

**Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet**



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

SZAKDOLGOZAT

Nagyméretarányú felmérési technológiák összehasonlító vizsgálata

Comparison of large-scale mapping surveying technologies



**OE-AMK
2022**

*Hallgató neve: Réti Norbert
Konzulens neve: Balázsik Valéria
Törzsszám: T000338/FI12904/A-G*



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Réti Norbert

Szaktervezési száma: SZD20120110302461

Törzskönyvi száma: T000411/FI12904/A-G

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: földmérő és földrendező mérnök

Specializáció: Geoinformatika specializáció

A dolgozat címe: Nagyméretarányú felmérési technológiák összehasonlító vizsgálata

A dolgozat címe angolul: Comparative study of different large-scale survey technologies

A feladat részletezése:

Szaktervezés alapján ismertesse a nagyméretarányú felméréseknél használt technológiákat!

A lehetséges módszerek közül többféle eljárást alkalmazva végezze el mintaterületek felmérését, és hasonlítsa össze az adatgyűjtési eljárásokat a pontosság és gazdaságosság szempontjából!

Összegezze tapasztalatait, és tegyen javaslatot az egyes technológiák alkalmazására!

Intézményi konzulens neve: Balázsik Valéria

A kiadott téma elévülési határideje: 2022. május 15.

Beadási határidő: 2021. 12. 15.

A szaktervezés: Nem titkos.

Kiadva: Székesfehérvár, 2021. 10. 28.

P.H.

Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:

Balázsik Valéria

belső konzulens

külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar
Mérnöki/Geoinformatikai/
Természettudományi és Szoftvertechnológiai Intézet

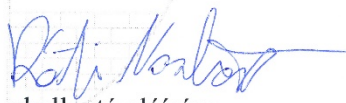
HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott szigorló hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat/diplomamunka saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem.

Egyéb jelentős segítséget nem vettem igénybe.

Az elkészült szakdolgozatban/diplomamunkában található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: BÉKÉSCSABA, 2022.05.10.



hallgató aláírása

TARTALOMJEGYZÉK

Tartalom

TARTALOMJEGYZÉK.....	4
1. Bevezetés.....	5
2. Helyszínek.....	6
2.1 Helyszínválasztási szempontok.....	6
2.2 Kunhalmok.....	7
2.2.1 Általános áttekintés.....	7
2.2.2A kunhalmok csoportosítása.....	8
2.2.3 Miért fontosak a kunhalmok?.....	9
2.2.4 A kunhalmok pusztulásának okai, és ez ellen tett intézkedések.....	10
2.3 Gödény-halom.....	11
2.4 Barát-halom.....	13
2.5 Sáp-halom.....	15
3. A méréshez alkalmazott eszközök, műszerek.....	17
3.1 Drón.....	17
3.1.1 A drónokról általában.....	17
3.1.2 Drón használatával kapcsolatos szabályok.....	18
3.1.3 Drónok regisztrációja.....	18
3.1.4 DJI Phantom 4 általános jellemzése.....	19
3.2 Mérőállomás.....	21
3.2.1 A mérőállomásokról általában.....	21
3.2.2 A Trimble S6 DR300+ mérőállomás jellemzése.....	22
3.3 GPS.....	23
3.3.1 A műholdas helymeghatározás alapjai.....	23
3.3.1 Satlab SL800.....	24
3.3.2 Magellan ProMark 500.....	24
4. A mérés menete.....	26
4.1 Drónos mérés.....	26
4.2 Mérés GPS-szel.....	29
4.3 Mérőállomással végzett mérés.....	30
5. A mérés irodai feldolgozása.....	33
5.1. Geoeasy.....	33
5.2. 3D Survey.....	38
6. Összefoglalás.....	46
7. Summary.....	47
8. Műszaki leírás.....	48
9. Köszönetnyilvánítás.....	49
10. Források, irodalomjegyzék.....	50
11. Ábrajegyzék.....	51

1. Bevezetés

Szakdolgozatom során olyan feladatot szerettem volna választani, ami hasznos a pályakezdésem szempontjából és más pályakezdőknek is érdekes lehet végeredményként. Sok friss diplomás diák kezdi úgy a munkás éveit, hogy különböző nagyobb cégeknél esetleg földhivatalban helyezkedik el, mert még nincsenek meg a saját forrásai a szükséges műszerek és egyéb szoftverek megvásárlásához. A fentebb említett okok miatt gondoltam arra, hogy készítek egy összehasonlító vizsgálatot három különböző felmérési technológia alkalmazásával. Ezek kiválasztásánál figyeltem arra, hogy korszerű, modern műszereket válasszak, így végül a GPS, mérőállomás és a drónos felmérés összehasonlítását tartottam a legalkalmasabbnak. Ezután választottam egy olyan szakdolgozati témát, amelynek során mind a három módszer alkalmazásra kerül, és az alapeladatok közé sorolható, amihez egyéb jogosultság (pl.: Ingatlan rendezői minősítés) nem szükséges. Így esett a választásom a földtömegszámításra, hiszen számos beruházásnál, építkezésnél, utak, vasutak építésénél keletkezik fölösleges vagy éppen pótlendő földmennyiség.

Három mintaterületet választottam, melyek érdeklődésemhez közel állnak, így a magyar piramisok, azaz a kunhalmok.

2. Helyszínek

2.1 Helyszínválasztási szempontok

Mivel földtömegszámítással szeretném összehasonlítani a műszerek adottságait, ezért először abban gondolkodtam, hogy építkezéseknél választok pár depót, vagy nagyobb földkupacot. Ezt követően pár nappal később Békés megyében elhaladtunk egy földhalom mellett (akkor még nem tudtam, hogy pontosan mit is láttam), amin egy geodéziai sokszögelési alappont volt látható, és megkérdeztem a szakmai gyakorlatos főnökömet, hogy egészen pontosan mit is látok. Ekkor tudtam meg azt, hogy az egy kunhalom, nagyjából mindegyik tetejére állandósítottak pontokat. Itt döntöttem el, hogy mit is szeretnék majd mérni.

Miután már tudtam, hogy kunhalmokat szeretnék mérni, interneten elkezdtem kutatni utánuk, pontosan mik is ezek (későbbiekben részletezni fogom) és mik a jellemzőik. Az összehasonlításhoz 3 halmot kezdtem el keresni.

Több szempontot vettem figyelembe a választásnál:

- növényzete legyen gyér vagy kaszált, egy kevésbé fásított és egy dús növényzettel borított legyen
- méret szempontjából szerettem volna egy igen nagyot, egy közepeset, és egy kis terjedelműt
- legyen valami jelentősége akár történelemben akár a város kultúrájában.
- megközelíthetőségi szempontból is törekedtem a könnyűtől a nehézig

Végül a következő kunhalmokra esett a választásom:

- Barát-halom: növényzete gyér, kis terjedelemmel rendelkezik (4,5 m), turistaútvonal része, megközelítése könnyű
- Sáp-halom: növényzet szempontjából a nyugati domboldal akácosított, terjedelme közepes (10 m), térképtörténeti emlékhely, megközelítése közepes nehézségű
- Gödény-halom: a fél halmot akácerdő és kökényes borítja, Magyarország és Közép-Európa legnagyobb kunhalma (12,26 m), megközelítése nem nehéz, de messze van a várostól és makadámút vezet odáig.

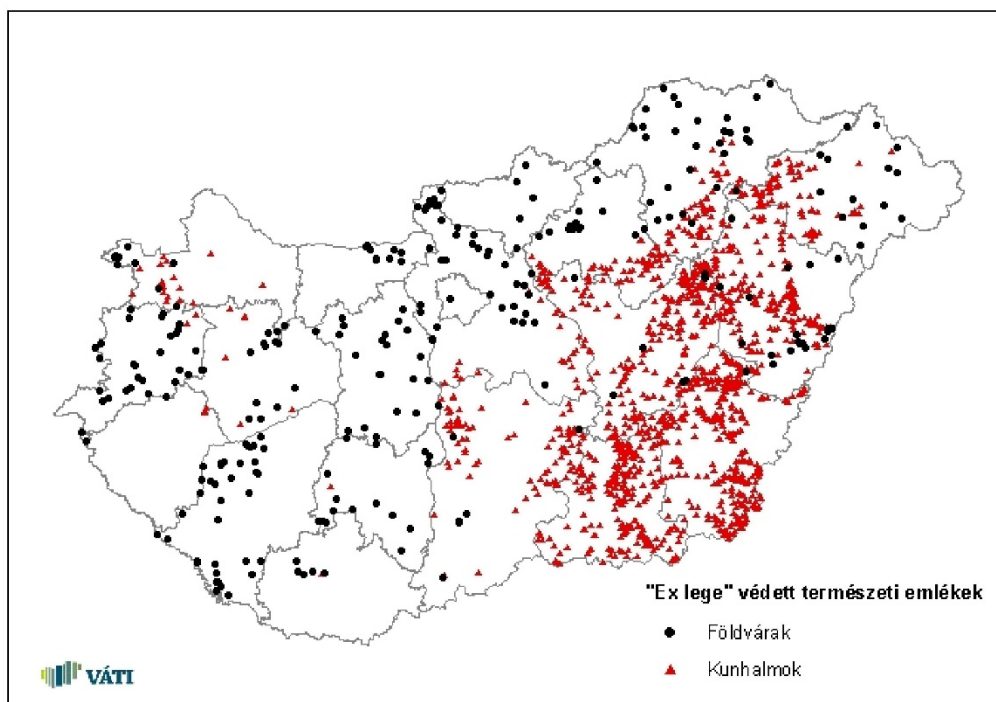
2.2 Kunhalmok

2.2.1 Általános áttekintés

A kunhalom egy nagyjából 5-10 méter magas és 20-50 méter átmérőjű kúp, vagy félgömb alakú képződmény. Elhelyezkedését tekintve legtöbbször víz mellett terültek el, de akadnak kivételek, amelyek nem víz közelében lettek építve. Nagy százalékuk temetkezőhely, sírdomb, őr- vagy határhalom volt.

A kunhalom, mint elnevezést először Horváth István használta a 19. század elején, mert azt hitte, ezeket a képződményeket a kunok hozták létre. Ipolyi Arnold, ezzel szemben hunhalmoknak említette őket. Jerney János őskutató, azt állítja, hogy a kunhalom elnevezés nem volt ismert a nép számára, és csak az irodalomból terjedt el.

Az alföldön régen körülbelül 40 000 kunhalomról tudtak, melyek különböző korokban keletkeztek. Az első leletek szerint a rendeltetésük lakódomb (tell) volt. A rézkorban ezen halmok kihaltak, de a bronzkorban kezdtek újra benépesedni. Ebben a korban jelentek meg az első temetkezési célú halmok is. Későbbiekben lovasnomád népek (szarmaták, szkíták) kezdték el őket tovább használni. A szerepük az idő továbbhaladtával megváltozott, lakóhely helyett már inkább temetkezési helyként szolgáltak, majd lettek őrhelyek és határjelzések. [3] [9] [10]



2-1. ábra: Kunhalmok elhelyezkedése Magyarországon [1]

Az országban legnagyobb számban Békés megye északi részén, Csanád-Csongrád megye tiszántúli részein, Hajdúháton, Hortobágyon, a Jászságban és a Nagykunságon fordulnak elő. Magyarországon 8 megyében vannak jelen kunhalmok.

A kunhalmokhoz hasonló képződmények Közép-Európa északibb területein Lengyelországban és Németországban, továbbá Hollandiában is előfordulnak. Nagy számban találhatóak az egész eurázsiai sztyeppevidéken úgynevezett kurgánok, melyeket a szkíták és hunok építettek. [9]

2.2.2A kunhalmok csoportosítása

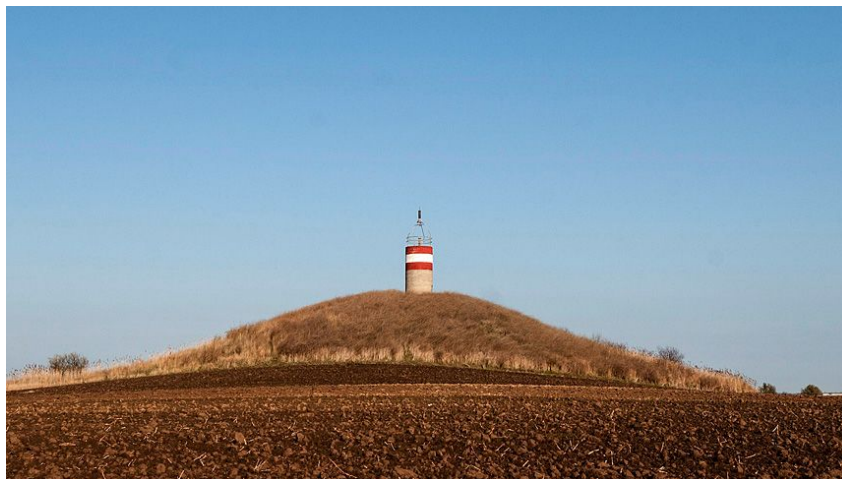
A kunhalmokat csoportosítják méretük és alakjuk szerint, de leggyakoribb a fő funkció szerinti csoportosítás.

Lakódomb vagy tell: Valaha lakóhelyként szolgáltak. Általában az újkőkortól a bronzkorig tartó időszakban rakódtak egymásra a rétegek. Alakjuk szabálytalan, nagy kiterjedésű és magasságuk akár 6-8 méter is lehet. Magyarországon a legjellemzőbbek a bronzkori képződmények.

Halomsír vagy kurgán: Temetkezési hely, melyet leginkább a rézkor és Árpád-kor között hozták létre. Kúp alakúak, kisebb kiterjedésűek, mint a tellek, magassága elérheti a 10 métert is.

Őrhalom (vigyázó- vagy strázsahalom): mint a neve is sugallja, figyelő céllal építették őket az Alföld sík vidékein. Ezen halmok általában láncot alkottak, továbbá valószínűsíthető, hogy éjjel tűzjelzéssel, este pedig füstjelekkel jeleztek. Méret tekintetében kisebbek, mint a fentebb megemlített társaik, sok esetben beszántották őket, kis méretük miatt.

