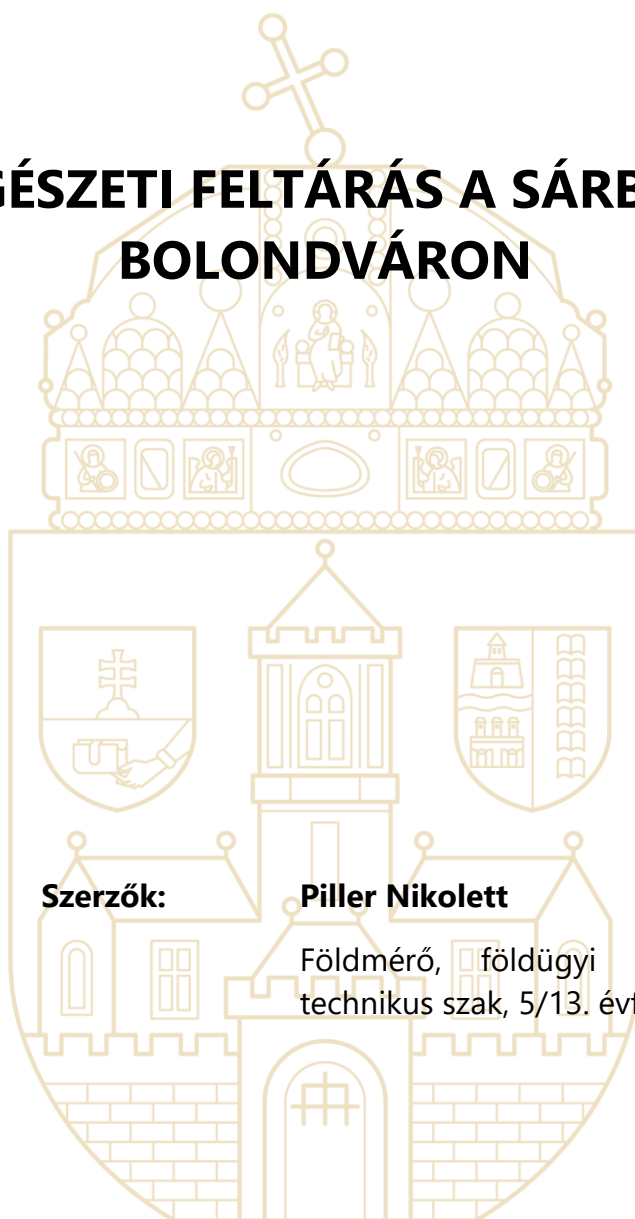




ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

LÉGIRÉGÉSZETI FELTÁRÁS A SÁRBOGÁRDI BOLONDVÁRON



Szerzők:

Piller Nikolett

Földmérő, földügyi és térinformatikai
technikus szak, 5/13. évf.

Konzulens:

Koseczky Ádám

középiskolai oktató

Székesfehérvár, 2023.

Tartalom

1.	Bevezetés.....	1
2.	A Bolondvár története: régmúlttól a máig.....	4
3.	Felhasznált eszközök.....	5
4.	Felmérés menete.....	7
4.1.	Repülési terv létrehozása	7
4.2.	Terepi felmérés	9
5.	Feldolgozás.....	10
5.1.	Az Agisoft Metashape programban.....	10
5.2.	A modell pontosságának vizsgálata.....	18
5.3.	A QGIS programban.....	19
6.	Tapasztalatok és elemzések.....	25
	Köszönetnyilvánítás	29
	Irodalomjegyzék	30
	Mellékletek.....	.

1. Bevezetés

A légirégészet során a különböző korok fennmaradt leleteit a levegőből készült felvételek alapján próbálják feltárni. Ennek az előnye az, hogy nagyon sok esetben, esetünkben is a földfelszínen járva csak egy-egy elszíneződött gyeper, bucka található, de mivel nem látjuk a teljes objektumot egészében fel sem fogjuk, hogy hol járunk. A felszín alatt meglévő lelőhelyek sokszor a felszínen növényzet elszíneződésével, a szabályostól eltérő fejlődésével figyelhetők meg, a föld feletti objektumok esetében pedig a domborzat változásait egészként kell szemlélnünk ahhoz, hogy megértsük, hogy mi volt az adott területen.



1. ábra A Stonehenge első légifelvétele, amely hőlégballonról készült 1906-ban [1]

Ezen módszer a műszeres leletfelderítés csoportjába tartozik és a roncsolásmentes kutatási csomag része. A légirégészet szempontjából kétféle tájat különböztetünk meg:

- a földből kiálló lelőhelyek vagy jelenségek (erődök, várak, halomsírok)
- a földdel egybefolyó, mezőgazdasági művelés miatt már csak lenyomatokban, bizonyos feltételek mellett érzékelhető helyeket.
 - földdel (tájjal), vagy
 - gabonával (ültetvénnel) jelölt helyek.

Az első csoportba tartozó objektumokat találóan árnyék jegyű helyeknek nevezik, mivel ezen kiemelkedő idomok láthatósága nagyban függ a napszaktól, távolságtól és magasságtól. Az észlelés madártávlatból napkelte után illetve napnyugta előtt a legjobb, hiszen ilyenkor vetődik a leghosszabb árnyék. Természetesen a növényzet negatívan befolyásolja az észlelést, erre legalkalmasabb a lombtalan időszakok.

A talaj jegyű helyek a földfelszín bolygatásának következtében megváltozik a talaj típusa, szerkezete. A jobb vízháztartású terület a környezettől függően sötétebb színű, míg az eltemetett kőszerkezetek, falak nem tudnak vizet felvenni, így a talaj szárazabb és a felszínre bukkanó kövek miatt világosabb színű lesz. A lelőhelyek kutatását így a talajnedvesség alapján is ellehet végezni. [2]

A gabonajegyek árulkodnak a talajban fellelhető leletekről, amennyiben egy újratöltött területet figyelünk meg, úgy ún. „pozitív jegyek”-ről beszélhetünk, ugyanis a nagyobb nedvességtartalom miatt a növényzet magasabbra nő a környezetében lévőktől, ezek jól észlelhetők akár talajszintről is. Amennyiben a felszín alatt falak találhatóak úgy a gabonán negatív jegyek tapasztalhatók. [3] Hazánk területe az üledékes talaj miatt kiválóan alkalmas a felszíni kutatásokra. [4]



2. ábra Egykori épületek, kertek nyomvonalai légifelvételen [5]

Ezekből eredendően felméréseket különböző technológiákkal is el lehetett végezni. A pontfelhő előállítható légi lézerszkennerek segítségével is, illetve letölthető felszínmodellek

alapján. Az utóbbiakat a kívánt felbontásban, akár 1pont/m²-terepi felbontásban is le lehet tölteni. [6]

A mérés alapjául szolgáló sárbogárdi Bolondvár a bronzkorból maradt ránk, az ország egyik legnagyobb és legjobban megmaradt földvára. Ahogy a nevében is benne van, ez egy egykori, földből és fából épített vár romja. Ennek a népies neve a bolondvár, és innen vette át a köznyelv a domb és a rajta elterülő vár nevét is Bolondvárra. [7] Ezt az építményt szerettem volna légirégészeti eljárással megvizsgálni.

Maga a földvár közepesen nehezen megközelíthető helyen van, nincs körülötte semmilyen fontos létesítmény, így jó alapjául szolgált a mérésnek és szép múlttal is rendelkezik. Ezért is esett többek között erre a várra választásom, illetve már régebbi versenyfeladatok során is találkoztam a 3D modellezéssel drón és GNSS vevő segítségével, és az ezekkel alkotott látványos megjelenítések mindig lenyűgöztek. Ezért szerettem volna én is hasonlót megalkotni a szakdolgozatomként, és ez a sárbogárdi Bolondvár az előbb említettek miatt alkalmasnak is bizonyult erre.



3. ábra A felmért terület madártávlatból

2. A Bolondvár története: régmúlttól a máig

A Fejér vármegyei Sárbogárd története a régmúltba nyúlik vissza. Ennek egyik a bizonyítéka maga a Bolondvár, amely a település északkeleti részén helyezkedik el. Sok embernek keltette már fel a figyelmét. 1864-ben szerepelt először Pesty Frigyes helynévgyűjteményében, majd 1872-ben Höke Lajos, 1905-ben Könyöki József említi meg a várat. 1927-ben Marosi Arnold ásatást végzett 10 m²-en, 2.80 m mélyen és meglepő dolgokat talált. Többek között rálelt kőbaltákra, örlőkövekre, mészbetétes edénytöredékekre. Innen jutott arra a következtetésre, hogy a vár a bronzkorból maradt ránk. Később, 1959-ben Bándi Gábor és F. Petres Éva további ásatásokat végeztek itt. Sok leletet találtak, és az épület régi szerkezetét is megértették. A vatyai kultúra maradványait fedezték fel ők, így ebbe a korszakba soroljuk a vár építését. Végül 2010-ben Nováki Gyula mérte fel egy 1:10000-es topográfiai térképre.

A Bolondvár évezredekig fennmaradt, de természetesen nem volt érintetlen. A 18. századi I. katonai felmérésnél ezen a területen szőlőt termeltek. a II-nál művelési ágat nem írnak, a III-nál pedig már legelőként szerepelt a nyilvántartásban. A 2. Világháborúban lövészárkokat ástak a felszínére, amik a mai napig jól megfigyelhetők. Ezen kívül még kincskeresők is szívesen látogatták ezt a helyet.



4. ábra A II. világháború alatt kiásott lövészárkok az ortofotón

A Sárbogárd és Kislók közötti vár északkeleti oldalát széles völgy, délnyugati oldalát pedig nagy kiterjedésű szántóföld határolja. Maga a vár két részből áll, amelyeket egy árok különít el egymástól. A belső várrész háromszög alapú, nagy része lövészárkokkal tarkított. A külső várrész téglalap alapú, valószínűleg ez később épülhetett, mint az előbbi. Legalábbis erre következtet az is, hogy a két várrész közötti ároknál nincs kapcsolat, tehát közvetlen átjárás a két várrészből nem volt lehetséges. [8]

A vár botanikai szempontból is nagyon értékes, hisz az évezredek során kifejlődött löszös vidék számtalan csodával kecsegtet. A védett növény és állatvilága kiemelkedő, például megtalálható itt a szennyes ínfű, a tavaszi héric, és a fecskefarkú lepke is. [9]

3. Felhasznált eszközök

Forgeo E100 Orion GNSS vevő és Ruide HR842H tablet

A GNSS vevő a mérés egyik alappillére volt, ez a technológia a műholdas helymeghatározáson alapszik. A Forgeo Orion egy inerciális dőlésérzékelővel ellátott GPS antenna, amely GPS, GLONASS, BeiDou és Galileo műholdak jeleinek az észlelésére alkalmas. Az eszköz beépített akkumulátorral rendelkezik, amely akár 10 óra üzemidőt is lehetővé tesz, a tömege 900 g. A terepi vezérlő egység egy Windows alapú Ruide HR842H tablet volt, amelyen a Field Genius szoftver vezérelte a mérést. A tablet 8 inches kijelzővel rendelkezik, üzemideje 7-8 óra, így a mérés közben jól látható volt a szoftver, viszont közel akkora tömegű volt a vezérlő, mint az antenna, 730 g. Az illesztőpontok méréséhez a GPS-hez használt botot egy bipóddal támasztottuk meg.



5. ábra Egy illesztőpont mérése

DJI Mavic Air 2 drón (UAV)

A másik fontos pillér az alkalmazott pilóta nélküli légijármű-rendszer (UAS – unmanned aircraft system), amely magában foglalja a pilóta nélküli légijárművet (UAV – unmanned aerial vehicle), az irányító rendszert és a földi pilótát is.

A drón elnevezés az angol drone, vagyis hereméh elnevezésre utal. Az angol Királyi Légierő kifejlesztett egy távirányítható repülőgépet, amelyet a gyakorlatozás során célpontként alkalmaztak, ezt a repülőgéptípust nevezték Queen Bee-nek, vagyis Méhkirálynőnek, azon távirányított robotrepülő, amelyeknek a feladata a Méhkirálynő eltalálása volt logikusan a drone elnevezés kapták. A dolgozat következő részében én is drónnak fogom nevezni az eszközt.



6. ábra A Méhkirálynő (Queen Bee). [10]

Illesztőpontok

Az illesztőpontjaink 50x50 cm-es alumínium kompozit anyagú, furattal ellátott számozott táblák. A furat a GNSS árbóc stabilitását szolgálta, a táblán festett szám pedig az azonosítást könnyítette meg. Az illesztőpontok jelentősége abban rejlik, hogy a légifényképek tájékoztatóhoz elengedhetetlenek, ezért a légifotókon egyértelműen azonosíthatónak kell lenniük. Az illesztőpontok helyzetét előzetesen megjelöltük egy nyomtatott vázlaton, a cél az volt, hogy közel egyenletesen helyezzük el őket és a lehető legkevesebb kitakarással. Összesen 9 illesztőpontot helyeztünk el a terepi repülés előtt.



7. ábra Légifelvételen leképződött illesztőpont – illesztőpont [11]

Dronelink

A Dronelink egy szoftver, amely segítségével számítógépen a repülési tervet készíthetjük el. A terepen, a repülés megkezdése előtt pedig a drón távirányítójába helyezett telefonon kell futtatni az applikációt, majd mobil internet kapcsolaton keresztül a számítógépen elkészített repülési terv a UAV felé továbbítódik, így annak ismeretében automatikusan történik a repülés és képkészítés.

Agisoft Metashape

Az Agisoft Metashape egy szoftver, amit a digitális képek fotogrammetriai feldolgozására készítettek, a végterméke pedig 3D-s térmodellek. Ezt a jelen esetünkben egy objektum közvetett mérésére használtam fel.

QGIS

A QGIS egy szabad és nyílt forráskódú térinformatikai rendszer. Jelen esetemben az előbb említett program pontfelhőjét tudom ebben asztali alkalmazásban térinformatikai adatként feldolgozni és elemezni.

