

M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

DIPLOMAMUNKA

Automatizált monitoring rendszer alkalmazása

Bánhidi Dávid

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Építőmérnöki Kar, Általános- és Felsőgeodézia Tanszék

2016



DÉKÁN

DIPLOMAMUNKA FELADAT

Név:	Bánhidi Dávid	Neptun kód:	U0WPSH
Képzés:	Építőmérnök alapszak (BSc)	Szemeszter:	2015/16/2
Szakirány:	Építőipari geodézia	Nyilvánt.sz.:	BSc-I-004-15/16/2
Cím:	Automatizált monitoring rendszer alkalmazása		

A feladat leírása:

Ismertesse az automatizált monitoring rendszerek szerepét, felépítését. Mutasson be néhány megvalósított rendszert.

Állítson össze az Ulyxes rendszerre alapozott automatizált monitoring rendszert a Bodola Lajos komparátor terembe.

Ismerkedjen meg a rendszer üzemeltetésével kapcsolatos feladatokkal.

Kalibrálja a rendszerben alkalmazható robot mérőállomásokat (Leica TCA 1800, Leica TCRA 1103, Leica TPS 1201).

Tesztelje a rendszert legalább 24 órás üzemelés közben és különböző hibahelyzetekben.

Értelmezze a rendszer működését, tegyen javaslatokat az esetleges hibák javítására és a szükséges továbbfejlesztésére.

Vizsgálja meg a rendszer üzembiztonságát terepi körülmények között, tegyen javaslatokat a szükséges módosításokra, hogy extrém időjárási körülmények között is alkalmazható legyen a rendszer.

Tapasztalatait tanulmányszerűen foglalja össze.

A diplomaterv elkészítése során munkanaplót vezetünk, amely rögzíti a konzulens javaslatait és a felhasználható adatokat. A jelöltnek a munka során figyelembe kell vennie a munkanaplóban foglaltakat, és azt a diplomatervhez mellékelve kell beadnia a diplomaterv leadásával egyidejűleg.

Konzulens:		
dr. Siki Zoltán		100 %

Társ-konzulens(ek):		
Ifj. Csemniczky László	DigiKom Kft., ügyvezető	

A feladat kiadásának időpontja:	2016.02.15
A feladat beadásának határideje:	2016.05.20

 Dr. Ádám József a szakirány részéről	 Dr. Dunai László Dékán
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni konzulensemnek, dr. Siki Zoltánnak, a sok segítséget és az áldozatos munkát, aki idejét és energiáját nem sajnálva fejlesztette és javította az Ulyxes-t, közben programozást és egyéb szükséges ismereteket oktatott számomra, továbbá mindig kész volt ötleteivel és hasznos tanácsaival ellátni a diploma készítésének munkálatai során.

Szintén szeretném megköszönni Iván Péternek, aki kreatív ötletekkel és a mindenkori szükséges eszközök biztosításával tette lehetővé a diploma elkészüléséhez szükséges mérések zavartalan megvalósítását.

Továbbá szeretném megköszönni családomnak, barátaimnak és ismerőseimnek, akik valamilyen úton-módon hozzájárultak ahhoz, hogy ez a diploma létrejöhessen olyan formában, ahogyan most kinéz.

Nyilatkozat

Alulírott Bánhidi Dávid, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem hallgatója kijelentem, hogy a diplomamunkát meg nem engedett segítség nélkül, saját magam készítettem, és a dolgozatban csak az irodalomjegyzékben megadott forrásokat használtam fel. Minden olyan részt, melyet szó szerint, vagy azonos értelemben, de átfogalmazva más forrásból átvettem, egyértelműen, a forrás megadásával megjelöltem.

Budapest, 2016. május 20.

.....

Bánhidi Dávid

Abstract

Applying automated monitoring system

In my thesis I would like to attend to a major task of Engineering Surveying with more details, as measuring deformation analysis connected to constructed structures. Thanks to the developments on the fields of IT and surveying technology around the years of 2000, it is not necessary to be present on the scene during the continuous surveying duties. Instead of any human intervention, an automated surveying system is able to serve the whole process of monitoring management and data processing.

In my writing first, I give a short overview of the concepts and the survey planning connecting to deformation analysis in surveying. After that I look into what cases can be expedient to install an automated system. Furthermore, I will introduce few systems especially developed for monitoring tasks, then I will expound the development and structure of Ulyxes project, few important instruments and the tests were carried out with these.

In the second part of my thesis I come with the circumstances of the completed tests, then the most important criteria of the long term surveying series. After that I am engaged in data processing and the gained results are evaluated. Finally, I write about my experiences about using this system, then I propose some developments, adjustments in it.

As a result of our tests we can say the Ulyxes project can serve properly in solving a monitoring task. The system is capable of safe and continuous operation, whether there need simple or more complex surveying. The preciseness of the results only depends on the capabilities of the network geometry and surveying instruments. Therefore, using a proper network and surveying instrument it can be easily implemented a less than 1 mm standard deviation in our deformation analysis.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	10
2. Mozcászvizsgálatok a geodéziában.....	11
2.1. Soldata megoldások	12
2.2. Leica megoldás.....	14
3. Ulyxes projekt.....	16
3.1. Rendszer felépítése	18
3.2. Alkalmazások	19
3.2.1. Robotplus.py	20
3.2.2. Egyéb használt alkalmazások	22
4. Rendszert felépítő eszközök	23
4.1. Mérőállomások.....	25
4.1.1. Használt Leica robot-mérőállomások	27
4.1.2. Leica TCA1800	29
4.1.3. Leica TCRA1103	30
4.1.4. Leica TCRP1201+.....	31
4.2. Raspberry Pi	32
4.2.1. Kiegészítők, szenzorok	33
4.3. Prizmák, egyéb eszközök	34
4.4. Szükséges szoftverek	38
5. Tesztelés.....	39
5.1. Bodola Lajos komparátor terem.....	40
5.1.1. Függők, prizmák felszerelése	42
5.2. Mérőállomások vizsgálata	47
5.3. Tesztelés monitoring rendszerként	49
5.3.1. Mesterségesen előidézett eltolódások vizsgálata	50
5.3.2. Hosszú idejű üzemelések előkészítése	53
5.4. Hosszú idejű tesztmérések a komparátor teremben	55
5.5. Külső helyszín (időjárás hatások)	56
6. Értékelés, feldolgozás.....	58
6.1. Eredmények feldolgozása.....	58
6.1.1. Eredmények értékelése	63
6.2. Javaslatok	64

7. Összefoglalás	66
8. Irodalomjegyzék	67
9. Függelék	69

Ábrajegyzék

1. ábra A Soldata cég különböző monitoring megoldásai	13
2. ábra A földmozgások vizsgálata a három technológia együttes felhasználásával	14
3. ábra Leica GeoMoS működési vázlat	15
4. ábra Leica monitoring megoldás.....	15
5. ábra Odüsszeusz harca az óriással	16
6. ábra Néhány kép a korábbi éles mérésekről	17
7. ábra Az Ulyxes rendszer vázlata	18
8. ábra Vékony kliens oldali lekérdezés eredménye egy korábbi mérésből	19
9. ábra A robotplus.py futása közben kiírja, éppen melyik fázisban van	21
10. ábra Látható a robotplus kódsorának egy darabja, ahogy a freestation alkalmazást, a hozzá kapcsolódó paraméterekkel meghívja futása közben.....	22
11. ábra Adat szerver és térkép szerver	23
12. ábra A méréseket megjelenítő és felhasználó eszközök	24
13. ábra A mérés helyszínén található eszközök	24
14. ábra1 Zeiss Theo 010 B típusú teodolit műszer	25
15. ábra Sokkia Red2A típusú rátét távmérő.....	25
16. ábra Leica robot-mérőállomás, az egy emberes geodézia feladatokra	26
17. ábra Számítógép vezérelt Leica robot-mérőállomás.....	26
18. ábra Leica műszerek fejlődése 1921-től 2004-ig	27
19. ábra A Leica cég négy különböző ágazata	28
20. ábra Leica TCA1800 mérőállomás	29
21. ábra Leica TCA1800-as monitoring rendszerek részeként telepítve, külszíni bányákban. 29	
22. ábra Leica TPS1100 mérőállomás	30
23. ábra Leica TPS1200 mérőállomás	31
24. ábra Bal oldalt a Pi 1 A, a legegyszerűbb, jobbra a PI 3 B, a jelenlegi legfejlettebb darab 32	
25. ábra Balra a BMP180-as, jobbra az LSM9DS0 szenzor látható	34
26. ábra Balra a Sense HAT magában, jobb oldalt pedig rászerezve egy Pi-re.....	34
27. ábra Néhány Leica prizma.....	35
28. ábra Bal oldalt látható a Kern talp, az ezüstsínű korong az adapter a Leica műszerekhez	36
29. ábra A vízszintes elmozdulások létrehozásához használt eszköz	37
30. ábra A magassági elmozdulások létrehozásához használt eszköz	37
31. ábra Az Ulyxes projekt fejlődése	39
32. ábra Az emléktábla, mely a professzor úr tiszteletére elnevezett teremben található	40
33. ábra A Geodézia Tanszék földszinti alaprajza, 1931. évi állapot	41
34. ábra Bal oldalt az emeleti helység, jobb oldalt pedig az ingamérés helyszíne látható	41
35. ábra Bal oldalt a régi, jobb oldalt a mostani állapot látható	42
36. ábra A boltíves tartószerkezet hossz és keresztmetszeti ábrája	42
37. ábra Bal oldalt látható a zöld csík, mely az elkülönült alapozást jelöli, jobbra pedig a két fedél, amely a pontokat rejt	43
38. ábra A komparátor terem pontjainak átnézeti képe a felújítás előtti	44

39. ábra Függők felszerelése folyamatban.....	44
40. ábra Egy felszerelt függő a terem falán	45
41. ábra Balra egy Leica GMP104-es látható, jobbra pedig egy, a kompatárot terembe már felszerelt prizma a hozzá tartozó konzollal	46
42. ábra Néhány, a prizmák felhelyezése közben készült kép	46
43. ábra A használati utasítás műszervizsgálattal kapcsolatos fejezete	47
44. ábra Leica TCA 1800-as a műszervizsgálathoz használt pilléren.....	48
45. ábra Távoli pont a műszer vizsgálatához.....	48
46. ábra Leica TCRA1103 a műszervizsgálat utáni értékekkel	49
47. ábra Leica TCRP1201+ (balra) és a Leica TCA1800 (jobbra) műszervizsgálat utáni értékekkel.....	49
48. ábra Mesterséges elmozdulások létrehozásához szükséges eszközök	51
49. ábra A két képen látható mind vízszintes, mind magassági értelemben történt mozgás .	51
50. ábra Az általunk használt bash fájl	53
51. ábra A konfigurációs paramétereket tartalmazó json fájl	54
52. ábra Baloldalt a műszer az erkély konzolján, jobb oldalt az időjárás álló doboz, amely a terepi eszközöket védi	56

1. Bevezetés

Dinamikusan fejlődő világban élünk, a körülöttünk található környezet folyamatosan változik, mi pedig igyekszünk ezzel lépést tartani. Ahogy mi emberek, az általunk épített szerkezetek is igyekeznek reagálni és alkalmazkodni az őket érő hatásokra. Ennek egyik szemmel látható eredménye az épületeken megjelenő repedések, majd a szükséges lépések hiányában a szerkezetek tönkremenetele következik, amely komoly anyagi kárral és személyi sérüléssel járhat.

Ennek megelőzéséhez az első lépés, hogy az épületek és más szerkezetek üzemeltetését körültekintően végezzük, a szükséges minőségellenőrzési és biztosítási lépéseket megtesszük, az esetlegesen felmerülő hibákra reagálunk. Ehhez megfelelő segítség lehet egy rendszeresen elvégzett célirányos mérési vizsgálat, amely során a szerkezet kritikus pontjainak abszolút és relatív helyzetét határozzuk meg, majd ennek elemzése után képet kaphatunk annak deformációs értékeiről.

Az Ulyxes projektről először egy egyetemi előadás után hallottam dr. Siki Zoltántól, aki felvetette, hogy lehetne ebben a témában TDK-t készíteni. Rövid beszélgetés után megegyeztünk, hogy akár egy diplomát is megérne a téma, ismerjem meg a rendszert, próbáljam ki és beszéljünk róla, hogy milyen irányba lenne érdemes elindulni. Így is tettem, a tanár úr segítségével néhány alkalom során kiprobáltam az eddig meglévő elemeket és végül, a tanár úr javaslata alapján, a rendszer monitoring környezetként történő felhasználásának fejlesztése mellett döntöttünk.

Nem sokkal ezután megkezdtük a munkát, a tanár úr a szoftver fejlesztését és bővítését végezte én pedig az így elkészült részek tesztelésén dolgoztam és az esetlegesen előforduló hibákat és ötleteket gyűjtöttem össze, így értük el, hogy a rendszer minél tökéletesebben működhessen. Ennek a hosszú, majdnem fél éves munkának az eredménye, hogy végül olyan fejlett és megfelelően működő rendszert sikerült kialakítani, amely lehetővé tette, hogy a szükséges hosszú idejű tesztméréseket elvégezhessem vele és így a diploma jelenlegi formájában elkészülhessen.

2. Mozcásvizsgálatok a geodéziában

Erő hatására a testek elmozdulhatnak, vagy ha elmozdulásuk nem lehetséges, alakjuk megváltozik. Ha a test minden pontja azonos mértékben és ugyanabban az irányban mozdul el, akkor eltolódásról beszélünk, ha a pontok elmozdulásának nagysága (és emiatt iránya is) különböző, akkor elfordulásról van szó. Mindez legfeljebb hat összetevő (három egymásra merőleges tengely menti eltolódás és ugyanezen három tengely körüli elfordulás) eredőjének tekinthető. Alakváltozás (deformáció) esetén a testnek mindig vannak olyan pontjai, amelyek között a távolság megváltozik. Akár elmozdulások, akár alakváltozások meghatározása a feladat, mindenképpen pontok térbeli helyzetét kell különböző időpontokban meghatározni; erre a geodézia módszerei igen alkalmasak. [GEOD]

Folyamatos vizsgálatot akkor kell végezni, ha a vizsgálat tárgyára ható erők és a vizsgált tárgy válaszreakciói közötti kapcsolat (különösen ezek időbeli lefolyását illetően) még hozzávetőlegesen sem ismert. Ennek oka egyaránt lehet akár az alakváltozást létrehozó erőrendszer bonyolult volta, akár a terhelést elviselő szerkezet teherbíró képességének hiányos ismerete. Folyamatos vizsgálatot kell végezni akkor is, ha a diszkrét időpontokban végrehajtott vizsgálatok eredményei azt mutatják, hogy az alakváltozások sebessége az időben nem csökken. Normális körülmények között a mozgásvizsgálat során megfigyelt szerkezet rendszerint az ún. konszolidáció felé halad, a tendencia ismeretében a vizsgálati időpontok ritkíthatók, a várható legnagyobb alakváltozás értéke előzetesen becsülhető. Ha az alakváltozás sebessége az idővel nem csökken, ez azt jelenti, hogy a megfigyelt állapot az ún. destabilizáció felé halad. Ilyenkor javasolt áttérni a folyamatos mozgásvizsgálatra. [GEOD]

Az elmondottakból következik, hogy ha a vizsgált szerkezetre ható erőrendszer és annak időbeli változását, valamint a szerkezet reakcióit legalább hozzávetőlegesen előre ismerjük, akkor elegendő bizonyos meghatározott időpontokban elvégezni a mozgásvizsgálati méréseket: szükség esetén úgyis bármikor áttérhetünk a folyamatos vizsgálatra. A hatás és a szerkezet válasza között matematikai kapcsolatot az **általános dinamikus deformációmodell** egyenlete írja le, amely szerint

$$y(t) = \int_0^{\infty} p(\tau) \cdot x(t - \tau) d\tau$$

ahol $y(t)$ a szerkezet t időpillanatbeli válasza (az alakváltozás) az erőhatásra, $x(t)$ lenne a t időpontban a szerkezetet érő erőhatás; látható azonban, hogy a szerkezet t időpontbeli válaszát az erőhatás egész „előélete” befolyásolja. A műszaki gyakorlatban a dinamikus deformációmodell elméleti összefüggését általában úgy közelítik, hogy az előélet hatását egy τ_{\max} határidőpont előtt zérusnak tekintik. [GEOD]

Láthatjuk tehát, hogy mozgásvizsgálati mérések tervezéséhez elég jó irányadó modellek állnak rendelkezésre, az egyes mérések elvégzése után a modelleket újraszámíthatjuk, ezzel pontosabb képet kapva arról, hogy milyen szerkezeti mozgások várhatóak.

Egy másik szempont szerint is fontos lehet megvizsgálni a mérések időzítésével kapcsolatos értékeket. Vajon a mérés elvégzése csak egy ismétlődő feladatnak tekinthető, vagy inkább egy folyamatosan elvégzendő vizsgálatnak? Előbbi eset lehet például egy ipartelep épületének, egy gabona tározónak, egy vízellátási műtárgynak vagy egy kiemelt figyelmet kapott középületnek

az üzemetetése. Ezen példákban a mérések elvégzésének periódusa a néhány héttől a néhány hónapig terjedhet, attól függően, hogy az utasítások ezt hogyan írják elő. Hasonló vizsgálatokról beszélhetünk például építkezések közben, amikor már néhány naponta vissza kell térni a helyszínre és elvégezni a vizsgálatot, például egy fontos szerkezeti elem szilárdulásának okán. Ezen esetekben a mérést végző csapat a felszereléssel együtt a helyszínre utazva elvégzi a mérést, majd a nyers adatokat a központban feldolgozza, és az eredményt elküldi a megrendelő felé.

Másik esetben, amikor valamilyen oknál fogva nincs lehetőség a fent leírt folyamat végrehajtására, például a mérési periódus a néhány nap helyett néhány óra vagy az órának csak egy tört része, esetleg olyan helyen kellene elvégezni a mérést ahol emberi élet lenne veszélyeztetve (például: folyamatosan üzemelő gyárak, atomerőművek, oxigénhiányos környezet), ott érdemes lehet egy monitoring rendszer üzemetetésén elgondolkodni. Ezek olyan rendszerek, amelyek többek között a helyszínen telepített eszközöket foglalnak magukba, a méréseket automatizált folyamatként, az előre beállított paraméterek szerint hajtják végre, emellett a méréseket akár nyers akár feldolgozott formában továbbíthatják a rendszer adattárolásért felelős eszközeihez így az eredmények bármikor hozzáférhetővé válnak. [AAEA1]

2.1. Soldata megoldások

Amennyiben egy cég nem rendelkezik saját fejlesztésű monitoring megoldással, és annak létrehozását például anyagi okokból vagy idő hiányában nem tudja biztosítani, úgy számos vállalat kínál kész rendszerek telepítésével és üzemetetésével kapcsolatos szolgáltatást.

Elsőként a Soldata megoldásait vegyük szemügyre. A céget 1997-ben alapították Franciaországban, azóta a világ szinte minden kontinensén jelen van a 13 leányvállalattal. A cég az építőipar, városüzemetetés, természetvédelem ágazatainak monitoring és hatásvizsgálati kutatásaihoz biztosít eszköz és szolgáltatás szinten szükséges infrastruktúrát. [SDLI]

A cég háromféle technológiát vonultat fel, mellyel bármilyen lehetséges monitoring feladathoz képesek a megfelelő megoldást megtalálni. Elsőként a Cyclops és Centaur megoldásokat említem meg, melyek a hagyományos geodéziái mérőállomások technológiáját használják fel a mozgásvizsgálatához. Helyszínen telepített nagy pontosságú robot mérőállomások végeznek méréseket az objektumokra, a mérések korrigálásához szükséges légnyomás és hőmérséklet adatok figyelembe vételével. A két változat közötti különbség, hogy míg a Cyclops esetében a mérés kizárólag prizmákra történik, addig a Centaur esetében van lehetőség prizma nélküli távolság-meghatározással, közvetlenül az objektumokra végezni a vizsgálatokat. Egyszerre több műszer együttes használata és több rendszer összekapcsolása is lehetséges, ezzel növelve a vizsgált terület vagy a pontosság mértékét. [SDCC]



Cyclops és Centaur

Automata topográfiai mérések innovatív geodéziái megoldásaink segítségével, melyek a szerkezetek és felületek automata valós idejű mérésére szolgálnak. Cyclops és Centaur rendszerünk segítségével a mozgások 3D-ben, távolról és 1 mm-nél kisebb pontossággal mérhetők. Alkalmazásaink segítségével a teodolitok csoportos működése is lehetséges, továbbá globálisan instabil környezetben és célprizmák nélküli felületeken is működnek ugyanazzal a mérési pontossággal.



Geoscope

Monitoring szoftver, mely lehetővé teszi bármely forrásból származó adatok integrálását: szenzorok, adattároló egységek, fájlok, mindezt valós idejű adatfelvétellel és elemzéssel. Felhasználóbarát térinformatikai felülete, mely tableten és okostelefonon is elérhető, bármilyen diagnosztikát, illetve elemzést lehetővé tesz: időbeli függvények, xy, «distance to face», 3D, animált kontúrvonalak.



Atlas

A Soldata innovatív technológiája felületszintezéshez a műholdas **radar interferometria** (InSAR). A módszer lehetővé teszi a süllyedések kimutatását nagy területeken akár visszamenőleg is az 1992 óta rendelkezésre álló archiv felvételek segítségével. A módszer kombinálható automata és manuális szintezéssel is, ezzel növelve a kockázatok kimutatásának optimalizálását, a költségek kontrollálását, és a kommunikációt az érintettek felé.



1. ábra A Soldata cég különböző monitoring megoldásai

A Geoscope megoldás esetében egy olyan környezetet kapunk, amelybe tetszőleges szenzorok integrálhatóak, ezáltal személyre szabhatjuk annak alkalmazási módját, továbbá a felhasználóbarát felület és a mobil platformok lehetősége okán egy mindenki számára könnyen hozzáférhető eszközt kapunk a feladataink megoldására. A rendszer tartalmazza a szenzorok kezelését, az adatok rögzítését, mozgását, feldolgozását, megjelenítését. [SDGS]

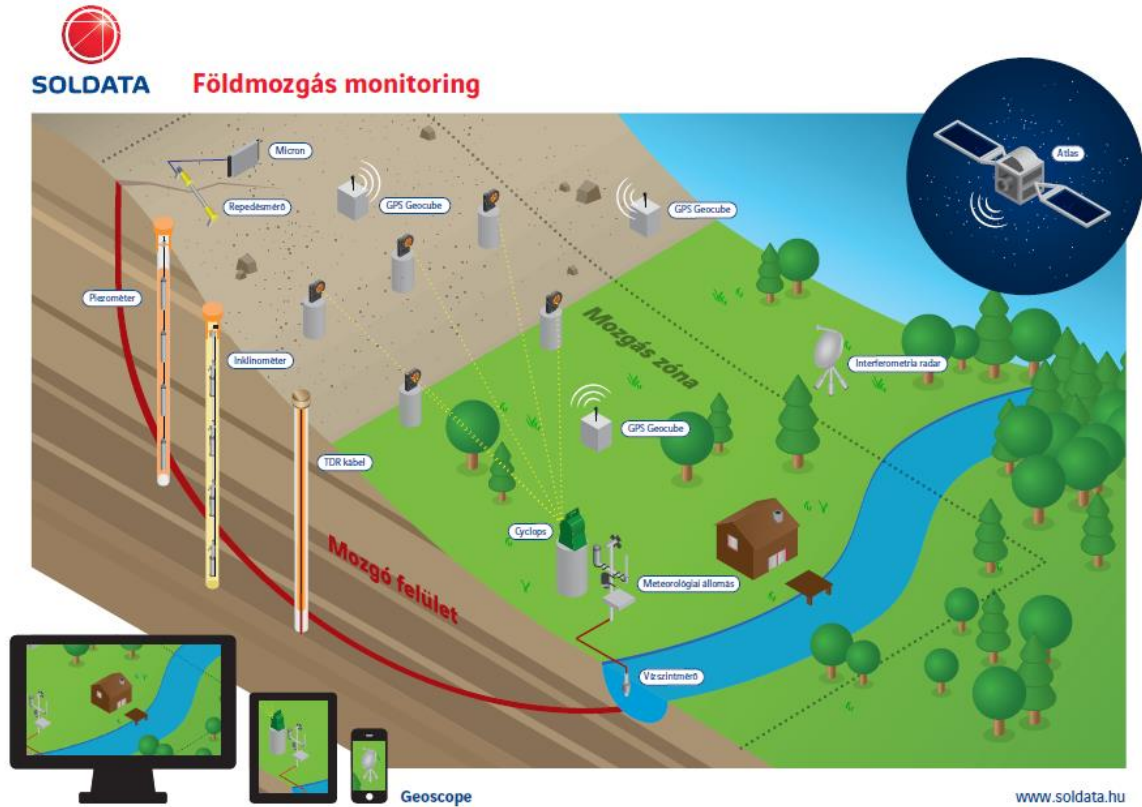
Harmadik technológia az Atlas, amely az InSAR¹ (Interferometric Synthetic Aperture Radar) technológiát használja, ennek lényege, hogy az elkészült radarképeket párosával vagy többet egyszerre, annak pontjai alapján összevet és a fáziseltérés okozta interferenciát állítja elő. Ezzel nagy pontosságú és nagy részletességű információ szerezhető, további előnye, hogy nem szükséges a helyszínen mérést végezni, illetve az ehhez szükséges adatok már 1992-től jelen vannak, így egy terület vizsgálata során már alapból rendelkezünk néhány évtizedre visszamenőleg adatokkal. A Soldata cég e technológiához kínál feldolgozó környezetet, ahol a műholdas adatok kiértékelése mellett a hagyományos terepi mérések is beépíthetőek. A rendszer előnye a nagy területi lefedettség, minimális mérési munka és az elérhető kielégítő pontosság. Alkalmazható városi területre, vonalas létesítményeknél, töltések-gátak estén, felszínmozgás vizsgálatára, nagy kiterjedésű létesítmények esetén. [SDAT] [INSAR]

A cég a három terméket nem, mint három különálló megoldást képzei el, hanem mint több, egymást kiegészítő és támogató komponenst. Ennek bemutatására a 2. ábra látható egy lehetséges feladat, mégpedig egy földcsuszamlásra hajlamos terület vizsgálata.

A terület eddigi viselkedéséről jó képet kaphatunk, ha az Atlas segítségével elemezzük a korábbi felvételeket. Illetve ezt a későbbiekben is felhasználhatjuk a kiszélesített vizsgálati terület ellenőrzésére. Ezután a fokozott figyelmet igénylő területen GPS antennákat és

¹ További információ: https://en.wikipedia.org/wiki/Interferometric_synthetic_aperture_radar

prizmákat helyezünk el, a lejtő közelében pedig mérőállomást, amely a prizmákra végezhet mérést, ezzel felhasználva a Cyclops rendszert. Majd a geotechnikusok által használt egyéb mérőeszközöket a Geoscope segítségével integráljuk a rendszerbe, hogy azok mérési adatait is feldolgozhatjuk. A folyamatos vizsgálat eredményeit, szintén a Geoscope segítségével, bárki könnyedén megtekintheti és kiértékelésre letöltheti.



2. ábra A földmozgások vizsgálata a három technológia együttes felhasználásával

A teljesség igénye nélkül néhány, a Soldata megoldásait alkalmazó, magyarországi projekt:

- Lejtőmozgásos vasúti pálya megfigyelése - Balatonakarattya
- 4-es számú metróvonal: Épületmonitoring, zaj- és rezgésmérések - Budapest
- 4-es számú metróvonal: Felszín alatti vizek megfigyelése - Budapest
- Vörösiszap-tározó automata megfigyelése - Ajka
- Völgyhíd betolás folyamatos megfigyelése - Márkó

[SDREF]

2.2. Leica megoldás

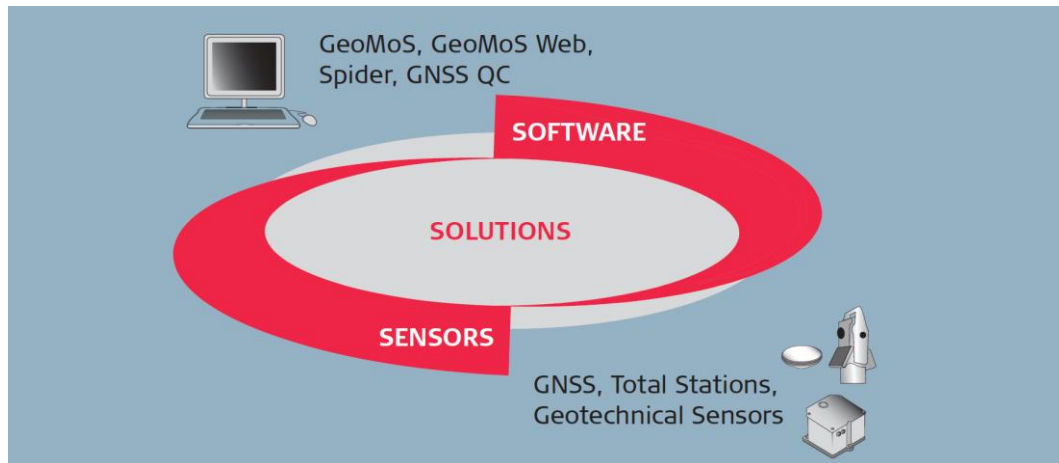
A Leica cég is kínál mozgásvizsgálati célokra kész rendszert, Leica GeoMoS néven. A rendszer lehetőséget kínál mind Leica, mind harmadik féltől származó szenzorok felhasználására. Az adatok gyűjtését, vizsgálatát, az esetleges hibaszűrést és a feldolgozását a rendszer automatikusan elvégzi, majd az eredmények birtokában a beállításoktól függően a szükséges riasztási lépéseket megteszi. Az eredményekhez bármikor bárhonnán hozzá lehet férni a felhő alapú szolgáltatásnak hála.

[LGMS]



3. ábra Leica GeoMoS működési vázlat²

A Leica megoldásának előnye, hogy a szoftvert a saját eszközeire fejlesztik, így azok minden lehetőségét kihasználhatják, ugyanakkor más gyártók eszközei is felhasználhatók, hála a rendszer rugalmasságának. A GeoMoS szoftverei a mérőállomások, GNSS vevők és a legtöbb geotechnikai eszköz használatára alkalmas, a Soldata megoldásainál látott szabadság többé-kevésbé itt is érvényesül. Felhasználási lehetősége hasonlóan széles skálát lefed: a bányák, alagutak, épületek, gátak, hidak monitoring feladataira ugyan úgy alkalmas. [LMS]



4. ábra Leica monitoring megoldás

A teljesség igénye nélkül néhány, a Leica GeoMoS megoldását alkalmazó, nemzetközi projekt:

- Paddington területének állandó monitoring rendszere - Anglia, London
- Ettendorf alagút építése közben üzemelő monitoring rendszer - Németország
- A Ljubljana Egyetem kutatása, amelyben az emberi és természeti hatások befolyását vizsgálták a bányászat szerkezeti integritására - Szlovénia
- A Zürichben található Oerlikon vasútállomás felújításakor használt monitoring rendszer - Svájc
- Földmozgás vizsgálat a Cortenova város melletti hegyoldalokról - Olaszország

[LGMSTS] [LGMSML]

² Forrás: http://www.leica-geosystems.hu/hu/Leica-GeoMoS_4802.htm

3. Ulyxes projekt

„Az Ulyxes egy nyílt forráskódú projekt a robot mérőállomások és egyéb helymeghatározó szenzorok vezérlésére valamint a mérési eredmények internetes térkép alapú publikálására.”

[ULYX]

Az Ulyxes, vagy más írásmóddal Ulysses az Odüsszeusz latin megfelelője. Illetve az Ultimate Y X Estimation System rövidítése.



5. ábra Odüsszeusz harca az óriással

A projekt rendszer szintű megszületésének ötlete 2009 környékén merült fel, ekkor már kettő éve (2007 óta) rendelkezett a tanszék, a máig használatban lévő, Leica TCA 1800-as műszerekkel. A program egy kezdeti változatának első éles használata már korábban, 2008-ban, a Paksi Atomerőmű lokalizációs tornyának mérésekor megtörtént. [MMK11]

Ezután 2010-ben készült el az első koncepció terv, melynek alappillérei máig iránymutatóként szolgálnak a rendszer fejlesztése során: „Cél: minimális programozási munkával (meglévő, elérhető ingyenes komponensek felhasználásával), a lehetőségekhez képest minél automatikusabban működő rendszer kialakítása.”³ A mérések különböző feldolgozási lehetőségeinek biztosítása, ezzel növelve a felhasználási lehetőségeket, továbbá az API könyvtár folyamatos fejlesztése, az SQL adattábla használata, a szerveren történő adat-tárolás és dinamikus rögzítés-lekérdezés lehetősége, a pontok grafikonon-idősávban és térképen-pozíció szerinti megjelenítése is a fő feladatok közé tartozott. [KONC]

2011-ben a fejlesztéshez csatlakozott Zemkó Szonja, aki Bsc diplomáját „Mozgásvizsgálati mérések eredményeinek internetes megjelenítése” címmel írta. Illetve ebben az évben indult MSc tantárgy „Alagútmérés, automatizált mérésfeldolgozás” néven, melyben az Ulyxes használata is szerves részét képezi a gyakorlatoknak. 2012-ben a forráskód nyilvánosságra került, elkészült a projekt weboldala, és egy Demo oldal is, utóbbi a webes lekérdezések lehetőségeit hivatott bemutatni. Mokka Dániel szintén ebben az évben írja BSc diplomáját „Robot mérőállomásokra alapozott mozgásvizsgálati rendszer továbbfejlesztése és gyakorlati alkalmazása” címmel. [MMK12]

³ Idézet az „Első rendszer koncepció 2010” diásorából



6. ábra Néhány kép a korábbi éles mérésekről

Az M0 Hárosi híd próbaterhelésén, 2013-ban, ismét alkalmazásra kerül az Ulyxes rendszer, továbbá 2014-ben a Szolnok-Szajol vasúti híd próbaterhelése során is. 2014-re a rendszer elkezdte kinőni a Tcl programozási nyelv lehetőségeit, így ez évben a teljes program átírásra kerül a jóval szélesebb körben ismert és több szabadságot adó Python nyelvre. Új dimenziók nyíltak meg, egyre több szenzor használatára van lehetőség, például: további mérőállomások, szintezőműszerek, GNSS vevők, webkamerák, meteorológiai szenzorok. Lehetőségként felmerül a Raspberry Pi használata és a beltéri navigációhoz szükséges szenzorok alkalmazása.