Határhalom: a középkor és az újkor táján, megyék és települések határait jelölték velük. A legfiatalabb halmok közé tartoznak. A hármashalom elnevezés arra utal, hogy három település határára építették fel. [3] [9] [10]



2-2. ábra: Bűrök-halom, a kunhalmok és a geodézia kapcsolata.

2.2.3 Miért fontosak a kunhalmok?

Elsősorban a tájképi értékeik miatt! Az alföldi táj esztétikáját növelik, hisz így nem lesz teljesen egyhangú, sík a terep.

A halmok állat- és növényvilága kifejezetten sokszínű. Mivel a kunhalmok természetvédelmi oltalom alatt állnak, így természeti adottságaikat is sikerült megőrizni. Számos ritka fajjal találkozhatunk kunhalmokon, mint például: Sadler-imola (csak Magyarországon és határterületein található meg), magyar szegfű és a magyar zsálya. Állatvilága gazdag, a kunhalmokat nevezhetjük az alföld oázisainak is, hisz általában vízi képződmények mellé építették őket, háborítatlanságuk miatt pedig a növényzet biztonságot nyújt. Számos rovarfaj előszeretettel telepedik meg itt, puhatestűek közül pedig a zebracsiga és a tányércsiga. Sok kunhalmon ürgék és hörcsögök tanyáznak, melyek vonzzák a különböző ragadozómadarakat. Az énekesmadarak pedig előszeretettel fészkelnek a rovarfajok miatt a kunhalmok közelébe. Legérdekesebb állatfaja, mely itt élhet, a molnárgörény.

Ne felejtsük el a legfontosabb értékeiket! A régészeti lehetőségek a lakódombok és sirhalmoknál számottevőek. Az előbb említett halmokban, rendszerint az akkoriban ott élt emberek otthonainak maradványait találják meg, továbbá edénytörmelékeket, állati csontokat, kagylóhéjakat és tűzhelyek maradványait lelhetik fel a kutatók. Jelentősebb lelőhelyek közül Túrkevét lehet kiemelni, ahol a honfoglaláskori „ecsegi ezüst tarsolylemez”-t találták. Megemlíthető továbbá Tószeg (Lapos-halom), Püspökladány (Nyakvágószék-halom) és Vésztő (Mágorpusztai Régészeti Feltáráshely) is. [3] [9] [10]

2.2.4 A kunhalmok pusztulásának okai, és ez ellen tett intézkedések.

A kunhalmok pusztulásának elsődleges oka a 19. század után megnövekedett mezőgazdasági tevékenységek. Az alacsonyabb magasságú halmokat egy az egyben felszántották. A magasabb halmoknál pedig ameddig tudták, az oldalát beszántották, a többi részét pedig tájidegen fajokkal (pl.: akácfa) kezdték beültetni. A mezőgazdaságon kívül, a másik legnagyobb roncsolódást az útépitkezések okozták, ugyanis a halmokat elhordták, mint töltelék föld.



2-3. ábra: Motorosok által megrongált kunhalom. [2]

A kunhalmok védelme Magyarországon már a 19. század végén felmerült, mikor kiderült, hogy nem természeti jelenség, hanem ősi korok maradványai. Első erre vonatkozó törvény az 1963. évi 9. számú törvény volt, de ez is csak kevés halomnak nyújtott biztonságot, és volt olyan is, aminek csak részben. Első nagyobb áttörést a Hortobágyi Nemzeti Park érte el, hiszen alapításakor területi védettséget kaptak az ott található kunhalmok. Az olyan halmoknál, ahol régészeti felfedezéseket tettek, egyes múzeumok nyújtották a védelmet számukra. A nagy áttörést a 1996. évi LII. törvény hozta, mely a kunhalmokat ex lege védetté nyilvánította. Ezzel egybefüggően indult el a kunhalmok kataszteri felmérése és nyilvántartásának elkészítése. [2]

2.3 Gödény-halom

Gödény-halom (2-4. ábra) Békésszentandrás határában található, Magyarország és Közép-Európa legnagyobb kunhalma, emiatt kifejezett védettséget élvez. Magassága a feljegyzések szerint 12.26 méter és a palástja megközelíti a 160 métert. Keletkezését idősebbre jósolják még az egyiptomi piramisok építésénél is.



2-4. ábra: Gödény-halom trikoloros látképe.

Elhelyezkedése

Békésszentandrástól 7 km-re déli irányban helyezkedik el, a régi szentesi út mellett. Szarvas felől érkezve a Szentesi úton kell lefordulni. A város határáig aszfaltút vezet, de onnantól makadámúton kell tovább haladni a halomig. Kunhalmokon belül is hármas határ domb kategóriába tartozik mert Békés, Szolnok és Csanád-Csongrád megye határain helyezkedik el. A közvetlen környezete nagyjából 85 méter tengerszint feletti magassággal rendelkezik, így a Gödény-halom legmagasabb pontja 97.26 m. Mivel az Alföld a folyószabályozások előtt elég belvizes terület volt, így a magassága miatt az itt élő gödények itt pihentek meg, erről is kapta a nevét.

Funkciója

Egyes régészek szerint, a halom méreteiből kiindulva, egy 5000 évvel ezelőtti, a környéken élő törzs igen nagyhatalmú vezetőjének a sírhalma lehet. Erre a feltevésre azonban számottevő bizonyítékot nem találtak. Egy másik feltevés szerint, a környéken lakók törzsi/vallási gyülekező helye volt. Ehhez a feltevéshez tartozik a harmadik funkció is, miszerint a halom elhelyezkedése egy igen energiateli ezoterikus helyen épült fel.

Története

A régészek rézkori temetkezési helynek feltételezik. Északi oldalát gát- és útépités miatt részben elhordták, és feltételezik, hogy ez az elhordás nem csak az oldalát érintette, hanem a tetejéig benyúlt, így a halom magassága egykoron a 15 métert is elérhette, és az erózió sem kímélte. Az 1735-ös Péro-féle parasztfelkelés idején a halom szolgált a parasztok gyülekezési helyének, innen ered a régi „Péro halma”, vagy a „Vértessy pihenője” elnevezés is, mert Vértessy Mihály Szegedinácz Péro Alföldi szövetségese ide hívta össze a környékbeli felkelőket.

Növény- és állatvilága

A halom nagyobb részét összefüggő gyepek alkotja, melyet néha legeltetésre használnak. Északnyugati részének alsó felét akácos borítja, északkeleti részén pedig kökénybokrok telepedtek meg. Egyike azon helyeknek, ahol még terem az ősbúza.

Az északnyugati részen rókaodú található. Sok kunhalmokra jellemző faj tanyázik a Gödény-halmon is, mint például hörcsögök és zebracsiga. [19]



2-5. ábra: Kilátás a Gödény-halomról.

2.4 Barát-halom

Csárdaszállás határában található, egy nagyjából 4,5 méter relatív magasságú és 80 méter átmérőjű ovális paláttal rendelkezik. A neve egybefonódik Fábián-varával. A régészek rézkorinak tartják a halmot és az 90'-es években kerámiatöredékeket és állati csontokat találtak az Árpád-korból. Viszont a későbbiekben magánvár, templom és település is épült a környezetében, vagy rajta. Nevét két kisebb halomról örökölte, melyek Fábián-vára mellett voltak.



2-6. ábra: Barát-halom látképe.

Elhelyezkedése

Csárdaszállás és Gyomaendrőd között a 46-os főút északi oldalán található. Megközelítéséhez 200 méterre lévő dűlőútra kell lekanyarodni és ott lehet parkolni, a 200 métert gyalogosan kell megtenni, mivel az országút mellett nem lehet közvetlen megállni, és a halom környezete fel van szántva.

Funkciója

Bár emberi csontokat nem találtak a feltárások során, de feltételezik a régészek, hogy a halom üreges, és temetkezési helyként szolgált a rézkorban. Később az Árpád-korban temetőként és templomként szolgált, majd várként. Ezt követően elnéptelenedett.

Története

Egyes forrásokban, mint például a Harmadik Katonai Felmérés térképén Félhalom néven említik meg, mely elnevezést a ma már megszűnt Fél-halom településről kapta. 1806-os ásatáson Árpád-kori kisvár leleteire bukkantak, így feltételezik, hogy a halom egykoron egy

Kisvár központja is lehetett. Későbbi ásatások során égetett téglafalakat is felfedeztek, amely teljesen körbevette a halmot. 1906-ban téglasírokat tártak fel a régészek. Egykoron egy Árpád-kori templom is állt a halmon a XV. század végéig, ennek bizonyítéka egy hatalmas kőtömb, ami a mai napig megtalálható ott.

Növény- és állatvilága

Növényzete és állatvilága gyér, nagyrészt egybefüggő gyeppel található rajta. Számos béka és hősögluk díszíti a halom oldalát. [3]



2-7. ábra: A Barát-halmon található életfa.

2.5 Sáp-halom

A halom (2-8. ábra) méretéhez képest (szentes környékének legnagyobb halma), elég szép állapotban maradt fenn, helyenként látható rajta az erózió hatása és kisebb kitermelések. A halom tetején egy 97 m tengerszintfeletti magassággal rendelkező földmérési alappont található. A régészek szerint rézkori eredetű. A mezőgazdaság ezt a halmot sem kímélte, 2011-ben ugyanis több temetkezési helyet szántottak fel az oldalán, melyekből emberi csontokat és egyéb tárgyakat forgatta ki. [15]



2-8. ábra: Sáp-halom látképe.

Elhelyezkedése

A Kontra-tó keleti partján, Szentes és Szegvár határán található a Szegvár elé vezető 4521-es út keleti oldalán.

Funkciója

Kettős halom, későbbiekben Árpád-kori temetkezési hely.

Története

Nevét a mellette felárt Sáp faluról kapta, mely a szájhagyomány szerint, egy Sáp nevű törökök elleni csatában elhunyt vitézről kapta a nevét. A városról viszont fontos tudni, hogy a tó másik oldalán helyezkedett el. Ikerhalma a Kis-Sáp, mely egy testhalom.

1730-ban Mikovinyi Sámuel itt végzett szögmméréseket, ezért a halom egyben egy térképtörténeti emlékhely is (2-9. ábra). Ennek emlékére a halmon lévő vasbetonlapos jelöléssel ellátott alappont oldalára egy emléktáblát is elhelyeztek.



2-9. ábra: Mikovinyi Sámuel tiszteletére állított emléktábla.

Növény- és állatvilága

Számos növényfaj megtalálható halmon (ligeti zsálya, kakukkfű, taréjos búzafű), folyamatosan kaszálják és az északi oldalára rózsabokrok fedezhetőek fel. Ez a halom sem úszta meg a tájidegen növények telepítését, néhány darab akácfa található a keleti oldalán. Állatvilágát tekintve gyér, a környéken fellelhető fajok találhatóak meg rajta.

Mivel a halom állat- és növényvilága nem tartalmaz ritka fajokat, így a régészeti törvény értelmében 30 cm mélységig művelhető. Ezáltal, csak a gazdán múlik, hogy hagyja e ezt a természeti szépséget hanyatlani, vagy megvédi azt a további mezőgazdasági térhódítástól. Déli oldalán a mezőgazdaság csaknem a feléig behatolt, északi részénél pedig tereplépcsőt hozott létre. Nyugati oldalában kialakítottak egy földutat, mely a körülötte lévő szántóföldekhez vetet.

[15]

3. A méréshez alkalmazott eszközök, műszerek

3.1 Drón

3.1.1 A drónokról általában

Ha az interneten keresünk a drónok témakörében olyan rövidítéssel találkozhatunk, mint például az UAV, melynek jelentése pilóta nélküli jármű (Unmanned Aerial Vehicle). A drónokat eredetileg katonai célokra fejlesztették ki, de miután rájöttek, hogy számos más területen is alkalmazhatóak, elkezdődött a drónok térhódítása más iparágakban és használati kultúrákban:

- Mezőgazdaság és szállítmányozás (3-1. ábra)
- Földmérés, térképészet és fotogrammetria
- Biztonságtechnika
- Filmipar
- Polgárvédelem
- Nehezen megközelíthető területek megfigyelése
- Szabadidős tevékenységek és számos más terület

Néhány felhasználási terület a geodéziában:

- Alappont helyszínelés és mérőtornyok állapotfelmérése
- Földtömegszámítás digitális térmodell alapján
- Bejelentési kötelezettség ellenőrzése
- Vonalas létesítmények gyors felmérése
- Parlagfű vagy más gyomok feltérképezése



3-1. ábra: NDVI alkalmazása UAV segítségével. [4]

3.1.2 Drón használatával kapcsolatos szabályok

A helyszín és a különböző drónkategóriák határozzák meg, hogy az egyes alkalmazókra milyen szabályok vonatkoznak drónhasználati szempontból.

A kategóriák a következők:

Nyílt kategória – Ide tartoznak a hobbi drónosok és az ipari szektorban dolgozó felhasználók is. Ennek a kategóriának az egyik alapkövetelménye, hogy a drón nem haladhatja meg a föld legközelebbi pontjától számított 120 méteres magasságot. Másik alapkövetelménye, hogy a drónt irányítónak, azaz a távpilótának, táveső vagy más segédeszköz nélkül is folyamatosan látnia kell az általa irányított eszközt. Az egyik legfontosabb az ebbe a kategóriába sorolható szabályok közül, hogy szigorúan tilos embertömeg fölé reptetni a drónt, és kerülni kell a külső személyek megközelítését is. Kerülni kell az úgynevezett No Drone Zone-t azaz a drónok elől elzárt területeket. Ide tartoznak az A1, A2 és az A3 alkategóriák.

Speciális kategória – Azok a drónok tartoznak ide, amelyek meghaladják a 25 kilogrammot. A nyílt kategóriánál említett, a drón és a távpilóta közötti „szemkontaktus” itt nem kell, hogy érvényesüljön, hisz, ha egy vonalas létesítményt akarunk felmérni, a drón több kilométerre fog elrepülni, így az összelátásra nem lesz lehetőségünk. Ez a kategória már engedély-/bejelentésköteles az Innovációs és Technológiai Minisztérium felé.

