



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

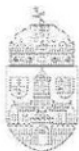
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT

A Sió-Gemenci Árvízkapu mozgásvizsgálata

OE-AMK
2023

Hallgató neve: Bálint Mihály
Hallgató törzskönyvi száma: T000568/FI12904/A-G



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Bálint Mihály

Szaktervezési száma: [REDACTED]

Törzskönyvi száma: T000568/FI12904/A-G

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: földmérő és földrendező mérnök

Specializáció: Geoinformatika specializáció

A dolgozat címe: A Sió Gemeci Árvízkapu mozgásvizsgálata

A dolgozat címe angolul: Motion analysis of Sió-Gemenc Árvízkapu

A feladat részletezése:

Vegyen részt a műtárgy mozgásvizsgálati méréseiben, végezze el a mérés feldolgozását. Ismertesse a mozgásvizsgálat eredményeit. Beadandó munkarészek: mérési és számítási jegyzőkönyvek, eredmények táblázatos, grafikus formában.

Intézményi konzulens neve: Dr. Tóth Zoltán

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

Beadási határidő: 2023. 12. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Székesfehérvár, 2023. 10. 24.



[Handwritten signature]

Intézetigazgató

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

[Handwritten signature]

belső konzulens

külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

HALLGATÓI NYILATKOZAT

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

Egyéb jelentős segítséget nem vettem igénybe.

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

Kelt: Székesfehérvár, 2023.12.01.


hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés	1
2.	A mozgásvizsgálatok tárgya	2
2.1	Mozgásvizsgálatok alapelve.....	3
2.2	Mozgásvizsgálatok megrendelése és munkarészei	4
2.3	Mozgásvizsgálatok tervezése	5
2.3.1	A megoldandó feladat definiálása és egzakt leírása	5
2.3.2	Információk gyűjtése a mozgásról	5
2.3.3	A pontossági követelmények megállapítása	6
2.3.4	A vizsgálati mérések időpontjainak kiválasztása.....	6
2.3.5	Az egyes vizsgálati mérések időszükségletének megállapítása.....	7
2.3.6	A vizsgálati pontok helyének és állandósítási módjának meghatározása...	8
2.3.7	Az alkalmazandó mérési módszer és mérőműszerek kiválasztása	9
3.	A mozgásvizsgálatok mérési módszerei	9
3.1	A vízszintes értelmű mozgásvizsgálatok geodéziai módszerei.....	10
3.2	A függőleges értelmű mozgásvizsgálatok geodéziai módszerei	14
3.3	Elmozdulásmérés térbeli hálózatokkal.....	15
3.4	A geodéziai mozgásvizsgálati mérések feldolgozása és elemzése	15
4.	A Sió-Gemenci Árvízkapu bemutatása.....	17
4.1	A Sió szabályozása.....	17
4.2	Az árvízkapu építése	18
4.3	Felújítások, korszerűsítések	19
5.	Az árvízkapu mozgásvizsgálata.....	20
5.1	A mérések rövid története	20

5.2	Az alapponthálózatról	20
5.2.1	Állandósítás	21
5.2.2	Pontszámozás.....	21
5.3	A vizsgálati pontokról	22
5.4	A megelőző mérés tapasztalatai	23
6.	A mérés folyamata	24
6.1	A szintezésről.....	24
6.1.1	A felsőrendű szintezés hibái és szabályai	26
6.2	A felhasznált mérőeszközök és tartozékai	30
6.3	A terepi mérés napja.....	33
7.	A mozgásvizsgálati mérés kiértékelése	36
7.1	A mérés feldolgozása	36
7.1.1	Kiegyenlítés SzintHal programmal.....	37
7.1.2	Kiegyenlítés GeoEasy programmal	38
7.2	Az eredmények elemzése	40
7.2.1	Az alappontok mozgása	40
7.2.2	A vizsgálati pontok mozgása	41
8.	Összefoglaló.....	44
9.	Summary.....	45
10.	Köszönetnyilvánítás.....	46
11.	Irodalomjegyzék	47
12.	Felhasznált ábrák forrásai	48
13.	Mellékletek	49

1. BEVEZETÉS

A körülöttünk lévő mérnöki létesítmények, építmények, épületek, műtárgyak és maga a földfelszín (terep) is mozgást végeznek. Ezek a mozgások lehetnek külső és belső erők hatására bekövetkező elmozdulások és alakváltozások (deformáció). A mozgásokat előidéző külső erők a szélnyomás, amely jellemzően a karcsú, magas építményekre (kémények, oszlopok, tornyok, silók) gyakorol jelentős terhelést, illetve a víznyomás, amely pillérek, gátak, hidak mozgását okozza. A belső erőhatások az építmények szerkezetét meghatározó anyagok fizikai és kémiai tulajdonságainak megváltozásából adódnak. Ezek a változások betonzsugorodást okozhatnak. Függőleges irányú elmozdulást, azaz süllyedést okozhatnak mesterséges tevékenységek (bányaművelés, építési tevékenység a vizsgált objektum környezetében). Akár elmozdulás, akár alakváltozás meghatározás a célunk, a geodéziai mozgásvizsgálati mérési módszerek tökéletesen alkalmasak.

Szakdolgozatom témájaként a Sió-Gemenci Árvízkapu mozgásvizsgálatát választottam. A témaválasztás során több szempontot is mérlegeltem. Fontosnak éreztem, hogy egy olyan munkafolyamatban vegyek részt, ahol az eddig megszerzett tudásomat, tapasztalataimat kamatoztatni tudom és számomra új ismeretekre tegyek szert. Emellett azt is figyelembe vettem, hogy ez egy speciális, viszont igen gyakran előforduló feladat, ezért valószínűleg a jövőben is hasznosítható lesz a munka során megszerzett gyakorlati tudás.

Dolgozatomban írok a mozgásvizsgálatok tárgyáról, alapelvéről, a vizsgálati mérések megtervezéséről. Ismertetem a mozgásvizsgálatok hagyományos geodéziai módszereit, valamint a mérési eredmények feldolgozásának és elemzésének lehetőségeit. Bemutatom az árvízkaput és környezetét, a terepi munka során alkalmazott technikát, magát a mérést és az irodai feldolgozás folyamatát. A kapott eredményeket kiértékelem és ezek alapján észrevételeimet, tapasztalataimat összegzem.

2. A MOZGÁSVIZSGÁLATOK TÁRGYA

A mérnöki gyakorlatban rendszeresen előforduló munkafolyamatnak tekinthető különböző mérnöki létesítmények, épületek, hidak, gépek mozgásának vizsgálata. Mozgásvizsgálati mérések során elmozdulást és alakváltozást határozunk meg. Elmozdulás esetén egy test tetszőleges két pontja közötti távolság változatlan marad. Alakváltozás során a testnek minden esetben lesznek olyan pontjai, melyek között a távolság meg fog változni. Mindkét mozgási folyamat függőleges és vízszintes irányú is lehet. Az elmozdulás és deformáció általában együtt lép fel, de ezeket a legtöbb esetben szét kell választani, mert más-más szempontból veszélyesek.

A mozgásvizsgálati mérésekkel erőhatások alatt álló építmények várható mozgását előre tudják jelezni, már bekövetkezett mozgások okainak utólagos felderítését el tudják végezni. A vizsgálati mérések alapján adatokat tudnak előállítani a későbbi tervezésekhez, méretezésekhez. Emellett hidak terhelési próbájánál, tudományos kutatásoknál, illetve balesetek kapcsán is végeznek mozgásvizsgálatokat.

A mozgásvizsgálatokat széles körben alkalmazzák különböző gazdasági ágazatokban. Ezek közül kiemelendő az építőipar, ahol a legnagyobb számban fordulnak elő ilyen jellegű munkafolyamatok. Elsősorban a gyenge általaj minőség miatt van szükség a vizsgálatokra például magas lakóházak esetében. Az építőiparon kívül más iparágaknál is végeznek mozgásvizsgálatokat, például a gépiparban (hajók, repülők esetében). Az ipari alkalmazás mellett a mozgásvizsgálat felhasználható közlekedési létesítményeknél, völgyzárógátaknál, a nem termelő ágazatok körében és a tudomány területén is.

A mozgásvizsgálatoknál az időnek jelentős szerepe van. Az elmozdulásokat általában az idő függvényében szokták meghatározni. A mozgások időbeli lefolyás szerint lehetnek rezgések, gyors vagy lassú mozgások. Ezek a mozgások a valóságban egyidejűleg is felléphetnek, de hatásukat külön kell kezelni.

A vizsgálati mérések lehetnek esetenkénti és folyamatos mérések. Az esetenkénti mérés azt jelenti, hogy előre eltervezett időpontokban (nagyobb létesítmények esetében évente egyszer vagy kétszer) végzik el a méréseket. Lassú mozgások vizsgálatát esetenkénti mérésekkel hajtják végre a hagyományos geodéziai módszerekkel. Gyors elmozdulások vizsgálatához filmfelvételt vagy videofelvételt készítenek a vizsgált tárgyról.

2.1 Mozgásvizsgálatok alapelve

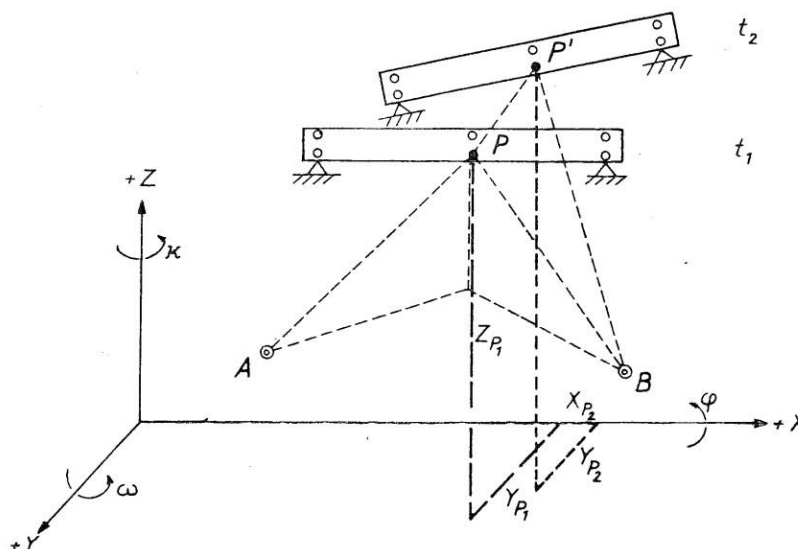
A vizsgálandó létesítmények, objektumok mozgása rendszerint bonyolult fizikai folyamat. Azért, hogy ezt a folyamatot mérni tudjuk és mérési eredményeinket kezelni tudjuk, egyszerűsítve modellezzük a mozgás lefolyását.

A vizsgált objektumot, tárgyat kijelölt pontjaival azonosítjuk. Ezeket a pontokat vizsgálati pontoknak nevezzük. A vizsgálati mérések során ezeket a pontokat mérjük és ezeknek a pontoknak a mozgása alapján következtethetünk az egész objektum mozgására. A vizsgálati pontokat úgy kell elhelyezni, hogy azok fennmaradása biztosított legyen (akár évekig) a vizsgálat teljes ideje alatt.

A vizsgálati pontok koordinátáit alappontokról (viszonyítási pontok) végzett mérések során határozzuk meg. Az alappontokat a vizsgált objektum közvetlen közelében kell állandósítani úgy, hogy azok már mozgásmentes helyre kerüljenek. Az alappontok fennmaradását is hosszú időre biztosítani kell. Hogyha esetleg egy vagy több alappont megrongálódott vagy elpusztult, minden esetben újrategyendezni, pótolni kell.

A vizsgálati mérések ideje alatt a vizsgált tárgy mozgása elhanyagolhatóan kicsi.

Az első vizsgálati mérést alapmérésnek nevezik. Az alapmérés során határozzák meg először az objektumon elhelyezett vizsgálati pontok koordinátáit. A különböző időpontokban meghatározott koordinátákból tudják számítani a mozgás jellemzőit (eltolódás, elfordulás, deformáció).



1. ábra Egyetlen pont mozgásvizsgálata

2.2 Mozcászvizsgálatok megrendelése és munkarészei

A mozgászvizsgálati méréseket épülő létesítményeken, illetve már megvalósult, elkészült állapotban levő létesítményeken szokták elvégezni. Épülő létesítmények esetében a vizsgálati méréseket a beruházó, a tervező vagy a kivitelező rendeli meg. Befejezett, elkészült létesítményeknél a munka megrendelése az üzemeltető vagy a karbantartó vállalat feladata. A megrendelőnek tájékoztatnia kell a munkát elvégző mérnököt a vizsgálandó objektumról. A megrendelés során ismertetnie kell az objektumot, annak helyét, környezetét, a vizsgálati mérések módját, jellegét (vízszintes, függőleges), a mérések tervezett időpontját és gyakoriságát, a pontossági követelményeket. Abban az esetben, ha a megrendelő a mérés gyakoriságát és a pontossági követelményeket nem határozza meg, akkor ezeket a megbízó és a földmérő mérnök közösen vagy a megbízás alapján a földmérő mérnök egyedül tervezi meg.

A mozgászvizsgálatok munkarészei:

- Mérési és számítási jegyzőkönyvek: - műszerek mérési jegyzőkönyve
- hálózat kiegyenlítési jegyzőkönyvek
- A mozgásokat szemléltető ábrák, táblázatok, grafikonok
- Egyéb elmozdulással kapcsolatos adatok: - épület típusa
- meteorológiai adatok
- alapozási mód
- Helyszínrajz: - alappontok
- vizsgálati pontok
- Műszaki leírás

A mérési és számítási jegyzőkönyvek a munkát elvégző geodéziai vállalatnál maradnak. A mozgásokat szemléltető táblázatokat, grafikonokat a geodéta a szerződésben foglaltak szerinti a megbízónak köteles elküldeni. A munka folyamatát összefoglaló műszaki leírást általában csak a mozgászvizsgálat befejezését követően kell elkészíteni.

2.3 Mozgásvizsgálatok tervezése

A mozgásvizsgálati mérések megrendelését követően kezdődik a tényleges mérnöki munka, melynek első része a mérések tervezése. A mérések tervezése több lépésből tevődik össze. A lépések egymástól nem függetlenek, ezért egy konkrét mozgásvizsgálat tervezésekor az egyes lépések részletei többször is megváltozhatnak. A tervezést csak abban az esetben lehet véglegesnek tekinteni, ha minden egyes lépésre kielégítő választ kapunk.

A tervezés lépései a következők:

- A megoldandó feladat definiálása és egzakt leírása
- Információk gyűjtése a mozgásról
- A pontossági követelmények megállapítása
- A vizsgálati mérések időpontjainak kiválasztása
- Az egyes vizsgálati mérések időszükségletének megállapítása
- A vizsgálati pontok helyének és állandósítási módjának meghatározása
- Az alkalmazandó mérési módszer és mérőműszerek kiválasztása

2.3.1 A megoldandó feladat definiálása és egzakt leírása

A feladat pontos megfogalmazása az alapja a további lépések kidolgozásának. A mérést elvégző vállalkozó számára a megrendelés során információkat kell szolgáltatni a vizsgált objektum állapotáról. A megrendelő köteles megadni a vizsgált tárgy részletes leírását. Ezt a leírást úgy kell megfogalmaznia, hogy a munkát elvégző mérnök alaposan megismerkedhessen a vizsgált objektummal és mozgásának jellemzőivel.

2.3.2 Információk gyűjtése a mozgásról

A mozgással kapcsolatos információk birtokában a tervezés lényegesen egyszerűbbé válik. Az információk által meg lehet határozni a mérések pontossági követelményeit, a mozgásvizsgálat időtartamát és az egyes mérésekhez elegendő időtartamot, tehát a tervezés további lépéseit. Az információk közül a várható legnagyobb elmozdulás értéke, a várható legkisebb elmozdulás értéke és az esetleges kritikus elmozdulás értéke emelhető ki.

A mozgás általános jellemzőit a munkát megrendelő szakembertől célszerű elkérni. Amennyiben a megrendelő által nem kapunk elegendő információt, akkor a vizsgált tárggyal kapcsolatos szakirodalomból kell információkat gyűjteni.

2.3.3 A pontossági követelmények megállapítása

A vizsgálati mérések során a legtöbb esetben koordinátákat és távolságokat határoznak meg. A koordináták változásai és a távolságok változásai tekinthetők mozgásösszetevőknek. A koordináták meghatározásához kötődő megbízhatósági mérőszámokat (koordináta középhibák) a várható elmozdulás nagysága alapján kell megválasztani. A pontossági követelmények általában a vizsgált szerkezet egészére azonosak, de előfordulnak olyan esetek is, ahol a kritikus szerkezet részekre szigorúbb követelményeket írnak elő.

A várható legnagyobb elmozdulás (D_{max}) vizsgálatánál a megengedett középhibának az alábbi feltételt kell kielégítenie:

$$\mu_i \leq (0,03 - 0,1)D_{max}$$

Gyakran előfordulnak olyan esetek, ahol az elmozdulások kritikus értékét (D_{krit}) vizsgálják. Ilyen esetekben az előbbi összefüggés a következőképpen módosul:

$$\mu_i \leq (0,1 - 0,2)D_{krit}$$

μ_i : megengedett középhiba

2.3.4 A vizsgálati mérések időpontjainak kiválasztása

Az esetenkénti mérések tervezése során a mérési időpontok kiválasztása igen jelentős feladat. Az időben lassú mozgások vizsgálatánál egy meghatározott mérésszámot kell a mozgás várható időtartamára elosztani. A mérési időpontok időbeni eloszlásának megválasztása a várható mozgás ismeretének függvénye. A mozgásra vonatkozó előzetes információk hiányában a mérési alkalmakat egyenletesen ajánlott elosztani. Előzetes információk tudatában a mozgások gyorsabb periódusainál sűríteni kell a mérési alkalmakat, míg a lassabb részeknél elég ritkábban kijelölni a mérési időpontokat. Fontos megemlíteni, hogy a vizsgálat első mérését (alapmérés) legalább kétszer kell elvégezni egymástól függetlenül. Ez a szabály azért betartandó, mert a

későbbi méréseket az első méréshez fogják hasonlítani, így fontos az alapmérés minél nagyobb megbízhatósága.

2.3.5 Az egyes vizsgálati mérések időszükségletének megállapítása

Ennél a tervezési fázisnál az egyes mérési alkalmak időszükségletét határozzák meg. Az időszükséglet megállapítását nagyban befolyásolja a mozgás sebessége és egyéb külső kötöttségek. A megelőző fejezetekben említést tettem arról, hogy a vizsgálati mérések alatt az objektumok mozdulatlanak tekinthetők. Ez azonban nem teljesen igaz, hiszen az objektumok a valóságban a mérés ideje alatt is mozognak. A méréshez szükséges időtartamot úgy kell megválasztani, hogy a mérés alatti mozgásból eredő eltérés a megbízhatóságra elhanyagolhatóan kis mértékben hasson. Az időtartam meghatározásához az alábbi képlet lehet irányadó:

$$t \leq \frac{k * \mu_i}{v}$$

v : a mozgás sebessége

t : a mérés időszükséglete

k : arányossági tényező ($k = 0,2 - 0,5$)

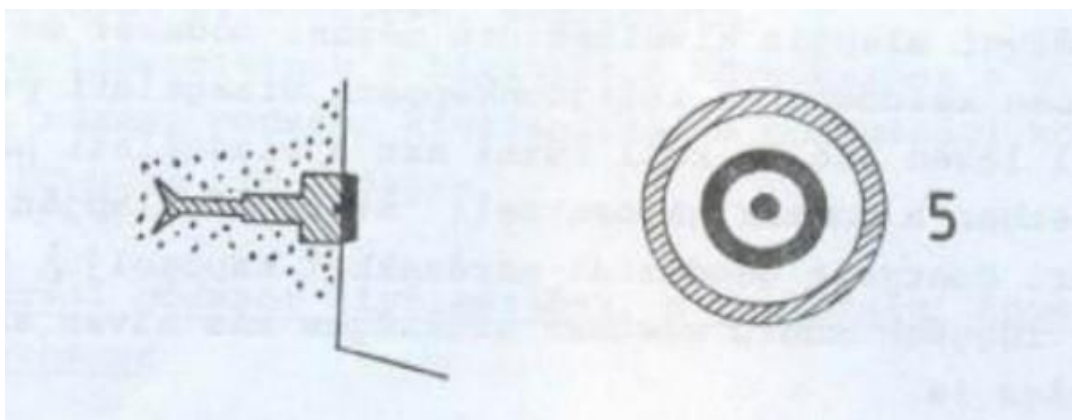
μ_i : a megengedett középhiba

Az előbbi összefüggés eredményeként kapott t időtartam az elő- és utómunkálatokra szánt időtartamot nem tartalmazza, csak a tényleges észlelési időre vonatkozik.

Nagyobb kiterjedésű létesítmények, illetve gyors mozgások vizsgálatánál jellemzően előfordulnak olyan esetek, amikor fenti képlet eredményeként kapott időtartam egyszerűen nem tartható be. Ennek legfőképp gazdaságossági okai vannak. Ilyen esetekben egy jó megoldás lehet az, ha az észleléseket abban az időben végzik, amikor a mozgás sebessége kisebb. Egy jó példa lehet erre acélszerkezetű építmények mozgásvizsgálata, amikor is a nappali mérések helyett az éjszakai mérések jobb eredményeket biztosítanak, ugyanis éjszaka napsugárzás hiányában a gyors mozgások hatása kiesik. Egy másik példa a földkéreg mozgásának vizsgálata, ahol a számítás alapjaként összetettebb, bonyolultabb matematikai modellt vesznek alapul.

2.3.6 A vizsgálati pontok helyének és állandósítási módjának meghatározása

A szervezés hatodik szakaszában a mérendő pontok, azaz a vizsgálati pontok helyét és állandósítási módját határozzák meg. Elsőként a pontok számát érdemes megválasztani. A vizsgálati pontok számának megválasztásakor figyelembe kell venni a rendelkezésre álló anyagi keretet, a pontok pusztulásának lehetőségét és a mérés időszükségletét. A pontok helyének kiválasztása során ügyelni kell arra, hogy a vizsgálati pontok a mozgásvizsgálat teljes időtartama alatt fennmaradjanak. A pontokat úgy kell elhelyezni, hogy a mozgást tükrözzék, a legkisebb és legnagyobb elmozdulást a legjobban szemléltessék. A vizsgálati pontoknak jól irányozható pontoknak kell lenniük. Könnyen megközelíthető alakzatoknál álláspontként is használhatónak kell lenniük. A pontok helyének kiválasztása után az állandósítási módszert kell eldönteni. Az állandósítási mód a mérés pontosságától, az alkalmazandó mérési technikától és a mozgásvizsgálat időtartamától függ. A pontjelekkel kapcsolatosan két általános követelményt fogalmaznak meg. Egyrészt ne rongálódjanak, ne pusztuljanak el, másrészt az objektum valódi mozgását tükrözzék. A pontjelek azonosítását a mellékük festett vagy ragasztott pontszámok alapján jelentősen meg lehet könnyíteni. Magassági értelmű mozgásvizsgálatoknál jellemzően szintezési csapokat vagy szintezési gombokat használnak mérendő pontként. A szintezési gombokat a vizsgált létesítmény vízszintes felületén helyezik el. Vízszintes értelmű méréseknél a vizsgálati pontjelölés lehet például egyszerű festés, leragasztott mérőfólia, furatos rézcsap, amiket a vizsgált létesítmények függőleges felületein helyeznek el.



2. ábra Vizsgálati pontjelölések

2.3.7 Az alkalmazandó mérési módszer és mérőműszerek kiválasztása

A mozgásvizsgálati mérésekhez a használandó mérési módszer és műszerek kiválasztását az elvárt pontossági követelményekhez, a betartandó mérési időtartamhoz, és a gazdaságossági követelményekhez célszerű igazítani. A vizsgálati mérések előtt a használandó mérőműszereket és eszközöket kalibrálni, kiigazítani kötelező. A mozgásvizsgálati folyamat során az összes mérést lehetőleg ugyanazzal a mérési módszerrel és műszerrel kell végrehajtani. Az alkalmazandó mérési eljárás és műszerek kiválasztása mellett a mérések pontossági tervezését is el kell végezni, ami történhet méretezéssel vagy optimum számítással. A mérési módszereknek három nagyobb csoportját lehet megkülönböztetni:

- geodéziai
- fotogrammetriai
- folyamatos mérési módszerek

A szakdolgozat következő fejezetében részletesen ismertetem a klasszikus geodéziai módszereket és a mérések eredményeként kapott adatok feldolgozásának és elemzésének folyamatát.

