

Nyugat-magyarországi Egyetem
Geoinformatikai Kar

Korszerű technológia alkalmazása egy horgásztó felmérésénél

TDK DOLGOZAT

Konzulens:

Dr. Busics György
egyetemi docens

Szakter Roland
földmérő mérnök

Készítette:

Bódy András
földmérő/földrendező

Székesfehérvár
2014

Tartalomjegyzék

BEVEZETÉS	3
1 A PALOTAVÁROSI TAVAK	5
2 A HIDROGRÁFIAI FELMÉRÉSEK LEHETSÉGES MÓDJAI	6
2.1 A MEDERFELMÉRÉS KORÁBBAN KIALAKULT MÓDSZEREI	6
Feldolgozás és megjelenítés	7
2.2 KORSZERŰ MEDERTÉRKÉPEZÉSI MÓDOK	8
2.2.1 Szonár technológia	8
2.2.2 Távérzékelés – LIDAR	10
3 ADATGYŰJTÉS	11
4 A TÓPART ÉS A TÓMEDER FELMÉRÉSE	12
4.1 TÓPART FELMÉRÉSE UTÓFELDOLGOZÁSOS GPS-MÉRÉSEL	12
Leica 520, a partméréshez használt GPS vevő	13
4.2 MEDERPÁSZTÁZÁS MÉLYSÉGMÉRŐVEL ÉS GNSS VEVŐVEL	14
4.2.1 A mederpásztázás eszköze, Ohmex Sonar Mite	15
4.2.2 A helymeghatározás eszköze, Sokkia GSR2700 ISX-, GNSS vevő	16
5 MODELLEZÉSI FOLYAMATOK VÉGREHAJTÁSA	18
5.1 A GPS-MÉRÉS FELDOLGOZÁSA A LEICA GEO OFFICE PROGRAMMAL	18
5.2 MODELLEZÉS ÉS 3D MEGJELENÍTÉS A SURFER11 PROGRAMMAL	20
5.3 SZERKESZTÉS ÉS MEGJELENÍTÉS AZ AUTOCAD CIVIL3D, 2011 SZOFTVERREL	22
AutoCAD, AutoGEO kiegészítő programcsomag használata a számítási és modellezési feladatokhoz	23
5.4 3D MEGJELENÍTÉS AZ ESRI ARCGIS10 SZOFTVERREL	25
6 A TÓFELMÉRÉS EREDMÉNYEINEK ÉS TAPASZTALATAINAK ÖSSZEGZÉSE	27
6.1 A MÉRÉSI MÓDSZER ÉRTÉKELÉSE	27
6.2 A MEGJELENÍTÉSI MÓDSZEREK ÉRTÉKELÉSE	30
6.3 KITEKINTÉS A TECHNOLÓGIA FELHASZNÁLÁSI LEHETŐSÉGEIRE	33
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	35
IRODALOMJEGYZÉK	36
NYOMTATOTT IRODALOM	36
INTERNETES FORRÁSOK	37

Bevezetés

A TDK dolgozat elkészítéséhez olyan témát kerestem, amely újításokat tartalmaz, innovatív megoldásokat jelent a geodézia fejlődésére. A földi felmérési módok közül a műholdas-helymeghatározással végzett technológiák iránt voltam leginkább érdeklődő. Ebben a témakörben egy olyan integrált felmérési módot kerestem, amely kibővíthető, a későbbiekben tovább fejleszthető technológiát támogat.

A szonáros felmérésnél ezek a feltételek valósulnak meg, ugyanis a GPS vevő, mint közvetett eszköz szerepel a felmérésben. A térbeli pozíció meghatározásának pontossága viszont nincs összhangban a módszer pontosságával. Amennyiben precíz meghatározás történik a felmérés során, a térbeli pozíció pontossága túlzottan nagy lesz a szonáros felméréshez képest és a felmérés anyagi ráfordítása is jelentősebb.

A megfelelő felmérési technológiára, gazdaságossági, pontossági és mérés technikai szempontból a dolgozat egy szubjektív rávilágítást ad. A munka során nem volt lehetőségem valamennyi megoldás gyakorlati bemutatására és tapasztalatok gyűjtésére, de hosszabb távon ennek vizsgálta előnyére válhat a technológiát használni kívánóknak.

A készen vásárolható szonárt, alacsonyabb költségű, de bizonyos kritériumok mellett használható eszközre lehetne kicserélni. Ez az eszköz lehetne a halradar.

A halradar használatának azonban több technikai nehézsége is akadt, amelyek aztán eltántorítottak, és egy célszerűbb, szakszerűbb eszköz használatára sarkalltak. Problémát jelentett, hogy, a halradar pontossági adatai a 30-50 cm-es tartományba estek, amely kisebb pontosságú, így a feldolgozás során helytelen terepmodellt tudtam volna belőle előállítani, illetve megoldásra várt, hogy a mélységi adatokat nem tudom helyhez kötni. Egy csónakos felmérésnél ennek a munkafolyamatnak a kivitelezése nem lett volna ésszerű és megoldható.

A Közép-dunántúli Vízügyi Igazgatóság, Balatoni Vízügyi Kirendeltsége a Balaton folyamatos felvételezésével foglalkozik, ezért a tulajdonában van egy nagy pontosságú mélységmérő szonár. Konzulenseim révén sikerült elérni, hogy a mérés idejére megkapjam a szonárt és a hozzá tartozó GNSS vevőt.

A mérés megvalósításának technikai feltételei vannak, ilyen például a megfelelő időpont kiválasztása is. A Horgász Egyesületek Fejér Megyei Szövetségének, mint a tó kezelőjének

meggyőzése könnyedén sikerült, de természetesen a horgászat iránt elkötelezett vendégekre is figyelemmel kellett lenni, amely nem kis feladat, hiszen sokan szabadságot vesznek ki azért, hogy egy napot a tóparton töltsenek.

A műholdas-helymeghatározás akkor alkalmazható jól, ha a vevő égboltra való kilátása szabad. Erre a partvonal mérésekor, valamint a parthoz közeli vízi felméréskor egyaránt szükség van. Célszerű volt olyan helyszínt választani, ahol nincsenek belógó fák, a vízi növényzet pedig nem burjánzott el túlságosan a parthoz közeli területen.

A palotavárosi tó valamennyi szempontnak megfelelt, így a már korábban meghatározott technológiával a felmérést el tudtam végezni.

A TDK dolgozatomban a palotavárosi tó felmérésével, annak feldolgozásával foglalkozom és szakirodalmi illetve tapasztalati úton a technológia tovább fejlesztésére, alacsonyabb költségű megoldására, illetve a mérés pontosságának növelésére fordítok hangsúlyt.

Céлом, hogy rávilágítsak arra, milyen lehetőségek vannak a szonárral való felmérésben és milyen fejlesztésekhez tudnék javaslatot tenni a módszer tökéletesítéséhez.

1 A palotavárosi tavak

A horgászto-rendszer Fejér megyében, Székesfehérváron, a város nyugati részén helyezkedik el, Palotaváros külső peremén, a székesfehérvári-komáromi vasútvonal mentén. Kialakítása a városépítési projekt keretében történt, a palotavárosi (korábban Lenin-) lakótelep építéséhez szükséges földet innen termelték ki és a hátrahagyott gödör képezte a tómeder alapját. Az 1986-ban megadott üzemeltetési engedélyben, mint lakótelepi jóléti tavak kerültek engedélyeztetésre. A tó halállományban változatos, ponty, amur, csuka, és keszeg halfajták mellett további halfélék is élnek benne, s az évenkénti telepítésnek hála, a populáció egyre gyarapszik.