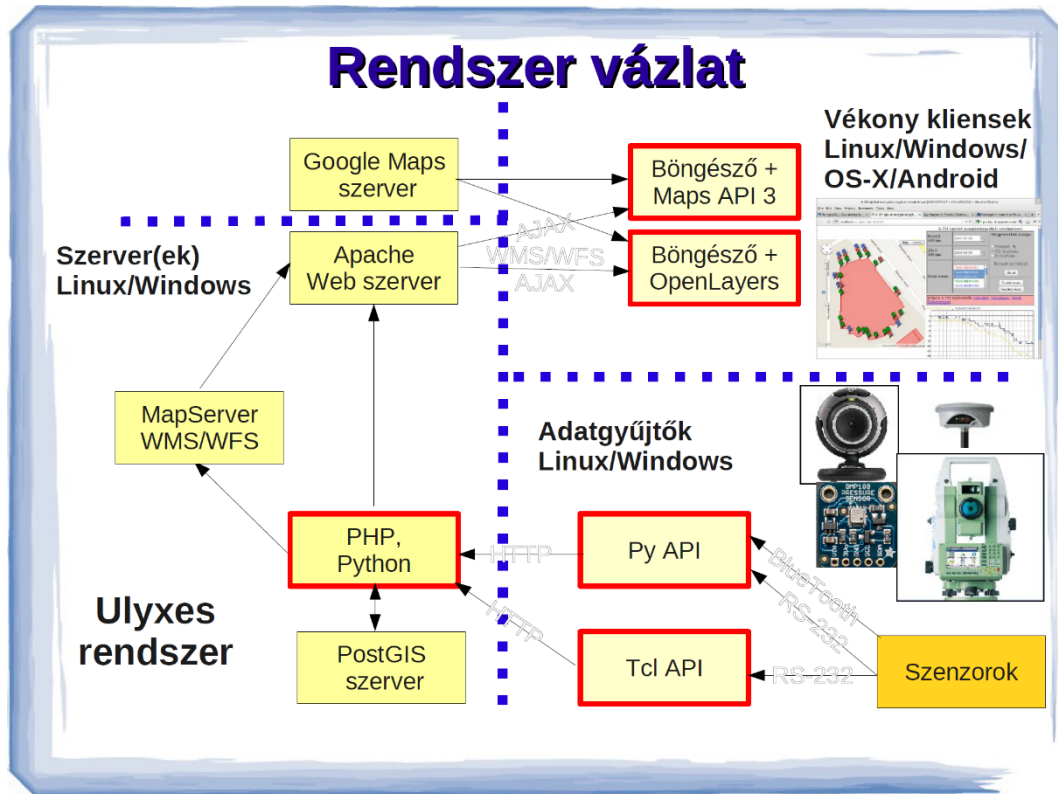
[TKSZ15]

Napjainkban sem áll le a fejlesztés, folyamatosan bővül a projekt által kezelt szenzorok listája, az alkalmazások tekintetében pedig egyre több paraméterezési lehetőség és egyre nagyobb szabadság áll rendelkezésünkre, melynek hála a felhasználás során az univerzális alkalmazásokat minél jobban az általunk elvégzendő feladatra tudjuk szabni, ezzel akár kiváltva egy specifikusan arra a számításra készített programot, éppen annak rugalmatlan mivolta okán.

Láthatjuk tehát, hogy az Ulyxes a kezdeti, egyszerű elveiből egy széles-körű és hatalmas lehetőségeket tartogató projektté nőtte ki magát, melyben nem csak a geodéziai feladatok számára van hely, hanem rengeteg más felhasználás is elképzelhető, és a keretjellegetek köszönhetően bárki könnyedén hozzáépítheti az ehhez szükséges további elemeket.

3.1. Rendszer felépítése

Az előző fejezetben megismerkedhettünk az Ulyxes rendszer fejlődésével, most pedig röviden tekintsük át annak működését. Ehhez a lent látható kép lesz a segítségünkre. Kisebb változásoktól eltekintve, ez a vázlat a projekt kezdetétől fogva hasonlóképpen néz ki:



7. ábra Az Ulyxes rendszer vázlata⁴

Ahhoz, hogy jobban megértsük a rendszer működését, végigkísérhetjük egy mérés útját a megszületésétől egészen a felhasználóig történő eljutásáig. Ehhez a fenti kép jobb alsó sarkára kell koncentrálnunk, ahol az „Adatgyűjtők” felirat található. A valós világot, mint komplex rendszert mérnöki szemléletünkkel több kisebb, szabályos geometriai egységre szoktuk szétbontani, melyek kezelése könnyebben megvalósítható, mintha a teljes egészet szeretnénk vizsgálni. Egy monitoring rendszer esetében is hasonlóképpen teszünk, igyekszünk megbecsülni egy vagy több várható elmozdulási irányt és ezek ismeretében döntünk, hogy milyen eszközöket vetünk be az elmozdulások vizsgálatára. Így lehetséges, hogy az adatgyűjtő szenzorok között megtalálhatóak digitális szintezőműszerek, GNSS vevők, mérőállomások, kamerák és a mérések feldolgozásához szükséges környezeti hatások rögzítésére szolgáló légnyomás, hőmérséklet, páratartalom mérő szenzorok. Ahhoz, hogy ezekkel az eszközökkel kommunikálni tudjunk, vagyis hogy utasításokat adjunk ki (pl. a műszer forduljon ebbe az irányba) és adatokat fogadjunk tőlük, szükségünk van megfelelően megírt programokra. Korábban ezeket az utasítás-sorozatokat kiadó kódsorokat a Tcl API tartalmazta, amely a nevéhez híven Tcl (Tool Command Language) program nyelven íródott. 2014-től kezdve már a

⁴ Az ábra a 2016-os Mérnökgeodézia Konferencia „Monitoring rendszer nyílt forráskódú alapokon” című előadásából származik

Python nyelven készült alkalmazásokat használjuk, amelyeket a PyApi tartalmaz. Ahhoz, hogy egy komplexebb mérést megvalósíthassunk, a PyApi-ban található elemekre támaszkodva készíthetünk el egy, az azokat felhasználó, bonyolultabb alkalmazást, amelyekhez hasonlóak a PyApps könyvtárban találhatóak.

Miután a műszerek automatikus vezérlésével a számunkra szükséges adatokat megmérjük, azok tovább folytatják útjukat a szerverek felé, amely a fenti ábra bal oldalán látható. Mivel a mérések rendszerint gyorsan, hosszú időn keresztül ismételve és gyakran tőlünk messze valósulnak meg, így ésszerű lépés az adatokat minden mérési ciklus után feltölteni egy szerverre, hogy utána onnan lehessen velük dolgozni. Erre a célra Python és PHP⁵ programnyelvek segítségével megírt alkalmazásokat használtunk, melyek az adatokat megfelelő formátumba rendezve elküldik azt különböző szervereknek. Itt lehet szó adatszerverekről, melyek csak az adatok nyers tárolására szolgálnak, vagy térképszerverekről, melyek a megjelenítésre is lehetőséget adnak.

Point query

Points: From date: To date: Coordinates Observations

101
101M
102
102M
103
103M

ID	East	North	Elev	Code	Datetime
103	119.1911	130.0365	119.9992	ATR	2016-04-01 12:51:16
103	119.1908	130.0365	119.9992	ATR	2016-04-01 13:12:34
103	119.1908	130.0371	119.9995	ATR	2016-04-01 13:46:08
103	119.1911	130.0364	119.9994	ATR	2016-04-01 13:51:23

8. ábra Vékony kliens oldali lekérdezés eredménye egy korábbi mérésből

Utolsó lépésként, most hogy az adatokat már feltöltöttünk a szerverre, gyakorlatilag bármikor-bárhonnan hozzáférhetünk, egyedül meglévő hálózati kapcsolatra van szükségünk a szerverrel. Az erre vonatkozó rész a 7. ábra jobb felső sarkában található. Láthatjuk, hogy alapvetően az Ulyxes a vékonykliens megoldást használja, ezért a felhasználók lekérdezés útján csak a leválogatott adathalmazt kapják meg.

3.2. Alkalmazások

Mint azt az előző fejezetben említettem, a műszerek irányításához és az adatok kiolvasásához majd azok szerverre történő feltöltéséhez mind alkalmazásokat használunk. Ezek egymással hierarchikus kapcsolatban vannak, így léteznek egyszerűbb objektumok (alkalmazások), melyek pl. fájlok írásával, adatok beolvasásával, műszerek kezelésével, szenzorok használatával foglalkoznak, ezek jellemzően a PyApi könyvtárban találhatóak.

A következő szint, az eggyel komplexebb alkalmazások már jellemzően a PyApps könyvtárban találhatóak és funkciójukat tekintve a mérési folyamat egy kiemelt egységének teljes levezénylésével foglalkoznak. Ez jelentheti például a tájékozást, vagy a szabad álláspont

⁵ Ez egy szerver oldali szkriptnyelv, további információ: <https://hu.wikipedia.org/wiki/PHP>

számítást. Ezek önmagukban még nem számítanak teljes értékű megoldásnak 1-1 geodéziai mérési folyamatra, ellenben azok egészének olyan, gyakran előforduló és általános elemei, melyek révén ezen alkalmazások univerzálisan felhasználhatóak több különböző célra írt speciális alkalmazás részelemeként.

Végezetül szót kell ejtenem a legmagasabb szinten található alkalmazásokról, melyek az előzőekben megismert, alacsonyabb szintű elemek felhasználásával, speciálisan egy adott feladatra elkészített egységek. Ilyen alkalmazás például a kereszt és hosszmetsetek mérésére készített `section.py` és `horizsection.py`, a falfelületek és más téglalap alakú felületek mérésére készített `measurematrix.py`, illetve az egy ponthálózatban történő előre megadott pontok felmérésére használható `robot.py` és a továbbfejlesztett `robotplus.py`.

3.2.1. Robotplus.py

Diplomám keretében az Ulyxes rendszernek a mozgásvizsgálati, monitoring rendszerként való felhasználását kívántam tesztelni, így az összes alkalmazásnak csak egy részét használtam rendszeresen. A legfontosabb ezek közül a `robotplus.py`, amelynek első változata 2016 januárban készült el, azóta pedig folyamatosan javítjuk, bővítjük, módosítjuk és várhatóan ez tovább folytatódik. Az alkalmazás kezdeti fázisa óta rengeteg új lehetőség és funkció került beépítésre, illetve folyamatosan igyekszünk a hibák keresése és javítása mellett kutatni az újfajta felhasználási lehetőségeket és a változtatható paraméterek körének bővítését.

Ez az alkalmazás egy összetett és komplex geodéziai mérést vezérel végig, illetve tartalmazza a mérést megelőző előkészületeket is és a mérés végeztével az adatok feltöltéséről is gondoskodik. Lefutása során sok más, kisebb-nagyobb objektumot (alkalmazást) használ, például: `freestation`, `blindorientation`, `filegen`, `robot`, `httpreader`, `httpwriter`, utóbbi kettő a szerverrel történő kommunikációt hivatott biztosítani. Illetve, későbbiekben látni fogjuk miért, a GNU Gama⁶ nevű, jelen projektől független fejlesztést is felhasználjuk.

Ahhoz, hogy tüzetesen megismerhessük a `robotplus` működését, annak forráskódjába kell betekintenünk, azonban azok számára, akik nem kívánják ennyire részletesen megismerni annak minden mozzanatát, álljon itt egy rövid összefoglaló arról, hogyan is működik pontosan ez az alkalmazás.

Első lépésként szükségünk van egy, a paramétereket tartalmazó, konfigurációs fájlra. Ebben megtalálható minden a mi egyedi mérésünkre vonatkozó adat, kezdve a használt műszer típusával, pontossági adattal, a geodézia hálózatunkkal (álláspontok, irányzandó pontok), a hálózatkiegyenlítés paraméterei, a szerverre történő feltöltéshez szükséges, és további más adatok is. Fontos, hogy ezek részben kötelezően megadandóak, míg vannak olyan paraméterek, amelyek megléte nem szükséges, mert opcionális adatok, és a rendszer tartalmaz alapértelmezett értékeket azokra vonatkozóan, így egyedi érték hiányában azt használja.⁷

⁶ További információ: <http://www.gnu.org/software/gama/>

⁷ Erről a paramétereket tartalmazó fájlról a későbbiekben, az 5.3.2 fejezetben lesz szó részletesen

A program elindítása után első lépésként ezt a paramétereket tartalmazó fájlt keresi meg és olvassa be. Ezután a konfigurációban megadott, az online elérhető vagy a rendszerhez csatlakoztatott meteorológiai szenzoroktól lekéri a távmérési korrekciókhoz szükséges meteorológiai adatokat. Ezután felveszi a kapcsolatot a szerverrel, letölti az ottani adattáblából az álláspont koordinátáját, az elmozdulás-mentesnek feltételezett (FIX) és a feltételezhetően elmozdulni hajlamos monitoring (MON) pontok koordinátáját. Minden alkalommal a legutolsó értéket, így biztosítva azt, hogy ha a mozgás időben elnyúló, de mégis nagy nagyságrendű lenne, az egyes mérések közötti lényegesen kisebb elmozdulásoknak köszönhetően a rendszer megtalálja a prizmát, hiszen azt nem annak eredeti helyén keresi, hanem a mindenkor utolsó mérés helyén, mindösszesen egy mérés-ciklusnyi időt hagyva az elmozdulásra.

9. ábra A robotplus.py futása közben kiírja, éppen melyik fázisban van

Ezután a megkapott koordináták alapján a rendszer kiszámítja az állásponttól az irányzandó pontokra a vízszintes és a magassági szögeket. Ezután elkezdi a tájékozást. Ugyanis feltételezésünk szerint az álláspont nem tekinthető fix pontként, annak esetleges elmozdulásával is számolni kell, ebből adódóan a tájékozási szög sem tekintendő fix értéknek, így minden egyes mérés alkalmával újra kell tájékozni. Ehhez a műszer rámér a számára legelőször megtalált prizmára (PowerSearch előnyt jelent, vagy lehetőség szerint igyekezzünk kezdés előtt egy prizma irányába fordítani a műszer távcsövét). Az így elvégzett mérésből számunkra a zenitszög és a ferde távolság érdekes, ezeket veti össze a rendszer az összes általa ismert pont korábban kiszámolt zenitszögeivel, majd ez alapján „kitalálja” hogy melyik prizmára néz pontosan. Ezután, az irányszög ismeretében, a rendszer módosítja a műszer tájékozását. A mérések során végig ATR⁸-rel történik a prizmák irányzása.

Következő lépés a FIX pontokra történő mérés, ezek olyan pontok, melyekről azt feltételezzük, hogy helyzetüket legfeljebb a detektálandó elmozdulásnál lényegesen kisebb mértékben változtatják meg, így első közelítésként tekinthetünk rájuk úgy, mint elmozdulás-mentes pontok. Ezekre végez a rendszer távolság, irány és zenitszög mérést, a beállításoktól függően egy vagy több távcsőállásban.

Ezután következik a mérések első részének feldolgozása, az így kapott adatokból ugyanis az álláspont helyzete, vagyis annak koordinátája, szabad álláspontként kerül kiszámításra. Az ehhez szükséges paramétereket szintén megadhatjuk a korábban említett fájlban. A kérdésre pedig, hogy mi végzi el ezt a kiegyenlítést, a választ egy, ebben a fejezetben már korábban említett fejlesztés, a GNU Gama adja. Ez kifejezetten a geodéziai hálózatokkal kapcsolatos számításokra készített, nyílt forráskódú program. A megfelelően előkészített adatokat a

⁸ Automatic Target Recognition, vagyis Automatikus Célpont Felismerő

robotplus elküldi ennek a programnak, amely ezután, többek között, az álláspont koordinátáit és a tájékozási szöveget adja válaszul. A kiegyenlítés során durvahiba szűrés is történik, ezzel az egyes FIX pontok elmozdulása is detektálható. Ezután, a korábban meghatározott tájékozást javítjuk és a most megkapott álláspont-koordináták felhasználásával a rendszer kiszámítja az irányzandó MON pontokra mutató irányyszög értékeket, majd szintén beállítástól függően egy vagy több távcsőállásban elvégzi a méréseket. Amennyiben előfordulna esetleg, hogy a rendszer nem találja a prizmat (pl: mert az túl sokat mozgott el) vagy nem tudja megmérni (pl: mert eltakarja azt valami) úgy rövid ideig próbálkozik annak megtalálásával, majd ha sikertelenül járt, akkor kihagyja azt a pontot és halad tovább. Az erre vonatkozó próbálkozások száma és a próbálkozások közötti idő is megadható, mint paraméter.

Végezetül, a rendszer, a MON pontokra végzett mérések eredménye alapján kiszámítja azok koordinátáját, majd a kapott eredményeket a nyers mért értékekkel és az álláspont új koordinátájával együtt, feltölti a szerverre (vagy beállítástól függően egy fájlba írja azt).

3.2.2. Egyéb használt alkalmazások

A legfontosabb alkalmazás, a robotplus megismerése után érdemes lehet röviden áttekinteni, hogy milyen további, kisebb alkalmazások vannak, amiknek egy részét maga a robotplus is felhasznál lefutása alatt.⁹

Elsőként nézzünk meg két, egymáshoz hasonló alkalmazást, a filemaker-t és a filegen-t. Az első, filemaker néven megtalálható alkalmazás segítségével, megirányozva pontokat, azonnal elkészíthetjük: csv/dmp vagy geo/coo formátumú fájlunkat, mely akár a mérések kezdeti koordinátáinak meghatározására is használható. A filegen pedig egy koordináta lista alapján készít geo fájlt, vagyis olyan fájlt, amely tartalmazza az egyes pontok méréséhez szükséges irányértékeket és távolságokat. Ezt a robotplus többször is felhasználja, mint korábban olvashattuk.

Következő alkalmazások a blindorientation és a freestation, amelyek, nevükből adódóan, a tájékozást illetve a szabad álláspontot hivatottak meghatározni, a robotplus is ezeket használja, így működésük pontosan az előző fejezetben leírtaknak megfelelően történik.

```

409         obs_out = avg_obs(obs_out)
410         fs = Freestation(obs_out, st_coord + fix_coords, conf['gama_path'],
411             conf['dimension'], conf['probability'], conf['stdev_angle'],
412             conf['stdev_dist'], conf['stdev_dist1'], conf['blunders'])
413         w = fs.Adjustment()
414         if w is None:

```

10. ábra Látható a robotplus kódsorának egy darabja, ahogy a freestation alkalmazást, a hozzá kapcsolódó paraméterekkel meghívja futása közben

Utolsóként megemlítendő a robot, mely lényegében a robotplus elődje, feladata, hogy az előre meghatározott irányokra/pontokra elvégzi a mérést. Ezt a robotplus a FIX és a MON pontok esetében is felhasználja.

⁹ További információ az alkalmazásokról itt található: http://www.agt.bme.hu/ulyxes/pyapi_doc/#

4. Rendszert felépítő eszközök

Ahhoz hogy egy teljes értékű monitoring rendszert építhessünk, ki kell választanunk a hozzá szükséges eszközöket. A folyamatban részt vevő hardverelemek osztályozása elvégezhető akképpen, hogy az adott elemek helyileg hol helyezkednek el. Az így létrehozható három csoport: a cég telephelyén található eszközök (opcionálisan a bérbeadó cég vagy a megrendelő telephelyén), a felhasználónál lévő eszközök és a mérés helyszínén található eszközök.

A három eszközcsoport közötti kommunikációs csatorna lehet egyedi kiépítésű vezetékes vagy vezeték nélküli hálózat, ha a rövid távolság vagy az összelátás ezt lehetővé teszi vagy az adatok biztonsága indokolja a saját kommunikációs hálózat kialakítását. Más esetben használhatjuk adattovábbításra az internetet is, ekkor a mobilinternet segítségével szinte bárhol elvégezhetjük az adatok továbbítását, ahol van térerő.

Az első hardvercsoport esetében olyan eszközöket értünk, amelyek általában távol helyezkednek el a mérés helyszínétől, folyamatos kapcsolatot tartanak az ott lévő komponensekkel és a mérések tárolását, feldolgozását és kiértékelését végzik (utóbbi kettő jellemzően a vékony kliens esetén fordul elő). Ezek az eszközök például webszerverek, adatbázis szerverek, térképszerverek. Ezek üzemeltetésével foglalkozhat a monitoring szolgáltatást nyújtó cég, a megrendelő cég vagy egy harmadik fél, akik kifejezetten szerverek bérbeadásával foglalkoznak.



11. ábra Adat szerver és térkép szerver¹⁰

Második esetben olyan elemekről beszélünk, amelyek a felhasználónál helyezkednek el, például személyi számítógépek, hordozható laptopok és táblagépek, mobiltelefonok, építőipari gépek fedélzeti számítógépe (munkagépek, fűrópajzs, daruk, stb..). Ezek az eszközök jellemzően a szerverek által tárolt és feldolgozott adatokról kapnak információt, lekérdezés útján. Kapcsolatuk a rendszerrel csak ideiglenes, időről-időre kérnek bizonyos mennyiségű adatot. Egyes esetekben van lehetőség arra, hogy ezek az eszközök, képességükhöz mérten, elvégezzék a feldolgozást, ekkor vastag kliens kialakításról beszélünk.

¹⁰ Forrás: http://jaisdo.com/data_backup.php és <http://www.dmsolutions.ca/products/data/>

4. Rendszert felépítő eszközök



12. ábra A méréseket megjelenítő és felhasználó eszközök

Utolsó csoportban azok az eszközök találhatóak, amelyek a mérésben vesznek részt, ezek elhelyezkedésüket tekintve a vizsgálat helyszínén vagy annak közelében találhatóak. Ide tartoznak a különböző geodéziai szenzorok (mérőállomások, GNSS vevők, szintezőműszerek) és az egyéb geodéziai eszközök (prizmák, szintezőlécek, stb.) valamint egyéb társtudományok által készített, a mozgások figyelésére készült eszközök, amelyek magukat a méréseket végzik el, majd a meghatározott értékeket (mérési eredményeket) továbbküldik a helyszínen található informatikai rendszernek. Elképzelhető, hogy a mérések feldolgozásához szükség lehet további szenzorok értékeire is, amelyek a mérés körülményeiről adnak tájékoztatást, például: hőmérséklet, légnyomás, páratartalom. A helyszínen található számítógép ezekkel az adatokkal kiegészíti a geodéziai szenzorok adatait, majd továbbküldi a szerverek felé. Jellemzően ezek a számítógépek, a kevésbé erőforrás-igényes feladatok okán, kisméretű kompakt eszközök, például MiniPC-k vagy apró számítógépek, mint a Raspberry Pi. A szenzorok a számítógépekkel vezetékös kapcsolatban (pl: USB vagy RS-232 soros) vagy vezeték nélküli rádiókapcsolatban (bluetooth, wifi) vannak.



13. ábra A mérés helyszínén található eszközök

Az elkövetkező fejezetekben, a teljesség igénye nélkül, egy monitoring rendszer néhány, számunkra fontosabb elemét fogjuk megvizsgálni a fentebb felsoroltak közül.

4.1. Mérőállomások

A földmérés hagyományos műszere a teodolit volt, amellyel vízszintes és magassági szögeket lehetett meghatározni. Amennyiben szükséges volt, a távolságok meghatározására kezdetben hosszmerést alkalmaztak. Ezek olyan közvetlen hossz-meghatározási módszerek voltak, melyek során egy ismert hosszúságú mérőeszközt fektettek ismételtelen a távolság egyenesére. Ez lehetett mérőléc, mérőlánc, mérőkerék, mérőkötél, drótok, szalagok. A teodolitok fejlődése, annak irányzási és leolvasási pontosságának és ezáltal a középhibájának csökkenésével volt jellemezhető. A hosszmerés mellett pedig egyre inkább megjelent a távmérés is, amikor közvetett módon, a távolsággal fizikai vagy geometriai kapcsolatban álló mennyiségeket mérünk meg és képletek segítségével számítjuk ki a keresett értéket. Geometriai távmérés például a szintező műszerek szálkeresztjének alsó és felső szálán végzett leolvasásokból számítással meghatározott lécs-műszer távolság. Fizikai távmérés például valamely mágneses hullám (fényhullámok, rádióhullámok) felhasználásával történő hossz-meghatározás. Előbbi módszert alkalmazták az elektrooptikai távmérők, utóbbit a rádiótávmérők.



14. ábra Zeiss Theo 010 B típusú teodolit műszer



15. ábra Sokkia Red2A típusú rátét távmérő

Kezdetben a távmérők külön műszerként voltak használhatóak, később merült fel az igény, hogy ezeket a teodolitokkal egyszerre is lehessen alkalmazni, ennek hatására megjelentek a rátét-távmérők. Később nagy előrelépést jelentett a mérőállomások megjelenése, amelyek már beépített távmérővel rendelkeztek, a mérések leolvasását és tárolását pedig a műszer automatikusan elvégezte. Az adatok mentésére korábban is volt lehetőség, az elektronikus teodolitok és a távmérők, például képesek voltak adatot tárolni, de ezek együttes megőrzésére és feldolgozására elsőként a mérőállomások adtak lehetőséget. Ma minden geodéta felszerelésének alap darabja egy mérőállomás, amellyel a hagyományos geodéziai feladatok maradéktalanul

elvégezhetőek.

Azok számára, akiknek a nagyobb pontosság, a gyorsabb és hatékonyabb munkavégzés vagy az extra funkciók szükségesek, a robot-mérőállomások jelenthetik a megoldást. Ezek a korszerű mérőállomások a pontosabb szög és távolságmérés mellett, olyan extra szolgáltatásokat is tartalmaznak, mint a fejlettebb fedélzeti szoftver, amely a mérések rögzítése mellett komplexebb számításokra és terepi feldolgozásra is használható. A motoros forgásnak és az ATR (Automatic Target Recognition) funkciónak köszönhetően az automatikus prizmaírányzás és követés megvalósítható, ehhez kapcsolódik a távoli irányítás lehetősége, amellyel így egy személy egy teljes értékű mérőcsapat feladatát el tudja végezni.



16. ábra Leica robot-mérőállomás, az egy emberes geodézia feladatokra

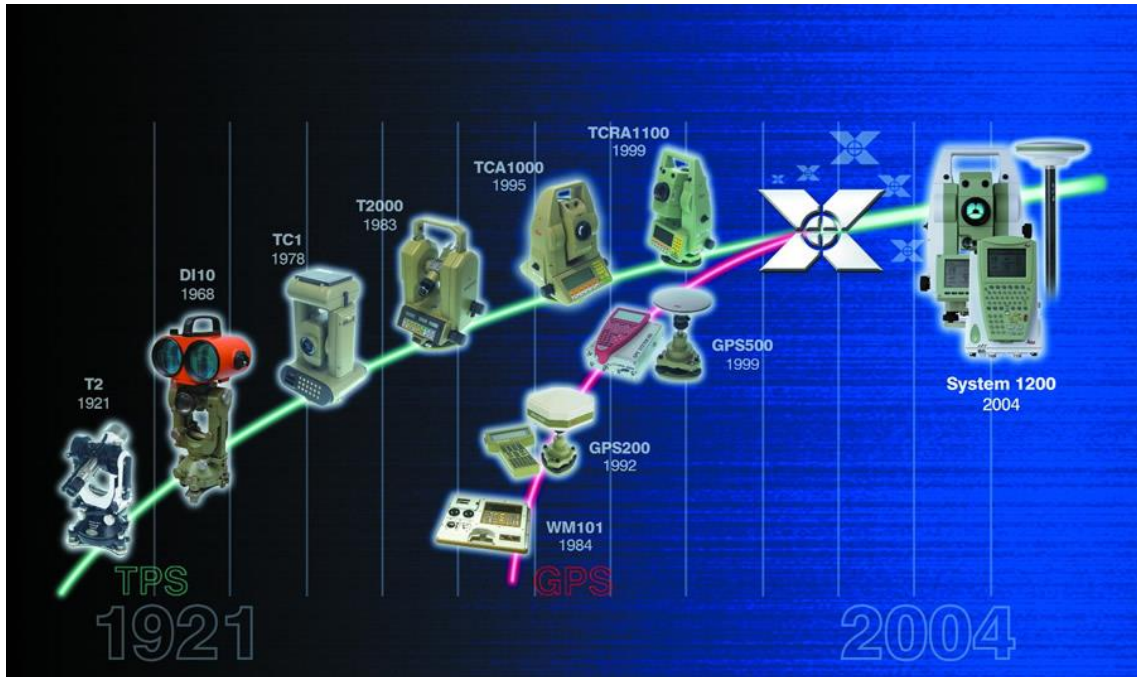
Jelen munkámban a robot-mérőállomások használatát azon tulajdonságuk indokolja, mely lehetővé teszi számunkra a távoli vezérlést, illetve a prizmák megtalálását emberi közbeavatkozás nélkül. A vizsgálatok során háromféle, a Leica cég által készített műszert használtam, melyek között van kisebb és nagyobb pontosságú, robusztusabb és kompaktabb méretű, régebbi és újabb gyártmányú is. A következőkben nézzük meg kicsit részletesebben a három műszert, és hogy mely tulajdonságuk lehet hatással az általunk végzett mérések minőségére.



17. ábra Számítógép vezérelt Leica robot-mérőállomás

4.1.1. Használt Leica robot-mérőállomások

Az alábbi képen látható a Leica cég által forgalmazott geodéziai műszerek fejlődése, egészen az 1921-es alapítás évétől kezdve. Az ábrán megtalálható mindhárom, a tesztelés során, általam használt mérőállomás-család, így ez már egy jó kiindulási pontot ad a műszerek megismeréséhez.

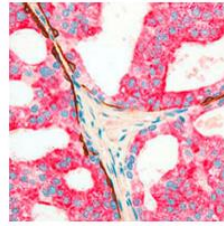


18. ábra Leica műszerek fejlődése 1921-től 2004-ig¹¹

A Leica cég, működésének kezdetén az optika és azon belül a fényképezés területén tevékenykedett. Mára ezt az irányt megőrizve, de további három ágazattal kiegészítve vannak jelen; az laboratóriumi mikroszkópos kutatás területén (Leica Microsystem), a szövettan és az orvosi kutatások területén (Leica Biosystem) és természetesen az építőipar területén (Leica Geosystem).

Számunkra a Leica cég Geosystem ágazata az érdekes, melyről elmondható, hogy napjainkban élen járnak az építőipari műszerek gyártásában: az egészen egyszerű kézi távmérőktől kezdve a forgólézer és szintezőműszereken át, a hagyományos és robot-mérőállomások mellett a GNSS rendszerek, a lézerszkennelés és a légi fényképezés területére is kínálnak piac képes és innovatív eszközöket.

¹¹ Forrás: http://w3.leica-geosystems.com/media/new/product_solution/technology_1.jpg



19. ábra A Leica cég négy különböző ágazata

Mielőtt megnézzük közelebbről külön-külön az egyes mérőállomás sorozatokat és annak tagjait, fontos tudnunk, hogy az egyes műszerek elnevezésében található betűk annak képességére utalnak, a számok pedig meghatározzák a műszercsaládot továbbá a műszer szögmérési pontosságát.

A jelölések értelmezése:

- TC – klasszikus mérőállomás
- TCM – szervomotoros mérőállomás
- TCR – prizma nélküli távmérővel felszerelt mérőállomás
- TCRM – szervomotoros mérőállomás, mely képes prizma nélküli távmérésre is
- TCA – szervomotoros mérőállomás, mely rendelkezik ATR funkcióval (megj: a TCA nem tartalmazza a prizma nélküli távmérést)

[TPS1100PR1]

4.1.2. Leica TCA1800

Ez a mérőállomás a Leica cég 1995-ben kiadott TCA 1000-es családjának tagja. A műszer kialakítását és tudását tekintve korának egyik modern és sokoldalú mérőállomása volt, mind egyszerűbb geodéziai feladatokra, mind bonyolultabb építőipari munkákra, de akár a munkagépek irányítása vagy a deformáció vizsgálat sem jelentett gondot számára. A műszer robusztus kialakításának hála az időjárás és más hatásoknak is ellent tud állni, így megfelelő választás lehet egy építkezés helyszínén, telepített rendszerként üzemeltetve. A műszer iránymérési középhibája 1", melyet a fejlett leolvasó rendszer révén tud elérni (megjegyzendő, a sorozat más tagjai, pl: TCA2003 és TC2003 0,5"-es pontosságra is képesek). A távmérési pontossága 1 mm + 2 ppm, viszont csak prizmára lehet vele mérni. Emellett rengeteg hasznos eszköz és funkció kapott helyet a műszerben, például a lézervetítő, mely a pontraállást segíti, az EGL kitűző fény mely hagyományos geodéziai feladatok során lehet hasznos, az ATR (automatikus célpont felismerés) funkció, mely a szervomotor segítségével az automatikus irányzást, pontkövetést (LOCK mode), prizmakeresést teszi lehetővé. Emellett a mérőállomás használható a GeoMoS és Geo Office szoftverekkel, melyek a mérések feldolgozása során jelentenek előnyt.



20. ábra Leica TCA1800 mérőállomás

[TCA1800PR]

Láthatjuk tehát, hogy a TCA1800-as egy kifejezetten a mozgásvizsgálati és extrém helyeken történő építés-irányítási rendszerek részeként üzemelő műszernek készült, strapabíró, így akár bányákban vagy alagútfúrásoknál is használható, emellett minden olyan képességgel rendelkezik, amely a távoli helyről történő irányításra alkalmassá teszi, a pontossága pedig még így 20 évvel később is elegendő a finom mozgások megméréséhez.



21. ábra Leica TCA1800-as monitoring rendszerek részeként telepítve, külszíni bányákban

4.1.3. Leica TCRA1103

A TCRA1103-as műszer a Leica 1999-ben kiadott TPS1100-as családjának tagja. Az 1100-as sorozat a korábbi 1000-es továbbfejlesztett változata, fejlettebb szög és távméréssel, továbbá megjelent a prizma nélküli távmérés lehetősége is. Az egész műszer sokkal kompaktabb lett, a mérete csökkent, de továbbra is strapabíró maradt. Többféle szögmérési pontossággal is lehet kapni az 1"-tól az 5"-ig. A távmérési pontosság 2 mm + 2 ppm prizmával és 3 mm + 2 ppm prizmanélküli mérésel. A kényelmi funkciók megmaradtak, sőt bővültek, a távoli vezérlés, a lézeres vetítő, a lézer kitűző (EGL) és az ATR funkciók mellett opcionális lehetőség a PowerSearch, mely a prizmák gyors megkeresésének lehetőségét hozza el (ez a mi műszerünkben hiányzott, viszont nagyon hasznos funkció, amennyiben a műszer kicsit „eltévedne” a mérés során, egy gyorskeresés után könnyen folytatni tudja a munkát). Szoftverek tekintetében a Leica SurveyOffice áll rendelkezésünkre, de a műszer fedélzeti szoftvere is fejlődött az 1000-es sorozathoz képest.



22. ábra Leica TPS1100 mérőállomás

[TPS1100PR1]

Láthatjuk, hogy a korábbi 1000-es sorozathoz képest lényeges változtatások történtek, a korábbi műszer tudása továbbfejlesztett, a prizma nélküli távmérés és a gyorskeresés funkció előrelépést jelent. Utóbbit kombinálva az ATR és a távoli irányítással megszületik az első valójában használható 1 emberes mérőbrigád, ahol a prizma oldaláról irányíthatunk mindent, anélkül hogy ember állna a műszernél. Összességében elmondhatjuk tehát, hogy habár az 1100-as sorozat műszaki fejlettségében hozza a korábbi 1000-es értékeit, sőt néhány előrelépést is mutat, még sem lehet már rá mondani, hogy egy kifejezetten a monitoring rendszerekhez készült, időálló és masszív darabról van szó. Ez a műszer már sokkal inkább a kompakt, terepi méréshez készült, a funkciók a kevésbé mostoha területen történő építésirányítást és a felmérést célozzák meg (lásd pl: prizma nélküli távmérés lehetősége) és a többféle pontossági értékkel rendelkezés, mint opció is erre utal.

[TPS1100PR2]

Az általam használt mérőállomás egy TCRA típusú, vagyis szervomotoros és ATR-es darab, amely tartalmaz prizma nélküli távmérési lehetőséget (erre utal az R betű), viszont a PowerSearch funkciót nem tartalmazza. A szögmérési pontossága 3”.

4.1.4. Leica TCRP1201+

Utolsó használt műszer a Leica TPS1200-as sorozat tagja, amely 2004-ben került ki a piacra, ez volt az első olyan termékcsalád, amely nem pusztán csak mérőállomásokot tartalmazott, hanem komplett eszközcsoomagokat kínált professzionális geodéziai feladatokra. Az 1200-as sorozat a TPS1200+ mérőállomások mellett a GPS1200+ GNSS rendszereket is magában foglalta, ezzel megalkotva a lehetőséget, hogy a két technológiát ötvözve (SmartStation); akár a mérőállomásra is tehesünk egy GNSS vevőt, vagy akár egy Leica 360° prizma kerülhessen a GNSS rover alá, így kihasználva mindkét technológia előnyét annak kombinálásával. Természetesen a komplex rendszerek kezeléséhez továbbfejlesztett szoftverek is szükségessé váltak, így a Leica SmartWorx üzemel a mérőállomások és műholdas eszközök egységes fedélzeti szoftvereként, a Leica GeoOffice pedig a mérések feldolgozásához ad megfelelő alternatívát. Továbbiakban csak a TPS1200+ mérőállomásokkal foglalkozok, a GNSS elemek nem kerülnek bemutatásra.



