



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet



SZAKDOLGOZAT/ DIPLOMAMUNKA

**Tömörítés mozgáselemzése
a szegedi hulladéklerakó telephelyen**

OE-AMK Hallgató neve: Nagy András

2023 Hallgató törzskönyvi száma: T5000516/FI12904/A-G



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Nagy András

Szakedolgozat száma: [REDACTED]

Törzskönyvi száma: T000516/FI12904/A-G

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: földmérő és földrendező mérnök

Specializáció: Geoinformatika specializáció

A dolgozat címe: Tömörítés mozgáselemzése a szegedi hulladéklerakó telephelyen.

A dolgozat címe angolul: Movement Analysis of Compaction at Szeged Landfill Site.

A feladat részletezése:

A méréshez szükséges műszerek, kellékek, különböző mérési technológiák részletes bemutatása. Rámutatva ezzel a geodéziai mérési rendszerek sokoldalúságára és komplexitására. Felhasználva a korábbi mérések adatait az elmozdulás, tömörödés mértékének statisztikai kimutatás és elemzése céljából. Új alapontok és mérőpontok létesítésének folyamata, állandosítása, majd ezek geodéziai helyzetének meghatározása.

Intézményi konzulens neve: Dr. Tarsoly Péter

Külső konzulens neve: Zádori Adrián

Munkahelye: Interplan Info Kft.

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

Beadási határidő: 2023. 12. 15.

A szakedolgozat: 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/Mérnöki/
Természettudományi és Szoftvertechnológiai Intézet

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a dolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült dolgozatban található eredményeket az Óbudai Egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: Szeged, 2023.12.15.

Nagy András
.....
hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

1	Bevezetés	1
2	Minta terület bemutatása.....	3
3	A Mozcásvizsgálatok különbozó módszerei	4
3.1	Mozcásvizsgálatok általánosságban.....	4
3.1.1	Vízszintes értelmű mozcásvizsgálat geodéziai módszerei	6
3.1.2	Magassági értelmű mozcásvizsgálatok módszerei	12
3.2	Írány és távméréseken alapuló mozcásvizsgálati módszer alkalmazása.....	13
4	A Mérés előkészülete.....	14
4.1	Adatgyűjtés	14
4.2	A vizsgálat tervezése, szervezése és technikai előkészületek.....	14
4.3	Vizsgálati pontok bemutatása	17
4.4	Alappontok.....	18
5	Mérőállomások	19
5.1	Mérőállomásokról általánosságban.....	19
5.2	GEOMAX Zoom 95 robot mérőállomás.....	19
5.3	Leica TCRA 1101 robot mérőállomás	20
5.3.1	A mérőműszer pontatlan beállításából származó hibák.....	21
6	2022. évi mozcásvizsgálat	22
6.1	Mérés módja.....	22
6.2	A számítás módja	24
6.3	EREDMÉNYEK	27
7	UAV technológiák	32
7.1	Pilóta nélküli legi járművek	32

7.2	DJI Phantom 4.....	35
7.3	A munkaterület repülése	36
7.4	A feldolgozás lépései	39
7.4.1	Térfogatszámítás	40
8	Jövőbe tekintés.....	41
9	Összefoglaló.....	45
10	Summary.....	46
11	Források	48
12	Irodalomjegyzék	49
13	Ábrajegyzék	49
14	Táblázat jegyzék	51
15	Mellékletek	51
15.1	Vízszintes hálózatkiegyenlítési jegyzőkönyv	51
15.2	Magassági hálózat kiegyenlítési jegyzőkönyv	67
15.3	Mérési jegyzőkönyv	73

1 BEVEZETÉS

Az emberiség napjainkban számos sürgető kihívással szembesül a hulladékkezelés terén. A városi fejlődés és a fogyasztói társadalom növekedése miatt egyre több hulladék keletkezik világszerte, és ennek következtében a hulladéklerakó depóniák száma is folyamatosan nő [1] Ezek a lerakók létfontosságú részei a modern hulladékkezelési infrastruktúrának, mivel lehetővé teszik a hulladék biztonságos és kontrollált elhelyezését, hogy minimalizálják az emberi egészségre és a környezetre gyakorolt negatív hatásokat. A hulladéklerakók alakváltozásának (ülepedés, tömörödés) ismerete kulcsfontosságú szerepet játszik a rekultivációs folyamatban és a hulladéklerakó telephelyek geotechnikai biztonságának javításában. Az ülepedés jelensége alapvetően, a hulladék lebomló természete és a hulladékrészecskék kúszási jelensége miatt következik be. A lebomlásból keletkező gázokat energiatermelésre is felhasználják [2] A hulladék összetétele változatosabb, mint a természetes talajé, ennek megfelelően kell elhelyezni és tömöríteni, mivel a hulladéklerakó depónia folyamatosan ülepedni fog. Geodéziai mérésekkel lehetőségünk van vizsgálni hulladéklerakó depóniák ülepedésének folyamatát, így a geodéziai vizsgálatok szerepe kiemelt jelentőségű a biztonságos és fenntartható hulladékkezelésben.

A szakdolgozatom tárgyát képező hulladékdepónián a méréseket 2012-től kezdődően a szegedi székhelyű Interplaninfo Kft végezte a Szegedi Hulladékgazdálkodási Nonprofit Kft megbízásából éves időközönként. Szakmai gyakorlatom során részt vehettem a Szegedi Hulladékgazdálkodási Nonprofit Kft által üzemeltett Sándorfalvi úti hulladéklerakó telepen lévő depónia (Hrsz.: 01207/28) mozgásának meghatározásában és a szükséges dokumentációk elkészítésében.

A mozgásvizsgálatok során az elmozdulásokat az idő függvényében szokás megadni. A létrejövő változások meghatározása alapvetően az objektum vagy annak kiválasztott pontjainak, az ún. vizsgálati pontoknak a folyamatos megfigyelését, mérését igényelné, de gyakorlati szempontok miatt a vizsgálatot csak időközönként célszerű elvégezni. Bár a hagyományos geodéziai szemlélet alapján elkülönítjük egymástól a vízszintes (Δy , Δx) és a magassági (Δz) értelmű mozgásösszetevők kimutatását, a meghatározásuk egyszerre

is történhet. Erre a depónia esetében legalkalmasabbnak egy klasszikus táv- és irányméréses hálózat kialakítását és mérését találtuk, ahogy a későbbiekben említésre kerül [3.2] fejezetben.

A később részletezett mérési és számítási módszer alkalmazásának alapfeltétele, hogy a vizsgálati pontokon kívül rendelkezésre álljanak a létesítmény területén nyugalomban lévő alappontok. Ha valamilyen okból kifolyólag ezen alappontok mozdulatlansága nem biztosított, esetlegesen a pontok hosszútávú fennmaradása kérdéses, akkor újfajta megközelítéssel kell a mozgásvizsgálatot elvégezni. A részvételemmel zajlott 2022 évi mozgásvizsgálat során az elpusztult vagy elmozdult alappontok miatt a módszer hiányosságai nehezítették az elmozdulás eredményeinek levezetését, ezért a szakdolgozatom zárásaként feladatomnak érzem egy új mozgásvizsgálati megközelítés koncepciójának kidolgozását, amely akár a 2023-as. majd a későbbi évek vizsgálatának alapjaként szolgálhat.

2 MINTA TERÜLET BEMUTATÁSA

Az ország déli részén nagy jelentőséggel bíró regionális hulladéklerakó Szeged mellett a Sándorfalvi úton helyezkedik el. Ahogyan a hulladék kezelő honlapján olvashatjuk (www.szegedihulladek.hu) az ISPA projekt támogatásával nyitotta meg kapuit a 2007-ben, évente 50-60 ezer tonna kommunális hulladéknak ad végső otthont. Országos szinten korszerűnek nevezhető, mivel a meglévő kommunális hulladéklerakó depóniából kinyert biogázt elégetik, és ebből a kinyert energiákból elektromos áramot állítanak elő. A telephely rendelkezik egy korszerű építési hulladék törő- és osztályozóberendezéssel, amivel lehetővé teszi ezen anyagok, törmelékek újrahasznosítását. Rendelkezik továbbá egy zöld hulladék elhelyezésére szolgáló komposztteleppel, ahol évente 25 ezer tonnát képesek kezelni. A Szegedi Környezetgazdálkodási Nonprofit KFT 1999 -ben nyitotta meg a sok embernek munkát adó szelektív hulladék válogató üzemet, amely a nap 24 órájában üzemel.

A hulladékkezelésről egyaránt Európai Unió és hazai szabályok is rendelkeznek. A depónia felszínén körbe szemlélve rengeteg papír, fém műanyag és megannyi újrahasznosítható anyagból készült tárgyat figyelhetünk meg. A legnagyobb problémát továbbra is a kommunális hulladék jelenti, mivel a kommunális hulladékválogatás rendkívüli költségeket vonz maga után, mindezek mellett a közegészségügyi előírások miatt a szennyezett hulladék nem válogatható. A kukásautók belsejébe összetömörített és a hulladékkal megpakolt konténeres teherautók a depónia tetejére vezető út végén, vagyis a depónia tetejére borítják nemes egyszerűséggel az összegyűjtött kommunális hulladék kupacot. Azonban nem sokáig csúfolkodik a rakás, mert azt egy speciális, közel 30 tonnás tuskés kerekekkel rendelkező tömörítőgép préseli össze, majd szervesanyagban gazdag humusszal takarja be. A pályázati pénzből fejlődő Szegedi-lerakónak további 20 évig kell megfelelnie az előírásoknak. A fődepónia szerkezetét, alakját és méreteit gyakran mérik és vizsgálják, hogy az minden környezetvédelmi jogszabálynak megfelelően eleget téve zavartalanul működhessen.

A depónia szabálytalan négyszög alakú és $235\,970\text{ m}^2$ alapterületen helyezkedik el.[Hiba! A hivatkozási forrás nem található.] A nyugati oldalán egy aszfalt út, az északon egy burkolt árok, míg a keleti és déli oldalán egy-egy burkolt árok határolja. A nyugati oldalon egy beton lapokkal fedett út vezet a depónia tetejére, ahol a hulladék elhelyezése folyamatosan történik. A növekedés évről évre nyomon követhető a mozgásvizsgálattal egy időben (2017 óta UAV technológiával) végzett éves felmérés eredményeként. A szinte az égig emelkedő szemétdomb teteje 2023-ban elérte a 123 méteres tengerszint feletti magasságot. A depónia alján mindössze 77 méteres magassági értéket mérhetünk. A 46 méter magasra emelkedő hulladék rakást Szegedről és 33 környékbeli településről gyűjtik össze az év mindennapján a kukásautók és az ott dolgozók közreműködésével.



2.1. táblázat Szeged Sándorfalvi úti hulladéklarkó depónia ortofotó 2023

3 A MOZGÁSVIZSGÁLATOK KÜLÖNBOZÓ MÓDSZEREI

3.1 Mozgásvizsgálatok általánosságban

„Erő hatására a testek elmozdulnak, vagy ha elmozdulások nem lehetséges, alakjuk megváltozik. Az elmozdulás és az alakváltozás általában együtt lép fel” [3]
 Napjaink mérnökgeodéziai gyakorlatában rendszeresen szükség van arra, hogy vizsgáljuk

az építmények, objektumok, gépek és berendezések térbeli elmozdulását és alakváltozását. A mozgásvizsgálatok célja, hogy pontosan meghatározzuk az adott szerkezetek, objektumok különböző pontjainak elmozdulását. Az elmozdulások irányát és mértékét összevethetjük, összehasonlíthatjuk egy alaphelyzettel (úgynevezett null méréssel), amely lehet az adott pontok, elemek kezdeti helyzete vagy egy már bekövetkezett elmozdulással. Viszonyíthatjuk továbbá az elmozdulásokat akár egy tervezett állapothoz képest, vagy esetleg a helyi vízszintes, függőleges vagy egy előre meghatározott irányhoz is. A vertikális és horizontális értelemben vett elmozdulások összetevőit egymástól elkülönítve célszerű meghatározni, így jobban értelmezhető eredményekhez jutunk.

A vertikális (magassági) mozgásvizsgálatok eredményei általában süllyedést mutatnak, néhány esetben emelkedést is, azonban mindkét esetben általános a süllyedésmérés kifejezést alkalmazzuk. A süllyedés vizsgálatának célja a tervezett süllyedés ellenőrzése, annak abszolút vagy relatív mértékének meghatározása, valamint az adatok szolgáltatása a jövőbeni tervezéshez. Az abszolút meghatározás során az egyes pontok elmozdulását egy kiválasztott alapszinthez viszonyíthatjuk, míg a relatív meghatározási módszer esetében egymáshoz képest határozzuk meg az elmozdulást.

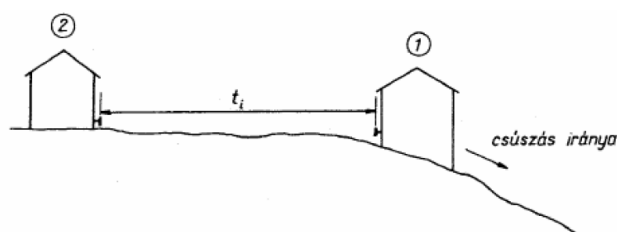
Az eltérések vagy deformációk meghatározásának feladata esetén, különféle időpontokban rögzített pontok térbeli elhelyezkedését vizsgálhatjuk. A geodéziai módszerek rendkívül jól alkalmazhatóak ezen a szakterületen. A mérnökgeodéziai mozgásvizsgálatok sajátos jellemzői a következők:

A vizsgált objektum közvetlen környezetében előre megtervezett alappontok, vizsgálati pontok kiválasztása és megfelelő módon elvégzett állandósítása elengedhetetlen feladat, hisz ezek segítségével tudjuk a későbbi mozgások mértékét meghatározni. Fontos a pontok geometriai elhelyezkedése és lehetőség szerint a pontok közötti összelátás biztosítása.

A mérési módszer kiválasztása kulcsfontosságú. Megválasztásánál ügyelni kell arra, hogy az adott körülmények, terepviszonyok között alkalmasnak kell lennie a vizsgálati pontok helyzeti információjának pontos meghatározására, valamint a kívánt pontosságú (milliméter) eltérések észlelésére. A mozgások mértékét olyan referenciapontokhoz képest határozhatjuk meg, amelyeket állandónak, mozdulatlannak tekintünk a térben, az úgynevezett nullmérésben meghatározott adatokhoz viszonyítva.

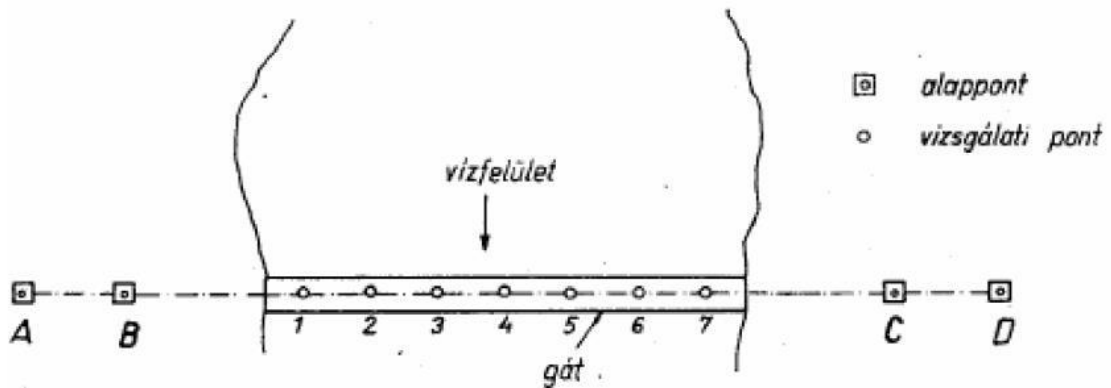
3.1.1 Vízszintes értelmű mozgásvizsgálat geodéziai módszerei

Távolságmérést akkor kell használni, ha ismert az elmozdulás iránya és az adott irányú mozgás közvetlen és kellő pontossággal meghatározható. Távolságmérésre alkalmas műszerrel, eszközzel elvégezhető (acél- vagy invárszalag, tolómérő, lézertáv mérő, mérőállomás elektrooptikai távmérője stb.). A műszer által mért értéket akkor lehet elfogadni, ha megfelel a szükséges pontossági követelményeknek. A módszer előnye, hogy használata egyszerű és gazdaságos.[3.1.1. ábra]



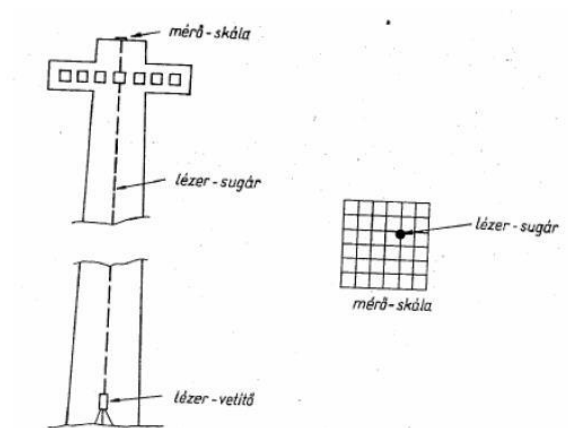
3.1.1. ábra Mozgásvizsgálat távolságméréssel példa (Forrás: Ágfalvi, Mozgásvizsgálatok előadás, 2010)

Egyenesremérést vagy másképpen ordináta mérést abban az esetben célszerű alkalmazni, ha a vizsgálatra kijelölt pontok azonos egyenesre esnek és a vizsgálni kívánt elmozdulás az általunk kijelölt egyenesre merőleges. A derékszögű koordináta mérést veszi alapul ez a vizsgálati módszer, és az eltérések meghatározásához csak az úgynevezett ordináta meghatározása a cél. Elengedhetetlen feltétele ennek a módszernek, hogy rendelkezésünkre álljon a mérés időtartama alatt egy referencia egyenes, amely közel párhuzamos a vizsgálati pontok sorával. Ezt a módszert nagy hosszukterjedésű objektumok építmények mozgásvizsgálatának meghatározásához alkalmazhatjuk. [3.1.2. ábra]



3.1.2. ábra Gát kihajlásának vizsgálata ordinátaméréssel (Forrás: Ágfalvi, Mozgásvizsgálatok előadás, 2010)

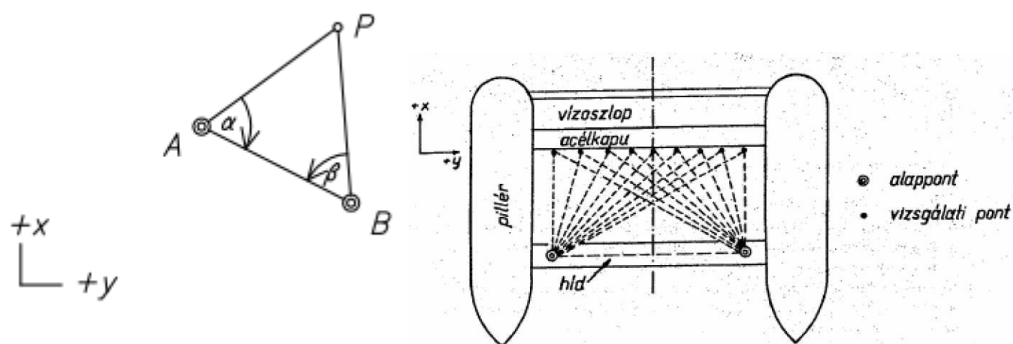
A magas szerkezetek, építmények függőleges vetülete mozgáselemzéssel vizsgálható. Egy függeszték segítségével vetíthetjük le a vizsgálati pontokat a vízszintes mozdulatlan-nak tekintett alaptestre, és itt megfelelő módszerekkel könnyen meghatározható az alap-helyzet vagy a tervezett helyzet közötti eltérések.[3.1.3. ábra]