Engedélyköteles kategória – Amennyiben embertömeg felett szeretnénk repülni (különböző rendezvények), vagy személy-, áruszállítás történik, esetleg tárgyakat akarunk ledobni, vagy vegyszerkiszórás történik, engedélyre van szükségünk! Ezekhez a tevékenységekhez már magasabb szintű gyakorlati és elméleti tudással kell rendelkezünk, hiszen mások testi épségéért fogunk felelni. Nagyon fontos, hogy az eszközünknek hatósági tanúsításon kell átesnie. [12]

3.1.3 Drónok regisztrációja

Minden olyan légi járművet be kell regisztrálni, ami nem minősül játéknak, azaz nem haladja meg a 120 grammot és nincs felszerelve semmiféle adatrögzítővel (pl. kamera), és az irányítójától nem képes 100 méternél hosszabban eltávolodni. Nem csak a drónt kell regisztrálni, hanem a tulajdonosát is, mint jogi vagy magánszemély, aki az eszközt üzemeltetni fogja. Az előbb említett feltételek közül, elég egynek megfelelni, és kötelező a regisztráció! [12]

3.1.4 DJI Phantom 4 általános jellemzése

Az általam választott UAV, melyet a területek felmérésénél használtam, a nyári gyakorlatomon megismert DJI Phantom 4 drón (3-2. ábra). Tömege elég könnyű, 1380 gramm, átlós méretei 290 mm és a magassága 196 mm. Maximális sebessége 72 km/h, emelkedési sebessége 21,6 km/h és leszállás közben elérheti a 14,4 km/h sebességet is.



3-1. ábra: DJI Phantom 4 UAV. [5]

A drónt kétféleképpen lehet mérésre használni. A DJI Go programban szabadkézi repülést lehet vele végrehajtani. A kontrollert használva mi tudjuk vezérelni a drón repülési irányát, magasságát és manuálisan történik a képkészítés is. A másik módszer, hogy az alkalmazásban egy új projektet indítunk, a részletes leírást a mérés elvégzése részben fogom taglalni. A két módszer közös része, hogy a DJI Go alkalmazásban először kalibrálni kell, a megadott utasítások alapján, melyet az Apple Ipad-ben mutat, pontosan mit kell csinálni.

A távirányítónál (3-3. ábra) fontos megjegyezni, hogy bár a hatótávolsága 5000 méter, mégis figyelni kell arra, hogy ne legyen az eszköz és a távirányító között jelvesztésre alkalmas objektum (például sűrű lombkorona vagy épület) mert 10 másodperces jelvesztés után a drón automatikusan elindul a beállított leszállóhelyre, erre a beépített Smart return Home parancs

miatt képes. A programozott repülés mellett szól az az érv is, hogy a saját kézzel vezérelt résznél nem küszöbölhető ki az emberi hiba, így a sortávolságok vagy a fényképek közötti távolság nem lesz egyenlő.



3-3. ábra: UAV-hoz tartozó Remote Controller. [6]

A fényképek elkészítéséhez nem cseréltem le az eredeti kamerát, hanem a gyárral végeztem el a feladatot. Maximális képmérete 4000x3000. A beépített 3 tengelyes gimbal (kamera stabilizátor) miatt a kamera nem mozog egyszerre az eszközzel, tartja az alapértelmezett vagy a manuálisan beállított értékeket.

Az akkumulátor kapacitása 5350mAh, amely 28 perces repülési időt tesz lehetővé. Ezt nagyban befolyásolja az időjárás is. Szeles időben nem ajánlott mérni, mert csökken az akkumulátor időtartama, ugyanez igaz a hűvös hőmérsékletre is, ami szintén nem kíméli az akkumulátor teljesítményét. A méréseim során ezért mindig vittem magammal pót akkumulátort is. [5]

3.2 MÉRŐÁLLOMÁS

3.2.1 A mérőállomásokról általában

A mérőállomás lényegében egy teodolit, távmérő és adatrögzítő berendezés egyben. Egyaránt tud vízszintes és magassági szögeket mérni, mindeközben távolságot is mér és ezeket rögzíti. Régen a teodolit és távmérő külön-külön műszerek voltak és manuálisan rögzítették az adatokat. A legmodernebb darabok már szkennelésre és képalkotásra is képesek. Kiepipítés szerint megkülönböztetünk Autolock és Robot mérőállomásokat. [7]



3-4. ábra: Különböző Trimble mérőállomások. [7]

Mérésnél két módot használhatunk. Egyik a Prizma nélküli (lézeres) távmérés. A lézerek tartományának szintjén működő távmérőjel számos felületről képes visszaverődni, ezáltal olyan helyekre is tudunk mérni, ahová a prizma nem férne be. Ezt a módszert direkt reflexes távmérésnek nevezik. A távcső mozgatása szervomotorokkal is működhet, ez segíti elő a prizmával való mérésnél a mozgó prizma automatikus követését is. Ekkor a távcső és maga a műszer is követni képes a prizmat, viszont mindkét módszernél okozhatnak problémát a közbeeső olyan felületek, amelyekről könnyen visszaverődhet a jel, mint például az autók lámpái vagy közlekedési táblák.

Néhány műszer képes az egyszemélyes mérésre is, ilyenkor a TCU-t a prizmabotra erősítjük és az automatikus prizmakövetést alkalmazva eltávolodhatunk a műszertől, hisz a kezelőfelület

nálunk van. Az egyszemélyes mérőállomások egyik nagy előnye, hogy nem kell plusz munkaerőt alkalmazni a magas közbiztonságú területeken.

3.2.2 A Trimble S6 DR300+ mérőállomás jellemzése

Az S6 egy robot mérőállomás, így képes az egyemberes mérésre is, ezért ellátták egy úgynevezett kitűzőfénnyel. A prizmakövetés 900 méteres hatótávolságra képes, viszont a prizmára való mérés LongRange módban akár 5 kilométerig is képes mérni arra alkalmas időben. A távmérés ideje körülbelül 1,2s és a pontossága 3mm+2ppm. A műszer ki tudja küszöbölni a kollimációs hiba hatását a MagDrive™ technológiának köszönhetően. Itt lényegében az történik, hogy az alhidádé egy elektromágneses mezőn lebeg, ezáltal nincsenek olyan alkatrészek, melyek egymáshoz súrlódnának.

A SuperPoint™ technológiának köszönhetően egy esetleges lökés vagy ütés hatását visszaállással tudja kompenzálni. Akkumulátorát tekintve jónak mondható, hisz egy új akkumulátorral akár 7 órán keresztül lehet működtetni a műszert.

A mérést elősegítő fejlesztések közé tartozik a kijelző a II. távcsőállásban. Amikor második távcsőállásban mérünk, egy kis kijelző segíti a mérésünket a legfontosabb adatokkal.

A fentebb említett TCU (3-5. ábra) a mérőállomás leszerelhető kezelőegysége. Színes kijelzővel rendelkezik, amely erős napsütésben is tökéletesen látható. Előnye, hogy bármilyen Trimble műszerrel kompatibilis, csatlakoztatáskor automatikusan felismeri. A kijelző képes a terepen vektoros és raszteres állományok megjelenítésére is, mely elősegíti a mérés folyamatát. A mérési adatokat számos formátumban exportálhatjuk (ASCII, DXF stb.). Elérhető rajta a magyar nyelvű kezelőfelület.



3-5. ábra: TCU egyemberes mérés közben. [7]

3.3 GPS

3.3.1 A műholdas helymeghatározás alapjai

Ahhoz, hogy egy globális helymeghatározást meg tudjunk valósítani, szükségünk van egy globális koordináta rendszerre. A GPS esetében ezt a globális rendszert WGS-84-nek (World Geodetic System) nevezzük. Ennek a koordinátarendszernek a kezdőpontja maga a Föld tömegközéppontja, Z tengelye közel párhuzamos a Föld forgástengelyével, az X tengelye közelítőleg egybeesik a greenwich-i meridiánsikkal, továbbá az Y tengely derékszöget zár be mind az X, mind a Z tengellyel. Az X, Y és Z derékszögű koordinátarendszerben fogjuk megkapni a GPS koordinátákat.

A koordinátameghatározás geometriai alapelve távmérésen alapul. Ezt az eljárást térbeli ívmetszésnek nevezzük. Tegyük fel, hogy a keresett pont, a földfelszínen található. Ezek a távolságok a műhold köré egy gömbfelületet hoznak létre és ahhoz, hogy egy pont helyzetét meg tudjuk állapítani, ezt vesszük alapul. Ha van három műholdunk, az már két metszéspontot határoz meg, de a műszer nem fogja tudni, melyik lesz a föld felszínén, ezért szükségünk van egy negyedik műholdra is, hisz a 4 gömb egyetlen pontban fogja metszeni egymást. A gyakorlatban, minél több műhold vesz részt a mérésben, annál pontosabb adatokat fogunk kapni a kiegyenlítés eredményeképpen.

A távolság (d) meghatározása a vevő és a műhold között közvetett módon történik, időmérésre visszavezetve. A távolságon kívül azonban az időre is szükségünk van, hisz a műholdak és a Föld is folyamatosan mozog, így a pont helyzete mindig máshol lesz, így le kell szűkítenünk a kört egyetlen adott pillanatra. Az időmérés két óra segítségével működik, melyeket a vevőegységben (kvarcórát) és a műholdon (atomórát) helyeznek el. Ez a két óra nagyjából ezredmásodpercenként generál egy kódsorozatot, mely a megkülönböztethetőség miatt, műholdanként más és más. A műhold órahibája (dt), 4 műhold bevonása esetén számítható.

Fontos megemlíteni még, az úgynevezett kódmerést. A műholdak L1 (1575.42 MHz) és L2 (1227.60 MHz) vivőhullámot bocsátanak ki. A nagyobb mérési pontosság érdekében ezeket a vivőhullámokat egy P (precision) kóddal is ellátják, melynek hullámhossza 30 m. [18]

3.3.1 Satlab SL800

Különböző műhold rendszerek jeleinek vételére alkalmas (GPS, Glonass, Galileo, Beidou, QZSS, SBAS) és már a legújabb és legjobb 6G-s műholdkövetési technológiával van felszerelve. Pozitív tulajdonságai közé sorolható, hogy mérete és a súlya is meglehetősen könnyű. Ez részben annak köszönhető, hogy egyszerű kialakítású a vevő, mert nem tartalmazza a GSM/GPRS beépített modemet, sem az URH rádiót. A kis súly miatt további előny, hogy használata ezáltal könnyebb, kézkímélő. Műholdkövetési szempontból 555 csatornát képes kezelni. A műszerben található rendszerek képesek kezelni a szabványos korrekció formátumokat, így megfelelő együttműködést biztosít hálózati és egybázisos környezetben egyaránt.

Továbbá pozitívként szolgál még mellette, hogy tartalmaz egy nagy kapacitású akkumulátort, ami cserélhető. Az akkumulátor töltése megoldható hálózati töltő adapterrel és összekapcsolható USB-n keresztül akár PowerBank-hoz is. Egy teljesen feltöltött akkumulátor 8 órás üzemidővel rendelkezik, így két darabbal egy egész napon át képesek vagyunk mérni.

Vezérlőegysége a Satlab SCH30 Android készülék, de bármikor cserélhető, más kompatibilis eszközökre is.

További adatok közé tartozik a, hogy 5 Hz jelfrissítéssel rendelkezik. Pontossági szempontból az RTK horizontális szempontból 8 mm + 1ppm, míg vertikális szempontból 15 mm + 1 ppm pontosságra képes megfelelő körülmények között. Ez a pontosság kielégíti az általam támasztott feltételeket a műszerválasztás szempontjából. Az RTK inicializálása 10 másodpercnél kevesebb időt vesz igénybe, ami nagyjából egy 99.9%-os megbízhatósági szintet mutat. Mérete 127.5 mm x 57 mm és 700 gramm össztömegű akkumulátorral együtt. [13]

3.3.2 Magellan ProMark 500

A Magellan ProMark 500-as különlegessége, hogy egyesíti az egyes korszerű RTK funkciókat, és ezzel nyújtja a lehető legnagyobb rugalmasságot és mobilitást. A pontosság javítása érdekében, fel van szerelve egy úgynevezett Magellan BLADE technológiával, továbbá egy szabadalmaztatott GPS és Glonass jelfeldolgozó algoritmussal, és segíti az inicializációt, masszív jelkövetést és a nagy hatótávú pontosságot. A Stalab SL800-tól annyiban van lemaradva, hogy a fentebb említett két műholdrendszert tudja csak felhasználni alapbeállításából adódóan, de ez továbbfejleszthető további rendszerek felhasználására is.

Rugalmas kommunikációs rendszerrel rendelkezik, mely lehetővé teszi a valós idejű korrekciók fogadását NTRIP vagy direkt IP-n keresztül. Ezt az előbbi eszköznél már említett GSM/GPRS segítségével tudja megtenni. [14]

Földmérési megoldásokban három fő részre osztható a műszer:

1. Az úgynevezett FAST Survey terepi szoftverének egy új verzióját használja. Úgy tervezték, hogy minden földmérési és építészeti igényeknek megfeleljen, például kompatibilis legyen az egyes mérőeszközökkel és többféle adatformátumot tudjon kezelni (DXF vagy TXT) és helyi koordinátarendszereket is tudja értelmezni. Ezen funkciók segítségével törekedtek arra, hogy a kezdő felhasználók és a hivatásos földmérők egyaránt tudják kezelni, és képesek legyenek bonyolultabb, komplett feladatok elkészítésére a műszer segítségével (például: kitűzés, vonalas létesítmények felmérése és különböző projektek).
2. MobilMapper kézi vezérlővel van ellátva, amely tartalmaz egy CX szubméteres GPS-t és egy operációs rendszert, ami nyitott felhasználói felületű. Ez azért fontos, hogy le tudjunk tölteni az eszközre olyan terepi szoftvereket, ami nekünk a legalkalmasabb és leghasznosabb a munkánk szempontjából. A ProMark 500-as egy olyan felhasználóbarát vezetéknélküli rover, amely méretét tekintve nem túl nagy, így szintén kíméli a kezét.
3. A Megellan kiemelt feldolgozó szoftverét is kérhetjük, ez a GNSS Solution program, ami kifejezetten a terepen gyűjtött adatok utófeldolgozásához készült. A program egyik újdonsága, hogy több referenciaállomás koorekciós adatait teszi nekünk elérhetővé, ezzel bebiztosítja, hogy megfelelő minőségű legyen a hálózati utófeldolgozás. Ennek hatására a pontosság ellenőrizhetőbb és megfelelőbb lesz. [14]

4. A mérés menete

Minden mérést egy irodai „terepszemle” előzött meg, ahol Google térképen először azonosítottam a helyszínt, és meghatároztam, hogyan fogok eljutni oda, milyen körülményekre számítsak.

