

Útburkolat felmérése pontfelhő technikákkal

Készítette:

Gherman Sámuel

Építőmérnök MSc-s hallgató

Konzulens:

Dr. Takács Bence Géza

egyetemi docens, Általános- és Felsőgeodézia Tanszék

Dr. Égető Csaba

adjunktus, Általános- és Felsőgeodézia Tanszék

2020. október 28.

Tartalom

1. Bevezetés	3
2. Lézerszkenneres mérés	5
3. Felmérések feldolgozása	7
3.1 Lézerszkenneres mérés feldolgozása	8
3.2 Repülések feldolgozása Agisoft szoftverrel	10
4. Adatok kiértékelése és elemzése	12
4.1 A lézerszkenneres és fotogrammetriai pontfelhők összehasonlítása	12
4.2 Agisoft és 3DSurvey összehasonlítása	14
4.3 Illesztőpontok számának csökkentése	16
4.4 További repülések feldolgozása és kiértékelése	19
5. Összefoglalás	21
6. Irodalom	23

1. Bevezetés

A mai világban rengeteg autót és autópálya épül és emiatt jelentős az igény az utak geodéziai felmérése iránt. A felmérések szükségesek lehetnek tervezési, kivitelezési, műszaki ellenőrzési, vagy akár üzemeltetési feladatokhoz. Az utak felmérése során a geodéziai munkavégzés több nehézségbe ütközik. Ezek közül az egyik a balesetveszély, hiszen számos esetben kell a felmérést forgalom mellett végezni. A másik jelentős probléma az idő szűkössége. Manapság a felgyorsult világban szinte mindent azonnal szeretnénk megkapni. Ezzel párhuzamosan a technológiák is fejlődnek és megjelentek a szakmánkban a pontfelhő technikák, amelyek lehetnek mobiltérképező rendszerek, földi lézerszkennerek vagy akár légi fotogrammetriai eljárások, amelyeket manapság egyre gyakrabban drónról végeznek. A pontfelhő technikák segítségével a terepi munkák ideje jelentősen csökken. Ugyanakkor általában a pontfelhő technikák egy-egy pontban még nem érik el azt a pontosságot, amelyet a hagyományos geodéziai módszerekkel tudunk elérni, illetve egyes pontfelhő technikák meglehetősen költségesek.

Az „Útburkolat felmérése légifotogrammetriával” című BSc diplomamunkámban egy útpálya felmérését végeztem drónról, légi fotogrammetriával és hasonlítottam össze a hagyományos geodéziai módszerekkel. A vizsgálat célja volt többek között, hogy a Közutak Geodéziai Előírásai és Geometriai Követelményei című Útügyi Műszaki Előírás (továbbiakban ÚME) pontfelhő technikákat érintő frissítéséhez adatokat és tapasztalatokat nyújtson. Jelenleg az ÚME a pontfelhő technikák alkalmazását részben korlátozza. A diplomamunkám során végzett vizsgálatok azt bizonyítják, hogy a korlátozások egy része nem indokolt. Vizsgálataim során a légi fotogrammetriával előállított pontfelhő és a mérőállomással megmért pontok között magassági értelemben +6 mm és -11 mm eltérések adódtak. A diplomamunkám során már felmerült több ötlet a pontosság fokozására, amelyeket ebben a TDK dolgozatban vizsgálom meg. A diplomamunkám másik fontos tapasztalata, hogy a fotogrammetriai eljárással az oldalesés hatékonyan és pontosan, mintegy 0.2 % alatti eltérésekkel ellenőrizhetőek.

A diplomamunkám feladatait az M2-es autópályához csatlakozó, 2113-as számú út mintegy 250 méter hosszú szakaszán végeztem (**1. ábra**). Az adott útszakaszt mérőállomással, GNSS technikával, lézerszkennerral és légi fotogrammetria módszerrel mértük fel. A TDK dolgozat során a mérőállomással, GNSS-el végzett méréseket és feldolgozását nem fogom tárgyalni, ezek megtalálhatóak a diplomamunkámban. A felmérés során 9 darab repülés történt drónnal különböző magasságokban, különböző útvonalon és kamera beállításokkal. A repülések 25 méter, 35 méter és 50 méter magasságban történtek, raszteres vagy vonalas felmérésben, illetve

nadir vagy 30 fokos dőlésszögű kamerával. Ezeknek a repüléseknek a bővebb leírása szintén megtalálható a diplomamunkában.



1. ábra A vizsgált útszakasz

A diplomamunkám során tapasztaltam, hogy a fotogrammetriai úton előállított pontfelhő hullámzik, illetve zajos. TDK dolgozatomban vizsgálom ezeknek a problémáknak a megoldását. Vizsgálom továbbá a földi lézerszkennelrel előállított pontfelhőt, amelyre idő és kapacitás hiányában a diplomamunka készítése során nem került sor. A TDK dolgozatom fontos célja továbbá, hogy megvizsgáljam azokat a lehetőségeket, beállításokat, amelyekkel a fotogrammetriai méréseket a lehető leghatékonyabban, de a pontosság megtartása mellett lehet elvégezni.

2. Lézerszkenneres mérés

A lézerszkenneres mérést (**1. ábra**) egyidőben készítettük a mérőállomással, GNSS-technikával végzett méréssel, illetve a drónos repüléssel, de a diplomamunka keretei közt már nem tudtam feldolgozni. A lézerszkenneres méréseket ugyanabban a koordinátarendszerben végeztük, mint a többi mérést. A mérés során 6 álláspont volt és álláspontok között legalább 3 kapcsolópont. A drónos repüléshez használt illesztőpontok közül is bemértünk néhányat, így a szkennelést is ugyanabban a koordinátarendszerbe tudom transzformálni.



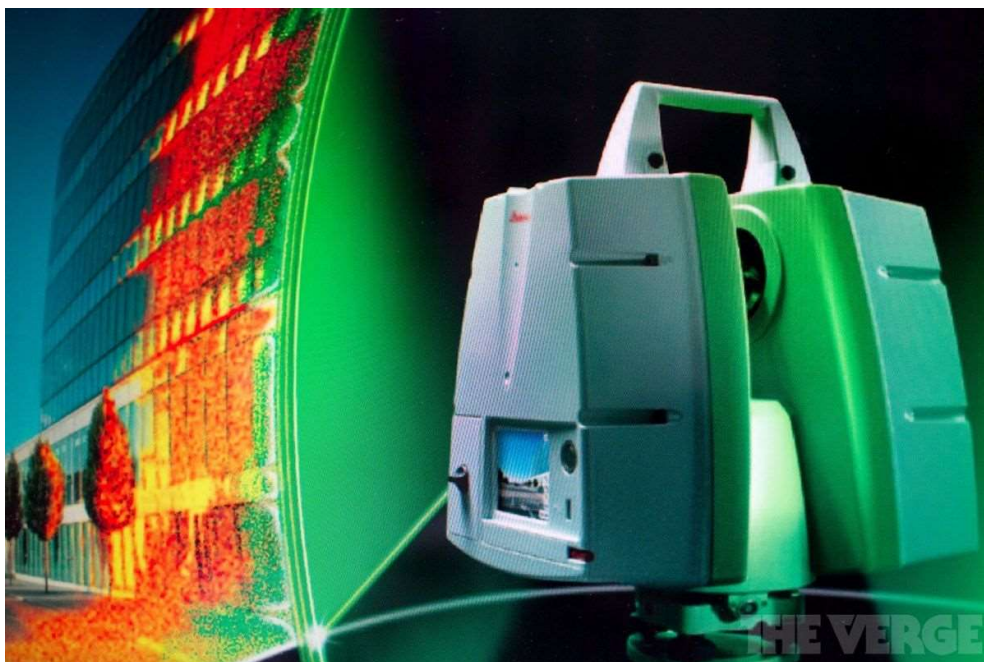
2. ábra Lézerszkennelés

A mérés során 3féle jelet (targetet) használtunk, melyek kapcsolópontként és néhol illesztőpontként is szolgáltak. A jelek (**3. ábra**) fontos szerepe, hogy két álláspont között teremtsék meg a geometriai kapcsolatot.



3. ábra Kapcsoló és illesztőpontként használt jelek

A méréseket a Leica C10-es lézershkennerrel végeztük (4. ábra). A műszer 13-15 kg körüli tömeggel rendelkezik és két akkumulátorral működik, ami előnyös mert a műszert nem kell ki kapcsolni ahhoz, hogy az akkumulátorokat kicseréljük. A műszer zöld lézerfényt bocsájt ki magából, amelynek a hullámhossza 532 nm és így a látható tartományban van. A műszer 300 méter hatótávolságban tud mérni és maximum 50 ezer pontot tud letapogatni másodpercenként. Egy álláspont mérése 20-30 percet is igényben vehet, a pontfelhő sűrűségétől függően. A műszerben beépített kamera is található, ezért egyidőben készíthetők fényképek is, amelyek szintén növelik a mérések idejét. Horizontálisan 360°-ban, vertikálisan 270°-ban tud mérni a műszer.



4. ábra Leica C10

3. Felmérések feldolgozása

A felmérések nagyrészét már a diplomamunkám keretein belül feldolgoztam és kiértékeltem. A mérőállomással felmért illesztőpontok (**1. táblázat**), illetve szelvénypontok koordinátáit a továbbiakban is használni fogom, ezeknek az előállítását a diplomamunkám 3.2 és 4.1-es fejezeteiben olvasható.

1. táblázat Illesztőpontok

Psz	Y [m]	X [m]	M [m]
14	656208.804	257934.013	126.788
15	656263.857	257826.087	129.690
19	656257.326	257973.351	126.727
21	656223.150	257872.855	127.224
31	656252.805	257985.943	126.699
32	656232.906	257971.926	126.442
33	656240.300	257963.486	126.348
34	656226.940	257948.822	126.131
35	656218.515	257954.278	126.546
36	656219.027	257931.388	126.193
37	656214.916	257911.317	126.431
38	656204.266	257911.911	127.052
39	656206.181	257888.855	127.361
40	656216.447	257891.542	126.754
41	656214.187	257867.727	127.876
42	656227.065	257849.661	128.473
43	656234.648	257856.684	127.816
44	656244.261	257835.509	129.093
45	656249.820	257843.829	128.499
46	656267.274	257834.376	129.270
47	656286.695	257828.909	129.914
48	656284.526	257820.286	130.238
49	656305.884	257813.998	130.850
50	656306.404	257825.296	130.483

Diplomamunkám készítése során két repülést dolgoztam fel, mind a két repülés 25 méter magasságban történt az egyik rászterben és 30 fokos dőlésű kameraállással, a második nadír irányú és vonalas repüléssel. A két repülést kombinálva és az összes illesztőpontot felhasználva kaptam meg +6 mm és -11 mm magassági eltérést a mérőállomással mért pontokban. A pontfelhő kiértékelése során hullámzást vettem észre. Diplomamunkám készítése során nem tudtam eldönteni, hogy a hullámzás az aszfaltburkolat hullámzása, vagy a pontfelhő előállításánál adódott probléma. Ezért a továbbiakban a fotogrammetriai úton előállított pontfelhőt a lézerszkenneres mérésből levezett pontfelhővel hasonlítom össze.

