



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar

Geoinformatikai Intézet



SZAKDOLGOZAT

GNSS kalibráló hálózat létesítése

OE-AMK

Hallgató neve: Duleba Eszter

2023

Hallgató törzskönyvi száma: T000499/FI12904/A-G



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Duleba Eszter

Szaktervezési szám: [REDACTED]

Törzskönyvi száma: T000499/FI12904/A-G

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: földmérő és földrendező mérnök

Specializáció: Geoinformatika specializáció

A dolgozat címe: GNSS kalibráló hálózat létesítése

A dolgozat címe angolul: Establishing GNSS calibration network

A feladat részletezése:

Végezzen el egy GPS kalibráló hálózat telepítését a Geo épületének tetején található pilléreken és mutassa be a kalibrálás menetét. A telepítés során alkalmazzon GNSS vevőket, hajtson végre szabatos szintezést és vízszintes hálózattérítést. Mutassa be a mért GNSS adatok feldolgozását Leica Infinity programmal és ismertesse a kapott eredményeket.

Intézményi konzulens neve: László Gergely Tibor

A kiadott téma elévülési határideje: 2024. 12. 15.

Beadási határidő: 2023. 05. 15.

A szaktervezési feladat: Nem titkos.

Kiadva: Székesfehérvár, 2023. 05. 05.



[Handwritten signature]

Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom: 2023. 05. 15.

[Handwritten signature]

belső konzulens

külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar

Geoinformatikai Intézet

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott Duleba Eszter kijelentem, hogy a szakdolgozat/diplomamunka saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozat/diplomamunkában található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: 2023. 05. 14.

.....
hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

1	Bevezetés.....	1
2	GNSS.....	3
2.1	Értelmezése	3
2.2	Adatok és továbbításuk	3
2.3	Technológiák	4
2.4	Alaprendszerek.....	7
2.5	Szoftverek.....	9
3	Passzív GNSS hálózatok	10
3.1	Hazai passzív GNSS hálózatok	10
3.2	Hazai aktív GNSS hálózatok	11
4	A kalibrálás	14
4.1	A kalibrálásról	14
4.2	Távmérők kalibrálása	15
4.3	GNSS antennák kalibrálása	16
5	Kalibrációs hálózat létesítése a Pirosalma utcai épület tetején.....	17
5.1	GNSS hálózat létesítése.....	17
5.2	Feldolgozás a Leica Infinity programmal.....	19
5.3	Vízszintes és magassági hálózat létesítése mérőállomással és szintezővel	28
6	Összegzés	32
6.1	Summary	33
7	Források.....	34
8	Mellékletek.....	36

1 BEVEZETÉS

2020 szeptemberben lehetőséget kaptam egy kutatásban való részvételre, ami a Geoinformatikai Intézet épületének tetején található permanens állomás kalibrálásának elvégzésével foglalkozott.

Amikor konzulenseim felvázolták számomra magának a méréseknek a menetét és célját, egyből elnyerte érdeklődésemet. Másodéves Földmérő és földrendező mérnök hallgatóként igyekeztem mindent megtenni tanulmányaim során, hogy lehetőségeimhez képest minél jobb szakember válhasson belőlem és úgy éreztem, hogy ez a feladat sok olyan tapasztalatot biztosítana számomra, amit a jövőben hasznosítani tudok majd.

Magának a témának a feldolgozása is kihívást jelentett számomra akkoriban, mivel csupán gimnáziumból jöttem az egyetemre, így nem rendelkeztam annyi szakmai előismerettel, amivel ezt a témát zökkenőmentesen tudtam volna venni, továbbá egyetemi tanulmányaim alatt sem találkoztam ezzel a témakörrel még, mivel az majd csak 2 félév múlva következett a tantervben. Szerencsémre konzulenseim ezt figyelembe véve igyekeztek minél több szakirodalommal és segítséggel ellátni, hogy ez ne hátráltasson a sikeres dolgozat megírásában. Tanulmányaim végéhez közeledve, több tudással a birtokomban arra az elhatározásra jutottam, hogy ebből a kutatásomból szeretném megírni szakdolgozatomat.

A kutatásom a kalibrálás téma köré épül, amit gyakorlatban pedig egy permanens állomáson megvalósított kalibrálás feldolgozása által mutatok be.

A projekt alatt konzulenseim, Dr. Busics György, László Gergely és Dr. Tóth Zoltán segítségével elvégeztük a szükséges méréseket. Első körben a tetőn található 3 pillérre elhelyezett GPS vevőkkel lett elvégezve a mérés a permanens állomáshoz képes, ami 3 napon, minden nap 6 órás adatgyűjtést jelentett. Ezután mérőállomással felálltunk a tetőn és GPS vevőket kényszerközpontosan kicseréltük prizmákra és oda-vissza méréseket végeztünk azokra, továbbá templomtornyokra tájékozó irányokat is

rögzítettünk, végül pedig a GPS vevők pozíciójáról prizma nélküli távolság és szögméréseket is végeztünk a permanens állomásra.

A mérések elvégzését követően hálózatkiegyenlítést végeztünk mind a GPS vevők által mért adatok, mind a mérőállomással végzett mérésekből. A számítások elvégzésére számos olyan programra és számítási módszerre volt szükség, amik egy részével még nem dolgoztam tanulmányaim során, de ez sem szabott gátat számomra, hisz ekkor is konzulenseim támogatására támaszkodhattam.

2 GNSS

2.1 Értelmezése

A GNSS kifejezés váltotta fel napjainkban a GPS betűszó használatát azért, mert a GPS rendszer kizárólag az Amerikai Egyesült Államos által működtetett műholdakat használta a helymeghatározáshoz. A GNSS rendszerek azonban nem csupán azt amerikai GPS rendszert használja fel, hanem más országok műholdjait is. A Global Navigational Satellite System a helymeghatározást, időmeghatározást és navigációt képes elvégezni a mesterséges holdakkal való kapcsolata lévén, amennyiben azok helyzete ismert. Erre alapozva egy vonatkoztatási rendszert tudunk létrehozni, amiből később a szükséges adatokat ki tudjuk nyerni. A GNSS alaprendszerét két fő összetevőre tudjuk bontani: A mesterséges navigációs holdakra és a követőállomásokra. Ezek fogják az egész hálózatot összekötni és szolgáltatni a kölcsönös információkat egymás között. Ez a komplex rendszer segítséget nyújt azok számára, akiknek szükségük van a pontos pozíciójuk, esetleg sebességük meghatározására a háromdimenziós térben akár földön, tengeren vagy esetleg levegőben. Ezek mellett a navigációhoz elengedhetetlen pontos idő meghatározását is lehetővé teszi.

2.2 Adatok és továbbításuk

A GNSS műholdjai megállás nélkül keringenek Földünk körül és az általuk folyamatosan sugárzott rádiójelek működése által olyan adatokhoz juthatunk hozzá, amiket céljaink szerint tárolhatunk vagy esetleg tovább feldolgozhatjuk azokat. A jelátvitelhez Ultrarövidhullámú (UHF) technológiát alkalmaz. Ezek a nyers mérési anyagok lehetnek fázisértékek, kódtávolságok vagy Doppler-számok. [1]

A műholdak által sugárzott jelek időbélyeggel vannak ellátva, továbbá a műhold pozíciójának pontos helyzetét is hordozzák. Ideális esetben a megfelelő adat szolgáltatása érdekében a vevők a legközelebbi 4 műhold által szolgáltatott jeleket dolgozzák fel annak érdekében, hogy pontos helymeghatározást végezzenek.

A vevők egy speciális matematikai módszert alkalmaznak a pozíciók meghatározásához. Ezután a jelekből megállapíthatóak a vevő és a műholdak közötti távolságok, melyek három vagy több gömb alapú felületet képeznek. Ezeknek a gömböknek a metszéspontja adja meg számunkra a vevőnk elhelyezkedésének pontos koordinátáit. Ezeket a koordinátákat háromdimenziós paraméterekkel jellemezhetjük, úgymint földrajzi szélesség, hosszúság és tengerszint feletti magasság. Ezek a paraméterek annál pontosabbak lesznek, minél több műholdat vonunk be a számításba, mivel ekkor nagyobb adatmennyiség áll rendelkezésünkre, így lehetőségünk van a beérkezett adatokat kiegyenlítéssel pontosítani. A műholdak ideális elhelyezkedése is nagy szerepet játszik, befolyásoló tényező még továbbá a jel minősége és a méréshez használt vevő technológiája is.

Amikor vevőkkel tervezünk mérni, mindig törekednünk kell a hibátlan és egyenletes működésre, továbbá a kitakarás mentes elhelyezésre, mivel ez fogja a későbbiekben biztosítani számunkra a megfelelő minőségű adatokat a méréseinkhez. Ennek a meghatározásában nagy szerepet játszik a jeltovábbítási út, mivel ez nagyban befolyásolni fogja a berendezésünk viselkedését. A GNSS vevőknek nagy számítási kapacításra van szükségük, hogy ne csak az adatok fogadására legyenek alkalmasak, hanem azokat feldolgozni és értelmezni is képesek legyenek. Napjainkban már akár saját mobiltelefonunk is használható GNSS vevőként és rendkívül sok információhoz juthatunk segítségével. [2]

2.3 Technológiák

A technológia pontosságát tekintve lehetnek tízméteres, méteres, szubméteres, centiméteres és milliméteres eljárás. Azt, hogy számunkra ezek közül melyikre van szükségünk, ajánlatos még az első lépésekben, a tervezés során tisztázni, a várt eredmények elérése érdekében.

Helymeghatározáskor beszélhetünk abszolút és relatív módszerről.

Abszolút helymeghatározás során az adott pozíciót közvetlenül, földrajzi koordináták konkretizálásával definiálunk. Ezt általában a térképészetben használjuk, de a módszer nem ismeretlen a GPS rendszerek körében sem. A módszer alkalmazásához szükségünk van egy definiált vonatkoztatási rendszerre, amiben a mérést értelmezzük, erre a feladatra legtöbbször alkalmas lehet bármely műhold. A módszer előnye, hogy rendkívül pontos eredményeket nyújthat és alkalmazható akkor is, ha nincs a közvetlen közelben ismert pont. Hátránya viszont, hogy a mérési folyamat komplexebb és ezáltal a hardveres és szoftveres támogatás is költségesebb.

A relatív helymeghatározás során több ismert pontból álló hálózathoz viszonyítva is meghatározhatjuk a koordinátáinkat. A mérés azon alapul, hogy a mérendő pont meghatározásához egy vagy több közeli pontot használunk fel. A módszert előszeretettel alkalmazzák a geodéziában, térképészetben továbbá az építési geodéziában. Az általános eljárás során kettő vagy több mért pont összekötésével, relatív távolságukat és szögüket meghatározzuk a referencia pontunk segítségével. A kapott értékeket trigonometriai vagy geometriai módszerekkel feldolgozva megkapjuk a keresett pont koordinátáit a kiinduló pontunkhoz viszonyítva. A módszer negatívuma, hogy a pontos eredmények elérése érdekében nélkülözhetetlen, hogy a referenciapontjaink közel helyezkedjenek el a mérőpontunkhoz, továbbá a mérési hibák lehetősége okán az eredményeink nem rendelkeznek olyan pontossággal, mintha azt abszolút helymeghatározással kaptuk volna meg.

