

Nyugat-magyarországi Egyetem
Geoinformatikai Kar

A magaspontok és a GPS

A székesfehérvári magaspontok koordinátáinak újbóli meghatározása

SZAKDOLGOZAT

Konzulens:

Dr. Busics György
egyetemi docens

Készítette:

Varga András
Nappali tagozat
Földmérő/földrendező szak

Székesfehérvár
2011

NYILATKOZAT

Alulírott**Varga András**..... (neptun kód: ...**[REDACTED]**...) jelen nyilatkozat aláírásával kijelentem, hogy a

Magaspontok és a GPS: A székesfehérvári magaspontok koordinátáinak újbóli meghatározása című

szakdolgozat

(a továbbiakban: dolgozat) **önálló munkám**, a dolgozat készítése során betartottam a szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. tv. szabályait, valamint az egyetem által előírt, a dolgozat készítésére vonatkozó szabályokat, különösen a hivatkozások és idézések tekintetében¹.

Kijelentem továbbá, hogy a dolgozat készítése során az önálló munka kitétel tekintetében a konzulenszt illetve a feladatot kiadó oktatót **nem tévesztettem meg**.

Jelen nyilatkozat aláírásával tudomásul veszem, hogy amennyiben bizonyítható, hogy a dolgozatot **nem magam készítettem**, vagy a dolgozattal kapcsolatban szerzői jogsértés ténye merül fel, a Nyugat-Magyarországi Egyetem **megtagadja a dolgozat befogadását és ellenem fegyelmi eljárást indíthat**.

A dolgozat befogadásának megtagadása és a fegyelmi eljárás indítása nem érinti a szerzői jogsértés miatti egyéb (polgári jogi, szabálysértési jogi, büntetőjogi) jogkövetkezményeket.

Székesfehérvár, 2011.november 28.

.....
Hallgató

¹ **1999. évi LXXVI. tv. 34. § (1)** A mű részletét - az átvevő mű jellege és célja által indokolt terjedelemben és az eredetihez híven - a forrás, valamint az ott megjelölt szerző megnevezésével bárki idézheti.

36. § (1) Nyilvánosan tartott előadások és más hasonló művek részletei, valamint politikai beszédek tájékoztatás céljára - a cél által indokolt terjedelemben - szabadon felhasználhatók. Ilyen felhasználás esetén a forrást - a szerző nevével együtt - fel kell tüntetni, hacsak ez lehetetlennek nem bizonyul.

1. Bevezetés	4
2. A téma bemutatása, a vonatkozó szakirodalom összefoglalása	5
2.1 Történeti áttekintés a magaspontok geodéziai szerepéről	5
2.1.1 A magaspontok fogalma, előnye, hátránya.....	5
2.1.2 Az őrhálózat szerepe	7
2.1.3 A magaspontok meghatározása régen (magaspontlevezetés)	7
2.1.4 A magaspontok meghatározása a GPS-korszakban (magaspontfelvezetés)	7
2.2 Székesfehérvár belvárosának magaspontjai	9
2.2.1 Székesfehérvár történetéről.....	9
2.2.2 Székesfehérvár régi és új alapponthálózata	10
3. A vizsgálat, a feladat végrehajtásának bemutatása.....	14
3.1 A vizsgálat tárgyát képző magaspontok	14
3.2 Alkalmazott módszerek, technológiák	16
3.2.1 Leica 1200-as mérőállomás.....	17
3.2.2 Leica 1200-as GPS	19
3.3 A mérés körülményei, ideje, feldolgozása	20
3.4 A feldolgozáshoz használt programok	24
3.4.1 Az LGO szoftver	24
3.4.2 A GeoCalc 3.0 szoftver.....	29
3.4.3 Az ITR szoftver	30
4. Eredmények, elemzés	32
5. Összegzés	38
5.1 Válaszok, feltételezések.....	38
5.2 Javaslatok	38
6. Irodalomjegyzék.....	40
Mellékletek	41

1. Bevezetés

A téma választását a 2010-es terepgyakorlat indokolta. Ezen a gyakorlaton végzett mérések hívták fel a figyelmet arra, hogy az itt kapott belvárosi magaspontok koordinátái különböznek a nyilvántartottól. Különösképpen három toronyé. A tavalyi TDK dolgozatomban a 2010-es mérésekből készítettem kiegyenlített GPS és irány- és távmérési hálózatokat. Ezekből már akkor kiderült, hogy a tornyok elmozdultak.

A második indok az volt, hogy ezek a hálózatok nagyon bizonytalanok voltak, a rossz antenna magasságok leméréséből és a rossz irányzások végrehajtásából fakadóan.

A harmadik egyben utolsó indok, hogy ezeket a magaspontokat az 1970-es évek elején határozták meg, az akkor létező legpontosabb technológiával és eszközökkel. Mivel a magaspontok különböző környezeti hatások miatt mozgást végeznek, ezért úgy gondolom, hogy fontos ezeknek a pontoknak az újbóli meghatározása.

Elhatároztam, hogy létrehozok egy saját hálózatot, amiben pontos irányzások mellett jól lemért antennamagasságok fognak szerepelni. Célom a dolgozatban, hogy tisztázzam melyik torony, milyen irányban, mennyire mozdult el és ezek az elmozdulások mennyire befolyásolják a későbbi földmérési tevékenységeket.

Ezen kívül meg szeretném találni az EOVA III. rendű pontjai segítségével a GPS hálózatnak a legjobb illeszkedését az országos (EOV) rendszerbe. Hogy ez kiderüljön, háromféle transzformációt fogok végrehajtani az ETRS89 és EOV rendszerek között. Ugyanis az 5 legközelebbi III. rendű EOVA ponton 2011 nyarán újbóli mérésekre került sor.

Tehát nemcsak a tornyok elmozdulásaira fog fény derülni, hanem az alkalmazott technológiai eljárások és műszerek pontosságára is.

2. A téma bemutatása, a vonatkozó szakirodalom összefoglalása

2.1 Történeti áttekintés a magaspontok geodéziai szerepéről

2.1.1 A magaspontok fogalma, előnye, hátránya

Magaspontnak nevezzük azokat a magas építményeket, amelyeknek valamely jellegzetes, jól látható és irányozható pontját vízszintes geodéziai alappontként meghatároztuk. A magas építmény pontját úgy kell megválasztani, hogy az magassági értelemben is jól irányozható legyen, így a magasságát is meg lehet határozni, rendszerint a vízszintesnél kisebb megbízhatósággal. Magaspontnak lehet választani templomtornyot, víztornyot, vártornyot, kéményt, ezeken felül még geodéziai célra felhasználhatók a rádióadók, átjátszó állomások, kilátók, épületcsúcsok is.

Magyarországon a múltban elterjedt gyakorlat volt a magas építmények vízszintes geodéziai alappontként történő meghatározása. Napjainkban is sok irányzásra alkalmas karcsú magas objektum épült, amelyeket alappontként fel tudunk használni. Érdekes ezeket meghatározni, mert a mérőállomással történő részletméréshez, kitűzéshez elengedhetetlen a jól látható és használható magaspontoknak, mint tájékozó pontoknak irányzása.

A magaspontok előnye:

- Nincsen szükség külön állandósításra, csak a megfelelő létesítmény, objektum kiválasztására.
- A jól megválasztott magaspontok fennmaradása jóval hosszabb távra biztosított, mint a kővel vagy szeggel állandósított pontoké. A gyakorlatban sokszor előfordul, hogy évtizedek múltán a munkaterületen kizárólag csak a magaspontok maradnak meg.
- A mindennapi gyakorlatban különböző geodéziai feladatoknál a magaspontok előnyösebben használhatók fel tájékozó pontként, mert nagy (akár 10 km-es) távolságokból is jól látszódnak. Kiemelkednek környezetükből, szemben a kővel állandósított pontokkal.
- Idő, pénz és energia megtakarítását érjük el azzal, ha magaspontot használunk fel, mert prizrát, vagy jeltárcsát nem kell a pontra elhelyezni és őrizni.

A magaspontok hátránya:

- Külső környezeti hatásokra, (napsütés, szél) mozgást végeznek. Egy példa a székesfehérvári hőerőmű 105 méter magas kéménye, ami az egyoldalú felmelegedés hatására 15 cm-es átmérőjű 8-as alakú görbét ír le. Ezt a hátrányt azzal tudjuk kizárni, ha ilyen magas építményeket eleve nem választunk ki.
- A magaspontok átépítése miatt elmozdulás-vizsgálatra lehet szükség, ami többletmunkát jelent. Templomtornyoknál gyakori a tetőfelújítás vagy toronyfelújítás. Ezek a munkák több cm-es elmozdulást képesek okozni. Ezt a hátrányt úgy tudjuk elkerülni, ha őrhálózatot építünk ki a pont körül, ami szintén többletmunka.
- A magaspont többnyire nem alkalmas műszerálláspontnak. Ez esetben úgy járunk el, hogy a terepszinten telepítünk egy műszerállásra alkalmas pontot, amelyet külön meghatározunk, ami szintén többletmunkával jár.

Műszerállás szempontjából háromféle magaspontot különböztetünk meg: műszerállásra alkalmatlant, csak külpontos műszerállásra alkalmasat, illetve központos műszerállásra alkalmasat.

- Műszerállásra alkalmatlan magaspont: erre tipikus példa a gyárkémény. Ennek meghatározása, előmetsző irányokkal történik. Legalább 4 irányt kell mérni, amelyek a horizonton egyenletesen oszlanak el. Ezután két további feladat van: az őrhálózat kialakítása, és a terepszinti pont meghatározása.
- Külpontos műszerállásra alkalmas magaspont: tipikus esete a templomtorny. A műszerállás leggyakoribb helye a toronyablakban kialakított pilléren van. Az így kialakított műszerállás lehetővé teszi, hogy ne csak külső, hanem belső irányok és távolságok is részt vegyenek a magaspont koordinátáinak a meghatározásában, így a megbízhatóság növelhető.
- Központos műszerállásra alkalmas magaspont: az ilyen típusú magaspontokból nagyon kevés fordul elő; példája a mérőtorny. A mérőtorny álláspontként, vagy irányzott pontként való szabatos felhasználásakor az a feladat, hogy a központot jelentő kő helyét felvetítsük a műszerasztalra, a betetőző gúla jelét pedig levetítsük és meghatározzuk a külpontosság mértékét. Lapostetős magas épületek tetején építhetők kisebb pillérek, amelyeken központosan fel lehet állni

és irányozható jelet is lehet rá tenni, de a tetőszigetelés felújításakor a tapasztalat szerint ezek többnyire elpusztulnak.

2.1.2 Az őrhálózat szerepe

A magaspont koordinátáinak számítása után következik a legalább 3 pontból álló őrhálózat kialakítása. Mérik a szomszédos őrpontok távolságát, az úgynevezett alapvonalakat, valamint a vonalak által bezárt törésszögeket; ezek lesznek később az elmozdulás-vizsgálat alap-adatai. Ezeket a szögeket feltüntetik a magaspont törzslapján. A későbbiek során, ha esetleg a pont elmozdul, vagy pontsűrítés történik, akkor megismétlik a törésszögek meghatározását. Ezekből az új szögekből számítják a pont koordinátáit, amit egybevetnek az eredeti koordinátákkal. Ha a lineáris eltérés értéke meghaladja a 2 cm-t, akkor a pontot elmozdultnak tekintik, a régi koordinátát megszüntetik és az újat életbe léptetik.