23. ábra Leica TPS1200 mérőállomás

[TPS1200PR]

A TPS1200+ szögmérési pontossága 1" és 5" között változhat, típustól függően, távmérési pontossága 1 mm + 1,5 ppm prizmára történő méréskor, 2 mm + 2 ppm prizma nélküli távmérés esetében. A műszer a PinPoint technológiának köszönhetően kiemelkedő képességekkel bír a prizma nélküli távmérésben, akár 1000 méter távolságra is képes mérni. Emellett a műszer kapott egy nagyméretű színes érintőképernyőt, Bluetooth kommunikációs technológiát, közvetlen rádiós kapcsolatot a távoli irányításra használt panellal (Leica RX1250-es). Továbbá megmaradtak a korábban megismert funkciók, mint a lézer vetítő, az ATR/LOCK, EGL (kitűzőfény), PowerSearch. A nagyobb méretű színes képernyőnek hála a fejlettebb fedélzeti rendszer használata egyszerűbb, így komplexebb feladatok ellátására is van lehetőség közvetlenül a helyszínen, kizárólag a mérőállomás saját programjainak segítségével.

[TPS1200PR]

Láthatjuk, hogy az 1200-as műszer, hasonlóan az 1100-as családhoz, a korábbi típus továbbfejlesztett változata, ismét a helyszíni méréseket egyszerűsítő és gyorsító fejlesztéseket kapjuk meg, az integrált GNSS lehetősége, a felhasználóbarát és fejlett fedélzeti rendszer mind a helyszínen, mérés közben végezhető feladatok körét bővíti. Ugyanakkor a mérések pontossága a korábbi 1000-es sorozat értékeit idézi, a műszer felépítése pedig jóval robusztusabb és masszívabb. Elmondhatjuk, hogy az 1200-as műszer megfelelő arányban ötvözi az 1800-as pontosságát és strapabíró felépítését, és az 1100-as műszerek modern és hasznos újításait.

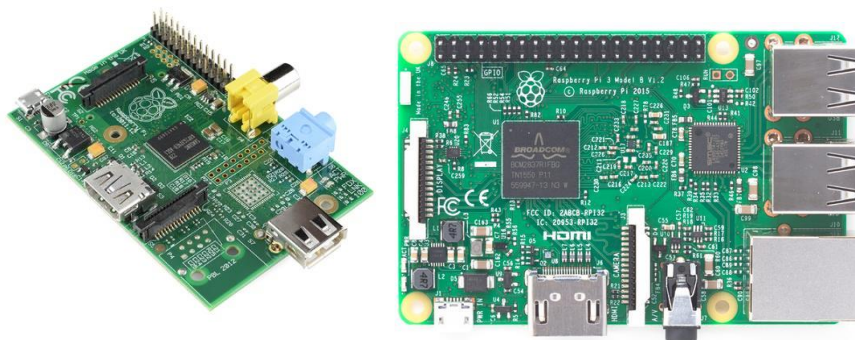
Méréseim során én egy TCRP1201+ típusú mérőállomást használtam, amely egy motoros mérőállomás, ATR funkcióval, prizma nélküli távméréssel, EGL-el és PowerSearch lehetőséggel (erre utal a P betű), melynek szögmérési pontossága 1”.

4.2. Raspberry Pi

A Raspberry Pi egy bankkártya méretű számítógép, amelyet az Egyesült Királyságban fejleszt a Raspberry Pi Foundation szervezet, elsősorban oktatási célokra. A szervezetet 2009-ben alapították, a Cambridge-i egyetem és a Broadcom cég támogatásával, azzal a céllal, hogy olyan kisméretű számítógépet készítsenek, amellyel a tanulók számára szórakoztató folyamattá alakítható az informatikai ismeretek elsajátítása. A korai elképzelések egy olyan olcsó számítógépet céloztak meg, amivel más eszközöket lehetne irányítani, kisméretű és alacsony fogyasztású, mégis elegendő teljesítménnyel rendelkezik, hogy minél szélesebb felhasználási köre lehessen. A programozási nyelve a Scratch lett volna. [RPFW]

Az első változat 2012-ben jelent meg, a B modell és 2013-ban jött egy olcsóbb, kevésbé felszerelt A modell. A kettő közötti különbség az ár mellett a RAM mennyisége, USB portok száma, alaplap LAN csatlakozó megléte és a GPIO tűk számában jelentkezett. Azután 2014-ben érkeztek az A+ és B+ modellek, melyek továbbfejlesztett változatok voltak, alacsonyabb áron, MicroSD kártya támogatással, több GPIO tűvel és a B+ esetében 2 helyett 4 USB-vel. Ezután 2015-ben érkezett a Pi 2 B amely új 4 magos CPU-val és több RAM-mal érkezett, ugyanakkor figyeltek arra, hogy az eddigi B+ kiegészítői kompatibilisek legyenek vele. Végezetül 2016-ban érkezett meg a Pi 3 B, amely még erősebb CPU-val, beépített wifi vevővel és bluetooth-al érkezett, azonos áron, mint az elődei. [RPW]

A Pi készítői alapvetően a Linux operációs rendszer különböző egyszerűsített változatait (Debian és Arch Linux ARM) és a Python programozási nyelvet támogatják. A Raspberry sorozat minden elemére igaz, hogy található rajta legalább 1 USB csatlakozó, 1 videó kimenet (HDMI), és egy SD vagy MicroSD foglalat, utóbbi a tárhelyként szolgáló kártyához kell, ugyanis nincs beépített tárhelye az eszköznek. Vagyis 35\$-ért (ennyibe kerül ugyanis a mindenkori legdrágább B modell) kapunk egy teljes értékű számítógépet, operációs rendszerrel együtt, kizárólag egy SD/MicroSD kártyára van szükségünk és persze az informatikai tudásunkra, plusz némi ötletre, hogy milyen felhasználási módot adjunk ennek az apró eszköznek.



24. ábra Bal oldalt a Pi 1 A, a legegyszerűbb, jobbra a Pi 3 B, a jelenlegi legfejlettebb darab

Persze ennyi nem lenne elég a sikerhez, hiszen ezen felül az eszköz mellé kapunk egy szorgos és segítőkész közösséget illetve olyan gyártókat, akik a Pi-ben rejlő lehetőségeket igyekeznek, az alapgép készítőihez hasonló mentalitással elkészített, kiegészítőkkal kiterjeszteni. Vagyis a Pi-n található GPIO túsor és a kamera csatlakozójára dugható különböző eszközökkel, melyekkel szélesebb felhasználási módokra nyílik lehetőség. Néhány gyakori Pi felhasználási ötlet:

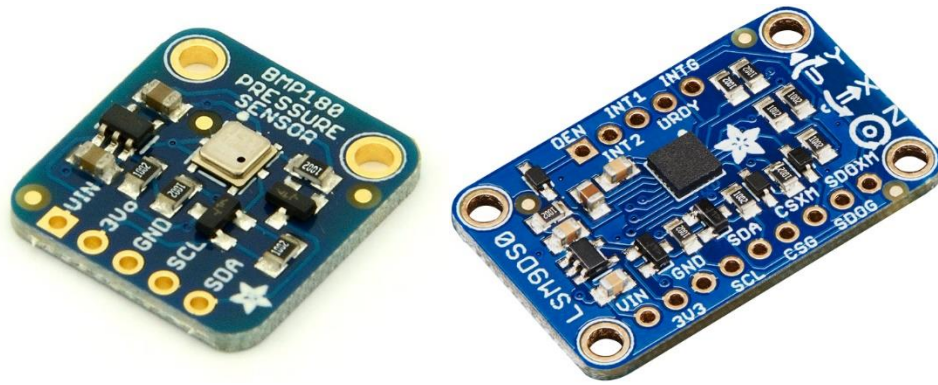
- HTPC (Home Theater Personal Computer)
- Meteorológiai állomás
- Automatizált rendszerek (pl: kerti locsolás)
- Otthoni fájlserver
- Házi riasztórendszer (pl: kamerákkal és mozgásérzékelőkkel)
- Oktatás (robotika, programozás oktatás)

Mi az Ulyxes rendszer részeként egy 1 B+ és egy 2 B modellt használtunk. Az üzemeltetés nem kíván meg túlságosan nagy számítási teljesítményt, egyes esetekben viszont vezeték nélküli internetet igen, és mivel az alapértelmezetten csak a 3 B modellben van meg, így USB-s Wifi sticket használtunk. Számunkra a Pi egy nagyon hasznos eszköz volt, hiszen kis helyigényének hála könnyebben el lehet helyezni a műszerek mellett, és olcsóbb is, mint egy asztali gép vagy laptop.

4.2.1. Kiegészítők, szenzorok

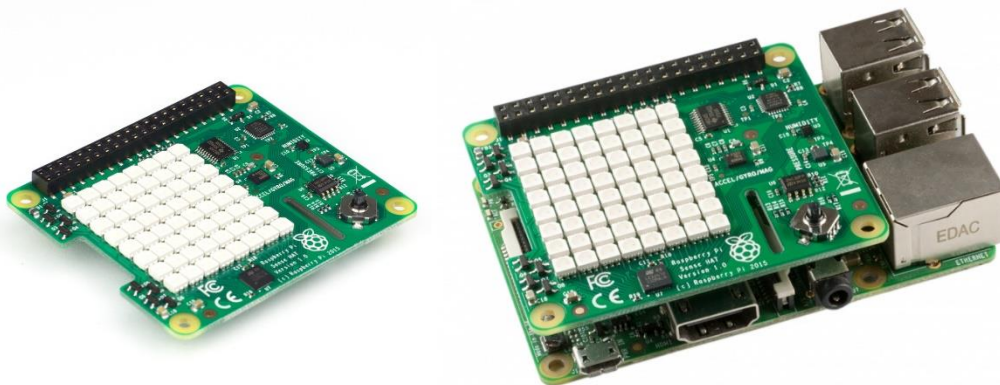
Ahhoz, hogy geodézia méréseink feldolgozását megfelelőképpen elvégezhesük, szükségünk lehet a mérés ideje alatt a környezeti hatások rögzített értékeire is. Vagyis például a távmérések kiértékeléséhez a meteorológiai korrekciók, mint módosító tényezők feltétlenül szükségesek, az ehhez kellő légnyomás, nedves és száraz hőmérsékleti értékek rögzítése pedig elengedhetetlen része a mérési folyamatnak. Ezen értékek mérésére, egy asztali számítógép vagy laptop esetében, USB-n vagy soros porton keresztül csatlakoztatható kompakt meteorológiai szenzorok használhatóak, vagy ha mi magunk megvesszük az egyes komponenseket és építünk magunknak egy saját szenzorcsomagot, akkor azt is használhatjuk.

Raspberry Pi esetében az egész folyamat sokkal egyszerűbb, amellet, hogy az, egyébként drága és programozói szempontból zárt rendszernek tekinthető, külső szenzorok használatára itt is van lehetőség, a különböző Raspberry-ket és más hasonló mini PC-ket árusító webáruházaktól tudunk rendelni apró szenzorokat, amelyekkel mi magunk építhetjük meg a saját meteorológiai állomásunkat, úgy, hogy közben lényegesen kevesebbet költünk. Ilyen szenzorokból létezik giroszkóp, magnetométer, légnyomás, hőmérséklet, páratartalom, fényerősség, nyomás/érintés, hajlítás és még sok más érzékelő is. Ezek közös jellemzője, hogy a Pi GPIO tuskéire köthetők rá. Hasonló szenzorokból néhányat tud használni az Ulyxes rendszer, pl: Adatfruit BMP180 (légnyomás szenzor), Adatfruit LSM9DS0 (9 szabadságfokú szenzor).



25. ábra Balra a BMP180-as, jobbra az LSM9DS0 szenzor látható

Létezik egy Astro Pi¹² nevű projekt, melynek keretében egy kompakt számítógépet terveztek és küldtek fel 2015-ben a Nemzetközi Űrállomásra. A rendszer lelke egy Raspberry Pi, amelyre egy speciális, SenseHAT kiegészítőt csatlakoztattak, és az egészet egy egyedi dobozba helyezték. A SenseHAT azóta kereskedelmi forgalomban is megvásárolható, egy nagyon hasznos kiegészítő, ugyanis szinte minden szükséges szenzor megtalálható rajta: giroszkóp, gyorsulásmérő, magnetométer, hőmérő, légnyomásmérő, páratartalom mérő. Emellett található rajta egy 8x8-as RGB LED tábla és egy 5 gombos joystick is. Ez a szenzor is a GPIO tűskék segítségével csatlakozik a Pi-hez. Mi is ilyen SenseHAT szenzort használtunk a méréseink során, így egyetlen kiegészítő képes volt minden szükséges mérés elvégzésére, nem kellett több kisebb egységet használni egyszerre. [SHAT]



26. ábra Balra a Sense HAT magában, jobb oldalt pedig rászerezve egy Pi-re

4.3. Prizmák, egyéb eszközök

A rendszer használata közben, de különösen a hibakeresés, tesztelés és próbamérés során magukon a mérőállomásokon kívül sok más fontos geodéziai vagy geodéziához kapcsolható eszközt használtunk. Ebben a fejezetben ezekről ejtek pár szót, hogy a későbbi teszteléssel foglalkozó írásokban egyértelmű legyen a felszerelés minden darabjának szerepe.

¹² Hivatalos weboldal: <https://astro-pi.org/>

Elsőként a prizmákról lesz szó, hiszen könnyen belátható, prizma nélküli távmérésre alapozott monitoring rendszer építése nehézkes, hiszen a szerkezetnek ugyan arra a pontjára kéne irányozni minden alkalommal, még ha az el is mozdul. Prizma esetében ez az ATR-el nem probléma, prizma nélkül viszont nehézkes egy pont követése. Speciális esetben, amikor az elmozdulások várt iránya ismert és a mozgás egydimenziós, akkor elegendő a prizma nélküli távmérés, hiszen éppen az ismert irányával párhuzamos elmozdulás detektálható a folyamatos távolság-meghatározással. Az Ulyxes rendszer erre is alkalmas, de ezt nem használtuk.



27. ábra Néhány Leica prizma

A geodéziai prizmák olyan eszközök, melyek üveg belsejük segítségével képesek a beérkező látható és látható tartományon kívüli elektromágneses hullámokat ismert futási hosszal visszaverni a beérkezés irányába, vagyis a fázismérésen alapuló távméréshez szükséges visszaverődő jel elégséges mennyiségét biztosítani.

A mérések során kétféle prizmat használtunk: a komparátor terem falán található prizmák, mint az 5.1.1 fejezetben olvasható, Leica GMP104-es prizmák. A később ideiglenesen elhelyezett pontokon pedig Leica kör prizmát (Leica GPR121) alkalmaztunk. A prizmával kapcsolatos legfontosabb érték annak prizmaállandója, vagyis azon érték, amely mutatja a prizma visszaverési pontja és az állótengely közötti távolságot. Az adott prizmára végzett távolságmérés során kapott hossz nem fog megegyezni a valódi (geometriai) hosszal, az eltérés az összeadó állandó, amely a prizmaállandó és a műszerállandó összege. Utóbbi a műszer kialakításából adódó eltérés, amely az elektromos nullpont és az állótengely közti távolság.

Ezen értékeket jellemzően a gyártó megadja, de ha szükséges, mi magunk is meghatározhatjuk, ezáltal minden egyes prizmának egyedi értéket mérve. Én is ekképpen cselekedtem: egy ismert alapvonal két végpontja között végeztem távmérést az általam vizsgálni kívánt prizmákkal, amikor is a mért hossz és az ismert alapvonal hossza közötti eltérés éppen az összeadó-állandót adta meg, melyből levonva a műszerállandót megkaphatjuk a prizmaállandót. Ennek eredménye a lenti táblázatban látható.

Leica GMP104 prizma		Alapvonal hossza: 20,0008m			
sorszám	távolság [m]	prizmaállandó [mm]		távolság [m]	prizmaállandó [mm]
1. prizma	20,0093	8,4 mm	2. prizma	20,0090	8,2 mm
	20,0092			20,0090	
	20,0091			20,0090	
	20,0092			20,0089	
	20,0091			20,0089	
Átlag	20,0092		Átlag	20,0090	

A műszerek pilléren való elhelyezéséhez Kern típusú műszertalpat használtam, melynek segítségével a pontraállítás gyorsan és pontosan elvégezhető. A műszertalp alsó része 3 hegyes lábával fekszik fel a pillér felszínére, a közepén található apró tuskét a pilléren kialakított rézfuratba lehet illeszteni, ezzel elvégezve a gyors pont fölé állítást. Ezután a talp felső részét egy kar meglazítása után, egy szelencés libella segítségével vízszintes helyzetbe lehet állítani. Ezután egy adapter segítségével felhelyezhetők a Leica típusú mérőállomások, melyek a menetes rögzítést alkalmazzák.



28. ábra Bal oldalt látható a Kern talp, az ezüstsínű korong az adapter a Leica műszerekhez

Következő eszköz, amit egy vizsgálat során használtunk (erről részletesebben az 5.3.1 fejezetben olvashat) egy, a Geodéziai Laboratórium¹³ által fejlesztett kiegészítő elem. Felhelyezhető a műszerállványokra (szívcsavarral rögzíthető) vagy a Kern talpnál megismert adapter segítségével arra is. Az eszköz függőlegesbe állítása után (ehhez szükséges talpcsavarokkal nem rendelkezik, így az az állvány lábának állításával történhet) az eszköz saját állótengelye körül elforgatható, illetve a ráhelyezett skála mentén eltolható. A forgatás kézzel végezhető, a szög leolvasásához egy egyszerű körlemezt használhatunk, amely 10 fokos osztásokkal rendelkezik. Az eltolás végezhető kézzel, de egy precízebb lehetőség, ha a műanyag tekerő segítségével mozgatjuk a skálán az elcsúszó részét az eszköznek. A skála mm osztású, az egész centik vannak számértékkel jelölve rajta, közepén a 0 osztás, melyre állítva az elcsúszó részt az éppen az állótengelybe esik. Ettől jobbra és balra is 15-15 centi eltolás végezhető.

¹³ Az akkori három tanszék: Általános geodézia, Felsőgeodézia és Fotogrammetria tanszékek közös műszerfejlesztő laboratóriuma volt



29. ábra A vízszintes elmozdulások létrehozásához használt eszköz

Végezetül ismét egy, az 5.3.1-es fejezetben alkalmazott szerkezetről ejtenék pár szót. Ez a darab a magassági eltolást teszi lehetővé. Amint a 30. ábra látható, Zeiss típusú talpba helyezhető bele, majd ezután a sárga, bordázott részt forgatva, a belső szürke fém henger, a rajta látható skála mentén tolható el magasságilag. A skála nagysága 5 centiméter, a szürke felületen cm-es osztás található, a sárga külső gyűrűn viszont egyenletesen szétosztva helyezkedik el egy 0-9 skála, mint segédosztás. Ez képviseli a mm-es értékek leolvasását vagy beállítását. Mivel található még a sárga gyűrűn további felező jelölés is, így tehát 0,5 mm-es segédosztással rendelkezünk.

Az eszköz a Zeiss LFG 1 típusú egyenes kitűző műszer egyik tartozéka. Az LFG 1-es vízszintes értelemben tetszőlegesen forgatható, azonban a kitűzéshez szükséges magassági állítása korlátozott ezért szükség esetén ezzel az eszközzel lehetett nyerni néhány extra centiméter.



30. ábra A magassági elmozdulások létrehozásához használt eszköz

4.4. Szükséges szoftverek

A sokféle felhasznált mérőeszköz mellett a tesztelés és az üzemeltetés során több különböző operációs rendszer és szoftver használatával igyekeztünk minél több lehetséges hibára rátalálni és biztosítani azt, hogy minél többféleképpen lehessen irányítani a méréseket.

Az Ulyxes alkalmazásai parancssorból futtathatóak, ezen írás idejében nem rendelkezik grafikus felhasználói felülettel. A Linux rendszerben történő futtatáshoz annak parancsora használható, Windows esetében az OSGeo4W¹⁴ programcsomagot használtuk. Ennek segítségével több különböző nyílt forráskódú alkalmazások együttes használata lehetséges. Mivel az alkalmazások Python nyelven készültek, ezért szükséges annak telepítése, szerencsére Windows esetében az OSGeo4W tartalmazza alapértelmezetten a Python-t. [PFK]

Ahhoz, hogy a Pi-t tudjuk irányítani, használhatjuk azt úgy, mint egy asztali számítógépet, vagyis monitort, egeret és billentyűzetet köthetünk rá. Vagy egy másik számítógép segítségével is irányíthatjuk azt, például ha olyan helyen található a Pi, ahol fizikailag nem lehet hozzáférni. Ekkor Linux alatt a parancssorban SSH (Secure Shell) segítségével léphetünk kapcsolatba a Pi-vel, amennyiben azonos hálózaton vagyunk azzal és ismerjük annak hálózati azonosítóját (IP címét). Windows esetében hasonló megoldást alkalmazhatunk, ehhez azonban szükségünk van egy újabb programra (Putty¹⁵), amely lehetőséget ad arra, hogy SSH kapcsolatot létesíthessünk az eszközzel. Illetve ahhoz, hogy fájlokat egyszerűen tudjunk másolni a Pi-ről és a Pi-re, Windows esetében a WinSCP¹⁶ programot használhatjuk, ez szintén SSH kapcsolat létesítésére ad lehetőséget. [PFK] [GSPR]

¹⁴ Hivatalos weboldal: <http://trac.osgeo.org/osgeo4w/>

¹⁵ Hivatalos weboldal: <http://www.chiark.greenend.org.uk/~sgtatham/putty/>

¹⁶ Hivatalos weboldal: <https://winscp.net/eng/docs/lang:hu>

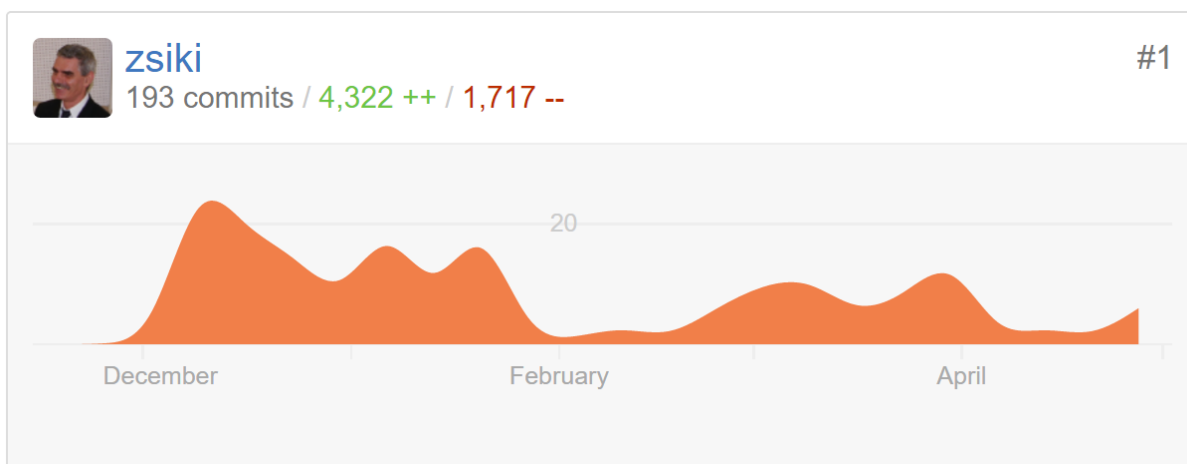
5. Tesztelés

Amikor elhatároztuk dr. Siki Zoltán tanár úrral, hogy közös munkánk célja az Ulyxes továbbfejlesztése akképpen, hogy az monitoring feladatokat is el tudjon látni, ez még egy egészen távoli célnak tűnt. Pontosan nem sejtettük, én legalábbis biztosan nem, hogy ebből mennyi és hogyan fog megvalósulni. Elkészül időre? Egyáltalán alkalmas lesz rá? Mekkora megbízhatósággal üzemel? Milyen pontossági mérőszámok jellemzik a méréseket?

Ilyen és ehhez hasonló kérdések fogalmazódtak meg bennem, és persze ahogy haladunk előre a munkában, a kérdések egyre-másra választ kaptak, a rendszer kezdett formát öltetni hála a sok-sok belefektetett energiának.

Amint azt említettem, a munka megkezdésekor a rendszer még nem volt alkalmas efféle monitoring felhasználásra. Azonban a szükséges elemek nagyrészt jelen voltak, hiszen rengeteg különböző módon és célra használva lett már eddig is az Ulyxes, nekünk (vagyis pontosabban a tanár úrnak, mert a programozás részét ő végezte) össze kellett „építeni” a megfelelő alkalmazást, amely képest volt elvégezni a feladatot.

Kezdetben a robot.py-t és a hozzá kapcsolódó sok-sok másik alkalmazást teszteltük, amely azt jelentette, hogy meghatározott módokon és beállításokkal futtattuk a rendszert, ezzel direkt vagy véletlenül előidézve hibákat, amelyeket ezután dokumentáltunk, majd a tanár úr elvégezte a javításukat. Közben ötleteltünk az új funkciókról, hogy mit és hogyan lehetne megvalósítani, merre lenne érdemes továbbindulni.



31. ábra Az Ulyxes projekt fejlődése¹⁷

Következő lépés, amikor elkészült a robotplus.py, ez már kifejezetten a monitoring feladatokra készült, bonyolult program, amelynek tesztelése és tökéletesítése nagyon sok időbe telt. A 31. ábra látható az Ulyxes-ben bekövetkező változások időbeli eloszlása, nagyjából decemberre tehető a csatlakozásom ideje, a robotplus.py első változata január végén került fel GitHub¹⁸-ra. Körülbelül április elején kezdődtek meg a hosszú idejű tesztmérések a teremben (ezekről részletesen később lesz szó), ekkortól tekinthető úgy, hogy a rendszer megbízhatóan képes

¹⁷ Forrás: <https://github.com/zsiki/ulyxes/graphs/contributors>

¹⁸ A GitHub egy online projekt tároló és megosztó felület, a programozók feltölthetik munkáikat, amelyet a közösség használhat és ahhoz javításokat, észrevételeket fűzhet, ezzel segítve a készítő munkáját.

ellátni a feladatát, innentől már csak apróbb javításokkal foglalkoztunk, a fő fejlesztési irány a funkciók bővítése volt.

A következő néhány fejezetben az egyes általunk elvégzett fontosabb tesztmérésekről lesz szó, illetve az ezekhez szükséges előkészítő folyamatokról.

5.1. Bodola Lajos komparátor terem

Bodola Lajos (San Pier d' Arena, 1859. okt. 9. - Budapest, 1936. jún. 28.) a pesti Műegyetemi diplomájának megszerzését (1885) követően tanársegédként az egyetem hidépítéstani, majd geodéziai tanszékén oktatott. Amikor Kruspér István 1894-ben nyugalomba vonult, a tanszék vezetését Bodolára bízták. Mint pedagógusnak igen nagy szerepe volt a geodézia hazai oktatásának európai szintre emelésében. [BLKFKI]

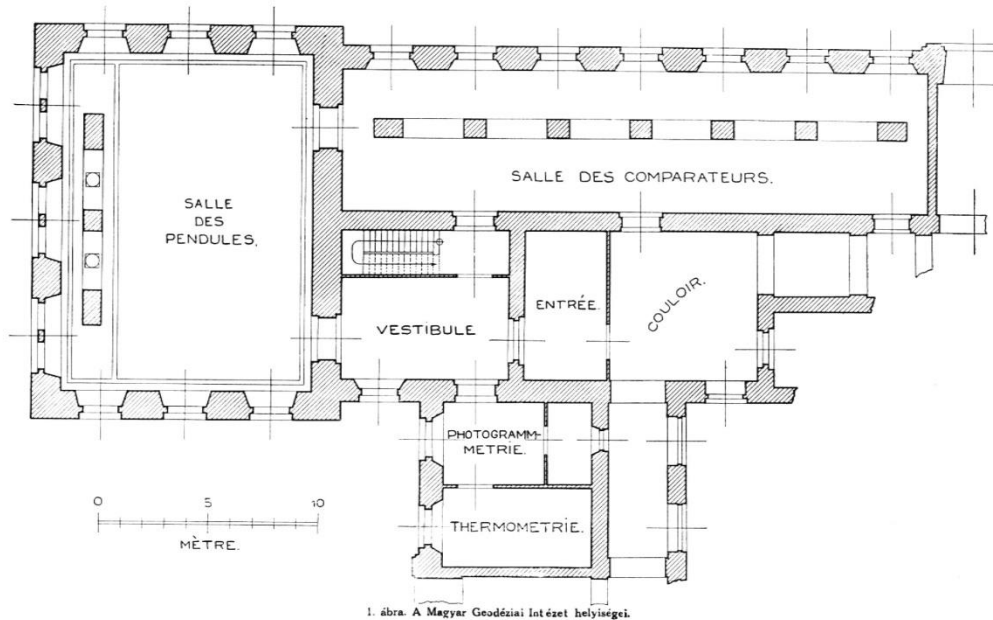
1899-ben az Állami Központi Mértékhitelítő Bizottság élére nevezték ki, tudományos tevékenysége elismeréseképpen 1894-ben az egyik legrégebb európai tudományos testület, a Comitée International des Poids et Mesures (Nemzetközi Súly- és Mértékügyi Bizottság) tagjai közé választotta. A Magyar Tudományos Akadémiának 1905-től volt lev. tagja. Odaadó munkát végzett a Nemzetközi Geodéziai Szövetségben is. Az elmélet mellett a geodézia gyakorlata, műszereinek technikája is vonzotta, több műszert és kiegészítő eszközt is tervezett. [BLKFKI]

A kolozsvári Tudományegyetem 1910-ben, a budapesti Műegyetem 1922-ben tiszteletbeli doktorrá avatta. 1912-ben nyugalomba vonult, s hátralévő éveiben a nemzetközi mértékügyi bizottság munkájában vett részt. Kimagasló érdemeit számos kitüntetés, köztük a francia Becsületrend Fémjelzi. Tiszteletére a tanszék a földszinti helységnek a Bodola Lajos Komparátor terem nevet adta. [BLKFKI]



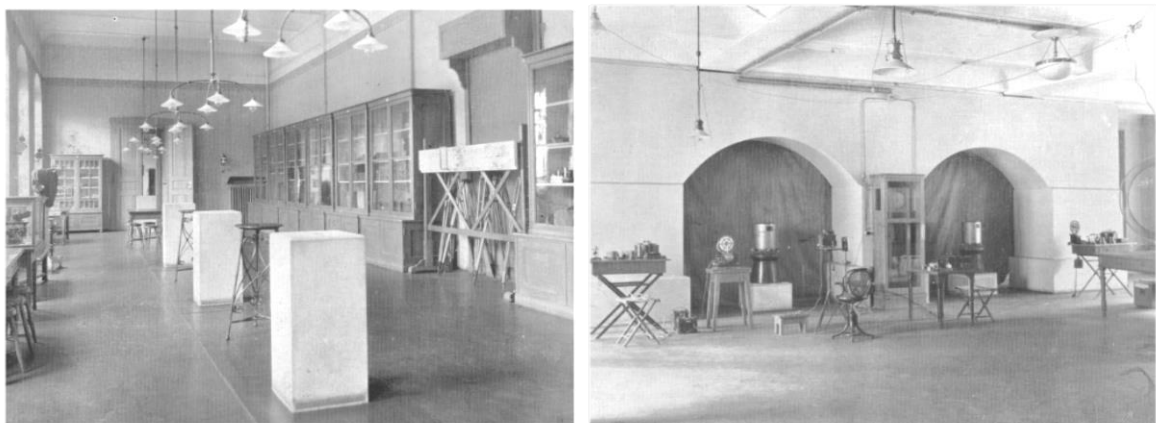
32. ábra Az emléktábla, mely a professor úr tiszteletére elnevezett teremben található

Tekintsünk kicsit Bodola professzor úr munkássága után, nagyjából az 1930-as évek elejére. Az Általános és Felsőgeodézia Tanszék vagy, ahogy akkoriban hívták, a Magyar Geodéziai Intézet alaprajza az alábbi képen látható:



33. ábra A Geodézia Tanszék földszinti alaprajza, 1931. évi állapot

Akkoriban a tanszék némelyik helysége más szerepet töltött be és máshogy is nézett ki, mint most. Korábban a tanárok, mint ahogy most is, a magasföldszinten helyezkedtek el, de nem külön szobákban, hanem egy nagy tágas és nyílt helységben asztaloknál ültek. Az elméleti oktatás és a gyakorlati órák is ezen a szinten zajlottak. A tanszék alsó része, amely a földszinten helyezkedik el, helyet adott az ingamérések számára fenntartott inga teremnek, amelyben Oltay Károly 1915-ben, a potsdami geodéziai intézet főalappontjáról relatív ingamérések segítségével meghatározta Magyarország első gravitációs főalappontjának nehézségi térerősség értékét. [INGA]



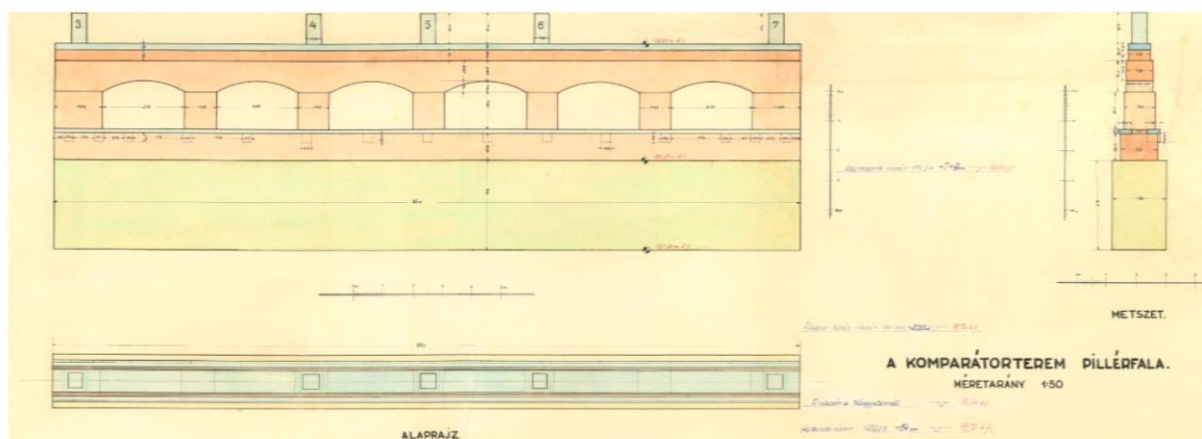
34. ábra Bal oldalt az emeleti helység, jobb oldalt pedig az ingamérés helyszíne látható

A ma komparátor teremként emlegetett helység, melynek feladata a gyakorlati és elméleti oktatás segítése, illetve a műszerekkel kapcsolatos vizsgálatokhoz szükséges felépítmények

biztosítása, korábban ennél szűkebb feladatkört látott el. A 35. ábra látszik, hogy a terem a mostani állapotától lényegesen eltérő képet festett akkoriban, ugyanis a ma komparáló padként ismert hosszú talapzat eredeti funkciója egy boltív megtartása volt, mely az emeleten található (34. ábra bal oldalán látható) pilléreket volt hivatott megtámasztani. Emellett a hossz komparálási funkcióját már akkor is tudta biztosítani, annyi különbséggel, hogy az alapvonalat jelölő réztábla nem a pillérfal tetején, hanem annak oldalában volt megtalálható. [INGA]



35. ábra Bal oldalt a régi, jobb oldalt a mostani állapot látható



36. ábra A boltíves tartószerkezet hossz és keresztmetszeti ábrája

A komparátor terem kiváló helyszínt biztosított arra, hogy a diplomához kapcsolódó vizsgálatokat elvégezhessem, ezzel megkönnyítve és meggyorsítva a munkát. A terem 6,5 méter széles, 26,5 méter hosszú. A műszer felállításához és más mérnöki szerkezetek ismert ponton történő elhelyezésére 5 pillér, 6 komparáló padon található pont és közel 35 padlón található pont szolgált, továbbá 14 függő és 8 prizma állt rendelkezésre a mérésekhez.