A tóegység két tavat foglal magában, amelyek között vízszintszabályozó zsilip gondoskodik a megfelelő vízszint eléréséről. A tavak víztáplálását a Gaja-patak látja el, amely a Keleti-Bakony egyik legfontosabb vízfolyása.



1.1. ábra: A palotavárosi tavak a Google Föld programban és egy szabad hozzáférésű turista térképen (www.terkepcentrum.hu)

Az északi tóegységbe (I.-es tó) a Gaja-patak 5+060-as szelvényében lévő vízkivételi zsilipen keresztül kapcsolódik. A déli tóegység (II.-es tó) délkeleti részén vízszintszabályozó és leeresztő zsilip található.

A két tó között kelet-nyugat irányban a Varga-csatorna halad át, amely korábban az I.-es számú tavon folyt keresztül, de a tóegységek kialakításakor, a csatorna medervonalát a Jancsár-árokban vezették át úgy, hogy keresztezi az I.-es és II.-es tóegységet összekötő bujtatót.

2 A hidrográfiai felmérések lehetséges módjai

2.1 A mederfelmérés korábban kialakult módszerei

Vízi műtárgyak létesítéséhez elengedhetetlenül fontos a mederfenék topográfiájának ismerete. Ennek meghatározására különböző eljárásokat dolgoztak ki. A szárazföldi felméréshez képest speciális mérési körülmények vannak, amelyeknek technikai megoldása új mérési módszerek kidolgozását igényelte. Sekély vízmélységnél és alacsony sodrásnál elképzelhető, hogy a hagyományos felmérési módszerrel (gyalogos bejárással) megmérhető a meder, de ha a vízmélység meghaladja az ember számára járható vízszintet, akkor csónakos felmérésre van szükség. Így azonban a helyhez-között mélységi adatok tárolása jelenthet problémát, különösen nagy kiterjedésű tavak esetén.

Valamennyi ismertetett módszerre igaz, hogyha az iszapszintet szeretnénk mérni, akkor két mérésre van szükség, ugyanabban a pozícióban. Az egyik mérésnél egy síklappal ellátott rúdvégre van szükség, amely felfekszik a mederfenékre. A másik mérésnél a rúd végének hegyesnek kell lennie és azt enyhén a mederbe kell nyomni. A rúdon végzett két leolvasás különbsége az iszapszint vastagsága.

Hossz- és kereszt-szelvény felvételezése

A folyó, vagy csatorna hossz-tengelyének irányában, a part mentén kialakítható egy mérési vonal, amelynek kezdőpontját és töréspontját valamilyen hagyományos geodéziai eljárással meghatározzuk és helyi rendszerbeli koordinátákkal látjuk el, nevezzük ezt a vonalat alapvonalnak. Ezt követően a két pont között valamennyi pont egyik koordinátája a kiindulási ponttól való távolsággal egyenlő. A másik koordinátát a kiválasztott kereszt-szelvény alapvonalától való távolságával határozhatjuk meg. Ennek mérését a vízparttól való távolság függvényében, acéldróttal, vagy akár egy egyszerű mérőszalaggal is elvégezhetjük. A mélységi adatot a szintezőlécen, vagy szondarúdon olvashatjuk le.

Sokszögeléssel egyidejűleg végzett felmérés

A mérés módszere megegyezik a hagyományos vonalas létesítmények felméréséhez, alappontokat kell állandósítani a folyószakasz mellett. A folyó hossz-tengelyének irányában alappontokat jelölünk ki és a sokszögelés után, vagy akár azzal egy időben részletmérést is végzünk.

Raszter-háló kijelölésével történő medertérképezés

A megoldás lényege, hogy egy hálózatot kell kialakítani a tó körül. A felmérés meggyezik a hagyományos szárazföldi területszintezés módszerével. A hálózat tengelyeinek végpontját hagyományos geodéziai módszerrel meg kell határozni. A tengelyek végpontjait a szárazföldön ki kell tűzni, a mérés idejére pedig a jobb láthatóság érdekében kitűzőrúddal meg kell jelölni. Ezt követően egy szintezőléccel a tengelyek metszéspontjaiban kell mérést végezni, így a mélységi adathoz vízszintes értelmű koordináta rendelhető.

Poláris felmérés

Tómérésre a poláris bemérés egy elterjedt megoldás. A tó körül alapponthálózatot kell létrehozni, ezt lehet alappontsűrítéssel, vagy GNSS technológiával. Az álláspont meghatározása után, a részletmérés a hagyományos módon elvégezhető tahiméterrel, vagy mérőállomással.

Szondirtachigrafikus módszer

A felméréshez egy mérőhajóra valamint egy igen speciális, négy műszer funkcióját ellátó szondás-tachigrafra van szükség. A műszer egy mérőasztalon a távcső mozgatásának megfelelően folyamatosan rajzol, úgy, hogy egyszerre határozza meg az irányt, a távolságot, valamint a magasságkülönbséget, és mindezt azonnal rajzolja is a mérőasztalon.

Feldolgozás és megjelenítés

A fentiekben említett felmérési módszerek közös tulajdonsága, hogy valamilyen vonatkoztatási rendszerben szolgáltatnak adatokat, háromdimenziós értelemben. A vonatkoztatási rendszer lehet helyi, például a raszter felmérésnél, vagy ortogonális bemérésnél, szelvényezésnél. Országos rendszerbeli lehet, ha poláris bemérés során, az országos hálózatban lévő alappontok segítségével történik a felmérés.

A helyi rendszerben lévő koordináták országos rendszerbe történő transzformálását közös pontok segítségével tehetjük meg, képletekkel-, vagy szoftveres segítséggel egyaránt.

A létrehozott háromdimenziós koordinátákat grafikusán is meg tudjuk jeleníteni, erre szolgál a helyhez kötött mélységi adat mérése. A mért pontok felszerkeszthetők egy pontoleátára, vagy térképlapra. A felrakott pontok közé szintvonalas rajz szerkeszthető. Az így elkészült szintvonalrajz már egyértelmű képet adhat a mederfenék domborzati viszonyairól és további felhasználásra alkalmas.

2.2 Korszerű medertérképezési módok

2.2.1 Szonár technológia

A mederfelmérés korszerű megoldásához a távméréshez hasonlóan a fizika egyik alapösszefüggésének ismerete szükséges, amely így szól:

$$s = v * t$$

ahol az „s” az út, „v” a sebesség, a „t” pedig a közben eltelt időt jelöli.

A fenti képlet felhasználható a lézerefénnyel, vagy ultrahanggal történő távolságmérés esetén is. Fontos, hogy az út megtétele kétszer történik, mivel az elért tárgyról egy visszavert sugár érkezik a vevőbe.

Tehát a képlet helyesen az alábbi formában érvényesül:

$$D = \frac{1}{2} v * t$$

Itt a „D” a mért távolságot jelenti, a „v” a hang sebességét, a „t” pedig a hangterjedés közben eltelt időt.

Az ultrahangos vízmélység-mérő műszerek a gazdaságilag fejlett államokban, a tenger- és óceánparttal rendelkező országokban rendkívül elterjedtek, mivel új területek feltárásában tudnak segítséget nyújtani a víz alatti földfelszín topográfiájának meghatározásában.

Az ultrahang egyik fontos tulajdonsága a távolságmérésre való felhasználásban, hogy két, anyagában különböző szerkezet határáról visszaverődik. Ezt a tulajdonságát használják ki, különböző anyagok vastagságának meghatározásánál, mérésénél és a víz mélységmérése is egy ilyen meghatározásnak fogható fel.