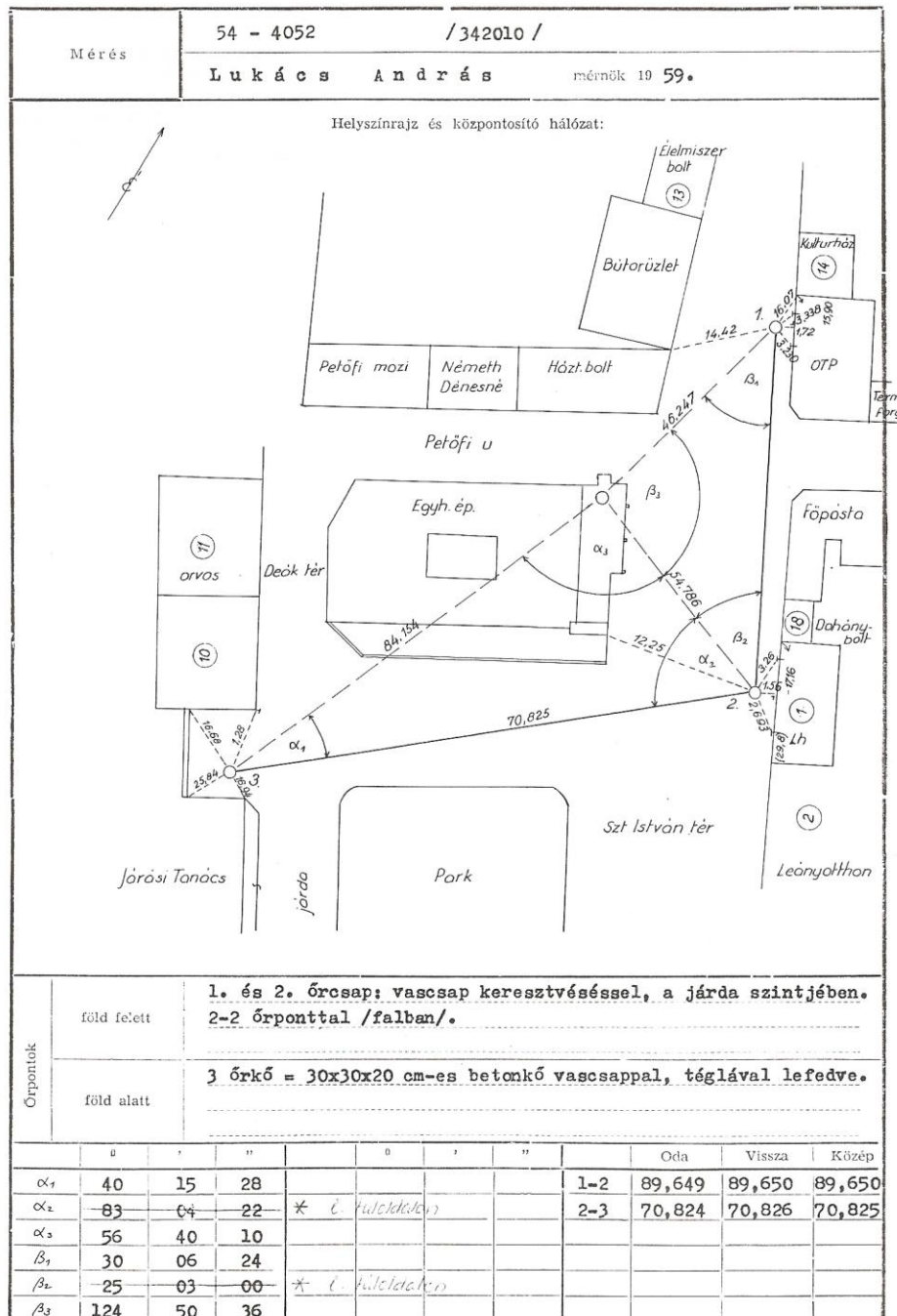
2.1.3 A magaspontok meghatározása régen (magaspontlevezetés)

A magaspont körül a terepszinten állandósított pont koordinátáinak a meghatározását magaspontlevezetésnek nevezzük, mivel a magaspont ismeretében adunk koordinátát egy lenti pontnak. Ahhoz, hogy a pontot meghatározzuk, szükségünk van egy alapvonalra, amelynek hosszát megmérjük. Ezen kívül szükség van a magaspont és egy vagy több tájékozó irány koordinátáira, a magaspontra menő irányok alapvonallal bezárt törésszögeire, valamint az alapvonal egyik végpontjáról mérni kell egy tájékozó irányt is. A feltételek hasonlóak az őrhálózatnál leírtakhoz, csak egy további adat kell: egy külső, adott pontra mért irányérték. A geometriai megoldáshoz képest mi geodéziai megoldásra törekszünk, nem egyetlen alapvonalat létesítünk, hanem kettőt, nem egy tájékozó irányt mérünk, hanem amennyit az adott körülmények engednek és esetleg több álláspontról. Ezek után egyszerű geometriai és geodéziai számításokkal meg lehet határozni a magaspont levezetett pontjának koordinátáit.

2.1.4 A magaspontok meghatározása a GPS-korszakban (magaspontfelvezetés)

Ez a módszer az előbbi fejezetben (1.3) tárgyalt fordítottja, abban a tekintetben, hogy most a levezetett pontot tekintjük ismertnek és a magaspontot ismeretlennek. Először egy ún. mikrohálózat (ami azonos lehet az őrhálózattal) pontjainak koordinátáit határozzuk meg alkalmas GNSS technológiával (gyors statikus mérés, félkinematikus utófeldolgozásos, hagyományos RTK vagy hálózatos RTK). Ehhez természetesen a magaspontfelvezetéshez viszonyítva egy további műszertípust, alkalmas GPS/GNSS vevőt is fel kell használnunk. Ezt követően mérjük a magaspontra menő irányokat és a

tájékoztató irányokat. Itt is figyelni kell, hogy legyen fölös mérésünk. A magaspont koordinátáit vízszintes hálózat-kiegyenlítésből kapjuk (y, x), magasságát pedig 1D-s magassági kiegyenlítésből (H). Mivel több állaspontról mértünk és van fölös adatunk, ezért lehetséges a kiegyenlítés. Így a végleges koordinátákat a „javítások négyzetösszege minimális” feltétel előírásával kapjuk.



M. 9-3. b.

Szabolcs-Szatmári Ny. V. — 1079. — 1962.

1. ábra. Az 54-4052 magaspont 1959. évi őrhálózatának törzslapja

2.2 Székesfehérvár belvárosának magaspontjai

2.2.1 Székesfehérvár történetéről

Székesfehérvár a korábbi római kori Gorsium, majd Herculia által megjelölt útvonal-keresztvezetőtől 10 km-rel északra alakult ki, az akkori haditechnikának jobban megfelelő, a mocsárvilág által védett területen. Központi fekvése miatt a fejedelmi törzs szálláshelyének választotta az egész környéket, majd Géza nagyfejedelem itt kezdte meg a város építését. 972-ben építtette meg a fehérvári fejedelmi várat és benne négykaréjos templomát (temetkezési helyét); ennek alaprajzi lenyomata a belváros legmagasabb pontján jelenleg is látható.

Géza halála után István folytatta apja országépítő politikáját, ő tette Székesfehérvárt (Alba Regia, Alba Civitas) országosan kiemelkedő szerepűvé. 1016-ban megalapította a Nagyboldogasszonyról elnevezett koronázó székesegyházát, a korabeli Európa egyik legnagyobb és legpompásabb egyházi épületét. Bár a királyi székhely Esztergom maradt, közjogi szempontból az első helyet nyerte el Fehérvár az itt megtartott koronázások, királyi esküvők és temetések, valamint az országgyűlések, országos törvénynapok révén. Több mint ötszáz év alatt az 1543-ban bekövetkezett török hódoltságig 35 uralkodót koronáztak itt, továbbá 15-öt temettek el számtalan családtag és főrangú személy mellett.

A feudális magyar állammal együtt fejlődött Székesfehérvár is. A szilvamag-alakú észak-déli irányú központi részt körülvevő szigeteken sorra épültek ki a külvárosok (Budai, Sziget, Ingovány városrészek). A XII-XIII. században a történeti Belvárost városfalakkal vették körül; a belvárosba két kapun lehetett bejutni (Budai, Palotai).

Mátyás király korában (1458-1490) nagyobb arányú építő tevékenység folyt a városban. Új, gótikus szentélyt építtetett a Szent István által alapított bazilika meghosszabbításával saját temetőkápolnájaként.

A török hódoltság idején (1543-1688) a város elvesztette korábbi szerepét. A muzulmánok többnyire átvették a keresztény épületeket, csupán néhány szakrális illetve saját hagyományaikat reprezentáló házat építettek (fürdők, dzsámik, minaretek).

A török kivonulás után a Habsburg-politika nem engedte meg, hogy Székesfehérvár a független Magyarországot idéző szerepét visszanyerje. A koronázásokat és királyi esküvőket a Bécshez közeli Pozsonyban tartották meg, a temetések többnyire Bécsben, esetleg a Birodalom más városaiban (Prága, Graz) történtek, a többi funkció pedig lényegében megszűnt.

Ennek ellenére Fehérvár 1703-ban elnyerte a szabad királyi város címet, majd 1777-ben a várost püspöki székhellyé emelte Mária Terézia. Ezzel ismételten az ország legjelentősebb városai között tartották számon. Az 1700-as években Fehérvár belvárosa

barokk stílusban újjáépült. A ma is látható régi épületek lényegében ebből a korszakból maradtak ránk, ilyenek a vizsgálat tárgyát képező templomok (tornyok) is.

Az 1867-es kiegyezés után megindult iparosítás Székesfehérváron is érzékelhető volt. A könnyűipari üzemek azonban nem változtattak lényegesen a központi területet körülvevő városrészek jellegén. Ennek nyomai jelenleg is megtalálhatók a Móri út fésűs beépítésénél, illetve a palotavárosi lakótelep közepén megőrzött, Rác utcai védett épületegyüttesnél.

A II. világháború végének harcai súlyos károkat okoztak városszerte. A háborús torzulásokat a lakótelep-építkezések még fokozták, bár ezen beruházások is hozzájárultak a város középfokú centrummá alakulásához. Ezzel párhuzamosan jelentős műemlékvédelmi tevékenység is kibontakozott a városban. A városépítés és -fejlesztés terén elért eredményekért 1970-ben a város Hild-díjat kapott. Ezzel egyidejűleg jelentős ipari beruházások (Videoton, Ikarus, Könnyűfémű) és az ország egyik legnagyobb építőipari üzemének (Alba Regia Építőipari Vállalat) kivitelezésében hatalmas lakótelep-építkezések folytak.

A háborús helyreállításokat az 1970-es évektől a műemlékileg védett történelmi Belvárosban az ún. tömbrekonstrukció követte. Ennek nyomán egyre nagyobb mértékben bomlottak ki Székesfehérvár ezeréves építészeti örökségének emlékei, még ha helyenként egyelőre csak torzóban is.

2.2.2 Székesfehérvár régi és új alapponthálózata

Az 1938-as esztendő Fehérvár történetében kiemelkedő jelentőségű. Ebben az évben volt István király halálának 900. évfordulója és ennek kapcsán számos új létesítménnyel (például a Romkerttel) és szoborral gazdagodott a város, számos jelentős ünnepi eseményre került sor. Ebben az évben létesült Székesfehérvár önálló alapponthálózata is, amelynek a pontleírásokban „centrális” a megnevezése. Ez valójában egy olyan centrális irányméréses háromszögelési hálózat, amely 6 ún. főpontból áll, centruma a kármelita templom tornya, legészakibb pontja a Gombócleső nevű dombtetőn van, déli pontja a Kuruchalom (a mai Domb utcában), keleten a Fiskális útig terjedt. Magáról a hálózatról nem sikerült részletes adatokat szerezni. A Magyar geodéziai és kartográfiai irodalom című bibliográfia III. kötetének 363. oldalán szerepel egy cikk Deme Gyula tollából, azonban a megadott folyóiratban, amelyet a megyei könyvtár munkatársai voltak szívesek átnézni ez a cikk nem szerepel, sőt az 5 évvel korábbi illetve későbbi számokban sem. Annyit tudunk, hogy a hálózatot önálló kiegyenlítéssel számolták és nem transzformálták be az országos rendszerbe, mert így megőrizte a pontosságát. Ennek az is következménye, hogy bár a budapesti

sztereografikus rendszerben vannak a síkkoordináták, ezek mégsem azonosak az országos hálózat koordinátaival; ez a pontleírásokon is követhető és erre a tényre fokozottan kellett figyelni. A centrális alapponthálózat volt az alapja Székesfehérvár szabatos városmérésének, amely egészen az 1980-as évekig tartott. Nagy Lajos tanár úr meghatározta a centrális rendszer és az EOVS közötti transzformáció paramétereit (Nagy L. 1977, 1999), ezekkel nemcsak az alappontokat, hanem a részletpontokat is átszámították majd újra szerkesztették ITR-ben Fehérvár térképét, amely ma digitálisan áll rendelkezésre. Fontos tudni azonban, hogy ez a térkép az egykori önálló centrális hálózaton alapszik.