5.1.1. Függők, prizmák felszerelése

Az Építőmérnöki kar felújítási programjának keretében, nagyjából 2015. november és 2016. február között, az Általános és Felsőgeodézia Tanszéken komoly átalakulások mentek végbe. Ezek nagyrészt azon céllal lettek megvalósítva, hogy az oktatók a felső szinten, egymáshoz minél közelebb helyezkedjenek el, és ezáltal az alsó szinten felszabadított területen új,

modernebb tanterem létesülhessenek. Továbbá a komparátor teremben végzett falfelület felújítás oka a korábban rendszeresen tapasztalt átvizesedés jelensége, melyet szilikát alapú vizesedés elleni vakolattal igyekeztek orvosolni. Emellett a tanszék új látványbéli dizájnt is kapott, a fehér/zöld szín végigkíséri a tanszék minden felületét. További érdekesség, hogy a két tanterem padlóján található zöld négyzet által elkerített terület az épülettől független, saját mélyalapozású műtárgyakat hivatottak jelölni.

A lenti szinten végrehajtott átalakítások merőben átszabták a helységek korábbi elrendezését például egy új gépterem létesült a korábban külön üzemelő Sárga és Tarka termek helyett. Emellett további két, egy kisebb méretű és egy nagyobb méretű, előadóterem került kialakításra, melyek modern felszereltségük mellett további érdekességet is tartogatnak a geodézia iránt érdeklődőknek. Tudni illik ugyanis, hogy ezeken a helyeken korábban oktatói szobák voltak, melyek izgalmas dolgokat rejtettek: a kisebb teremben ugyanis egy, a komparátor teremben látható pillér és komparálópad rendszer további eleme található meg, egy hatodik pillér. A nagyméretű előadóteremben (Rédey terem) pedig a padlózatot találhatók két felnyitható fedél alatt korábbi ingaméréshez használt alappontok találhatók.

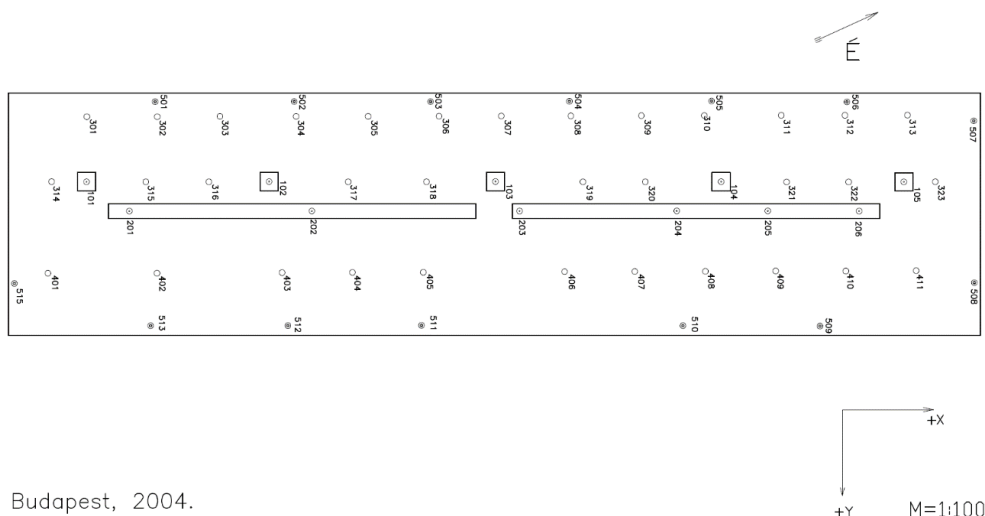


37. ábra Bal oldalt látható a zöld csík, mely az elkülönült alapozást jelöli, jobbra pedig a két fedél, amely a pontokat rejt

A komparátor terem falfelületének felújítása miatt minden, a falakról leszerelhető geodéziai vagy geodéziához kapcsolódó eszközt és jelölést illetve az egyéb, geodéziához nem kapcsolódó berendezést eltávolítottak, azok további felhasználhatóságának érdekében. Ezzel előállt azon kellemetlen helyet, melynek eredményeképpen, a korábbi években számunkra megfelelő helyszín biztosító terem, azon állapotában nem volt alkalmas a mérések helyéül szolgálni.

Másik hallgatótársammal, Rezsдовics Robinnal, vállaltuk magunkra a feladatot, hogy elsősorban a számunkra szükséges eszközök mielőbbi visszaszereléséről gondoskodunk. Ez a feladat elsősorban a teremben korábban megtalálható függők, saját konzoljukkal történő, felhelyezését valamint a prizmák új, ideálisabb helyre történő rögzítését jelentette.

Ponthálózat a komparátorteremben



38. ábra A komparátor terem pontjainak átnézeti képe a felújítás előtti

Első feladatként a függők felszerelését választottuk, ehhez dr. Takács Bence volt segítségünkre, akitől megkaptuk a teremben található, geodéziailag fontos objektumok koordinátáját (pillérek, pad pontjai, földi pontok, függők korábbi helye), melyek közül a pillérek és a pad pontjait tekintettük változásmentesnek, hisz ezek stabil, mély alapozású műtárgyak. Emellett ellátott minket a tanár úr a szükséges utasításokkal, melyek szerint: a függőknek lehetőség szerint minél jobban az eredeti helyükre kellett visszakerülniük, mind magassági, mind vízszintes értelemben.

A visszaszelés legelső lépése a függőket tartó fekete színű fém konzol valamely jellemző pontjának a faj síkjába eső koordináta-számítása, amely a fúrások helyének kitűzéséhez szükséges. Ehhez minden egyes függő konzolját, mivel ezek kissé eltérő méretekkel rendelkeznek, egyedileg mértünk le, és ez alapján toltuk el a kapott függő csúcsok pontját magasságilag és a fal irányába is. Az így kapott koordináta lista éppen a fúrások megjelöléséhez szükséges pontok helyét jelölte, így ezeket betöltöttük egy mérőállomásba (jelen esetben Leica TCRP 1201+) majd a 103-as pontszámú pilléren felállítva a műszert és letájékozva azt egy másik pillérré, a kitűzés funkcióval megjelöltük ezeket a pontokat, közben vezetékutató eszközzel ügyelve arra, hogy a majdani lyukak helyén lehetőleg ne találkozzunk elektromos vagy más közművezetékkel. Ezután a tényleges fúrási munkálatok megkezdése előtt a feljelölt helyeket egyeztetettük dr. Rózsa Szabolcs tanszékvezető úrral és csak ezután kezdtünk bele a fúrásba. Minden függőt három darab csavar tart a helyén, az



39. ábra Függők felszerelése folyamatban

ezekhez szükséges foglalatok fúrása után azokba dübel került, majd felkerült a függő, konzoljával együtt.



40. ábra Egy felszerelt függő a terem falán

Második feladatunk a korábban a teremben található kisméretű (Leica GMP104-es) prizma visszاسzerelése, melyhez extra nehezítésként szolgált, hogy ezek korábbi helyzeti koordinátái nem álltak rendelkezésünkre. Előnyünkre fordítva ezt a tény, adódott a lehetőség, hogy új és egyben jobb pozíciót találjunk számukra. Dr. Siki Zoltán javaslatai alapján, amelyek mind az én diplomamunkámat, mind a későbbi, a teremben elvégezhető méréseket tartotta szem előtt, úgy határoztunk, hogy a prizmákat a terem két rövidebb oldalához közel helyezzük el. Kettő-kettő a rövid falakon, kettő-kettő pedig a hosszú oldalon, de legfeljebb néhány méterre a sarkoktól. A prizma lehetőség szerint a korábban kihelyezett függők fölé kerüljenek, az irányultságukat tekintve pedig mind a terem közepe felé fordulva helyezkedjenek el. Ezzel biztosítva azt, hogy lehetőleg minél több állásból minél több prizma legyen tisztán látható, a terem két távolabbi végén történő elhelyezésük pedig a kényelmesebb, kevésbé meredek irányzást teszi lehetővé, főleg a terem átellenes álláspontjaiból.

A felszerelés első lépéseként minden prizma mellé egy hozzá tartozó fali konzolt kerestünk, mely egy fémlemez jelent rajta 2 lyukkal a fali rögzítés számára illetve egy, a lemezre merőleges rudat, ahova a prizma rögzíthető lesz. A függők helyének kitűzésétől eltérően itt szemmértékkel jelöltük fel a prizma helyét, közben egy-két alkalommal szükség volt a jelölések helyének magassági ellenőrzésére, ezzel biztosítva, hogy lehetőleg minden prizma közel azonos magasságba kerüljön. Vezetékkutatást is végeztünk, majd nekiláttunk a fúrásnak. Amikor elkészültünk egy fém konzol rögzítésével, akkor felkerült rá a prizma és megkezdődött annak megfelelő irányba állítása.



41. ábra Balra egy Leica GMP104-es látható, jobbra pedig egy, a komparátor terembe már felszerelt prizma a hozzá tartozó konzollal

Ehhez először a 103-as számú pillér-ponton kellett felállítanunk egy műszert, mely durva közelítéssel a terem közepének mondható. Ezután bekapcsoltuk a műszer látható lézer fényét és lekapcsolt teremvilágítás mellett egyikünk megirányozta a prizmát. Eközben a csapat második tagja a prizma mellett létrán állva azt finoman mozgatta. A sötét teremnek köszönhetően, ha a lézer útjának vonalát nem is, de a prizmáról visszavert fénynyaláb vetődési pontját megláthattuk. Majd ügyes kézmozdulatokkal a prizmát a konzol rúdja, illetve az L keret csavarja körül forgatva, sikerült jó közelítéssel a visszavert jelet a terem közepére vagy a műszerre vetíteni. Ezután a csavarokat meghúzva még egyszer ellenőriztük a prizma helyes pozícióját és ezzel el is készült annak felszerelése.



42. ábra Néhány, a prizmák felhelyezése közben készült kép

Összesen 14 darab függő és 8 darab prizma került felszerelésre a komparátor teremben, remélhetőleg ezzel ismét hosszú évekre biztosítva a lehetőséget a tanszéki dolgozók számára a geodéziai ismeretek oktatásához, illetve az itt tanuló hallgatóknak az ehhez kapcsolódó gyakorlati tudás elsajátításához.

5.2. Mérőállomások vizsgálata

A geodézia által használt műszerek, különösen a mérőállomások, komplex mechanikai, optikai és számítástechnikai elemek egysége. A velük megoldható feladatok sokszínűsége és az eközben elérhető kiemelkedő pontosság csakis a képzett műszerhasználó, a gondos kezelés és a megfelelő beállítás együttes megléte esetén garantálható. A szerkezetet alkotó elemek gyártása és összeszerelése során, a hosszú idejű használatból eredő illetve a hirtelen környezeti változások miatti (hőmérséklet, páratartalom, légnyomás, erős napfény, stb...) fellépő egyedi deformációk és hibák nagyságának vizsgálata és szükség esetén a felhasználói szintű vagy szakszervizben végezhető korrigálása szerves részét képezi az üzemeltetésnek.

Mérőállomások esetében, különösen a 4.1.1 fejezetekben tárgyalt típusokhoz hasonló, robot mérőállomásoknál különösen fontos a helyes beállítás vizsgálata, hiszen a műszer sok feladatot automatikusan elvégez helyettünk, ezzel nemcsak a munkát, de a helyszíni önellenőrzés lehetőségét is elveszítjük.

Tools... \Check & Adjust		TPS1200	530										
29 Tools... \Check & Adjust													
29.1 Overview													
Description	<p>Leica instruments are manufactured, assembled and adjusted to the best possible quality. Quick temperature changes, shock or stress can cause deviations and influence the instrument accuracy.</p> <p>It is therefore recommended to check and adjust the instrument from time to time. This can be done in the field by running through specific measurement procedures. The procedures are guided and have to be followed carefully and precisely as described in the following chapters. Some other instrument errors and mechanical parts can be adjusted mechanically.</p>												
Electronic adjustment	<p>The following instrument errors can be checked & adjusted electronically:</p> <table border="0"> <tr> <td>l, t</td> <td>Compensator longitudinal and transversal index errors</td> </tr> <tr> <td>i</td> <td>Vertical index error, related to the standing axis</td> </tr> <tr> <td>c</td> <td>Hz collimation error, also called line of sight error</td> </tr> <tr> <td>a</td> <td>Tilting axis error</td> </tr> <tr> <td>ATR</td> <td>ATR zero point error for Hz and V - option</td> </tr> </table> <p>Every angle measured in the daily work is corrected automatically if the compensator and the Hz-corrections are activated in the instrument configuration. Select Main Menu: Config... \Instrument Settings... \Compensator to check the settings.</p> <p>The results from check and adjust are displayed as errors but used with the opposite sign as corrections when applied to measurements.</p>			l, t	Compensator longitudinal and transversal index errors	i	Vertical index error, related to the standing axis	c	Hz collimation error, also called line of sight error	a	Tilting axis error	ATR	ATR zero point error for Hz and V - option
l, t	Compensator longitudinal and transversal index errors												
i	Vertical index error, related to the standing axis												
c	Hz collimation error, also called line of sight error												
a	Tilting axis error												
ATR	ATR zero point error for Hz and V - option												
Mechanical adjustment	Refer to the Leica TPS1200 User Manual for details.												

43. ábra A használati utasítás műszervizsgálattal kapcsolatos fejezete

A szükséges beállítások elvégzésére szakosodott szervizek és javítóműhelyek, vagy gyártói laboratóriumok állnak rendelkezésre. Az alapvető műszervizsgálatot a felhasználó is elvégezheti, a műszerek felhasználói kézikönyvei jellemzően útmutatóként szolgálnak a mérőállomás beépített műszervizsgálati programjában történő eligazodásra. Ekképpen tettem én is! Fellapozva a három műszer három használati utasítását, szinte ugyanazzal a leírással találkozhatunk: rövid tájékoztató, hogy mely érték milyen műszerhibára utal, majd egy ajánló a szükséges műszervizsgálat elvégzésének időpontjairól, egy figyelmeztetés a vizsgálati körülményekre vonatkozóan és végezetül magának a vizsgálatnak az elvégzéséhez szükséges felhasználó útmutató szintű leírás.

Az első műszerhiba az 'l' és 't' betűkkel jelölt, kéttengelyű kompenzátorral kapcsolatos hibák (angolul: 'index error from the 2-axis compensator'), ilyenkor két, egymáshoz képest 180 fokkal eltérő irányban vizsgáljuk a kompenzátor értékeit, amelyek hibátlan működés esetén fordított előjellel, de azonos abszolút értéket kell, hogy adjon. A 'i' és 'c' betűvel jelölt értékek az index hibát (angolul: 'index error from the vertical encoding circle') és kollimáció hibát (angolul: 'line-of-sight error') mutatják, előbbi a magassági index 0°-os osztásának az állótengelyhez képesti nem párhuzamosságára vonatkozik. Utóbbi pedig az irányvonal ferdeségére, mely a távcső irányvonala és a fekvőtengely közötti szögnek a 90 foktól való eltérése. Az 'a' jelölés a fekvő tengely merőlegességi hibájára (angolul: tilting-axis error) utal, amely során a műszer állótengelye nem pontosan merőleges a fekvőtengelyre. Végezetül a robot mérőállomások egyedi képessége, az automatikus prizma keresés (angolul: ATR – Automatic Target Recognition) hibájával kapcsolatos két irányú eltérés jellemzésére használt Hz és V komponenseket is megemlíthetjük. [TPS1200]



44. ábra Leica TCA 1800-as a műszervizsgálathoz használt pilléren

Az értékek meghatározásához beépített mérési programok szolgálnak. Jellemzően a műszerhibák általános mérési körülmények esetén, együttesen okoznak pontatlanságot a magassági és vízszintes körön tett leolvasásokban, így a javítások meghatározása speciális mérési helyzeteket követel meg, a hibák nem külön-külön határozhatók meg, hanem kombinált programok segítségével.



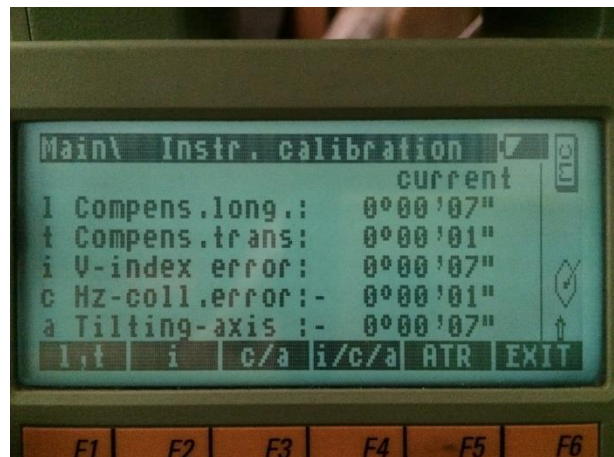
45. ábra Távoli pont a műszer vizsgálatához

Elsőként én az 'l' és 't' értéket határoztam meg, ehhez elindítottam a két értékre vonatkozó kombinált mérési programot, majd követtem az utasításokat. Egy pontot irányoztunk meg, majd

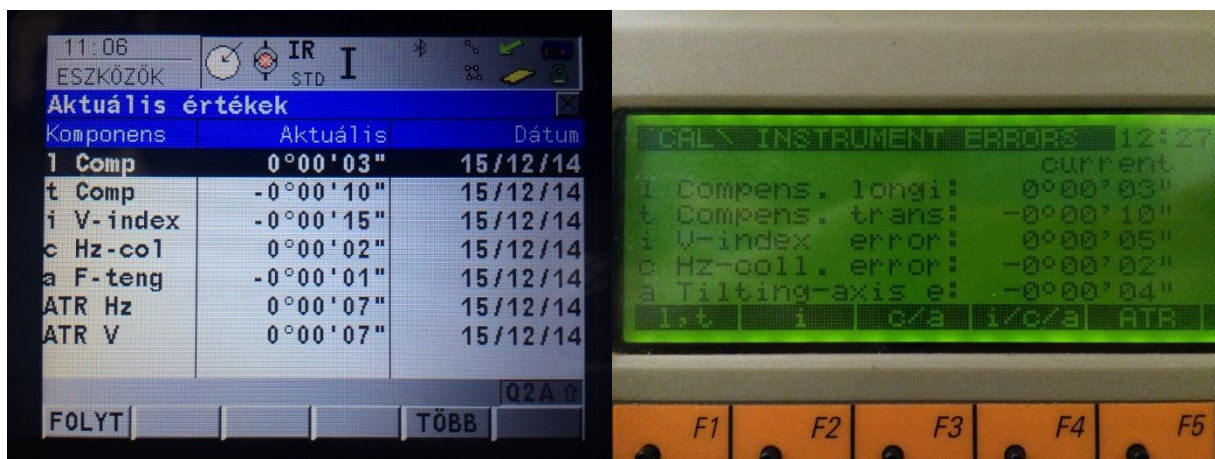
a mérés megnyomása után a műszer mindkét távcsőállásban mért egyet és kiszámította a javításokat. Ezután az 'i' 'c' értékek együttes meghatározásához egy közel vízszintes 100 méternél távolabbi irányra végeztem méréseket két távcsőállásban.

Az 'a' érték meghatározása történhetett az 'i' és 'c' értékek meghatározását követően, egy programon belül vagy csak a 'c' érték meghatározása után. Ehhez a méréshez egy meredek szög alatt látszó irányt kellett választanom, amelyre méréseket végeztem, két távcsőállásban. Utolsóként célszerű megvizsgálni az ATR hibaértékeit, ehhez egy prizma kellett ismételt méréseket végezni, természetesen az automatikus prizmaírányzó használatát mellőzve.

Minden műszerrel végzett mérés előtt elegendő időt hagytam arra, hogy az felvegye környezete hőmérsékletét, mérés közben pedig ügyeltem, hogy az egyoldalú hatásokat, különösen a direkt napfényt megelőzzem. Minden mérést többször végeztem el, ezzel elkerülve az esetleges kiugró, egyszeri értékeket. Amennyiben úgy tapasztaltam, hogy az általam mért értékekhez képest a műszerben tárolt aktuális érték nem mutat jelentős eltérést, úgy azt változatlanul hagytam, hiszen a műszervizsgálat nem feltétlen jelenti az értékek kötelező módosítását, inkább csak annak ellenőrzését. Az így kapott eredmények, mindhárom műszerhez az alábbi képeken láthatók:



46. ábra Leica TCRA1103 a műszervizsgálat utáni értékekkel



47. ábra Leica TCRP1201+ (balra) és a Leica TCA1800 (jobbra) műszervizsgálat utáni értékekkel

5.3. Tesztelés monitoring rendszerként

Miután az 5. fejezet eddigi részében megismerkedtünk a tesztelés első fázisának feladataival: ellenőriztük az Ulyxes korábban is meglévő elemeit, elkészítettük és alaposan leteszteltük a monitoring mérések elvégzésére készült robotplus.py-t¹⁹, megvizsgáltuk a mérések eszközeit,

¹⁹ Erről részletesebben a korábbi, 3.2.1 bekezdésben olvashat

különös figyelmet szentelve a mérőállomásoknak, végezetül előkészítettük a mérés helyszínéül szolgáló komparátor termet. Innentől kezdetét vehette a második fázis!

Kérdéseink most már a pontosság, megbízhatóság és üzembiztonság felé irányultak, ehhez létre kellett hozunk egy számunkra ideális tesztkörnyezetet, amely egy szimulált mozgásvizsgálati helyzetet jelentett. Mozgásvizsgálati feladat volt, hiszen, mint ahogy azt későbbiekben egy éles felhasználás esetén, a rendszer mozdulatlanak tekintett prizmákra támaszkodva geodéziai mérések segítségével számította ki más, elmozdulni vélt prizma helyzetét, majd az eredményeket online tárolta. Számunkra ideális tesztkörnyezetnek nevezem az általunk használt vizsgálatok helyszínét, ennek oka, hogy az itt megtalálható és általunk felhasznált pontok, legyen az egy álláspont vagy egy prizma, utóbbi lehet akár elmozdulás mentes akár monitoringként tekintett, a helyzetüket mindvégig változatlanak tekintettük, az esetlegesen detektált mozgásuk, vagyis a koordinátaikban meglévő differenciák csakis a méréseket és ezáltal az egész rendszer pontossági mérőszámait jellemző értékek.

A legtöbb vizsgálat helyszíne így végül a BME Általános és Felsőgeodézia tanszék Bodola Lajos komparátor terme volt. Az itt megtalálható pillérek közül a terem közepén lévő, 103-as számú, szolgált a mindenkori műszer álláspontjaként, a terem két rövidebb végében elhelyezett 4-4 darab prizma pedig a mérések pontjaiként. Utóbbiakat sorban, óramutató járása szerint számoztuk, 601-től 608-ig, a páratlanok szolgáltak FIX pontként a páros számúak pedig MON pontként. Feltételezésünk szerint sem a masszív, komoly alapozással rendelkező pilléren lévő álláspont, sem a megfelelően a falakra rögzített prizmák nem mozdulnak el, akkora mértékben legalábbis biztosan nem, hogy az alatt a néhány nap alatt, amíg rájuk méréseket végeztünk, komolyabb, akár 0,1 mm szintű elmozdulásokat tapasztaljunk.

5.3.1. Mesterségesen előidézett eltolódások vizsgálata

Méréseink során várhatóan nem fogunk tapasztalni elmozdulásokat, mégis szükségét éreztük annak, hogy teszteljük, a rendszer hogyan és miképpen kezeli azt, hogy az általa vizsgált pontok helyzete mérésről-mérésre megváltozik. Képes-e ezt a mozgást követni, képes-e újra és újra megtalálni a prizmat, egy komolyabb elmozdulás esetén nem jelentkezik-e egy váratlan hibaüzenet?

Ennek kiderítésére készítettünk egy mesterséges elmozdulások előidézésére alkalmas eszközkompozíciót, egy több elemből álló szerkezetet, mellyel nemcsak hogy egy adott tárgy (jelen esetünkben egy prizma) helyzetét tudjuk változtatni, de az egyes eltolások irányát ugyan korlátozott mértékben, de kellő pontossággal tudjuk szabályozni.

A pontok helyzetének megadása sokféleképpen történhet, mi a derékszögű koordinátarendszert alkalmaztuk, melynek vízszintes tengelyei közül az egyik a terem hosszirányával közel párhuzamos a másik pedig arra merőleges. A harmadik koordináta természetesen a magasság. Ehhez mérten az általunk összeállított szerkezet is ilyen irányú elmozdulások létrehozására kellett, hogy képes legyen. Az eszköz kompozíció elemei az alábbi ábrán láthatók:



48. ábra Mesterséges elmozdulások létrehozásához szükséges eszközök

Balról jobbra haladva láthatunk egy Leica GPR121 típusú prizmát, előtte két alumínium adaptert, amelyek segítségével a prizma a Zeiss műszertalpra illeszthető. Utóbbi szintén látható a képen, a szürke, háromszög alakú eszköz az. Bal oldalt látható még a 4.3-as fejezet végén megismert magassági eltolásra alkalmas eszköz. Jobb oldalt látható a szintén a 4.3-as fejezetben megismert vízszintes eltolásra alkalmas, narancssárga színű, Geodéziai Laboratórium által fejlesztett eszköz, majd ettől jobbra egy Kern típusú műszertalp. Az eszközökből összeépített szerkezet lent látható:



49. ábra A két képen látható mind vízszintes, mind magassági értelemben történt mozgítás

A vizsgálat során minden mérés között kézzel állítottam valamekkora eltolást, vagy csak vízszintes értelemben, vagy csak magassági értelemben vagy mindkettőt. Az eltolásokat ezután feljegyeztem majd elvégeztem a mérést a rendszer segítségével. Az általam felírt elmozdítás és a rendszer által feltöltött koordinátákból kiszámítható elmozdulás különbsége tartalmazza egyrészt a vizsgálatot elvégző személy gondosságát, másrészt a rendszer elmozduló pontra vonatkozó követési pontosságát. Minden mérés alkalmával ellenőrzésképpen meghatároztam a 602 és 608 számú prizmák helyzetét is, amelyeket ez esetben is elmozdulás mentesnek feltételeztem, így kiszűrhettem volna, ha a vizsgálat során a műszer esetleg elmozdul.

Elsőként az eltolásokat kizárólag vízszintes értelemben, a prizmát és a műszert összekötő egyenes mentén végeztem. Ekkor 30 centiméternyi skála állt rendelkezésemre, kisebb-nagyobb

eltolásokat végeztem. Az eredmények a melléklet 1. táblázatában láthatók. Piros színnel jelöltem az 1mm-nél nagyobb eltérést.

Második körben még mindig vízszintes értelemben, de már az előzőekben megismert irányra merőleges eltolásokat végeztem, szintén 30 centiméter skála állt rendelkezésemre. Ennek eredménye a 2. táblázatban található. Ismét piros színnel kiemelve az 1mm-nél nagyobb eltéréseket.

Harmadik fordulóban magassági eltolást végeztem, ekkor 5 centiméteres skála állt rendelkezésemre. Ennek eredménye a 3. táblázatban látható. Ez esetben nem volt szükség a piros kiemelésre, minden érték 0,5mm-nél kisebb volt.

Utolsó esetben vegyes eltolást végeztem, amely során forgatással értem el a két irányú vízszintes eltolást, plusz ehhez hozzátartozott még a magassági eltolás is. Vízszintesen 30 centiméter átmérőjű kör terület állt rendelkezésemre, magassági értelemben a korábban megismert 5 centiméter. Ennek eredményei a 4. táblázatban találhatóak.

Az eredmények vizsgálata előtt fontos megjegyezni, hogy a prizma-műszer egyenes mentén végzett eltolástól azt vártam el, hogy jellemezze a műszer távmérési képességét, az ezen irányra merőleges eltolás viszont a műszer szögpontosságára és az ATR prizmakereső megbízhatóságára adjon valamilyen tájékoztatást. A mérés során egy Leica TCRA1103-as műszert használtam, szögmérési pontossága: 3" távmérési pontossága prizma: 2 mm + 2 ppm.

A táblázatokat megnézve, mindkét vízszintes eltolás esetén vannak kiugróan nagy eltérések, amelyen háttérben vagy emberi hiba állhat vagy az eszközök pontatlansága adhat okot. Ha ezeket figyelmen kívül hagyjuk, akkor a többi érték egészen jónak tekinthető. Magassági vizsgálat esetében viszont az értékek kifejezetten jól alakulnak, egyetlen kiugró érték sincsen, sőt minden eltérés 0,5 mm alatti. A vegyes eltolás esetében ismét visszatér a vízszintes eltolásnál tapasztalt néhány kiugró érték.

Az eredményeket összefoglalva egyrésztől megnyugtató, a rendszer mozgásvizsgálati szempontból igen szélsőséges közelségből (körülbelül 10 méter volt a műszer és a prizma között) is egészen nagy, 15 centis elmozdulásokat is gond nélkül képes érzékelni. Másfelől viszont túlságosan gyakran és túl nagy pontatlanság mutatkozik az elméleti és a mért elmozdulások között. Ennek oka részben a nem túl pontos műszer, illetve a vízszintes eltoláshoz alkalmazott eszköz lehet, utóbbi nem kifejezetten váltotta be a hozzá fűzött reményeket, használata nehézkes és nem elegendően precíz, továbbfejlesztése vagy más eszközzel történő helyettesítése alapfeltételen lenne a vizsgálat megismétlésének. Idő, de főképpen erőforrás hiányában a szükséges felszerelés kifejlesztése vagy felkutatása nem volt lehetséges, az ismételt vizsgálat elvégzésére nem volt lehetőségünk.

Felmerülhet talán az olvasóban a kérdés, hogy ha végeztünk kísérleteket a monitoring pontok eltolásával, akkor miért nem kísérleteztünk a mozgásmentesnek feltételezett pontok eltolásával is. Erre mindenképpen érdemes választ adni! Ennek oka, hogy javaslatunk szerint egy monitoring rendszer létesítésekor mindenképpen érdemes a szükségesnél lényegesen több FIX-nek tekintett pontot elhelyezni az időszakos kitakarás vagy az esetenként előforduló pontpusztulás okán, nehogy meghiúsuljon egy mérés. Ekkor viszont érdemes mindet fel is használni a mérés során, tehát a szabad álláspont meghatározáskor egyben kiegyenlítést is

végzünk, ennek eredményeképpen, ha az egyik pont elmozdul, akkor a számítási program a kiegyenlítés során már a hibaszűrőkor kihagyja az adott pontra végzett méréseket.

5.3.2. Hosszú idejű üzemelések előkészítése

Előzőleg láthattuk, hogy a rendszer képes a mozgások követésére és rögzítésére, de a nem túl sikeres kísérlet eredményeképpen a pontossági mérőszámokról nem kaptunk információt. Ennek kiküszöbölésére előkészítettük a következő tesztelési módszert, a hosszú idejű üzemelést, amely remélhetőleg az üzembiztonság mellett a pontossággal kapcsolatos kérdésekre is választ adhat.

Ahogy azt a 3.2.1-es fejezetben leírtam, a robotplus.py elvégzi egy mérési sorozat minden feladatát. Ahhoz, hogy ez monitoring rendszerként üzemelhessen, nincs más dolgunk, mint meghatározott időnként elindítani ezt a programot.

Linux operációs rendszer esetében erre kiváló megoldás a crontab parancs, amely kifejezetten időzített feladatok létrehozására alkalmas. Ahhoz, hogy a crontab elindíthassa helyettünk a megfelelő feltételekkel a robotplus.py-t, szükségünk van egy szkript megírására, amelyet egy futtatható bash fájlba tehetünk meg. [LFD]

```

1  #!/bin/bash
2  cd /home/user/ulyxes/pyapps
3  ./robotplus.py robotplus.json
4

```

50. ábra Az általunk használt bash fájl

A fenti képen látható a szkript, annak első sorában rögzítjük, hogy milyen fájlról is van szó, a rendszer így már tudja, hogy ez egy bash program. A következő sor egy könyvtár váltás, arra az esetre, ha a kezdőkönyvtárunk nem egyezne meg a robotplus.py helyével. Végezetül az utolsó sorban lefuttatjuk a robotplus-t, a hozzá tartozó paramétereket pedig a fenti esetben a robotplus.json tartalmazza. Itt érdemes szót ejtenünk erről a fájlról. Ahogy a legtöbb programnak, a robotplus.py-nak is vannak paraméterei, ezek olyan változók, melyek kis mértékben befolyásolják annak lefutását és ezzel együtt a végeredményként kapott értékeket is. Az alábbi képen láthatunk egy ilyen json fájlt, nézzük sorban a benne található paraméterek jelentését és feladatát: [PFK]

```

1  { "__comment__":      "Ulyxes robotplus.py configuration",
2    "log_file":        "/home/user/ulyxes/pyapps/robotplus.log",
3    "log_level":       "info",
4    "log_format":      "%(asctime)s %(levelname)s: %(message)s",
5    "station_type":    "TCRA1103",
6    "station_id":      "1",
7    "station_height":  0,
8    "station_coo_limit": 0.1,
9    "orientation_limit": 0.1,
10   "faces":           2,
11   "fix_list":         ["12", "13", "14"],
12   "mon_list":         ["2", "3", "4"],
13   "max_try":          3,
14   "delay_try":        0,
15   "port":             "/dev/ttyUSB0",
16   "gama_path":        "/home/user/pyapps/gama-local",
17   "stdev_angle":      1,
18   "stdev_dist":       1,
19   "stdev_dist1":     1.5,
20   "dimension":        3,
21   "probability":     0.95,
22   "blunders":         1,
23   "coo_rd":           "http://[redacted]/monitoring/queri.php",
24   "coo_wr":           "http://[redacted]/monitoring/get.php",
25   "obs_wr":           "http://[redacted]/monitoring/get.php",
26   "avg_wr":           1,
27   "decimals":         4,
28   "met":              "WEBMET",
29   "met_addr":         "http://api.openweathermap.org/data/2.5/weather",
30   "met_par":          "c[redacted]f"
31 }
32

```

51. ábra A konfigurációs paramétereket tartalmazó json fájl

Az első sorban a komment mellett rövid leírást találunk arra vonatkozóan, hogy ez a fájl milyen célt szolgál. Második sorban a *log_file* annak a szöveges állománynak a helyére és nevére utal, amelybe a mérések során a feljegyzendő szöveges üzenetek kerülnek. A *log_level* alapján dől el, hogy egy adott üzenet bekerül-e a log fájlba, értéke info, warning, error lehet. A *log_format* a mentésre kerülő üzenet alakját határozza meg, ebben az esetben az időpont, az üzenet típusa és maga az üzenet kerül a fájlba.

A következő néhány érték az álláspontra vonatkozik. A *station_type* az álláspontra található műszer típusa, a *station_id* az álláspont pontszáma/neve, a *station_height* a műszermagasság, a *station_coo_limit* az álláspont koordinátájára, az *orientation_limit* a tájékozásra vonatkozó koordináta tűrések értéke. Ha ezeknél az értékeknél nagyobb lineáris eltérés adódna a szabadálláspont számítása illetve a tájékozás során, a rendszer figyelmeztetést küld.

A *faces* a távcsőállások száma, a *fix_list* tartalmazza a mozdulatlanak vélt (FIX), a *mon_list* a mozgásvizsgálati (MON) pontok számát/nevét. A *max_try* és a *delay_try* a sikertelen távmérés esetén az újrapróbálkozások számát és az azok közötti várakozás idejét jelenti másodpercben. Gyakran kitakaró objektumok esetén hasznos lehet, például gépjárműforgalom esetén. A *port* annak a kommunikációs csatornának az azonosítója, amelyen keresztül a program felveheti a kapcsolatot a műszerrel.