A terepre érve egy gyalogos terepszemlét is tettem, melynél átgondoltam a különböző eszközökhöz, hogyan is kéne nekikezdeni a mérésekhez, és milyen egyéb akadályokba ütközhetek majd.

4.1 Drónos mérés

Mivel a DJI Phantom 4-es UAV nem RTK-s eszköz, azaz nem képes valós idejű helymeghatározásra, így illesztőpontok (4-1. ábra) segítségével végeztem el a mérést, amelyek az utófeldolgozásnál fognak segíteni a tájékozásban.



4-1. ábra Illesztőpont a Barát-halom legmagasabb pontján.

A terepszemle során már nagyjából kiválasztottam hová is fogom lerakni az illesztőpontjaimat. Ezekből pontosan 8 darabot helyeztem el az egyes mintaterületeken, úgy, hogy a terület mind

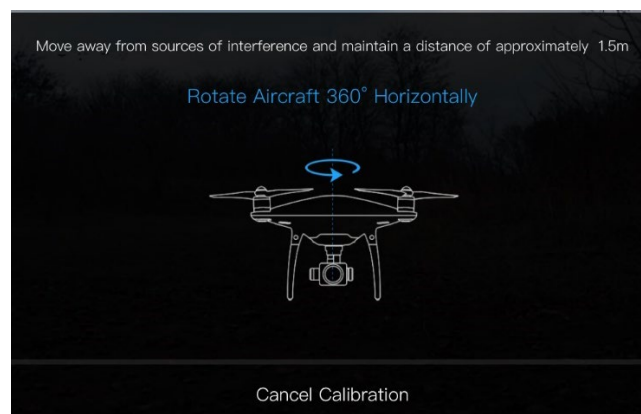
a 4 sarkára helyeztem el azokat. A maradék 4 illesztőpont közül egyet a terület legmagasabb pontjára helyeztem el, további egyet, olyan helyre, ahol volt esetleges tereplépcső, és a maradék kettővel sűrítettem a területet (4-2. ábra). Figyeltem arra, hogy gyér növényzetű, közül vízszintes talajra helyezzem el a pontosság kedvéért.

A pontok helyzetének meghatározását Magellán ProMark 500-as GPS-szel végeztem el, mert nem akartam a Magellán XY műszeremet választani. Az illesztőpontok elhelyezkedése egyes mintaterületeknél a következő képpen alakultak:



4-2. ábra: Illesztőpontok az egyes mintaterületeken.

Ezt követően kapcsolom be az Apple Ipad-et és a kontrollert, ezeket csatlakoztattam egymáshoz és elindítottam a drónt is. Az első lépés, hogy az Ipad-en a DJI Go alkalmazáson belül először kalibrálni kell (4-3. ábra) az UAV-ot és erre egyértelmű utasításokat ad. Ez után az alapvető beállításokat alaphelyzetben hagytam (repülési magasság, kamera állásszöge, repülés sebessége, záridő).



4-3. ábra: Az UAV kalibrálása.

Ezt követően kell átlépni a Map Pilot alkalmazásba, ahol a Google térkép által szolgáltatott légifényképeket tölti be, nagyjából a helyzetünk felett. Itt, ha hosszan rányomunk elkezdhetjük

kijelölni a lerepülni kívánt területeket. Három pontot tudunk ezzel a módszerrel lerakni, további pontokat a felezőpontok mozgatásával tudunk létrehozni. Miután kijelöltem a területet a repülési irányt kell kiválasztani, melyet, ha két ujjat tartunk a képernyőn, tudjuk forgatni az irányt a megfelelő helyzetbe. A leghosszabb oldallal párhuzamos irányt választottam ki mind a három mintaterületnél (4-4. ábra).



4-4. ábra: Repülési irányok, balra Gödény-halom, jobbra Barát-halom.

Ha minden beállítást eszközöltünk, kezdődhet a mérés. A drón automatikusan felszáll, és elindul a kezdőponthoz, majd a kijelölt útvonalon a beállított távolságonként készít fényképet. A mintaterületeknél 5-7 perc közötti repülési idővel lehetett számolni. [16] [17]

Idő arányában a következőképpen alakultak a fényképezések:

	Gödény-halom	Sáp-halom	Barát-halom
Idő	38 perc	40 perc	30 perc

A drón technológia hátrányai és előnyei

A méréseket nagyban befolyásolja az időjárás. Ha például nagy a szél erőssége, a rotoroknak nagyobb ellenállást kell kifejteniük a széllel szemben, így az akkumulátor sokkal hamarabb lemerül. Ugyanez a hatása az alacsony hőmérsékletnek is, szintén csökkenti az akkumulátor teljesítő képességét. Mivel ezek a feltételek nincsenek felszerelve olyan technológiával, mint az NVDI kamerával is ellátott drónok, így nem tudnak föld és növényzet között különbséget tenni. Ha a mérendő területen természetes, vagy a földből kinyúló mesterséges tereptárgyak helyezkednek el, a pontfelhőn meg fognak jelenni, az alatta lévő pontokat pedig csak később lehet beimportálni, de az már nem biztos, hogy takarni fogja a valóságot.

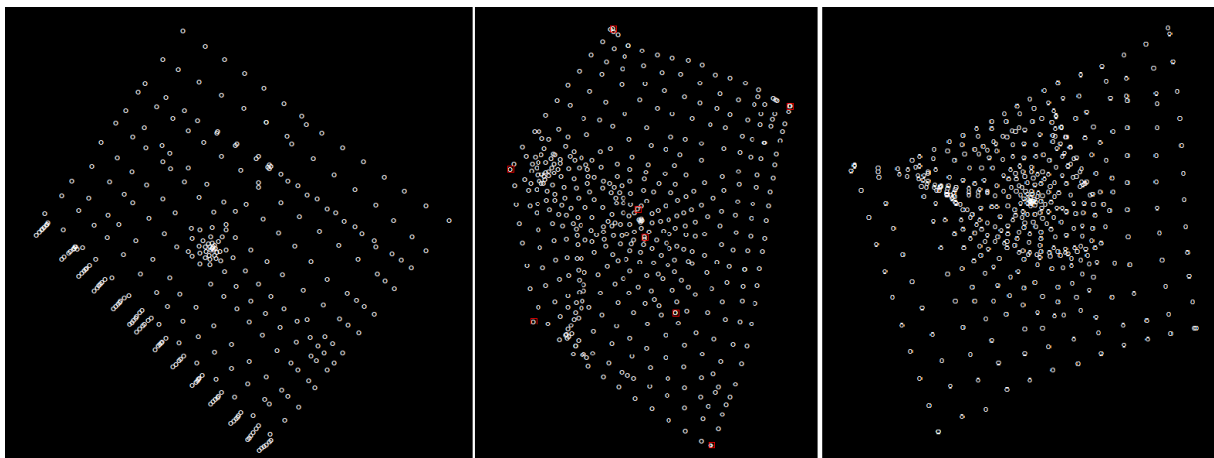
Előnyeinek, ha az UAV RTK-val felszerelt, akkor nincs szükség terepi illesztőpontok elhelyezésére és mérésére, mert a fedélzeti RTK GNSS adóvevő elvégzi a méréshez és a

tájékozáshoz szükséges korrekciókat. Ez nagyban lecsökkenti a későbbi utófeldolgozás idejét és magát a mérési folyamatot is. Ezek megléte nélkül is az egyik leggyorsabb felmérési technológia, ha adottak a megfelelő körülmények.

4.2 Mérés GPS-szel

A terepi szemlét követően látszott, hogy hol, milyen terepidomokra kell majd figyelni. A mérést a drónos mérésnél lerakott sarokillesztőpontok által határolt területen belül kezdtem el mérni. Rácshálóban igyekeztem haladni a területen belül, ezen felül a rácshálót az idomvonalakkal sűrítettem.

A Barát-halom esetében nem voltak számottevőek a magasságkülönbségek, így a laposabb területeken 8-9 méterenként, ahol nagyobb volt a magasságkülönbség ott 5-6 méterenként mentettem pontot. Ezen felül szintén követtem a terep idomait és ezzel egészítettem ki a mérést, mely igaz a másik két területre is. A Sáp-halomnál átlagosan lapos területen, 12 méterenként mértem, mivel az alapterülete elég nagy volt, ott, ahol pedig már elkezdődött a halom, ott 6 méterenként végeztem mérést. Gödény-halom esetében a növényzet miatt átlagosan mindenhol 6,5 méterként végeztem a rácsháló mérést (4-5. ábra).



4-5. ábra: GPS pontfelhő Barát-halom (balra), Gödény-halom (középen), Sáp-halom (jobbra).

A GPS-szel felmért területek adatai:

	Gödény-halom	Sáp-halom	Barát-halom
Idő	185 perc	100 perc	53 perc
Pontok száma	464 pont	450 pont	435 pont

A GPS-szel végzett mérés hátrányai és előnyei

A mérés során figyelni kell arra, hogy sűrű lombkorona alatt a mérés nehézkes. vagy egyáltalán nem megoldható, viszont egyes műszerek már képesek gyér lombkorona alatt is mérni, amivel én dolgoztam, szintén megfelelő adatokat szolgáltatott, hibahatáron belül. Épület mellett létrejöhet az úgynevezett többutas terjedés, amikor a műholdak a falról visszaverődő jeleket érzékelik, és nem a műholdról sugárzott jeleket. Nagyfeszültségű kábelek közelében is bizonytalanná válik a mérési eredmény.

Előnyei között elsősorban a gyorsaságot említeném meg. Nem szükséges felmérések előtt semmiféle adatot betölteni a kontrollerbe, és a terepre érkezve is csak be kell kapcsolni, és azonnal kezdődhet a mérés. Ez nagyban megkönnyíti a munkát, hisz a valós idejű helymeghatározás elve miatt nem kell tájékozni, és további adatokat sem kér le. Az adatok kiolvasása is gyorsan történik, és a terepen végzett pontkódolás esetében az utófeldolgozás is előnyösebb.

4.3 Mérőállomással végzett mérés

Ahogy az általam választott dróntípus, a S6-os sem képes önállóan helymeghatározásra, mivel nincsen felszerelve RTK-s eszközzel. Szüksége van legalább egy ismert pontra és egy ismert tájékozó irányra, vagy szabad álláspont esetében 2 ismert tájékozó irányra, amiből szögek és távolság alapján ki tudja számolni a pontos helyzetét.

A Barát-halom esetében (4-6. ábra) a terepszemle során megállapítottam, hogy a távolban milyen ismert alappontok találhatóak, amire a mérőállomás később rá fog tudni mérni, mint irányzott pont. Mindkét látható irány nagyjából 9000 méterre volt a halomtól, az egyik a köröstarcsai Református Egyházközség Temploma, a másik pedig a gyomai Református Egyház tornya. Mivel csak ez a két ismert pont volt látható, szabad álláspontot nem tudtam alkalmazni, így GPS-szel helyeztem el két alappontot a halom két oldalára.



4-6. ábra: Mérőállomással végzett mérés folyamata figuráns segítségével.

Gödény-halom esetében a mérőállomással történő mérés sajnos nem volt kivitelezhető a növényzet sűrűsége miatt, csak részben tudtam volna megoldani a felmérést, nagyjából a halom 50%-át érintette volna a mérés. A látható alappontok száma is csekély volt, vagy az időjárás viszonyosságai miatt nem voltak láthatóak, vagy elpusztultak (a vasbetonlapos pontjelöléssel ellátott háromszögelési alappontokat kiszántottak, vagy a rókák tették tönkre).

A Sáp-halomnál a robot mérőállomásos módszert választottam, azaz az egyemberes mérést. Itt a halom mérete miatt csak 4 álláspontból tudtam felmérni, de itt GPS-szel csak egy alappontot helyeztem el (4-7. ábra), a többit a mérőállomással határoztam meg. Az 1-es állásponttól kitértem a 2-es álláspontot majd a 2-es állásponton felállva tájékozó iránynak használtam az 1-es álláspontot, és ezt ismételtam meg a további álláspontoknál is.

Mindkét felmérés esetében először pontra kell állni és a műszert talpcsavarok segítségével vízszintessé tenni. Ezt követően egy új munkaterületet kell létrehozni. Ez után jöhet az álláspont létrehozása parancs, melynél meg kell adni az alappont számát, a műszermagasságot, az irányzott pont koordinátáit és magasságát. A prizmat minden esetben 2 méteres magasságra húztam ki, és ezzel a magassággal mértem végig a mintaterületeket. A pontokat a GPS-szel végzett méréshez hasonló távolságokkal igyekeztem elvégezni, az összehasonlítás érdekében. Idő szempontjából a Sáp-halom a nagy magasságkülönbség miatt 2 óra 55 percet vett igénybe, a Barát-halom pedig 1 óra 40 percet.



4-7. ábra: Karóval ideiglenesen megjelölt álláspont.

A mérőállomással végzett felmérés hátrányai és előnyei

A mérőállomással történő mérésnél, ha az időjárás megfelelő, akkor nem kell bevonni GPS segítségét az alappont elhelyezéséhez, hiszen tudunk használni vízszintes alappontokat. Ezek lehetnek templomtornyok, kémények is. Viszont, ha ködös, párás az idő, vagy a léglengés és légrezgés hatása érzékelhető, akkor a mérésnél ezeket a távolban lévő pontokat nem tudjuk egyértelműen megirányozni. Ekkor vált szükségessé a GPS alkalmazása, amely segítségével alappontokat tudunk lerakni. Itt, ha nem megfelelő a GPS jele, akkor a hibát belevihetjük a mérésünkbe, ennek kiküszöbölése érdekében ajánlott a meglévő állandósított alappontokat használni tájékozáshoz.