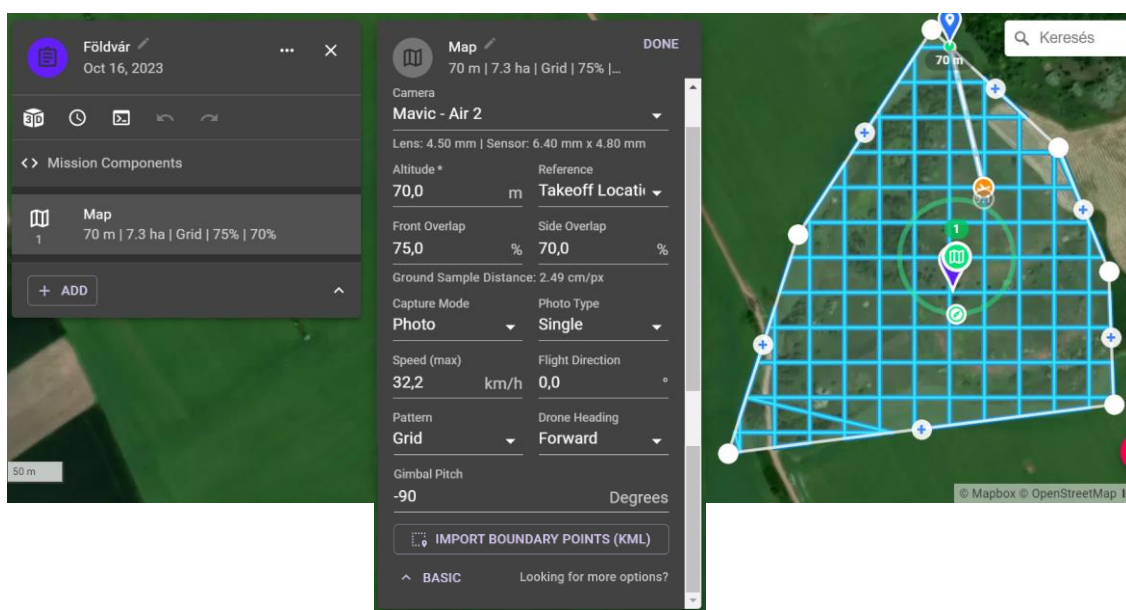
4. Felmérés menete

4.1. Repülési terv létrehozása

A felmérés első lépéseként létre kellett hozni a repülési tervet, ezt a Dronelink szoftverben készítettem el. A szoftver böngészőn keresztül érhető el, valamint a távirányítóra csatlakoztatott telefonon is futtatható Android és IOS rendszerben is. A grafikus vezérlőjébe beépület OpenStreetMap nagyban megkönnyíti a tervezés lépéseit, emellett a piacon elérhető legtöbb drón kiválasztható a típusoknál, így a kamera típusai is elérhetőek, amelyekkel számol

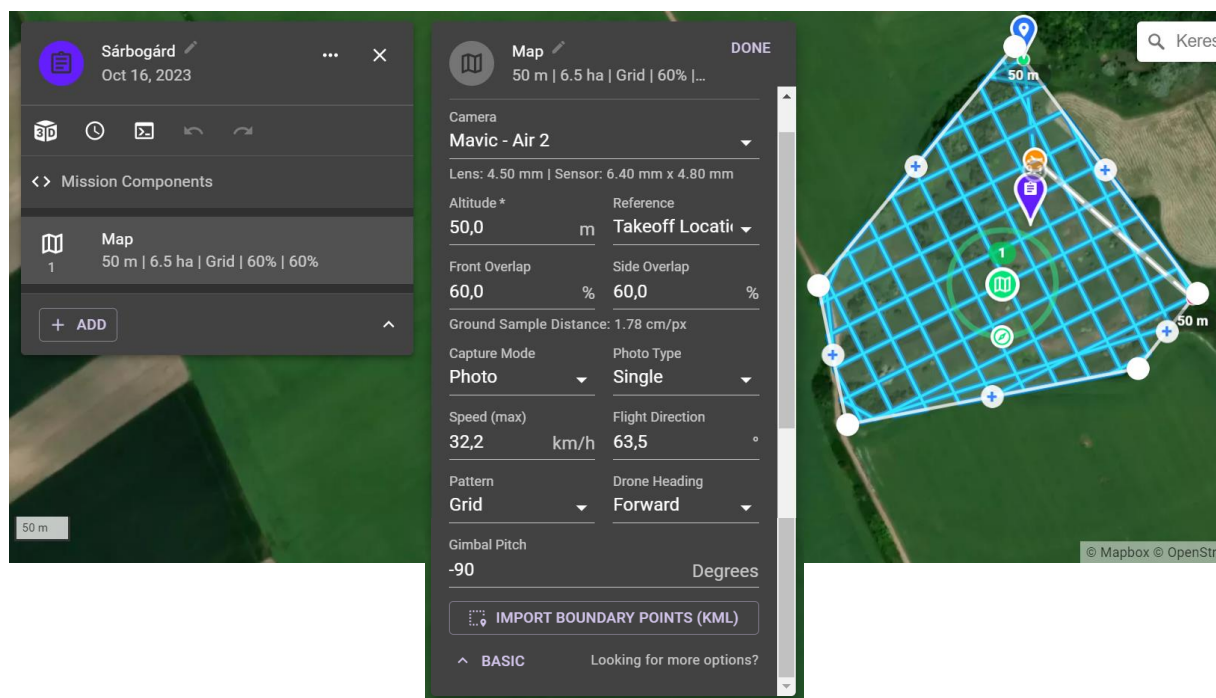
a program. Elsőként tehát arra volt szükség, hogy milyen típusú drónnal kívánunk repülni. Szintén a szoftveren belül kiválasztottam a lefedni kívánt területet, ami az én esetemben Sárbogárd és Kislók között terül el. Meghatároztam a drón felszállási helyét is, amely a terepen kicsit arrébb tolódott, de ez az app jól tudta kezelni ezt a változást. Ezután meg kellett határoznom az egyéb feltételeket az eszköz számára, ilyen volt a sorok és oszlopok közötti átfedés, a kamera dőlése, a repülési magasság, és a rácshálók elhelyezkedése. Az utóbbit úgy kellett kialakítani, hogy a drón számára minél kevesebb legyen a repülési idő, ezzel energiát és plusz munkát spórolva meg. Ezt a repülési magasság kiválasztása után lehet eldönteni az átfedések függvényében, úgy meghatározva, hogy egy szegéllyel parhuzamosan essenek a sorok vagy az oszlopok. A rácsháló azt is meghatározza, hogy egy fotóra a valóságban mekkora terület kerüljön, amit természetesen az előbb említettek befolyásolnak. Tehát ha a repülési magasság kisebb, és az átfedések százaléka nagy, úgy a rácsháló sűrűbb lesz. Az ellenkező esetben pedig ritkább lesz a rácsháló. Mivel a terület viszonylag nagy volt, így kétféle repülési tervet is dolgoztam ki.

Az első terv 70 m magasságból készített felvételeket a várról, 75%-os soron belüli és 70%-os sorok közötti átfedéssel. Ez egy nagyobb területet foglalt magában, így a repülési idő sokkal több lett, mint a másodiknak. Ezért ilyen nagy benne a magasság, hogy ezt csökkentsem. Természetesen a kamera dőlése -90° fok volt. Ez a légifotózás miatt számomra elengedhetetlen tényező, hiszen ilyenkor a képeinket úgy szeretnénk megalkotni, hogy a földfelszínnel merőlegesek legyenek, ún. nadírfelvételek, ami a feldolgozás során lesz lényeges. A képek összeillesztésénél a kapcsolópontok (közös pontok) keresése során fontos az átfedés.



8. ábra Repülési terv 70 m magasból

A második repülési terv már egy kicsit kisebb területet foglal magában, és a soron belüli és sorok közötti átfedés is 60%, ezért 50 méteres magasságban is megfelelő volt a repülési idő. Ebben a magasságban a részletpontok, és a terepen elhelyezésre kerülő illesztőpontok is jobban látszódnak, így ezzel a repüléssel kapcsolatban több mindent is elvártam, például a könnyebb feldolgozhatóságot. A kamera dőlése itt is -90° volt.



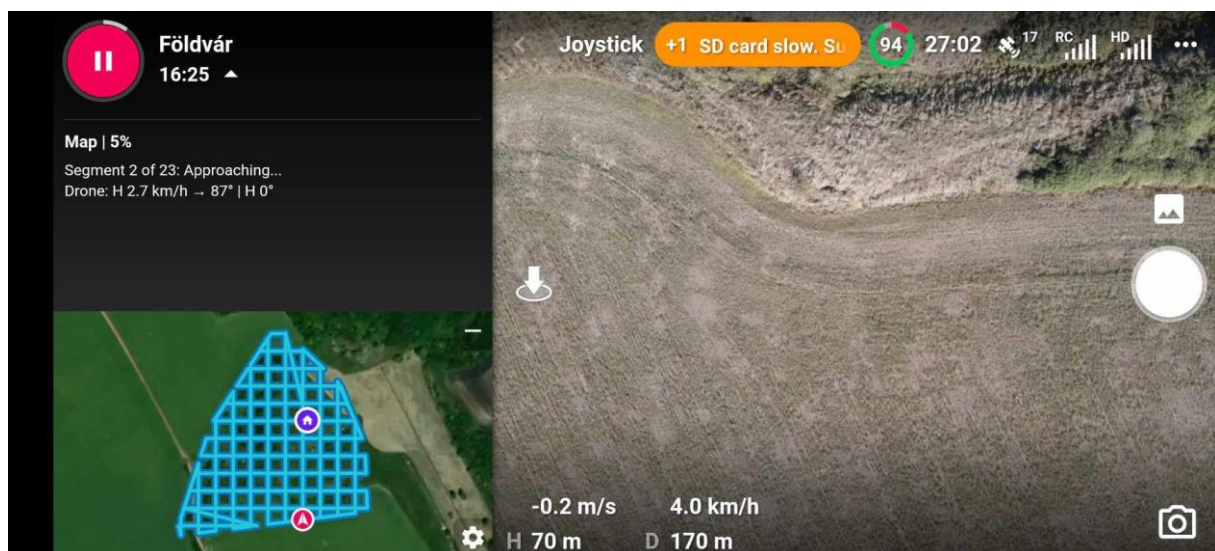
9. ábra Repülési terv 50 méteres magasságból

4.2. Terepi felmérés

A mérésben 3 osztálytársam segédkezett figuránsként. A felmérést az illesztőpontokkal kezdtük, amihez egy GNSS vevő illetve tablet volt a segítségünkre. Az illesztőpontok helyét egy nyomtatott vázlaton előre megterveztük, körülbelül arányosan, ami segített a terep jellege miatt az elhelyezésükben és később a megtalálásukban is. Ezeket viszonylag sík terepeken elhelyeztük, és a GNSS vevővel 30 észleléssel bemértük a táblák közepén lévő furatot, amik az ideiglenesen állandósított pontjaink lettek. A külterület miatt 36 és 40 közötti műholddal mért a vevő. 9 db illesztőpontot helyeztünk el a területen, valamint, ami meglepetésként ért minket, hogy a területen helyezkedik el egy negyedrendű EOVA alappont, a 44-4220 pontszámú pont, amelyet az ortofotó minőségi vizsgálatára fogok felhasználni a későbbiekben. Az illesztőpontok segítséget nyújtanak a térbeli modell elhelyezkedésében. Mivel a program azt a helyet fogja a magassági értelemben vett 0 magasságnak kezelni, ahonnan a drón felszáll, így mindenképp meg kell határozni egyes pontok magasságát. A képkészítés pozíciójának vízszintes koordinátája ismert ugyan, de csak a drónban elhelyezkedő GPS vevő mérései alapján, amelyek

abszolút értelmű mérést végeznek, viszont méteres hibái is lehetnek, így ezen pozíciók javítására is az illesztőpontok szolgálnak majd. Mindenképpen fontos ezeknek a pontoknak a lerakása, és koordinátáinak megmérése, hisz így lesznek a későbbi tematikus megjelenítések is értelmezhetők.

Második feladatunk a repülési terv lerepülése volt. Ehhez a kiválasztott kezdőpont közelébe mentünk, viszont a terület kisebbik része el volt kerítve, így a felszállási hely arrébb tolódott. A drón távirányítójára csatlakoztattunk egy telefont és elindítottuk a Dronelink applikációval a repülést. Megkönnyebbülésünkre az alkalmazás jól kezelte a megváltozott felszállási helyet, a repülések sikeresek voltak. A telefonon nyomon tudtuk követni a drón helyzetét, a repülés elvégzésének százalékos értékét, a visszamaradt időt, és a rácshálót is láthattuk. Mindkét repülési tervet lerepültük, viszont itt már valószínűvé vált, hogy az 50 m magasságúval fogunk a későbbiekben dolgozni, mivel a másikon az illesztőpontok nem látszottak elég jól.



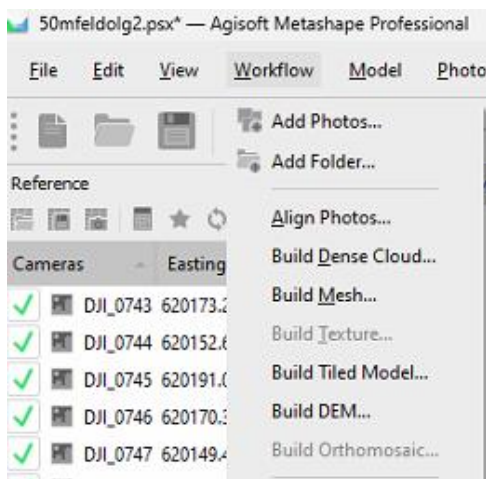
10. ábra A telefonon képernyőképe repülés közben

5. Feldolgozás

5.1. Az Agisoft Metashape programban

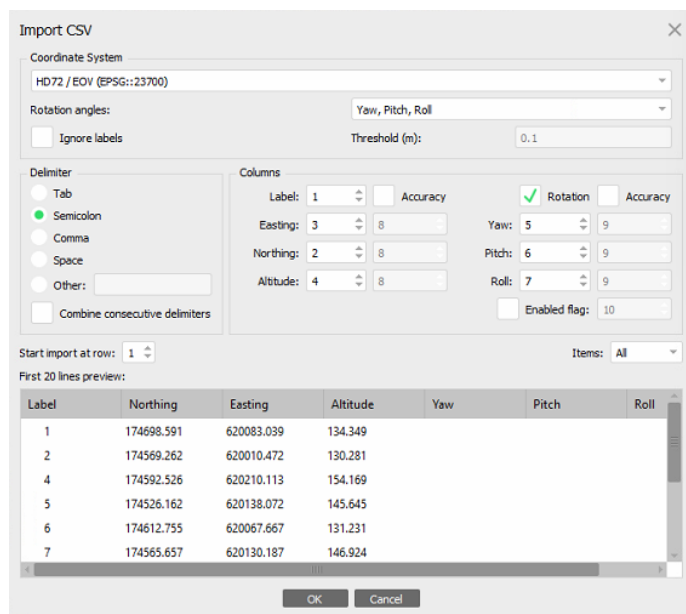
A feldolgozás első lépéseként a műszerekből kellett az adatokat kinyerni. A drónból képeket, a GNSS vevőből pedig koordinátákat olvastam ki. Az utóbbit TXT file-ba kaptam meg, amit Excel táblázatba át kellett másolni. Ezután az Excel file-t kellett CSV formátumba átkonvertálni, így a szoftver már tudta értelmezni a koordinátákat.