A *gama_path* a GNU Gama programfájlja, ezt használjuk a szabadálláspont számításhoz. Ehhez kapcsolódóan a *stdev_angle* az iránymérési a *stdev_dist* és a *stdev_dist1* a távmérési középhibák értéke. A *dimension* a kiegyenlítés dimenziója, a *probability* a kiegyenlítéskor alkalmazott konfidencia-intervallum értéke. A *blunders* pedig a durvahiba szűrésre vonatkozó paraméter, 1 = van hibaszűrés, 0 = nincs hibaszűrés.

A *coo_rd* a koordináták lekéréséhez a *coo_wr* és *obs_wr* a koordináták és mérési adatok feltöltéséhez szükséges internetes URL vagy a helyi fájl neve. Az *avg_wr* az átlagolás módját határozza meg, 1 esetén a több távcsőállásban végzett méréseket a program átlagolja és csak az átlagolt értékeket tárolja, 0 esetén az összes mérési eredményt és koordinátát rögzíti. A *decimals* a feltöltött értékek élességét (a tizedes jegyek számát) határozza meg.

A *met* a meteorológiai szenzorra vonatkozó paraméter. Jelenleg három értéke lehet: 'WEBMET', 'BMP180', 'SENSEHAT'. A WEBMET-hez tartozhat egy *met_addr* és *met_par* amely az interneten történő adatlekéréshez szükséges cím és egyedi azonosítót jelent. A másik kettő esetén terepi számítógéphez kapcsolt meteorológiai szenzorról van szó.

Mielőtt megkezdődtek a tényleges hosszú idejű vizsgálatok, végeztünk egy apró tesztet, a TCRA1103-as műszert egy északára otthagytuk a teremben. Ennek számszerű eredményeit különösebben nincs értelme alaposabban megvizsgálni, a mérés sikeresen lezajlott, egyetlen ciklus sem maradt el, ugyanakkor hasznos tapasztalattal lettünk gazdagabbak: az egyes méréssorozatok közötti eltérések még ennél a szerényebb pontosságú műszernél is igen kicsik, a mérési eredmények elmentése legalább 4 tizedesjegy élességig szükséges, hogy utána az érdeemben feldolgozható legyen.

5.4. Hosszú idejű tesztmérések a komparátor teremben

Miután megbizonyosodtunk róla, hogy előkészítettünk mindent, elkezdődhetett a több napos mérések ideje. Mindhárom Leica műszerrel szeretnénk volna a teremben mérni, lehetőleg 48, de inkább 72 órát meghaladó ideig, miközben legalább 60 percenként történik egy mérési sorozat. Várakozásaink szerint a három műszer, amellet hogy üzembiztosan és problémamentesen fog mérni, három némileg eltérő pontossági értékeket mutató adathalmazt fog készíteni.

Elsőként a korábban rövid ideig is tesztelt TCRA1103-as műszert használtuk. A mérés 2016. április 1 – 4. (péntek-hétfő) között történt, 10 percenként végeztünk méréseket, összesen nagyjából 350 mérési ciklus történt. A mérés során 3 dimenziós kiegyenlítést alkalmaztunk, 95%-os konfidencia-szinttel, a műszer középhibáira 3" irány és 1 mm + 1,5 ppm távmérési értékeket állítottunk be, az értékeket 4 tizedes élességig jegyeztük fel.

Következő tesztelés során a Leica TCA1800-as műszert használtuk. A mérés 2016. április 8 - 11. (péntek-hétfő) között történt, 30 percenként végeztünk méréseket, körülbelül 150 mérési sorozat készült. A mérés során 3 dimenziós kiegyenlítést alkalmaztunk, 95%-os konfidencia-szinttel, a műszer középhibáira 2" szög és 0,6 mm + 1,5 ppm távmérési értékeket állítottunk be, ennek oka a közeli irányok miatti várhatóan rosszabb szög, de a rövid távolságok miatt jobb távmérési középhiba érték. Hibaszűrést végeztünk, az értékeket 4 tizedesig tároltuk el.

Harmadik és egyben utolsó, a teremben történt mérés során a Leica TCRP1201+ műszert használtuk, a mérés 2016. május 2 – 4. között zajlott, 30 percenként mértünk, ezzel nagyjából 100 ciklust rögzítve. A mérés során 3 dimenziós kiegyenlítést alkalmaztunk, 95%-os konfidencia-szinttel, a műszer középhibáira 2" szög és 0,6 mm + 1,5 ppm távmérési értékeket állítottunk be. Hibaszűrést végeztünk, az értékeket 5 tizedesig tároltuk el.

Mindhárom mérésre igaz volt, hogy azon kimaradásmentesen és gond nélkül lezajlottak, minden mérés sikeresen befejeződött, az adatok rögzítve lettek, nincs hiányzó információ, a feldolgozást el tudtuk végezni.

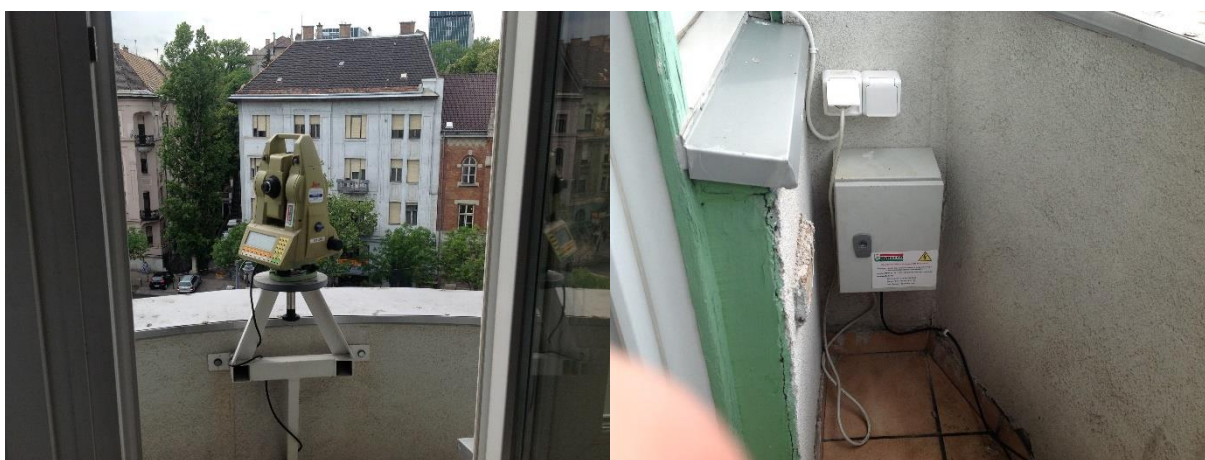
5.5. Külső helyszín (időjárési hatások)

A Hungeod Kft. egy 1990-ben alakult, Budapesti székhelyű vállalat, akik építőiparhoz kapcsolódó széleskörű geodéziai szolgáltatást nyújtanak. A cég tapasztalt a monitoring feladatok terén, munkáik között megtalálható a Szegedi Eli-Alps tudományos kutatóközpont, a Budapesti a 4-es metró és a Parlament mélygarázsának építése során végzett monitoring rendszerek kiépítése és üzemeltetése. Tapasztaltak mind a Soldata mind a Leica GeoMoS rendszer használatában. [HUNG]

A cég érdeklődött az Ulyxes projekt iránt, szívesen kipróbálták volna a mi monitoring megoldásunkat is, de előtte szeretnék volna látni, hogy hogyan is működik. Dr. Siki Zoltán a céggel egyeztetve úgy döntött, hogy elhelyezünk egy folyamatosan üzemelő rendszert a Hungeod Kft. Budapesti irodájában. Így láthatják hogyan halad a fejlesztés és mire képes a rendszer.

A náluk üzemelő rendszert egy, az iroda erkélyén elhelyezett, konzolon található Leica TCA1800-as mérőállomás és négy darab kisméretű Leica prizma (az általunk is használt GMP104-es) alkotja. A négy prizmából három nem túl szerencsés helyzetben, nagyjából egymás fölött helyezkedik el, a negyedik prizma pedig vízszintes irányban nagyjából ettől a háromtól 90 fokra. Ennek oka, hogy az irodával szemben lakóházak vannak, a prizmák elhelyezése nehézkes, nem minden lakóközösség járul hozzá. Ehhez mérten itt a szabad álláspont kiszámítása kettő pont felhasználásával történik, melyek közül csak az egyik lehet az egymás fölött megtalálható három prizma egyike.

Fontos megjegyezni, hogy ebben a hálózatban mind a négy prizma szerepelt MON és FIX pontként is. Kezdetben azonos koordinátával indultak, a 101-102-103-104 pontok voltak a fix koordinátájúak, az 1-2-3-4 pedig a monitoring pontok.



52. ábra Baloldalt a műszer az erkély konzolján, jobb oldalt az időjárás álló doboz, amely a terepi eszközöket védi

Az egyetemen üzemelő összeállításhoz képest itt alkalmazni kellett néhány változtatást. Először is a Pi nem a műszer közvetlen közelében helyezkedik el, másodsorban a Pi hálózati csatlakozását vezetékes megoldással kellett megoldani, ugyanis a használt Wifi stick nem volt megbízható, állandó kapcsolatvesztési problémáink adódtak vele. Illetve a mérés során, mivel nem állandó a hőmérséklet/légnyomás/páratartalom értékháromas, ezért valamilyen szenzort kellett használnunk ennek méréséhez. A kezdeti fázisban, amikor a Pi még kint helyezkedett el az erkélyen, akkor a rászerezhető SenseHAT szenzorait használtuk, amikor bekerült a Pi az épületbe, akkor az OpenWeatherMap²⁰ ingyenesen hozzáférhető adatait használtuk fel.

Így a végleges felépítésnél a műszer közvetlen közelében található védődoboz feladata a mérőállomás árammal történő ellátása illetve egy Leica Viva TCPS29-es védelme. Utóbbi egy ipari bluetooth jeltovábbító eszköz, hatótávolsága 1000 méter, kifejezetten a Leica műszerek méréseinek továbbítására alkalmas. Nem mesze tőle, bent az irodában megtalálható a jeltovábbító párja, hozzácsatlakoztatva a Raspberry Pi-hez, amely vezetékes kapcsolattal csatlakozik a hálózathoz.

A rendszer beüzemelésétől kezdve folyamatosan dolgozott és 60 percenként végzett mérési sorozatot. Persze rengeteg problémával találkoztunk, sokszor csak úgy abbahagyta a mérést, vagy egésze furcsa és lehetetlen adatok kerültek fel az adatbázisba. A problémákat azonosítottuk, a javításokat elvégeztük legyen az akár egy eszköz cseréje, a hálózat-geometria javítása vagy a kódsorban történő módosítás. A rendszer méréseinek feldolgozása során a 2016. május 2.-6. közötti adatokat használtam, ezek már a teljesen hibamentesnek tekinthető üzemelés során készültek.

²⁰ Hivatalos weboldal: <http://openweathermap.org/>

6. Értékelés, feldolgozás

Miután megtörténtek a mérések, rendelkezésünkre áll rengeteg adat, amelyeket szeretnénk gyorsan és hatékonyan feldolgozni. Nagyban egyszerűsödik a helyzetünk, hiszen szinte ugyan azokat a műveleteket kell elvégeznünk minden teszthelyzet minden mérésének minden egyes ciklusára és pontjára. Vagyis adódik az ésszerű ötlet, hogy készítsünk célirányos feldolgozó programot, amely személyre szabottan a mi adataink beolvasása után a nekünk szükséges eredményeket számítja ki (esetleges ábrákat ment le).

Az efféle, főként matematikai számításokat tartalmazó geometriai kiértékeléshez célszerűnek tűnt az Octave²¹ használata. Ezt indokolta az is, hogy a diplomafélévemben hallgattam a dr. Laky Piroska által tartott Geodéziai számítások Matlab/Octave használatával (BMEEOAFV49) című tantárgyat és az ott megszerzett friss tudást itt azonnal hasznosítani tudtam. Így dr. Siki Zoltán segítségével elkészítettünk egy feldolgozó programot, ő megírta annak magját (amely elvégezte a számításokat az X koordinátára), én pedig tovább bővítettem azt mindhárom koordinátára és elvégeztem az eredmények megjelenítésével kapcsolatos formázásokat is.

A mérések feldolgozásánál minden alkalommal ezt a programot használtam, a bemenő adatok az álláspont és a monitoring pontok koordinátájának listája. A program futása után a számítás eredményét koordináták és pontok szerint listázza, valamint elkészít minden pontra és minden koordinátára egy empirikus sűrűségfüggvényt és egy regressziós ábrát is. Minden ábra nem került be a diploma mellékletébe, mert csekély többletinformációt tartalmazna pl: mind a négy monitoring pont grafikonja, ezért azok közül mindig választottam egyet, amely beszúráásra került, a többi grafikon kép formájában, a bemenő adatok illetve a feldolgozó program mellett felkerült a diplomához csatolt CD lemezre.

6.1. Eredmények feldolgozása

Elsőként a TCRA1103-assal végzett méréseket dolgoztam fel, az így eredményül kapott értékek:

East						
id	mean	min	max	range	stddev	skew
103	119.1909	119.1901	119.1920	0.0019	0.0002	0.3913
602	116.8532	116.8515	116.8552	0.0037	0.0005	0.3355
604	117.5251	117.5233	117.5261	0.0028	0.0005	-0.6505
606	123.3008	123.2996	123.3015	0.0019	0.0003	-0.6260
608	120.7610	120.7591	120.7634	0.0043	0.0006	0.3297

²¹ Hivatalos weboldal: <https://www.gnu.org/software/octave/>

North						
id	mean	min	max	range	stddev	skew
103	130.0367	130.0355	130.0377	0.0022	0.0004	-0.2804
602	120.4644	120.4630	120.4654	0.0024	0.0004	-0.2527
604	143.2223	143.2210	143.2233	0.0023	0.0004	-0.2904
606	138.8759	138.8748	138.8768	0.0020	0.0003	-0.4137
608	116.7455	116.7443	116.7466	0.0023	0.0004	-0.4413
Elevation						
id	mean	min	max	range	stddev	skew
103	119.9995	119.9992	119.9997	0.0005	0.0001	-0.6608
602	122.1181	122.1177	122.1184	0.0007	0.0001	-0.6521
604	122.1329	122.1325	122.1333	0.0008	0.0001	-0.2255
606	122.1344	122.1341	122.1347	0.0006	0.0001	-0.5062
608	121.9230	121.9225	121.9234	0.0009	0.0001	-0.0474

East, North és Elevation jelenti a három koordinátát (X,Y,Z). Az *id* a pontszámot, *mean* az átlag, *min* és *max* pedig a legnagyobb és legkisebb érték. A terjedelmet a *range*, a szórást az *stddev* jelöli. A *skew* a normáloszlás-görbe ferdeségét jelöli. Az átlag, minimum, maximum, tartomány és szórás mértékegysége méter, a ferdeség mértékegység nélküli.

Az álláspontra vonatkozó hisztogramok és regressziós egyenesek ábrái függelékben található 1. grafikon és 2. grafikonon láthatóak. A monitoring pontok közül a 606-ost választottam, annak ábráit a 3. grafikon és a 4. grafikon tartalmazza.

Ha megvizsgáljuk a kapott értékeket és az ábrákat, akkor láthatjuk, az egyes koordináták közül a magasság kiemelkedően jobb értékeket mutat, a két vízszintes koordináta közel azonos értékeket kapott. Elmondható, hogy a minimum és maximum közötti eltérések vízszintes értelemben 2-4 mm közötti, magasságnál 1 mm alatti. A szórások 0,5 mm körüli értékek, de a magasság ez esetben is kiemelkedő 0,1 mm-es értékével. Az empirikus sűrűségfüggvény alapján elmondhatjuk, a mérési eredmények eloszlása jól közelíti a normális eloszlás görbét, a regressziós ábrák alapján pedig látható, a mérések ráilleszthetők egy egyenesre, utóbbinak egyik esetben sincs jelentős meredeksége így elmozdulási trend nem tapasztalható.

Következőnek a TCA1800-as méréseit dolgoztam fel, hasonlóan az előzőhöz, kezdjük itt is a kapott számadatokkal:

East						
id	mean	min	max	range	stddev	skew
103	119.1910	119.1909	119.1910	0.0001	0.0001	-0.1227
602	116.8531	116.8528	116.8533	0.0005	0.0001	0.2058

604	117.5253	117.5249	117.5256	0.0007	0.0001	-0.4985
606	123.3005	123.3003	123.3008	0.0005	0.0001	-0.4502
608	120.7609	120.7606	120.7612	0.0006	0.0001	0.2961
North						
id	mean	min	max	range	stddev	skew
103	130.0370	130.0368	130.0372	0.0004	0.0001	0.3467
602	120.4652	120.4650	120.4655	0.0005	0.0001	0.1750
604	143.2219	143.2217	143.2222	0.0005	0.0001	0.3538
606	138.8757	138.8755	138.8759	0.0004	0.0001	0.2066
608	116.7465	116.7463	116.7467	0.0004	0.0001	0.2259
Elevation						
id	mean	min	max	range	stddev	skew
103	119.9886	119.9885	119.9887	0.0002	0.0000	1.9003
602	122.1179	122.1178	122.1180	0.0002	0.0000	0.8338
604	122.1327	122.1327	122.1328	0.0001	0.0000	0.3125
606	122.1344	122.1343	122.1344	0.0001	0.0000	-1.7781
608	121.9228	121.9228	121.9229	0.0001	0.0000	0.4542

Ez esetben a 103-as álláspont és a választott, 602-es, monitoring pont ábráit az 5. grafikon, 6. grafikon, 7. grafikon és 8. grafikon tartalmazza.

A táblázat értékei alapján örülhetünk, az előző méréshez képest: a minimum és maximum értékek közelebb kerültek egymáshoz, emiatt a terjedelem lényegesen lecsökkent, a szórás szintén. Ellenben megnézve az ábrákat láthatjuk, hogy az értékek eloszlása legfeljebb jóindulattal hasonlít a normális eloszláshoz. Jobb esetben látunk néhány normáeloszlás-szerű oszlopcsoportot a hisztogramokon, viszont az álláspont mindhárom koordinátájának esetében és a monitoring pontok magassági koordinátájánál egész egyszerűen egy oszlopot látunk csak. Ennek oka, hogy az TCA1800-as műszer annyival pontosabb a korábban használt TCRA1103-asnál, hogy a 4 tizedes élességgel kiírt koordináták esetében nem látunk változást az egyes mérési sorozatok között. Ezt támasztja alá a regressziós ábrák tanulmányozása is, ahol a korábban látottakkal ellentétben itt az egyes méréseket jelölő markerek nem a regressziós egyenes mentén elszórva helyezkednek el, hanem sok esetben egy vagy legfeljebb két határozott egyenest rajzolnak ki. Ebből következően a táblázat utolsó oszlopában található ferdeségi értékek nagyrészt használhatatlanok a görbék jellemzésére.

Harmadik méréshez a Leica TCRP 1201+ műszert használtuk, ennek mérési eredményeit feldolgozva a következő értékeket kaphatjuk:

East						
id	mean	min	max	range	stddev	skew
103	119.19123	119.19116	119.19129	0.00013	0.00003	-0.42361
602	116.85336	116.85270	116.85409	0.00139	0.00033	0.34389
604	117.52497	117.52394	117.52589	0.00195	0.00047	-0.28294
606	123.30037	123.29967	123.30101	0.00134	0.00032	-0.22669
608	120.76132	120.76037	120.76236	0.00199	0.00047	0.33887
North						
id	mean	min	max	range	stddev	skew
103	130.03680	130.03663	130.03701	0.00038	0.00009	0.10724
602	120.46466	120.46437	120.46492	0.00055	0.00012	-0.16176
604	143.22165	143.22139	143.22195	0.00056	0.00012	0.03774
606	138.87567	138.87525	138.87614	0.00089	0.00019	0.18710
608	116.74621	116.74599	116.74656	0.00057	0.00013	0.27072
Elevation						
id	mean	min	max	range	stddev	skew
103	119.99944	119.99937	119.99951	0.00014	0.00003	0.11507
602	122.11800	122.11794	122.11808	0.00014	0.00003	0.28604
604	122.13269	122.13262	122.13281	0.00019	0.00004	0.77714
606	122.13434	122.13426	122.13440	0.00014	0.00003	0.05711
608	121.92283	121.92277	121.92294	0.00017	0.00003	0.88523

Ismét készültek ábrák is, melyen a függelék 9. grafikon, 10. grafikon, 11. grafikon és 12. grafikonján tekinthetők meg.

Tanulva az előző mérés problémájából, most az adatokat 5 tizedes élességgel mentettük le, számítva arra, hogy az TCRP1201+ várhatóan még a TCA1800-as műszernél is pontosabb lesz. A fenti táblázat pedig ezt igazolja, az értékek még tovább csökkentek, a terjedelem érdekes módon már lényegesen eltér attól függően, hogy melyik koordinátát nézzük: a Nyugati irányú koordináta 1,3-2,0 mm között változik, ezzel szemben az Északi 0,5-0,9 mm között van, a magasság pedig ismét kiemelkedő a maga 0,1-0,2 mm-es értékeivel. Az álláspont természetesen erősen túlszárnyalja a monitoring pontokat, ahogy az várható tőle. A szórásokra úgyszintén igazak ezek az arányok.

Megvizsgálva az ábrákat láthatjuk, hogy vízszintes koordinátákhoz tartozó hisztogramok már egészen szép számú oszlopot tudnak felmutatni, a magasságoké kissé foghíjasabb, de még mindig megfelelő lehetne. A gond az, hogy megvizsgálva őket láthatjuk, ezek nem hasonlítanak normál eloszlásra, és ezt támasztja alá a regressziós egyenesek ábrája is, ahol a markerek

homogén eloszlást mutatnak, ahelyett hogy a regressziós egyenes környezetében sűrűsödve helyezkednének el.

Utolsó mérésünk a Hungeod Kft.-nél üzemelő TCA1800-as műszerrel történt. Mérés során a távmérések meteorológiai javítást kaptak, majd ezután lettek kiszámolva a koordináták. Az ezek feldolgozása után kapott értékek:

East						
id	mean	min	max	range	stddev	skew
1	0.00258	0.00020	0.00410	0.00390	0.00082	-0.45262
2	119.38374	119.38160	119.38530	0.00370	0.00079	-0.35242
3	118.77141	118.76930	118.77320	0.00390	0.00083	-0.33777
4	119.34195	119.33970	119.34330	0.00360	0.00081	-0.34542
32	87.64718	87.64600	87.64820	0.00220	0.00046	-0.18748
North						
id	mean	min	max	range	stddev	skew
1	-0.00232	-0.00510	-0.00010	0.00500	0.00110	-0.21930
2	-0.00336	-0.00480	-0.00220	0.00260	0.00060	-0.18923
3	0.94239	0.94080	0.94360	0.00280	0.00059	-0.14877
4	0.01614	0.01480	0.01760	0.00280	0.00058	-0.04851
32	-57.14341	-57.14410	-57.14220	0.00190	0.00035	0.66854
Elevation						
id	mean	min	max	range	stddev	skew
1	118.75729	118.75670	118.75810	0.00140	0.00029	0.29189
2	117.07834	117.07790	117.07880	0.00090	0.00019	0.22139
3	113.93578	113.93510	113.93620	0.00110	0.00019	-0.75384
4	105.81263	105.81220	105.81320	0.00100	0.00022	-0.06902
32	120.00121	120.00060	120.00190	0.00130	0.00021	0.23191

Ezen mérés esetében az álláspont száma a 32-es, a négy darab prizma az 1-2-3-4 számot kapták. A feldolgozás során készült ábrák a függelék 13. grafikon, 14. grafikon, 15. grafikon és 16. grafikonján tekinthetők meg.

Ha megnézzük a táblázat értékeit, feltűnhet, hogy ismét az álláspont adatai a legjobbak, de nem annyival, mint a korábbi esetekben. Ennek az oka, hogy a rossz geometria miatt itt csak 2 pontot használtunk fel az álláspont meghatározáshoz. Szintén látszik, hogy a vízszintes koordináták ismét alulmaradnak a magassággal szemben. És ismét tapasztaljuk, hogy az egyik koordináta irányába nagyobb eltéréseket kapunk. Ami viszont újdonság, hogy a terjedelmek és a szórások

(középhibák) értéke megnőtt, legalábbis a korábbi, teremben végzett TCA1800-as méréseihez képest. A terjedelmek 1-5 mm között változnak, a szórás pedig 0,2-1 mm között, értelem szerűen a tartomány alsó határán a magassági értékek, tetején a vízszintes koordináták találhatóak.

A grafikonokat megvizsgálva láthatjuk, hogy a hisztogramok esetében kirajzolódnak a szimmetrikus normálgörbék, ezt támasztja alá a táblázat utolsó oszlopában található alacsony ferdeségi értékek is.

6.1.1. Eredmények értékelése

Összefoglalva a tesztelés eredményét egyrészről kijelenthetjük: a rendszer képes az üzembiztos működésre. Minden egyes elindított mérési folyamat pontosan és precízen végigfutott, minden mérési lépés a megfelelő sorrendben végre lett hajtva, majd az adatok hiánytalanul felkerültek a szerverre. Ha megfigyeljük a mérésekhez szükséges időtartamok (a feltöltések időpontjából következtethetünk rá), akkor abban sem látunk kiugró értékeket, vagyis a mérési ciklusok egyenletes hosszúságúak²².

Egyes esetekben tapasztaltunk problémákat, megállásokat, méréskimaradásokat a tesztelések során, azonban ezekről később mindig kiderült, hogy valamilyen másik eszköz okozta a problémát. A legtöbb és legnagyobb problémát egyértelműen a Wifi kapcsolat okozta. Hol a router nem tudott stabil kapcsolatot tartani, hol a Pi-hez csatlakoztatott wifi stick vesztette el a jelet. Sajnos a vezeték nélküli kapcsolat sok kényelmi előnnyel jár, de efféle ipari felhasználás során igyekezzünk inkább a jóval megbízhatóbb vezetékes kapcsolatot választani. Szintén gondunk akadt az áramellátással is, a gyenge minőségű adapterek valamint a kontakthibás és szétcsúszó csatlakozók miatt megesett, hogy azért állt le a rendszer, mert a Pi nem kapott áramot. Ennek kiküszöbölésére jobb minőségű, kifejezetten a Raspberryhez ajánlott tápkábeleket használjunk.

A pontossági mérőszámokról már nehezebb ilyen konkrét kijelentéseket tenni. Amit előzetesen le kell szögezni, az az, hogy legyen szó akár egy szerényebb képességű műszerről és egy kevésbé előnyös geometriájú hálózatról kevés fix ponttal vagy egy modernebb mérőállomásról és egy jól tervezett és létesített alaphálózatról, az Ulyxes rendszer mindkét esetben képes ellátni a feladatát.

Vagyis a keretrendszer megvan a monitoring feladatok ellátására, de nem szabad megfelelkezünk a nagyon fontos geodéziai feladatokról sem, nem elegendő egyszerűen csak felszerelni egy műszert, hogy mérjen. A tesztelések során az egyetemi komparátor teremben kapott mérési eredmények pontossági mérőszámai legfeljebb iránymutatónak tekinthetők, az ott használt hálózat már-már túl tökéletes, ilyen rövid távolságban és ilyen jól elhelyezett prizmák nehezen valósíthatók meg. A mérésekhez tartozó távmérési középhibák túlszárnyalják a műszerek gyárilag megadott tulajdonságait, egyértelmű hogy ezeket a számokat valós monitoring környezetben képtelenség lenne reprodukálni.

²² Egy 4 MON és 4 FIX pontos hálózat, 2 távcsőállásban, nagyjából 2,5-3 perc alatt mérhető végig, adatfeltöltéssel együtt

Ugyanakkor a Hungeod Kft.-nél történt mérés már közelebb áll a valósághoz, igaz itt viszont a geometria erősen kifogásolható, mégis a koordináták jórészt 2-4 mm-es tartományban mozognak. Középhibák tekintetében pedig a 0,5-1 mm értékeket kaptuk, ez megint kissé jobb, mint a műszerek gyári adatai, de közelebb állnak a gyakorlati tapasztalatokhoz. Megállapíthatjuk tehát, hogy egy ideális geometriával és egy jófajta műszerrel akár az 1 mm-es pontosság is könnyen elérhető.

A szélsőséges vagy extrém körülmények mellett történő üzemelés során feltétlenül figyelniük kell arra, hogy a rendszer minden, a mérés helyszínén található elemét óvjuk a hirtelen fellépő káros hatásokról. Jelentős figyelmet érdemel a mérést végző műszer, a számítástechnikai eszközök, és a mérés egyéb geodéziai eszközei (pl: prizmák). Elsőként a mechanikai védelmet kell biztosítani; a műszert érdemes masszív alapra helyezni, amelyet feltűnő színnel is megfesthetünk, hogy felhívjuk rá a figyelmet. A geodéziai eszközöket helyezzük nehezen elérhető helyekre. Az érzékenyebb informatikai eszközöket egy masszív fémdobozba tehetjük. Az egyéb hatások ellen, mint hőmérséklet, nedvesség a műszer és egyéb eszközök esetében megfelelő takarással gondoskodhatunk. Az informatikai eszközök esetében szintén a visszazárható doboz adhatja a megfelelő védelmet.

6.2. Javaslatok

Munkánk során a legtöbb ötletünket legfeljebb néhány napon belül sikerült megvalósítanunk, némi tesztelés után pedig felkerültek a módosítások a GitHub-ra, így folyamatos fejlődést volt tapasztalható. Néhány még meg nem valósított vagy általam kitalált új ötletet javasolnék a rendszer fejlesztéséhez:

1. Első ötlet az lenne, hogy amennyiben a rendszer nem tudja felvenni a kapcsolatot a szerverrel (pl: nincs internet, leállt a szerver), akkor a mérések a rendszernek a műszert vezérlő számítógépén ideiglenesen fájlban legyenek tárolva, és amikor ismét lesz internetkapcsolat, akkor az adatok utólagosan feltöltésre kerülhetnek.
2. Több szenzor és műszer támogatásának elkészítése. Szenzorok esetében jó lenne néhány univerzális meteorológiai szenzor kezelése, amelyek nem kifejezetten a Pi-hez készültek. Ezekkel ugyanis könnyebben lehetne vizsgálni a környezet értékeit, messzebbre lehet őket tenni a feldolgozó számítógéptől (pl: kilógatni a dobozon kívülre).
3. A műszer állótengelyének ferdeségi értéke, mint hasznos adat, kerüljön feltöltésre a szerveren. Ennek céljából létre lehetne hozni egy harmadik adattáblát a meglévő koordináták és mérési eredmények mellé.
4. Az előző javaslatban említett táblázatba nemcsak az állótengely-ferdeségek kerülhetnének be, de a meteorológiai szenzorok által mért értékek is (hőmérséklet, páratartalom, légnyomás, stb...).

Az adatok lekérdezésére szolgáló weboldal funkcióinak fejlesztése:

1. Dinamikus grafikonon elhelyezése, amelyeken a kiválasztott időszakra vonatkozó mérések feldolgozott eredménye látható. A grafikon legyen nagyítható, kicsinyíthető és azt le lehessen menteni akár képként.
2. Térképi megjelenítés lehetősége ahol átnézeti képet kapunk az álláspontokról és mérési pontokról, esetleg mindhez egy rövidebb táblázat az adataikkal és egy fénykép.
3. A lekérdezéssel kiválasztott adatok letöltésének lehetősége szabványos formátumokban, pl: csv, geo, coo.
4. A konfigurációs fájlt a szerveren lehetne tárolni, így azt távolról is lehetne módosítani, nem kell elmenni a mérés helyszínére.
5. Jelen pillanatban a szerverre feltöltött pontok vagy monitoring, vagy fix, vagy álláspontként szerepelhet, egyszerre több célra nem lehet használni. Ez a kötöttség legyen eltörölve, helyette egy pont tulajdonságát a konfigurációs fájl tartalmazza.

7. Összefoglalás

Diplomamunkámban a mérnökgeodézia egy jelentős feladatával, az építményekhez kapcsolódó mozgásvizsgálati mérésekkel kívántam részletesebben foglalkozni. A 2000-es évek környékén végbement informatikai és műszertechnikai fejlődésnek hála a folyamatosan elvégzendő mérések végrehajtásakor már nem feltétlen szükséges minden alkalommal jelen lenni a helyszínen. Helyette egy automatizált mérő-rendszer, emberi beavatkozás nélkül, képes ellátni a mérésirányítás és feldolgozás minden lépését.

Írásom során először rövid áttekintést adtam a geodéziai mozgásvizsgálatokhoz kapcsolódó fogalmakról, és a méréstervezésről. Majd megvizsgáltam, hogy milyen esetben lehet célravezető egy automatizált rendszer létesítése. Ezután bemutattam néhány, speciálisan monitoring feladatokra fejlesztett rendszert, majd ismertettem az Ulyxes projekt fejlődését, felépítését, néhány jelentős eszközt és az ezeken végzett vizsgálatokat.

A diplomamunka második részében rátértem az elvégzett tesztmérések körülményeire, majd az egyes hosszú idejű mérési sorozatok legfontosabb ismérveire. Ezután az adatsorok feldolgozásával és az így kapott eredmények értékelésével foglalkoztam. Végül leírtam tapasztalataimat a rendszer használatával kapcsolatban, majd javaslatot tettem annak fejlesztésére, javítására.

Teszteléseink eredményeképpen kijelenthetjük, hogy az Ulyxes projekt megfelelő keretrendszerként szolgálhat egy monitoring feladat megoldásakor. A rendszer képes az üzembiztos és folyamatos működésre, legyen szó egyszerűbb vagy bonyolultabb mérésekről. Az eredmények pontossági jellemzői pedig kizárólag a geodéziai műszerek képességeitől és a hálózati geometriától függenek, így egy megfelelő hálózat és mérőműszer segítségével akár az 1 mm-nél kisebb középhibájú mozgásvizsgálati rendszert is könnyen meg lehet valósítani.