GNSS technológiák terén az eljárásokat 2 csoportra bonthatjuk, kódmerésekre, valamint fázismérésekre.

Kódmérés során a műholdak által küldött jel egy szinuszhullám, amely különböző információkat hordoz magában (pl. kibocsátás időpontja) kódok formájában. Ezt a kódot fogadják a GNSS vevők, melyek ismerik a kód előállításának metodikáját ezáltal tudják értelmezni az általuk hordozott adatokat. A kódmérés során a szinuszhullám nem hordozza magában a GNSS jel pozícióra vonatkozó információit, azokat a GNSS vevőegység számolja ki a szinusz jel változásai alapján, mivel ezek a változások rejtik a

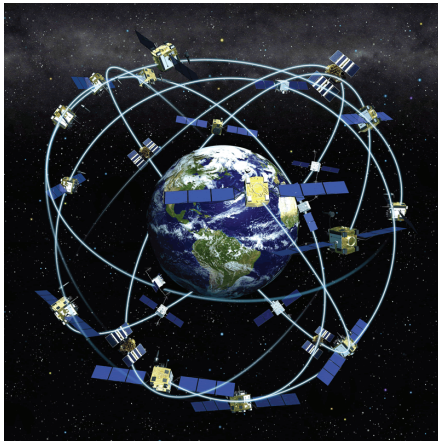
s számunkra fontos információkat. A kibocsájtásának idejének ismeretében és a beérkezés ideje alapján a GNSS vevőegység meg tudja határozni a vevőpont helyzetét és pontos idejét a GNSS műholdakhoz viszonyítva. Kódmérésnek előnye, hogy precízebb eredményeket kaphatunk a helymeghatározásban, az analóg módszerekkel ellentétben.

Fázismérés során a GNSS vevők által felfogott jelek fázisát felhasználva állapítja meg a pontos helyzetet. Mint ahogyan azt már említettem, a kódmérés pontosabb eredményeket szolgáltat az analóg módszereknél, de fázisméréssel még ennél is pontosabb eredményekhez juthatunk. Geodéziai mérések mellett még fontos szerepet játszik az űrkutatásban is, többek között a fázismérést használják távolságmérésekre, hogy az űreszközök közötti pontos távolságokat meghatározzák. Kiemelkedő szerepe van az űreszközök csatlakozásánál vagy a rendezett formációkban történő repülésekben. Az űrszondák és űreszközök fellövése során kulcsfontosságú a pontosság annak érdekében, hogy azok megfelelő pályára álljanak, hogy elérhessék célpozíciójukat.

A fázismérés alapját a küldött jelek szinuszhullámainak ismert frekvenciája és hullámhossza adja. A GNSS vevőbe érkezett jel fázisa az adott pillanatban azonos a hullámhossza adott többszörösével és ezt a vevőnek pontosan ismernie kell. A vevők a frekvencia és a fázis ismeretében feldolgozzák a beérkezett információt és összevetik a műholdpályákkal és más információkkal mely eredményeképp rendkívül pontos helyzetet tudnak meghatározni. Míg kódmérés során a pontosság általában néhány méter, a fázismérés előnye, hogy centiméteres, de akár milliméteres pontosságú eredményt kaphatunk. Ennek oka, hogy fázismérés során a mérési jel fázisváltozásait határozzuk meg, míg kódmérés során a mérési jel hosszának mérése alapján történik a pozíció meghatározása. Hátránya a módszernek, hogy kifejezetten érzékeny a külső tényezőkre, például a légköri hatásokra, amik befolyásolni tudják a beérkező jel hullámhosszát és frekvenciáját. Ahhoz, hogy szélső pontosságú, akár subcentiméteres eredményeket kapjunk ezeket a hatásokat a feldolgozás során ismerni és korrigálni kell. [1]

2.4 Alaprendszerek

A GNSS rendszerek alap és kiegészítő rendszerekre oszthatók. Az egyik legismertebb és többek között a legelső alaprendszer a GPS. A GPS rendszert Amerikai



1. ábra WGS84 [3]

Egyesült Államok hozta létre és tartja fenn. Elkészülte után (és tulajdonképpen a mai napig) elsődleges feladata a katonai igények kielégítése volt 24 aktív műhold alkalmazásával. Napjainkban már a műholdak száma elérte a 31 darabot, melyből 27 szolgáltat pozíciót, 4 pedig tartalék. 1994-től már civil célokra is használható a rendszer azok számára, akik rendelkeznek megfelelő vevő egységgel.

Működésének fenntarthatóságát az amerikai légierő és az amerikai katonai térképész szolgálat biztosítja. A GPS műholdaknak 8 típusa van: Block I, Block II, BlockIIA, BlockIIR, BlockIIR-M Block IIF, BlockIIIA, BlockIIIF. Az amerikai hálózat követőállomásai az egyenlítő közelében, ismert katonai támaszpontoknál helyezkedtek el a kezdetekben és rendelkezett négy követőállomással is. Vonatkoztatási rendszere a WGS84 (1.ábra), amelyet a GPS követőállomásai által szolgáltatott adatok valósítanak meg. A WGS84 egy földrajzi koordináta-rendszer, amelyet a világ összes pontján használnak a helymeghatározásra. A rendszer a Földet egy matematikai ellipszoidként jellemzi és a Földet hosszúsági és szélességi körök segítségével osztja fel. [4]

A GLONASS (*GLO*balnaya *NAV*igatsionnaya *Sputnikovaya Sistema*) a Szovjetunió, majd 1991-től Oroszország fejlesztéseinek eredménye, náluk ezt a műholdas helymeghatározó rendszert alkalmazzák, felépítése hasonló az amerikai típushoz és hasonló színvonalúnak tekinthető. 1976-ban indult a fejlesztés. Jelenleg 25 műhoddal rendelkezik, amelyből egyet kalibrálnak, egyet pedig javítanak. Ezekből 18



2. ábra A GLONASS logója [5]

műhold biztosítja Oroszország lefedettségét. 2010-től teljes mértékben működőképes. A legújabb verzió a GLONASS-K2. Összesen 4 típusa létezik: GLONASSZ, GLONASSZ-

M, GLONASSZ-K1 és a GLONASSZ-K2. Műholdjai az egyenlítő síkjával 64,8 fokos szöget bezáró három pályán keringenek. [4] [5] [6]



3. ábra Galileo műhold [8]

Európa sem maradt el vetélytársai mellett, létrehozta a Galileo projektet (3. ábra). Ez a saját műholdas helymeghatározó rendszer az EU tagállamoknak biztosít, a többi alaprendszertől független helymeghatározást. 2016-tól működik 18 műhoddal, még nincs teljes mértékében kiépítve, a következő években tervezik még több műhold

beüzemelését. A tervek szerint 24 műhoddal szerették volna működtetni, később pedig ez szerették volna bővíteni 30-ra a tervek szerint 2020-ra. Jelenleg 28 darab van pályán, ebből 3 darab nem használható, 1 pedig nem működik. Érdekesség, hogy Angliának a Brexit idején tervei közt szerepelt, hogy nem fogja használni a Galileo navigációs rendszert és ahelyett egy alternatív saját rendszert tervezett kiépíteni magának. Szolgáltatásai közé tartoznak a következők: veszélyhelyzetek kezelésének támogatása, pontosabb navigáció a lakosság számára, jobb időbeli összehangoltság a kritikus infrastruktúrák számára, biztonságos szolgáltatások a közigazgatási szervek számára. [2] [7] [9]

A BeiDou (4. ábra), vagy más néven Compass, kínai fejlesztésű navigációs rendszer. A BeiDou kifejezetten Kína és annak környékének lefedettségét biztosította eredetileg, de mára már globális szinten is szolgáltat adatokat. Jelenleg 44 aktív műhoddal rendelkezik pályán. Legnagyobb előnye a rendszernek, hogy létrejöttével függetlenedni tudott a régió a globális navigációs rendszerektől, továbbá pontosabb adatokat is szolgáltat azoknál, mivel műholdjai alacsonyabb magasságban keringenek. [2] [4] [10]



4. ábra A BeiDou lógója [10]

2.5 Szoftverek

A GPS feldolgozás (vektorszámítás) és kiértékelés mára gyakorlatilag teljesen automatizált folyamat. A használt szoftvereket különböző kategóriák szerint tudjuk csoportosítani: telepítés helyük (vevőbe, vezérlő egységbe, permanens állomást működtető stb.), pontosságuk (navigáció, térinformatika, geodézia), helymeghatározási elvük (abszolút, relatív), alkalmazásuk helyszíne (online, offline), felhasználási területük (kereskedelem, tudományos). [1]

Számos olyan GNSS feldolgozó szoftver létezik, melyek rendkívül sok funkcióval rendelkeznek, például a pontossági GNSS pozicionálás, utófeldolgozás, a begyűjtött adatok konverziója, exportálása, elemzése és jelentések készítése. Felhasználásuk a földmérők, építőipari- és a térinformatikai szakemberek körében a legelterjedtebb. A legismertebb szoftverek közé tartoznak a következők: Trimble Business Center, Leica Geosystems GNSS Spider, NovAtel GrafNav/GrafNet, Leica Infinity.

A Leica Infinity egy nagyon sokoldalú szoftver. A GNSS adatok mellett támogatja a terepi adatok, UAV adatok, továbbá lézerszkennelt adatok feldolgozását és integrálását, lehetővé téve a felhasználó számára, hogy egyetlen adatmodellbe egyesítsen több mérési eredményt, ezáltal nagyon részletes pontossági modell hozható létre a felmért környezetről. Az RTKLIB feldolgozó szoftver a fentiekkel ellentétben nyílt forráskóddal rendelkezik így ezáltal mindenki számára elérhető. A program lehetővé teszi, hogy valós idejű kinematikus pontossági (RTK) GNSS pozicionálást végezzünk, illetve elvégezzük vele utófeldolgozást is. Széleskörű felhasználását megalapozza, hogy számos műholdrendszert támogat, többek között a GPS-t, GLONASS-t, Galileo-t, Beidou-t és QZSS-t.

A szakdolgozatom készítése során a kereskedelmi Leica Infinity programmal dolgoztam.

3 PASSZÍV GNSS HÁLÓZATOK

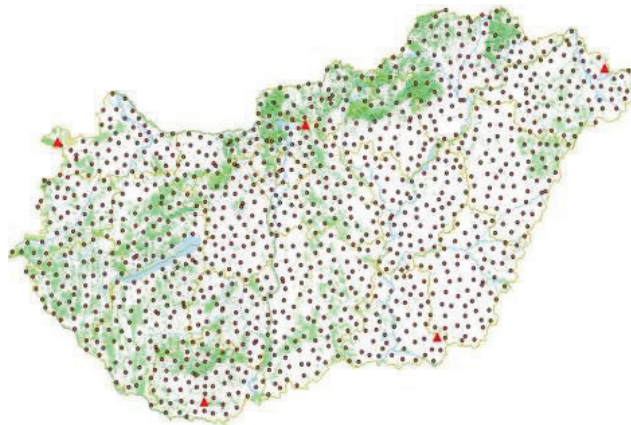
A passzív GNSS hálózatok az aktívakkal ellentétben, nem rendelkeznek saját állandó GNSS vevőkkel, így nem közvetlenül fogják a műholdak jeleit. A helyzetükről tárolt információjukat előzetes mérések biztosítják, amikor is aktív GNSS vevőkkel meghatározzák a passzív hálózat pontjainak koordinátáját. Ezeket a méréseket ellenőrzés/javítás céljából periodikusan ismételni szokták.

