

Nyugat-magyarországi Egyetem
Geoinformatikai Kar

A földtömeg-mérés és -számítás módszereinek bemutatása egy kavicsbánya példáján

SZAKDOLGOZAT

Konzulens:

Dr. Busics György egyetemi docens
Tóth Károly földmérőmérnök

Készítette:

Földvári Sándor
Nappali tagozat
Földmérő és Földrendező
Mérnök Bsc Szak
Geoinformatikai szakirány

Székesfehérvár

2012

Szakdolgozati feladat kiírás

NYILATKOZAT

Alulírott **Földvári Sándor** (neptun kód: XXXXXXXXXX) jelen nyilatkozat aláírásával kijelentem, hogy a

A földtömeg mérés és –számítás módszereinek bemutatása egy kavicsbánya példáján
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, 2012. november 26.

.....

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, ha csak ez lehetetlennek nem bizonyul.

Tartalomjegyzék

Szakdolgozati feladat kiírás	2
NYILATKOZAT	3
1. Bevezetés	6
2. Bányaméréshez kapcsolódó szervezetek, elemek	7
2.1 Bányakapitányságok	7
2.2 Hites bányamérők	7
2.3 Bányatérkép	8
3. Kavicsbányák	9
3.1 A kavicsbányászat története és technológiája a kezdetektől	9
3.2 Kavicsbányák környezeti hatásai	12
3.2.1 Bányászati műveletek környezeti hatásai	12
3.2.2 Felszíni és talajvizek védelme a bányászat káros hatásaitól	13
3.3 Bányatavak kialakítása, megszüntetése	14
3.4 Tájrendezés, rekultiváció	17
4. Felmérési technológiák ismertetése	18
4.1 Hagyományos geodéziai módszerek	19
4.1.1 Alappont hálózat meghatározás	20
4.1.2 Részletpont meghatározás	23
4.2 Műholdas helymeghatározás	25
4.2.1 Statikus módszer	26
4.2.2 Kinematikus módszer	27
4.2.3 Magyarországi aktív GNSS hálózat (GNSSnet.hu)	29
4.2.4 GPS magasságmérés alkalmazási problémái	31
5. Bányamérés a gyakorlatban	33
5.1 Munkaterület bemutatása	33
5.2 Alkalmazott műszerek	36
5.3 Alapponthálózat meghatározása	37
5.3.1 Mérőállomással	38
5.3.2 Kinematikus méréssel	39
5.4 Részletpontok meghatározása (depó-mérés a gyakorlatban)	40
5.4.1 Mérőállomással	42

5.4.2 GPS méréssel (folyamatos kinematikus)	43
6. Kiértékelések, feldolgozások	46
6.1 Mérőállomás (GeoCalc)	46
6.2 GPS mérések feldolgozása (Leica Geo Office)	48
6.2.1 Saját bázis	48
6.2.2 Virtuális RINEX	49
6.3 Ellenőrző hossz-szelvény (Ellenőrző-vonal)	51
6.3.1 Ellenőrző-vonal mérése és számítása	51
6.3.2 Ellenőrző-vonal eredményei	52
6.3.3 Antenna magasság meghatározás	54
7. Földtömegszámító szoftverek bemutatása, alkalmazása	55
7.1 ITR5	55
7.2 AutoCAD szoftverek	58
7.2.1 Civil 3D	59
7.2.2 Land Desktop	61
8. Összehasonlítások, eredmények	63
8.1 Mérési módszerek összehasonlítása	63
8.2 Számítási módszerek összehasonlítása	65
9. Összegzés, köszönetnyilvánítás	67
10. Irodalomjegyzék	68
11. Mellékletek	71

1. Bevezetés

A felsőoktatásban eltöltött évek során rengeteg mindent tanultam, de talán az egyik legfontosabb az, hogy a kezeink közül kiadott munka minősége mindig tükrözze szakértelmünket, precizitásunkat. Dolgozatom készítése során arra törekedtem, hogy minden oldalon visszaköszönjön az a minőség, amelyet az évek során gyakorlatról gyakorlatra megköveteltek tőlünk. Célom az volt, hogy a következő oldalakon bizonyítsam szakértelmemet és szakmaszeretetemet.

Témaválasztásom során arra törekedtem, hogy valami újat, mindenki számára érdekeset és érthetőt válasszak. Lakhelyem külterületén számos homok- és kavicsbánya található, így a döntés kézenfekvő volt. A földtömeg-mérés és -számítás végrehajtását nem tartalmazza az általános tananyag, ezért saját magamnak kellett utána járnom, kitapasztalnom, megtanulnom. Dolgozatomnak fő irányvonala az összehasonlítás és a legkedvezőbb módszer megtalálása volt. Témaválasztásom lehetőséget adott arra, hogy két konzulens segítségét is kérjem az elkészítés során. A depó-mérés gyakorlati és elméleti részénél Tóth Károly földmérőmérnök, míg a teljes geodéziát átölelő minőségi, esztétikai és elméleti témáknál dr. Busics György segítségére számíthattam.

A szakdolgozat második és harmadik fejezetében a termelés felügyeletével kapcsolatos szervezetekkel, a bányászat általános bemutatásával, illetve annak környezeti hatásaival foglalkoztam. Itt részletesen kitértem a bányatavak védelmének fontosságára. A negyedik fejezetben a konkrét feladathoz alkalmazható régebbi és mai felmérési technológiákat ismertetem. Ezt követően a terepi munka bemutatása történik, külön kitérve a különböző módszerekre és a bányatelek bemutatására. A hatodik fejezetben a feldolgozási és kiértékelési módszerek ismertetése történik a saját munkám példáján. A hetedik szekcióban mutatom be a technológiában kulcsszerepet játszó földtömeg-számító szoftvereket, azok működését, használatuk lépéseit. A nyolcas számmal jelölt rész tartalmazza az összehasonlításokat, eredményeket és az ezek alapján levonható konklúziókat.

Az utolsó két fejezetben az irodalomjegyzék, az ábrák és a táblázatok forrásai, valamint a mellékletek listája található.

2. Bányaméréshez kapcsolódó szervezetek, elemek

2.1 Bányakapitányságok

Az ország területét 5 régióra bontották, élükön a bányakapitányságokkal. Feladatuk a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal (MBFH) hatáskörébe tartozó munkák kezelése, szakmai feladatok irányítása. A területi bányakapitányságok élén a bányakapitány áll, aki egyszemélyes felelősként irányítja a kapitányság tevékenységeit, irányítja a helyettes bányakapitányt és osztályvezetőket, illetve kapcsolatot tart a különböző közigazgatási szervekkel. Helyettes bányakapitány távollét esetén ellátja a bányakapitányi feladatokat, illetve osztályvezetőként felelős a munkatársak feladatainak szakmailag helyes, előírászerű és határidőben való teljesítéséért. Négy fő szervezeti egységből épül fel. A bányakapitányság feladata a területileg hozzá tartozó tevékenységek műszaki, építésfelügyeleti, munkavédelmi és egyéb előírások betartatásának ellenőrzése. Közvetlen veszélyt okozó munkálatok esetén megtiltja a munka folytatását vagy korlátozza azt. Bányajáradék bevételek szakmai-műszaki tartalmi helyességét vizsgálja, szakvélemények kiadása és felülvizsgálata is feladata.

2.2 Hites bányamérők

A hites bányamérő végzi a bányatérképek hitelesítését, ezt a feladatot csak ők láthatják el. Felügyeli a bányamérést, bányaműveletekkel és a bányászati tevékenységet követő tájrendezéssel kapcsolatos mérési feladatokat is ellátja. Az elkészült bányatérképek egy példányát a műszaki üzemterv mellékleteként a bányakapitányságnak át kell adni. A bányatérkép tartalmára és méreteire vonatkozó előírásokat, illetve a bányamérő feladatait a *12/2010. (III.4.) KHEM rendelet* határozza meg. Hites bányamérő az lehet aki megfelelő felsőfokú képzettséggel rendelkezik (földmérő-, földrendező-, bánya- és geotechnikai mérnök), legalább négy éves bányamérési gyakorlattal (ebből két év önálló munka irányítás) és az azt igazoló közokirattal rendelkezik. Az MBFH nyilvántartást vezet azon személyekről, akik ezen képzettséggel rendelkeznek.

2.3 Bányatérkép

Bányatérképen ábrázolni kell a külszíni alakzatokat, műtárgyakat, bányászattal kapcsolatos építményeket, bányaműveleteket, valamint az összes határvonalat, mindezt az erre vonatkozó szabványos és egységes térképi jelekkel. A bányatérkép készítésére vonatkozó 133/2008. (V.14) Korm. rendelet alapján a térkép készítése során az állami földmérési és térképészeti adatokat is köteles használni. Amennyiben a térkép nem felel meg az előírásoknak a felügyelet kötelezheti a tulajdonost javításra és az esetleges ellenőrző mérések elvégzésére. A bányatérképnek a területileg aktuális országos koordináta-rendszerrel kell megegyeznie, ha az eltér az EOV-tól akkor a keretjeleket fel kell tüntetni, hogy abból szerkeszthető legyen az országos rendszer tengelyvonalai. A rajzon méret és alakhelyesen kell feltüntetni minden térképi elemet. A bányatérképet csak hites bányamérő aláírásával lehet a bányakapitányság felé leadni.



2.1 ábra – Bányatérkép részlet (XVII. számú Homok, Kavics Bányatelek Kiskunlacháza)

3. Kavicsbányák

3.1 A kavicsbányászat története és technológiája a kezdetektől

Az 19. század közepétől kezdett teret hódítani az építőiparban a téglá, vas és a beton. Az egyre növekvő igény miatt kialakultak az első külszíni kavicsbányák és végeztek folyami mederkothásokat, főként a Duna vonalán. Délegyházán és környékén 1920-ban kezdődött meg a bányászat. Kezdetekben a termelés kis teljesítményű kothógépekkel, de javarészt kézi munkával, talicskával (kubikolással) történt. A talajvíz szintjét csupán néhány méterrel tudták meghaladni lefelé. A kézimunkával végzett termelés esetén egy ember naponta legfeljebb 20m^3 tudott kitermelni.

A II. világháborút követő újjáépítési időszakban megnőtt az igény a kavicstermelés iránt, 1948-1950 között a bányákat államosították. 1952-ben már évi 2 millió m^3 -t is meghaladta a kitermelt mennyiség, amelyet maximálisan 5-6 méteres kothási mélységgel rendelkező gépekkel értek el. A következő évtizedben a korszerűsítés eredményeképpen a már kitermelt bányatavakat is újra termelés alá vonták, hiszen a kitermelési mélység nőtt. A bányászatban megjelentek az úszó kothójók, az anyagszállítás pedig szállítószalag segítségével végezték, a megfelelő anyagminőség és a felhasználói igények kielégítése érdekében osztályozó műveket építettek. A korszerűsítések hozzá járultak ahhoz, hogy a 70-as évek végére az évi kitermelés elérte a 19 millió m^3 -t. A rendszerváltást követően megtörtént a kavicsbányák privatizációja, az új tulajdonosok a bányákba egyre korszerűbb eszközöket telepítettek, amelyekkel



gazdaságosabbá tették a kitermelést. A 90-es években épülő autópályák jelentették a legjelentősebb felvásárló piacot.

A kavicstermelés két féleképpen történhet, egyrészt a folyami medrek kotrásából, illetve az évezredekkel korábban kiöntött folyók kavicsterasain és hordalékkúpjain külszíni fejtéssel. Napjainkra a folyami kavicskotrás egyre kisebb százalékát képviseli a teljes termelésnek. A bányászat kotróhajókkal történik, a szállítást uszályokkal vagy szállítószalag segítségével oldják meg közvetlenül a partra, majd onnan teherautókkal, vasúttal a célállomásig.

A 3.1-es táblázatban összefoglalva szerepelnek a szóba jöhető eszközök:

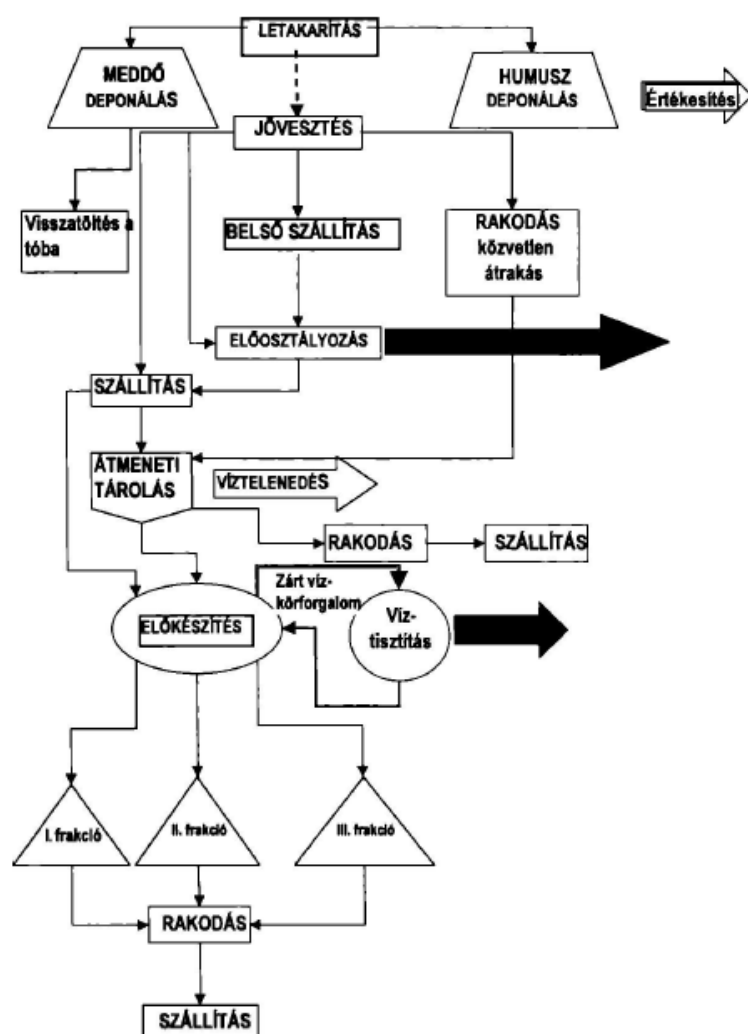
3.1 táblázat – Termelési módszerek és gépek [Bóhm J. - Buócz Z. - Csőke B.: A kavicsbányászat környezeti hatásai]

A termelés módja		Gépek üzemmódja	Alkalmazható géptípusok	
Száraz termelés		szakaszos	tolólapos kotró	
			homlokrakodó	
			hidraulikus működtetésű kotrók	
			kanalas kotró	
			vonóköteles kotró	
			földnyeső	
			kábelkotró	
		markoló kotró	folyamatos	merítéklétrás
		marótárcsás		
		hidraulikus kotrók		
		hidromonitor		
Víznyó alóli termelés	partról	szakaszos	vonóköteles kotró	
			kábelkotró	
			markolókotró	
	úszó berendezéssel	folyamatos	merítéklétrás kotró	
		szakaszos	úszó markoló kotró	
		folyamatos	merítéklétrás kotró	
			hidraulikus kotró	
	pneumatikus kotró			



3.2 ábra – Kotrógép és szállítószalag

A külszíni termelés során néhány méteres mélységben előtör a talajvíz, amely a kavicsrétegek víztároló tulajdonsága, illetve a magas talajvízszint miatt fordul elő. Száraz művelés során általában hagyományos rakodó, kotró és földnyeső gépeket használnak, ezekkel az eszközökkel egészen a víz előtöréséig tudnak kitermelni. A talajvíz megjelenését követően beszélhetünk víznívó alóli termelésről, amely azt jelenti, hogy kezdetben a partról történik a mélyítés, majd pedig a maximális mélységet elérve az úszó kotrókkal folytatják a termelést. Ezekkel a módszerekkel az elért medermélység elérheti az 50 métert is. Szállítás a bányaterületen belül történhet szállítószalagok, illetve rakodógépek, teherautók, vagonok segítségével. A bányából a felhasználási területig a leggyakoribb szállítási módszer a tehergépkocsi szállítás, amely mintegy 24m³ árut is képes megmozgatni.



3.3 ábra - Kavicsbányászat technológiai vázlata [Bóhm J. - Buócz Z. - Csőke B.: A kavicsbányászat környezeti hatásai]

3.2 Kavicsbányák környezeti hatásai

Kavicsbányák kialakulása viszonylag gyors folyamat, néhány év alatt megtörténik, a kitermelés és a munkák végeztével hátra maradnak a bányatavak. Sajnos a gyakorlat azt mutatja, hogy a munka végeztével rendezetlen környezetet hagynak maguk után a bányatulajdonosok. Az évek során a tavakban kialakult élővilág is védelemre szorul, amely kizárja az újra termelés lehetőségét (szigetek, zátonyok kitermelése). A hasznosítási formák közül a legelterjedtebb a horgásztavak létesítése.

3.2.1 Bányászati műveletek környezeti hatásai

A kavicsbányákban történő ásványanyag kitermelés a földtani rétegeket érinti, amely megszakítja azok szerkezeti felépítését. Emellett a kitermelni kívánt területeket a mezőgazdaságban használt földrészekből szakítják ki, amelyek nagysága már a több tízezer hektárt is eléri. Megoldást jelent a bányák keletkezésének visszaszorítására a mederkotrás mélységének szabályozása, ugyanis régebben gyakran előfordult, hogy a mélyebben fekvő rétegeket már nem kotorták, csak a felső, könnyen elérhető részt termelték le. Nyugat – Európában és hazánkban is bevezették a bányák utólagos újrakotrását, vagyis hogy a legalsó rétegig történjen a kitermelés.



3.4 ábra - Bányató és környezete

A termelés megkezdése előtt közvetlenül történik a legfelső termőréteg (humusz) „letakarítása” és külön depóban történő tárolása vagy értékesítése. A termelés végeztével a visszamaradó tóba magas szervesanyag tartalma miatt visszatölteni nem szabad, annak hasznosításáról tervet kell készíteni a kitermelés megkezdése előtt. A terv előírja, hogy a mennyiség nagy részét a bányaterületen kell felhasználni tájrendezésre, illetve a fennmaradó részt értékesíteni. A kitermeléskor keletkező meddő talajt, amelynek nagy része alkalmatlan bármilyen hasznosításra szintén depókban kell tárolni. A meddő talaj használható bányató feltöltésre is abban az esetben, ha az nem tartalmaz szerves anyagot, illetve, ha a visszatöltéssel nem akadályozzuk a természetes vízáramlást.

A bányatelken belül, a telekhatár mentén egy 5-50 méter közötti széles védősávot kell kialakítani annak érdekében, hogy a depók és prizmák semmilyen körülmények között ne akadályozzák a szomszédos földrészletek művelését. Ebből az elgondolásból a depók rézsűjének dőlésszögét is maximalizálták 20-23°-ban. Minimális, de nem szabad megfelelkezni arról a környezeti hatásról, amely a bánya területén lévő járművek - legyen az rakodó vagy szállító – szerelése, tankolása, működése közben elcsöpögő kenőolajok és üzemanyagok okoznak. Szintén csekély, de jelen lévő hatás a por- és zajszennyezés. A fedő rétegek jövesztése, rakodása során keletkező, illetve később a szállítmányozás során felkavart por nagyobb szél esetén komoly problémát jelenthet egy közelben található közútnak. Egy szelesebb napon a bánya területén komoly homokfúvások jönnek létre, ez ellen a földutak locsolásával lehet védekezni.

Összegzésül egy bánya kialakulása során szárazföldi élőhelyet, termőföldet vonunk ki a természetből, termelésből, de cserébe a munkálatok előre haladtával egy vízi élővilág alakul ki, az igen jó vízminőségű bányatóban. A halállomány általában telepítés során létesül.

3.2.2 A felszíni- és a talajvizek védelme a bányászat káros hatásaitól

A bányatavak vízminőségének védelme fontos, hiszen a talajvízzel közvetlen kapcsolatban van, amely ivóvízbázisunk része. Fontos, hogy a tavak a földalatti vízkészletek minőségét ne befolyásolják, ne rontsák azt. Ezért van szükség a bányatavak környezetvédelmére.

