



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT

**Cím: Korszerű adatnyerési módszerek vízügyi
alkalmazási lehetőségei**

OE-AMK

Hallgató neve: Mudri Alexandra

2023

Hallgató törzskönyvi száma: T000630/FI12904/A-G



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Mudri Alexandra

Szakedolgozat száma: [REDACTED]

Törzskönyvi száma: T000630/FI12904/A-G

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: földmérő és földrendező mérnök

Specializáció: Geoinformatika specializáció

A dolgozat címe: Korszerű adatnyerési technológiák vízügyi alkalmazási lehetőségei

A dolgozat címe angolul: Advanced data acquisition technologies for water applications

A feladat részletezése:

Szakirodalom alapján röviden jellemezze a korszerű távérzékelési eljárásokat! Külön térjen ki a vízügyben alkalmazható módszerekre!

A rendelkezésre álló eszközzel/eszközökkel egy mintaterületen mutassa be az adatnyerés gyakorlati megvalósítását!

Végezzen összehasonlítást a korábban alkalmazott módszerekkel és értékelje az eljárásokat pontossági és gazdasági szempontból!

Összegezze tapasztalatait, és tegyen javaslatot az egyes technológiák lehetséges alkalmazására!

Intézményi konzulens neve: Balázsik Valéria

A kiadott téma elévülési határideje: 2026. 02. 10.

Beadási határidő: 2023. 12. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Székesfehérvár, 2023. 10. 25.



[Signature]
Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom: 2023. 12. 15.

[Signature]
belső konzulens

[Signature]
külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai 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: Székesfehérvár, 2023.12.12.

Mészáros Alexandra

hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés	1
2.	A velencei-tó.....	3
3.	Vízügyi szabályozás	6
4.	adatgyűjtési módszerek.....	7
4.1	Távérzékelés.....	7
4.2	Fotogrammetria	8
4.3	LiDAR.....	11
4.3.1	Műholdas helymeghatározás.....	12
4.3.2	Ionosféra.....	14
4.3.3	Helymeghatározási technológiával kapcsolatos fontos szempontok	15
4.4	Szonár.....	16
5.	Alkalmazott eszközök.....	18
5.1	UAV	18
5.1.1	DJI MAVIC 2 PRO.....	20
5.2	USV	21
5.2.1	CHC NAVIGATION	21
5.2.2	APACHE 3	22
6.	Alkalmazott szoftverek	25
6.1	CloudCompare	25
6.2	Drone2Map	26
6.3	Surfer.....	26
7.	Mérés és feldolgozás.....	27
7.1	Mederfelmérés.....	27

7.2	Szelvénymérés a csatornaszakaszon	30
7.3	UAV-val végzett felmérés.....	31
8.	Mérési eredmények feldolgozása.....	36
8.1	Szonáros mederfelmérés eredményei.....	36
8.2	Keresztmetszeti pontok	36
8.3	Ortofoto-mozaik előállítása.....	37
8.4	LiDAR pontfelhő	38
8.5	Metszet készítése.....	41
9.	Eredmények értékelése	43
10.	Összegzés.....	45
11.	Summary.....	46
12.	Irodalomjegyzék	47
13.	Mellékletek	48

1. BEVEZETÉS

A természeti erőforrások kezelésében és a társadalmi fejlődés támogatásában a vízügy mindig is kulcsfontosságú szerepet töltött be. A XXI. század technológiai forradalma számos új lehetőséget nyitott meg a korszerű távérzékelési eljárások megjelenésével a vízügyi alkalmazások számára, elősegítve a napjainkban egyre fontosabbá váló vízügyi feladatok megoldását. Így találkoztam a CHC Navigation-nel és az általuk kínált kiemelkedő navigációs eszközökkel, mint például az Apache 3 pilóta nélküli vízfelszíni jármű.

Számos CHC Navigation által szervezett szakmai napon volt lehetőségem rész venni, ahol megismerkedhettem a cég által kifejlesztett eszközökkel, azok jellemzőivel és alkalmazási területeivel. Az egyik eseményen az Apache 4 személyzet nélküli felszíni hajó került bemutatásra nem csak elméleti formában, hanem gyakorlati alkalmazásban is. Ez egy magas precizitású, önjáró, távirányított mérőeszköz, amely azonnal felkeltette érdeklődésemet a terepi alkalmazási lehetőségeivel. Ennek hatására választottam a szakdolgozatomban alkalmazott eszközként az eggyel korábbi verziót, az Apache 3-at, amellyel szonáros felmérést végeztem. Emellett használtam hagyományos globális helymeghatározást, drón technológiát és felhasználtam korábbi LIDAR-os felmérés tereppontjait is.

Mintaterületként a Velencei-tó egy kisebb, de fontos szerepet betöltő részét választottam, mégpedig a Dinnyési-árok egy szakaszát. A Velencei-tó Magyarország harmadik legnagyobb tava, környezeti adottságai, elhelyezkedése és fekvése miatt meghatározó szerepet tölt be az ország vízgazdálkodásában és ökológia egyensúlyában. A területen végzett mérések és azok feldolgozásának eredményeként egy komplex térbeli adatbázist kapunk. A mérést és feldolgozást a dolgozatomban részletesen ismertetem, hangsúlyozva az alkalmazott módszerek vízügyi alkalmazásának lehetőségeit és előnyeit, hatékonyan támogatva ezzel a szakterület gyakori feladatait.

A dolgozatban ismertetésre kerül az egyes technológiákkal nyert adatok terepi felbontása, pontossága és alkalmazásának gazdaságossága, összehasonlítva a korábbi hagyományos módszerekkel. Az adatnyerés mellett bemutatásra kerülnek a különböző megjelenítési le-

hetőségek, mint metszetek, felszínborítás és térbeli nézetek. A Velencei-tó több évtizeddel ezelőtt végzett felmérése eredményeként készült ortofotójának összehasonlításával meghatározható a terület felszínborításának változása is.

A tapasztalatok összegzésével a dolgozat javaslatot tesz az egyes technológiák alkalmazására és továbbfejlesztésére, mellyel lehetővé válik a hatékonyabb és gyorsabb adatgyűjtés és adatszolgáltatás, előnyt biztosítva a vízügyi munkák során.

2. A VELENCEI-TÓ

A Velencei-tó Magyarország harmadik legnagyobb természetes állóvize a Balaton és a Tisza-tó után. A Velencei-medencében, Mezőföldön a Velencei-hegység közvetlen szomszédjában található, területe 26 km². Mélysége átlagosan 1,5 méter a legmélyebb pontja 2 méter. A hossza 10,8 kilométer, szélessége 1,5 és 3,3 kilométer szélesség közé tehető, parthossza pedig 28,5 kilométer, a víztömegét 40-41 millió köbméterre becsülik. Budapesttől 45 perc / 50 kilométer, Székesfehérvártól pedig 25 perc / 30 kilométer távolságban található. Központi és legnagyobb települése Velence.



1. ábra: Velencei-tó

A tó felületének csaknem harmadát nádasok borítják, ezzel ideális fészkelő- és bújóhelyet nyújtva több ezer vízimadárnak. Különlegesen gazdag madár- és növényvilággal rendelkezik. Az emberek számára is számos kedvező tulajdonsággal rendelkezik, ugyanis a magas napfényes órák száma a vízi sportok szerelmeseinek, a fürdeni, akár horgászni vágyóknak kedvez, ahogyan a természet és túrák kedvelőinek is ideális.

Lefeljebb 14-15 ezer éve alakult ki két párhuzamos törésvonal között a földkéreg lesüllyedésével, melyet a viharos szelek tovább mélyítettek a csapadék és felszíni vizek pedig

feltöltötték. Kialakulásának idején a mostani területének körülbelül kétszerese volt, vízszintje pedig 3-4 méterrel magasabb volt a mostaninál. Kiterjedése és mélysége a földtörténeti jelenkorban a feltöltődés hatására folyamatosan csökkent.

A tó az elmúlt másfél évezredben közel 14-szer azaz átlagosan 100 évente kiszáradt. Jelenleg körülbelül az életútjának felénél tart. Külső beavatkozás nélkül a sorsa néhány évezreden belül az ellaposodás majd a feltöltődés lesz, viszont a mederkotrás egy drasztikus feladat lenne az állatvilágot tekintve, és a kitermelt több millió köbméter iszap tavon kívülre való elszállítása és elhelyezése sem megoldható feladat.

A Velencei-tó szabályozása az 1960-as évek végén kezdődött meg, melyben a természetvédelem mai szempontjai nem kaptak szerepet, így a partvonal körülbelül felén az eredeti arculatát el is veszítette teljesen. A szabályozás keretein belül építették meg a Dinnyés-Kajtori-csatornán Dinnyésnél a zsilipet, a Császár-vízen Zámolynál és Pátkánál pedig a víztározót.

Medrének mintegy 50%-át kimélyítették kotrással, és a felgyűlt kotrási iszapból alakították ki a Cserepes-szigetet, valamint a Velencei-szigetet. A kotrás hatására a 60%-os nádlefedettség 40%-ra csökkent. A természetes tópart csak kevés helyen maradt meg. A feltöltések miatt az ÉK-i parton körülbelül egy 100 méteres sáv veszett el. A partvonal egykoron közvetlenül az országút mellett helyezkedett el, melynek a vonalát az élő fűzfák jól mutatják. A természetközeli arculatot nagyarányú építkezések változtatták meg, a feltöltések helyén strandok, bevásárlóközpontok, üdülőkörök épültek, a maradék területeket pedig felparcellázták. Az északi partvonal kelet felé eső szakaszán evezős pályát építettek 2,5 kilométeres hosszúságban, de a természetes növényzet és környezet itt sem maradt meg. [1]

A Velencei-tó és hegység nem sorolhatóak a bővizű tájaink közé, körülbelül egy tucat vízfolyással rendelkezik, melynek nagyrésze a szárazabb nyarakon ki is szárad. Legfontosabb itt megtalálható vízfolyás a Császár-víz, amely a Vértes délkeleti lejtőin található és a Zámolyi-medence vizeinek összegyűjtésével biztosítja a Velencei-tó vízellátását.

A Velencei-hegységből 6 patak táplálja a tavat, melyből a Pákozdon található Bella-patak a legjelentősebb, melynek folyásában található a mesterségesen előállított Bella-tó. A hegység vízfolyásait a lehulló csapadék, a talajvíz és a források táplálják.

Velencénél a Vereb-Pázmándi-vízfolyás érkezik a tóba, amelybe a Cibulka-patak torkollik. Délről 3 tápláló árka van a tónak.

2017-től 2023-ig zajlottak a Velencei-tó komplex vízrendezési munkálatai, amelynek során 47 helyszínen 25 kilométer hosszan újultak meg a partvédő művek és valósultak meg áramlásjavító kotrások.

3. VÍZÜGYI SZABÁLYOZÁS

Az Országos Vízügyi Főigazgatóság (OVF) által kiadott utasítás az OVF és a hozzá tartozó vízügyi igazgatóságok munkáját szabályozza a geodéziai felmérések területén. Az utasítások célja az, hogy egységes rendszert hozzanak létre a magyarországi folyószakaszok, kisvízfolyások és csatornák geodéziai felméréseihez, valamint az ezekhez kapcsolódó munkákhoz. Az utasítás meghatározza a műszaki szabályokat és eljárásokat, amelyeket az OVF-nek és a vízügyi igazgatóságoknak be kell tartaniuk a tervezéstől az üzemeltetésig. Az utasítás részletesen kifejti a geodéziai felmérésekkel kapcsolatos követelményeket és elvárásokat, biztosítja a szükséges irányelveket a munkavégzéshez. Az utasítás célja az egységes szabályozás és mérési módszertan meghatározása a magyarországi folyószakaszok és kisvízfolyások geodéziai felméréseihez és az adatbázisok modernizálása.