Napjainkban a technológia fejlődése hozta magával az elkerülhetetlen korszerűsítéseket. Ennek hatására kezdték el hazánkban is kiépíteni a korszerű helymeghatározást biztosító hálózatot. Elsőként a OGPSH hálózat épült ki.

3.1 Hazai passzív GNSS hálózatok

Ahhoz, hogy a GNSS technikát alkalmazni tudjuk szükségünk van arra, hogy kapcsolatot teremtsünk a GPS vonatkoztatási rendszere és a magyarországi alapponthálózat között. Ennek a megvalósulásához olyan alappontokat választottak ki a meglévők közül, és határoztak meg GNSS technológiával a 90-es években, melyek használhatóak GNSS méréshez.

Az OGPSH eredetileg mintegy 1153 pontból áll (5. ábra) melyek az EOVA III. és IV. rendű pontjaival egyeznek meg, 10 km-es sűrűséggel. Kiemelkedő szerepe csak a GNSSnet.hu megjelenése előtt volt igazán. [11]



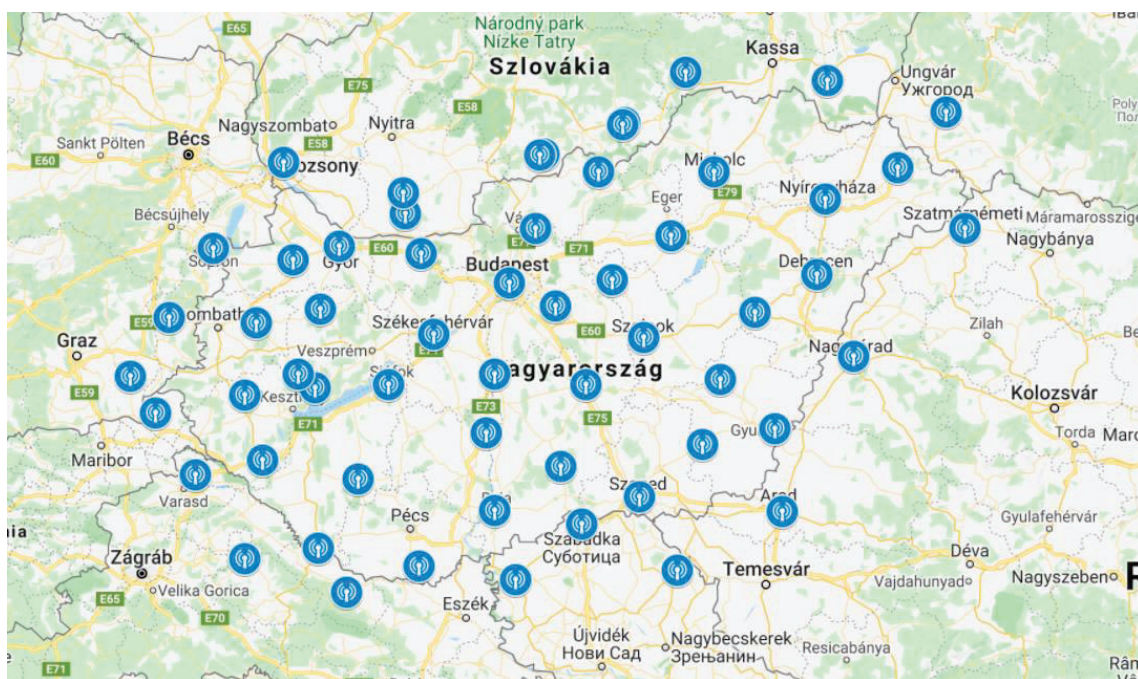
5. ábra Az OGPSH 1153 pontja [11]

Az INGA (Integrált Geodéziai Alapponthálózat) a Lechner Tudásközpont folyamatban lévő fejlesztése, melynek célja, hogy a jelenleg használatban lévő geodéziai vonatkoztatási rendszereket és az alapponthálózatokat meg tudják őrizni.

Az MGGA egy teljes magyarországi lefedettséggel rendelkező mozgásvizsgálati hálózat, melyet 2 évente újramérnek. Nagy pontosságához hozzájárul, hogy az újraméréseket minden alkalommal azonos műszerrel végzik el.

3.2 Hazai aktív GNSS hálózatok

A GNSSnet.hu (6. ábra) kialakításakor 12 állomásból álló hálózatot céloztak meg létrehozni. Ezek elhelyezését döntő többségében földhivatali épületek biztosították, így átlagosan 50 km-es bázistávolságokkal fedték pontonként az ország területét. Később idővel több pontot is telepítettek és változott a koncepció is. A referenciaállomásokhoz tartozó szoftverek szolgáltatják pl. az utólagos feldolgozáshoz szükséges RINEX-adatokat, amiket jelen dolgozat keretében is használtam. 2011-re már 54 állomással rendelkezett a hálózat melyből 20 volt külföldi. A hazai 34 referenciaállomások nemcsak a GPS holdak jeleit fogták, hanem a GLONASS jeleit is, illetve azóta is folyamatos a fejlesztésük az előző fejezetben említett új műholdrendszerek irányában. [12]

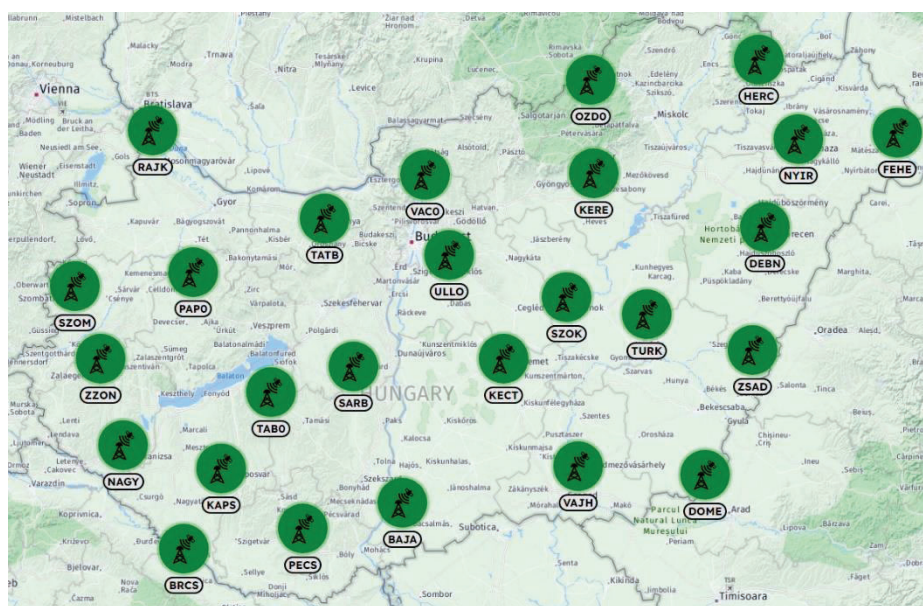


6. ábra GNSSnet.hu [20]

A permanens állomások telepítésével egy olyan stabil és mindig hozzáférhető hálózatot teremtettek, aminek segítségével el lehetett hagyni a felhasználói saját bázisállomás telepítését, amivel lényegesen felgyorsították a munkafolyamatokat és a beruházási szempontból is kedvezőbb feltételeket teremtett. Igaz, a GPS hálózat kiépítése/használása nem egy alacsony költségű befektetés, viszont megannyi lehetőséget biztosít a felhasználók számára, hogy ezzel a költség az alkalmazás során megtérül. Hazánkban 1996-tól üzemelnek permanens állomások, az első, az akkori FÖMI KGO üzemeltetésében állt munkába. [13]

Az Axiál Kft. 2015-óta működteti a mAXI NET hálózatot és ennek továbbfejlesztése lett a mAXI NET 2.0, ami 2021 augusztusában indult. 4 műholdrendszer jeleit továbbítja (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou) mely által egy teljes Magyarországot lefedő mezőgazdasági célokat szolgáló RTK korrekciós hálózatot hoztak létre. A továbbfejlesztés célja a pontosabb helymeghatározás, valamint az energiahatékonyság, mivel működéséhez kevesebb (közel feleannyi) bázisállomásra van szükség. [14]

A Corrigó szintén RTK korrekciós jelszolgáltatást nyújtó hálózat, amely Magyarország teljes területén igénybe vehető műholdas helymeghatározást biztosít. Szintén 4 műholdrendszer jeleit használja működéséhez és 26 referenciaállomással rendelkezik, amiket igénybe vehetünk geodéziai vagy akár mezőgazdasági célzattal. [15]



7. ábra Corrigó referenciaállomások [15]

A Geodéta-NET Magyarország területén 53 referenciaállomással rendelkezik, melyek közül 9 állomás működik 4 műholdrendszer (GPS, Glonass, Galileo, Beidou) korrekciós adataival. [16]

Megemlítendő, hogy magánhálózatok is működnek hazánkban. Ilyen magánhálózatot létesített a CHC gyártó magyarországi képviselője is. Pesten található telephelyükként szolgáló épület tetején már található egy saját permanens állomás melyet el lehet érni „entripes” megoldással, de pesti elhelyezkedése miatt korlátozott a használata. Emiatt egy új állomást telepítettek, ráadásul ezeket egy hálózatban egyesítették, így párba állítva tudnak ezekkel adatot szolgáltatni, mely a saját partnereiknek ingyenesen hozzáférhető, mint eddig is. Ennek a hálózatnak a használatával egy 2 cm pontosságot el lehet érni. Az új állomás telepítésének másik célja, hogy az egyetemen belül nyitottak egy szervizt, műszer javító bázist, ahova egy sugárzóval le tudják hozni a GPS jelet. Első lépésben az antennarúd elhelyezése történt meg a tetőszerkezetnél a másik antenna mellé majd később elhelyezték rá a vevőt. A permanens állomás 30 km távolságig teljes mértékben megbízható adatokkal szolgál, centiméteres pontossággal akár 50 km távolsággal is használható, ha jók az időjárási körülmények és a konstelláció. Fontos megjegyezni, hogy földhivatali munkákhoz ezeket nem lehet használni, mivel a földhivatal nem fogadja el az ezzel összhangba készült méréseket, ahhoz továbbra is a Lechner által üzemeltetett permanens állomásokat kell használni. Telepítésének befejezésekor statikusan lesz meghatározva a Lechner Tudásközpont hálózatáról.