A föld alatt a kavicsrétegekben a vizek változó sebességgel áramlanak, ez a folyamat csak ebben a rétegben zajlik ilyen intenzitással. A fedőrétegek (humusz, meddő)

vízzáró réteggként is szolgálnak. A talajvíz áramlása nem szakad meg akkor sem, ha ott bányató keletkezik, az eredeti áramlási iránynak megfelelően belép a talajvíz a tóba, majd pedig kilép újra a talajvízbe. Ennek a folytonosságnak a megőrzése érdekében a bányagödröket úgy kell kialakítani, hogy azok hosszanti mérete merőleges legyen az áramlás irányára, ezzel segítve a minél gyorsabb átáramlást. A bányatavak feltöltése során figyelni kell arra, hogy ezeket a belépési és kilépési helyeket ne zárjuk el vagy ha mégis, akkor ahhoz szintén valamilyen nagyobb átmérőjű kavicsot, durva szemcseméretű anyagot használjunk. A tóban a víz így cserélődik folyamatosan, ennek eredménye, hogy minidig olyan tiszták. A kitermeléshez használt kotróhajók, gépek lehetőleg villamos meghajtásúak legyenek, ezzel is minimalizálva a víz szennyezését. Meg kell akadályozni, hogy a bányatóba közvetlenül felszíni vizek folyjanak be, mely a víz minőségét rontó hatású lehet és eliszaposodást is okozhat.



3.5 ábra - Kotrógép

3.3 Bányatavak kialakítása, megszüntetése

Amennyiben a bányaművelés megkezdésekor ismert a későbbi hasznosítás, akkor a bányató kialakításakor ezt figyelembe lehet, kell venni. A kitermelés során szögletes partvonal, formák alakulnak ki, a természetesebbnek ható ívelt kialakításra kell törekedni, ezt akár utólagos feltöltéssel is el lehet érni. A szögletes forma azért sem előnyös, mivel a természet formáló, romboló hatása ezeket a hegyes szögeket az évek során fokozatosan lepusztítja. A bányató kialakítása során nagy figyelmet kell fordítani a parti rézsűk kialakítására, a biztonságos kitermeléshez a 18° - 34° -os rézsűk megfelelőek. Stabil partvonal esetén a 11° -os, míg kavicsos, lejtősebb meder kialakításhoz az 5 - 6° -os rézsű szükséges. Természetesen az ilyen lapos partvonal kialakítása költséges feladat, ezt általában a későbbi hasznosítást végző személy, cég kéne, hogy finanszírozza, de ez nem

minden esetben valósul meg. Ezért van az, hogy a bányák többségében nincs engedélyezve a fürdőzés legálisan, mert túl mélyek és ezáltal veszélyesek. A rézsűfelületeken a természet rehabilitációja érdekében minél hamarabb meg kell kezdeni a partvonal növényzettel történő betelepítését. Első lépésben a leggyorsabb és legegyszerűbb lépés fűmag elszórása, majd később bokrok, fák ültetése. Ezek hozzájárulnak a talaj jobb megkötő képességének kialakításához, illetve a tájkép javításához. A nagyobb területű bányatavak esetében célszerű kisebb szigetek, félszigetek kialakítása, amellyel a nagyobb hullámzást tudjuk mérsékelni, amely akár a kotró hajók munkáját is akadályozhatja. Korábban említettem, hogy kötelező kialakítani 5-50 méteres védősávot, amellyel a bányatelek határvonalát védjük. Németországban akkora védősávot kell kialakítani amilyen mély a bánya, 20 métert meghaladó mélység esetén nagy szemcsenagyságú anyaggal a bányát feltöltik legalább 20 méter mélységig, valamint a partvonal 30% lehet csak alkalmas fürdőzésre és ott is a fürdőzők száma nem haladhatja meg az 500fő/ha értéket. Ezekre az intézkedésekre azért van szükség, hogy csökkentsék az eutrofizálódás veszélyét, vagyis a planktonok, hínárfélék, mocsári növények és az eliszaposodás kialakulását. A nád, gyékény telepek kialakulásának érdekében a partvonallal párhuzamosan, 2-3 méter szélesen, közepes vízálláshoz képest fél méterrel mélyebb sávot kell kialakítani, ahol ezek a növények könnyebben meg tudnak telepedni.

Szakdolgozatom ezen részében szeretném felhívni a figyelmet a bányatavak környezetvédelmére. A tavakat kialakító cégek előírásokhoz, jogszabályokhoz vannak kötve, amelyek figyelmen kívül hagyása esetén pénzbüntetést kapnak, így számukra a szabályok betartása előnyös. Ezzel szemben a lakosság egy része elítélendő módon szeméttelnek nézi a bányatavakat és azokba illegálisan nem oda való anyagokat öntenek. Komoly probléma a szennyvizet szállító autók tartalmának tavakba történő ürítése is. A túlzott haltelepítés és etetés is problémát jelenthet, mivel megnő a víz szerves anyag tartalma így az eutrofizálódás folyamata is gyorsul. A bányaterület mentén lévő védősáv a szomszédos területeken folyó mezőgazdasági művelés során használt vegyszerektől, műtrágyától is megóvjá a tavat. Szintén veszélyforrás a benzinmotoros vízi járművek használata mind környezeti, mind baleseti szempontból. A part mentén húzódó 1 méteres védősáncsal az egyéb felszíni vizek befolyását akadályozhatjuk meg. A bányatavak védelme azért nagyon fontos, mert az ivóvízkészlet minőségét befolyásolhatjuk, amennyiben egy bányatavat szennyezzünk. Komoly problémát vet fel ez

a téma, hiszen csak Pest megyében közel 2000ha nagyságú terület nyílt vízfelület, amely folyamatosan párologtatja a talajvizet és ezzel együtt az ivóvízkészletünket.

Amennyiben már a bánya kezdeti szakaszában ismertek a távlati hasznosítási célok, abban az esetben célszerű úgy kialakítani a meder, depók, osztályozók helyét, hogy azok módosítása ne járjon többletköltséggel a kitermelés végeztével.

A bányatavak feltöltése nem minden esetben a legmegfelelőbb megoldás, mint arról már korábbi fejezetben (3.2.2) írtam a felszín alatti talajvíz áramlását (0.05m/s) nem szabad gátolni. Amennyiben mindenféle törmelékes, meddő talajokkal történik a rekultiváció, abban az esetben az ivóvízkészlet vízminősége kerülhet veszélybe. Nem elhanyagolható tényező maga a költség, amivel egy bányató feltöltése jár, a kitermelt több millió m³ helyébe hozatni kell messzebből talajt. Ha mégis valamilyen okból kifolyólag a visszatöltés mellett döntenek, akkor durva szemcséjű anyagot kell a talajvíz szintjéig tölteni, majd meddő és legfelülre pedig humusz réteg kerüljön. A tavak teljes feltöltése nagyon ritka esetben történik meg. [Böhm J. - Buócz Z. - Csőke B.(1999): A kavicsbányászat környezeti hatásai]



3.6 ábra - Kiskunlacháza és környéki bányatavak

3.4 Tájrendezés, rekultiváció

Minden bányá alakulása során fontos a kezdeti szakaszban elkészíteni a későbbi tájrendezési, hasznosítási terveket. Sokkal gazdaságosabb menet közben a depók és rézsűk helyzetét, dőlésszögét úgy alakítani, hogy az megfelelő legyen, mint utólag a különböző hasznosítási formákat elképzelő tulajdonosok igényeinek eleget tenni. A korábbi fejezetben (3.3) leírtaknak megfelelően tudunk szigetek, félszigetek, nádtelepítésre alkalmas felületek létesítésével segíteni a színebb élővilág és az esztétikusabb megjelenés elérését. Végezetül levonva a konklúziót, amennyiben tudatos bányaművelés és környezetirányítási rendszert, terveket alkalmazunk, akkor a természetben keletkezett károkat minimalizálhatjuk, illetve új élőhelyek hozhatunk létre.



3.7 ábra - Rekultivált, horgászati célra hasznosított bányató

4. Felmérési technológiák ismertetése

Már az ősidőktől kezdve foglalkoztatta elődeinket a saját környezetük megismerése, megértése. Ebben a folyamatban komoly szerepet kapott a hely, környezetük megismerése. Ehhez valahogyan tájékozódniuk kellett, ezt bizonyos tereptárgyakhoz képest szemrevételezés útján oldották meg. Feljegyzéseiket, kezdeti térképeiket minden népcsoport más-más természetes anyagba archiválta. A korai tudományok kialakulásával egy időben rádőbbsentek arra a tényre, hogy a helymeghatározáshoz metrikus adatok mérésére és ismeretére van szükségük. Számszerű adatokkal kellett jellemezni a tárgyak közötti távolságot, bizonyos dologtól mért irányokat, hisz így biztosítható volt az, hogy a tájékozódás bárki számára ugyan arra az eredményre vezessen.

Létre jöttek a mértékegységek, különböző kezdeti irány- és távmérő műszerek. A helymeghatározáshoz már csak egy dologra van szükség, az pedig maga a vonatkoztatási rendszer, amelyhez képest határozzuk meg a helyzetünket, illetve számszerűsítjük azt. Egy ilyen rendszer egy térbeli derékszögű koordinátarendszernek felel meg, amelynek középpontja a Föld tömegközéppontjába tehető. Ezek meghatározása bonyolult fizikai folyamat. Ahhoz, hogy a gyakorlatban meg tudjuk határozni a helyzetünket szükségünk van olyan pontokra, amelyek koordinátái ismertek az adott vonatkoztatási rendszerben. Ezeket a pontokat alappontoknak nevezzük, ezen pontokra támaszkodik az egész helymeghatározás, földmérés (geodézia).

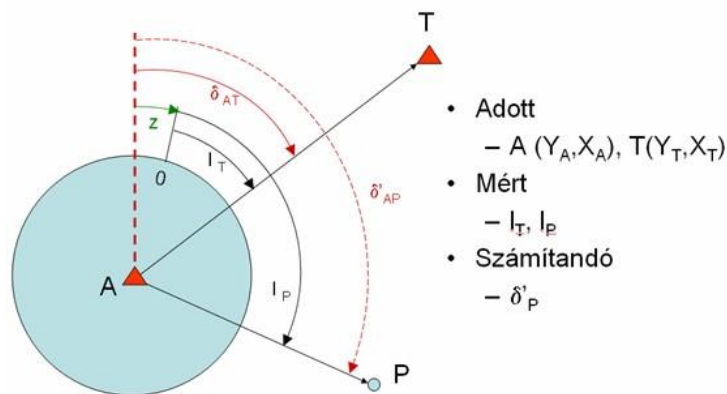
A geodézia a Föld felületének és létesítményeinek meghatározásával és ábrázolásával foglalkozó tudomány. Feladata kettős: egyrészt a Föld alakjának és méreteinek a meghatározása, másrészt a Föld felszínén és a felszín alatt található természetes és mesterséges alakzatok geometriai adatainak megállapítása és ezek alapján az alakzatok ábrázolása.[Csepregi, Gyenes, Tarsoly – Geodézia I.]

A fejezet további alrészeiben a helymeghatározás azon módszereivel foglalkozok, amellyel a szakdolgozatom alapjául szolgáló mérést elvégeztem, illetve amelyekből azok kifejlődtek, ezek pontosabban: földi- (hagyományos geodézia) és műholdas helymeghatározás (GPS=Global Positioning System, magyarul globális helymeghatározó rendszer).

4.1 Hagományos geodéziai módszerek

Ebben a fejezetben a néhány földi geodézia módszerrel ismerkedünk meg. A legfontosabb tudnivaló, hogy ezen módszerek esetén a pontok koordinátáinak meghatározásához távolságokat, vízszintes és magassági szögeket mérünk. Az adatok meghatározásához különböző mérőműszereket használunk, amelyek az évtizedek során sokat fejlődtek, modernizálódtak. Távolságok méréséhez mérőszalagot vagy távmérő berendezést használhatunk. Szögek meghatározásához szögmérő műszert alkalmazunk, amelyet teodolitnak nevezünk. A mai modern műszerekben ezen egységeket egy berendezésben egyesítik, amelyet mérőállomásnak nevezünk. A modern kor teodolitjai lehetővé teszik, hogy a mérési eredményeket digitális formában eltároljuk. Nagy előnye a mérőállomásoknak, hogy a felhasználót segítve a beépített különböző mérési programok segítségével könnyebbé és gyorsabbá teszik a terepi munkát. Ilyen beépített funkció például: szabad álláspont, kitűzés, poláris pontszámítás, sokszögvonal számítás. Magasságok meghatározására szintező műszert és a hozzá tartozó szintező léceket használunk.

A gyakorlatban a legtöbbet alkalmazott módszer a poláris mérés, valamint a szabad álláspont alkalmazása. A geodéziában, mint már írtam valamihez viszonyítva adjuk meg az objektumok helyzetét, ezért az első lépés, hogy kalibráljuk saját pozíciónkat. Gyakorlatban ezt tájékozásnak nevezzük, amely során ismert koordinátájú pontról ismert koordinátájú pontra (pontokra) végzünk tájékozó iránymérést. Mérésünk célja, hogy a limbuszkört tájékozzuk, vagyis meghatározzuk a limbuszkör nulla vonásának és a $+x$ tengely által bezárt szöget (irányszöget). Ezt követően elvégezhetjük az iránysorozat mérését a bemérendő részletpontokra.

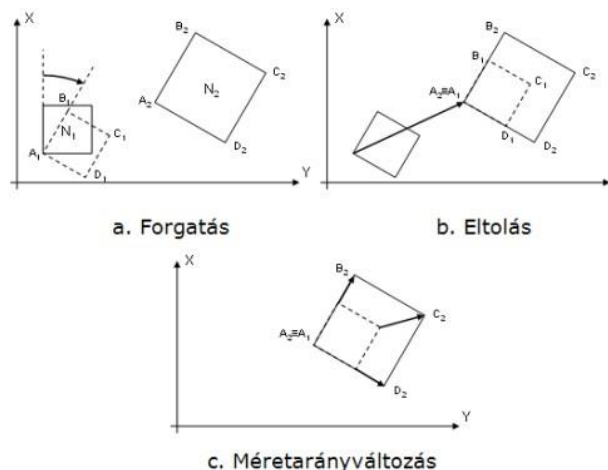


4.1 ábra - Tájékozás

4.1.1 Alapponthálózat meghatározás

Ahhoz, hogy egy pont vagy pontok koordinátáit meg tudjuk határozni szükségünk van alappontokra, illetve alapponthálózatokra, amelyek koordinátái az adott rendszerben ismertek. Magyarországon 1975 óta a földmérési térképek vetületi rendszere az EOVS, vagyis az Egységes Országos Vetület. Abban az esetben, ha országos hálózathoz csatlakozunk, akkor EOVS koordinátákról beszélünk. Létre hozhatunk olyan alappontokból álló rendszert, amelyek koordinátáit és ezzel magát a koordináta rendszert is önkényesen mi határozzuk meg, alkalmazkodva az adott munka terepi körülményeihez. Ezeket helyi vagy önálló alappont hálózatoknak nevezzük. Lehetőség van arra is, hogy ezeket a pontokat átszámítsuk, transzformáljuk EOVS rendszerbe, ezt pontosabban koordináta transzformációnak nevezzük. A művelet végrehajtásához ismernünk kell a két különböző vonatkoztatási rendszer közötti kapcsolatot, kapcsolat típusát leíró adatokat transzformációs paramétereknek nevezzük. A koordináta transzformációkat kapcsolat típusa és a helymeghatározó adatok dimenziója alapján osztályozzuk. Kapcsolat típusa a transzformációt leíró matematikai-geometriai modellel adható meg, ezek alapján többek között beszélhetünk egybevágósági, hasonlósági és affin transzformációkról. A helymeghatározó adatok dimenziója szerint megkülönböztetünk két- és háromdimenziós, vagyis síkbeli és térbeli transzformációkat. Transzformációs paraméterekkel a két vonatkoztatási-, vagyis koordináta rendszer közötti kapcsolatot adjuk meg, ezek általában a következők:

- koordinátatengely irányú eltolások (y, x)
- méretaránytényező (k)
- forgatási szög
- szögtorzulás.



4.2 ábra - Síkbeli hasonlósági transzformáció

Ahhoz, hogy helyi rendszerből EOY-ba történjen átszámítás szükségünk van olyan pontokra, amelyek koordinátái mindkét rendszerben ismertek, ezeket a pontokat közös pontoknak nevezzük. A transzformációs paraméterek számításához több mint két ilyen közös pontra van szükség, de ez függ a kapcsolat típusától. Önálló hálózatokat a számítások és mérések egyszerűsítésére és gyorsítása céljából alkalmazunk. Önkényesen választjuk meg az y és x tengelyeket úgy, hogy a koordináta rendszer praktikus legyen az adott munkaterületen, ügyeljünk arra, hogy ismert EOY koordinátájú pontnak is meghatározzuk a helyi koordinátáját. Miután végeztünk az adott munkával utolsó lépésben a közös pontok alapján elvégezzük a transzformációt a teljes munkaterületre vonatkozóan, így kapunk végül országos rendszerbeli koordinátákat.

A vonatkoztatási rendszerek alappontjait, hogy azok mozdulatlanságát és tartós fennmaradását biztosítsák különböző módon állandósítják. A pontjelölések attól függően, hogy önálló vagy országos hálózatról, illetve vízszintes és magassági alappontról van-e szó változnak. Országos alapponthálózat esetén az állandósítás legtöbbször vasbetonlapos védművel ellátott kővel történt, amelynél a valós pont a föld alatt található, ezzel is biztosítva azt, hogy ne lehessen megrongálni, elmozdítani azt. Sokféle pontjelölési módszert különböztetünk meg, amelyek függnek a rendűségtől is, néhányat említve: vasbeton mérőtornyok, kövek keresztvéséssel, fém rudak, betonszegek (hilti), csapok, templomtornyok. A helyi hálózatok esetén a pontok megjelölésére olyan eszközt kell választani, amely az adott munkához a legmegfelelőbb. Itt általában nem létesítünk földalatti jeleket, illetve komoly védművel ellátott pontjelöléseket. Munkaterület adottságaitól függően a fakaróval, hilti szeggel, fóliával történő állandósítások, jelölések a leginkább alkalmazottak, elhelyezésük gyors, gazdaságos és a munka végeztével akár el is lehet távolítani őket.

A geodéziában minden az alappontokra, alappont hálózatokra épül, függetlenül attól, hogy országos- vagy helyi rendszerről beszélünk. Az országos alapponthálózatot négy fő hálózat alkotja: felsőrendű (I. és III. rendű hálózat), negyed- és ötöd rendű, illetve a felmérési hálózatok. A felsőrendű hálózatot földi- és csillagászati mérésekkel határozták meg. Földi eljárással az első- és harmadrendű alappont hálózat esetén, több tíz kilométeres oldalhosszúságú háromszögláncolatokat alakítottak ki, majd ezt sűrítve jött létre a negyedrendű hálózat, amely esetén már 1-2 kilométerenként alappont áll a rendelkezésünkre. A felsőrendű hálózatok felmérése során az irány- és hosszmeréses háromszögelés módszereit alkalmazták.

Alsóbb rendű hálózatok alappontjait:

- sokszögeléssel,
- keretpont-méréssel (előmetszéses pontmeghatározás),
- fotogrammetriai pontsűrítéssel (F pontok),
- GPS méréssel,
- irány- és távmérési hálózatok létesítésével határozták meg.

Napjainkban is alkalmazzuk az előbb felsorolt módszerek többségét amikor a felmérési hálózat alappontjait hozzuk létre. Az egyik legelterjedtebb módszer a sokszögelés, amely során tetszőleges számú pont relatív helyzetét kaphatjuk meg. A mérés során mérjük a pontok közötti vízszintes távolságot és azok egymással bezárt szögét. Amennyiben a pontokat vízszintes vetületben összekötjük és mérjük azok oldalainak (sokszögoldal) és az egymással bezárt szögeinek (törésszögek) a nagyságát, akkor számíthatóak a sokszögpontok koordinátái. Több féle vonalat különböztetünk meg, ha a kezdő és végpont azonos, akkor zárt-, ha különbözőek, akkor nyílt sokszögvonallal nevezzük. Ha ismert koordinátájú ponthoz csatlakozik, akkor csatlakozó, ha nem csatlakozik, akkor önálló sokszögvonallal. Egyszeresen csatlakozó a vonal, ha csak a kezdőpont ismert, kapcsolt abban az esetben, ha mindkét végpontja ismert. Egyszeresen tájékozott a sokszögvonallal, ha csak a kezdő ponton hajtjuk végre a tájékozást, kétszeresen tájékozott, ha a végponton is. Ezek alapján sokféle vonalvezetés kialakítható, ezzel is színesítve a méréseket, számításokat.