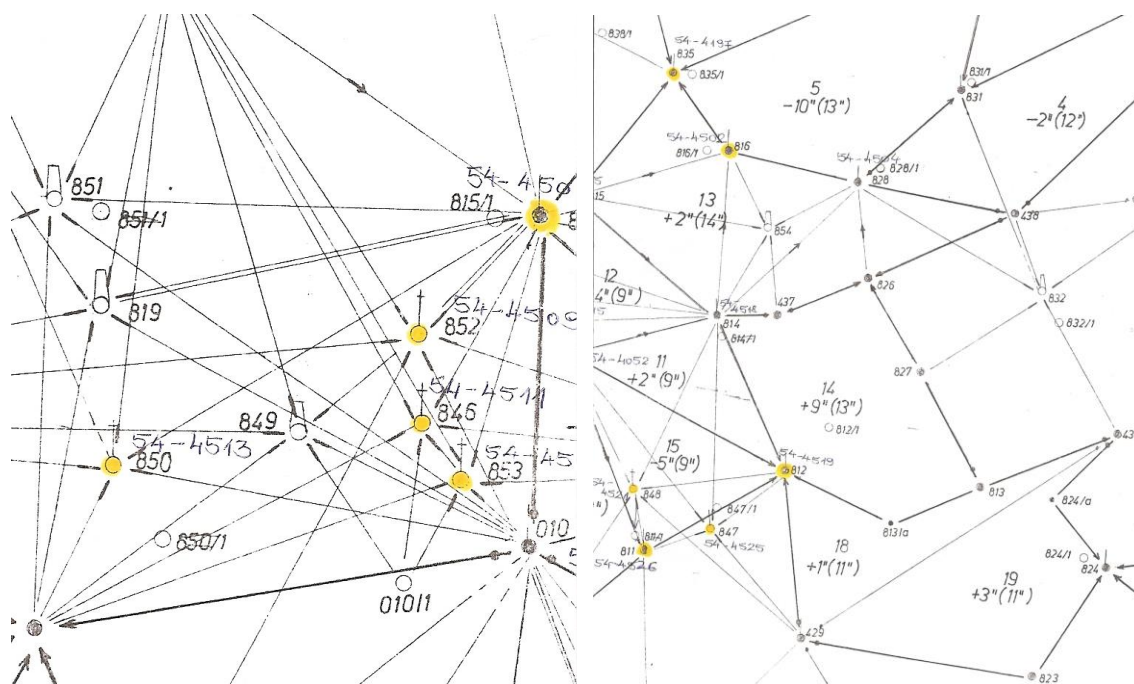
2. ábra. A FÖMI Központi Adattárában, a fehérvári centrális hálózat vázlatával

A magyar geodéziai alapok megújítása az 1970-es években új vízszintes és magassági alapponthálózat (EOVA és EOMA), új vetület (EOV) és új térképrendszer (EOTR) bevezetését jelentette. Dolgozatom témája szempontjából az ún. új vízszintes alapponthálózat kiépítése hierarchikusan (elsőrendű, harmadrendű, negyedrendű alappontok) viszonylag hosszú időtávon ment végbe (1949 és 1993 között). A Székesfehérvár körüli országos vízszintes alappontok az 1970-es évek elején létesültek. A negyedrendű munkaterület (ún. rajon) Pákozd és Várpalota között, mintegy 200 km²-en terült el. Érdekesége, hogy a munkát nem a BGTV, hanem a BME oktatói végezték, kivéve Székesfehérvár belterületét, amelyet viszont az akkor létesült főiskola oktatói mértek. Ezen a területen a rajzi munkarészekben „Techn.” megjelölés szerepel, ami a Felsőfokú Földmérési Technikumra utal, amely 1972-ben vált főiskolává és a mai Geoinformatikai Kar elődje. A műszaki leírások (Sárdy A. 1972, Nagy L. 1972) és a leadott munkarészek alapján röviden így összegezhető az elvégzett pontsűrítés.

A BME a külterületi részekben 128, belterületen 61 új pontot határozott meg. Ehhez 15 db felsőrendű pontot (köztük 8 db tornyot) és 12 db negyedrendű főpontot használtak fel adott pontként. A számításokat Gauss-Krüger helyi rendszerben végezték (erre az eredeti pontszámok is utalnak). A negyedrendű főpontok koordinátáit újra meghatározták. Az alkalmazott technológia zömében hosszúoldalú sokszögelés volt, kétfordulós irányméréssel és távméréssel. A számítás során csomópontokat alakítottak ki, és három csoportban, a BGTV számítógépén egyenlítették ki a csomópontrendszert. A műleírás (Sárdy, 1972, 9. oldal) szerint: „a régi és az új hálózat kapcsolatának biztosítására a székesfehérvári centrális hálózat hat elsőrendű pontját és két alapvonal-végpontját meghatároztuk az új hálózatban”.

Dolgozatom szempontjából a fehérvári belterület pontsűrítése az érdekes, amiről Nagy Lajos műszaki leírásából tájékozódtam (Nagy, 1972). A belterületen 76 db új pontot határoztak meg (a levezetett pontokkal együtt), ehhez a munkaterület határvonalán 16 db, azon belül 15 db adott pont állt rendelkezésre. A 76 új pont megoszlása a műleírás szerint: 45 db terepi pont (köztük 17 levezett pont), 14 db állandó műszerállásnak kiképzett magaspont, 17 db egyéb magaspont. Látható, hogy igen sok (a szokásos aránynál jóval több) magaspontot határoztak meg, lényegében majdnem minden tornyot illetve kéményt, amely alkalmas volt (ezt részben az iskolai gyakorlatok indokolták). Különlegessége volt a munkának az előbb „állandó műszerállásnak kiképzett” kifejezéssel jellemzett magaspont-kategória. A műleírás szerint: „Székesfehérvár belterületén az összelátási lehetőségeket és a sokszögelést a szétszórta létesített lakótelepek és a régi belterületen a keskeny kanyargós utcák nehezítették. Ezen úgy segítettünk, hogy 14 lapostetejű magas épületen pillért építettünk, amelybe központasan vashengert csavaroztunk be ideiglenes pontjelként. Mérés idején a pontjelző helyére csavarozható furatos csap biztosítja a műszer központos elhelyezését. ...A pillérek levezett pontjai biztosítják további pontsűrítés esetén a csatlakozást”. A pontsűrítés technológiája itt is a hosszúoldalú sokszögelés volt (Wild T3, Wild T2, Zeiss Theo010 teodolittal és Distomat Di10 rátét-távmérővel), de az álláspontokról mértek a környező magaspontokra is, így voltaképpen egy irány- és távméréses vegyes hálózat alakult ki. Összesen 23 adott ponton és 52 új ponton történt iránymérés, 95 távolságot mértek meg. A tisztán előmetszett magaspontok száma 17. A számítás csomóponti sokszögvonalak kialakításával illetve hiba-ábrában történt.

Sajnálatos módon a magasházak tetején épített pillérek a felújítási munkák miatt mára eltűntek, a levezett pontok zöme is elpusztult.



3. ábra. Részlet az EFE FFK meghatározási tervéből, amely a belvárosi magaspontokat is tartalmazza

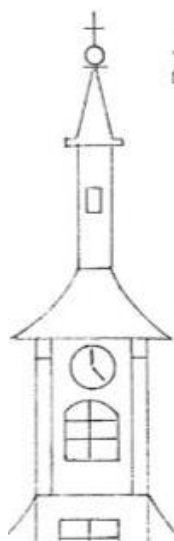
3. A vizsgálat, a feladat végrehajtásának bemutatása

3.1 A vizsgálat tárgyát képző magaspontok

A vizsgálat tárgyát négy templom tornyai jelentik, amely összesen 6 új magaspontot jelent, mivel két kettőstornyú templom is van közöttük. Mindegyik torony része volt az 1938. évi és az 1972. évi hálózatnak is, de utóbbi meghatározáskor kétféle pontszámmal is szerepelnek (ezeket tünteti fel a következő táblázat). A központi adattárból beszereztük a magaspontok pontleírásait, törzskönyveit és fényképeket is készítettünk róluk.

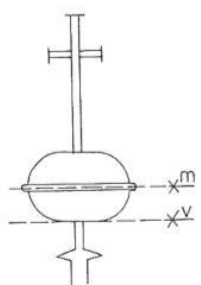
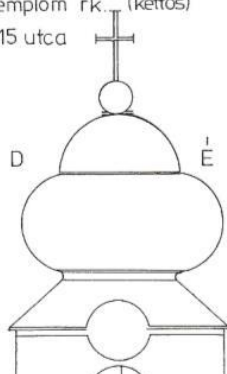
1. táblázat. A vizsgált magaspontok elnevezése a különböző vonatkoztatási rendszerekben

EOVA pontszám	Gauss-Krüger pontszám	centrális pontszám	torony neve
54-4052	342 010	I./1938	karmelita templom tornya
54-4509E	342 852E	18/1938	ciszterci templom, északi torony
54-4509D	342 852D		ciszterci templom, déli torony
54-4511	342 846	19/1938	barátok temploma tornya
54-4515E	342 853E	20/1938	bazilika, északi torony
54-4515D	342 853D		bazilika, déli torony



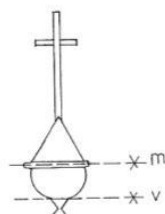
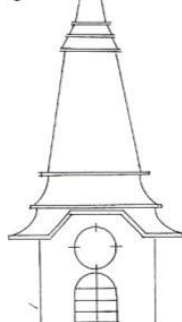
4. ábra. 54-4052 karmelita templom tornya (főpostával szemben)

Zirci templom rk. (kettős)
Március 15. utca



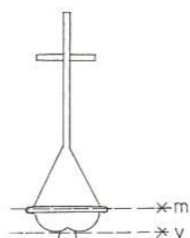
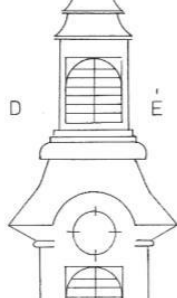
5. ábra. 54-4509E, 54-4509D ciszterci templom kettős torony

Helyszínrajz, leírás
Ferencses templom rk.
Szabadság tér



6. ábra. 54-4511 barátok temploma tornya

Helyszínrajz, leírás
Szekesegyház rk. (kettős)
Arany J. u.



7. ábra. 54-4515E, 54-4515D bazilika kettős torony

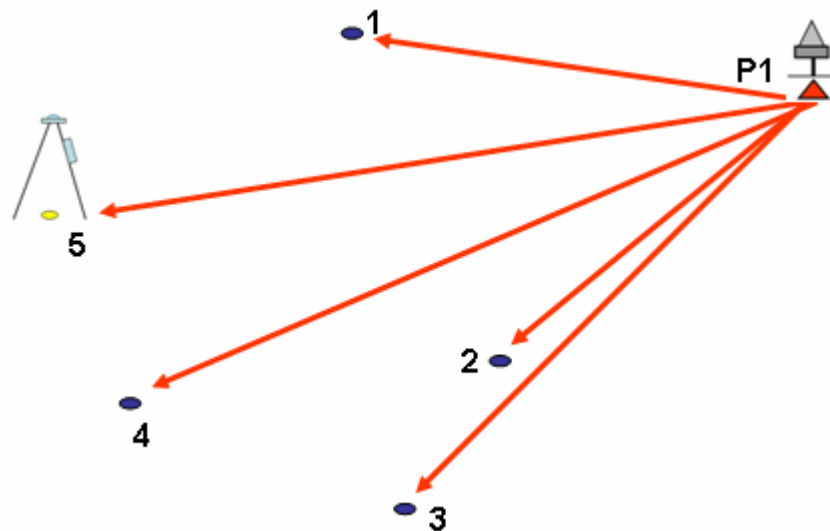
3.2 Alkalmazott módszerek, technológiák

A tornyok meghatározására a magaspontfelvezetés módszerét alkalmaztam. Ez abból áll, hogy a levezetett pontot tekintjük ismert pontnak, amit a megfelelő GNSS technológiával megmérünk, és egy irány- és távmérési hálózat segítségével meghatározzuk a magaspont, esetünkben a templomtornyok vízszintes és magassági koordinátáit.

A kezdetben elképzelt kinematikus GPS mérési technikát sajnos nem tudtam alkalmazni, mivel a mérőállomásban használt GSM kártya nem volt megfelelő. Ebből kifolyólag egy másik megoldáshoz folyamodtam. Az adott álláspontokon átlagban 15 perces gyors statikus mérést hajtottam végre a Leica 1200-as Smartstation-nel, aminek eredményét utófeldolgozással számítottam ki.

A kinematikus mérési módszer lényege, hogy a GPS a mérés kezdetén elvégzi az inicializálást, egy GSM kártya segítségével, amin van elérhető internet kapcsolat, vagyis meghatározza az ún. ciklustöbbsértelműséget, az egész N érték számát. Így pár másodperc alatt cm-es pontosságú koordinátákhoz jutunk.

A statikus mérés lényege, hogy felállítjuk a vevőt az állásponton, és 15-20 perces észlelést végzünk. Majd az eredményeket utófeldolgozással kapjuk, amihez le kell tölteni a legközelebb permanens állomás adatait, ugyanabban az időben. Így egy térbeli vektorhoz jutunk, aminek segítségével a keresett pont kiszámítható.

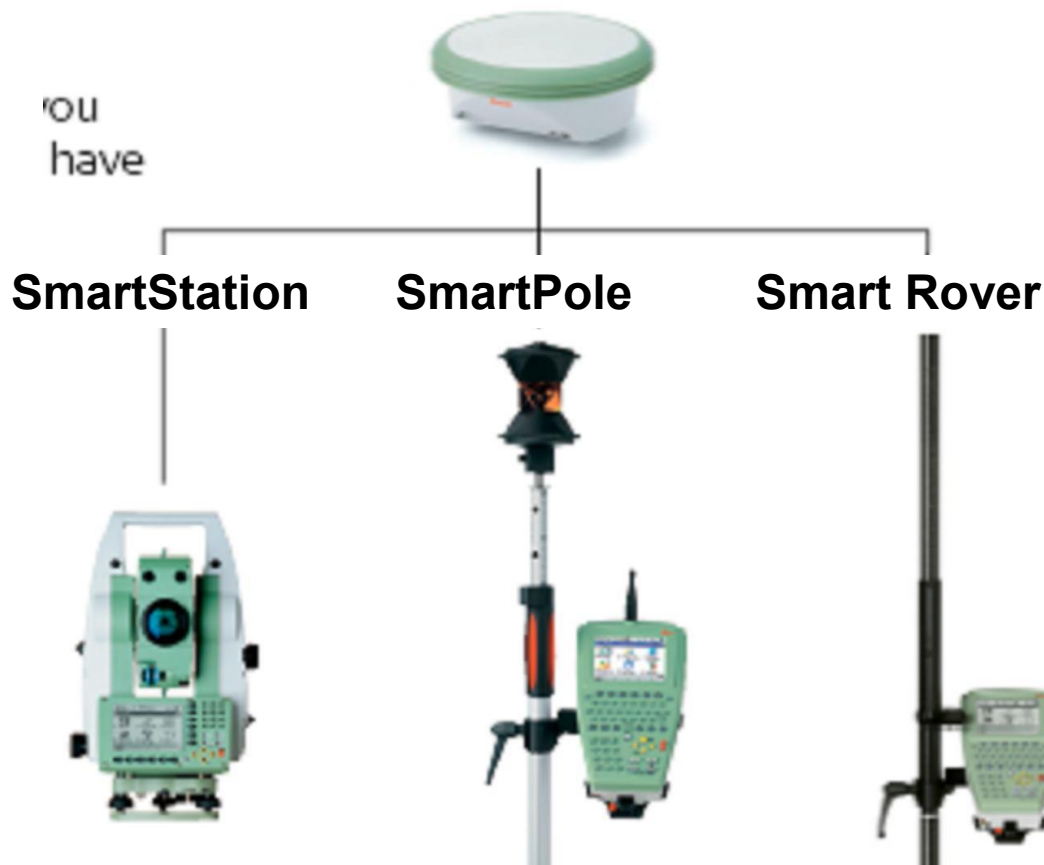


8. ábra. Gyors statikus mérés utófeldolgozásos permanens, vagy virtuális rinex

Ugyanezzel a műszerrel, egy iránymérési hálózatot hoztam létre. Minden állásponton mértem legalább egy tájékozó irányt és megpróbáltam, ahol tudtam mindegyik tornyot megirányozni. Ez azonban nem sikerült mindenhol, a beépítettség, fák és egyéb takarások miatt. A Smartstation-nek köszönhetően, csak egyszer kellett pontra állni és a GPS és iránymérést egy időben meg lehetett valósítani. Mivel a pontok

magasságára is kíváncsi voltam, ezért magassági leolvasást is végre kellett hajtani és a műszermagasságok gondos bevitelére is ügyelni kellett.