4 A KALIBRÁLÁS

4.1 A kalibrálásról

A kalibrálás nem jelenti a mérőeszközök beállítását, azaz besabályozását, elvégzésével nem azt fogjuk bizonyítani, hogy az eszközünk megfelel az elvárásoknak. A kalibrálás elvégzése által összefüggést teremtünk a mérőeszköz által nyújtott és a mérendő mennyiség tényleges tulajdonságai között. A kalibrálás során a méréseinket egy speciális, etalon mennyiséggel való összevetéssel végezzük el. Az etalon egy rendkívül pontos érték. A folyamat elvégezte után erről egy kalibrálási bizonyítvány, jegyzőkönyv készül.

Fontos megkülönböztetni a hitelesítést és a kalibrálást. A hitelesítés egy jogi, azaz hatósági tevékenység, amit kizárólag az erre feljogosított személyek végezhetnek el, amiről egy hivatalos dokumentumot, hitelesítési bizonyítványt állítanak ki. Ezzel szemben a kalibrálást akár a tulajdonosa is elvégezheti az adott eszköznek, például abban az esetben, ha a gyártó a garancia vagy jótállás érvényesítéséhez időszakos kalibrálást szab meg.

A hitelesítésre kötelezett műszereket a mérésügyi törvényben találjuk felsorolva, ebben viszont a geodéziai műszerek nem szerepelnek, így azok kalibrálását mi magunk is elvégezhetjük. A kalibrálási bizonyítványban szerepelnie kell a mérőeszköz azonosítójának, kalibrálás helyszínének, időpontjának, elkészítőjének nevének, a mérés adatainak és eredményeinek továbbá az arra vonatkozó bizonytalanság mértékének. Amennyiben az áll fenn, hogy egy adott személynek nem a saját tulajdonában lévő műszerének van szüksége kalibrálásra, úgy azt kizárólag egy akkreditált laborban kalibrálhatják. [17]

4.2 Távmérők kalibrálása

Távmérő egységek kalibrálása során feladatunk az összeadóállandóból és a frekvenciahibából adódó geometriai szorzóállandó meghatározása. Ehhez legalább három pont közötti távolságot kell figyelembe venni az összes lehetséges kombinációban, amiknek egy vonalban kell elhelyezkedniük. Ezeknek a méréseknek és számításoknak azért van jelentősége, mert a műszerek öregedése során jelentkezhet változás annak mért értékeire vonatkozóan. [17]

Hazánkban a távmérő műszerek etalonja Gödöllőn található, amelyet Országos Geodéziai Alapvonal elnevezés illet. Ennek az alapvonalnak a távolságait a Finn Geodéziai Intézet szabta meg 1987-ben és 1999-ben. 2001-ben Országos Geodéziai Hosszetalonná nyilvánították. A nem nagy pontosságú műszerek kalibrálását a Penci Alapvonalon is elvégezhetjük.

Amikor a kalibrálást végezzük, minden elvégezhető kombinációban végzünk méréseket a pilléreken elhelyezett pontjelek között. Ilyenkor a vízszintes távolságokra van szükségünk. A feladat elvégzése után kiszámoljuk a mért-helyes távolságkülönbséget ezzel megkapva a távolságmérés hibáit. A legkisebb négyzetek módszerével végezve a számítást megkapjuk az összeadó és a szorzóállandót, valamint azok megbízhatósági értékeit is. [18]

4.3 GNSS antennák kalibrálása

A GNSS-antennák kalibrálásakor annak fáziscentrumának helyzetét meghatározó modell létrehozásáról beszélünk. A különböző antennák fáziscentrumának helyét általában a gyártók megadják egy vonatkoztatási ponthoz képest. Ezt az értéket a számításainknál fel kell használni, így csökkentjük a hibaforrás lehetőségeket. A feldolgozó programokban meg lehet adni a számításoknál használt antennák ún. antennamodelljeit. A fáziscentrum külpontossága vízszintes értelemben jellemzően csupán mm-es nagyságú, magassági értelemben viszont gyakran cm-es nagyságrendű.



8. ábra Penc - GNSS műszer [19]

A GNSS berendezéseket lehetőségünk van a penci obszervatórium tetején is kalibrálni, az ottani PENC permanens állomásra alapuló hálózaton (8. ábra). Ezen hálózaton szereplő pontokat rendszeresen ellenőrzik. Az állomás adatait és stabilitását gyakori rendszerességgel dolgozzák fel, így arról mindig naprakész és pontos információk állnak a rendelkezésünkre.

A GNSS kalibrálása egy 6 órás méréssel kezdődik, ahol a mért eredményeket 30 perces bontásban dolgozzuk fel, így lesz 12 eredményünk. Elvégezzük ezekre a mérésekre a vektorszámításokat megkapva a komponenseket, ezeket átlagoljuk és az eredményből leképezzük az eltéréseket az átlagolt érték és a helyesnek vélt érték között. [18]

5 KALIBRÁCIÓS HÁLÓZAT LÉTESÍTÉSE A PIROSALMA UTCAI ÉPÜLET TETEJÉN

5.1 GNSS hálózat létesítése



9. ábra Az állandósítás

Az intézetünk új épületszárnyának tetején 3 pillér lett elhelyezve (Kelet-Közép-Nyugat) annak építéskor. A pilléreken - központként - egy-egy hiltiszeg került állandósításra. Ezek korlátozottan (csupán pillérállvány segítségével) alkalmasak arra, hogy központosan elhelyezzünk rajtuk egy-egy GPS vevőt, vagy akár mérőállomást. Ezért a meglévő pontjelek mellé egy-egy szabvány Wild menetes csavart állandósítottunk (9. ábra), amelyek már alkalmasak arra, hogy központosan elhelyezzünk rajtuk egy-egy műszertalpat. Természetesen elhelyezésükkor dokumentálva lettek pontleírás formájában, hogy a pillér későbbi használói számára egyértelmű legyen és ne téveszen meg senkit az, hogy egy pilléren több jelölés található.

Az így kialakított hálózatot először GPS technológiával határoztuk meg. A 3 pillérre 3 db Leica 500-as GPS vevőt helyeztünk el (10. ábra). A vevők közül legalább egy 6 órás időintervallumban mért folyamatosan, míg a másik kettő jellemzően minimum 3-4 órát üzemelt. (az akkumulátorok kapacitása miatt korlátozottak voltak a lehetőségeink). Az adott időintervallumban természetesen a fehérvári permanens állomás is üzemelt.



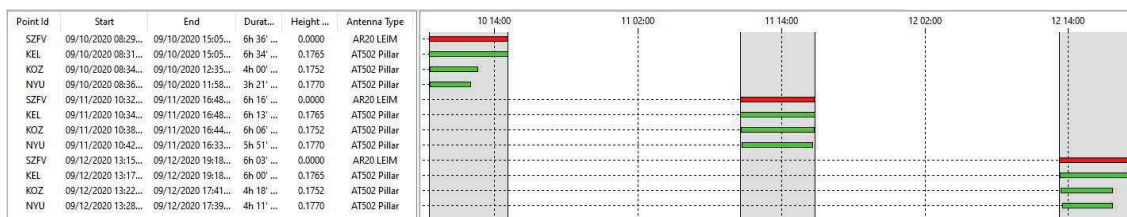
10. ábra Leica 500

Magát a mérést úgy is meg lehetett volna valósítani, hogy csupán egy GPS vevőegységet használunk, mérünk 6 órát például a keleti ponton, akkor kapunk egy vektort a keleti pont és a székesfehérvári pont között, aztán mérünk 6 órát a nyugati ponton, ezzel kapva egy vektort a nyugati és székesfehérvári pont között és így tovább, de mi abban a szerencsés helyzetben voltunk, hogy több egyforma GPS vevő is állt a rendelkezésünkre, ezáltal el tudtuk végezni a méréseket egyidőben.

Ennek a hálózatban történő mérésnek az mérési idő csökkentésén túl (így is több mint 6 órán át tartott egy-egy mérési periódus) az az előnye is volt, hogy így nem csak székesfehérvári pontról kaptuk meg a diszkrét vektorokat a három pillérre, hanem azok között is meg tudunk határozni vektorokat. Számunkra ez azért is kedvezőbb, mert így minden meghatározásnál lett fölös mérésünk, így kiegyenlítéssel nemcsak a hálózati pontokat tudjuk meghatározni, hanem azok megbízhatósági értékeit is megkapjuk.

Három egymást követő napon elvégeztük ezeket a méréseket. A hálózat létesítése során arra is figyeltünk, hogy a GPS vevőkkel történő mérések különböző napszakokban történjenek meg a lehetőségekhez képest mind a három napon. Ha eltérő napszakokban mérünk, az szerencsésebb megbízhatóság szempontjából, mintha mindig ugyan abban az időpontban kezdtük volna el a mérést, mivel a műholdgeometria más lesz a különböző időpontokban. Természetesen voltak átfedések, mivel bő 6 órás időintervallumokról beszélünk, de alapvetően eltérő kezdőidőpontban indítottuk a méréseket (*11. ábra*).

Az első mérési periódust 2020. 09. 10-én indítottuk ~8:30 kezdettel. Ekkor egy műszer (KEL) és a SZFV 15:05-ig mért, a KOZ 12:35-ig, a NYU pedig 11:58-ig. Második mérési napunkon, 2020. 09. 11-én már ~10:30 perckor igyekeztünk elindítani. Ekkor, mint a táblázatunkban láthatjuk, közel azonos (~6 órás) intervallumokban sikerültek a mérések. A harmadik periódusban pedig 2020. 09. 12-én ~13:15 perckor kezdtük el indítani a vevőket. Itt hasonló mérési időket kaptunk, mint az első periódusban.



11. ábra Mérések adatai pontokra és napokra lebontva

Első lépésben ezeket a kapott eredményeket egyesével napokra lebontva kiszámoljuk. A vektorszámítás és a kiegyenlítés elvégzéséhez az intézetünkben frissen beszerzett Leica Infinity programot használtuk, melynek ez volt az első „használatbavétele” a megvásárlása óta, a dolgozat egyik célja a program megismerése volt.