Következő módszer vagy inkább módszerek a különféle pontkapcsolások, amelyek geometriai feladatokra vezethetőek vissza (szinusz-, koszinusz-, Pitagorasz tétel). Ebben az esetben is ismert koordinátájú pontok felhasználásával, irány- és távmérések elvégzésével határozhatjuk meg az új pontjaink koordinátáit, amelyek a munka elvégzéséhez szükségesek. Egy ismeretlen pont koordinátájának a meghatározásához minimum két geometriai adatra van szükség, de ahhoz hogy kizárjuk a durva hibákat fölös mérések is kellenek. Attól függően, hogy a mérések során az adott vagy az ismeretlen pontról végezzük a mérést beszélhetünk külső irányról (adott ponttól az új pont felé) vagy belső irányról (új pontról az adott pont felé).

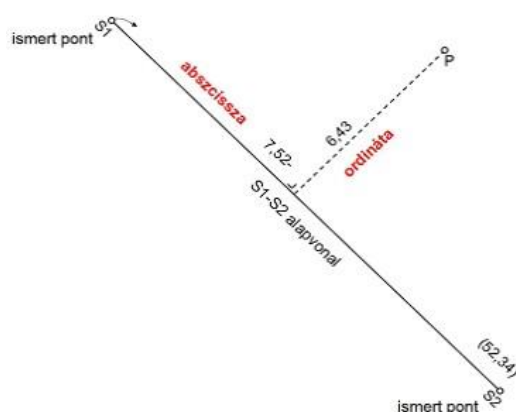
Pontkapcsolási módszerek:

- előmetszés: kettő ismert koordinátájú pontról történik az iránymérés az ismeretlen pontra és egymásra. Két változatát különböztetjük meg, egyik amikor az adott pontokra és új pontra mért irányokból számítjuk a szöget, ezt belsőszöges előmetszésnek nevezzük, másik amikor az adott pontokon elvégezzük a tájékozást és abból számítjuk az ismeretlen pontra a tájékozott irányértéket,
- oldalmetszés: egy adott ponton mérünk tájékozó irányokat, majd az új ponton irányt mérünk az adott pontra és egy másik ismert pontra,
- hátrametszés: az ismeretlen pontról végzünk iránymérést három adott pontra,
- ívmetszés: ennél a pontkapcsolási formánál csak távolságmérést végzünk két adott pont és az új pont között,
- ív-oldalmetszés: újabb formája a pontkapcsolásoknak, itt az új pontról végzünk méréseket két adott pontra. Egyik ismert pontra irányt és távolságot, a másikkra csak irányt mérünk. Ez a módszer a szabad álláspont (4.1.2 fejezet).

4.1.2 Részletpont meghatározás

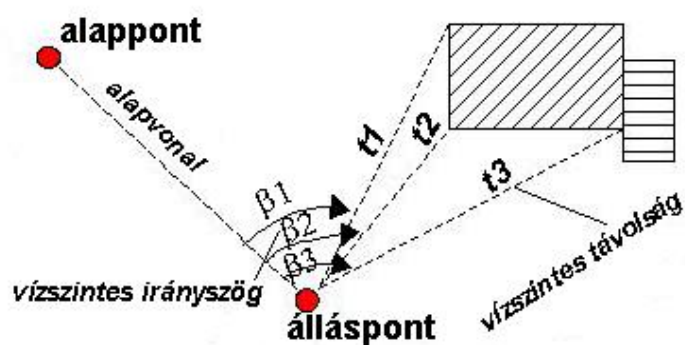
A részletpontok koordinátáinak meghatározására legtöbbször poláris méréssel történik, régebben a derékszögű koordinátamérés volt az elterjedt. Munkaterületen arra törekszünk, hogy az alappontok helyét úgy válasszuk meg, hogy azok összeláthatóak legyenek, illetve műszerállást létesítve rajtuk el tudjuk végezni az ismeretlen pontokra történő méréseket. Gyakran előfordul, hogy nem minden részletpontot tudunk adott pontokról bemérni, ekkor szabad álláspontot létesítünk, amelyet úgy kell megválasztanunk, hogy azokról legalább kettő darab adott pont látszódjon, illetve a bemérni kívánt terület pontjai.

Elsőként a derékszögű koordinátamérés módszerével foglalkozok, amely egy régebbi technika. A méréshez szükség volt mérőszalagokra, kitűző rudakra, illetve az azokat támasztó vasfiguránsokra, valamint derékszögű szögprizmára. A módszer lényege, hogy két ismert koordinátájú pont között mérési vonalat létesítettünk, amelyre a részletpontokat levetítettük és azok talppontjait megjelöltük. A mérési vonal és a mérendő ponttól a talppontig húzott képzeletbeli szakasz merőleges egymásra. Mérjük az ismert ponttól az ismeretlen pont talppontjáig a távolságot (abszcissza), majd a talppont és részletpont közötti távolságot (ordináta) is. Ezek alapján számíthatóak az ismeretlen pontok koordinátái.



4.3 ábra - Derékszögű koordinátamérés

A mérőállomások korában a leggyakrabban alkalmazott módszer a poláris mérés, amelyhez már minden újabb műszerben szoftveres program is segítséget nyújt. Ezen módszer alkalmazásával az ismeretlen pontra, pontokra távolságot és irányt rögzítünk. Az első lépés, hogy az ismert koordinátájú ponton felállítjuk a műszert és adott koordinátájú pontra elvégezzük a tájékozást. Majd az ismeretlen pontra menő irányértékek és a tájékozásból levezetett középtájékozási szög ismeretében számíthatóak a pontok tájékozott irányértékei. A részletpontok koordinátáinak a számításához már adottak a terepen mért távolságok és a számított szögek, ezek ismeretében már könnyen számolhatóak a koordináták. Régebben az adatrögzítés papírra történt, számításokat kézzel végezték el irodában vagy a terepen, manapság mindezt a mérőállomás végzi el,



4.4 ábra - Poláris mérés elve

így az irodában már a kész koordináta állományt kell csak kiolvasni a műszerből, ha az rendelkezik az ehhez szükséges modulokkal.

Már korábbi fejezetekben említettem a szabad álláspontot, önkényesen létesíthetünk bárhol műszerállást, ha rendelkezésre állnak meghatározó irányok (adott pontok). A mérőállomások többségében a módszer beépített funkcióként szerepel. A lényege, hogy olyan helyen tudunk műszerállást létesíteni, ami a részletmérés és kitűzés igényeit kielégíti. A szabad állás koordinátáinak számításához arra van szükség, hogy irány és távmérést tudjunk végrehajtani adott koordinátájú pontokra, ilyen meghatározás lehet a hátrametszés (három irány), ívmetszés (két távolság) és az ív-oldalmetszés (két irány és egy távolság). Az előbb felsorolt módszerek a minimális adatmennyiséget szolgáltatják a pont koordinátáinak a meghatározásához, de a geodéziában az ellenőrzés céljából mindig fölös mérésekre van szükség, így törekedjünk arra, hogy minél több alappontra tudjunk irányzást és távmérést végezni. A műszerállás koordinátáinak számítása kiegyenlítéssel történik.

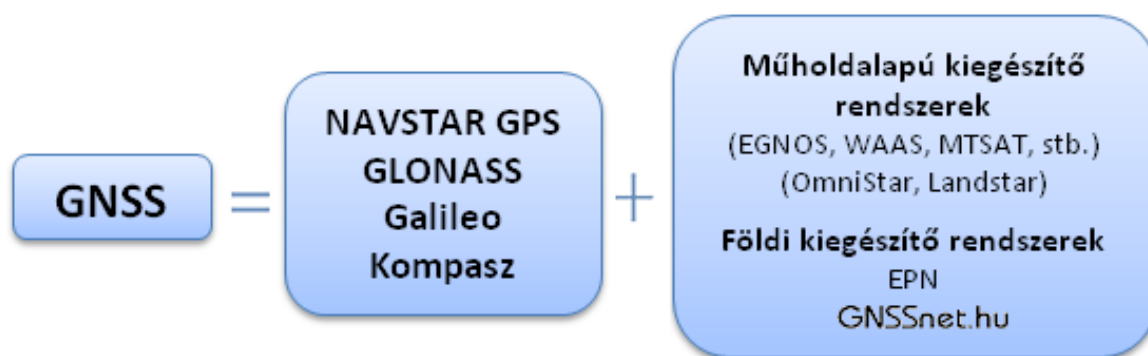
4.2 Műholdas helymeghatározás

A XX. század harmadától előtérbe került a pontok térbeli koordinátáinak a meghatározása globális navigációs műholdrendszerek (Global Navigational Satellite System=GNSS) segítségével, amelyek a navigáció és időmeghatározás feladatait mesterséges holdak segítségével végzik el. Napjainkra egyre inkább háttérbe szorítja a hagyományos geodéziai technológiákat, módszereket. Alapja, hogy a műholdak geometriai helyzete ismert egy adott vonatkoztatási rendszerben, amelyek pályaadatait az ismert földi ponton észlelő követőállomások határozzák meg. A felhasználó a földi vevővel közvetett módon távolságot határoz meg a vevő és legalább - egy időben észlelt - négy műhold között, majd a távolságok és műhold pozíciók ismeretében számíthatóak a vevők koordinátái a megadott vonatkoztatási rendszerben. Maga a GNSS rendszer több alrendszerből áll:

- GNSS alaprendszer,
- GNSS kiegészítő rendszer,
- felhasználói alrendszer.

Az alaprendszerek is két részből tevődnek össze, vannak a navigációs mesterséges holdak (műholdas alrendszer) és az adott vonatkoztatási rendszer ismert pontjain folyamatosan észlelő követőállomások (vezérlő alrendszer). Alaprendszerek közül ma kettő üzemel teljes kiépítettségben, az amerikai GPS és az orosz GLONASSZ, kiépítés alatt áll az európai GALILEO, kínai COMPASS és az indiai IRNS. A műholdakból álló rendszer nem teljes a földi követőállomások nélkül, amelyek a GNSS kiegészítő rendszerek. Ezek két félék lehetnek:

- műholdas alapúak (Satellite Based Augmentation System=SBAS), ilyen például az európai EGNOS és az amerikai WAAS,
- földi alapúak (Ground Based Augmentation System=GBAS), ilyen például az európai EPN és a magyar GNSSnet.hu.



4.5 ábra - GNSS infrastruktúra felépítése

Relatív mérési módszereket sokféle szempont szerint lehet csoportosítani, a következő kettő fejezetben a statikus (4.2.1) és kinematikus (4.2.2) módszereket mutatom be.

4.2.1 Statikus módszer

Statikus mérés során az ismert és ismeretlen koordinátájú pontokon hosszabb időn keresztül végeznek észlelést a vevők. Arra kell törekedni, hogy a pontokon az észlelést azonos időben végezzük együttesen, valamint szükséges minimum négy azonos (közös) műhold folyamatos jelvétele is. Azt az időintervallumot, amikor a vevők szinkronban mérnek ugyanazon holdakra mérési periódusnak nevezzük. Kezdetben a relatív statikus módszerrel lehetett csak geodéziai pontosságú méréseket végrehajtani, manapság már visszaszorult az alkalmazása. Általában nagy kiterjedésű hálózatok, mozgásvizsgálati

pontok szélső pontosságú igényeit kielégítő feladatok végrehajtásakor alkalmazzák. Statikus mérések esetén a mérési időintervallum több órára tehető, előnye a nagy pontosság. Szoftverek fejlődésével megjelent a gyors statikus technológia, amely csökkenti a mérési időt, de csak 10-15 kilométernél rövidebb vektorok esetén használható, illetve ha legalább öt műhold folyamatosan együtt észlelhető. Az adatok feldolgozása során saját referencia ponton észlelő vevő adatait vagy a legközelebbi állomás méréseit használhatjuk, vagy ha a távolság meghaladja a 10 kilométert, akkor lehetőség van fiktív mérési eredményeket generálni a munkaterület közelében, ezt nevezzük virtuális RINEX-nek. Ehhez meg kell adni a referencia mérés helyét, kezdő- és befejező időpontját és az adatrögzítési időközt, majd internetről letölthetőek az utófeldolgozáshoz szükséges állományok. Magyarországon mindezt a GNSSnet.hu weboldaltól lehet lekérni, felhasználó név és jelszó megadását követően (részletesebben a 4.2.3 fejezetben).

4.2.2 Kinematikus módszer

Olyan helymeghatározási módszer, amely egyik előnyös tulajdonsága, hogy menet közben (kinematikusan) is elvégezhető. A módszer lényege, hogy a mozgó vevő (rover) helyzetét határozzuk meg az ismert ponton (referenciapont) folyamatosan észlelő vevőhöz képest. A pontosság függ az észlelés típusától, a módszer kisebb pontosságú, mint a statikus helymeghatározás, de nagy előnye a mérés időtartalmának csökkenésében, ezáltal termelékenyebb, gazdaságosabb felmérés megvalósulásában rejlik. Kinematikus technológia fázismérésen alapul, jellemzője hogy a mérés megkezdése előtt szükséges a vivőhullám egész periódus számainak (N, ciklustöbbsértelműség) meghatározása minden egyes észlelt műholdra. A mérés kezdő időpontjára vonatkozó N érték meghatározását inicializálásnak nevezzük. Az észlelt műholdak folyamatos jelvétele esetén a fázismérés a kezdő időponttól indulva az egész periódusok számlálását is jelenti, ha egy GPS hold jelvétele megszakad, akkor ciklusvesztésről beszélünk. Kinematikus módszer esetén a megfelelő észleléshez minimum 4-6 műhold folyamatos vételére van szükség, amennyiben a minimum holdak száma biztosított úgy egy ciklusugrás esetén a visszatérő hold kiesett periódusait számítással elő lehet állítani. Ha minimum alá csökken az észlelt holdak száma, akkor újra inicializálásra van szükség. Ciklustöbbsértelműség feloldása két féle módszerrel történhet, egyik esetben álló vevővel határozzuk meg a mozgó vevő kiindulási helyzetét (5-30 perces észlelés), másik esetben mozgás közben (OTF=On The Fly, magyarul „repülés közben”). OTF esetén az inicializálást nem eljárással, hanem

matematikai modellel, szoftveres úton hajtják végre. Utófeldolgozások kinematikus technológia során a referenciapont lehet OGPSH pont, illetve permanens állomás vagy virtuális pont. Abban az esetben, ha a munkaterületen található megfelelő pontosságú alappont, akkor a bázis vevőt azon elhelyezve utólag irodában számíthatóak a mért pontok koordinátái. Támaszkodhatunk a permanens állomások hálózatára is vagy amennyiben nem található kellő közelségben ilyen vevő, akkor virtuális állomásra.

Kinematikus módszerek:

- Félkinematikus (stop and go) módszer: Egy ismert koordinátájú referenciaponton folyamatos észlelést végez egy vevő (bázis), a mozgó vevővel (rover) pedig elvégezzük az inicializálást lehetőség szerint OTF módszerrel, majd pedig a mérendő pontokon végrehajtjuk a mérést. A módszer során az antenna fix tartórúdon helyezkedik el, a jelmagasság 1.7 vagy 2 méter, így az antenna magasságot elég a mérés kezdetekor megadni. A munka során a műszer tárolja az útvonalat, de csak ott rögzít pontos koordinátákat, ahol megadjuk a pontszámot. Mérés során ügyeljünk a szelencés libella kiigazítására, mozgása mérési hibaként jelentkezik. A vezérlést a tartórúdra erősített controllerrel végezzük. A beállítások során megadjuk az adatrögzítési időközt, amely 1-60 másodpercig terjedhet. A félkinematikus módszer a referencia ponthoz közeli, kisebb munkaterületen használható megfelelően, alappont hálózatok és részletpontok mérésére egyaránt. Módszer előnye a statikushoz képest, hogy jóval gyorsabb, hátránya ellenben, hogy folyamatos jelvételezés szükséges (általában négy-nél több műhold). Félkinematikus módszer pontossága: 1-2 cm+1ppm.
- Folyamatos kinematikus módszer: Az előzőekben leírt félkinematikus módszerrel szemben a különbség annyi, hogy nemcsak a kiválasztott pontok koordinátáit rögzíti a vevő, hanem folyamatos észlelést és tárolást végez, ezzel mentve az útvonalat. Az inicializálást követően meg kell adni az adatrögzítési időközt (általában 1-2-3-5-10 másodperc), majd a rover automatikusan rögzíti a pontok koordinátáit. A felmérés történhet gépjárművel, ahol a vevő antenna biztonságosan el van helyezve a tetőn vagy gyalogos közlekedés esetén hátizsákban. A pontszámozás automatikus, GPS időrendszerben megadott időponttal jellemezzük. Folyamatos kinematikus módszer pontossága: 1-2cm+1ppm.

4.2.3 Magyarországi aktív GNSS hálózat (GNSSnet.hu)

Az ezredfordulót követően a fejlettebb gazdasággal rendelkező országok elkezdték kialakítani a saját helyi aktív GNSS hálózatukat, erre a folyamatosan bővülő felhasználók miatt volt szükség. Magyarországon a legjelentősebb a magyar aktív hálózat, vagyis a GNSSnet.hu, amely a weboldaltól kapta a nevét.

A hálózat kialakítása során törekedtek arra, hogy megfelelő állomás-távolságokat alakítsanak ki, amely alapján egy 12 állomásból álló hálózatot terveztek létre hozni, melyeket földhivatalok tetejére telepítettek volna az első tervek szerint. Az egy tucat központot úgy alakították ki, hogy azok 50 kilométeres bázistávolságokkal lefedjék az ország egész területét. Az első állomást 1996-ban a penci Kozmikus Geodéziai Observatóriumban hozták létre, amely egyben az európai aktív hálózat egy analízis központjaként is üzemel. Az ezt követő néhány évben finanszírozási nehézségek miatt a projekt keretein belül nem létesültek újabb központok. Az állomások telepítését 2000-ben folytatták (pl.: Budapest, Orosháza, Nyírbátor, stb.), így 2004-ben már a hálózatnak 7 permanens állomása volt, amelyek olyan GNSS vevők, amik ismert alapponton folyamatosan üzemelnek az év minden napján. A teljes kiépítettség 2008-ra valósult meg, 2007-től a szomszédos országokkal is megkezdődött az adatcsere.

