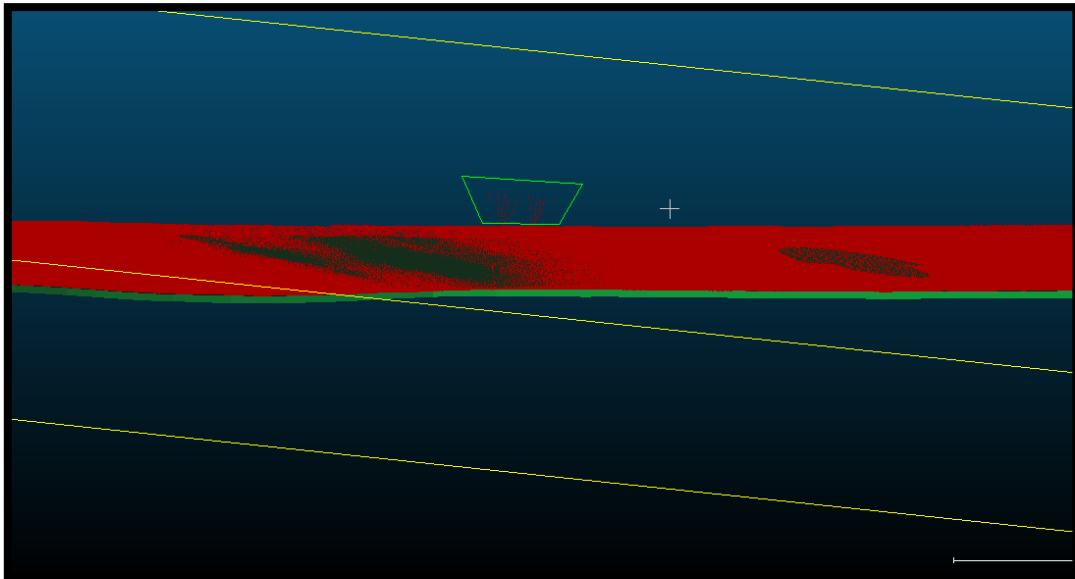
23. ábra: Az aluljáróról készült teljes pontfelhő

Mivel mi csak az utat szeretnénk volna ellenőrizni, ezért a felső részt el kellett távolítani. Ezt a *Segment* paranccsal végeztük el. Több módon is végrehajtható a parancs; mi *AutoCAD*-ben létrehoztunk egy poligont, amely az útpálya befoglaló poligonja, ez *STL formátumba* való exportálás után betölthető *CloudCompare*-be. Az importálás után ki lehet választani, hogy a szoftver a pontfelhő pontjai közül a poligonon belüli, vagy azon kívüli pontjait tartsa meg. Mi ezt az eljárást használtuk, és a poligonon belüli részt tartottuk meg. Természetesen poligon nélküli kézi vágásra is van lehetőség, amelyet szintén használtunk később, mert bizonyos helyeken erre volt szükség.



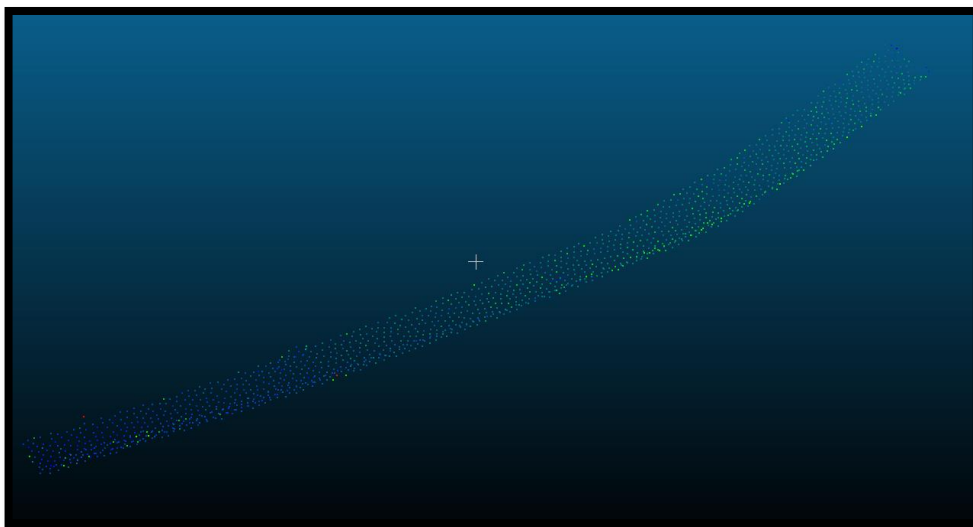
24. ábra: A pontfelhő kivágata

Az automatizált vágás után meg kellett nézni, hogy minden pont eltűnt-e, amire nem volt szükség. Természetesen maradt még benne mindenféle egyéb pont, amit kézzel távolítottunk el. Ez lehetett egy ember, aki besétált az aluljáróba a lézerszkennelés közben.



25. ábra: Kézi vágás

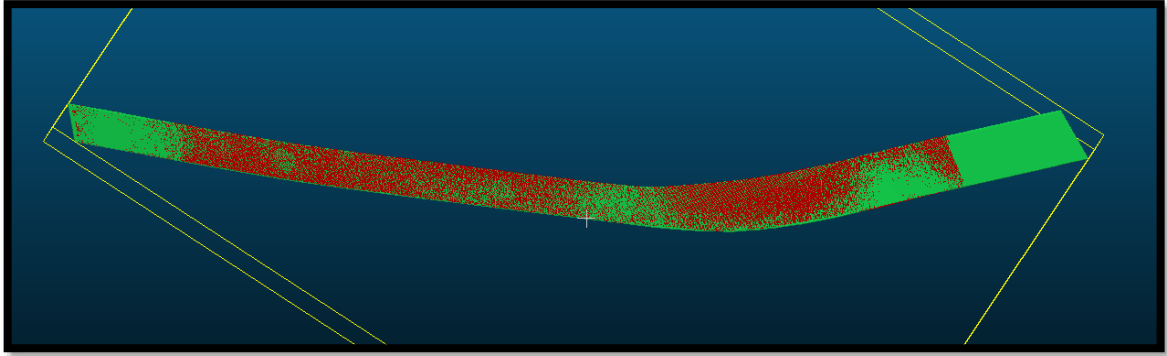
Kivágás után újramintavételeztük a pontfelhőt, mert még így is nagyon sok pontot tartalmazott, nekünk azonban nem volt szükségünk minden mért pontra. Az újramintavételezés (resample) eljárásnál kiválasztható a pontok kívánt sűrűsége. Mi 10 centiméterenkénti újramintavételezést választottunk. Ennek megfelelően a 9 283 050 darab pontunkból 39 033 darab lett.



26. ábra: Újramintavételezett pontfelhő

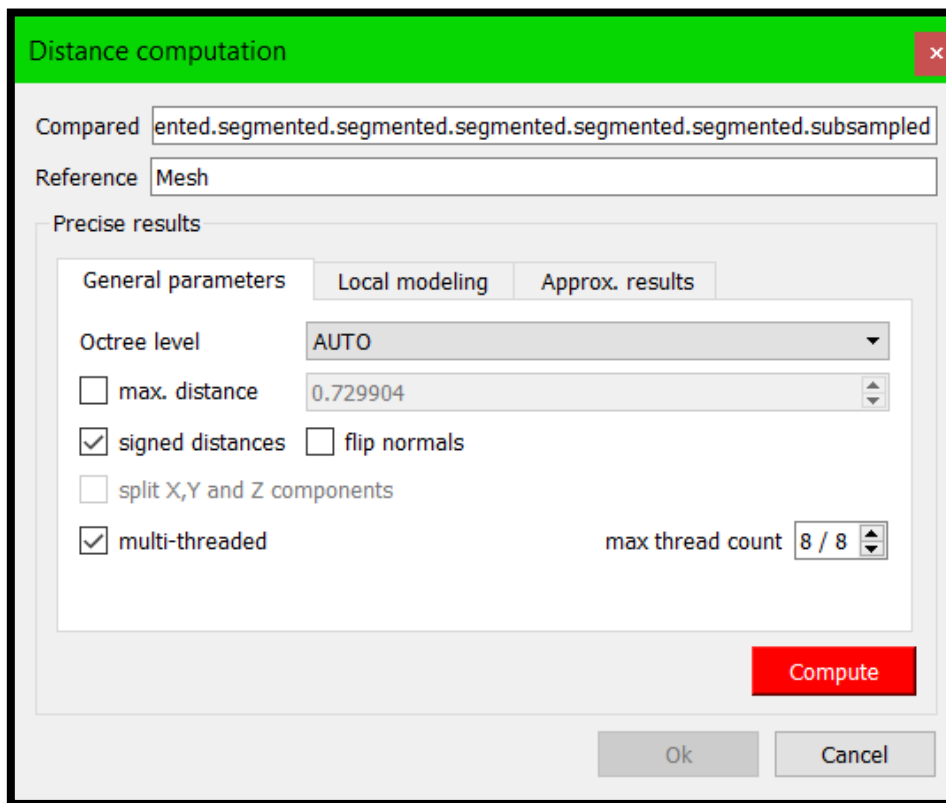
A *CloudCompare*-ben lehetőség van a pontok méretének növelésére, illetve csökkentésére. Ezen a képen a pontméret eggyel nagyobb a láthatóság érdekében.