2. ábra: Országos Vízügyi Főigazgatóság logója

4. ADATGYŰJTÉSI MÓDSZEREK

A mérés során különböző adatnyerési technológiákat alkalmaztam. A már hagyományosnak mondható műholdas helymeghatározás mellett pilóta nélküli légi járművel megvalósított légifényképezést, valamint a területen elsőként alkalmazott távvezérléssel működtetett szonáros felmérést végeztem.

4.1 Távérzékelés

A távérzékelés fogalma: azokat az adatgyűjtési és feldolgozási eljárásokat értjük összefoglalóan távérzékelés alatt, melynek során tárgyakról, területekről és jelenségekről, különböző módszerekkel, eszközökkel és távolságból közvetve, azok érintése nélkül gyűjtünk és rögzítünk adatokat. A távérzékelés fogalma kiterjed az adatok feldolgozási folyamatára is, amellyel azokat értelmezzük, elemezzük, mérjük, ilyen módon nyerve az adatokból információkat.

A távérzékelés egy olyan adatgyűjtési eljárás, amely során elektromágneses energia segítségével nyerünk információkat a földfelszínről vagy objektumokról, anélkül, hogy közvetlen kapcsolatba kerülnénk velük. Az energiaforrások lehetnek természetesek, például a Nap sugárzása, vagy mesterségesek, mint a lézer vagy radar. Az elektromágneses hullámok segítségével érzékeljük az objektumok sajátosságait, és ezeket az adatok feldolgozzuk és értelmezzük.

A sugárzás fizikai törvényeit a hullámhossz, frekvencia és a sebesség jellemzik, amelyek meghatározzák az elektromágneses spektrumon belüli elhelyezkedésüket. A kvantumelmélet szerint az energia kölcsönhatása az anyaggal fotonok vagy kvantumok révén történik. A távérzékelés fontos eszköz a földfelszín tanulmányozásában, és a gyakorlatban a földrajzi információs rendszerek segítik az adatok elemzését és eredmények megjelenítését. [2]

A távérzékelés során különböző eszközökkel, az elektromágneses spektrum különböző tartományaiban érzékelhetjük az elektromágneses energiát és rögzíthetjük az adatokat. Ezek képi vagy nem optikai adatok lehetnek. Az űrtávérzékelés az űrhajók, műholdak vagy

űrállomások segítségével 160 km-nél nagyobb távolságokból készítenek felvételeket. A legfontosabb alkalmazások közé tartozik a meteorológia, geodézia, kartográfia, geográfia, mezőgazdaság, erdőgazdálkodás, katasztrófavédelem és sok más terület. Az űrtávérzékelés során olyan műholdrendszerek használatosak, mint a LANDSAT, SPOT, IRS, IKONOS, QuickBird. A Radar-ok aktív távérzékelő rendszerek, amelyek mikrohullámú energiával működnek és például az időjárás előrejelzésben, katonai felderítésben és erőforrások felmérésében alkalmazzák. Az előnyük az időjárástól és napállástól való függetlenség. Néhány példa a Radar-rendszerekre: RADARSAT, EBISAT, SEASAT és ERS.

4.2 Fotogrammetria

A távérzékelés és a fotogrammetria között jelentős különbségek vannak. Míg a távérzékelés a képek tartalmának értelmezésére és tematikus elemzésére összpontosít, addig a fotogrammetria elsősorban a képeken szereplő objektumok geometriai tulajdonságainak meghatározására fókuszál. A fotogrammetria a centrális vetítésű képeket használja, melyeket korábban fényérzékeny filmen, ma már jellemzően digitális szenzorok segítségével rögzítenek.

A centrális vetítés pozitív, ha a képsík és a tárgy a vetítési centrumtól azonos irányba esik, míg negatív, ha a vetítési centrum a tárgy és a kép között helyezkedik el. A centrális vetítés alapján a fotogrammetria segítségével meghatározhatók a tárgyak alakja, mérete és térbeli elhelyezkedése valamilyen vonatkozási rendszerben.

Továbbá a fotogrammetria a térbeli adatok meghatározásához legalább két felvételt igényel, mivel egy kép alapján nem lehet egyértelműen meghatározni egy tárgy térbeli pozícióját. Ezen kívül digitális terepmodellek is használhatók a térbeli adatok meghatározásához, de ehhez is szükség van legalább egy másik felvételre egy másik vetítési központtal.

A különbségek ellenére a távérzékelés és a fotogrammetria gyakran egymást kiegészítő területek és együttesen alkalmazva lehetővé teszik a részletes adatok gyűjtését és elemzését.

A fotogrammetria egy olyan művészet és tudomány, amely a fényképek alapján meghatározza a tárgyak helyét és alakját. A fotogrammetria a fényképek rögzítését, mérését és értelmezését foglalja magába. Ezt az eljárást gyakran használják metrikus információk gyűjtésére, valamint a természeti környezetben lejátszódó jelenségek megfigyelésére, illetve mérésére. A fotogrammetria a fotográfival együtt fejlődött, és az egyik legrégebbi módszer a térbeli információk megszerzésére.

A fotogrammetria történelme a fényképezés megszületésével kezdődött. Daguerre 1837-ben készítette az első dagerrotípiát, amelyet később 1839-ben szabadalmaztatott. Az első alkalmazásai az építészet területén jelentek meg, később önálló tudománnyá vált. 1859-ben meghatározták a párizsi Notre-Dame tornyának magasságát is fényképek segítségével. A légi fotogrammetria kialakulása összefüggött a repülés fejlődésével, különösen a világháborúk idején és közötti időszakokban erősödött meg, ahol a topográfiai térképészeti felmérésekhez széles körben alkalmazták.

A fotogrammetria különböző csoportokra osztható, a felvételek helye és távolsága alapján, valamint a kiértékelési technológiák alapján. A felvételek helye alapján két fő csoportot különböztetünk meg, mégpedig földi és légi fotogrammetriát. A földi fotogrammetria tovább osztható a felvevő és a fényképezett objektum távolsága alapján (mikro-, makro-, közel-, távol- fotogrammetria). Az értékelési technológiák szerint létezik analóg, analitikus és digitális fotogrammetria.

A fotogrammetria lehetőséget nyújt térbeli adatok meghatározására, ezek a földi és légi felvételek alapján végzett értékelések számos alkalmazási területen hasznosak lehetnek.

Az analóg fotogrammetria egy olyan eljárás, amely során analóg képeket értékelnek ki analóg műszerek segítségével. Az analóg műszerek optikai-mechanikai elemekből állnak, és az analóg fényképekből vagy negatívokból visszaállítják a sugárnyalábot, amely a felvétel pillanatában létrehozta a képet. A képzés során a képek azonos méretarányban torzítás nélkül jelennek meg. Az ehhez a módszerhez alkalmazott vetítőkamera segítségével a képek közötti térbeli beállítást lehetővé teszik, és a képek megfelelő beállítása mellett a bal és jobb kép látványát a szemben szétválasztva létrehozható a fényképezett objektum

valódi optikai modellje. Ezen a modellen végzik a méréseket, mint például pontok terepi koordinátáinak meghatározását. Használható például olyan felvételek készítéséhez, amelyek adott méretarányú, torzulástól mentes, tónusos képeket eredményeznek. A mérési feladatokat a képsíkban végzik, és a mérési hiba a képek méretarányától függ.

Az analitikus fotogrammetria során ugyancsak analóg képeket értékelnek ki, de analitikus műszerekkel. Ez a kiértékelési módszer a képpontok és a tereppontok közötti matematikai összefüggéseken alapul. Az 1960-as években a számítástechnikai fejlődésnek köszönhetően egyszerűsödtek a számítások, és az első számológépek, majd számítógépek is alkalmazásra kerültek a mérések feldolgozásában.

A digitális fotogrammetria olyan eljárás, amely során digitális képeket értékelnek ki számítástechnikai eszközökkel. A számítógépek veszik át az emberi látás és felismerés szerepét, és lehetővé teszik a digitális képek készítését és feldolgozását. A digitális fotogrammetria előnye, hogy lehetővé teszi a nagyobb adatmennyiség kezelését és a kiértékelési folyamat automatizálását.

Ez a három fotogrammetriai eljárás lehetővé teszi a térbeli információk meghatározását különböző mértékű pontossággal és alkalmazási területeken. Az analóg, analitikus és digitális fotogrammetria mindegyike fontos eszköz a geodéziában, térképészetben, térinformatikában és sok más területen.

Minden kép, legyen az analóg vagy digitális, gazdag információkat tartalmaz az ábrázolt objektumokról, tereprészletekről és jelenségekről. Ezen információk három fő kategóriába sorolhatók: alaki információk, geometriai információk és fizikai információk, melyek közül a fotogrammetria elsősorban geometriai információt hasznosítja. A képek további információ tartalmához képfeldolgozással juthatunk. A képelemek színe és intenzitásértéke alapján lehetséges objektumok azonosítása és tulajdonságainak megállapítása.

Alaki információk: Ezek olyan tartalmi elemek a képen, amelyek nem változnak a kép nagyításával vagy a kontraszt módosításával. Alaki információk segítenek az objektumok azonosításában és megértésében.

Geometriai információk: Ezek a kép és a valóság közötti matematikai összefüggésekből származnak, és olyan metrikus adatokat tartalmaznak, mint a térbeli hely és méret. Geometriai információk lehetővé teszik az objektumok pontos pozíciójának és méretének meghatározását.

Fizikai információk: Ezek az információk a képpontok vagy képelemek színét és fényességét tartalmazzák. Segítenek az objektumok azonosításában és azok tulajdonságainak megállapításában.

Az analóg képek esetében az információkapacitás azonosításához a legkisebb megkülönböztethető „pont méretét” és a különböző szürkességi szinteket vesszük figyelembe. Ezt általában a felbontóképesség mértékébe fejezzük ki, ami az 1mm-en belül megkülönböztethető sötét-világos vonalpárok számát jelenti vonalpár/mm mértékegységben. Az analóg kép információtartalma a kép méretével arányos.

A digitális képek esetében nincs méretarány, és az információ kapacitást olyan tényezők határozzák meg, mint geometriai felbontás, az érzékelők hullámhossz-tartományok száma, a spektrális felbontás és radiometriai felbontás. Ezek a tényezők együttesen meghatározzák a képen tárolt információ mennyiségét.

Mivel a légifelvételek perspektív torzulástól szenvednek a kameratengely helyzetétől függően, a terepi információ kapacitás számításakor figyelembe vesszük az eltérő mérési arányokat és felbontóképességeket a kép koordinátatengelyei mentén [3]

4.3 LiDAR

A LIDAR (Light Detection and Ranging) lézer alapú távérzékelési módszer, amely a lézerefény impulzusok kibocsátásával és visszaverődésük időbeli különbségének mérésével határozza meg a tárgyak távolságát. Az technológia eredete az 1960-as évek elejére nyúlik vissza, és eredetileg meteorológusok alkalmazták.

A LIDAR a látható, ultraviola vagy infravörös tartományban működik, és a mérések pontossága a hullámhossztól és a mérési elrendezéstől függ. A lézerszkennelés során speciális lézerimpulzusokat bocsátanak ki, és a visszaverődés alapján határozzák meg a tárgyak

távolságát. Az ALS (légi lézerszkennelés) repülőgépekről vagy drónokról történik, és a földfelszín részletes felmérésére használják. [4] A LIDAR számos területen alkalmazható, mint a légkörkutató, meteorológia, földtudományok, mezőgazdaság és régészeti kutatások.