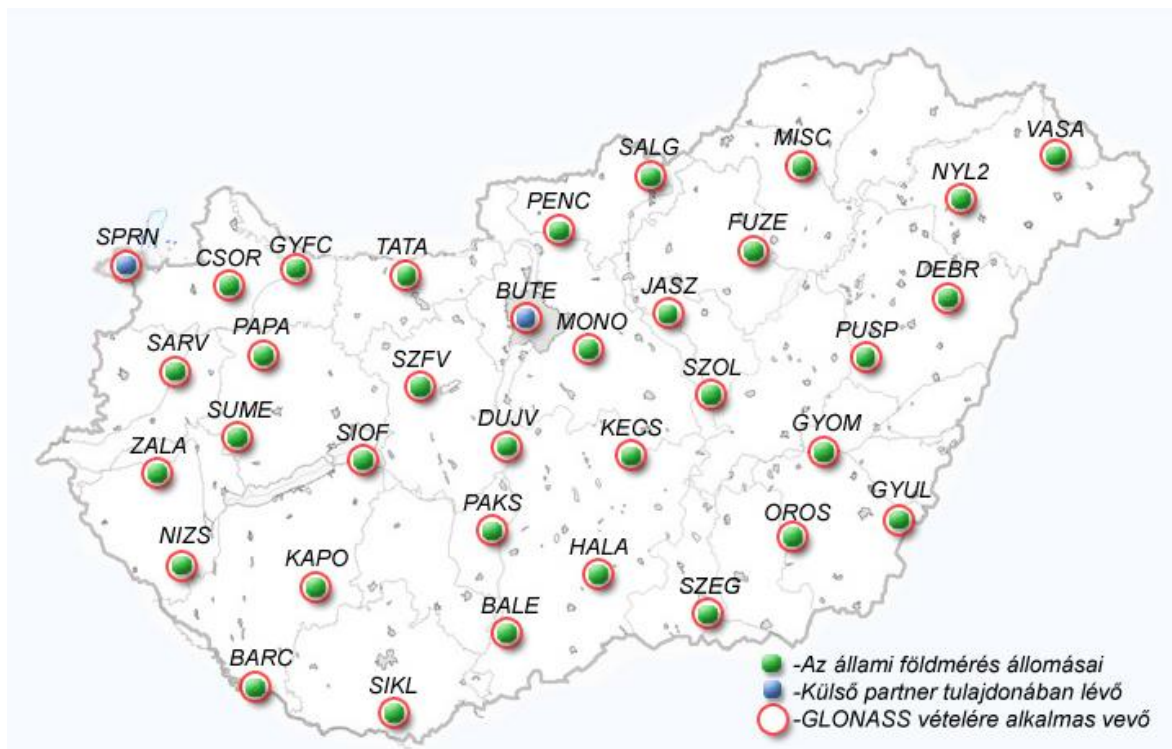


4.6 ábra - Permanens állomás (Székesfehérvár)

A referencia állomásokon a vevő folyamatos észleléséből származó nyers adatok ellenőrzését helyben végzik el szoftverekkel, illetve állítják elő az utófeldolgozáshoz szükséges RINEX adatokat. Kezdetben a permanens állomások csak az utófeldolgozáshoz szükséges adatokat tudták szolgáltatni, majd 2004-ben került kiépítésre az

első internetes szerver, amely lehetővé tette a DGPS és RTK adatok elérését. Az RTCM adatok továbbítására szolgáló internetes protokoll (NTRIP) is ekkor került kifejlesztésre, így a referencia állomások már másodpercenként küldik az adatokat a központba feldolgozásra. A GNSS technológia folyamatos fejlődésével lépést tartva 2007-ben

kezdtek el alkalmazni a GNSMART szoftvert, amellyel elő tudják állítani a valós idejű DGPS és RTK korrekciókat, ezzel lehetővé téve a valós idejű helymeghatározást (RTK=Real Time Kinematic), valamint innentől alkalmazható a virtuális RINEX szolgáltatás.



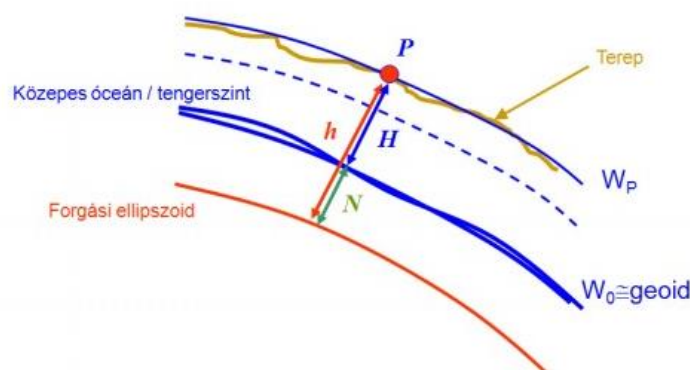
A penci GNSS Központ szolgáltatásait többféle szempont szerint lehet csoportosítani, egyrészt utófeldolgozásról vagy valós idejű meghatározásról van szó, másrészt valós idejű esetén DGPS vagy RTK típusú a pontmeghatározás. Real time adatoknál újabb lehetőség, hogy hálózatos RTK vagy egybázisos RTK, utóbbinál a felhasználó a referenciaállomás nyers mérési adatait kapja meg. Minden esetben meg kell adni egy közelítő koordinátát, majd a központ választja ki a legközelebb eső állomást, ezt nevezzük automatikus állomásválasztásnak. Hálózatos RTK esetén mind a három koncepciót (MAC, VRS, FKP) támogatja a központi szoftver, valamint az adatok

formátuma is kiválasztható. 2010 óta az RTCM alapú VITEL szoftver segítségével a legjobb illeszkedést biztosító GPS-EOV transzformációt is megoldja a központi szoftver.

A felhasználáshoz regisztrációra van szükség, amely során megadjuk a felhasználói nevünket, jelszavunkat és belépési díj kifizetését követően rendelkezésünkre állnak az adatok. A weboldalon keresztül tudunk letölteni az utófeldolgozáshoz szükséges állományokat, valamint tájékozódhatunk egy monitor szolgáltatáson keresztül a hálózat pillanatnyi állapotáról. Informálódhatunk arról, hogy mennyi állomás üzemel, észlelt GPS és GLONASSZ holdak számáról, ionoszférikus rendellenesség mérőszámáról keleten és nyugaton, valamint adattípusok felsorolása. A tárolt adatok alapján a regisztrált felhasználók lekérdezhetik előző havi szolgáltatásaik típusát, valamint ahol RTK-t használtak azt egy térképen megjelenítik. Cégek esetén, amelyek több vevővel rendelkeznek lehetőség van a flottaszolgáltatásra, amely alkalmazásával minden vevő esetén a pillanatnyi pozíció, illetve bármilyen más adat lekérhető, valamint utólagosan helyzeti adatok lekérdezése egy térképen megjelenítve.

4.2.4 GPS magasságmérés alkalmazási problémái

A GPS- szel történő magasság meghatározás első alapvető problémája az, hogy a GPS vonatkoztatási rendszer és a gyakorlatban alkalmazott magassági vonatkoztatási rendszer eltérő. A két rendszer különbsége, hogy a globális helymeghatározással egy WGS84 ellipszoid felett értelmezett magasságot határozzunk meg, míg az országos rendszerben pedig egy kiválasztott tengerszint (Balti tenger) feletti magasságot kapunk. Az eltérő alapfelületek között a kapcsolatot a geoidunduláció (röviden: N) teremti meg, amely nem más, mint a geoid-magasságok.



4.8 ábra - Geoidunduláció értelmezése

$H_{GPS} = h_{GPS} - N$, ahol H_{GPS} – tengerszint felett értelmezett GPS magasság, h_{GPS} – ellipsoid feletti magasság, N – geoidunduláció.

Geoidmagasságokat globálisan, kontinentálisan és országokra vonatkozóan a geoidmodellek segítségével számították ki, geoidmodellek finomítása, újraszámítása folyamatosan zajlik. A GPS feldolgozó szoftverekbe általában globális vagy kontinentális geoidmodellt használnak a számítások során. Magyarországon is több geoidmodell készült, a FÖMI KGO által elkészített HGEO2000 modell kereskedelmi forgalomba is került.

Újabb hibaforrás a GPS magasságok esetén, hogy a geoidmodellek viszonylag gyenge pontosságúak. Hagyományos szintezésekkel akár milliméter pontosan tudunk mérni, míg a lokális modellek is néhány centiméteres pontosságra képesek.

Következő probléma maga a GPS mérések magassági irányban történő pontosságának csökkenése, köztudott, hogy a vízszintes pontosság 2-3-szor jobb a magasságinál. Okai a jelterjedést befolyásoló légköri viszonyok (pl.: páratartalom), illetve a műhold konstelláció, ami azt jelenti, hogy csak a horizont feletti műholdakat tudjuk észlelni, de ebben az esetben is a horizonthoz közeli holdak bizonytalan jelterjedése is hátráltató. A horizont közeli holdak a jelzavarás, kitakarások miatt azimut irányú asszimetriát okoznak, amely a magasság meghatározásban jelenik meg. A tényleges pontosság a környezeti hatásokra való odafigyeléssel, mérési paraméterek megfelelő megválasztásával, illetve a feldolgozás során a megfelelő beállításokkal növelhető. Kutatások során kiderült, hogy a megfelelő kitakarási szög (maximum 10°), mérések megfelelő súlyozása – horizont közeli mérések kisebb súlya -, illetve a légköri modellek megválasztásával a magasság meghatározás pontossága nagyban javítható.

5. Bányamérés a gyakorlatban

5.1 Munkaterület bemutatása

Születésem óta Kiskunlacházán élek, így már gyerekkorom óta tapasztalom a hatalmas teherautó-forgalmat, ami a településen keresztül halad a külterületen található számtalan kavics- és homokbánya miatt. Délegyháza, Bugyi, Majosháza települések mellett is találhatóak ilyen bányák. A bányák elszaporodásához nemcsak az járult hozzá, hogy a felszín alatt néhány méterrel kavics és homokrétegek található, hanem a jó földrajzi elhelyezkedés. Nagy felvásárló piac az autópálya-építés, ez így volt a múlt században és napjainkban is. Budapesttől délre találhatóak ezek a területek 30-40 kilométer távolságban, így központi helyen vannak ahhoz, hogy a szállítmányozás és kitermelés gazdaságos legyen. Az 1960-as évektől kezdődően elindult a magyarországi gyorsforgalmi utak építése, amelyekhez nagy mennyiségű nyersanyagra volt szükség. Közvetlen közelben húzódik az M0-s, M5-ös nyomvonala, de tőlünk is hordanak teherautókon sódert és homokot az ország többi részén található autópályákhoz és egyéb építkezésekhez még ma is. A bányák folyamatosan terjeszkednek, új bányákat nyitnak vagy bővítik a meglévőket.



5.1 ábra – XVII. számú Bányatelek teljes területe

Az általam kiválasztott bánya a Kiskunlacháza XVII. számú Homok, Kavics Bányatelek, amely Kiskunlacháza és Bugyi községet összekötő alsórendű betonút mellett található 6.5 kilométerre Kiskunlacháza központjától. A közel 30 földrészletet magába foglaló terület meghaladja a 370 hektárt, amelyet mezőgazdasági művelés alól vontak ki. A bánya a Lasselsberger Hungaria Kft tulajdonában van, amely egy osztrák cég leányvállalata. A cég tulajdonába országsszerte összesen kilenc darab bánya tartozik, az évek során jelentős szerepet szerzett a nyersanyag- és építőanyag termelésben.



5.2 ábra – Lasselsberger Hungaria Kft bányauzeme, osztályozó szekció

A kiskunlacházi Lasbra bányauzemben a kitermelés homokra és kavicsra épül főként. A korszerű technikával kitermelt nyersanyagot a bánya a legmodernebb technológiával dolgozza fel. A kétszer mosott kavics olyan minőségű és tisztaságú lesz, hogy az nemcsak a magyar előírásokat elégíti ki, hanem bármilyen szélső igényeknek megfelel. A homokosztályozó berendezéssel az osztályozáson kívül irányítani lehet a szemszerkezetet és megoszlást is.

Előállított termékek:

- homok (0/1, 0/4, 1/2, 2/4)
- mosott kavics (4/8, 8/16, 16/32, 32/60, 4/16)
- homokos kavics (0/8, 0/16)
- zúzott homok (0/4)
- zúzott kavics (4/8, 4/11, 8/11, 11/22)

A zárójelben található méretek a szemcseméretek, amelyek mm-ben értelmezendők. A számlálóban a minimális-, nevezőben pedig a maximális nagyság (mm) van megadva tól-ig intervallumban. A bányaüzemben termelt termékek alkalmasak betongyártáshoz, burkolólapok és térkövek ágyazó anyagaként, illetve egyéb célú tereprendezésekhez és építkezésekhez. A szállítás közúton teherautók segítségével lehetséges, amelyek mérlegeléséhez nagy teherbírású digitális hídmérleg áll rendelkezésre.

A bánya területén az időszakos felmérések miatt konzulensem egy vasbeton kővel állandósított belső alappontot helyezett el az egyik kezdeti humuszdepó tetején, amely domb mozgása már elhanyagolható nagyságú. Ez az adott pontot egy a bánya bejáratától néhány száz méterre található harmadrendű alappont (55-4011) bevonásával lett meghatározva vízszintesen és hosszú idejű statikus GPS méréssel egyaránt. Magasságát az előbb említett ismert térbeli koordinátájú pontról szintezéssel határozták meg. A pont száma 1000-es, amelyet szakdolgozatom mérésekor is felhasználtam a GPS mérésekhez szolgáló bázisvevő pontjaként, illetve a mérőállomással történő alappontsűrítés számításakor a kiegyenlítés adott koordinátájú pontjaként.

A munkaterületen összesen 46 db depó található, amelyeket minden felmérési ciklusban újra és újra meg kell mérni és számolni azok nagyságát, hiszen a folyamatos termelés és szállítás miatt azok mérete változik.

5.2 Alkalmazott műszerek

Szakdolgozatom készítésekor Leica műszergyártó cég által forgalmazott eszközöket használtam. A felméréshez 1 db Leica 1203-as mérőállomást, 1 db Leica 1205-ös mérőállomást és 2 db Leica GPS500-as vevőt használtam. Természetesen kettő darab műszerláb is, valamint 2 db prizma állt a rendelkezésre a felméréshez.

A Leica 1205-ös a tetejére helyezhető GNSS antennával (SmartStation) használható GNSS vevőként is. A hozzá külön megvásárolt modul segítségével a műszer használható bázis vevőként is, mely olyan nyers adatokat rögzít az ismert koordinátájú ponton, amivel később ki lehet értékelni a közelben található rover vevővel rögzített méréseinket.

A részletpontok felmérése során használt Leica 1203-as mérőállomás direkt reflex üzemmódban is alkalmazható, ami azt jelenti, hogy nincs szükség prizmára, a lézer bármilyen felületről visszaverődik a műszerbe. Mérésem során ezt a funkciót nem használtam, csak prizmára történt az észlelés.

Leica GPS500-as vevők egy korábbi széria, de a mai napig nagyon elterjedt és terepálló műszerek. Hátizsákos vagy tartóbotos alkalmazások közül lehet választani, rendkívül könnyen és jól használhatóak terepi körülmények között.



5.3 ábra – Leica műszerek (balra GPS500, jobbra 1205)

5.3 Alapponthálózat meghatározása

A Lasselsberger Kft bányaterületén negyedévente teljes felmérést kell végrehajtani, amelyek során minden depó és földhalom bemérésre kerül, majd az ezekből számított földtömegek, illetve a háromhavi szállítmányok alapján számolható az értékesített mennyiség. Nagyon fontos a precíz mérés és számítás, hiszen a tulajdonosnak a bányafelügyelet felé bányajáradékot kell fizetnie a kitermelt nyersanyagmennyiség után, aminek térfogatát m^3 -ben adják meg. Ahhoz, hogy ezek a mérések minden alkalommal a megfelelő pontossággal és minőségben készüljenek egy bányaterületen belüli alapponthálózatra van szükség.

A gyakorlatban a bányamérés leggazdaságosabb módszere a GPS eszközökkel történő felmérés, de a szállítószalagok és osztályozó szalagok alatt a zavart jelvétel miatt nélkülözhetetlen a mérőállomásokkal történő felmérés. Az adott pontok pontjelölésére a tartópillérek lábazatára erősített fóliás jelölés a leggazdaságosabb, amely fennmaradása és mozdulatlansága egyaránt biztosított.

Szakdolgozatom során az osztályozó gép által termelt 0/8-as szemcseméretű homokos kavicsdepót mértem fel három különböző módszerrel, mérőállomással (jelzése: TPS), 1 másodperces adatrögzítésű folyamatos- (jelzése: GPS1) és 2 másodperces adatrögzítésű folyamatos kinematikus utófeldolgozásos (jelzése: GPS2) technikával. A hagyományos irány- és távmérési technológiához alappontokat kellett elhelyeznem a helyszínen. A közel 70 méter hosszú és 40 méter széles földtömeg prizméval történő



5.4 ábra – Alapponthálózati elhelyezkedése a depó körül (előzetes meghatározási terv)

felméréséhez olyan távolságban és helyen kellett alappontokat elhelyeznem, amelyekről a teljes depó körbemérhető.



5.5 ábra - Pontjelölés

A terepi munka végrehajtására egy szombat déli időpontot választottunk, mert az aznapi műszaknak egy órákor vége volt, s mivel ez egy ma is aktívan működő bányaterület, a rakodógépek, illetve teherautók miatt nehézkes lett volna a felmérés üzemidőben. Konzulensem Tóth Károly és egyik évfolyamtársam volt segítségemre. A depót körbejárva úgy döntöttünk, hogy öt karót helyezünk el, amelyekről elvégezhető a felmérés. A méréséhez szükséges alappontok jelölésére fakarót választottam és zöld festékekkel fújtam meg, hogy kitűnjön nagyobb távolságból a háttérből, majd a mérés végeztével eltávolítottuk azokat.

5.3.1 Mérőállomással

Szakdolgozatom mérésekor Leica 1203-as mérőállomást használtam az alapponthálózat, illetve a depó felméréséhez szükséges részletpontok meghatározására. A karókat úgy helyeztem el a terepen, hogy azok összeláthatók legyenek egymással, valamint a korábbi hálózat adott pontjára (1000) is iránymérést tudjak végezni. Az osztályozó berendezés és a szállító szalagok miatt csak a 4-es számú alappontomról látható az 1000-es számú pont. A felmérési hálózatom meghatározását külön végeztem el, bár történhetett volna a részletméréssel egyidőben is, de így jobban kimutatható, hogy időben mennyivel különbözik a GPS-es kinematikus módszertől.

A felmérés megkezdése előtt a műszerben létrehoztam egy új munkaállományt, amelyet SZAK2 néven mentettem el, a számoláshoz szükséges méréseket ebbe a könyvtárba mentettem el. Következő lépésben a felmérés menüpontot



5.6 ábra – Mérés a 4-es számú ponton

választottam, ahol elvégezhettem az irányzásokat. A felmérési hálózatom mérésekor minden tervezett ponton felállítottam a műszert a szomszédos alappontjaimra elvégeztem a méréseket. A műszerrel minden esetben irányt- és távolságot rögzítettem. A felmérés során már tudtam, hogy a GeoCalc szoftver 3-as verzióját fogom alkalmazni a feldolgozás során, amely tartalmazza a hálózatkiegyenlítés programot, így ennek függvényében végeztem a mérést. Első álláspontom az 1-es számmal megjelölt fakaró volt, amelyről elvégeztem a mérést az 5-ös és 2-es pontokra, majd így folytatva végig mértem a hálózatomat minden egyes pontomon egészen az 5-ösig. Ahhoz, hogy a hálózatomat be tudjam illeszteni a bánya-, illetve az országos koordináta-rendszerbe az 1000-es pontra is végeztem irány- és távmérést a 4-es számú pontról. Célunk a mérés során az volt, hogy a felmérési pontjaim meghatározása során csak a bánya egy régebbi belső alappontjára támaszkodjunk. Az általam mért módszer alapján, ha a GPS mérésből bármelyik pont koordinátáját meghatározzuk, akkor azt követően a többi ki lehet számolni sokszögvonal pontjaiként is.

A hálózat ilyen módon történő felmérése fél órát vett igénybe. A prizmatot precízen - ügyelve a szelencés libella központosságára - kellett tartani, a műszerrel pedig minél pontosabban elvégezni az irányzást.

5.3.2 Kinematikus méréssel

Diplomamunkám témája a különböző felmérési és számítási módszerek összehasonlítása egy kavicsbányában történő depó mérése során. Ezért elvégeztük a felmérési pontjaim koordinátáinak a meghatározását egy másik módszer segítségével is. A méréshez Leica GPS500-as műszert használtam, amelyet két méteres fix tartóbottal használtam. Az alkalmazott technológia a félkinematikus (stop and go) utófeldolgozós módszer. A tartórúd tetejére helyeztük el az antennát, amelyet két kábellel kapcsolunk a vevőhöz, a rúdon került elhelyezésre a vezérlőegység is. Hátizsákban a vevő berendezés került a hozzá kapcsolt akkumulátorokkal. A mérés kezdete előtt létrehoztam egy új



5.7 ábra – Stop and go a felmérési pontokon

munkaállományt SZAK1 néven, az adatok rögzítése ebbe az állományba történt, a konfigurációs beállításoknál az antenna típusát állítottam be, majd a Logging ablaknál a rögzítési időközt, továbbá hogy statikus és kinematikus adatokat rögzítsen. A vevő jelen esetben roverként használtuk. Összegezve, a felmérési hálózatom pontjainak félkinematikus mérése során 1 másodperces rögzítési időközt és 2 méteres antennamagasságot használtam.