8. Irodalomjegyzék

[GEOD] - Krauter András: Geodézia. Műegyetemi Kiadó, Budapest (2007)

[AAEA1] – Alagútmérés, automatikus mérésfeldolgozás előadás – Robot mérőállomások és egyéb geodéziai szenzorok programozása

[SDLI] - <https://www.linkedin.com/company/soldata> - Soldata cég LinkedIn adatlapja

[SDCC] – Soldata Cyclops és Centaur bemutató

[SDGS] – Soldata Geoscope bemutató

[SDAT] – Soldata Atlas bemutató

[INSAR] - <http://www.sgo.fomi.hu/InSAR/> FÖMI InSAR bemutató

[SDREF] – Valós idejű automata monitoring rendszerek Magyarországon -

<http://www.soldata.hu/solfrey/iweb.nsf/pages/solutions.9975CB43DD6E5E81C125795D0075CC10>

[LGMS] - http://www.leica-geosystems.hu/hu/Leica-GeoMoS_4802.htm - Leica GeoMoS Automatikus deformáció vizsgálati rendszer

[LMS] – Leica Monitoring Solutions - Certainty builds confidence

[LGMSTS] – Leica Geosystem TruStories

[LGMSML] – Moving London safely forward

[ULYX] – http://www.agt.bme.hu/ulyxes/index_hu.html - Ulyxes project weboldala

[MMK11] - MMK-GGT konferencia 2011 Székesfehérvár előadás – Mozgásvizsgálati mérések internetes megjelenítése

[KONC] - Első rendszer koncepció 2010

[MMK12] - MMK-GGT konferencia 2012 Székesfehérvár előadás – Dinamikus terhelés hatására létrejövő deformáció mérése

[TKSZ15] - Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás 2015 Debrecen előadás – Automatizált geodéziai adatgyűjtés és feldolgozás nyílt forráskódú alapokon

[GEODT] - Homolya András: A mezei körzötől a mérőállomásig - A geodézia története című tárgy előadás diasora

[TPS1100PR1] - Leica TPS1100 Professional Series A New Generation of Total Stations from Leica Geosystems - Tájékoztató anyag

[TCA1800PR] – Leica TCA1800 TCA2003 TC2003 - Tájékoztató anyag

[TPS1100PR2] - Leica TPS1100 Professional Series Surveying Expert - Tájékoztató anyag

[TPS1200PR] - Leica TPS1200+ Series High Performance Total Station - Tájékoztató anyag

[RPFW] – https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi_Foundation - Raspberry Pi Foundation Wikipédia oldal

[RPW] - https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi - Raspberry Pi Wikipédia oldal

[SHAT] - <https://www.raspberrypi.org/blog/the-sense-hat-headgear-for-the-terminally-curious/> - Sense HAT cikk

[PFK] – Jason R. Briggs: Python for Kids, No Starch Press, San Francisco (2013)

[GSPR] – Dan Nixon: Getting Started with Python and Raspberry Pi, Packt Publishing, Birmingham (2015)

[BLKFKI] – <http://tudosnaptar.kfki.hu/b/o/bodola/bodolapant.html> Bodola Lajos életrajzi összefoglaló – KFKI Tudósnaptár História

[INGA] – A Rédey terem gravimetriai különlegességei – Dr. Ádám József és Dr. Tuchband Tamás

[TPS1200] – Leica TPS1200 Technical Reference Manual

[LFD] – Richard Blum: Linux For Dummies, Paperback (2009)

[HUNG] - <http://new.hungeod.hu/> - Hungeod Kft. honlapja

9. Függelék

1. táblázat Mérési irányjal közel párhuzamos eltolás	70
2. táblázat Mérési irányra közel merőleges eltolás	71
3. táblázat Magassági eltolás	72
4. táblázat Vegyes eltolás	73
1. grafikon A TCRA1103 műszerrel végzett mérések eredményei a 103-as álláspontra vonatkozóan (hisztogramok)	74
2. grafikon A TCRA1103 műszerrel végzett mérések eredményei a 103-as álláspontra vonatkozóan (regressziós egyenesek)	75
3. grafikon A TCRA1103 műszerrel végzett mérések eredményei a 606-os monitoring pontra vonatkozóan (hisztogramok)	76
4. grafikon A TCRA1103 műszerrel végzett mérések eredményei a 606-os monitoring pontra vonatkozóan (regressziós egyenesek)	77
5. grafikon A TCA1800 műszerrel végzett mérések eredményei a 103-as álláspontra vonatkozóan (hisztogramok)	78
6. grafikon A TCA1800 műszerrel végzett mérések eredményei a 103-as álláspontra vonatkozóan (regressziós egyenesek)	79
7. grafikon A TCA1800 műszerrel végzett mérések eredményei a 602-es monitoring pontra vonatkozóan (hisztogramok)	80
8. grafikon A TCA1800 műszerrel végzett mérések eredményei a 602-es monitoring pontra vonatkozóan (regressziós egyenesek)	81
9. grafikon A TCRP1201+ műszerrel végzett mérések eredményei a 103-as álláspontra vonatkozóan (hisztogramok)	82
10. grafikon A TCRP1201+ műszerrel végzett mérések eredményei a 103-as álláspontra vonatkozóan (regressziós egyenesek)	83
11. grafikon A TCRP1201+ műszerrel végzett mérések eredményei a 608-as monitoring pontra vonatkozóan (hisztogramok)	84
12. grafikon A TCRP1201+ műszerrel végzett mérések eredményei a 608-as monitoring pontra vonatkozóan (regressziós egyenesek)	85
13. grafikon A TCA1800 műszerrel, Hungeod Kft.-nél végzett mérések eredményei a 32-es álláspontra vonatkozóan (hisztogramok)	86
14. grafikon A TCA1800 műszerrel, Hungeod Kft.-nél végzett mérések eredményei a 32-es álláspontra vonatkozóan (regressziós egyenes).....	87
15. grafikon A TCA1800 műszerrel, Hungeod Kft.-nél végzett mérések eredményei az 1-es monitoring pontra vonatkozóan (hisztogramok)	88
16. grafikon A TCA1800 műszerrel, Hungeod Kft.-nél végzett mérések eredményei az 1-es monitoring pontra vonatkozóan (regressziós egyenes).....	89

1. táblázat Mérési iránnyal közel párhuzamos eltolás

	Mérések						Elméleti elmozdulás [mm]		Mért elmozdulás [mm]		Eltérés [mm]
	Pontszám	Kelet	Észak	Magasság	Dátum	Idő	Vízszintes	Magassági	Vízszintes	Magassági	3D-s
Mérési iránnyal közel párhuzamos eltolás	608	120,7619	116,7459	121,9157	2016.03.23	13:35:25	-	-	-	-	-
	101M	119,1998	118,7609	120,5759	2016.03.23	13:35:25	-	-	-	-	-
	602	116,8538	120,4645	122,1105	2016.03.23	13:35:25	-	-	-	-	-
	608	120,7619	116,7458	121,9157	2016.03.23	13:37:23	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1
	101M	119,2011	118,6693	120,5760	2016.03.23	13:37:23	90,0	0,0	91,6	0,1	1,6
	602	116,8537	120,4646	122,1106	2016.03.23	13:37:23	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2
	608	120,7620	116,7459	121,9157	2016.03.23	13:39:11	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1
	101M	119,2005	118,7105	120,5758	2016.03.23	13:39:11	40,0	0,0	41,2	0,2	1,2
	602	116,8537	120,4645	122,1106	2016.03.23	13:39:11	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1
	608	120,7618	116,7459	121,9156	2016.03.23	13:40:48	0,0	0,0	0,2	0,1	0,2
	101M	119,1997	118,7606	120,5758	2016.03.23	13:40:48	50,0	0,0	50,1	0,0	0,1
	602	116,8537	120,4644	122,1105	2016.03.23	13:40:48	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
	608	120,7619	116,7459	121,9155	2016.03.23	13:42:47	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
	101M	119,1998	118,8104	120,5758	2016.03.23	13:42:47	50,0	0,0	49,8	0,0	0,2
	602	116,8540	120,4644	122,1105	2016.03.23	13:42:47	0,0	0,0	0,3	0,0	0,3
	608	120,7620	116,7461	121,9156	2016.03.23	13:43:59	0,0	0,0	0,2	0,1	0,2
	101M	119,1993	118,8604	120,5757	2016.03.23	13:43:59	50,0	0,0	50,0	0,1	0,1
	602	116,8541	120,4644	122,1104	2016.03.23	13:43:59	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
	608	120,7619	116,7460	121,9156	2016.03.23	13:46:32	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1
	101M	119,1984	118,9106	120,5756	2016.03.23	13:46:32	50,0	0,0	50,2	0,1	0,2
	602	116,8539	120,4645	122,1104	2016.03.23	13:46:32	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2
	608	120,7619	116,7459	121,9156	2016.03.23	13:47:51	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1
	101M	119,1978	118,9616	120,5752	2016.03.23	13:47:51	50,0	0,0	51,0	0,4	1,1
	602	116,8538	120,4644	122,1105	2016.03.23	13:47:51	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2

2. táblázat Mérési irányra közel merőleges eltolás

	Mérések						Elméleti elmozdulás [mm]		Mért elmozdulás [mm]		Eltérés [mm]
	Pontszám	Kelet	Észak	Magasság	Dátum	Idő	Vízszintes	Magassági	Vízszintes	Magassági	3D-s
Mérési irányra közel merőleges eltolás	608	120,7618	116,7457	121,9157	2016.03.23	13:55:08	-	-	-	-	-
	101M	119,0507	118,8183	120,5751	2016.03.23	13:55:08	-	-	-	-	-
	602	116,8537	120,4644	122,1105	2016.03.23	13:55:08	-	-	-	-	-
	608	120,7619	116,7457	121,9158	2016.03.23	13:56:50	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
	101M	119,1018	118,8180	120,5755	2016.03.23	13:56:50	50,0	0,0	51,1	0,4	1,2
	602	116,8539	120,4645	122,1103	2016.03.23	13:56:50	0,0	0,0	0,2	0,2	0,3
	608	120,7620	116,7459	121,9159	2016.03.23	13:58:37	0,0	0,0	0,2	0,1	0,2
	101M	119,1519	118,8171	120,5756	2016.03.23	13:58:37	50,0	0,0	50,1	0,1	0,1
	602	116,8539	120,4644	122,1104	2016.03.23	13:58:37	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
	608	120,7619	116,7458	121,9157	2016.03.23	14:01:43	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2
	101M	119,2013	118,8167	120,5756	2016.03.23	14:01:43	50,0	0,0	49,4	0,0	0,6
	602	116,8537	120,4646	122,1104	2016.03.23	14:01:43	0,0	0,0	0,3	0,0	0,3
	608	120,7618	116,7459	121,9156	2016.03.23	14:03:10	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2
	101M	119,2511	118,8160	120,5758	2016.03.23	14:03:10	50,0	0,0	49,8	0,2	0,3
	602	116,8537	120,4646	122,1104	2016.03.23	14:03:10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	608	120,7617	116,7460	121,9154	2016.03.23	14:06:11	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2
	101M	119,3011	118,8155	120,5756	2016.03.23	14:06:11	50,0	0,0	50,0	0,2	0,2
	602	116,8537	120,4645	122,1103	2016.03.23	14:06:11	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
	608	120,7615	116,7457	121,9155	2016.03.23	14:07:08	0,0	0,0	0,4	0,1	0,4
	101M	119,3422	118,8151	120,5758	2016.03.23	14:07:08	40,0	0,0	41,1	0,2	1,1
	602	116,8535	120,4645	122,1105	2016.03.23	14:07:08	0,0	0,0	0,2	0,2	0,3
	608	120,7619	116,7459	121,9157	2016.03.23	14:08:36	0,0	0,0	0,4	0,2	0,5
	101M	119,2016	118,8166	120,5755	2016.03.23	14:08:36	140,0	0,0	140,6	0,3	0,7
	602	116,8538	120,4644	122,1104	2016.03.23	14:08:36	0,0	0,0	0,3	0,1	0,3
	608	120,7622	116,7459	121,9159	2016.03.23	14:09:55	0,0	0,0	0,3	0,2	0,4
	101M	119,0508	118,8183	120,5753	2016.03.23	14:09:55	150,0	0,0	150,8	0,2	0,8
	602	116,8540	120,4644	122,1104	2016.03.23	14:09:55	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2

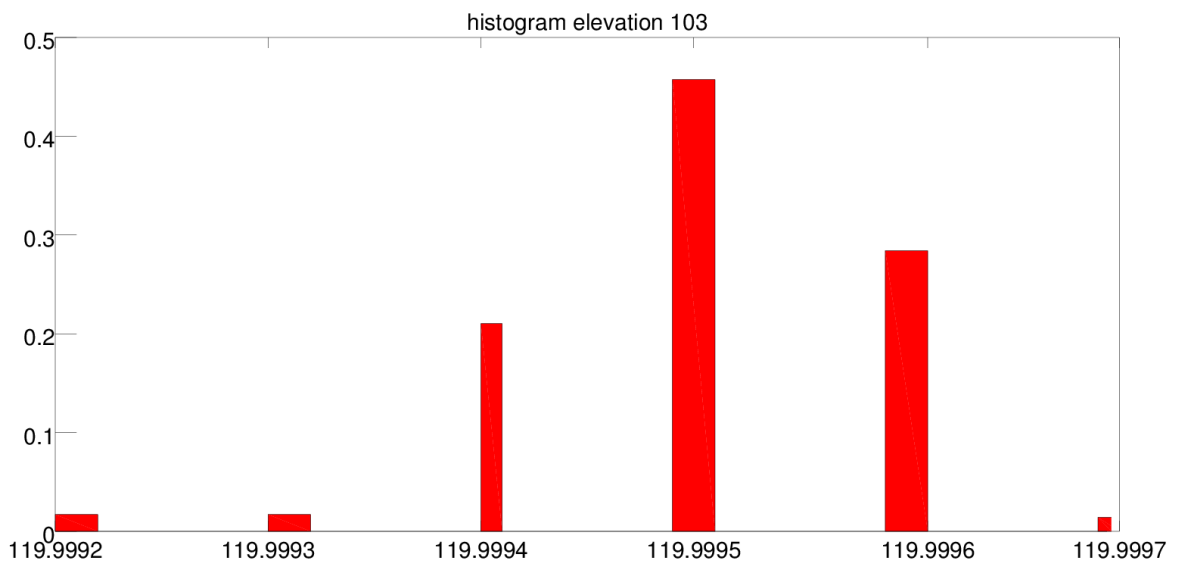
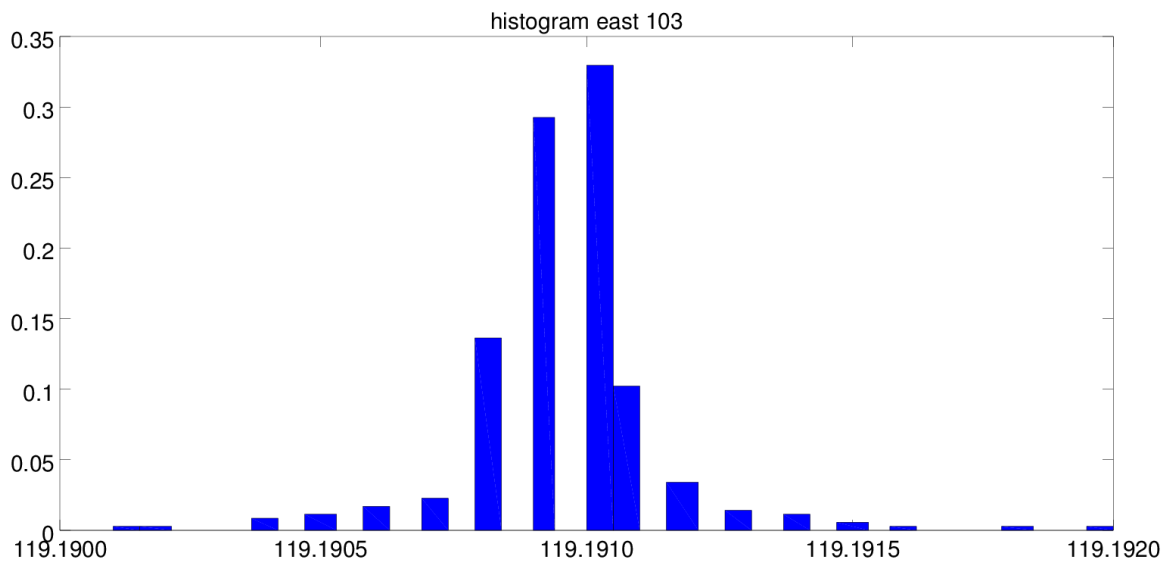
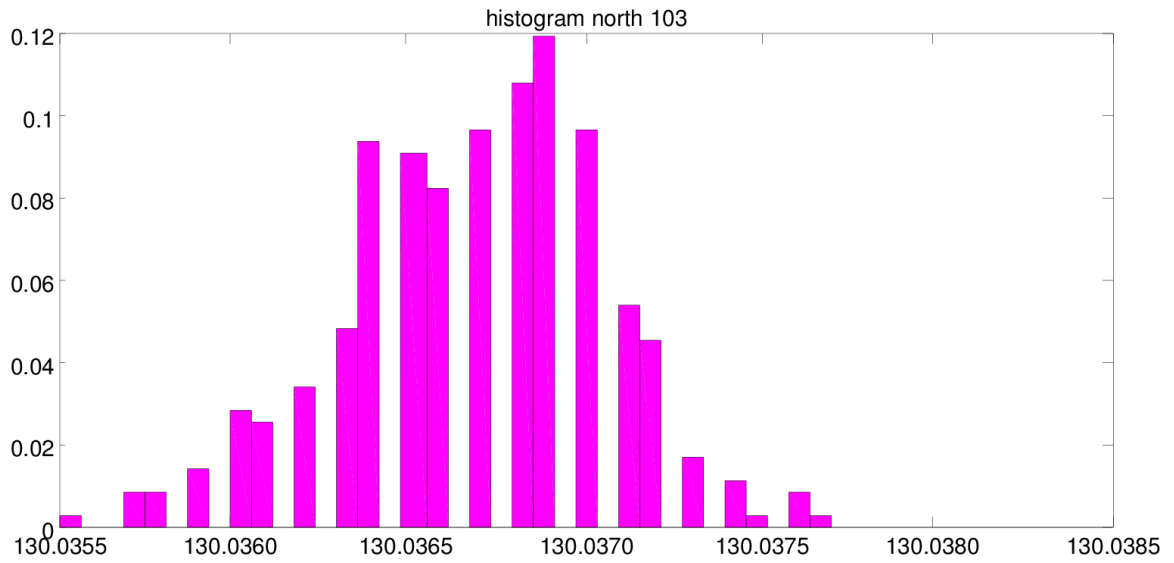
3. táblázat Magassági eltolás

	Pontszám	Mérések			Dátum	Idő	Elméleti elmozdulás [mm]		Mért elmozdulás [mm]		Eltérés [mm]
		Kelet	Észak	Magasság			Vízszintes	Magassági	Vízszintes	Magassági	3D-s
Magassági eltolás	608	120,7622	116,7459	121,9157	2016.03.23	14:11:19	-	-	-	-	-
	101M	119,0507	118,8183	120,5755	2016.03.23	14:11:19	-	-	-	-	-
	602	116,8539	120,4643	122,1104	2016.03.23	14:11:19	-	-	-	-	-
	608	120,7619	116,7458	121,9156	2016.03.23	14:12:45	0,0	0,0	0,3	0,1	0,3
	101M	119,0507	118,8182	120,5853	2016.03.23	14:12:45	0,0	10,0	0,1	9,8	0,2
	602	116,8539	120,4645	122,1105	2016.03.23	14:12:45	0,0	0,0	0,2	0,1	0,2
	608	120,7621	116,7457	121,9158	2016.03.23	14:15:24	0,0	0,0	0,2	0,2	0,3
	101M	119,0506	118,8184	120,5954	2016.03.23	14:15:24	0,0	10,0	0,2	10,1	0,2
	602	116,8538	120,4644	122,1105	2016.03.23	14:15:24	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1
	608	120,7621	116,7460	121,9157	2016.03.23	14:17:18	0,0	0,0	0,3	0,1	0,3
	101M	119,0507	118,8183	120,6053	2016.03.23	14:17:18	0,0	10,0	0,1	9,9	0,2
	602	116,8539	120,4644	122,1105	2016.03.23	14:17:18	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1
	608	120,7621	116,7460	121,9158	2016.03.23	14:20:38	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
	101M	119,0509	118,8184	120,6152	2016.03.23	14:20:38	0,0	10,0	0,2	9,9	0,2
	602	116,8538	120,4645	122,1104	2016.03.23	14:20:38	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2
	608	120,7618	116,7461	121,9158	2016.03.23	14:22:35	0,0	0,0	0,3	0,0	0,3
	101M	119,0510	118,8185	120,6250	2016.03.23	14:22:35	0,0	10,0	0,1	9,8	0,2
	602	116,8537	120,4644	122,1103	2016.03.23	14:22:35	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2
	608	120,7623	116,7459	121,9158	2016.03.23	14:24:11	0,0	0,0	0,5	0,0	0,5
	101M	119,0511	118,8183	120,6002	2016.03.23	14:24:11	0,0	25,0	0,2	24,8	0,3
	602	116,8541	120,4643	122,1104	2016.03.23	14:24:11	0,0	0,0	0,4	0,1	0,4
	608	120,7622	116,7460	121,9158	2016.03.23	14:25:24	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1
	101M	119,0508	118,8181	120,5754	2016.03.23	14:25:24	0,0	25,0	0,4	24,8	0,4
602	116,8538	120,4644	122,1105	2016.03.23	14:25:24	0,0	0,0	0,3	0,1	0,3	

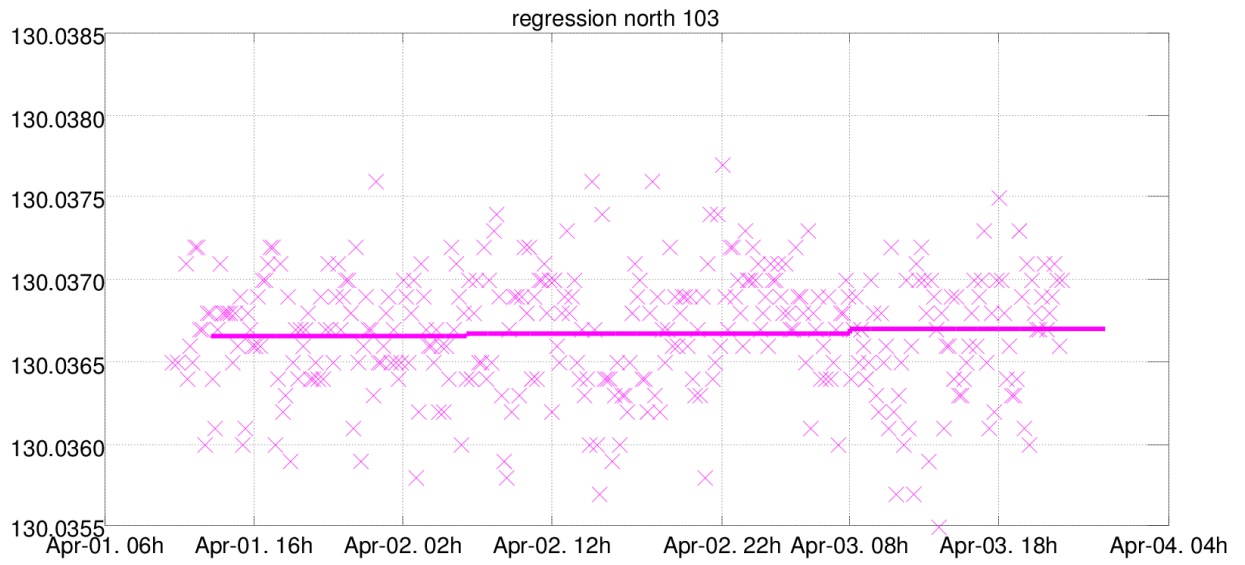
4. táblázat Vegyes eltolás

	Pontszám	Mérések			Dátum	Idő	Elméleti elmozdulás [mm]		Mért elmozdulás [mm]		Eltérés [mm]
		Kelet	Észak	Magasság			Vízszintes	Magassági	Vízszintes	Magassági	3D-s
Vegyes eltolás	608	120,7622	116,7458	121,9157	2016.03.23	14:28:14	-	-	-	-	-
	101M	119,0849	118,9084	120,5754	2016.03.23	14:28:14	-	-	-	-	-
	602	116,8540	120,4645	122,1104	2016.03.23	14:28:14	-	-	-	-	-
	608	120,7620	116,7458	121,9159	2016.03.23	14:30:03	0,0	0,0	0,2	0,2	0,3
	101M	119,1482	118,8574	120,5957	2016.03.23	14:30:03	80,0	20,0	81,3	20,3	1,3
	602	116,8536	120,4643	122,1105	2016.03.23	14:30:03	0,0	0,0	0,4	0,1	0,5
	608	120,7620	116,7459	121,9157	2016.03.23	14:31:42	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2
	101M	119,2262	118,7948	120,6207	2016.03.23	14:31:42	100,0	25,0	100,0	25,0	0,0
	602	116,8538	120,4644	122,1104	2016.03.23	14:31:42	0,0	0,0	0,2	0,1	0,2
	608	120,7622	116,7459	121,9157	2016.03.23	14:33:10	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2
	101M	119,2645	118,7634	120,5910	2016.03.23	14:33:10	50,0	30,0	49,5	29,7	0,6
	602	116,8540	120,4645	122,1104	2016.03.23	14:33:10	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2
	608	120,7620	116,7461	121,9155	2016.03.23	14:34:51	0,0	0,0	0,3	0,2	0,3
	101M	119,3122	118,7252	120,6059	2016.03.23	14:34:51	60,0	15,0	61,1	14,9	1,1
	602	116,8541	120,4645	122,1104	2016.03.23	14:34:51	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1
	608	120,7618	116,7459	121,9156	2016.03.23	14:40:47	0,0	0,0	0,3	0,1	0,3
	101M	119,2329	118,7885	120,5757	2016.03.23	14:40:47	100,0	30,0	101,5	30,2	1,5
	602	116,8537	120,4644	122,1104	2016.03.23	14:40:47	0,0	0,0	0,4	0,0	0,4
	608	120,7617	116,7460	121,9154	2016.03.23	14:42:35	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2
	101M	119,1241	118,8766	120,6155	2016.03.23	14:42:35	140,0	40,0	140,0	39,8	0,2
602	116,8536	120,4645	122,1104	2016.03.23	14:42:35	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	

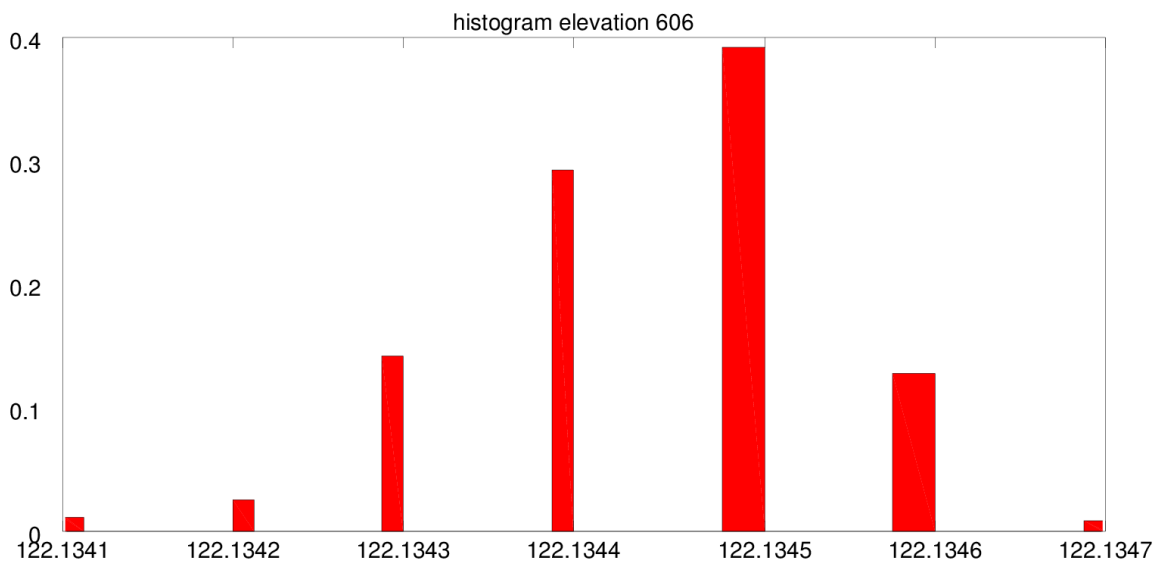
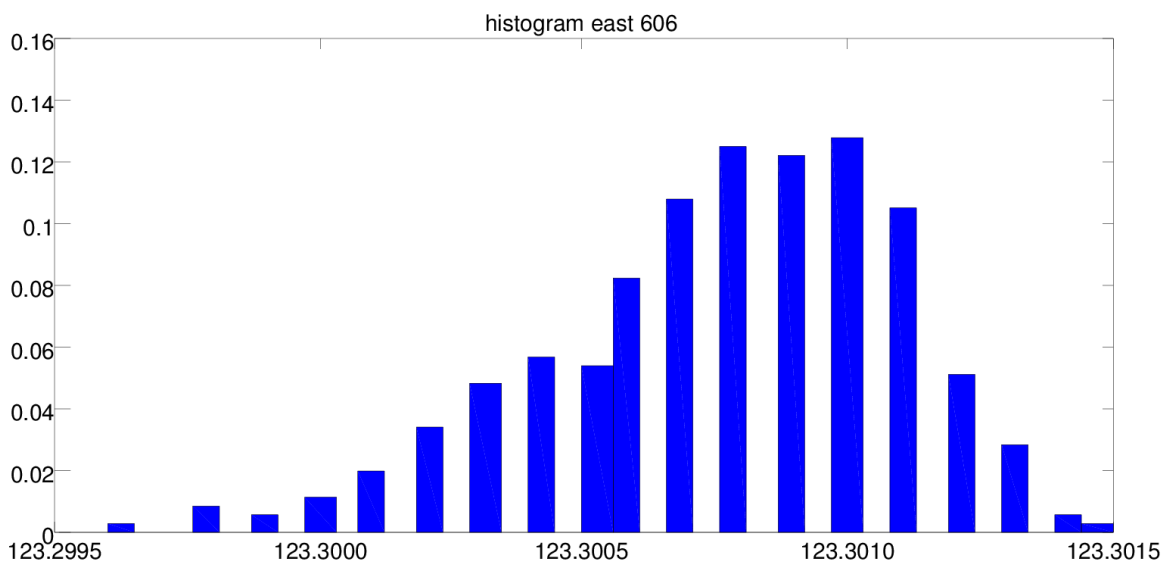
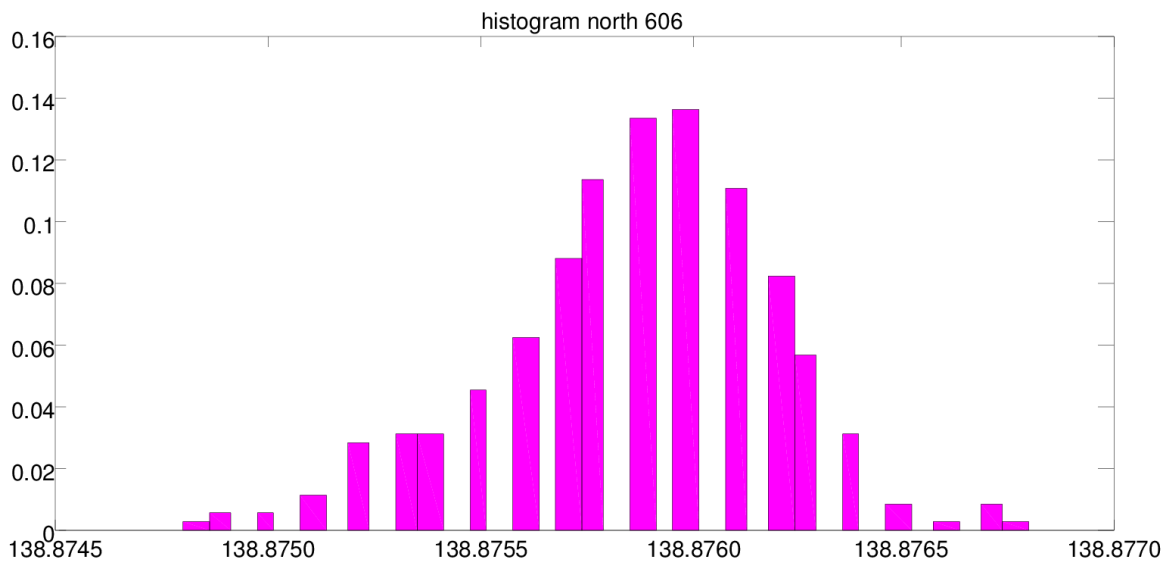
I. grafikon A TCRA1103 műszerrel végzett mérések eredményei a 103-as álláspontra vonatkozóan (hisztogramok)



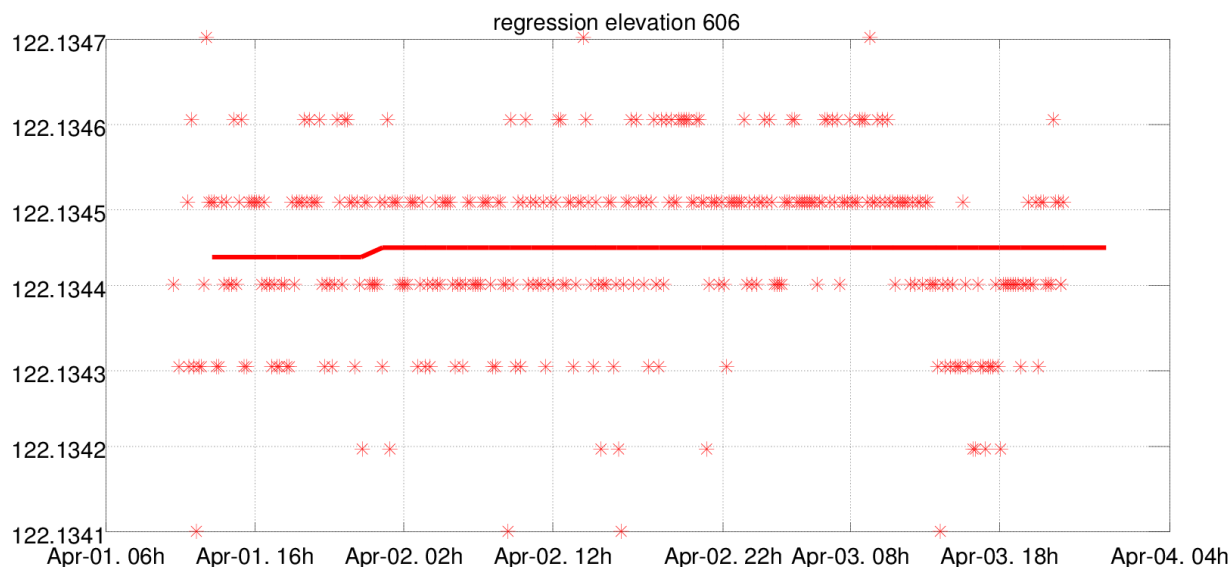
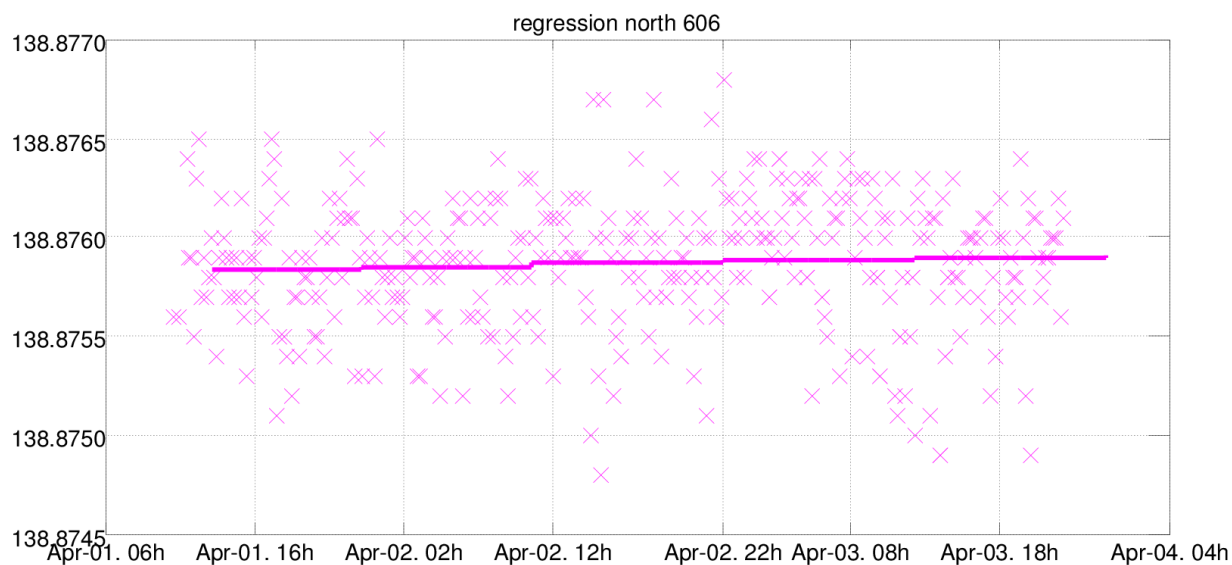
2. grafikon A TCRA1103 műszerrel végzett mérések eredményei a 103-as álláspontra vonatkozóan (regressziós egyenesek)