Ezután az Agisoft Metashape programmal történt a többi feldolgozás. Azt viszont tudni kell, hogy két különböző eszközön végeztem a feldolgozást, ennek eredményeképp a programnak két verziójával is dolgoztam, ezért néha más a felülete és a színe a képeken. A programba először behívtuk az 50 m-ről készült képeket az Workflow: Add Photo segítségével.



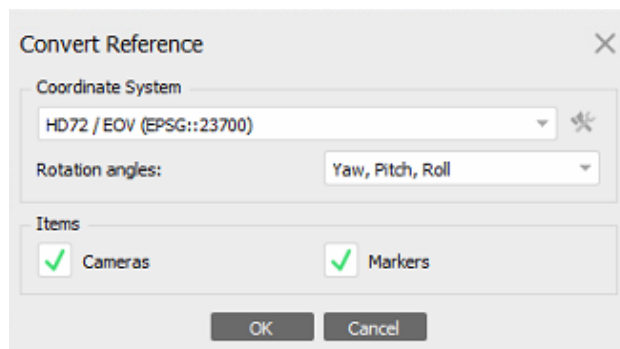
11. ábra Képek beolvasása

Ezután a Reference fülön belül behívtam az illesztőpontok (a programban Markers) koordinátáit, viszont át kellett állítanom pár dolgot, hogy a beolvasás megfelelő legyen. A tagolást be kellett állítani Semicolon-ra, azaz vesszővel tagoltra, és mivel geodéziai rendszerben dolgoztam, ezért az x és y tengelyt fel kellett cserélni a képen látható módon. A Label pedig már az illesztőpontok számát mutatta meg.



12. ábra Illesztőpontok beolvasása

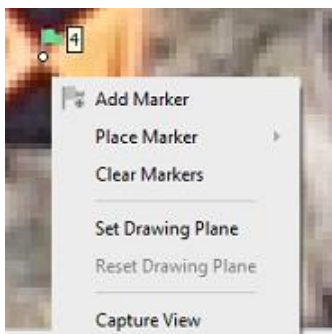
A vetületi rendszer, amelyben az illesztőpontok meghatározásra kerültek az EOVS volt, de a képkészítés koordinátái WGS84 rendszerűek, így ezeket konvertálni kellett EOVS rendszerbe.



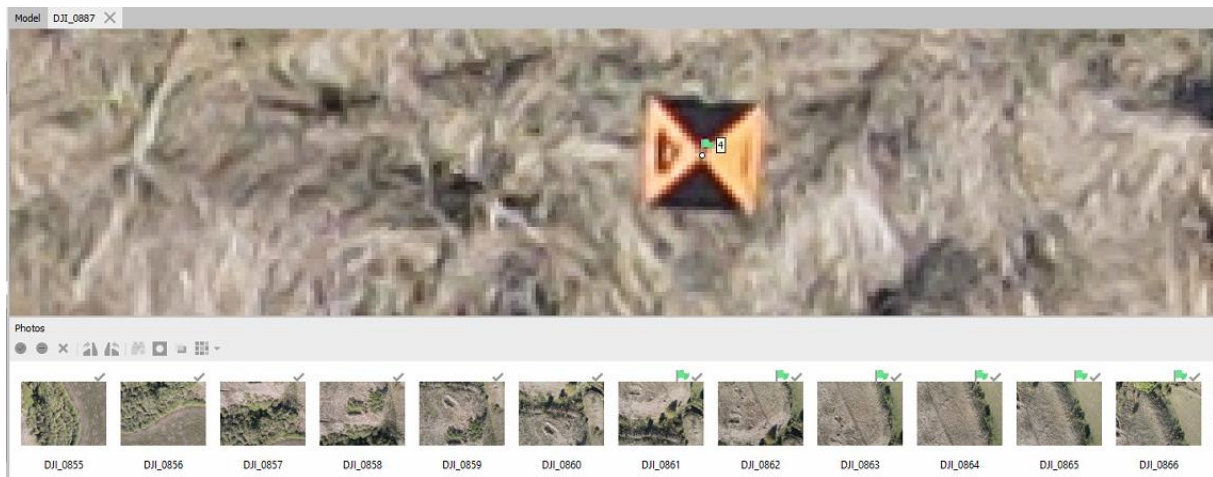
13. ábra Képkészítés helyeinek konvertálása WGS rendszerből EOVS rendszerbe

Ezután a képeket össze kellett kapcsolni az Align Photos segítségével. Így már egy egyszerűbb pontfelhőt is kaptam, amin a kapcsolópontok szerepeltek. A kapcsolópontok azok a pontok, amelyek két vagy több kép átfedésében is egyértelműen azonosítható pontok.

A képek összekapcsolása után következett a leghosszabb kézi munkafázis, ez pedig az illesztőpontok pontos bejelölése volt a képeken. Kiválasztottam azt a képet, ami látszódtott az első illesztőpont és hozzárendeltem a megfelelő pontszámot, a jobb egér gomb a képen, Add Marker segítségével. A program letette a pontot, majd pontosan a képen látható, megfelelő számú illesztőpontra kellett azt húznom. Két képen, ha sikerült ugyan azt a pontot megmutatni a programnak, akkor automatikusan már a többi képen is megmutatja annak a pontnak a helyzetét. Természetesen ezeket is a helyére kellett húzni, így 9 db ponttal kellett ezt elvégezni.

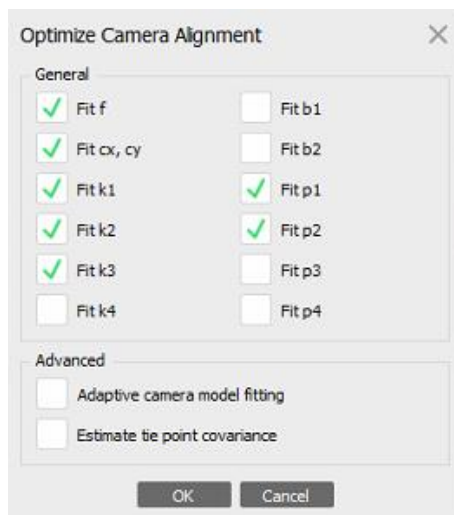


14. ábra A 4-es számú illesztőpont megjelölése egy fotón



15. ábra A 4-es illesztőpont megkeresése több felvételen

Ezeknek a pontoknak a segítségével már optimalizálni lehet a kamerák helyzetét, amivel a képek már a helyükre kerülhetnek, és az illesztőpontok koordinátái miatt a modellünknek a megfelelő magasság is meghatározásra került.



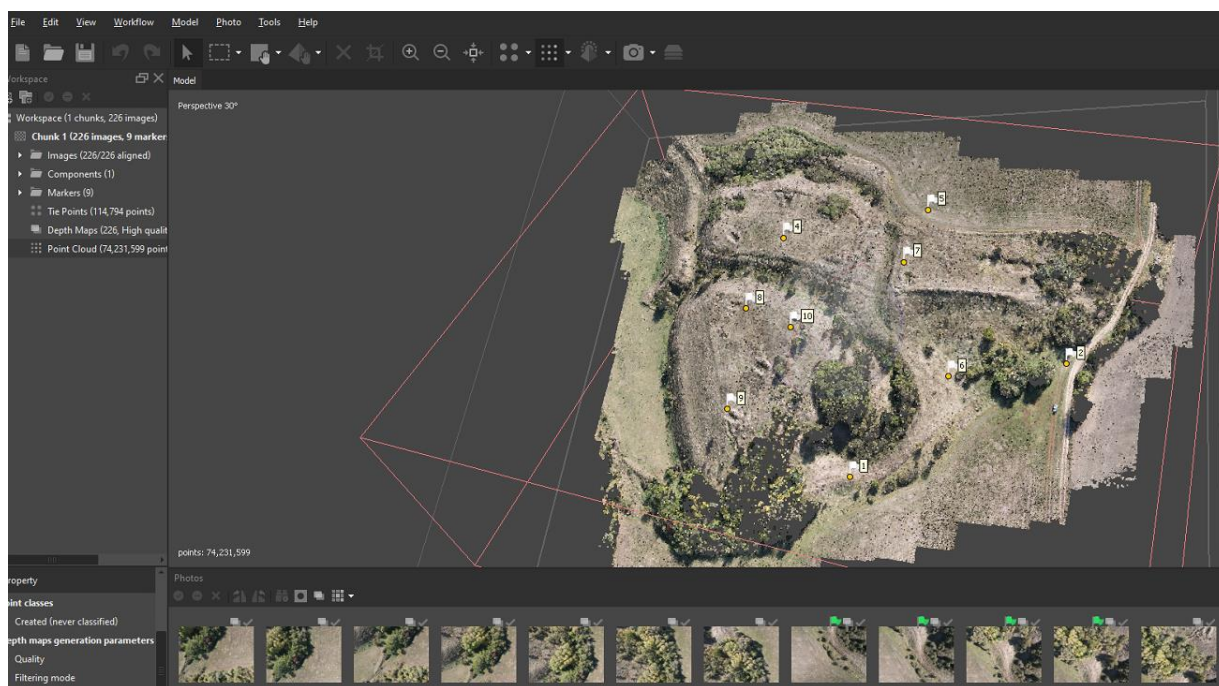
16. ábra Képkészítés helyeinek optimalizálása

A kapcsolópontok esetében szükséges a szűrés, több helyen találhatóak olyan pontok, amelyek a modell alatt, vagy fölött helyezkednek el. Fontos a hibás pontok törlése, hiszen a következő munkafolyamatok pontossága ezen múlik. Minden szűrést a Modell eszköztárból indítottam a Gradual Selection funkcióval. Elsőként a Reconstruction uncertainty lehetőségnél a csúszka mozgatásával igyekeztem kiszűrni a hibás pontokat, több ajánlás szerint a megfelelő tapasztalati érték egy 20 körüli szám, de nyilván ez kamera függő. Természetesen, ha a szemlézés közben azt észleltem, hogy nem elég mennyiségű pont került szűrésre újból megismételtem a folyamatot kisebb értékkel.

A következő lépésnél a Reprojection error lehetőséget választottam ki, a megjelenő számolt érték a pixelek számával van kapcsolatban, itt szintén tapasztalatra hagyatkozva 0.5 pixelt állítottam be.

A harmadik funkció, amit használni kellett, az a Projection accuracy, itt az összes kapcsolópontunknak körülbelül a 10%-át töröltem. Amennyiben úgy gondolja valaki, hogy van olyan kapcsolópont, ami nem maradhat a felhőben manuálisan is kitörölhető.

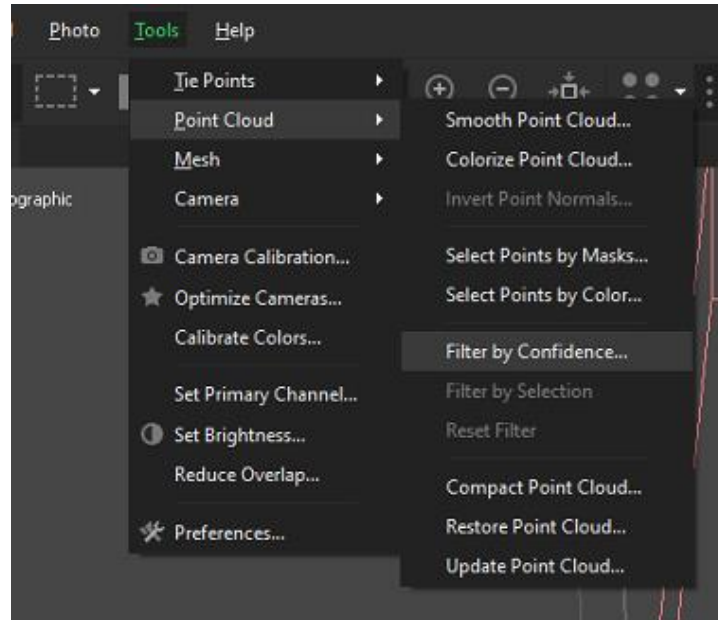
A következő folyamat volt a leghosszabb, azaz a pontfelhő legenerálása, ami önmagában háromnegyed órát tett ki. Ezt a Build Dense Cloud funkcióval indítottam el. Itt már látni lehet, hogy az állományból alakzat lesz, igaz, hogyha beleközelítünk akkor a modellnek látszó objektum szétesik apró pontokra, innen a neve is. Ez a kép a legelső pontfelhő legenerálás után készült, ezt követően több szűrési módszeren mentem végig, ami minősítette a pontjaimat, valamint a földvár alakjának szemléléséhez a növényzetet igyekeztem kiszűrni a pontfelhőből.