Diplomamunkám során a fotogrammetriai méréseket 3D Survey programmal dolgoztam fel. A TDK dolgozatomban ugyanezeket a képeket Agisoft szoftverrel is feldolgoztam és a két szoftverrel végzett feldolgozást eredményét összehasonlítom.

3.1 Lézerszkenneres mérés feldolgozása

A lézerszkenneres felmérés a *Cyclone* programban dolgoztam fel, ami a Leica saját programja. A feldolgozás során a jelek (targetek) és illesztőpontok helyét manuálisan mutattam meg, ezek után a program saját maga összeillesztette az egyes álláspontokat. Az álláspontok összeregisztrálásáról készült ellentmondásokat a 2. táblázatban tekinthetők meg. A legnagyobb ellentmondás ± 6 mm, így álláspontok összeregisztrálása megfelelőnek tekinthető.

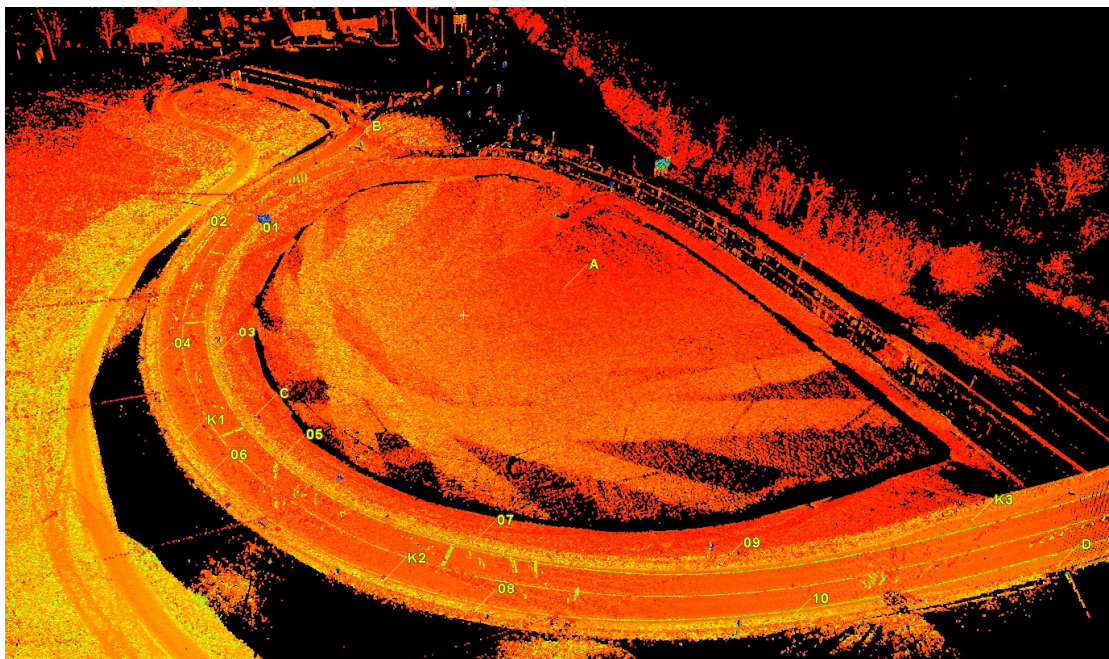
2. táblázat *Álláspontok összeregisztrálása*

Pontok	Álláspontok közötti kapcsolat		Maradék ellentmondás	Maradék ellentmondás vektor
02	Station-01	Station-02	0.004 m	(-0.002, -0.003, 0.000) m
B	Station-01	Station-02	0.006 m	(0.001, 0.005, -0.002) m
A	Station-01	Station-02	0.002 m	(-0.001, -0.001, 0.001) m
A	Station-01	Station-03	0.001 m	(0.000, 0.001, -0.001) m
A	Station-01	Station-04	0.002 m	(0.000, 0.001, 0.001) m
A	Station-01	Station-05	0.002 m	(0.000, 0.002, 0.000) m
A	Station-01	Station-06	0.002 m	(-0.001, 0.001, -0.001) m
01	Station-01	Station-02	0.005 m	(0.002, -0.004, 0.000) m
A	Station-02	Station-03	0.003 m	(0.001, 0.002, -0.002) m
A	Station-02	Station-04	0.003 m	(0.002, 0.002, 0.000) m
A	Station-02	Station-05	0.003 m	(0.002, 0.003, -0.001) m
A	Station-02	Station-06	0.002 m	(0.000, 0.002, -0.002) m
04	Station-02	Station-03	0.006 m	(0.001, -0.006, 0.001) m
03	Station-02	Station-03	0.006 m	(0.003, -0.005, 0.000) m
C	Station-02	Station-03	0.004 m	(-0.002, 0.002, 0.002) m
C	Station-02	Station-04	0.002 m	(-0.002, 0.000, 0.001) m
C	Station-02	Station-05	0.004 m	(-0.003, 0.002, -0.001) m
A	Station-03	Station-04	0.002 m	(0.001, 0.001, 0.002) m
A	Station-03	Station-05	0.002 m	(0.001, 0.001, 0.001) m
A	Station-03	Station-06	0.001 m	(-0.001, 0.000, 0.001) m
K1	Station-03	Station-04	0.003 m	(-0.001, 0.002, -0.002) m
C	Station-03	Station-04	0.003 m	(0.000, -0.003, -0.001) m
C	Station-03	Station-05	0.003 m	(-0.001, 0.000, -0.003) m
06	Station-03	Station-04	0.005 m	(0.002, -0.005, 0.000) m
05	Station-03	Station-04	0.005 m	(0.004, -0.003, 0.001) m
K2	Station-04	Station-05	0.003 m	(-0.002, -0.002, 0.001) m
A	Station-04	Station-05	0.001 m	(0.000, 0.001, -0.001) m
A	Station-04	Station-06	0.002 m	(-0.002, 0.000, -0.001) m
07	Station-04	Station-05	0.006 m	(0.004, -0.005, 0.002) m
08	Station-04	Station-05	0.006 m	(0.005, -0.001, 0.003) m
C	Station-04	Station-05	0.003 m	(-0.001, 0.003, -0.002) m
D	Station-05	Station-06	0.006 m	(-0.006, 0.000, 0.001) m
09	Station-05	Station-06	0.006 m	(0.006, 0.002, -0.001) m
10	Station-05	Station-06	0.005 m	(0.005, -0.001, 0.000) m
A	Station-05	Station-06	0.002 m	(-0.002, -0.001, -0.001) m

Az összeállított pontfelhőt relatív rendszerből abszolút rendszerbe transzformáltam, amelyet a bemért illesztőpontok segítségével tudtam megtenni. Az abszolút rendszerbe való illesztést a 3. táblázatban láthatjuk. Az transzformáció maradék ellentmondásai 7 mm alattiak, a feladat szempontjából ez is megfelelőnek tekinthető. Az előállított pontfelhőt az 5. ábrán láthatjuk.

3. táblázat Illesztőpontokban keletkezet maradék ellentmondások

Pontok	Állaspontok közötti kapcsolat		Maradék ellentmondás	Maradék ellentmondás vektor
B	Station-01	illesztőpont	0.004 m	(0.004, -0.001, 0.000) m
A	Station-01	illesztőpont	0.004 m	(-0.004, -0.001, 0.002) m
A	Station-02	illesztőpont	0.003 m	(-0.003, 0.000, 0.001) m
B	Station-02	illesztőpont	0.007 m	(0.002, -0.006, 0.002) m
C	Station-02	illesztőpont	0.002 m	(0.000, 0.002, -0.001) m
A	Station-03	illesztőpont	0.005 m	(-0.004, -0.001, 0.004) m
K1	Station-03	illesztőpont	0.002 m	(0.000, 0.001, -0.002) m
C	Station-03	illesztőpont	0.004 m	(0.002, 0.000, -0.003) m
K2	Station-04	illesztőpont	0.002 m	(0.002, 0.000, 0.000) m
K1	Station-04	illesztőpont	0.001 m	(0.001, -0.001, 0.000) m
A	Station-04	illesztőpont	0.005 m	(-0.004, -0.002, 0.002) m
C	Station-04	illesztőpont	0.004 m	(0.002, 0.003, -0.002) m
D	Station-05	illesztőpont	0.005 m	(-0.002, 0.004, -0.003) m
K2	Station-05	illesztőpont	0.004 m	(0.004, 0.002, 0.000) m
C	Station-05	illesztőpont	0.003 m	(0.003, 0.000, 0.000) m
A	Station-05	illesztőpont	0.005 m	(-0.004, -0.002, 0.002) m
K3	Station-06	illesztőpont	0.003 m	(-0.002, 0.001, -0.002) m
D	Station-06	illesztőpont	0.007 m	(0.004, 0.004, -0.004) m
A	Station-06	illesztőpont	0.004 m	(-0.002, -0.002, 0.003) m



5. ábra Lézerszkenneres pontfelhő

3.2 Repülések feldolgozása Agisoft szoftverrel

A fotogrammetriai mérések feldolgozását és a pontfelhő előállítását Agisoft környezetben is elkészítettem. Elsőként ugyanazt a két repüléseket dolgoztam fel, mint amelyeket a diplomamunkám is. A feldolgozásba tehát két repülést vontam be, amelyek 25 méteres magasságban történtek, az egyik repülés 30 fokos döntött kamerával és raszterben, a másik függőleges kamerával és vonalas repülésben. A feldolgozás során végig 23700 – HD72 / EOVRendszerben készítettem a pontfelhőt. A feldolgozás során a kameraképek összeregisztrálásával előállítottam egy ritka pontfelhőt, majd ezt követően megadtam neki mind a 24 illesztőpontot. Az illesztőpontokban keletkező maradék ellentmondásokat a 4. táblázatban láthatjuk.