Az összehasonlításhoz egymás mellé betöltöttük az újramintavételezett pontfelhőt és az útból előállított 3D modellt.



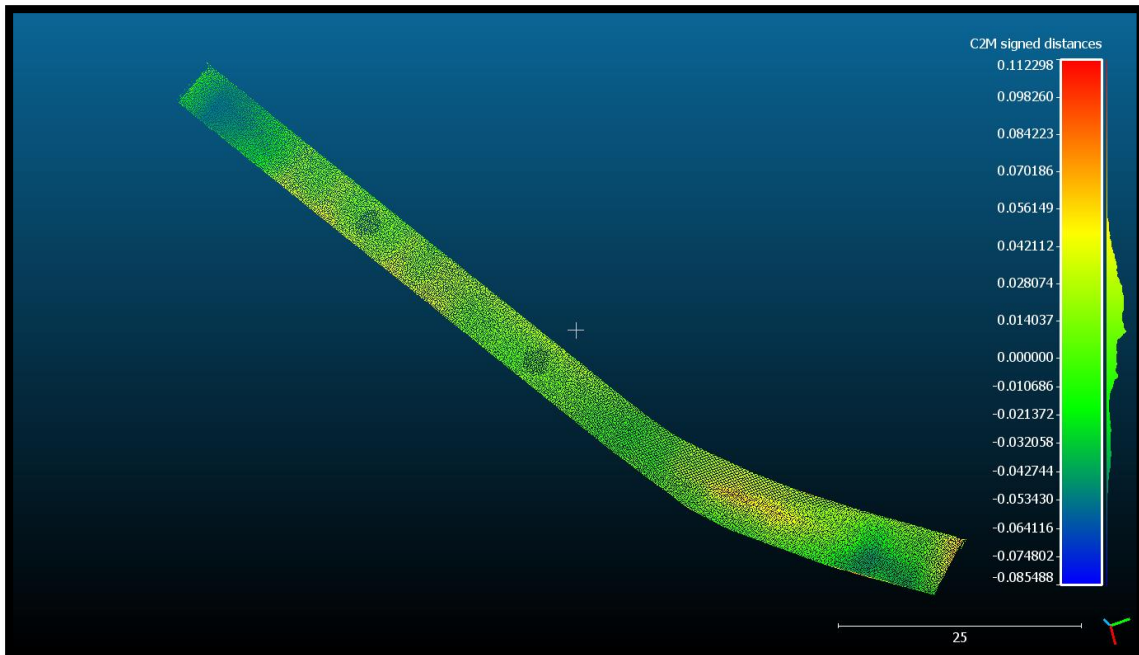
27. ábra: 3D modell és pontfelhő együtt

A jobb láthatóság érdekében az útból készült 3D modellt átlátszóvá tehetjük (*stripping*). Így láthatóvá válnak a pontfelhőnek azon pontjai, melyek az útpálya alatt vannak, azaz beleesnek a modellbe. A képen a pontfelhő kivágata piros, az út modellje pedig zöld színnel látható.



28. ábra: Távolságszámító program

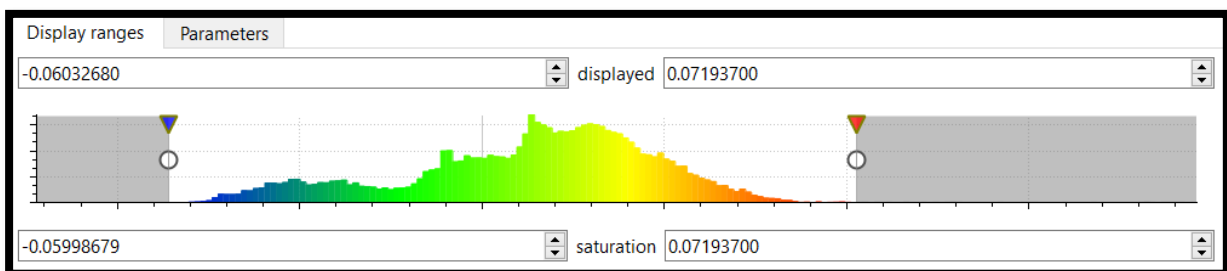
Az összehasonlítást a *Compute cloud/mesh distance* paranccsal végeztük el. A felugró panelen több dolog beállítható, azonban az alapbeállítások is teljesen megfelelőek a mi feladatunk elvégzésére. A *Compute* gombra kattintva a program szinte azonnal elvégezte az összehasonlítást. Sűrűbb, vagy nagyobb kiterjedésű pontfelhő(k) esetén a feladat sokkal több időt is igénybe vehet.



29. ábra: Számítás utáni megjelenítés

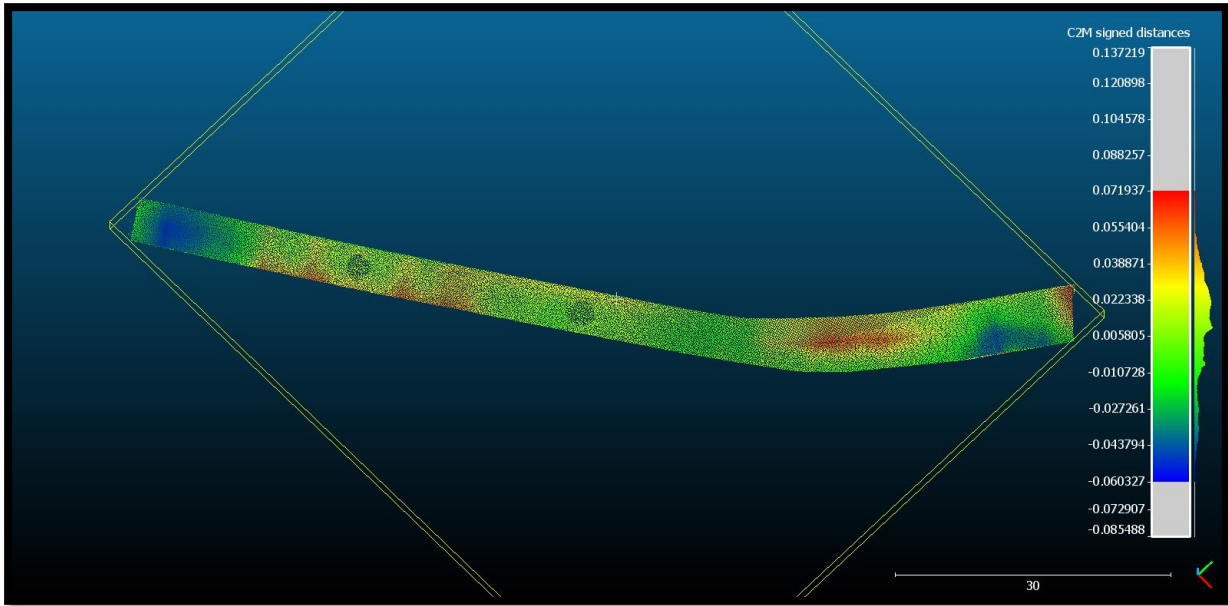
Összehasonlítás után a pontfelhő színe automatikusan megváltozik, és a jobb oldalon látható skála színeit veszi fel. A skálán láthatóak az eltérések méter egységben. Az is észrevehető, hogy +0,056 és -0,053 m között vannak az értékek.

A skálának több beállítása is van. Az egyik, magának a skálának a láthatósága (a skála látható -e egyáltalán a monitoron), ugyanis az összehasonlítás után nem jelent meg magától a jobb oldalon, ezt külön be kellett kapcsolni. Megjelenítési szempontból több dolog beállítható; a skálán feltüntetett színek (lehet egy szín és a fehér átmenete, illetve más színek átmenete). Ami ennél fontosabb, az az eltérő értékek szempontjából sokkal lényegesebb. Amint azt a skálán látjuk, majdnem mindenhol ugyanaz a világoszöld fordul elő, kevés helyen kék és piros. Be lehet állítani a skála határait, így élesebben kirajzolódnak az eltérések.