A mérést „oda-vissza” elvégeztem, az-az két különböző időpontban állítottam fel az antennát ugyanazon pontokon. Első körre háromnegyed egykor került sor, majd a másodikra öt óra előtt néhány perccel. Erre azért volt szükség, mert négy óra elteltével megváltoznak az észlelési körülmények (műhold konstelláció), az észlelt holdak, a műholdgeometria. Az 1-es számú pontról indultam, így haladva az 5-ös pontig, majd vissza a kezdőpontra. A mérés elindítása előtt minden esetben manuálisan adtam meg a pontszámot. Minden ponton négyszer mértem három másodpercet. Pontszám esetén az első karakter jelzi az aktuális pont számát, majd tizedesponttal elválasztva az ismétlések száma következik, visszafelé méréskor az aktuális pontszám után egy nulla került megadásra, hogy ezzel meg tudjuk különböztetni azokat egymástól. A megfelelő pontszám megadása mellett ügyelnem kellett a tartórúd függőlegesen tartására, amelyhez segítségemre volt a kontroller mellett található szelencés libella. A mérés időtartama tíz perc volt mindkét ciklusban (felmérési pontok bejárásakor).

5.4 Részletpontok meghatározása (depó-mérés a gyakorlatban)

A geodéziában sokféle eljárással, mérési módszerrel lehet ismeretlen koordinátájú részletpontok helyzetét meghatározni. Szakdolgozatom célja, hogy ezen módszerek közül meghatározzam a leggyorsabb, leggazdaságosabbat, amellyel teljes bányák felmérését végre lehet hajtani. A gyakorlatban egy negyedéves bányamérés során minden depót, földhalmot-, dombot meg kell mérni, ami egy igen hosszadalmas folyamat, így célszerű olyan megoldást alkalmazni, amely megrövidíti a mérés időtartamát, valamint gazdaságosabbá teszi azt.

Egy depó földtömegének a meghatározásához háromdimenziós koordinátákat kell rögzítenünk, kiemelkedő fontosságú szerepe van a magassági adatoknak, hiszen azok alapján történik a kubatúra (földtömeg) számítása. Egy szabályos gúla alakú képződmény esetén elegendő az alján, közepén és a tetején körben rögzíteni pontokat, ha magas, akkor

az oldalában akár kétszer is lehet. Általában ilyen formában csak az egy pontra kitermelő osztályozó gépek alatt találhatóak depók, jellemzőbbek az amorf, szabálytalan alakú depók, amelyeket rakodógépek halmoznak fel. Ezek felmérése hasonlóan történik, mint ahogy azt az előbb említettem, de itt figyelembe kell venni a bevágásokat, esetleges megfolyásokat, rakodási pontokat, ahonnan a teherautókat megpakolják. Ahhoz, hogy a számítások során a program felismerje a felszíni formákat, a mérés során azokat külön rögzíteni kell. A munkát külön megnehezítik a körülmények, hiszen a homokban, sóderban, kavicsos-homokban a sétálás nem könnyű, folyton elsüllyed az ember lába, illetve a depókra történő fel-le mozgás sem egyszerű, komoly fizikai kondíció szükséges egy teljes napos méréshez. A kavicsbányák területén belül kevés árnyékos hely található, így a magas hőmérséklet is hatással van a geodéta szervezetre; szélviharban a homokot és a port oly mértékben hordja a szél, hogy azt csak sí-szemüvegben lehet elviselni, télen pedig a lefagyott, jeges földhalmok okoznak többletenergia veszteséget. A felmérések során szintén komoly figyelmet kell fordítani a közlekedésre, hiszen a nagyméretű rakodógépek és teherautók folyamatosan dolgoznak a bányában, ügyelnünk kell arra is, hogy ne kerüljünk az útjukba.

5.4.1 Mérőállomással

A felméréshez Leica 1203-as mérőállomást használtam és a hozzá tartozó Leica műszerlábát és 2 db prizmat. A felmérés megkezdése előtt egy új munkaállományt hoztam létre a műszerben SZAK3 néven, így megkülönböztetve azt a felmérési hálózat mérésétől. Jelmagasság alaphelyzetben mindkét prizma esetén 1.55, de az osztályozó szalag alatt 0.09, illetve kitakarás esetén 2 méter volt. A pontszámozást 2000-től kezdtük.



5.8 ábra – Depó mérése mérőállomással

Elsőként a 4-es számú ponton létesítettünk műszerállást, ahonnan elvégeztük a 5-ös és 3-as számú alappontokra a tájékozást, majd következhetett a részletpontok rögzítése. A feladat gyorsítása érdekében két prizmával dolgoztunk, szaktársam kezelte a műszert és végezte el a mérést, konzulensem pedig folyamatosan a depót jártuk és tartottuk a megfelelő helyen a prizmatokat. Annak érdekében, hogy helyes eredményt kapjunk a feldolgozást követően ügyelni kellett arra, hogy a bot végét ne szúrjuk bele a puha homokos kavicsba, hanem annak éppen csak a hegyét érintve a felszínhez hajtsuk végre a felmérést. Erre azért volt szükség, mert minden leszúrt prizmavég esetén helytelen magasságot rögzítünk, hiszen amennyivel lejjebb szúrtuk annyiival kisebb lesz a magassági koordináta értéke.

Minden esetben az a felmérések célja, hogy a valós terepi körülményeket ábrázoljuk a térképen, itt különösen fontos, hiszen ekkora méretű depók és terület esetén komoly eltérést is okozhat. A 4-es álláspontból látszódik az a része a depónak, ahonnan a rakodógépek a teherautókat pakolják (rakodási pont), itt a részsű elég meredek volt, óvatosan kellett lépésről lépésre haladni, mert könnyen lecsúszhat az ember, akár maga alá is temetheti az anyag. Végigjártuk a depó alját nagyságrendileg 3-4 méterenként rögzítve pontot, majd a karéj oldalában is két különböző magasságban, végül a gerincen is végig haladtunk. Ahol megfolyások, szabálytalan alakzatok voltak, azokat is mértük az előbb említett szinteken kívül. A földhalom legtetefénél fokozott figyelemmel kellett lenni, hiszen több mint 10 méter magasságban voltunk és a szállító szalag is akadályozta a mozgást.

Következő álláspontnak egy szabad álláspontot használtunk, amelyet 10000-es pontszámmal különböztettünk meg a többitől. Erre azért volt szükség, hogy az ellenőrző vonalat is fel tudjuk mérni, illetve erről a pontról a depó teljes oldala látszódik. Meghatározó iránynak az 1-es, 2-es és 4-es számú alappontokat használtam. Innen a depó dél-nyugati oldalát mértük, bezárólag a korábbi álláspont részletpontjaival. A mérés menete megegyezik a korábban elmondottakkal, a különbség annyi, hogy innen minimális nagyságú megfolyások voltak láthatóak, ellenben az alakzat hosszanti oldala volt látható, így sokat időztünk ezen a ponton mire végeztünk a felméréssel.

A két álláspontból már a depó kétharmada mérve volt, következett egy újabb szabad álláspont, ahonnan zárhattuk az alakzatot. A veszített pont száma 10001, meghatározó irányok az 1-es és 5-ös pontok voltak. Természetesen mérhető lett volna az alakzat, ha az összes felmérési ponton létesítünk műszerállást. A mérőállomással történő felmérést ezzel be is fejeztük. Itt kitérnék arra, hogy a műszer képes direkt reflex üzemmódban is mérni, ami azt jelenti, hogy a felszínről is visszaverődik a lézersugár. Ezt mi azért nem használtuk, mert törekedtünk a hagyományos módszerrel elérhető legnagyobb pontosságra. A mérés időtartalma 2.5 óra volt három emberrel és kettő prizmával.

5.4.2 GPS méréssel (folyamatos kinematikus)

A bányamérések során a mai gyakorlatban a leggyakrabban alkalmazott technológia a GPS-szel történő felmérés. Diplomamunkám készítése során a hagyományos technológiával történő mérőállomásos felmérés mellé választottam a

műholdas helymeghatározás folyamatos kinematikus módszerét is, amellyel elvégeztük a depó mérését két különböző adatrögzítési időközzel. A valóságban önmagában csak GPS-szel történő mérés nem teljesíthető, mert a szállítószalagok és az osztályozó berendezés alatt a jelvételezés megszűnik, így ott minden esetben a hagyományos mérőállomások módszerét kell alkalmazni. Kitakarás nélküli területeken szabadon alkalmazhatóak a különböző GNSS technológiák.

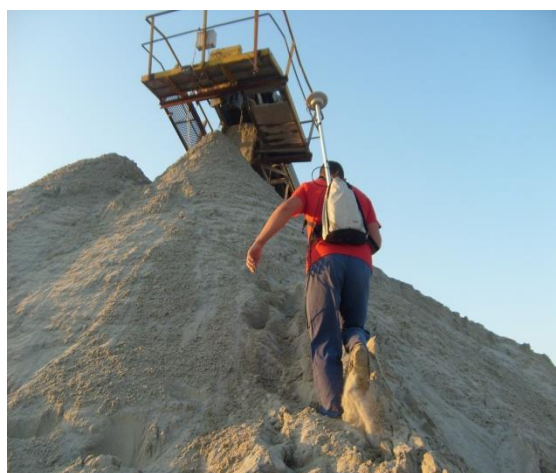
Szakedolgozatom mérésekor folyamatos kinematikus technológiával történt a felmérés. Észleléshez 2 db Leica GPS500-as vevőt használtunk hátizsákba helyezve, amelyből tartórúdon lógott ki az antenna. A mérés eredményeit utófeldolgozással számoltuk ki, amelyhez az 1000-es ponton egy Leica 1205-ös Smart Station GPS-es mérőállomást használtunk bázisnak. A 6.3.2-es fejezetben bemutatom, hogy ezt virtuális RINEX segítségével is meg lehet határozni, viszont az költségesebb, mint beszerezni egy olyan szoftvert a műszerbe, amely képessé teszi azt, hogy bázisvevőként üzemeljen.

A depót kétszer mértük meg, különböző adatrögzítési időközöket használva. Azért, hogy biztosan ugyanazon az útvonalon haladjunk, konzulensem és én is hátunkra vettünk egy-egy GPS-t és egymás után haladva ugyanott végeztünk méréseket mind a ketten. Antennamagasságnak mindkét vevőben 2 méter volt megadva, ez csak egy közelítő érték volt, pontosabban csak a kiértékelés után tudtam számolni, majd a differenciát minden mérésből levontam. A számítás elvét és menetét a 6.2-es fejezetben ismertetem. Az adatrögzítési időköz konzulenseménél egy másodpercre, míg nálam két másodpercre volt állítva. Azért ezt a két értéket használtuk, hogy szemléltetni tudjuk milyen összefüggések vannak a részletpontok száma és a belőlük számított földtömeg között. A hátizsákban az antennát tartó rúd úgy helyezkedik el, hogy az baloldalra essen, illetve ügyelni kell arra, hogy a séta során az antenna mindig kívül legyen. Azért lényeges, mert mérés során az antenna kis tartományban mozog, illetve a felmérést végző személy lába megsüllyed az anyagba, ezért mindig a külső pont magasságát kell mérni. A mérés természetesen kismértékű hibával terhelt, mert a lábak elmerülése miatt az antenna nem pontos felszíni magasságot rögzít, de mivel az adatrögzítés automatikus, ezért azt is figyelembe kell venni, hogy egyszer kevesebb, a következő pillanatban pedig nagyobb magasságot mér a séta miatt, így azok kiegyenlítik egymást.

A depó körbejárása közben én haladtam hátul, így arra kellett figyelnem, hogy az előttem sétáló konzulensem lábnyomába ne lépjek bele, mert akkor az újra megsüllyed és

a valóságtól túlságosan eltérő értéket rögzít a vevő, ezért a rézsűben kicsit felfelé léptem mindig. A GPS-szel történő mérés során is körbejártuk a depó alját, oldalában két szinten és a gerincvonalat a kúpokkal, de minden szint esetén a szállítószalag alatti részt kihagytuk, mert a jelvétel megszakadt. Ezeket a pontokat a mérőállomásos pontfelhőből importáltam a koordináta-jegyzékekbe utólag.

A műszerben a felmérés során meg lehetett állítani a pontok rögzítését, így olyan helyeken, ahol már mértünk, nem rögzítettünk újra pontokat, illetve, ha egy rövid időre pihenni kellett, arra is volt lehetőség. Miután itt folyamatosan kellett sétálni és nem manuális az adatrögzítés, hanem automatikus, ezért a fizikai igénybevétel miatt a fáradtság fokozottan jelentkezett. A felmérés 20 percet vett igénybe.



5.9 ábra – Depó folyamatos statikus mérése

6. Kiértékelések, feldolgozások

A felmérést követően elvégeztem a műszerekből történő kiolvasásokat. Ehhez a memóriakártyákat kellett egy kiolvasó berendezéssel csatlakoztatnom a számítógéphez, ahonnan az adatokat lemásoltam. A kiértékelésekhez rendelkezésemre álltak a nyers mérési adatok.

6.1 Mérőállomás (GeoCalc)

A felmérési hálózatom pontjainak, illetve a felmért depó részletpontjainak a nyers eredményeit a Leica 1203-as mérőállomásból nyertem ki. Az adatokat GMJ formátumba konvertáltam a műszeren belül, amely kompatibilis a GeoCalc programmal. A nyers adatokból koordinátákat a GeoCalc3 szoftverrel számoltam. Elsőnek a felmérési hálózatom méréseit számoltam ki, ezzel meghatározva az alappontok vízszintes és magassági koordinátáit. Betöltöttem a SZAK2 nevű nyers adataimat, majd pedig az adott pontok koordináta-jegyzékét. A hálózatom számításánál arra törekedtem, hogy a bánya belső alappontjának (1000) koordinátáira támaszkodjon a számítás, de elengedhetetlen volt, hogy a 4-es számú pont vízszintes koordinátáit a GPS mérésekből használjam, hiszen a hálózatkiegyenlítés egy ismert ponttal nem számítható. Az adatok betöltését követően konvertáltam a koordináta-állományt és a mérést, majd a hálózatkiegyenlítés funkciót választottam. Kiegyenlítés lényeges beállításai:

- kiegyenlítés előtti középhiba iránymérésnél: 5''
- kiegyenlítés előtti középhiba távmérésnél: 3mm + 1mm/km
- átlagos távolság: 100 m
- számítás élessége: mm
- adott pontok száma: 2
- új pontok száma: 4
- fölös mérések száma: 13
- relatív középhiba: 1/13655
- legnagyobb javítások: távmérés - 12mm, iránymérés - 36''

A szoftver a hálózatkiegyenlítést automatikusan végrehajtja, elsőnek vízszintes értelemben, majd pedig magasságilag is. A kapott jegyzőkönyveket a 3-4-es melléklethez csatoltam.

Második lépésben a depó felmérése során regisztrált adatok alapján számoltam ki a részletpontok koordinátáit, ehhez a folyamatot újra végrehajtottam azzal a különbséggel, hogy a nyers adatok állományát a SZAK3 könyvtár tartalmazta, illetve az adott pontok koordinátajegyzékeként az előzőleg számított felmérési hálózat pontjait adtam meg. A vízszintes és magassági hálózatkiegyenlítést követően elvégeztem a részletpontok koordinátáinak a számítását is. Kiegyenlítés paraméterei:

- kiegyenlítés előtti középhiba iránymérésnél: 5"
- kiegyenlítés előtti középhiba távmérésnél: 3mm + 1mm/km
- átlagos távolság: 100 m
- számítás élessége: mm
- adott pontok száma: 5
- új pontok száma: 2
- fölös mérések száma: 14
- relatív középhiba: 1/12723
- legnagyobb javítások: távmérés - 17mm, iránymérés - 34"

A kapott jegyzőkönyveket a 2-5-ös számú mellékletekben csatolom.

Hálózatkiegyenlítés / Előzetes számítások

Álláspont(ok)

10000
10001
2
4

Ismert pont(ok)

1
2
3
4
5

További pont(ok)

Összes pont

1
10000
10001
2
2000
2001
2002
2003
2004

Felhasznált pontok

1
10000
10001
2
3
4
5

Előzetes számítások

Státusz	Pontszám	Y	X	M	Jelölés	#
	1	651902.83	206081.83	96.7		1
	10000					6
	10001					7
	2	651915.74	206031.64	96.53		2
	3	651966.78	206011.35	95.79		3
	4	652006.21	206035.05	96.58		4
	5	652005.89	206067.87	96.69		5
						0
						0
						0

☒ Koordináták számítása
☒ Előzetes tájékozás
☐ Sokszögvonal

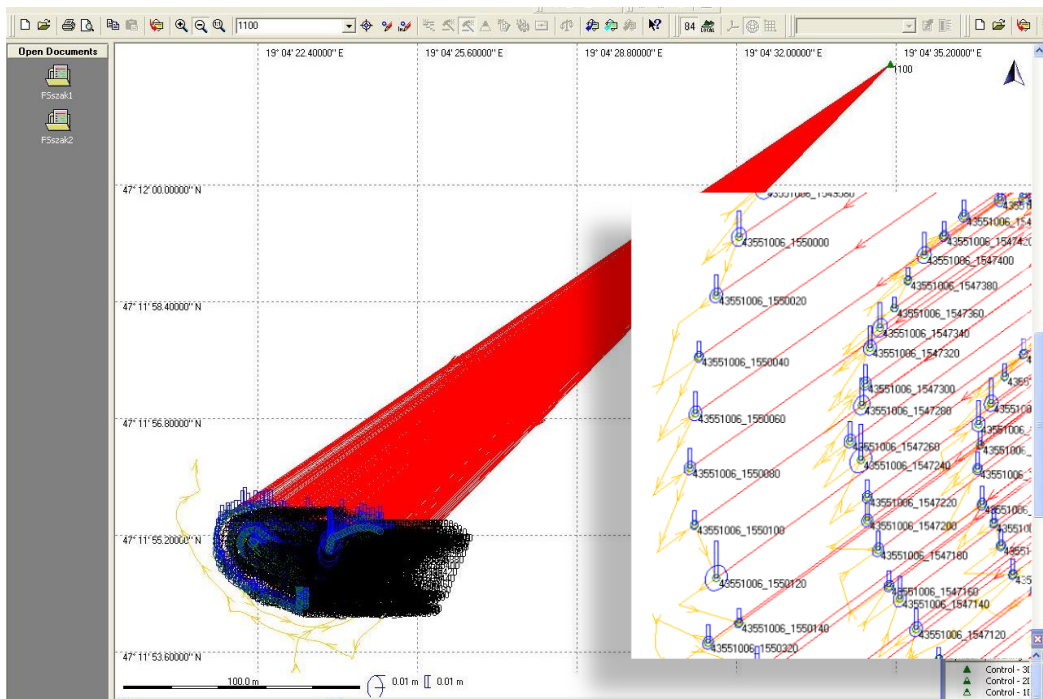
6.1 ábra – GeoCalc hálózatkiegyenlítés

6.2 GPS mérések feldolgozása (Leica Geo Office)

6.2.1 Saját bázis

A Leica GPS500-assal mért nyers mérési adatok feldolgozásához a Leica Geo Office (LGO) programot használtam. Utófeldolgozással történik a koordináták számítása, ezért szükség van referencia adatokra, amelyet eszemben az 1000-es számú korábbi alapponton folyamatosan észlelő Leica 1205 Smart Station GNSS vevő szolgáltat.

A programban első lépésben létre kell hozni egy új projektet, amelybe be kell importálni a referencia pont (bázisvevő), illetve az ismeretlen pontok nyers adatait. A projekt tulajdonságainál a vonatkoztatási rendszer WGS84 volt, illetve az antennamagasságot nem kellett manuálisan megadni, mert a vevő készülék Leica gyártmány volt. Elsőnek a felmérési hálózatom félkinematikus mérését számoltam ki, nyers adatnak a SZAK1 állományt, míg referencia adatnak az 1000-es ponton észlelő



6.2 ábra – Depó részletpontjainak számítása 1000-es referencia pontról

vevő 1000-1 jelű állományát töltöttem be. Meg kellett adnom, hogy a belső alappont legyen a „control” (adott) pont és a többi ismeretlen pontot számítsa ki. A GPS feldolgozás nevű fülön az egér jobb gombját lenyomva választottam a Processing (magyarul feldolgozás) menüt választva a program az 1000-es ponthoz képest, amelynek koordinátáit EOV rendszerben adtam meg, számolta a felmérési hálózatom pontjait. A számolást követően tárolni (Store) kellett az eredményeket, majd ezt követően történhetett

az adatok, vagyis a koordinátaállományok importálása. Ahhoz, hogy a szoftver EOVRendszerbeli koordinátákat is képes legyen létrehozni a VITEL nevű program van beépítve, amely átszámítja az ETRS89 koordinátákat országos rendszerbe. A koordináta-jegyzékek importálása előtt meg kell adni azok beállításait, milyen adatok legyen láthatóak, milyen formátumban. Méréseimhez EOVR (y, x, H) rendszert rendeltem (Hungary2009), ahol a koordináták mellé azok középhibáit is exportáltam a jegyzőkönyvbe, valamint a rögzítés időpontját.