4. táblázat Illesztőpontokból keletkező ellentmondások

Pontok	Hiba (m)	X (m)	Y (m)	M (m)
14	0,006	+0,003	+0,004	+0,003
15	0,007	-0,003	+0,003	-0,006
19	0,003	+0,000	-0,002	+0,003
21	0,004	-0,004	-0,001	-0,001
31	0,003	+0,002	-0,001	+0,000
32	0,002	+0,001	-0,001	-0,001
33	0,004	+0,002	-0,001	+0,003
34	0,001	+0,000	+0,000	-0,001
35	0,003	-0,002	+0,002	-0,001
36	0,006	+0,002	-0,006	+0,001
37	0,006	+0,002	-0,002	+0,005
38	0,005	-0,004	+0,000	-0,002
39	0,001	+0,000	-0,001	+0,000
40	0,006	-0,004	-0,003	+0,003
41	0,007	-0,006	-0,003	-0,002
42	0,003	-0,002	-0,001	-0,002
43	0,003	+0,001	+0,002	+0,000
44	0,003	+0,003	-0,001	+0,000
45	0,006	+0,003	+0,000	+0,005
46	0,005	+0,004	-0,002	+0,003
47	0,006	+0,004	+0,001	+0,004
48	0,005	+0,004	-0,001	+0,001
49	0,003	-0,001	-0,001	-0,003
50	0,006	+0,002	+0,004	+0,005
Hiba zárás	0,005	0,003	0,002	0,003

Az illesztőpontokat sikeresen azonosítottam, látszik a maradék ellentmondásokból, hogy azok nem haladják meg a ± 7 mm-t.

Az illesztést követően előállítható országos rendszerben a sűrű pontfelhő (6. ábra), amelynek a feldolgozása 13-14 órát vett igénybe. A pontfelhő végül 168,5 millió pontból állt elő.



6. ábra Sűrű pontfelhő illesztőpontokkal

4. Adatok kiértékelése és elemzése

A kiértékelés során a mérőállomással mért pontokat (a szelvénypontokat) tekintem hibátlannak és ezekhez a pontokhoz nézem meg az egyes pontfelhők eltéréseit. Az szelvénypontok koordinátái az M1-es mellékletben találhatóak meg. A kiértékelés során a CloudCompare szoftvert használtam. A programon belül a Closest Point Set paranccsal a pontfelhőből a szelvénypontokhoz legközelebb eső pontokat kiválasztottam és ezekhez hasonlítottam össze a szelvénypontokat. A diplomamunkám során elért eltérések +6 és -11 mm között voltak.

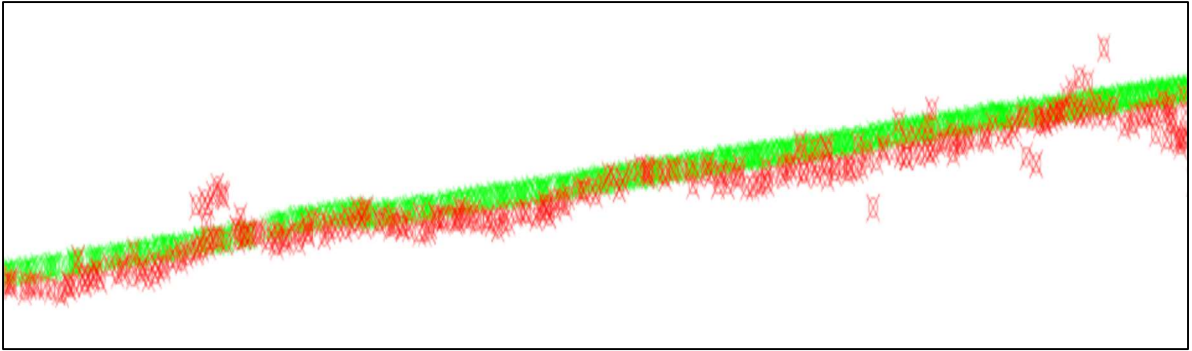
4.1 A lézerszkenneres és fotogrammetriai pontfelhők összehasonlítása

A kiértékelést a földi lézerszkennerral végzett mérés pontfelhőjével kezdem (7. ábra). Az eltérés értékek +7 mm és -2 mm közöttiek magassági értelemben. Ez alapján a lézerszkenneres mérés pontosabbnak ígérkezik, mint az eddig elért fotogrammetriai mérés.



7. ábra Lézerszkennerral előállított pontfelhő és a mérőállomással mért pontok összehasonlítása

A lézerszkenneres mérés feldolgozásával megvizsgáltam a drónos pontfelhő hullámzását is. Ehhez mindkét technológiával előállított pontfelhőkből metszeteket készítettem, majd ezeket egymással összehasonlítottam (8. ábra). Eredményként azt kaptam, hogy a fotogrammetriai úton előállított pontfelhő hullámzik és nem az aszfalt burkolat. A fotogrammetriai úton előállított pontfelhőn a zaj is jelentősebb.



8. ábra Hullámzás vizsgálata lézerskeneres mérésből (zöld) és fotogrammetriai mérésből (piros) előállított pontfelhő alapján, metszetben

A lézerskenner használata ilyen feladatokhoz pontosság szempontjából kielégítőnek tekinthető. Problémát jelenthet a hatékonyság és a balesetveszély. A mérési idő műszertől és felbontástól is függ, viszont a legkorszerűbb műszerekkel is jóval tovább tart a mérés, mint a drónos repülést végrehajtani.

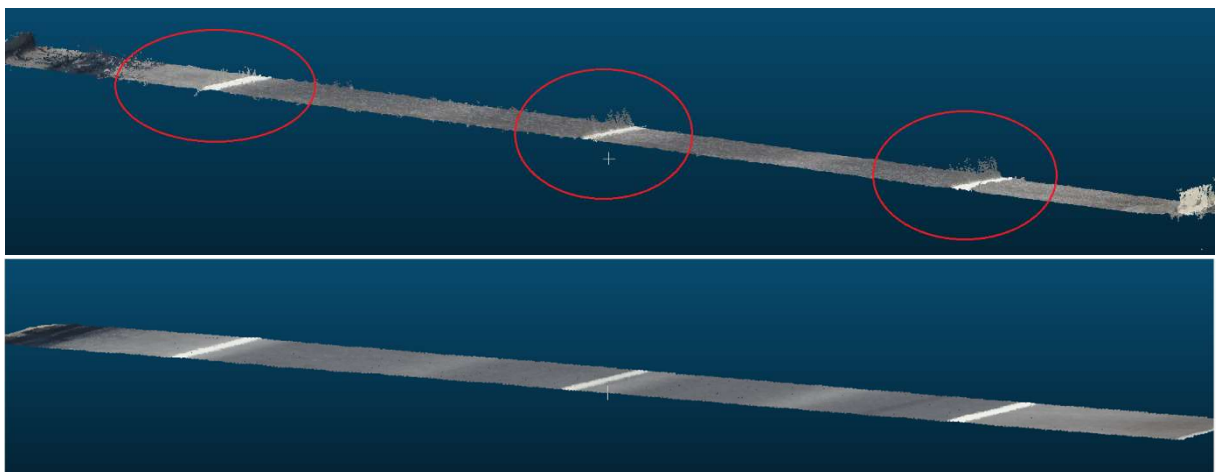
4.2 Agisoft és 3DSurvey összehasonlítása

Ebben a fejezetben a fotogrammetriai felmérések Agisoft környezetben készített pontfelhőjét hasonlítom össze a mérőállomásos mérésekkel. Az összehasonlítás eredménye alapján az eltérések +7 és -1 mm között változnak (**9. ábra**), ami lényegesen jobbnak mondható, mint a 3DSurvey szoftverben végzett feldolgozás eredménye (+6 mm és -11 mm).



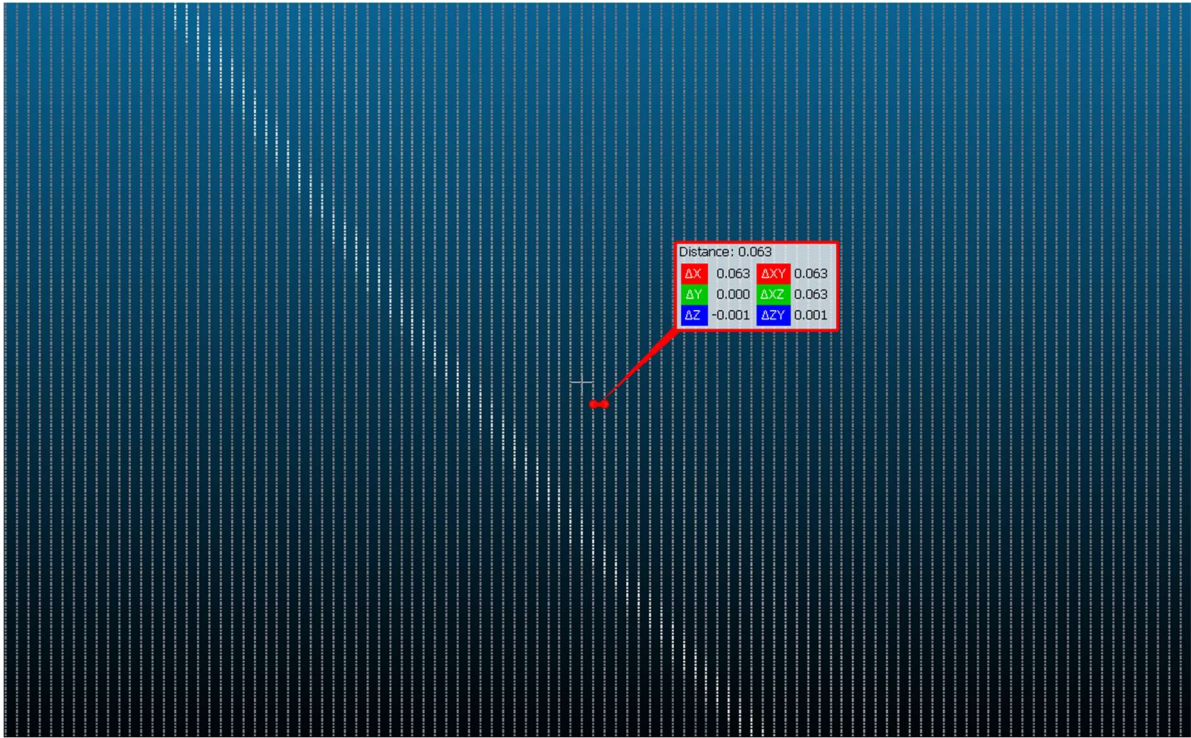
9. ábra Agisofttal szoftverrel készített pontfelhő kiértékelése

Az Agisoftban készített pontfelhőn azt tapasztaltam, hogy jóval kisebb zajok terhelik, mint a 3Dsurvey feldolgozás pontfelhőjét (**10. ábra**).