3.1.3. ábra Magas építmény mozgásvizsgálata függőleges vetítéssel (Forrás: Ágfalvi, Mozgásvizsgálatok előadás, 2010)

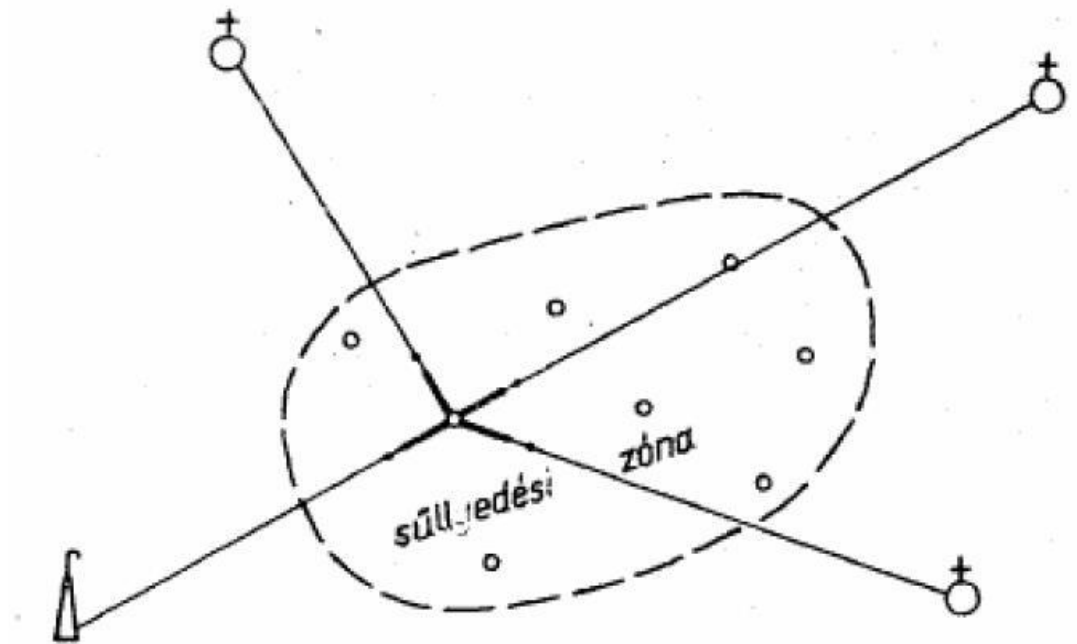
Nagy kiterjedésű építményeknél trigonometriai hálózatban foglaljuk a vizsgálati és alappontokat, ha a köztük lévő táv direkte módon nem megmérhető.

Előmetszéssel több különböző mérési feladat oldható meg. Különösképpen magas kiterjedésű tornyok, épületek nehezen hozzáférhető vizsgálati pontok felmérésére alkalmas mérési módszer. Az építmény felületén jól irányozható pontok megléte nélkülözhetetlen. Mérőállomásokkal a mérési technológia kellő pontossággal alkalmazható. [3.1.4. ábra]



3.1.4. ábra Előmetszés (Forrás: Ágfalvi, Mozcászvizsgálatok előadás, 2010)

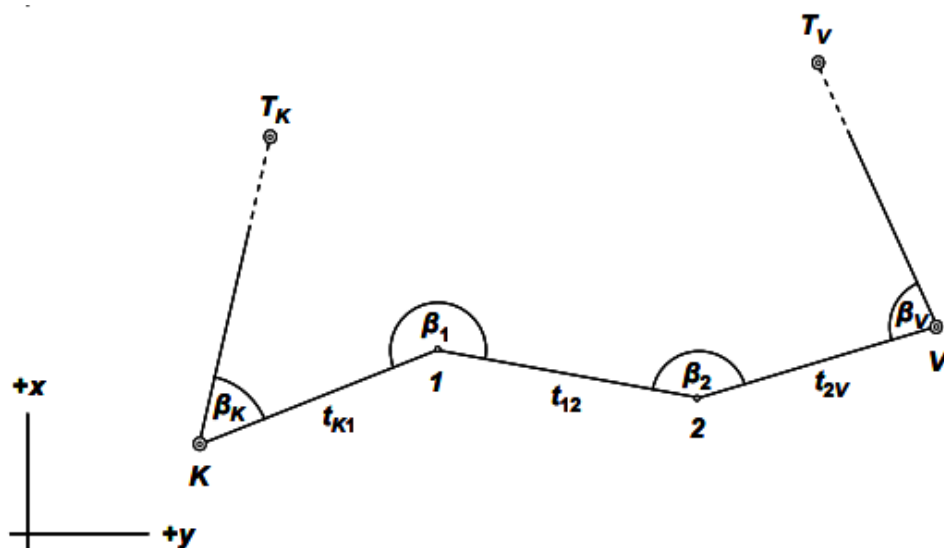
Mérnökgeodéziában gyakran használatos a hátrametszés fogalma, hisz ezzel a mérési technikával tudjuk szoros analógiába állítani a szabad álláspontot létesítését. Akkor célszerű alkalmazni ezt a módszert, ha a vizsgálati pontok összesége egy állásponttól jól irányozható és mérhető. Hátrametszés oly esetekben igazán előnyös, ha a vizsgálandó objektum vagy pontok nagy területen helyezkednek el, ezáltal a vízszintes értelmű elmozdulások könnyen mérhetők és kimutathatók például: bányaműveletek és geológia mozgásokból adódó nagy területet felölelő terepváltozások, mozgások. [3.1.5. ábra]



3.1.5. ábra Hátrametszés, szabadállás pont meghatározása (Forrás: Ágfalvi, Mozgásvizsgálatok előadás, 2010)

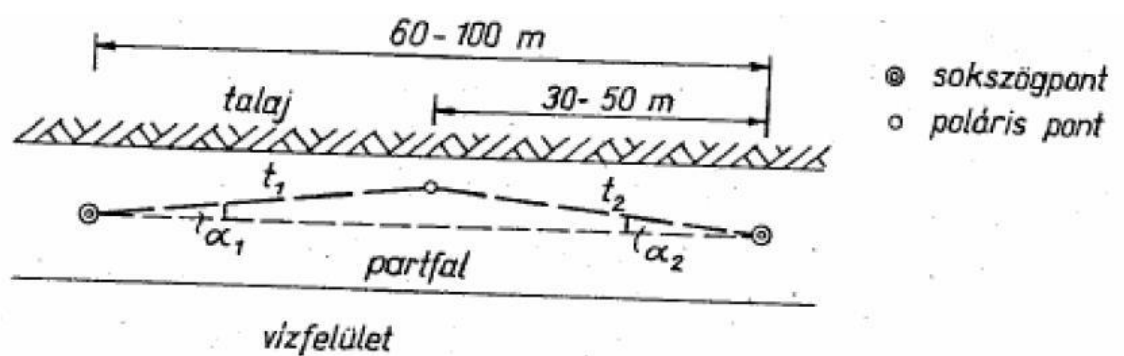
Sokszögelés módszerét alkalmazhatunk mozgásvizsgálati céllal, vonalas létesítményeknél és nagy hosszkiterjedésű létesítményeknél. A mérési eredmény megbízhatósága fokozódik az alábbi szabályok betartásával:

- a sokszögvonala hossza a lehetőségéhez mérten legyen rövid, kevés pontot foglaljon magába,
- a vonal irányát úgy határozzuk meg, hogy az elmozdulások várható irányára merőleges legyen,
- a vonal két végpontja legyen tájékozott, ha lehetőségünk van a mérési eredmények pontosságára tovább fokozható közbenső pontokról elvégzett tájékozással,
- a kezdő és végpont mozdulatlansága biztosított legyen.



3.1.6. ábra Mindkét végpontján csatlakozó és tájékozott sokszögvonal (Forrás: Krauter, Óravázlatok a Geodézia II. tantárgy előadásaihoz, 2002)

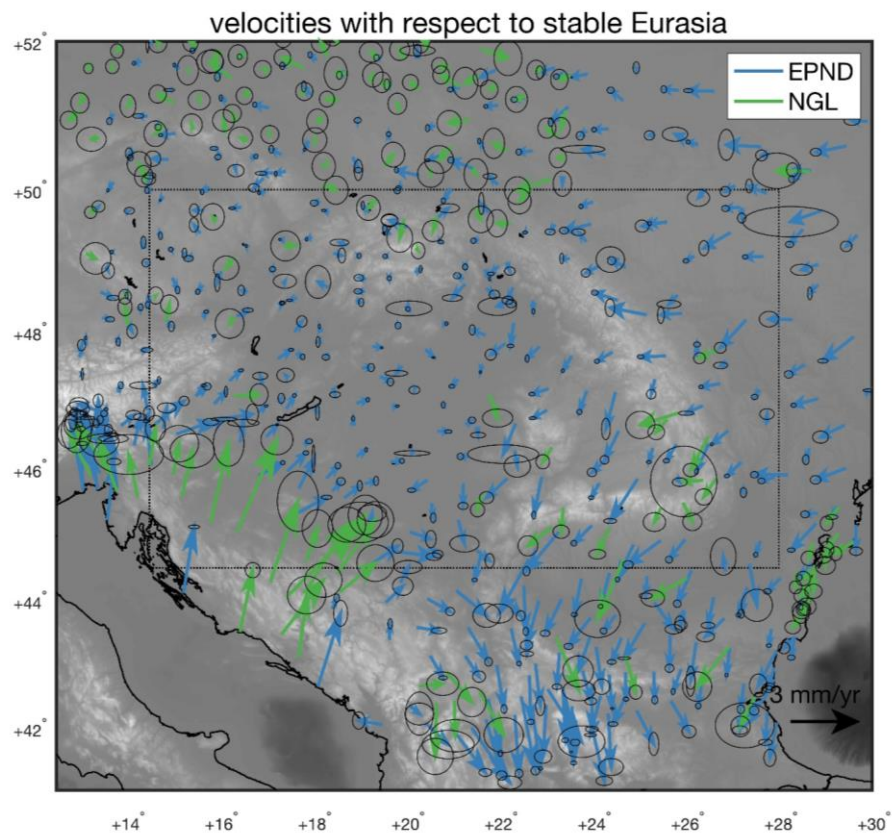
A koordinátamérés két fő módszerét alkalmazzák: derékszögű és poláris koordinátamérés. Azoknak a pontoknak, amelyeknek koordinátáit közvetlenül meghatározzuk, hozzáférhetőnek kell lenniük a mérések során. Azonban a modern mérőállomások már nem követelik meg a közvetlen hozzáférést a vizsgálati pontokhoz; indirekt módon, prizma elhelyezése nélkül is képesek meghatározni a szükséges koordinátákat.[3.1.7. ábra]



3.1.7. ábra Poláris méréssel végzett mozgásvizsgálat (Forrás: Ágfalvi, Mozgásvizsgálatok, 2010)

A fotogrammetria a mozgásvizsgálatok során rendkívül hatékony és pontos módszer. A fotogrammetria egy olyan technológia, amely fényképek alapján képes meghatározni és mérni a térbeli pozíciót, alakot és méretet. A mozgó objektumok felületi deformációinak mérésére is alkalmazható. Épületek, objektumok szerkezetének vagy az épület egy részének mozgása esetén lehetőség van a deformációk és az elmozdulások pontos mérésére és fényképek segítségével a szemléletességre is.

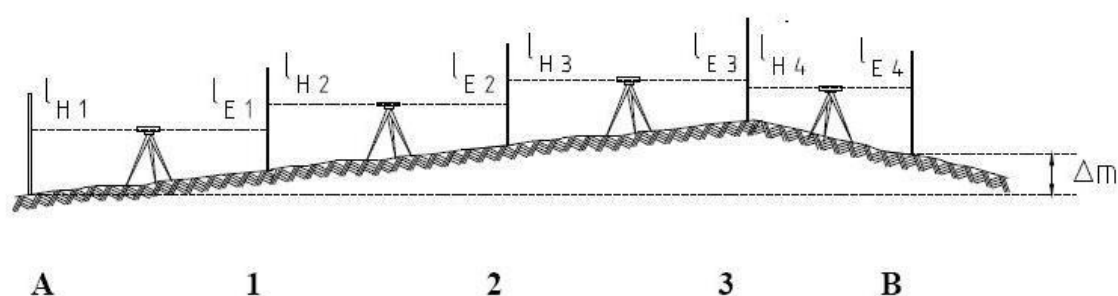
A kőzetlemezek mozgásának mérésére szolgáló legalkalmasabb módszer a műholdas helymeghatározás (GNSS). Mivel a legalkalmasabb a kis mértékű mozgások irányának és mértékének kimutatására hosszú eljárási időtartam alatt. A műholdas technológiák fontos szerepet játszanak a tektonikai folyamatok követésében és a földrengések hatásainak elemzésében. A GNSS technológia mai fejlettsége lehetővé teszi a valós idejű információk kinyerését és monitorozását, de választhatjuk az utófeldolgozást is.[3.1.8. ábra]



3.1.8. ábra A földkéreg jelenkori mozgása a Kárpát-medencében és környékén (Porkoláb et al. 2023)

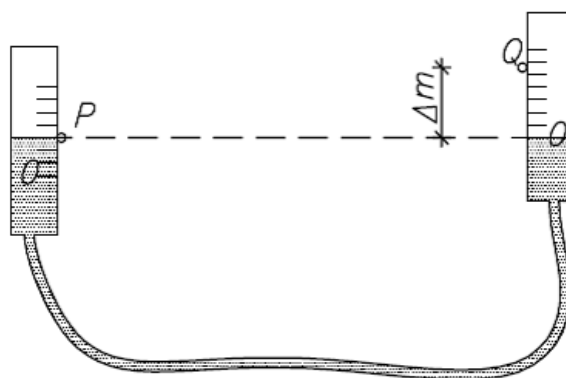
3.1.2 Magassági értelmű mozgásvizsgálatok módszerei

A geometriai szintezés a vertikális (magassági) értelmű mozgások legelterjedtebb módszere, amelynek feltétele a pontok közvetlen mérhetősége. Süllyedésmérés vizsgálatára legalkalmasabb módszer. A szintező műszert az elvárando mérési eredmények függvényében választjuk, ezek lehetnek analóg vagy modernebb digitális műszerek. [3.1.9. ábra]



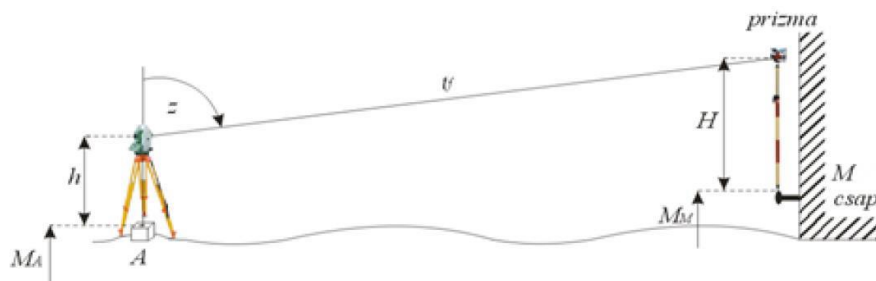
3.1.9. ábra A magasságkülönbség meghatározása több műszerállásban (Dr.Tarsoly, Geodézia II. 2015)

A szélsőpontosságú magasságkülönbségek kimutatására hidrosztatikai szintezést alkalmazhatunk. Magassági változásokra igen érzékeny műszer, segítségével néhány deciméteres nagyságrendű magasságkülönbséget tudunk meghatározni, azonban századmilliméteres pontossággal. Egy közlekedő edények elvén működő tömlő segítségével van összeköttetésben a két végponton lévő műszer. [3.1.10. ábra]



3.1.10. ábra Hidrosztatikai szintezés (Forrás: Takács, Geodézia építészeknek jegyzet 2017)

A trigonometriai magasságmérés során a vizsgálati pontokat nem szükséges megközelíteni, vagy éppen a szintezéshez szükséges lécezt ráhelyezni, elegendő a mérőállomással megirányozni. A zenitszög és a távolság meghatározására van szükségünk, valamint elengedhetetlen a műszermagasság és a jelmagasság meghatározása. Megjegyzendő, amennyiben az álláspontok között kényszerközpontosan felcserélhető eszközöket alkalmazunk, (pl.: vesztett pontok mérése esetén), akkor nem kell a bizonytalanul mérhető műszermagassággal foglalkozni. Ezek ismeretében kis távolsággal milliméteres pontosság is elérhető a vizsgált pontok között.[3.1.11. ábra]



3.1.11. ábra Trigonometriai magasságmérés (Forrás: Dr. Busics, Geodéziai hálózatok, 2011)

3.2 Irány és távméréseken alapuló mozgásvizsgálati módszer alkalmazása

A depónia területén végzett mozgásvizsgálati módszerek közül egy irány és távméréses hálózat létesítése bizonyult a legalkalmasabbnak. A hálózat kialakítása tulajdonképpen egy zárt sokszögvonalnak feleltethető meg, azonban az eredmények pontosítása érdekében a sokszög vonalat hálózati szemléletben alakítottuk ki. Törekedtünk arra, hogy ne csak a matematikailag szükséges mérési eredményekkel, de fölös mérésekkel is rendelkezünk (minden alap- és vizsgálati pontot legalább két álláspontról mértünk), így számításainkat kiegyenlítés segítségével végezhetjük. Ennek előnye, hogy eredményeink megbízhatóságára vonatkozó információkhoz is hozzájutottunk. A hálózat létesítése a sokszögvonal mellett számunkra indokolt volt, mivel a nagy területen elhelyezkedő depónia oldalai meghaladják a sokszögelésben létesített álláspontok távolságát. Ennek köszönhetően több álláspontról is tudtunk méréseket végezni azonos pontokra.

A magassági pontok meghatározására ekkor alkalmazott trigonometriai magasságmérés pontossága ugyan elmarad a más módszerekkel (pl.: szintezés) elérhető pontosságtól,

mégis a nagyszámú vizsgálati pont és a köztük lévő nagymértékű magasságkülönbségek indokoltta teszik az alkalmazását. Esetünkben a trigonometriai magasságmérés alkalmazásának előnye még, hogy kényszerközpontos felállások esetében külön munka nélkül a vízszintes hálózat mérésével egyidejűleg elvégezhető, pontossága pedig rövid irányzási távolságokkal és a mérési időpont gondos kiválasztásával (a refrakció hatásának csökkentése érdekében) fokozható

4 A MÉRÉS ELŐKÉSZÜLETE

4.1 Adatgyűjtés

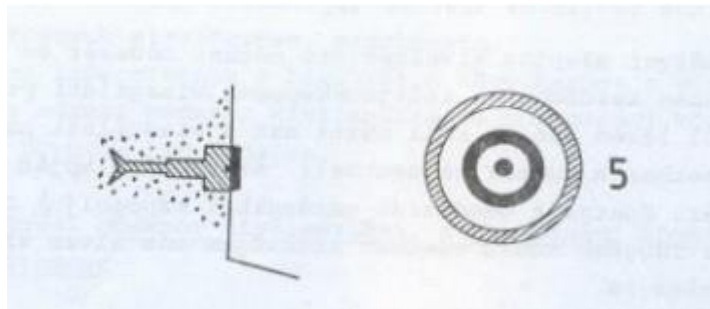
A tervezési folyamat része volt a rendelkezésre álló adatok begyűjtése. A terület egy drótkerítéssel bekerített védett telep. Mivel a depónia területén évi rendszerességgel végzett az Interplaninfo Kft. méréseket, így rendelkezésemre álltak a már meglévő alappontok és vizsgálati pontok helyei is. A rövid terep bejárást követően megismerhettem a korábbi mérések esetén használatos pontszámozási módszert. A korábbi években elkészített dokumentációk és munkarészek tanulmányozásának köszönhetően, képet kaptam az eddigi elmozdulások irányáról és mértékéről. Ezen információk ismerete nagyban segítette a megfelelő mozgásvizsgálati módszer kiválasztását.