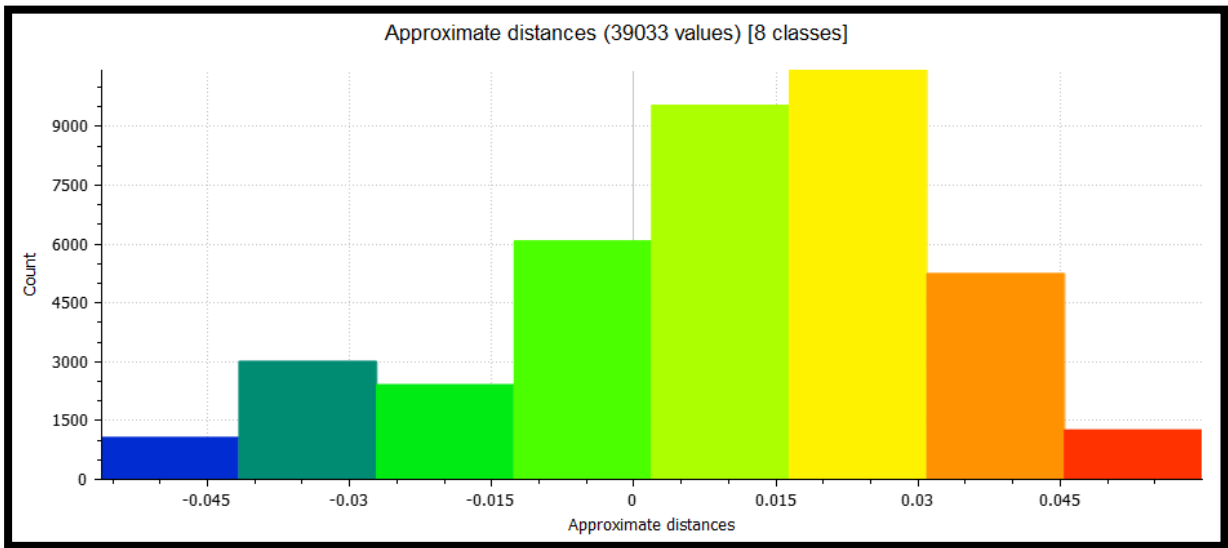
30. ábra: Az eltérések tartományának módosítása

A kép két oldalán látható egy-egy szürke mező. Ezek helyét kézzel lehet beállítani, eredetileg az ábra két szélén helyezkedett el a két csúszka, és nem volt szürke terület. Ezek a részek nem vesznek részt a skálázásban, így a megjelenítés szempontjából kissé sarkított eredményt kapunk, de sokkal jobban láthatjuk az eltéréseket. Természetesen ez az eljárás az eredményeket nem befolyásolja, csak a megjelenítést.



31. ábra: Módosított képi megjelenítés

Ezen az ábrán már a jobb oldalon levő függőleges skálán is látszanak a megjelenítésből kivett részek, és ha összehasonlítjuk a módosítatlan skálával, azt vehetjük észre, hogy az eltérések méretét jelző ábra nem változott, csak a színe, és a pontfelhőn is csak a szín változott meg.



32. ábra: Hisztogram az eltérésekről

Az összehasonlítás panele a feladat elvégzése után bezárható, azonban az *Approx. results* fülön megtekinthető az összehasonlításból előállított hisztogram, és ennek értékei összefoglalva *CSV formátumban* is elmenthetők.

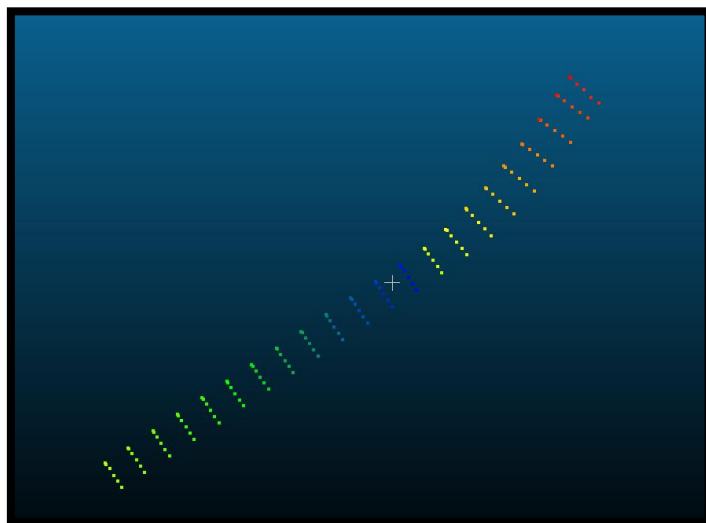
Class	Value	Class start	Class end
1	2	-0.086	-0.058
2	3488	-0.058	-0.030
3	7260	-0.030	-0.002
4	18612	-0.002	0.026
5	9413	0.026	0.054
6	234	0.054	0.082
7	12	0.082	0.109
8	12	0.109	0.137

Emellett a rövid táblázat mellett kinyerhető az összes pontra elvégzett összehasonlítás is, amely lényegesen hosszabb.

6 A két mérési módszer összevetése

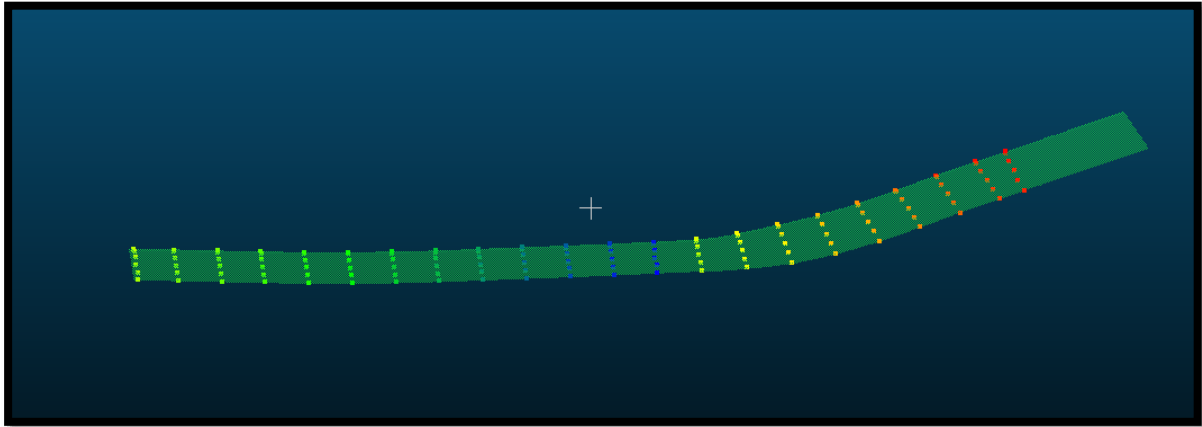
Az előmunkákat követően rátérhetünk a dolgozatunk fő témájának kivesésére. Most hogy láthattuk, hogy az útburkolat minősítéséhez a munkarészeket mérőállomással, illetve lézerszkennelvel miként tudjuk előállítani, rátérhetünk a minket talán legjobban foglalkoztató kérdésre.

A mérőállomással és a földi lézerszkenneléssel végzett mérések összehasonlításához a korábbiakban már bemutatott *CloudCompare* szoftvert használtuk. A kivágott és újramintavételezett pontfelhő már rendelkezésre áll. A mérőállomással mért pontok koordinátajegyzéke is könnyedén betölthető a programba.



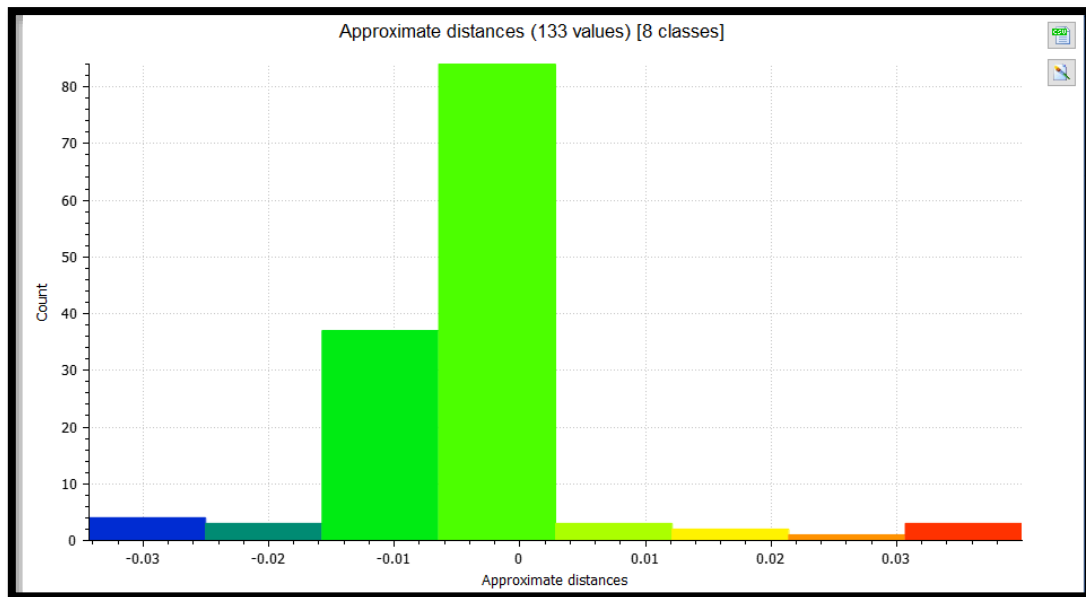
33. ábra: A mérőállomással mért pontok *CloudCompare*-ben

A következő lépés a pontfelhő átalakítása volt. Ez amiatt szükséges, mert a két pontfelhő pontjai nem feltétlen esnek egybe. Ahhoz, hogy a különbségeket ki tudjuk mutatni, szükséges a pontfelhőből egy mesht készíteni. A *CloudCompare* ezt pár kattintással lehetővé is tette.