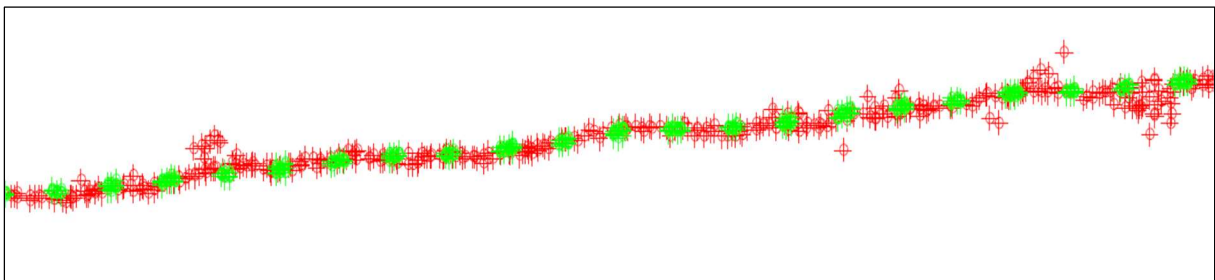
10. ábra A pontfelhő egy részlete 3Dsurvey-lyel (fent) és Agisoft-tal (lent) végzett feldolgozással

Az Agisoft-ban a pontfelhőben olyan megjelenítést láttam, amit a 3D Survey-nél nem mondható el, a pontfelhő strukturált állapotban van, ami annyit jelent, hogy a pontfelhő 6,3 cm-es közönként van felvonalazva és a vonalak mentén vannak csak pontok (**11. ábra**). A 6 cm távolság a gyakorlatban nem probléma.



11. ábra Pontfelhő strukturálva

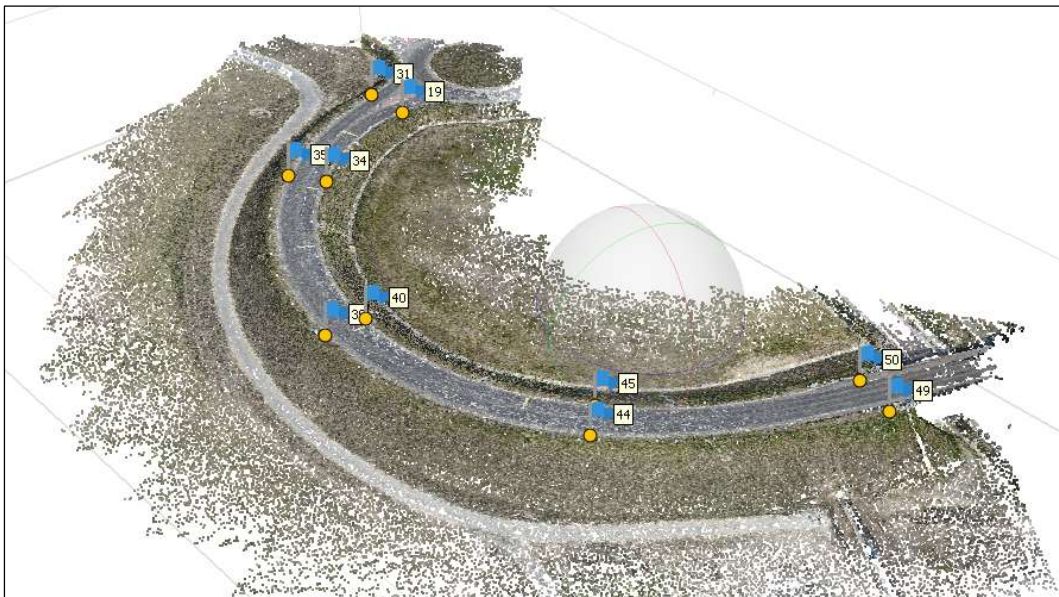
Az Agisoft környezetben készített pontfelhő metszetében a hullámzás is csökkenni látszik, bár nem szűnik meg teljesen (**12. ábra**)



12. ábra Hullámzás vizsgálata Agisoft feldolgozásból (zöld) és 3D Survey feldolgozásból (piros) keletkező pontfelhő alapján, metszetben

4.3 Illesztőpontok számának csökkentése

Az elért eredmények már igazolják, hogy a fotogrammetriai technika a pontosság szempontjából is alkalmas útburkolat felmérésre. Az eddigi vizsgálatok során 24 illesztőpontot használtunk, azaz 20 méterenként 2 pontot, a burkolat két oldalán. Ennyi illesztőponttal a terepi mérések hatékonysága elveszni látszik, ezért fontos, hogy a pontosság megtartása mellett csökkentsük az illesztőpontok számát. A továbbiakban az illesztőpont mennyiségét fogom csökkenteni. 24 illesztőpont helyet először 10 illesztőpontot fogok használni (**13. ábra**) a mérendő szakasz elején és végén, illetve minden 3. szelvényben.



13. ábra Illesztőpontok csökkentése

Eredményeim alapján 10 illesztőpont alkalmazásával a pontosság nem csökken. Az eltérések +4 mm és -2 mm közé esnek (**14. ábra**).



14. ábra 10 illesztőpont használatával előállított pontfelhő eltérései

Ezután az illesztőpontokat tovább csökkentem és összesen csak 6 illesztőpontot használok fel, a mérendő szakasz elején, a végén és a közepén mindkét oldalon (**Hiba! A hivatkozási forrás nem található.**).



15. ábra Illesztőpontok minimalizálása

A minimális illesztőponttal előállított pontfelhő kiértékelését a 14. ábrán láthatjuk. A pontosság a kevesebb illesztőpont használata miatt nem romlott, az eltérések értéke +5 és -4 közötti. Elmondható, hogy a terepi illesztőpontokat sikerült a negyedére csökkenteni a pontosság megtartása mellett.



16. ábra Minimális illesztőpont használatával kapott pontfelhő eltérései

4.4 További repülések feldolgozása és kiértékelése

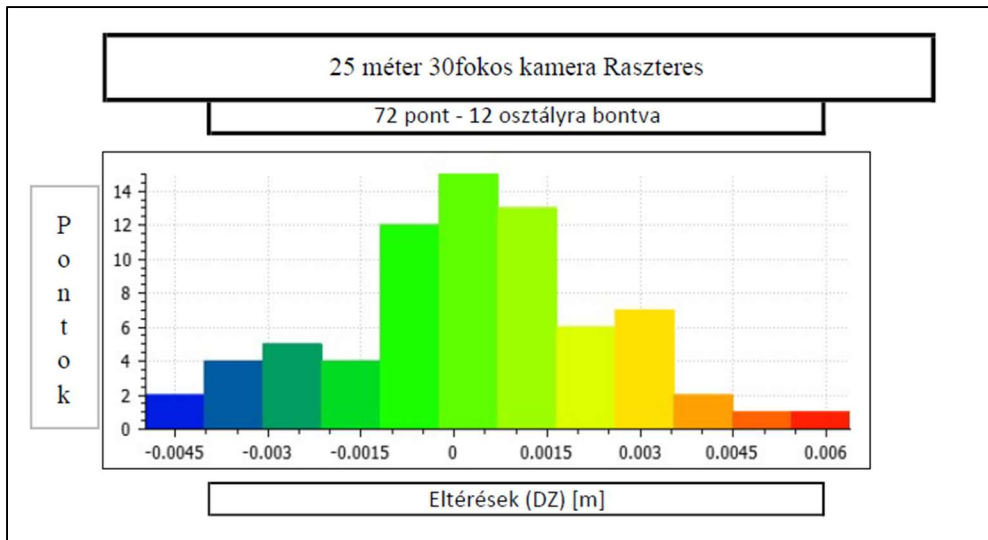
A feldolgozás során a magasságokat is elemeztem, mivel a repülési magasságok és azoknak az útvonalai is nagyrészen függ a repülési időtől. Ezeket az elemzéseket az 5. táblázatban találjuk meg.

5. táblázat A különböző repülések jellemzői

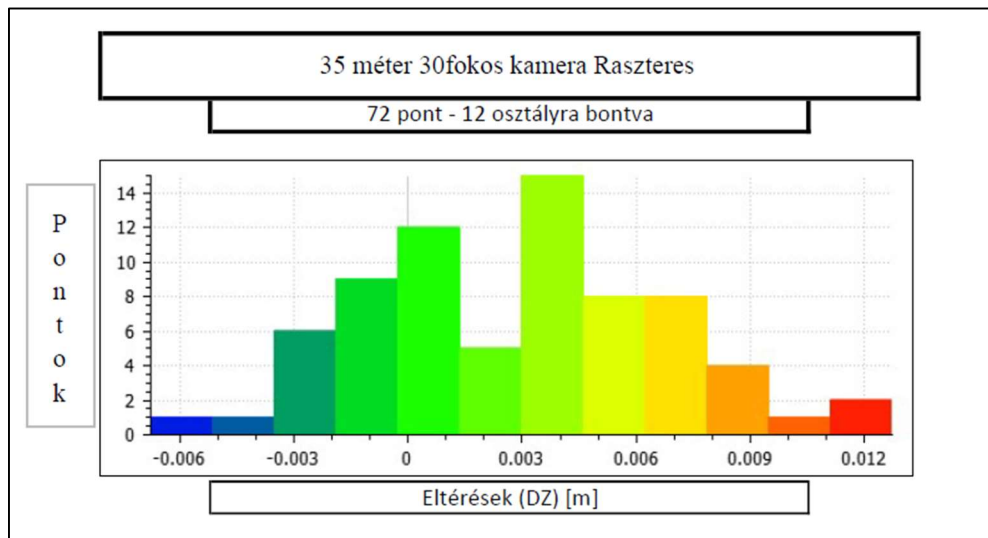
repülési magasság	útvonal jellege	repülési idő
25 méter	raszteres	0:31:05
35 méter	raszteres	0:16:52
50 méter	raszteres	0:10:06
25 méter	vonalas	0:08:54
35 méter	vonalas	0:06:41
50 méter	vonalas	0:05:07

A táblázatban látszódik, hogy a vonalas útvonalaknál nincsen jelentős eltérés a repülési időben, mindössze pár perc különbség adódott. Viszont a raszteres repülési útvonalánál a 25 méter és a 35 méteres repülések között már egy közel kétszeres szorzót láthatunk. A repülési idő csökkentése érdekében is szükségesnek tartottam megvizsgálni a különböző repülések során készített fényképekből levezetett pontfelhők különbségeit. Az M2-es mellékletben összegyűjtöttem az összes olyan feldolgozást, amelyet elvégeztem.

A vizsgálatot a 25 méter és a 35 méter magasságok között végeztem el először. Mind a két repülésnél az összes illesztőpontot felhasználtam, illetve a 30 fokos dőlésű kamera raszterben való repülését használtam. A 25 méteres repülésnél +6 mm és -5 mm tartományba kerültek a pontok (**17. ábra**). A 35 méteres repülésben viszont ennél jóval tágabb, +13 mm és -7 mm közötti tartományt kaptam (**18. ábra**).