4.3.1 Műholdas helymeghatározás

A globális navigációs műholdrendszerek (GNSS – Global Navigation Satellite Systems) mesterséges holdakat használ a helymeghatározás, navigáció és időmeghatározás feladatainak megoldásához. A GNSS szolgáltatásokat, amelyek helymeghatározásra, navigációra és időmeghatározásra irányulnak, PNT (Position, Navigation, Timing Services) rövidítéssel jelölik. A műholdas helymeghatározás azon az elven alapul, hogy a mesterséges holdaknak ismert a pontos pozíciójuk egy adott vonatkoztatási rendszerben és ezt a pozíciót a földi pályakövető állomások rögzítik. A műholdak az így kettős távméréssel meghatározott navigációs adatokat sugározzák. A felhasználók (GNSS vevők) a vevőjük és a műholdak közötti távolságot számolják ki, majd ezen adatok alapján meghatározzák a pozíciójukat. A vevő sebesség is számolható a két helymeghatározás között eltelt idő ismeretében. A GNSS alapvetően három fő részből áll: az alarendszerekből (műholdak), a kiegészítő rendszerekből (földi vagy műholdas) és a felhasználói oldalból (vevők és szoftverek). Az első generációs GNSS az alarendszereket és a kiegészítő rendszereket foglalja magába, míg a második generáció kizárólag a civil felhasználású rendszerekből áll. A GNSS technológiát a pontos helymeghatározás és navigáció területén alkalmazzák.

A GNSS infrastruktúra az olyan kiegészítő rendszereket foglalja magába, amelyek lehetővé teszik a GNSS (például GPS (Global Positioning System)) rendszer független méréseit, különösen a geodéziai célú méréseket. Ezek az infrastruktúrák teszik lehetővé a GNSS méréseinek folyamatos és időbeli megfigyelését, amely nélkülözhetetlen a pontos helymeghatározás és navigáció szempontjából.

Az infrastruktúrák különböző szempontok alapján csoportosíthatók:

- Földrajzi kiterjedés szerint:
 - Világhálózat: Az egész földkerekséget lefedő infrastruktúra, például OmniStar vagy IGN (International GNSS Service).
 - Kontinentális hálózat: Egy adott kontinens területére terjed ki, például az ez európai aktív hálózat az EPN (EUREF Permanens Network) kiemelt jelenőségű)
 - Nemzeti hálózat: Egy ország területére korlátozódik, például hazai aktív hálózat Magyarországon.
 - Helyi hálózat: Kisebb területekre terjed ki, például különböző felmérési vagy mérnökeodéziai hálózatok.
- Mérés folytonossága szerint:
 - Passzív hálózat: Olyan infrastruktúra, amely csak passzív referenciapontokból áll és méréseket szolgáltat az utólagos adatfeldolgozáshoz.
 - Aktív hálózat: Valós idejű méréseket kínál a felhasználóknak.
- Az adattovábbítás csatornája (médiuma) szerint:
 - Műholdas alapú: az adatokat a műholdak közvetítik, például az EGNOS esetében.
 - Földi alapú: Adataik a földi adatátviteli rendszereken keresztül érhetőek el, például GNSSnet.hu infrastruktúra esetében.
- Az adattovábbítás fejlettsége szerint:
 - 1. szintű infrastruktúra (passzív hálózat, referenciapontként)
 - 2. szintű infrastruktúra (aktív hálózat, utólagos adatszolgáltatás)
 - 3. szintű infrastruktúra (aktív hálózat, valós idejű adatszolgáltatás)
- A számítás módja szerint
 - kötött hálózat
 - szabad hálózat

A GNSS infrastruktúra lényeges eszköz a geodéziai és térinformatikai alkalmazásokban, mivel lehetővé teszi a pontos helymeghatározást és navigációt. Az infrastruktúra fő célja

az adatok folyamatos rendelkezésére állása és a geodéziai mérésekhez szükséges pontosság biztosítása.

A GNSS mérés során nyers adatokat gyűjtünk, amelyek kódtávolságokat, fázisértékeket és Doppler-számokat tartalmaznak. A kód mérés a műhold által kibocsátott kód és a vevő által előállított referencia-jel összehasonlításán alapszik, míg a fázismérés a vevőjel fázisának összehasonlításán alapszik. A Doppler-mérés az elektromágneses hullám frekvenciaváltozásán alapul a műhold és a vevő mozgása miatt.

Az adatok RINEX formátumban kerülnek tárolásra, ami lehetővé teszi az egységesítést és az adatok megosztását különböző GNSS vevők és szoftverek között.

Az NTRIP az RTCM formátumú adatok Interneten keresztüli továbbítására szolgál, összekapcsolva az Internetet a hálózatos RTK mérésekkel. Az NTRIP szoftverek három típust tartalmaznak: NtripClient, NtripServer, NtripCaster. [5]

4.3.2 Ionoszféra

A műholdas helymeghatározást nagyban befolyásoló tényező az ionoszféra hatása. Az ionoszféra a légkör felső rétege. Töltött részecskéket tartalmaz, és érzékeny az űridőjárásra, vagyis a napsugárzásra és naptevékenységre. Befolyásolja a rádióhullámok terjedését, amely megzavarhatja a navigációt és a kommunikációt, ez a földmérés szempontjából a GNSS-es rendszerekre van nagy hatással. A napfolttevékenység 11 éves periódust mutat. A hozzánk legközelebb álló ciklus 2025-ben fogja elérni a maximumát, de már az előző években is érzékelhető volt a hatása. A Nap elektromágneses és részecskesugárzása térben és időben is nagymértékben, változékony nagyságban ionizálja az atmoszférában lévő semleges molekulákat. Akár lehetetlenné tévő ugrásszerű hatásokat okoz a nagy frekvenciával, változó megnövekedett elektontartalom. Az ionoszférahatás nem csak most a maximumhoz közeledve jelent komoly problémát, ugyanis hazánkban évszakos hatás is megfigyelhető, amely a Föld Nap körüli keringéséből adódik és a forgástengelyének ferdeségéből. Téli időszakba egyre nehezebbé válnak az RTK (real time kinematic) mérések. Emellett napi ciklusa is van, amely a Föld forgásának következtében alakul ki. Hazánkban 10-14 óra között a legerőteljesebb.

A Nap 11 éves periódust mutat a napfolttevékenységben, és a legközelebbi ciklus 2025-ben éri el a maximumát, de már most is érezhető hatása van. A napfogyatkozások időszakosan befolyásolják az ionoszféra és GNSS rendszerek teljesítményét. Az ionoszféra hatása a napközelítés és a Föld forgástengelyének ferdesége miatt érezhető.

A napfogyatkozás során csökken az ionoszféra ionizációja, különösen az 60-80 kilométeres magasságban, ami elektronsűrűség csökkenéséhez vezethet. Emellett a napsugárzás csökkenése lehűti a felső légkört, ami az ionoszféra hőmérsékleti szerkezetét is befolyásolja, ami változásokat okozhat az ionoszféra sűrűségében és magasságában. [6]

Az ionoszféra változásai zavarhatják a rádióhullámok terjedését, különösen a nagyfrekvenciás tartományban, ami a távolsági kommunikációban fontos. Az ionoszféra anomáliák, mint az ionoszféra lyukak vagy -elvékonyodás, is problémákat okozhatnak a rádiójelek és GPS-navigációs rendszerek működésében. [7]

Ezen hatások változásokat okoznak a rádióhullámok terjedésében az ionoszférában, ami negatív hatással lehet a kommunikációra és navigációra. A napfogyatkozások lehetőséget nyújtanak a kutatók számára, hogy tanulmányozzák az ionoszféra reakcióit a napsugárzás változásaira. Jelenlegi műszerekkel, mint az ionoszondákkal, GNSS-vevőkkel és radar-rendszerekkel, figyelhetők meg az ionoszféra változásai, ami elősegíti az ionoszféra dinamikájának jobb megértését.

4.3.3 Helymeghatározási technológiával kapcsolatos fontos szempontok

Helymeghatározásnál kiemelkedő fontosságú a kívánt pontosság meghatározása, legyen az tíz méter vagy centiméter. Az abszolút helymeghatározás egyedüli vevő segítségével történik, míg a relatív helymeghatározáshoz több vevő adatait kombinálják, ezzel elérve általában nagyobb pontosságot. A kódalapú mérések eredménye általában több méteres pontosságú, míg a fázismérések lehetővé teszik a milliméteres pontosságot. A helymeghatározás során lehetőség van valós idejű vagy utólagos feldolgozásra; az utóbbi hagyományosabb, de az RTK technológia valós idejű megoldásokat kínál. A statikus és kinematikus módszerek közötti fő különbség az objektum mozgása: a statikus helymeghatározás mozdulatlan vevők között történik, míg a kinematikus módszer mozgó vevőkkel

dolgozik, ami különösen fontos mozgó objektumok helymeghatározásában. Az egybázisos és több-bázisos módszerek közül választhatunk aszerint, hogy hány referenciapontot használunk a mérések során. Az autonóm mérések során a felhasználó saját vevőjére támaszkodik, míg a szolgáltatások referenciapontokra épülnek. A GNSS szolgáltatás minőségét a rendelkezésre álló infrastruktúra, referenciapontok és adatszolgáltatás típusa határozza meg. A geodéziában a helyi vagy országos vonatkoztatási rendszereket alkalmazzák, és a választott technológia és módszer a helymeghatározás céljától függ. Ez lehet alappontsűrítés vagy részletpontok felmérése. A GNSS technológia karbantartása és az infrastruktúra fejlesztése is kiemelkedően fontos a megbízható helymeghatározás érdekében. [5]

4.4 Szonár

Víz alatti célpontok észlelésére különböző fejlett módszerek alkalmazhatók, amelyek folyamatosan fejlődnek az elérhető technológia és a kihívásoknak való megfelelés érdekében. A hangalapú (akusztikus) érzékelési módszerek mellett más típusú érzékelőket is alkalmaznak, például mágneses, optikai, elektromos és hődetektálási eljárásokat.

A passzív szonár egyfajta víz alatti mikrofonrendszer, amely a célpontok által kibocsátott hangokat hallgatja meg. Ezzel a módszerrel a rendszer képes felismerni a környező környezetben lévő zajokat és célpontokat anélkül, hogy aktívan kibocsátana hangjeleket.

Az aktív szonár viszont hangimpulzusokat bocsát ki, majd a visszaverődött hangokat elemzi annak érdekében, hogy meghatározza a célpontok távolságát és jellemzőit. Ennek a módszernek az előnye, hogy aktívan célpontokat is keres, de az általa kibocsátott hangok potenciálisan leleplezhetik a saját pozícióját.

A projektor érzékenysége és a forrásszint közötti kapcsolat kiemelten fontos a rendszer teljesítményének megértéséhez és optimalizálásához. A rendszerek általában küldő és vevő üzemmódokban működnek, ahol a projektortömbök és hidroföntömbök kombinációja segíti a hatékony működést és a céltudatos jelátvitelt.

A tömbbeállítás tervezése kritikus elem a rendszer hatékonyságának optimalizálásához. Ez a tervezési folyamat lehetővé teszi a rendszer számára, hogy hatékonyan irányítsa a hangjel irányát és optimalizálja az érzékenységet, fokozva ezzel az észlelés és az észlelt célpontok azonosítása terén elért hatékonyságot. Az ilyen fejlett technológiák alkalmazása növeli a víz alatti célpontok megbízható észlelésének lehetőségeit a különböző katonai és civil alkalmazásokban. [8].

5. ALKALMAZOTT ESZKÖZÖK

5.1 UAV

Az UAV-k (Unmanned Aerial Vehicles) vagy közismert nevükön drónok olyan légi járművek, melyek fedélzeti irányítás nélkül működnek. Két fő komponensből állnak: az UAV, ami a repülő járművet jelenti, és az UAS (Unmanned Aircraft System), ami egy komplex rendszert alkot az UAV mellett. Az UAV-k lehetnek távvezéreltek vagy autonóm üzemmódban működnek programozott útvonalakon. Az UAS tartalmazza a földi állomást az operátoroknak, valamint kiegészítő berendezéseket, mint például kamerák, GNSS, IMU-k és más szenzorok. Széles körben alkalmazzák légifényképezésre, térkép-készítésre, környezeti felügyeletre, mezőgazdasági felmérésekre és mentési műveletekre. Automata üzemmódjuk és beépített szenzoraik révén hatékonyan és pontosan végzik el ezeket a feladatokat, hozzájárulva az adatgyűjtés és elemzés hatékonyságához. A technológia fejlődése révén széles körű alkalmazási lehetőségeik tovább bővülnek, és sok iparágban és tevékenységben járulnak hozzá a hatékonyabb munkavégzéshez. A pilóta nélküli felvevő rendszerek különböző típusokra oszthatók a funkciójuk, hatótávolságuk és magasságuk alapján. Ezek a kategóriák segítenek megérteni, hogy milyen célokra és milyen feltételek mellett használhatók ezek a rendszerek.