3. A MOZGÁSVIZSGÁLATOK MÉRÉSI MÓDSZEREI

Ahogy az a dolgozat első fejezetében említettem, a lassú mozgások vizsgálatánál a tradicionális geodéziai technikák használata a legjobban indokolt. Az aktuális feladathoz legjobban illő mérési módszer megválasztása legtöbb esetben a vizsgált objektum alakjának és a várható elmozdulás irányának a függvénye.

A mozgásösszevetők lehetnek vízszintesek és függőlegesek, melyeket a mérési módszerek jellemzői miatt a legtöbb esetben ajánlott szétválasztani. Eszerint a vizsgálati módszerek két nagy csoportját kell megkülönböztetni:

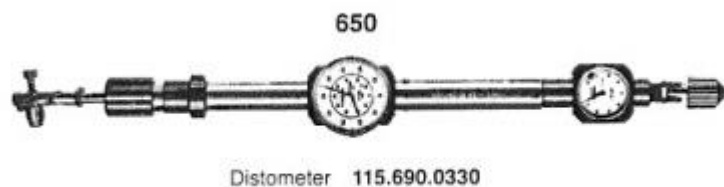
- Vízszintes értelmű mozgásvizsgálati módszerek
- Függőleges értelmű mozgásvizsgálati módszerek

A következő alfejezetben a vízszintes értelmű mozgásvizsgálatok módszereiről lesz szó.

3.1 A vízszintes értelmű mozgásvizsgálatok geodéziai módszerei

A vízszintes értelmű mérések tervezésénél a 2.3 alfejezetben összefoglaltak szerint kell eljárni. Fontos a viszonyítási pontok mozgásmentes helyeken való elhelyezése és időszakosan a mozdulatlanságuk ellenőrzésére irányuló mérések végrehajtása.

Távolságmérés módszerét használjuk azoknál az eseteknél, ahol a vizsgált tárgy mozgásának irányát ismerjük és ezzel az iránnyal párhuzamos távolságokat közvetlenül meg tudunk mérni. A távolságok méréséhez bármilyen távmérő eszközt fel lehet használni. A mérnökök által a legtöbbet használt távmérő eszközök az invárszalag, az elektrooptikai távmérő és a lézeres távmérő. Kiemelendő a Kern elnevezésű svájci székhelyű (Aarau) cég által kifejezetten mozgásvizsgálati célokra kifejlesztett készüléke az úgynevezett Distometer. A Distometer egy invárvezetékkel és egy mérőórával felszerelt precíz hosszúságmérő eszköz. A teljes mérőberendezés kizárólag mechanikai alkatrészekből áll, ezért rendkívül biztonságos és működése független a külső energiaforrásoktól. A disztométerrel végzett mérések egyszerűek és gyorsak. Az invárvezeték hossza 1 métertől 50 méterig terjedhet. A hosszváltozások mérési tartománya 100 milliméter. A mérés pontossága 20 méteres vezeték hosszig ± 0.02 mm. A Distometer legnagyobb előnye, hogy bármilyen dőlésszöggel, akár függőlegesen is mérhetők távolságok.



3. ábra A Distometer

Egyenesre mérést végezhetünk olyan létesítmények vizsgálatánál, ahol a vizsgálati pontok közel egy egyenesen helyezkednek el és a mozgás iránya erre az egyenesre merőleges (Ágfalvi Mihály, 2010). Az egyenesre mérést más néven ordináta mérésnek is nevezik, hiszen a méréseink során ordináta méreteket határozzunk meg. A mérések megkezdése előtt a vizsgálati pontok egyenesével egy párhuzamos egyenest jelölünk ki

(mérési vonal), amelyhez képest a pontok vízszintes távolsága (többszöri mérésből a távolság különbségek) mérhető vagy számítható. Az ordináta értékek többféle módon is meghatározhatók. Az egyik ilyen módszer a kis szögek mérési módszere, melynek során a mozgásösszetevő számítása közvetett úton történik. Ezt a módszert azoknál az eseteknél szokták alkalmazni, ahol a vizsgált pontokat nem lehet megközelíteni. A módszer során mérőállomással felállunk a mérési vonal egyik állandósított végpontján, megirányozzuk a vonal másik végpontján elhelyezett jelet, majd mérjük a mérési vonal iránya és az egyes vizsgálati pontokra mutató irányok által bezárt szögeket. A mért szögekből és abszcissa értékekből az ordináták egyszerűen számíthatók:

$$b_1 = a_1 * \operatorname{tg}\alpha_1$$

$$b_2 = a_2 * \operatorname{tg}\alpha_2$$

Az ordináta mérés egy másik módszere a mozgatható pontjel használata. Ennél a módszernél először a vizsgálati pont felett helyezünk el egy olyan jeltárcsát, amely mérőlegesen mozgatható és mérhető a vonatkozási egyenesre. A mérés során a jeltárcsát a mérőszemély segítségével a mérési vonal egyenesébe állítjuk és a jeltárcsán az ordináta értéket leolvassuk.

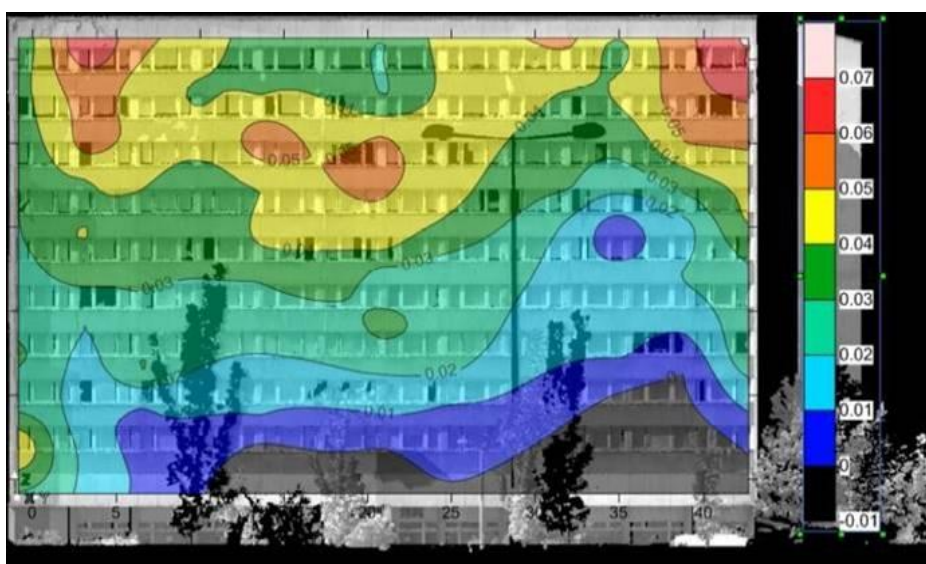
A harmadik lehetőség az ordináták meghatározására a mozgatható műszerek alkalmazása. Ilyen esetekben a műszert mozgatjuk a referencia egyenesre mérőlegesen addig, amíg az a vizsgálati ponton lévő pontjelek egyenesébe nem kerül.

Egyenesre mérésnél általános előírás az, hogy a mérési vonalat alkotó alappontokat úgy kell állandósítani, hogy minél közelebb helyezkedjenek el a vizsgált pontok egyeneséhez. A mérési vonalon minimum három alappontot kell elhelyezni, hiszen így lehet ellenőrizni az alappontok elmozdulását. Hosszabb mérési vonal esetében minimum négy alappont létesítése szükséges, úgy hogy az alappontok közötti távolság nem haladhatja meg a 100 métert.

Karcsú, magas építmények mozgásvizsgálatakor a legcélravezetőbb megoldás a **függőleges vetítés**. Ezt a megoldást alkalmazzák kémények, tornyok kihajlásának, elferdülésének vizsgálatára. A vetítés alkalmával az építmények egymás felett elhelyezett, egy függőlegesbe eső pontjainak elmozdulását határozzák meg egymáshoz, vagy a közelben elhelyezett alappontokhoz képest. A módszer alapelve az, hogy a

vizsgált pontokat az építmény mozdulatlan alaptestére kell vetíteni, ahol a pontok mozgása egy állandó alaphelyzethez képest számítható. A vetítéshez használhatunk optikai vetítőt vagy függőt esetleg szintezőműszert.

A korszerű, modern mérőállomások megjelenésével a **koordinátamérés** módszere lényegesen egyszerűbbé vált. A koordináta meghatározás során alkalmazhatjuk a derékszögű és a poláris koordinátamérést is. A derékszögű meghatározás során a pontoknak hozzáférhetőeknek kell lenniük, tehát a meghatározás közvetlen úton történik. A poláris mérésnél ma már nem feltétel az, hogy a pontok megközelíthetők legyenek, így a koordináták indirekt módon is meghatározhatók. A poláris mérési módszert a mérnökgeodézia gyakorlatokon alkalmaztuk a székesfehérvári Nemes Nagy Ágnes Kollégium dőlésvizsgálatához.



4. ábra Poláris koordinátamérés módszere

Az **előmetszés** egy pontkapcsolási megoldás, melynek során ismert helyzetű pontokról szögeket vagy irányokat mérünk az új pontra. Előmetszéssel általában nagyobb, magasabb építményeken elhelyezett pontok elmozdulását vizsgálják. A módszer választása indokolt olyan építményeknél, létesítményeknél, ahol nagyobb számú mérendő pont helyezkedik el és a vizsgálati pontok nehezen hozzáférhetők vagy egyáltalán nem megközelíthetők.

Az előmetszéssel ellentétes művelet a **hátrametszés**. Hátrametszésnél is irányokat mérünk úgy, mint az előmetszésnél azzal a különbséggel, hogy itt az iránymérés az

ismeretlen koordinátájú pontról az ismert koordinátájú pontokra történik. Ez azt jelenti, hogy a mozgásvizsgálati méréseink során minden egyes alkalommal lehetővé kell tenni azt, hogy a vizsgálandó pontok műszerálláspontként is felhasználhatók legyenek. A hátrametszést jellemzően nagyobb területekre kiterjedő elmozdulások vizsgálatánál alkalmazzák. Ilyenek például a bányaművelés hatására létrejövő talajmozgások, geológiai okokból következő terepmozgások.

Hosszirányban nagyobb kiterjedésű vonalas létesítmények mozgásának vizsgálatára a **sokszögelés** egy igen hatékony módszer. A sokszögvonalat úgy kell kialakítani, hogy a vonal nyújtott legyen és iránya közel merőleges legyen a várható mozgásirányra. A vonal kezdő- és végpontját mozgásoktól mentes területre kell elhelyezni. Törekedni kell arra, hogy a vonal minél rövidebb legyen és lehetőleg minél kevesebb vizsgálati pontot foglaljon magába. Emellett a kezdő- és végpontot is tájékozni kell és lehetőséget kell teremteni, arra hogy a sokszögvonat minden 3-5. pontján tájékozó méréseket tudjunk elvégezni (Detrekői Ákos, Ódor Károly, 1984). A mérésekhez kiigazított kényszerközpontosító felszerelést kell használni.

Talajmozgások, nagy kiterjedésű építmények (gátak, hidak) mozgásösszetevőinek vizsgálata **hálózat** létesítésével elvégezhető. A hálózatokban a pontok elhelyezkedése az előbbieken felsorolt módszerekkel ellentétben rendszertelen, szétszórt és előfordulhat, hogy a hálózat egyes pontjai közötti távolság akár több száz méter is lehet. A hálózatok lehetnek háromszögelési, hosszmerési vagy vegyes (irány- és távmérési) hálózatok. A hálózatok számítását kiegyenlítéssel végezzük a legkisebb négyzetek módszere szerint. Az elmozdulás értékek a különböző időpontokban meghatározott koordináták különbségeiből számíthatók ki. A kiegyenlítés pontossága növelhető észlelőpillékekről végzett mérésekkel.

A technológia fejlődésével, a navigáció térhódításával lehetővé vált a **GPS** rendszer széleskörű alkalmazása a mozgásvizsgálatoknál. Ezt a módszert alkalmazzák többek között a litoszféra lemezek mozgásának monitorozására. A műholdas helymeghatározás egy nagy előnye a hagyományos geodéziai módszerekkel szemben az, hogy a mérési folyamatok automatizálhatók. A GPS mérések statikus módszerét használhatjuk sebességüket tekintve lassabb, kisebb mozgások esetén. A mérések feldolgozása történhet valós időben, még a mérés közben vagy utófeldolgozással.

3.2 A függőleges értelmű mozgásvizsgálatok geodéziai módszerei

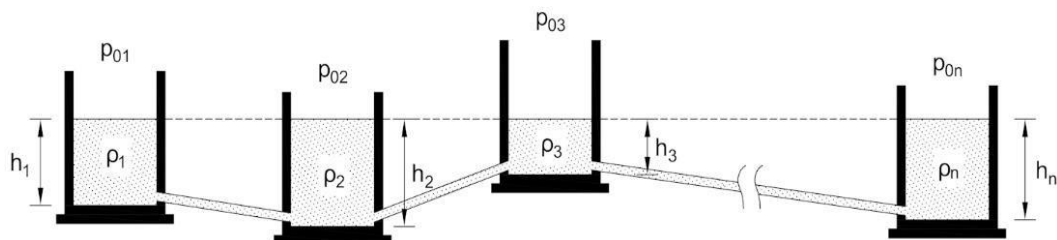
A függőleges irányú elmozdulások meghatározására irányuló mérési eljárást süllyedésmérésnek nevezzük. A süllyedésmérés során minden esetben a vizsgálandó pontok magasságát határozzuk meg. A terepfelszín és különböző építmények süllyedésének több oka is lehet. A földfelszín süllyedését okozhatja a talajvíz mennyiségének gyors növekedése vagy csökkenése. Építményeknél az építkezés közben ugrásszerűen növekvő hasznos teher alatt az altalaj szerkezetének változása is süllyedéshez vezethet. Az épületek süllyedése lehet: egyenletes, egyenlőtlen vagy billenés.

Szinte minden esetben, amikor a vizsgálati pontokhoz való közvetlen hozzáférést biztosítani tudjuk, a **geometriai-** vagy **szabatos szintezést** választjuk a magasságkülönbségek meghatározására. Mivel a vizsgálati pontokhoz illetve az alappontokhoz való hozzáférés a legtöbb esetben biztosított, ezért ez a módszer a legelterjedtebb a mérnökök körében. A szintezéshez használt műszereket és eszközöket a pontossági követelményekhez igazodva kell megválasztani.

A hagyományos geometriai szintezés helyett akkor alkalmazzuk a **trigonometriai magasságmérés** módszerét, amikor a vizsgálati pontokra a szintezőléc felállítása nehézkes vagy egyszerűen kivitelezhetetlen, tehát a mérendő pontok megközelítése majdhogynem lehetetlen. A magasságmérés során a vízszintes irányú elmozdulások vizsgálatára telepített hálózatot is felhasználhatjuk. A műszer magasságát mm élesen ajánlott mérni, és a szalag leolvasásakor különösen oda kell figyelni, hiszen a téves leolvasás durva hibának számít, ami nagymértékben befolyásolja a mérések megbízhatóságát. A műszer és a jel közötti távolságot mérhetjük (táv mérővel vagy mérőszalaggal) illetve számíthatjuk (koordinátákból). A mérések során akár az 1 mm alatti középhiba is elérhető.

A magasságkülönbségek méréséhez a **hidrosztatikai szintezés** módszere is választható. Ezt a mérési módszert olyan építmények vizsgálatánál használják, amelyek függőleges irányú mozgásra különösen érzékenyek. A közlekedő edények elvén működő hidrosztatikai szintezéssel igen pontos mérések végezhetők (0.001 mm élességű a leolvasás). A módszer további előnye az, hogy a vizsgálati pontok közötti összelátás

nem feltétlenül szükséges, így a vizsgálati pontok közötti távolság a szokásosnál nagyobb is lehet. Az előnyökkel szemben a módszer hátrányai közül kiemelendő az, hogy csak kisebb magasságkülönbségek (5-10 cm) mérésére alkalmas.



5. ábra A hidrosztatikai szintezés elve

3.3 Elmozdulásmérés térbeli hálózatokkal

Térbeli hálózatok mérése során a vízszintes koordinátákat és a magasságot együttesen határozzák meg általában egy műszer segítségével. A mért pontok helymeghatározó adatainak meghatározása kiegyenlítéssel történik. A térbeli hálózatok használata leginkább magas hegységek elmozdulásának vizsgálatakor hasznos és célravezető.

3.4 A geodéziai mozgásvizsgálati mérések feldolgozása és elemzése

A tervezési- és mérési folyamatot követően következhet a mozgásvizsgálati folyamat utolsó szakasza, a mérési eredmények feldolgozása és elemzése. A **feldolgozás** során, mint minden más jellegű geodéziai feladatnál a legtöbb esetben koordinátákat számítanak. A vizsgálati mérések közül kiemelkedő fontosságú és szerepű a legelső mérés, a referenciamérés (alpmérés), hiszen az itt meghatározott koordináták lesznek a kiinduló adatok, ezért ennél a mérésnél fokozottan figyelni kell minden egyes szabály, előírás betartására. Érdeemes figyelembe venni, hogy egy-egy mozgásvizsgálati folyamat hosszú időn keresztül tart (általában több év), így a számítások során nem csak a koordinátákat kell meghatározni, hanem más, a mozgást jobban szemléltető mennyiséget is. Ezek közül talán a legfontosabb adatok az egyes mérések közötti koordináták változásai, mert ezek segítségével lehet kiszámolni a megrendelő számára lényeges mozgásösszetevők értékeit. Az én esetemben függőleges elmozdulást vizsgáltunk, tehát magasságkülönbségeket határoztunk meg.

Abban az esetben, ha a vizsgált tárgy valamely vizsgálati pontjának koordinátái a referenciaméréskor: X_0 , Y_0 , Z_0 , és a következő méréskor X_1 , Y_1 , Z_1 , akkor a koordinátakülönbségek értékei a következők:

$$\Delta X_{10} = X_1 - X_0$$

$$\Delta Y_{10} = Y_1 - Y_0$$

$$\Delta Z_{10} = Z_1 - Z_0$$

Az egyes mérési alkalmakkor kapott koordinátaváltozásokat az alapméréshez és a megelőző méréshez viszonyítva adjuk meg. A legelső méréshez viszonyított változás szemlélteti a teljes elmozdulás értékét, míg a második az elmozdulásnak az előző mérés óta bekövetkezett értékét mutatja.

A számszerű megjelenítés mellett a mozgásokat grafikusán is szokás ábrázolni. A mozgáskomponensek grafikus megjelenítéséhez készíthetünk grafikonokat, diagramokat vagy metszeteket. Ezeket ma már digitálisan, számítógépes programok felhasználásával állítjuk elő.

A mérések feldolgozását követően a kapott eredményeket értékelni, **elemezni** kell. Az eredmények értelmezésénél azt kell megállapítanunk, hogy a vizsgálati pontok koordinátaváltozásai valóban mozgást jelentenek-e vagy csak az elkerülhetetlen mérési hibák következményei. Ezekben a döntésekben nagy segítségünkre lehetnek a mérési eredmények középhibái. A középhibákat a feldolgozás során a legkisebb négyzetek módszere szerinti kiegyenlítéssel számoljuk. A koordináta középhibák mellett a statisztikai próbákat is elterjedten alkalmazzák a mozgásfolyamatok elemzésénél. A statisztikai próba célja a feltételezett mozdulatlanság bizonyítása vagy elvetése. A gyakorlatban többféle statisztikai próba közül is választhatunk. Az aktuális feladathoz legjobban illő statisztikai módszert alapvetően két szempontot figyelembe véve kell megválasztani. Az egyik a vizsgálat célja, a másik pedig a koordináta középhiba meghatározási módja. A próba kiválasztását követően el kell dönteni a nullhipotézis felvételének kérdését. Az esetek döntő többségében a nullhipotézist úgy szokták felvenni, hogy az a mozdulatlanságot tükrözi, így a nullhipotézis elutasítása esetén mozgás állapítható meg. A statisztikai folyamat utolsó lépése a konfidenciaszint kiválasztása. A matematikai statisztikában általában a konfidenciaszint értéke 0,95.

4. A SIÓ-GEMENCI ÁRVÍZKAPU BEMUTATÁSA

4.1 A Sió szabályozása

A Sió eredetileg természetes vízfolyás, napjainkban a Balaton vízszintjének szabályozását biztosítja és összeköttetést teremt a Balaton és Európa víziút rendszere között. A csatorna a Balatonból ágazik ki a siófoki kikötőnél, 120.8 kilométer hosszan, a Mezőföld déli részén a Somogyi dombság és a Hegyhát lankáinak szélén kanyarog, majd Szekszárdtól északra, a Gemenci erdőnél éri el a Dunát.

A Sió szabályozását a 18. században kezdték meg elsősorban az egyre jobban fejlődő mezőgazdaság kiterjesztése miatt. A szántóföldi gazdálkodás területeinek növelése érdekében ekkor indult be igazán országszerte a vízfolyások szabályozása, a mocsarak lecsapolása. 1776-ban Böhm Ferenc kapott megbízást a Sió és Sárvíz szabályozására. Ötlete alapján a vízrendezést egy úgynevezett „félreszorító csatorna” létesítésével próbálták úgy megoldani, hogy a dombvidékről érkező „külvizeket” elválasztják a síkvidéken keletkező „belvizektől”, tehermentesítve ezzel a vízrendszert. Építettek csatornát Sióagárd és Harc között, majd Pálfa és Simontornya között, de az érdekelt birtokosok ellenállása miatt a további munka abbamaradt. 1811-ben elsőként az országban megalakult a Sárvízi Csatorna Társulat és megkezdték a lecsapoló- és belvízvezető csatornák kiépítését. A csatornák építését a malomgátak nagyban nehezítették, mert akadályozták a víz levezetését. 1819-től a sárvízi tervek megvalósításában kiemelkedő szerepet játszott Beszédes József, aki az egész Sárreten a völgy legmélyebb vonalán vezette végig a lecsapoló csatorna gyanánt működő Sárvizet. A betorkolló külvizeket – A Kapossal bővült Siót – önálló mederben vezették, közel a dombokhoz, s csak a völgy végén, (Sió)Agárdnál egyesült a két folyó. Az így összegyűjtött víz a Sárvízen folyt le Bátáig, a Duna torkolatáig.

A Balaton vízszintjét továbbra sem lehetett biztonságosan szabályozni a Sió kisméretű medre miatt, ami nem tette lehetővé a nagyobb mennyiségű víz levezetését. 1852-ben Eszterházy Pál herceg az utolsó akadályt is elhárította azzal, hogy lebontatta az ozorai malmát, így kezdetét vehette a Sió-szabályozás. 1854-1855-ben állami költségen ásták ki a Sió és Sárvíz vizeit a Dunába vezető új, Szekszárdtól Taplósig tartó 4 km hosszú csatornát. Ezzel a Sárvíz alsó sárközi szakasza holt mederré vált.

A taplósi bevezetés miatt azonban a dunai árvizek előbb torlódtak fel a csatornán, magasabb árvizet okozva. Szabályozásra várt a Sárvíz és a Sió csatorna Szekszárd – Harc közötti szakasza, ahol gátak építése is szükségessé vált.

1891-ben készült el az első falazott zsilip, melynek teljesítménye az $50\text{m}^3/\text{sec}$ -et is elérte. A csatornát 1908-ban kezdték el igazán először fejleszteni, medrét bővíteni. Ez a folyamat 1936-ig tartott. Ezt követve 1941-ben újabb meder-bővítés történt, amit a második világháború miatt felfüggesztettek. A háború után a munkálatok 1947-ben befejeződtek, így megkezdődhetett a vízszint szabályozása.