3.2.1 Leica 1200-as mérőállomás



9. ábra. Leica 1200-as műszercsalád

A Leica 1200-as műszercsalád tagja nemcsak egyszerű mérőállomás: a tetejére helyezhető GNSS-antennával lehet GNSS-mérőállomás (SmartStation), használható külön hálózatos RTK-vevőként (SmartPole), lehet egyemberes mérőállomás (a 360°-os prizmatra illeszthető vezérlőegységgel) és lehet egy valódi TPS-GPS integrált rendszer része. A GEO-ban lévő mérőállomás motoros, automata célkövető-irányzó, célkereső, de nem képes prizma nélküli mérésre. Az automatikus célpontfelismerés, automatikus irányzás passzív módon történik láthatatlan lézernyalábbal; a prizmáról visszaverődő lézerjeleket egy CCD kamera dolgozza fel, kiszámítja a prizma közepének pixel-koordinátáit és a szervomotor révén a távcsövet a prizma közepe felé fordítja. Ha ellenőrizni kívánjuk az ATR-t – belenézünk a távcsőbe – azt fogjuk tapasztalni, hogy az nem teljesen a prizma közepére mutat. Az iránymérték és a zenitszög azonban pontos lesz, mert a műszer a prizma közepe és az irányvonal közti különbséget számolja.

A szögmérés középhibája: 5", az infravörös lézertávolságmérés megvalósuló fázismérési távmérés középhibája prizma: 2mm-2ppm.

Az 1200-as teljes felszerelés része az ATX1200GG típusú GNSS-vevő, az RX1250Tc vezérlőegység, ennek az egységnek a rúdra illeszthető tartószerkezete, továbbá egy 360°-os prizma. A műszer egyik oldalán az adattárolást biztosító CF kártya helyezhető be, a másik oldalán a belső akku.

A műszer rendelkezik lézervetítővel és elektromos libellával, amivel függőlegessé tehető. A műszer tápellátásáról egy GEB221-es lítium akku gondoskodik, aminek működési időtartama: 6-8 óra.

A képernyő színes, grafikus, ikonokkal ellátott. A vezérlés nemcsak a billentyűzeten keresztül, hanem érintőceruzával is lehetséges.



10. ábra. A Leica 1200-as műszer kijelzője

Menüszerkezetben megtalálható:

1. Felmérés

Itt található az álláspont létrehozása, tájékozás és a részletmérés.

2. Programok

A beépített programok (Álláspontlétesítés, tájékozás, felmérés, kitűzés, Koord-rendszer meghatározás, COGO és GPS mérés) innen érhetők el. Itt található még a GPS szabad álláspont meghatározás hálózatos RTK-val, ha GNSS-mérőállomásként használjuk a műszert.

3. Kezelés

Itt lehet munkaállományt létrehozni, választani, megadni a vonatkoztatási rendszert, prizmatípust, kódlistát és az alapvető konfigurációkat.

4. Konverzió

A mérési adatainkat ennél a menüpontnál tudjuk konvertálni más adatcsereformátumokba.

5. Konfiguráció

Itt az általános beállításokat találjuk. (Felmérés, műszer, általános beállítások, interfaces, SmartStation)

6. Eszközök

Memória formázása, objektumok átvitele, rendszerfájlok feltöltése, számítógép, fájl néző, licenz kulcsok, ellenőriz és illeszt, terepről irodába.

3.2.2 Leica 1200-as GPS



11. ábra. A Leica TCA1205, mint GNSS-mérőállomás.

A modembe először a SIM-kártyát, majd a GSM-antennát kell behelyezni. A modemet a Smart-tartószerkezetre illesztjük, majd az egész egységet a mérőállomás tetejére, erre helyezzük fel az antennát. A modem helyes működését led-ek jelzik a következő sorrendben: tápellátás, jelerősség, adatkapcsolat.

A vezérlést a mérőállomás billentyűzetén keresztül történik, a mérőállomás kártyáján tárolódnak az adatok is. Ki kell jelölni egy munkaállományt és helyesen ki kell alakítani egy konfigurálási paraméterkészletet. A főmenüből indíthatjuk a GPS mérést. Ezután kapcsolódunk az internethez, majd NTRIP protokolon keresztül a GNSS-központoz.

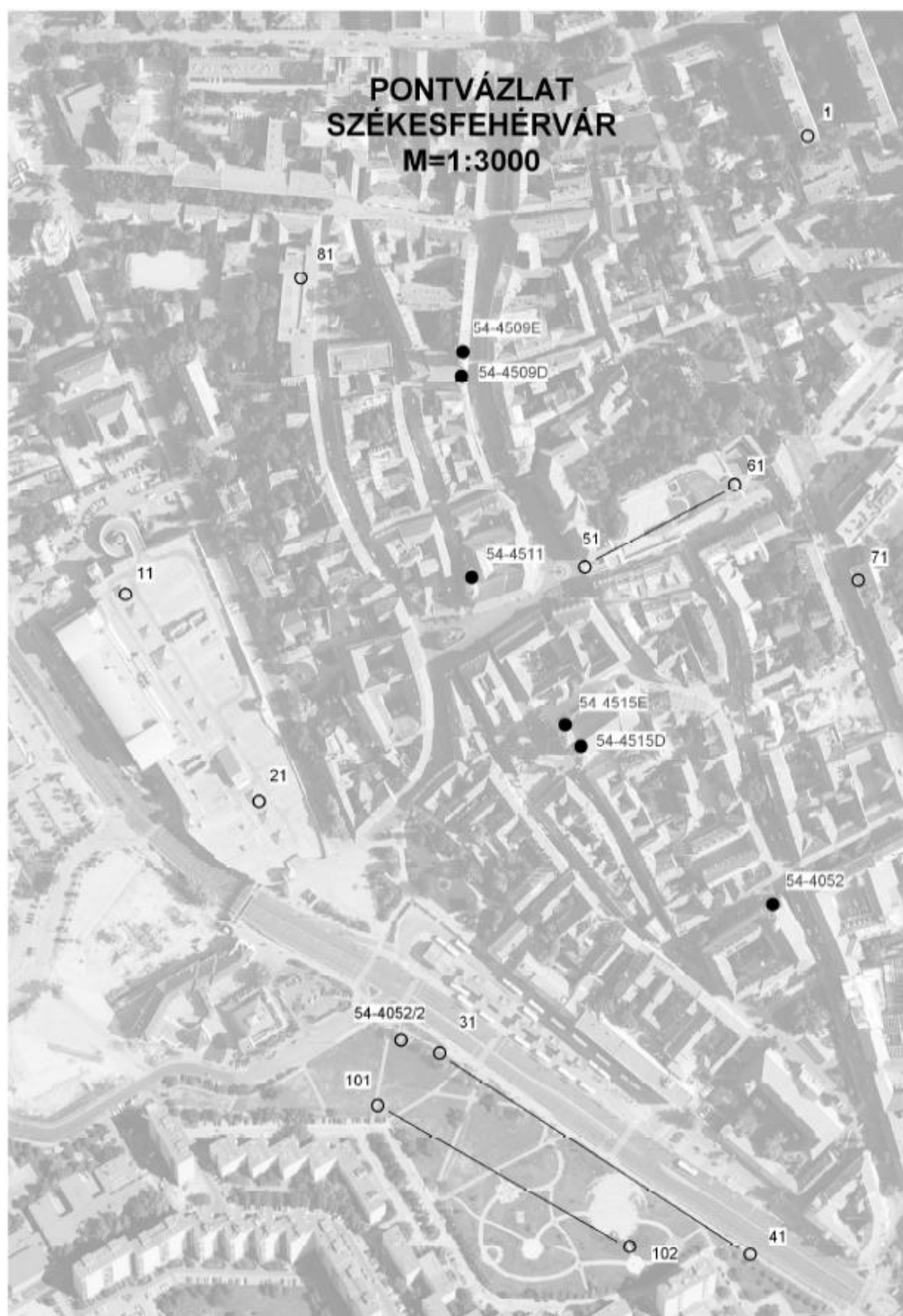
Ha kapunk korrekciókat, néhány másodperc múlva a pozíció középhibája deciméteresre csökken, majd a felső sorban megjelenik két pipa, ami a két frekvencián a fázismérés fix megoldását jelenti. A középhiba ekkor 1-3 cm-es, a koordináták tárolhatók, majd a munka valamilyen mérőállomás programmal folytatható.

3.3 A mérés körülményei, ideje, feldolgozása

A mérés végrehajtására 2011. szeptember 29-én szép napos időben került sor. A 6 templomtorony bemérése 6 álláspontonról történt. Minden álláspontonál a mérés GPS-szel és mérőállomással egyaránt megtörtént. Az iránymérést két távcsőállásban, a tornyoknál bal illetve jobb oldali irányzással hajtottam végre. Ezen kívül magassági irányzás is történt, szintén két távcsőállásban, a tornyok esetében bal és jobb oldali méréssel egyaránt. A mérési jegyzőkönyvvezető Báger Szabolcs volt. A jegyzőkönyvre azért volt szükség, hogy felgyorsítsuk a mérést, mivel a mérőállomásban más pontszámmal mentettem el a mért pontok eredményeit, és ezt később a feldolgozásnál írtam át.

2. táblázat. Az álláspontok és a tájékozó pontok leírása

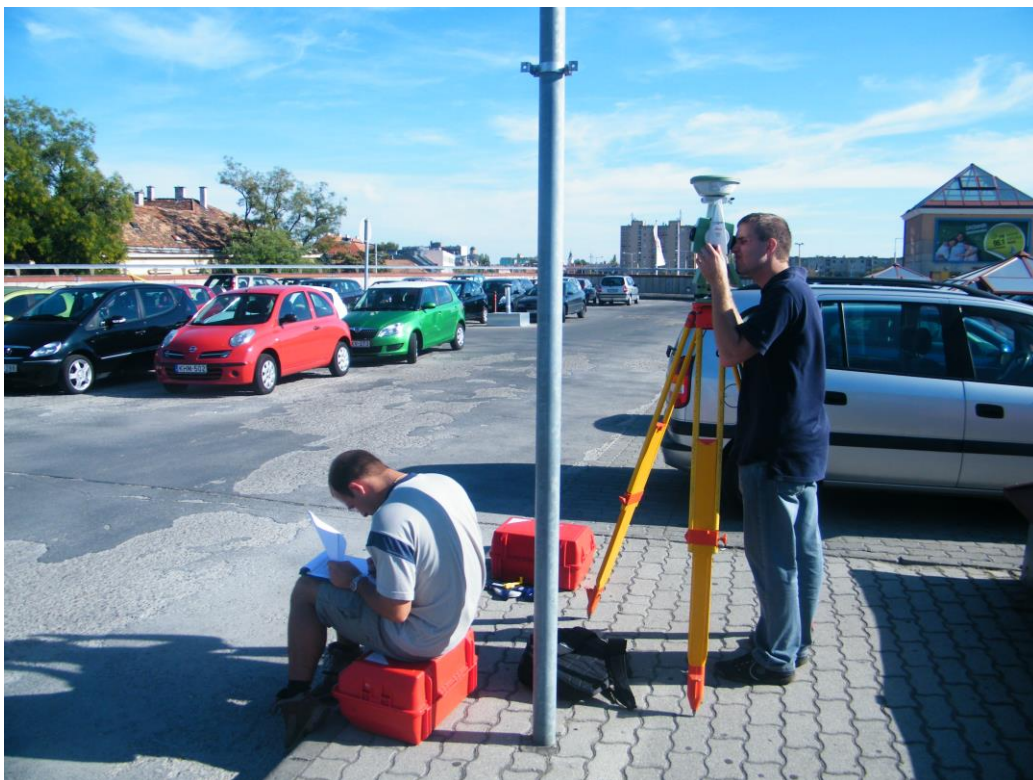
Álláspontszám	Helyszín	Tájékozó pontok
3	Kígyó utca 1-4. számú tízemeletes épület teteje	54-4513, 54-4521, 54-4555, 54-1017
11,	Alba Pláza tetőparkoló északi oldala	54-4513,
110, ami a pontvázlaton 21-es számmal van jelölve	Alba Pláza tetőparkoló déli oldala	54-4513, 54-4521, 54-4525
41	Buszpályaudvarral szemben található füves terület déli szélén	54-4513
54-4052/2	Buszpályaudvarral szemben található füves terület északi szélén	101
71	Megyei földhivatal teteje	54-4525, 54-4521, 54-4111
82	Ciszterci gimnázium teteje	54-4555, 54-4525,



12. ábra. Pontvázlat a magaspontfelvezetéshez (tele kör: új pont; üres kör: műszerálláspont)



13. ábra. Mérés a 82-es ponton (Ciszter gimnázium teteje)



14. ábra. Mérés a 110-es ponton (Alba pláza déli oldala)

Az első álláspont a székesfehérvári megyei földhivatal tetején a 71-es számú pont volt. A műszermagasság: 1,66 méter, a GPS műszerrésze: 1,81 méter. A GPS mérés időtartama: 12:05-től 12:20-ig, vagyis 15 perc. Ezen az állásponton a csókahegyi mérőtorony nem látszódott rendesen, ezért nem irányoztam meg, mint tájékoztató irányt.