Mint a legtöbb technikai újításnak, így az ultrahang felhasználásának is az egyik nagy területe a hadászat, a katonai célú felhasználás. A szonár felhasználását a második világháborúban a német katonai alakulat, az U-Boot flotta eredményesen használta. A német hadierő az ellenséges csapatok tengeralattjáróinak felderítését végezte vele.

A kibocsátott jel visszaverődési idejéből lehetett következtetni a tengeralattjáró távolságára, aminek ismerete az elhárításban, vagy ellentámadás indításában nagy segítséget jelentet.[http://bmfnik.hu/iar/2002_2003/ultrahang/ultrahang.htm]

A szonár vezérlését a GNSS vevőhöz való kapcsolódás mellett önálló mérőhajóra is felszerelik, ahol a műszer vezérlése teljesen automatikus. A mérőhajó irányítása pedig a partról történik. Egy olyan komplex számítógépes vezérlőegységről van szó, amely valós időben kapja az adatokat a mérőhajóról és az adatok feldolgozása folyamatosan történik a képernyőn. A valós idejű feldolgozás segíti a hajó irányítását, a bejárt útvonal-, tervezettől való eltérése alapján összehasonlítást lehet végezni, továbbá az esetleges mérési hibákat azonnal ki lehet javítani. Mérési hiba lehet, ha valamilyen felületről nem megfelelő módon verődik vissza a kibocsátott jel.

A szonáros műszerek között több kategóriát különböztethetünk meg, attól függően, hogy milyen fizikai tulajdonságokkal bírnak az adatgyűjtés szempontjából.

A legalacsonyabb kategóriába a hétköznapi életben is elterjedt halradarok tartoznak. Gazdaságos eljárás, objektív képet ad, a célnak megfelelő, de térképészeti célra nem használható fel, a mérési megbízhatósága miatt. Ezek a berendezések azt a célt szolgálják, hogy a horgász aktuális pozíciója körül megmutassa a halállomány nagyságát, a halak méretét, úgy, hogy a hal hátáról történik a jel visszaverődése. A talajról begyűjtött adatok alapján alkalmas a mélység mérésére is, de pontossága alacsonyabb, mint az e célra kifejlesztett műszereké. A műszer 200-450 kHz frekvencia között sugároz.

A térképezési célra fejlesztett szonár kétféle típusát különböztetjük meg. A mérés történhet egysugaras vevővel, amikor a felvételezési kúp nyílásszöge által lefedett terület pásztázása történik csak, amely egy pontból indul ki. Ezeknek a műszereknek a felvételezési pontosság +/- 0,02 m-re tehető.

Kisebb vízmélység esetén (0,2-100 méter) a 200-250 kHz-es tartományban, a 100 métert meghaladó víz esetén a 25-33 kHz-es tartományban történik az észlelés.

Speciális mérőhajók esetén a szenzorok elhelyezkedése legyező-szerű, vagy sávos elrendezésű lehet.

A mérés során a szonár és a GPS vezérlő kapcsolatban van, erre pedig azért van szükség, mert a szonár, az általa végzett mérés pillanatában jelet küld a vezérlőnek, hogy arra az

időpillanatra állítson elő koordinátákat. A GPS berendezés pedig a megadott impulzus hatására interpolál helyadatot a két szomszédos rögzítési pozíció alapján. Ezt a koordinátát rendeli hozzá a vevő a mélységi adathoz, a koordináta-jegyzékben pedig már csak ez a kész térbeli pozíció szerepel.

2.2.2 Távérzékelés – LIDAR

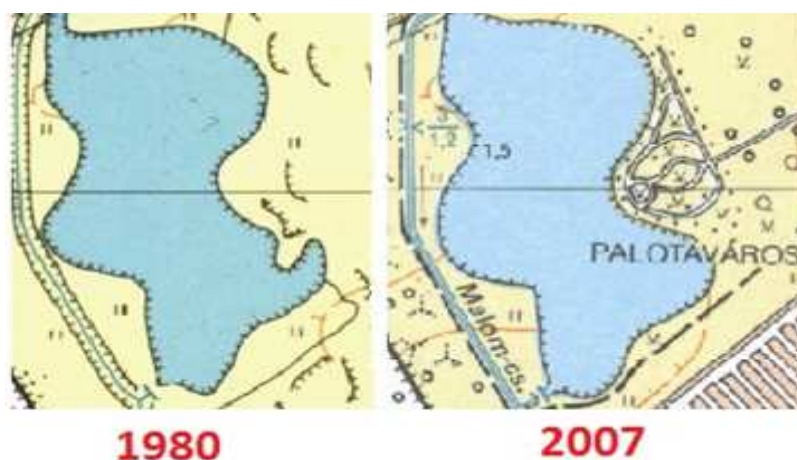
A LIDAR rendszereket felhasználják vízmélység mérésre is, a látható spektrumtartomány kék és zöld sávjában működnek ezek. A maximálisan mérhető vízmélységet jelentősen befolyásolja, hogy a víznek milyen az összetétele, mennyire tiszta.

A LIDAR kihasználása ott valósul meg, hogy a vevő képes különbséget tenni az első és az utolsó visszaverődés között, a kettő különbségéből tulajdonképpen a vízmélységet tudjuk számítani.

3 Adatgyűjtés

A területről sikerült beszereznem a korábban készített térképeket. Ezek tanulmányozása közben érdekes jelenségre lettem figyelmes. Az alábbi topográfiai térképeken jól megfigyelhető, hogy a déli tóegység délkeleti részén a tó a mai kontúrvonalához képest más formát mutat.

A topográfiai térképről a tóra vonatkozóan mélységi adat nem vehető le, de a két tóegység között, a Varga-csatorna zsilipjében egy alappont van megjelölve, ennek magassága ismert, de a pont ma már nem található meg.



3.1. ábra: A palotavárosi tó, különböző időpontban készült topográfiai térképen

Az első térkép 1980-ban készült, akkor, amikor a tó kialakítása zajlott. A térképet felújította a Kartográfia Vállalat és az Egységes Országos Térkép Rendszerbe átdolgozta 1987-ben. A polgári topográfiai térkép újbóli felújítására 2007-ben került sor. Ezen topográfiai térképen már a napjainkban is fellelhető alakja van a tónak.

A tó a nagyméretarányú, földmérési alaptérképen is fel van tüntetve, azonban természetesen erről magassági értelmű adat nem ismert. Említésre méltó továbbá az is, hogy a kataszteri térkép a jogi határt jelöli, a vízügy által meghatározott közepes vízszint felmérésével történt a térképezés.



3.2. ábra: Kataszteri térkép a palotavárosi tóról az ITR 5 programban, a rózsaszín réteg a medervonalat, a zöld pedig a töltéskoronát jelöli.

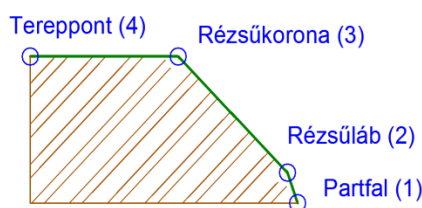
4 A tópart és a tómeder felmérése

A 3. pontban ismertetett felmérési módszerek mellett a technikai és informatikai fejlesztéseknek köszönhetően előtérbe került egy új felmérési módszer, ez a szonárral való felmérés. A terepfelvételezést a vízből egy mérőárbóc segítségével lehet végezni úgy, hogy a mélységméréssel egy időpillanatban-, helymeghatározás és regisztrálás is történik, szoftveres segítséggel. Ennek a technikának a részletezése az 5.2.-es alpontban történik.

4.1 Tópart felmérése utófeldolgozásos GPS-méréssel

A tó teljes felméréséhez szükség van a parti, illetve partközeli terület felmérésére is. A mérésre alkalmasak a hagyományos adatgyűjtő műszerek, valamint a GPS vevők is. A palotavárosi tó felmérésénél a GPS technológiával való terepfelmérést használtam, utófeldolgozásos kinematikus koncepcióval.