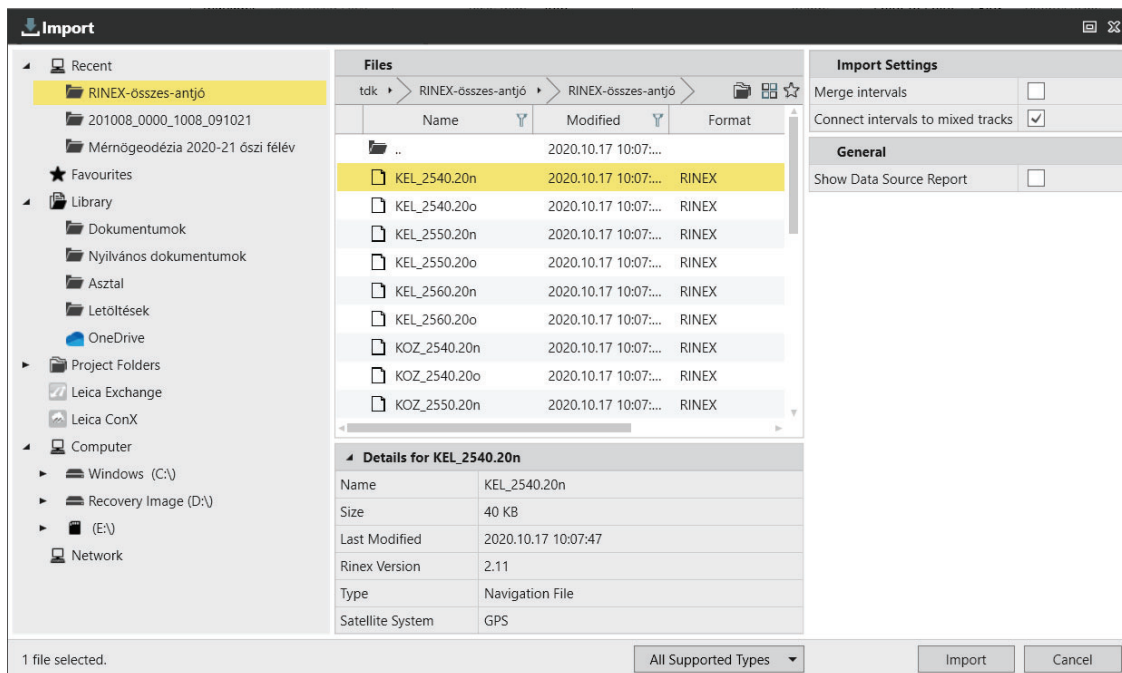
5.2 Feldolgozás a Leica Infinity programmal

Első körben a vevőkből kiolvasott és a permanens állomásból letöltött nyers mérési eredményeket RINEX formátumban betöltöttük a Leica Infinity alsógeodéziai programcsomagba, mind a 3 napi statikus mérésre vonatkoztatva (13. ábra). Minden napra van 4 RINEX állományunk. Egyik a fehérvári permanens állomás eredményeit tartalmazza és emellett a többi 3 db a saját nyers RINEX mérésünk. Egy mérés fejlécét a következő ábra tartalmazza.

KEL_2540.20o – Jegyzetomb

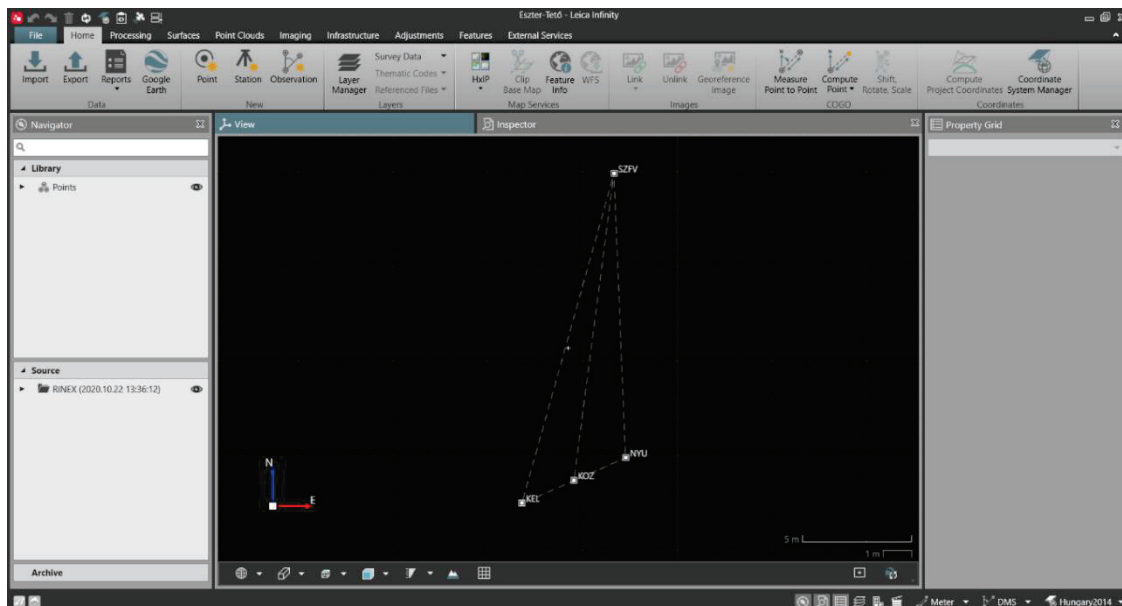
Fájl	Szerkesztés	Formátum	Nézet	Súgó							
2.11	OBSERVATION DATA				G	RINEX VERSION / TYPE					
LEICA GEO OFFICE 8.4					12-9-20 21:05	PGM / RUN BY / DATE					
KEL						OBSERVER / AGENCY					
KEL						MARKER NAME					
0	LEICA SR530				5.10	MARKER NUMBER					
	LEIAT502					REC # / TYPE / VERS					
4119992.8080	1372038.0850	4656165.3127				ANT # / TYPE					
0.1850	0.0000	0.0000				APPROX POSITION XYZ					
L1PhaOff: 0.0683	L2PhaOff: 0.0712					ANTENNA: DELTA H/E/N					
1	1					COMMENT					
4	C1	L1	P2	L2		WAVELENGTH FACT L1/2					
2020	9	10	6	31	30.0000000	GPS	# / TYPES OF OBSERV				
2020	9	10	13	6	0.0000000	GPS	TIME OF FIRST OBS				
18						TIME OF LAST OBS					
21						LEAP SECONDS					
	C1	L1	P2	L2							
G 1	962	962	952	952	# OF SATELLITES						
G 2	0	0	0	0	COMMENT						
G 3	747	747	747	747	PRN / # OF OBS						
G 4	349	349	342	342	PRN / # OF OBS						
					PRN / # OF OBS						
					PRN / # OF OBS						

12. ábra Rinex fájl kivágata



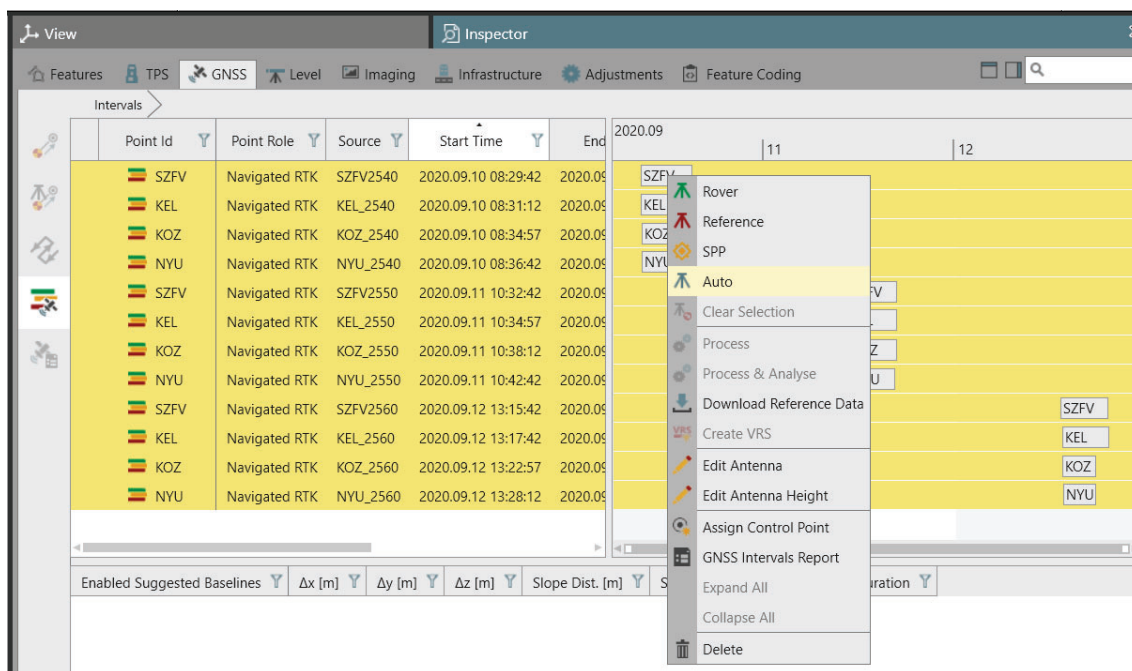
13. ábra RINEX betöltése a Infinity alsógeodéziai programcsomagba

A számítás menete az egyes diszkrét vektorok számításával kezdődött (14. ábra). A vektorszámítást elvégezhetjük manuálisan, ekkor mi magunk jelöljük ki, hogy mely pontok közötti vektorokat szeretnénk számítani.



14. ábra Vektorszámítás

A következő ábrán látható mérésekből lehetőségünk lett volna nekünk is manuálisan pontról-pontra haladva kiszámolni a vektorokat, de mi nem ezt csináltuk. Ahogyan az ábrán is látható van egy „Auto” opció, amivel ezeket automatikusan kiértékeli a program (15. ábra).



15. ábra Automatikus kiértékelési funkció

Ekkor felismeri az összes lehetséges kombinációt amire a vektorokat ki lehet számítani és erre támaszkodva automatikusan kiszámolja az összes lehetséges vektorkombinációt. Fontos megemlíteni, hogy természetesen ilyenkor azonos időben végzett méréseket tudja csak kiértékelni, így például a keddi mérést a hétfőivel természetesen nem.

A következő ábrán (16. ábra) láthatjuk a már felismert és kiértékelt vektorokat. Ezeket a vektor kombinációkat ismerte fel a program és automatikusan kiszámította azokat. Látható a kezdőpont, végpont, a komponensek (Δx , Δy és Δz) a ferde távolság, a kezdőidőpont, a mérés végeztének időpontja, illetve a teljes időintervallum pontos mennyisége óra-perc-másodperc-ben. Láthatunk 6 órás méréseket, de vannak rövidebbek (mintegy 3.5 órák) is.