4.2 A vizsgálat tervezése, szervezése és technikai előkészületek

A mozgásvizsgálat tervezése során szükséges meghatározni magát a pontos feladatot, információkat gyűjteni az elmozdulással kapcsolatban, kijelölni az új alap- és vizsgálati pontokat, meghatározni ezek elhelyezkedését. Esetemben a már meglévő és állandósított pontok ellenőrzése és helyszínelése is az előkészítés részét képezte. Ezenkívül fontos kiválasztani a megfelelő mérési módszert és felhasznált eszközöket, valamint kidolgozni a mérési eredmények feldolgozásának és kiértékelésének módját. A tervezés része továbbá a mérési időpontok kiválasztása, a mérési alkalmak közötti időszükséglet, valamint a pontossági követelmények meghatározása.

Feladatom a Szeged mellett elhelyezkedő Sándorfalvi úton lévő Szegedi Környezetgazdálkodási NonprofitKft által üzemeltett hulladéklerakó depónia tömörödéses mozgásvizsgálata. A méréseket minden naptári évben el kell végezni, így ehhez a tendenciához igazodva 2022-ben is elvégeztem a mérést. Az időpont kiválasztásához figyelembe vettem az előző évek mérési időpontjait, hogy a tömörödéshez kimutatható változáshoz elegendő idő elteljen, ezért a mérés 2022 decemberében volt esedékes.

- **Vizsgálati pont:** a vizsgált létesítményen előre meghatározott helyeken találhatóak. Céljukat tekintve az ott megfigyelhető mozgások mértéke és iránya alapján következtethessünk a létesítmény egészének mozgására. Ezek a pontok lehetnek irányzandó pontok vagy akár álláspontok, amelyekről további irányok és távolságok mérhetők, attól függően, hogy az objektum és a szerkezete és megközelíthetősége milyen feltételeket kínál.



4.2.1. ábra Vizsgálati pont (Forrás: Ágfalvi, Mérnökeodéziai mozgásvizsgálatok 2010)

- **Alappont:** A vizsgált létesítmény környezetében elhelyezett pontok lehetnek hagyományos értelemben vett állandó pontok, különösen hosszú időtartamot felölelő megfigyelések esetén. Ezeket az állandó módon megjelölt pontokat meghatározhatjuk klasszikus geodéziai módszerekkel és műholdas technológiák alkalmazásával is. A céljuk, hogy a vizsgálati pontok elmozdulásának mértékét az alappontokhoz viszonyítva határozzuk meg. A pontossági mérőszám növelése érdekében törekedjünk, hogy úgy helyezzük el a hálózatban az alappontokat és a vizsgálandó pontokat, hogy azok lehetőleg kis távolságra legyenek egymástól. A mozdulatlannak vélt alappontok hálózatának hátránya, hogy nem lehet teljes mértékben ezen pontok mozgását kizárni. Ezeket a pontokat további ellenőrzéssel

vizsgálhatjuk, olyan pontok bevonásával, amelyek feltételezhetőleg kívül esnek a várható mozgászónán.

- **Ellenőrző pontok:** Céljuk a mérési eredményekkel ellenőrizhető alappontok mozdulatlanságának ellenőrzése, vagy az elmozdulás pontos eredményének meghatározása. Az ellenőrzés oly módon történhet, hogy a hálózat mérése során bevesszük ezek ellenőrző pontok bemérését is azonban csak kisebb gyakorisággal. Az ellenőrző pontok biztosítására létesíthetünk további őrpontokat is.
- **Őrpont:** Ezen pontok elhelyezése az ellenőrző pontok közvetlen közelében célszerű, könnyen mérhető távolságméréssel meghatározható az esetleges ellenőrző pontok elmozdulása.

A geodéziai mérések során fontos a megfelelő időpont és az ideális meteorológiai körülmények kiválasztása, ezáltal döntő az időjárás előrejelzést figyelembe venni. Mivel nagyban befolyásolják a mérési eredmények megbízhatóságát a változó légköri viszonyokból származó hibák. A Földünket eltérő sűrűségű és hőmérsékletű levegőrétegek veszik körül, ezáltal az eltérő törésmutatóval jellemezhető, amelynek értéke időben nem állandó. A fény által megtett út a levegő közegében görbe és nem egyenes.

A refrakció jelensége nagyobb hatást gyakorol magassági szögméréseink esetén. A hatás különösen jelentős hosszú irányok esetén. Éppen ezért a depónia mozgásvizsgálata során törekedtünk arra, hogy a trigonometriai magassági hálózatunkban rövid irányok legyenek.

4.3 Vizsgálati pontok bemutatása

Geodéziai módszerekkel végzett mozgásvizsgálatok során általánosan a vizsgált objektumokra jellemző bonyolult és összetett mozgásokat modellezni szokás, amely során különböző egyszerűsítésekkel élünk. Így a vizsgált létesítményt alkalmasan választott pontjainak ún. vizsgálati pontokkal helyettesítjük, ezekre végezzük méréseinket és feltételezzük, hogy ezen pontok mozgása az egész létesítmény mozgását leírja.[4.3.1.ábra] A Sándorfalvi úti Regionális Hulladéktároló Telep esetében az összesen 45 darab vizsgálati pont a depónia négy oldalán, oldalanként három (öt esetben négy) szinten és négy sávban helyezkedik el. A pontok állandósítási módja egy-egy 25x25x60



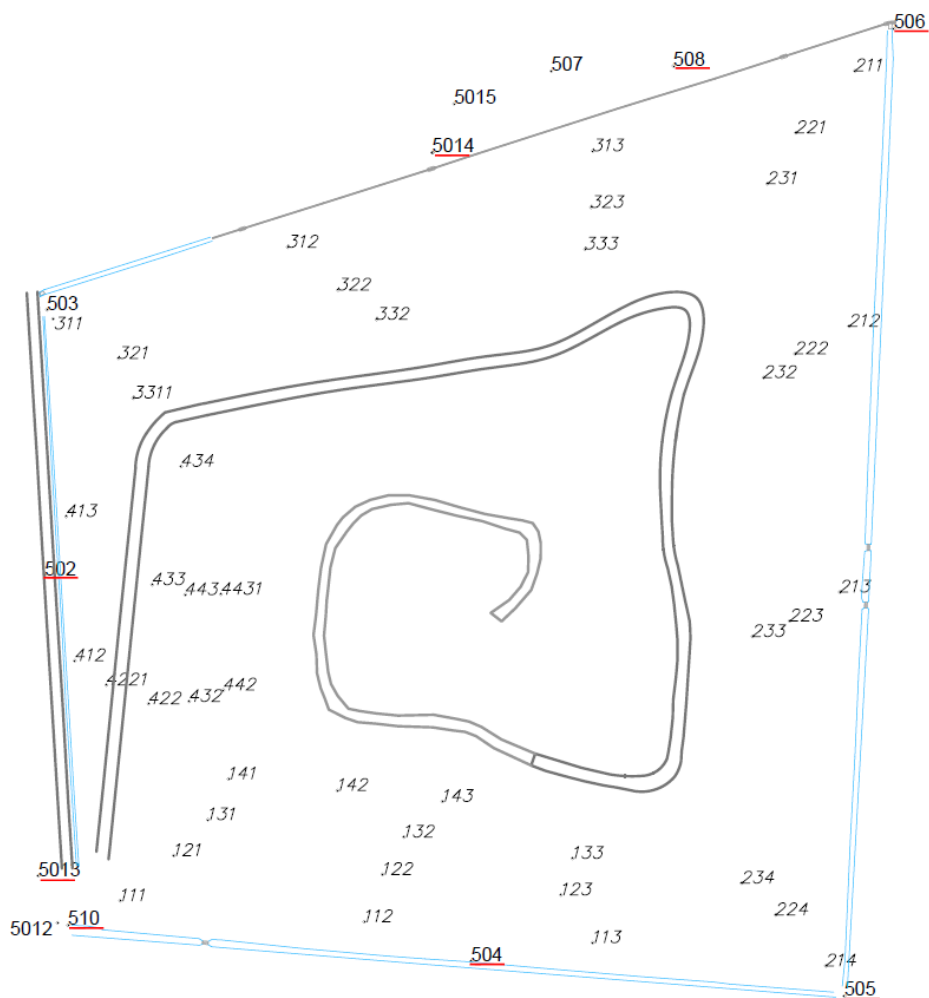
4.3.1. ábra Vizsgálati pont (kő)

kővel történt. Ezen pontok elavultak illetve nagy gondot jelent, hogy a fölfelszín alá maximálisan körülbelül 20 cm-re vannak rögzítve, mivel egy biztonsági védő fólia van elhelyezve az egészségre ártalmas gázok kibocsátásának csökkentése érdekében. A tereprendezési feladatok közé tartozik a szemétdomb területén lévő zöld terület rendben tartása. Kaszálás során a munkagépek elmozdíthatják a vizsgálati pontokat, rosszabbik esetben pedig meg is károsíthatják azokat. A ponthely a köveken nem állandó, azt egy a kövekre illeszthető fém pánt segítségével tudjuk megjeleníteni a mérés időtartamára.

A kövek számozása három darab számjegyből áll. Balról az első (százast) helyen szereplő szám 1-4 intervallumba esik, mely a depónia oldalainak számát jelenti. A déli 1-es, a keleti 2-es, az északi 3-as és a nyugati oldal a 4-es sorszámú. A második (tízest) helyen szereplő szám szintén 1-4 intervallumba eshet és azt mutatja, melyik szinten helyezkedik el az adott pont. A legalacsonyabb az 1-es míg a legmagasabb a 4-es számú szint. A harmadik (egyes) helyen szereplő számjegy az oldalakon belüli sorok számát jelenti, szintén 1-4 intervallumba.[4.4.1. ábra]

4.4 Alappontok

Annak érdekében, hogy a vizsgálati pontok mozgása levezethető legyen, szükség van mozdulatlan helyen állandósított alappontokra is. A vizsgálatához kezdetben kettő darab a terület ÉNY-i és DNY-i sarokpontjához, a depóniától biztonságos távolságra, furatos rézcsappal ellátott köveket helyeztek el. Később a hálózati szemlélet helyett, pontonkénti meghatározással végezték a mozgásvizsgálatot. Ehhez további, oldalanként 3-3 darab alappontot létesítettek a depónia körül. Ezek állandósítási módja vagy Faynot-jel, vagy csömöszölt vascső közepében szeggel. Az alappontok ötszázias pontszámokkal vannak jelölve.



4.4.1. ábra Mérési vázlat 2022 Depónia

5 MÉRŐÁLLOMÁSOK

5.1 Mérőállomásokról általánosságban

A mérőállomás egy olyan eszköz, amely egyetlen egységben ötvözi a szögmérést, távmérést, adatrögzítést és adatkezelést. Ez a berendezés beépített számítógéppel rendelkezik, amely mérésvezérlést, adatvezérlést és különböző számításokat hajt végre. A mérőállomás tehát integrált funkciókkal rendelkező eszköz, amely lehetővé teszi a mérési adatok gyűjtését és feldolgozását egyetlen rendszeren belül. Adatok tárolására több kiforrott lehetőség tárul elénk. Leggyakoribb a műszer belső memóriájába tárolja a nyers mérési adatokat, ezekhez az adatokhoz hozzá juthatunk kábeles összeköttetésű kiolvasással. Amennyiben lehetőségünk és megfelelő kompatibilitás lehetővé teszi különböző adathordozók segítségével is ki nyerhetjük. Nagy könnyebbséget jelent a műszerek által lehetővé tett két irányú adatforgalom, amely során az irodai számítógépről adatokat importálhatunk a műszer belső memóriájába, és a műszerből pedig exportálhatjuk az adatokat az általunk választott adathordozó segítségével.

5.2 GEOMAX Zoom 95 robot mérőállomás

A méréshez felhasznált eszközök az elvárt pontosság tartásához nélkülözhetetlenek ezek precíziós mérésekre alkalmas műszerek. Irány és távolság mérésre a GEOMAX Zoom 95 mérőállomást választottam, amellyel akár 1" szögmásodperces pontossággal dolgozhatunk. A feleadatunkat könnyítette még, hogy a műszer szervomotorral, valamint célfelismerő célkereső és célkövető funkcióval is fel van szerelve. A négytengelyű kompenzátor, amely segítségével négy különböző irányban tudjuk meghatározni a műszer dőlését. A műszer távmérési paraméterei a következők: normál (standart) mérési funkcióban a középhiba 1mm + 1,5 ppm, a mérés időtartam 2,4 másodperc, ha gyors mérési opciót választjuk akkor az alábbi pontossággal tudjuk elvégezni a méréseket 2mm + 1,5 ppm, de mindössze 0,8 másodpercre csökken a mérési idő. A legnagyobb távolság, amelyet prizma irányozhatunk átlagos légköri viszonyok mellett 3500 méter. Az adatokat egy 2 GB-os belső tárhelyre menthetjük, de lehetőség nyílik USB port és SD kártya behelyezésére is. Azirányzását egy 30x nagyítású távcső segíti. A műszer rendelkezik 5" WVGA

800x480 képpont felbontású színes és érintőképernyős LED panellel mindezek mellé társul a 25 alfanumerikus billentyű, ez azonban csak az egyik oldalon található meg, ezért a két távcső állásban való méréskor kisebb nehézséget okozhat a mérés elindítása az érintőpanelen. Robot mérő állomásról van szó, tehát a nagy ható távolságú Bluetooth fogantyúval van ellátva, amely segítségével a csatlakozhatunk a külső vezérlőhöz. Az eszköz szerkezeti elemeinek tökéletlen beállítását és az emberi hibák kiküszöbölésére is egyaránt alkalmas.

5.3 Leica TCRA 1101 robot mérőállomás

A mérések felgyorsítása miatt és a téli időszámításra való átérés miatt a mérésre alkalmas idő lecsökkentével szükségünk volt egy második mérőállomás bevezetésére is. Amely a Leica TCRA 1101 robot mérőállomás lett.[5.3.1. ábra] Ezen típus gyártását 1999-ben kezdték meg. Az idő múlása nem észrevehető rajta, mivel a gyártó által előírt módon volt tárolva és működtetve is. A rendszeres hiteles kalibráció elengedhetetlen a műszernél, ennek meglétében a kellő pontosság szinte garantált. Akkoriba gyártott társaival ellentétben ez a típus már szervomotorral, valamint célfelismerő rendszerrel felszerelve tért a piacra.



5.3.1. ábra Leica TCRA 1101 és Leica Mini Prism

A mérőműszer iránymérési paramétere 2'' szögmásodperces középhiba és távmérés középhibája normál (standart) üzemmódban $2\text{mm} + 2\text{ppm}$, a mérés időtartama 1 másodperc. A mérési idő lerövidíthető gyors üzemmódban azonban a pontosság ilyenkor jelentősen romolhat, akár a standart mérés dupláját is eredményezheti $5\text{mm} + 2\text{ppm}$. A kör prizmára irányozható legnagyobb sikeresen elvégezhető távolság mérés 3000 méter, amely igen nagy távolságot jelent nem elmaradva a korszerű társaihoz képest. A fázismérés elve koaxiális, infravörös lézernek köszönhetjük a nagy pontosságot. A méréshez szükséges dőlésmentes műszert egy központosított, kéttengelyű kompenzátor biztosítja. A működéshez szükséges vezérlőegység 8 sor és 32 karakterből álló 256×64 képpontos grafikus LCD

kijelző. Amely mellett 30 billentyű ezen belül 6 funkció billentyű és 12 darab alfanumerikus billentyű gomb megnyomása lehetséges. A kijelző a műszeren mind a két oldalon megtalálható, ezért a két távcsőállásban való mérésakor is egyszerűen kezelhetőséget biztosít. Áram ellátásról nikkel-fémhibrid akkumulátor gondoskodik 6V feszültséggel melynek kapacitása 3.6 Ah. Ezekkel a paraméterekkel a gyártó 400-600 mérésre kalkulálja az akkumulátor időtartamát.

A mérések során kettő darab Leica gyártmányú prizma volt szükségünk, amelyek:

- LEICA GMP 111 Mini Prism (+17,5mm)
- LEICA GMP 101 Mini Prism (+17,5mm)

Az összeadó állandók a gyártó által feltüntet értékek, ezek megfelelő módon történő ellenőrzése után elfogadtuk ezeket a mérőszámokat

5.3.1 A mérőműszer pontatlan beállításából származó hibák

A GEOMAX Zoom 95 képes korrigálni a kollimációt, index hibát, és a fekvőtengely mérőlegességi hibáját automatikusan. Ennek köszönhetően a leolvasások már nem lesznek terhelve az alábbi hibákkal, így már nincs szükség kifejezetten a két távcsőállásban való mérésekre, elegendő egy távcsőállásban elvégezni a méréseket így a mérések időtartama jelentősen egyszerűbbé és rövidebbé válhat. A tengelyek körül a már említett szervomotorok segítségével ráfordul a pontra és csak az úgy nevezett finom irányzást kell nekünk a kötő- és irányító csavarok segítségével elvégezni. A mérési eredmények tovább javíthatók a meteorológiai adatok megadásával, beleértve a hőmérsékletet és a légnyomást, amelyeket kizárólag minősített és kalibrált eszközök segítségével mérhetünk.

Jelentős hibákat okozhat a távmérésekben az összeadóállandó, amely a prizmaállandó valamint a műszerállandó együttléve. Műszerállandóról akkor beszélhetünk, ha a zérus pont nem esik rá az állótengelyre. Prizmaállandó pedig az irányzandó prizma zérus pontja nem esik egybe az optikai vetítő irányvonalával. Ezek rendszeresen a gyártó által feltüntetett számok, de csak a gyártó megegyező gyártó által kibocsátott műszer és prizma esetén megbízható és elfogadható ez a mérőszám.