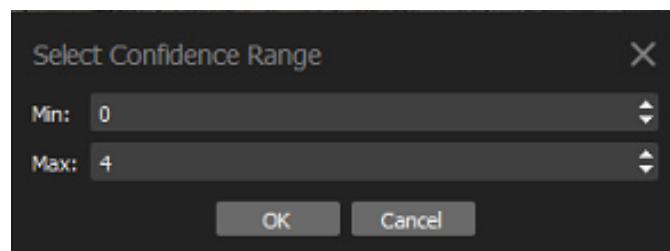
17. ábra Nyers pontfelhő

A szűrést a következőképpen végeztem el: először a Tools – Pont Cloud eszköztáron belül kiválasztottam a Filter By Confidence lehetőséget, vagyis a megbízhatóság szerinti szűrést. Itt figyelni kellett arra, hogy mennyi az a pontmennyiség, aminek a megbízhatósága kicsi, én 0 és 4 közötti értékekre gyűjtöttem ki a pontokat, és kézzel kitöröltem ezeket. Természetesen ezzel a módszerrel azon pontok kerültek kizárásra, amelyek kevésbé megbízhatóak, például két kép elkészítése között mozgást végeztek, ilyen a lombos növényzet,

vagy egyszerűen nem elég pontos a beazonosíthatóságuk és a 3D-s illetve DEM modellben eltérne a terep jellege a valóságtól.



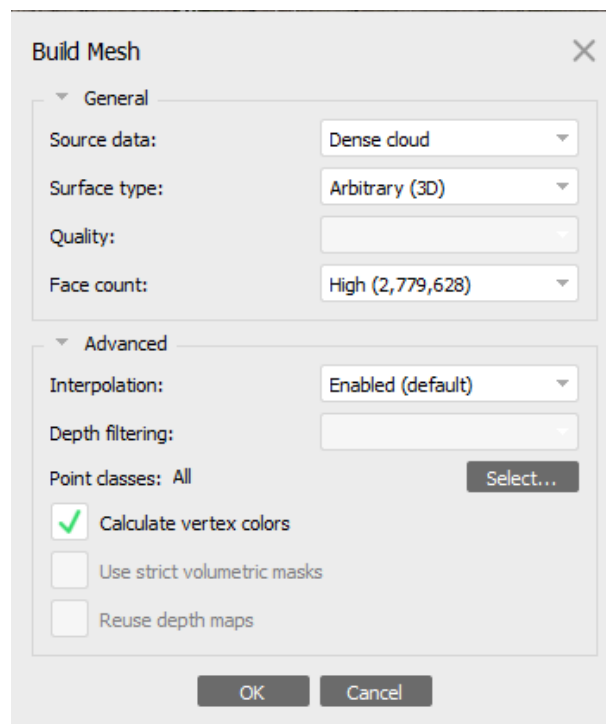
18. ábra Megbízhatóság szerinti szűrés eszköze



19. ábra 0 érték a megbízhatatlan, 255 érték a teljesen megbízható

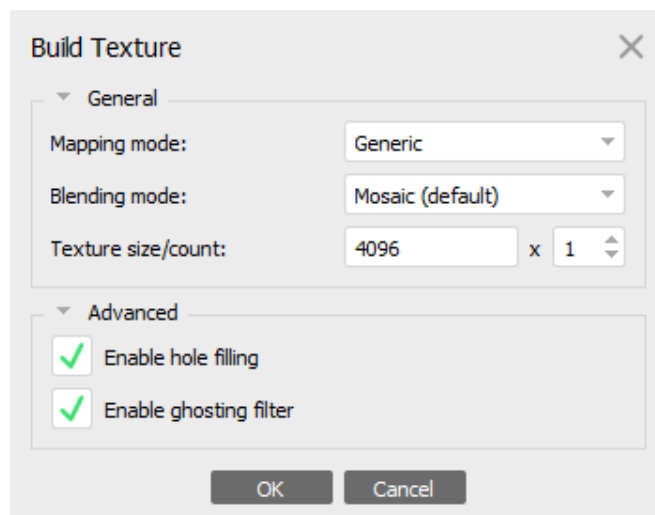
A törlés után a megmaradt jobb megbízhatóságú pontokat visszahívtam az ugyanebben a menüben lévő Reset Filter segítségével. Így a fák nagyobb részét kigyűjtöttem, de még így is volt vele teendő, sok esetben manuálisan kellett felkeresni azokat a pontokat, amelyek valamely vegetációhoz tartoztak és kitörölni őket a pontfelhőből. Ez az alaposság a felmérésben elengedhetetlen, hisz a terület némely részén sok volt a növényzet és a későbbi megjelenítéseknél a terep jellege nem rajzolódna ki olyan pontosan, hogy azokból következtetéseket és feltárásokat lehessen végezni.

A Build Mesh funkcióval felülettel láttuk el a pontfelhőt, így már létrejött a modellünk.



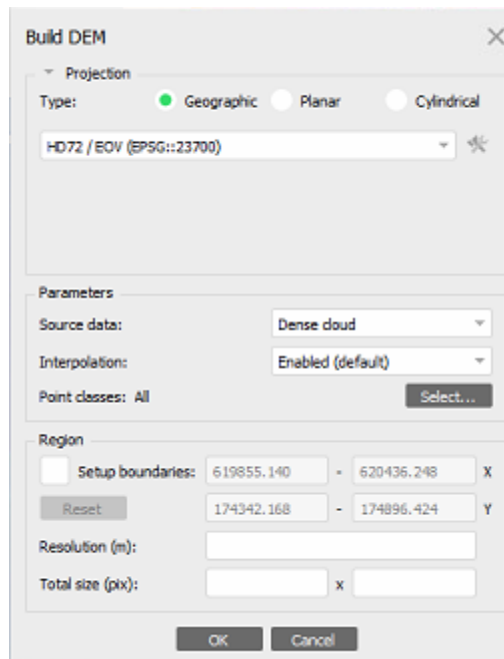
20. ábra TIN modell előállítás

A modellre, pontokra ezután egy textúrát raktam a képek alapján az elején használt Workflow-on belül a Build Texture-ban.



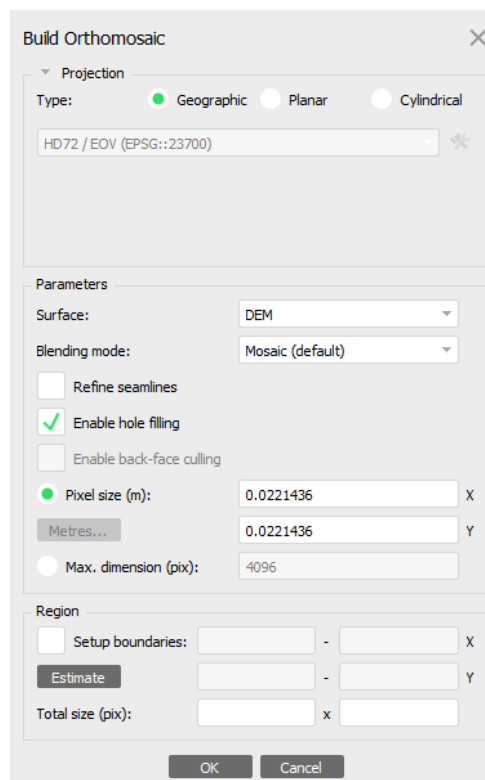
21. ábra Textúra alkotás a modellen

A program ezek után már 3D textúrával ellátott modellt jelenít meg, amely alapján folytathattam a munkát. A következő lépés már a DEM modell megalkotása volt a Build DEM funkcióval. Ennek az alapja szintén a pontfelhő volt.



22. ábra Magasságmodell építés

A létrejövő magasságmodell alapján készült el az ortofotó mozaik is a következő eszköztárral:



23. ábra Ortofotó készítése

A végén még a DEM modell segítségével 2,5m-enként szintvonalakat helyeztem el. Ez az előbb említett modell már a felmérésem egyik végtermékének is azonosítható. A program

automatikus színezésének köszönhetően a domborzat idomai kialakultak, a völgyek, a mélyedések és a dombok jól kivehetőek. Első ránézésre meg lehet állapítani a két várrészt, a várarkokat, de még a világháborús lövészárkok is kivehetőek ezen a modellen. Erre az utolsó fejezetben részletesebben is kitérek.

5.2. A modell pontosságának vizsgálata

A felmérés pontosságát szerettem volna leellenőrizni. A terepi mérés során talált 44-4220 számú vízszintes alappont tökéletesen megfelelt erre a célra. A pontleírást a Geoshop.hu oldalról megtaláltam, majd az EOV koordinátákat kinyertem ebből. Az ortofotóra a Markert elhelyeztem a kő középpontjára és ezzel meghatároztam a pont modell koordinátáját.



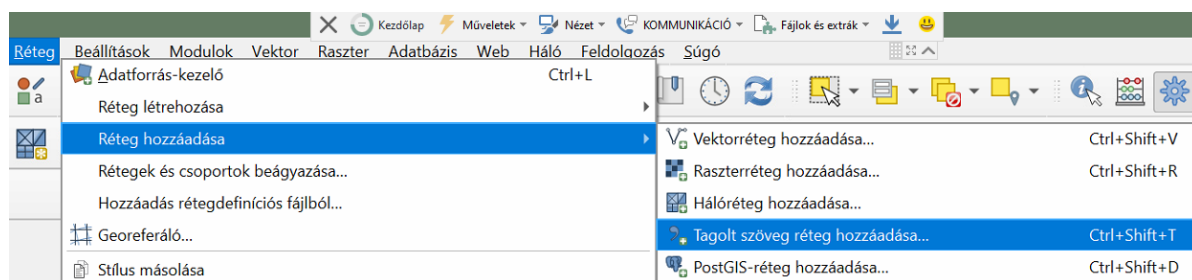
24. ábra 44-4220 számú alappont és a figyelem felhívó jele az ortofotón

	Y [EOV]	X [EOV]	Magasság
pontleírás	620193.92	174637.72	154.76
modell	620193.83	174637.69	154.72
eltérések	9 cm	3 cm	4 cm

1. táblázat Koordináta eltérések

5.3. A QGIS programban

Azonban a feldolgozásomnak ezzel még nem volt vége. Szerettem volna a Bolondvárról több fajta térinformatikai elemzést is készíteni, ezért a QGIS asztali alkalmazást vettem igénybe, hiszen ez egy ingyenesen hozzáférhető „open source” szoftver. Első lépésként az Agisoft Metashape-ben lévő pontfelhőt exportáltam ki .txt formátumban. A GIS program elindítása után behívtam a pontokat a réteg menüsoron belül a réteg hozzáadása – tagolt szöveg réteg hozzáadása segítségével.



25. ábra A pontfelhő pontjainak beolvasása

Egy párbeszédpanel ugrott fel, ahol beállítottam, hogy a koordinátákat megfelelően olvassa be a program. A fájlformátumnál kiválasztottam az egyéni tagolást, ami tabulátor és szóköz volt. A rekord és mező beállításainál ki kellett venni azt, hogy az első rekord tartalmazza a mezőnevet, hisz a jelen esetben fejléc nem volt. A geometria meghatározásánál megadtam, hogy melyik mezőt melyik koordinátának észlelje. Az X az 1, az Y a 2, a Z pedig a 3. mező volt. A koordináta rendszert is itt kellett kiválasztanom, természetesen a Magyarországra jellemző, HD72/EOV volt a számomra megfelelő. A művelet végén, az adatminta fülön lehet ellenőrizni, hogy a beállítás jó-e, és hogy az értékek megfelelően vannak-e elrendezve.

Fájlnev: C:\sárbogárd\kepek\pontok.txt

Rétegnév: pontok Kódolás: UTF-8

Fájlformátum

☐ CSV (vesszővel elválasztott értékek)
 ☒ Tabulátor
 ☐ Kettőspont
 ☒ Szóköz

☐ Reguláris kifejezéses tagolás
 ☐ Pontosvessző
 ☐ Vessző
 Egyebek:

☒ Egyéni tagolás
 Idézőjel: "
 Escape: "

Rekord és mező beállításai

Átlépendő fejlécsorok száma: 0
 ☐ A tizedesek elválasztó karaktere a vessző

☐ Az első rekordban tartalmazza a mezőneveket
 ☐ Mezők körbevágása

☒ Mezőtípus észlelése
 ☐ Üres mezők kihagyása

Egyéni logikai literálok

Igaz:
 Hamis:

Geometria meghatározása

☒ Pont koordináták
 X mező: field_1
 Z mező: field_3

☐ Well known text (WKT)
 Y mező: field_2
 M mező: field_1

☐ Nincs geometria (csak attribútumok)
 ☐ DMS koordináták
 Geometria koordináta-rendszere: EPSG:23700 - HD72 / EOVI

Rétegbeállítások

☐ Térbeli index használata
 ☐ Részalmazindex használata
 ☐ Fájl figyelése

Adatminta

Osztóptípusok felderítése folyamatban: 12525300 bejegyzés beolvasva

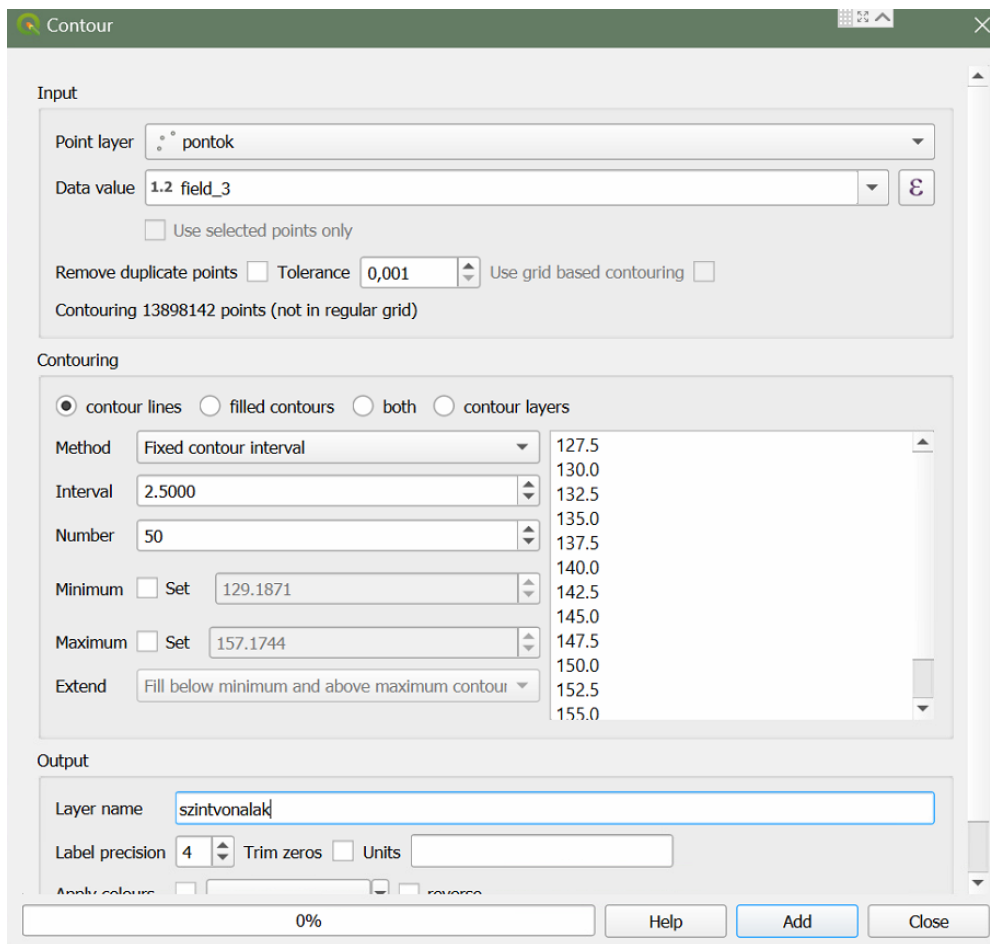
Mégse

	field_1	field_2	field_3	field_4
1	619967.277204	174631.110643	130.934756	173
2	619967.283255	174630.826659	130.925712	174