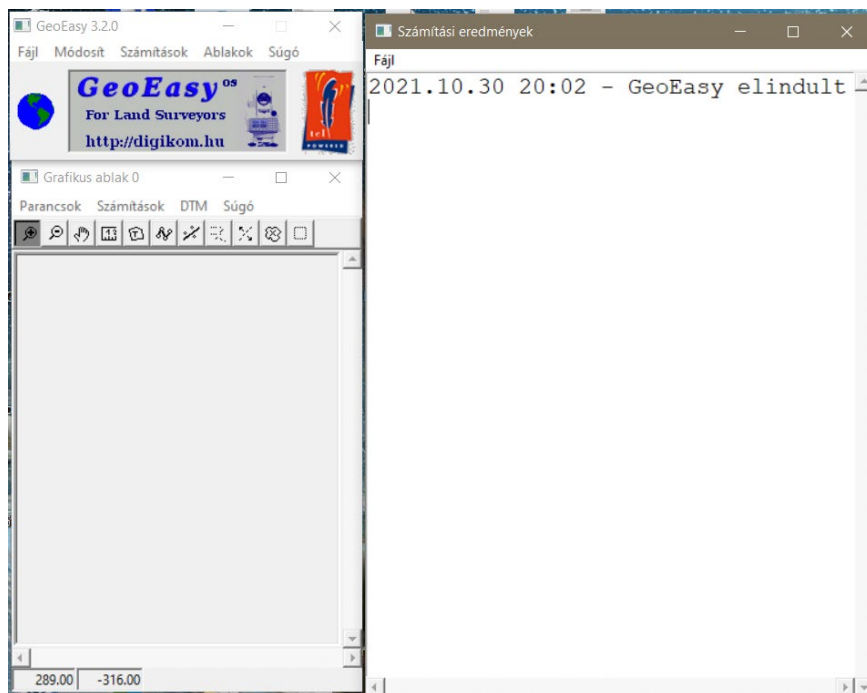
Előnyeinel a legfontosabb megemlíteni a lézeres távmérőt, amely olyan helyekre is képes bemérni, ahová a GPS már nem férne be, vagy falsík mellett. Be tudunk vele mérni fák és épületek alá. Prizma segítségével pedig a robotmérőállomásoknál követési funkcionál elérhető az egyemberes mérés is, mely kisegítheti a többségében egyedül dolgozó földmérőket. Városokon belül, ahol sok a fa, villanyvezeték, és az egyéb zavaró tényező, a leghatékonyabb felmérési technológia.

5. A mérés irodai feldolgozása

5.1. Geoeasy

A GPS-szel és a mérőállomással végzett mérések eredményeit a Geoeasy programban végeztem, mely alkalmas szintvonalak és DTM (Digitális Terepmodell) létrehozására, továbbá képes földtömeget számolni és különböző mérések eredményeit összehasonlítani. Mivel egy nyílt forráskódú program, így az internetről ingyenesen letölthető és használható program, ezért esett a választásom erre, hisz a kezdő mérnököknek nagy segítséget nyújthat egy ingyenes program.

A program különböző geodéziai műszerekkel készített felméréseknél rögzített állományok irodai feldolgozására szolgál. Számos funkcióval rendelkezik, mint például az alap- és részletpontok koordinátáinak kiszámítása, mérési eredmények grafikus megjelenítése, mérési és számítási jegyzőkönyvek kezelése, szerkesztése és megjelenítése és eredmények nyomtatása. A mérési jegyzőkönyvek importálása vagy kitöltése után képes a ferde távolságok vízszintessé redukálására. Többféle mérőállomáshoz lehet alkalmazni, például Leica, Sokkia, Trimble és TopCon, a legismertebbeket említve. Ezeken felül képes szöveges formátumú koordináta jegyzék feldolgozására is, mely a GPS-es méréseknél és az ITR vagy AutoCad programokból exportált fájlokat tudja kezelni.



5-1. ábra: Geoeasy kezelőfelülete, eredmény- és grafikus ablak.

A Geoeasy régebbi verziói többféle modullal voltak bővíthetőek, de az általam használt 3.0-ás verzió alapból tartalmazza a következőket:

- GomEasy kommunikációs modul a különböző mérőműszerekhez.
- Regressziós modul, amely a regressziós egyenes, sík és kör egyes paramétereinek meghatározására szolgál.
- Hálózat kiegyenlítési modul
- Domborzatmodellező modul.

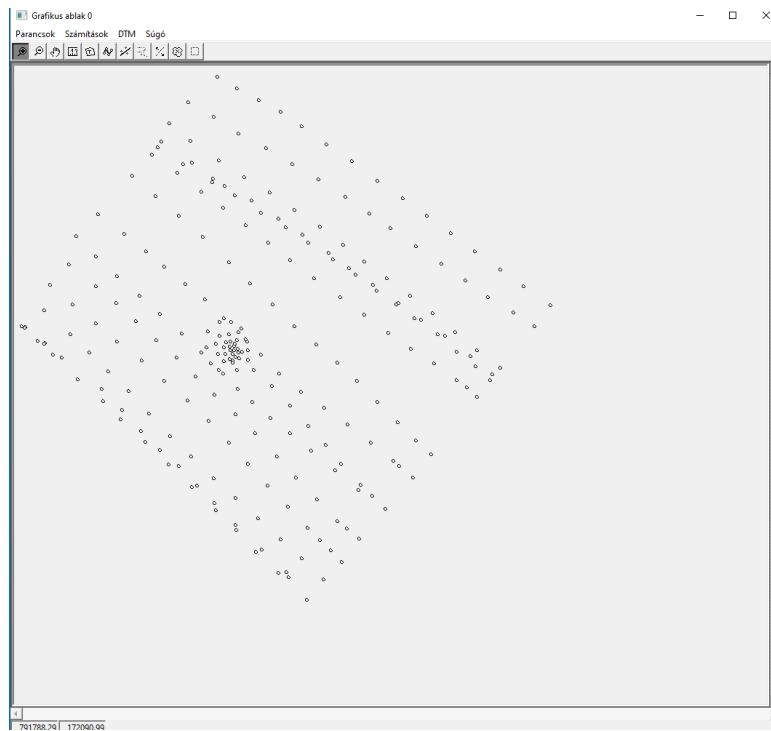
Az általam legtöbbet használt modul ismertetése, a Domborzatmodellező modul:

A DTM modul a Geoeasy főmenüjéből megnyitott Grafikus ablakban érhető el. A modul háromszög alapú (TIN hálós) terepmodellt képes létrehozni. A mérés pontosítására szabadkézzel megadhatjuk az egyes mérések idom- törés- illetve határvonalait is. Képes a szintvonalak generálására és térfogatot tud számolni, valamint összehasonlítani. Előállítható vele 3D-s látvány is (virtuális valóság modell). Későbbi felhasználásra DXF formátumban ki tudjuk menteni az adatokat, mint például a pontokat magassággal együtt és a szintvonalakat rétegenként különválasztva.

A mérések feldolgozása Geoeasy programban.

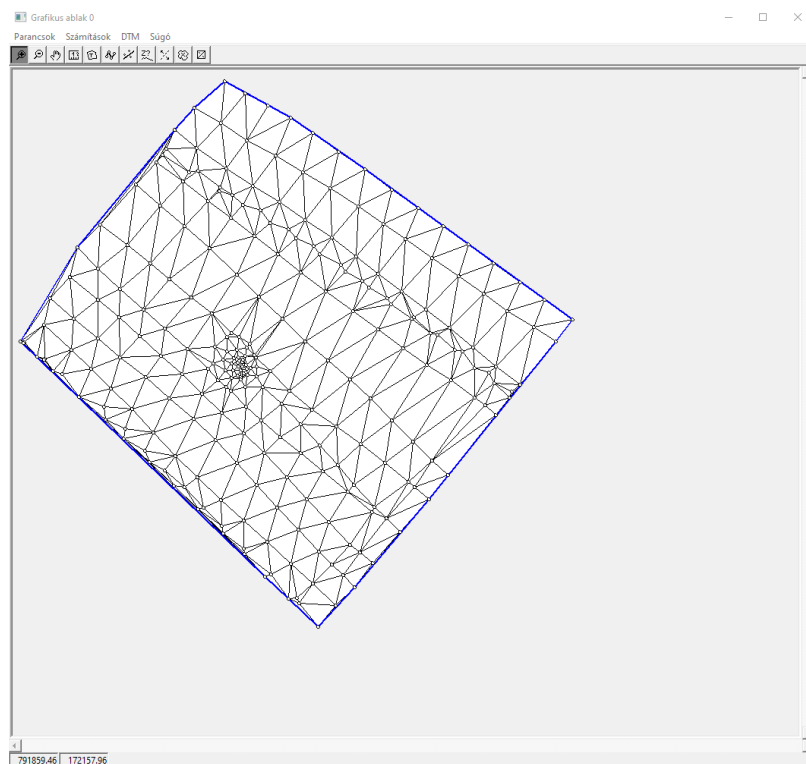
Az egyes lépéseket a Barát-halomnál készített GPS-es méréssel fogom szemléltetni. A feldolgozás szakaszai minden pontfelhő esetében ugyanúgy zajlottak le.

A program megnyitása (5-1. ábra) után a főmenüben a Fájl parancs lenyitásánál a Betölt részt kell választani. Itt a felugró ablak jobb sarkánál kell kiválasztani, milyen formátumú fájlt szeretnénk behívni. Mivel én pontfelhővel fogok dolgozni, így koordinátajegyzékre állítottam át és megnyitottam a saphalom.txt nevű fájlt. Ezt követően kell megnyitni a grafikus ablakot, ahol a már beimportált pontok lesznek láthatóak (5-2. ábra).



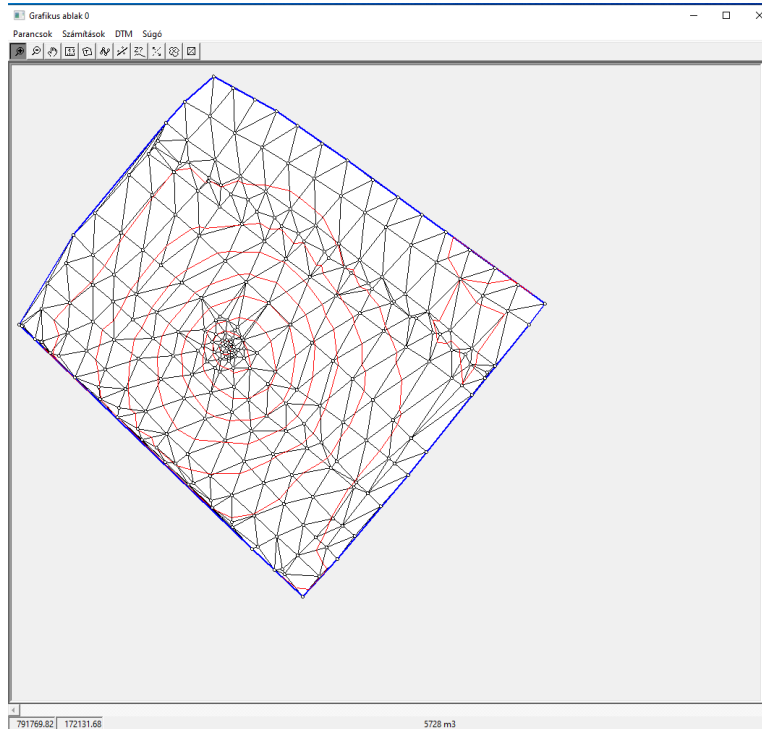
5-2. ábra: Beimportált pontfelhő a grafikus ablakban megjelenítve.

Itt a DTM menüpont alatt a „Létrehoz ...” parancsot kiválasztva létrehozza a TIN hálót (5-3. ábra). A TIN egy szabálytalan háromszögháló, melyek a meglévő pontok közé éleket húz ezzel hozza létre a felszínmodell.



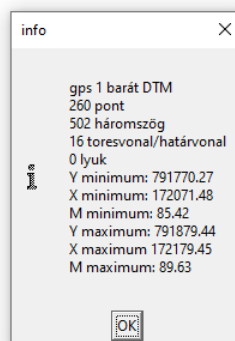
5-3. ábra: Az elkészített TIN modell.

Ezután szintén a DTM menüpont alatt tudjuk létrehozni a szintvonalakat. Itt meg kell adni, mekkora alapszintközt szeretnénk alkalmazni. Én mindegyiknél 0.5 méteres szintközöket alkalmaztam (5-4. ábra).

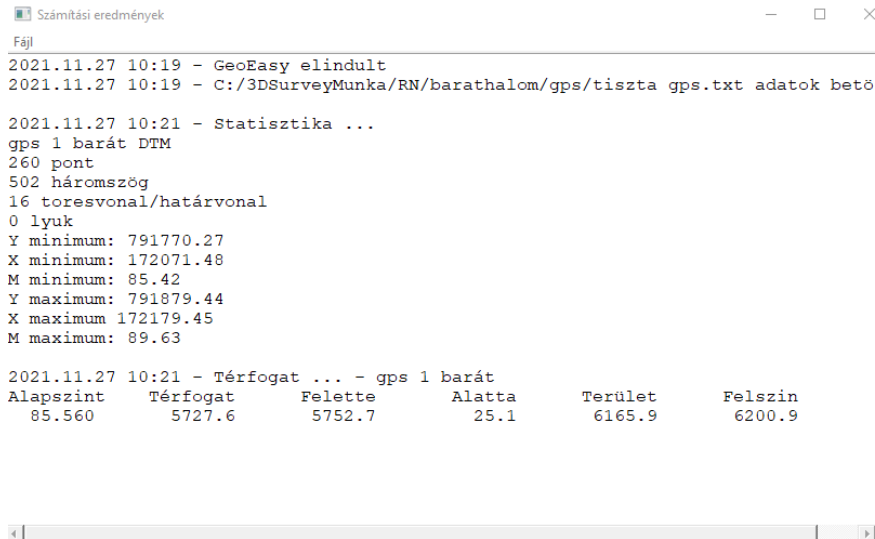


5-4. ábra: Az elkészült szintvonalas rajz.