A különböző méréseimnek külön projekteket hoztam létre. Számoltam egyszer a felmérési hálózatomban félkinematikus mérésének mind a kettő útvonalát (periódusát) külön projektben, valamint az 1- és 2 másodperces adatrögzítésű folyamatos kinematikus depóméréseket, illetve az alapvonalam félkinematikus és folyamatos kinematikus méréseit. Minden kiexportált jegyzőkönyvben az EOVR koordináták mellett a középhibákat és az időpontokat jelenítettem meg.

A felmérési hálózatomban pontjainak félkinematikus mérésekor 2 fordulóban több mint egy tucat koordinátája lett minden pontnak. A végleges értéket átlagolással számoltam ki Excell programot használva. Elsőnek átlagoltam a déli méréseket, azon belül külön az oda és vissza koordinátákat, majd vettem azok átlagát, majd ugyanezt megcsináltam az öt órákor mért adatokkal is. Végül vettem a két időpont átlagának az átlagát, így kapva meg a végső koordinátákat.

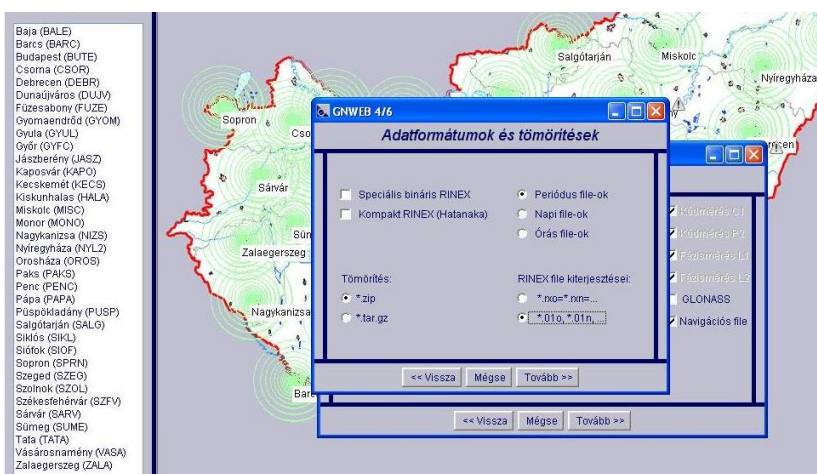
Az összes kiértékelési és számítási jegyzőkönyvek megtalálhatóak a megfelelő számú mellékletekben.

6.2.2 Virtuális RINEX

A magyarországi aktív hálózatnak köszönhetően nincs szükség arra, hogy a felmérő személy saját bázist üzemeltessen a munkáinak a végrehajtásához. Vagy a közelben található, permanens állomások adatait használjuk a feldolgozáshoz vagy egy a munkaterület közelében található önkényes helyre generált un. virtuális állomás adatait. Gazdaságosság szempontjából mindenki számára más és más verzió felel meg jobban. Egy egésznapos bányamérés során, amely napfelkeltétől napnyugtáig tart, függetlenül az évszaktól, átlagosan 11 óra hosszán keresztül lehet mérni, a virtuális RINEX szolgáltatás percdíja 1-4 másodperces rögzítési időköz esetén nettó 25 Ft/perc. Ezek alapján egy átlagos felmérési napon 16500 Ft-ot fizetnénk az adatszolgáltatásért, évente ezt minimum

négyszer megismételve közel 70000 ft-os költséggel járna. Így meggondolandó egy bázisvevő bérlete vagy egy szoftver vásárlása a Smart Station mérőállomásunkhoz, hogy azt bázisként használhassuk, a beruházás rövid időn belül megtéríti az árát.

Szakdolgozatom méréseit kiszámítottam a virtuális RINEX adatok alapján is. Ehhez elsőnek a GNSSnet.hu weboldalról kellett letöltenem az adatokat. Megadtam azon pontom földrajzi koordinátáit, ahová generáltatni szeretném a fiktív állomást, valamint a letölteni kívánt adatok kezdő- és vég időpontját, adat rögzítési időközt, milyen alaprendszerek műholdjai alapján történjen a számolás és egyéb adatok. Szükség van regisztrációra a letöltéshez, amely során felhasználó nevet és jelszót kapunk, ezt megadva megtörténik a generálás és az állomány közvetlenül letölthető vagy elküldhető e-mailben. Két különböző időponthoz töltöttem le adatokat, elsőnek a felmérési hálózatom első ciklusának számításához, másodszor pedig a második ciklus és a depó méréséhez. Összesen nagyjából másfél óra adat, értéke pedig 2300 Ft. Az LGO szoftverrel újra kiszámoltam az összes mérésemet, de most referenciapontnak a virtuális állomás adatait használtam. A 9-es és 10-es számú Digitális mellékletben megtalálhatóak a jegyzőkönyvek.



6.3 ábra – Virtuális RINEX adatok beállítása

6.1 táblázat – Utófeldolgozási technikák összehasonlítása (Saját bázis – Virtuális RINEX)

Psz.	Saját bázis			Virtuális RINEX			Δy (m)	Δx (m)	ΔH (m)
	y (m)	x (m)	H (m)	y (m)	x (m)	H (m)			
1	651902.83	206081.83	96.70	651902.84	206081.84	96.66	-0.01	-0.01	0.04
2	651915.74	206031.64	96.54	651915.75	206031.64	96.51	-0.01	0.00	0.02
3	651966.78	206011.35	95.79	651966.78	206011.35	95.78	-0.01	0.00	0.01
4	652006.21	206035.05	96.58	652006.22	206035.05	96.59	-0.01	-0.01	-0.01
5	652005.89	206067.87	96.69	652005.90	206067.87	96.70	0.00	0.00	-0.01

A 6.1-es táblázatban jól láthatóak a különbségek a felmérési alappontjaim koordinátái között, ha a kiértékelés során a saját bázist vagy a virtuális RINEX adatok alapján történt a számítás. Az különbségek szórása 1 cm, a legnagyobb eltérés 4 cm, de ez magasan kiugrik a többi között, jellemzően 1 cm a differencia.

6.3 Ellenőrző hossz-szelvény (Ellenőrző-vonal)

6.3.1 Ellenőrző-vonal mérése és számítása

Szakedolgozatom témájának, valamint az alkalmazandó módszerek megbeszélése során konzulenseim javaslatára egy ellenőrző hossz-szelvény (későbbiekben: ellenőrző-vonal) mérést terveztük a terepen, amely alapján összehasonlítható a mérőállomásos és GPS-es magasságmeghatározás. Ehhez a bánya területén kiváló alapot szolgáltatott egy csomagoló üzem betonozott előtere, ahol festékekkel egy 47 pontból álló, 33 méter hosszú vonalat jelöltünk meg. A burkolat miatt nem volt szükség pontjelölések elhelyezésére, elegendő volt azok helyét megfűjni zöldre. A mérőállomással történő felmérést a 10000-es számú szabad álláspontból hajtottuk végre, annak helyét úgy választottuk meg, hogy onnan a vonal látható legyen. A pontszámozást 3000-tól kezdtük ezzel megkülönböztetve a depó részletpontjaitól.



6.4 ábra – Alapvonal mérése

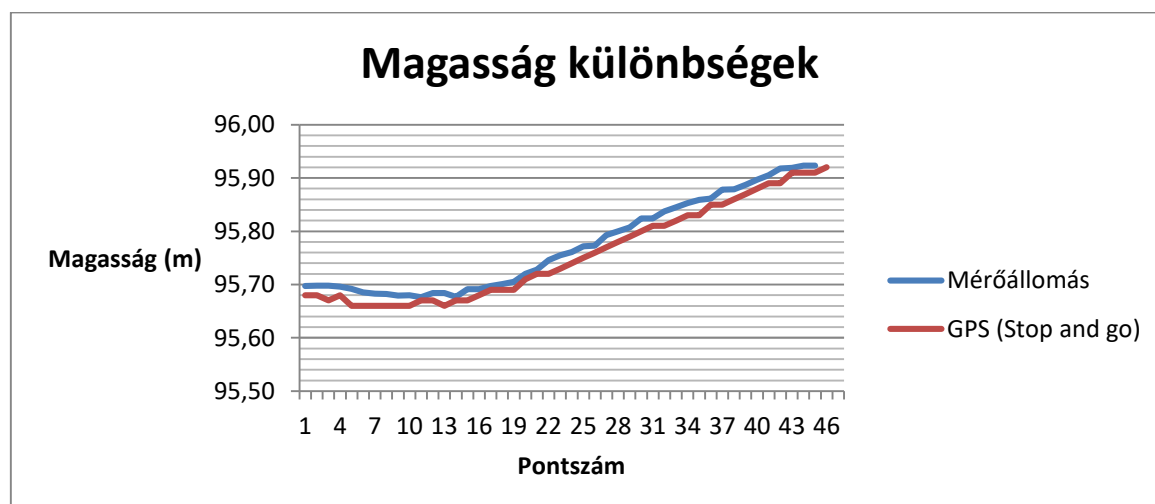
Ezt követően kétféle GPS-es módszer következett; elsőnek 2 méteres tartórúdra helyeztük az antennát és félkinematikus módszerrel (Stop and go) rögzítettük a pontok helyzetét, majd pedig következett a folyamatos kinematikus mérés. Az ellenőrző-vonalon a vevő berendezéssel a hátamon végig sétáltam oda-vissza. Az adatrögzítési időköz egy másodperc volt, lassan haladtam, de még így is csak körülbelül 30 ponttal rögzítettem a vonalat egy irányban. Az észlelések rögzítése automatikus volt, ezért nem minden esetben esik egybe a pontok helye a referenciapontokéval.

A kiértékelések során a mérőállomásos koordináta-jegyzékéből kivágtam a 3000-es pontszámmal kezdődő pontok koordinátáit, majd a félkinematikus és folyamatos GPS mérésekből azon pontokat, amelyek előtt „v” és „s” betűk voltak.

6.3.2 Ellenőrző-vonal eredményei

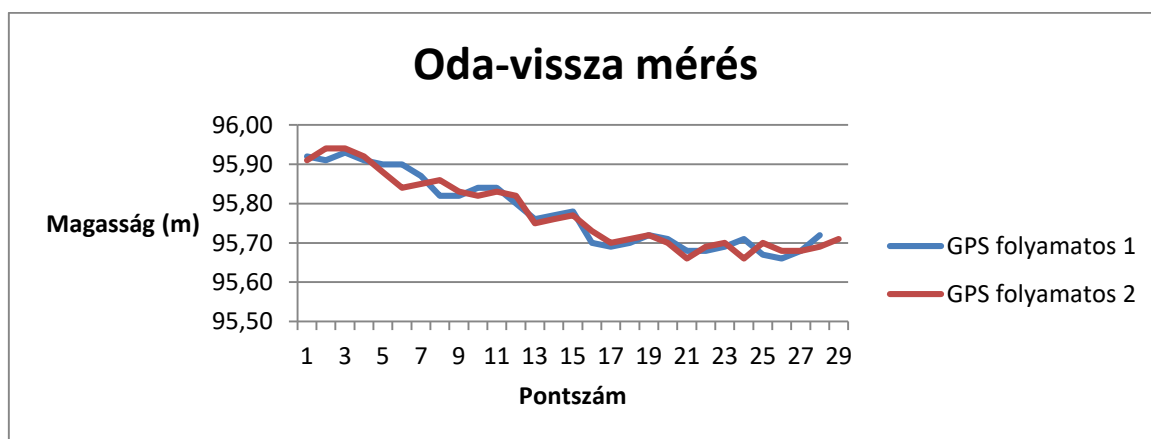
Három különböző mérési módszerrel határoztuk meg ugyanazon pontok magasságát; mérőállomással (jelzése: TPS), félkinematikus GPS-szel (jelzése: Stop and go) és folyamatos GPS módszerrel (jelzése: „hátizsákkal”). A kapott eredmények összehasonlítása során a prizmával mért pontokat vettem etalonnak. A stop and go módszer és a mérőállomással meghatározott pontok esetén a különbségek átlaga 18 mm, szórása 7 mm, terjedelme 6-32 mm közötti intervallum.

6.2 táblázat – Mérőállomás és félkinematikus GPS módszerrel mért magasságok összehasonlítása



Folyamatos kinematikus mérési módszer esetén oda-vissza sétáltam az alapvonalon, de az automatikus pontszámozás miatt ki kellett válogatnom, hogy melyik ellenőrző ponthoz melyik GPS pont tartozik. Az etalon és a „hátizsákos” módszernél a magasság különbségek átlaga csak 9 mm, szórása 17 mm, terjedelme 0-38 mm közötti intervallum. Mindkét vonal z értékeit átlagoltam, az eredmények között az eltérés 4 mm.

6.3 táblázat – Folyamatos GPS mérés magasságai oda-vissza az alapvonalon



6.4 táblázat – Mérőállomás és félkinematikus GPS magasságok különbsége az ellenőrző-vonal pontjain

Psz.	Módszerek		Magasság különbség
	TPS	Stop and go	
	H (m)	H (m)	ΔH (m)
1	95.697	95.680	0.017
2	95.698	95.680	0.018
3	95.698	95.670	0.028
4	95.696	95.680	0.016
5	95.692	95.660	0.032
6	95.685	95.660	0.025
7	95.683	95.660	0.023
8	95.683	95.660	0.023
9	95.677	95.670	0.007
10	95.682	95.660	0.022
11	95.679	95.660	0.019
12	95.680	95.660	0.020
13	95.676	95.670	0.006
14	95.684	95.670	0.014
15	95.684	95.660	0.024
16	95.677	95.670	0.007
17	95.691	95.670	0.021
18	95.691	95.680	0.011
19	95.697	95.690	0.007
20	95.701	95.690	0.011
21	95.705	95.690	0.015
22	95.720	95.710	0.010
23	95.728	95.720	0.008

Psz.	Módszerek		Magasság különbség
	TPS	Stop and go	
	H (m)	H (m)	ΔH (m)
24	95.746	95.720	0.026
25	95.755	95.730	0.025
26	95.761	95.740	0.021
27	95.772	95.750	0.022
28	95.773	95.760	0.013
29	95.793	95.770	0.023
30	95.800	95.780	0.020
31	95.807	95.790	0.017
32	95.824	95.800	0.024
33	95.824	95.810	0.014
34	95.837	95.810	0.027
35	95.845	95.820	0.025
36	95.853	95.830	0.023
37	95.859	95.830	0.029
38	95.861	95.850	0.011
39	95.878	95.850	0.028
40	95.879	95.860	0.019
41	95.887	95.870	0.017
42	95.897	95.880	0.017
43	95.905	95.890	0.015
44	95.918	95.890	0.028
45	95.919	95.910	0.009
46	95.923	95.910	0.013
47	95.923	95.910	0.013

6.3.3 Antenna magasság meghatározás

A folyamatos kinematikus mérés során a műszerben antenna magasságnak mindkét vevő esetén 2 métert adtunk meg, ez nem tükrözi a valóságot. Ahhoz hogy a valós értéket számítani tudjuk a terepen méréseket hajtottunk végre. Az ellenőrző-vonal 3000-es számú pontján hátizsákkal félkinematikus mérést végeztünk úgy, hogy a pont minden esetben a lábunk sarkánál volt és ezt minden égtáj felé megismételtük. Minden ilyen testhelyzetben másodpercenként történt az adatrögzítés, ezt négyszer megismételve negyedfordulatonként. A folyamatot mindkét vevővel megismételtük, hogy számíthassam a különbséget a megadott antennamagassághoz képest, mind a konzulensem, mind pedig a saját hátizsákom esetén.

A feldolgozást követően rendelkezéseimre álltak az ellenőrző pont koordinátái és magasságai. A különbség számításához az adatokat excel táblában jelenítettem meg, ahol ugyanazon pontnak 20 magassági adata volt, majd azok alapján átlagos magasságot számoltam, ezzel megkaptam a referenciapont „hátizsákos” magasságát. Nemcsak a testhelyzetből adódó eltérések okoznak különbséget a folyamatos kinematikus módszernél. A GPS feldolgozás során a VITEL szoftver transzformációs hibája is magassági eltérést okoz akármilyen módszerről is legyen szó.

Antenna magasság számításhoz etalonnak a mérőállomással meghatározott magasságot vettem, abból levonva a kapott H-t számítottam azt az értéket mellyel az összes folyamatos kinematikus mérést meg kellett javítanom. Konzulensem esetén a differencia -43 mm, míg nálam -13 mm. A különbségekkel megjavítottam az összes folyamatos kinematikus mérésem magassági értékét.

7. Földtömeg-számító szoftverek bemutatása, alkalmazása

A feldolgozást követően rendelkezésemre állt ugyanannak a depónak a három különböző módszerrel meghatározott pontfelhője, amelyből a térfogatszámítást végre lehet hajtani. Három különböző szoftverrel hajtottam végre a földtömegszámításokat, minden programban mindhárom mérési formát kiértékeltem. A következőekben a programokat és a számítás menetét mutatom be.

Minden program esetén szükség van egy alapfelülethez, amelyhez képest történik a számítás, ha a bányamérésről van szó, akkor a kezdetkor definiálnak egy alapfelületet, amelyhez képest később megtörténik a számítás. Ha ez nem áll rendelkezésünkre, akkor a depó körvonalának pontjait ki kell gyűjteni és azok magasságait egyszerűen átlagolni kell, az így kapott értékhez képest történik majd a térfogatkülönbségek számítása. Esetemben ez a magasság 96.48 méter.

7.1 ITR5

Az Interaktív Térképszerkesztő Rendszer (ITR) egy hazai cég a Digicart Kft által készített és forgalmazott szoftver. A cég 1990 óta foglalkozik programfejlesztéssel és földmérési munkák végrehajtásával egyaránt. Az ITR legújabb verziója az 5-ös, amely 2010 őszén jelent meg, a korábbi verziók is széles körben terjedtek el a hazai földmérők között. Az új program sok újítással rendelkezik, amelyek segítségével megkönnyítik a felhasználók munkáját. Számomra a legszimpatikusabb fejlesztés a hossz-, keresztshelvényező és földtömegszámító modul, amellyel lehetséges az általam mért depó térfogatának a kiszámítása. A modullal a következő feladatok készíthetők el:

- hossz-shelvény,
- keresztshelvény készítés,
- felületgenerálás (TIN)
- földtömeg-számítás (különböző modellek alapján),
- szintvonalak generálása.