Bezárás Hozzáadás Súgó

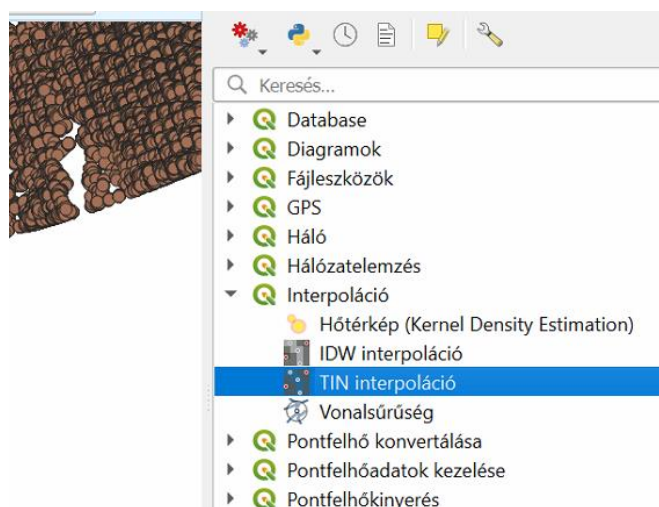
26. ábra Tagolt szöveg réteg beállítása

A Contour PlugIn telepítését követően a ponthalmazra szerkesztettem ezeket a szintvonalakat. Természetesen az adat, amely alapján ez megtörténhetett a magasság volt, vagyis a 3. mező. 2.5 m volt a szintvonalköz, fontos, hogy ehhez a „fixed contour interval” metódust volt szükséges beállítani. A szintvonalak száma 50 db volt, természetesen kevesebb lett, hiszen olyan nagy magasságkülönbségem nem volt, viszont azt nem kockáztathattam meg, hogy kevesebb legyen, mint amennyi kell.



27. ábra Szintvonalak generálása

Ez a program azonban a raszteres állománnyal tudja csak a különböző elemzéseket kimutatni, az általam kigyűjtött, vektoros adatból nem, ezért ezt a problémát ki kellett kiküszöbölni. A pontok betöltése után jobb oldali eszköztárból az Interpoláció menüből kiválasztottam a TIN interpolációt.

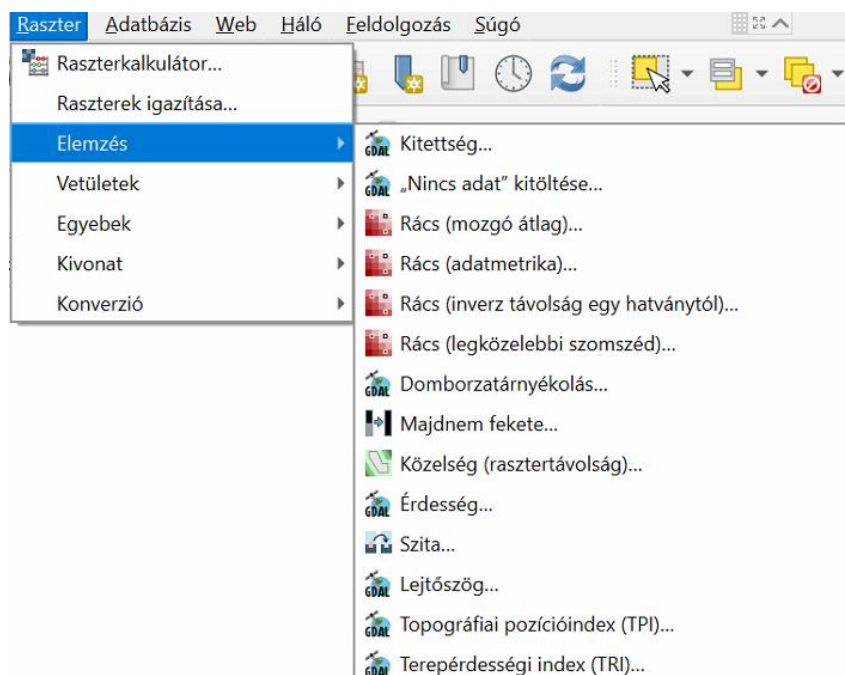


28. ábra TIN interpoláció az eszköztáron

Ez a modul segít a vektoros adatállományból raszteres állományt csinálni úgy, hogy először a szomszédos pontokból háromszögeket alakít ki, erre felületet hoz létre, és ebből alakul ki a nekem szükséges állomány. Természetesen ezt a program automatikusan végrehajtja. Az Interpoláció előtt felugrik egy ablak, ahol meg kellett adnom bizonyos paramétereket. A vektorrétegnek a pontoknak kellett lennie, az interpolációs attribútumnak pedig a 3-as mezőnek, azaz a magassági koordinátának, hiszen a magassági adatokból szerettem volna elemzéseket kimutatni.

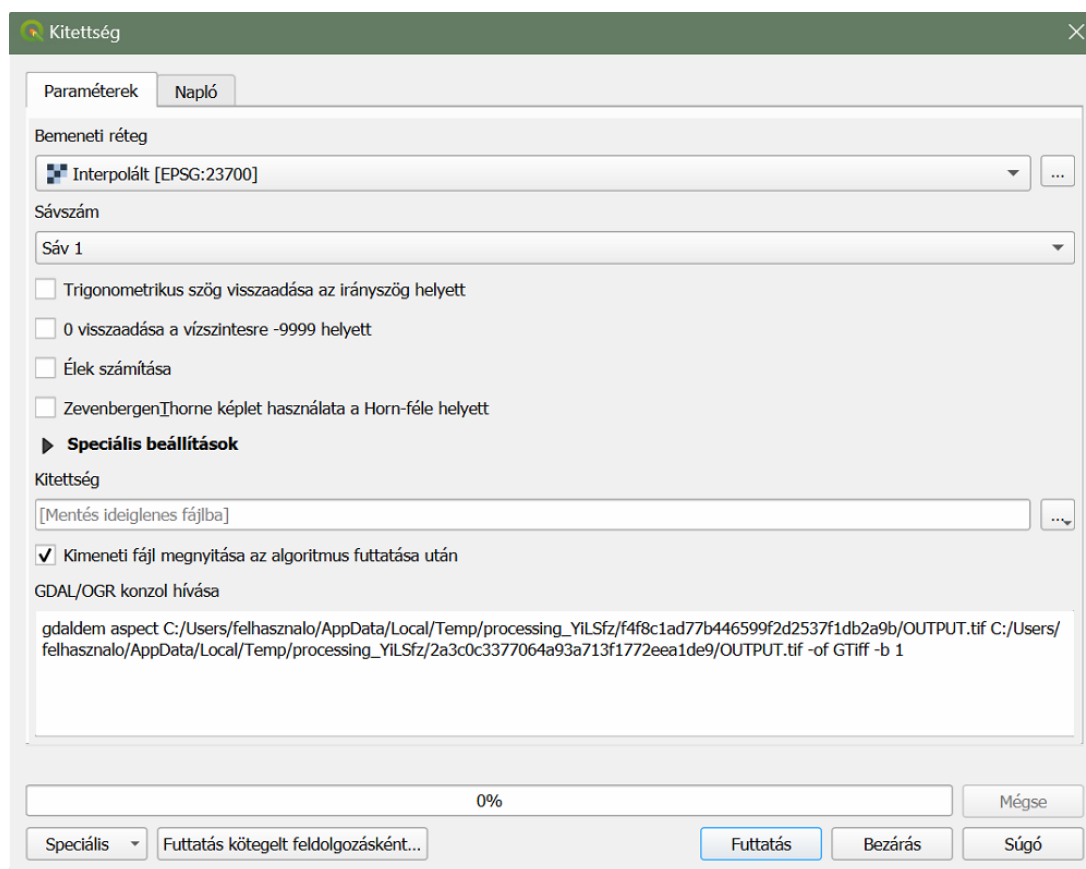
29. ábra TIN interpoláció - raszterre alakítás

Innentől már elvégezhettem a különböző elemzéseket a modellen, ilyen volt elsőként a kitettség vizsgálata. E során megállapítjuk, hogy a terület lejtői hány fokot zárnak be az északkal, azaz melyik égtáj felé néznek. Ezt a funkciót a Raszteren belül az elemzés, kitettséggel tudtam elindítani.



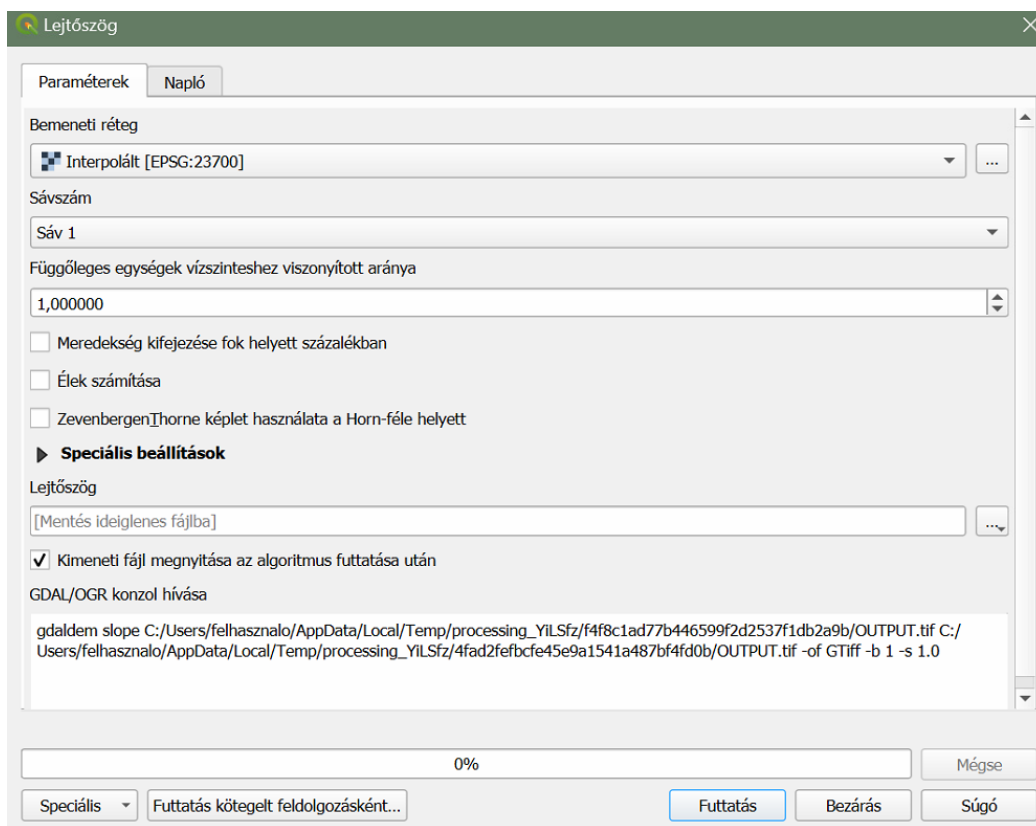
30. ábra Raszter elemzési lehetőségek

Bemeneti réteggént az Interpolált réteget választottam ki, ezután már futtathatóvá is vált már ez a funkció. A vár esetében ezek a szögek látványosan ki is rajzolódtak.



31. ábra Kitettség beállításai

A kitettség vizsgálata után következett a lejtőszögek szerinti kategorizálás. Ez a funkció megmutatja a vizsgált terület lejtési viszonyait fokokban mérve. Ugyan azon a menüsoron keresztül indítottam ezt el, mint a kitettséget. A bemeneti réteg szintén az Interpolált réteg volt.



32. ábra Lejtőszög beállításai

A feldolgozás készen volt, rátérhettem a megjelenítésekre, mivel a program a rasztereket a szürke árnyalataival látta el. Az elemzésem szempontjából azonban fontos az átláthatóság, ezért az interpolációnak, a kitettségnek és a lejtőszögnek is állítottam be egy-egy színskálát. A raszterrétegeket még elmentettem GeoTiff formátumban, hogy a későbbiekben is tudjak velük dolgozni. A 3 rasztert a nyomtatási nézet segítségével külön is kinyertem, mindegyiket 1:2000-es méretarányban. Ezek láthatók a 4. 5. 6. mellékletben.

Az interpolált raszteren belül kereszt és hosszmetaszeteket is készítettem a várról, amivel az árkok mélysége is jól szemléltethető. Ehhez egy profilra volt szükségem, ennek letöltése után az interpolált modellen jobb és bal egérgomb segítségével húztam egy vonalat, ami a metszésvonal volt. A program a képernyő alsó részébe pedig automatikusan megszerkesztette a metszetet. Készült egy hosszmetaszet a két várrészről, illetve egy-egy keresztmetaszet a belső és külső várrészéről is, amelyeket a következő részben ki is fejték.