Végző lépésként a térfogat kiszámítása történik. Itt viszont előzetesen le kell kérdezzük a statisztikákat (5-5. ábra), hogy lássuk, melyik pont van legalacsonyabban a kiválasztott területen. A statisztikáknál megtudhatjuk nem csak a legalacsonyabb, hanem a legmagasabb pont magasságát is, hány pontot tartalmaz a pontfelhő, a törésvonalak számát és a terület minimum és maximum koordinátáit. A térfogatszámításnál meg kell adni az alapszintet, ami felett szeretnénk meghatározni a térfogatot. A végleges számítás a számítási ablakban jelenik meg (5-6. ábra).

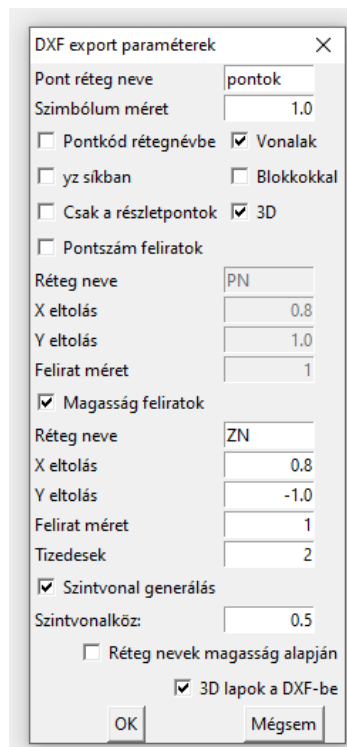


5-5. ábra: Statisztikák ablaka.



5-6. ábra: Számítási ablak a térfogat számítás eredményeivel.

A legvégén még lehetőségünk van a már említett DXF outputra (5-7. ábra). A mentésnél számos beállítási lehetőséget tudunk eszközölni, mint például generáljon-e szintvonalakat, átvigye-e a generált TIN hálót és az egyes rétegek adatait a betűnagyságot, vagy a réteg nevét. A DXF fájlt később behívtam AutoCad Civil3D-be, és látványtervet készítettem hozzá.



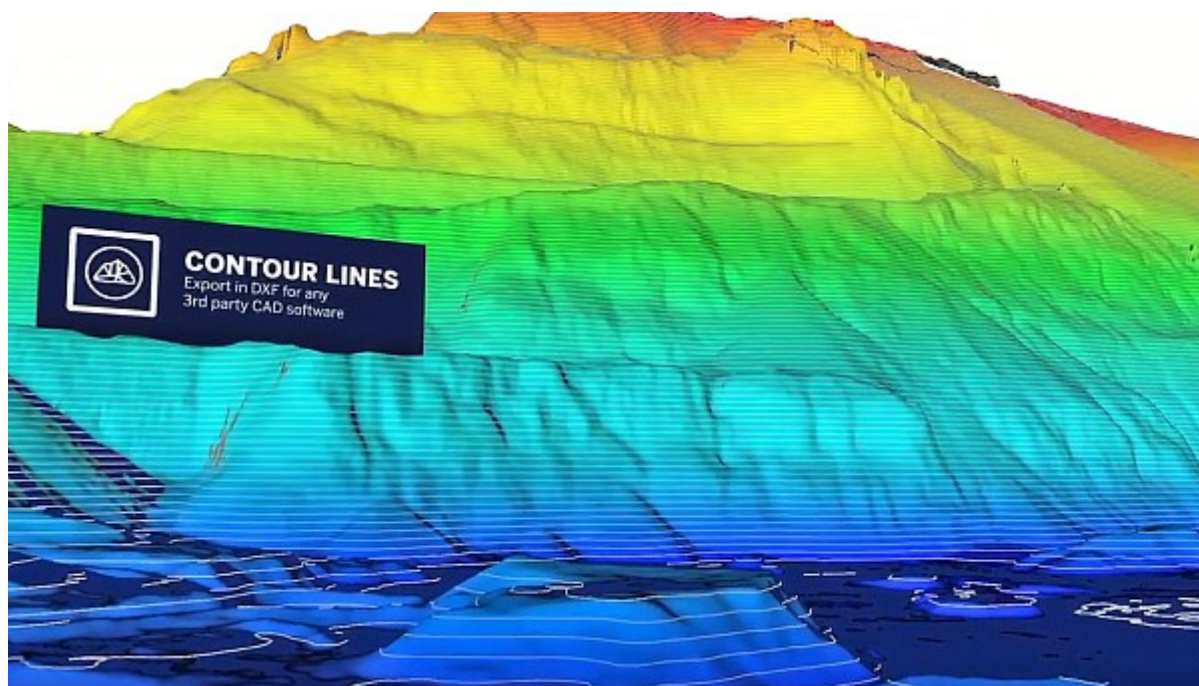
5-7. ábra: DXF exportálás beállításai.

GPS-es mérés	Gödény-halom	Sáp-halom	Barát-halom
Térfogat	13249 m ³	18316 m ³	5727 m ³

5.2. 3D Survey

A szoftvercsomagot földmérők hozták létre földmérők részére, hogy teljes mértékben kiszolgálják az egyedi igényeket. Rugalmasan és zökkenőmentesen lehet vele képekből pontfelhőt, digitális terepmodellt és ortofotót előállítani. A program teljesen import- és exportbarát, támogatja a harmadik féltől származó pontfelhő adatokat, például AutoCad-ből vagy LIDAR-ből származó adatokat is könnyen kezel. Képes a nagy részletgazdagságra, és felhasználóbarátra alkották meg. [8]

A program belső felépítését később fogom ismertetni a mérés feldolgozásával bemutatva.

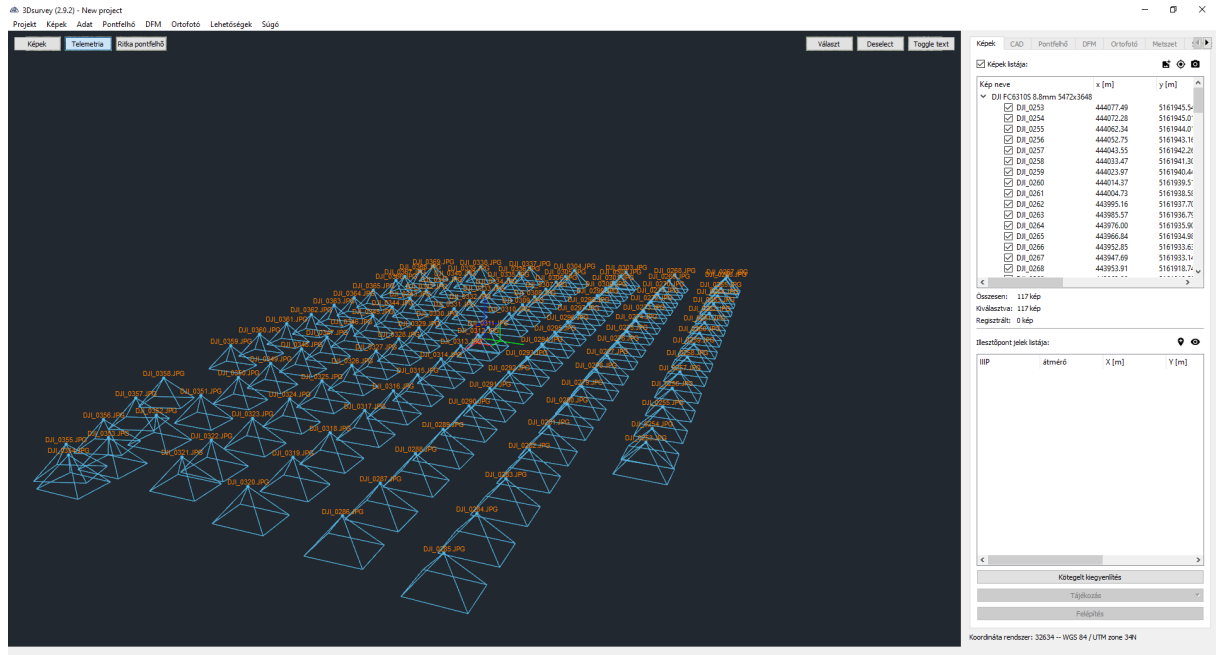


5-8. ábra: 3D Survey domborzat és szintvonalmegjelenítését ábrázoló kép. [8]

A mérések feldolgozása 3D Survey programban

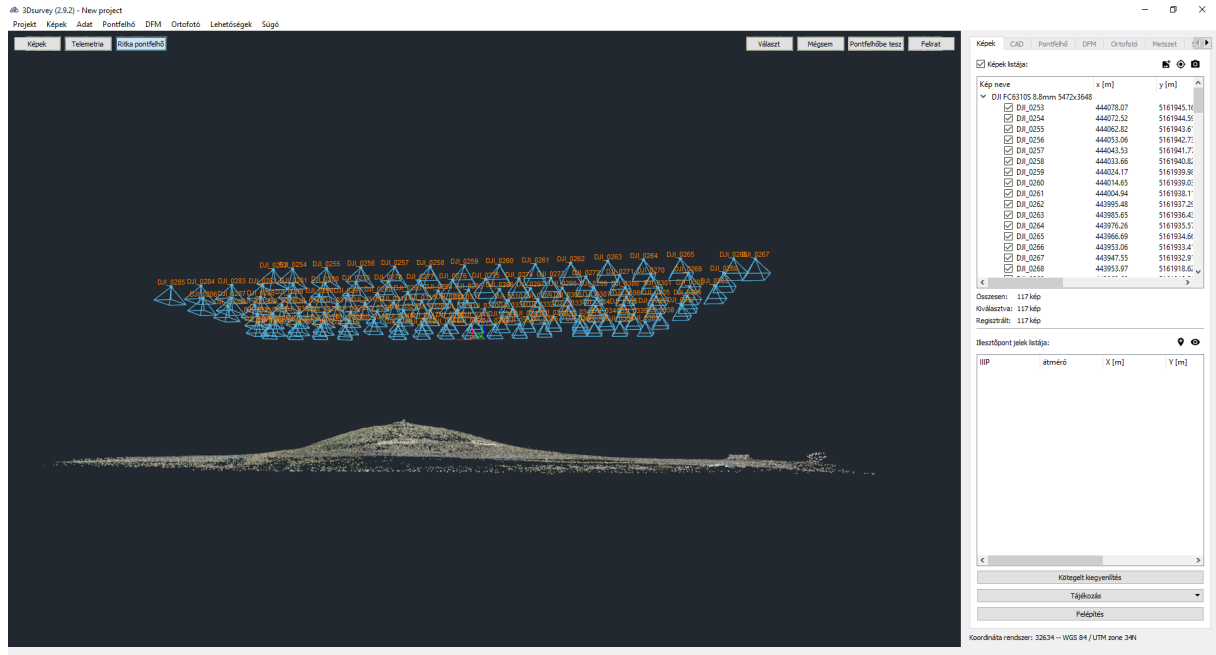
A mérés feldolgozását a Gödény-halom felmérésének adataival fogom szemléltetni. Az egyes lépések minden egyes mintaterületnél azonosan zajlottak, ahol nem, megjegyzésként részletezni fogom az eltérést.

Az első lépés a program megnyitása után, hogy új projektet kell nyitni. Itt a program kéri az UAV által készített képek importálását, ahol minden olyan képet ki kell választani, amit a drón az adott területről készített. Ha behívtuk a képeket, megjeleníti a hozzávetőleges helyzetüket és a kameraállásokat (5-9. ábra). Ha volt olyan kép, ami például nem illik bele, a képek listájánál ki lehet venni a felhasználni kívánt képek közül.



5-9. ábra: Behívott képek helyzete és kameraállásuk

A program felépítése amint, már említettem, felhasználóbarát, így az egyes lépések egymás alatt vannak felsorolva. A pontfelhő létrehozásánál az első lépés a kötegelt kiegyenlítés (vagy más néven sugárnyaláb kiegyenlítés). A módszer lényege, hogy minden mérésben szereplő kép külső tájékozási paraméterét felhasználja a legkisebb négyzetek kiegyenlítési módszerhez, amíg a teljes tömbre szétosztott hiba a minimálisra nem csökken. A kiegyenlítés után egy úgynevezett durva pontfelhőt kapunk végtermékként. A Barát-halom esetében 117 fényképet készített a drón és fél órán keresztül végezte a kiegyenlítést a program (5-10. ábra).



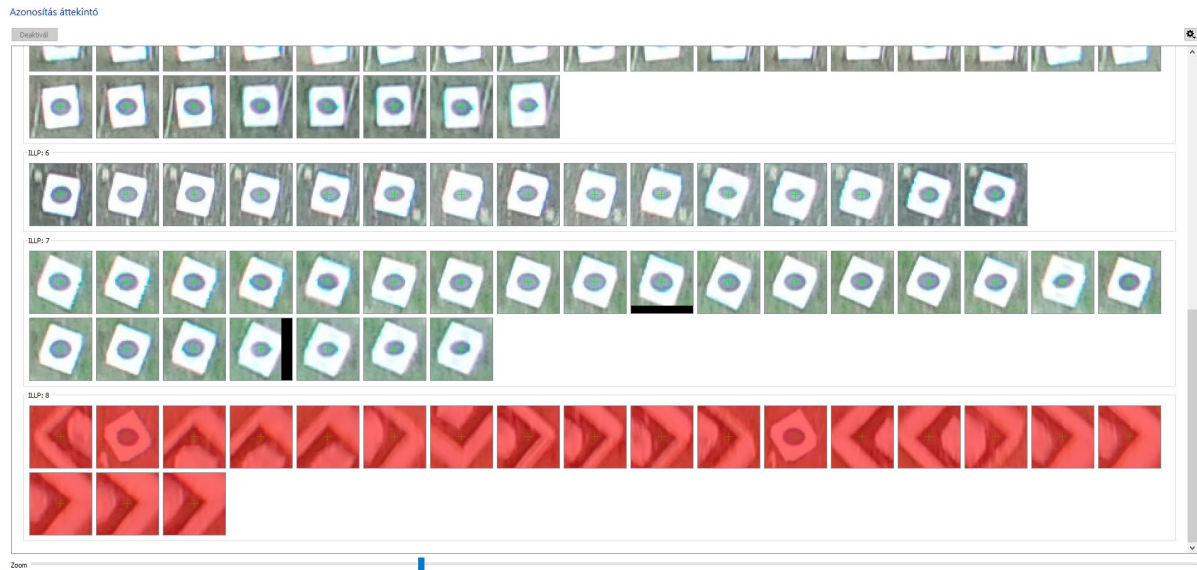
5-10. ábra: Kötegelt kiegyenlítés utáni durva pontfelhő.