A felmérés során a partvonal irányára merőlegesen, szelvényekben történt a rögzítés. Minden szelvényben a partfal (1), a rézsúláb (2), a rézsűkorona (3) és egy tereppont (4).



4.1. ábra: A partméréskor mért tereppontok szemléltetése egy szelvényben.

A GPS vevő mérőképessé tételéhez az ideális mérési konfigurációs beállítások megtétele, a feldolgozás számára fontos, valamint a referenciaadatok letöltésekor lényeges. Az általam választott hagyományos, utófeldolgozásos kinematikus technológia azt jelenti, hogy a vevő mozgásban van, de egy statikus bázisállomás vagy permanens állomás is szükséges, mint a vektor kezdőpontja. A székesfehérvári mérés esetén a közeli „SZFV” permanens állomás volt a referenciapont, illetve az utófeldolgozás során kialakított virtuális pontról is történt vektorszámítás.

A mérési körülmények igazán jónak nevezhetőek, mivel-, folyamatos a műszer égboltra való kilátása, így maximális számú műholdat használhatott a meghatározáshoz.

A félkinematikus mérési módszer magában hordozza, hogy a mérés megbízhatóságáról csak a feldolgozást követően, utólag kapunk információt. Esetenként a hibás pontok

adatvesztést okozhatnak, adott esetben a mérés megismétlését kívánják, ami nagyobb távolságok esetén a termelői munkában gazdaságilag problémát jelenthet.

Felmértem a déli tőegységen található valamennyi műtárgyat is, a hozzá tartozó mesterséges partvonallal. Így a II. tőegység felső szakaszán lévő vízszintszabályozó zsilipet, valamint a déli részen lévő vízszintszabályozó és leeresztő zsilipet, a hozzá tartozó kibetonozott csatornatorkolattal.

Leica 520, a partméréshez használt GPS vevő

A partfelméréshez használt GPS a Leica cég által korábban gyártott 500-as sorozatú vevő. A sorozatban a második számjegy módosításával jelölik a típust. Így megkülönböztetünk 510-es vevőt, amely egyfrekvenciás, az 520-as számjelű kétfrekvenciás, utófeldolgozós vevőt. Az 530-as vevő RTK (Real Time Kinematic) üzemmódra is képes, vagyis valós idejű felmérésre. *[Geodéziai mérési praktikum, 2009]*

Az általam használt vevő, a Geoinformatikai Kar tulajdonában álló 520-as típus. Ez azt jelenti, hogy alkalmas valós idejű kinematikus felmérésre is. Természetesen a többi mérési módszerre is képes, így én az utófeldolgozós kinematikus felmérésre is, amelyet én is használtam.

A műszer az alábbi részekből épül fel:

1. GPS antenna, vevő
2. Csatlakozó kábelek
3. Vezérlő és akkumulátorok
4. Tartórúd
5. Libella és vezérlő tartó
6. Csatlakozó adapter
7. Hordozó táska
8. Modem
9. Antenna és rúd



4.2. ábra: Leica 520 GPS és tartozékai (Forrás: <http://munasurveying.com/files/leica-sr530-gps-l1-l2-rtk-base-and-rover-survey-set.jpg>)

A vevő összeállítását követően a mérési koncepció kiválasztása történik. Erre a tárolt módokon kívül lehetőség van saját beállításokra is új konfigurációt létrehozni. A méréshez én a PP_KIN, vagyis a kinematikus utófeldolgozós felmérési módot állítottam be.

4.2 Mederpásztázás mélységmérővel és GNSS vevővel

A palotavárosi tó mederfelmérésére a Közép–dunántúli Vízügyi Igazgatóság Balatoni Vízügyi Kirendeltség tulajdonában álló műszerkonstrukcióval volt lehetőségem.

A felmérést egy BIC245 típusú csónakból végeztem el, amelyre könnyedén felszerelhető és elhelyezhető volt valamennyi műszer és eszköz.

A GNSS vevő és a szonár érzékelő fejezete egy rúdon található, ennek a rúdnak a felrögzítésével, stabil pozícióba helyezésével lehet biztosítani a központos mérést. A központi vezérlő segítségével a szonárnál a rögzítési időközt kell beállítani. A csónak haladási sebességétől és a mederfenék részletességétől függően kell ezt az értéket állítani. A csónakkal való próbakör megtétele során megállapítható volt, hogy a 3 másodpercenkénti rögzítéssel, megfelelő sűrűségű pontfelhő mérhető.

A teljes műszerkapcsolat úgy épül fel, hogy egy GNSS vevő van elhelyezve egy rúdon, ami a csónakhoz stabilan rögzítve van. Ennek a rúdnak a másik végén van felcsavarozva a szonár fejezete, amely a mélységmérést végzi. A szonár vezérlését a Sonar Mite egység végzi, amely kábeles kapcsolatban van a fejezettel. A GNSS vevőhöz pedig tartozik egy vezérlő, amely bluetooth kapcsolattal kommunikál mind a vevővel, mind a szonár vezérlővel.

A GNSS vevő mobilinternetes úton a hazai aktív GNSS hálózathoz kapcsolódik, azaz



hálózatos RTK mérés történt.

4.3. ábra: A szonáros felmérésnél megvalósított kapcsolódási módok a műszerelemek között

A mérés úgy valósult meg, hogy a partvonallal párhuzamosan körbecsónakoztunk, állandóan tartva a parttól az 5-7 méteres távolságot. Erre szükség volt, mert a víz alatti növényzetet a csónakmotor hajtóműve felcsavarhatja és az komoly meghibásodást eredményezhet. Ezt követően a második körnél, újabb 5-7 méterrel a külső vonal mellett haladtunk úgy, hogy csónak irányítását a GNSS vevő vezérlőjén látható pillanatnyi pozíció alapján végeztem.

Azokra a területeket, ahova motorral hajtott csónakkal nem lehetett bejutni, ott evezőlapáttal történt a haladás. Az északi és délnyugati részen lévő zsilip közvetlen környezete a kibetonozott mederfenék miatt nem volt motorral járható. A délkeleti rész pedig a magas és hosszan benyúló víz alatti növényzet miatt nem volt hajózható.



4.4. ábra: Mederfelmérés Szakter Roland konzulenssel, a KÖDU-VIZIG BVK munkatársával

4.2.1 A mederpásztázás eszköze, Ohmex Sonar Mite

A tófelméréshez használ szonár egy térképezési célú mélységmérő műszer. Az Ohmex Ltd., angol vállalat által gyártott eszköz kimondottan geodéziai célú folyó- és tófelmérésre szolgál. Saját beépített akkumulátorral rendelkezik, ami a terepi munka során nagy előny, mivel tárolása nem okoz problémát. Az akkumulátor egész napos mérés idejére is tudja biztosítani a műszer áramellátását, ami miatt jól használható nagyobb területek felmérésére, anélkül, hogy a töltésről gondoskodni kelljen. A mélységi adathoz tartozó térbeli pozíció meghatározása GNSS vevő segítségével történik. A szonár érzékelő fejezete a csónak oldalára van felerősítve egy rúd végén. A rúd másik végén a GNSS vevő van rögzítve.

A szonár fejezete kábeles kapcsolattal – RS232C – csatlakozik a vezérlőegységhez, amely az adatok tárolását, továbbítását végzi, valamint az akkumulátor is ebben az egységben található.