6 2022. ÉVI MOZGÁSVIZSGÁLAT

6.1 Mérés módja

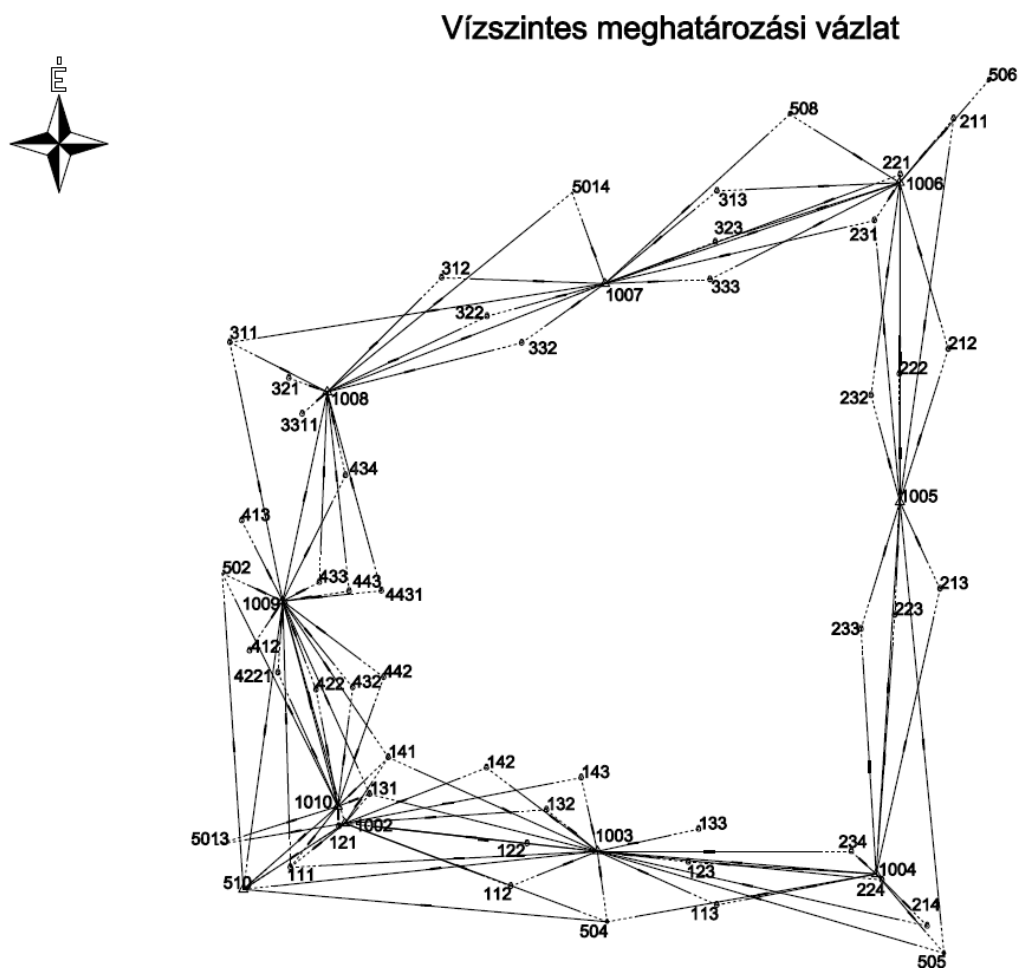
A mérést 2022 decemberében végeztük el, a mérésre alkalmas időintervallum jelentősen lecsökken az év végi időszakban. Ezt kompenzálva 2 db mérőállomást használtunk a mérés időtartamának lerövidítése érdekében. Név szerint a GEOMAX Zoom 95 és a Leica TCRA 1101 típusú előzőleg kalibrált mérőállomásokat használtuk. A mérés során nyers mérési adatokat rögzítettünk, a vizsgálati pontok koordinátái meghatározása minden esetben utófeldolgozással történt.

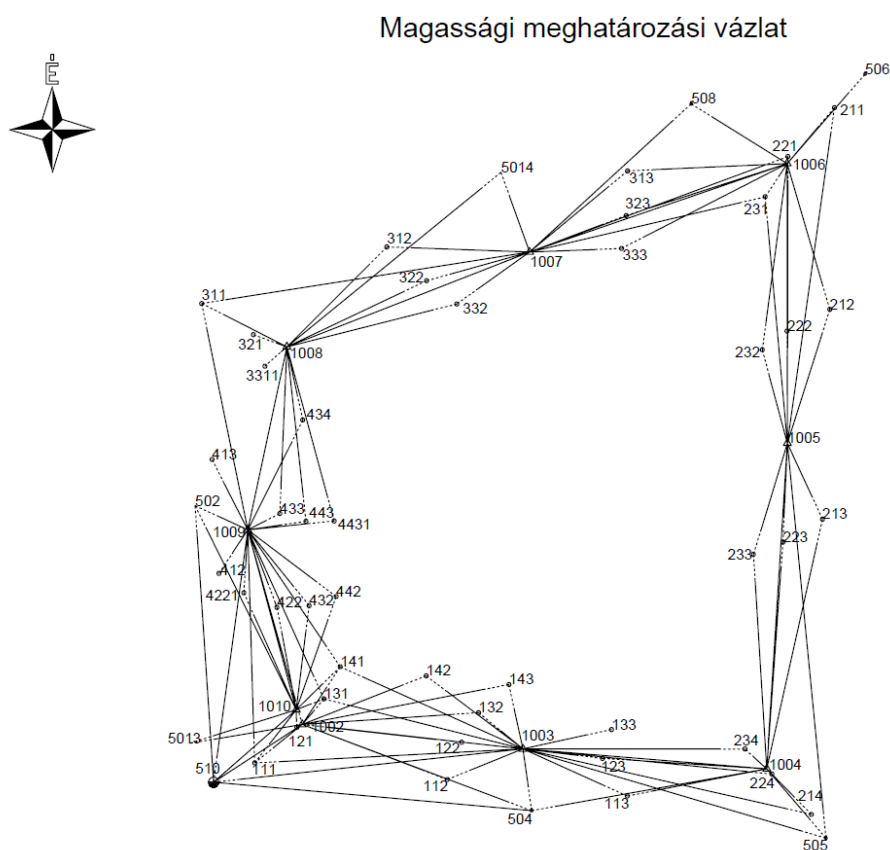
A depónia felmérése során egy zárt sokszög vonalat vezettünk körbe a depónia körül. Ez a sokszögvonal annyiban különbözött egy hagyományos sokszögvonaltól, hogy a közbenső álláspontokról is mértünk távolságokat, irányértéket és zenitszöget a látható vizsgálati- és alappontokra. Álláspontonként a szomszédos álláspontok összemérése után mértünk a látható vizsgálati pontokat. Minden esetben a pontokra I. majd II. távcsőállásban is végeztünk mérést. A megfelelő számú fölösmérés biztosítása érdekében a cél az volt, hogy minden vizsgálati pontra legalább két álláspontból végezzünk irány és távmérést. Az álláspontok kiválasztásánál szempont volt a megfelelő geometria, a jó előmetszőszögek kialakítása.

A sokszögvonal kezdőpontja az 510 számú pont volt, majd az 1002-es álláspont követve növekvő sorszámozással egészen 1010-ig. A vonal kezdőpontján egy műszerállványt talppal ott hagytunk, hogy lehetővé tegyük az utolsó 1010-es álláspontból a vissza mérést a kezdőpontra. Valamint méréseket végeztünk az 504-es pontról kettő darab alappontra. Előzetes tervezés során kiválasztott és mozdulatlanak feltételezett alappontokra mértünk a vizsgálati pontokon túl. Ennek oka ahogyan fentebb említésre került, hogy mindössze kettő darab alappontra van szükségünk. A két darab alappont kiválasztását követően, a felhasználatlan alappontok a számításban résztvevő pontok mozdulatlanságának eldöntésében, illetve esetleges későbbi újraszámítás esetén juthat szerephez.

A vizsgálati pontok mérése során felkerestük az adott pontot, majd elhelyeztük rajta a fém pántot úgy, hogy a pánton lévő (fehér) jelölés déli irányba, Szeged felé mutasson.

Így értük el, hogy a pontjelölés a kő újbóli felkeresése után is ugyanarra a helyre essen. Az irányzás és távmérés Leica Mini prizmára történt, az irányzandó prizma jelmagassága a láthatóság függvényében 0,400 és 1,000 méter között változott. [6.1.1. ábra,6.1.2. ábra]





6.1.2. ábra Magassági meghatározási vázlat

6.2 A számítás módja

A depónia mozgásvizsgálatát helyi rendszerben végeztünk, tehát a térképezés síkja a helyi függőlegesre merőleges vízszintes sík volt. Így a távolságokat csak vízszintesre redukáltuk, tehát sem alapfelületi, sem vetületi redukcióval nem láttuk el őket. A magasságkülönbségek számításánál rövid irányokról lévén szó (maximum 400 méter), a trigonometriai magasságmérés egyszerűsített alapképletét használtuk, tehát sem a refrakció sem a földgörcsület hatását nem vettük figyelembe.

Fontos megjegyezni, hogy a korábbi méréseket nem helyi rendszerben végezték, így a feldolgozás eredményeiül kapott koordináta-különbségeket a dokumentáció folytonosságának megőrzése érdekében a korábbi mérések EOVS koordinátáihoz adtuk hozzá.

A nyers mérési állományokat GeoEasy kiegyenlítő program segítségével hálózat kiegyenlítést végeztünk, mivel nagy számú fölös mérésekkel rendelkezünk. Ennek előnye,

hogy nem csupán a pontok koordinátáit, hanem az azokhoz tartozó megbízhatósági mérőszámokat is eredményül kaptuk.

A számítást két részletre bontva végeztük el, a vízszintes és trigonometriai hálózat kiegyenlítésére. Az előbbi számítása szabad hálózatként történt. Ennek előnye, hogy a hibák egységesebben oszlanak meg a pontok között és az adott pontok kötöttségeiből származó hiba sem terheli az eredményt. A magassági hálózat kiegyenlítése során a súlyokat a távolsággal fordítottan arányosan az arányosan adtuk meg és egyedül az 510-es pont magasságát vontuk be adott pontként.

A vízszintes és magassági hálózatok kiegyenlítését követően a következő lépés az alappontok vízszintes és magassági értelemben vett mozdulatlanságának eldöntése. Előbbi a szabadhálózati kiegyenlítésből kapott alappontok közötti távolságok vizsgálatán alapult. Ha két egymást követő évben két alappont közötti távolság figyelembe véve a hibaterjedésemből levezethető középhibákat is azonosnak tekinthető, akkor azzal a feltételezéssel élünk, hogy a két alappont egy év alatt nem mozdult el. (Szabatosan ez a feltételezés csak részben igaz, mert két pont közötti távolság a pontok között akkor is változatlan marad, ha azok azonos irányba és mértékkel mozdulnak el.) Az ilyen módon mozdulatlannak tekintett és így az adott évben kiválasztott alappontokra transzformáltuk (eltolás és forgatás) és az összehasonlíthatóság érdekében a megelőző év szabadhálózatát is. A transzformáláshoz felhasznált két pont közötti irányszög a pontok előzetes RTK méréséből nyert EOVS koordinátáiból lett számítva, így elérve azt, hogy a transzformáció eredményeként kapott hálózat koordináta-tengelyei az országos rendszerével essenek egybe. Ez egyúttal azt is eredményezi, hogy egy adott évben bármely alappont páros is bizonyul mozdulatlannak az abban az évben kimutatott Δy , Δx elmozdulások a korábbi évek eredményeivel összevethető lesz, mivel a koordináta-tengelyek iránya így mindig az országos rendszeréhez igazodik.

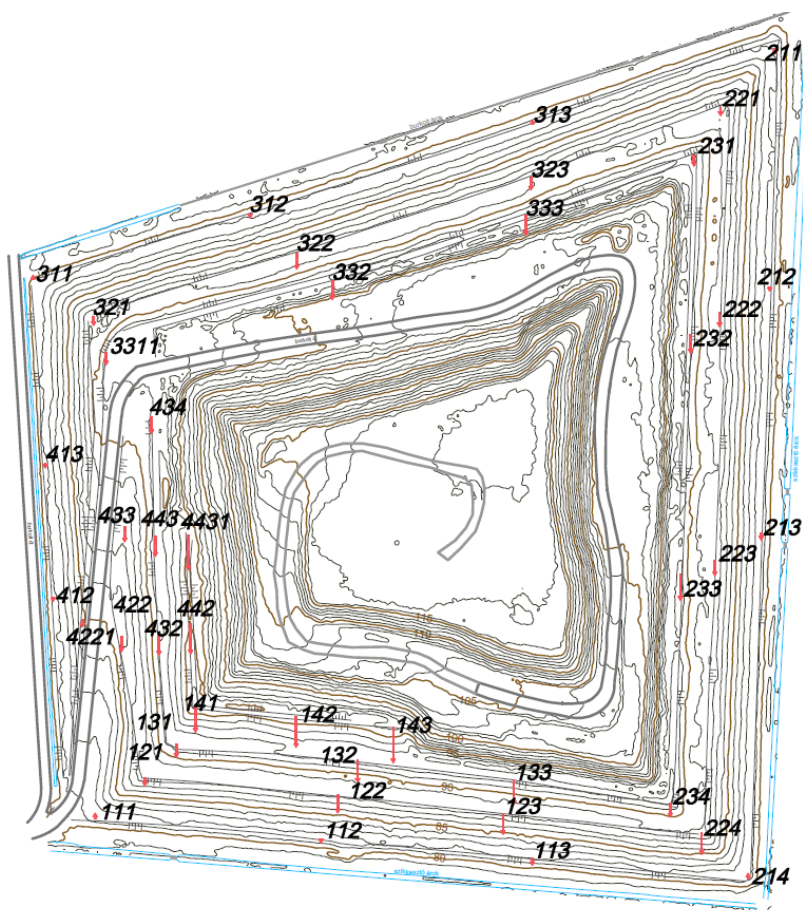
A magassági értelmű mozdulatlanságot hasonló módon, csak az alappontok közötti vízszintes távolság helyett a köztük lévő magasságkülönbséget vizsgáltuk. Ha az a két pont között az aktuális és az azt megelőző évben változatlan volt, akkor az alappontokat magassági értelemben mozdulatlannak feltételeztük és mind a két év magassági hálózatát az

egyik mozdulatlan alappont előzetes szintezésből nyert kvázi EOMA magasságára toltuk el. Ezzel elérve, hogy eredményeink ugyan abban a rendszerben lettek adottak, így a koordináta különbségekből az elmozdulások kimutathatóvá váltak.

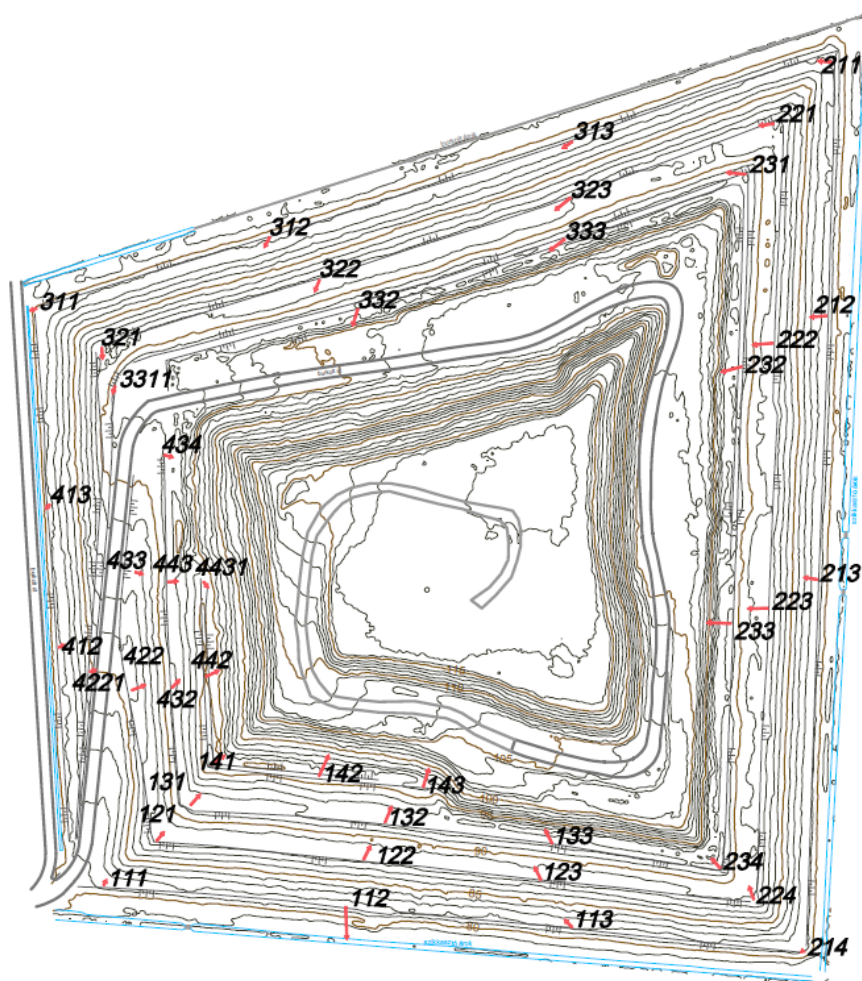
6.3 EREDMÉNYEK

Az alkalmazott mérési technológia és számítási módszer a korábbi évek gyakorlatával megegyezik, így elérve azt, hogy a hálózat kiegyenlítés után kapott és mozdulatlan pontokra transzformált koordináták a megelőző évvel azonos helyi rendszerben lettek meghatározva.

Az alkalmazott mérési technológia az előző évekbeli mérésekkel megegyezik, így a mérési eredmények és a hálózat kiegyenlítés után kinyert koordináták a megelőző évvel azonos helyi rendszerben lettek meghatározva. Ezáltal a vizsgálati pontok elmozdulásának mértéke és iránya jól összevehető különböző időpontokban végzett mérések során. A kimutatható Δy ; Δx ; Δz eltérések egyaránt. A 2021 és 2022 évi elmozdulások mértékét és irányát a **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.** és 6.3.2. ábra mutatja be.