Három tájékozó irányt viszont tudtam mérni: Prohászka templom, Videoton kémény és a Református templom.

A második álláspont a buszpályaudvarral szemközi park déli oldalán található 41-es számú ponton volt. A műszermagasság: 1,59 méter, a GPS műszerrészé: 1,74 méter. A GPS mérés időtartama: 12:50-től 13:00-ig, vagyis 10 perc. Erről a pontról nagyon kevés látszódott a beépítettség miatt. Csak a Bazilika két tornya, és a Szemináriumi templomtornyot tudtam jól irányozni. Tájékozó irányként a Rác templomot tudtam venni.

A harmadik álláspont ugyanezen park északi oldalán található III. rendű EOVA pont, az 54-4052/2-es, ami az 54-4052 Szemináriumi templom levezetett pontja. A műszermagasság: 1,59 méter, a GPS műszerrészé: 1,74 méter. A GPS mérés időtartama: 13:10-től 13:28-ig, vagyis 18 perc. Erről a pontról a Ciszterci templom két tornya nem látszódott. Tájékozó irányként a terepgyakorlaton használt 101-es álláspontot használtam fel, ami nagyon rövid irány és bizonytalanra sikerült, mivel csak egy ceruzával tudtuk megjelölni. Ezt az irányt kihagytam a későbbi GeoCalc-os feldolgozásból.

A negyedik álláspont a Ciszterci Szent István Gimnázium tetején foglalt helyet, 81-es pontszámmal. A műszermagasság: 1,67 méter, a GPS műszerrészé: 1,82 méter. A GPS mérés időtartama: 14:00-től 14:15-ig, vagyis 15 perc. Erről az állásponttól minden torony látszódott. Itt 3 tájékozó irányt is tudtam mérni melyek: Prohászka templom, Szent Donát kápolna és az iszka-hegyi mérőtorony.

Az ötödik álláspont az Alba plaza tetején, méghozzá az északi oldalán foglalt helyet 11-es pontszámmal. A műszermagasság: 1,71 méter, a GPS műszerrészé: 1,87 méter. A GPS mérés időtartama: 14:40-től 14:53-ig, vagyis 13 perc. Ezen a ponton szintén látható volt mindegyik torony és egy tájékozó irány, ami a Rác templom volt.

A hatodik egyben utolsó álláspont ugyanezen a tetőn, csak a déli oldalán egy általunk létrehozott 110-es számú ponton volt. A műszermagasság: 1,65 méter, a GPS műszerrészé: 1,81 méter. A GPS mérés időtartama: 15:05-től 15:20-ig, vagyis 15 perc. Minden torony látható volt, két tájékozó iránnyal, ami a Prohászka templom és a Rác templom volt.

Ezekén kívül még egy hetedik álláspont is bekerült a mérésbe, ami a Kígyó utcai tízemeletes panelház tetején helyezkedik el 3-as pontszámmal. Ezt a pontot átvettem a 2010-es terepgyakorlatos mérésemből. Azért volt rá szükség, hogy minden irányból legyen mérés a tornyokra, egyszóval jó legyen a geometria.



15. ábra. Kézi GNSS vevő

Mindezek után megtörtént a mérések kiolvasása a műszerből. A feldolgozás a következő fejezetekben (3.4.1, 3.4.2, 3.4.3) tárgyalandó programokkal történt. Itt kell megemlítenem, hogy a feldolgozáshoz használt programok mindegyike az NymE-Geoinformatikai Kar tulajdona, tehát szerzői jogvédelem alatt áll.

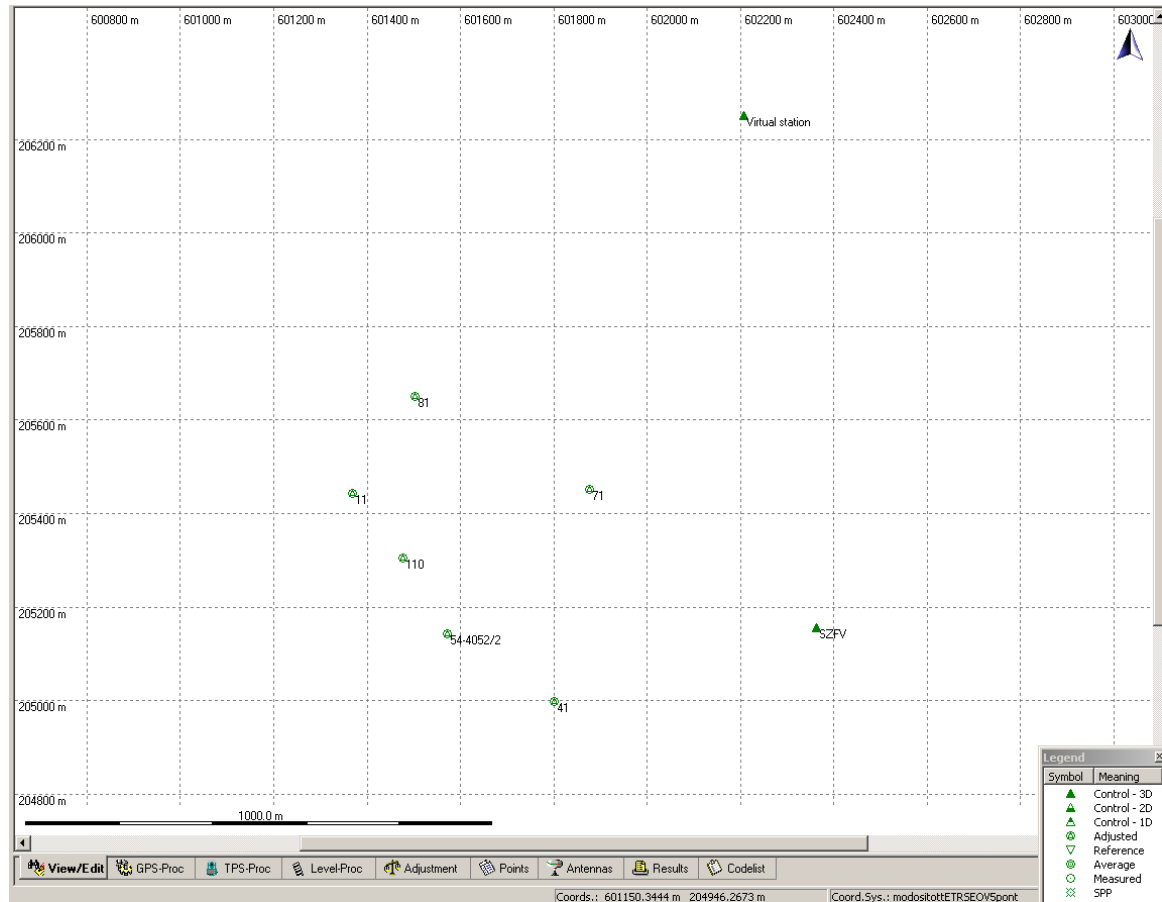
3.4 A feldolgozáshoz használt programok

A feldolgozáshoz háromféle programra volt szükségem. Kellett egy, amivel a GPS mérést tudtam kiértékelni, ez volt a Leica Geo Office. A második program, ami a GeoCalc 3.0-as szoftver volt, a mérőállomással mért adatok kiértékelésére szolgált. Végül az eredményeket szemléltetni is akartam, ezért volt szükségem az ITR 4-es szoftverre, mellyel meghatározási tervet hoztam létre. A következőkben tárgyalom és szemléltetem a feldolgozás menetét ezekkel a programokkal.

3.4.1 Az LGO szoftver

A Leica Geo Office programmal jelenítettem és számítottam ki a GPS-szel megmért álláspontok koordinátáit. Behívtam a programba az álláspontokat és hozzájuk letöltöttem a GNSS.net-ről az SZFV permanens állomás mérési eredményeit, amit

szintén hozzáadtam a projekthez. Ezenkívül, még egy virtuális rinex-et is lekértem az adott területre, hogy a koordináták kiegyenlítését el tudjam végezni.



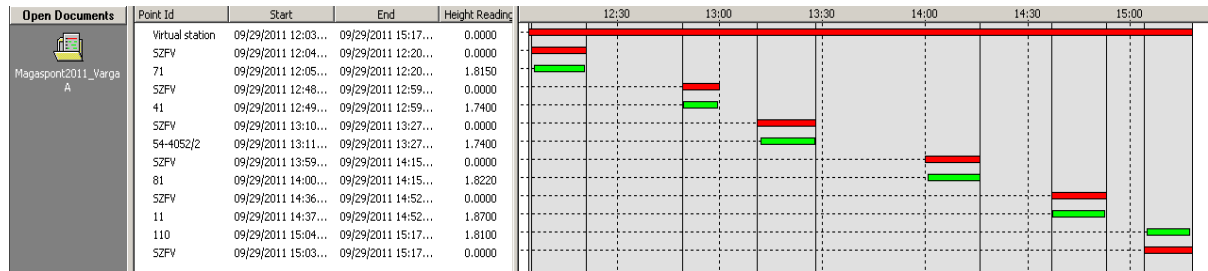
16. ábra. LGO képernyőkép: Adott pontok háromszög, keresett pontok üres kör

Következő lépésként beállítottam az antenna fáziscentrumértékeit, ami a következő: $L1=0,0899$, $L2=0,1179$. Ellenőriztem az antenna magasságokat, hogy mindenhol a tényleges érték szerepeljen.

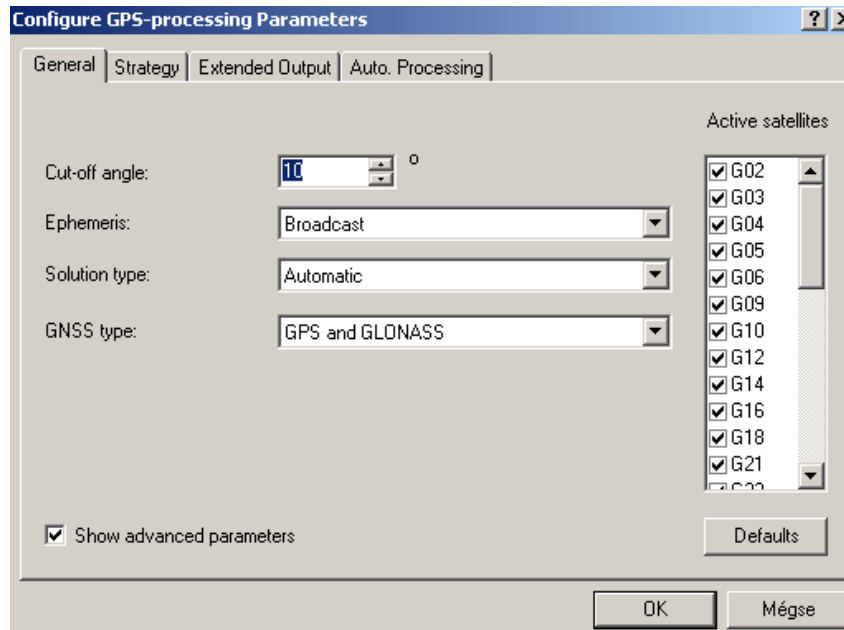
Contents	Name	Vertical offset	Phase center offset (vertical) L1	Phase center offset (vertical) L2	Additional corrections
Antennas	ADVNULLANTENNA	0.0000	0.0000	0.0000	Elevation and azimuth
	AT504 GG	0.0000	0.0899	0.1179	Elevation and azimuth
	ATX1230 Pole	0.0000	0.0888	0.0885	Elevation and azimuth
	LEIAT504GG LEIS	0.0000	0.1093	0.1282	None