17. ábra A szelvénypontok magassági eltéréseinek tapasztalati sűrűségfüggvénye, 25 méter magasan, 30 fokos döntött kamerával, raszteres útvonalon repülve



18. ábra A szelvénypontok magassági eltéréseinek tapasztalati sűrűségfüggvénye, 35 méter magasan, 30 fokos döntött kamerával, raszteres útvonalon repülve

Ezek alapján megállapítható, hogy a magasságot 25 méteren kell tartani, mert 35 méteres magasságban már megjelennek a ± 10 mm-nél nagyobb eltérések.

5. Összefoglalás

TDK dolgozatom keretében egy 250 méter hosszú útszakasz földi lézerszkenneres és fotogrammetriai felmérését vizsgáltam. TDK kutatásom BSc diplomamunkámban megkezdett vizsgálatok folytatása, az akkor felmerült kérdésekre kerestem a választ. A feldolgozás során mérőállomással mért, összesen 72 pontot tekintettem hibátlannak és azokhoz képest vizsgáltam a különböző pontfelhők eltéréseit.

Először feldolgoztam a földi lézerszkenneres méréseket. A méréseket még a diplomamunkám keretében elvégeztük, de idő és kapacitás hiányában a feldolgozásra nem került sor. A lézerszkenneres mérésekből levezetett pontfelhő eltérései +7 mm és -2 mm közöttiek, amelyek valamivel kedvezőbbek a fotogrammetriai úton, a diplomamunkám során előállított pontfelhő eltéréseinél (+6 és -11 mm). A lézerszkenneres mérésből levezetett pontfelhő azt is megmutatta, hogy a diplomamunkám során tapasztalt hullámosság a fotogrammetriai feldolgozás hibájának tekinthető és nem a burkolat egyenetlensége okozza. A lézerszkennelés tehát megfelelően pontos, de a terepi munkaidő és erőforrás igénye meglehetősen magas.

Ezután Agisoft szoftverrel feldolgoztam ugyanazokat a fényképeket, mint amelyeket a diplomamunkám során 3DSurvey szoftverrel. Az eltérések +7 mm és -1 mm közöttiek, tehát kedvezőbbek, mint korábban. További kedvező tapasztalat, hogy az Agisoft szoftverrel kapott pontfelhőt jóval szerényebb zaj terheli.

A következő vizsgálat során az illesztőpontok számát csökkentettem. A mérés során minden szelvényben (20 méterenként) egy-egy illesztőpontot helyeztünk el a burkolat mindkét oldalán. Összesen tehát 24 illesztőpontot. A feldolgozást megismételtem 10, aztán 6 illesztőpont segítségével és azt tapasztaltam, hogy 6 illesztőpont esetén a pontosság érdemben nem változott. A 72 pontban vizsgált eltérések 6 illesztőpont esetén is ± 5 mm-nél kisebbek. A 6 illesztőpontot a vizsgált szakasz elején, közepén és végén, azaz nagyjából 100 méterenként helyeztük el, a burkolat két oldalán párosával.

Végül vizsgáltam a repülési magasság és a repülés jellegének (vonalas vagy raszteres) hatását a pontosságra. Végző megállapításom, hogy a repüléseket 25 méteres magasságban, 30 fokos dőlésű kamerával raszteres módban és ugyan ezen a magasságon nadír irányú kamerával vonalas módban érdemes végezni, ezzel kapjuk a legpontosabb eredményeket, miközben a terepi munka a legrövidebb.

Kutatásaim célja, hogy az útburkolat felmérésére pontos és költséghatékony módszert dolgozzak ki. Eredményeim alapján a feladat kellően pontosan és igen gyorsan elvégezhető fotogrammetriai módszerrel. A következő vizsgálatot ki kellene terjeszteni hosszabb munkaterületre.

6. Irodalom

Gherman Sámuel: Útburkolat felmérése légi fotogrammetriával – 2020 Szakdolgozat

Hrutka Bence és Nagy Nándor: Útpálya geometriai ellenőrzése pontfelhő alapján - 2018
Tanulmányi Diák Konferencia

Közutak geodéziai előírásai és geometriai követelményei. Útügyi Műszaki Előírás.
<https://ume.kozut.hu/dokumentum/408> - 2020.10.

Lennert József: Nyomvonalas kivitelezés légi ellenőrzése - Mérnökgeodézia Konferencia 2019

Nagy Nándor: Mobil térképező rendszer vizsgálata úttervezési alaptérkép készítésének szempontjából - 2019 Szakdolgozat

Sáfár Tamás: Útburkolat geometriai minőségének vizsgálata mobiltérképező technológiával -
Mérnökgeodézia Konferencia 2019

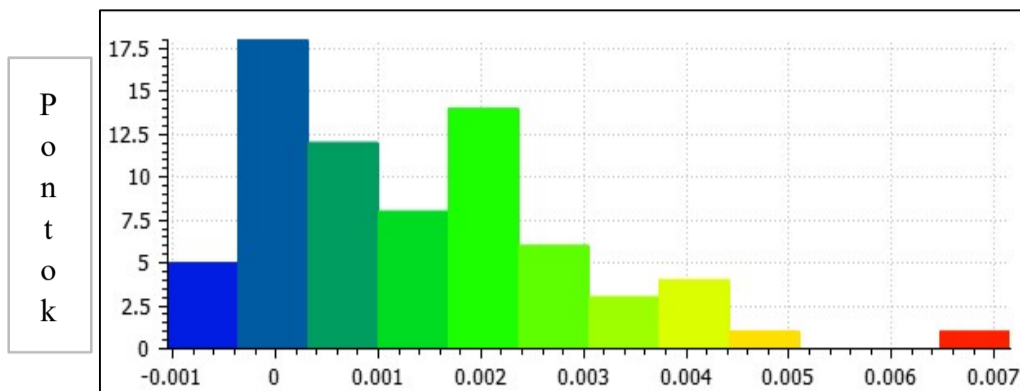
M1 Részletpontok			
Pontszám	Y [m]	X [m]	Z [m]
101	656257.0234	257974.4219	126.7182
102	656256.4913	257976.2462	126.7601
103	656256.0545	257977.6895	126.7921
104	656254.9875	257980.7500	126.8181
105	656253.9485	257983.0958	126.7565
106	656253.2212	257984.5648	126.7087
201	656239.5323	257964.4052	126.3534
202	656238.0576	257965.8820	126.4588
203	656236.6914	257967.4604	126.5618
204	656236.1766	257968.1034	126.5804
205	656235.0997	257969.3731	126.5539
206	656233.8050	257970.9520	126.5179
301	656226.0774	257949.4229	126.2087
302	656224.5320	257950.4759	126.3327
303	656223.1442	257951.3902	126.4422
304	656222.4972	257951.8226	126.4926
305	656220.8200	257952.9052	126.5338
306	656219.3899	257953.7314	126.5553
401	656217.1572	257931.1950	126.2779
402	656215.7157	257931.6130	126.3862
403	656214.1045	257932.1562	126.5057
404	656213.3426	257932.4421	126.5665
405	656211.8163	257932.9128	126.6670
406	656209.8876	257933.6292	126.7682
501	656213.7119	257911.3715	126.4518
502	656211.7512	257911.5144	126.5872
503	656210.0932	257911.6330	126.7047
504	656209.2846	257911.6958	126.7623
505	656207.6529	257911.7790	126.8777
506	656205.7576	257911.9397	127.0099
601	656215.3533	257891.2536	126.7951
602	656213.2866	257890.7670	126.9380
603	656211.7632	257890.3695	127.0438
604	656210.9923	257890.2066	127.0973
605	656209.1310	257889.7750	127.2210
606	656207.3986	257889.3356	127.3346
701	656222.1262	257872.3060	127.2598
702	656220.6634	257871.4799	127.3806
703	656219.0850	257870.4702	127.5178
704	656218.3819	257870.0652	127.5783
705	656217.1607	257869.3526	127.6797
706	656215.1364	257868.2196	127.8362
801	656233.8096	257855.9154	127.8558
802	656232.1996	257854.5056	128.0012
803	656231.0182	257853.4767	128.1083
804	656230.4073	257852.9328	128.1654
805	656229.0273	257851.6801	128.2960

806	656227.7964	257850.3887	128.4214
901	656249.0605	257842.7705	128.5450
902	656248.2056	257841.4226	128.6459
903	656247.2180	257839.9977	128.7558
904	656246.7381	257839.3293	128.8071
905	656245.8318	257838.0149	128.9146
906	656244.7878	257836.4403	129.0392
1001	656266.7632	257833.0882	129.2698
1002	656266.2088	257831.7176	129.3544
1003	656265.6848	257830.4928	129.4282
1004	656265.3978	257829.7709	129.4781
1005	656264.9580	257828.5896	129.5542
1006	656264.2897	257827.0976	129.6494
1101	656286.3163	257827.3961	129.9250
1102	656285.9554	257826.0523	129.9875
1103	656285.6055	257824.7605	130.0495
1104	656285.4271	257823.9919	130.0903
1105	656285.1028	257822.5823	130.1570
1106	656284.8054	257821.3503	130.2168
1201	656306.3878	257823.9525	130.5308
1202	656306.2123	257822.4710	130.5894
1203	656306.0752	257821.2478	130.6428
1204	656305.9576	257820.4752	130.6758
1205	656305.8738	257819.2100	130.7283
1206	656305.6927	257817.7060	130.7885