6.3.1. ábra Vertikális elmozdulás vektorok 2022



6.3.2. ábra Horizontális elmozdulás vektorok 2022

Az eredményekből következtethető, hogy a depónia térfogata és magassága növekvő tendenciát mutat. Ebből adódhat a depónia tetején lévő súly többlet miatt az alsóbb részek süllyedése és tömörödése kimutatható. A vizsgálati pontok mozgás vektorjai a depónia középpontja felé mutatnak, mivel az újonnan hozott hulladékot minden esetben a depónia tetején helyezik el. Újonnan lerakott hulladékok nagyobb mértékben tömörödnek és bomlanak le mint a régebb óta elhelyezett hulladékok. A depónia különböző rétegei ezáltal különböző mértékben roskadnak, ez jól látható a vizsgálati pontokon. A depónia tetejéhez közelebb elhelyezkedő pontok nagyobb mértékű elmozdulásokat mutatnak mint a depónia alján lévők. A korábban lehelyezett hulladékok roskadása megállni látszódik, sőt némelyik pont elmozdulásának vektora megfordult. Ezen elmozdulások mértékei több

centi métereseek is lehetnek azonban magassági értelemben jelentősebb elmozdulás figyelhető meg, mint vízszintes értelemben.[6.1. táblázat Vizsgálati pontok elmozdulása 2016-2022]

Psz.	2016			2022			Elmozdulás [cm]		
	y	x	m	y	x	m	Δy	Δx	Δm
111	734150,981	107342,236	81,660	734150,990	107342,263	81,676	0,9	2,7	1,6
112	734295,140	107329,871	82,323	734295,155	107329,837	82,284	1,5	-3,4	-3,9
113	734430,018	107317,468	82,609	734429,994	107317,476	82,542	-2,4	0,8	-6,7
121	734182,592	107368,888	88,991	734182,636	107368,944	88,901	4,4	5,6	-9,0
122	734305,859	107357,710	88,943	734305,896	107357,786	88,644	3,7	7,6	-29,9
123	734411,430	107345,625	89,089	734411,372	107345,653	88,736	-5,8	2,8	-35,3
131	734202,777	107390,100	91,929	734202,835	107390,174	91,725	5,8	7,4	-20,4
132	734318,520	107379,824	93,233	734318,562	107379,889	92,865	4,2	6,5	-36,8
133	734418,171	107367,205	93,462	734418,133	107367,263	92,994	-3,8	5,8	-46,8
141	734214,953	107414,174	97,043	734215,046	107414,209	96,615	9,3	3,5	-42,8
142	734279,254	107407,282	96,745	734279,327	107407,421	96,163	7,3	13,9	-58,2
143	734341,224	107400,807	97,510	734341,288	107400,914	96,808	6,4	10,7	-70,2
211	734584,995	107832,578	82,244	734584,992	107832,573	82,264	-0,3	-0,5	2,0
212	734581,540	107681,670	82,139	734581,515	107681,655	82,121	-2,5	-1,5	-1,8
213	734576,122	107524,616	82,021	734576,075	107524,605	81,966	-4,7	-1,1	-5,5
214	734567,676	107303,787	81,507	734567,697	107303,780	81,526	2,1	-0,7	1,9
221	734550,155	107796,026	89,544	734550,128	107795,994	89,445	-2,7	-3,2	-9,9
222	734549,572	107665,418	89,359	734549,486	107665,380	89,155	-8,6	-3,8	-20,4
223	734546,562	107507,550	89,488	734546,467	107507,540	89,263	-9,5	-1,0	-22,5
224	734538,133	107333,869	89,578	734538,113	107333,909	89,285	-2,0	4,0	-29,3
231	734533,262	107765,891	92,480	734533,208	107765,885	92,334	-5,4	-0,6	-14,7
232	734531,132	107651,397	92,331	734531,017	107651,351	91,998	-11,5	-4,6	-33,3
233	734524,529	107498,337	92,120	734524,414	107498,346	91,662	-11,5	0,9	-45,8
234	734518,094	107352,641	92,739	734518,049	107352,670	92,519	-4,5	2,9	-22,0
311	734111,392	107686,071	80,634	734111,380	107686,078	80,646	-1,2	0,7	1,2
312	734249,925	107728,429	81,368	734249,941	107728,395	81,336	1,6	-3,4	-3,2
313	734430,162	107785,311	82,157	734430,155	107785,279	82,130	-0,7	-3,2	-2,7
321	734150,007	107662,741	89,073	734150,035	107662,710	88,946	2,8	-3,1	-12,7
322	734279,674	107703,152	89,033	734279,682	107703,100	88,799	0,8	-5,2	-23,4
323	734429,099	107751,931	89,480	734429,061	107751,861	89,272	-3,8	-7,0	-20,8
332	734302,366	107685,824	92,721	734302,384	107685,742	92,419	1,8	-8,2	-30,2
333	734425,626	107727,336	92,539	734425,599	107727,245	92,192	-2,7	-9,1	-34,7
3311				734157,998	107639,722	91,715			
411	734131,151	107367,871	81,176	elpusztult					
412	734124,197	107484,081	81,349	734124,230	107484,098	81,320	3,3	1,7	-2,9
413	734119,148	107569,325	81,403	734119,151	107569,315	81,374	0,3	-1,0	-2,9
422	734167,638	107458,563	86,435	734167,736	107458,595	86,194	9,8	3,2	-24,1
423	734153,252	107549,754	89,168	elpusztult					
432	734191,701	107459,991	91,749	734191,762	107460,035	91,429	6,1	4,4	-32,0
433	734169,817	107528,958	88,155	734169,863	107528,972	87,913	4,6	1,4	-24,2
434				734187,036	107598,889	91,496			
442	734211,884	107466,700	95,916	734211,991	107466,737	95,383	10,7	3,7	-53,3
443	734189,342	107523,057	92,189	734189,416	107523,068	91,861	7,4	1,1	-32,8
4221	734142,826	107469,681	85,122	734142,865	107469,702	85,025	3,9	2,1	-9,7
4431	734210,514	107523,366	95,891	734210,520	107523,341	95,1	0,6	-2,5	-76,9

6.1. táblázat Vizsgálati pontok elmozdulása 2016-2022

Psz.	2021			2022			Elmozdulás [cm]		
	y	x	m	y	x	m	Δy	Δx	Δm
111	734150,988	107342,260	81,670	734150,990	107342,263	81,676	0,2	0,4	0,7
112	734295,154	107329,872	82,287	734295,155	107329,837	82,284	0,1	-3,5	-0,3
113	734430,000	107317,470	82,554	734429,994	107317,476	82,542	-0,6	0,6	-1,2
121	734182,630	107368,936	88,917	734182,636	107368,944	88,901	0,6	0,8	-1,5
122	734305,889	107357,774	88,691	734305,896	107357,786	88,644	0,6	1,3	-4,7
123	734411,378	107345,641	88,790	734411,372	107345,653	88,736	-0,6	1,2	-5,4
131	734202,826	107390,164	91,756	734202,835	107390,174	91,725	0,9	1,0	-3,0
132	734318,556	107379,874	92,923	734318,562	107379,889	92,865	0,7	1,5	-5,8
133	734418,140	107367,249	93,063	734418,133	107367,263	92,994	-0,7	1,3	-6,9
141	734215,033	107414,200	96,686	734215,046	107414,209	96,615	1,3	0,9	-7,1
142	734279,317	107407,399	96,247	734279,327	107407,421	96,163	1,0	2,2	-8,5
143	734341,283	107400,895	96,911	734341,288	107400,914	96,808	0,6	1,8	-10,2
211	734585,005	107832,571	82,258	734584,992	107832,573	82,264	-1,4	0,1	0,6
212	734581,531	107681,657	82,123	734581,515	107681,655	82,121	-1,6	-0,1	-0,2
213	734576,087	107524,603	81,976	734576,075	107524,605	81,966	-1,2	0,2	-1,0
214	734567,698	107303,781	81,519	734567,697	107303,780	81,526	-0,1	-0,1	0,7
221	734550,142	107795,996	89,459	734550,128	107795,994	89,445	-1,3	-0,2	-1,4
222	734549,506	107665,382	89,189	734549,486	107665,380	89,155	-2,0	-0,2	-3,4
223	734546,487	107507,540	89,301	734546,467	107507,540	89,263	-2,0	-0,1	-3,8
224	734538,117	107333,897	89,344	734538,113	107333,909	89,285	-0,4	1,2	-5,9
231	734533,227	107765,883	92,358	734533,208	107765,885	92,334	-1,9	0,2	-2,4
232	734531,037	107651,356	92,046	734531,017	107651,351	91,998	-2,1	-0,6	-4,8
233	734524,438	107498,345	91,733	734524,414	107498,346	91,662	-2,4	0,1	-7,1
234	734518,056	107352,662	92,553	734518,049	107352,670	92,519	-0,8	0,9	-3,3
311	734111,385	107686,080	80,643	734111,380	107686,078	80,646	-0,4	-0,1	0,3
312	734249,946	107728,404	81,337	734249,941	107728,395	81,336	-0,5	-0,9	-0,2
313	734430,163	107785,284	82,128	734430,155	107785,279	82,130	-0,8	-0,5	0,2
321	734150,034	107662,720	88,962	734150,035	107662,710	88,946	0,1	-1,0	-1,7
322	734279,687	107703,111	88,837	734279,682	107703,100	88,799	-0,4	-1,0	-3,9
323	734429,077	107751,873	89,302	734429,061	107751,861	89,272	-1,5	-1,2	-3,0
332	734302,389	107685,758	92,468	734302,384	107685,742	92,419	-0,5	-1,6	-4,9
333	734425,614	107727,256	92,243	734425,599	107727,245	92,192	-1,5	-1,1	-5,1
3311	734157,999	107639,727	91,741	734157,998	107639,722	91,715	-0,2	-0,5	-2,7
412	734124,226	107484,096	81,324	734124,230	107484,098	81,320	0,4	0,2	-0,3
413	734119,153	107569,317	81,378	734119,151	107569,315	81,374	-0,2	-0,2	-0,4
422	734167,723	107458,590	86,231	734167,736	107458,595	86,194	1,3	0,5	-3,7
432	734191,756	107460,028	91,483	734191,762	107460,035	91,429	0,6	0,7	-5,4
433	734169,858	107528,974	87,951	734169,863	107528,972	87,913	0,5	-0,1	-3,8
434	734187,029	107598,891	91,538	734187,036	107598,889	91,496	0,7	-0,2	-4,2
442	734211,980	107466,732	95,467	734211,991	107466,737	95,383	1,2	0,5	-8,4
443	734189,409	107523,067	91,915	734189,416	107523,068	91,861	0,8	0,1	-5,4
4221	734142,862	107469,701	85,039	734142,865	107469,702	85,025	0,4	0,1	-1,3
4431	734210,517	107523,345	95,221	734210,520	107523,341	95,122	0,3	-0,4	-9,9

6.2. táblázat Vizsgálati pontok elmozdulásai 2021-2022

7 UAV TECHNÓLOGIÁK

7.1 Pilóta nélküli legi járművek

Az UA-k szerkezeti kialakításuk szerint a hagyományos repülőgépekhez hasonlóan lehetnek merev vagy forgószárnyú eszközök. A forgószárnyas UA-k legjelentősebb csoportját a quadro- illetve multicopter elrendezésű eszközök alkotják, amelyek 4 (quadro) vagy annál is több, 6–8 (multi) meghajtó légcsavarral rendelkeznek. A pilóta nélküli légijármű rendszerek megfelelő módú üzemeltetése érdekében az alábbi fő elemekre van szükségünk:

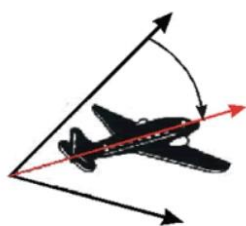
- Pilóta nélküli légijármű (Unmanned Aircraft: UA)
- Távpilóta-állomás (Remote Pilot Station: RPS)
- Antennarendszer (Global Data Transmitter: GDT)

A pilóta nélküli légi jármű (UA) olyan speciális légi jármű, amelynek a légkörben történő mozgása során a vezetője nem tartózkodik a gép fedélzetén. A jármű irányítása történhet a földről, illetve úgy is, hogy a repülőgép autonóm módon a kezelő által beállított útvonalon repül.

A merev szárnyú UA-k felépítése és repülési elve teljesen megegyezik a hagyományos értelemben vett repülőgépekével. Az egyetlen különbség, hogy a légi jármű vezetője nem tartózkodik annak fedélzetén. A forgó szárnyú UA-k, más néven copterek repülési elve viszont jelentősen eltér a hagyományos, forgószárnyú repülőgépek, azaz helikopterek működésétől. A multicopter légcsavarjainak meghajtása elektromotorokkal történik. Általában légcsavaronként egy motor található, amelynek energiaellátásáról fedélzeti akkumulátor gondoskodik.

A multicopter kormányzása a hagyományos repülőgépekéhez hasonlóan történik az alábbi három tengely körül. [7.1.1. ábra]

- Függőleges tengely
- Kereszt tengely
- Hossztengely



Géptörzs elfordulás



Billenés



Géptörzs emelkedés

7.1.1. ábra Inerciális forgatások (Forrás: Dr.Jancsó Fotogrammetria előadás 2020)

A földi irányítóállomás vagy távpilóta-állomás (Remote Pilot Station: RPS) az UA kezelőjének legfőbb munkaeszköze. [7.1.2. ábra] A kezelő panel, távirányító segítségével juttatja el a vezérlőparancsokat az UA fedélzetére és végzi a gép közvetlen irányítását. A távirányítóról küldött parancsok az antennán keresztül, rádióhullámok útján jutnak el az UA fedélzetére. A távirányítón elhelyezkedő fő vezérlőszervek a vezérlőkarok (2db); melyek közül az egyik segítségével közvetlenül a vezérelhető az UA-motor teljesítménye, a másik kar pedig a gépet irányítja. Fejlettebb távpilóta-állomások az alapvető repülési és rendszeradatok megjelenítését is biztosítja. A távpilóta-állomást az első használatot megelőzően össze kell hangolni, vagyis párosítani (szinkronizálni) kell az UA-val. Ez az a mozzanat, amikor egyértelműen hozzárendeljük az UA-hoz az irányítóberendezést.



7.1.2. ábra Földi irányító állomás (Forrás: www.kti.hu)

UAS-ok esetében az antenna (Global Data Transmitter: GDT) egy elektromágneses hullámok kisugárzására és vételére alkalmas technikai eszköz biztosítja a földi irányító állomás és a távpilóta nélküli légi jármű (UA) közötti folyamatos összeköttetést. Az antenna sugárzási karakterisztikája bemutatja, hogy az antenna milyen intenzitással sugároz különböző irányokba. Ezt a jelenséget két egymást merőleges síkban ábrázolják: egy vízszintes síkban (horizontális) és egy függőleges síkban (vertikális). Az antenna karakterisztikája egy görbét alkot, amely összeköti az adott síkban az egyenlő térerősségű pontokat. Ez segít megérteni, hogy az antenna mennyire irányított a sugárzása az eltérő irányokban.



7.1.3. ábra Global Data Transmitter (GDT) (Forrás: www.kti.hu)

7.2 DJI Phantom 4

A DJI cégcsoport által kifejlesztett Phantom 4 egy nagy teljesítményű és kifinomult quadrop-ter, amelyben a repülést elősegítő és a repülést maximalizáló technológiákat ötvözi. Ezzel az UA lehetővé teszi a magas minőségű légi fotó és akár videókészítést is, miközben kezelése még egy kezdő felhasználó számára is egyszerűen kivitelezhető. A Phantom 4 jelentősen meghaladja a 249 grammos engedély nélkül irányítható UAV-k (Unmanned Aerial Vehicle) pilóta nélküli legijárművek kategóriáját, mivel 1380



7.2.1. ábra DJI Phantom 4 repülés közben

grammos tömeget mérhetünk akkumulátorral és a propellerekkel együttesen. Irányítása rendkívül felhasználó barát a távpilóta számára, mivel egy controller és egy okoseszköz szükséges, a maximális sebessége úgynevezett S-módban a gyártó által feltüntet 20m/s, és ez mellé társul az akkumulátor teljesítőképessége, amely akár 28 perc repülési időt biztosít számunkra anélkül, hogy visszahívnánk a kiinduló pontra és új energiaforrást cserélnénk. A pilóta nélküli légi jármű korszerűségét az is igazolja, hogy beépített RTK vevővel van ellátva, amely a GPS valamint a Glonass műholdas helymeghatározó rendszerekkel lép kapcsolatba a repülés időtartama alatt. Ennek köszönhetően a földmérési munkálatokat nagyban elősegíti, mivel az elkészült képekhez automatikusan egy EOV koordinátát tudunk kapcsolni, amellyel az utófeldolgozás és kiértékelés jelentősen pontosabbá és egyszerűbbé válhat. Az UAV (Unmanned Aerial Vehicle) pilóta nélküli légi jármű egy hasznos teherrel is fel van szerelve. A fényképezőgép egy háromtengelyes gimmbal stabilizátorral rendelkezik, amely zökkenő mentesen követi a drón mozgását, így a légi felvételek rendkívül élesek és stabilak. a gyártó által $\pm 0.02^\circ$ szögrezgési tartomány biztosított. A kamera lencséje: FOV 94° 20mm f/2.8 fókusz távolsággal, 8-1/8000 mp elektronikus zárídővel és 0.7 EV torzítású. Az elkészült média anyagot fotó esetén

4000x3000 képkockából álló videófelvételnél pedig 4K (4096x2160) minőségű fényképeket SD-kártyára rögzíthetjük, amely a repülőgép törzsébe helyezhető külső adattárolóként. Az külső adattárolón az elkészült médiatartalmakat JPEG, DNG vagy MP4, MOV fájlformátumban tudjuk kinyerni.

7.3 A munkaterület repülése

A drónok nagyban segítik a földmérők munkáját is, hisz egy nagy terület felmérése térképezése súlyos költségekkel és időráfordítással végezhető el. A depónia területé majdnem 24 hektár, így a drónnal való repülés teljes mértékben indokoltnak tekinthető. A mérési időpont és az időjárási körülmények rendkívüli fontossággal bírnak, hisz az erős szél-
lökések felboríthatják, illetve a legijármű stabilizációját befolyásolhatják és súlyos sérüléseket szenvedhetnek. Legalkalmasabb fényviszony a szűrt természetes fény, hisz ilyenkor nem tekinthetünk zavaró tényezőként az árnyékokra. Aktív működő depóniáról lévén szó, így azt is figyelembe kellett venni, hogy a lehető legkevesebb jármű forgalom legyen a repülni kívánt területen. Ezek összeségét figyelembe véve választottuk ki a repülésre szánt vasárnapi napot. A helyszínre érkezve, a szükséges engedélyek dokumentumok és hozzájárulások ellenőrzése után, a drónos munka végzés előtt az alábbiakat köteles elvégezni a drón pilóta. Ellenőriznie kell a rendszer részét képző valamennyi berendezés és eszköz műszaki állapotát és működőképességét. Tájékozódni a kell a fel és leszállás tervezett helyszínére és a repülési légtér igénybevételére vonatkozó előírásokról, korlátozásokról. Meg kell határozni a repülni kívánt területet és előzetesen tájékozódni a veszélyes forrásokról. Nem utolsó sorban teljes mértékben meg győződni arról, hogy az UA fedélzeti akkumulátora, és a földi irányítóállomás akkumulátorai megfelelően fel vannak töltve és működtetésbe tudják hozni a kívánt eszközt.

Amennyiben precíz drónos földmérést vagy területfelmérést tervezünk, kritikus fontosságú a földi vezérlő pontok (GCP) alkalmazása. [7.3.1. ábra] A drón GPS rendszere önmagában nem elegendő a kívánt pontossághoz, és akár több méteres hibák is előfordulhatnak. Bár az RTK (Real-Time Kinematics) technológiát alkalmazó eszközök alapvetően pontosabbak, a geodéziai szempontból elvárt rendkívül magas pontossághoz (5 cm-nél kisebb hibaérték) szükségesek a referenciapontok. Ezen pontok segítik a drónt az abszolút pontosság elérésében, így biztosítva a kívánt mérési eredményeket.