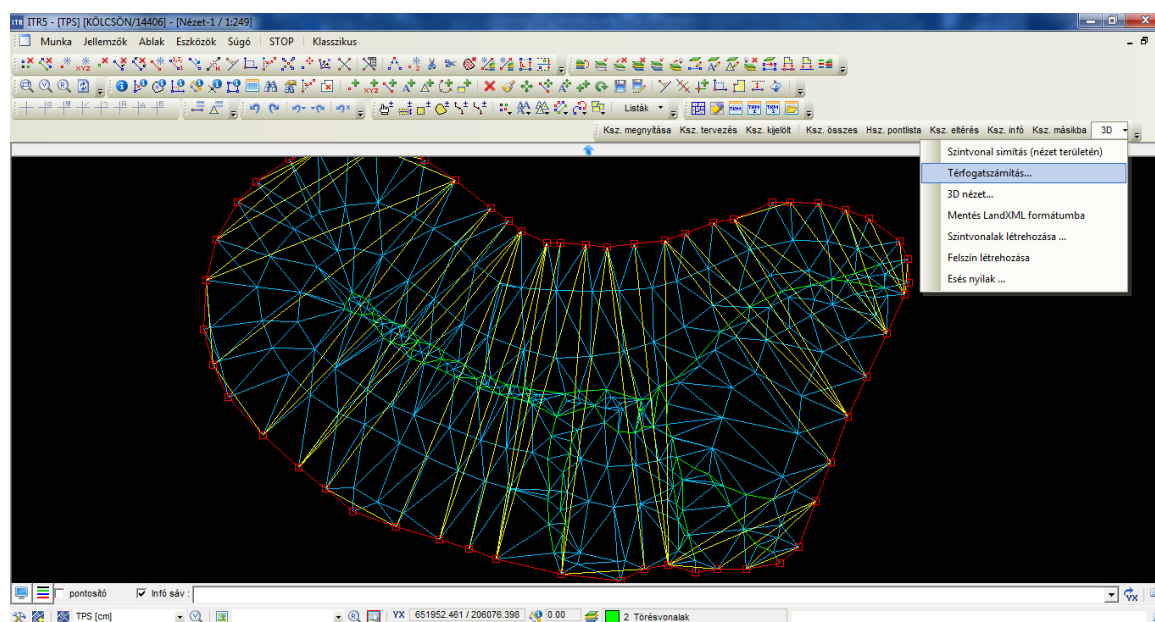
Szakdolgozatom során mért depó földtömegének a kiszámítását elvégeztem az ITR5 – tel, amelyhez szoftvert és hardverkulcsot a Digicart Kft-től kaptam kölcsön. A korábbi verziókkal tanulmányaim során már megismerkedtem, a legújabb típus kezelése egyszerűbb, a szerkesztő eszközök használata könnyebb, praktikusabb. A program

megnyitása után egy alap sablont hoztam létre, ahol hat darab réteget definiáltam, ezekre lesz szükség a depó szerkesztése során. Ezt követően betöltöttem a szükséges koordináta-jegyzéket. Elsőnek a mérőállomással mért 330 darab pontot importáltam a programba. A pontfelhőt megjelenítettem, ezt követően megkezdhettem a szerkesztést, „keret” rétegben „új vonal” szerkesztő funkciót használva megrajzoltam a depóm körvonalát, majd a „törésvonalak” rétegben a fő jellemző töréseket. Itt

Sz	Rétegnév	Vonalstílus	Szín	Feliratt
1	Keret	1:0.18 folytonos	1	1:1.50 álló
2	Törésvonalak	1:0.18 folytonos	3	1:1.50 álló
3	TIN változás előtt	1:0.18 folytonos	2	1:1.50 álló
4	TIN változás után	1:0.18 folytonos	140	1:1.50 álló
5	Hossztengely	1:0.18 folytonos	130	1:1.50 álló
6	Keresztengely	1:0.18 folytonos	74	1:1.50 álló

7.1 ábra – Rétegek a szerkesztéshez

jegyezném meg tapasztalatként, hogy a könnyebb szerkesztés érdekében érdemes egyedi pontkóddal ellátni a részletpontokat, ha azok idomvonalon vannak, hisz a rajzoláskor jól megkülönböztethetőek a többitől. Rétegek között szerepel még a TIN háléhoz szükséges vonalréteg a változás előtt és után, valamint a hossz-, és keresztmetszvények szerkesztéséhez. A kezdeti rajzolásokot követően már csak néhány lépés és eljutunk az



7.2 ábra – TIN hálók a mérőállomások állományában

eredményhez. Elsőnek meg kell nyitni a keresztmetszvény, földtömeg eszköztárat, majd a 3D menüpont alatt a felszín létrehozását kell választani. Itt történik a TIN rétegek létrehozása, amely alapján a térfogatszámítás történik, első körben, egy a keret pontjait használó alaphálót hozunk létre, majd pedig a törésvonalakat is figyelembe vevő, változás utáni TIN hálót. Ezeket területszámítással lehet ellenőrizni, hogy ne legyenek benne átfedések, hibák. A 7.2-es ábrán sárga színnel jelennek meg a keret pontjait felhasználó

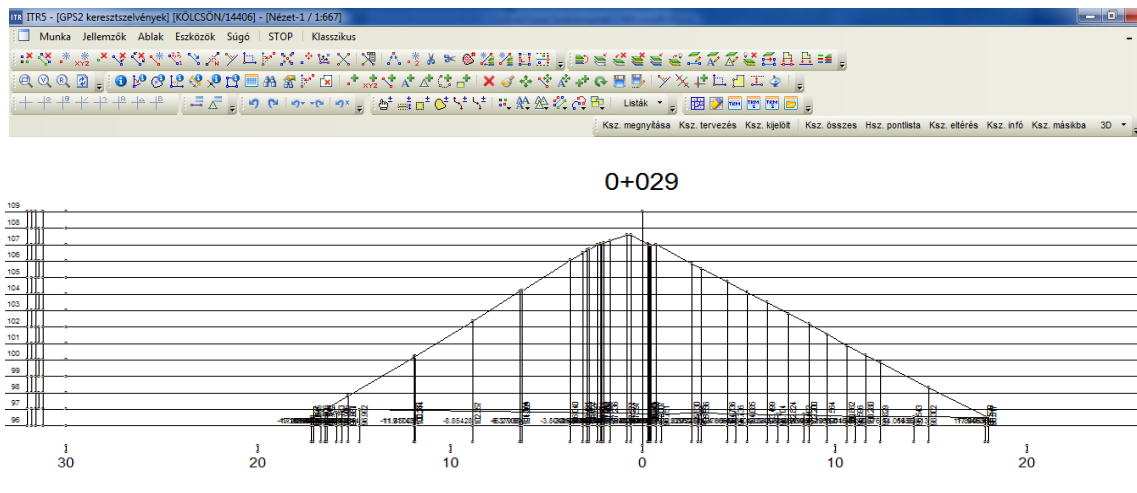
háromszög-hálók, kék színnel pedig a törésvonalak alapján generált valós felszín. A következő lépésben szintén a 3D menüponton belül a térfogatszámítás funkciót kell választani, ahol meg kell adni az aktuális földhalom keretének a rétegét, a változás utáni (valódi) TIN háló rétegét, illetve a referencia felületet, hogy mihez képest történjen a különbségképzés. A földtömeget kiszámítottam a számolt referenciamagassághoz (96.48 m) képest, illetve a keretpontokból generált felülethez viszonyítva is. Eredményeket egyszerű szöveges formátumban ki lehet importálni. Az ITR5 program újdonsága a hossz- és kereszt-szelvények készítése, amely segítségével is ki lehet számítani a térfogatot. Ehhez szintén létre kell hozni egy hossz-szelvény és egy kereszt-szelvény réteget. Első lépésben egy vonalat kell húzni a hossz-szelvény rétegben azon felület „fölött” amit szelvényezni szeretnénk, ez akár tört is lehet. A „Ksz. tervezés” funkciót használva meg kell adni a hossz-tengelyünk vonalát a térképen, majd a megfelelő paraméterek beállítása után a program végrehajtja a kereszt-szelvények szerkesztését. Esetemben a szelvényezés távolsága 1 méter, hossza pedig 30-30 méter balra és jobbra, rétege a „kereszt-tengely”. Az utolsó lépésben történik a végső szerkesztés végrehajtása a „Ksz.összes” menüpont alkalmazásával, Itt meg kell adni értelemszerűen a rétegek számát, amelyben történt a szerkesztés. A szoftver lehetőséget biztosít a töltés-bevágásokat tartalmazó jegyzőkönyv és a szelvények külön állományban történő mentésére. A különböző típusú munkák során sokszor szükség lehet kereszt-szelvények létrehozására, amelyeket a programmal könnyedén létre lehet hozni.

Mind a három különböző felmérési módszerrel létrehozott pontfelhő térfogatát kiszámítottam a szoftverrel; mérőállomás (jelölése: TPS), 1 másodperces folyamatos GPS (jelölése: GPS1) és a 2 másodperces folyamatos GPS (jelölése: GPS2) mérés. Programon belül pedig három különböző számítási lehetőséget is kipróbáltam, viszonyítási felületnek használtam egyszer a 96.48 méter magasságú vízszintes síkot, majd csak a keretpontokból álló TIN hálót és végül a kereszt-szelvényezés módszerét.

A 7.1-as táblázatban a kapott eredményeket mutatom be:

7.1 táblázat – ITR5 szoftverrel számított térfogatok (m3-ben) különböző referenciasíkok beállítása esetén

Felmérési módszer azonosítása	Referencia felület típusa		
	96.48 mBf vízszintes sík	Keretpontokból generált TIN	Keresztszelvényezésből adódó síkok
GPS1	9991	9863	9860
GPS2	9980	9780	9771
TPS	10271	10125	10120



7.3 ábra – Keresztszelvény az ITR5-ben

A különbségek elég nagyok, ezek abból adódnak, hogy az alapfelületben lévő 10 cm-es különbség is már komoly térfogatkülönbséget eredményez. Későbbi összehasonlításokhoz az első oszlop eredményeit vettem alapul a többi szoftverrel szemben.

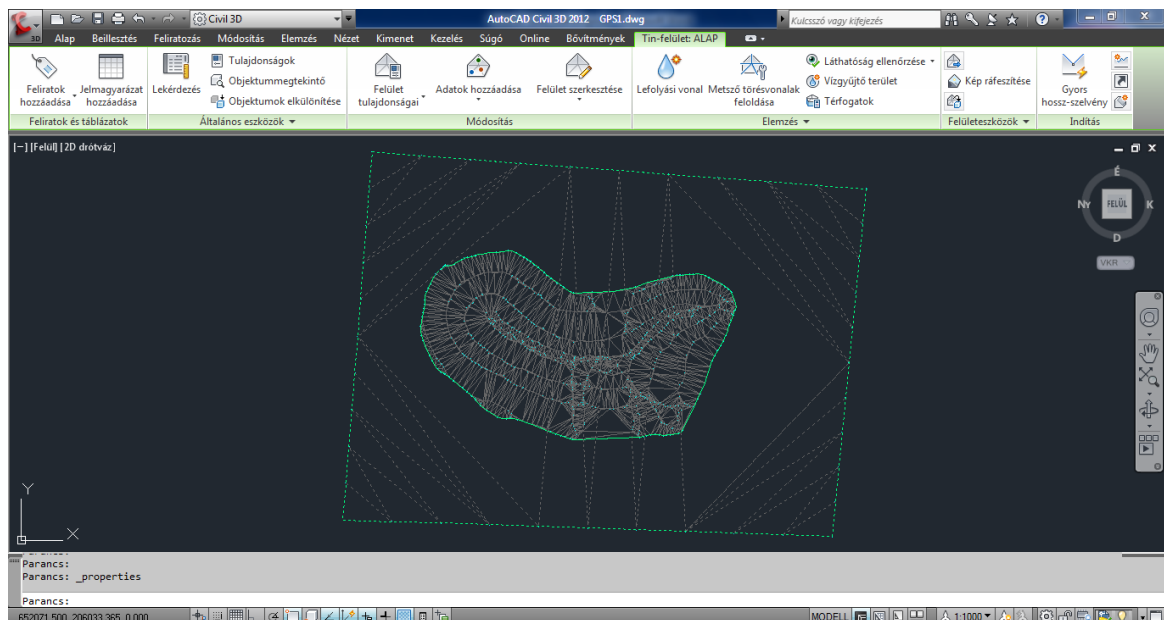
7.2 AutoCAD szoftverek

Világszerte vezető építőipari, gépipari, kivitelezési és szórakoztatóipari 2D és 3D tervezőszoftverek gyártását végző Autodesk, Inc. a fejlesztője az AutoCAD termékcsaládnak. A cég 1982 óta van jelen a piacon, azóta teszi lehetővé, hogy a szakemberek még a megvalósulás előtt megtekinthessék, megtapasztalják a terveket. Az AutoCAD szoftverkinálata olyan funkciókkal segíti a tervezők munkáját, amelyekkel

időtakarékossá és zökkenőmentesé teszik a munkafolyamatot. A kínálat sokrétű, földtömegszámításhoz én a Civil 3D 2012 és a Land Desktop 2009 programokat használtam. A szoftverek teljes értékű oktatási verzióját a cég hazai weboldaláról a diákok ingyenesen letölthetik és használhatják.

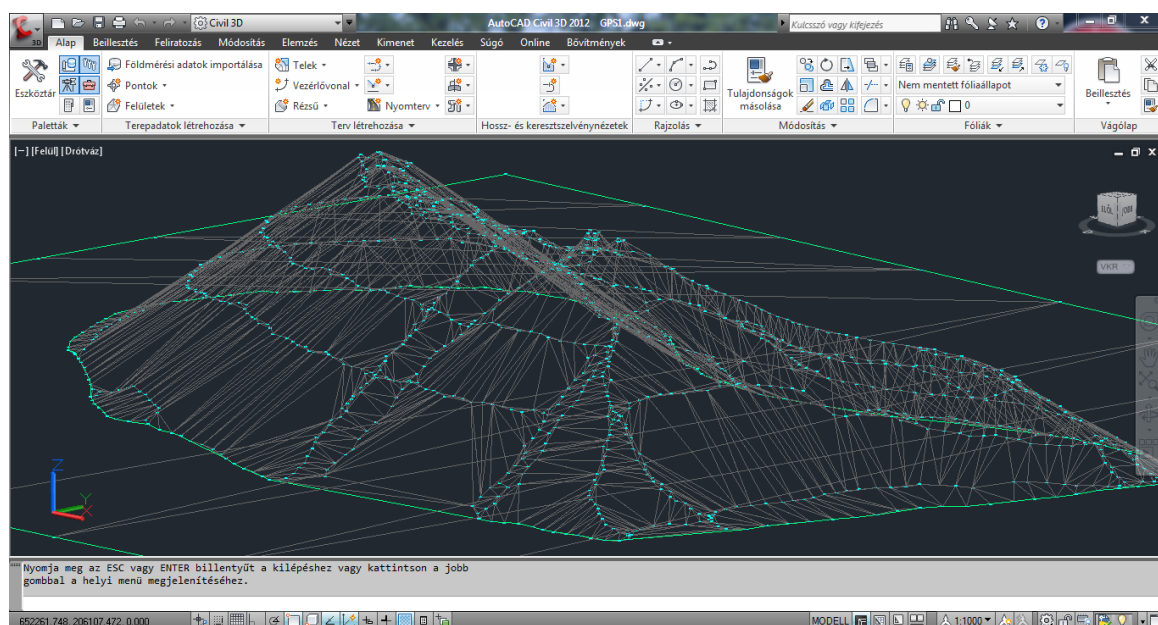
7.2.1 Civil 3D

A szoftver rendkívül sokféle tervező feladat megoldására alkalmas, elsősorban vonalas létesítményeknél használják. Az egyik lehetséges elemzési módszer a térfogatszámítás különböző felületek között, ezt használtam fel az általam felmért depó földtömegének a kiszámításához. Első lépésben létre kellett hoznom egy felületet, paraméterek beállításainál alapszintközne 30 cm-t és 5 méteres főszintvonalakat állítottam be. Ezt követően beimportáltam a pontfelhőt, vagyis a részletpontok koordinátáit, beállításoknál arra kellett figyelni, hogy a koordinátákat a szoftver ne cserélje fel a betöltés során. A depó a képernyőn szintvonalas ábrázolással jelenik meg, alapszintköz, fő és mellék szintvonalak tulajdonságai bármikor megváltoztathatóak. A pontok magasságai alapján a program automatikusan megszerkeszti a felületet, nincs szükség törésvonalak megadására.



7.4 ábra – Alapfelület és viszonyítási felület 1 másodperces GPS mérés esetén

Hátránya a műveletnek, hogy kevés számú részlet ismerete esetén félredefiniálja a felületet és az nem a valóságnak megfelelően képződik le. Ilyenkor szükséges a manuális korrekció, amely során a mérőállomással mért 330 pontos állományomban korrigálnom kellett az észak-keleti oldalon egy törésvonalat. Következő szerkesztése művelethez a felület szerkesztésen belül a vonal törlés funkciót kell választani és törölni azon háromszög oldalakat, amelyek a kereten kívül kerültek megrajzolásra, ehhez elsőnek a pontokat kell megjeleníteni a szintvonalas rajzban. Jól kivehetőek azon elemek, amelyek a határoló vonalon kívül helyezkednek el, ezek eltávolítása után a felület a valóságnak megfelelően képződik le. A programban ezt követően egy alapfelszint kell létrehozni, amelyhez képest a térfogatszámítás megtörténik. Ezen állományba olyan pontfelhőt importálunk mely pontok négyszög alakú keretet alkotnak a depónk körül és azonos 96.48 méteres magassággal rendelkeznek. A megjelenítésben nem látunk csak TIN háromszögeket, hiszen ez sík felület. Ha megjelenítettük mindkét felületet, akkor az



7.5 ábra – 3D ábrázolás az 1 másodperces GPS mérés pontjaival együtt

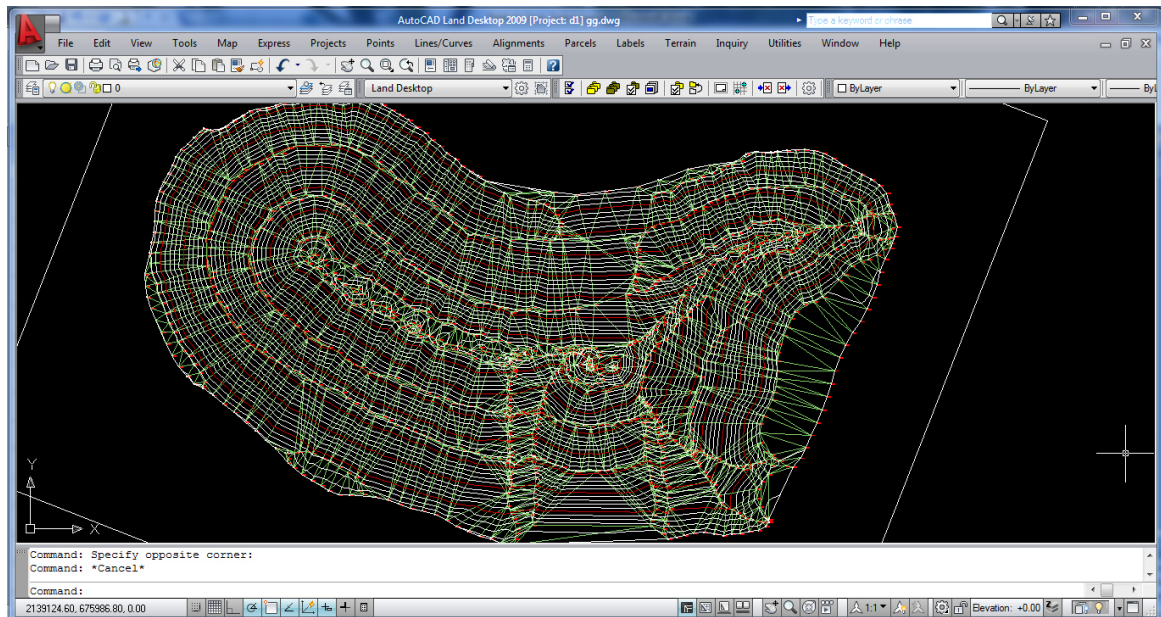
elemzés menün belül a térfogat funkciót alkalmazva megadjuk a viszonyítási felületünket és az alapfelületünket, majd a szoftver elvégzi a számítást és megjelenik a végső térfogat. A jegyzőkönyvet egy egyszerű szöveges formátumba lehet kimenteni, amely tartalmazza a töltés-bevágás értékeket és a nettó térfogatot. Az 1 és 2 másodperces mérés részletpontjait ugyanígy számítottam ki, azzal a különbséggel, hogy a sűrűbb felszíni

mérések miatt a felület megfelelően generálódott le a programban, csak a kereten kívüli háromszögoldalakat kellett eltávolítani.

7.2.2 Land Desktop

Ez a szoftver az egyik alapja a később kifejlesztésre került Civil 3D-nek. A Land Desktop is egy tervező program, mellyel főként vonalas létesítmények helyszínrajzai, szelvényezése készíthető el. A térfogatszámítást itt is két felület különbségeként végzi el, de a folyamat és a lépések eltérőek az előző fejezetben ismertetett verzióhoz képest.

Első lépésben egy új projektet kell létrehozni, valamint a megfelelő paramétereket kell megadni, mint például, hogy a mértékegység méter, vonatkoztatási rendszer Hungary legyen. Ezt követően létre kell hozni két felületet, amelyekbe betöltjük a pontfelhőket, egyszer a depó részletpontjait, másikba pedig az alapfelület azonos magasságú pontjait. A



7.6 ábra – Szintvonalrajz + TIN háromszögek az LDT programban

szintvonalak beállításait külön menüpont alatt találjuk, ahol meg kell adni a különböző szöveges megírások tizedeseinek és a vonalsimítás értékét. Ezután már létre lehet hozni a felületeket a szintvonal létrehozás menüvel. Ez a program is generál háromszögeket a kereten kívülre, ezért első lépésben itt is megjelenítjük a pontokat és azok magasságait, majd pedig töröljük a határon túli vonalakat. Ezt követően generáljuk a három dimenziós poligont és megadjuk a programnak a keretet, amely határolja a felületünket, az új elemek miatt újra kell építeni a szintvonalas rajzot. Mérőállomással mért állomány esetén a rajz itt is eltér annál a bizonyos törésvonalnál a valóságtól, ezért ott manuálisan megváltoztattam a szintvonalakat.