Psz	Y [m]	X [m]	Z [m]	DZ [m]
101	656257,000	257974,422	126,719	0,001
102	656256,500	257976,250	126,760	0,000
103	656256,063	257977,688	126,794	0,002
104	656255,000	257980,750	126,822	0,004
105	656253,938	257983,094	126,756	-0,001
106	656253,250	257984,563	126,713	0,004
201	656239,563	257964,406	126,355	0,002
202	656238,063	257965,875	126,459	0,000
203	656236,688	257967,453	126,564	0,002
204	656236,188	257968,109	126,580	0,000
205	656235,125	257969,375	126,554	0,000
206	656233,813	257970,953	126,518	0,000
301	656226,063	257949,422	126,210	0,001
302	656224,563	257950,469	126,334	0,001
303	656223,125	257951,391	126,446	0,004
304	656222,500	257951,828	126,495	0,002
305	656220,813	257952,906	126,534	0,000
306	656219,375	257953,734	126,555	0,000
401	656217,188	257931,188	126,278	0,000
402	656215,688	257931,609	126,386	0,000
403	656214,125	257932,156	126,506	0,000
404	656213,313	257932,438	126,567	0,000
405	656211,813	257932,906	126,667	0,000
406	656209,875	257933,625	126,768	0,000
501	656213,688	257911,375	126,454	0,002
502	656211,750	257911,516	126,588	0,001
503	656210,063	257911,641	126,705	0,000
504	656209,313	257911,703	126,761	-0,001
505	656207,625	257911,781	126,878	0,000
506	656205,750	257911,938	127,010	0,000
601	656215,375	257891,250	126,797	0,002
602	656213,313	257890,766	126,939	0,001
603	656211,750	257890,375	127,047	0,003
604	656211,000	257890,203	127,098	0,001
605	656209,125	257889,781	127,222	0,001
606	656207,375	257889,344	127,337	0,002
701	656222,125	257872,313	127,262	0,002
702	656220,688	257871,484	127,381	0,000
703	656219,063	257870,469	127,523	0,005
704	656218,375	257870,063	127,578	0,000
705	656217,188	257869,359	127,680	0,000
706	656215,125	257868,219	127,838	0,002
801	656233,813	257855,922	127,857	0,001
802	656232,188	257854,500	128,003	0,002
803	656231,000	257853,484	128,111	0,003
804	656230,438	257852,938	128,165	0,000
805	656229,000	257851,688	128,299	0,003
806	656227,813	257850,391	128,421	0,000
901	656249,063	257842,766	128,547	0,002
902	656248,188	257841,422	128,647	0,001
903	656247,188	257840,000	128,760	0,004
904	656246,750	257839,328	128,807	0,000
905	656245,813	257838,016	128,916	0,001
906	656244,813	257836,438	129,039	0,000
1001	656266,750	257833,094	129,272	0,002
1002	656266,188	257831,719	129,354	0,000
1003	656265,688	257830,500	129,429	0,001
1004	656265,375	257829,766	129,480	0,002
1005	656264,938	257828,594	129,555	0,001
1006	656264,313	257827,094	129,650	0,001
1101	656286,313	257827,391	129,932	0,007
1102	656285,938	257826,047	129,992	0,004
1103	656285,625	257824,766	130,052	0,003
1104	656285,438	257823,984	130,093	0,003
1105	656285,125	257822,578	130,160	0,003
1106	656284,813	257821,344	130,219	0,002
1201	656306,375	257823,953	130,531	0,000
1202	656306,188	257822,469	130,591	0,002
1203	656306,063	257821,250	130,643	0,000
1204	656305,938	257820,469	130,678	0,002
1205	656305,875	257819,203	130,729	0,001
1206	656305,688	257817,703	130,789	0,000

25 méter 30fokos kamera Raszteres + Nadír és Vonalas

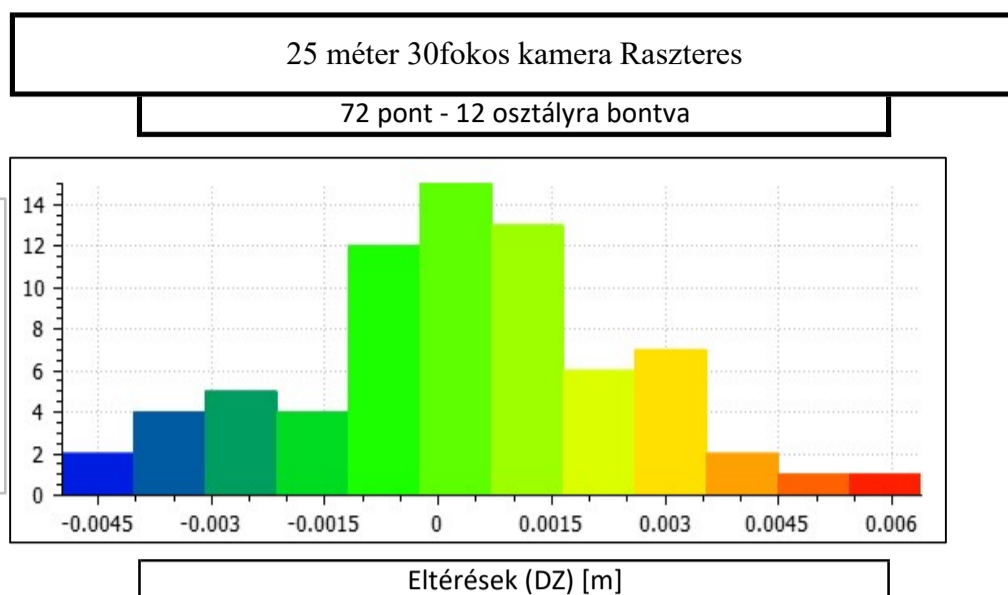
72 pont - 12 osztályra bontva



Eltérések (DZ) [m]

Osztály	Pontok [db]	Class start	Class end
1	5	-0,001	0,000
2	18	0,000	0,000
3	12	0,000	0,001
4	8	0,001	0,002
5	14	0,002	0,002
6	6	0,002	0,003
7	3	0,003	0,004
8	4	0,004	0,004
9	1	0,004	0,005
10	0	0,005	0,006
11	0	0,006	0,006
12	1	0,006	0,007

Psz	Y [m]	X [m]	Z [m]	DZ [m]
101	656257,000	257974,422	126,718	0,000
102	656256,500	257976,250	126,760	0,000
103	656256,063	257977,688	126,795	0,003
104	656255,000	257980,750	126,821	0,003
105	656253,938	257983,094	126,754	-0,003
106	656253,250	257984,563	126,709	0,000
201	656239,563	257964,406	126,359	0,006
202	656238,063	257965,875	126,459	0,000
203	656236,688	257967,453	126,563	0,001
204	656236,188	257968,109	126,580	0,000
205	656235,125	257969,375	126,554	0,000
206	656233,813	257970,953	126,517	-0,001
301	656226,063	257949,422	126,212	0,003
302	656224,563	257950,469	126,334	0,001
303	656223,125	257951,391	126,444	0,002
304	656222,500	257951,828	126,492	-0,001
305	656220,813	257952,906	126,532	-0,002
306	656219,375	257953,734	126,552	-0,003
401	656217,188	257931,188	126,279	0,001
402	656215,688	257931,609	126,385	-0,001
403	656214,125	257932,156	126,507	0,001
404	656213,313	257932,438	126,567	0,000
405	656211,813	257932,906	126,663	-0,004
406	656209,875	257933,625	126,764	-0,004
501	656213,688	257911,375	126,456	0,004
502	656211,750	257911,516	126,587	0,000
503	656210,063	257911,641	126,705	0,000
504	656209,313	257911,703	126,759	-0,003
505	656207,625	257911,781	126,877	-0,001
506	656205,750	257911,938	127,007	-0,003
601	656215,375	257891,250	126,798	0,003
602	656213,313	257890,766	126,938	0,000
603	656211,750	257890,375	127,048	0,004
604	656211,000	257890,203	127,097	0,000
605	656209,125	257889,781	127,222	0,001
606	656207,375	257889,344	127,334	-0,001
701	656222,125	257872,313	127,263	0,003
702	656220,688	257871,484	127,381	0,000
703	656219,063	257870,469	127,522	0,004
704	656218,375	257870,063	127,579	0,001
705	656217,188	257869,359	127,681	0,001
706	656215,125	257868,219	127,836	0,000
801	656233,813	257855,922	127,858	0,002
802	656232,188	257854,500	128,001	0,000
803	656231,000	257853,484	128,109	0,001
804	656230,438	257852,938	128,164	-0,001
805	656229,000	257851,688	128,297	0,001
806	656227,813	257850,391	128,420	-0,001
901	656249,063	257842,766	128,548	0,003
902	656248,188	257841,422	128,648	0,002
903	656247,188	257840,000	128,759	0,003
904	656246,750	257839,328	128,806	-0,001
905	656245,813	257838,016	128,917	0,002
906	656244,813	257836,438	129,039	0,000
1001	656266,750	257833,094	129,271	0,001
1002	656266,188	257831,719	129,353	-0,001
1003	656265,688	257830,500	129,428	0,000
1004	656265,375	257829,766	129,478	0,000
1005	656264,938	257828,594	129,555	0,001
1006	656264,313	257827,094	129,649	0,000
1101	656286,313	257827,391	129,930	0,005
1102	656285,938	257826,047	129,990	0,002
1103	656285,625	257824,766	130,049	0,000
1104	656285,438	257823,984	130,092	0,002
1105	656285,125	257822,578	130,158	0,001
1106	656284,813	257821,344	130,216	-0,001
1201	656306,375	257823,953	130,530	-0,001
1202	656306,188	257822,469	130,587	-0,003
1203	656306,063	257821,250	130,638	-0,005
1204	656305,938	257820,469	130,673	-0,003
1205	656305,875	257819,203	130,726	-0,002
1206	656305,688	257817,703	130,784	-0,005

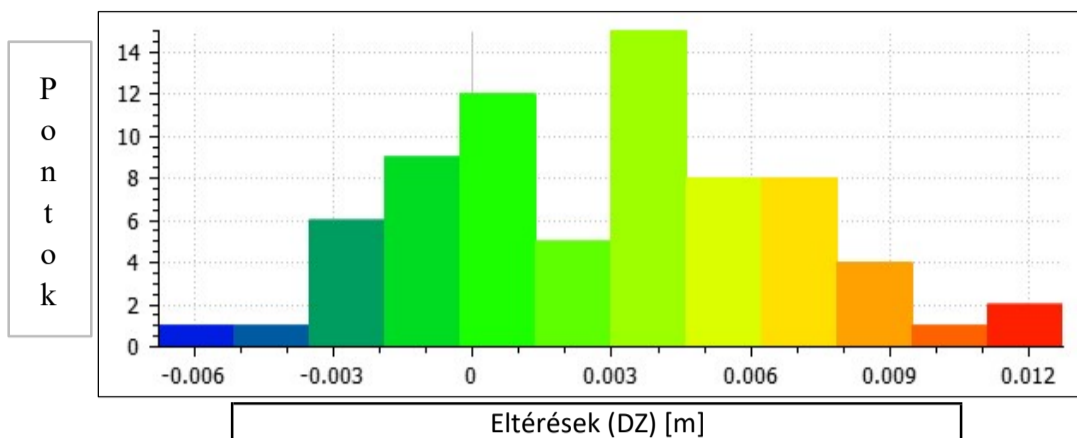


Osztály	Pontok [db]	Class start	Class end
1	2	-0,005	-0,004
2	4	-0,004	-0,003
3	5	-0,003	-0,002
4	4	-0,002	-0,001
5	12	-0,001	0,000
6	15	0,000	0,001
7	13	0,001	0,002
8	6	0,002	0,003
9	7	0,003	0,004
10	2	0,004	0,004
11	1	0,004	0,005
12	1	0,005	0,006