A Balaton stabil vízszintjét mesterségesen szabályozzák az utoljára 1976-ban felújított siófoki zsiliprendszer révén. Ekkortájt épült Bogyiszlótól délre a Gemenci torkolati mű.

4.2 Az árvízkapu építése

Az 1956-os jeges árvíz és az 1965-ös rendkívüli nyári árvíz nagy károkat okozott és rámutatott az árvízvédelem gyenge pontjaira. Ezért vált szükségessé a Sió torkolat rendezése, az árvízkapu megépítése. A Gemenci műtárgy a tervezett hat Sió-vízlépcső egyik eleme. Ezzel a torkolati művel a dunai jeges árvizeket kívánták kizárni, valamint a duzzasztott vízszintet biztosítani a hajózásnak a Sió alsó szakaszán, csökkentve ezzel a hajózáshoz szükséges balatoni vízeresztések mennyiségét. A létesítmény a Duna felé árvízkapu, a Sió csatorna felé duzzasztóként funkcionál. A viziút kiépítése 1000-1500 tonnás uszályok közlekedését is lehetővé tette. A torkolati mű a Dunától mintegy 3 kilométerre épült meg. A műtárgyhoz csatlakozik az 1,777 kilométer hosszú keresztöltés, ami egyben árvízvédelmi töltés is. A torkolati műtárgy 13,50 méter szabadnyílású duzzasztóműből és 13,50 x 95,00 méter hasznos alapterületű hajózsilipből áll. Az árvízvédelmi töltés tengelyében a duzzasztómű felett vasbeton híd, a hajózsilip felett acélszerkezetű billenőhíd épült. A középső pillérekre építették a vezérlőtornyot, a jobb oldali pillérben angolnafogót alakítottak ki. A műtárgyhoz csatlakozó felvízi és alvízi öblözetben cölöpös mólók és vezetőművek, valamint 60 méter hosszú merülőfal épült. Az első hajók 1973. október 23-án haladtak át az új hajózsilipen. A torkolati művet 1974. május 31-én adták át ünnepélyes keretek között.

4.3 Felújítások, korszerűsítések

Az árvízkapu üzembe helyezése után jelentősen megélénkült a hajóforgalom a Sión. A Balaton és a Duna között a kisebb hajók, uszályok mellett időnként még tengerjáró hajók is közlekedni tudtak. A balatonfüredi hajógyárba rendszeresen érkeztek hajók felújításra. A csatorna azonban csak akkor volt hajózható, ha a vízszintje elérte a két métert, azaz használhatósága nagyban függött a balatoni vízeresztéstől vagy a Duna vízállásától. 1978-ban a Sió alsó szakaszáról 12-13 ezer m³ hordalékot szivattyúztak ki, mert az iszappal feltöltődött meder gátolta a hajózást. A következő években is folytatódtak a vízrendezési munkák, a Tolnanémedi és simontornyai vasút között két zsilipet is építettek.

Az ezredforduló után fellépő magas árhullámok miatt ismét nagyobb figyelmet fordítottak a Duna menti települések árvízvédelmére. Ennek érdekében újították fel és korszerűsítettek a létesítményt. Az elmúlt évtizedekben az elhasználódó gépi berendezések miatt egyébként is szükségessé vált az acél- és vasbeton szerkezetek felújítása is. A felújítási munkálatok 2013-ban kezdődtek, melynek részeként az acél- és vasbeton szerkezeteket korszerűsítették, valamint az üzemviteli épület és a hozzá kapcsolódó raktár és vezérlőtorony épületeinek rekonstrukciójával szakaszvédelmi központot alakítottak ki.



6. ábra A torkolati mű űrfelvételén

5. AZ ÁRVÍZKAPU MOZGÁSVIZSGÁLATA

A műtárgy mozgásvizsgálati mérései közül a 2023 nyarán elvégzett mérésen vettem részt személyesen. Mielőtt jobban belemélyednék a 2023-as terepi mérés folyamatába, említést kell tennem a megelőző mérések történetéről, az alapponthálózatról, a vizsgálati pontokról és a korábbi vizsgálati mérések tapasztalatairól.

5.1 A mérések rövid története

A Sió-Gemenci Árvízkapu mozgásvizsgálata több mint 30 éves múltra tekint vissza. Az első mozgásvizsgálati mérést 1988-ban Dr. Csepregi Szabolcs főiskolai tanár vezetésével az Erdészeti és Faipari Egyetem Földmérési és Földrendezői Főiskolai Karának munkatársai végezték el. Vizsgálati mérést a mérési folyamat kezdeti éveiben évente kétszer végeztek, tavaszi-őszi megosztásban. 2009-2011. között évi egy őszi mérés történt. 2011 és 2015 közötti években nem volt lehetőség vizsgálati mérésekre a felújítási munkálatok miatt. 2015-től ismét sor került a mérésekre. Az 50. mérés 2022 augusztusában történt.



7. ábra A torkolati mű 2023 augusztusában

5.2 Az alapponthálózatról

Minden jelentős geodéziai feladtnál az első és legfontosabb lépés az alappontok helyének kiválasztása és koordinátáinak meghatározása. A mozgásvizsgálati feladatoknál az alappontokat hálózatokba foglalják és hálózatkiegyenlítéssel számítják. A mozgásvizsgálatoknál a legtöbb esetben helyi (lokális) hálózatokat alakítanak ki,

melyeket aztán szükség szerint az országos rendszerbe is be lehet kapcsolni. A lokális hálózatok az alappontokon kívül tartalmazhatnak ellenőrző pontokat, esetleg őrpontokat is. Az ellenőrző pontokkal az alappontok mozdulatlanságát lehet ellenőrizni vagy az esetleges alappont elmozdulásokat megmérni. Őrpontok elhelyezésére ritkábban kerül sor, de ha igen, akkor az ellenőrző pontok közelében helyezik el őket és az ellenőrző pontok elmozdulását mérik velük általában hossz-méréssel.

5.2.1 Állandósítás

A hálózat alappontjainak megjelölése során a gyakorlatban leggyakrabban használt pontjelöléseket alkalmazták, a falicsapot és a szintezési gombot. A csapokat régebbi kisebb melléképületek függőleges falazatában helyezték el úgy, hogy nyelük vízszintes helyzetű. A vízszintes helyzet mellett az elhelyezésnél ügyeltek arra is, hogy a csapok fejezete a lábazatból körülbelül 5 cm-re kiálljon, azért hogy a szintezés során a szintezőlécet függőlegesen rá lehessen állítani.



8. ábra A 100-as alappont



9. ábra A 109-es alappont

A szintezési gombokat vízszintes burkolt felületeken helyezték el. A alappontok és a vizsgálati pontok többsége is szintezési gombbal lett megjelölve. A hálózatban előfordulnak olyan alappont jelölések, ahol a gombok mellé védőkorlátot vagy festett jelzőoszlopot raktak le az alappont közelében, ezzel is védve a pontjeleket.

5.2.2 Pontszámozás

Az alappontok egyértelmű beazonosítást jelentősen megkönnyíti egy egyszerű, jól átgondolt pontszámozási rendszer alkalmazása. A 2015. évi mérés során a korábban használt pontszámozást újragondolták és egy, a gépi számítás igényeinek is jobban megfelelő jelölést kaptak a pontok. Az alappontok számozása 100-tól indul. A

mozgásvizsgálati mérésekhez eredetileg 7 darab alappontot helyeztek el. Az alappontok közül a 101, 106, 107 számúak maradtak fenn (korábbi jelölésük: 1, 6, 7). A három fennmaradt alappont közül 2021-ben elpusztult a 106-os és 107-es, helyükre a Sió jobb partján új pontok lettek állandósítva (köben gomb) 108, 109, 110 pontszámmal. A 2013-2014 között zajlott felújítási munkálatok alatt elpusztult (a korábbi számozás szerinti 2, 3, 5-ös) alappontok helyett is újak lettek állandósítva 100, 102, 103 pontszámmal.

5.3 A vizsgálati pontokról

Az árvízkapun a vizsgálati pontok jól azonosíthatóan, szerkezeti egységekre lebontva, szimmetrikusan lettek elhelyezve. Az egyik legnagyobb elmozdulást mutató szerkezeten, az alvízi betontesten a pontok sűrűn, egymáshoz közel lettek elhelyezve a minél nagyobb mérési pontosság elérésének érdekében. A torkolati mű e részén a mozdulatlanoknak tekintett 3-as ponthoz viszonyított relatív magasságkülönbségek is meg lettek határozva a korábbi számítások során.

A vizsgálati pontok állandósítása szegekkel, csapokkal és rézgombokkal történt. A vizsgálati pontok könnyen megközelíthetőek és a szintezés során használt léceket egyszerűen, akadálymentesen el lehet helyezni rajtuk. A mellékelt ábrán látszik, hogy egyes pontok narancssárga festékekkel körül lettek festve és a számuk (jelük) is fel lett tüntetve.



10. ábra A „D” jelű vizsgálati pont

2015-ben a vizsgálati pontok is új azonosítókat kaptak. A pontszámok rendszere egységesítve lett, megszüntették a számmal, római számmal vegyesen jelölt pontszámokat, valamint a „T” előtagot a pontszám előtt. A pontok számozása 0-tól indul. A 2015.évi mérés során 4 új pontot is elhelyeztek. Ezek közül a 24, 25, 26-os pont az alvízi móló cölöpsorában, az E jelű pont az alvízi mozgó betontestbe lett állandósítva. A felvízi oldalon a bal parti támfalon levő 6-os pont korábban elpusztult. A pótlására 2020-ban került sor. (27-es pont).

5.4 A megelőző mérés tapasztalatai

A 2023-as mérés előtt mindenképpen érdemes megvizsgálni a korábbi, 2022-es mérés eredményeit, mivel ez a mérés lesz az alapja a dolgozatom tárgyát képező vizsgálati mérésnek. Az egyes vizsgálati pontok elmozdulási értékei a megelőző mérés (2021) eredményeihez képest értendők.

Az **alappontok** magasságváltozásait az alábbi táblázat szemlélteti. A 102-es pontot a 2020-as évtől kezdődően külön kell kezelni, mivel a többi alapponttal ellentétben mozdulatlanak tekinthető, így ez a pont a kiinduló pontja a hálózat számításának.

Pont-szám	Magas-ság 2015.	Magas-ság 2016.	Magas-ság 2017.	Magas-ság 2018.	Magas-ság 2019.	Magas-ság 2020.	Magas-ság 2021.	Magas-ság 2022.	Eltérés' 2021- 2022. (mm)
100	7.07037	7.07096	7.07119	7.07118	7.07152	7.07213	7.07195	7.07226	+0.31
101	6.76754	6.76754	6.76688	6.76754	6.76754	6.76701	6.76766	6.76712	-0.54
102	7.06179	7.06173	7.06179	7.06179	7.06179	7.06179	7.06179	7.06179	0.00
103	7.16842	7.16858	7.16847	7.16882	7.16893	7.16909	7.16938	7.16934	-0.04
108							6.76949	6.76983	+0.34
109							2.78564	2.78663	+0.99
110							2.38558	2.38444	-1.14

1. táblázat Alappontok magasságváltozásai (2015-2022)

A **hajózsilipen** és a **hídon** 6 darab vizsgálati pontot helyeztek el. Az alvízi oldalon található a 3-as, 9-es és a 15-ös, a felvízi oldalon a 4-es, 10-es és a 16-os vizsgálati pont. A műtárgy ezen részén egy körülbelül 1 mm-es dőlés állapítható meg az előző évi méréshez képest. A mérés eredménye a vizsgálati pontok emelkedését mutatja, a legnagyobb elmozdulási érték 1,86 mm. (9-es pont).

A **felvízi** oldalon, a **bal parti támfalon** 5 pontot helyeztek el. A 2022-es mérés alapján a zsiliphez legközelebbi 23-as pont emelkedése a legnagyobb (1,61 mm). A zsiliptól legtávolabb levő 8-as pont 0,55 mm-t süllyedt. Ez azt jelenti, hogy a partfalon egy 2 mm-es dőlés állapítható meg a felvív irányába.

A **felvízi** oldali **középső támfalon** 3 pontot létesítettek. A mérés alapján ezen a támfalon is egy körülbelül 1 mm-es dőlés figyelhető meg a felvív irányába, mivel a zsiliphez közeli 22-es pont emelkedése a legnagyobb (1,07 mm), míg a zsiliptól legtávolabbi 12-es ponté a legkisebb (0,16 mm).

A **felvízi, jobb parti támfalon** a mérés alapján nincs egyértelműen kimutatható, jelentős változás az előző állapothoz képest, kivéve, az ehhez a szerkezeti egységhez tartozó 16-os vizsgálati pontot, ahol egy 0,85 mm-es emelkedés történt az előző méréshez képest.

Az **alvízi mólón** 3 vizsgálati pont található. A 25-ös pont esetében a 2,01 mm-es, valamint a 26-os pont esetében a 2,06 mm-es emelkedés a korábbi méréshez képest jelentős mozgást mutat.

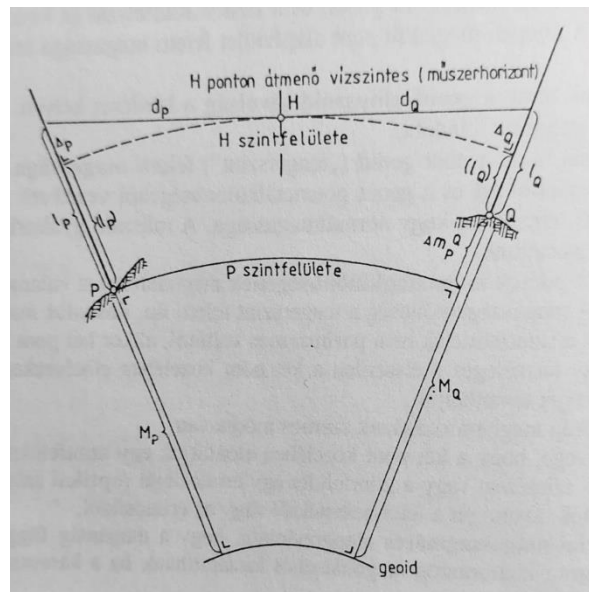
Az **alvízi** részen épült **két partfal** mozgásának vizsgálatát és elemzését a könnyebb érthetőség kedvéért a dolgozat 7. fejezetében, a 2023-as vizsgálati mérés elemzési szakaszának tárgyalásakor fejtem ki részletesebben.

6. A MÉRÉS FOLYAMATA

A terepi mérés megkezdése előtt a tervezési szakasz egyik legfontosabb döntése az alkalmazandó mérési technika kiválasztása. A kiválasztásnál több szempontot is mérlegelni kell. Ezek közül kiemelendő az elmozdulás iránya és nagysága. Az árvízkapu esetében a létesítményen elhelyezett vizsgálati pontok függőleges irányú mozgásösszetevőit határozzuk meg, tehát magasságkülönbségeket mérünk. A magasságkülönbségek mérésére a mérnökgeodéziai mozgásvizsgálatoknál a **szabatos színtezés** módszere a legelterjedtebb és legpontosabb megoldás, ezért az árvízkapu vizsgálati méréséhez ezt a mérési technikát választottuk akárcsak elődeink a múltban.

6.1 A színtezésről

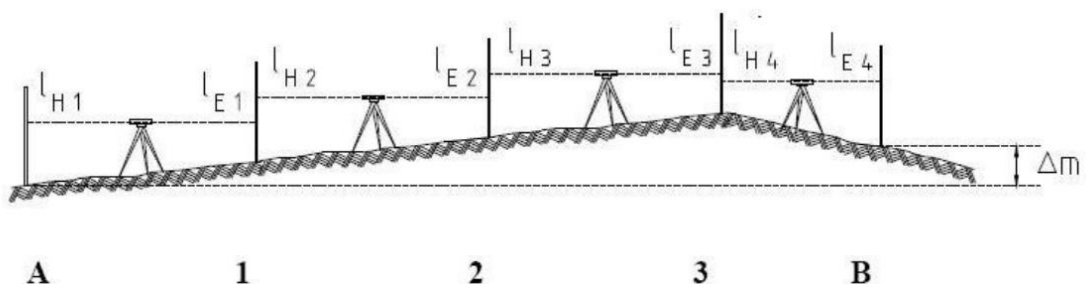
A geometriai színtezés végrehajtásakor egy szintfelület érintősíkját jelöljük ki és a két pont magasságkülönbségét úgy határozzuk meg, hogy megmérjük a két pont távolságát a kijelölt síktól. A vonatkozási síkot egy geodéziai távcsővel felszerelt műszer (színtezőműszer) irányvonalát tartalmazó horizontsík vízszintessé tételével állítjuk elő, a távolságokat pedig úgy tudjuk meghatározni, hogy leolvassuk az irányvonal, pontosabban a horizontsíkban a fekvő irányszál helyét a pontokra függőlegesen felállított egy-egy színtezőléc távcsőben keletkezett képén (Krauter András, 1999).



11. ábra A szintezés alapelve

A magasságok meghatározása történhet abszolút értelemben vagy relatív értelemben. Abszolút értelemben vett meghatározást értünk az alatt, amikor egy pont magasságát valamely középtengerszinthez (alapfelület) viszonyítva határozzuk meg. Relatív értelmű magasságmérés esetén két pont közötti magasságkülönbséget mérünk.

A szintezéssel általában olyan pontok magasságkülönbségét mérjük, amelyek egymástól akár több száz méterre is lehetnek, ezért ilyen eseteknél a mérés előtt vagy közben a két pont között annyi kötőpontot létesítünk, hogy a szomszédos pontok magasságkülönbségét egyetlen műszerállásból mérni tudjuk. Az ilyen szintezési módszert vonalszintezésnek nevezzük.



12. ábra Vonalszintezés

A vonalszintezés a munka céljától, a pontossági követelményektől függően lehet ötödrendű, negyedrendű vagy szabatos (felsőrendű). Az ötödrendű vonalszintezést

elsősorban magassági részletes felmérés során végzik, illetve vonalas létesítmények közelében elhelyezett alappontok magasságának meghatározására is ezt a módszert választják. A negyedrendű vonalszintezést az EOMA felsőrendű hálózatának sűrítésekor alkalmazzák, míg a szabatos szintezést legtöbbször a mérnökgeodéziában és az országos hálózatban a magassági alappontok közti szakaszok magasságkülönbségeinek meghatározására használják.

6.1.1 A felsőrendű szintezés hibái és szabályai

A geodéziában a tökéletes mérés elérése lehetetlen, mivel méréseinket minden esetben valamilyen hiba terheli. Azért hogy méréseinknél a szabályos hibaforrások hatását minimalizálni tudjuk, méréseinket a felsőrendű szintezésre vonatkozó szabályok, előírások betartásával végezzük. A szabályos hibákat eredetük szerint csoportosítjuk. Eszerint beszélhetünk személyi hibákról, műszerhibákról, a mérőfelszerelés hibáiról és a külső körülmények okozta hibákról.

A szabályos hibák közül a személyi hibáknak van a legkisebb jelentősége. A személyi hibák ritkábban fordulnak elő olyan mérési folyamatoknál, ahol az észlelést, a lécleolvasást egy tapasztalt, gyakorlott mérnök végzi.

Az optikai szintezéssel mért magasságkülönbség nem egy szintfelülettől, hanem egy szintfelület érintősíkjától mért távolságok különbsége. A szintfelületek görbe felületek, míg a műszerrel előállított érintősík vízszintes, tehát nem tekinthetők azonosnak. Ebből következik, hogy a szintfelület görbültségének hatását nem hagyhatjuk figyelmen kívül, mert az szabályos hibát okozna. A szintfelületek görbültségéből adódó hibát a szintezés egyik legalapvetőbb szabályának betartásával tudjuk kiküszöbölni, ami annyit jelent, hogy egy-egy műszerállásban a műszerrel a szintező lécektől azonos távolságra állunk fel. Ez azért fontos, mert így mind a két lécnél az érintősík és a szintfelület eltérése ugyanolyan mértékű lesz, ezáltal a hiba hatása azonos értékűnek tekinthető a két lécleolvasásra.

A műszerhibák közül elsőként az irányvonal-ferdeséget szeretném kiemelni, mert ez a hibaforrás a szintezésre ható hibák közül talán a legjelentősebb. A szintezőműszerek vizsgálatakor több feltétel teljesülését is vizsgálnunk kell. Az egyik ilyen feltétel az, hogy az alapirányvonalnak merőlegesnek kell lennie az állótengelyre. Amennyiben ez a

feltétel nem teljesül, tehát a geodézia távcső irányvonala nem vízszintes, akkor irányvonal-ferdeségről beszélünk. A ferde irányvonal hibaforrásának hatását mind a mérnöki, mind a szabatos műszerek esetében meg kell vizsgálni. Szabatos műszereknél közel vízszintes terepen kijelölünk egymástól két pontot körülbelül 50 méteres távolságban. A műszerrel a két pont egyenesén, a pontoktól egyenlő távolságra felállunk, majd a két pont közötti magasságkülönbséget meghatározzuk. A magasságkülönbséget kétszer határozzuk meg a horizontferdeség hatásának kiküszöbölése érdekében. Az egyenlő műszer-léc távolság, illetve az állandónak feltételezett irányvonal ferdeség miatt belátható, hogy a hátra és az előre lécleolvasást is ugyanaz a szabályos hiba terheli, ebből következik, hogy a két pont hátra mínusz előre képlettel számított magasságkülönbsége mentes lesz a ferde irányvonalból adódó szabályos hiba hatásától. Ezt követően a két pont szakaszán a műszert a hátra lécc mögé, a távcső közelpontjánál alig nagyobb távolságra áthelyezzük, majd kiszámítjuk az irányvonal-ferdeség hibájával terhelt magasságkülönbséget szintén a hátra mínusz előre leolvasásból. Ezt a magasságkülönbséget is többször mérjük és az irányvonal-ferdeség számításakor a magasságkülönbségek számtani középértékét választjuk. Az irányvonal-ferdeség hibájának nagysága a szintezés alatt megváltozhat a parallaxiscsavar elmozdítása, a szintezőlibella buborékjának pontatlan középre állítása valamint a hőhatás miatt. Utóbbi ellen különösen fontos a műszer és a libella védelme, mert ha a műszert egyoldalú hőhatás éri, akkor veszélyesen halmozódó hibaforrás keletkezik.

A szabatos mérőműszerek másik veszélyes hibaforrása a horizontferdeség. Ez a hibahatás akkor jelenik meg, amikor az állótengely nem függőleges (távcsőhajlást okoz) és a kompenzátor is hibásan működik. Ha a ferde állótengely körül a műszert úgy forgatjuk el, hogy a távcső irányvonala az állótengely dőlésének síkjába kerül, akkor a távcsőhajlás nagysága az állótengely ferdeségi szögével azonos lesz. Ez két helyzetben következhet be, az egyikben a távcsőhajlás negatív, a másikban pozitív előjelű lesz. Ezen kívül a műszer forgatásával két olyan helyzetet is meg tudunk valósítani, amikor az irányvonal merőleges az állótengely dőlésének síkjára, ezekben a helyzetekben a távcsőhajlás zérus. A kompenzátor működésének lényege, hogy ferde állótengely esetén egy tetszőleges irányban kompenzálja a távcsőhajlást. Ezt azonban a kompenzátor csak akkor tudja megvalósítani, ha az állótengely ferdesége a kompenzáló szerkezeti elem

működési tartományán belül van és emellett maga a kompenzátor is hibátlanul működik. Ezért, ha a kompenzátor működési tartományán kívülre esik az állótengely dőlése vagy a kompenzátor működése kifogásolható, akkor a kompenzált irányvonal nem vízszintes, hanem ferde horizontsíkot képez. Ilyenkor az irányvonal alulkompenzált vagy túlkompenzált helyzetű lehet. A hibás kompenzátor igazítása műszerlaborban történik. Nem szabatos szintezésnél a horizontferdeség hibáját megfelelő mérési módszer alkalmazásával is ki lehet küszöbölni. Ehhez a szintezést oda-vissza irányban kell elvégezni.

A mérőműszerek hibái mellett a szintezések alatt a mérőfelszerelés (szintezőléc) hibáival is számolnunk kell.