Csoportosításuk

- Célpont: Gyakran szolgálnak célpontok szimulálására vagy a figyelem elterelésére, különösen katonai alkalmazásokban.
- Hadászati és felderítő: Olyan célok kiszemlélésére és megfigyelésére használatosak, amelyek taktikai információkat nyújthatnak.
- Harci: Képesek katonai műveletek végrehajtására, például célzásra vagy légvédelmi szerepek ellátására.

Logisztikai: Szállításhoz és raktározáshoz használhatók.

Kutatási-fejlesztési: Új technológiák tesztelése és fejlesztése.

Civil és kereskedelmi cél: Civil és kereskedelmi célú drónok széles skáláját alkotják, például légi fotózás, mezőgazdasági alkalmazások, épületfelügyelet és még sok más.

Kézi vezérlésű: Alacsonyan repülnek, akár 600 méter magasságban és rövidebb hatótávolságot tesznek meg (2 km legfeljebb).

Közeli típusú: Ezek a drónok magasabbra repülhetnek, akár 1500 méter magasságig, és akár 10 kilométeres hatótávolságra képesek.

NATO típusú: Akár 3000 méter magasságig emelkedhetnek és 50 kilométeres távolságokat tehetnek meg.

Taktikai: 5500 méter magasságig emelkedhetnek és akár 160 km távolságot képesek repülni.

MALE (Medium Altitude, Long Endurance): 9000 méter magasságig emelkedhetnek és meghaladhatják a 200 km-es hatótávolságot.

HALE (High Altitude, Long Endurance): A magas magasságú és hosszú repülési idejű drónok 9100 méter felett repülnek és rendkívül nagy hatótávolságot képesek elérni.

HYPERSONIC (Mach 1-5+): A hiperszonikus drónok 15200 méter felett repülnek és jelentős 200 km-es hatótávolságokat tesznek meg.

ORBITAL: A Föld-Hold távolságban repülnek.

5.1.1 DJI MAVIC 2 PRO

A DJI, a polgári drónok és légi képalkotási technológia világelsője és a Hasselblad, a kiváló minőségű professzionális közepes formátumú fényképezőgépek vezetője egy újonnan integrált légifényképezési rendszer létrehozása miatt fogott össze. (3. ábra)

A Hasselblad L1D-20c egy új szintet képviselő légifényképezőgép, mely magasabb szintű minőségi alapot állít fel a légifénykép minőség terén. Erőteljes 20 megapixeles 1 hüvelykes szenzorral rendelkezik, ami javítja a gyenge fényviszonyok közötti fényképezési képességeket a korábbi DJI drónkamerákhoz képest. Ezen felül, a Hasselblad Natural Colour Solution (HNCS) alkalmazásával a képek a legnagyobb színvonalú pontossággal kerülnek rögzítésre.



3. ábra: DJI Mavic 2 Pro a terepen felszállás előtt

HNCS alkalmazása a Mavic 2 Pro képalkotási folyamatában: A DJI és a Hasselblad közösen alkalmazta a HNCS-t a Mavic 2 Pro képalkotási folyamatában. A HNCS optimalizálja a képet a szélesebb színválaszték kiemelésével, és abszolút színvonalú pontosságot nyújt. Ez a rendszer a legjobb természetes színeket kínálja anélkül, hogy többféle beállítás közül kellene választani, például expozíciós beállításokat, amelyeket gyakran használnak a naplementék vagy növényzet fényképezésekor. Ez a technológia zökkenőmentesen beépül a Mavic2 Pro kamerarendszerébe, javítja a szín- és árnyalatvisszaadást a videó- és fényképalkotás során.

5.2 USV

A pilóta nélküli felszíni járművek (USV-k) széles körű civil felhasználásra találhatnak, mint például tengeri felmérés, bűnüldözés, éghajlatmegfigyelés és kereskedelmi alkalmazások. Az USV-k olyan robotikus hajók, melyek emberi személyzet nélkül működnek, eredetileg katonai és összetett küldetések céljából fejlesztve. Ezek a járművek változatos méretűek lehetnek, GPS-követéssel, szenzorokkal, és önálló navigációs képességekkel felszerelve. Az USV-k számos előnnyel rendelkeznek, például költséghatékonyság, ütközések elkerülése és kisebb emberi kockázat. Az USV-technológia folyamatos fejlődésével és alkalmazkodásával várhatóan egyre növekvő szerepet játszanak az életünkben, hozzájárulva a hatékonyabb és biztonságosabb műveletekhez a különböző iparágakban.

5.2.1 CHC NAVIGATION

A CHC Navigation egy világszerte elismert vállalat, amely precíziós geodéziai technológiákat és navigációs eszközök fejlesztésére és gyártására szakosodott. A vállalat vezető szerepet tölt be a GNSS (Global Navigation Satellite System) technológiák területén és számos kritikus iparágban, mint például a földmérés, az építőipar, az agrárium és a vízügyi alkalmazások. A vállalatot 2003-ban alapították Sanghajban, ahol a vállalat központja is található. A cég nemzetközileg is jelen van és több országban a világ különböző részein. Az európai központjuk Magyarországon, Budapesten található. A kereskedő irodáik megtalálhatóak több országban, amely lehetővé teszi a termékeik és szolgáltatásaik elérhetőségét.

5.2.2 APACHE 3

Az Apache 3 egy kifejezetten tavak, belvízi folyók és parti menti területek mélységi felmérésre tervezett hajótest. (5. ábra) A rendszer 4G kommunikációval, kettős GNSS helyzet-és irányérzékeléssel, valamint hatékony motorokkal rendelkezik, lehetővé téve az automata üzemmódban történő precíz mélységi felmérést. Az egyszerű kialakítású, könnyű, mégis erős hajótestet egyetlen személy is könnyen telepítheti és irányíthatja, ideértve a sekélyebb vizekben és nehéz körülmények között történő munkavégzést is. A batimetrikus mérési technológia segítségével pontos mélységi és alaktani adatokat gyűjt, kielégítve a különböző vízi alkalmazások igényeit.



4. ábra: Apache3 a Dinnyési-árokban

A batimetrikus mérési technológia egy olyan eljárás, amely pontos vízmélységi és alaktani adatokat gyűjt a víztest aljának topográfiai és mélységi térképezéséhez. Ez a módszer lehetővé teszi, hogy a hajótest pontosan meghatározza a víz mélységét és más fontos jellemzőit, ami különböző vízi alkalmazások, például hajózás, hidrográfia és tengerkutatás számára rendkívül hasznos.

A batimetrikus mérés során a mélység adatokat rendszerint mélységmérő szenzorok vagy echoszondák segítségével rögzítik, ezáltal pontos információkat szolgáltatva a víztest

mélységéről. Emellett a módszer alkalmas a víz alatti topográfiára is, lehetővé téve dombok, mélyedések, sziklák és más víz alatti jellemzők térképezését.

A partvonal és partstruktúrák, például kikötők, mólók és partmenti létesítmények rögzítése szintén része ennek a technológiának, hozzájárulva a vízi területek biztonságos és hatékony navigációjához. Ezenkívül az aljzat típusának, mint például sziklák, homokpadok és egyéb akadályoknak a feljegyzése segít az olyan területek azonosításában, ahol navigációs kockázatok léphetnek fel.

Ez a technológia tehát kulcsfontosságú a tengeri kutatásokban, hidrográfiai felmérésekben és hajózási alkalmazásokban, hozzájárulva a vízi környezetek részletes és pontos fel-térképezéséhez.

Víz alatti topográfia: A víz alatti jellemzőket, például dombokat, mélyedéseket, sziklákat térképeznek fel. Ezek az adatok fontosok a tengeri navigációhoz és hajózáshoz.

Partvonal és partstruktúrák: A batimetrikus mérések során a vízpart és a partstruktúrák például kikötők, mólók és partmenti létesítmények is rögzítésre kerülnek.

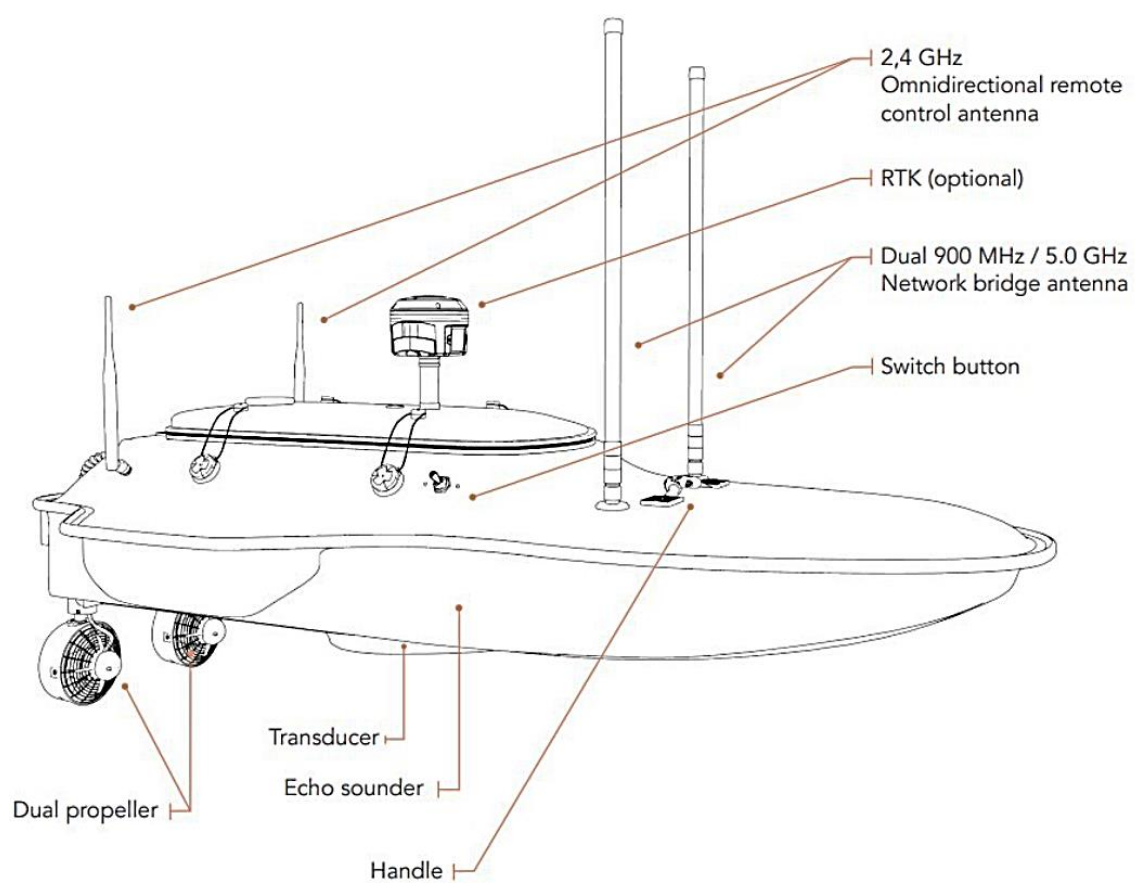
Sziklák, homokpadok és akadályok: Az aljzat típusát is feljegyzik beleértve sziklákat, homokpadokat és egyéb akadályokat, amelyek befolyásolhatják a hajózás és tengeri tevékenységeket.)

Az abszolút lineáris technológia egyesíti a nagy pontosságú pozicionálási és irányítási technológiát, hogy a komplexebb körülmények ellenére is egyenes hajózást biztosítson.