6. Tapasztalatok és elemzések

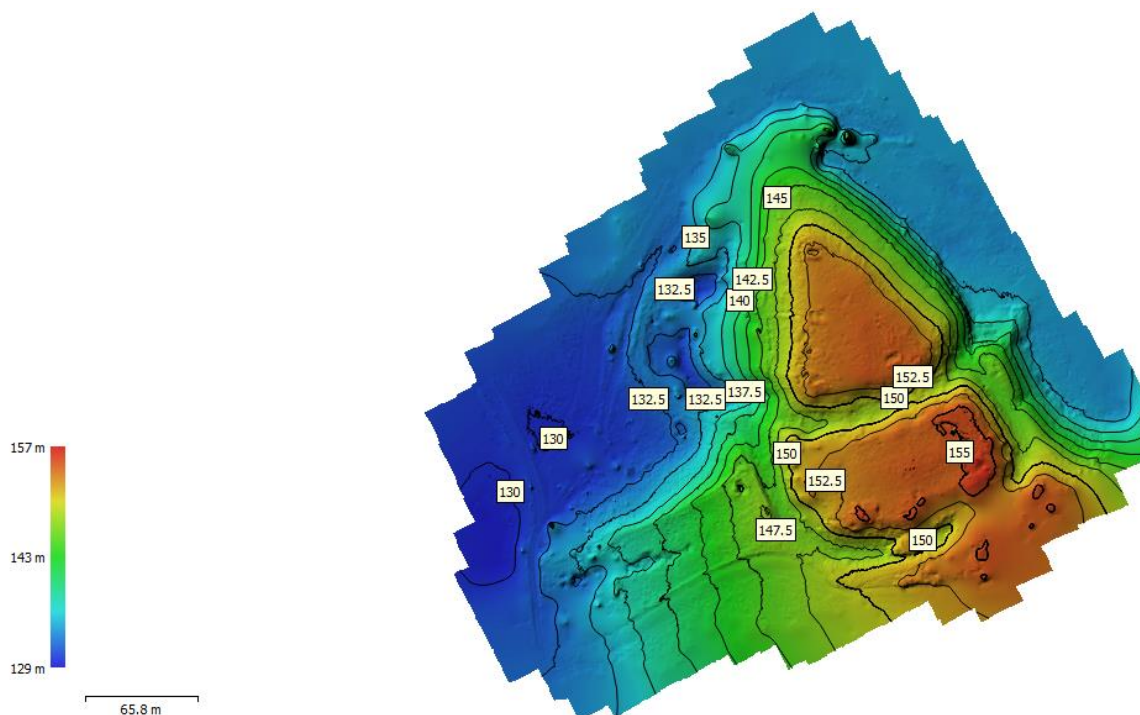
A Bolondvár felmérése és feldolgozása során sok ismeretet szereztem. A GNSS-es és a drónos felmérés lehetővé tette annak a területnek a felmérését, ami a földről csak dombok és völgyek zezzugos labirintusa, ahol a természet utat tört magának. Felülről pedig egy rég elveszett kor, a vatyai kultúra múltja rajzolódik ki a számunkra, amelyet a mi történelmünk is keresztez. A világháborúk előtt és után is sok embert vonzott ez a különös táj, és a technológia fejlődésével a felfedezések száma is nőtt. A korszerű mérőrendszerek nélkül az én munkám is sokkal nehezkesebb lett volna, a terepi felmérés esetében is, és a végeredmény feldolgozása, megjelenítése szempontjából is.



33. ábra A Bolondvár az egyszerű járókelő szemszögéből

A megjelenítés, elemzés jóval több időt vett igénybe a terepi mérésnél, mivel nagyon nagy adathalmazokat dolgoztam fel, így az iskola által biztosított lehető legjobb hardvereken folyt a feldolgozás TeamViewer szoftver segítségével. Jó tapasztalatot szereztem mindkét program esetében, és ismereteimet a későbbiekben is tudom majd kamatoztatni. Az Agisoft Metashape program játszott kulcsszerepet a képek összeillesztésében, a pontfelhő és végül a DEM modell kialakulásában. A modellben 129-től 157 méterig vannak magassági adatok. A szintvonalak segítségével még jobban ki lehet venni a magasságváltozásokat. Ahogy az egyik szakirodalom sejteti, a külső, téralap alapú várrésznek is a DK-i oldalán volt egy mély várárok, amelynek valószínűleg nagy részét beszántották. Erre enged következtetni az is, hogy a modellem azon részén a narancssárga szín hangsúlyosabb, és azon az oldalon túl már szántóföld terül el. A külső és belső várrészen egyaránt ki lehet venni a lövészárkokat. A légirégészeti feltárás már ennél a modellnél is megmutatta sikerességét, egy laikus szem is érzékelni tudja a

földvár domborulatait, jellegzetességeit. Az eljárásnak viszont egy hátránya van, a magasból pásztázott terület miatt a növényzet is, főleg a lombkoronás, a mérésünk része lesz, amit hosszadalmas szűrések árán lehet csak kiküszöbölni, amit viszont a magassági modellek miatt lényeges megtenni. Ezen helyeken talán érdemes lett volna néhány földi geodéziai módszerrel pótolni a felszínen mért pontokat.



34. ábra Színezett felületmodell szintvonalakkal

A következő kimutatás már a QGIS programban történt a lejtők szemléletessége végett. Az interpolált raszteres állomány, ahogyan a 4. mellékletben is látható, a DEM modell színesebb verziója is lehetne, pedig az utóbbi állomány vektoros, míg a másik állomány raszteres. Ez a kimutatás még jobban érzékelteti a vár helyzetét a környezetéhez képest, illetve az én szempontomból kiindulási alapot adott a többi elemzés elkészítéséhez.

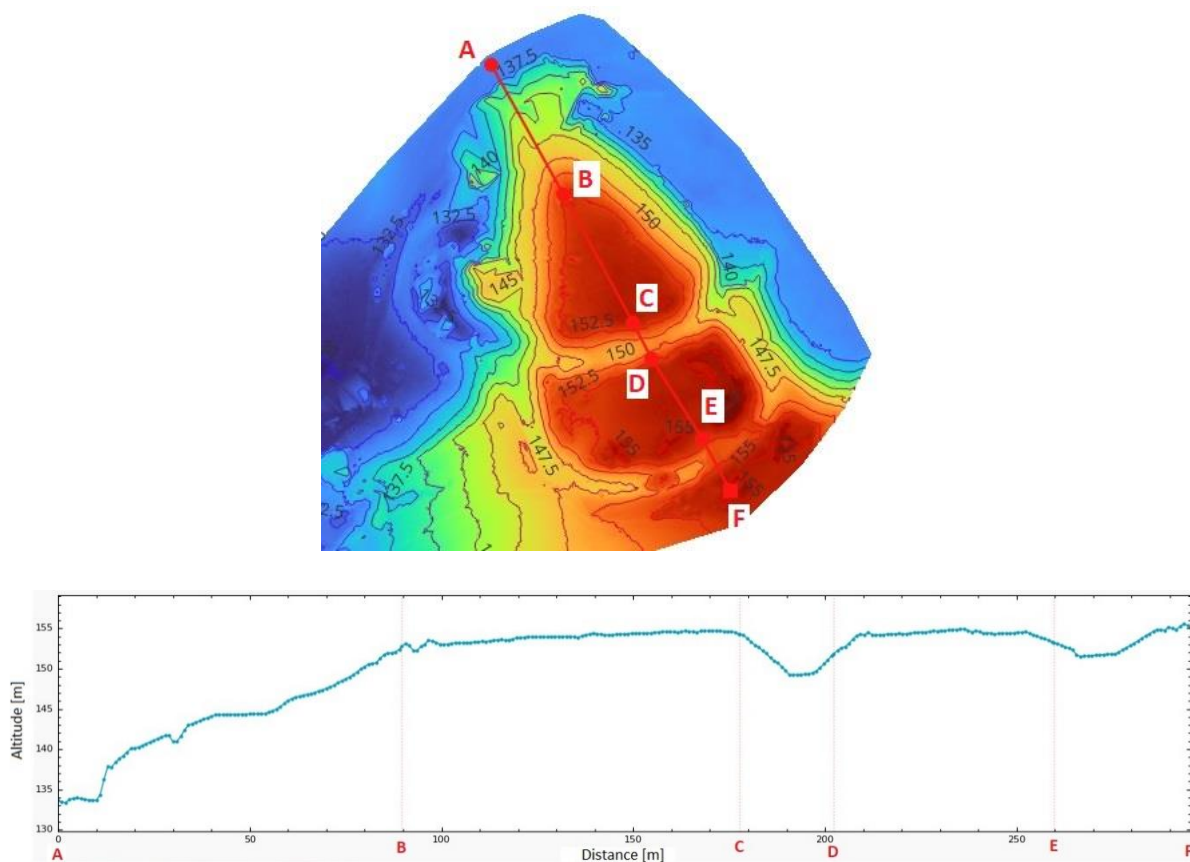
A kitettség vizsgálata az 5. mellékletben látható. Ahogy már említettem, ennek az elemzése során a domborzat északkal bezárt szögét vizsgáljuk. Itt a nagyobb háromszögek a lombkoronás növényzet miatt alakultak ki, hiszen arra felé kevesebb megbízható adat szerepelt. Azonban főleg a K-i részén a vizsgált domborzatnak jól kirajzolódott ennek az értéke.

Végül a lejtőszög vizsgálata a 6. mellékletben található. A sötétkék szín itt is a 0-át jelentette, és a vörös pedig a legmeredekebb területet. Sajnos a növényzet hiányosságai itt is megmutatkoznak, azonban a vároldal és a várarkok lejtői jól kivehetőek. A két várrész belső

területe közel sík, míg néhol megmutatkoznak itt ott sárgás színnel a lövészárkok maradványai is.

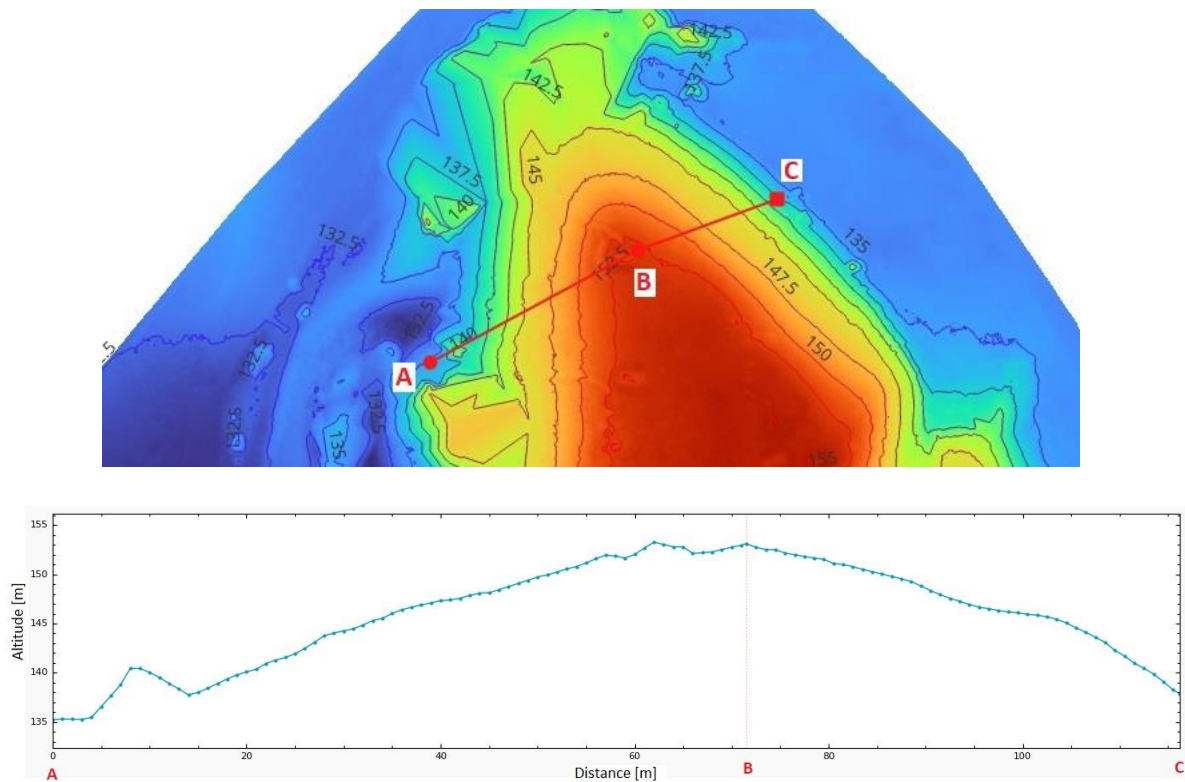
Az esetben a QGIS használatára a még látványosabb megjelenítés és az elemzés érdekében volt szükség, amelyet ez a program a vártak megfelelően el is készített.

A végén pedig a metszetekre szerettem volna még egy kis hangsúlyt fektetni, hiszen a magasságok ezeken látszódnak a legjobban. Az első képen a hosszmetaszt látszódik a várról, egy felülnézeti képpel összehasonlítva ki lehet venni a két várrészt, hiszen jól látszik az őket elválasztó árok is. Az ábra É-ről halad DK felé.