View									
Inspector									
Features TPS GNSS Level Imaging Infrastructure Adjustments Feature Coding									
Intervals									
Point Id	Point Role	Source	Start Time						
SZFV	Navigated RTK	SZFV2540	2020.09.10 08:29:42	2020.09.12 13:28:12					
2020.09 11 12									
SZFV									
Enabled Suggested Baselines	Δx [m]	Δy [m]	Δz [m]	Slope Dist. [m]	Start Time	End Time	Duration		
KEL - SZFV (2020.09.10 08:29:42)	-12.124	0.945	13.582	18.231	2020.09.10 08:29:42	2020.09.10 15:05:42	06:36:00		
KEL - KOZ (2020.09.12 13:22:57)	-1.740	2.311	0.826	3.009	2020.09.12 13:22:57	2020.09.12 17:41:42	04:18:45		
NYU - SZFV (2020.09.12 13:15:42)	-8.669	-3.662	11.921	15.188	2020.09.12 13:15:42	2020.09.12 19:18:42	06:03:00		
KOZ - SZFV (2020.09.12 13:15:42)	-10.384	-1.366	12.756	16.504	2020.09.12 13:15:42	2020.09.12 19:18:42	06:03:00		
KEL - SZFV (2020.09.12 13:15:42)	-12.124	0.945	13.582	18.231	2020.09.12 13:15:42	2020.09.12 19:18:42	06:03:00		
KOZ - NYU (2020.09.11 10:42:42)	-1.715	2.296	0.835	2.985	2020.09.11 10:42:42	2020.09.11 16:33:42	05:51:00		
KEL - NYU (2020.09.11 10:42:42)	-3.455	4.607	1.661	5.994	2020.09.11 10:42:42	2020.09.11 16:33:42	05:51:00		
KEL - KOZ (2020.09.11 10:38:12)	-1.740	2.311	0.826	3.009	2020.09.11 10:38:12	2020.09.11 16:44:12	06:06:00		
NYU - SZFV (2020.09.11 10:32:42)	-8.669	-3.662	11.921	15.188	2020.09.11 10:32:42	2020.09.11 16:48:42	06:16:00		
KOZ - SZFV (2020.09.11 10:32:42)	-10.384	-1.366	12.756	16.504	2020.09.11 10:32:42	2020.09.11 16:48:42	06:16:00		
KEL - SZFV (2020.09.11 10:32:42)	-12.124	0.945	13.582	18.231	2020.09.11 10:32:42	2020.09.11 16:48:42	06:16:00		
KOZ - NYU (2020.09.10 08:36:42)	-1.715	2.296	0.835	2.985	2020.09.10 08:36:42	2020.09.10 11:58:27	03:21:45		
KEL - NYU (2020.09.10 08:36:42)	-3.455	4.607	1.661	5.994	2020.09.10 08:36:42	2020.09.10 11:58:27	03:21:45		
KEL - KOZ (2020.09.10 08:34:57)	-1.740	2.311	0.826	3.009	2020.09.10 08:34:57	2020.09.10 12:35:42	04:00:45		
NYU - SZFV (2020.09.10 08:29:42)	-8.669	-3.662	11.921	15.188	2020.09.10 08:29:42	2020.09.10 15:05:42	06:36:00		
KOZ - SZFV (2020.09.10 08:29:42)	-10.384	-1.366	12.756	16.504	2020.09.10 08:29:42	2020.09.10 15:05:42	06:36:00		
KEL - NYU (2020.09.12 13:28:12)	-3.455	4.607	1.661	5.994	2020.09.12 13:28:12	2020.09.12 17:39:12	04:11:00		
KOZ - NYU (2020.09.12 13:28:12)	-1.715	2.296	0.835	2.985	2020.09.12 13:28:12	2020.09.12 17:39:12	04:11:00		

16. ábra Felismert és kiértékelt vektorok listája

A vektorszámítás beállításainál az alapértelmezettet használtuk (17. ábra), de ha nem ezt szeretnénk volna, akkor lehetőségünk van megadni különböző kritériumokat, mind például mérési idő hossza, maximális vektorhossz. A vektorhossz azért fontos mert a megbízhatóság a vektor hosszával fordítottan arányos, a vektor hosszának növelésével romlik a meghatározás megbízhatósága. A Baseline processing pontban pedig, mint

ahogy említettem mi az összes kombinációra kíváncsiak voltunk így ott a legördülő Ímenüpontban az „All” opciót választottuk.

Automatic Processing

Suggested Baseline Strategy

Min. Baseline Duration: 300 "

Max. Baseline Length: 300 km

Re-Compute already computed Baselines: ☒

Compute Baselines between Control Points: ☐

Auto Processing Strategy

Baseline Processing: All

Priority to Baseline with: Longer Duration

Session by Session: ☐

Allow to use Float solution as Reference: ☐

General

Set Intervals to Auto at Import: ☐

OK Cancel

17. ábra A vektorszámítás beállításai

A következő ábra már a számításnak az eredménye (18. ábra). Sikerült a fázis többértelműséget feloldania a programnak, ezt jelzi a „Phase Fixed”. Ez volt a célunk, ez jelöli a geodéziai pontosságot. A másik megoldás az lenne, ha csak lebegőpontosan értékelte volna ki a vektorokat.

Point Id	From Station	Stored Status	Solution Type	Solution Optimisation	Satellite System	Frequency	Occupation Mode
KEL	SZFV	Stored	Phase Fixed	None	GPS	L1/L2	Static
KEL	SZFV	Stored	Phase Fixed	None	GPS	L1/L2	Static
KOZ	SZFV	Stored	Phase Fixed	None	GPS	L1/L2	Static
KOZ	KEL	Stored	Phase Fixed	None	GPS	L1/L2	Static
KEL	SZFV	Stored	Phase Fixed	None	GPS	L1/L2	Static
NYU	SZFV	Stored	Phase Fixed	None	GPS	L1/L2	Static
NYU	KEL	Stored	Phase Fixed	None	GPS	L1/L2	Static
NYU	KOZ	Stored	Phase Fixed	None	GPS	L1/L2	Static
KOZ	SZFV	Stored	Phase Fixed	None	GPS	L1/L2	Static
KOZ	KEL	Stored	Phase Fixed	None	GPS	L1/L2	Static
NYU	SZFV	Stored	Phase Fixed	None	GPS	L1/L2	Static
NYU	KEL	Stored	Phase Fixed	None	GPS	L1/L2	Static
NYU	KOZ	Stored	Phase Fixed	None	GPS	L1/L2	Static
KOZ	SZFV	Stored	Phase Fixed	None	GPS	L1/L2	Static
KOZ	KEL	Stored	Phase Fixed	None	GPS	L1/L2	Static
NYU	SZFV	Stored	Phase Fixed	None	GPS	L1/L2	Static
NYU	KEL	Stored	Phase Fixed	None	GPS	L1/L2	Static
NYU	KOZ	Stored	Phase Fixed	None	GPS	L1/L2	Static

18. ábra A számítások eredménye

A megoldásnál mi csak a GPS holdakat használtuk, de használhattunk volna pl. GLONASS műholdakra végzett méréseket is. Azonban a Leica 500-as vevők, amivel mi mértünk, közel húsz éves technológiát takarnak, csak a GPS holdakra tudnak mérni. Meg kell még említeni, hogy a GPS egységeink 2 frekvencián működnek így a méréseket L1 és L2 frekvencián is végezték.

A vektorszámítás eredményéül 18 db vektort kapunk, azok 3-3 komponenseikkel (Δx , Δy és Δz). A 18 vektort úgy kapjuk meg, hogy mindhárom napra kaptunk 6-6-6 vektort. A 6 vektor a következő séma alapján jöttek létre (14. ábra alapján): KEL-SZFV, KOZ-SZFV, NYU-SZFV, KEL-KOZ, KOZ-NYU, KEL-NYU. Mivel fölös méréseink is vannak, így célszerűnek láttuk a GPS hálózatot kiegyenlíteni. A kiegyenlítést elvégeztük szabad hálózatként, illetve kötött hálózatként is. Az utóbbi esetben a permanens állomás koordinátáit elfogadtuk adottnak. Első esetben minden koordináta (4*3 darab) kap változást, a másodikban a permanens állomás értelemszerűen nem. Az utóbbi megoldást tekintjük a későbbiekben véglegesnek.

A GNSS hálózat kiegyenlítésénél használatos beállításokat az alábbi két ábra szemlélteti (19. és 20. ábra).

General	
Computation	
Store results immediately after computing	☐
Control Points	Constrained
Iterations	
Max. Iterations	3
Iteration Criteria	0.0001 m
Visualisation Exaggeration Factors	
Absolute Error Ellipses	100
Relative Error Ellipses	100
Reliability	100
Threshold	0.0001 m
Confidence Levels	
Heights - 1D	68.3%
Error Ellipses - 2D	39.4%
OK Cancel	

19. ábra Kiegyenlítési beállítások (1)

GNSS Accuracy Information

Standard Deviations	
Source for Standard Deviations	Use Defaults
Absolute GNSS Baseline	0.0050 m
Relative GNSS Baseline	1.0000 PPM

Centring/Height Errors	
Source for Centring/Height Errors	Individual
Reference Centring Errors	0.0000 m
Rover Centring Errors	0.0000 m
Reference Height Errors	0.0000 m
Rover Height Errors	0.0000 m

σ a-priori	
σ a-priori (GNSS)	10.0000

OK Cancel

20. ábra Kiegyenlítési beállítások (2)

A kiegyenlítés eredményül megkaptuk a pontok kiegyenlített koordinátáit, illetve azok megbízhatóságait, ezeket a következő ábrán mutatjuk be (21. ábra).

Point Id	Point Role	WGS84 X	WGS84 Y	WGS84 Z	CQ 3D	CQ 2D	CQ 1D	SD WGS84 X	SD WGS84 Y	SD
WGS84 Z	Combined Scale Factor	Convergence Angle								
KEL	AdjustedLeastSquare	4119989.3675	1372042.6957	4656166.9907	0.0017	0.0009	0.0014	0.0011	0.0006	0.0011
0.999979075344										
KOZ	AdjustedLeastSquare	4119991.0816	1372040.3994	4656166.1552	0.0018	0.0010	0.0015	0.0012	0.0007	0.0012
0.999979075476										
NYU	AdjustedLeastSquare	4119992.8225	1372038.0884	4656165.3296	0.0018	0.0010	0.0015	0.0012	0.0006	0.0012
0.999979072251										
SZFV	AdjustedLeastSquare	4119980.6839	1372039.0299	4656178.8945	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.999978707546										

21. ábra A kiegyenlítés eredményei

Feladataink végeztével elértük célunkat, a megkapott eredmények által elkészülhetett a GNSS kalibrálási jegyzőkönyv és a GNSS kalibrálás eredménye. (22. ábra, 23. ábra)

GNSS kalibrálási jegyzőkönyv

Kalibrálási mérés dátuma: 2020. 09. 11.

Kalibrálás helyszíne: Székesfehérvár, Pirosalma u. 1-3., tetőpillérek

Etalon vektor: SZFV-KEL pillér

Referenciavevő típusa: Leica GR50 4.31/7.403	száma: 1870946	Ref. antenna típusa: Leica LEIAR20 LEIM	száma: 21274024
GPS vevő típusa: Leica SR530 (GPS L1/L2)	száma: 506850301	GPS antenna típusa: Leica AT502	száma:
Az antennák tájolása: Északra		Magassági maszk: 10	
Integrálási idő: 15 mp		Periódusok száma: 12	
Feldolgozó szoftver: Leica LGO		verzió: 8.0	

A mérési periódusok és a mért vektorkomponensek

mérési periódus sorszáma és időtartama		északi [m]	keleti [m]	magassági [m]
1	10.40 – 11.10	-14,9825	0,7375	-2,3691
2	11.10 – 11.40	-14,9845	0,7369	-2,3698
3	11.40 – 12.10	-14,9831	0,7385	-2,3754
4	12.10 – 12.40	-14,9806	0,7380	-2,3674
5	12.40 – 13.10	-14,9844	0,7388	-2,3766
6	13.10 – 13.40	-14,9834	0,7371	-2,3694
7	13.40 – 14.10	-14,9858	0,7349	-2,3712
8	14.10 – 14.40	-14,9857	0,7348	-2,3725
9	14.40 – 15.10	-14,9845	0,7372	-2,3699
10	15.10 – 15.40	-14,9875	0,7360	-2,3707
11	15.40 – 16.10	-14,9841	0,7360	-2,3747
12	16.10 – 16.40	-14,9826	0,7362	-2,3731
A vektorkomponensek átlagértéke [m]:		-14,9841	0,7368	-2,3717
Standard bizonytalanság [mm]:		1,8	1,3	2,8

Dr. Tóth Zoltán

A mérést végezte: Dr. Tóth Zoltán

GNSS kalibrálás eredménye

Kalibrálási mérés dátuma:

Kalibrálás helyszíne: Székesfehérvár, Pirosalma u. 1-3., tetőpillérek

Eталон vektor: SZFV-KEL pillér

Referenciavevő típusa: Leica GR50 4.31/7.403	száma: 1870946	Ref. antenna típusa: Leica LEIAR20 LEIM	Száma: 21274024
GPS vevő típusa: Leica SR530 (GPS L1/L2)	száma: 506850301	GPS antenna típusa: Leica AT502	Száma: 15758
Az antennák tájolása: Északra		Magassági maszk: 10	
Integrálási idő: 15 mp		Periódusok száma: 12	
Feldolgozó szoftver: Leica LGO		verzió: 8.0	

Az eltérés vektorok értékei

A vektorkomponensek mért értéke [m]:	-14,9841	0,7368	-2,3717
A vektorkomponensek helyes értéke [m]:	-14,9838	0,7357	-2,3689
Hiba [mm]:	-0,3	1,1	-2,8
Eredő standard bizonytalanság [mm]:	1,8	1,3	2,8
Kiterjesztett mérési bizonytalanság [mm]:	3,6	2,6	5,7
Specifikált tűréshatár [mm]:	10,0	10,0	20,0

A közölt kiterjesztett mérési bizonytalanság az eredő standard bizonytalanság $k=2$ -vel szorzott értéke, ami normális eloszlás esetén közelítőleg 95%-os fedési valószínűségnek felel meg. A standard bizonytalanság meghatározása az EA-4/02 kiadványnak megfelelően történt.