A lécc talpponti hibája akkor lép fel, amikor a lécosztás kezdővonása nem a lécc hossz tengelyére merőleges alsó érintősíkjába esik. Ennek a hibának a hatása teljesen eltüntethető a magasságkülönbségek mérése során egyetlen szintezőléc használatával. A talpponti hiba hatásának kiejtésére két szintezőléc használata esetén is van megoldás. Ugyanis, ha egy szakaszon belül páros számú műszerállásunk van, akkor a szakaszvégpontok magasságkülönbsége a talpponti hiba hatásától mentes lesz. Ennek az a magyarázata, hogy az első állásból meghatározott magasságkülönbség a két lécc talpponti hibájának különbségével lesz hibás, a következő állásban számított magasságkülönbségre a talpponti hiba ugyanakkora, azonban ellenkező előjelű a lécek felcserélése miatt. Ebből egyszerűen megállapítható, hogy a talpponti hibahatás kiesik.

A talpponti hiba mellett a léceknek vannak olyan hibaforrásai, amiket mérési módszerrel nem lehet kiküszöbölni. A következő két bekezdésben két ilyen hibát említek meg.

Az egyik ilyen hiba a lécosztás hibája. A lécosztás hibája azt jelenti, hogy a szintezőlécen az osztásközök nem egyenlők. Ez a hibahatás a szakaszvégpontok nagy magasságkülönbsége esetén veszélyesen halmozódik, mivel az osztáshiba a hosszal arányos. A hiba javításának céljából a szintezőléceket komparálják, a felsőrendű méréseknél használt léceket évente két alkalommal (kora tavasszal és késő ősszel).

A lécek egy másik ilyen hibaforrása a léccferdeség. Ez a hiba akkor jelentkezik, amikor a lécc hossz tengelye a mérés közben nem teljesen függőleges. Ez a hiba is veszélyesen

halmozódik nagy magasságkülönbség esetén. A hiba minimalizálására a szintezéskor igazított szelencés libellát kell használni. Szabatos szintezéskor előírás, hogy a léceket támasztó rudakkal kell biztosítani a lécek mozgásának elkerülése érdekében.

A külső körülményekből adódó hibák közé tartoznak a műzersüllyedés, a lécsüllyedés és a szintezési refrakció hibái.

A magasságkülönbségeket szabályos hiba terheli akkor, amikor a hátra és az előre lécleolvasás között a műszer magassági helyzete megváltozik. Ez a műzersüllyedés hibája, amit egyértelműen nem lehet kiejteni. Szabatos szintezéseknél a hátra-előre-előre-hátra szimmetrikus módszerrel jelentősen csökkenthető a hiba hatása, ha az álláspontokon a műszermozgás egyenletes és a mérés sebessége is teljesen azonos minden egyes állásponton.

A műszer mellett a kötőpontokon felállított lécek is süllyedhetnek. A lécsüllyedés szabályos hibája terheli a mérés eredményét, ha a szintezőléc magassági helyzete a lécre történő előre és a már következő műszerállásból végzett hátra leolvasás időpontja között, tehát a műszer átállásának ideje alatt megváltozik. A hiba csökkentésére két állásból végzett mérés között a lécet a kötőpontról levenni nem szabad, hanem biztonságosan át kell fordítani az új műszerállás irányába. A léceket felsőrendű szintezéseknél talajba levert vascövekre, facövekbe vert szegre, kivételes helyzetekben (szilárd burkolat) szintezősarura kell elhelyeznünk. A hiba hatása kiküszöbölhető egyenletes sebességgel végzett oda-vissza értelmű szintezéssel.

A fénytörés egy optikai jelenség, amely a légkör inhomogenitásából fakad. A fény csak azonos összetételű és sűrűségű (homogén) közegben halad egyenes vonalban, két eltérő optikai sűrűségű közeg határához érkezve megtörik. A légkör sűrűségváltozásának oka a talajközeli légrétegben a hőmérsékletváltozás. A Nap felmelegíti a talajt, a talaj közeli réteg pedig a talajtól kapja a hőt. Ennek az első jele, hogy fellép a léglengés, ami a napfelkelte utáni félórán belül figyelhető meg. Ez a jelenség egy-egy nagyobb légtömeg gyors felemelkedését jelenti. A napnak ezen szakaszában nem szabad szintezni, mert a szintezőműszer távcsőben látható képe mozog. Napkelte után körülbelül 100 perccel a hőmérséklet a magassággal nem változik, ez az izotermia állapota, ami csak egy pillanatnyi állapot. Az izotermia után az alsó légrétegek már melegebbek lesznek,

sűrűségük kisebb lesz, a felettük levő légrétegek nehezebbek. Körülbelül az izotermia állapota után 50 perccel az alsó légrétegek felfelé áramlása kezdődik meg. Elindul a légrezgés időszaka, ami alatt a melegebb és hidegebb légtömegek véletlenszerűen helyet cserélnek. Ebben az időszakban a rezgés egyre növekszik, maximumát dél környékén éri el. A nap második felében ez a folyamat ellentétesen játszódik le. Ebből kifolyólag megállapíthatjuk, hogy a szintezést csak a léglengéstől és légrezgéstől mentes időszakokban szabad végezni. A refrakció hatása csökkenthető, ha a távcső irányvonalát nem engedjük túlságosan közel a talajhoz és a műszer-léc távolságokat is minél kisebbre vesszük. A megengedhető legnagyobb távolság a műszer és a lécz között a szintezés elvárt pontosságától függ.

6.2 A felhasznált mérőeszközök és tartozékai

A korábbi mérések alkalmával egészen 2006-ig szabatos optikai műszereket és 1,7 m, illetve 3 m-es kettős osztású invárbetétes léceket használtak. 2006 és 2009 között optikai és digitális műszerekkel vegyesen végezték a vizsgálati méréseket. 2009-től kizárólag felsőrendű digitális műszerekkel történik a mérés, a Leica cég Na3000-es és a DNA03-as szintezőműszereivel.



13. ábra Mom NiA31 optikai szintező



14. ábra Leica Na3000 digitális szintező

A 2023-as terepi mérés során a Leica DNA03-as modelljét használtuk, ezért ezt a műszert fogom bemutatni a következő bekezdésben.

A Leica DNA03 egy olyan felsőrendű digitális szintezőműszer, amely a mozgásvizsgálati méréseken kívül alkalmas mérnöki és geodéziai szintezésekhez is. Elektronikus mérésnél a műszer magassági pontossága invárbetétes léccel 0,3 mm/km. Normál lécz esetén a mérés magassági megbízhatósága 1 mm/km. A műszerrel optikai

mérés is kivitelezhető, pontossága 2 mm/km. A távcső nagyítása 24-szeres. Elektronikus módban a műszer távmérési tartománya 1,8 métertől 110 méterig terjed. Az optikai műszerekkel összehasonlítva a mérés lényegesen egyszerűbb, mivel a műszer a mért magasságokat egy gombnyomásra eltárolja, automatikusan elmenti. Manuális jegyzőkönyv vezetésére nincs szükséges, így az észlelő és a jegyzőkönyvvezető hibáival nem kell számolnunk. A mérési idő is sokkal gyorsabb, nagyjából 3 másodperc. Az LC kijelzőn 8 sorban 24 karaktert figyelhetünk meg.



15. ábra Leica DNA03 felsőrendű digitális szintezőműszer

A műszert szemből nézve a kijelző felőli jobb oldalon 8 fix billentyű látható. Ezekkel fix funkciók érhetők el. A SHIFT gomb és egy kiválasztott fix gomb együttes lenyomásával elérhető a fix billentyű második szintű funkciója. Az egyik ilyen billentyűkombinációval (SHIFT + PROG) a főmenübe jutunk, ahol többek között elvégezhetjük a műszer gyors beállításait is. A fix billentyűktől jobbra vannak a beviteli billentyűk, a navigációs billentyűk és az ENTER gomb is. A beviteli billentyűkkel számokat, betűket és speciális karaktereket is be lehet vinni a műszerbe. Az ENTER gombbal a műszerbe való bevitelt tudjuk elfogadni és továbblépni a következő aktív mezőre. Digitális műszerről lévén szó, a pontraállást nem szükséges elvégezni, az állótengelyt elegendő csak közelítőleg függőlegessé tenni. A szintezőműszert a mérőállomáshoz hasonlóan egy háromlábú műszerállványra helyezzük. A műszerlábak keményfából készülnek. Ezek a lábak nem csillapítják a különböző külső körülményekből eredő rezgéseket, de használatuk mégis megengedett a műszer kompenzátora miatt.

A Leica szintezőműszere mellett ugyanezen cég által gyártott GPCL3 típusú léceket használtuk. Ez egy invár-betétes, bárkódos szintezőléc, amit kifejezetten elsőrendű- és másodrendű szintezésekhez terveztek. Az invárléc nikkel-vas ötvözetből készül, előnye a fából készült, hagyományos szintezőlécekkel szemben az, hogy nagyon alacsony hőtágulási együtthatóval rendelkezik. A szintezés során 2 méteres és 3 méteres lécekre egyaránt mértünk. A lécs tengelyének függőlegessé tételéhez a lécs hátoldalán két darab szelencés libella is van. A mérés közbeni mozdulatlanság megőrzése érdekében a léceket kitámasztó rudakkal stabilizáltuk.



16. ábra Leica GPCL03 szintezőléc

A kötőpontok jelöléséhez vascöveket és szintezési sarut választottunk. Vascöveket közvetlenül a burkolt utak mellett ütöttünk le. A vascövek leütését jelentősen megkönnyítette az erre a célra kialakított leverőfej használata. Szintezősarut a felvízi oldalon lévő beton lépcsőn helyeztünk el. A saru méretéhez képest meglehetősen nehéz, 3-4 kilós súlya a kötőpont mérés alatti mozdulatlanságát biztosította. A mérés alatt a léceket a gondosan letaposott saru íves felületű felső részére kell tenni úgy, hogy a mérés alatt azt el lehessen forgatni.

6.3 A terepi mérés napja

A mérésre 2023-ban augusztus 25-én, egy pénteki napon került sor. A megfelelő időpont kiválasztásánál fontos szerepet játszott az, hogy a mérés lehetőleg szélcsendes és esőtől mentes napon történjen. A mérés helyszíne a keselyűsi zsilip. A Tolna megyében található létesítmény közigazgatásilag Bogyiszlóhoz tartozik, egészen pontosan a településtől délre épült a Sió csatornán.



17. ábra A Sió csatorna a torkolati mű hídjáról

A mérés napjának reggelén 7 óra 30 perc körül indultunk el Székesfehérvárról a GEO épülete elől. A városból kiérve, az M6-os autópályán folytattuk utunkat és mintegy másfél óra múlva már meg is érkeztünk a helyszínre. A megérkezés után a terepen az első teendők az alappontok és a vizsgálati pontok szemléje volt. Ellenőriztük, hogy a pontok fennmaradtak-e, esetleg nem sérültek-e meg. A terepszemlét követően a mérőfelszerelést készítettük elő. A mérés során az előző fejezetben bemutatott Leica műszer és szintezőléc mellett kalapáccsal, festékszóróval és mérőszalaggal is dolgoztunk. A helyszíni szemlét követően átbeszéltük a mérés módját, menetét, majd mérőpárokat alakítottunk ki. Az én párom a témavezetőm, Dr. Tóth Zoltán volt. A másik párt Balaton Regina Hanna és Dr. Katona János tanár úr alkotta.

A műszert az első mérendő szakasz (102-103) mentén a két alappont között, a két ponttól egyenlő távolságra állítottuk fel. A talpcsavarokkal a szelencés libella buborékját középre irányítottuk, ezzel a műszer irányvonalát vízszintessé tettük. A műszeren elsőként beállítottuk a főmenüben a gyors beállítások között a tárolandó mérési eredmények tizedesjegyeinek számát (0,00001m). A MODE gomb segítségével a MÉRÉSI MÓD ablakon belül azt is beállítottuk, hogy a műszer egyetlen lécre

háromszor olvasson le és a végleges magasságkülönbséget a három lécleolvasás átlagaként számolja. A műszerben több beépített mérési program is egyszerűsíti a mérést, segíti a felhasználót. Ezek közül a vonalszintezés programot választottuk. A programon belül kiválasztottuk a szabatos szintezés két mérési sorrendje (HEEH, HE) közül a HE mérési módszert. A beállítások elfogadása és az első vonal kezdőpontjának megadása után el is kezdhettük a szakaszok mérését.



18. ábra A műszer a 102-es pont mérése közben

A mérést a 102-es alappont és a 103-as alappont közötti magasságkülönbség mérésével kezdtük. A mérés alatt az én feladatomban a léczszerű felállítása volt az aktuálisan mért ponton. Az észlelő Dr. Tóth Zoltán volt, aki a két alapponttól egyenlő távolságra felállított műszerrel elsőként a 102-es alapponton az általam felállított lécezt irányozta és mérte. Ez volt a 102-es pont hátra irányú mérése. Ezt követően a lécezt a 103-as pontra állítottam, következhetett az előre mérés a 103-as alappontra. A szakasz mérését ellentétes irányban is elvégeztük, tehát a műszert újra felállítva először mértünk a 103-as ponton felállított lécre hátra felé, majd a 102-es pontra előre felé. Mivel mérőpáronként egy darab szintezőlécezt használtunk, ezért a talpponti hiba hatása a magasságkülönbségeket nem terhelte. A mérés alatt koncentrált tekintetem mindvégig a szelencés libellán volt. Így próbáltam a léczferdeség hibáját minél jobban elkerülni. A szakasz mérésének befejezése után a műszer kijelezte az észlelési differenciát, ami az oda- és vissza irányban mért magasságkülönbségek közti eltérés. Ez az érték 0,09 mm volt, amit elfogadtunk és a szakasz mérését befejezettnek tekintettük.

A következő szakasz a 102-101-es alappontok közötti szakasz volt. Az előző szakasszal ellentétben itt a két végpont lényegesen távolabb volt egymástól, ezért nem volt lehetőségünk arra, hogy a magasságkülönbséget egy irányban egy műszerállásból mérjük. Emiatt a vonalszintezés szabályait betartva kijelöltük a két alappont közötti mérőpályát. A mérőpálya megvalósítása a műszerállások és a kötőpontok helyének megjelöléséből áll. Az állások helyét festéssel, a kötőpontokat vascövekkel jelöltük meg. A műszer-léc távolságot 20 m-en maximalizáltuk.



19. ábra A műszerállás helyét jelző festés



20. ábra Talajba levert vascövek

A műszerrel először a 102-es alappont és az első kötőpont (K1) közt álltunk fel. Innen kezdve a mérést, elsőként a 102-es pontra mértünk. Ez volt a 102-es pont hátra irányú mérése. A hátra mérés után az első kötőpontra helyeztem a lécezt, jöhetett az előre irányú mérés az első kötőpontra. A leolvasás után a lécezt az előre mérést követően az első kötőpontról nem vettem le, hanem csak a második műszerállás irányába forgattam. A második állásból ismét a szakasz első számú kötőpontjára mértünk, de ez már egy hátra irányú mérés volt, mivel a haladási iránnyal ellentétes irányú leolvasást végeztünk. Ezt a metodikát folytatva eljutottunk a szakasz végpontjáig, a 101-es pontig. Innen kezdve a szintezést visszafelé a 102-es pontig is elvégeztük.

Az általunk mért további szakaszok: 102 – 3	E – C	108 – 100	14 – 21
3 – A	C – D	100 – 109	21 – 13
A – B	3 – 9	109 – 110	14 – 15
B – 2	9 – 15	15 – 14	
2 – E	15 – 108	14 – 21	

7. A MOZGÁSVIZSGÁLATI MÉRÉS KIÉRTÉKELÉSE

A terepi mérés befejezése után a mozgásvizsgálatoknál a következő munkafázis a mérés során nyert adatok feldolgozása és kiértékelése.

7.1 A mérés feldolgozása

Ahogy az a dolgozatban korábban már említettem, a torkolati mű esetében süllyedésmérést végeztünk. A függőleges irányú elmozdulásoknál a mozgásösszetevők a két különböző időpontban mért magasságértékek eltérései lesznek.

A feldolgozás során előzetes magasságoknak a referenciamérés (2022-es mérés) kiegyenlített magasságait választottam. A következő két táblázat az alappontok és a vizsgálati pontok kiegyenlített magasságait tartalmazza.

Pontszám	Jelölés	Kiegyenlített magasság (m)	Pontszám	Jelölés	Kiegyenlített magasság (m)
0	rézgomb	3,94649	20	rézgomb	2,12835
1	rézgomb	1,95248	21	rézgomb	1,99520
10	rézgomb	6,75663	22	csap	5,01631
100	szeg	7,07226	23	csap	5,22504
101	kő	6,76712	24	szeg	3,60334
103	szeg	7,16934	25	szeg	3,61631
108	gomb	6,76983	26	szeg	4,10123
109	gomb	2,78663	27	gomb	3,51681
11	rézgomb	3,53230	3	rézgomb	6,74497
110	gomb	2,38444	4	rézgomb	6,74381
12	rézgomb	3,54288	5	rézgomb	3,52849
13	rézgomb	1,92876	7	rézgomb	3,51698
14	rézgomb	1,97435	8	rézgomb	1,99696
15	rézgomb	6,74413	9	rézgomb	6,75774
16	rézgomb	6,76448	A	csap	6,74409
17	rézgomb	2,09732	B	csap	6,64093
18	rézgomb	2,07689	C	csap	6,58314
19	rézgomb	2,06935	D	csap	6,73278
2	rézgomb	6,64677	E	rézgomb	6,58882

A magasságértékek számítását napjainkban jelentősen megkönnyítik a hálózatok kiegyenlítésére kifejlesztett szoftverek. Ezek a szoftverek az általunk bevitt adatokat egy gombnyomásra automatikusan hálózatként számolják és a kiegyenlített magasságokat és méréseket egyaránt megjelenítik. A hálózat szemlélet és a kiegyenlítés

azért is előnyös, mert a kiegyenlített koordináták, jelen esetben magasságok mellett a mérések megbízhatósági mérőszámai is megjelennek a kiegyenlítés eredményeként.

A kiegyenlítés előtt mindenekelőtt a két műszerből kinyert mérési eredményeket válogattam ki egy Excel munkafüzetbe, ahol ezután a végleges magasságkülönbségeket is kiszámoltam. Az egyes szakaszok végpontjainak magasságkülönbségét az összegzett hátra és előre leolvasások különbségéből számoltam. A kapott magasságkülönbségeket egy külön jegyzetömbbe gyűjtöttem.

A magassági hálózat kiegyenlítését kétféle szoftver segítségével is elvégeztem. Az egyik az egyetem által fejlesztett SzintHal, a másik a nyílt forráskódú GeoEasy program.

7.1.1 Kiegyenlítés SzintHal programmal

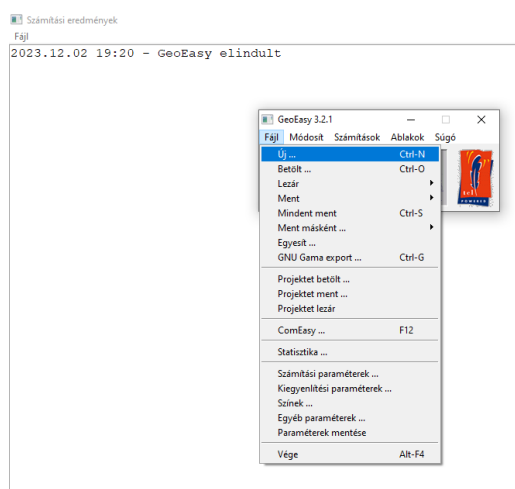
A SzintHal egy olyan program, amely a geodéták munkáját támogatja és a szintezési hálózatok kiegyenlítését teszi lehetővé. A programba belépve kezdő lépésként kiválasztottam a munkaterületet. Következő lépésként a Magasságjegyzék fülbe lépve az előzetes magasságokat vittem be egyesével az általam készített, a magasságokat tartalmazó jegyzetömbből kiválogatva. Itt ki lehetett választani, hogy a kiegyenlítésnél melyik pont legyen adott pont és új pont. Adott pontként egyetlen pontot választottam, a 102-es alappontot. Ezt követően a Mérési jegyzőkönyv menüben a magasságkülönbségek bevitelével a mérési jegyzőkönyvet is elkészítettem. A kiegyenlítés előtti utolsó lépésként a számítási és kiegyenlítési paramétereket is beállítottam. A számítás élességét 0,01 mm-re állítottam, apriori középphibának 0,3 mm-es értéket vettem fel, távolságnak pedig 0,04 km-t adtam meg.

A kiegyenlítés végrehajtását követően a program egy jegyzőkönyvet készített, amit a dolgozat mellékletei között teljes egészében csatolni fogok. Néhány fontosabb adatot azonban itt is megemlítenék. A hálózatban összesen 39 pont van, 1 adott pont és 38 új pont. A mérési eredmények száma 78, a fölös mérések száma 40, a ponthibák négyzetes átlaga 0,18 mm lett. A magasságkülönbségek javításai közül előfordulnak olyanok, amelyek a 0,2 mm-et is meghaladják. A legnagyobb javítás 0,33 mm (3 – 4 szakasz). Ez az érték valószínűleg annak is köszönhető, hogy a két pont a hídszerkezet közelében van, ami a mérés alatt kis mértékben ugyan, de folyamatosan rezgett.

7.1.2 Kiegyenlítés GeoEasy programmal

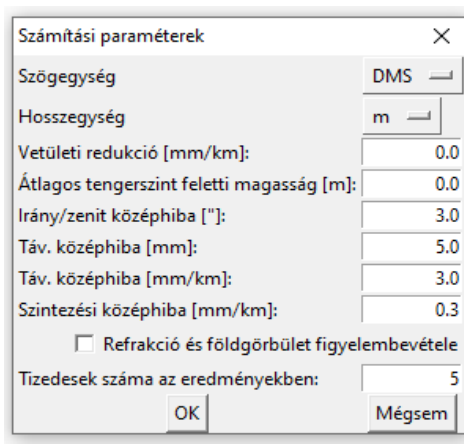
A GeoEasy a Szinthalal ellentétben nem csak magassági hálózatok kiegyenlítésre képes, hanem többféle alapvető geodéziai számítást is elvégezhetünk vele. A hálózatkiegyenlítésen kívül a program segítségével többek között tájékozást, sokszögelést, magassági vonalat és előzetes koordinátákat is számíthatunk.

A GeoEasy-ben a számítás előtt először is a Fájl menü alatt egy új fájlt hoztam létre. Megadtam a fájl nevét és azt is, hogy melyik könyvtárba kerüljön a .geo és a .coo fájlokkal együtt.



21. ábra Új fájl létrehozása GeoEasy-ben

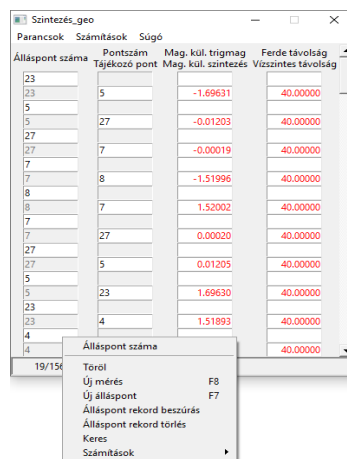
Második lépésként szintén a Fájl menü alatt a Számítási paraméterek párbeszédablakban beállítottam a számítás élességét (5 tizedes), a szintezés középhibáját (0.3 mm) és a távmérési középhibát (5mm) is.



22. ábra Számítási paraméterek beállítása

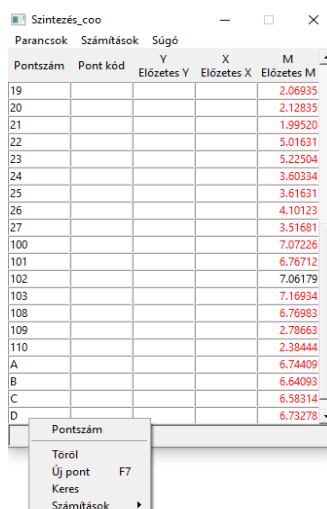
A Kiegyenlítés paramétereit ablakban valószínűségi szintnek 90%-ot vettem fel, távolság limitnek pedig 40 m-t írtam be.