Vezeték nélküli, bluetooth kapcsolat van a szonárvezérlő és a központi kontroller között. A kontroller egy másik csatornán, szintén bluetooth kapcsolattal a GNSS vevőhöz is kapcsolódik. Az adatok tárolása ebben a kontrollerben történik, ami egy „Archer” márkájú kézi számítógép. Operációs rendszere a Windows Mobile, amely jó megbízhatósággal végzi az adatok gyűjtését, a szonár és a GNSS vevő vezérlését.

A szonár mérési tartománya a 0,30 métertől a 75 méteres vízmélységig terjed, a víz összetételétől függően, a maximális mélységmérés távolsága csökkenhet. Gyári adatok alapján a pontosság +/- 0,025 méter.

4.2.2 A helymeghatározás eszköze, Sokkia GSR2700 ISX-, GNSS vevő

A meghatározást a Sokkia GSR2700 ISX típusú GNSS vevője végzi. A hétköznapi munkában igen elterjedt vevő azzal érdemelte ki a felhasználók figyelmét, hogy konstrukciójából adódóan, könnyen kezelhető a terepen.

A vevőben helyezték el az akkumulátort és az internet-kapcsolatot létesítő modem egységet is. A teljes fejezet magnéziumházas burkolat alatt található, ez vízállóságot és kisebb ütődés esetén védelmet biztosít a törés és repedés ellen.

A műszer hangüzenetekkel segíti a felhasználót, a LED izzóval szerelt, skálás beosztású visszajelző panelről pedig-, folyamatosan információt kaphat a felhasználó a vevő akkumulátor töltöttségi szintjéről, memória állapotáról, illetve a kommunikálásról a kezelővel, a műhold kapcsolatról.

A GNSS vevő önmagában kevés a feladathoz, ezért tartozik hozzá egy vezérlő-egység is. A Sokkia úgy fejlesztette ki ezt a konstrukciót, hogy a vezérlésre többféle eszközt is fel lehessen használni. A mérés során használt eszköz is egy ilyen kezelő volt. Az Archer márka által forgalmazott, kimondottan terepi körülmények közé létrehozott tenyérgep igen dinamikus és a vevőre optimalizálva használható. Kijelzője érintőképernyős, fóliázott, emiatt teljes vízállóságot biztosít. A gumi-bevonattal ellátott tenyérgep könnyű fogást és ütésállóságot ad, emiatt kimondottan alkalmas a csónakos mérés viszontagságaihoz.

A vevő egy fixen rögzített antennán, vagy jelrúdon helyezkedik el, amelynek hosszát meg kell határozni és a kezelő egységen lévő beállítások között meg kell adni. A magassági értelmű méréseknél nagy hibát okozhat, ha helytelen antenna-hossz van megadva.

A mérés során ez az érték a speciálisan elkészített árbóc hosszúsága volt, amelynek egyik végén a vevő helyezkedett el, a másikon pedig a szonár fejezete a víz alatt 20-30 cm-el.

A szonáros mérés csak valós idejű, azaz RTK, módszert tesz lehetővé, ezért valamilyen, azonnali korrekciós adatszolgáltatást végző bázist kell használni.

Erre alkalmas lehet egy másik vevő, amely egy már meghatározott referencia-ponton helyezkedik (hagyományos RTK) el, vagy egy szolgáltatáson alapuló állomás adatait vesszük át. (hálózatos RTK).

A hálózatos RTK úgy működik, hogy a vevő egy valós idejű, szolgáltatáson alapuló állomáshálózat adatait használja fel a pozíció meghatározásához. A meghatározáshoz szükség van egy, nagy területet (pl.: országos) lefedő állomáshálózatra és a hálózati pontok adatainak feldolgozását végző központra.

A korrekciós modell paramétereinek számítását a központ végzi el, itt meghatározásra kerülnek a GNSS hibaforrások. Ezt követően a felhasználó számára szükséges referencia adatok meghatározása történik, amely történhet egy valódi-, vagy virtuális referenciához. [Busics, 2010]

Az általam beállított **VRS koncepció** olyan mérési módszer, amikor a hálózatos RTK mérés során a mozgó vevő a navigációs pontosságú pozícióját elküldi a központ számára, az pedig egy virtuális referencia-pontot generál a munkaterület közelében, amihez számítja a fiktív mérési eredményeket és ezeket küldi a vevőnek. A módszer lényegében olyan, mint ha egyetlen saját referencia állomás adatait használná fel a vevő. A módszert később finomították, így ma már dinamikus. Ez azt jelenti, hogy hosszan elnyúló, nagy távolságú mérés esetén, automatikusan új virtuális referencia pont kerül generálására.

Az Ntrip mountpoint, **SGO_VRS-RTCM3.1-GLO** korrekciós adatcsomag került beállításra. Ez azt jelenti, hogy virtuális referencia-ponthoz képest történt a korrekciós paraméterek számítása. A virtuális pontot a navigációs pontosságú pozíció alapján interpolálta a központ a tényleges helytől 4 km-re eltolva. Az adatcsomag kód- és fázismérési adatokat is továbbít, a legújabb, 3.0-ás RTCM formátumban, a hármas szám a hálózatos RTK adattovábbításra utal. A vevő képes a GLONASS műholdak vételére is, ezért az adatcsomagban is ez az opció lett kiválasztva.

5 Modellezési folyamatok végrehajtása

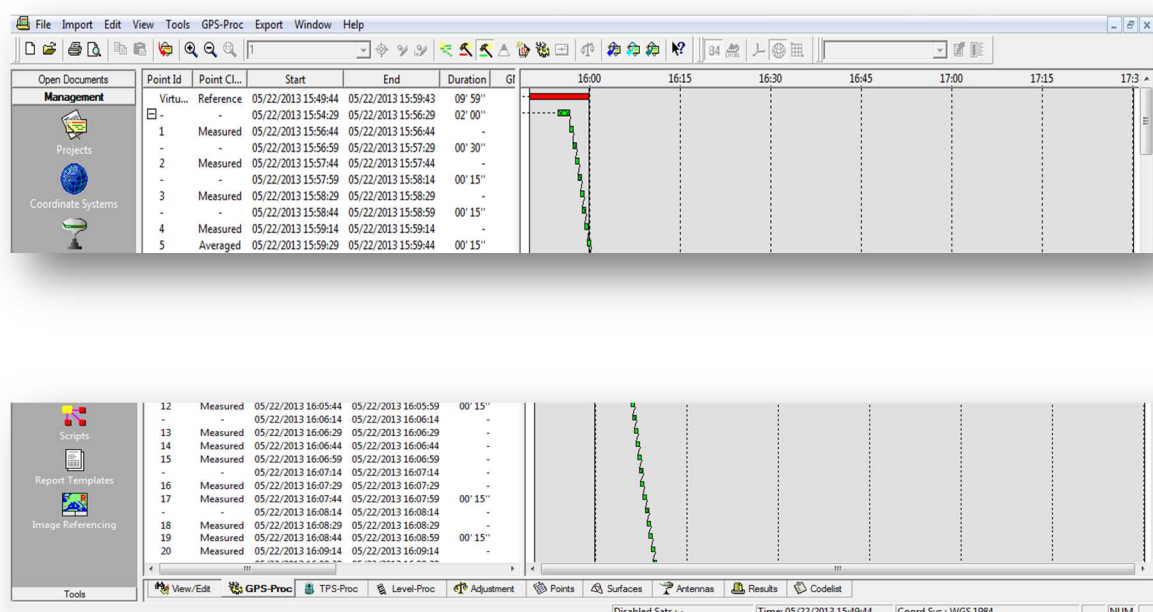
A mérés feldolgozása két szakaszra bontható, külön kell kezelni, az utófeldolgozós GPS méréssel megvalósuló partmérést és külön, a valós idejű adatszolgáltatás alapján megvalósított mederfelmérést. Itt ugyanis a mérést követően egy koordináta-állomány került exportálásra a kezelőből, amellyel a modellezési műveletek elvégezhetőek.