Psz	Y [m]	X [m]	Z [m]	DZ [m]
101	656257,000	257974,422	126,722	0,004
102	656256,500	257976,250	126,763	0,003
103	656256,063	257977,688	126,797	0,005
104	656255,000	257980,750	126,822	0,004
105	656253,938	257983,094	126,755	-0,002
106	656253,250	257984,563	126,709	0,000
201	656239,563	257964,406	126,362	0,009
202	656238,063	257965,875	126,460	0,001
203	656236,688	257967,453	126,565	0,003
204	656236,188	257968,109	126,582	0,002
205	656235,125	257969,375	126,554	0,000
206	656233,813	257970,953	126,518	0,000
301	656226,063	257949,422	126,213	0,004
302	656224,563	257950,469	126,337	0,004
303	656223,125	257951,391	126,445	0,003
304	656222,500	257951,828	126,497	0,004
305	656220,813	257952,906	126,533	-0,001
306	656219,375	257953,734	126,555	0,000
401	656217,188	257931,203	126,285	0,007
402	656215,688	257931,609	126,391	0,005
403	656214,125	257932,156	126,503	-0,003
404	656213,313	257932,438	126,568	0,001
405	656211,813	257932,906	126,666	-0,001
406	656209,875	257933,625	126,769	0,001
501	656213,688	257911,375	126,464	0,012
502	656211,750	257911,516	126,596	0,009
503	656210,063	257911,641	126,712	0,007
504	656209,313	257911,703	126,762	0,000
505	656207,625	257911,781	126,881	0,003
506	656205,750	257911,938	127,017	0,007
601	656215,375	257891,250	126,803	0,008
602	656213,313	257890,766	126,941	0,003
603	656211,750	257890,375	127,057	0,013
604	656211,000	257890,203	127,105	0,008
605	656209,125	257889,781	127,224	0,003
606	656207,375	257889,344	127,338	0,003
701	656222,125	257872,313	127,266	0,006
702	656220,688	257871,484	127,380	-0,001
703	656219,063	257870,469	127,527	0,009
704	656218,375	257870,063	127,579	0,001
705	656217,188	257869,359	127,680	0,000
706	656215,125	257868,219	127,837	0,001
801	656233,813	257855,922	127,861	0,005
802	656232,188	257854,500	128,004	0,003
803	656231,000	257853,484	128,112	0,004
804	656230,438	257852,938	128,164	-0,001
805	656229,000	257851,672	128,297	0,001
806	656227,813	257850,391	128,419	-0,002
901	656249,063	257842,766	128,552	0,007
902	656248,188	257841,422	128,647	0,001
903	656247,188	257840,000	128,764	0,008
904	656246,750	257839,328	128,804	-0,003
905	656245,813	257838,016	128,921	0,006
906	656244,813	257836,438	129,041	0,002
1001	656266,750	257833,094	129,276	0,006
1002	656266,188	257831,719	129,359	0,005
1003	656265,688	257830,500	129,439	0,011
1004	656265,375	257829,766	129,484	0,006
1005	656264,938	257828,594	129,553	-0,001
1006	656264,313	257827,094	129,654	0,005
1101	656286,313	257827,406	129,933	0,008
1102	656285,938	257826,047	129,994	0,006
1103	656285,625	257824,766	130,056	0,007
1104	656285,438	257823,984	130,092	0,002
1105	656285,125	257822,578	130,159	0,002
1106	656284,813	257821,344	130,217	0,000
1201	656306,375	257823,953	130,529	-0,002
1202	656306,188	257822,469	130,587	-0,002
1203	656306,063	257821,250	130,642	-0,001
1204	656305,938	257820,469	130,672	-0,004
1205	656305,875	257819,203	130,725	-0,003
1206	656305,688	257817,703	130,782	-0,007

35 méter 30fokos kamera Raszteres

72 pont - 12 osztályra bontva

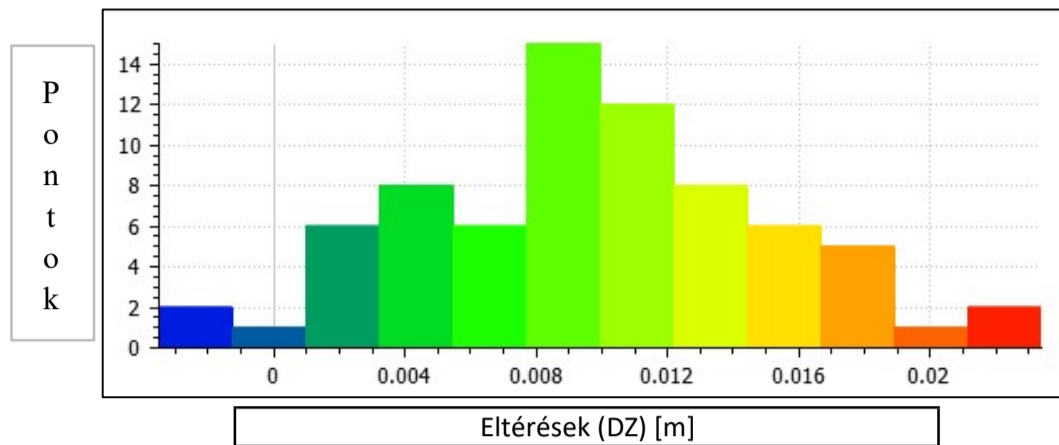


Osztály	Pontok [db]	Class start	Class end
1	1	-0,007	-0,005
2	1	-0,005	-0,004
3	6	-0,004	-0,002
4	9	-0,002	0,000
5	12	0,000	0,001
6	5	0,001	0,003
7	15	0,003	0,005
8	8	0,005	0,006
9	8	0,006	0,008
10	4	0,008	0,009
11	1	0,009	0,011
12	2	0,011	0,013

Psz	Y [m]	X [m]	Z [m]	DZ [m]
101	656257,000	257974,422	126,727	0,009
102	656256,500	257976,250	126,768	0,008
103	656256,063	257977,688	126,803	0,011
104	656255,000	257980,750	126,833	0,015
105	656253,938	257983,094	126,760	0,003
106	656253,250	257984,563	126,718	0,009
201	656239,563	257964,406	126,372	0,019
202	656238,063	257965,875	126,465	0,006
203	656236,688	257967,453	126,575	0,013
204	656236,188	257968,109	126,592	0,012
205	656235,125	257969,375	126,568	0,014
206	656233,813	257970,953	126,531	0,013
301	656226,063	257949,438	126,219	0,010
302	656224,563	257950,469	126,338	0,005
303	656223,125	257951,391	126,451	0,009
304	656222,500	257951,828	126,503	0,010
305	656220,813	257952,906	126,545	0,011
306	656219,375	257953,734	126,571	0,016
401	656217,188	257931,188	126,294	0,016
402	656215,688	257931,609	126,402	0,016
403	656214,125	257932,141	126,523	0,017
404	656213,313	257932,438	126,577	0,010
405	656211,813	257932,906	126,679	0,012
406	656209,875	257933,625	126,791	0,023
501	656213,688	257911,375	126,475	0,023
502	656211,750	257911,516	126,601	0,014
503	656210,125	257911,625	126,718	0,013
504	656209,313	257911,703	126,772	0,010
505	656207,625	257911,781	126,889	0,011
506	656205,750	257911,938	127,028	0,018
601	656215,375	257891,250	126,813	0,018
602	656213,313	257890,766	126,948	0,010
603	656211,750	257890,375	127,059	0,015
604	656211,000	257890,203	127,107	0,010
605	656209,125	257889,781	127,234	0,013
606	656207,375	257889,344	127,346	0,011
701	656222,125	257872,313	127,273	0,013
702	656220,688	257871,484	127,396	0,015
703	656219,063	257870,469	127,528	0,010
704	656218,375	257870,078	127,596	0,018
705	656217,188	257869,344	127,689	0,009
706	656215,125	257868,219	127,853	0,017
801	656233,813	257855,922	127,860	0,004
802	656232,188	257854,500	128,006	0,005
803	656231,000	257853,484	128,120	0,012
804	656230,438	257852,938	128,174	0,009
805	656229,000	257851,688	128,304	0,008
806	656227,813	257850,391	128,426	0,005
901	656249,063	257842,766	128,548	0,003
902	656248,188	257841,422	128,653	0,007
903	656247,188	257840,000	128,766	0,010
904	656246,750	257839,328	128,812	0,005
905	656245,813	257838,016	128,924	0,009
906	656244,813	257836,438	129,044	0,005
1001	656266,750	257833,094	129,274	0,004
1002	656266,188	257831,719	129,356	0,002
1003	656265,688	257830,500	129,436	0,008
1004	656265,375	257829,766	129,475	-0,003
1005	656264,938	257828,594	129,555	0,001
1006	656264,313	257827,094	129,657	0,008
1101	656286,313	257827,406	129,932	0,007
1102	656285,938	257826,063	129,998	0,010
1103	656285,625	257824,766	130,057	0,008
1104	656285,438	257823,984	130,088	-0,002
1105	656285,125	257822,578	130,160	0,003
1106	656284,813	257821,344	130,219	0,002
1201	656306,375	257823,953	130,540	0,009
1202	656306,188	257822,469	130,591	0,002
1203	656306,063	257821,234	130,649	0,006
1204	656305,938	257820,484	130,678	0,002
1205	656305,875	257819,219	130,734	0,006
1206	656305,688	257817,703	130,793	0,004

50 méter 30 fokos kamera Raszteres

72 pont - 12 osztályra bontva



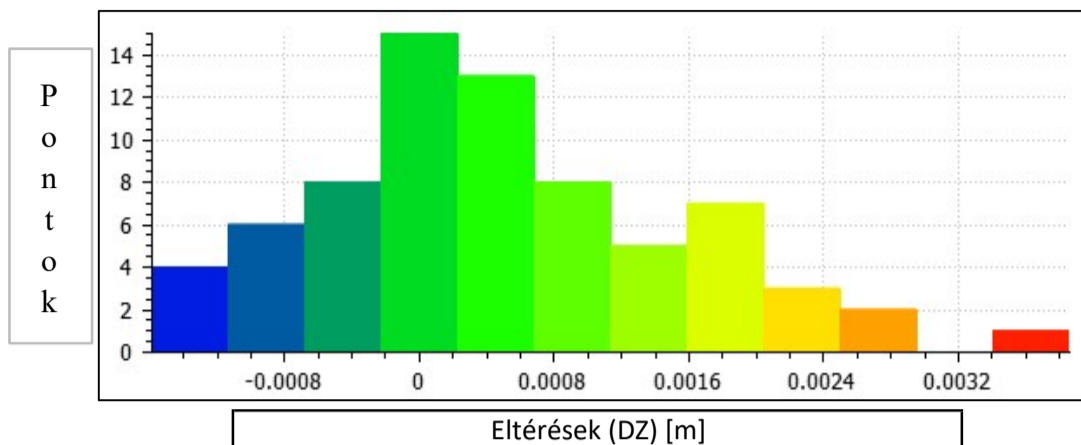
Eltérések (DZ) [m]