A számítás előkészítését a mérési jegyzőkönyv kitöltésével folytattam. A mérési jegyzőkönyvet az általam számolt magasságkülönbségekkel töltöttem ki. Az egyes szakaszoknál külön értéként adtam meg az - oda, illetve vissza - mérésből meghatározott magasságkülönbségeket.



23. ábra A mérési jegyzőkönyv kitöltése

A mérési jegyzőkönyv elkészítése után már csak egy utolsó lépés volt hátra a számítás megkezdése előtt, a koordinátajegyzék kitöltése. A koordináta jegyzékben egyetlen pontot jelöltem ismert pontként, ami az alábbi ábrán fekete színnel látható. Az előzetes koordinátákat a program piros színnel jelölte.



24. ábra Koordinátajegyzék

A számítási lehetőségek közül a magassági hálózatkiegyenlítést választottam. A program ezután kérte a kiegyenlítendő (ismeretlen) pontok, majd az ismert pontok kijelölését. A pontok kiválasztását követően a program elvégezte a szintezési hálózat kiegyenlítését és az eredményeket az Eredmény ablakban jelenítette meg. A jegyzőkönyv végén sajnos olyan mérések is szerepeltek, amelyek hibahatáron kívül estek. Az ilyen méréseket a hálózathoz egyenként kiszelektáltam és a kiegyenlítést többször is megismételve már egy hibák nélküli jegyzőkönyvet kaptam. A hibás mérések nélküli jegyzőkönyv a mellékletek között található.

7.2 Az eredmények elemzése

Az eredmények elemzésénél a Szinthal által készített jegyzőkönyvet vettem alapul, mivel több mérés, több fölös mérés szerepelt a program által készített jegyzőkönyvben, illetve a magassági középhibákról is átfogóbb, részletesebb képet kaptam.

7.2.1 Az alappontok mozgása

A mélyalapozású pontjelek hiányában a hálózat alappontjai is mozgással terheltek. Az alappontok mozgását az előző méréshez képest a következő táblázat szemlélteti.

Pontszám	Jelölés	Mag. kül.(m)	Mag. kül.(mm)
100	szeg	+ 0.00013	+ 0.13
101	kő	+ 0.00021	+ 0.21
102(adott)	szeg	0.00000	0.00
103	szeg	+ 0.00017	+ 0.17
108	gomb	- 0.00037	- 0.37
109	gomb	+ 0.00008	+ 0.08
110	gomb	- 0.00086	- 0.86

Ahogy említettem, a 102-es pontot mozdulatlanak feltételeztem, noha a pont környezetében lévő pontok emelkedést mutatnak, ami a pont süllyedését feltételezheti. A két pont (101, 103) emelkedése azonban a mérés megbízhatóságát nem haladja meg, ezért döntöttem úgy, hogy a 102-es pontot választom a számítás kiinduló pontjának.

A felvízi oldalon, 2021-ben telepített új pontok közül a 109-es mozgása szinte teljesen megállt, míg a vele szomszédos 110-es pont viszont egyértelműen tovább süllyedt az előző mérés óta.

7.2.2 A vizsgálati pontok mozgása

A 2022-es méréssel összehasonlítva megállapítható az, hogy egy év alatt az elmozdulások nagysága csökkent. 2022-ben a legnagyobb elmozdulási érték 2,06 mm volt (26-os pont), míg 2023-ban ez az érték 0,74 mm (17-es pont).

<i>Felvízi oldal</i>		
Pontszám	Jelölés	Mag.kül.(mm)
4	részgomb	0.61
10	részgomb	0.55
16	részgomb	0.33
23	csap	0.47
5	részgomb	0.70
27	gomb	0.33
7	részgomb	-0.04
8	részgomb	-0.01
22	csap	0.24
11	részgomb	0.46
12	részgomb	0.10
17	részgomb	0.74
18	részgomb	0.20
19	részgomb	-0.05
20	részgomb	0.06

4. táblázat Magasságváltozások a felvízi oldalon

A **felvízi oldalon** a 2022-es méréshez képest két pont kivételével a vizsgálati pontok emelkedést mutatnak. A legnagyobb mozgást a 17-es pont végezte, a legkisebb elmozdulási érték a 8-as ponté, amely szinte elhanyagolható. A hajózsilipen egy évek óta tartó emelkedés történik, aminek nagysága ebben az évben közel felére csökkent a legutóbbi méréshez képest. A támfalak közül jelentősebb mozgást egyik sem végzett, a bal partin egy kisebb, 1mm-es dőlés történt. A középső támfalon a legnagyobb elmozdulási érték a 11-es ponthoz köthető (0,46 mm), a legkisebb a 12-es ponthoz (0,10 mm). A jobb parti támfalon az előző méréshez képest az elmozdulási értékek nagysága növekedett, a legnagyobb érték a zsiliphez legközelebbi 17-es ponté.

<i>Alvízi oldal</i>		
Pontszám	Jelölés	Mag.kül.(mm)
3	rézgomb	0.24
9	rézgomb	-0.04
15	rézgomb	0.08
24	szeg	0.35
25	szeg	0.29
26	szeg	0.35
13	rézgomb	0.20
14	rézgomb	-0.10
21	rézgomb	-0.15
0	rézgomb	-0.05
1	rézgomb	0.60
2	rézgomb	-0.30
A	csap	0.22
B	csap	-0.39
C	csap	-0.27
D	csap	0.26
E	szeg	-0.12

1.

5. táblázat Magasságváltozások az alvízi oldalon

Az **alvízi oldalon** a hídon az előző méréshez képest gyakorlatilag mozgás nem történt, a 9-es és a 15-ös pont mozgása megállt. A mólón az utóbbi években folyamatos emelkedés tapasztalható. Mértéke a tavalyi mérésnél a 2 mm-t is elérte, az idei mérésnél viszont nagymértékben csökkent. A jobb parti támfalon számottevő mozgás nem történt, a 14-es és a 21-es pont kis mértékben süllyedt, a 13-as pont ezzel szemben 0,20 mm-t emelkedett.

A bal parton lévő **betontest** viszont a 2005-ös évtől kezdve jelentős mozgást végez. A prizma alakú betontesten elhelyezett vizsgálati pontok a hídon lévő 3-as ponthoz viszonyítva az évek alatt folyamatosan süllyedtek. A 2-es pont süllyedés értéke már a 2005-ös mérés során is -13 mm volt, az idei mérés során ez az érték a -59 mm-t is eléri. A 2-es pont értékeihez hasonlóak a B pont értékei, 2005-ben -13,4 volt a süllyedés értéke, az idei évben -58,5 mm. A vízoldali C jelű pont a B pontnál is nagyobb mértékben süllyedt, a relatív süllyedés értéke folyamatosan nő, a jelenlegi érték -78,1 mm. A B és C pontok vonatkozásában érdemes még vizsgálni a két pont abszolút magasságkülönbségének alakulását. A 2005-ös méréshez képest ez az érték is folyamatosan nő, jelenlegi értéke -57,68 mm.

A 3-as ponthoz viszonyított relatív magasságkülönbségekből és az alvízi betontesten lévő B, C, E pontok abszolút süllyedéskülönbségeiből tehát az állapítható meg, hogy a betontest egyfajta billenő mozgást végez a csatorna meder irányába. Az idei mérésnél tényleges mozgásról nem beszélhetünk, mivel az 1 mm-t, a mérési megbízhatóság 3-szorosát meghaladó elmozdulási érték nem fordult elő.



25. ábra Az alvízi betontest

8. ÖSSZEFOGLALÓ

A dolgozat a mozgásvizsgálatok témakörének általános áttekintésével indul. Az alapelvek mellett írtam a vizsgálati mérések tervezésének folyamatáról. A 3. fejezetben részletesen bemutatam a mérési módszereket, külön tárgyalva a vízszintes - és magassági értelmű geodéziai módszereket. A mérési lehetőségek részletezését követően kitértem a feldolgozási szakasz elméleti részére, az elemzés és kiértékelés lehetséges megoldási formáira.

A téma elméleti részének kibontása után áttértem a vizsgálandó létesítmény bemutatására, történetére. Röviden összefoglaltam a korábbi mérések történetét. Írtam a vizsgált tárgy körüli alapponthálózatról, a vizsgálati pontokról és a megelőző mérésről.

A 6. fejezetben áttértem a jelenbe, ismertettem a választott mérési technikát, a szintezést. A szintezés témakörén belül a felsőrendű szintezés hibáit és szabályait is összefoglaltam.

A szintezés elméleti hátterének ismertetése után bemutatam a mérés napján felhasznált műszereket és eszközöket, majd leírtam magát a mérés napját, az előkészületeket és a megvalósítást.

A mérési szakaszt követően a feldolgozás folyamatáról írtam, az általam használt programokról, a Szinthal eredményeiről, a Geoeasy hálózatkiegyenlítési lépéseiről.

Az eredmények birtokában elemeztem a vizsgálati mérést és azt állapítottam meg, hogy a műtárgy továbbra is billenő mozgást végez, különösen az alvízi részén található betonteste. Az idei mérés alapján a mozgás nagysága az elmúlt egy év alatt a korábbi évekhez képest valamelyest csökkent.

A téma választása számomra sikeresnek bizonyult, mivel egy számomra új munkafolyamatba nyerhettem betekintést, ami által tudásomat is gyarapíthattam.

9. SUMMARY

The thesis begins with a general overview of the topic of motion analysis. In addition to the basic principles, I wrote about the process of planning test measurements. In Chapter 3, I presented the measurement methods in detail, discussing the horizontal- and height sense geodetic methods. After detailing the measurement options, I covered the the theoretical part of the processing stage, the analysis and evaluation possible solution forms.

After developing the theoretical part of the topic, I moved on to the facility to be examined presentation and history. I briefly summarized the history of the previous measurements. I wrote about the base point network around the examined object, the test points and the preventive measurement.

In Chapter 6, I moved to the present, and described the chosen measurement technique, the leveling. Within the topic of leveling, I summarized the errors and rules of high precision leveling.

After explaining the theoretical background of leveling, I presented the one used on the day of the measurement instruments and devices, then I described the day of the measurement itself, the preparations and the implementation.

After the measurements, I wrote about the processing process, the one I used programs, Szinthal's results, Geoeasy's network equalization steps. In my hands with the results, I analyzed the test measurements and concluded that, the artefact continues to perform a tilting movement, especially in the underwater part concrete body. Based on this years's measurements, the size of the movement over the past year is the same as before has decreased somewhat compared to years.

The choice of the topic turned out to be succesful for me, as it is a new one for me and I was able to gain insight into the work process, which allowed me to increase my knowledge.

10. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetet szeretnék mondani Dr. Tóth Zoltán tanár úrnak, amiért segített a szakdolgozat megírásában. Köszönöm a háttéranyagot, a kiemelt figyelmet és segítséget, amivel munkám során támogatott. A rendkívül hasznos tanácsaival és ötleteivel nagyban hozzájárult a dolgozat létrejöttéhez.

Végül szeretném megköszönni a családomnak, hogy mindvégig hittek bennem, támogattak és biztattak tanulmányaim során.

11. IRODALOMJEGYZÉK

Ágfalvi Mihály (2010): Mérnökgeodézia 4., Mérnökgeodéziai magassági alapponthálózatok, Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar, Székesfehérvár

Ágfalvi Mihály (2011): Mérnökgeodézia 10. , Mérnökgeodéziai mozgásvizsgálatok, Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar

Ágfalvi – Bekk – Busics – Farkas – Kiss – Tarsoly – Tóth – Vincze (2017): Geodéziai Mérési Praktikum, Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar, Székesfehérvár

Busics György (2010) Geodéziai hálózatok, Nyugat-magyarországi Egyetem, Geoinformatikai Kar, Székesfehérvár

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

Detrekői Ákos – Ódor Károly (1984): Ipari geodézia I-II., Budapesti Műszaki Egyetem Építőmérnöki Kar, Budapest

Krauter András (1999): Geodézia, Budapesti Műszaki Egyetem Építőmérnöki Kar, Budapest

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

Tarsoly Péter (2015): Geodézia II., Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar, Székesfehérvár

Kaldeneker Tamás (2015): Épület mozgásvizsgálat több technológia bemutatásával (szakdolgozat), ÓE AMK Geoinformatikai Intézet

Fejes Ádám (2015): A Sió leeresztő zsilip mozgásvizsgálata (szakdolgozat), ÓE AMK Geoinformatikai Intézet

Leica DNA03/DNA10 User Manual, Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Switzerland

<http://www.siocsatorna.hu/adatok/tortenet>

<https://hu.wikipedia.org/wiki/Sió>

12. FELHASZNÁLT ÁBRÁK FORRÁSAI

1. Detrekői Ákos – Ódor Károly: Ipari geodézia I-II., 1984
2. Ágfalvi Mihály: Mérnökgeodézia, Támop jegyzet, 2011
3. Internetes Forrás
4. Mérnökgeodézia I. Mozdásvizsgálatok előadás
5. Mérnökgeodézia I. Mérnöki létesítmények magassági alaphálózatai előadás
6. Internetes forrás
7. Saját kép
8. Saját kép
9. Saját kép
10. Saját kép
11. Krauter András: Geodézia, 1999
12. Tarsoly Péter: Geodézia II., 2015
13. Internetes forrás
14. Internetes forrás
15. Internetes forrás
16. Internetes forrás
17. Internetes forrás
18. Saját kép
19. Saját kép
20. Saját kép
21. Tóth Zoltán

13. MELLÉKLETEK

1. sz. melléklet: Szinthal kiegyenlítési jegyzőkönyv
2. sz. melléklet: Geoeasy kiegyenlítési jegyzőkönyv
3. sz. melléklet: Pontvázlat
4. sz. melléklet: Elmozdulás értékek táblázatos formában
5. sz. melléklet: Elmozdulás értékek grafikus formában

1. sz. melléklet

Óbudai Egyetem Alba Regia Műszaki Kar
 =====
 Székesfehérvár

 Munkát végző neve

SZINTEZÉSI HÁLÓZAT KIEGYENLÍTÉSE

Beillesztett hálózat számítása

Számította : 2023. 11. 14. Bálint Mihály

Munkaterület : D:\2023\2023

A programot készítette : Gyenes Róbert, NYME GEO Geodézia Tanszék



A hálózat jellemző adatai
 =====

A programot készítette : Gyenes Róbert, NYME GEO Geodézia Tanszék



A hálózat jellemző adatai
=====

Pontok száma : 39
Adott pontok száma : 1
Új pontok száma : 38
Mérési eredmények száma : 78
Fölös mérések száma : 40
Számításból kihagyott mérési eredmények száma : 0

Mérési eredmények súlya a távolságtól független

Javítások súlyozott négyzetösszege = 0.677
Pótnormálegyenletből = 0.677
Súlyegység középhibája = 0.130
Kiegyenlítés előtti középhiba = 0.30 [mm]

Egységnyi súlyú méréshez tartozó távolság = 0.040 [km]

Szintezési vonalak/szakaszok átlagos hossza = 40 [m]

Ponthibák négyzetes átlaga = 0.18 [mm]

Durva hibák szűrése

Valószínűségi szint = 90 %

Statisztika elméleti értéke = 1.65

Számított maximális statisztika értéke

Sorszám	Kezdőpont	Végpont	Statisztika
32.	3	4	-1.46



MAGASSÁG-JEGYZÉK

Felhasznált magassági alappontok

Pontszám	Jelölés	Magasság
102	szeg	7.06179

1.

2023. évben meghatározott magassági alappontok

1.

Pontszám	Jelölés	Előzetes magasság Változás	Kiegy. magasság	Középhiba [mm]
0	részgomb	- 0.00005	3.94649 3.94644	0.130
1	részgomb	+ 0.00060	1.95248 1.95308	0.159
10	részgomb	+ 0.00055	6.75663 6.75718	0.157
100	szeg	+ 0.00013	7.07226 7.07239	0.182
101	Ko	+ 0.00020	6.76712 6.76733	0.092
103	szeg	+ 0.00017	7.16934 7.16951	0.092
108	gomb	- 0.00037	6.76983 6.76946	0.169
109	gomb	+ 0.00008	2.78663 2.78671	0.190
11	részgomb	+ 0.00046	3.53230 3.53276	0.204
110	gomb	- 0.00086	2.38444 2.38358	0.193
12	részgomb	+ 0.00010	3.54288 3.54298	0.223
13	részgomb	+ 0.00020	1.92876 1.92896	0.254
14	részgomb	- 0.00010	1.97435 1.97425	0.175
15	részgomb	+ 0.00008	6.74413 6.74421	0.148
16	részgomb	+ 0.00033	6.76448 6.76481	0.164
17	részgomb	+ 0.00074	2.09732 2.09806	0.171

17	rézgomb	+	2.09732 0.00074	2.09806	0.171
18	rézgomb	+	2.07689 0.00020	2.07709	0.171
19	rézgomb	-	2.06935 0.00005	2.06930	0.183
2	rézgomb	-	6.64677 0.00030	6.64647	0.184

2023. évben meghatározott magassági alappontok

Pontszám	Jelölés		Előzetes magasság Változás	Kiegy. magasság	Középhiba [mm]
20	rézgomb	+	2.12835 0.00006	2.12841	0.190
21	rézgomb	-	1.99520 0.00015	1.99505	0.218
22	csap	+	5.01631 0.00024	5.01655	0.182
23	csap	+	5.22504 0.00047	5.22551	0.148
24	szeg	+	3.60334 0.00035	3.60369	0.159
25	szeg	+	3.61631 0.00029	3.61660	0.184
26	szeg	+	4.10123 0.00035	4.10158	0.206
27	gomb	+	3.51681 0.00033	3.51714	0.170
3	rézgomb	+	6.74497 0.00023	6.74521	0.092
4	rézgomb	+	6.74381 0.00061	6.74442	0.127
5	rézgomb	+	3.52849 0.00070	3.52919	0.162
7	rézgomb	-	3.51698 0.00004	3.51694	0.173
8	rézgomb	-	1.99696 0.00001	1.99695	0.196
9	rézgomb	-	6.75774 0.00004	6.75770	0.127
A	csap	+	6.74409 0.00022	6.74431	0.130

2023. évben meghatározott magassági alappontok

Pontszám	Jelölés		Előzetes magasság Változás	Kiegy. magasság	Középhiba [mm]
20	részgomb	+	2.12835 0.00006	2.12841	0.190
21	részgomb	-	1.99520 0.00015	1.99505	0.218
22	csap	+	5.01631 0.00024	5.01655	0.182
23	csap	+	5.22504 0.00047	5.22551	0.148
24	szeg	+	3.60334 0.00035	3.60369	0.159
25	szeg	+	3.61631 0.00029	3.61660	0.184
26	szeg	+	4.10123 0.00035	4.10158	0.206
27	gomb	+	3.51681 0.00033	3.51714	0.170
3	részgomb	+	6.74497 0.00023	6.74521	0.092
4	részgomb	+	6.74381 0.00061	6.74442	0.127
5	részgomb	+	3.52849 0.00070	3.52919	0.162
7	részgomb	-	3.51698 0.00004	3.51694	0.173
8	részgomb	-	1.99696 0.00001	1.99695	0.196
9	részgomb	-	6.75774 0.00004	6.75770	0.127
A	csap	+	6.74409 0.00022	6.74431	0.130
B	csap	-	6.64093 0.00039	6.64054	0.159
C	csap	-	6.58314 0.00027	6.58287	0.225
D	csap	+	6.73278 0.00026	6.73304	0.243
E	szeg	-	6.58882 0.00012	6.58870	0.206

MAGASSÁGKÜLÖNBSÉGEK SZÁMÍTÁSA

1.

Sor- szám	Kezdőpont Jelölés	Végpont Jelölés	Táv.[km] Súly	Mért mag. különbség Javítás	Kiegy.mag. különbség	mU[mm] mL[mm]	w fi
1.	23 csap	5 rézgomb	0.040 1.000	- 1.69631 - 0.00001	- 1.69632	0.087 0.130	-0.03 0.55
2.	5 rézgomb	27 gomb	0.040 1.000	- 0.01203 - 0.00002	- 0.01205	0.087 0.130	-0.09 0.55
3.	27 gomb	7 rézgomb	0.040 1.000	- 0.00019 - 0.00002	- 0.00021	0.087 0.130	-0.07 0.55
4.	7 rézgomb	8 rézgomb	0.040 1.000	- 1.51996 - 0.00003	- 1.51999	0.092 0.130	-0.14 0.50
5.	8 rézgomb	7 rézgomb	0.040 1.000	+ 1.52002 - 0.00003	+ 1.51999	0.092 0.130	-0.14 0.50
6.	7 rézgomb	27 gomb	0.040 1.000	+ 0.00020 + 0.00001	+ 0.00021	0.087 0.130	0.03 0.55
7.	27 gomb	5 rézgomb	0.040 1.000	+ 0.01205 + 0.00000	+ 0.01205	0.087 0.130	0.00 0.55
8.	5 rézgomb	23 csap	0.040 1.000	+ 1.69630 + 0.00002	+ 1.69632	0.087 0.130	0.07 0.55
9.	23 csap	4 rézgomb	0.040 1.000	+ 1.51893 - 0.00002	+ 1.51891	0.087 0.130	-0.09 0.55
10.	4 rézgomb	23 csap	0.040 1.000	- 1.51887 - 0.00004	- 1.51891	0.087 0.130	-0.18 0.55
11.	22 csap	10 rézgomb	0.040 1.000	+ 1.74058 + 0.00004	+ 1.74062	0.092 0.130	0.21 0.50
12.	10 rézgomb	22 csap	0.040 1.000	- 1.74067 + 0.00005	- 1.74062	0.092 0.130	0.21 0.50
13.	22 csap	11 rézgomb	0.040 1.000	- 1.48376 - 0.00003	- 1.48379	0.092 0.130	-0.16 0.50
14.	11 rézgomb	22 csap	0.040 1.000	+ 1.48383 - 0.00004	+ 1.48379	0.092 0.130	-0.16 0.50
15.	11 rézgomb	12 rézgomb	0.040 1.000	+ 0.01026 - 0.00004	+ 0.01022	0.092 0.130	-0.16 0.50
16.	12 rézgomb	11 rézgomb	0.040 1.000	- 0.01019 - 0.00003	- 0.01022	0.092 0.130	-0.16 0.50
17.	16 rézgomb	17 rézgomb	0.040 1.000	- 4.66677 + 0.00002	- 4.66675	0.085 0.130	0.09 0.57
18.	17 rézgomb	18 rézgomb	0.040 1.000	- 0.02089 - 0.00008	- 0.02097	0.085 0.130	-0.35 0.57
19.	18 rézgomb	19 rézgomb	0.040 1.000	- 0.00768 - 0.00010	- 0.00778	0.087 0.130	-0.45 0.55

2.