Az utófeldolgozós mérés esetén viszont csak nyers adatok állnak rendelkezésre, és ezeket a műszergyártó cég által forgalmazott feldolgozó szoftverrel van lehetőség kiszámítani.

Az utófeldolgozós mérés, valamint a tótmérés valós idejű felmérésének koordináta-jegyzékét egyetlen állományként kellett összeállítani. Ehhez egy egyszerű táblázat-kezelő programot használtam fel. A 450 paron mért pont és a több mint 1300 csónakból mért pontból egy állományt képeztem.

5.1 A GPS-mérés feldolgozása a Leica Geo Office programmal

A part felmérését a Leica 520-as GPS vevővel végeztem el. A beállítások során az utófeldolgozós kinematikus paramétereket alkalmaztam. Ami azt jelenti, hogy a pontok rögzítését manuálisan vezéreltem, de csak nyers mérési adat került tárolásra, amelyből később számítással, azaz vektor-feldolgozással lehet meghatározni a koordinátákat, a vektor kezdőpont mérési adatainak felhasználásával.



5.1. ábra: A Leica Geo Office program felhasználói felülete

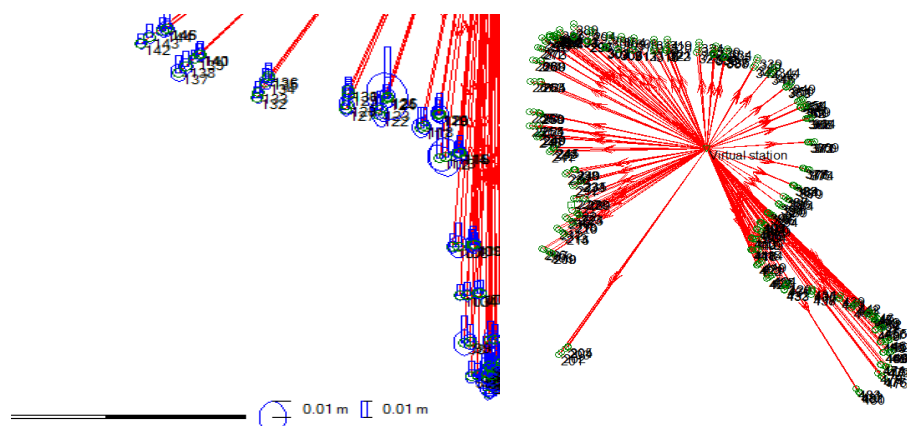
A referenciaadatokat a GNSSnet.hu, internetes felületéről lehet elérni, úgy, ha a FÖMI-től kapott felhasználónevet és jelszót megadjuk.

Egy virtuális referenciapontot generálunk, amire a központ számítja a nyers mérési adatokat. Erre különösen akkor van szükség, ha a felmérési munkaterület távol esik a permanens állomásokhoz és a számításban résztvevő vektorok, ami a mért pont és a bázisállomás között van, meghaladja a több 10 km-t. A mérés feldolgozásához virtuális referenciát választottam és a munkaterületem környékére ennek érdekében megadtam egy pont földrajzi szélesség-hosszúsági koordinátáit. A mérési időszak és a kimeneti fájlok kiterjesztésének megadása után az adatokat a megadott e-mail címre automatikusan kiküldte a szolgáltató.

A referenciaadatok birtokában elvégezhettem a mérés számítását. Ehhez a Leica által fejlesztett Leica Geo Office programot használtam. A program a cég által forgalmazott műszerek, mérőállomások, szintezők és GPS vevők méréseinek feldolgozására lett létrehozva. A hálózatkiegyenlítésen és a szintezések kiegyenlítésén túl a GNSS mérések utófeldolgozására is képes. Valamint a transzformációra is a beépíthető programok (pl.:VITEL) segítségével.

A térbeli vektorokat számítottam ki a Leica Geo Office program, Process parancsával. A kiszámított eredményeket tároltam, így a további felhasználásra kimenthetőek az eredmények.

A számítás kimeneteléről a hibaellipszisek adnak visszajelzést a *View/Edit* fül alatt. A hibaellipszisek értéke mind vízszintes, mind pedig magassági értelemben kimutatható. Értékük pedig tárolásra kerül és az exportálás során kimenthető.



5.2. ábra: Balról az első napi mérés látható, minden ponton a hibaellipszisekkel, jobbról pedig a második napi mérés a számítási vektorokkal a VRS ponthoz.

Az ideális mérési körülményeknek köszönhetően a mérés során valamennyi pontra 1-2 cm-es magassági pontosságot sikerült elérni.

A számítások végeztével az eredményeket exportálni kell. Erre a program többféle módon beállítható panelt hozott létre. Amennyiben a programmal kompatibilis, transzformációra képes segédprogramot is telepítettünk a szoftver mellé, akkor az exportálás során, lehetőség van arra, hogy ne csak WGS84 (ETRS89) rendszerben, hanem helyi (EOV) rendszerben is kivigyünk koordinátákat. A magyarországi EOV koordináták előállítására a VITEL segédprogramot kell telepíteni. A koordináták mellett a hozzájuk tartozó középhiba és a mérés időpontja is kimenthető.

Én a koordináták kivitelét a VITEL segédprogram felhasználásával végeztem, így az EOV koordinátákat és Balti magasságokat tudtam közvetlenül tárolni. A koordináta-jegyzék formátuma a Pontszám, y, x, magasság, pontkód oszlopokból áll.

5.2 Modellezés és 3D megjelenítés a Surfer11 programmal

A modellezéshez az előkészített, EOV rendszerbeli koordináta-jegyzéket első lépésként a Surfer nevű programba hívtam be. A szoftver gyártója a Golden Software Inc. - USA, amely a 2,5 dimenziós megjelenítést tudja teljesíteni, vagyis egy síkbeli pozícióhoz csak egy magassági érték tartozik.

A Grid menüpont segítségével, különböző beállításokat lehet módosítani létrehozandó rácshálóra. Interpolálás, és számítási műveletek sokasága található meg itt.

A létrehozandó térbeli ábrához egy koordináta-állományra van szükség, amelyből a program a saját formátumát, a *grd* fájlt előállítja. A felhasznált koordináta lista, a korábban egy állományba másolt tóparti és medermérés pontjainak összességét tartalmazza, Egységes Országos Vetületi rendszerben. A létrehozás előtt beállítható, hogy az importált fájl, melyik oszlopában milyen adat helyezkedik el. Jelen esetben a pontszám, y, x, magasság, pontkód a sorrend.