Dátum: 2020. 09. 14.

A számítást végezte: Dr. Busics György

5.3 Vízszintes és magassági hálózat létesítése mérőállomással és szintezővel

Két geodéziai hálózat típust különböztetünk meg, ezek a vízszintes és a magassági hálózatok. Céljuk, hogy segítségükkel meghatározhassunk bármely földfelszínen található pontot koordináták szintjén.

A földfelszínen található pontok meghatározásához a vízszintes hálózatokat, más néven geodéziai alaphálózatot használjuk. Általánosságban elmondható róluk, hogy nagy területeket fednek le és leggyakrabban a földfelszín természetes formáira épülnek. Kialakításuk során ki kell választani egy kiindulópontot, amelynek már előzetesen tudjuk a pontos koordinátáit. Következő lépésben a céljainknak megfelelő mérőeszközök segítségével meghatározzuk az ismert pontunkhoz közeli ismeretlen pontok koordinátáit. A vízszintes hálózat kialakításának alapvető célja, hogy a későbbi geodéziai mérések számára pontos alapot szolgáltasson (például magassági hálózatok).

Amennyiben nem X és Y koordinátákra van szükségünk, hanem a pont talajszintjétől-, vagy akár a tengerszinttől való távolságát (Z) szeretnénk meghatározni, a magassági hálózatok segítségével megtehetjük azt. Lefedési területüket tekintve ezek a hálózatok általában kisebb területekre korlátozódnak, ahol biztosítják az információkat adott pontok magasságáról, amikről meghatározhatjuk a kérdéses pontunk magassági elhelyezkedését. Amennyiben magassági hálózatot szeretnénk kiépíteni, első lépésben a tengerszint vagy egy adott kiindulópont magasságát kell meghatározni, ezt követően tudjuk mérőeszközökkel végzett mérések során mért új pontok magasságát összevetni a kiindulópontunk magasságával. Az így kialakított magassági hálózat biztosítja számunkra a pontos referenciapontokat későbbi geodéziai mérések elvégzéséhez.

Amennyiben pontos helymeghatározásra van szükségünk, úgy rendkívül fontos szerepet töltenek be a vízszintes és magassági hálózatok, legyen szó akár építési geodéziai munkáról, közlekedésről stb.

A tetőn található pillérekre szabatos szintezést is végrehajtottunk. Szabatos, felsőrendű szintezéssel a pilléreknek a relatív magasságkülönbségét határoztuk meg.

A pillérek 4 helyen is be lettek mérve, ebből mi csak hármat használtunk fel a mérésünkben. Szintezéskor egy külső ponton felálltunk a szabatos szintezőműszerrel és

szintezőléccel segítségével mértünk 0,1 mm élességgel és submilliméteres pontossággal a Hilti szegre, a pilléren levő festésére továbbá ott a központosan elhelyezett a műszertalpakba helyezett Wild közdarabra. Ez utóbbiak csúcsát mértük. Meghatároztuk továbbá a csavarok fejének magasságkülönbségét is. Az eredményeket a következő táblázatban foglaltuk össze (24. ábra).

	Wild csúcs	Csavar	Hilti	Pillér-festés
	Helyi magasság			
1	99.7047	99.5382	99.5329	99.5283
2	99.7032	99.5358	99.5319	99.5280
3	99.7226	99.5519	99.5489	99.5457

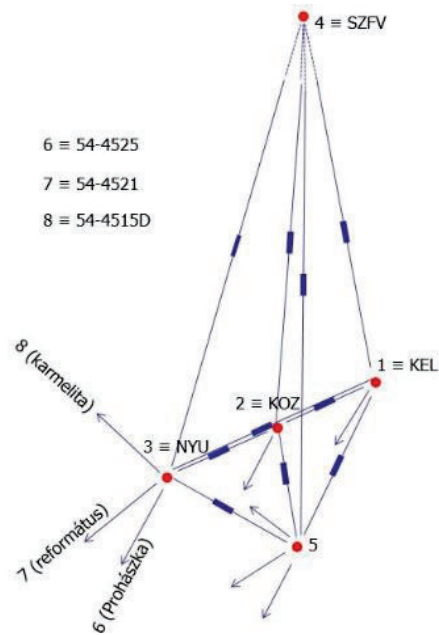
24. ábra A meghatározott pontok magasságtáblázata

Vízszintes hálózat mérést Geomax Zipp-20R (2" és 2mm+2ppm) mérőállomással végeztük el a 3 db pilléren és 1 db külső ponton (25. ábra).



25. ábra Mérés a tetőn

Három fordulóban 1 távcsőállásban végeztünk irány és távmérést. Ekkor először a külső pontról mértünk a 3 pillérre elhelyezett prizmákra, illetve a permanens állomás meghatározott pontjaira. Ezután ugyan ezeket a méréseket elvégeztük a KEL pillérről a többi pontra, azután a KOZ és a NYU pilléren szintűgy. A hálózat meghatározásába belevettük a környező EOY magaspontokat is (ezek jellemzően templomtornyok), hogy később ezek segítségével be tudjuk illeszteni az EOY rendszerbe egyértelműen a hálózatot (26. ábra).



26. ábra Meghatározási vázlat (Dr. Busics György)

A hálózatot szabad hálózatként kiegyenlítettük. A számítást GeoCalc programmal végeztük. A kapott eredményeket a mellékletekben láthatjuk.

Ezután a hálózati dátumot a 26. ábrán látható topocentrikus elrendezésnek megfelelően vettük fel úgy, hogy a székesfehérvári pont koordinátáit (0,0) értékben adtuk meg, valamint az SZFV pontról a Középső pontra menő irány irányszögét az ábrán is látható értékben (186-58-44) vettük fel.

Végeredményként megkaptunk a koordinátákat és a középhibákat. Ezeket a következő jegyzőkönyvi kivágatban láthatjuk (27. ábra).

2020. évben meghatározott vízszintes alappontok								
Pontszám	Jelölés	Y	X	my	Középhiba			szög
					mx	max	min	
[mm]								
5		0.1366	-23.5548	0.3	0.6	0.6	0.3	165°
		-0.0000	-0.0000					
		0.1366	-23.5548					
KEL		0.7377	-14.9624	0.3	0.4	0.4	0.2	28°
		-0.0000	0.0000					
		0.7377	-14.9624					
KOZ		-1.9821	-16.1925	0.3	0.3	0.4	0.3	45°
		0.0000	0.0000					
		-1.9821	-16.1925					
NYU		-4.7243	-17.4279	0.4	0.3	0.4	0.3	78°
		0.0000	0.0000					
		-4.7243	-17.4279					
SZFV		0.0000	-0.0000	0.1	0.9	0.9	0.1	4°
		-0.0000	-0.0000					
		0.0000	-0.0000					

27. ábra Jegyzőkönyv kivágata

A hálózatot magassági hálózatként is kiegyenlítettük, úgy, hogy a középső pont magasságát elfogadjuk (-2.3694m) Itt derült ki, hogy van egy 8 cm magassági eltérés a székesfehérvári fáziscentrumának helyére vonatkozóan. Ez az eltérés, mint ahogyan azt a 4.6 fejezetben is említettem, a fáziscentrum külpontosságából következik, hogy függőleges értelemben ekkora eltérést tapasztaltunk.

6 ÖSSZEGZÉS

A szakdolgozatomban a Pirosalma utcai Geoinformatikai Intézet tetején található pilléreken létesítettem Dr. Busics György, Dr. Tóth Zoltán és László Gergely Tibor segítségével egy GNSS kalibráló hálózatot. Az épület tetején építéskor 3 pillér lett elhelyezve és ezekre később állandósításra került egy-egy hilti szeg és Wild menetes csavar.

A pilléreket GNSS vevők segítségével bemértük, majd ezután szabatos szintezést és vízszintes hálózatomérést végeztünk. A GNSS mérés során mindhárom pillére helyezettünk el vevőket, amiket közel azonos időpontban indítottunk el, így a mérés feldolgozás során a pillérek közötti diszkrét vektorokat is meghatározhattuk. Ezeket a méréseket három egymást követő napon is elvégeztük eltérő napszakokban. A mérés során kapott adatainkat Leica Infinity programban dolgoztam fel, mely eredményeképp megkaptuk a pillérek pontjainak kiegyenlített koordinátáit és azok megbízhatóságait. Ezután a pillérekre szabatos szintezést végeztünk, amely során meghatároztuk a pillérek relatív magasságkülönbségét. Végül, de nem utolsó sorban Geomax Zipp-20R mérőállomással vízszintes hálózatomérést végeztünk a 3 pillérre és bevontunk egy külső pontot a tető távolabbi szegletében, továbbá a mérésünkbe belevettük a környező EOY magasságpontokat is, hogy be tudjuk illeszteni a hálózatunkat. Az így meghatározott hálózatunk kiegyenlítését GeoCalc programmal végeztük, végeredményként pedig megkaptuk a pontjaink koordinátáit és középpontjait.

Az így meghatározott hálózat reményeink szerint továbbfejlesztve (pl. együttes kiegyenlítéssel újra számítva) alkalmas lehet kalibrációs feladatok elvégzésére. A GPS-es meghatározást akár megismételhetik a későbbi tanulók más GPS vevőkkel, amelyek alkalmasak Glonass holdak vételére is.

6.1 Summary

In my thesis, I set up a GNSS calibration network on the pillars on the roof of the Geoinformatics Institute in Pirosalma street with the help of Dr. György Busics, Dr. Zoltán Tóth and Tibor Gergely László. 3 pillars were placed on the roof of the building and later on they were installed with a Hilti nail and a Wild threaded screw.