A földi vezérlőpontok száma és a repülni kívánt terület között nincs előre meghatározott arányszám. Ezt maga a repülést végző személy dönti el a pontossági mérőszám figyelembevételével kell kihelyezni. A területen arányosan, viszonylag egyenlő távolságra egymástól és a levegőből jól azonosítható módon. Ezen pontok kihelyezése és GNSS műszer segítségével koordinátáit meghatározni, csak a drón adatainak a pontosításához kell szoftveres munkánál. Az irodai feldolgozás eredményeként létrejövő adatok ellenőrzésére mérhetők úgynevezett ellenőrző pontok.[7.1. táblázat]



7.3.1. ábra GCP földi vezérlő pontok

Az alábbi GCP pontokat határoztuk meg:

Pontszám	EOV Y	EOV X	EOMA
1	734153,25	107341,91	81,425
2	734218,74	107413,21	95,905
3	734373,74	107353,29	88,419
4	734516,59	107353,80	92,024
5	734574,95	107295,08	78,777
6	734548,88	107576,05	88,899
7	734532,36	107765,25	91,935
8	734593,30	107848,12	79,466
9	734349,50	107738,58	85,492
10	734106,78	107690,62	79,408
11	734188,38	107620,43	91,265
12	734156,66	107492,68	86,008
13	734481,35	107557,16	99,256
14	734365,30	107437,71	105,961
15	734258,79	107518,24	111,264
16	734329,33	107592,58	116,085
17	734411,77	107594,03	119,960
18	734430,89	107473,42	121,963
19	734314,07	107500,10	122,065
20	734302,30	107550,42	121,436
21	734366,34	107526,38	122,211

7.1. táblázat CP pontok EOV koordinátái

A drón számára alkalmas fel és leszálló úgynevezett HOME POINT kiválasztása következett, itt figyelembe kellett vennünk a minket körülvevő műtárgyak és esetleges légvezetékek közelségét. Valamint a depónia nagy magasságkülönbsége miatt ügyelnünk kellett a megfelelő átfedések és repülési magasság pontos és előre eltervezett beállításaira. Ezeket figyelembe véve választottuk ki a depóniára felvezető utat, azonbanbelül középmagasságban elhelyezkedő pontját, így eleget téve a magasabban fekvő részeken készült

légifotók is kellő átfedéssel készülhettek el. Majd a Mydronespace applikáció segítségével ellenőrizni kell a repülni kívánt légtérre vonatkozik-e bármilyen UAS-műveleti korlátozás. Az okoseszközünkön futó 3D Survey Pilot applikáción belül be kell jelölni egy poligon segítségével a művelet végrehajtásához szükség területet, ezután beállítottuk a repülési magasságot 60méterre és a képek közötti átfedések mértékét 80%-ra. A beállításoknál ügyeltünk a pontosabb 3 dimenziós modell kinyerése érdekében, hogy a repülési tervben két egymásra merőleges irányból is felvételeket készíthessen az UA: Egy gyors tervezés után megtervezte az applikáció a repülési útvonalat és autonome üzemmódba elindult a kezdőponthoz. A munka folyamán többször visszatért a már előre meghatározott HOME POINT-ra, ha az akkumulátor szintje 30% alá csökkent. Amint biztonságosan földet ért az UA, elvégeztük a szükséges ellenőrzéseket különösképpen a propellerekre ügyelve. Teljesen feltöltött akkumulátort helyeztük a lemerült helyére, majd újra elindítottuk és folytatta onnan légi felvételezést, ahol befejezte az alacsony töltöttség miatt. A művelet során ügyeltünk arra, hogy a légtérben repülő drónt mindig szemmel tudjuk tartani, esetleges közeledő veszély esetén azonnali beavatkozással tudjunk reagálni.

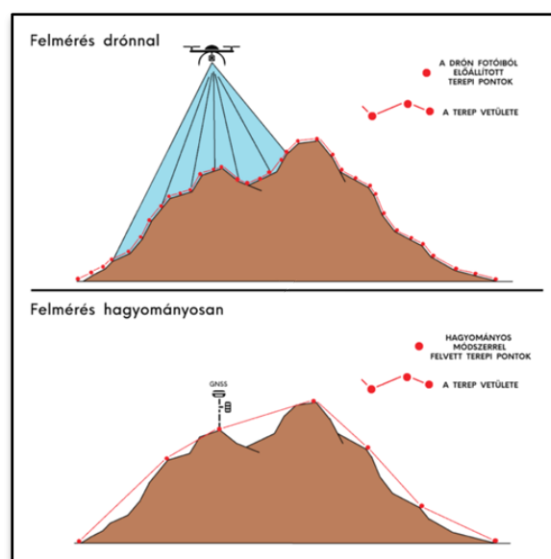
7.4 A feldolgozás lépései

A légi felvételezést követően elpakoltuk magát a drónt és a tartozékait, majd elindultunk a kihelyezett földi vezérlő pont táblák összegyűjtésére. Majd kezdődhetett az irodai feldolgozás. Az adatokat egy SD kártya segítségével tudtuk az irodai számítógépre átmásolni. 865 db fénykép készült, amelyek 5472x3648 képkocából állnak. A drónnal készített légi felvételeket a 3D Survey szoftverbe importáltuk. Ezeken a képeken elvégeztük a tájékoztatást az illesztőpontok segítségével, melyeket .txt formátumba importáltunk be odafigyelve a helyes formátumra Pontszám, y;x;z. A rendszer mondhatni félautomatikus, hiszen egyszer kell beazonosítani a fényképek valamelyikén az adott pontszámmal rendelkező illesztőpontot, ezek után a rendszer automatikusan felismeri a többi képen fellelhető azonos koordinátával rendelkező illesztőpontokat. Sorba rendezve az illesztőpontokat, elvégeztük a mérőjel pontos ráirányítását a jelölő lap közepére. A rendszer elvégzi a légi felvételeken a tájékoztatást, ha ezek a középhibák elfogadhatónak tekinthetőek akkor meg-

kezdhetjük a pontfelhő előállítását. Amennyiben a pontfelhő tartalmaz oda nem illő dolgokat például ilyenek lehetnek a különböző tereptárgyak, gépjárművek, akkor a szoftver lehetőséget biztosít a pontfelhő manipulációjára, azaz úgynevezett lapít parancssal a környező pontok magasságára redukálja az oda nem illő tárgyakat. Ennek a lépésnek nagy jelentősége lehet a további műveletek valamelyikében például a térfogatszámításban. Pontfelhőn való korrigálás után létrehozhatjuk a digitális felszínmodellt (DFM) és az ortofotót (DOF), melyeket exportálhatunk. A DFM segítségével lehetőségünk adódik szintvonalak számítására, ebben a menüpontban beállíthatjuk a szintvonalközt, majd egy rövid számítás követően elkészíthetjük azt. A szintvonalakat exportálhatjuk .pdf vagy akár .dxf formátumba ezzel támogatva a szintvonalas térképek készítését. A program lehetőséget biztosít térfogatszámításra is a domborzatmodell elkészítése után, akár előző évi mérés térfogatváltozásai is könnyen kimutathatók. Amennyiben rendelkezünk pontfelhővel hossz- és keresztmetszet elkészítését is biztosítja a 3D Survey szoftver.

7.4.1 Térfogatszámítás

A térfogat számítását végezhetjük különböző típusú geodéziai felmérések alapján. A hagyományos felmérési módszer, amely során megfelelő műszer segítségével néhány méterenként pontokat rögzítünk, amelyeknek magassági és vízszintes értékeik rendelkezésünkre állnak. Ezzel szemben a drónok által készített légi fotók alapján előállított pontfelhő, meglehetősen pontosabb képet ad a terepviszonyokról. Esetünkben nagy területről lévén szó, ezért a UA-k által nyújtott technológiai könnyebb-
séget kihasználva időt és költségeket spórolhattunk meg.



7.4.1. ábra Terepfelmérés különböző módszerei
(Forrás: www.idrones.hu)

A térfogat számítás elvégzése során szükségünk van egy domborzat modellre, illetve egy alapfelületre amely lehet egy fiktív sík (a feltételezett talajszint) vagy esetlegesen különböző időpontokban felvételezett és modellek térfogat változása is kimutatható. Az általam választott 3D Survey lehetővé tette a modell elkészítése után, esetemben a korábbi években elkészített modellek összehasonlítását és térfogat különbségek számítását. [7.2. táblázat 7.2. táblázat Depónia térfogat változásai]

évszám	2021	2022	2023
depónia térfogat változása	43287m ³	53045 m ³	44310m ³

7.2. táblázat Depónia térfogat változásai



Térfogat

Név:	Alapérték		
Töltés:	78167.92m ³	2D terület:	235970.27m ²
Bevágás:	33857.90m ³	3D terület:	249111.76m ²
Net:	44310.02m ³	Legalacsonyabb pont:	77.68m
		Legmagasabb pont:	123.68m

7.4.2. ábra 3D Survey Térfogat számítás 2023

8 JÖVŐBE TEKINTÉS

A szakdolgozatom célja az volt, hogy a depóniáról és annak mozgásáról egy pontos képet tudjak adni, koordinátákkal, megbízhatósági mérőszámokkal kiegészítve, a mérési módszerek sokoldalúságának bemutatásával. A bemutatott mozgásvizsgálati módszer alapfeltetele, hogy mozdulatlan alappontokkal rendelkezünk. Ha ez a feltétel nem teljesül, akkor a klasszikus irány- és távmérésen alapuló mérési eljárás nem képes megfelelően leírni

a vizsgálati pontok elmozdulását, az alappontok mozgásából származó hiba a vizsgálati pontok meghatározott elmozdulását is terheli. A folyamatosan változó földfelszíni mozgásoknak, valamint a depónia környezetében tapasztalható folyamatos rekultivációs munkálatoknak köszönhetően a sokéves tapasztalatok alapján az alappontok nem minden esetben voltak mozdulatlanok, sőt néhány esetben el is pusztultak.

A fentieken túl a valós elmozdulások meghatározását hátráltatta az a tény is, hogy a vizsgálati pontok sem voltak megfelelő módon alapozva, mivel a 20 cm-el a humusz réteg alatt egy védő fólia helyezkedik el, amelynek sértetlennek kell maradnia. A nem megfelelő alapozási mélység következtében a vizsgálati pontok összesége sajnos nem minden esetben a valóságnak és az elvártaknak vélt süllyedést és elmozdulást mutatták.

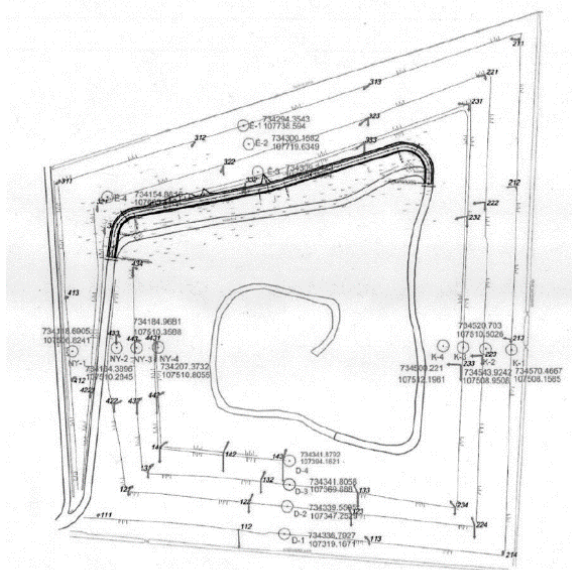
A fentebb leírtakat kiküszöbölendő, a 2023-as következő mérési időintervallumra új és korszerű vizsgálati pontok kerültek kihelyezésre. Amely azt jelenti, hogy a korábbi hibákat figyelembe véve, a vizsgálati pontok a fólia megbontásával mélyebb beton alapot kaptak, amelyek így eleget téve az elvárosoknak pontosabb képet lesznek képesek mutatni a depónia tömörödéséről.

Az idei évben kerültek kihelyezésre a korszerűnek tekinthető vizsgálati pontok. A tervezésük és elhelyezésük során figyelembe vették, hogy a mérendő pontok depónia oldalanként összeláthatóak legyenek, valamint a pontok épségének biztosítása érdekében azokat forgalommal terhelt utaktól távol helyezték el, ezzel biztosítva a körülményekhez mérten legjobban a depónia jövőbeli mozgásvizsgálatát. Összesen 16 db pont került kihelyezésre. Elhelyezkedésüket tekintve a depónia mind a négy oldalának közepén 4-4 darab helyezkedik el, lehetőségekhez mérten egy vonalban. Az új pontszámozásuk a depónia aljáról indulva felfelé növekszik, és oldalanként százasként helyiértékükben különböző.

A depónia mozgásvizsgálati pontjainak alábbiak az előzetes EOV koordinátái. A pontok előzetes helyeit a megrendelő kérésére egy GNSS vevő segítségével tűztük ki.[9.4.1. táblázat]

Pontszám	EOV Y	EOV X
1	734300,257	107744,496
2	734306,061	107725,537
3	734315,247	107696,872
4	734160,784	107671,393
5	734124,593	107512,726
6	734170,292	107516,187
7	734190,871	107516,261
8	734213,276	107516,708
9	734342,695	107325,069
10	734345,462	107353,155
11	734347,708	107375,590
12	734347,782	107400,065
13	734506,123	107518,098
14	734526,605	107516,405
15	734549,827	107514,853
16	734576,369	107514,061

8.1. táblázat Az új vizsgálati pontok előzetes koordinátái



7.4.1. ábra Kitűzendő pontok tervezete

A jövőben ezen pontok koordinátáinak meghatározása érdekében, egy új mozgásvizsgálati megközelítés alkalmazását tervezzük. Ennek előkészítéseként a meglévő alapponthálózatot kiegészítendő a depónia két átellenes sarokpontjában állandósításra került kettő darab új mélyalapozású pont. A jövőbeni mérések során az alappontok mozdulatlanságának eldöntése GNSS mérések alapján egy közeli GNSS bázisállomás nagy pontossággal ismert koordináta és elmozdulása adatainak bevonásával történne. A hagyományos mérőállomással végzett hálózati mérések megtartása mellett, a magasság meghatározása az alsó szinten elhelyezett vizsgálati pontok és az alappontok által alkotott szintezési hálózat bevonásával történne. Ezzel fokozva a megbízhatóságot és elősegítve az alappontok mozgásának meghatározását.

9 ÖSSZEFOGLALÓ

Szakmai gyakorlatom az egyik legnagyobb kihívása és projektje volt a Szegedi Hulladék-gazdálkodási Nonprofit Kft által üzemeltetett hulladéklerakó depónia, tömörödéseinek és mozgásainak kimutatása és a szükséges dokumentumok elkészítése. Az összetett táv és irányméréseken alapuló mérési technológiával határoztuk meg a depónia területén elhelyezkedő 45 darab vizsgálati pont által leíró mozgásokat.

Az eredmények azt mutatják, hogy 2022-ben az elmozdulások nagysága a 2021-es eredményekhez képest mind függőleges, mind a vízszintes eltérések tekintetében átlagosan 1,5 cm-t ér el. A vertikális tendencia a hulladéklerakó középpontja felé irányul. Az elmozdulás nagysága a hulladéklerakó aljától felfelé folyamatosan növekszik. Ez azt mutatja, hogy a tömörítés folyamata még mindig aktív a tetején, ahol a hulladék bevitele még mindig folyamatban van.

A hulladék gazdálkodás másik szempontja földmérési szempontból a hulladéklerakó depónia folyamatos feltérképezése és felmérése, hogy pontos meghatározást végezzünk a depónia térfogatáról és magassági növekedés tendenciájáról. Ebben szakdolgozatban egy szabványos UAV-fotogrammetrián alapuló eljárást alkalmaztunk a 3D pontfelhő és a digitális felszínmodell létrehozására. Ezeket a termékeket a hulladéklerakóban lévő hulladék mennyiségének kiszámításához használtam, és az eredményeket összehasonlítottam az előző évek értékeivel. Négy évet figyelembe vevő tendencia alapján $46880\text{m}^3/\text{év}$ átlagos növekedési tendenciát kaptam.

Irány és távméréseken alapuló módszer használatának egyik legfontosabb feltétele, hogy rendelkezésre álljanak olyan referencia pontok, amelyek mozdulatlansága biztosított. Ha a referencia pontok stabilitása nem biztosított, akkor teljesen új megközelítést kell alkalmazni a mozgások nyomon követése érdekében. 2022-ben (jelen munkában alkalmazott) módszer hiányosságai megnehezítették az elmozdulások valósághű kimutatását, a sérült, valamint a nem elérhető referenciapontok miatt. Dolgozatomat egy új GNSS, szintezés és mérőállomások méréseit felhasználó módszer elképzelésének bemutatásával zárom. Ez akár a későbbi évek elemzésének alapjaként is szolgálhat.

10 SUMMARY

Today, humanity faces a number of pressing waste management challenges. As we live in a consumer society with a growing urban population, the amount of waste produced worldwide is constantly increasing. As a result, the number of waste-filled disposal sites (or landfills) is increasing. These sites are a key element of modern waste management infrastructure, providing safe and regulated storage of waste to minimise its negative impact on health and the environment.

Knowledge of landfill deformation (its sedimentation and compaction) is a key factor in the recultivation process and also in improving the geotechnical safety of landfills. Sedimentation is a phenomenon caused by the compaction of degradable waste and by the crawling of waste particles. The composition of the waste is more diverse than a normal soil, and it must be properly disposed and compacted while the landfill continues to grow. Geodetic measurements can be used to analyse the settlement process of a landfill. This makes geodetic surveys a key tool for safe and sustainable waste management.

The deformation monitoring of the "Sándorfalvi" landfill, which is the subject of my thesis, has been carried out by the Szeged based Interplaninfo Ltd. on behalf of the "Szegedi Hulladékgazdálkodási" Non-profit Ltd since 2012. During my internship at the company in 2022, I was involved in the geodetic deformation analysis of the landfill.

In deformation monitoring, the differences in positions are usually given as a function of time. To fully analyse the changes that may occur would in principle require continuous monitoring of the object (or at least the selected points of the object), however for practical reasons it is reasonable to perform the monitoring only at certain epochs. For the present case, the most suitable approach for the deformation analysis is to measure a classical geodetic network in a yearly basis. Detailed method description can be found in section [3.2.]

In 2022, the results show that the magnitude of the displacements reaches an average of 2 cm in terms of both vertical and horizontal differences compared to the 2021 results. The vertical trend directs to the centre of the landfill. The magnitude of the movement is

increasing steadily from the bottom of the landfill upwards. It shows that the compaction process is still active at the top, where the waste input is still ongoing.

Another aspect of waste management from a surveying point of view is the continuous mapping and surveying of the landfill to correctly determine its volume and growing height. In this thesis we applied a standard UAV photogrammetry based process to generate a 3D point cloud and a digital surface model. I used these products to calculate the volume of waste in the landfill and compared the results to previous years' values. By differentiating the volume of four years (expressed in m^3) I get an average growth trend of 46880 m^3/year . A key assumption for the use of the method is the availability of reference points that are considered stable over time. If the stability of these reference points is not assured, an entirely new approach should be used for the movement monitoring purposes. In 2022, the shortcomings of the method (used in this work) made it difficult to derive displacements due to the damaged and/or unavailable stable reference points. I conclude my thesis by presenting the concept of a new approach that exploits the GNSS, levelling and total station measurements. This may even serve as a basis for analysis in later years.

11 FORRÁSOK

Ágfalvi Mihály (2011): Mérnökgeodézia, Nyugat-magyarországi Egyetem,
Székesfehérvár

Csepregi Szabolcs, Gyenes Róbert, Tarsoly Péter (2013): Geodézia I., Nyugatmagyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar, Székesfehérvár

Tarsoly Péter (2013): Geodézia II., Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar, Székesfehérvár

Ódor Károly (1971): Ipari geodézia I., Budapesti Műszaki Egyetem Építőmérnöki kar, Budapest

Magyar Mérnöki Kamara (2011): M.2. Mérnökgeodéziai tervezési segédlet, Budapest

Csepregi Szabolcs – Busics György (1997): Szabad álláspont. Geodézia és Kartográfia, 1997/5. 18-23.