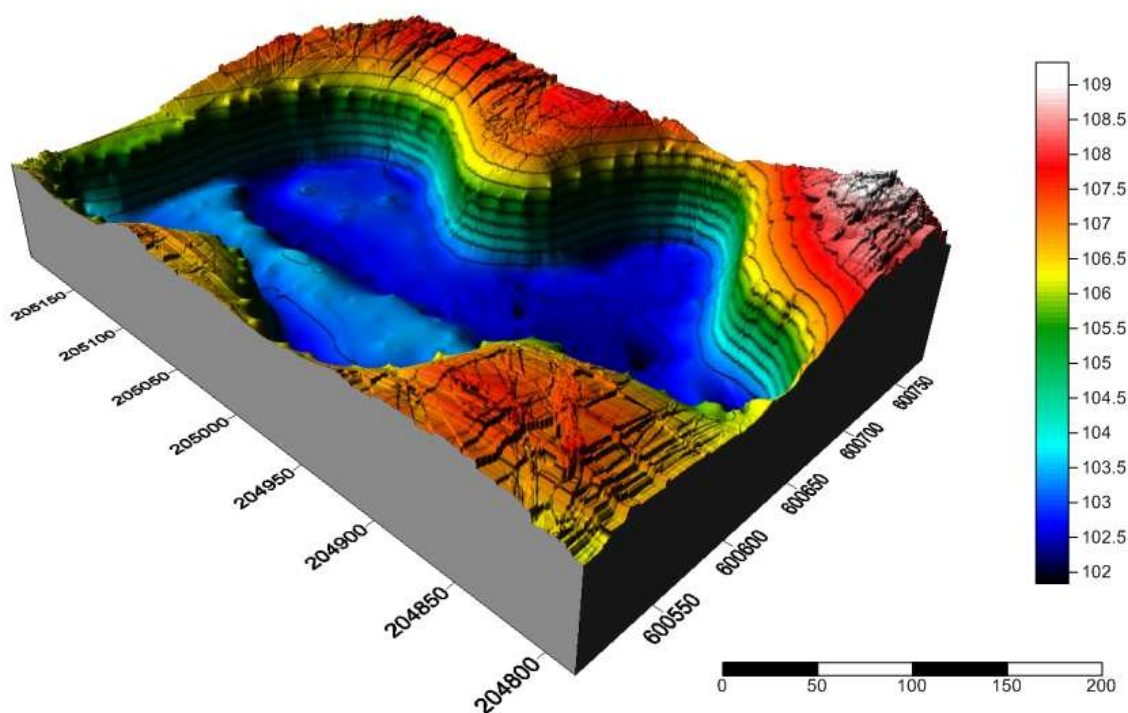
A kimeneti fájl megadása után létrejön egy állomány, a további műveletek alapját ez a most létrehozott grid fájl jelenti.

Ezzel a programmal, a *New Contour Map* menüpont alatt szintvonalas ábrát lehet készíteni. A szintvonalas ábrán beállítottam az alapszintköz értékét 0.20 méterre. A szintvonalak kimentése során olyan beállítást adtam meg, hogy csak a 101 és 107 méter közötti

szintvonalak kerüljenek mentésre, mivel a terepen mért pontok értéke ezek között helyezkedett el.

A szintvonalas ábra a korszerű modellezési lehetőségeknek és az egyre fejlettebb szoftveres technikának hála további megjelenítésre is alkalmas. A szintvonalas ábrát egy színfokozatos kitöltéssel láttam el. Ez igen látványossá és könnyen értelmezhetővé teszi a terep virtuális képét. A hozzá csatolt színkódos kiegészítő sávon pedig a metrikus mélységi adatok is leolvashatóak.

A korábban generált grid fájl felhasználható további elemzési műveletekre is. Így például 3D-s modellt lehet létrehozni a *New 3D Surface* menüpont segítségével. A program az importálás után automatikusan generál egy 3D-s modellt. Az így elkészült modellen tetszőleges beállításokat tehetünk, amik a látványos megjelenítését segítik.



5.3. ábra: Háromdimenziós modell, délkeleti irányból, színfokozatos ábrázolással és szintvonalakkal

Színskálával láthatjuk el, bekapcsolható a raszteres térbeli háló, valamint a szintvonalas ábra is az objektumra húzható. Különböző színátmeneteket használhatunk, akár magasság szerint különbözőeket is, koordináta-rendszer rendelhető a tengelyekhez.

5.3 Szerkesztés és megjelenítés az AutoCAD Civil3D, 2011 szoftverrel

A mért pontokat tartalmazó egyesített pontfelhőből a Surfer egy szintvonalas állományt generált. Ennek az eredményfájlnak az exportálása *dxf* formátumban valósult meg, annak érdekében, hogy az AutoCAD Civil3D program ezt kezelni tudja.

A mérési eredmények feldolgozásánál a korábban importált szintvonalrajzot használtam fel.



5.4. ábra: Ortofotó és szintvonalas térkép az AutoCAD Civil 3D programban

A szintvonalas ábrából ezt követően keresztshelvényeket készítettem, amelyeket a meder térfogatszámításhoz használtam fel.

Minden keresztshelvénynek a területe számítható, ha vonalláncként van összekötve. Ezeket a területeket lehet felhasználni a térfogatszámításhoz. Az alapsíknak megadott magasság a 105.00 méter. Ehhez a síkhoz képest történt a meder térfogatszámítása is.

A térfogat az alábbi képlettel számítható:

$$V_t = \frac{(S_{z_1} + S_{z_2})}{2} * t_{12}$$

ahol, a V_t a tó térfogatát, az S_{z_N} a shelvény számát, a t_{12} , pedig a két szomszédos shelvény közötti távolságot jelöli.

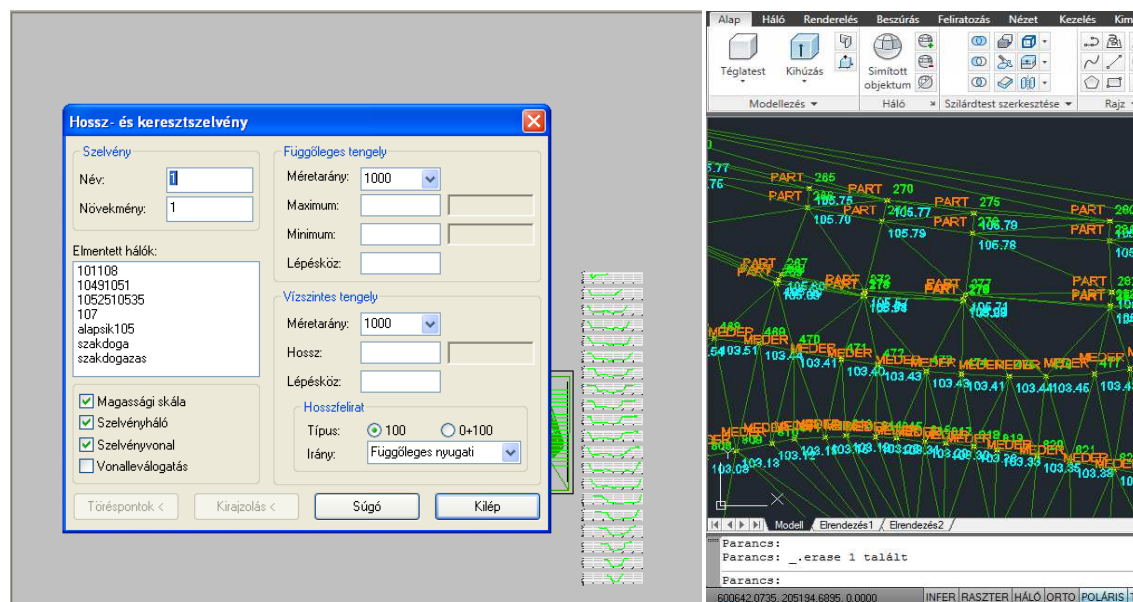
Az így meghatározott térfogat, a 105.00 méteres alapsíkhöz képest: **118.985.7 m³**

AutoCAD, AutoGEO kiegészítő programcsomag használata a számítási és modellezési feladatokhoz

Az AutoCAD szoftver rendelkezik egy kereskedelmi forgalomban lévő kiegészítő programcsomaggal, ez pedig az AutoGEO. A kiegészítés kimondottan a magyarországi földméréssel foglalkozó vállalkozásokat és magánszemélyeket célozta meg. A programcsomag rendelkezik mindazokkal a funkciókkal, amelyekre szükség lehet a napi, gyakorlati földmérésben.