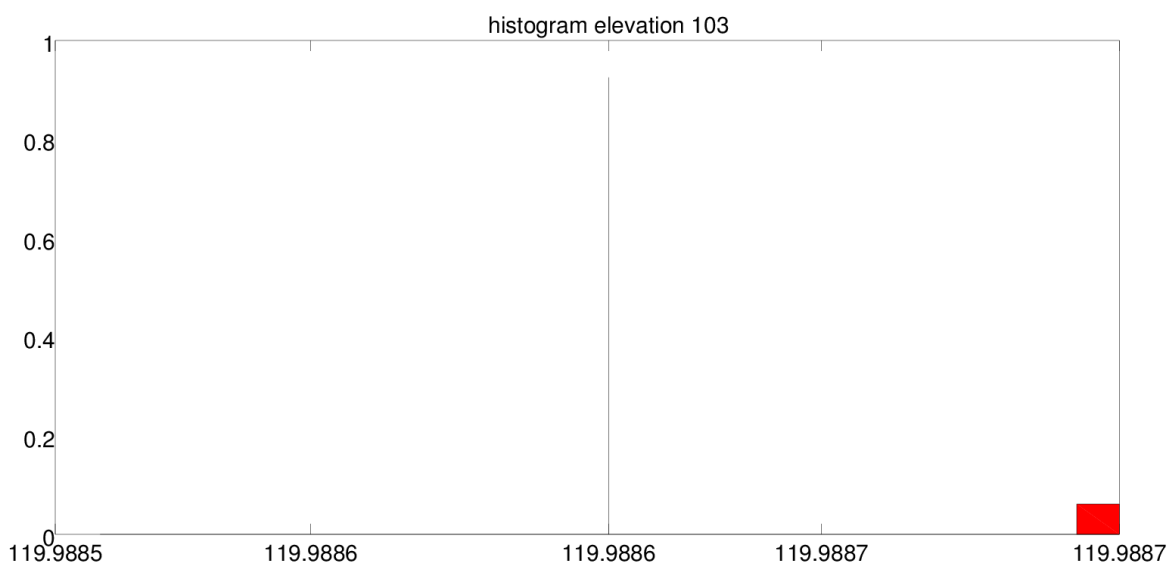
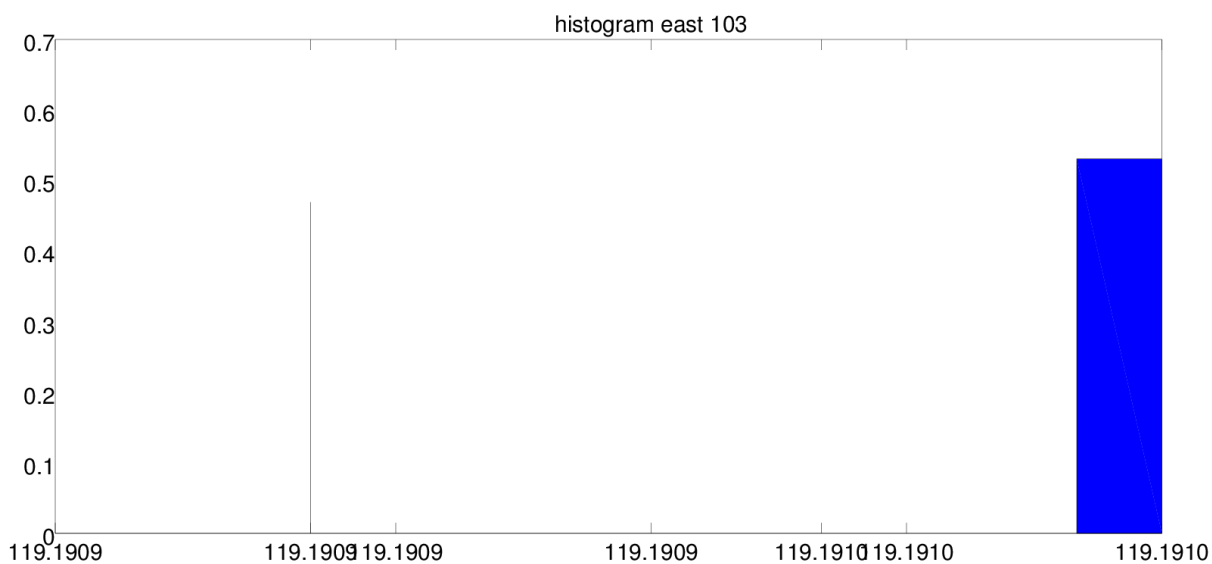
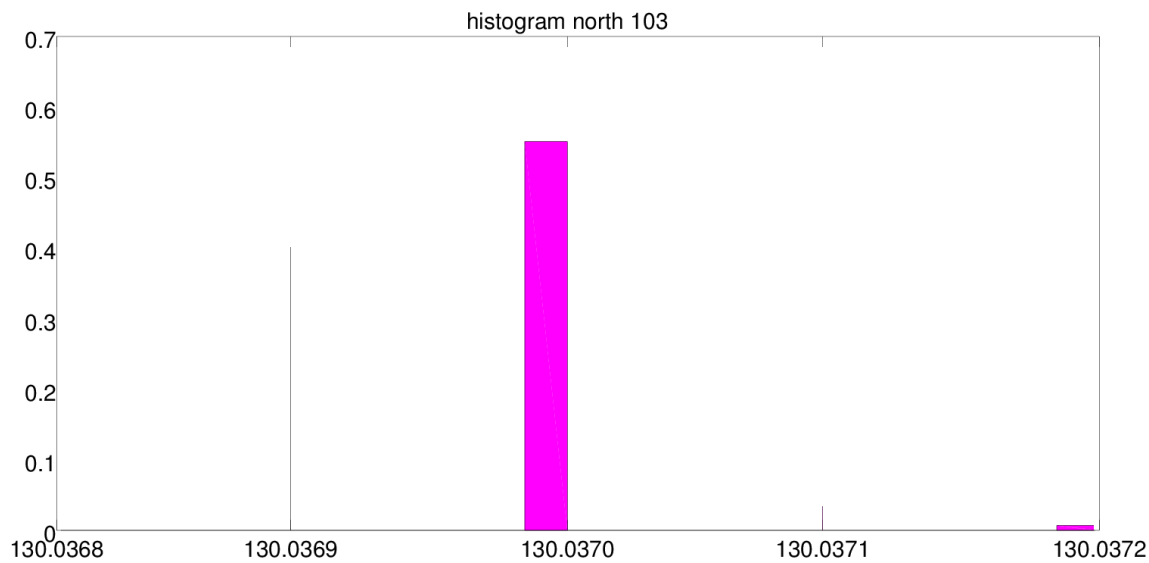
3. grafikon A TCRA1103 műszerrel végzett mérések eredményei a 606-os monitoring pontra vonatkozóan (hisztogramok)



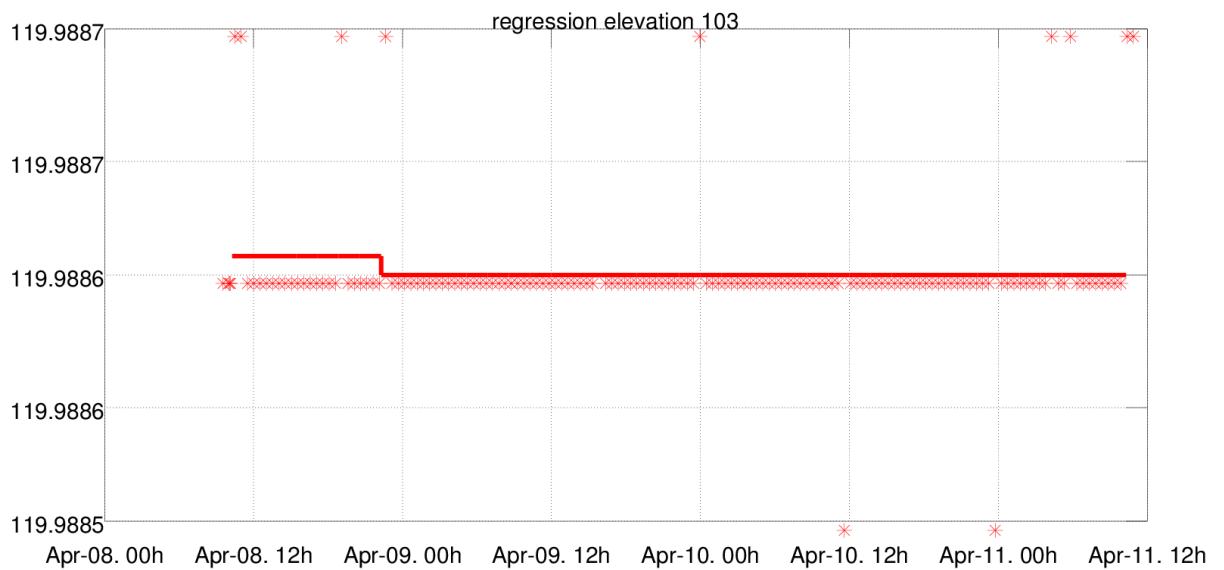
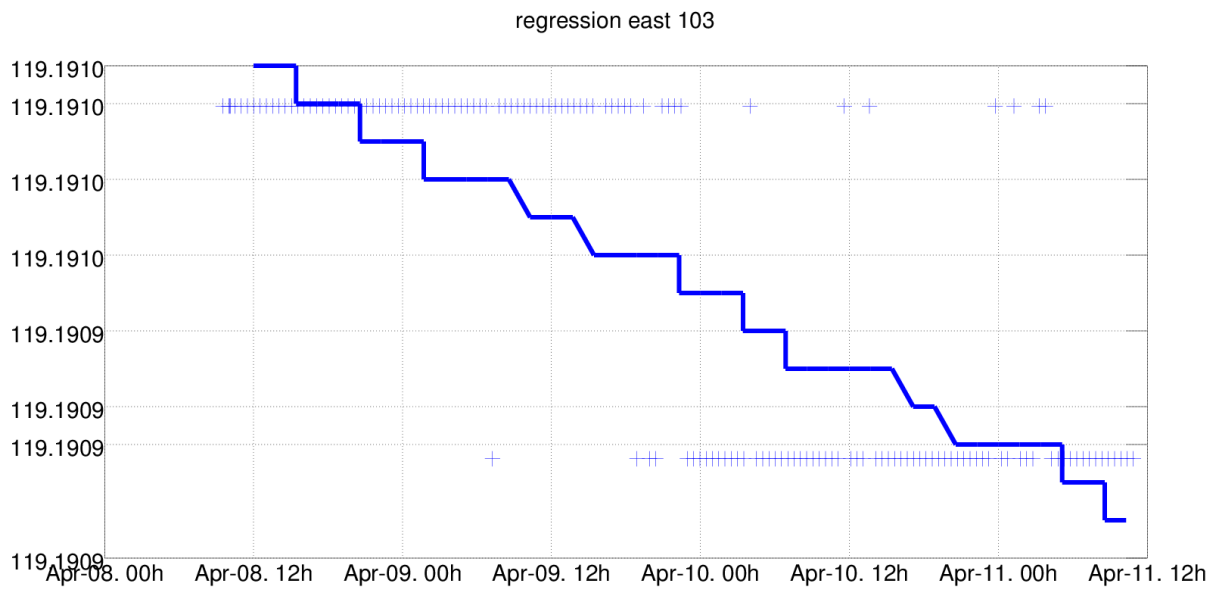
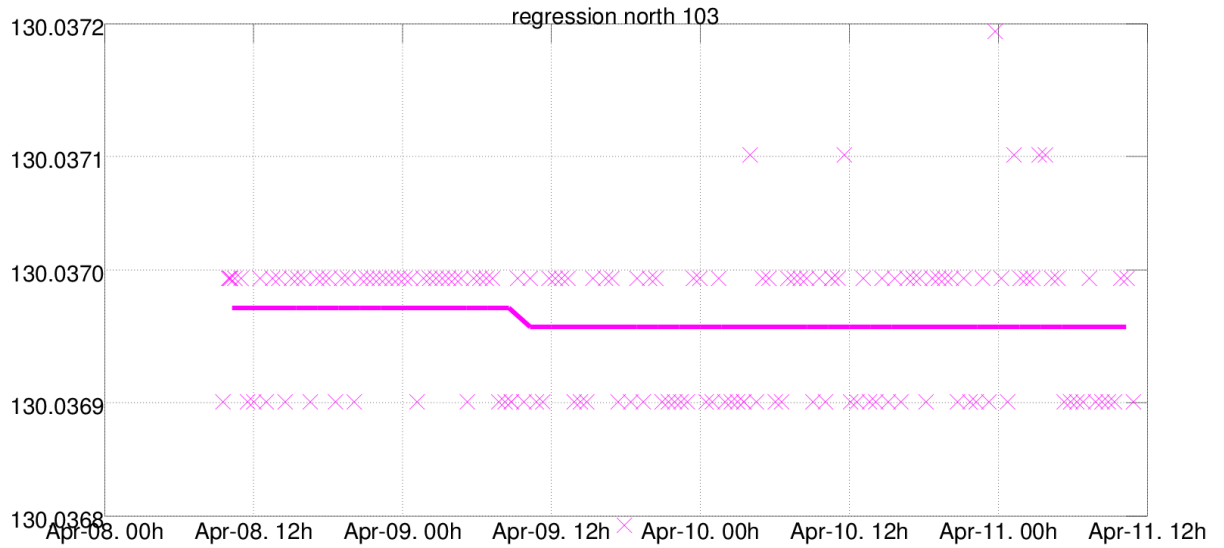
4. grafikon A TCRA1103 műszerrel végzett mérések eredményei a 606-os monitoring pontra vonatkozóan (regressziós egyenesek)



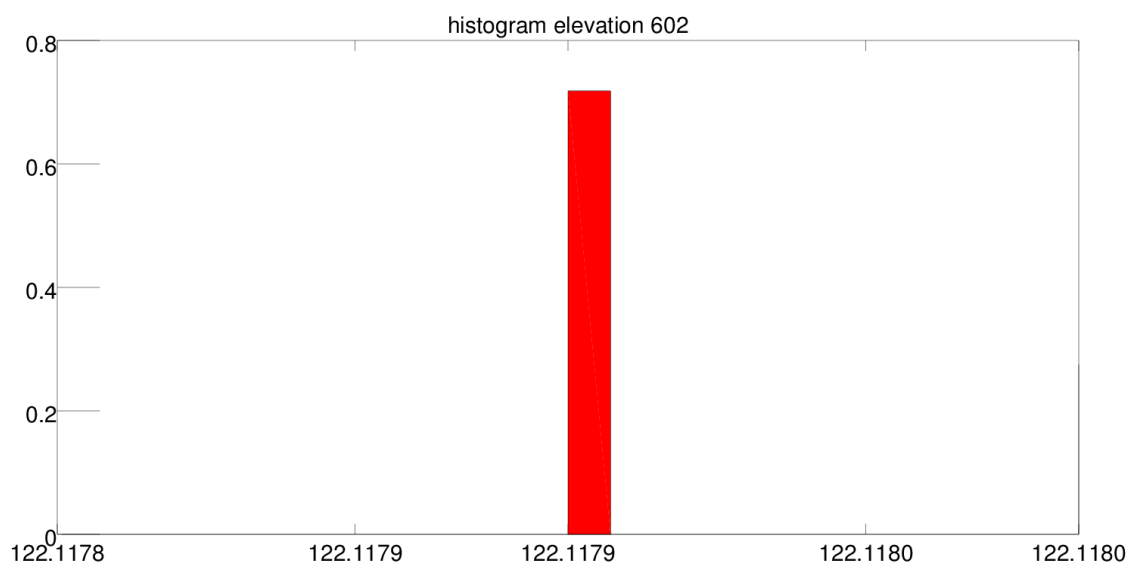
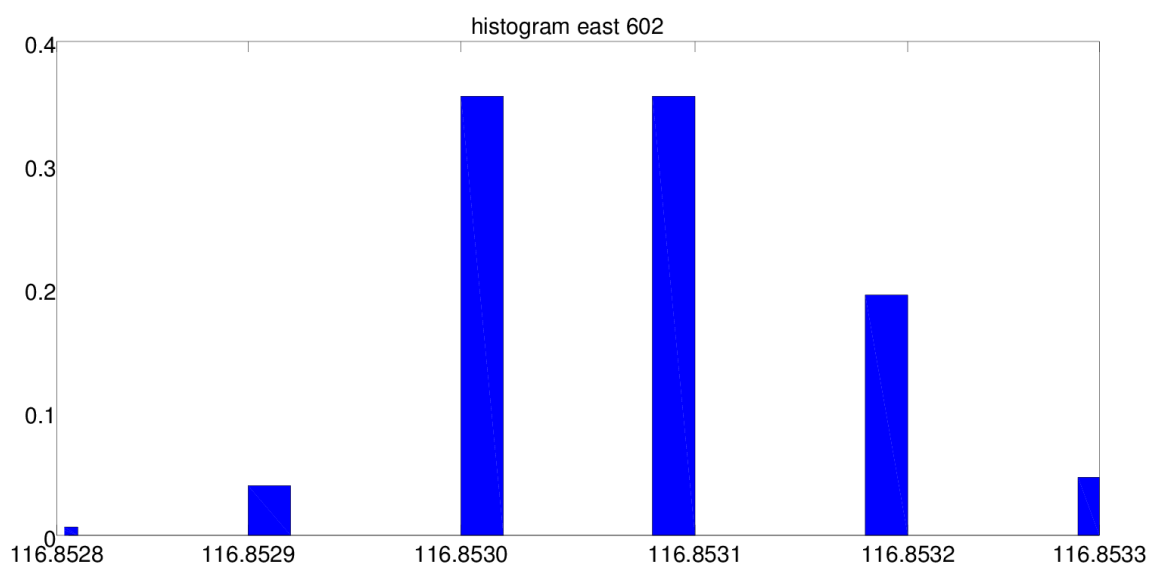
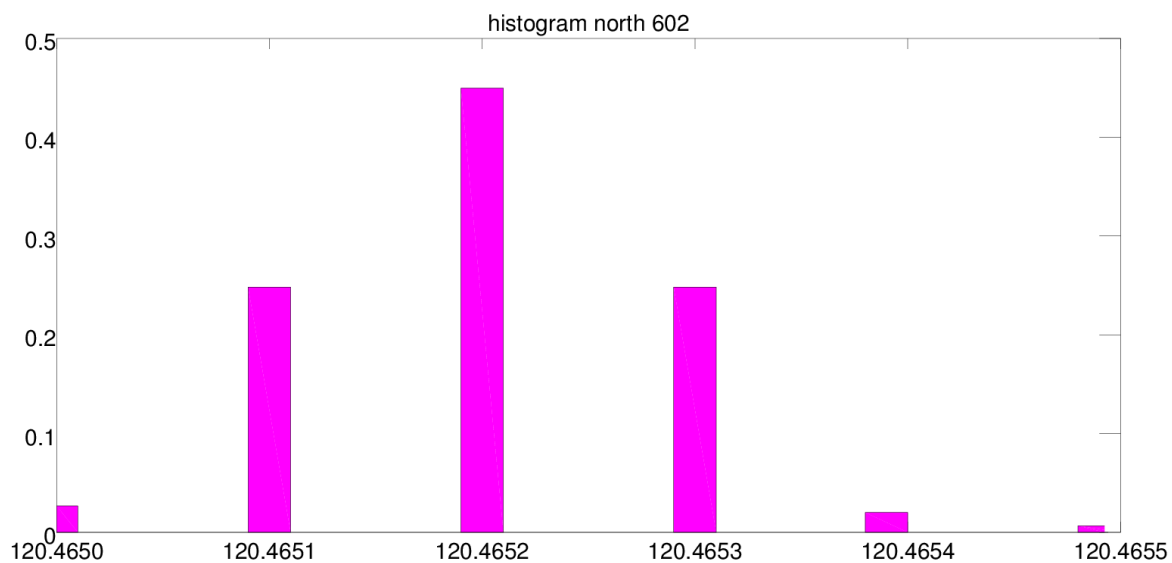
5. grafikon A TCA1800 műszerrel végzett mérések eredményei a 103-as álláspontra vonatkozóan (hisztogramok)



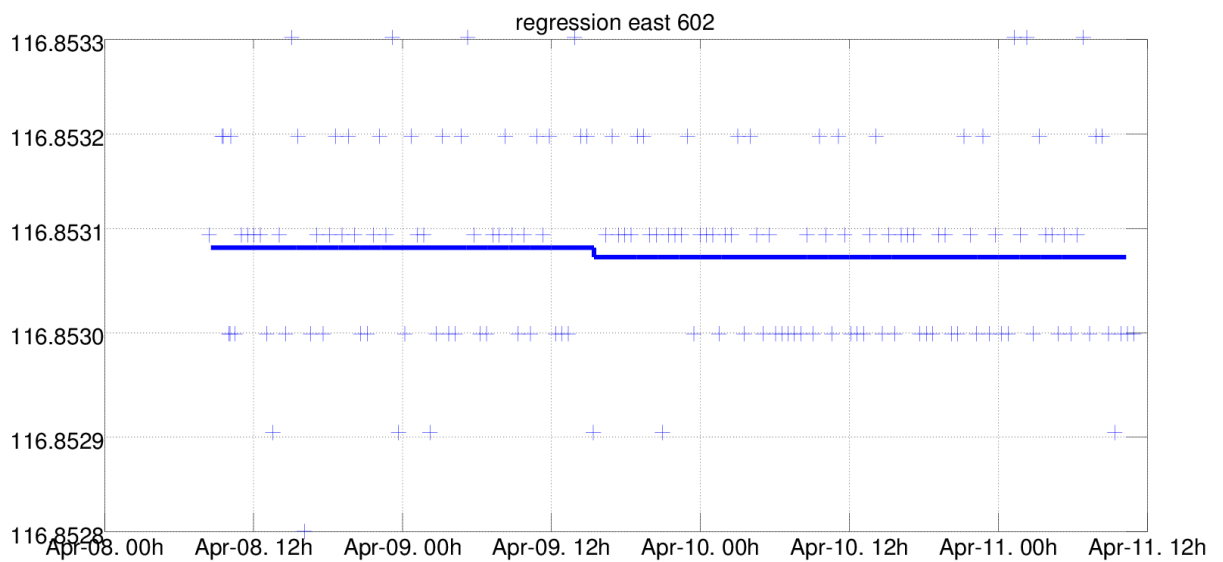
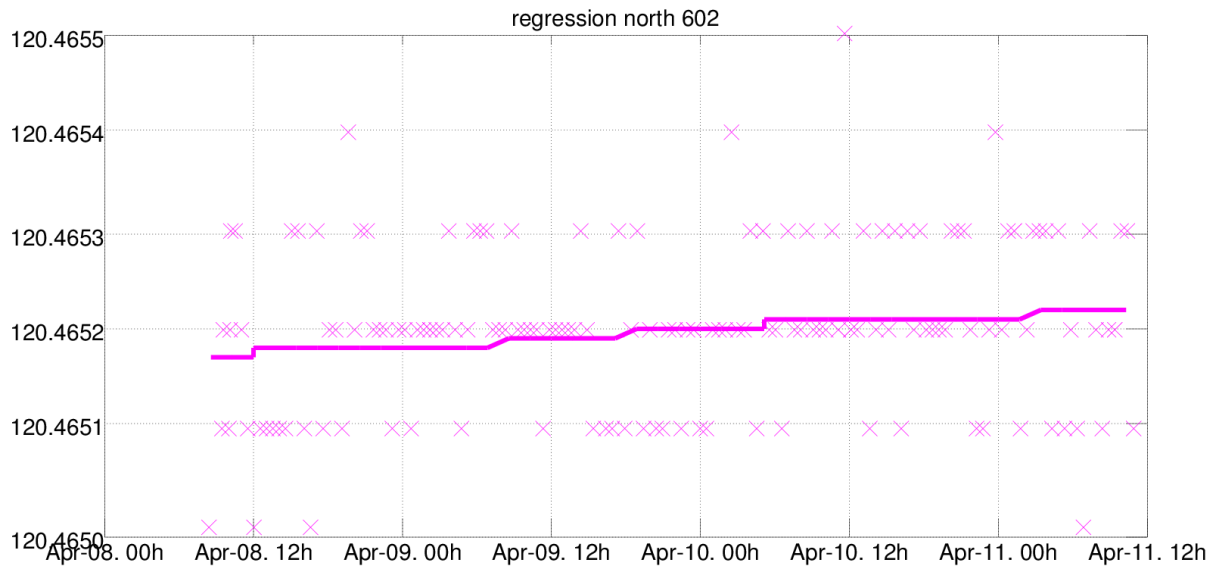
6. grafikon A TCA1800 műszerrel végzett mérések eredményei a 103-as álláspontra vonatkozóan (regressziós egyenesek)



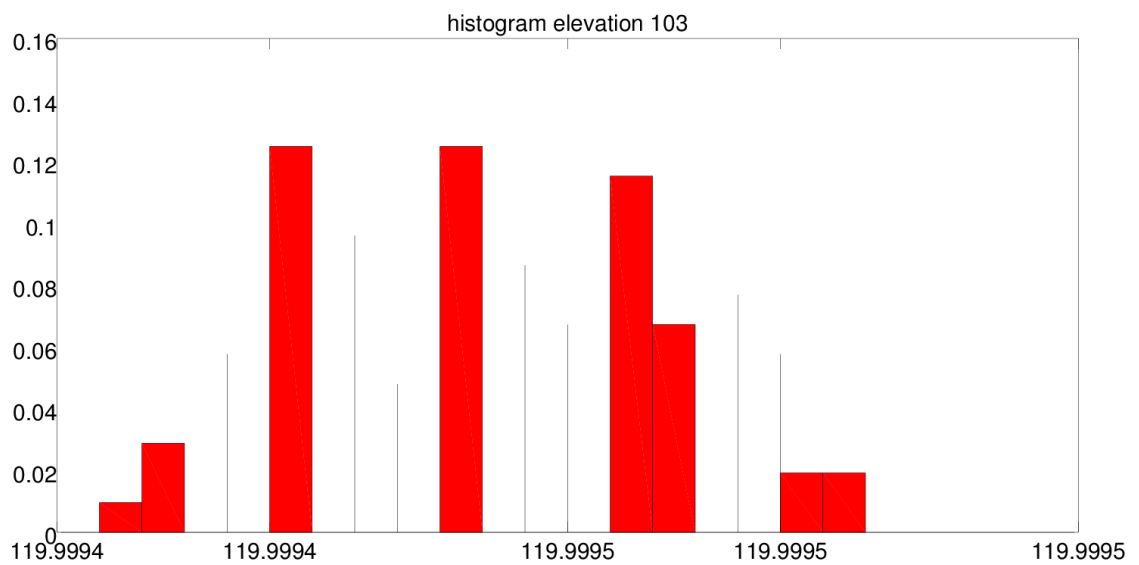
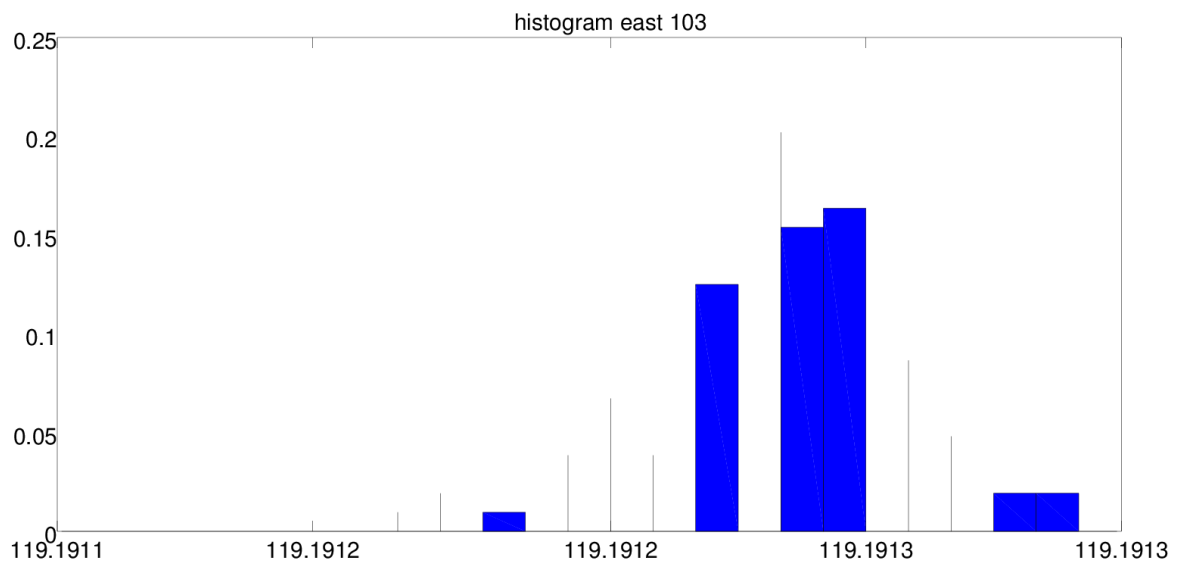
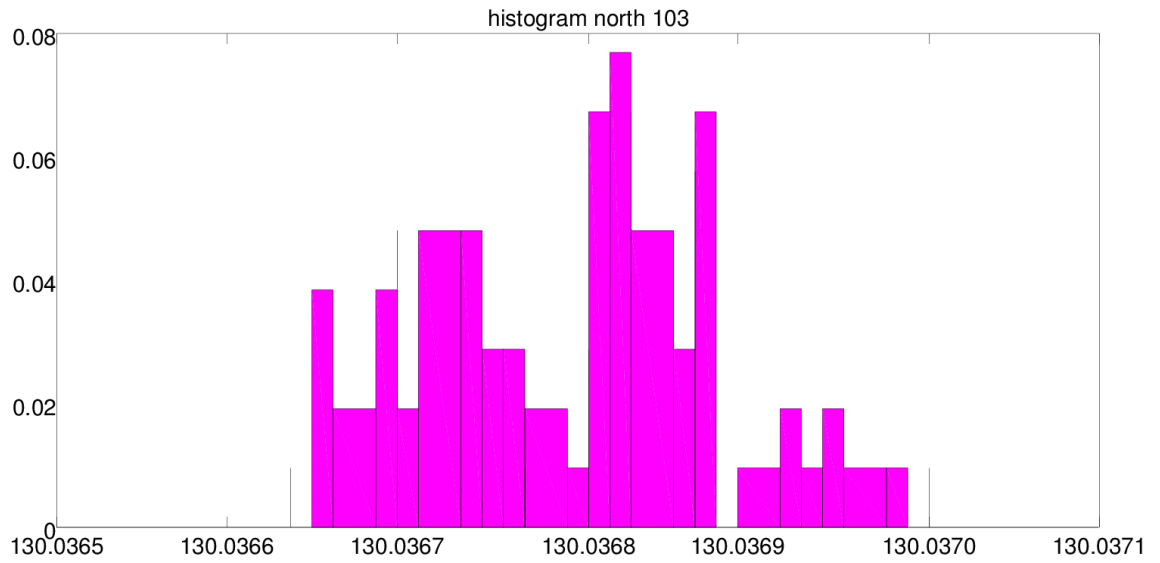
7. grafikon A TCA1800 műszerrel végzett mérések eredményei a 602-es monitoring pontra vonatkozóan (hisztogramok)



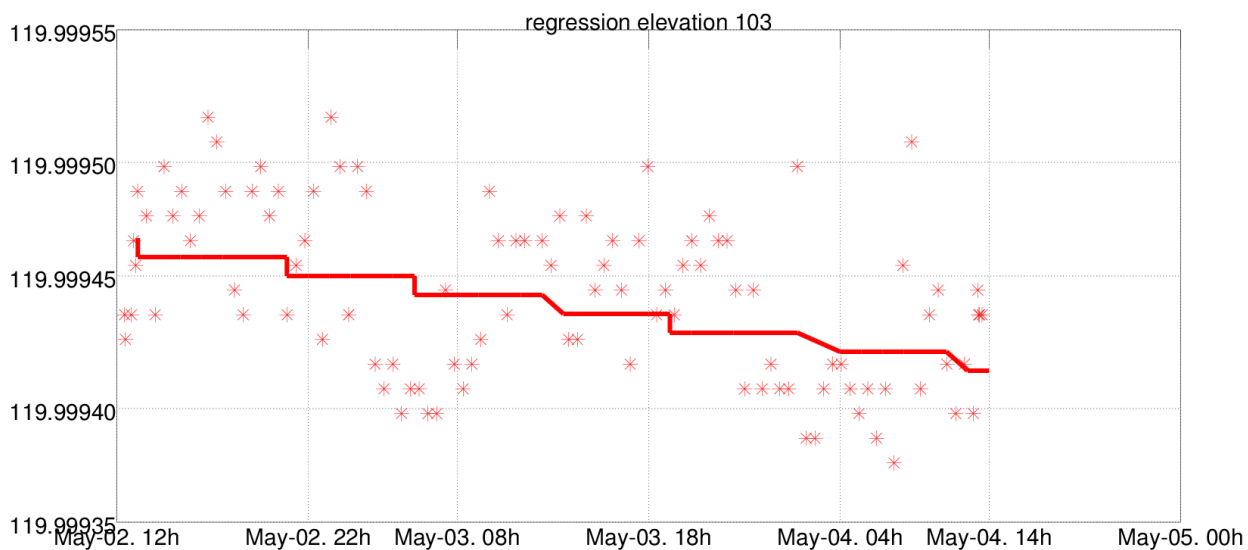
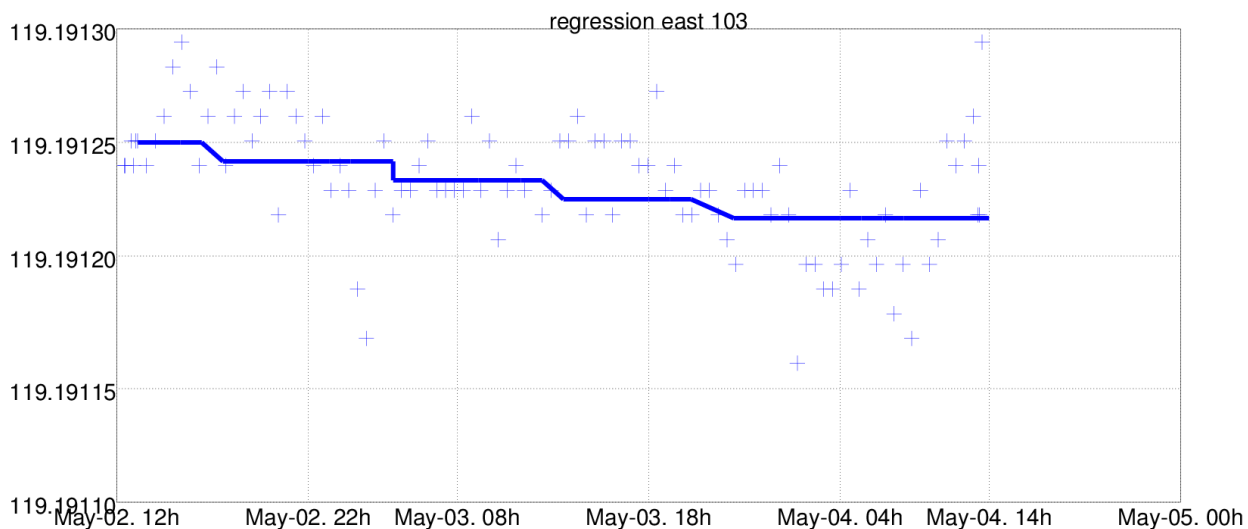
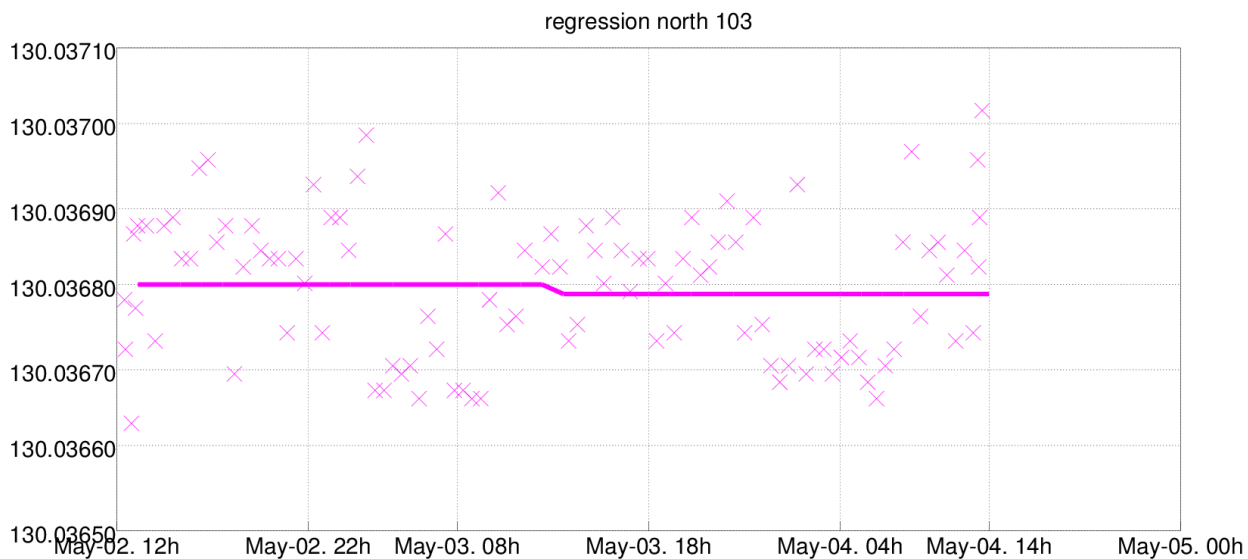
8. grafikon A TCA1800 műszerrel végzett mérések eredményei a 602-es monitoring pontra vonatkozóan (regressziós egyenesek)