17. ábra. LGO képernyőkép: Antenna beállítások

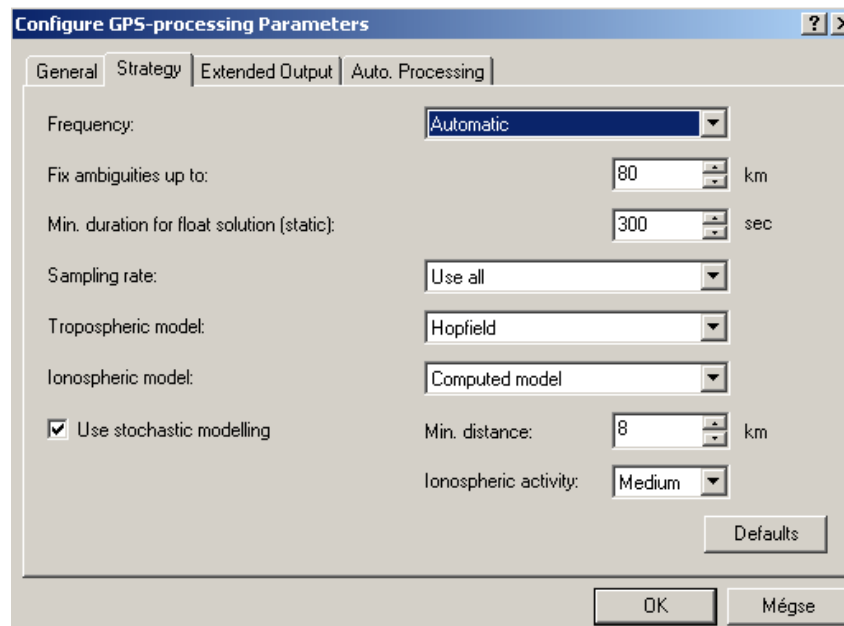
Mindezek után beállítottam a GPS proc menüben a Virtuális állomást és az SZFV permanens állomást referenciapontnak, tehát adott pontnak, az álláspontokat (3, 11, 41, 71, 81, 110, 54-4052/2) pedig rovernek. Lefuttattam a fázismérés számítását mindkét frekvencián, azaz, számítottam az álláspontok közötti vektorokat is, tároltam a feldolgozási naplófájl is.



18. ábra. Egy más között kiszámított vektorok Gantt-diagramja

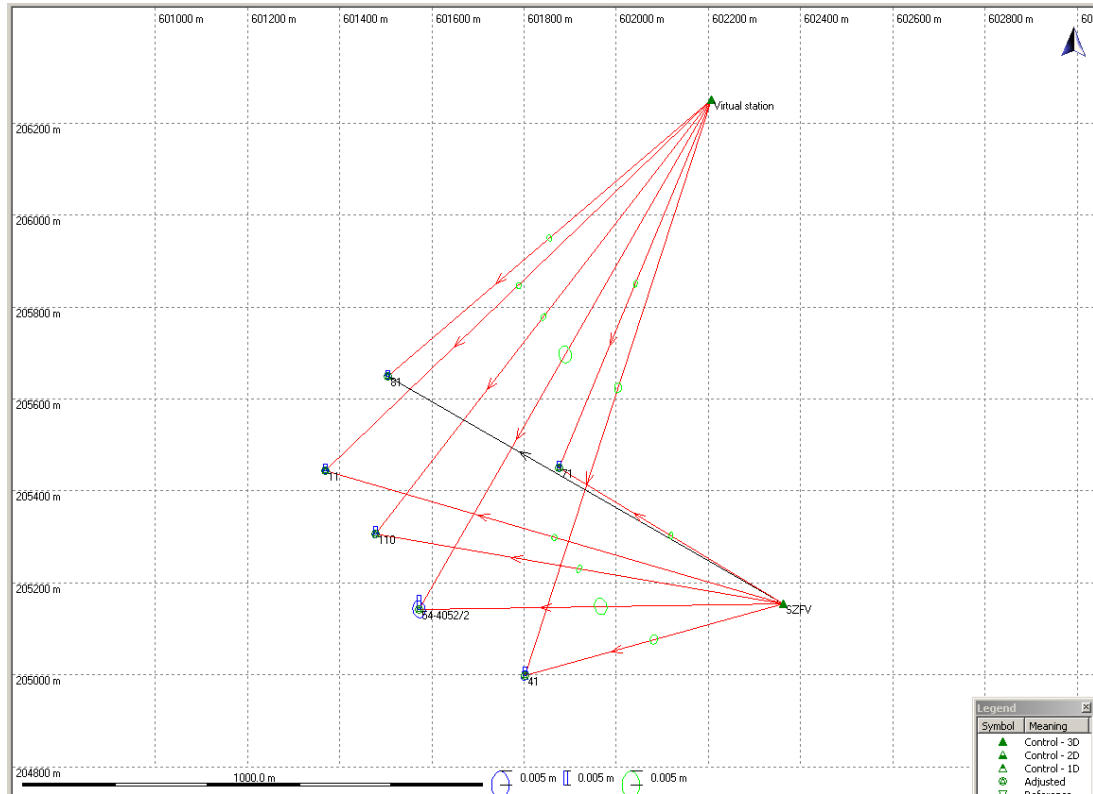


19. ábra. GPS paraméterek általános beállításai /1



20. ábra. GPS paraméterek általános beállításai /2

Majd az adjusment ablakban a compute network paranccsal elvégeztem a térbeli vektorhálózat kiegyenlítését, amelyben az összes számítható vektor minden kombinációban szerepel. Kimentettem a kiegyenlített koordinátákat a VITEL program segítségével EOVR rendszerben mm élességgel.



21. ábra. A kiegyenlítésben részt vevő vektorok és az abszolút és relatív hibaellipszisek

A továbbiakban azt próbáltam ki, hogy ha nem a VITEL szoftverrel, hanem más fajta transzformációs eljárással végzem el az ETRS koordináták átszámítását EOVR rendszerbe, akkor mennyiben változik az eredmény. Ehhez segítségemre volt az az LGO szoftver transzformációs funkciója.

3. táblázat. Transzformációs eljárások

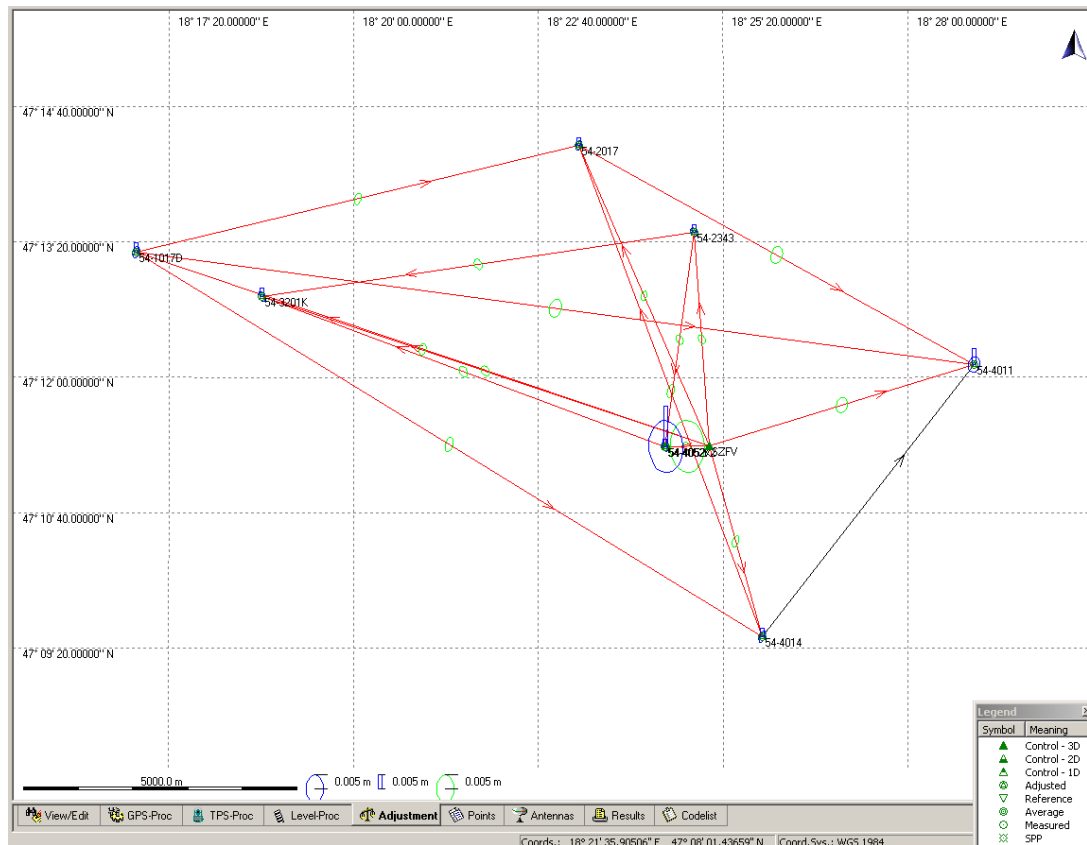
	Transzformációs modell	Közös pontok száma	interpoláció	megjegyzés
1	VITEL			
2	7 paraméteres hasonlósági modell	5	nem	
3	5 pontos modell interpolációval	5	igen	
4	4 pontos modell 1 új ponttal, interpolációval	4	igen	54-2017-es pont ki lett hagyva a számításból
5	5 pontos modell 1 új ponttal, interpolációval	5	igen	

Az egyik változat a 3. táblázatban a második számú, egy 7 paraméteres hasonlósági modell, melyben 5 közös pont alapján történt a transzformáció. Ezek közül négy Fehérvár körüli III. rendű EOVA pont van (54-1017D, 54-2017, 54-4011, 54-4014) továbbá az 54-4052/2-es levezetett pont (negyedrendű főpont), melyet álláspontként is felhasználtam. Ezen a ponton a 2011-es terepgyakorlat és a szakdolgozatom keretében is történt mérés. Ebben a transzformációban a terepgyakorlatos mérés lett felhasználva.

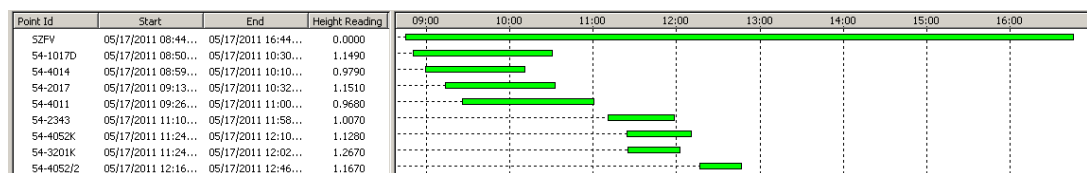
A második változat a 3. táblázatban a harmadik számú, az előző transzformációnak egy olyan módosítása volt, hogy a maradék ellentmondások alapján egy interpolációt is végzett az átszámító program. Az átszámítandó pont koordinátaíhoz egy további javítást rendelt hozzá, amelyet súlyozott átlagként kapott, súlynak a közös pontok távolságát véve. Az előzőekben tárgyalt közös pontok (54-1017D, 54-2017, 54-4011, 54-4014, 54-4052/2) alapján történt a transzformáció.

A harmadik változat a 3. táblázatban a negyedik számú, ugyanolyan interpolációs megoldás, azzal a különbséggel, hogy az 54-4052/2-es pont koordinátája a szakdolgozat méréséből származik, mivel a terepgyakorlatos eredmény bizonytalan. Ebben az esetben 4 közös ponttal (54-1017D, 54-4011, 54-4014, 54-4052/2) történt a transzformáció, mert az 54-2017-es pont nagy javításokat kapott.

A negyedik változat, egyben utolsó a 3. táblázatban az ötödik számú, szintén interpolációs megoldás, 5 közös ponttal (54-1017D, 54-2017, 54-4011, 54-4014, 54-4052/2) és az 54-4052/2-es pont eredménye a szakdolgozat méréséből származik.



22. ábra. Kiegyenlített III. rendű EOVA pontok



23. ábra. III. rendű EOVA pontok Gannt-diagramja

3.4.2 A GeoCalc 3.0 szoftver

Első lépésként létrehoztam a terepi mérés jegyzőkönyvét. Annyi módosítást kellett elvégezni, hogy a terepen máshogy számoltam a mért pontokat, a munka gyorsítása végett. Miután megoldottam ezt a problémát, beolvastam a mérést a GeoCalc szoftverbe, amiből kimentettem .gmj formátumba. A feladat az előző fejezetben (3.4.1) tárgyalt álláspontokról (amiknek most már vannak koordinátái a GPS mérésből) a templomtornyok meghatározása volt. Először közepeltem a két távcsőállás méréseit, majd a GeoCalc programmal a bal és jobb irányzásokat. A hálózatot hálózatkiegyenlítéssel számítottam ki. Általános beállítások a következők voltak: az iránymérés előzetes középhibája: 5", a távmérés előzetes középhibája: 5 mm + 1 mm, átlagos távolság: 500 méter, az iránymérés súlya a távolsággal arányos, a távmérés súlya távolságtól független. A trigonometriai magassági hálózathál az előzetes középhiba: 2 cm, az átlagos távolság 300 méter. A kiegyenlítés jegyzőkönyveit az I-X. mellékletek tartalmazzák.