A következő lépés a tájékozás (abszolút tájékozás), melyeket illesztőpontok segítségével hajtottunk végre. Az illesztőpontokat már előzetesen „.txt” formátumba elmentettem, és ezt a fájlt hívtam be a programba. A tovább gombra kattintva a 3D Survey kéri, hogy manuálisan jelöljük ki három illesztőpontot. A listából ki kell választani egy képet, majd belenagyítva az illesztőpont közepére kattintva kijelölni az aktuális pontot (5-11. ábra). Én az egyes pontokat igyekeztem úgy kiválasztani, hogy a mintaterület három különböző pontjáról kerüljenek ki, és az esetleges automatizált felismerés hibáját csökkentve, olyanokat jelöltem ki, amik környezetében más pont nem található. Miután elvégeztem a pontok kijelölését egy táblázatban láttam az előzetes hibaértékeket. X irányban ± 3 cm, Y irányban ± 1 cm és magassági értelemben szintén ± 1 volt a becsült hiba értéke, ezt elfogadhatónak találtam és folytattam a feldolgozási folyamatot.



5-11. ábra: Illesztőpont manuális felismerése.

A végleges hibatáblázatban (5-13. ábra) észrevettem egy hibát a pt444-es pontnál, a táblázatban N/L felirat, ami annyit jelent, hogy nem tudta azonosítani a pontot. A hibát gyorsan megtaláltam. A drónos mérésnél a légi felvételen a szántás még más helyen volt így a lerepülni kívánt területet elazonosítottam, így a nyolcadik illesztőpont nem esett egyik mérőfényképre sem. A mérést nem végeztem el újra, hiszen az illesztőpontokat direkt olyan helyeken helyeztem el, amik már nem tartoznak bele a területszámítás területébe. A pontok kiválasztása után egy újabb ablakban a már automatikusan észlelt illesztőpontok láthatóak (5-12. ábra), de itt még egy kis manuális segítségre van szüksége a programnak, mert pirossal jelöli (5-12. ábra) azokat az illesztőpontokat, ahol javítást vagy felülvizsgálatot kér a program. Felülvizsgálat akkor lehetséges, ha például a kép készítése időpontjában éppen nem jutott annyi fény, és a színek halványak, ott is megtalálja az illesztőpontot, de nem biztos abban, hogy jól találta meg. A másik eset, hogy elazonosította a pontot. Nálam az elazonosításnál jellemző hiba volt minden mintaterületnél, hogy a háromszögelési pont mellé rakott illesztőpontot nem érzékelte, helyette az alappont vasbeton szerkezetét jelölte ki. A javítások akkor sikeresek, ha minden illesztőpont kép kiszínesedik.



5-12. ábra: Azonosítás manuális beállítása.

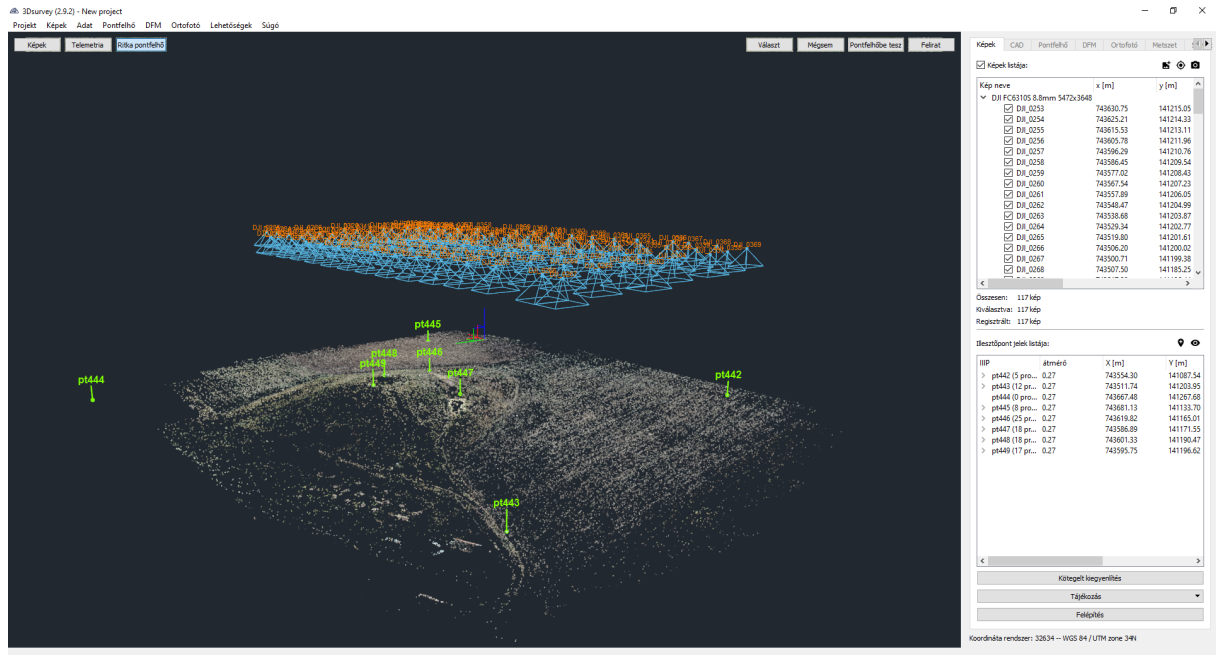
A program egy felugró ablakban arról is tájékoztat minket, hogy egyes illesztőpontokból a képeken hány darabot tudott beazonosítani. A végleges hibatáblázatban az alábbiak szerint alakult:

Tájékoztató összesítése

Becsült hiba [m]:

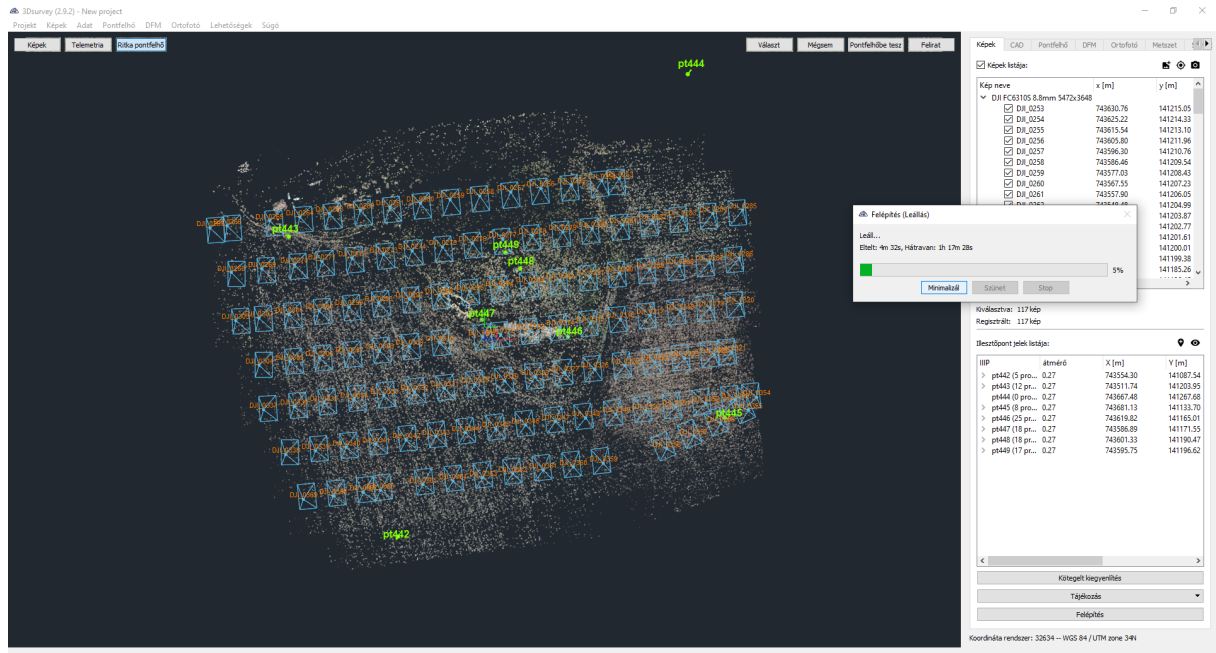
	X	Y	Z	Összes
pt442	0.004	0.015	0.020	0.025
pt443	-0.002	0.012	-0.016	0.020
pt444	N/L	N/L	N/L	N/L
pt445	-0.014	-0.002	0.023	0.027
pt446	0.003	0.001	-0.001	0.003
pt447	0.005	-0.009	-0.005	0.012
pt448	-0.000	0.005	0.001	0.005
pt449	-0.008	-0.001	-0.008	0.011

5-13. ábra: Végleges hibatáblázat.

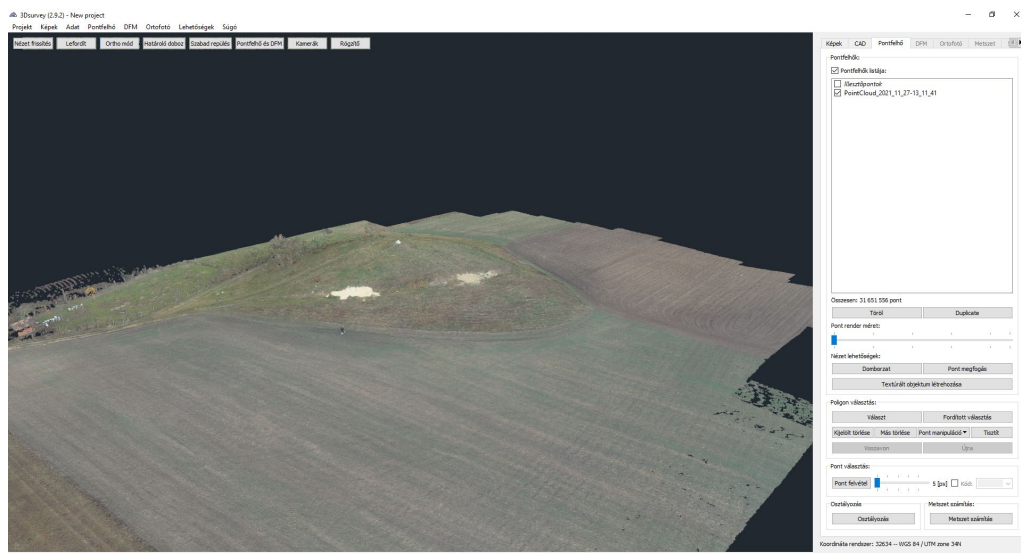


5-14. ábra: A durva pontfelhő és az illesztőpontok. Jobb oldalon látható az illesztőpontok listája, és hogy hány darab fénykép tartalmazza őket.

Végző feladat a „Felépítés” parancsnál érhető el. Ez lesz a legfontosabb és leghosszabb része a teljes folyamatnak, mert itt készül el a végleges nagyfelbontású 3D pontfelhő (5-14. ábra). A különböző mintaterületeknél nagyjából ugyanannyi képet készített a drón, így a feldolgozás időtartama is közel egyenlő volt. Az illesztőpontok száma nem befolyásolja a pontsűrítést, csak a fényképek száma (5-13. ábra).

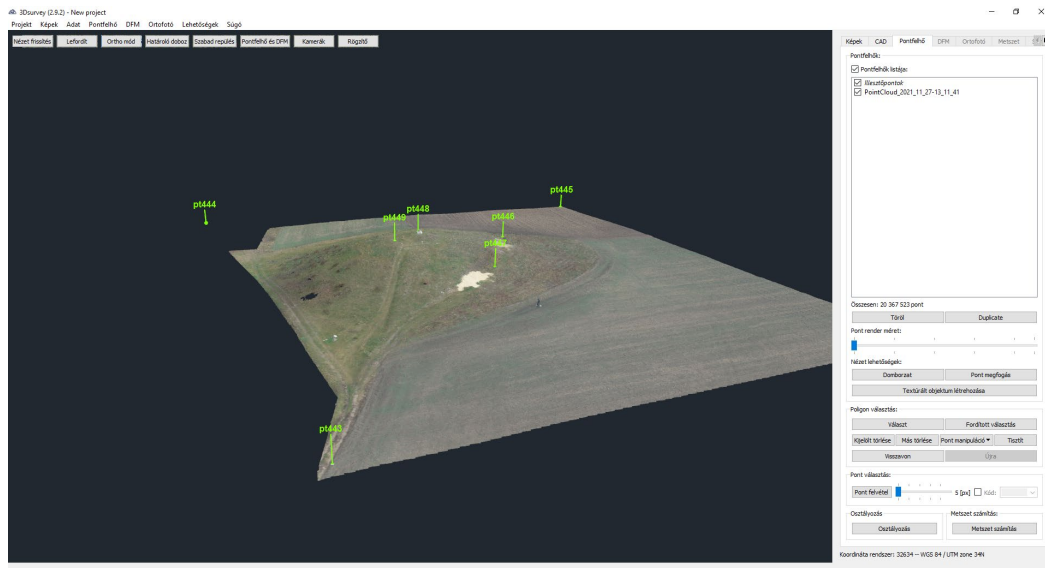


5-15. ábra: A pontfelhő sűrítés folyamata.



5-16. ábra: Végleges sűrített pontfelhő.