Sor- szám	Kezdőpont Jelölés	Végpont Jelölés	Táv.[km] Súly	Mért mag. különbség Javítás	Kiegy.mag. különbség	mU[mm] mL[mm]	w fi
20.	19 rézgomb	20 rézgomb	0.040 1.000	+ 0.05914 - 0.00004	+ 0.05910	0.087 0.130	-0.16 0.55
21.	20 rézgomb	110 gomb	0.040 1.000	+ 0.25516 + 0.00001	+ 0.25517	0.087 0.130	0.04 0.55
22.	110 gomb	20 rézgomb	0.040 1.000	- 0.25530 + 0.00013	- 0.25517	0.087 0.130	0.59 0.55
23.	20 rézgomb	19 rézgomb	0.040 1.000	- 0.05919 + 0.00009	- 0.05910	0.087 0.130	0.39 0.55
24.	19 rézgomb	18 rézgomb	0.040 1.000	+ 0.00776 + 0.00002	+ 0.00778	0.087 0.130	0.10 0.55
25.	18 rézgomb	17 rézgomb	0.040 1.000	+ 0.02095 + 0.00002	+ 0.02097	0.085 0.130	0.09 0.57
26.	17 rézgomb	16 rézgomb	0.040 1.000	+ 4.66663 + 0.00012	+ 4.66675	0.085 0.130	0.53 0.57
27.	16 rézgomb	15 rézgomb	0.040 1.000	- 0.02056 - 0.00003	- 0.02059	0.085 0.130	-0.15 0.57
28.	15 rézgomb	16 rézgomb	0.040 1.000	+ 0.02073 - 0.00014	+ 0.02059	0.085 0.130	-0.60 0.57
29.	10 rézgomb	9 rézgomb	0.040 1.000	+ 0.00053 - 0.00001	+ 0.00052	0.092 0.130	-0.05 0.50
30.	9 rézgomb	10 rézgomb	0.040 1.000	- 0.00051 - 0.00001	- 0.00052	0.092 0.130	-0.05 0.50
31.	4 rézgomb	3 rézgomb	0.040 1.000	+ 0.00109 - 0.00030	+ 0.00079	0.087 0.130	-1.37 0.55
32.	3 rézgomb	4 rézgomb	0.040 1.000	- 0.00046 - 0.00033	- 0.00079	0.087 0.130	-1.46 0.55
33.	7 rézgomb	18 rézgomb	0.040 1.000	- 1.43974 - 0.00011	- 1.43985	0.087 0.130	-0.50 0.55
34.	18 rézgomb	7 rézgomb	0.040 1.000	+ 1.43994 - 0.00009	+ 1.43985	0.087 0.130	-0.40 0.55
35.	102 szeg	103 szeg	0.040 1.000	+ 0.10767 + 0.00004	+ 0.10771	0.092 0.130	0.21 0.50
36.	103 szeg	102 szeg	0.040 1.000	- 0.10776 + 0.00005	- 0.10771	0.092 0.130	0.21 0.50
37.	102 szeg	101 Ko	0.040 1.000	- 0.29463 + 0.00017	- 0.29446	0.092 0.130	0.78 0.50
38.	101 Ko	102 szeg	0.040 1.000	+ 0.29430 + 0.00016	+ 0.29446	0.092 0.130	0.78 0.50

↑

3.

Sor- szám	Kezdőpont Jelölés	Végpont Jelölés	Táv.[km] Súly	Mért mag. különbség Javítás	Kiegy.mag. különbség	mU[mm] mL[mm]	w fi
39.	102 szeg	3 rézgomb	0.040 1.000	- 0.31655 - 0.00003	- 0.31658	0.092 0.130	-0.16 0.50
40.	3 rézgomb	102 szeg	0.040 1.000	+ 0.31662 - 0.00004	+ 0.31658	0.092 0.130	-0.16 0.50
41.	3 rézgomb	A csap	0.040 1.000	- 0.00095 + 0.00005	- 0.00090	0.092 0.130	0.24 0.50
42.	A csap	B csap	0.040 1.000	- 0.10371 - 0.00006	- 0.10377	0.092 0.130	-0.26 0.50
43.	B csap	2 rézgomb	0.040 1.000	+ 0.00592 + 0.00000	+ 0.00592	0.092 0.130	0.02 0.50
44.	2 rézgomb	E szeg	0.040 1.000	- 0.05777 + 0.00001	- 0.05776	0.092 0.130	0.02 0.50
45.	E szeg	C csap	0.040 1.000	- 0.00579 - 0.00005	- 0.00584	0.092 0.130	-0.21 0.50
46.	C csap	D csap	0.040 1.000	+ 0.15020 - 0.00003	+ 0.15017	0.092 0.130	-0.14 0.50
47.	D csap	C csap	0.040 1.000	- 0.15014 - 0.00003	- 0.15017	0.092 0.130	-0.14 0.50
48.	C csap	E szeg	0.040 1.000	+ 0.00588 - 0.00004	+ 0.00584	0.092 0.130	-0.21 0.50
49.	E szeg	2 rézgomb	0.040 1.000	+ 0.05776 + 0.00000	+ 0.05776	0.092 0.130	0.02 0.50
50.	2 rézgomb	B csap	0.040 1.000	- 0.00593 + 0.00001	- 0.00592	0.092 0.130	0.02 0.50
51.	B csap	A csap	0.040 1.000	+ 0.10382 - 0.00005	+ 0.10377	0.092 0.130	-0.26 0.50
52.	A csap	3 rézgomb	0.040 1.000	+ 0.00085 + 0.00005	+ 0.00090	0.092 0.130	0.24 0.50
53.	3 rézgomb	9 rézgomb	0.040 1.000	+ 0.01246 + 0.00003	+ 0.01249	0.087 0.130	0.14 0.55
54.	9 rézgomb	15 rézgomb	0.040 1.000	- 0.01348 - 0.00000	- 0.01348	0.087 0.130	-0.02 0.55
55.	15 rézgomb	108 gomb	0.040 1.000	+ 0.02521 + 0.00004	+ 0.02525	0.087 0.130	0.18 0.55
56.	108 gomb	100 szeg	0.040 1.000	+ 0.30292 + 0.00001	+ 0.30293	0.087 0.130	0.03 0.55
57.	100 szeg	108 gomb	0.040 1.000	- 0.30281 - 0.00012	- 0.30293	0.087 0.130	-0.52 0.55

4.

Sor- szám	Kezdőpont Jelölés	Végpont Jelölés	Táv. [km] Súly	Mért mag. különbség Javítás	Kiegy.mag. különbség	mU[mm] mL[mm]	w fi
58.	108 gomb	15 rézgomb	0.040 1.000	- 0.02517 - 0.00008	- 0.02525	0.087 0.130	-0.36 0.55
59.	15 rézgomb	9 rézgomb	0.040 1.000	+ 0.01351 - 0.00003	+ 0.01348	0.087 0.130	-0.12 0.55
60.	9 rézgomb	3 rézgomb	0.040 1.000	- 0.01250 + 0.00001	- 0.01249	0.087 0.130	0.04 0.55
61.	100 szeg	109 gomb	0.040 1.000	- 4.28597 + 0.00029	- 4.28568	0.087 0.130	1.28 0.55
62.	109 gomb	110 gomb	0.040 1.000	- 0.40317 + 0.00004	- 0.40313	0.087 0.130	0.18 0.55
63.	110 gomb	109 gomb	0.040 1.000	+ 0.40321 - 0.00008	+ 0.40313	0.087 0.130	-0.36 0.55
64.	109 gomb	100 szeg	0.040 1.000	+ 4.28552 + 0.00016	+ 4.28568	0.087 0.130	0.73 0.55
65.	15 rézgomb	14 rézgomb	0.040 1.000	- 4.76997 + 0.00001	- 4.76996	0.092 0.130	0.05 0.50
66.	13 rézgomb	21 rézgomb	0.040 1.000	+ 0.06609 - 0.00000	+ 0.06609	0.130	-0.00 -
67.	21 rézgomb	14 rézgomb	0.040 1.000	- 0.02080 + 0.00000	- 0.02080	0.130	0.00 -
68.	14 rézgomb	15 rézgomb	0.040 1.000	+ 4.76995 + 0.00001	+ 4.76996	0.092 0.130	0.05 0.50
69.	3 rézgomb	0 rézgomb	0.040 1.000	- 2.79873 - 0.00004	- 2.79877	0.092 0.130	-0.19 0.50
70.	0 rézgomb	1 rézgomb	0.040 1.000	- 1.99347 + 0.00012	- 1.99335	0.092 0.130	0.54 0.50
71.	1 rézgomb	0 rézgomb	0.040 1.000	+ 1.99324 + 0.00011	+ 1.99335	0.092 0.130	0.54 0.50
72.	0 rézgomb	3 rézgomb	0.040 1.000	+ 2.79881 - 0.00004	+ 2.79877	0.092 0.130	-0.19 0.50
73.	0 rézgomb	24 szeg	0.040 1.000	- 0.34251 - 0.00024	- 0.34275	0.092 0.130	-1.13 0.50
74.	24 szeg	25 szeg	0.040 1.000	+ 0.01289 + 0.00003	+ 0.01292	0.092 0.130	0.12 0.50
75.	25 szeg	26 szeg	0.040 1.000	+ 0.48500 - 0.00002	+ 0.48498	0.092 0.130	-0.12 0.50
76.	26 szeg	25 szeg	0.040 1.000	- 0.48495 - 0.00003	- 0.48498	0.092 0.130	-0.12 0.50

5.

Sor- szám	Kezdőpont Jelölés	Végpont Jelölés	Táv. [km] Súly	Mért mag. különbség Javítás	Kiegy.mag. különbség	mU[mm] mL[mm]	w fi
77.	25 szeg	24 szeg	0.040 1.000	- 0.01294 + 0.00002	- 0.01292	0.092 0.130	0.12 0.50
78.	24 szeg	0 rézgomb	0.040 1.000	+ 0.34299 - 0.00024	+ 0.34275	0.092 0.130	-1.13 0.50

2. sz. melléklet

Hálózat leírás

GeoEasy 1D network

A kiegyenlítés általános jellemzői

Koordináták	xyz	xy	z
Kiegyenlített :	0	0	38
Kényszerített * :	0	0	0
Rögzített :	0	0	1

Összesen :	0	0	39

Egyenletek száma :	66	Ismeretlenek száma:	38
Szabadságfok :	28	Hálózati defektus :	0

m_0 priori :	1.00	
m_0' posteriori:	3.26	[pvv] : 2.96875e+02

Statisztikai analízis

- posteriori középhiba 3.26
- konfidencia szint 90 %

m_0' posteriori / m_0 priori: 3.256
90 % intervallum (0.778, 1.215) nem tartalmazza m_0'/m_0 értéket

Rögzített pontok

pont	z
=====	
102	7.062

Kiegyenlített magasságok

i	pont	előzetes	javítás	kiegy.	köz.kib	konf.i.
=====		érték=====	[m] =====	érték =====		[mm] ===
1	23	5.22524	-0.00000	5.22524	0.1	0.1
2	5	3.52894	0.00000	3.52894	0.1	0.1
3	27	3.51691	-0.00000	3.51691	0.1	0.1
4	7	3.51672	0.00000	3.51672	0.1	0.1
5	8	1.99673	0.00000	1.99673	0.1	0.1
6	4	6.74413	0.00000	6.74413	0.0	0.1
7	22	5.01653	0.00000	5.01653	0.1	0.1
8	10	6.75716	-0.00000	6.75716	0.0	0.1
9	11	3.53274	-0.00000	3.53274	0.1	0.1
10	12	3.54296	0.00000	3.54296	0.1	0.1
11	16	6.76471	0.00000	6.76471	0.1	0.1
12	17	2.09793	-0.00000	2.09793	0.1	0.1
13	18	2.07700	-0.00000	2.07700	0.1	0.1
14	19	2.06927	0.00000	2.06927	0.1	0.1
15	20	2.12844	-0.00000	2.12844	0.1	0.1
16	110	2.38359	0.00000	2.38359	0.1	0.1
17	15	6.74418	-0.00000	6.74418	0.0	0.1
18	9	6.75768	-0.00000	6.75768	0.0	0.1
19	3	6.74521	-0.00000	6.74521	0.0	0.0
20	103	7.16951	-0.00000	7.16951	0.0	0.0
21	101	6.76749	0.00000	6.76749	0.0	0.1
22	A	6.74431	-0.00005	6.74425	0.0	0.1
23	B	6.64049	-0.00005	6.64044	0.1	0.1
24	2	6.64641	-0.00005	6.64636	0.1	0.1
25	E	6.58865	-0.00005	6.58860	0.1	0.1
26	C	6.58281	-0.00005	6.58276	0.1	0.1
27	D	6.73298	-0.00005	6.73293	0.1	0.1
28	108	6.76937	-0.00000	6.76937	0.1	0.1
29	100	7.07229	0.00000	7.07229	0.1	0.1
30	109	2.78678	-0.00000	2.78678	0.1	0.1
31	14	1.97422	-0.00000	1.97422	0.1	0.1
32	13	1.92893	-0.00000	1.92893	0.1	0.1
33	21	1.99502	-0.00000	1.99502	0.1	0.1
34	0	3.94644	-0.00000	3.94644	0.0	0.1
35	1	1.95320	-0.00000	1.95320	0.1	0.1
36	24	3.60345	-0.00000	3.60345	0.1	0.1
37	25	3.61636	0.00000	3.61636	0.1	0.1
38	26	4.10134	-0.00000	4.10134	0.1	0.1

Kiegyenlített mérések

i	álláspont	irányzott pont	mért kiegyenlített köz.hib konf.i. ===== érték === [m d] ===== [mm ss] ==			
1	23	5 m.kül	-1.69631	-1.69630	0.0	0.0
2	5	27 m.kül	-0.01203	-0.01203	0.0	0.0
3	27	7 m.kül	-0.00019	-0.00019	0.0	0.0
4	7	8 m.kül	-1.51996	-1.51999	0.0	0.0
5	8	7 m.kül	1.52002	1.51999	0.0	0.0
6	7	27 m.kül	0.00020	0.00019	0.0	0.0
7	27	5 m.kül	0.01205	0.01203	0.0	0.0
8	5	23 m.kül	1.69630	1.69630	0.0	0.0
9	23	4 m.kül	1.51893	1.51889	0.0	0.0
10	4	23 m.kül	-1.51887	-1.51889	0.0	0.0
11	22	10 m.kül	1.74058	1.74063	0.0	0.0
12	10	22 m.kül	-1.74067	-1.74063	0.0	0.0
13	22	11 m.kül	-1.48376	-1.48379	0.0	0.0
14	11	22 m.kül	1.48383	1.48379	0.0	0.0
15		12 m.kül	0.01026	0.01022	0.0	0.0
16	12	11 m.kül	-0.01019	-0.01022	0.0	0.0
17	16	17 m.kül	-4.66677	-4.66679	0.0	0.1
18	17	18 m.kül	-0.02089	-0.02093	0.0	0.0
19	18	19 m.kül	-0.00768	-0.00772	0.0	0.0
20	19	20 m.kül	0.05914	0.05916	0.0	0.0
21	20	110 m.kül	0.25516	0.25516	0.0	0.1
22		19 m.kül	-0.05919	-0.05916	0.0	0.0
23	19	18 m.kül	0.00776	0.00772	0.0	0.0
24	18	17 m.kül	0.02095	0.02093	0.0	0.0
25	16	15 m.kül	-0.02056	-0.02054	0.0	0.1
26	10	9 m.kül	0.00053	0.00052	0.0	0.0
27	9	10 m.kül	-0.00051	-0.00052	0.0	0.0
28	4	3 m.kül	0.00109	0.00107	0.0	0.1
29	7	18 m.kül	-1.43974	-1.43972	0.0	0.1
30	102	103 m.kül	0.10767	0.10772	0.0	0.0
31	103	102 m.kül	-0.10776	-0.10772	0.0	0.0
32	101	102 m.kül	0.29430	0.29430	0.0	0.1
33	102	3 m.kül	-0.31655	-0.31659	0.0	0.0
34	3	102 m.kül	0.31662	0.31659	0.0	0.0
35		A m.kül	-0.00095	-0.00095	0.0	0.1
36	B	2 m.kül	0.00592	0.00593	0.0	0.0
37	2	E m.kül	-0.05777	-0.05776	0.0	0.0
38	E	C m.kül	-0.00579	-0.00583	0.0	0.0
39	C	D m.kül	0.15020	0.15017	0.0	0.0
40	D	C m.kül	-0.15014	-0.15017	0.0	0.0
41	C	E m.kül	0.00588	0.00583	0.0	0.0
42	E	2 m.kül	0.05776	0.05776	0.0	0.0
43	2	B m.kül	-0.00593	-0.00593	0.0	0.0
44	B	A m.kül	0.10382	0.10382	0.0	0.1
45	3	9 m.kül	0.01246	0.01247	0.0	0.0

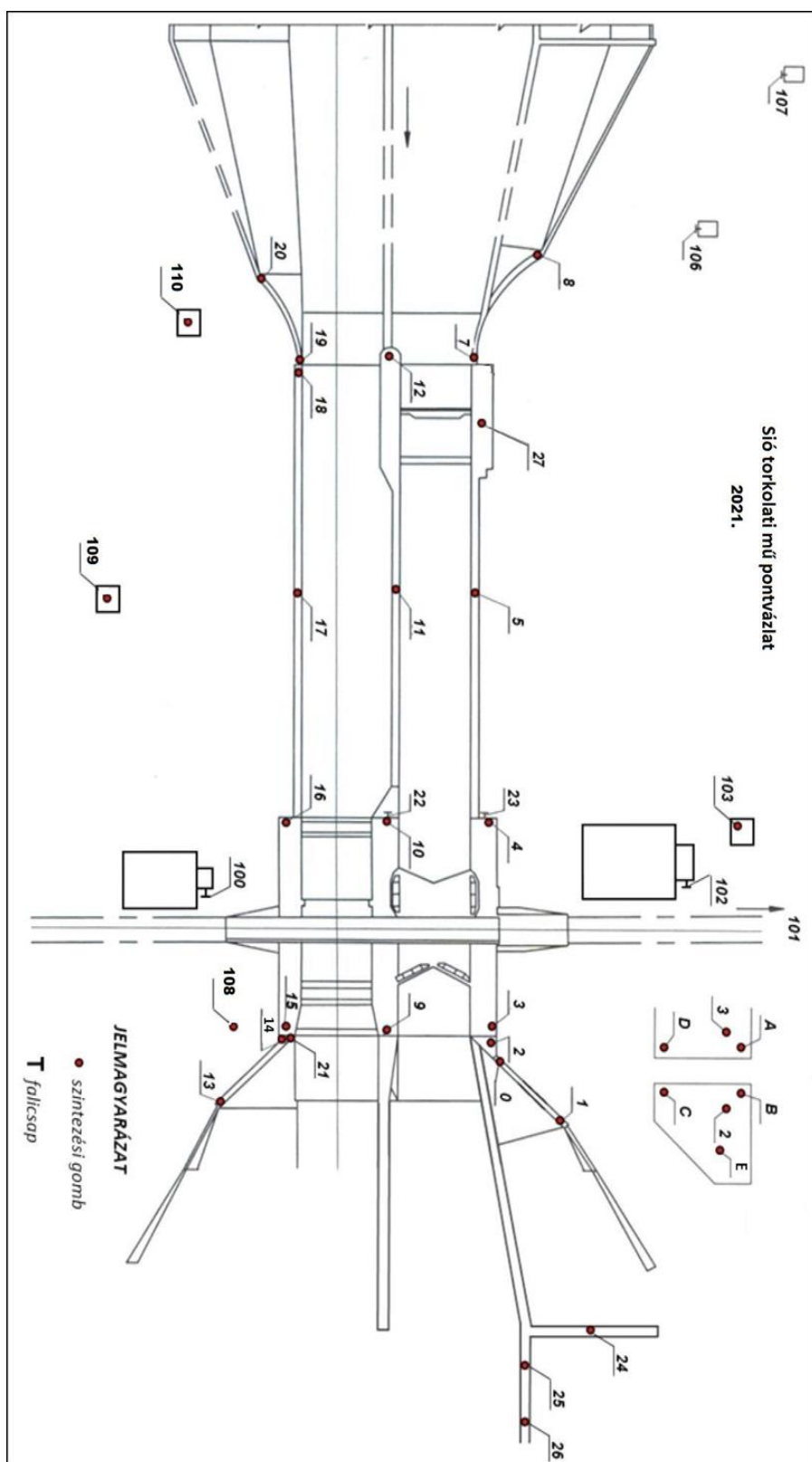
46	9	15 m.kül	-0.01348	-0.01350	0.0	0.0
47	15	108 m.kül	0.02521	0.02519	0.0	0.0
48	108	100 m.kül	0.30292	0.30292	0.0	0.1
49		15 m.kül	-0.02517	-0.02519	0.0	0.0
50	15	9 m.kül	0.01351	0.01350	0.0	0.0
51	9	3 m.kül	-0.01250	-0.01247	0.0	0.0
52	109	110 m.kül	-0.40317	-0.40319	0.0	0.0
53	110	109 m.kül	0.40321	0.40319	0.0	0.0
54	109	100 m.kül	4.28552	4.28552	0.0	0.1
55	15	14 m.kül	-4.76997	-4.76996	0.0	0.0
56	13	21 m.kül	0.06609	0.06609	0.0	0.1
57	21	14 m.kül	-0.02080	-0.02080	0.0	0.1
58	14	15 m.kül	4.76995	4.76996	0.0	0.0
59	3	0 m.kül	-2.79873	-2.79877	0.0	0.0
60	1	0 m.kül	1.99324	1.99324	0.0	0.1
61	0	3 m.kül	2.79881	2.79877	0.0	0.0
62	24	25 m.kül	0.01289	0.01291	0.0	0.0
63	25	26 m.kül	0.48500	0.48497	0.0	0.0
64	26	25 m.kül	-0.48495	-0.48497	0.0	0.0
65	25	24 m.kül	-0.01294	-0.01291	0.0	0.0
66	24	0 m.kül	0.34299	0.34299	0.0	0.1

Javítások és mérések elemzése

i	álláspont	irányzott pont	f[%]	v	v'	e-ész.	e-kie.
=====				[mm ss]		[mm ss]	==
1	23	5 m.kül	32.0	0.013	0.4	0.0	0.0
2	5	27 m.kül	32.0	-0.002	0.1	-0.0	-0.0
3	27	7 m.kül	32.0	0.003	0.1	0.0	0.0
4	7	8 m.kül	29.3	-0.030	1.1	-0.1	-0.0
5	8	7 m.kül	29.3	-0.030	1.1	-0.1	-0.0
6	7	27 m.kül	32.0	-0.013	0.4	-0.0	-0.0
7	27	5 m.kül	32.0	-0.018	0.6	-0.0	-0.0
8	5	23 m.kül	32.0	-0.002	0.1	-0.0	-0.0
9	23	4 m.kül	32.0	-0.037	1.3	-0.1	-0.0
10	4	23 m.kül	32.0	-0.022	0.8	-0.0	-0.0
11	22	10 m.kül	29.3	0.045	1.6	0.1	0.0
12	10	22 m.kül	29.3	0.045	1.6	0.1	0.0
13	22	11 m.kül	29.3	-0.035	1.3	-0.1	-0.0
14	11	22 m.kül	29.3	-0.035	1.3	-0.1	-0.0
15		12 m.kül	29.3	-0.035	1.3	-0.1	-0.0
16	12	11 m.kül	29.3	-0.035	1.3	-0.1	-0.0
17	16	17 m.kül	10.6	-0.020	1.1	-0.1	-0.1
18	17	18 m.kül	32.9	-0.040	1.4	-0.1	-0.0
19	18	19 m.kül	32.0	-0.042	1.5	-0.1	-0.0
20	19	20 m.kül	32.0	0.023	0.8	0.0	0.0
21	20	110 m.kül	7.8	-0.005	0.3	-0.0	-0.0
22		19 m.kül	32.0	0.027	1.0	0.1	0.0
23	19	18 m.kül	32.0	-0.038	1.3	-0.1	-0.0
24	18	17 m.kül	32.9	-0.020	0.7	-0.0	-0.0