Merev szénszálas rudakkal vannak felszerelve a hajótest alján, hogy megvédjék a hajó egyes elemeit a vízi növényzettől esetleg a halászhálóoktól.

Tehát elmondhatjuk, hogy az Apache 3 egy könnyű, hordozható, sekély merülésű USV, amely alkalmazható tavakban, folyón vagy akár tengeren is.

Az abszolút lineáris technológia biztosítja az egyenes hajózást. Merev szénszálas rudakkal felszerelve védi a hajót a vízi növényzettől és más akadályoktól.



5. ábra: Apache3 felépítése

6. ALKALMAZOTT SZOFTVEREK

Az adatok feldolgozásához számos különböző szoftvert és eszközt használtam. Az említett programok közül a CloudComper, Surfer, AgiSoft, Drone2map és QGIS kulcsfontosságúak voltak a projekt során.

6.1 CloudCompare

Egy nyílt forráskódú szoftver, amelyet 3D pontfelhők kezelésére és feldolgozására terveztek. Ez a szoftver széles körű alkalmazási területek fed le, például geodéziában, geológiai modellezésben, térinformatikában és még sok már területen a CloudCompare lehetővé teszi a felhasználók számára, hogy a 3D térbeli adatokat vizsgáljanak, módosítsanak és elemzéseket hajtsanak végre az adatokon.

- Pontfelhőkezelés: Lehetővé teszi a felhasználók számára a nagy mennyiségű 3D pontok kezelését. Ez az adatstruktúra lehetővé teszi a földrajzi helyek, tárgyak és környezetek térbeli reprezentációját.
- Adatimport és adatexport: A szoftver képes számos 3D fájlformátum importálására és exportálására, beleérbe a .las, .xyz, .ply, .stl és más formátumokat. Ez lehetővé teszi a felhasználók számára, hogy különböző forrásokból származó adatokat integráljanak és más szoftvekkel is kompatibilis legyen.
- Pontfelhő manipuláció: A felhasználók tudnak pontok szűrni, skálázni, fogatni, vágni, kicsomagolni és egyéb műveletek végrehajtani a pontfelhőkön, amelyek segítségével jobban megértik és optimalizálják az adatokat.
- Megjelenítés: Lehetővé teszi a 3D pontfelhők vizualizálását és megjelenítését. Ezen felül a felhasználók különböző pontszínekódokat és stílusokat alkalmazhatnak, hogy jobban áttekinthessék az adatokat.

6.2 Drone2Map

A Dinnyési-árok kivezető szakaszáról készült felvételek feldolgozásához a szoftver használatát a Közép-dunántúli Vízügyi Igazgatóság biztosította.

A Drone2Map egy ArcGIS Pro egy modulja, amelyet a Pix4D és az ESRI közösen fejlesztettek ki a drónok által rögzített képek és videók feldolgozására és térbeli adatokká alakítására. A fő célja a fotogrammetriai elvételek és dróntechnológia alkalmazásával készült képek gyors feldolgozása, elemzése és térképezés. Lehetővé teszi a felhasználók számára, hogy egyszerűen hozzanak létre térképeket és 3 dimenziós modelleket a képek alapján, amelyeket az ESRI ArcGIS-be lehet beilleszteni.

Lehetőséget biztosít 2 és 3 dimenziós termékek előállítására. Automatizált feldolgozási funkciót kínál, minimalizálják a manuális beavatkozást. Könnyű felhasználófelülettel rendelkezik, amely az egyszerű navigálást biztosítja a szoftveren belül.

6.3 Surfer

A térképezéshez és adatvizualizációhoz használt szoftver népszerű számos szakterületen, amelyet a földrajzi információs rendszerekhez (GIS) használnak. Széles körben alkalmazzák a geodéziában, térképészetben, hidrográfiai elemzéseknél és más tudományterületeken. Térbeli adatok különböző megjelenítését kínálja, a jól szemléltető tetszetős látványok több szakterületen is hatékony segítséget nyújtanak a döntéshozóknak.

A Velencei-tó 2013-ban befejezett komplex vízrendezéshez készült LiDAR-os felmérés vizsgálati területünket lefedő kivágatát megkaptuk az Országos Vízügyi Főigazgatóságtól. Ennek felhasználásával készítettük el a Dinnyési-árok szakaszának felszínmodelljét.

7. MÉRÉS ÉS FELDOLGOZÁS

A kivezető csatornaszakasz a Velencei-tó déli partján található Agárd településen, a MOHOSZ Agárdi Horgászuduló területén. A csatorna beazonosítható az 1969-ben a Geoinformatikai Intézet jogelődje az Erdészeti és Faipari Egyetem Földmérési és Földrendezői Főiskolai Kar által készített ortofoto-mozaikon. (6. és 7. ábra)



6. ábra: 1969-es ortofoto-mozaik



7. ábra: A Dinnyési-árok az 1969-es ortofoto-mozaikon

Környezete rendezett, mivel üdülőként funkcionál. A csatornán a mindenkori Velencei-tó vízállása szerinti vizet tartalmazza. A mérések alapján erőteljesen feliszaposodott, ami betudható a tavalyi rendkívül száraz évnek is. A csatornán partján néhány stég található, amelyekhez horgászcsónakok vannak kikötve, ezek a mederfelmérését némiképp akadályozták. A vízmélység átlagosan 50 centiméter, ami alatt jelentős iszapréteg is található. A csatorna keleti oldalán foltokban, nyugati oldalon pedig foltokban sűrűbb nád található. A csatorna tó felőli kezdeti szakaszát néhány méteren teljes egészében nád borítja.

7.1 Mederfelmérés

A Dinnyési-árok szakaszának mérése két alkalommal történt. Az első alkalommal, 2023. október 6-án az Apache 3 szonárral felszerelt távvezérelt kishajóval a kivezető csatorna mederszintjének mérése és ugyanekkor zajlott a csatorna néhány szelvényének felmérése GNSS technológiával.



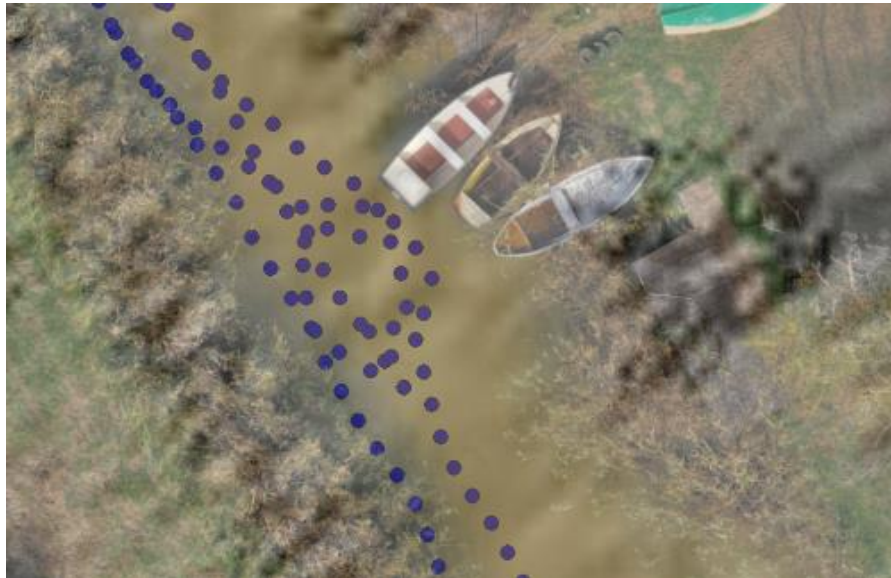
8. ábra: Apache 3 vízrehelyezés előtt

Ezen a napon az időjárást közepes szélereősség és napsütés jellemezte. A mérés időtartama alatt a levegő hőmérséklete 20 fokos volt és a tó és a kivezető csatorna vízhőmérséklete is még 18 fokos volt, ami kedvezett a vízben történő szelvénymérésnek. Az átlagos vízmélység lehetővé tette a távvezérelt, szonáros mederfelmérést, ellenben a csatornán található stégek és ahhoz kikötött csónakok, valamint a náddal borított területek nehezítették a felmérést. Ezért is történt a szonáros felmérés kiegészítése GNSS-szel végrehajtott szelvények mérésével. A hajó összerakása előírás szerint a szárazföldön, vízszintes terepen történt (8. ábra). Az IMU (Inertial Measurement Unit) minimális fél perces kalibrálását követően történt a hajó vízre helyezése (9. ábra).



9. ábra: Apache 3 mérés közben

A vízrebocsátást követően megismételtük a kalibrálást, majd a csatornaszakaszon kétszer vezettük végig a hajót, követve azt, a partról végezve a távirányítást (10. ábra), ügyelni kellett, hogy az akadályokat (csónakok, stégek és a sűrű nádat) elkerüljük. (11. ábra) A szonár az iszapréteg tetejét méri, melynek eredménye az 1. sz. mellékletben található.



10. ábra: Kalibrációs szonárpontok az ortofoto-mozaikon megjelenítve



11. ábra: Az Apache 3 távvezérlője

7.2 Szelvénymérés a csatornaszakaszon

A szonáros felméréssel azonos napon történt a szelvények mérése, összesen 7 szelvény mérése valósult meg. A vízmélység csak mellcsizma viselésével volt lehetséges. Minden szelvény esetében mérésre került a rézsű teteje és alja mindkét oldalon, a meder alja a szélességtől függően 2-3 ponttal történt (12. ábra). Mindkét oldalon a rézsű tetején túli tereppontokat is mértünk. Mivel a szonár csak az iszap tetejét méri, ezért a tényleges mederfenék mérése a GNSS technológiával történt a következőképpen: A vevő rúdjának óvatos engedésével az első ütközés jelezte az iszap tetejét, ahol megtörtént az első mérés, majd ezt követően már némi erő kifejtéssel került a vevő rudja az iszap aljára és történt meg a második mérés.



12. ábra: Szelvénymérés a csatornaszakaszon

Az időjárás és a nyíltterep kedvező volt a mérés elvégzésére, az átlagos ionoszférahatás ezen a napon 0.010 méter volt. A Mérés nem vett igénybe sok időt, és viszonylag könnyűnek mondható. Összesen 7 szelvényt mértünk a területen, 107 mérési ponttal, az eredmény egy része a 3. sz. mellékletben található.

7.3 UAV-val végzett felmérés

A második mérési napon 2023. október 19-én a csatornaszakasznak és környékének nagyfelbontású légifelvételét végeztük el UAV technológiával.



13. ábra: DJI MAVIC 2 PRO mérés közben

A területen 5 darab 50*50-es fekete-fehér falpra ragasztott műanyag pontjelet (14. ábra) helyeztünk el és ezen kívül egy területen megtalálható betoncsatorna fedlapot használtunk fel hatodikként. (15. ábra) A csatorna két oldalán egyenletesen, körülbelül egyenlő távolágba helyeztük el ezeket, ügyelve, hogy lehetőség szerint se az épületek, se a fák ne takarják ki a felvételeken.



14. ábra: Fekete-fehér fa illesztőpont műanyag fedéssel



15. ábra: Terepen megtalálható betonfedlap illesztőpont

Az illesztőpontok mérése GNSS-szel történt 20 epochával, amellyel körülbelül 30 méteren 3-4 centiméteres pontosságot kell elérnünk (2. sz. melléklet). A pontosabb mérés érdekében a vevő rúdját csipesszel rögzítettük az illesztőponton a mérés idejére (16. ábra). A Lechner Tudásközpont által üzemeltetett GNSS.net korrekciókat használtuk, amely létrehozott egy virtuális bázisállomást 4,3 kilométerre, amelyhez csatlakozni kellett és ezen keresztül kapta a GNSS a korrekciókat. Ezen a napon az átlagos ionoszférahatás 0.010 méter volt.