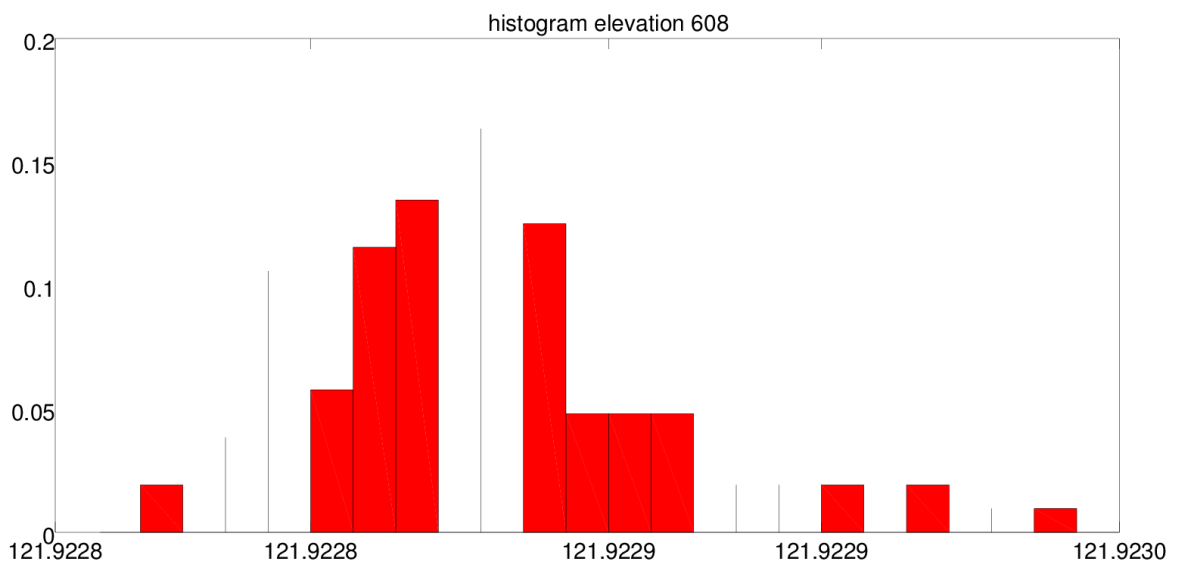
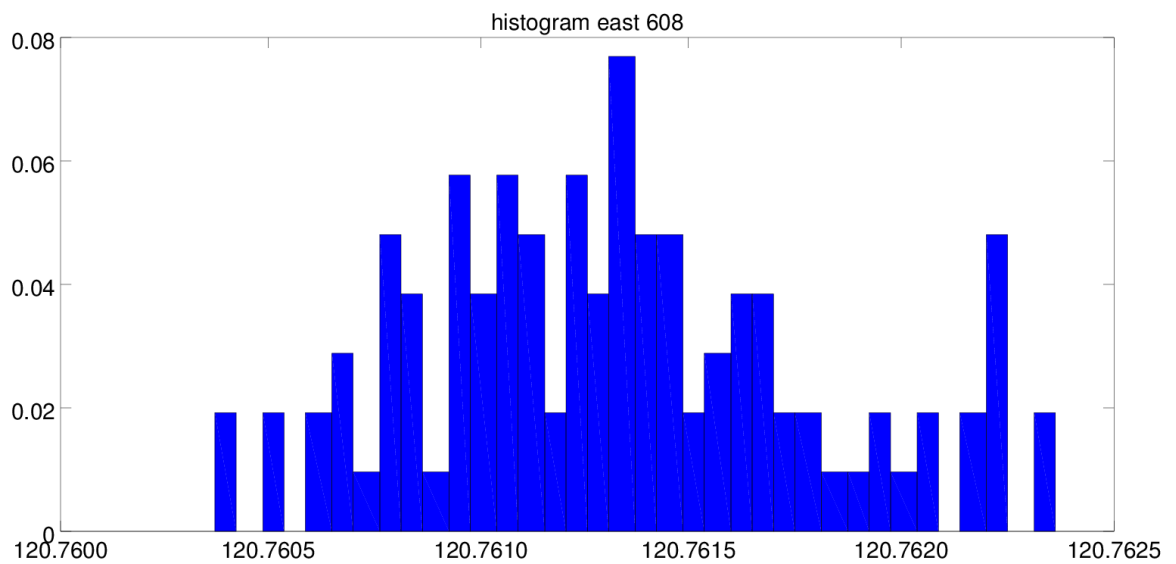
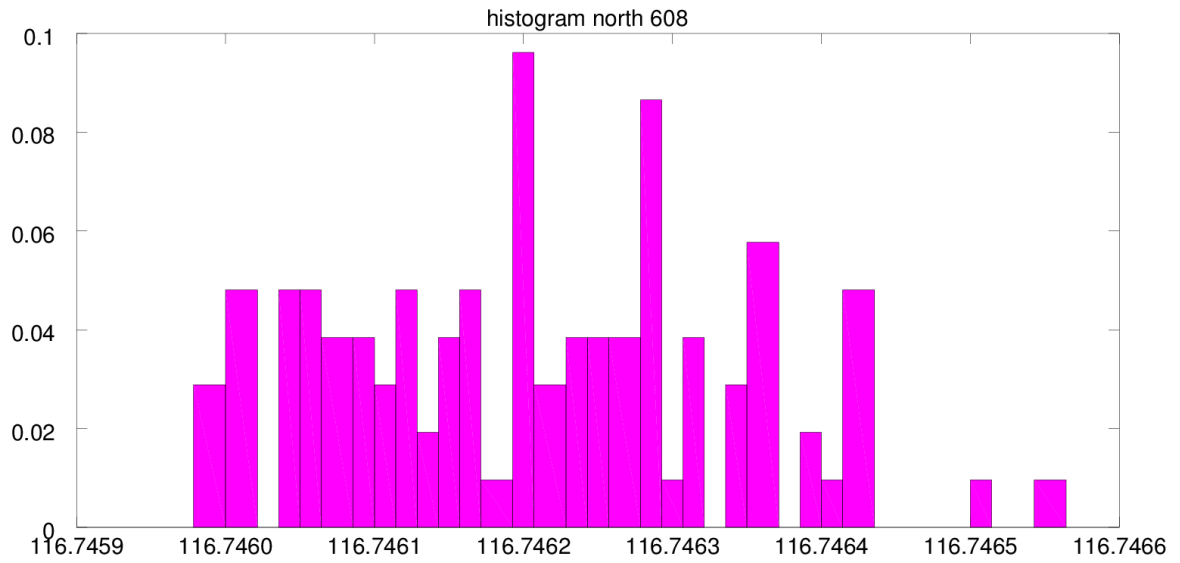
9. grafikon A TCRP1201+ műszerrel végzett mérések eredményei a 103-as álláspontra vonatkozóan (hisztogramok)



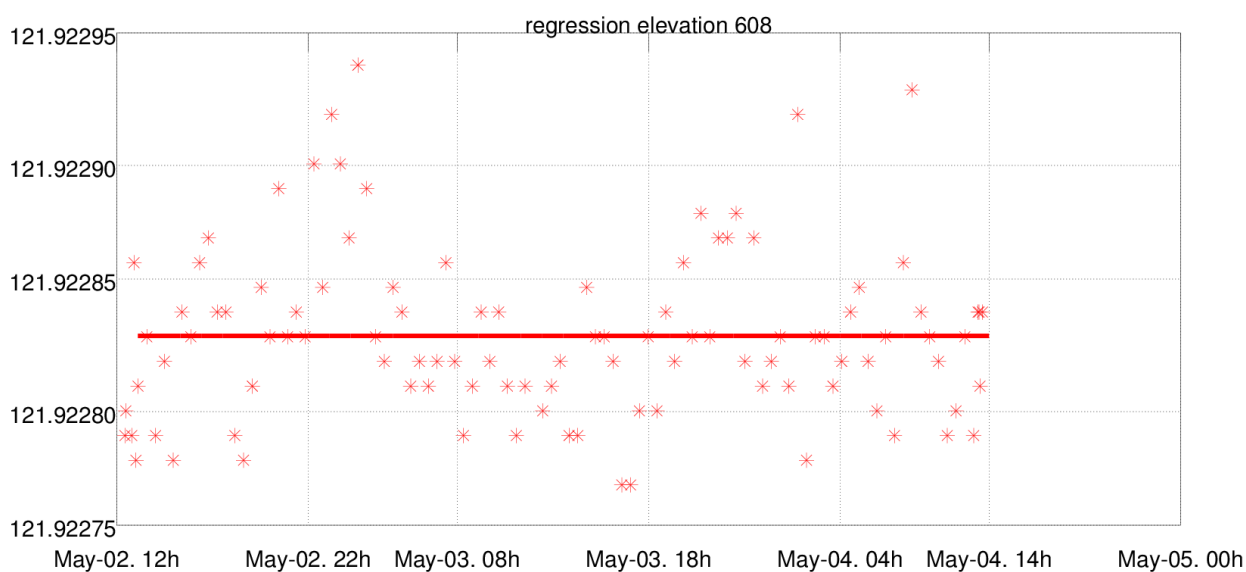
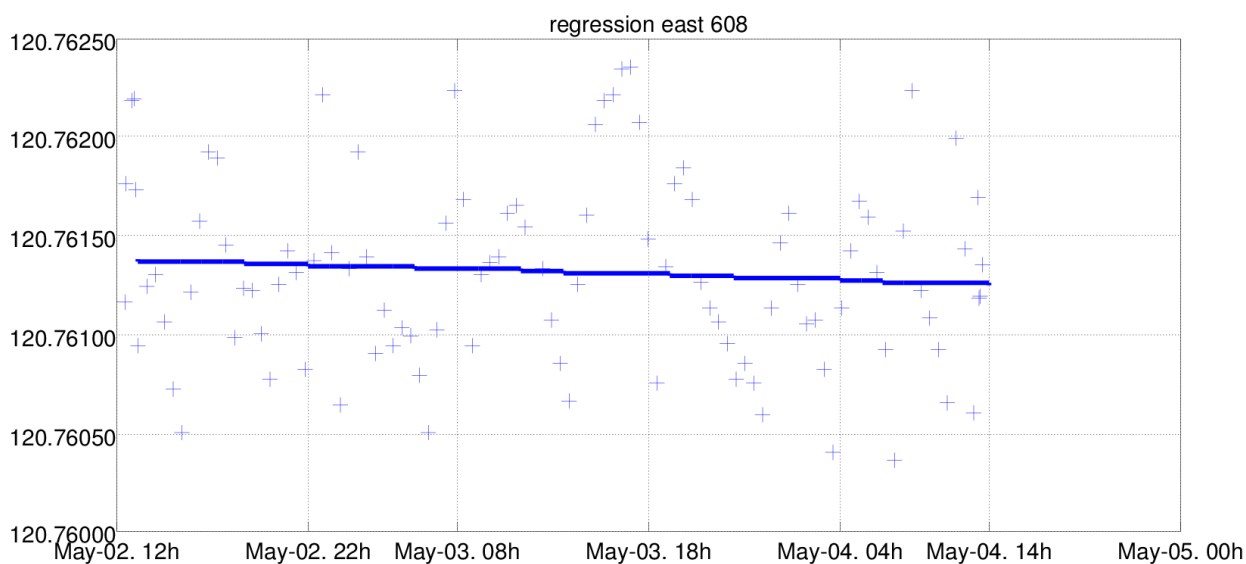
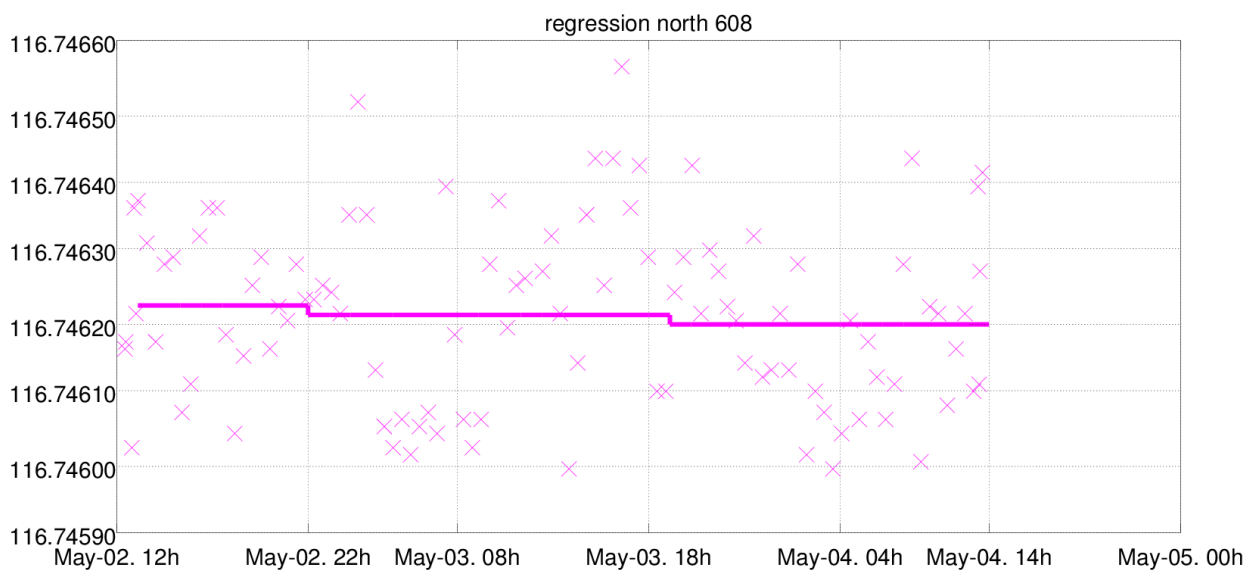
10. grafikon A TCRP1201+ műszerrel végzett mérések eredményei a 103-as álláspontra vonatkozóan (regressziós egyenesek)



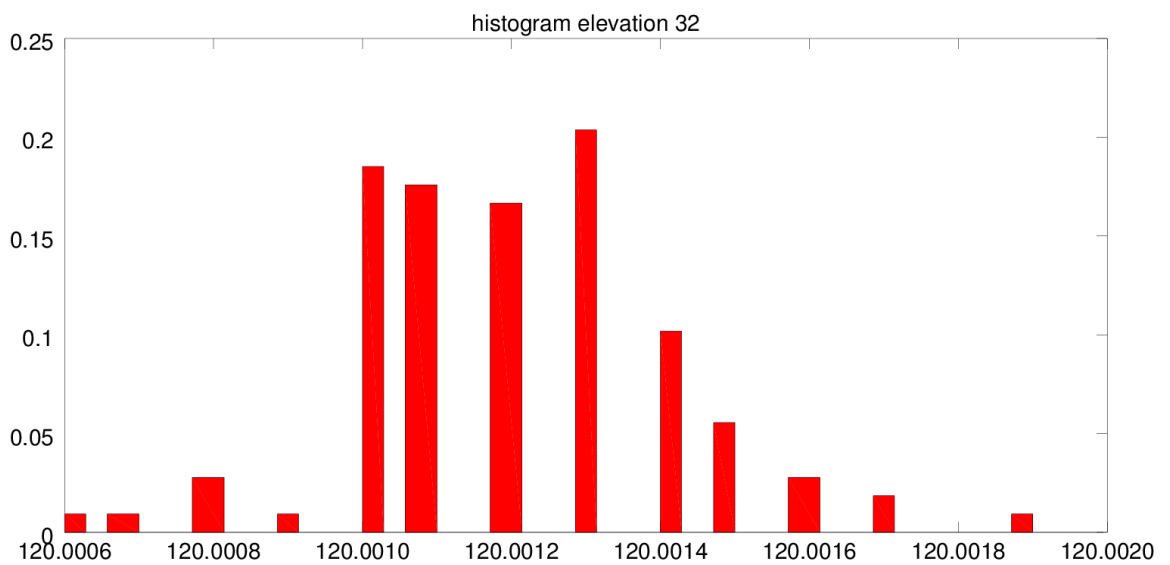
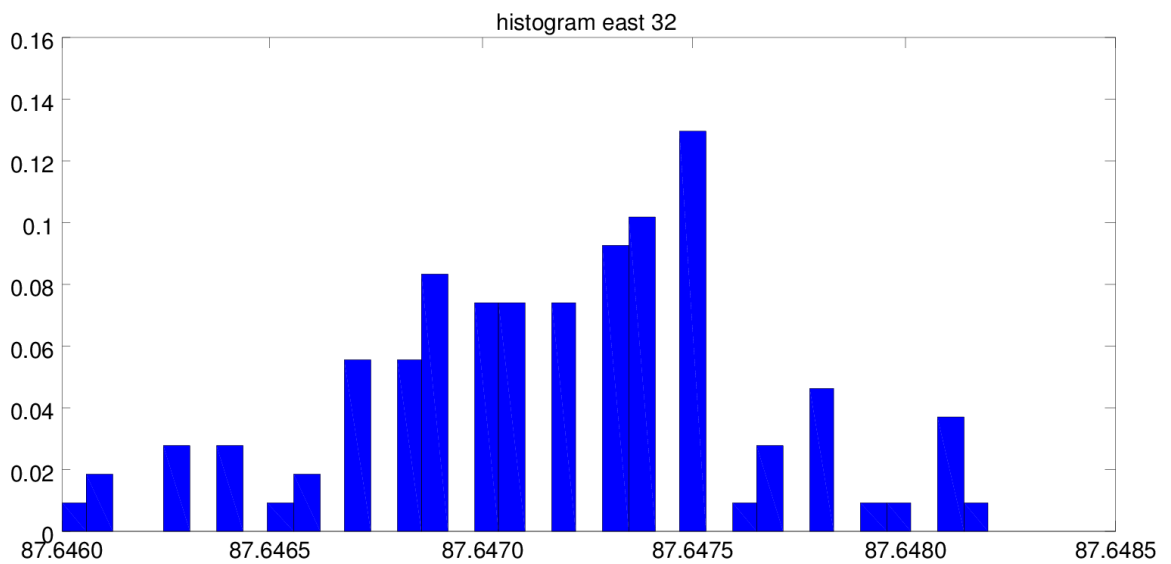
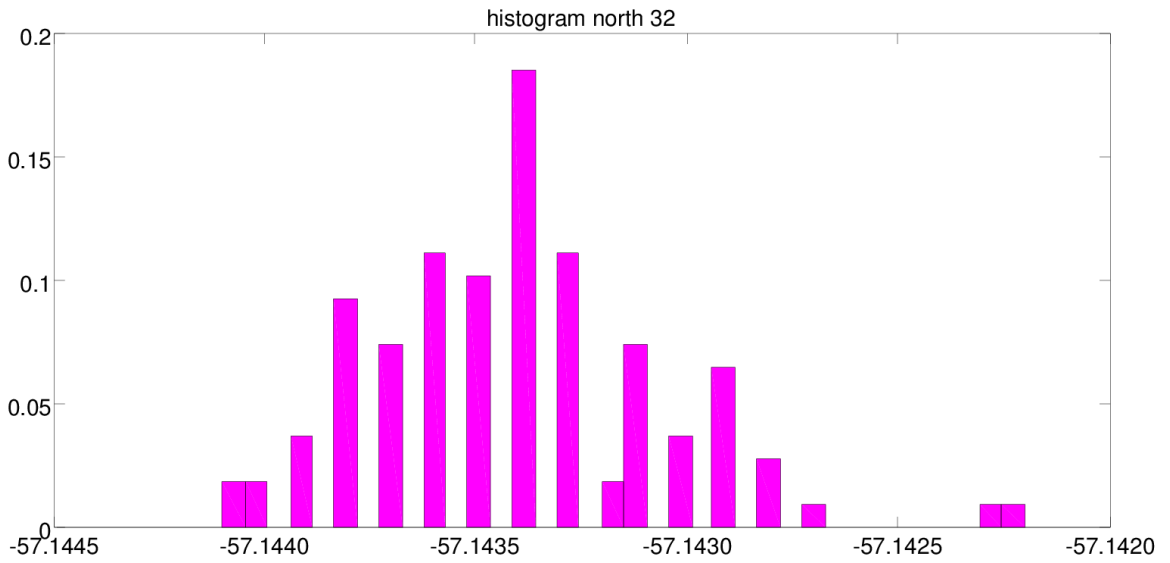
11. grafikon A TCRP1201+ műszerrel végzett mérések eredményei a 608-as monitoring pontra vonatkozóan (hisztogramok)



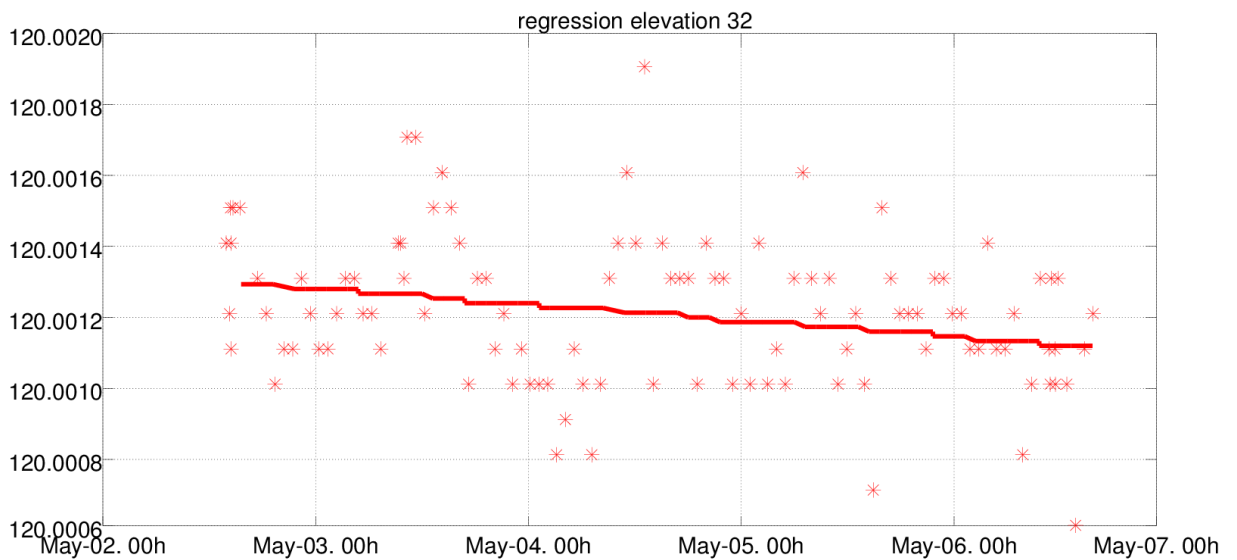
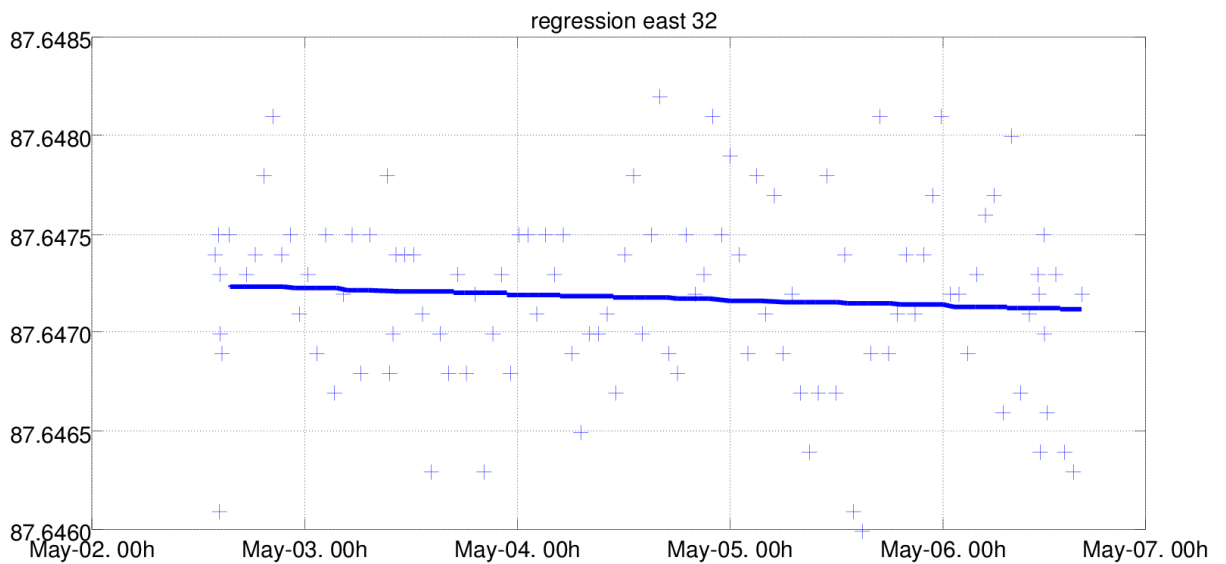
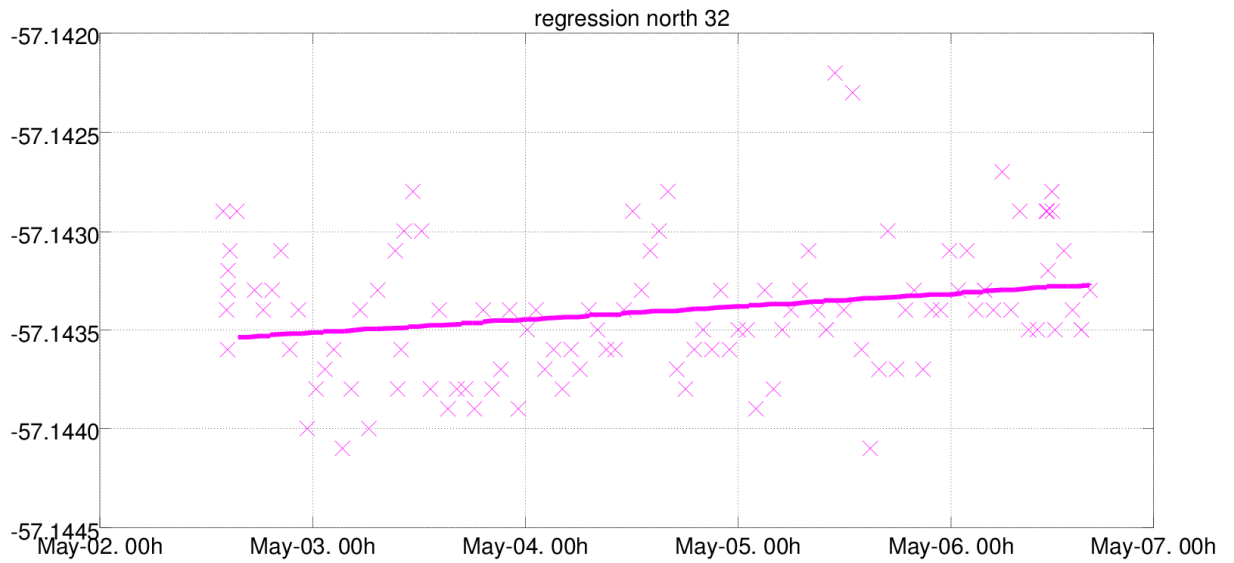
12. grafikon A TCRP1201+ műszerrel végzett mérések eredményei a 608-as monitoring pontra vonatkozóan (regressziós egyenesek)



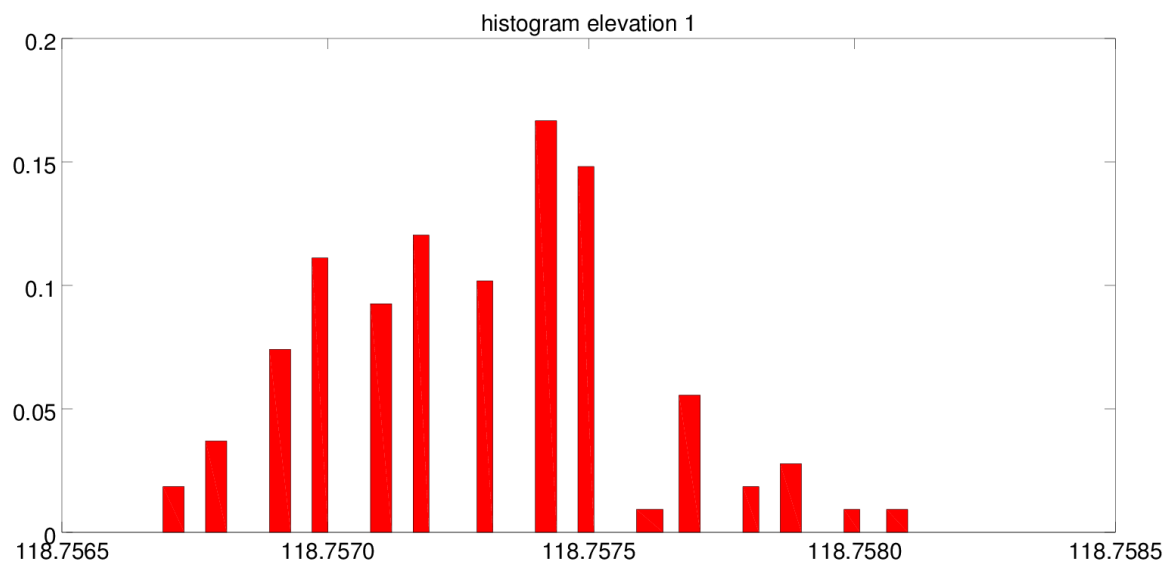
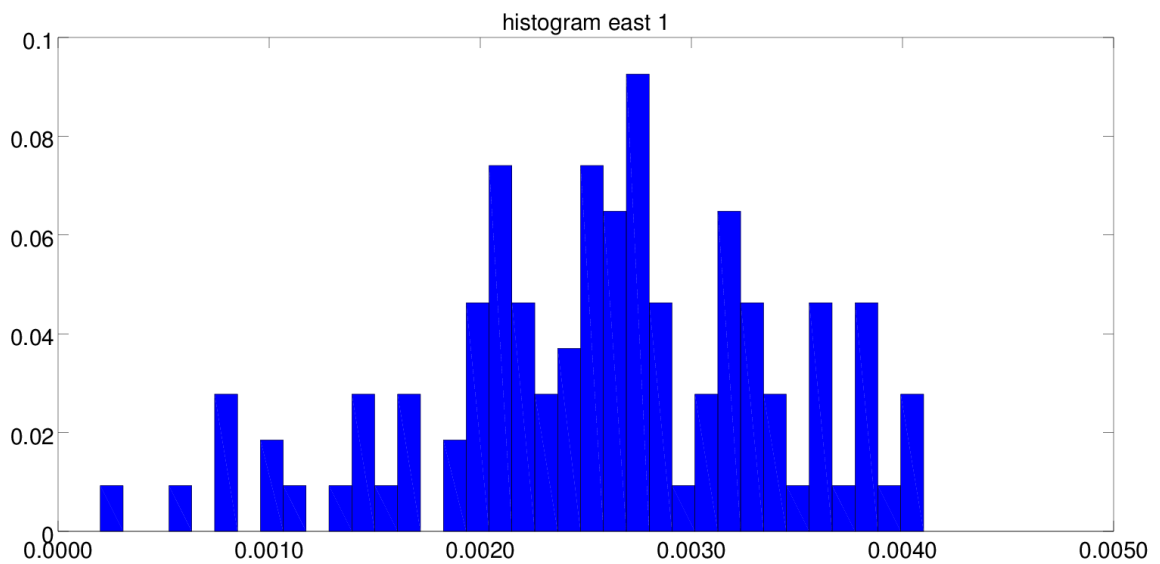
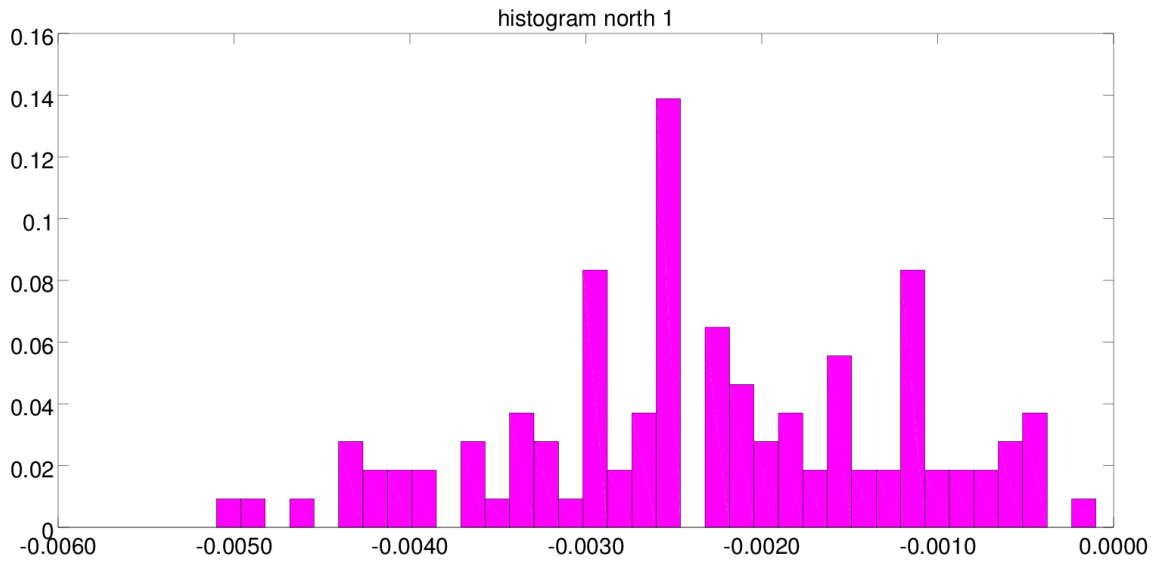
13. grafikon A TCA1800 műszerrel, Hungeod Kft.-nél végzett mérések eredményei a 32-es álláspontra vonatkozóan (hisztogramok)



14. grafikon A TCA1800 műszerrel, Hungeod Kft.-nél végzett mérések eredményei a 32-es álláspontra vonatkozóan (regressziós egyenes)



15. grafikon A TCA1800 műszerrel, Hungeod Kft.-nél végzett mérések eredményei az 1-es monitoring pontra vonatkozóan (hisztogramok)



16. grafikon A TCA1800 műszerrel, Hungeod Kft.-nél végzett mérések eredményei az 1-es monitoring pontra vonatkozóan (regressziós egyenes)