Kaldeneker Tamás (2015) Épület mozgásvizsgálat több technológia bemutatásával

Krauter András (2002): Óravázlatok a Geodézia II. tantárgy előadásaihoz

Dr. Ágfalvi, Mihály (2011): Mérnökgeodéziai mozgásvizsgálatok

Dr. Jancsó Tamás (2020): Fotogrammetria előadás

www.geomax.hu

www.leica.hu

www.totalstation.com

www.kti.hu

www.idrones.hu

12 IRODALOMJEGYZÉK

- [1] H. Gábor, „A hulladékgazdálkodás története,” *A Cloaca Maximától az uniós direktíváig*,. kötetCLIV. szám11, pp. 505-508, 2023.
- [2] „Dr. Molnár Tamás Géza,” in *Szegedi Energiagazdálkodási Konferencia*, Szenerg, 2017.
- [3] Takács Bence, „Geodézia építészeknek jegyzet,” Budapest, 2017.
- [4] D. Adamcová, B. Stanislava, P. Osinski, G. Pasternak, A. Podlasek, M. D. Vaverovká és E. Koda, „Analytical Modelling of MSW Landfill Surface,” *Sensors and Measurements in Geotechnical Engineering*, 22 October 2020.

13 ÁBRAJEGYZÉK

3.1.1. ábra Mozgásvizsgálat távolságméréssel példa (Forrás: Ágfalvi, Mozgásvizsgálatok előadás,2010)	6
3.1.2. ábra Gát kihajlásának vizsgálata ordinátaméréssel (Forrás: Ágfalvi, Mozgásvizsgálatok előadás, 2010)	7
3.1.3. ábra Magas építmény mozgásvizsgálata függőleges vetítéssel (Forrás: Ágfalvi, Mozgásvizsgálatok előadás, 2010)	7
3.1.4. ábra Előmetszés (Forrás: Ágfalvi, Mozgásvizsgálatok előadás, 2010)	8
3.1.5. ábra Hátrametszés, szabadállás pont meghatározása (Forrás: Ágfalvi, Mozgásvizsgálatok előadás, 2010)	9
3.1.6. ábra Mindkét végpontján csatlakozó és tájékozott sokszögvonallal (Forrás:Krauter, Óravázlatok a Geodézia II. tantárgy előadásaihoz, 2002)	10
3.1.7. ábra Poláris méréssel végzett mozgásvizsgálat (Forrás: Ágfalvi, Mozgásvizsgálatok, 2010)	10
3.1.8. ábra A földkéreg jelenkori mozgása a Kárpát-medencében és környékén (Porkoláb et al. 2023)	11

3.1.9. ábra A magasságkülönbség meghatározása több műszerállásban (Dr.Tarsoly, Geodézia II. 2015)	12
3.1.10. ábra Hidrosztatikai szintezés (Forrás: Takács, Geodézia építészeknek jegyzet 2017)	12
3.1.11. ábra Trigonometriai magasságmérés (Forrás:Dr, Busics,Geodéziai hálózatok, 2011)	13
4.2.1. ábra Vizsgálati pont (Forrás: Ágfalvi, Mérnökgeodéziai mozgásvizsgálatok 2010)	15
4.3.1. ábra Vizsgálati pont (kő).....	17
4.4.1. ábra Mérési vázlat 2022 Depónia	18
5.3.1. ábra Leica TCRA 1101 és Leica Mini Prism.....	20
6.1.1. ábra Vízsíntes meghatározási vázlat	23
6.1.2. ábra Magassági meghatározási vázlat.....	24
6.3.1. ábra Vertikális elmozdulás vektorok 2022	27
6.3.2. ábra Horizontális elmozdulás vektorok 2022	28
7.1.1. ábra Inerciális forgatások (Forrás: Dr.Jancsó Fotogrammetria előadás 2020)	33
7.1.2. ábra Földi irányító állomás(Forrás: www.kti.hu)	34
7.1.3. ábra Global Data Transmitter(GDT) (Forrás: www.kti.hu).....	34
7.2.1. ábra DJI Phantom 4 repülés közben	35
7.3.1. ábra GCP földi vezérlő pontok	37
7.4.1. ábra Terepfelmérés különböző módszerei (Forrás: www.idrones.hu).....	40
7.4.1. ábra Kitűzendő pontok tervezete	43

14 TÁBLÁZAT JEGYZÉK

6.3.1. táblázat Vizsgálati pontok elmozdulása 2016-2022	30
6.3.2. táblázat Vizsgálati pontok elmozdulásai 2021-2022	31
7.3.1. táblázat CP pontok EOVS koordinátái.....	38
7.4.1. táblázat Depónia térfogat változásai	41
7.4.1. táblázat Az új vizsgálati pontok előzetes koordinátái.....	43

15 MELLÉKLETEK

<u>15</u> <u>Mellékletek</u>	51
<u>15.1</u> <u>Vízszintes hálózatkiegyenlítési jegyzőkönyv</u>	51
<u>15.2</u> <u>Magassági hálózat kiegyenlítési jegyzőkönyv</u>	67
<u>15.3</u> <u>Mérési jegyzőkönyv</u>	73

15.1 Vízszintes hálózatkiegyenlítési jegyzőkönyv

2022.12.22 20:47 - Vízszintes hálózatkiegyenlítés

Helyi geodéziai hálózat kiegyenlítés verzió: 2.00-envelope / msvc++ 19.13

<http://www.gnu.org/software/gama/>

Hálózat leírás

GeoEasy 2D network

A kiegyenlítés általános jellemzői

Koordináták	xyz	xy	z
-------------	-----	----	---

Kiegyenlített :	0	55	0
-----------------	---	----	---

Kényszerített * :	0	55	0
-------------------	---	----	---

Rögzített :	0	0	0
-------------	---	---	---

Összesen :	0	55	0
------------	---	----	---

Irányok száma :	127	Irányszögek száma :	11
-----------------	-----	---------------------	----

Távolságok száma :	127
--------------------	-----

Összes mérés :	254
----------------	-----

Egyenletek száma :	254	Ismeretlenek száma:	121
--------------------	-----	---------------------	-----

Szabadságfok :	136	Hálózati defektus :	3
----------------	-----	---------------------	---

m0 apriori :	1.00
--------------	------

m0' aposteriori:	1.05	[pvv] :	1.50713e+02
------------------	------	---------	-------------

Statisztikai analízis

- aposteriori középhiba 1.05

- konfidencia szint 95 %

m_0' aposteriori / m_0 apriori: 1.053

95 % intervallum (0.881, 1.119) m_0'/m_0 értéket tartalmazza

m_0'/m_0 (távolság): 0.826 m_0'/m_0 (irány): 0.718

Egy mérés elhagyásával elérhető maximális csökkenés az m_0'/m_0 értékben: 0.982

Maximális studentizált javítás 4.29 eléri a kritikus értéket 1.96

szignifikancia szint: 5 % észlelés: #91

<direction from="1004" to="1005" val=" 175-39-26.3520" stdev="1.6" />

Kiegyenlített koordináták

i pont előzetes javítás kiegy. köz.hib konf.i.

===== érték ===== [m] ===== érték ===== [mm]

====

3

5	X *	1955.99340	-0.00014	1955.99326	1.1	2.2
6	Y *	5458.21290	0.00001	5458.21291	1.0	2.0

6

71	X *	2455.40190	0.00019	2455.40209	1.2	2.5
72	Y *	5217.31960	-0.00043	5217.31917	1.4	2.8

10

115	X *	2029.27180	0.00035	2029.27215	1.6	3.2
116	Y *	4982.60980	0.00000	4982.60980	0.9	1.8

51

92	X *	2505.88300	-0.00035	2505.88265	1.3	2.6
93	Y *	5359.89010	-0.00032	5359.88978	1.1	2.2

111

10	X *	2014.26920	0.00019	2014.26939	1.0	1.9
11	Y *	5030.83430	0.00005	5030.83435	1.0	1.9

112

26	X *	2001.17930	0.00025	2001.17955	1.5	3.0
----	-----	------------	---------	------------	-----	-----

27	Y *	5174.93610	0.00014	5174.93624	0.9	1.8
----	-----	------------	---------	------------	-----	-----

113

32	X *	1988.19000	0.00077	1988.19077	1.6	3.2
----	-----	------------	---------	------------	-----	-----

33	Y *	5309.70970	0.00003	5309.70973	0.9	1.8
----	-----	------------	---------	------------	-----	-----

121

12	X *	2040.80800	0.00015	2040.80815	0.9	1.7
----	-----	------------	---------	------------	-----	-----

13	Y *	5062.61130	-0.00008	5062.61122	0.9	1.7
----	-----	------------	----------	------------	-----	-----

122

24	X *	2029.07520	-0.00004	2029.07516	1.9	3.8
----	-----	------------	----------	------------	-----	-----

25	Y *	5185.81130	0.00011	5185.81141	0.9	1.8
----	-----	------------	---------	------------	-----	-----

123

34	X *	2016.46840	-0.00021	2016.46819	1.9	3.8
----	-----	------------	----------	------------	-----	-----

35	Y *	5291.22010	0.00010	5291.22020	0.9	1.8
----	-----	------------	---------	------------	-----	-----

131

14	X *	2061.93570	-0.00007	2061.93563	1.0	1.9
----	-----	------------	----------	------------	-----	-----

15	Y *	5082.90820	0.00010	5082.90830	0.8	1.6
----	-----	------------	---------	------------	-----	-----

132

22	X *	2051.12470	0.00007	2051.12477	1.5	3.0
----	-----	------------	---------	------------	-----	-----

23	Y *	5198.58160	0.00010	5198.58170	1.0	2.0
----	-----	------------	---------	------------	-----	-----

133

36	X *	2038.04360	-0.00003	2038.04357	1.7	3.4
----	-----	------------	----------	------------	-----	-----

37	Y *	5298.08730	0.00011	5298.08741	0.9	1.9
----	-----	------------	---------	------------	-----	-----

141

16	X *	2085.93640	0.00013	2085.93653	0.9	1.8
----	-----	------------	---------	------------	-----	-----

17	Y *	5095.23370	-0.00005	5095.23365	0.9	1.8
----	-----	------------	----------	------------	-----	-----

142

18	X *	2078.83860	-0.00024	2078.83836	1.4	2.7
----	-----	------------	----------	------------	-----	-----

19	Y *	5159.47700	0.00014	5159.47714	1.1	2.1
----	-----	------------	---------	------------	-----	-----

143

20	X *	2072.04530	-0.00008	2072.04522	1.2	2.4
----	-----	------------	----------	------------	-----	-----

21	Y *	5221.41940	0.00009	5221.41949	1.2	2.3
----	-----	------------	---------	------------	-----	-----

211

61	X *	2502.54530	-0.00047	2502.54483	1.2	2.5
----	-----	------------	----------	------------	-----	-----

62	Y *	5467.12980	0.00040	5467.13020	1.5	3.0
----	-----	------------	---------	------------	-----	-----

212

59	X *	2351.64530	-0.00011	2351.64519	1.0	2.0
60	Y *	5462.94600	-0.00008	5462.94592	1.7	3.4

213

51	X *	2194.62880	-0.00025	2194.62855	1.0	2.0
52	Y *	5456.76280	0.00028	5456.76308	1.7	3.4

214

42	X *	1973.84870	-0.00059	1973.84811	1.5	2.9
43	Y *	5447.34280	-0.00003	5447.34277	1.2	2.4

221

63	X *	2466.12630	-0.00006	2466.12624	0.9	1.9
64	Y *	5432.10720	-0.00032	5432.10688	1.3	2.5

222

57	X *	2335.53730	-0.00009	2335.53721	1.0	1.9
58	Y *	5430.88950	-0.00018	5430.88932	1.9	3.7

223

49	X *	2177.70600	-0.00019	2177.70581	1.0	2.0
50	Y *	5427.08000	0.00011	5427.08011	2.0	4.0

224

40	X *	2004.12060	0.00015	2004.12075	1.4	2.8
41	Y *	5417.90960	0.00043	5417.91003	1.2	2.3

231

65	X *	2436.09560	0.00021	2436.09581	1.1	2.1
66	Y *	5415.04400	-0.00075	5415.04325	1.1	2.3

232

55	X *	2321.57890	-0.00014	2321.57876	1.0	2.0
56	Y *	5412.32600	-0.00022	5412.32578	1.8	3.6

233

47	X *	2168.61380	-0.00017	2168.61363	1.0	2.0
48	Y *	5404.98180	0.00000	5404.98180	1.8	3.7

234

38	X *	2022.97410	0.00007	2022.97417	1.4	2.8
39	Y *	5397.93150	0.00030	5397.93180	1.1	2.2

311

100	X *	2358.27200	0.00019	2358.27219	1.4	2.7
-----	-----	------------	---------	------------	-----	-----

101	Y *	4992.85360	0.00018	4992.85378	1.6	3.2
-----	-----	------------	---------	------------	-----	-----

313

94	X *	2455.95940	-0.00040	2455.95900	1.6	3.2
----	-----	------------	----------	------------	-----	-----

95	Y *	5312.08890	0.00010	5312.08900	1.0	2.0
----	-----	------------	---------	------------	-----	-----

321

77	X *	2334.71630	0.00023	2334.71653	1.7	3.3
----	-----	------------	---------	------------	-----	-----

78	Y *	5031.39410	-0.00000	5031.39410	1.1	2.2
----	-----	------------	----------	------------	-----	-----

322

73	X *	2374.49220	0.00020	2374.49240	1.8	3.6
----	-----	------------	---------	------------	-----	-----

74	Y *	5161.23000	-0.00025	5161.22975	1.2	2.4
----	-----	------------	----------	------------	-----	-----

323

96	X *	2422.55050	-0.00006	2422.55044	1.8	3.6
----	-----	------------	----------	------------	-----	-----

97	Y *	5310.82620	-0.00009	5310.82611	1.1	2.1
----	-----	------------	----------	------------	-----	-----

332

75	X *	2357.02670	-0.00006	2357.02664	1.8	3.5
----	-----	------------	----------	------------	-----	-----

76	Y *	5183.84460	-0.00005	5183.84455	1.3	2.5
----	-----	------------	----------	------------	-----	-----

333

98	X *	2397.95550	0.00030	2397.95580	1.7	3.4
99	Y *	5307.25100	-0.00024	5307.25076	1.1	2.1

422

109	X *	2130.53210	0.00009	2130.53219	1.0	2.0
110	Y *	5048.12850	0.00009	5048.12859	1.8	3.6

432

111	X *	2131.85780	0.00017	2131.85797	1.0	2.1
112	Y *	5072.16080	0.00038	5072.16118	1.5	2.9

433

89	X *	2200.88940	0.00004	2200.88944	1.1	2.2
90	Y *	5050.58860	0.00017	5050.58877	1.4	2.8

434

83	X *	2270.72220	0.00003	2270.72223	1.0	1.9
84	Y *	5068.08770	-0.00005	5068.08765	1.7	3.3

442

113	X *	2138.46030	0.00013	2138.46043	1.2	2.3
114	Y *	5092.42420	-0.00022	5092.42398	1.3	2.5

443

87	X *	2194.89910	0.00008	2194.89918	1.1	2.2
88	Y *	5070.11130	-0.00006	5070.11124	1.3	2.6

501

3	X *	1999.99600	0.00002	1999.99602	0.9	1.8
4	Y *	5000.00640	0.00001	5000.00641	0.8	1.6

502

105	X *	2206.93990	0.00020	2206.94010	1.1	2.2
106	Y *	4987.17120	0.00022	4987.17142	1.4	2.8

504

1	X *	1977.60300	-0.00016	1977.60284	1.0	1.9
2	Y *	5237.92740	-0.00001	5237.92739	0.7	1.5

1002

28	X *	2042.90890	-0.00012	2042.90878	0.8	1.5
29	Y *	5066.59640	0.00006	5066.59646	0.7	1.3

1003

8	X *	2023.84170	-0.00015	2023.84155	0.7	1.4
9	Y *	5231.76100	0.00010	5231.76110	0.6	1.1

1004

30	X *	2008.08180	-0.00024	2008.08156	0.7	1.4
31	Y *	5414.07620	0.00010	5414.07630	0.6	1.2

1005

45	X *	2251.68270	-0.00009	2251.68261	0.7	1.4
46	Y *	5430.77200	-0.00003	5430.77197	1.0	1.9

1006

53	X *	2460.87480	-0.00004	2460.87476	0.7	1.5
54	Y *	5431.60640	-0.00007	5431.60633	0.7	1.4

1007

79	X *	2395.65880	0.00010	2395.65890	0.9	1.8
80	Y *	5238.49370	-0.00024	5238.49346	0.8	1.5

1008

69	X *	2325.57200	-0.00002	2325.57198	0.7	1.4
70	Y *	5056.36800	-0.00015	5056.36785	0.9	1.7

1009

81	X *	2188.70550	0.00005	2188.70555	0.5	1.1
----	-----	------------	---------	------------	-----	-----

82	Y *	5026.56270	0.00002	5026.56272	0.8	1.7
----	-----	------------	---------	------------	-----	-----

1010

103	X *	2053.98860	0.00011	2053.98871	0.7	1.4
-----	-----	------------	---------	------------	-----	-----

104	Y *	5062.09580	0.00003	5062.09583	0.7	1.3
-----	-----	------------	---------	------------	-----	-----

4221

107	X *	2141.74800	0.00002	2141.74802	0.9	1.8
-----	-----	------------	---------	------------	-----	-----

108	Y *	5023.31010	-0.00019	5023.30991	1.7	3.3
-----	-----	------------	----------	------------	-----	-----

4431

85	X *	2195.07140	0.00004	2195.07144	1.2	2.4
----	-----	------------	---------	------------	-----	-----

86	Y *	5091.23400	0.00017	5091.23417	1.3	2.6
----	-----	------------	---------	------------	-----	-----

Kiegyenlített tájékozási ismeretlenek

i álláspont előzetes javítás kiegy. köz.hib konf.i.