16. ábra: Az illesztőpontok mérése

A repülést az 5. fejezetben bemutatott Mavic 2 Pro-val végeztük, amelyhez egy iPad vezérlőt használtunk (17. ábra), ugyanis az IOS jobb kapcsolatot biztosít a DJI eszközeivel, mint az Android.



17. ábra: Repülési terv

A légtér egy környezetvédelmi szempontból korlátozott légtér, tehát engedélyköteles, aminek az elbírálási ideje 100 nap, de a megfelelő kérvények segítségével 15-20 napra csökkenthető és az ára 18 000 forint. Hozzá tartozik, hogy az engedélyt nem feltétlenül kapja meg az igénylő. A légügyi hatóságok felveszik a kapcsolatot az illetékes vármegyei környezetvédelmi hulladékgazdálkodási osztállyal, akik az illetékes nemzeti parkkal (Duna-Ipoly Nemzeti Park) és a terület természetvédelmi őrével egyeztetnek. Eseti engedély igényelhető, a környezeti szempontok figyelembevételével, de mivel nem lakott területen belül található a vizsgált terület, ezért eseti légtérengedély nem szükséges.

A legter.hu weboldalon megtekinthetjük, hogy a légtérben van-e valami korlátozás, lehet-e repülni. A mérés napján a légtérfelhasználási tervben volt igény néhány 100 méterrel távolabb, de a mérési területünket nem érintette.

Az időjárást azt OMSZ (Országos Meteorológiai Szolgálat) által szolgáltatott repülésmeteorológia oldalon ellenőrizhetjük, amely ingyenesen igénybevehető. A METAR kód a rendszeres, repülésre vonatkozó időjárást megadó kód neve, ami fél-

óránként, vagy óránként kerül kiadásra. Ezeket az adatokat használják kis és nagygépes repüléseknél egyaránt. A felmérés napjára közepes szél és napsütés volt jellemző, amely megfelelt ahhoz, hogy a drón a magasba emelkedjen és elkészítse a kívánt fényképeket.

Nyílt kategórián belül repültünk, ami azt jelenti, hogy az általunk használt Mavic 2 (18. ábra) az A1 műveleti alkategóriába tartozik, ahol a mérések a felszín felett 120 méteres relatív repülési magasságig végezhetők. Az a A1 típusú kategória, ami azt határozza meg, hogy milyen fajta drónokat lehet használni. Ez már csak ebben az évben érvényes, ugyanis a következő évtől kezdődően csak azokat a drónokat lehet használni, amelyek rendelkeznek osztályazonosító címkével.



18. ábra: A drón és egy illesztőpont a mérés megkezdése előtt

A repülési magasság 30 méter volt, ugyanis a területen található volt egy körülbelül 20 méteres fa, ezért a biztonságos repülési magasságot választottuk. A közepes szélhőkések miatt a repülés széliránnyal szemben történt. Az átfedés oldal és elő irányban is 90%, dőlésszöge 80 fok, amely a maximumot jelenti. A drónnak a felvételek elkészítése közben nem kellett megállni, ugyanis a képeket menetközben készítette. (19. ábra)



19. ábra: Repülési terv

A repülési tervben először hosszirányú, közelítőleg ÉD-i repülési irányt adtunk meg, de a terv szerinti repülés során problémába ütköztünk, amit okozhatott a kedvezőtlen szélirány, de az is, hogy az SD-kártyán nem volt megfelelő mennyiségű szabad tárhely. Az újretervezést követően KNY-i repülési sorokat alkalmaztunk, és a repülés eredményeképpen 385 képet kaptunk, míg az első repülésnél összesen 78 kép készült. Ügyeltünk a széleken is a leglább 2x-es átfedés létrejöttére a térbeli adatnyerés miatt. A repülést követően ellenőriztük az elkészült képeket, azok minőségét és az illesztőpontok leképződését.

8. MÉRÉSI EREDMÉNYEK FELDOLGOZÁSA

8.1 Szonáros mederfelmérés eredményei

Az Excel táblázatban rögzítésre kerültek a szonáros mederfelmérés eredményei, a meder aljának és az iszapréteg tetejének EOV koordinátái. A vízmélység értékét a szonár automatikusan előállította a vízfelszín és az iszapréteg közötti különbség meghatározásával. Az iszapréteg nélküli meder aljának ismerete kulcsfontosságú a vízügyi munkák tervezéséhez, mint például mederkotrás. Ezen adatok alapján pontosabb tervezéseket és hatékonyabb munkavégzést lehet elérni a vízügyi feladatok során. A mederfelmérés eredményeinek további részletes vizsgálata képezheti a szilárd talaj jellemzőinek meghatározását és talajtani elemzését.

Az Apache 3 egyfrekvenciás mérési módszerre képes, amelynél a pontok rögzítése idő-, vagy távolság intervallum szerint történik a haladási irány mentén. Napjainkban már piacra kerültek a termékcsalád fejlettebb változatai, a többfrekvenciás mérőhajók, amelyek a haladási irányra merőleges sávban képesek több pontot rögzíteni. Az általunk végzett szonáros mérés eredményeinek (344 pont) példaként egy részét mutatja, az 1. számú melléklet.

8.2 Keresztmetszeti pontok

A csatornaszakaszon 7 keresztmetszet mérésére került sor GNSS technológiával, amelynek eredményeként a vízfelszín alatt rögzítésre kerültek a rézsű alsó pontjai, a tengelypontok és a csatornapart mindkét oldalán a rézsű tetőpontok, valamint a metszet további tereppontjai EOV koordinátákkal. A vízzel borított területeken azonos vízszintes koordinátáknál rögzítettük az iszap réteg felső és alsó szintjét. Annak ellenére, hogy a vevő rendelkezett dőléskompenzátorral, az alsó és felső réteg esetében a vízszintes koordináták között időnként eltérések mutatkoztak. Ez a különbség abból adódott, hogy nem minden esetben sikerült az eszközt ugyanarra a vízszintes pontra helyezni a réteg aljánál (az eredmények egy része a 3. sz. mellékletben található).

8.3 Ortofoto-mozaik előállítása

A repülés során 285 kép készült, feldolgozásuk Drone2Map Pix4D szoftverrel történt, 6 darab illesztőpont felhasználásával. A képek közül a program a feldolgozásnál 3 képet nem használt fel, aminek oka vélhetően a homogén vízfelszín, vagy a nádas nehezen azonosítható pontjai miatt történt. A képek terepi felbontása 6 mm, a képek illesztéséhez a program 743944 kapcsolópontot azonosított és használt fel. Az illesztőpontok maradék ellentmondásai a következők:

Y hiba (m)	X hiba (m)	Z hiba (m)
0.077	0.070	0.269



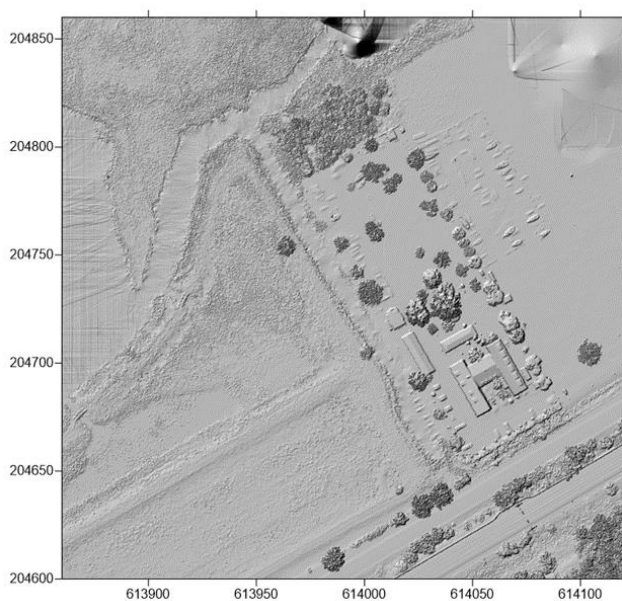
20. ábra: A Dinnyési-árok ortofoto-mozaikja

Az így előállított ortofoto-mozaik (20. ábra) a magasságkülönbség és perspektivitás okozta torzulásoktól mentes és az EOVS vetületi rendszerbe illesztett.

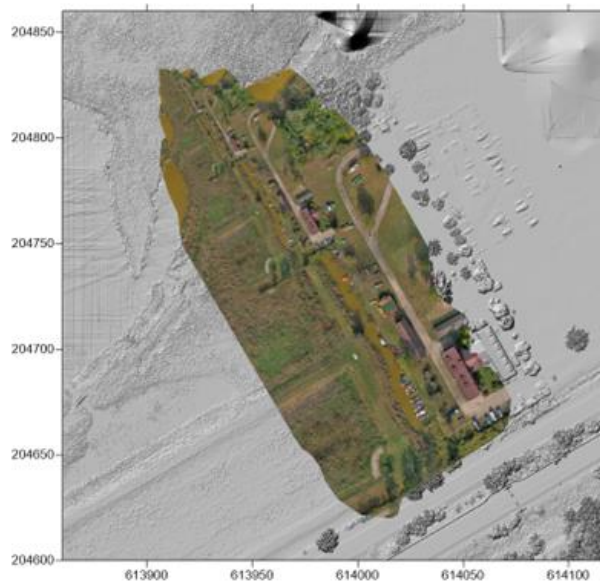
8.4 LiDAR pontfelhő

Az elkészült ortofoto-mozaik alapján lehatároltuk a vizsgálati területet és ennek LiDAR kivágatát megkértük és megkaptuk az Országos Vízügyi Főigazgatóságtól. A kapott állomány „las” kiterjesztésű.

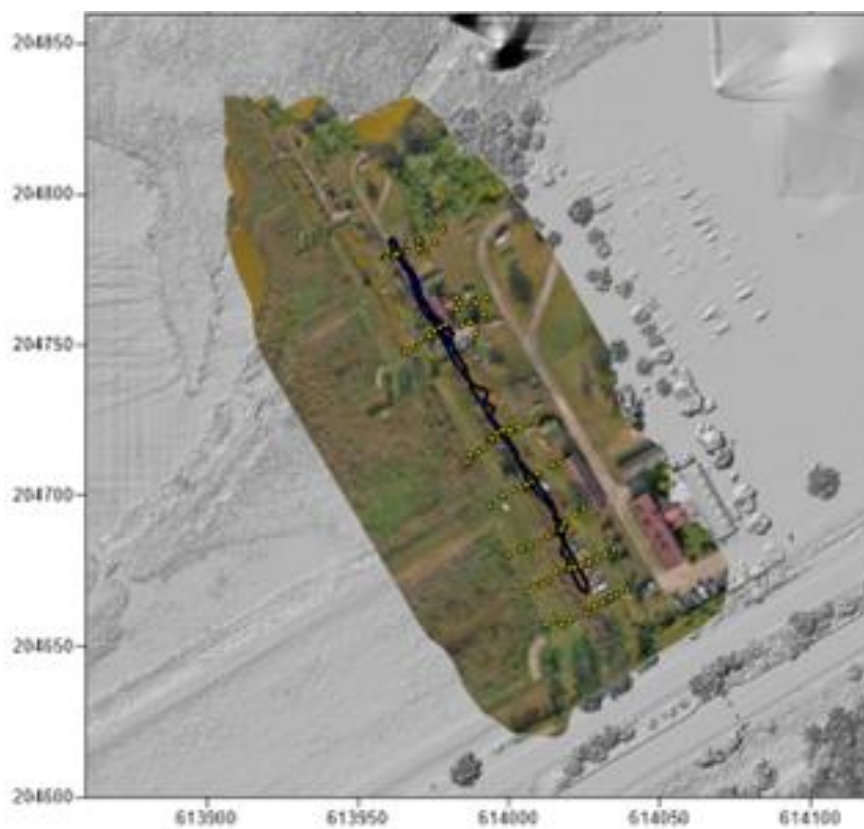
A SURFER program használatával a pontok alapján generált digitális felszínmodellt különböző módokon jelenítettük meg, vízszintes vetületben és térbeli nézetben. A szoftver lehetőséget biztosít az előzőekben ismertetett mérési eredmények és az ortofoto-mozaik felületre vetítésére és megjelenítésére is különböző nézetekben. Ehhez a digitális támpont állományok esetében egységesen „.txt” formátumot, az ortofoto-mozaik esetében pedig „.geotiff” állományt használtunk. (21. 22. 23. 24. ábra)