Osztály	Pontok [db]	Class start	Class end
1	2	-0,003	-0,001
2	1	-0,001	0,001
3	6	0,001	0,003
4	8	0,003	0,005
5	6	0,005	0,008
6	15	0,008	0,010
7	12	0,010	0,012
8	8	0,012	0,014
9	6	0,014	0,017
10	5	0,017	0,019
11	1	0,019	0,021
12	2	0,021	0,023

Psz	Y [m]	X [m]	Z [m]	DZ [m]
101	656257,000	257974,422	126,719	0,001
102	656256,500	257976,250	126,760	0,000
103	656256,063	257977,688	126,794	0,002
104	656255,000	257980,750	126,820	0,002
105	656253,938	257983,094	126,756	-0,001
106	656253,250	257984,563	126,711	0,002
201	656239,563	257964,406	126,355	0,002
202	656238,063	257965,875	126,459	0,000
203	656236,688	257967,453	126,564	0,002
204	656236,188	257968,109	126,580	0,000
205	656235,125	257969,375	126,554	0,000
206	656233,813	257970,953	126,518	0,000
301	656226,063	257949,422	126,210	0,001
302	656224,563	257950,469	126,332	-0,001
303	656223,125	257951,391	126,445	0,003
304	656222,500	257951,828	126,495	0,002
305	656220,813	257952,906	126,534	0,000
306	656219,375	257953,734	126,555	0,000
401	656217,188	257931,188	126,279	0,001
402	656215,688	257931,609	126,386	0,000
403	656214,125	257932,156	126,506	0,000
404	656213,313	257932,438	126,567	0,000
405	656211,813	257932,906	126,667	0,000
406	656209,875	257933,625	126,769	0,001
501	656213,688	257911,375	126,454	0,002
502	656211,750	257911,516	126,588	0,001
503	656210,063	257911,641	126,705	0,000
504	656209,313	257911,703	126,763	0,001
505	656207,625	257911,781	126,878	0,000
506	656205,750	257911,938	127,010	0,000
601	656215,375	257891,250	126,797	0,002
602	656213,313	257890,766	126,940	0,002
603	656211,750	257890,375	127,046	0,002
604	656211,000	257890,203	127,095	-0,002
605	656209,125	257889,781	127,223	0,002
606	656207,375	257889,328	127,336	0,001
701	656222,125	257872,313	127,261	0,001
702	656220,688	257871,484	127,382	0,001
703	656219,063	257870,469	127,520	0,002
704	656218,375	257870,063	127,577	-0,001
705	656217,188	257869,359	127,681	0,001
706	656215,125	257868,219	127,836	0,000
801	656233,813	257855,922	127,857	0,001
802	656232,188	257854,500	128,001	0,000
803	656231,000	257853,484	128,109	0,001
804	656230,438	257852,938	128,165	0,000
805	656229,000	257851,688	128,297	0,001
806	656227,813	257850,391	128,420	-0,001
901	656249,063	257842,766	128,545	0,000
902	656248,188	257841,422	128,646	0,000
903	656247,188	257840,000	128,756	0,000
904	656246,750	257839,328	128,807	0,000
905	656245,813	257838,016	128,915	0,000
906	656244,813	257836,438	129,038	-0,001
1001	656266,750	257833,094	129,271	0,001
1002	656266,188	257831,719	129,354	0,000
1003	656265,688	257830,500	129,428	0,000
1004	656265,375	257829,766	129,477	-0,001
1005	656264,938	257828,594	129,553	-0,001
1006	656264,313	257827,094	129,649	0,000
1101	656286,313	257827,391	129,929	0,004
1102	656285,938	257826,047	129,991	0,003
1103	656285,625	257824,766	130,048	-0,001
1104	656285,438	257823,984	130,091	0,001
1105	656285,125	257822,578	130,158	0,001
1106	656284,813	257821,344	130,217	0,000
1201	656306,375	257823,953	130,530	-0,001
1202	656306,188	257822,469	130,589	0,000
1203	656306,063	257821,250	130,644	0,001
1204	656305,938	257820,469	130,676	0,000
1205	656305,875	257819,203	130,727	-0,001
1206	656305,688	257817,703	130,788	-0,001

25 méter 30 fokos kamera Raszteres + Nadír és Vonalas
(10 illesztőpont)

72 pont - 12 osztályra bontva

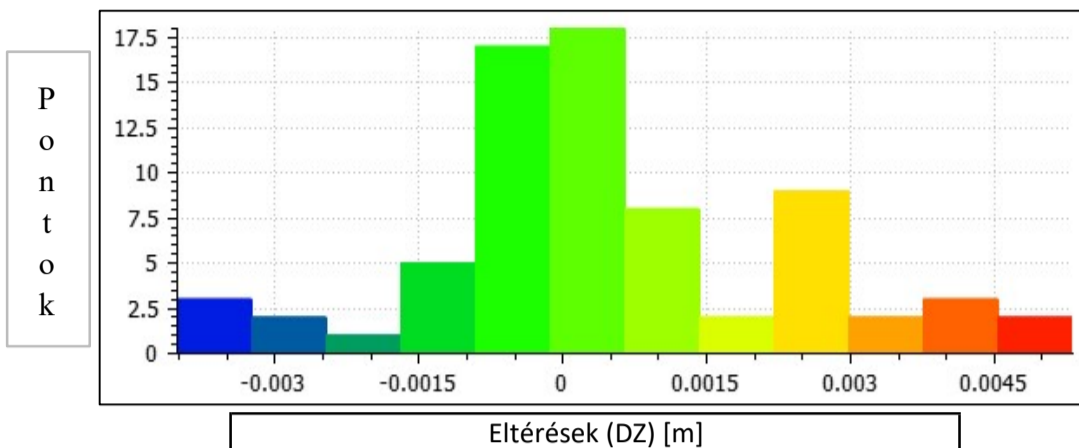


Osztály	Pontok [db]	Class start	Class end
1	4	-0,002	-0,001
2	6	-0,001	-0,001
3	8	-0,001	0,000
4	15	0,000	0,000
5	13	0,000	0,001
6	8	0,001	0,001
7	5	0,001	0,002
8	7	0,002	0,002
9	3	0,002	0,002
10	2	0,002	0,003
11	0	0,003	0,003
12	1	0,003	0,004

Psz	Y [m]	X [m]	Z [m]	DZ [m]
101	656257,000	257974,422	126,715	-0,003
102	656256,500	257976,250	126,759	-0,001
103	656256,063	257977,688	126,792	0,000
104	656255,000	257980,750	126,818	0,000
105	656253,938	257983,094	126,753	-0,004
106	656253,250	257984,563	126,709	0,000
201	656239,563	257964,406	126,353	0,000
202	656238,063	257965,875	126,456	-0,003
203	656236,688	257967,453	126,562	0,000
204	656236,188	257968,109	126,579	-0,001
205	656235,125	257969,375	126,554	0,000
206	656233,813	257855,922	127,858	0,002
301	656226,063	257949,422	126,209	0,000
302	656224,563	257950,469	126,333	0,000
303	656223,125	257951,391	126,443	0,001
304	656222,500	257951,828	126,493	0,000
305	656220,813	257952,906	126,535	0,001
306	656219,375	257953,734	126,555	0,000
401	656217,188	257869,359	127,679	-0,001
402	656215,688	257931,609	126,386	0,000
403	656214,125	257932,156	126,505	-0,001
404	656213,313	257890,766	126,937	-0,001
405	656211,813	257932,906	126,667	0,000
406	656209,875	257933,625	126,767	-0,001
501	656213,688	257911,375	126,454	0,002
502	656211,750	257911,516	126,588	0,001
503	656210,063	257911,641	126,705	0,000
504	656209,313	257911,703	126,761	-0,001
505	656207,625	257911,781	126,879	0,001
506	656205,750	257911,938	127,010	0,000
601	656215,375	257891,250	126,798	0,003
602	656213,313	257932,438	126,567	0,000
603	656211,750	257890,375	127,049	0,005
604	656211,000	257890,203	127,101	0,004
605	656209,125	257889,781	127,224	0,003
606	656207,375	257889,344	127,339	0,004
701	656222,125	257872,313	127,262	0,002
702	656220,688	257871,484	127,382	0,001
703	656219,063	257870,469	127,523	0,005
704	656218,375	257870,063	127,578	0,000
705	656217,188	257931,188	126,280	0,002
706	656215,125	257868,219	127,837	0,001
801	656233,813	257970,953	126,515	-0,003
802	656232,188	257854,500	128,003	0,002
803	656231,000	257853,484	128,111	0,003
804	656230,438	257852,938	128,164	-0,001
805	656229,000	257851,688	128,298	0,002
806	656227,813	257850,391	128,422	0,001
901	656249,063	257842,766	128,546	0,001
902	656248,188	257841,422	128,646	0,000
903	656247,188	257840,000	128,758	0,002
904	656246,750	257839,328	128,807	0,000
905	656245,813	257838,016	128,916	0,001
906	656244,813	257836,438	129,039	0,000
1001	656266,750	257833,094	129,273	0,003
1002	656266,188	257831,719	129,354	0,000
1003	656265,688	257830,500	129,427	-0,001
1004	656265,375	257829,766	129,479	0,001
1005	656264,938	257828,594	129,554	0,000
1006	656264,313	257827,094	129,651	0,002
1101	656286,313	257827,391	129,929	0,004
1102	656285,938	257826,047	129,990	0,002
1103	656285,625	257824,766	130,048	-0,001
1104	656285,438	257823,984	130,091	0,001
1105	656285,125	257822,578	130,158	0,001
1106	656284,813	257821,344	130,216	-0,001
1201	656306,375	257823,953	130,530	-0,001
1202	656306,188	257822,469	130,589	0,000
1203	656306,063	257821,250	130,643	0,000
1204	656305,938	257820,469	130,676	0,000
1205	656305,875	257819,203	130,726	-0,002
1206	656305,688	257817,703	130,786	-0,003

25 méter 30 fokos kamera Raszteres + Nadír és Vonalas
(6 illesztőpont)

72 pont - 12 osztályra bontva



Eltérések (DZ) [m]

Osztály	Pontok [db]	Class start	Class end
1	3	-0,004	-0,003
2	2	-0,003	-0,002
3	1	-0,002	-0,002
4	5	-0,002	-0,001
5	17	-0,001	0,000
6	18	0,000	0,001
7	8	0,001	0,001
8	2	0,001	0,002
9	9	0,002	0,003
10	2	0,003	0,004
11	3	0,004	0,005
12	2	0,005	0,005