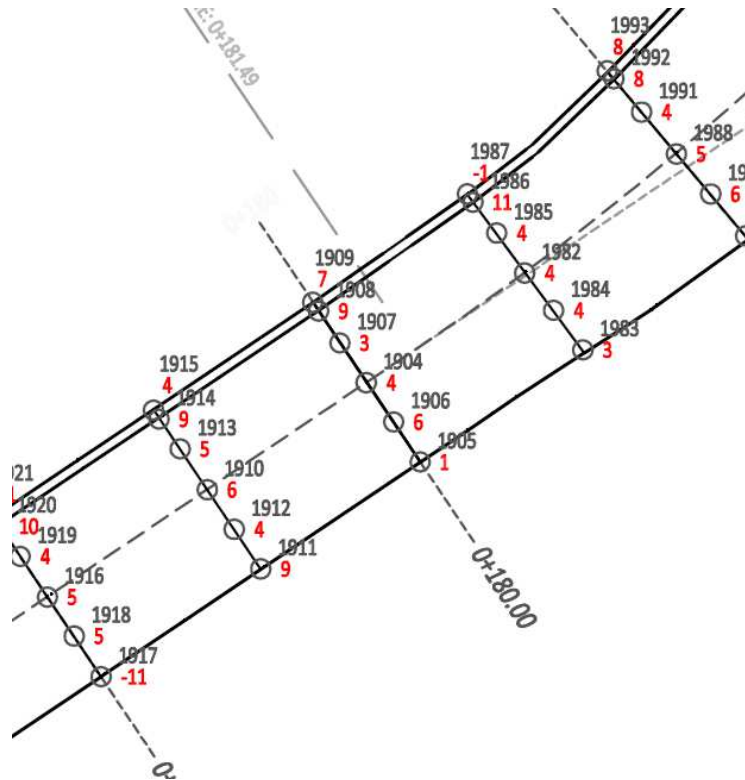
34. ábra: A mért pontok és a modell együtt

Miután a mesh elkészült, a korábbiakban már felhasznált *Cloud/Mesh dist.* parancsal elvégezhető az eltérések kimutatása. Ennek az eredményeként kapott hisztogramon látszik, hogy a differencia a két felmérés között az esetek 89%-ában 0.



35. ábra: A mért pontok hisztogramja

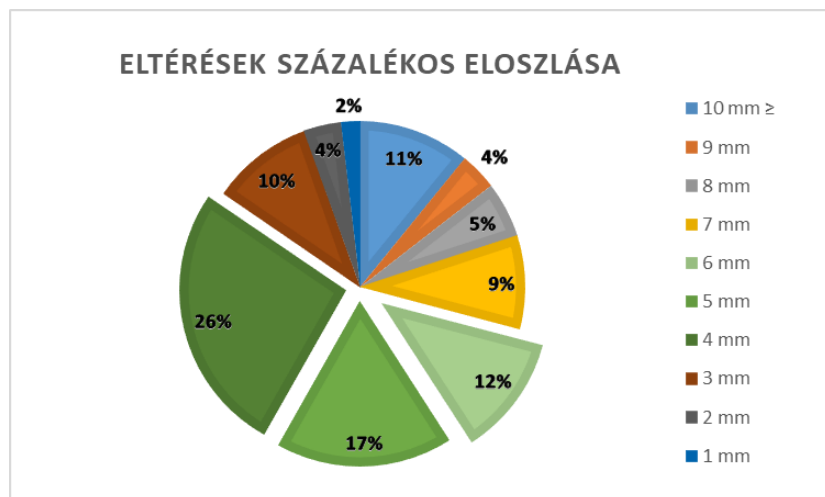
A mérőállomással mért eredmények és a lézerszkenneléssel előállt pontfelhő összehasonlítása után elmentettük a mért pontokra vonatkozó eltéréseket tartalmazó jelentéseket. Ezekben szerepelnek a mérőállomással mért pontok koordinátái, illetve a távolságuk a pontfelhőtől. Az adatokat tartalmazó táblázat az ehhez tartozó térképpel a [4. és 5. mellékletnél](#) található.



36. ábra: Részlet a két mérés eltéréseit tartalmazó mellékletből

A kiolvasott eredményeket *Excel*-ben további statisztikai számítások alá vettettük. Ezek alapján a következő eredményekre jutottunk:

Statisztikai adatok [mm]	
Átlag	6
Maximum	16
Minimum	1
Medián	5
Szórás	3



Jól látható, hogy a 110 darab ponton elvégzett vizsgálat alapján az eltérések a két állomány között **55%-ban** a **4-6 mm** közé estek. Itt érdemes megemlíteni, hogy az eredményül kapott eltérések 97%-ban azonos előjelűre (+) jöttek ki. Ez azt jelenti, hogy a lézerszkenneléssel előállított adatok a mérőállomással mért adatokhoz képest magassaban helyezkednek el.

Mivel ez a különbség gyakorlatilag azonos nagyságrendű, ezért megállapítható, hogy a lézerszkenneléssel mért, majd összeillesztett pontfelhő nincs teljesen azonos rendszerben a

mérőállomással mért eredményekkel. Ez az eltérés lézerszkennelésből (± 2 mm), illetve annak összeillesztéséből (± 1 mm), valamint mérőállomással (± 1 mm) történő mérés bizonytalanságából tevődik össze. Ha ezek hatását együttesen vizsgáljuk, akkor gyakorlatilag megkapjuk az átlagos eltérésünk értékét.

7 Összegzés

Dolgozatunk alapvető témája a két mérési módszer, a mérőállomás és a lézerszkennelés összehasonlítása volt egy bizonyos minőségbiztosítási feladat körül. Mivel a két módszer alkalmazási területe az igényektől függ, mi megpróbáltunk egy olyan közös területet találni, amelyek között a határok elmoshatók.

A kutatásaink, majd ezek kiértékelése alapján a két módszer használata az adott témában kielégítő eredményt hozott. Amellett, hogy dolgozatunk elkészítésének során az *AutoCAD Civil 3D* szoftveren belül új tudásra tettünk szert, valamint a *CloudCompare* szoftvert is egy kicsit jobban megismertük; sikerült kimutatni, hogy az eltérés (a szabályos hibákkal együttvéve) negyed-ötöd akkora értékű, mint az útpálya geometriai ellenőrzéséhez előírt 20 mm-es tűrés.

Útpálya ellenőrzésére pedig végül is melyik módszer a jobb; mérőállomással való mérés vagy lézerszkennelés? Mivel mind a két módszer kielégítően pontos eredményt adott, nehéz a döntés, azonban, ha azt is figyelembe vesszük, hogy melyik, milyen részletességgel tudja szolgáltatni számunka az adatokat, kijelenthetjük, hogy a lézerszkennelés célratörőbb lehet.

8 Mellékletek

A mellékletek a következő linken érhetőek el:

<https://1drv.ms/f/s!AuSe-hoHF32hj0duBa7QoHgDG8-B>

- A tervek: *SZ-K-UM-102.pdf*,
SZ-K-UT.104-06.pdf,
SZ-K-UT.105-03.pdf,
SZ-K-UT.110-03.pdf,
SZ-K-UT.111-01.pdf
- 1. melléklet: *I_Melleklet_Tervezett_ertekek.pdf*
- 2. melléklet: *II_Melleklet_Elteresek_tablazat.pdf*
- 3. melléklet: *III_Melleklet_Elteres_terkep.pdf*
- 4. melléklet: *IV_Melleklet_Pontfelho_elteresei.pdf*
- 5. melléklet: *V_Melleklet_Pontfelho_elteresei_tablazat.pdf*