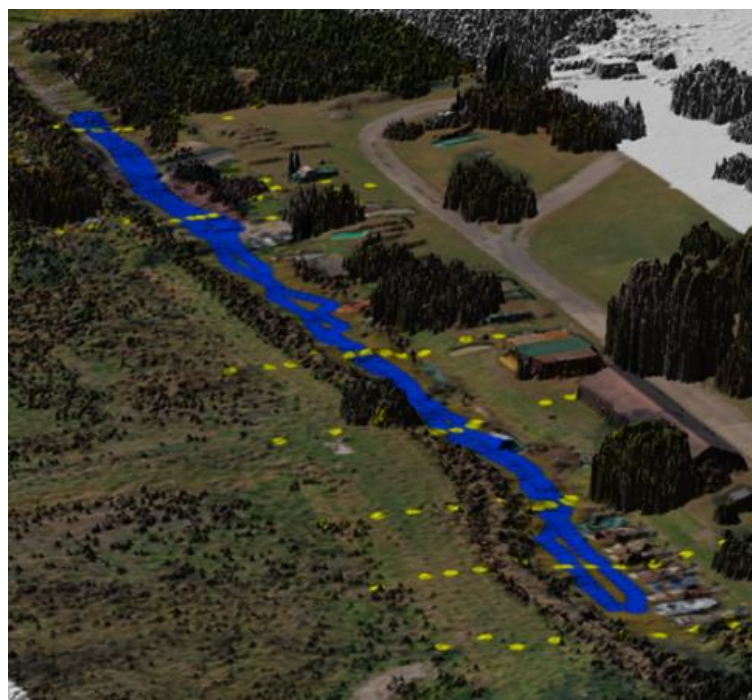
21. ábra: LiDAR pontállomány alapján generált felszín árnyékolt ortogonális vetületének megjelenítése



22. ábra: Az ortofoto-mozaik a LiDAR alapú felszínmodellre vetítve



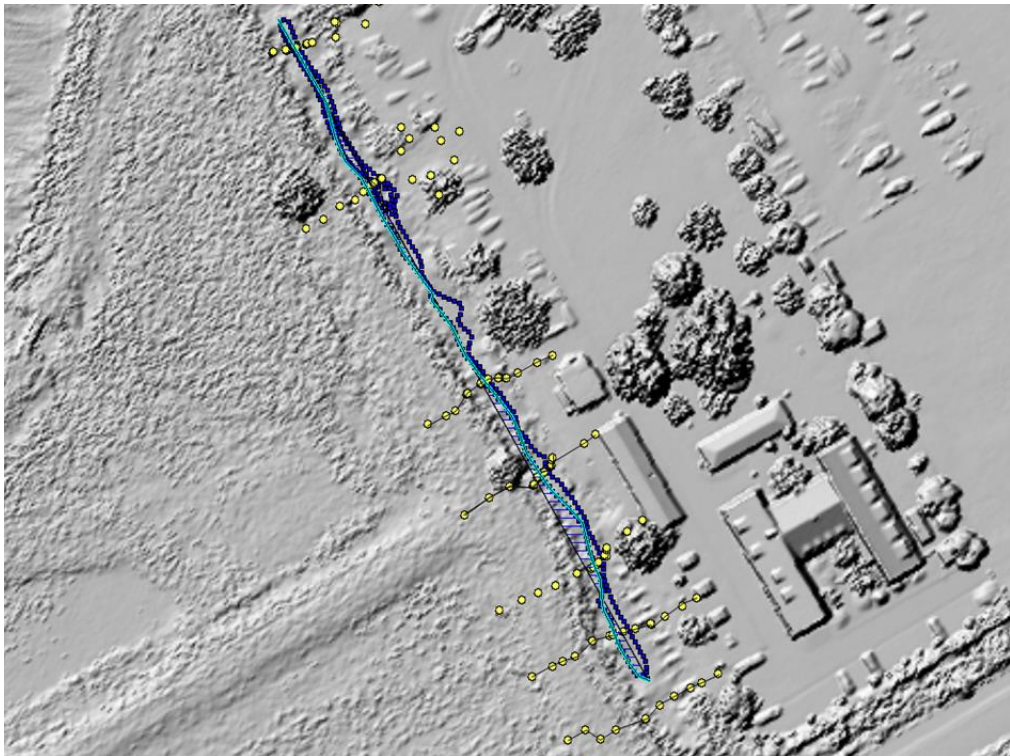
23. ábra: A szonár által mért pontok kék színnel, a keresztmetsze-
ten mért pontok sárga színnel jelölve az ortofoto-mozaikon



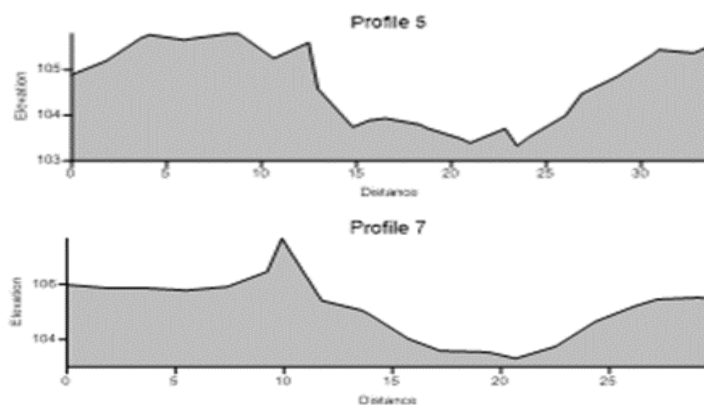
24. ábra: A csatornaszakasz térbeli nézete a mért pontokkal a felületre vetítve

8.5 Metszet készítése

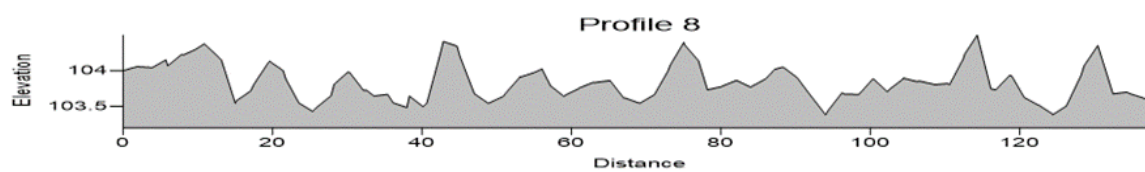
A digitális felszínmodellen kijelölt vonal mentén metszeteket készítettünk. Abban az esetben, ha a szonárral mért pontok metszetét vagy a GNSS-szel mért keresztmetszeti pontokat kívánjuk megjeleníteni, akkor a megfelelő réteget tesszük aktuálissá, és a metszetvonal készítéséhez a mért pontokat kell kijelölni (25. 26. 27. ábra). Másik lehetőségként a LiDAR pontokra generált felület metszetét készíthetjük el a felszínmodell aktualizálását követően.



25. ábra: A metszetvonalak megjelenítése a felszínmodellen



26. ábra: A meder alján GNSS-szel mért pontok alapján készített keresztmetszetek



27. ábra: a csatornaszakasz iszapréteg felszínének hosszmeteszete a szonárral mért pontok alapján

9. EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

A terület részletes felméréséhez többféle adatnyerési módszert alkalmaztunk: szonáros felmérést, metszet mérést GNSS-szel, és nagyméretarányú fotogrammetriai felmérést UAV-val. Ezen kívül az OVF-től megkaptunk a 2023-as LiDAR felmérés kivágatát a területre.

Az egyes mérési módszerekkel különböző felbontás és pontosság érhető el, de ennek ellenére ezek az adatnyerési technológiák egymást jól kiegészíthetik az adott vízügyi feladat igényeinek figyelembevételével.

Az Apache 3-mal végzett szonáros felméréssel a haladási irányban nagy terepi felbontás érhető el, de a meder részletes felméréséhez többször végig kell vezetni a hajót a csatorna hossz-irányában, és csak az iszapréteg teteje mérhető.

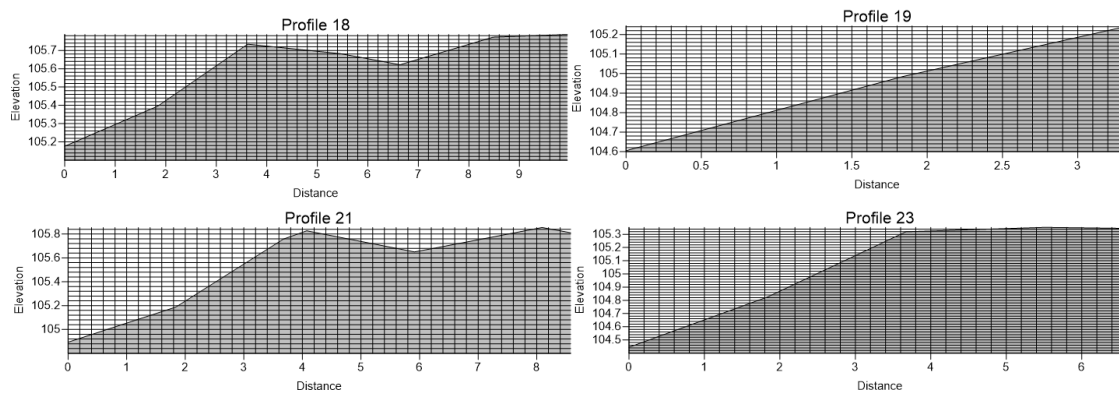
A GNSS technológiával végzett keresztmetszet mérések ritkább terepi felbontást eredményeznek, de elengedhetetlen a meder aljának iszapréteg nélküli meghatározása.

Az UAV-val végzett felmérés és az eredményeként kapott ortofoto és térbeli pontfelhő részletes felszínborítás meghatározását teszi lehetővé, de a pontfelhő a területen található természetes és mesterséges tereptárgyak felső szintjét tartalmazza, így nem minden esetben lehetséges a fizikai földfelszín meghatározása.

A LiDAR-os felmérés lehetőséget ad nagyobb területen nagy felbontású magassági adatnyerésre, de a felszínborításról csak korlátozott információt nyújt. A LiDAR technológiával meghatározott felszínmodell és az ortofoto együttesen képesek biztosítani egy terület nagyfelbontású térbeli adatbázisát.

A Velencei-tó 2023-as LiDAR-os felmérésének pontos adatait (repülési magasság, átlagos terepi felbontás) nem ismerjük, de a GNSS-szel mért terepi pontok magasságait és a LiDAR pontok alapján előállított felszínmodell magasságait metszetek (28. ábra) alapján összehasonlítottuk. A magasságok közötti eltéréseket a 4. sz melléklet tartalmazza. Az eltérések átlaga -0,38 cm. Ez adódhat a LiDAR felméréssel elért abszolút, tengerszint

feletti magasság meghatározásának pontatlanságából, illetve abból, hogy az általunk felmért terület a pásztázott sávon belül a nadírhoz, vagy a sáv széléhez volt közelebb.



28. ábra: keresztmetszetek a felületmodellen

10. ÖSSZEGZÉS

A szakdolgozatban olyan korszerű mérési, adatnyerési eljárásokat mutattam be, amelyek a Velencei-tó egy csatornáján, a Dinnyési-árok egy szakaszán kerültek alkalmazásra. Az eredmények feldolgozásával egy komplex adatbázist állítottam össze raszteres és vektoros állományokból, melyek igény szerint különböző kombinációkban jeleníthetők meg, támogatva ezzel a döntéshozókat. A napjainkban egyre fontosabbá váló vízügyi feladatok megoldásainál gyors és hatékony adatszolgáltatást tesznek lehetővé. Az adatbázis alapján előállítható további adatok pontosságát meghatározza a bevitt adatok felbontása és pontossága. Ebben az esetben az adatbázisban megtalálható adatok közül legnagyobb felbontása (0.006 m) és pontossága (0.007 m) az ortofoto-mozaiknak volt, a GNSS-szel mért pontok vízszintes pontossága 1-2 cm-re tehető, a magassági érték több centiméteres bizonytalansága a mérési technológiának tudható be, mivel az iszapnak az alsó és a felső szintje is mérésre került, de pontos elhelyezkedése csak nehezen határozható meg.