===== [d] ===== [d] ===== [d] ===== [ss]

===

7	504	275-02-08.67	0-00-00.07	275-02-08.74	2.1	4.1
---	-----	--------------	------------	--------------	-----	-----

44	1003	157-49-47.92	-0-00-00.23	157-49-47.69	1.2	2.3
67	1005	165-48-23.03	0-00-00.72	165-48-23.75	1.2	2.4
68	1004	188-15-41.75	0-00-01.30	188-15-43.05	1.2	2.4
91	1008	100-58-30.00	-0-00-00.59	100-58-29.41	1.5	3.0
102	1007	339-36-51.23	0-00-00.07	339-36-51.31	1.3	2.6
117	1010	348-52-26.51	-0-00-01.70	348-52-24.81	2.2	4.3
118	1002	77-04-13.12	0-00-01.14	77-04-14.26	1.6	3.3
119	1006	292-29-25.58	0-00-00.70	292-29-26.28	1.5	3.0
120	1009	3-44-21.12	0-00-00.28	3-44-21.40	1.8	3.5
121	501	341-45-55.23	-0-00-00.02	341-45-55.22	2.3	4.5

Hibaellipszisek középpontjai és paraméterei

pont	mP	mXY	köz.hiba	ellipszis	konf.hib.	ellipsz	g
=====	[mm]	==	[mm]	====	a [mm]	b	====
=====					[d]	=====	a' [mm] b'
=====							

3	1.5	1.1	1.2	1.0	26.9	2.9	2.4	0.1
6	1.9	1.3	1.5	1.1	124.6	3.8	2.7	0.1
10	1.9	1.3	1.6	0.9	173.4	4.1	2.2	0.1
51	1.7	1.2	1.4	1.0	29.7	3.5	2.4	0.1

111	1.4	1.0	1.0	0.9	127.9	2.5	2.3	0.1
112	1.8	1.3	1.5	0.9	7.4	3.8	2.3	0.1
113	1.9	1.3	1.6	0.9	176.7	4.0	2.2	0.2
121	1.2	0.9	1.0	0.7	44.3	2.4	1.8	0.1
122	2.1	1.5	1.9	0.9	7.5	4.7	2.2	0.0
123	2.1	1.5	1.9	0.9	1.2	4.8	2.2	0.1
131	1.3	0.9	1.0	0.8	19.5	2.5	2.0	0.1
132	1.8	1.3	1.5	1.0	14.4	3.8	2.4	0.0
133	2.0	1.4	1.7	0.9	179.1	4.3	2.3	0.0
141	1.3	0.9	1.0	0.9	38.1	2.4	2.1	0.1
142	1.7	1.2	1.4	1.1	179.2	3.4	2.6	0.1
143	1.7	1.2	1.2	1.1	150.4	3.1	2.8	0.0
211	2.0	1.4	1.6	1.1	120.6	4.0	2.7	0.2
212	2.0	1.4	1.7	1.0	77.6	4.3	2.4	0.0
213	2.0	1.4	1.7	1.0	91.7	4.3	2.5	0.1
214	1.9	1.3	1.6	1.0	32.3	4.0	2.5	0.2
221	1.6	1.1	1.3	0.9	83.9	3.2	2.3	0.1
222	2.1	1.5	1.9	1.0	83.3	4.7	2.4	0.0
223	2.2	1.6	2.0	1.0	96.9	5.0	2.4	0.1
224	1.8	1.3	1.5	1.0	31.9	3.8	2.5	0.1
231	1.6	1.1	1.2	1.0	114.1	2.9	2.5	0.3
232	2.1	1.5	1.8	1.0	81.9	4.5	2.5	0.1
233	2.1	1.5	1.9	1.0	98.3	4.6	2.5	0.1

234	1.8	1.3	1.5	1.0	26.8	3.7	2.5	0.1
311	2.1	1.5	1.6	1.3	102.4	4.0	3.3	0.1
313	1.9	1.4	1.6	1.0	172.1	4.0	2.5	0.1
321	2.0	1.4	1.7	1.1	0.9	4.1	2.8	0.1
322	2.2	1.6	2.0	0.9	152.8	4.9	2.3	0.1
323	2.1	1.5	1.9	1.0	166.6	4.6	2.5	0.0
332	2.2	1.5	1.9	1.0	152.2	4.8	2.5	0.0
333	2.0	1.4	1.7	1.0	168.4	4.3	2.6	0.1
422	2.1	1.5	1.9	0.9	75.7	4.6	2.3	0.0
432	1.8	1.3	1.5	1.0	83.1	3.7	2.6	0.1
433	1.8	1.3	1.5	1.0	117.3	3.7	2.4	0.1
434	1.9	1.4	1.7	0.9	98.6	4.2	2.3	0.0
442	1.7	1.2	1.3	1.1	114.9	3.2	2.8	0.1
443	1.7	1.2	1.3	1.1	105.5	3.3	2.8	0.0
501	1.2	0.9	0.9	0.8	173.7	2.2	2.0	0.0
502	1.8	1.3	1.6	0.9	59.9	3.8	2.2	0.1
504	1.2	0.9	1.0	0.7	6.5	2.4	1.8	0.1
1002	1.0	0.7	0.8	0.6	35.4	2.1	1.4	0.1
1003	0.9	0.7	0.7	0.6	1.8	1.8	1.4	0.1
1004	1.0	0.7	0.8	0.5	146.3	2.0	1.3	0.1
1005	1.2	0.8	1.0	0.7	84.2	2.4	1.7	0.1
1006	1.0	0.7	0.8	0.6	40.8	2.1	1.5	0.0
1007	1.2	0.8	1.0	0.7	153.2	2.4	1.8	0.1

1008	1.1	0.8	1.0	0.6	123.9	2.5	1.4	0.1
1009	1.0	0.7	0.8	0.5	95.7	2.1	1.3	0.0
1010	1.0	0.7	0.8	0.5	40.6	2.1	1.3	0.1
4221	1.9	1.4	1.7	0.9	77.2	4.3	2.2	0.1
4431	1.8	1.3	1.3	1.2	79.0	3.3	2.9	0.1

Maximális helyzeti középhiba 2.2 mm a ponton 223

Átlagos helyzeti középhiba 1.7 mm

15.2 Magassági hálózat kiegyenlítési jegyzőkönyv

2022.12.22 20:59 - Magassági hálózatkiegyenlítés

Helyi geodéziai hálózat kiegyenlítés verzió: 2.00-envelope / msvc++ 19.13

<http://www.gnu.org/software/gama/>

Hibahatárnál nagyobb tisztatagok az egyenletekben

i	álláspont	irányzott pont	mért	abszolút
---	-----------	----------------	------	----------

===== érték ===== ttag ==

14	1004	504 m.kül	-12.24790	-2.10000e+01
----	------	-----------	-----------	--------------

82	1003	214 m.kül	-8.65880	-2.23000e+01
----	------	-----------	----------	--------------

Hibahatáron kívül eső észlelések eltávolítva

Hálózat leírás

GeoEasy 1D network

A kiegyenlítés általános jellemzői

Koordináták	xyz	xy	z
-------------	-----	----	---

Kiegyenlített :	0	0	54
-----------------	---	---	----

Kényszerített * :	0	0	0
-------------------	---	---	---

Rögzített :	0	0	1
-------------	---	---	---

Összesen :	0	0	55
------------	---	---	----

Egyenletek száma : 125 Ismeretlenek száma: 54

Szabadságfok : 71 Hálózati defektus : 0

m_0 apriori : 1.00

m_0' aposteriori: 1.04 [pvv] : 7.75043e+01

Statisztikai analízis

- aposteriori középhiba 1.04

- konfidencia szint 95 %

m_0' aposteriori / m_0 apriori: 1.045

95 % intervallum (0.836, 1.164) m_0'/m_0 értéket tartalmazza

Egy mérés elhagyásával elérhető maximális csökkenés az m_0'/m_0 értékben: 0.975

Maximális studentizált javítás 3.16 eléri a kritikus értéket 1.95

szignifikancia szint: 5 % észlelés: #86

<dh from="1005" to="1004" val="0.408" stdev="3.9" />

Rögzített pontok

pont z

=====

501 100.000

Kiegyenlített magasságok

i pont előzetes javítás kiegy. köz.kib konf.i.

===== érték===== [m] ===== érték ===== [mm]

===

1	1002	109.85890	0.00002	109.85892	1.5	3.0
2	1003	109.90810	-0.00004	109.90806	1.7	3.3
3	111	101.42940	-0.00004	101.42936	2.1	4.2
4	121	108.63760	0.00005	108.63765	2.1	4.2
5	131	111.47020	-0.00004	111.47016	2.1	4.2
6	141	116.36260	-0.00001	116.36259	2.1	4.2
7	142	115.89810	-0.00003	115.89807	2.7	5.5
8	143	116.54330	0.00001	116.54331	2.7	5.5

9	132	112.60800	0.00004	112.60804	2.7	5.5
10	122	108.38900	-0.00003	108.38897	2.7	5.5
11	112	102.03060	0.00004	102.03064	2.7	5.5
12	10	101.43280	0.00004	101.43284	2.4	4.9
13	504	98.27200	0.00002	98.27202	1.9	3.8
14	1004	110.49890	-0.00002	110.49888	2.0	4.1
15	113	102.28800	0.00001	102.28801	3.0	5.9
16	123	108.47840	-0.00003	108.47837	3.0	5.9
17	133	112.73000	0.00004	112.73004	3.0	5.9
18	234	112.25750	0.00005	112.25755	3.0	5.9
19	224	109.02710	0.00004	109.02714	2.9	5.9
20	214	101.27160	-0.00002	101.27158	3.5	6.9
21	3	98.51990	0.00003	98.51993	2.4	4.9
22	1005	110.07860	0.00004	110.07864	2.3	4.5
23	233	111.40020	0.00003	111.40023	3.1	6.1
24	223	109.00630	-0.00003	109.00627	3.1	6.1
25	213	101.71660	0.00003	101.71663	3.1	6.1
26	1006	110.23610	-0.00001	110.23609	2.4	4.8
27	232	111.75900	-0.00003	111.75897	3.3	6.5
28	222	108.90700	0.00001	108.90701	3.3	6.5
29	212	101.87600	-0.00003	101.87597	3.2	6.5
30	211	102.02180	-0.00002	102.02178	3.2	6.5
31	221	109.18630	0.00004	109.18634	3.0	5.9

32	231	112.07200	-0.00005	112.07195	3.0	5.9
33	1007	109.72990	-0.00001	109.72989	2.3	4.6
34	333	111.95340	-0.00004	111.95336	3.3	6.5
35	323	109.03510	-0.00001	109.03509	3.3	6.5
36	313	101.89950	-0.00005	101.89945	3.3	6.5
37	51	99.28400	-0.00001	99.28399	3.3	6.5
38	1008	112.78160	-0.00004	112.78156	2.2	4.4
39	6	99.10200	-0.00001	99.10199	3.1	6.3
40	322	108.54850	0.00003	108.54853	3.2	6.3
41	332	112.17160	-0.00003	112.17157	3.2	6.3
42	321	108.68990	0.00003	108.68993	3.1	6.3
43	1009	108.23390	-0.00003	108.23387	1.7	3.4
44	434	111.24220	-0.00001	111.24219	3.0	6.0
45	4431	114.87620	0.00003	114.87623	3.0	6.0
46	443	111.60030	0.00003	111.60033	3.0	6.0
47	433	107.67040	-0.00004	107.67036	3.0	6.0
48	1010	109.42210	-0.00005	109.42205	1.6	3.2
49	502	99.13490	-0.00004	99.13486	2.3	4.6
50	4221	104.77120	-0.00005	104.77115	2.8	5.6
51	422	105.93220	0.00002	105.93222	2.8	5.6
52	432	111.16390	-0.00004	111.16386	2.8	5.6
53	442	115.11050	-0.00001	115.11049	2.8	5.6
54	311	100.39090	-0.00002	100.39088	3.4	6.8

15.3 Mérési jegyzőkönyv

Állaspont száma	Pontszám Tájékozo pont	Jelmagasság Műszer magasság	Irányérték Tájékozo irány Nem használt	Zenit szög Nem használt	Ferde távolság Vízszintes távolság Nem használt
1002		0.0000			
1002	510	1.4900	160-07-45	96-01-52	79.6610
1002	1003	0.0000	19-30-54	89-59-03	166.2620
1002	111	0.1000	154-14-32	100-18-05	46.5665
1002	121	0.1000	165-08-41	103-58-35	4.6420
1002	131	0.1000	323-32-26	86-05-20	25.1190
1002	141	0.4000	316-34-27	82-23-23	52.1460
1002	142	0.4000	351-46-55	86-17-58	99.7960
1002	143	0.4000	2-16-16	87-25-32	157.7000
1002	132	0.4000	9-22-00	88-38-12	132.2780
1002	122	0.4000	19-32-51	90-30-39	120.0195
1002	112	0.4000	33-59-35	93-39-41	116.3360
1002	5013	0.0000	183-42-30	95-39-19	85.5020
1002	504	0.4000	33-47-43	93-29-33	183.6965
1004		0.0000			
1004	504	0.4000	71-55-20	93-47-31	179.1580
1004	113	0.4000	70-57-00	94-12-16	106.5325
1004	123	0.4000	85-38-39	90-45-16	123.1525
1004	133	0.4000	96-13-19	88-44-30	119.8250
1004	234	0.4000	124-25-41	84-23-04	22.0700
1004	224	0.4000	307-40-44	101-00-03	5.6160
1004	214	0.4000	307-33-22	100-28-38	48.5435
1004	505	0.4000	311-27-44	99-37-21	69.2480
1004	1003	0.0000	86-40-44	90-11-13	182.9960
1004	1005	0.0000	175-39-26	90-06-00	244.1730
1004	233	0.4000	168-29-43	89-32-12	160.7945
1004	223	0.4000	176-07-20	90-22-03	170.1255
1004	213	0.7000	184-37-40	92-25-07	191.5390

1006		0.0000			
1006	232	0.4000	255-23-24	89-13-01	140.6370
1006	222	0.4000	247-50-14	90-25-31	125.3430
1006	212	0.4000	231-30-01	94-00-26	113.9150
1006	211	1.0000	107-57-28	97-30-20	55.2300
1006	221	0.4000	72-58-18	97-02-33	5.3155
1006	231	0.4000	281-16-13	85-42-29	29.8890
1006	506	0.4000	108-49-46	97-10-05	89.3920
1006	1005	0.0000	247-44-18	90-02-37	209.1940
1006	1007	0.0840	318-50-56	90-07-07	203.8270
1006	333	0.4000	310-40-20	89-07-48	139.3830
1006	323	0.4000	319-54-16	90-21-43	126.7170
1006	313	0.4000	335-09-14	93-47-39	119.8815
1006	508	0.4000	9-37-09	97-06-13	85.3245
1008		0.0000			
1008	509	0.4000	310-08-01	93-40-27	207.2140
1008	322	0.4000	324-00-55	91-53-49	115.7750
1008	332	0.4000	335-09-51	90-05-30	131.3000
1008	3311	0.1000	127-48-56	93-09-46	21.8580
1008	321	0.4000	189-08-07	97-54-09	26.8500
1008	1007	0.0000	327-58-37	90-53-50	195.1705
1008	1009	0.0000	91-18-46	91-51-34	140.1485
1008	434	0.4000	66-57-53	91-09-50	56.0995
1008	4431	0.4000	64-03-57	88-56-31	135.1010
1008	443	0.4000	73-01-17	90-20-28	131.3960
1008	433	0.7000	81-40-42	92-01-27	124.8945
1010		0.0000			
1010	502	0.7000	345-01-44	93-13-21	170.5860
1010	4221	0.4000	347-16-54	92-32-11	96.0420
1010	422	0.4000	0-47-08	92-16-26	77.8685
1010	432	0.4000	18-29-35	88-26-16	78.5460
1010	442	0.4000	30-52-28	86-07-12	89.9575
1010	141	0.4000	57-10-25	80-56-30	46.6110

1010	131	0.4000	80-13-22	83-43-53	22.4130
1010	121	0.4000	188-53-43	91-39-43	13.1965
1010	111	0.4000	229-19-50	98-32-36	51.1135
1010	510	0.4000	240-06-58	96-15-11	82.7740
1010	5013	0.0000	263-51-07	95-28-58	83.6235
1010	1009	0.0000	356-21-04	90-29-20	139.3310
510		1.4900			
510	504	0.4000	113-36-41	90-40-27	238.9900
510	1002	0.0000	75-26-13	83-58-08	79.6610
510	502	0.4000	14-41-08	90-32-26	207.3510
1003		0.0000			
1003	111	0.1000	109-26-36	92-23-08	201.3300
1003	121	0.1000	117-53-57	90-23-49	170.0030
1003	131	0.4000	126-31-34	89-16-10	153.6620
1003	141	0.4000	136-37-39	87-23-00	150.1410
1003	142	0.4000	149-26-12	85-58-41	91.0520
1003	143	0.4000	190-03-41	81-52-36	49.8000
1003	132	0.4000	151-35-57	85-52-02	43.0680
1003	122	0.4000	118-39-52	91-23-10	46.2600
1003	112	0.4000	90-25-31	96-58-02	61.6330
1003	504	0.4000	14-34-27	103-32-17	47.9810
1003	510	1.4900	106-17-43	92-04-20	233.1310
1003	1002	0.0000	118-45-19	90-01-07	166.2610
1003	1004	0.0000	297-06-36	89-48-59	182.9960
1003	113	0.4000	316-45-00	94-48-54	86.0200
1003	123	0.4000	299-14-32	90-58-55	59.9230
1003	133	0.4000	280-05-01	87-16-51	67.9060
1003	234	0.4000	292-28-05	89-03-10	166.1950
1003	224	0.4000	298-12-56	90-08-50	187.1900
1003	214	0.4000	305-13-40	92-08-14	221.4570
1003	505	0.4000	308-50-52	92-39-43	236.6540
1005		0.0000			
1005	505	0.4000	8-53-33	92-09-13	297.1700

1005	233	0.4000	31-26-27	88-51-53	86.9970
1005	223	0.4000	17-03-07	90-31-18	74.0720
1005	213	0.7000	349-42-18	96-58-02	63.1610
1005	1004	0.0000	18-06-49	89-54-15	244.1720
1005	1006	0.0000	194-25-20	89-57-29	209.1930
1005	232	0.4000	179-24-36	88-20-59	72.3190
1005	222	0.4000	194-16-26	90-31-32	83.8580
1005	212	0.4000	212-02-05	94-14-56	105.3020
1005	211	0.4000	202-26-25	91-43-49	253.6000
1005	221	0.4000	194-32-54	90-07-51	214.4480
1005	231	0.4000	189-19-00	89-15-32	185.0980
1007		0.0000			
1007	1008	0.0000	269-20-12	89-06-16	195.1690
1007	1006	-0.7100	91-43-36	90-03-26	203.8270
1007	231	0.7000	97-29-04	89-02-19	181.1490
1007	221	0.7000	90-23-12	89-57-22	206.0390
1007	508	0.7000	68-08-46	93-24-07	164.2610
1007	313	0.4000	71-03-26	94-28-11	95.4350
1007	323	0.4000	89-59-26	90-13-09	77.1700
1007	333	0.4000	108-28-24	87-48-53	68.8460
1007	509	0.4000	0-52-09	99-10-04	64.2040
1007	312	0.4000	292-40-23	94-24-08	107.2890
1007	322	0.4000	275-03-59	90-33-35	80.1140
1007	332	0.4000	255-07-35	87-34-09	66.9850
1007	321	0.7000	273-59-22	90-05-25	215.8810
1007	311	0.4000	281-43-54	92-03-35	248.6300
1009		0.0000			
1009	311	0.4000	345-01-06	92-27-58	173.0450
1009	413	0.4000	329-36-31	96-29-23	59.4220
1009	434	0.4000	23-06-51	87-52-36	91.9930
1009	4431	0.4000	80-38-20	83-48-54	65.3640
1009	443	0.4000	78-09-50	85-06-15	44.1480
1009	433	0.4000	59-21-45	90-20-49	26.9390

1009	1008	0.0000	8-32-39	88-08-35	140.1470
1009	502	0.4000	291-05-56	101-19-32	44.2700
1009	1010	0.0000	161-29-06	89-30-40	139.3290
1009	412	0.4000	210-09-16	99-48-32	39.6980
1009	4221	0.4000	180-13-12	93-43-26	47.1690
1009	422	0.4000	155-55-13	91-45-23	62.0710
1009	432	0.4000	137-31-37	87-22-58	72.9510
1009	442	0.4000	123-36-02	84-58-42	83.1590
1009	141	0.4000	142-30-35	86-03-10	123.8950
1009	131	0.4000	152-17-51	88-29-54	138.7740
1009	121	0.4000	162-33-47	89-41-46	152.2300
1009	111	0.4000	174-51-27	92-06-10	174.6070
1009	510	0.4000	184-16-17	92-21-17	190.7290
504		1.5530			
504	510	0.4000	0-20-30	89-51-44	238.9710
504	505	0.4000	180-33-59	90-14-00	221.3440

15.3.1