4. táblázat. A hálózatok jellemző statisztikai és pontossági adatai

Hálózat elnevezése	relatív hiba	súlyegység középhibája	fölös mérések száma	átlagos y koordináta középhiba [mm]	átlagos x koordináta középhiba [mm]	átlagos pont-hiba [mm]
VITEL	1/43540	4.7	32	6	5	8
5pontos 7 paraméter	1/32126	6.4	32	8	7	11
5pontos interpoláció	1/35017	5.9	32	7	6	9
4pontos 1 új ponttal, interpolációval	1/30054	6.9	32	8	7	11
5 pontos 1 új ponttal, interpolációval	1/43594	4.7	32	6	5	8

A 4. táblázatban az egyes hálózatok relatív hibái, súlyegység középhibái, átlagos koordináta középhibái és az átlagos pont-hibái hasonlíthatók össze. Minden pontossági mérőszám azt mutatja, hogy a VITEL transzformációs és az 5 újpontos interpolációs hálózat legjobb, és az 5 pontos térbeli hasonlósági hálózat a leggyengébb. Az új pontok pont-hibái átlagosan 1 cm-esek, a 7 paraméteresben, pedig 1 tizeddel haladja meg az 1 cm-t. A koordináta középhibák is minden esetben 1 cm alatt maradnak. Ezek az értékek azt mutatják, hogy ezzel a technológiával a IV. rendű hálózat pontossági követelményeit is teljesíteni lehet.

3.4.3 Az ITR szoftver

Miután kiszámítottam a GeoCalc szoftverrel a tornyok koordinátáit, be tudtam olvasni az ITR szoftverbe. Megjelenítettem a 7 db álláspontot, a 6 db templomtornyot és a tájékozó irányokat. Megjelöltem jelkulccsal, melyek voltak az adott pontok és a keresett pontok. Megírtam a pontok számait és jelöltem a mérési vonalakat és a tájékozó irányokat. Legvégül kimentettem 1:4000 méretarányban, amit itt ábraként és a XI. Mellékletben szerepeltetek.

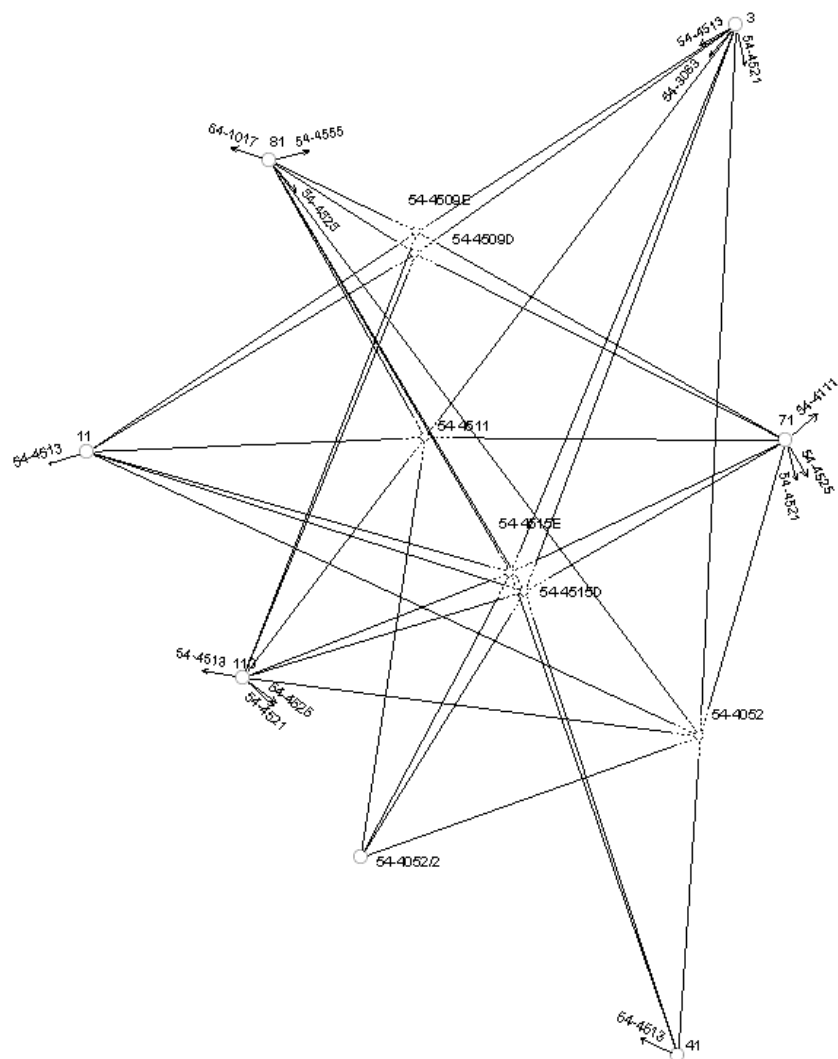
Székesfehérvár

Beſterület

város

Meghatározási terv

1:4000



Készítette: Székesfehérvár

Varga András

24. ábra. Meghatározási terv 1:4000

4. Eredmények, elemzés

A következő táblázatokban bemutatom az alkalmazott számítási eljárások során kapott koordinátákat, majd azok különbségeit egymástól és levonom a következtetéseket.

5. táblázat. A pontok nyilvántartott koordinátái

Pontszám	Y	X	m	jelleg	megnevezés
54-4052	601817.36	205231.27	163.64	torony	karmelita templom
54-4509E	601612.03	205597.48	151.32	torony	ciszterci templom, északi t.
54-4509D	601610.99	205581.53	151.44	torony	ciszterci templom, déli t.
54-4511	601617.83	205448.25	157.81	torony	barátok temploma
54-4515E	601679.90	205350.20	159.73	torony	bazilika, északi torony
54-4515D	601690.25	205336.27	159.84	torony	bazilika, déli torony

6. táblázat. A VITEL transzformációval kapott koordináták

Pontszám	Y	X	m	jelleg	megnevezés
54-4052	601817.363	205231.265	163.56	torony	karmelita templom
54-4509E	601612.063	205597.471	151.27	torony	ciszterci templom, északi t.
54-4509D	601611.019	205581.528	151.41	torony	ciszterci templom, déli t.
54-4511	601617.825	205448.229	157.75	torony	barátok temploma
54-4515E	601679.905	205350.25	159.63	torony	bazilika, északi torony
54-4515D	601690.249	205336.293	159.62	torony	bazilika, déli torony

7. táblázat. A 7 paraméteres hasonlósági modellel kapott koordináták

Pontszám	Y	X	m	jelleg	megnevezés
54-4052	601817.357	205231.298	163.61	torony	karmelita templom
54-4509E	601612.068	205597.499	151.33	torony	ciszterci templom, északi t.
54-4509D	601611.024	205581.556	151.47	torony	ciszterci templom, déli t.
54-4511	601617.827	205448.261	157.80	torony	barátok temploma
54-4515E	601679.903	205350.283	159.69	torony	bazilika, északi torony
54-4515D	601690.246	205336.326	159.68	torony	bazilika, déli torony

8. táblázat. Az 5 pontos modell interpolációval kapott koordináták

Pontszám	Y	X	m	jelleg	megnevezés
54-4052	601817.359	205231.294	163.62	torony	karmelita templom
54-4509E	601612.069	205597.496	151.32	torony	ciszterci templom, északi t.
54-4509D	601611.025	205581.553	151.46	torony	ciszterci templom, déli t.
54-4511	601617.827	205448.257	157.80	torony	barátok temploma
54-4515E	601679.904	205350.279	159.68	torony	bazilika, északi torony
54-4515D	601690.247	205336.322	159.67	torony	bazilika, déli torony

9. táblázat. A 4 pontos modell 1 új ponttal, interpolációval kapott koordináták

Pontszám	Y	X	m	jelleg	megnevezés
54-4052	601817.358	205231.301	163.62	torony	karmelita templom
54-4509E	601612.070	205597.502	151.33	torony	ciszterci templom, északi t.
54-4509D	601611.025	205581.559	151.47	torony	ciszterci templom, déli t.
54-4511	601617.828	205448.265	157.81	torony	barátok temploma
54-4515E	601679.904	205350.286	159.69	torony	bazilika, északi torony
54-4515D	601690.246	205336.329	159.68	torony	bazilika, déli torony

10. táblázat. Az 5 pontos modell 1 új ponttal, interpolációval kapott koordináták

Pontszám	Y	X	m	jelleg	megnevezés
54-4052	601817.362	205231.277	163.63	torony	karmelita templom
54-4509E	601612.067	205597.483	151.34	torony	ciszterci templom, északi t.
54-4509D	601611.023	205581.539	151.48	torony	ciszterci templom, déli t.
54-4511	601617.827	205448.241	157.82	torony	barátok temploma
54-4515E	601679.906	205350.263	159.71	torony	bazilika, északi torony
54-4515D	601690.249	205336.305	159.70	torony	bazilika, déli torony

Ezeket a koordinátákat többféle módon összevettem. Excel program segítségével elvégeztem a különbségek képzését, így átláttam, hogy melyik transzformációs eljárás volt a legjobban illeszkedő és melyik torony koordinátája különbözik a nyilvántartottól, vagyis melyik mozdult el x vagy y irányban.

Először a hasonlósági és interpolációs modellek különbségeit vizsgáltam a VITEL transzformációtól.

11. táblázat. VITEL transzformáció és a különböző modellek vízszintes különbségei

Pontszám	5 pontos térbeli hasonlósági modell		5 pontos modell interpolációval		4 újpontos modell interpolációval		5 újpontos modell interpolációval	
	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx
54-4052	0.006	-0.033	0.004	-0.029	0.005	-0.036	0.001	-0.012
54-4509E	-0.005	-0.028	-0.006	-0.025	-0.007	-0.031	-0.004	-0.012
54-4509D	-0.005	-0.028	-0.006	-0.025	-0.006	-0.031	-0.004	-0.011
54-4511	-0.002	-0.032	-0.002	-0.028	-0.003	-0.036	-0.002	-0.012
54-4515E	0.002	-0.033	0.001	-0.029	0.001	-0.036	-0.001	-0.013
54-4515D	0.003	-0.033	0.002	-0.029	0.003	-0.036	0.000	-0.012

A táblázatból egyértelműen látszik, hogy az első három modell 3 cm eltolódást mutat a VITEL transzformációhoz képest X irányban. A legjobb illeszkedést az újraszámított 5 közös ponttal elvégzett interpolációs modell mutatja. Itt X irányban csak 1 cm-es az eltolódás.

12. táblázat. VITEL transzformáció és a különböző modellek magassági különbségei

	5 pontos térbeli hasonlósági modell	5 pontos modell interpolációval	4 újpontos modell interpolációval	5 újpontos modell interpolációval
Pontszám	dm	dm	dm	dm
54-4052	-0.06	-0.06	-0.06	-0.08
54-4509E	-0.06	-0.05	-0.06	-0.07
54-4509D	-0.06	-0.05	-0.06	-0.07
54-4511	-0.05	-0.05	-0.06	-0.07
54-4515E	-0.06	-0.05	-0.06	-0.08
54-4515D	-0.06	-0.05	-0.06	-0.08

A magassági eredmények sajnos nagyon bizonytalanok. Még így is, hogy megfelelően lett le mérve a műszer- és antenna magasság. Egyformán kimutatható mindegyik modellben, hogy a VITEL transzformációtól 6-7 cm-re különbözik.

A következőkben a nyilvántartott koordináták és a különböző modellek különbségei vizsgáltam meg.

13. táblázat. A pontok nyilvántartott koordinátái és a különböző modellek vízszintes különbségei

	5 pontos térbeli hasonlósági modell		5 pontos modell interpolációval		4 újpontos modell interpolációval		5 újpontos modell interpolációval	
Pontszám	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx
54-4052	0.003	-0.028	0.001	-0.024	0.002	-0.031	-0.002	-0.007
54-4509E	-0.038	-0.019	-0.039	-0.016	-0.040	-0.022	-0.037	-0.003
54-4509D	-0.034	-0.026	-0.035	-0.023	-0.035	-0.029	-0.033	-0.009
54-4511	0.003	-0.011	0.003	-0.007	0.002	-0.015	0.003	0.009
54-4515E	-0.003	-0.083	-0.004	-0.079	-0.004	-0.086	-0.006	-0.063
54-4515D	0.004	-0.056	0.003	-0.052	0.004	-0.059	0.001	-0.035

A táblázatból látszik, hogy a legjobb illeszkedést itt is az újrászámított 5 közös ponttal elvégzett interpolációs modell mutatja. A másik három modellbe nagy bizonytalanságok vannak, amelyek észrevehetők a bazilika északi tornyának X irányában.

14. táblázat. A pontok nyilvántartott koordinátái és a különböző modellek magassági különbségei

	5 pontos térbeli hasonlósági modell	5 pontos modell interpolációval	4 újpontos modell interpolációval	5 újpontos modell interpolációval
Pontszám	dm	dm	dm	dm
54-4052	0.03	0.02	0.02	0.01
54-4509E	-0.01	0.00	-0.01	-0.02
54-4509D	-0.03	-0.02	-0.03	-0.04
54-4511	0.01	0.02	0.00	-0.01
54-4515E	0.04	0.05	0.04	0.02
54-4515D	0.16	0.17	0.16	0.14

Magasságilag is a negyedik modell illeszkedik legjobban, de kimutatható egy 10 cm körüli magassági elmozdulás a bazilika déli tornyában.