9 Irodalomjegyzék

- [1] Fotogrammetria és lézerszkennelés tanszéki segédlet (BMEEOFTAG43)
- [2] monarch.hu/_term/_adesk/_recap
- [3] www.budaipolgar.hu/budaipolgar/helytortenet/miniszterium.html
- [4] <http://szellkapu.hu/>
- [5] http://aucache.autodesk.com/au2011/sessions/4678/class_handouts/v2_CI4678%20Tunnel%20design%20using%20AutoCAD%20Civil%203D.pdf
- [6] <https://knowledge.autodesk.com/support/autocad-civil-3d/downloads/caas/downloads/content/civil-3d-country-kits-for-hungary.html>
- [7] A Comparison of the Terrestrial Laser Scanner & Total Station for Scene Documentation. Eugene Liscio, Adam Hayden, & James Moody
- [8] Takács Bence, Somogyi Árpád József, Lovas Tamás: A Kossuth téri mélygarázs részfalának ellenőrző mérése lézerszkenneléssel, MAGYAR ÉPÍTŐIPAR 64:(2) pp. 81-84. (2014)
(<http://magyarepitoiparkiado.hu/kiadvany.php?view=detail&kiadvany=32&tartalom=285>)
- [9] Joó Péter, Takács Bence: Földtömegszámítás lézerszkenneléssel nyert pontfelhőből, MŰSZAKI ELLENŐR II.:(12) pp. 41-43. (2013)
- [10] Lovas Tamás, Rehány Nikolett, Somogyi József Árpád: Történelmi épületek rekonstrukciós munkálatainak támogatása pontfelhők segítségével, GEODÉZIA ÉS KARTOGRÁFIA LXX:(1) pp. 19-24. (2018)
(<https://edit.elte.hu/xmlui/bitstream/handle/10831/37942/GK.2018.1.3-elte.archive.pdf?sequence=1&isAllowed=y>)
- [11] Ákos Török, Árpád Barsi, Péter Görög, Tamás Lovas, Gyula Bögöly, Balázs Czinder, Balázs Vásárhelyi, Bence Molnár, Árpád József Somogyi: Rockfall hazard assessment of nearly vertical rhyolite tuff cliff faces by using terrestrial laser scanner, UAV and FEM analyses In: European Geosciences Union (EGU), EGU General Assembly 2017: Conference Abstracts. Konferencia helye, ideje: Vienna, Ausztria, 2017.04.24-2017.04.28. Vienna: European Geosciences Union (EGU), Paper EGU2017-10516. 1 p.



Fény utca 0+120.00 - 0+225.00 szelvények között
Tervezett értékek
EOMA

Szelvény	Fény utca ellenőrzendő pontjaiban a tervezett magasságok																				Szelvény				
	Szelvényezés szerinti bal oldal széle				Szelvényezés szerinti bal oldal mélyvonala				Szelvényezés szerinti bal oldal közepe				Tengely				Szelvényezés szerinti jobb oldal közepe					Szelvényezés szerinti jobb oldal széle			
	Koordináták			Táv.[m]	Koordináták			Táv.[m]	Koordináták			Táv.[m]	Koordináták			Táv.[m]	Koordináták			Táv.[m]		Koordináták			Táv.[m]
	Y [m]	X [m]	Mag. [mBf]		Y [m]	X [m]	Mag. [mBf]		Y [m]	X [m]	Mag. [mBf]		Y [m]	X [m]	Mag. [mBf]		Y [m]	X [m]	Mag. [mBf]			Y [m]	X [m]	Mag. [mBf]	
0+121	648401,308	240715,515	116,069	2,502	648401,495	240715,308	116,042	2,226	648402,102	240714,527	116,062	1,239	648402,705	240713,431	116,101	0,000	648403,450	240712,434	116,127	-1,250	648404,075	240711,365	116,163	-2,486	0+121
0+125	648405,127	240718,077	115,695	2,500	648405,318	240717,849	115,666	2,205	648405,839	240717,047	115,690	1,248	648406,539	240716,014	115,721	0,000	648407,249	240714,978	115,752	-1,255	648407,924	240713,949	115,783	-2,486	0+125
0+130	648409,293	240720,876	115,244	2,503	648409,451	240720,638	115,216	2,217	648409,984	240719,819	115,240	1,240	648410,691	240718,800	115,271	0,000	648411,391	240717,752	115,303	-1,261	648412,069	240716,736	115,333	-2,482	0+130
0+135	648413,447	240723,660	114,796	2,499	648413,617	240723,413	114,766	2,199	648414,151	240722,616	114,790	1,240	648414,842	240721,587	114,821	0,000	648415,542	240720,555	114,852	-1,247	648416,242	240719,497	114,884	-2,515	0+135
0+140	648417,591	240726,446	114,390	2,502	648417,740	240726,223	114,363	2,234	648418,288	240725,423	114,387	1,265	648418,994	240724,374	114,419	0,000	648419,683	240723,343	114,450	-1,240	648420,385	240722,291	114,482	-2,505	0+140
0+145	648421,749	240729,229	114,090	2,496	648421,909	240728,998	114,062	2,215	648422,434	240728,186	114,086	1,248	648423,145	240727,160	114,117	0,000	648423,850	240726,126	114,148	-1,252	648424,530	240725,091	114,179	-2,490	0+145
0+150	648425,902	240732,017	113,888	2,496	648426,055	240731,784	113,861	2,217	648426,616	240730,994	113,885	1,249	648427,296	240729,947	113,916	0,000	648427,989	240728,909	113,947	-1,248	648428,700	240727,872	113,979	-2,505	0+150
0+155	648430,065	240734,814	113,785	2,498	648430,210	240734,587	113,758	2,229	648430,751	240733,775	113,783	1,253	648431,448	240732,734	113,814	0,000	648432,143	240731,701	113,845	-1,245	648432,842	240730,653	113,877	-2,504	0+155
0+160	648434,209	240737,589	113,758	2,493	648434,358	240737,352	113,730	2,213	648434,898	240736,554	113,754	1,249	648435,599	240735,520	113,785	0,000	648436,304	240734,474	113,817	-1,261	648436,992	240733,451	113,847	-2,494	0+160
0+165	648438,368	240740,387	113,733	2,498	648438,505	240740,134	113,705	2,211	648439,063	240739,334	113,729	1,236	648439,751	240738,307	113,760	0,000	648440,447	240737,266	113,791	-1,252	648441,135	240736,223	113,823	-2,502	0+165
0+170	648442,512	240743,164	113,707	2,494	648442,667	240742,926	113,679	2,210	648443,199	240742,144	113,702	1,264	648443,902	240741,094	113,734	0,000	648444,602	240740,075	113,765	-1,236	648445,302	240739,020	113,797	-2,502	0+170
0+175	648446,662	240745,943	113,705	2,488	648446,804	240745,709	113,678	2,215	648447,355	240744,935	113,701	1,265	648448,054	240743,880	113,733	0,000	648448,759	240742,848	113,764	-1,250	648449,450	240741,820	113,795	-2,489	0+175
0+180	648450,799	240748,741	113,729	2,506	648450,953	240748,516	113,702	2,233	648451,505	240747,687	113,727	1,237	648452,205	240746,667	113,758	0,000	648452,904	240745,636	113,789	-1,246	648453,593	240744,596	113,820	-2,493	0+180
0+185	648454,819	240751,558	113,754	2,529	648454,967	240751,341	113,727	2,267	648455,580	240750,544	113,752	1,262	648456,313	240749,517	113,784	0,000	648457,061	240748,534	113,815	-1,235	648457,820	240747,508	113,847	-2,511	0+185
0+190	648458,453	240754,757	113,789	2,798	648458,629	240754,551	113,762	2,527	648459,346	240753,683	113,790	1,401	648460,243	240752,607	113,825	0,000	648461,144	240751,555	113,860	-1,385	648462,050	240750,470	113,895	-2,798	0+190
0+195	648461,811	240758,236	113,913	3,156	648461,984	240758,014	113,885	2,876	648462,891	240757,078	113,918	1,573	648463,972	240755,936	113,957	0,000	648465,031	240754,821	113,995	-1,537	648466,140	240753,667	114,035	-3,138	0+195
0+200	648465,101	240761,726	114,140	3,269	648465,279	240761,520	114,113	2,998	648466,281	240760,585	114,147	1,628	648467,486	240759,491	114,188	0,000	648468,702	240758,387	114,229	-1,642	648469,863	240757,289	114,269	-3,240	0+200
0+205	648468,249	240765,324	114,468	3,260	648468,476	240765,158	114,440	2,979	648469,510	240764,283	114,473	1,625	648470,772	240763,260	114,514	0,000	648472,032	240762,261	114,554	-1,608	648473,294	240761,208	114,595	-3,251	0+205
0+210	648471,188	240769,136	114,816	3,249	648471,387	240768,956	114,789	2,982	648472,503	240768,184	114,823	1,625	648473,815	240767,225	114,864	0,000	648475,113	240766,270	114,904	-1,611	648476,428	240765,320	114,945	-3,234	0+210
0+215	648474,119	240773,175	115,154	3,242	648474,340	240773,012	115,127	2,967	648475,438	240772,243	115,160	1,627	648476,746	240771,276	115,201	0,000	648478,075	240770,338	115,242	-1,626	648479,387	240769,352	115,283	-3,267	0+215
0+220	648477,044	240777,230	115,360	3,249	648477,261	240777,070	115,334	2,980	648478,376	240776,276	115,368	1,611	648479,678	240775,327	115,408	0,000	648480,998	240774,378	115,449	-1,626	648482,324	240773,423	115,490	-3,260	0+220
0+223	648479,270	240780,298	115,452	3,244	648479,444	240780,126	115,427	3,003	648480,431	240779,144	115,455	1,627	648481,705	240778,127	115,494	0,000	648482,824	240776,896	115,526	-1,629	648484,117	240775,894	115,566	-3,264	0+223

Dátum: 2018.10.22.