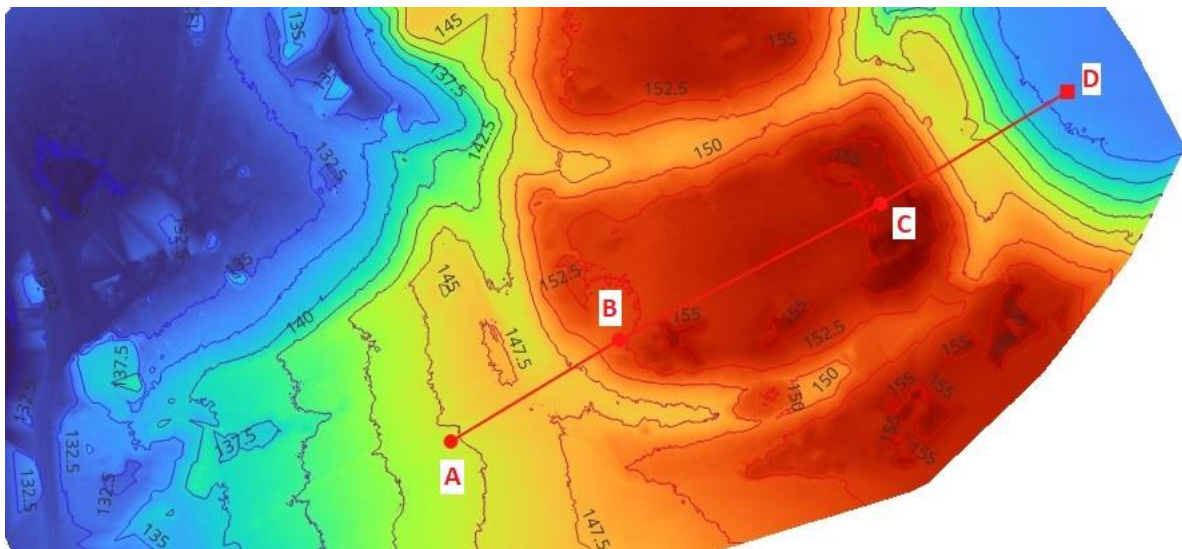
35. ábra A földvár Délkeleti irányú metszete

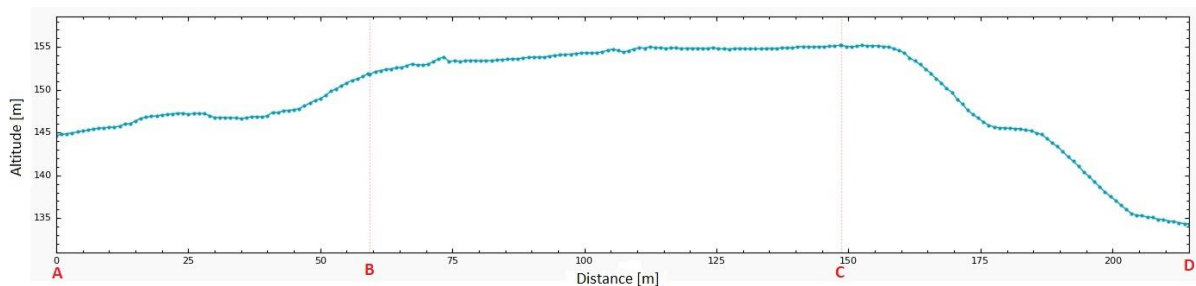
A második metszeten a belső várrész háromszög alakjának északi csücske látható. A vároldal tisztán kivehető, illetve az ábráról le lehet olvasni a 154 méter magas fenti részt is.



36. ábra A belső vár Északnyugati metszete

A harmadik metszet pedig a külső várrészt mutatja meg NY-ról K-i irányban. Látszódik, hogy a K-i része kimagaslik, feltételezem, hogy ez a része kevésbé volt lepusztulva. A várárok e körül sokkal meredekebb, mint a belső várnál.





37. ábra A külső vár Északkeleti metszete

A látottak is bizonyítják, hogy a légifotogrammetria egy fejlődésben lévő technológia, sok mindenre használjuk a katonai térképezéstől kezdve a mezőgazdaságig. Bármennyire is azt hisszük, hogy már mindent feltérképeztünk, mindig lesznek új lehetőségek. A légirégészet ennek egy szintén látványos ága, amellyel amellet, hogy új építményeket fedezünk fel, a talaj minőségét is vizsgálva különböző korok tárgyait találjuk meg, amelyekkel a történelmüket is megismerhetjük. Különböző műkincseket, régi korokból származó kevésbé ép állapotú használati tárgyakat már e technológia felfedezése óta restaurálnak fotogrammetriai módszerekkel, a 3D dokumentálás, és az elemzések miatt. Ez is a légirégészethez kapcsolódik. [12]

A sárbogárdi Bolondvárról alkotott, képekből kialakuló modell jól szemlélteti a vár jellegzetességeit. Ezeknek a képeknek az ismeretében a túrázó is felfigyelhet erre a dombra, és a rajta elterülő objektumra. El tudja különíteni a két várrészt a várárkok segítségével, megfigyelheti a világháborúból megmaradt lövészárkokat. A dolgozatom célja egy elfeledett földvár megismertetése volt légirégészeti eljárással. A történelme megismertette az értékeit, a feldolgozásom pedig megmutatta magát a Bolondvárat különböző felülnézetekből, amik a tájékozódást, régebben a régészetet is elősegítette.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom elsősorban a tanáromnak és konzulensemnek, Koseczky Ádám Tanár Úrnak, hogy beleegyezett a földvár felmérésébe, és a sok segítséget. Köszönöm a többi tanáromnak is a támogatásukat és a belém vetett hitet. Az osztálytársaimnak is köszönöm a felmérésben nyújtott segítséget, és tapasztalatszerzéseket, és nem utolsó sorban a családomnak is a támogatásukat egy-egy nehezebb napon.

Irodalomjegyzék

- [1] „The Guardian,” [Online]. Available: <https://www.theguardian.com/society/pictures/image/0,-1020329542276,00.html>. [Hozzáférés dátuma: 21. október 2023].
- [2] M. S. J. H. H. Jørgen Hollesen, „The Application of RGB, Multispectral, and Thermal Imagery to Document and Monitor Archaeological Sites in the Arctic: A Case Study from South Greenland DOI:10.3390/drones7020115,” in *Drones*, MDPI, 2023, pp. 1-15.
- [3] B. Gábor, „Herman Ottó Múzeum Régészeti Osztály,” Herman Ottó Múzeum, 26. május 2020. [Online]. Available: <https://homregeszet.tumblr.com/post/619193122853912576/miskolci-r%C3%A9g%C3%A9sz-enciklop%C3%A9dia-l%C3%A9gir%C3%A9g%C3%A9szet-vagy>. [Hozzáférés dátuma: 21. október 2023].
- [4] Z. Czajlik, M. Árvai, J. Mészáros, B. Nagy, L. Rupnik és L. Pásztor, „Cropmarks in Aerial Archaeology: New Lessons from an Old Story,” *Remote Sensing*, pp. 1-17, 2021.
- [5] D. Strachan, „Aerial Archeology Research Group,” 1995. [Online]. Available: https://a-a-r-g.eu/wp-content/uploads/2019/02/1_kl-1.jpg. [Hozzáférés dátuma: 21 október 2023].
- [6] K. P. Martina Faltynova, „Aerial Laser Scanning in Archeology DOI:10.14311/gi.6.14,” Czech Technical University in Prague, Faculty of Civil Engineering, Czech Republic, 2011.
- [7] F. V. Hirportál, „feol.hu,” Fejér Vármegyei Hirportál, 25. április 2020. [Online]. Available: <https://www.feol.hu/helyi-kozelet/2020/04/meseszeptavasszal-a-sarbogardi-bolondvar>. [Hozzáférés dátuma: 21. október 2023].
- [8] N. G. M. Z. F. I. S. S. Terei György, „Fejér megye várai az őskortól a kuruc korig,” in *Fejér megye várai az őskortól a kuruc korig*, Budapest, Castrum Bene Egyesület – Civertan Bt., 2011, p. 83.

- [9] W. Zsolt, „Településképi arculati kézikönyv Sárbogárd,” in *Településképi arculati kézikönyv Sárbogárd*, Sárbogárd, 2017, p. 8.
- [10] C. B. Collection, „Royal Airforce Museum,” [Online]. Available: www.rafmuseumphotos.com/. [Hozzáférés dátuma: 22. október 2023].
- [11] S. Inc., „<https://surveysupplyinc.com/>,” [Online]. Available: <https://surveysupplyinc.com/>. [Hozzáférés dátuma: 21. október 2023].
- [12] C. Seitz, *ArchEyeAutomatic: UAV-Based Documentation of Monuments in Archaeology*, Marburg: Philipps-Universität, 2023.
- [13] A. A. Kft., „maps.arcanum.com/hu/map,” Arcanum Adatbázis Kft., [Online]. Available: maps.arcanum.com/hu/map . [Hozzáférés dátuma: 24. október 2023].
- [14] R. Bewley, „Aerial Survey for Archaeology DOI:10.1046/j.0031-868X.2003.00023.x,” in *The Photogrammetric Record*, United Kingdom, Blackwell Publishing Ltd., 2003, pp. 273-292.
- [15] D. Stefan és M.-M. Ştefan, „THE DRONES ARE COMING. WHAT TO CHOOSE? LOW AND MEDIUM ALTITUDE AERIAL ARCHAEOLOGY ON LIMES TRANSALUTANUS,” pp. 25-35, 2016.
- [16] R. G. Emanuel, „AERIAL ARCHAEOLOGY IN ROMANIA. SITES FROM ROMAN DACIA EXAMINED USING AERIAL PHOTOS,” *JOURNAL OF ANCIENT HISTORY AND ARCHAEOLOGY*, pp. 145-152, 2015.

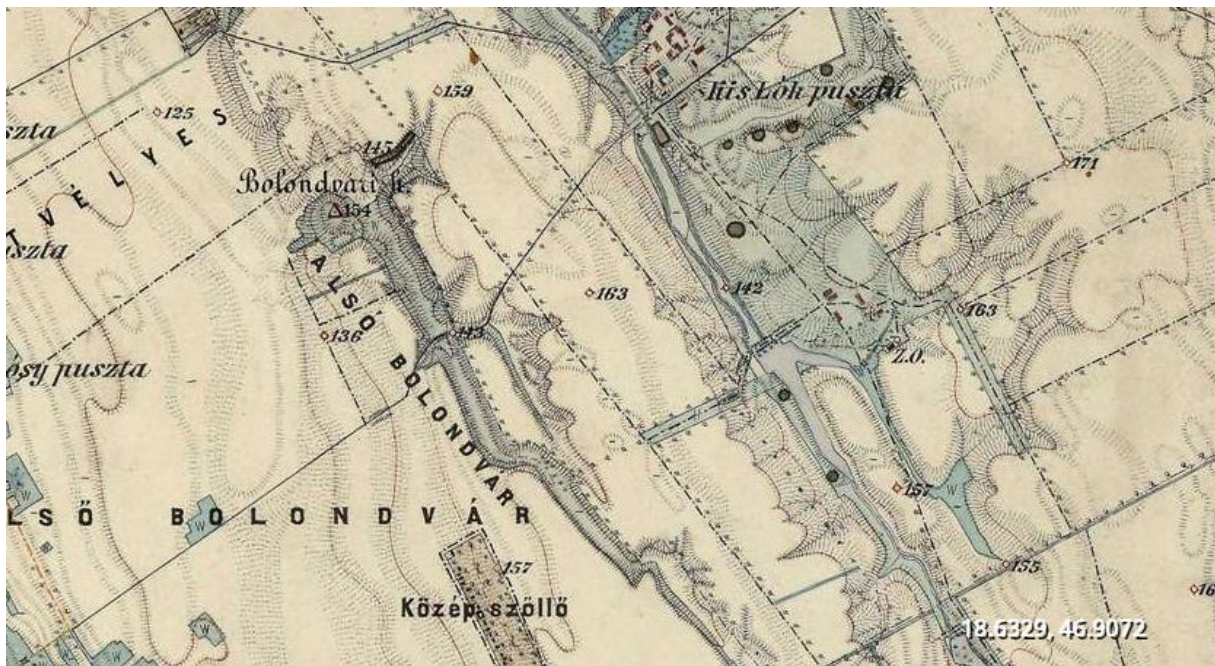
Mellékletek

1. számú melléklet



38. ábra A Bolondvár és környéke az első katonai felmérés idején [13]

2. számú melléklet



39. ábra A Bolondvár és környéke a harmadik katonai felmérés idején [13]