A végleges pontfelhőn (5-16. ábra) még további módosításokat kell végrehajtani, ugyanis a fényképeken fák és olyan területek szerepelnek, amire a földtömegszámítás során nem lesz szükség. Először körbevágtam az illesztőpontok alapján a területet, majd manuálisan elkezdtem kijelölni azokat a pontokat/pontfelhőket, amelyek olyan mesterséges és természetes alakzatokat tartalmaznak, ami nem illik oda. A kivágásnál figyelni kell arra, hogy milyen szögből vágjuk ki a pontokat, hiszen, ha felülnézetből vágnánk ki, akkor minden magasságban lévő pont törlődne. E helyett a nézetet át kell állítani, és úgy kijelölni a felesleges részeket. A Sáp-halom esetében a keleti oldalon kellett akácfákat eltávolítani az északi részén pedig rózsabokrokat (5-17. ábra).



5-17. ábra: A végleges pontfelhő a letisztítás után.

	Gödény-halom	Sáp-halom	Barát-halom
Feldolgozási idő	245 perc	220 perc	200 perc
Térfogat	13949 m ³	19216 m ³	5864 m ³

Összesítő táblázat:

Összehasonlító táblázat			
	Gödény-halom	Sáp-halom	Barát-halom
Térfogat (GPS)	13249	18316	5724
Térfogat (Drón)	13515	18623	5864
Eltérés (m ³)	266	307	137
Eltérés (%)	2	1,6	2,4
Idő (mérés + utófeldolgozás)			
Drón	283	260	230
GPS	195	110	63
Eltérés (perc)	88	150	167

A táblázatból kihagytam a mérőállomás által készített mérés végeredményeit, hiszen az egyik minterület nem szolgáltatott adatokat, így a szempontrendszerem szerint, kiesett a felmérésből.

Ahogy a táblázatban is látszik, a földtömegek területe közel egyenlő, átlagosan 2%-os eltérést mutat, ami pontossági szempontból kielégítő. Idő arányában viszont, fölényesen nyert a GPS-es mérés, hisz az utófeldolgozásnál rengeteg időt spóroltunk meg azzal, hogy nem kellett a pontfelhőt letisztítani a térfogat kiszámításához.

6. Összefoglalás

A szakdolgozatom fő célja az volt, hogy különböző nagyméretarányú technológiákat felhasználva (GPS helymeghatározás, drón, mérőállomás), földtömegszámításon keresztül összevegyem a felhasznált eszközöket és összehasonlítsam egy saját szempontrendszer szerint. A szempontokat a mérés során általam legfontosabbak alapján állítottam fel, azaz a mérés ideje, az utófeldolgozás ideje és a végleges adatok (földtömeg) lettek figyelembe véve.

A mérésnél a telefonom időzítőjét használtam az idő mérésére. Azokat egész percekre kerekítve írtam le. A terepi mérés után ugyanezt a módszert alkalmaztam az utófeldolgozásnál is. A végtermékekénél pedig több geodéziai program segítségével (Goeasy, AutoCad és 3D Survey) kiszámoltam a földtömeget és összehasonlítottam az adatokat, melyeket egy táblázatban összefoglaltam.

A mérés során a leggyorsabb módszernek a drónos felmérés bizonyult (átlag 36 perc) és a leglassabbnak a mérőállomásos mérés. Utófeldolgozásnál viszont pont ellentétes volt a sorrend, hisz a 3D Survey-ben átlagosan több órát vett igénybe a művelet, míg a GPS és a mérőállomás több programban való feldolgozása számottevően rövidebb volt.

Összességében a szempontrendszer szerint a GPS került ki nyertesén, hisz közepes mérési idővel, és rövid feldolgozási idővel ez a technológia bizonyult a leggyorsabbnak és legegyszerűbbnek a földtömegszámítás gyakorlati megvalósításánál.

A következtetésem a végeredménnyel kapcsolatban az, hogy egy kezdő földmérőnek az ideális kezdeti műszer a GPS, amit, ha a későbbiekben drónos méréssel kombinálunk, a legtöbb geodéziai feladatot könnyen és hatékonyan el fogjuk tudni végezni.

7. Summary

The main objective of my thesis was to compare the listed tools using different large-scale technologies (GPS positioning, drone, measuring station) and to compare them according to a specific criteria with the help of calculation of volume. The criteria were based on what I have found the most important ones during the measurement, thus the time of measurement, the time of post-processing and the final data (calculation of volume) were taken into consideration.

I used the timer on my phone to measure the time which was rounded to the nearest minute. After the geodetic survey I used the same method for post-processing. For the final result I calculated the land area with the help of several geodetic programs (Goeasy, AutoCad and 3D Survey) and compared the data which I summarized in a table.

During the survey the drone survey proved to be the fastest method (average xy minutes) while the total station survey proved to be the slowest method. Considering post-processing, however, the order was reversed, as on average it took several hours to complete the process in 3D Survey while the GPS and the total station processing in several programs was considerably shorter.

All in all, according to the criteria the GPS came out on top as with a medium measurement time and short processing time this technology proved to be the fastest and simplest for the practical implementation of calculation of volume.

My conclusion is that the ideal initial instrument for a beginner surveyor is the GPS. If it is combined with drone measurements in the future, most of the geodetic tasks can be carried out easily and efficiently.

8. Műszaki leírás

A terepi mérést egy otthoni tervezés előzte meg, átgondoltam, hogy pontosan mit is szeretnék csinálni, és az egyes felmérési technológiák sajátosságait figyelembe véve megterveztem, hová fognak kerülni az egyes alappontok, milyen nehézségekbe fogok ütközni és mi lehet a legegyszerűbb és legcélszerűbb megoldás az egyes esetekre. A mérést a Gödény-halomnál kezdtem, itt sajátítottam el az egyes műszerek technikáit, amelyeket a Baráthalomnál és a Sáp-halomnál is alkalmaztam:

GPS – A mérés megkezdése előtt, megnéztem az interneten, hogy mekkora az ionoszféra hatása, és ha úgy véltem, nem befolyásolja a mérésem pontosságát, elkezdtem a munkát. Igyekeztem rácsháló alakban haladni, és ahol voltak kiugró terepidomok, ott az idomvonalakat követve plusz méréseket iktattam be. Mérőállomás – A mérés megkezdése előtt, kijelöltem az alappontokat úgy, hogy azok úgy helyezkedjenek el, hogy a teljes területet le tudjam majd fedni a mérés során. Itt is igyekeztem rácsháló alakban, idomvonalakkal sűrítve mérni, hogy még könnyebben összehasonlítható legyen a mérés a későbbiekben. Drón – Talán itt volt a legkönnyebb dolgom, hiszen csak fel kellett emelkednie az eszköznek és automatikus repülési módban megadni neki a mérni kívánt területet. Az eszköz ezek után elvégezte rövid időn belül a mérést. Fontos volt, hogy repülés előtt tájékozódjak az időjárásról, hiszen erős szélben és esőben, nem szabad a drónt reptetni.

A mérések elvégzése után jött az adatok feldolgozása különböző programokban:

ITR6 – A mérőállomásos mérésből, eltávolítottam a felesleges pontokat (álláspont, tájékozó pont).

Geoeasy – A GPS-es és a már ITR-ben letisztított mérőállomásos pontfelhőket behívtam, majd létrehoztam egy domborzatmodell, és ebből egy szintvonalas rajzot készítettem, majd földtömeget számítottam.

3D Survey – A drónos mérések feldolgozó szoftvere, hátránya, hogy a nagy felbontású képek miatt, órákat vesz igénybe. Miután betölti és feldolgozza a képeket, az úgynevezett zajokat el kell távolítani a kész pontfelhőről. Zaj lehet bármi, ami nem illik bele az idomba, például fa, villanyoszlop vagy magasabb bokrok. Ezután a szoftver kiszámítja nekünk a földtömeget és magasságok is leolvashatóak.

Miután kész volt az utófeldolgozás is, már csak össze kellett vessem az adatokat és levonni a végső konklúziókat!

9. Köszönetnyilvánítás

Szakdolgozatom záró fejezetében először Balázsik Valéria konzulensemnek szeretnék köszönetet mondani, hogy elvállalta a szakdolgozatom témavezetését, türelmével, szakmai tapasztalatával, és tanácsaival segítette a dolgozatom elkészítését.

Másod sorban szeretném megköszönni volt tanáraimnak és jelenlegi kollégáimnak, Nagy Jánosnak, aki kölcsönadta a drónját, és segített a 3D Survey program kezelésének elsajátításában is. Köszönöm továbbá Bereczki Katalinnak, hogy szakmai tudásával hozzájárult a szakdolgozatom elkészítéséhez és megírásához. Emellett külön köszönöm a Békéscsabai Szakképzési Centrum Vásárhelyi Pál Technikum és Kollégium igazgatójának, Schnider Györgynek, hogy az iskola műszereinek és feldolgozó szoftvereinek használatát számomra biztosította. Az angol fordításnál sokat segített Makra Krisztina, a nyelvtani helyeséget pedig Kántor Ivett kolléganőm ellenőrizte, nekik is hatalmas köszönet!

Végül, de nem utolsó sorban szeretném megköszönni Kulcsár Csabának, Szatmári Máténak és a 10.E osztály számos diákjának, hogy figuránsi szolgálataikkal hozzájárultak a terepi méréseim elvégzéséhez, nélkülük sem jöhetett volna létre ez a szakdolgozat!

10. Források, irodalomjegyzék

1. <http://www.terport.hu/tematikus-terkepek/ex-lege-vedett-kunhalmok-foldvarak>
2. <https://www.turistamagazin.hu/hir/kunhalmokat-rongalnak-az-alfoldon>
3. https://korosvidek.blog.hu/2017/06/22/kunhalmok_foldjen_255
4. <https://www.universeoptics.com/drones-at-work-part-2-surveying-mapping/>
5. <https://www.dronexpert.hu/dji-phantom-4-dronok.html>
6. <https://www.amazon.com/DJI-Phantom-4-Remote-Controller/dp/B01JFAXFCK>
7. <https://geospatial.trimble.com/products-and-solutions/total-stations>
8. <https://3dsurvey.si/software>
9. <https://hu.wikipedia.org/wiki/Kunhalom>
10. <http://www.nimfea.hu/programjaink/nvtka/20kunhalmok.htm>
11. <http://bszta.hu/index.php/telepulesunk/kunhalmok-kozsegukben>
12. <https://legter.hu/blog/dron-torveny-2021-erthetoen-szakertoktol/>
13. <https://geomentor.hu/satlab-sl800-h-l-zati-gnss-rtk-rover>
14. <http://gpscom.hu/termek.php?id=28>
15. Bede Ádám (2008): Szentes halmai, kiadja a Csongrád Megyei Levéltár Szentesi Levéltára Szentes Város Polgármesteri Hivatalának támogatásával, ISBN 978-963-06-5363-3
16. Szigeti Diána (2018): Pilóta nélküli repülőgép geodéziai célú pontossági vizsgálata, Tudományos Diákkori Konferencia 2018, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
17. Balázsik V., Busics Gy., Engler P., Farkas R., Földváry L., Jancsó T., Kiss A., Tóth Z., Verőné Wojtaszek M. (2016): Tesztmező kialakítása az Iszka-hegyen és UAV-k pontossági vizsgálatának első eredményei, Óbudai Egyetem Alba Regia Műszaki Kar, Geoinformatikai Intézet.
18. Dr. Busics, György: Műholdas helymeghatározás 1.: A GNSS-ről általában (2011). Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar
19. <https://hu.wikipedia.org/wiki/G%C3%B6d%C3%A9ny-halom>

11. Ábrajegyzék

2-1. ábra: Kunhalmok elhelyezkedése Magyarországon	7
2-2. ábra: Bűrök-halom, a kunhalmok és a geodézia kapcsolata.....	9
2-3. ábra: Motorosok által megrongált kunhalom.	10
2-4. ábra: Gödény-halom trikoloros látképe.	11
2-5. ábra: Kilátás a Gödény-halomról.	12
2-6. ábra: Barát-halom látképe.	13
2-7. ábra: A Barát-halmon található életfa.	14
2-8. ábra: Sáp-halom látképe.	15
2-9. ábra: Mikovinyi Sámuel tiszteletére állított emléktábla.....	16
3-1. ábra: NDVI alkalmazása UAV segítségével.	17
3-2. ábra: DJI Phantom 4 UAV.	19
3-3. ábra: UAV-hoz tartozó Remote Controller.	20
3-4. ábra: Különböző Trimble mérőállomások.....	21
3-5. ábra: TCU egyemberes mérés közben.....	22
4-1. ábra: Illesztőpont a Barát-halom legmagasabb pontján.....	26
4-2. ábra: Illesztőpontok az egyes mintaterületeken.....	27
4-3. ábra: Az UAV kalibrálása.	27
4-4. ábra: Repülési irányok, balra Gödény-halom, jobbra Barát-halom.....	28
4-5. ábra: GPS pontfelhő Barát-halom (balra), Gödény-halom (középen), Sáp-halom (jobbra).	29
4-6. ábra: Mérőállomással végzett mérés folyamata figuráns segítségével.....	31
4-7. ábra: Karóval ideiglenesen megjelölt álláspont.....	32
5-1. ábra: Geoeasy kezelőfelülete, eredmény- és grafikus ablak.....	33
5-2. ábra: Beimportált pontfelhő a grafikus ablakban megjelenítve.....	35
5-3. ábra: Az elkészített TIN modell.	35
5-4. ábra: Az elkészült szintvonalas rajz.	36
5-5. ábra: Statisztikák ablaka.	36
5-6. ábra: Számítási ablak a térfogat számítás eredményeivel.	37
5-7. ábra: DXF exportálás beállításai.	37
5-8. ábra: 3D Survey domborzat és szintvonalmegjelenítését ábrázoló kép.	38
5-9. ábra: Behívott képek helyzete és kameraállásuk.....	39
5-10. ábra: Kötegelt kiegyenlítés utáni durva pontfelhő.	40
5-11. ábra: Illesztőpont manuális felismerése.	41
5-12. ábra: Azonosítás manuális beállítása.....	42
5-13. ábra: Végleges hibatáblázat.....	42
5-14. ábra: A durva pontfelhő és az illesztőpontok. Jobb oldalon látható az illesztőpontok listája, és hogy hány darab fénykép tartalmazza őket.	43
5-15. ábra: A pontfelhő sűrítés folyamata.	44
5-16. ábra: Végleges sűrített pontfelhő.....	44
5-17. ábra: A végleges pontfelhő a letisztítás után.	45