Készítették: Hrutka Bence Péter
 Nagy Nándor Antal



Fény utca 0+120.00 - 0+225.00 szelvények között

Geodéziai minősítés (aszfaltozás)

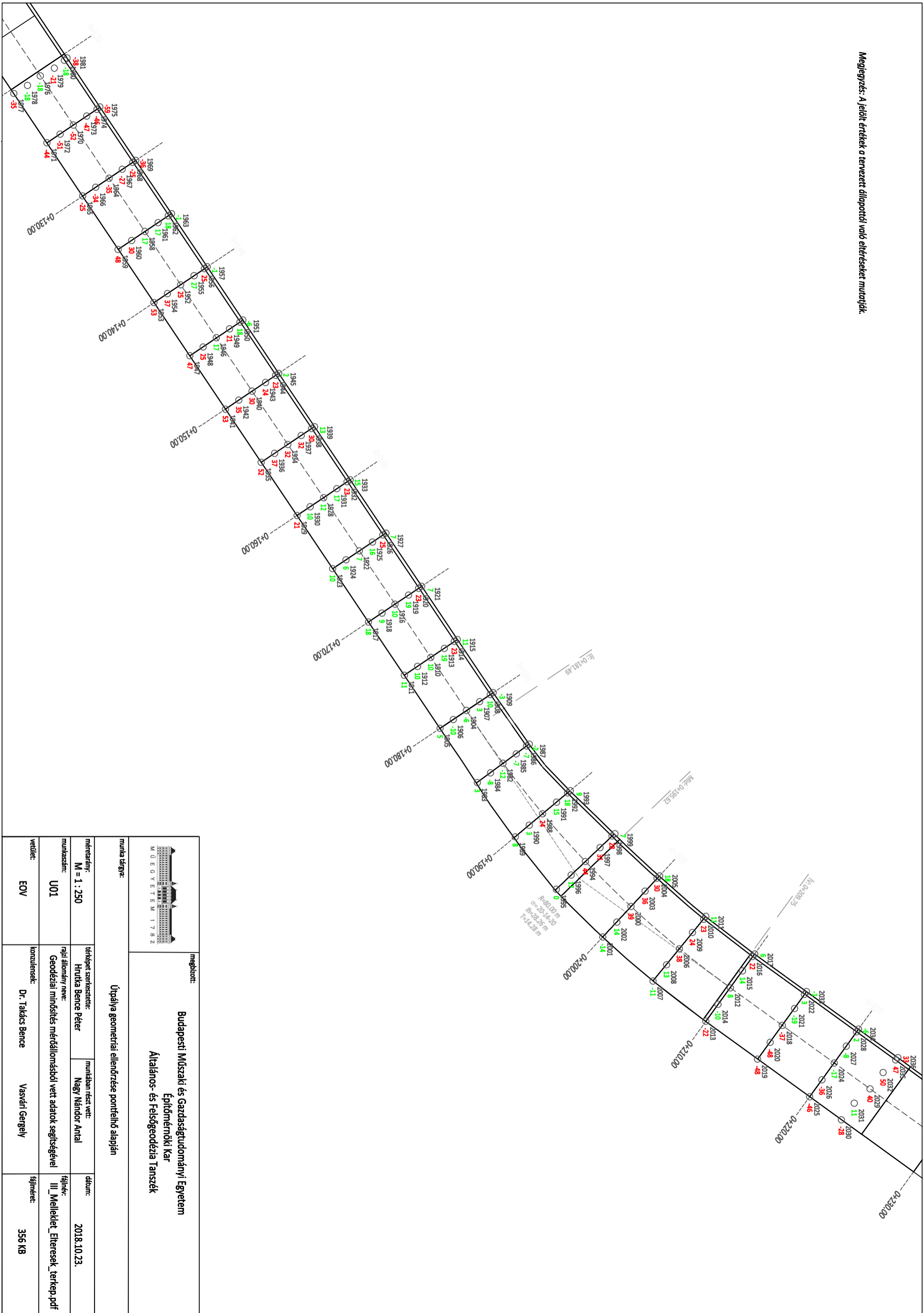
EOMA

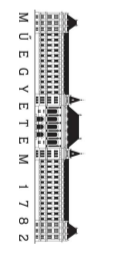
Szelvény	Fény utca aszfaltozásának minősítése mérőállomásból vett mérésekből																																			Szelvény	
	Szelvényezés szerinti bal oldal széle					Szelvényezés szerinti bal oldal mélyvonala					Szelvényezés szerinti bal oldal közepe					Tengely					Szelvényezés szerinti jobb oldal közepe					Szelvényezés szerinti jobb oldal széle											
	Pontszám	Magasság		Táv.[m]	Megfelelőség (Tűrés ± 20 mm)	Pontszám	Magasság		Táv.[m]	Megfelelőség (Tűrés ± 20 mm)	Pontszám	Magasság		Táv.[m]	Megfelelőség (Tűrés ± 20 mm)	Pontszám	Magasság		Táv.[m]	Megfelelőség (Tűrés ± 20 mm)	Pontszám	Magasság		Táv.[m]	Megfelelőség (Tűrés ± 20 mm)	Pontszám	Magasság		Táv.[m]	Megfelelőség (Tűrés ± 20 mm)							
	Tervezett [m]	Mért [m]	Eltérés [mm]			Tervezett [m]	Mért [m]	Eltérés [mm]			Tervezett [m]	Mért [m]	Eltérés [mm]			Tervezett [m]	Mért [m]	Eltérés [mm]			Tervezett [m]	Mért [m]	Eltérés [mm]			Tervezett [m]	Mért [m]	Eltérés [mm]									
0+121	1981	116,069	116,031	-38	-2,502	Nem felel meg	1980	116,042	116,024	-18	+2,226	Megfelel	1979	116,062	116,041	-21	+1,239	Nem felel meg	1976	116,101	116,083	-18	-0,007	Megfelel	1978	116,127	116,109	-18	-1,250	Megfelel	1977	116,163	116,128	-35	-2,486	Nem felel meg	0+121
0+125	1975	115,695	115,636	-59	-2,500	Nem felel meg	1974	115,666	115,62	-46	+2,205	Nem felel meg	1973	115,690	115,643	-47	+1,248	Nem felel meg	1970	115,721	115,669	-52	-0,003	Nem felel meg	1972	115,752	115,701	-51	-1,255	Nem felel meg	1971	115,783	115,739	-44	-2,486	Nem felel meg	0+125
0+130	1969	115,244	115,208	-36	-2,503	Nem felel meg	1968	115,216	115,191	-25	+2,217	Nem felel meg	1967	115,240	115,213	-27	+1,240	Nem felel meg	1964	115,271	115,236	-35	-0,002	Nem felel meg	1966	115,303	115,269	-34	-1,261	Nem felel meg	1965	115,333	115,308	-25	-2,482	Nem felel meg	0+130
0+135	1963	114,796	114,795	-1	-2,499	Megfelel	1962	114,766	114,784	+18	+2,199	Megfelel	1961	114,790	114,807	+17	+1,240	Megfelel	1958	114,821	114,838	+17	+0,011	Megfelel	1960	114,852	114,882	+30	-1,247	Megfelel	1959	114,884	114,932	+48	-2,515	Megfelel	0+135
0+140	1957	114,390	114,389	-1	-2,502	Megfelel	1956	114,363	114,388	+25	+2,234	Nem felel meg	1955	114,387	114,414	+27	+1,265	Nem felel meg	1952	114,419	114,444	+25	-0,005	Nem felel meg	1954	114,450	114,487	+37	-1,240	Nem felel meg	1953	114,482	114,535	+53	-2,505	Nem felel meg	0+140
0+145	1951	114,090	114,084	-6	-2,496	Megfelel	1950	114,062	114,08	+18	+2,215	Megfelel	1949	114,086	114,107	+21	+1,248	Megfelel	1946	114,117	114,134	+17	+0,009	Megfelel	1948	114,148	114,173	+25	-1,252	Megfelel	1947	114,179	114,226	+47	-2,490	Megfelel	0+145
0+150	1945	113,888	113,890	+2	-2,496	Megfelel	1944	113,861	113,884	+23	+2,217	Nem felel meg	1943	113,885	113,909	+24	+1,249	Nem felel meg	1940	113,916	113,946	+30	-0,001	Nem felel meg	1942	113,947	113,982	+35	-1,248	Nem felel meg	1941	113,979	114,032	+53	-2,505	Nem felel meg	0+150
0+155	1939	113,785	113,798	+13	-2,498	Megfelel	1938	113,758	113,788	+30	+2,229	Nem felel meg	1937	113,783	113,815	+32	+1,253	Nem felel meg	1934	113,814	113,846	+32	-0,008	Nem felel meg	1936	113,845	113,882	+37	-1,245	Nem felel meg	1935	113,877	113,929	+52	-2,504	Nem felel meg	0+155
0+160	1933	113,758	113,773	+15	-2,493	Megfelel	1932	113,730	113,753	+23	+2,213	Nem felel meg	1931	113,754	113,771	+17	+1,249	Nem felel meg	1928	113,785	113,797	+12	-0,001	Nem felel meg	1930	113,817	113,827	+10	-1,261	Nem felel meg	1929	113,847	113,868	+21	-2,494	Nem felel meg	0+160