Végül egy összefoglaló táblázatot készítettem a VITEL, az 5 pontos hasonlósági modell és az újraszámított 5 közös ponttal elvégzett interpolációs modellel.

15. táblázat. A tornyok ismert koordinátái és a háromféle transzformáció különbségei vízszintes értelemben

	VITEL transzformáció		5 pontos térbeli hasonlósági modell		5 újpontos modell interpolációval	
Pontszám	dy	dx	dy	dx	dy	dx
54-4052	-0.003	0.005	0.003	-0.028	-0.002	-0.007
54-4509E	-0.033	0.009	-0.038	-0.019	-0.037	-0.003
54-4509D	-0.029	0.002	-0.034	-0.026	-0.033	-0.009
54-4511	0.005	0.021	0.003	-0.011	0.003	0.009
54-4515E	-0.005	-0.050	-0.003	-0.083	-0.006	-0.063
54-4515D	0.001	-0.023	0.004	-0.056	0.001	-0.035

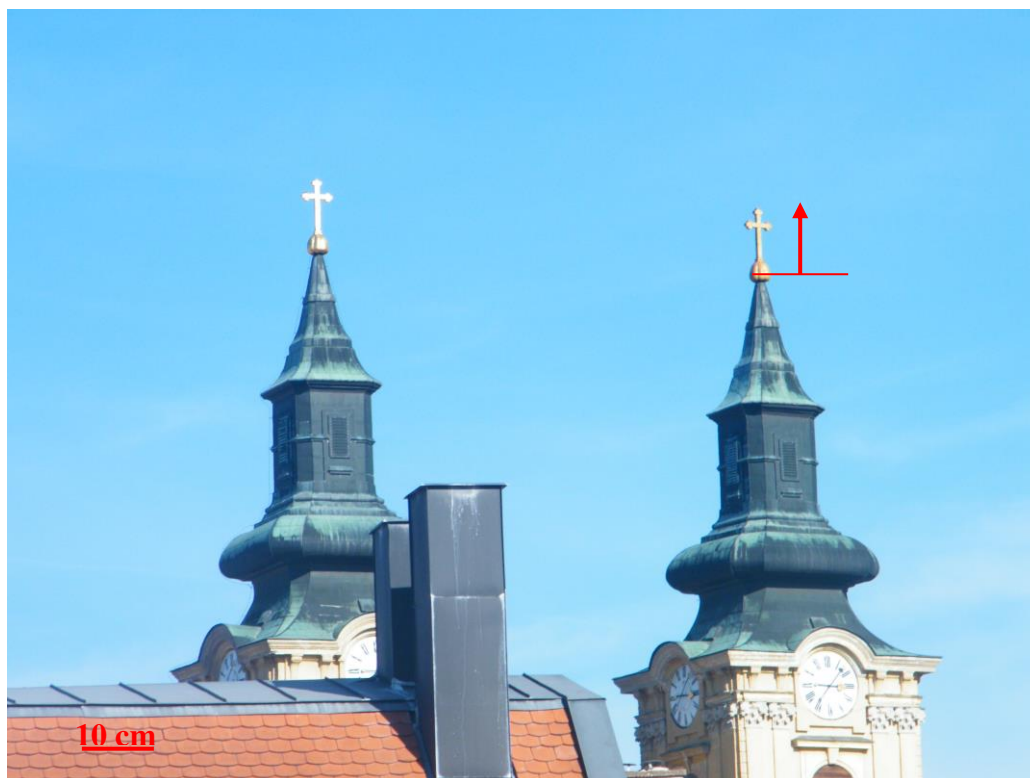
A táblázatból kivehető, hogy a bazilika északi tornya mintegy 5 cm-rel elmozdult X irányban. A Ciszterci templom északi és déli tornya pedig Y irányban 3 cm-rel. Az eredmény nem a várakozásnak megfelelően alakult, vagyis, hogy az 5 pontos interpolációs eljárás fogja a legjobb összhangot mutatni. Elég nagy eltérés mutatható ki a bazilika északi és déli tornyának X irányában. A VITEL transzformáció vízszintes értelemben jobb illeszkedést mutat.



25. ábra. A tornyok vízszintes elmozdulásai

16. táblázat. A tornyok ismert koordinátái és a háromféle transzformáció különbségei magassági értelemben

	VITEL transzformáció	5 pontos térbeli hasonlósági modell	5 újpontos modell interpolációval
Pontszám	dm	dm	dm
54-4052	0.08	0.03	0.01
54-4509E	0.05	-0.01	-0.02
54-4509D	0.03	-0.03	-0.04
54-4511	0.06	0.01	-0.01
54-4515E	0.10	0.04	0.02
54-4515D	0.22	0.16	0.14



26. ábra. A bazilika déli tornyának magassági elmozdulása

Ismert a GPS magasságmeghatározás gyengébb pontossága, illetve a magassági transzformáció bizonytalansága. Az egyértelműen megállapítható, hogy a bazilika déli tornyának magassága deciméterekkel eltér a nyilvántartott értéktől. Ez a torony renoválás következménye is lehet, de szerepe van annak is, hogy nem gömb alakú az irányzandó jel.

5. Összegzés

5.1 Válaszok, feltételezések

A szakdolgozat lehetőséget adott arra, hogy a magaspontfelvezetés technológiáját a gyakorlatban is kipróbáljam. A munkaterület Székesfehérvár belvárosában volt, mivel itt, az egymás közelében fekvő mindegyik templomtornyot az 1970-es évek elején geodéziai alappontként is meghatározták. A központi adattár dokumentumai alapján tanulmányoztam az egykori technológiát, megismerkedtem az egykori munkarészekkel. A magaspontoknak, mint geodéziai pontoknak sok előnyük van, de az átépítések, renoválások miatt elmozdulásukkal is számolni kell hosszabb időtávon, ezért alakítottak ki a múltban őrhálózatot a magaspont körül.

A fehérvári belvárosi magaspontoknak az ad különleges jelentőséget, hogy környezetükben lényegében minden vízszintes alappont elpusztult az építkezések következtében. Így ezek a magaspontok "őrzik" csak a vízszintes vonatkoztatási rendszert, ezek a pontok valósítják azt meg a gyakorlatban.

Szakdolgozati feladatom 6 torony újbóli meghatározása volt a magaspontfelvezetés technológiájával. Mivel a hálózatot számos alkalommal újramértük, az ismételt mérésekből következtethetünk a technológia pontosságára és alkalmazhatóságára. A mérések alapján egyértelműen kimutatható volt a bazilika (54-4515 E, D) és a Ciszterci (54-4509 E, D) tornyainak elmozdulása, mivel a koordináta-változás lényegesen meghaladja a koordináta-középlehibák nagyságát. Más pontok esetében pedig meglepően jó egyezés van az 1970-es években és a 2010-ben és 2011-ben megállapított koordináták között. Ez csak úgy lehetséges, hogy az eredeti meghatározáskor is jól végezték el a mérés és számítás minden munkafolyamatát és az újraméréskor is. Megjegyzendő, hogy az eredeti mérést oktatók végezték (a BME Általános Geodézia Tanszék és az EFE FFFK Geodéziai Tanszék tanárai).

5.2 Javaslatok

Megállapítható, hogy a technológia alkalmas:

- új magaspontok V. rendű vagy IV. rendű alappontként történő meghatározására,
- régi magaspontok elmozdulásának ellenőrzésére,
- alkalmas az őrhálózat kiváltására.

A technológia azért előnyös a hagyományos magaspontfelvezetéssel szemben, mert:

- nem kell összelátást biztosítani, ami hagyományosan csak költséges jelek építésével, vagy irányvágással biztosítható,
- nem kell feltétlenül földi pontokat állandósítani,
- nem kell őrhálózatot létrehozni, ami szintén költséges,

- rövidebb idő alatt elvégezhető a mérés.

Tapasztalataim szerint a technológia akkor alkalmas megfelelő pontosságú meghatározásra, ha ügyelünk a mérés és a feldolgozás során a következőkre (ezek egyben javaslatok is):

- A GPS-mérésre alkalmas, kitakarás-mentes helyeket kell választani műszerálláspontnak. Esetünkben ezek többnyire magasházak tetején voltak, ideális helyszínen.
- A GPS-mérést és az iránymérést kényszerközpontosan célszerű végezni, ezzel a pontraállítás hibája kiküszöbölhető (esetünkben ez megvalósult). Ez egyben az antennamagasság és a fekvőtengely magasság ellenőrzésére is alkalmat ad.
- Az antennamagasság és a műszermagasság helyes megadására különös gondot kell fordítani, azt ellenőrzéssel kell végezni, amennyiben magassági meghatározás is feladat.
- Az új magaspontokra legalább 4, de inkább több meghatározó irány kell, hogy menjen.
- A meghatározó irányoknak a horizonton egyenletesen kell elhelyezkedniük a magaspont körül.
- A magaspont jelének egyértelműen irányozhatónak kell lennie, illetve (kettős) irányzás esetén egyértelműen kell megadni az irányzás helyét.
- A GPS-EOV transzformációhoz a legjobban illeszkedő modellt illetve közös pontokat kell kísérleti úton megtalálni az adott munkaterületen.
- Többszöri meghatározás esetén (a jövőbeni újramérésre gondolva) mindig ugyanazt a transzformációs modellt illetve eljárást kell használni.

6. Irodalomjegyzék

- Busics Gy. (2010):** Geodéziai hálózatok. Jegyzet. NYME GEO, Székesfehérvár, 2010. 185 old.
- Busics Gy. – Csepregi Sz. (1992):** Alsógeodéziai pontmeghatározások megoldása hálózatkiegyenlítéssel. Geodézia és Kartográfia, 1992/6. 402-407.
- Busics Gy. – Csepregi Sz. (1992):** Hálózati szemlélet a vízszintes alappontsűrítésben. Geodézia és Kartográfia, 1992/3. 157-166.
- Busics Gy. (2005):** Az ETRS89 és a HD72 rendszerek közötti térbeli hasonlósági transzformáció néhány gyakorlati kérdése. Geod. és Kart. 2005/1. 14-19.
- Busics Gy. (1995):** A magaspontok és a GPS. Geodézia és Kartográfia, 1995/4. 201-209.
- Csepregi Sz. – Busics Gy. (1998):** A felmérési hálózatokról. Geodézia és Kartográfia, 1998/5. 13-19.
- Deme Gy. (1968):** Székesfehérvár városmérése tegnap és ma. Fejérmegyei Műszaki Élet, Székesfehérvár, 1968
- Geodéziai mérési praktikum. (2009):** kézirat
- Igari A. (2005):** Székesfehérvár történetéről. Kézirat, Székesfehérvár 2005.
- Magyar geodéziai és kartográfiai irodalom. III. kötet. Szerk.: Karsay Ferenc. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1982.
- Nagy L. (1977):** Transzformáció műszaki leírása. Kézirat. EFE FFFK, 1977.
- Nagy L. (1972):** Negyedrendű háromszögelés Székesfehérvár belterületén. Műszaki leírás a FÖMI AF 108. nyilvt. számú munkához. FÖMI Adattár.
- Nagy L. (1990):** Vetületi átszámítás Székesfehérváron. Kézirat. EFE FFFK, 1990.
- Németh Gy. – Busics Gy. (1993):** Alappontmeghatározás. Főiskolai jegyzet. EFE FFFK, Székesfehérvár, 1993. 170 old.
- Sárdy A. (1972):** IV. r. alappontsűrítés Pákozd és Várpalota között, 1970-72. Műszaki leírás a FÖMI AF 109. nyilvt. számú munkához. FÖMI Adattár.
- Varga A. (2010):** TDK dolgozat. A magaspontok meghatározása régen és ma. Kézirat, Székesfehérvár, 2010.

Mellékletek

I.: Vízszintes kiegyenlítés jegyzőkönyve VITEL transzformációval

II.: Vízszintes kiegyenlítés jegyzőkönyve 7 paraméteres hasonlósági transzformációval

III.: Vízszintes kiegyenlítés jegyzőkönyve 5 pontos transzformáció interpolációval

IV.: Vízszintes kiegyenlítés jegyzőkönyve 4 pontos transzformáció 1 új ponttal, interpolációval

V.: Vízszintes kiegyenlítés jegyzőkönyve 5 pontos transzformáció 1 új ponttal, interpolációval

VI.: Magassági kiegyenlítés jegyzőkönyve VITEL transzformációval

VII.: Magassági kiegyenlítés jegyzőkönyve 7 paraméteres hasonlósági transzformációval

VIII.: Magassági kiegyenlítés jegyzőkönyve 5 pontos transzformáció interpolációval

IX.: Magassági kiegyenlítés jegyzőkönyve 4 pontos transzformáció 1 új ponttal, interpolációval

X.: Magassági kiegyenlítés jegyzőkönyve 5 pontos transzformáció 1 új ponttal interpolációval

XI.: Meghatározási vázlat 1:4000

XII.: Transzformációs jegyzőkönyv terepgyakorlatos mérési eredménnyel

XIII.: Transzformációs jegyzőkönyv szakdolgozatos mérési eredménnyel