25	16	15 m.kül	10.6	0.020	1.1	0.1	0.1
26	10	9 m.kül	29.3	-0.010	0.4	-0.0	-0.0
27	9	10 m.kül	29.3	-0.010	0.4	-0.0	-0.0
28	4	3 m.kül	7.8	-0.015	1.0	-0.1	-0.1
29	7	18 m.kül	7.8	0.015	1.0	0.1	0.1
30	102	103 m.kül	29.3	0.045	1.6	0.1	0.0
31	103	102 m.kül	29.3	0.045	1.6	0.1	0.0
32	101	102 m.kül	0.0 n	-0.000			
33	102	3 m.kül	29.3	-0.035	1.3	-0.1	-0.0
34	3	102 m.kül	29.3	-0.035	1.3	-0.1	-0.0
35		A m.kül	0.0 n	-0.000			
36	B	2 m.kül	29.3	0.005	0.2	0.0	0.0
37	2	E m.kül	29.3	0.005	0.2	0.0	0.0
38	E	C m.kül	29.3	-0.045	1.6	-0.1	-0.0
39	C	D m.kül	29.3	-0.030	1.1	-0.1	-0.0
40	D	C m.kül	29.3	-0.030	1.1	-0.1	-0.0
41	C	E m.kül	29.3	-0.045	1.6 m	-0.1	-0.0
42	E	2 m.kül	29.3	0.005	0.2	0.0	0.0
43	2	B m.kül	29.3	0.005	0.2	0.0	0.0
44	B	A m.kül	0.0 n	0.000			
45	3	9 m.kül	32.0	0.012	0.4	0.0	0.0
46	9	15 m.kül	32.0	-0.023	0.8	-0.0	-0.0
47	15	108 m.kül	32.0	-0.018	0.6	-0.0	-0.0
48	108	100 m.kül	7.8	0.005	0.3	0.0	0.0
49		15 m.kül	32.0	-0.022	0.8	-0.0	-0.0
50	15	9 m.kül	32.0	-0.007	0.3	-0.0	-0.0
51	9	3 m.kül	32.0	0.028	1.0	0.1	0.0
52	109	110 m.kül	32.0	-0.018	0.6	-0.0	-0.0
53	110	109 m.kül	32.0	-0.023	0.8	-0.0	-0.0
54	109	100 m.kül	7.8	-0.005	0.3	-0.0	-0.0
55	15	14 m.kül	29.3	0.010	0.4	0.0	0.0
56	13	21 m.kül	0.0 n	0.000			
57	21	14 m.kül	0.0 n	0.000			
58	14	15 m.kül	29.3	0.010	0.4	0.0	0.0
59	3	0 m.kül	29.3	-0.040	1.4	-0.1	-0.0
60	1	0 m.kül	0.0 n	0.000			
61	0	3 m.kül	29.3	-0.040	1.4	-0.1	-0.0
62	24	25 m.kül	29.3	0.025	0.9	0.0	0.0
63	25	26 m.kül	29.3	-0.025	0.9	-0.0	-0.0
64	26	25 m.kül	29.3	-0.025	0.9	-0.0	-0.0
65	25	24 m.kül	29.3	0.025	0.9	0.0	0.0
66	24	0 m.kül	0.0 n	-0.000			

3. sz. melléklet



4. sz. melléklet

pontszám	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	2020.	2021.	2022.	2023.
3	-1,10	1,80	-0,22	0,71	-0,19	0,67	-0,11	1,07	0,24
9	-0,90	2,80	0,15	1,01	-1,06	1,73	-0,44	1,86	-0,04
15	0,24	1,94	0,50	0,74	-1,21	1,90	-0,44	1,77	0,08

pontszám	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	2020.	2021.	2022.	2023.
4	-0,93	4,47	-0,52	3,26	-0,59	0,46	1,16	1,59	0,61
10	-0,98	5,05	-1,16	4,45	-1,23	1,35	0,72	1,08	0,55
16	-0,34	3,64	-0,23	2,47	-0,85	1,58	0,41	0,85	0,33

pontszám	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	2020.	2021.	2022.	2023.
23	-1,04	4,45	-0,53	3,00	-0,62	0,54	1,13	1,61	0,47
5	0,50	3,12	-0,10	2,66	-0,43	0,19	0,85	1,34	0,70
27							1,02	0,72	0,33
7	0,50	0,86	0,31	1,51	-0,18	0,40	0,98	0,09	-0,04
8	2,52	-1,57	1,25	-0,73	0,29	0,60	0,81	-0,55	-0,01

pontszám	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	2020.	2021.	2022.	2023.
22	-0,98	5,06	-1,29	4,26	-1,08	1,09	0,94	1,07	0,24
11	1,55	2,67	-0,69	4,09	-1,07	0,62	1,27	0,59	0,46
12	1,83	0,59	-0,21	1,86	-0,22	0,36	1,08	0,16	0,10

pontszám	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	2020.	2021.	2022.	2023.
17	1,91	1,31	0,09	1,54	0,08	1,05	0,57	0,07	0,74
18	1,28	-0,90	0,66	-1,13	0,53	0,53	0,10	-0,05	0,20
19	0,80	-0,24	0,51	-0,76	0,44	0,72	0,07	-0,03	-0,05
20	0,86	0,17	0,72	0,10	0,32	1,03	0,60	0,11	0,06

pontszám	2016.	2017.	2018.	2019.	2020.	2021.	2022.	2023.
24	0,65	0,14	1,68	0,25	0,86	0,63	1,40	0,35
25	1,69	-0,14	2,49	-0,44	0,68	0,88	2,01	0,29
26	1,82	-0,07	nem mért	nem értelmezhető	0,70	0,91	2,06	0,35

	1. mérés	2. mérés	3. mérés	4. mérés	5. mérés	7. mérés	8. mérés	9. mérés	10. mérés	11. mérés	12. mérés	13. mérés	14. mérés	15. mérés	16. mérés	17. mérés	18. mérés
Pont száma	2005.10.20	2006.04.21	2006.11.09	2007.04.21	2008.06.14	2009.11.13	2010.10.06	2011.10.10	2015.03.10	2016.09.20	2017.10.03	2018.08.07	2019.08.26	2020.08.25	2021.08.04	2022.08.04	2023.08.25
B	6680,52	6669,94	6669,87	6659,42	6651,48	6646,96	6643,80	6645,00	6638,20	6640,99	6639,94	6640,47	6640,51	6640,26	6640,10	6640,93	6640,54
C	6632,35	6621,61	6621,02	6609,84	6599,77	6593,54	6589,08	6589,87	6582,83	6584,07	6583,04	6583,87	6582,49	6582,75	6582,41	6583,14	6582,86
eltérés	-48,17	-48,33	-48,85	-49,58	-51,71	-53,42	-54,72	-55,13	-55,37	-56,92	-56,90	-56,60	-58,02	-57,51	-57,69	-57,79	-57,68

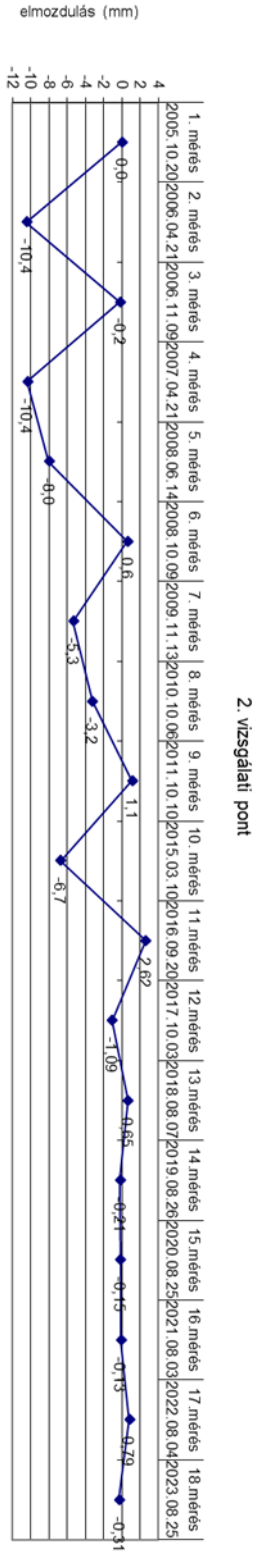
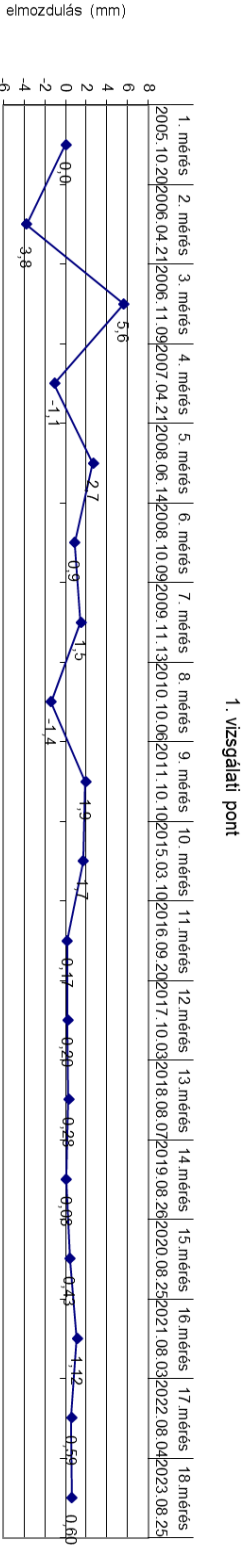
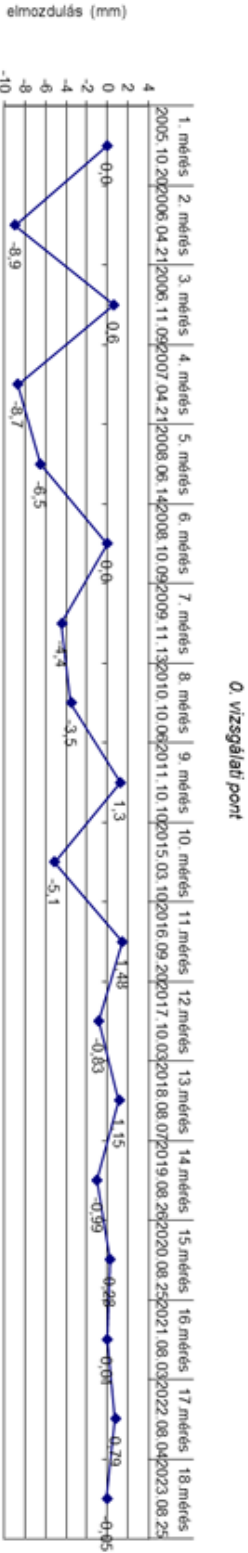
	1. mérés	2. mérés	3. mérés	4. mérés	5. mérés	7. mérés	8. mérés	9. mérés	10. mérés	11. mérés	12. mérés	13. mérés	14. mérés	15. mérés	16. mérés	17. mérés	18. mérés
Pont száma	2005.10.20	2006.04.21	2006.11.09	2007.04.21	2008.06.14	2009.11.13	2010.10.06	2011.10.10	2015.03.10	2016.09.20	2017.10.03	2018.08.07	2019.08.26	2020.08.25	2021.08.04	2022.08.04	2023.08.25
3 részgomb	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
A1 hiltű	0,0	-0,2	0,0	-0,2	-0,3	0,0	-0,1	-0,1	-0,2	-0,3	-0,2	-0,5	-0,3	-0,5	-0,5	-0,4	-0,4
D1 részgomb	-0,8	-0,6	-0,7	0,1	-0,3	-1,1	-1,0	-1,0	-0,7	-0,4	-0,7	-0,1	-0,3	-0,4	-0,5	-0,2	-0,2
2 részgomb	-13,4	-18,3	-24,7	-33,0	-42,0	-48,8	-50,0	-51,6	-57,2	-56,4	-57,3	-57,3	-57,4	-58,2	-58,2	-58,5	-59,0
B1 részgomb	-13,2	-18,2	-24,6	-32,8	-41,8	-48,5	-49,5	-51,1	-56,8	-55,8	-56,7	-56,8	-56,6	-57,5	-57,6	-57,8	-58,5
C1 részgomb	-23,3	-28,5	-35,4	-44,3	-55,5	-63,8	-66,2	-68,2	-74,1	-74,7	-75,5	-75,4	-76,6	-77,0	-77,2	-77,6	-78,1
0 részgomb	-20,9	-24,3	-29,9	-36,4	-43,9	-50,5	-51,9	-53,4	-57,5	-57,8	-58,4	-58,0	-58,8	-59,1	-59,0	-59,3	-59,6
1 részgomb	-17,9	-16,1	-16,8	-15,6	-14,0	-13,8	-13,1	-14,0	-11,2	-12,8	-12,4	-12,8	-12,5	-12,8	-11,6	-12,0	-11,7

12. táblázat A betonest relatív mozgása (a 3-as ponthoz viszonyított) a legelső méréshez képest

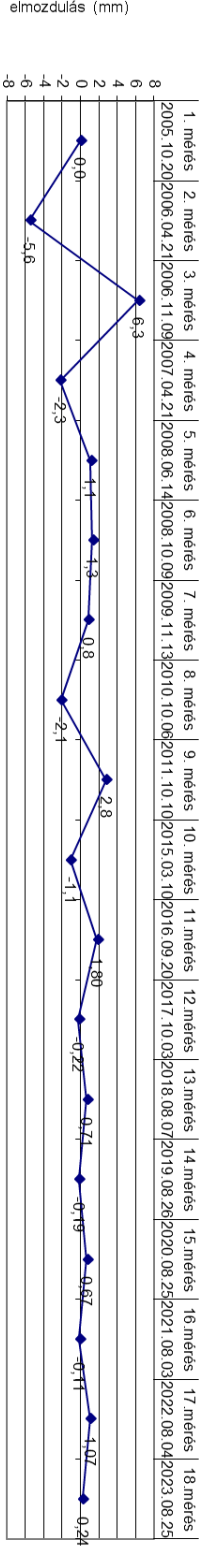
Pont száma	10. mérés 2015.03.10	11.mérés 2016.09.20	12.mérés 2017.10.03	13.mérés 2018.08.07	14.mérés 2019.08.26	15.mérés 2020.08.25	16.mérés 2021.08.04	17.mérés 2022.08.04	18.mérés 2023.08.25
C	6582,83	6584,07	6583,04	6583,87	6582,49	6582,75	6582,41	6583,14	6582,86
E	6586,57	6589,49	6587,48	6588,98	6587,64	6587,93	6587,92	6588,82	6588,70
eltérés	3,74	5,42	4,44	5,11	5,15	5,18	5,51	5,68	5,84

Pont száma	10. mérés 2015.03.10	11.mérés 2016.09.20	12.mérés 2017.10.03	13.mérés 2018.08.07	14.mérés 2019.08.26	15.mérés 2020.08.25	16.mérés 2021.08.04	17.mérés 2022.08.04	18.mérés 2023.08.25
B	6638,20	6640,99	6639,94	6640,47	6640,51	6640,26	6640,10	6640,93	6640,54
E	6586,57	6589,49	6587,48	6588,98	6587,64	6587,93	6587,92	6588,82	6588,70
eltérés	51,63	51,50	52,46	51,49	52,87	52,33	52,18	52,11	51,84