0+165	1927	113,733	113,740	+7	-2,498	Megfelel	1926	113,705	113,73	+25	+2,211	Nem felel meg	1925	113,729	113,745	+16	+1,236	Nem felel meg	1922	113,760	113,767	+7	+0,004	Nem felel meg	1924	113,791	113,797	+6	-1,252	Nem felel meg	1923	113,823	113,833	+10	-2,502	Nem felel meg	0+165
0+170	1921	113,707	113,714	+7	-2,494	Megfelel	1920	113,679	113,702	+23	+2,210	Nem felel meg	1919	113,702	113,721	+19	+1,264	Nem felel meg	1916	113,734	113,744	+10	-0,008	Nem felel meg	1918	113,765	113,774	+9	-1,236	Nem felel meg	1917	113,797	113,815	+18	-2,502	Nem felel meg	0+170
0+175	1915	113,705	113,716	+11	-2,488	Megfelel	1914	113,678	113,701	+23	+2,215	Nem felel meg	1913	113,701	113,720	+19	+1,265	Nem felel meg	1910	113,733	113,743	+10	-0,007	Nem felel meg	1912	113,764	113,774	+10	-1,250	Nem felel meg	1911	113,795	113,806	+11	-2,489	Nem felel meg	0+175
0+180	1909	113,729	113,726	-3	-2,506	Megfelel	1908	113,702	113,712	+10	+2,233	Megfelel	1907	113,727	113,730	+3	+1,237	Megfelel	1904	113,758	113,752	-6	0,000	Megfelel	1906	113,789	113,779	-10	-1,246	Megfelel	1905	113,820	113,825	+5	-2,493	Megfelel	0+180
0+185	1987	113,754	113,752	-2	-2,529	Megfelel	1986	113,727	113,72	-7	+2,267	Megfelel	1985	113,752	113,745	-7	+1,262	Megfelel	1982	113,784	113,772	-12	-0,008	Megfelel	1984	113,815	113,807	-8	-1,235	Megfelel	1983	113,847	113,850	+3	-2,511	Megfelel	0+185
0+190	1993	113,789	113,798	+9	-2,798	Megfelel	1992	113,762	113,78	+18	+2,527	Megfelel	1991	113,790	113,805	+15	+1,401	Megfelel	1988	113,825	113,849	+24	-0,016	Megfelel	1990	113,860	113,863	+3	-1,385	Megfelel	1989	113,895	113,903	+8	-2,798	Megfelel	0+190
0+195	1999	113,913	113,920	+7	-3,156	Megfelel	1998	113,885	113,913	+28	+2,876	Nem felel meg	1997	113,918	113,949	+31	+1,573	Nem felel meg	1994	113,957	114,001	+44	-0,004	Nem felel meg	1996	113,995	114,012	+17	-1,537	Nem felel meg	1995	114,035	114,035	-0	-3,138	Nem felel meg	0+195
0+200	2005	114,140	114,158	+18	-3,269	Megfelel	2004	114,113	114,143	+30	+2,998	Nem felel meg	2003	114,147	114,183	+36	+1,628	Nem felel meg	2000	114,188	114,227	+39	+0,001	Nem felel meg	2002	114,229	114,243	+14	-1,642	Nem felel meg	2001	114,269	114,255	-14	-3,240	Nem felel meg	0+200
0+205	2011	114,468	114,479	+11	-3,260	Megfelel	2010	114,440	114,463	+23	+2,979	Nem felel meg	2009	114,473	114,497	+24	+1,625	Nem felel meg	2006	114,514	114,552	+38	-0,010	Nem felel meg	2008	114,554	114,567	+13	-1,608	Nem felel meg	2007	114,595	114,584	-11	-3,251	Nem felel meg	0+205
0+210	2017	114,816	114,822	+6	-3,249	Megfelel	2016	114,789	114,811	+22	+2,982	Nem felel meg	2015	114,823	114,837	+14	+1,625	Nem felel meg	2012	114,864	114,872	+8	-0,004	Nem felel meg	2014	114,904	114,894	-10	-1,611	Nem felel meg	2013	114,945	114,923	-22	-3,234	Nem felel meg	0+210
0+215	2033	115,154	115,153	-1	-3,242	Megfelel	2022	115,127	115,13	+3	+2,967	Megfelel	2021	115,160	115,141	-19	+1,627	Megfelel	2018	115,201	115,164	-37	-0,004	Nem felel meg	2020	115,242	115,194	-48	-1,626	Nem felel meg	2019	115,283	115,235	-48	-3,267	Nem felel meg	0+215
0+220	2034	115,360	115,354	-6	-3,249	Megfelel	2028	115,334	115,336	+2	+2,980	Megfelel	2027	115,368	115,360	-8	+1,611	Megfelel	2024	115,408	115,391	-17	-0,003	Megfelel	2026	115,449	115,413	-36	-1,626	Nem felel meg	2025	115,490	115,444	-46	-3,260	Nem felel meg	0+220
0+223	2036	115,452	115,485	+33	-3,244	Nem felel meg	2035	115,427	115,474	+47	+3,003	Nem felel meg	2032	115,455	115,505	+50	+1,627	Nem felel meg	2029	115,494	115,534	+40	-0,001	Nem felel meg	2031	115,526	115,537	+11	-1,629	Nem felel meg	2030	115,566	115,538	-28	-3,264	Nem felel meg	0+223

Dátum: 2018.10.22.

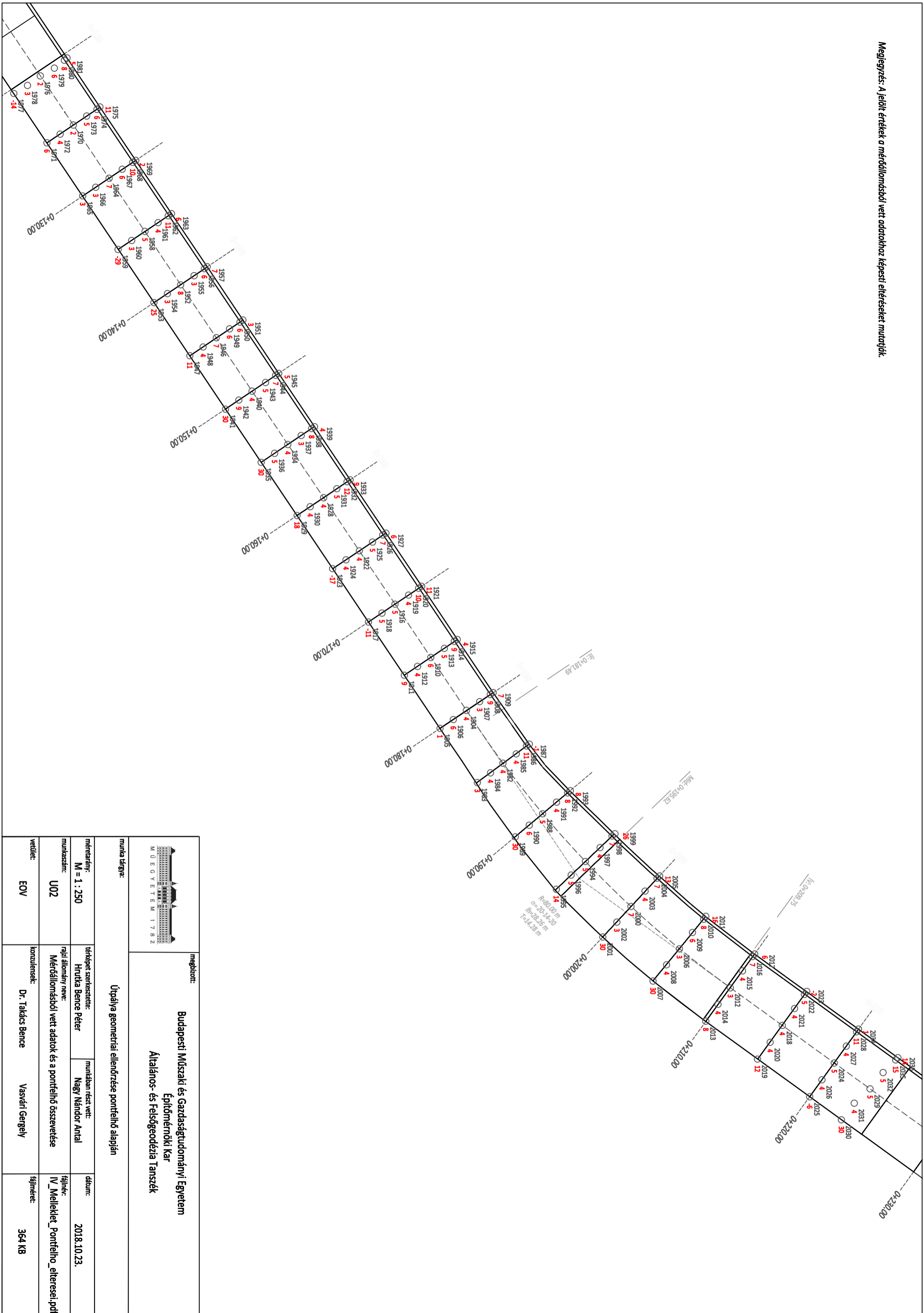
Készítették: Hrutka Bence Péter
Nagy Nándor Antal