A szonárral történő medermérést nehezítették a csatornában elhelyezkedő stégek és arra kikötött csónakok, valamint a széleken megjelenő nád, ez szűkítette a felmérhető terület nagyságát, amely a későbbiekben javítható. A GPS-szel és szonárral felszerelt Apache 3 távirányítható kishajó továbbfejlesztett változatai már a többfrekvenciás mérésnek köszönhetően a felszíni akadályok alá látnak és ezzel képesek részletesebb modellt alkotni az iszapréteg felszínéről, azonban nem nélkülözhető a meder tényleges aljának mérése GNSS vevővel. Ez különösen fontos a Velencei-tónál, amelynek nincsenek kivezető csatornái, így fokozottan képes a feliszaposodásra.

A LIDAR technológiával ma már lehetséges a néhány centiméteres relatív pontosság elérése. Nem ismerve az eredetileg mért pontok terepi felbontását a felszínmodell előállításánál 10 centiméteres rácsméretet alkalmaztunk, amely kellő részletességgel ábrázolta a terepfelszíni tárgyakat és nagyon jó illeszkedést mutatott az ortofoto-mozaikkal.

Mindezeket figyelembe véve valamennyi adatnyerési eljárás bizonyos pontossági igény mellett alkalmazható és gyors adatszolgáltatást biztosít vízügyi feladatok ellátásához.

11.SUMMARY

In the thesis I presented modern measurement and data collection procedures, which I applied on a section of the Dinnyési ditch, a canal of Lake Venice. The results have been processed to produce a complex database of raster and vector files, which can be displayed in different combinations as required to support decision makers. They enable fast and efficient data provision for water management tasks that are becoming increasingly important today. The accuracy of the additional data that can be produced from the database is determined by the resolution and precision of the input data. In the present case, the resolution (0.006 m) and accuracy (0.007 m) of the orthophoto mosaics were the highest in the database, the horizontal accuracy of the GNSS points was 1-2 cm, and the uncertainty of several centimetres in the height value was due to the measurement technology, as the lower and upper levels of the sludge were measured, but the exact position of the sludge was difficult to determine.

Sonar measurements were made difficult by the presence of stakes and moored boats in the channel and reeds around the edges, which limited the survey area, which could be improved in the future. Improved versions of the Apache 3 remote-controlled small boat, equipped with GPS and sonar, can now see below the surface obstacles thanks to multi-frequency measurement, and thus create a more detailed model of the mud layer surface, but the actual bottom of the bed cannot be measured without a GNSS receiver. This is particularly important in Lake Venice, which has a large number of outfalls and is therefore more prone to siltation.

With LIDAR technology, it is now possible to achieve a relative accuracy of a few centimetres. Not knowing the field resolution of the originally measured points, a grid size of 10 centimetres was used for the pre-production of the surface model, which provided sufficient detail of the terrain surface objects and a very good fit with the orthophoto mosaics.

Taking all these factors into account, all data acquisition methods can be applied with a certain accuracy and provide fast data delivery for water management tasks.

12.IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Borbély Béla, Velencei-tó, Magyar Távirati Iroda, 1990.
- [2] V. W. Malgorzata, „Távérzékelés,” NYME, GEO, Székesfehérvár, 2010.
- [3] B. Valéria, „Fotogrammetria,” NYME, GEO, Székesfehérvár, 2011.
- [4] V. W. Malgorzata, „A lézer alapú távérzékelés,” NYME, GEO, Székesfehérvár, 2010.
- [5] D. B. György, „Műholdas helymeghatározás 1,” NYME, GEO, Székesfehérvár, 2011.
- [6] M. Denton, „The Impact of Solar Eclipses on the Structure and Dynamics of Earth's Upper Atmosphere,” *Solar System Exploration*, 25 september 2023.
- [7] L.-G. Mónika, „Mi történik a légkörben a napfogyatkozás idején?,” *National Geographic*, 28 september 2023.
- [8] A.D.Waite, *Sonar for Practising Engenieers*, Third Edition, England: John Wiley and Sons, LTD, 2002.

13.MELLÉKLETEK

1. 1. sz. melléklet

Pontszám	Észak	Kelet	Meder (H)	Vízfelszín (	Vízmélység
1	204751.5	613979.9	102.829	103.449	0.62
2	204752.3	613979.5	102.837	103.457	0.62
3	204751.6	613980.1	102.892	103.462	0.57
4	204750.7	613980.5	102.927	103.457	0.53
5	204751.2	613979.5	102.761	103.431	0.67
6	204751.7	613978.6	102.836	103.446	0.61
7	204752.5	613977.7	102.852	103.442	0.59
8	204753.3	613977.1	102.81	103.43	0.62
9	204754.2	613976.5	102.788	103.428	0.64
10	204755.2	613975.9	102.833	103.423	0.59
11	204756.2	613975.5	102.826	103.426	0.6
12	204757.1	613974.9	102.864	103.434	0.57
13	204758	613974.3	102.907	103.437	0.53
14	204758.8	613973.7	102.859	103.439	0.58
15	204759.6	613973.1	102.907	103.447	0.54
16	204760.5	613972.4	103.033	103.433	0.4
17	204761.4	613971.8	103.044	103.434	0.39
18	204762.3	613971.3	102.887	103.437	0.55
19	204763.3	613970.8	102.892	103.432	0.54
20	204764.2	613970.3	102.904	103.424	0.52
21	204765.1	613969.9	102.873	103.433	0.56
22	204766.1	613969.5	102.897	103.437	0.54
23	204767	613969.1	102.869	103.429	0.56
24	204768	613968.7	102.877	103.427	0.55
25	204768.9	613968.3	102.847	103.417	0.57
26	204770	613968.3	102.816	103.426	0.61
27	204771	613968	102.882	103.432	0.55
28	204771.8	613967.4	102.843	103.423	0.58
29	204772.8	613967	102.815	103.425	0.61
30	204773.8	613966.6	102.873	103.423	0.55

2. 2. sz. melléklet

10001	204778.1	613986.3	105.181	Ip
10002	204729.2	614015.1	105.427	Ip
10003	204676.4	614045.1	105.395	Ip
10004	204648.4	614023.9	105.913	Ip
10005	204697.3	613997.2	105.61	Ip
10006	204746.1	613969.7	104.872	Ip

3. 3. sz. melléklet

PSZ	Észak	Kelet	Mag	Pontkod
929	204668,80	614038,71	105,17	Rt
930	204667,24	614035,76	104,51	Rt
931	204666,27	614033,62	103,21	Ra
932	204664,77	614030,88	102,84	Fen
933	204663,09	614028,21	102,83	Tengely
934	204660,73	614025,72	102,95	Ra
935	204674,68	614016,18	102,61	Ra
936	204675,60	614019,30	102,47	Fen
937	204675,78	614019,85	102,68	Iszap
938	204676,20	614021,69	102,65	Tengely
939	204676,77	614023,93	102,73	Fen
940	204677,49	614026,70	102,68	Ra
941	204677,67	614026,60	103,04	Iszap
942	204678,98	614029,08	104,42	Rt
943	204680,80	614032,18	105,30	Rt
944	204682,26	614034,78	105,32	TP
945	204686,62	614013,49	102,87	Ra
946	204687,64	614016,05	102,60	Fen
947	204687,79	614016,34	102,72	Iszap
948	204688,34	614017,06	102,64	Tengely
949	204688,68	614017,28	102,81	Iszap
950	204689,74	614018,69	102,90	Iszap
951	204689,99	614018,45	102,58	Fen
952	204690,91	614018,86	102,73	Ra
953	204691,15	614018,71	103,02	Iszap
954	204694,21	614022,40	105,23	Rt
955	204696,11	614025,17	105,44	TP
956	204702,38	614005,73	102,63	Ra
957	204702,55	614005,81	102,85	Iszap
958	204703,59	614006,49	102,41	Fen

4. 4. sz. melléklet

PONTSZÁM B	ÉSZAK B	KELET B	TEREPEN MÉRT PONT B (m)	DFM MAGASSÁG B (m)	KÜLÖNBSE G B (cm)	ÁTLAG B (cm)	PONTSZÁM J	ÉSZAK J	KELET J	TEREPEN MÉRT PONT J (m)	DFM MAGASSÁG J (m)	KÜLÖNBSEG (cm)	ÁTLAG (cm)	ÁTLAG JB (cm)	JB^2 (cm)	A terepszinten mért pontok átlagos eltérése (cm)
1015	204658.84	614020.48	105.36	105.39	-3.00	-39.50	929	204668.80	614038.71	105.17	105.34	-17.00	-13.00	-26.25	689.06	-37.90
1016	204657.21	614017.63	105.38	105.73	-35.00		930	204667.24	614035.76	104.51	104.60	-9.00				SZÓRÁS 39.64
1017	204658.71	614015.04	105.37	105.62	-25.00											
1018	204656.88	614011.93	104.80	105.75	-95.00											
1019	204671.90	614013.19	105.57	106.11	-54.00	-56.00	942	204678.98	614029.08	104.42	104.81	-39.00	-14.33	-35.17	1236.69	
1020	204671.05	614010.97	105.56	105.81	-25.00		943	204680.80	614032.18	105.30	105.31	-1.00				
1021	204670.04	614009.04	105.50	105.52	-2.00		944	204682.26	614034.78	105.32	105.35	-3.00				
1022	204668.19	614005.44	104.42	105.85	-143.00											
1023	204684.40	614009.71	105.57	106.01	-44.00	-59.25	954	204694.21	614022.40	105.23	105.46	-23.00	-15.50	-37.38	1396.89	
1024	204683.15	614006.51	105.52	105.76	-24.00		955	204696.11	614025.17	105.44	105.52	-8.00				
1025	204681.96	614003.74	105.41	105.72	-31.00											
1026	204680.18	613999.68	104.46	105.84	-138.00											
1027	204702.11	614001.51	105.60	105.90	-30.00	-91.67	966	204709.84	614014.78	105.42	105.46	-4.00	-4.00	-47.83	2288.03	
1028	204700.06	613997.85	105.59	105.74	-15.00		967	204711.36	614016.78	105.49	105.53	-4.00				
1029	204697.06	613993.52	105.62	107.92	-230.00											
1030	204715.65	613991.84	105.29	105.69	-40.00	-46.33	978	204722.29	614002.85	104.01	104.91	-90.00	-67.67	-57.00	3249.00	
1031	204714.71	613990.14	105.31	105.71	-40.00		979	204724.14	614006.33	105.41	105.89	-48.00				
1032	204713.21	613986.83	105.21	105.80	-59.00		980	204725.51	614009.08	105.45	106.10	-65.00				
1033	204752.01	613971.31	104.43	105.26	-83.00	-60.33	994	204761.91	613982.19	103.79	103.48	31.00	12.75	-23.79	566.04	
1034	204749.71	613968.31	104.83	105.35	-52.00		995	204763.99	613983.60	104.74	104.73	1.00				
1035	204747.97	613965.30	104.65	105.11	-46.00		996	204765.97	613982.26	104.76	104.42	34.00				
							987	204763.66	613989.30	105.13	105.11	2.00				
							988	204765.33	613992.50	105.26	104.98	28.00				
							998	204766.09	613988.10	105.14	105.15	-1.00				
							990	204760.21	613991.73	105.18	105.12	6.00				
							991	204757.44	613987.39	104.83	104.82	1.00				