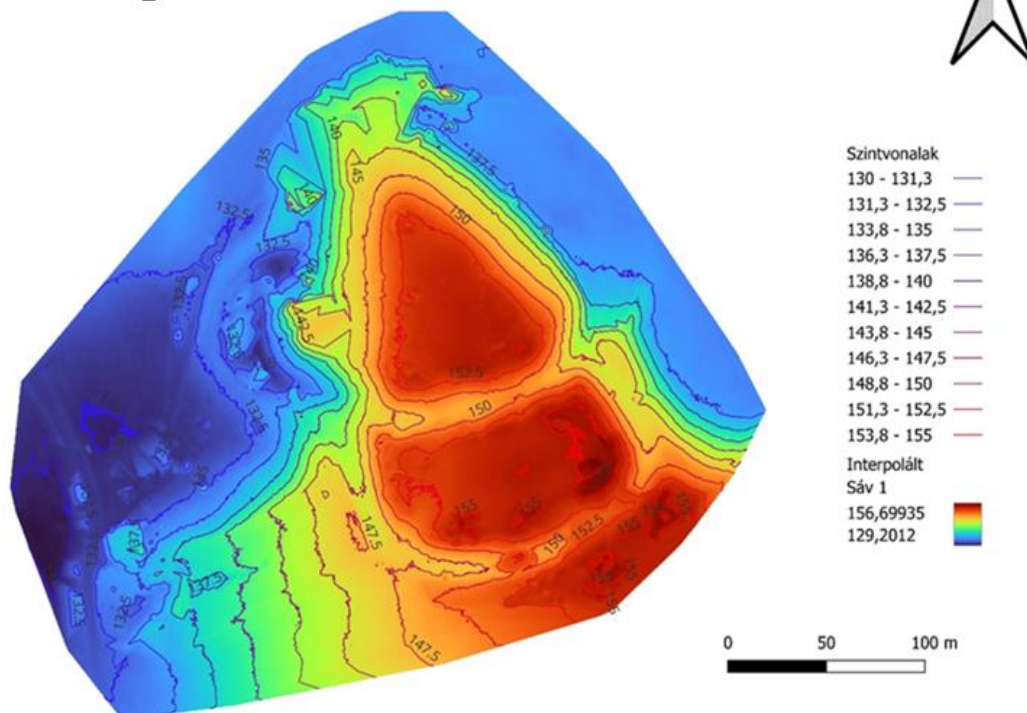
3. számú melléklet



40. ábra A felmérést végző csapat

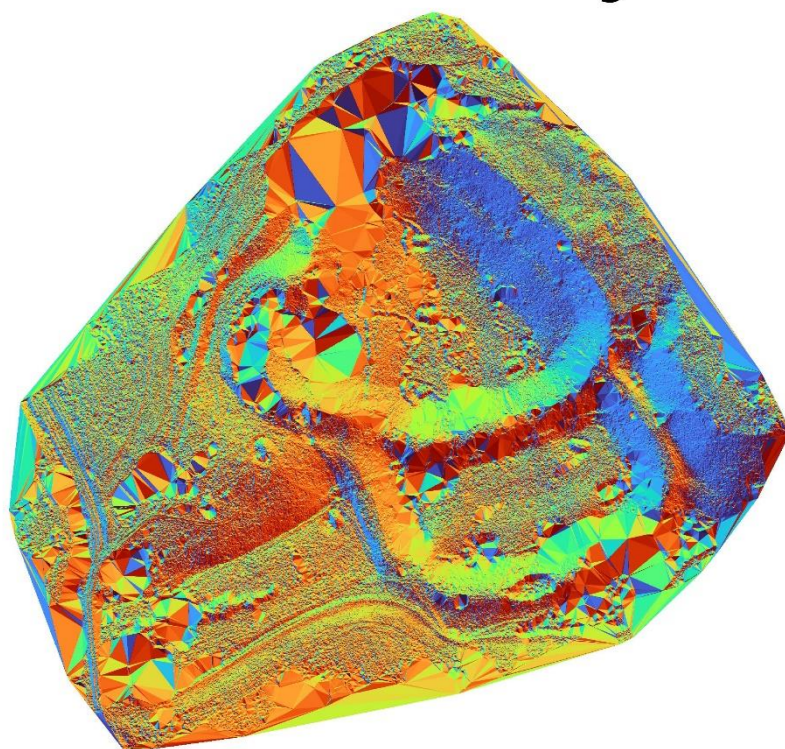
4. számú melléklet

Interpolált modell szintvonalakkal



5. számú melléklet

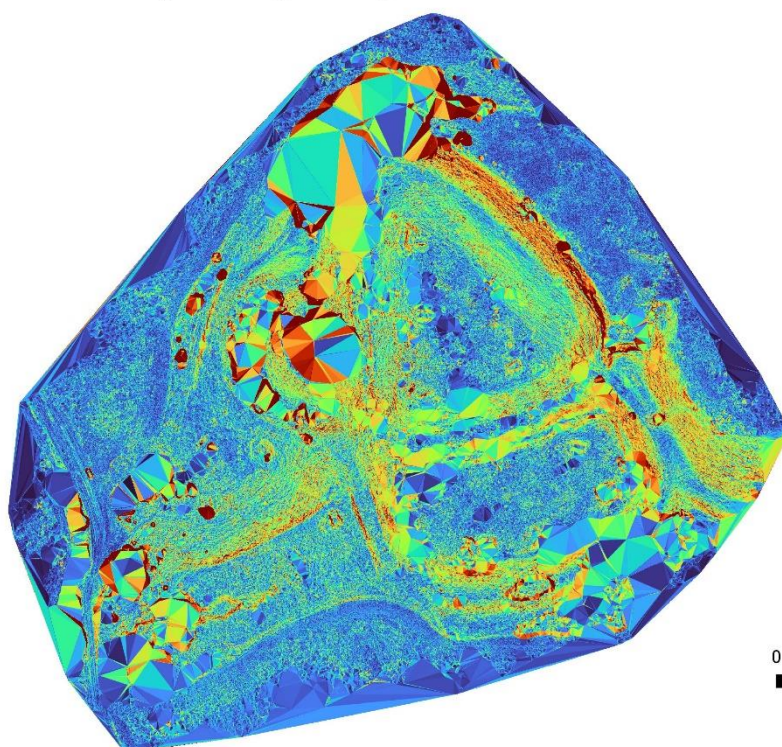
A modell kitettsége



0 25 50 m

6. számú melléklet

Lejtőszög vizsgálata a modellben



0 25 50 m

7. számú melléklet

GNSS Survey Report

MicroSurvey FieldGenius Version: 11.0.2.0

--Project Information-----

Project Name: Bolondvar
Creation Date: 10-17-2023
Creation Time: 09:25:37
Horizontal System: Hungary EOVI (VITEL2014)
Vertical System: VITEL2014.byn
Distance Unit: Meters

--Datum Parameters-----

Delta X (m): 52.729000
Delta Y (m): -71.148000
Delta Z (m): -13.832000
Scale (ppm): 0.989580000
Forgatás X CW (sec): 0.316650"
Forgatás Y CW (sec): 0.106730"
Forgatás Z CW (sec): 0.378280"

--Projection Parameters-----

--Ellipsoid Parameters-----

Egyenlítői Sugár (a) (m): 6378160.000000
Sarki Sugár (b) (m): 6356774.516000
Inverz Lapultság (1/f): 298.247166

--Reference Information-----

Reference ID: 0204
Mount Point: SGO_FKP3.2
Reference Format:
Latitude: N47°11'19.56379"
Longitude: E18°25'07.78164"
Ellipsoid Height: 173.289m

--Measured Points-----

Antenna NGS_ID: "ESVE100 NONE"			
NGS_L1: 77.0mm	NGS_L2: 69.0mm		
Point ID: 7	Description:		
Antenna Height: 2.000	Solution:	RTK Fix	
No. Satellites: 38	No. Epochs:	30	
GPS Start Time: 07:49:34			
Northing: 174565.6573	RMS North:	0.0007	
Easting: 620130.1870	RMS East:	0.0006	
Elevation: 146.9235	RMS Elev:	0.0015	
HDOP: 0.5	VDOP: 0.8	PDOP: 1.00	
Point ID: 5	Description:		
Antenna Height: 2.000	Solution:	RTK Fix	
No. Satellites: 38	No. Epochs:	30	
GPS Start Time: 07:51:24			
Northing: 174526.1616	RMS North:	0.0007	
Easting: 620138.0720	RMS East:	0.0007	
Elevation: 145.6449	RMS Elev:	0.0016	
HDOP: 0.4	VDOP: 0.7	PDOP: 0.90	
Point ID: 4	Description:		
Antenna Height: 2.000	Solution:	RTK Fix	
No. Satellites: 38	No. Epochs:	30	
GPS Start Time: 07:54:31			
Northing: 174592.5262	RMS North:	0.0007	
Easting: 620210.1130	RMS East:	0.0007	
Elevation: 154.1693	RMS Elev:	0.0017	

GNSS Survey Report

MicroSurvey FieldGenius Version: 11.0.2.0

HDOP: 0.4 VDOP: 0.8 PDOP: 0.90

Point ID:	8	Description:	
Antenna Height:	2.000	Solution:	RTK Fix
No. Satellites:	39	No. Epochs:	30
GPS Start Time:	08:01:51		
Northing:	174646.3760	RMS North:	0.0010
Easting:	620201.5707	RMS East:	0.0009
Elevation:	154.3167	RMS Elev:	0.0020
HDOP:	0.4	VDOP:	0.7
		PDOP:	0.90

Point ID:	10	Description:	
Antenna Height:	2.000	Solution:	RTK Fix
No. Satellites:	39	No. Epochs:	30
GPS Start Time:	08:03:32		
Northing:	174641.4758	RMS North:	0.0010
Easting:	620166.7494	RMS East:	0.0009
Elevation:	153.1558	RMS Elev:	0.0021
HDOP:	0.4	VDOP:	0.7
		PDOP:	0.90

Point ID:	9	Description:	
Antenna Height:	2.000	Solution:	RTK Fix
No. Satellites:	39	No. Epochs:	30
GPS Start Time:	08:35:37		
Northing:	174707.3785	RMS North:	0.0017
Easting:	620170.0800	RMS East:	0.0014
Elevation:	152.9479	RMS Elev:	0.0037
HDOP:	0.5	VDOP:	0.8
		PDOP:	1.00

Point ID:	1	Description:	
Antenna Height:	2.000	Solution:	RTK Fix
No. Satellites:	37	No. Epochs:	20
GPS Start Time:	08:51:40		
Northing:	174698.5908	RMS North:	0.0022
Easting:	620083.0385	RMS East:	0.0016
Elevation:	134.3495	RMS Elev:	0.0050
HDOP:	0.5	VDOP:	0.8
		PDOP:	1.00

Point ID:	6	Description:	
Antenna Height:	2.000	Solution:	RTK Fix
No. Satellites:	35	No. Epochs:	30
GPS Start Time:	08:54:31		
Northing:	174612.7549	RMS North:	0.0015
Easting:	620067.6674	RMS East:	0.0011
Elevation:	131.2307	RMS Elev:	0.0035
HDOP:	0.5	VDOP:	0.9
		PDOP:	1.00

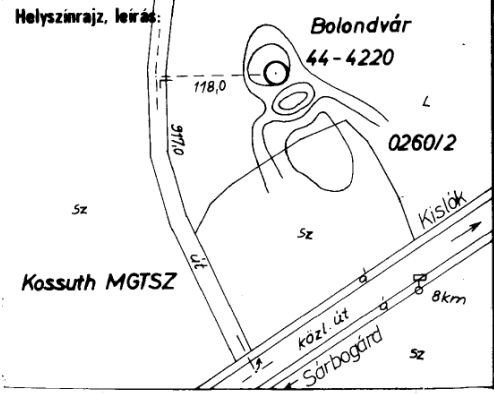
Point ID:	2	Description:	
Antenna Height:	2.000	Solution:	RTK Fix
No. Satellites:	35	No. Epochs:	9
GPS Start Time:	08:57:46		
Northing:	174569.2625	RMS North:	0.0070
Easting:	620010.4718	RMS East:	0.0047
Elevation:	130.2815	RMS Elev:	0.0161
HDOP:	0.5	VDOP:	0.8
		PDOP:	1.00

8. számú melléklet

Psz	Y [EOV]	X [EOV]	Z
1	620083.039	174698.591	134.349
2	620010.472	174569.262	130.281
4	620210.113	174592.526	154.169
5	620138.072	174526.162	145.645
6	620067.667	174612.755	131.231
7	620130.187	174565.657	146.924
8	620201.571	174646.376	154.317
9	620170.080	174707.378	152.948
10	620166.749	174641.476	153.156

2. táblázat Illesztőpontok koordinátái

9. számú melléklet

		Vízzintes alappont leírása	
	Y	X	Pontszám: 44-4220
EOV	620193.92	174637.72	Vármegye: Fejér
	f:	l:	h:
Sztereo. tr.	29812.73	63471.93	Állapot: rendben
HKR tr.	29810.2	25710.14	Meghatározás: 1987
N.A.			Állandósítás: kő
			Állandósítás éve: 1987
			Állandósítás megjegyzés:
			Pontvédő: jelzőoszlop rövid
			Rendűség: IV. rendű
			Íránypont: nem
			GPS hálózatok: nem
			Helyszínelés: 2018
			Magasság
			nincs:
			állandósítási kód: 154.76
földalatti jel: 153.66			
			Megjegyzés:

10. számú melléklet: Saját eredmények

- Több dolgot készítettem már pilóta nélküli légi járművekkel összefüggésben, így jelen dolgozatban szerettem volna megvizsgálni ezen népszerű és rendkívül hatékony technológia alkalmazhatóságát.
- A dolgozatom egyértelműen bemutatja a légirégészet hasznosságát, és hogy az általam alkalmazott eszközök jól működnek ezen a területen. Az adatgyűjtés gyorsasága és a megjelenítés, elemzés nagyon fontos részét képezi a munkának, továbbá a légi fotogrammetriai felméréssel is bebizonyíthattam magát a Bolondvárat, és annak terepi viszonyait is.
- Mérésem, ahogy a dolgozatomban is kifejtettem, UAV és GNSS technológián alapul. A Dronelink szoftverben a terület kiválasztása után saját magam elkészítettem két repülési tervet, amely a terepen segítette az UAV-val való repülésemet. A program jó kezelhetősége miatt egyszerűen ki lehetett választani a kellő információkat. Kint már csak a vezérlőre erősített telefonon keresztül kellett követnem a drón helyzetét és egyéb adatait. A GNSS rendszerrel pedig osztálytársaimmal dolgoztam össze. Ebben a helyzetben én kezeltem a vevőt vezérlő tabletet, figyeltem a műholdak számát, a vevő dőlését, illetve én indítottam el a mérést. Ellenőriztem a bemért illesztőpontok helyét és számát a térképen.
- Az eredményeimet több programban is sikeresen szemléltettem. Az Agisoft Metashape-ben a digitális terepmodellből egy digitális felületmodellt készítettem a szűrések által, ami azt is egyértelműen bemutatta a számomra, hogy ilyen esetben a pontfelhő osztályozási módszerek rendkívül fontosak. Továbbá ezen a modellen jól kiolvashatóak a Bolondvár jellegzeteségei. Mivel ezekkel az eredményekkel szerettem volna tovább dolgozni, így a QGIS-t hívtam segítségül. Itt már egy Interpolált modellt is készítettem, illetve egy lejtőszög és kitettség vizsgálatot is. Ezekkel a terep jellegére hívtam fel még jobban a figyelmet. Illetve a metszeteket is ennek érdekében választottam, amiknek a helyét tudatosan alakítottam így. Eredményeim igen szemléletesek, és jól tükrözik a vizsgált objektum tulajdonságait.
- A felhasználhatóság során rendkívül sok tapasztalatot szereztem, amelyeket a jövőben kamatoztatni szeretnék. Hasonló területek felmérése történhet lézerszkennelvel, vagy LIDAR technológiával is, valamint az adatgyűjtés sebessége növelhető RTK vevővel ellátott UAV-val. A földalatti objektumok kutatására alkalmazhatók a multispektrális kamerával rendelkező drónok. Úgy gondolom, hogy rengeteg lehetőség rejlik ezen technika alkalmazásában.