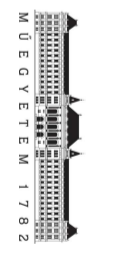
Megjegyzés: A jelölt értékek a tervezett állapotú való értékeket mutatják.



		megízott: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Kar Általános- és Felsőgeodézia Tanszék	
Útépítési geometriai ellenőrzése pontfelhő alapján			
munka tárgya: méretarány: M = 1 : 250 munkaszám: U01 terület: EOV	térképet szerkesztette: Hrutka Bence Péter	munkában részt vett: Nagy Nándor Antal	dátum: 2018.10.23.
rajzi állomány neve: Geodéziai mérőállomásokból vett adatok segítségével	konzulensek: Dr. Takács Bence Vasvári Gergely		fájlneve: III_Melleklet_Etferesek_terkep.pdf
			fájlméret: 356 KB

Megjegyzés: A jelölt értékek a mérőállomásokból vett adatokhoz képesti eltéréseket mutatják.



		megízott: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Kar Általános- és Felsőgeodézia Tanszék	
Útpálya geometriai ellenőrzése ponttelhő alapján			
munka tárgya: méretarány: munkaszám: terület:	tétlképet szerkesztette: Hrutka Bence Péter	munkában részt vett: Nagy Nándor Antal	dátum: 2018.10.23.
U02	rajzi állomány neve: Mérőállomásokból vett adatok és a ponttelhő összevetése	konzulensek: Dr. Takács Bence Vasvári Gergely	fájlneve: IV_Melleklet_Ponttelho_elereseli.pdf
EOV			fájlméret: 364 KB



Fény utca 0+120.00 - 0+225.00 szelvények között

Lézerszkenneléssel előállított és mérőállomással mért adatok összehasonlítása

EOMA

Szelvény	Fény utca aszfaltburkolatának minősítése mérőállomásból vett mérésekből																					Szelvény			
	Pontszám	Szelvényezés szerinti bal oldal széle			Pontszám	Szelvényezés szerinti bal oldal mélyvon			Pontszám	Szelvényezés szerinti bal oldal közepé			Pontszám	Tengely			Pontszám	Szelvényezés szerinti jobb oldal közé			Pontszám		Szelvényezés szerinti jobb oldal széle		
		Magasság				Magasság				Magasság				Magasság				Magasság					Magasság		
		Y [m]	X [m]	Eltérés [mm]		Y [m]	X [m]	Eltérés [mm]		Y [m]	X [m]	Eltérés [mm]		Y [m]	X [m]	Eltérés [mm]		Y [m]	X [m]	Eltérés [mm]			Y [m]	X [m]	Eltérés [mm]
0+121	1981	648401,308	240715,515	+5	1980	648401,495	240715,308	+8	1979	648402,102	240714,527	+6	1976	648402,705	240713,431	+2	1978	648403,450	240712,434	+3	1977	648404,075	240711,365	-14	0+121
0+125	1975	648405,127	240718,077	+11	1974	648405,318	240717,849	+6	1973	648405,839	240717,047	+5	1970	648406,538	240716,009	+2	1972	648407,249	240714,978	+4	1971	648407,924	240713,949	+6	0+125
0+130	1969	648409,293	240720,876	+2	1968	648409,451	240720,638	+10	1967	648409,984	240719,819	+6	1964	648410,686	240718,795	+7	1966	648411,391	240717,752	+3	1965	648412,069	240716,736	+3	0+130
0+135	1963	648413,447	240723,660	+6	1962	648413,617	240723,413	+11	1961	648414,151	240722,616	+4	1958	648414,837	240721,597	+5	1960	648415,542	240720,555	+3	1959	648416,242	240719,497	-29	0+135
0+140	1957	648417,591	240726,446	+7	1956	648417,740	240726,223	+6	1955	648418,288	240725,423	+3	1952	648419,001	240724,373	+8	1954	648419,683	240723,343	+3	1953	648420,385	240722,291	+25	0+140
0+145	1951	648421,749	240729,229	+3	1950	648421,909	240728,998	+6	1949	648422,434	240728,186	+6	1946	648423,123	240727,156	+7	1948	648423,850	240726,126	+4	1947	648424,530	240725,091	+11	0+145
0+150	1945	648425,902	240732,017	+5	1944	648426,055	240731,784	+7	1943	648426,616	240730,994	+5	1940	648427,294	240729,944	+4	1942	648427,989	240728,909	+9	1941	648428,700	240727,872	+30	0+150
0+155	1939	648430,065	240734,814	+4	1938	648430,210	240734,587	+8	1937	648430,751	240733,775	+3	1934	648431,452	240732,727	+4	1936	648432,143	240731,701	+5	1935	648432,842	240730,653	+30	0+155
0+160	1933	648434,209	240737,589	+9	1932	648434,358	240737,352	+12	1931	648434,898	240736,554	+5	1928	648435,602	240735,521	+4	1930	648436,304	240734,474	+4	1929	648436,992	240733,451	+18	0+160
0+165	1927	648438,368	240740,387	+6	1926	648438,505	240740,134	+7	1925	648439,063	240739,334	+5	1922	648439,746	240738,309	+4	1924	648440,447	240737,266	+4	1923	648441,135	240736,223	-17	0+165
0+170	1921	648442,512	240743,164	+11	1920	648442,667	240742,926	+10	1919	648443,199	240742,144	+4	1916	648443,906	240741,086	+5	1918	648444,602	240740,075	+5	1917	648445,302	240739,020	-11	0+170
0+175	1915	648446,662	240745,943	+4	1914	648446,804	240745,709	+9	1913	648447,355	240744,935	+5	1910	648448,059	240743,876	+6	1912	648448,759	240742,848	+4	1911	648449,450	240741,820	+9	0+175
0+180	1909	648450,799	240748,741	+7	1908	648450,953	240748,516	+9	1907	648451,505	240747,687	+3	1904	648452,190	240746,657	+4	1906	648452,904	240745,636	+6	1905	648453,593	240744,596	+1	0+180
0+185	1987	648454,819	240751,558	-1	1986	648454,967	240751,341	+11	1985	648455,580	240750,544	+4	1982	648456,309	240749,504	+4	1984	648457,061	240748,534	+4	1983	648457,820	240747,508	+3	0+185
0+190	1993	648458,453	240754,757	+8	1992	648458,629	240754,551	+8	1991	648459,346	240753,683	+4	1988	648460,252	240752,594	+5	1990	648461,144	240751,555	+6	1989	648462,050	240750,470	+30	0+190
0+195	1999	648461,811	240758,236	+26	1998	648461,984	240758,014	+7	1997	648462,891	240757,078	+4	1994	648463,974	240755,932	+5	1996	648465,031	240754,821	+5	1995	648466,140	240753,667	+14	0+195
0+200	2005	648465,101	240761,726	+13	2004	648465,279	240761,52	+7	2003	648466,281	240760,585	+4	2000	648467,480	240759,485	+7	2002	648468,702	240758,387	+3	2001	648469,863	240757,289	+30	0+200
0+205	2011	648468,249	240765,324	+16	2010	648468,476	240765,158	+8	2009	648469,510	240764,283	+6	2006	648470,787	240763,262	+3	2008	648472,032	240762,261	+4	2007	648473,294	240761,208	+30	0+205
0+210	2017	648471,188	240769,136	+6	2016	648471,387	240768,956	+7	2015	648472,503	240768,184	+4	2012	648473,830	240767,239	+3	2014	648475,113	240766,270	+4	2013	648476,428	240765,320	+8	0+210
0+215	2033	648474,119	240773,175	-5	2022	648474,340	240773,012	+5	2021	648475,438	240772,243	+4	2018	648476,755	240771,282	+4	2020	648478,075	240770,338	+4	2019	648479,387	240769,352	+12	0+215
0+220	2034	648477,044	240777,230	+1	2028	648477,261	240777,07	+11	2027	648478,376	240776,276	+4	2024	648479,689	240775,338	+5	2026	648480,998	240774,378	+4	2025	648474,112	240773,190	-2	0+220
0+223	2036	648479,270	240780,298	+14	2035	648479,444	240780,126	+15	2032	648480,431	240779,144	+5	2029	648481,705	240778,127	+5	2031	648482,824	240776,896	+4	2030	648482,324	240773,423	-6	0+223

Megjegyzés: Az eltérések a mérőállomással mért értékekhez lettek viszonyítva.

Dátum: 2018.10.22.

Készítették: Hrutka Bence Péter
Nagy Nándor Antal