Rendelkezésünkre áll mind a két felület, amely alapján történik a térfogatszámítás. Meg kell adni a számítás paramétereit, tizedes jegyek számát, megírások formáját, majd körbehatároljuk a felületet egy négyszöggel. A térfogatszámítás menüben megadjuk a felületeket, majd egy külön gombbal lefut a számítás. A jegyzőkönyvet egy egyszerű szöveges állományba tudjuk exportálni a programból. A szoftver jól alkalmazható, de tapasztalatom alapján a többihez képest hosszadalmasabb és bonyolultabb a kezelése.

8. Összehasonlítások, eredmények

A mérési munka, kiértékelés, feldolgozás és a különböző szoftverekkel történő számítások végrehajtását követően rendelkezésemre áll az-az információ, amelyet célomul tűztem ki a szakdolgozati témaválasztás során. Földtömegszámítás során nagyon kell ügyelni a pontosságra, arra hogy a tényleges valóságot mérjük és ábrázoljuk, hiszen ezek alapján történik a bányá vagy egyéb ágazat esetén a kitermelés ellenőrzése vagy éppen a fuvarozó vállalatok bérének számítása.

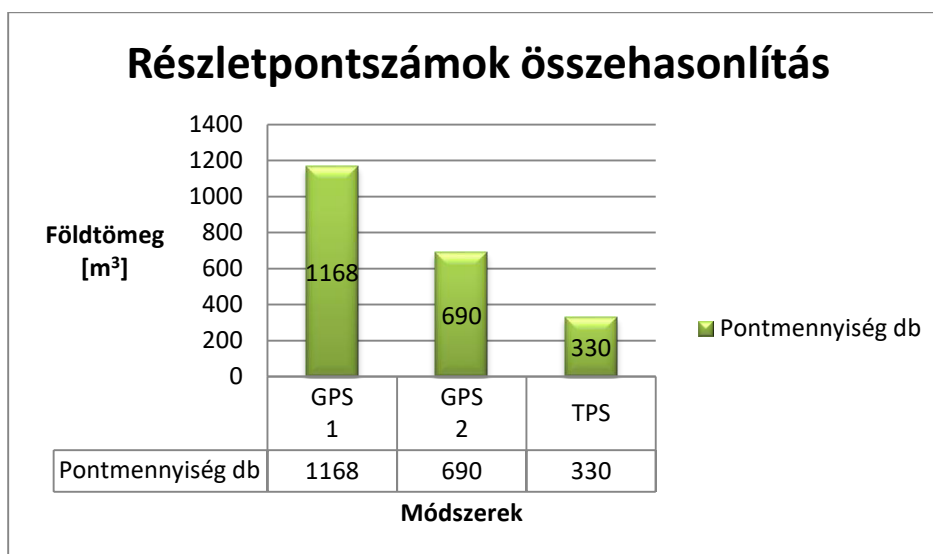
8.1 Mérési módszerek összehasonlítása

Felmérési hálózat meghatározása során mérőállomással és a félkinematikus módszerrel lettek az alappontok meghatározva. Időben gazdaságosabb a GPS technika a különbség negyed óra, de költségesebb, hiszen szükség van egy bázis vevőre vagy az aktív hálózat adataira, amelyek mindkét esetben plusz kiadással járnak. Különbségek a kétféle módszerrel meghatározott koordináták között:

8.1. táblázat – Felmérési hálózat pontjainak összehasonlítása (Mérőállomás - Félkinematikus GPS)

Psz.	TPS			GPS			Δy (m)	Δx (m)	ΔH (m)
	y (m)	x (m)	H (m)	y (m)	x (m)	H (m)			
1	651902.83	206081.83	96.72	651902.83	206081.83	96.70	0.00	0.00	0.02
2	651915.77	206031.64	96.56	651915.74	206031.64	96.54	0.00	0.01	0.02
3	651966.79	206011.35	95.81	651966.78	206011.35	95.79	0.01	0.01	0.02
4	652006.21	206035.05	96.60	652006.21	206035.05	96.58	0.00	0.00	0.02
5	652005.89	206067.85	96.70	652005.89	206067.87	96.69	0.00	-0.02	0.02

8.2 táblázat – Részletpontszámok összehasonlítása



Depó részletes felmérése szintén mérőállomással, illetve folyamatos kinematikus méréssel történt. A prizmával történő részletpontok rögzítése 2.5 órát vett igénybe, ezzel szemben a hátizsákkal történő séta 20 perc volt. Az 1 és 2 másodperces adatrögzítésű GPS módszereknél az adatmennyiség majdnem feleződik a két időköz esetén. Mérőállomás használatakor viszont sűrűbben kéne részletpontot rögzíteni, mivel a szoftverek számára ritka a pontfelvételezés nem ad valóságos eredményt, de az még több idővesztéssel járna. A hátizsákos módszereknél mindkét esetben elegendő pont lett mérve, talán csak annyi az előnye a másodpercenkénti mérésnek, hogy gyorsabban lehet haladni. Gazdaságossági szempontból szintén a műholdas technika a kedvezőbb hiszen a feldolgozáshoz szükséges adatok megvásárlása kisebb összegbe kerül, mint hagyományos módszerrel végig mérni a depókat és fizetni a béreket. A bázisvevő és az aktív hálózat használata közötti anyagi összefüggést a 6.2.2-es fejezetben ismerttettem.

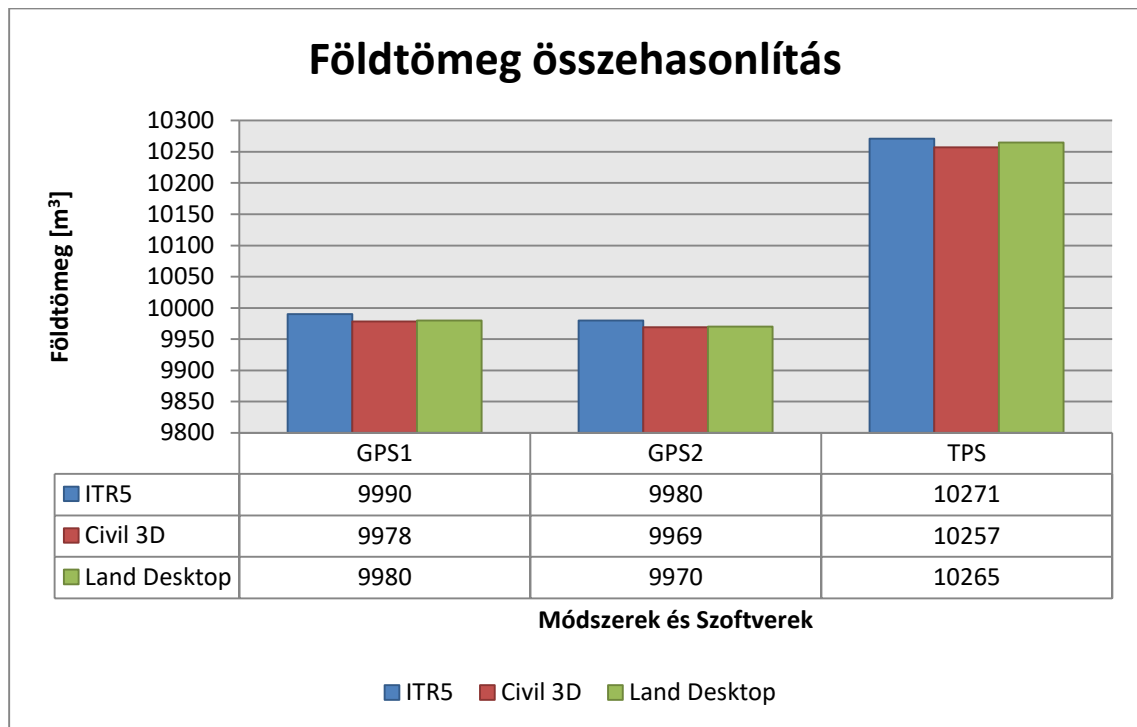
8.3 táblázat – Felmérési módszerek összehasonlításának összefoglalása

Összehasonlítási szempontok	Felmérési módszerek		
	Mérőállomás (jelzése:TPS)	1 s adatrögzítésű folyamatos GPS (jelzése: GPS1)	2 s adatrögzítésű folyamatos GPS (jelzése: GPS2)
Felmérés időtartama (perc)	150	20	20
Részletpontok száma (db)	330	690	1168
Minimális személyzet (fő)	2	1	1
Gazdaságos	nem	igen	igen
Pontsűrűség	kevés	megfelelő	megfelelő

8.2 Számítási módszerek összehasonlítása

Az elmúlt időszakban megismerkedtem három különböző szoftverrel olyan mélységben, hogy azokkal a depóm térfogatát ki tudjam számolni. Mindegyik programmal mindhárom mérési módszerből kapott pontfelhőből adódó térfogatot kiszámoltam. Az eredményeket a következő táblázatban foglalom össze:

8.4 táblázat – Térfogat összehasonlítás az egyes mérési- és számítási módszerek között a 96.48 mBf síkot választva referenciafelületnek



A 8.3-as táblázatban látszódik, hogy a programok között a maximális eltérés 10 m³ körüli érték, amely elhanyagolható egy közel 10000 m³ nagyságú depó esetén. A GPS-es technikák esetén az adatrögzítési időközöknél elhanyagolható a különbség (~20m³), bár az adatmennyiség feleződik. Ellenben, mint azt az előbb már írtam, másodpercenkénti rögzítésnél nem kell ügyelni a tempóra. A mérőállomással (jelzés: TPS) mért depó eltérése jelentősebb, ennek okát az előző fejezetben (8.1 fejezet) írtam le.

Kezelhetőség szempontjából a Civil 3D volt a legkönnyebb, hiszen nincs szükség törésvonalak megadására, de a keretet itt is utólag ki kell javítani. ITR 5-ös szoftver és földtömegszámító modulja egy egészen új fejlesztés, ellenben nagyon jól és könnyedén kezelhető, egyedüli hátránya számomra a felszíni formák definiálásához szükséges vonalak megrajzolása, de ezek szerkesztését a helyszínen pontkód megadásával

könnyíthetjük. Dokumentálás terén a hazai szoftver nyújtja a legkedvezőbb lehetőséget; esetében egy szöveges dokumentum tartalmazza részletesen a töltés-bevágás és nettó térfogatok jegyzékét, illetve egy minden háromszögre kiterjedő részletes dokumentációt.

8.5 táblázat – Szoftverek összehasonlítása

Szoftverek	Összehasonlítás	
	Előny	Hátrány
ITR5	Könnyű kezelhetőség	Törésvonalak rajzolása
	Teljesen magyar menü	
	Részletes jegyzőkönyv	
AutoCAD Civil 3D	Feladat megoldása néhány lépés	Egyszerű dokumentáció
	Gyors munkavégzés	
	Széleskörű feladatok	
	3D látványtervek	
	Könnyű kezelhetőség	
AutoCAD Land Desktop	Széleskörű feladatok	Bonyolultabb lépések
		Egyszerű dokumentáció

9. Összegzés, köszönetnyilvánítás

Szakdolgozatom készítésének a végéhez értem. Visszagondolva az elmúlt néhány hónapra, sok új és hasznos ismerettel és kapcsolattal gyarapodtam. A kezdetben megfogalmazott céljaimat úgy érzem elértem, a tőlem telhető alapossggal jártam körbe a témát és dolgoztam fel az információkat. Utólag sem bántam meg, hogy a földtömegszámítást választottam tárgykörömnek.

Kezdetben nehezen láttam át, hogy miről is szeretnék írni, de belemerülve a szakirodalomba és a számításokba, formát öltött a tartalomjegyzék. A munka előrehaladtával egyre fokozódott a lelkesedésem, még az utolsó pillanatban is változtatásokat eszközöltem a tartalomban.

A terepi mérés során konzulensem Tóth Károly volt a fő mentorom, aki tanácsaival és szakértelmével irányította a felmérést és a témával kapcsolatos elméleti fejezetekben is nagy segítségemre volt. A szakmai részek és elméleti anyagoknál Dr. Busics György volt pártfogóm, kinek segítségére bármikor számíthattam. Ez úton is szeretném megköszönni azt, hogy a szabad idejüket rám fordították és mindig rendelkezésemre álltak. Külön köszönet Szatmáry Zsombor évfolyamtársamnak, aki a felmérésnél volt segítségünkre. A szoftveres feldolgozáshoz a Digicart Kft rendelkezésemre bocsájtotta legújabb szoftverét és a hozzá szükséges hardverkulcsot a munka idejére, illetve Sipos Ágoston, szakközépiskolai tanárom, a cég szoftverfejlesztő munkatársa mutatta meg a számítás végrehajtását a programmal. Köszönöm nekik is és minden tanáromnak, szakértőnek a segítséget és a jó tanácsokat.

Mindemellett megköszönöm családomnak, barátaimnak, évfolyamtársaimnak a támogatást és segítséget munkám során.

10. Irodalomjegyzék

Felhasznált irodalom:

- Dr. Hoványi Lehel: Bányamérés, Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1968.
- Dr. Hoványi Lehel: Külfejtéses bányák felmérése, Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1979.
- Böhm J. - Buócz Z. - Csőke B.: A kavicsbányászat környezeti hatásai
- Busics György (2011): Geodéziai hálózatok NymE-GEO jegyzet. Székesfehérvár 2011
- Busics György (2011): Műholdas helymeghatározás NymE-GEO jegyzet. Székesfehérvár 2011.
- Csepregi Szabolcs, Gyenes Róbert, Tarsoly Péter (2011): Geodézia I. NymE-GEO jegyzet. Székesfehérvár 2011.
- Tarsoly Péter (2011): Geodéziai II. NymE-GEO jegyzet. Székesfehérvár 2011.

Internetes források:

- www.wikipedia.hu
- www.lasselsberger.hu
- www.mbfh.hu
- www.autocad.hu
- www.digicart.hu
- www.tankonyvtar.hu
- www.gnssnet.hu

Ábrák forrásai:

- 2.1 ábra – Bányatérkép részlet (XVII. Homok, Kavics Bányatelek Kiskunlacháza) - AutoCAD
- 3.1 ábra – Osztályozó – Saját felvétel
- 3.2 ábra – Kotrógép és szállítószalag – www.lasselsberger.hu
- 3.3 ábra - Kavicsbányászat technológiai vázlata - Böhm J. - Buócz Z. - Csőke B.:
A kavicsbányászat környezeti hatásai

- 3.4 ábra - Bányató és környezete - Saját felvétel
- 3.5 ábra – Kotrógép - Saját felvétel
- 3.6 ábra - Kiskunlacháza és környéki bányatavak – Google Maps
- 3.7 ábra - Rekultivált, horgászati célra hasznosított bányató - Saját felvétel
- 4.1 ábra – Tájékozás – www.tankonyvtar.hu
- 4.2 ábra - Síkbeli hasonlósági transzformáció - www.tankonyvtar.hu
- 4.3 ábra - Derékszögű koordinátamérés - www.tankonyvtar.hu
- 4.4 ábra - Poláris mérés elve - www.tankonyvtar.hu
- 4.5 ábra - GNSS infrastruktúra felépítése - www.tankonyvtar.hu
- 4.6 ábra - Permanens állomás (Székesfehérvár) – www.gnssnet.hu
- 4.7 ábra - Aktív magyar hálózat állomásai – www.gnssnet.hu
- 4.8 ábra - Geoidunduláció értelmezése – www.tankonyvtar.hu
- 5.1 ábra – XVII. számú Bányatelek teljes területe – Google Maps
- 5.2 ábra – Lasselsberger Hungaria Kft bányauzeme, osztályozó szekció – Google Maps
- 5.3 ábra – Leica műszerek (balra GPS500, jobbra 1205) – Saját felvétel
- 5.4 ábra – Alappontjaim elhelyezkedése a depó körül (előzetes meghatározási terv) – Google Maps, AutoCAD
- 5.5 ábra – Pontjelölés – Saját felvétel
- 5.6 ábra – Mérés a 4-es számú ponton - Saját felvétel
- 5.7 ábra – Stop and go a felmérési pontokon - Saját felvétel
- 5.8 ábra – Depó mérése mérőállomással - Saját felvétel
- 5.9 ábra – Depó folyamatos statikus mérése - Saját felvétel
- 6.1 ábra – GeoCalc hálózatkiegyenlítés - GeoCalc
- 6.2 ábra – Depó részletpontjainak számítása 1000-es referencia pontról - LGO
- 6.3 ábra – Virtuális RINEX adatok beállítása – www.gnssnet.hu
- 6.4 ábra – Alapvonal mérése - Saját felvétel
- 7.1 ábra – Rétegek a szerkesztéshez – ITR5
- 7.2 ábra – TIN hálók a mérőállomásos állományban – ITR5
- 7.3 ábra – Keresztszelvény az ITR5-ben – ITR5

- 7.4 ábra – Alapfelület és viszonyítási felület 1 másodperces GPS mérés esetén – AutoCAD Civil3D
- 7.5 ábra – 3D ábrázolás az 1 másodperces GPS mérés pontjaival együtt – AutoCAD Civil 3D
- 7.6 ábra – Szintvonalrajz + TIN háromszögek az LDT programban – AutoCAD Land Desktop

Táblázatok:

- 3.1 táblázat – Termelési módszerek és gépek - Böhm J. - Buócz Z. - Csöke B.: A kavicsbányászat környezeti hatásai
- 6.1 táblázat – Utófeldolgozási technikák összehasonlítása (Saját bázis – Virtuális RINEX) - Excel
- 6.2 táblázat – Mérőállomás és félkinematikus GPS módszerrel mért magasságok összehasonlítása - Excel
- 6.3 táblázat – Folyamatos GPS mérés magasságai oda-vissza az alapvonalon - Excel
- 6.4 táblázat – Mérőállomás és félkinematikus GPS magasságok különbsége az ellenőrző-vonal pontjain - Excel
- 7.1 táblázat – ITR5 szoftverrel számított térfogatok (m³-ben) különböző referenciasíkok beállítása esetén - Excel
- 8.2. táblázat – Felmérési hálózat pontjainak összehasonlítása (Mérőállomás - Félkinematikus GPS) - Excel
- 8.2 táblázat – Részletpontszámok összehasonlítása - Excel
- 8.3 táblázat – Felmérési módszerek összehasonlításának összefoglalása - Excel
- 8.4 táblázat – Térfogat összehasonlítás az egyes mérési- és számítási módszerek között a 96.48 mBf síkot választva referenciafelületnek - Excel
- 8.5 táblázat – Szoftverek összehasonlítása - Excel

11. Mellékletek

Nyomtatott formában:

1. Meghatározási terv a felmérési hálózatról
2. Meghatározási terv a szabad álláspontokról
3. A vízszintes hálózatkiegyenlítés jegyzőkönyve (Felmérési hálózat)
4. A magassági hálózatkiegyenlítés jegyzőkönyve (Felmérési hálózat)
5. Részletpont-számítás jegyzőkönyve (minta)
6. Koordináta-jegyzék (minta)
7. Földtömeg-számítási jegyzőkönyv ITR5 (minta)
8. Földtömeg-számítási jegyzőkönyv Civil 3D
9. Földtömeg-számítási jegyzőkönyv Land Desktop

Digitálisan leadott munkarészek:

1. GPS nyers mérési adatok
2. TPS nyers adatok (gmj)
3. Felmérési hálózat kiegyenlítési jegyzőkönyvek
4. Meghatározási tervek
5. Mérési jegyzőkönyv (Leica 1203)
6. Mérési jegyzőkönyv (Leica GPS500)
7. Részletpont-számítási jegyzőkönyv
8. Meghatározási terv a GPS mérésekről
9. Koordináta-jegyzékek
10. ITR 5 állományok
11. AutoCAD Civil 3D állományok
12. AutoCAD Land Desktop állományok
13. Excel állományok (táblázatok, grafikonok)
14. Szöveges állományok