The coordinates of the pillars were measured with the help of GNSS receivers, and then a precision levelling and horizontal network measurement was carried out. During the GNSS measurement, receivers were placed on all three pillars and started at nearly the same time, so that the discrete vectors between the pillars could be determined during the measurement processing. These measurements were also performed on three consecutive days at different times of the day. The data obtained from the measurements were processed in Leica Infinity software, which gave us the aligned coordinates of the pillar points and their reliabilities. We then performed precision levelling of the pillars, where we determined the relative height difference of the pillars. Last but not least, using a Geomax Zipp-20R total station, we performed a horizontal network measurement for the 3 pillars and included an external point at the far corner of the roof, and included the surrounding EOVI elevation points in our measurement to transform the coordinates of our network. We used GeoCalc program to align our network, and the final result was the coordinates and standard errors of our points.

The network thus defined can hopefully be further improved (e.g., recalculated by joint rectification) to perform calibration tasks. The GPS determination can even be repeated by students in the future with other GPS receivers that are also capable of receiving Glonass data.

7 FORRÁSOK

- [1] Dr. Busics György Műholdas helymeghatározás 1. TÁMOP elektronikus jegyzet (NyME 2010)
https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_MHM1/ch01s02.html
 (Hozzáférés: 2021.04.12.)
- [2] GNSS (Global Navigation Satellite System) vevő egységek és használatuk. 2019. 05. 25. <https://newtechnology.hu/gnss-global-navigation-satellite-system-vevo-egysegek-es-hasznalatuk/> (Hozzáférés: 2021.04.12.)
- [3] ...And Standing Up Straight (New Zealand's new gravity-based vertical datum)
<http://blogs.lincoln.ac.nz/gis/2016/08/28/and-standing-up-straight/> (Hozzáférés: 2021.04.12.)
- [4] Dr. Busics György Műholdas helymeghatározás 2., GNSS alaprendszerek TÁMOP elektronikus jegyzet (NyME 2010)
https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_MHM2/ch01s02.html
 (Hozzáférés: 2021.04.12.)
- [5] WikiPedia – GLONASS (en) szócikk <https://en.wikipedia.org/wiki/GLONASS>
- [6] Glonass constellation status <https://glonass-iac.ru/en/sostavOG/>
- [7] Galileo next-gen satellites on the horizon (SpacewatchEurope)
<https://spacewatch.global/2020/08/galileo-next-gen-satellites-on-the-horizon/>
 (Hozzáférés: 2021.04.12.)
- [8] Post-Brexit UK won't use EU Galileo satellite system (News)
<https://www.dw.com/en/post-brexit-uk-wont-use-eu-galileo-satellite-system-british-pm-says/a-46533333> (Hozzáférés: 2021.04.12.)
- [9] A Galileo életre kel! (Európai Bizottság)
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/hu/IP_16_4366 (Hozzáférés: 2021.04.12.)
- [10] WikiPedia – BeiDou (en) szócikk <https://en.wikipedia.org/wiki/BeiDou>
 (Hozzáférés: 2021.04.12.)
- [11] Dr. Busics György Műholdas helymeghatározás 6., Passzív GPS hálózatok, statikus technológiák (NyME 2010)
https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_MHM6/ch01s03.html
 (Hozzáférés: 2021.04.12.)

- [12] Dr. Busics György Műholdas helymeghatározás 7., Aktív GNSS hálózatok és szolgáltatásaik (NyME 2010)
https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_MHM7/ch01s04.html
 (Hozzáférés: 2021.04.12.)
- [13] Geomatikai közlemények III. Sopron, 2000.
- [14] MAXI-NET 2.0 - MEGÚJÍTJA RTK KORREKCIÓS JEL SZOLGÁLTATÁSÁT AZ AXIÁL KFT. <https://www.axial.hu/cikkek/hirek/maxi-net-20-megujitja-rtk-korrekcios-jel-szolgaltatasat-az-axial-kft>
- [15] Corrigo <https://www.corrigo.hu/>
- [16] Geodéta NET | GeoMentor <https://geomentor.hu/geod-ta-net>
- [17] A méretarány-tényező néhány alkalmazásáról a földmérésben – Dr. Busics György 2019/4
<http://edit.elte.hu/xmlui/static/pdfs/web/viewer.html?file=http://edit.elte.hu/xmlui/bitstream/handle/10831/43487/GK.2019.4.3-DOI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 (Hozzáférés: 2021.04.12.)
- [18] K-GEO Kalibráló Laboratórium honlapja <http://lechnerkozpont.hu/oldal/k-geo>
 (Hozzáférés: 2021.04.12.)
- [19] Kozmikus Geodéziai Obszervatórium, Lechner Nonprofit Kft. honlapja.
<https://www.sgo-penc.hu/obszer.php#section2> (Hozzáférés: 2021.04.12.)
- [20] Geodéziai hálózatok (K-GEO) https://www.sgo-penc.hu/geo_halozatok.php
 (Hozzáférés: 2021.04.12.)

8 MELLÉKLETEK

A hálózat jellemző adatai

IV. rendű hibahatár

Összes pont száma	:	5
Adott pontok száma	:	0
Új pontok száma	:	5
Mért irányok száma	:	13
Mért távolságok száma	:	13
Fölös mérések száma	:	15
Számításból kihagyott mérési eredmények száma	:	0
Iránymérés kiegyenlítés előtti középphibája	=	6"
Táv mérés kiegyenlítés előtti középphibája	=	1 mm + 1 mm/km
Súlyegység középphibája kiegyenlítés előtt	=	6
Iránymérés súlya távolsággal arányos		
Táv mérés súlya távolságtól független		
Átlagos távolság	=	10 m
Javítások súlyozott négyzetösszege	=	1865.553
Pótnormálegyenletből	=	1865.553
Súlyegység középphibája kiegyenlítés után	=	11.15
Relatív középhiba	=	1/18496

Maximális javítások kimutatása

	<u>Álláspont</u>	<u>Ir. pont</u>	<u>Jav.</u>	<u>Hibahat.</u>
Iránymérés:	KOZ	NYU	-33"	(182)
Táv mérés:	KEL	5	-1.7 mm	(4)

Statisztikai próbák durva hibák kimutatására

Valószínűségi szint = 95%

Globális teszt - F próba

Súlyegység középhibája kiegyenlítés előtt = 6.00

Súlyegység középhibája kiegyenlítés után = 11.15

Fölös mérések száma = 15

Elméleti intervallum értékei: Alsó határ = 0.67 Felső határ = 1.35

Súlyegység középhibájának intervalluma: Alsó határ = 4.0 Felső határ = 8.1

A globális teszt 95 %-os valószínűségi szinten nem fogadható el

Lokális teszt - u próba

		Statisztika			
Álláspont	Ir. pont	Szám.	Elméleti	Mérés	
KOZ	SZFV	6.54	1.96	Irány	

A lokális teszt 95 %-os valószínűségi szinten nem fogadható el

KOORDINÁTA-JEGYZÉK

1.

2020. évben meghatározott vízszintes alappontok

Pontszám	Jelölés	Y	X	my	mx	Középhiba		szög
						max	min	
						[mm]		
5		0.1366	-23.5548	0.3	0.6	0.6	0.3	165°
		-0.0000	-0.0000					
		0.1366	-23.5548					

KEL		0.7377	-14.9624	0.3	0.4	0.4	0.2	28°
		-0.0000	0.0000					
		0.7377	-14.9624					

KOZ		-1.9821	-16.1925	0.3	0.3	0.4	0.3	45°
		0.0000	0.0000					
		-1.9821	-16.1925					

NYU		-4.7243	-17.4279	0.4	0.3	0.4	0.3	78°
		0.0000	0.0000					
		-4.7243	-17.4279					

SZFV		0.0000	-0.0000	0.1	0.9	0.9	0.1	4°
		-0.0000	-0.0000					
		0.0000	-0.0000					

MÉRÉSI JEGYZŐKÖNYV

1.

Álláspont száma : 5			Jele :						
Ir.pont Jelölés	Irányérték	Iránysszög	Táj.szög	Távolság Mért Szám.	Jav. Hhat. Távolság [mm]	mŰ Irány [mp]	Stat.	f	
KEL	45.2231	4.0006	318.3735	8.6140 8.6133	-2 -0.7	{108} { 4}	8 0.8	-0.50 -0.73	0.54 0.81
KOZ	25.1901	343.5643	318.3742	7.6610 7.6611	4 0.1	{114} { 4}	11 0.7	1.22 0.06	0.23 0.84
NYU	2.5642	321.3421	318.3739	7.8210 7.8210	1 -0.0	{113} { 4}	11 0.8	0.37 -0.04	0.17 0.82
SZFV	41.0227	359.4004	318.3737	23.5540 23.5552	-1 1.2	{ 65} { 6}	6 1.2	-0.43 1.50	0.21 0.59
sk = 318.3738									

Álláspont száma : KEL			Jele :						
Ir.pont Jelölés	Irányérték	Iránysszög	Táj.szög	Távolság Mért Szám.	Jav. Hhat. Távolság [mm]	mŰ Irány [mp]	Stat.	f	
5				8.6150	-1	(108)	10	-0.38	0.25
	77.0820	184.0006	106.5146	8.6133	-1.7	(4)	0.8	-1.84	0.81
KOZ				2.9860	-1	(183)	13	-0.13	0.59
	138.4805	245.3952	106.5147	2.9850	-1.0	(2)	0.5	-1.00	0.91
NYU				5.9930	29	(129)	10	5.42	0.48
	138.5007	245.4224	106.5217	5.9927	-0.3	(3)	0.7	-0.36	0.87
SZFV				14.9800	-11	(82)	8	-4.82	0.21
	250.1902	357.1039	106.5137	14.9806	0.6	(5)	1.1	0.74	0.64
sk = 106.5148									

Álláspont száma : KOZ			Jele :						
Ir.pont Jelölés	Irányérték	Iránysszög	Táj.szög	Távolság Mért Szám.	Jav. Hhat. Távolság [mm]	mU Irány [mp]	Stat.	f	
KEL	339.1447	65.3952	86.2505	2.9860	-31	{ 183 }	14	-3.95	0.50
				2.9850	-1.0	{ 2 }	0.5	-1.00	0.91
NYU	159.1953	245.4455	86.2502	3.0070	-33	{ 182 }	17	-5.36	0.32
				3.0076	0.6	{ 2 }	0.6	0.66	0.89
SZFV	280.3257	6.5844	86.2547	16.3140	12	{ 78 }	8	6.54	0.15
				16.3134	-0.6	{ 5 }	1.1	-0.78	0.65
sk =			86.2535						

2.

Álláspont száma : NYU			Jele :					
Ir.pont Jelölés	Irányérték	Irányszög	Táj.szög	Távolság Mért Szám.	Jav. Hhat. Irány [mp] Távolság [mm]	mU	Stat.	f
KEL	34.5232	65.4224	30.4952	5.9930	-4 (129)	12	-1.00	0.27
				5.9927	-0.3 (3)	0.7	-0.36	0.87
KOZ	34.5451	65.4455	30.5004	3.0070	8 (182)	14	1.00	0.54
				3.0076	0.6 (2)	0.6	0.66	0.89
zk =			30.4956					