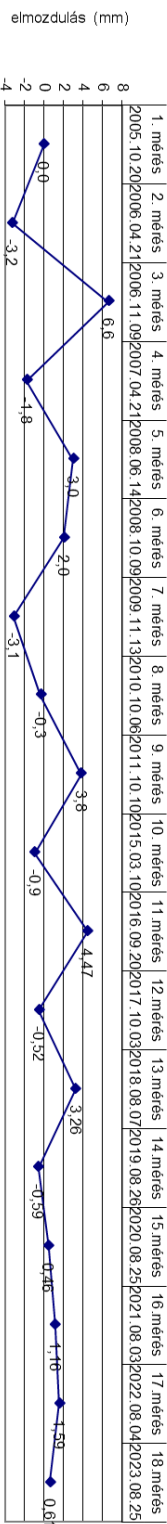
5. sz. melléklet



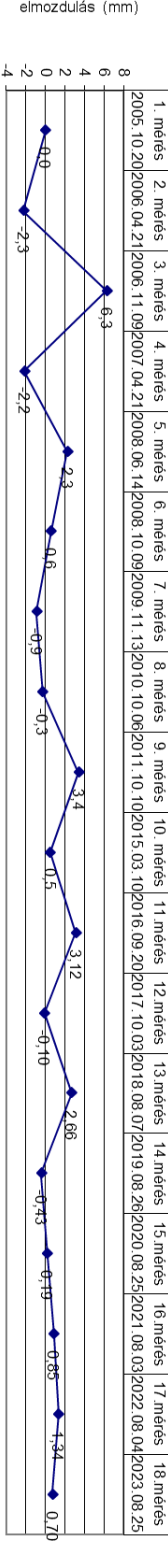
3. vizsgálati pont



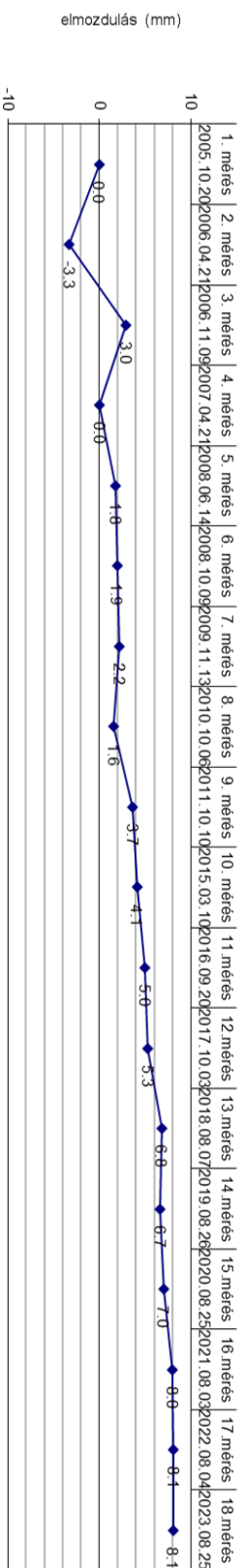
4. vizsgálati pont



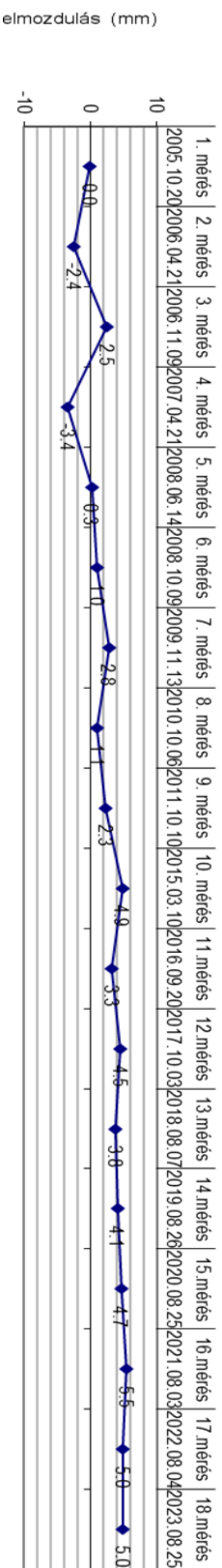
5. vizsgálati pont



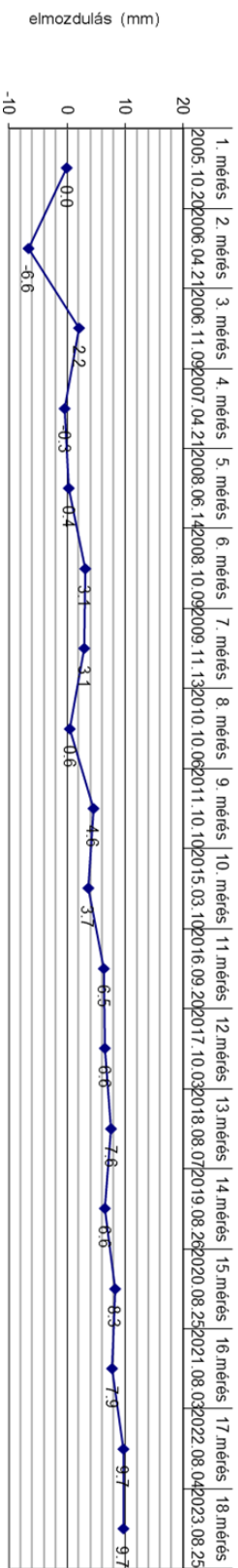
7. vizsgálati pont



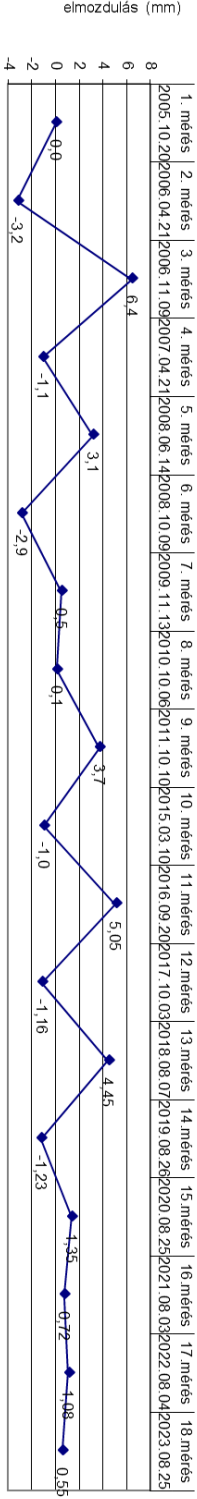
8. vizsgálati pont



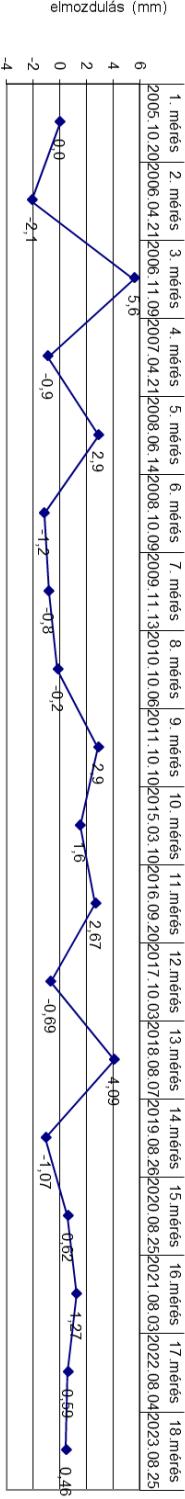
9. vizsgálati pont



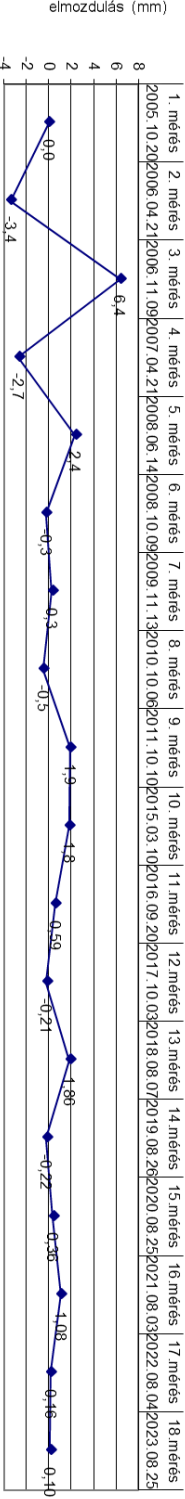
10. vizsgálati pont



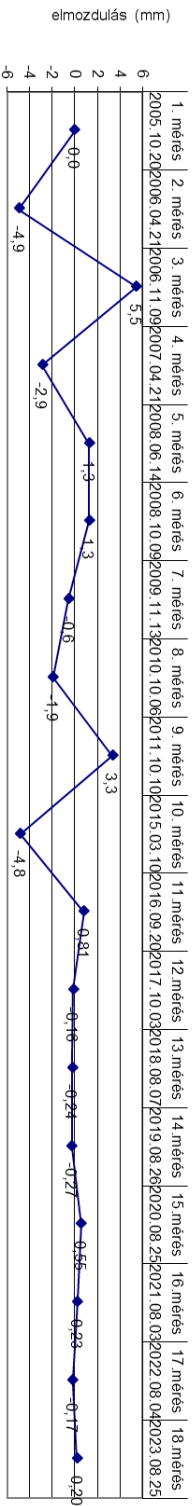
11. vizsgálati pont



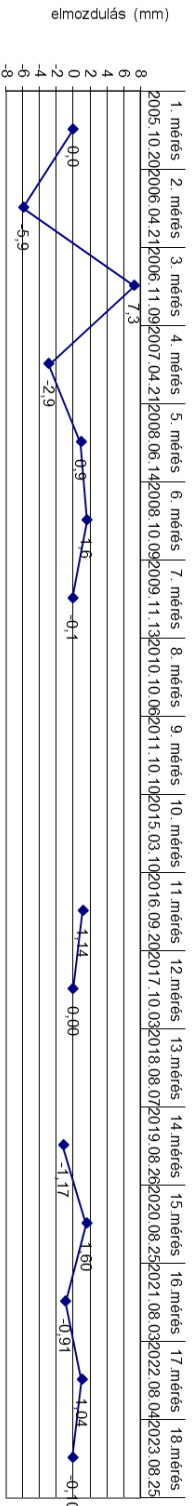
12. vizsgálati pont



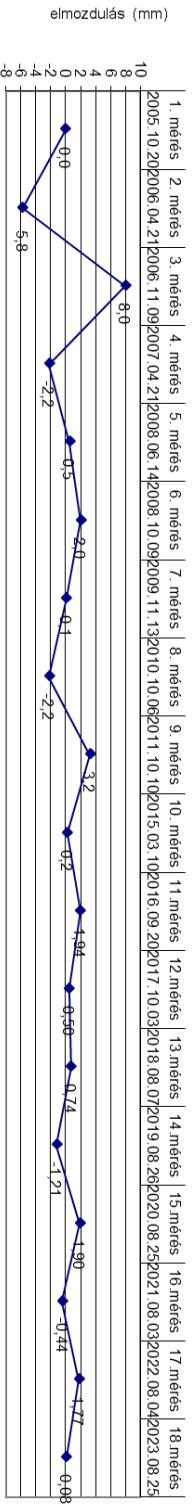
13. vizsgálati pont



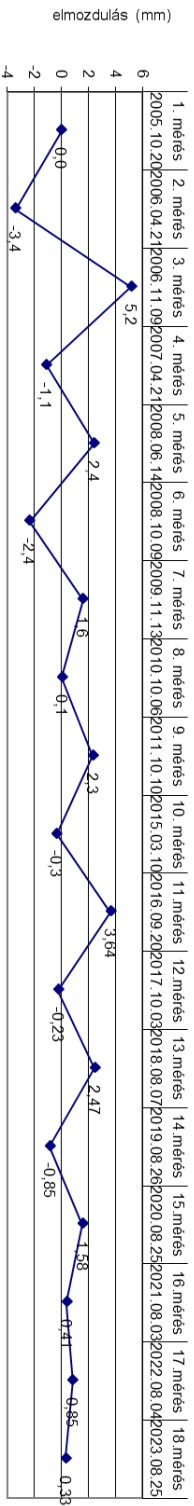
14. vizsgálati pont



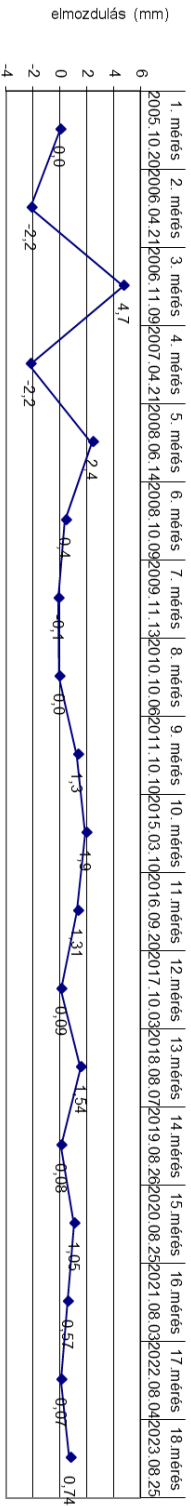
15. vizsgálati pont



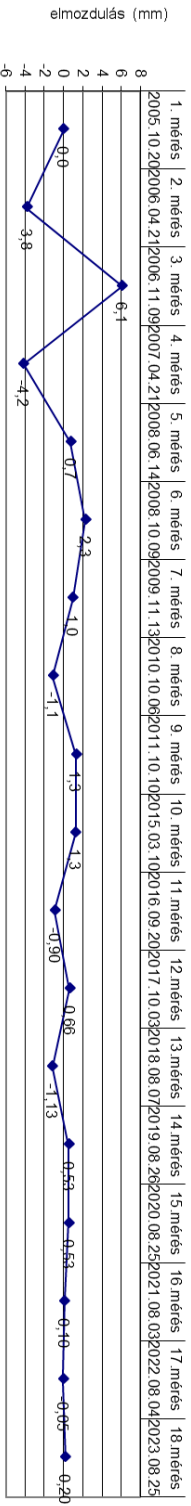
16. vizsgálati pont



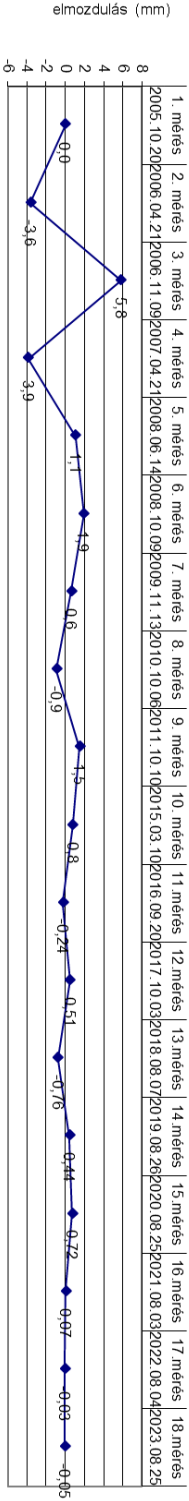
17. vizsgálati pont



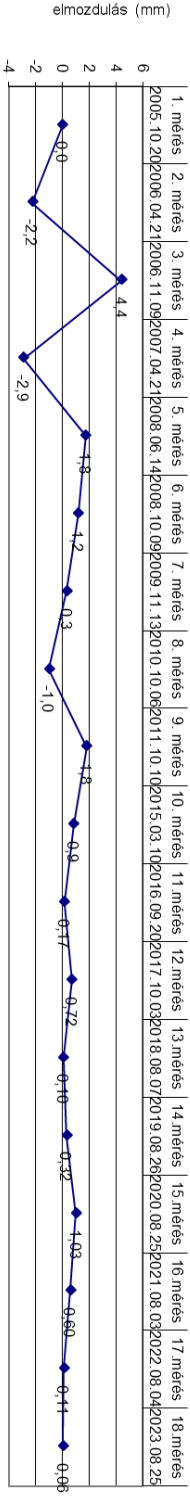
18. vizsgálati pont



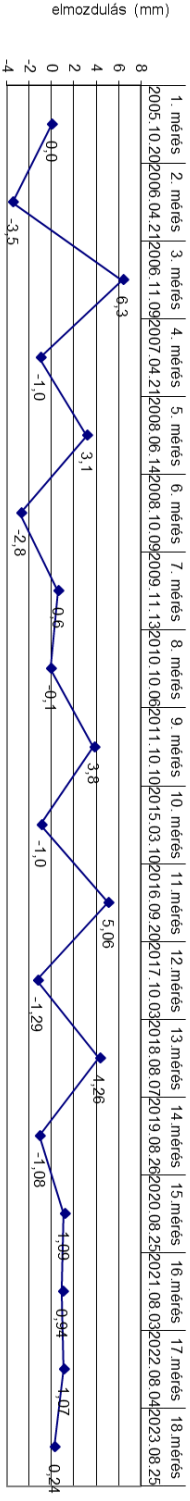
19. vizsgálati pont



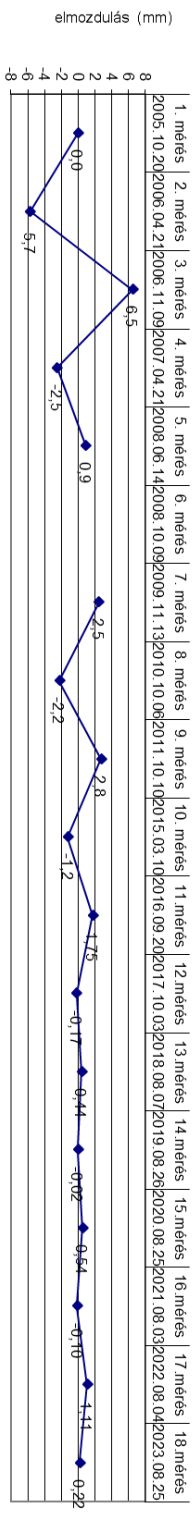
20. vizsgálati pont



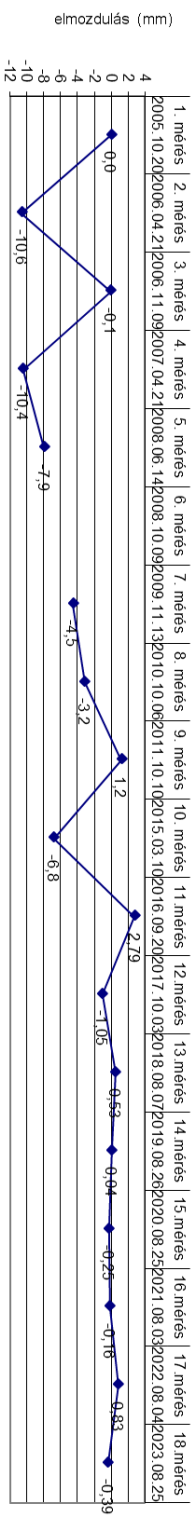
22. vizsgálati pont



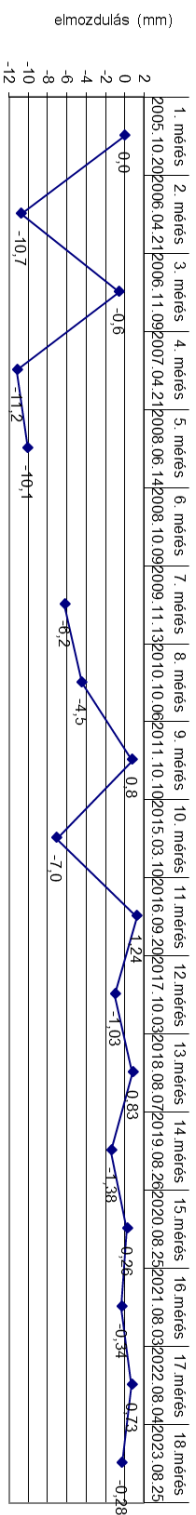
"A" vizsgálati pont



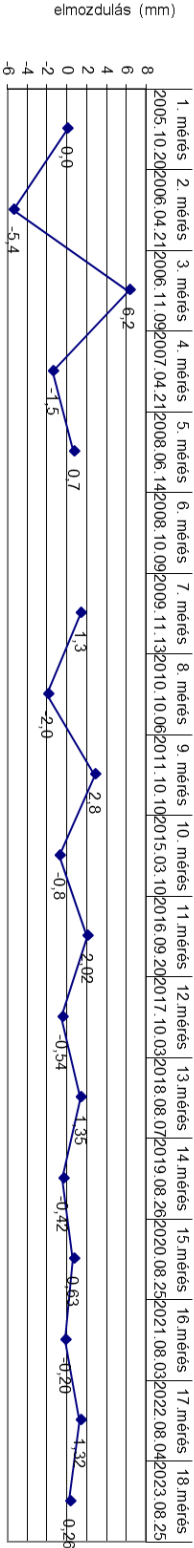
"B" vizsgálati pont



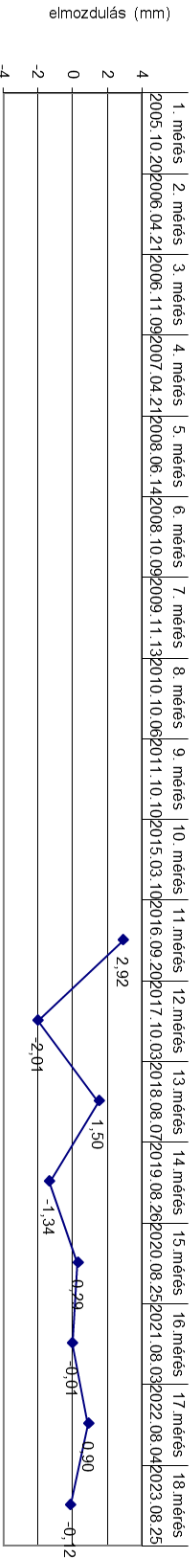
"C" vizsgálati pont



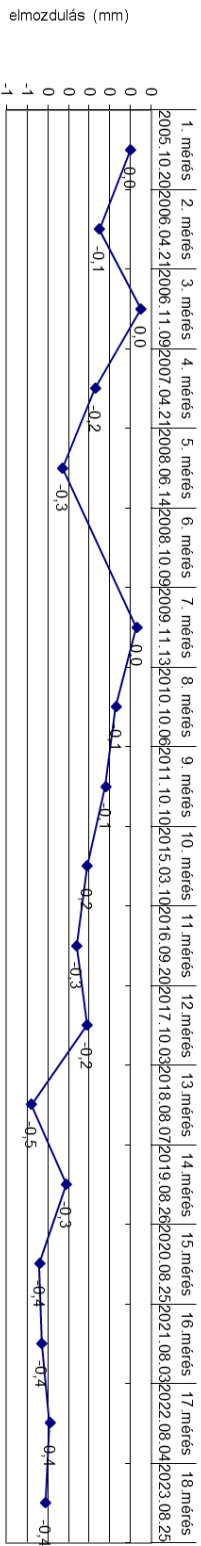
"D" vizsgálati pont



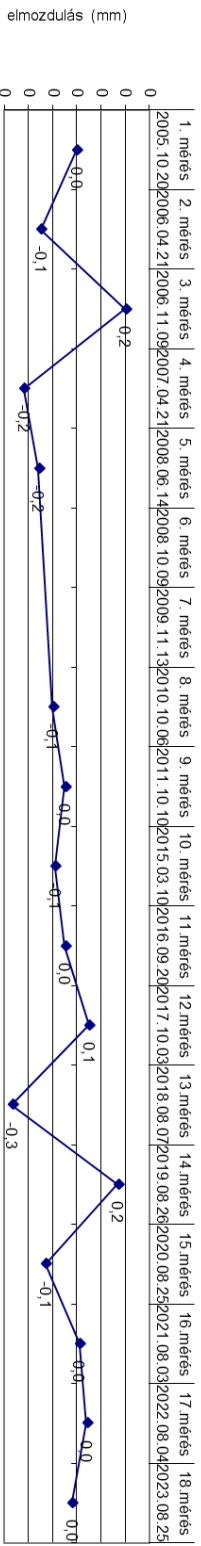
"E" vizsgálati pont



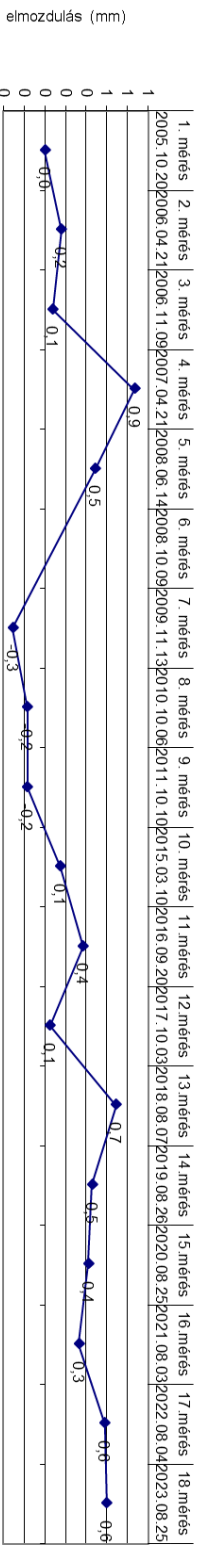
"A" vizsgálati pont 3-as ponthoz viszonyított relatív elmozdulása a 2005. évi méréshez képest



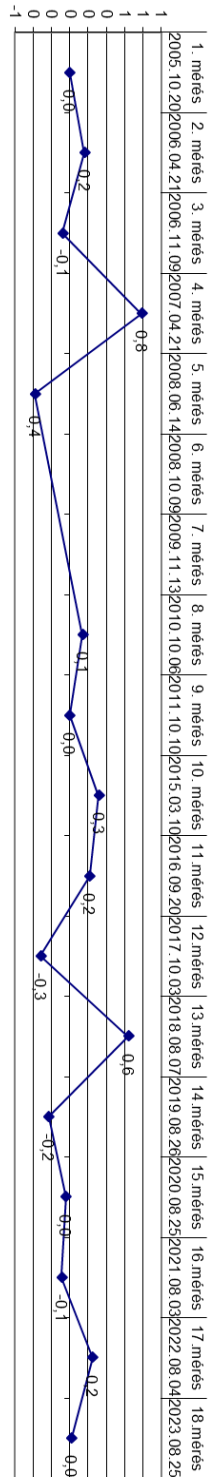
"A" vizsgálati pont 3-as ponthoz viszonyított relatív elmozdulása az előző évi méréshez képest



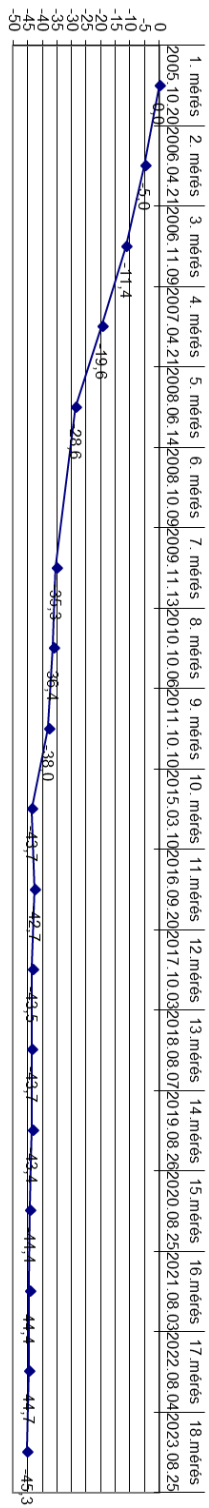
"D" vizsgálati pont 3-as ponthoz viszonyított relatív elmozdulása a 2005. évi méréshez képest



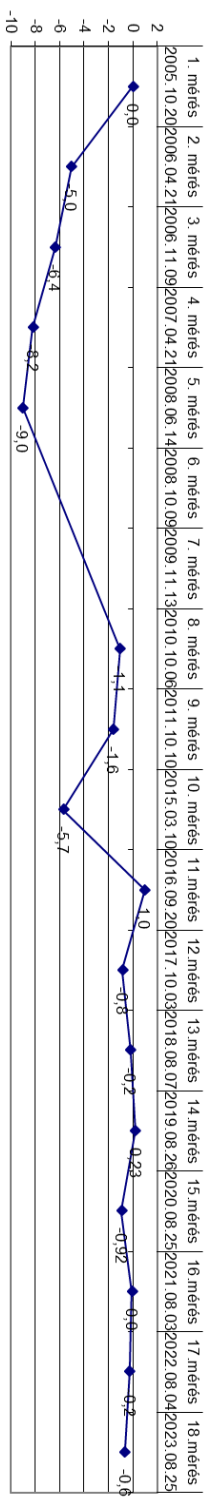
elmozdulás (mm)

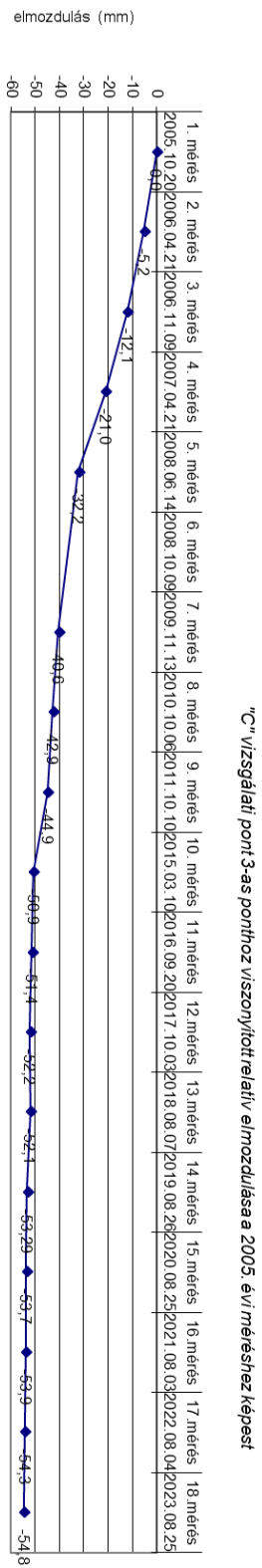
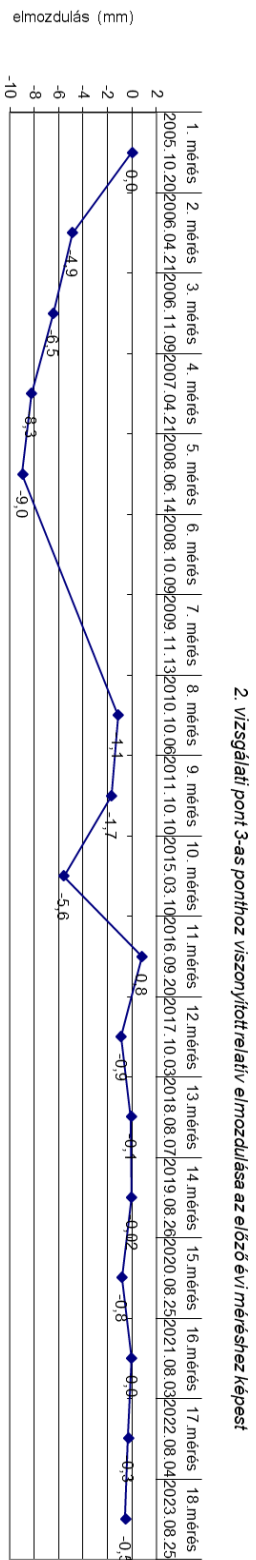
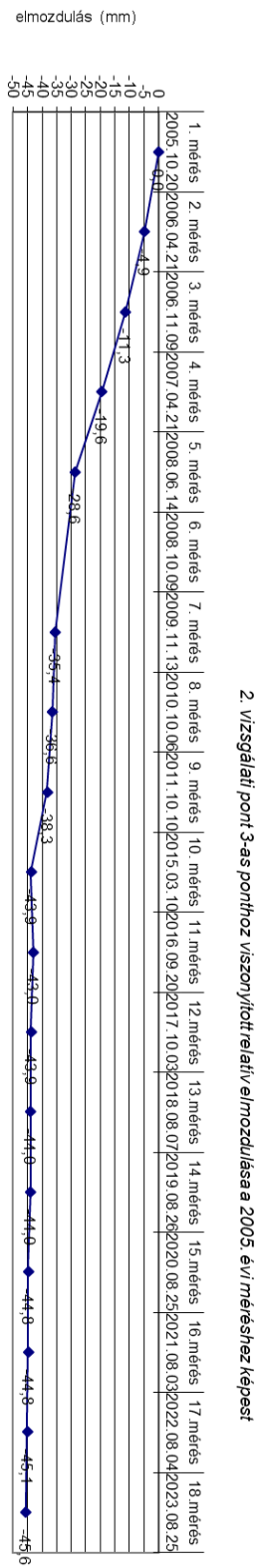


elmozdulás (mm)

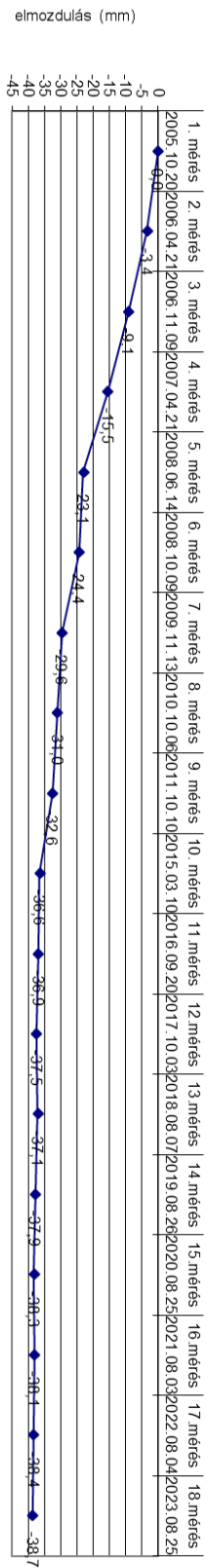


elmozdulás (mm)





0 vizsgálati pont 3-as ponthoz viszonyított relatív elmozdulása a 2005. évi méréshez képest



1 vizsgálati pont 3-as ponthoz viszonyított relatív elmozdulása a 2005. évi méréshez képest