A koordináta-jegyzékek beolvasását telhetjük meg igen egyszerűen, vagy szerkeszthetjük azt. Továbbá, lehetőség van telekalakítási műveleteket végezni, vagy kábel nyomvonal definiálására. Ezek mellett a térbeli modellezési műveleteket is támogatja. Pontfelhőből háromszögháló és négyszögháló is készíthető a programmal. A létrehozott háló módosítására is lehetőség van, pont törlésével és további pont hozzáadásával is.

A háló létrehozása könnyedén kivitelezhető. Első lépésként a háló definiálását kell megtenni, majd menteni. A háromszögháló létrehozásához szükséges pontok megadhatóak fájlból, vagy a már behívott pontfelhő kijelölésével. Ezt követően a pontokra automatikusan generálásra kerül a háló, a fóliák között létrehozott **HÁROMSZÖGHÁLÓ** fóliánévvel.



5.5. ábra: Balról a keresztmetszvény készítésének beállításai az AutoGEO programban, jobbról a háromszögháló a mért pontokra illesztve

A létrehozott háló alapján térfogatot lehet számítani, a program által biztosított funkció segítségével. Ehhez azonban némi szerkesztésre is szükség van. A program ugyanis úgy

van megírva, hogy a térfogatszámítást két különböző háló (felület) között végezze el a program. Erre a napi geodéziában sokszor van szükség, ezért igen hasznos megoldás.

Az egyik felület a méréssel létrehozott háromszögháló, a másikat definiálni kell, amelyet én a 105.50 méterre terveztem meg. Ezt a szintsíkot azért választottam, mert a háló vizsgálata során a valódi mederszint és partoldal határa ezen a magasságon volt megállapítható.

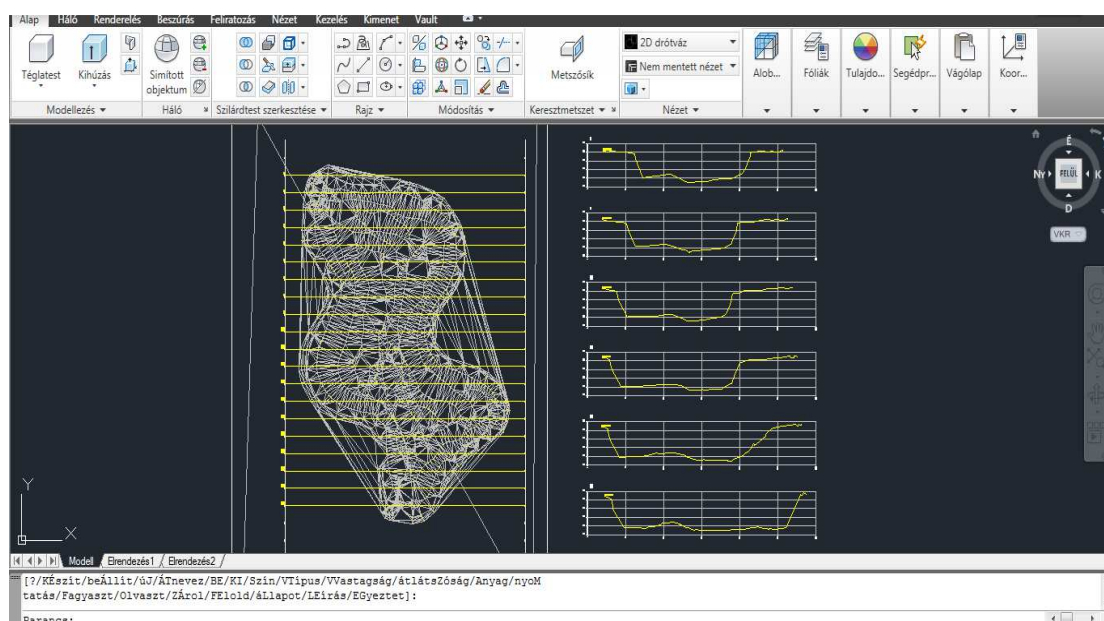
Az pozitív tömeg a szint sík feletti rész, a negatív pedig a mederfenék és a definiált szint sík közötti, valódi medertérfogat.

- *Pozitív tömeg* = 17113.5m^3
- *Negatív tömeg* = 131272.8m^3

Medertérfogat a 105.50 méteres szint síkig: **114159.30m^3**

Az AutoGEO lehetőséget biztosít a felhasználó számára, hogy szelvényeket készítsen a mért pontokból. A mért pontfelhőből egy háromszöghálót állítunk elő, majd erre végezzük a szelvényezést. A korábban definiált háló megadása után a készítendő szelvényekre vonatkozóan kellett beállításokat tenni.

A szelvény méretarányát külön kell megadni, a magassági irányban és külön a vízszintes irányban. A magasságit célszerűen 1:100-ra, míg a vízszintest 1:1000-re állítottam. A magassági léptéket pedig 1 méterre.



5.6. ábra: Keresztszelvények a szerkesztés után, a háló körül a térfogatszámítás pereme látható

5.4 3D megjelenítés az ESRI ArcGIS10 szoftverrel

A következő általam használt program, az Amerikai Egyesült Államokban működő ESRI vállalat által működtetett, térinformatikai elemzésekre létrehozott és folyamatosan fejlesztett programja az ArcGIS szoftvercsalád. A szoftver több programcsomagban szerezhető be, az általam használt, asztali koncepció a Desktop GIS került felhasználásra. A program rengeteg funkcióval rendelkezik a térmodell finomítására, látványossá tételére, a *Toolbox* menüpont alatt, amelyek az élsimításra, a további pontok megadására, interpolációra, valamint a különböző modellek ötvözésére is lehetőséget biztosítanak a térinformatika eszközeivel.

A modellezéshez először a pontállományt kell importálni a programba. Ezt könnyedén megtehetjük, mivel felismeri a legtöbb táblázatkezelő által használt formátumot. Az általam korábban elkészített koordináta-jegyzékben az 1811 darab pont a pontszám, y, x, m, és pontkód sorrendben szerepelt. Az importálást követően a pontállomány megjelenik, és külön réteggént létrejön a munkaterületen. Ebből az *ArcToolbox* menüpont alatt készíthetjük el a szintvonalas ábrát, a térmodellt és a kitettségi térképet. Ezekhez először egy TIN modellt kell létrehozni, amely csak úgy működik, ha a 3D szerkesztést előzőleg már bekapcsoltuk.

Ezt követően a *3D Analyst Tools* menüpont, *TIN Management*, *Create TIN* menüpontot kell választanunk. Itt a kimeneti fájl nevét és helyét kell beállítani, valamint azt, hogy melyik állományt szeretnénk felhasználni. Ezt követően a magassági adathoz a Z, vagy M értéket kell beállítani, majd ha mindez megtörtént a TIN modell generálható.

A programmal szintvonalas ábrát is lehetőség van készíteni, amelyet ugyancsak a *Toolbox* menüpont alatt találhatunk meg, *Contour* (szintvonal) menüpont alatt.

A szerkesztés után a programcsomag egy másik egységét, az ArcScene programot kell használni. Ebben a programban, minden korábban elkészített állományt problémamentesen be tudunk importálni, elemzési szándékkal. Az elemzéshez a fentiek mellett a korábban beszerzett 1:10000 méretarányú, 2009-ben készült ortofotót is felhasználtam.



5.7. ábra: A palotavárosi horgásztó az ArcScene programban, modell színfokozatos ábrázolással és szintvonallal.

6 A tófelmérés eredményeinek és tapasztalatainak összegzése

A TDK dolgozatban a szonáros felmérésnek a gyakorlati felhasználására került sor, úgy, hogy abból tapasztalatok gyűjthetők abból a célból, hogy a technológia tökéletesítésére fejlesztési javaslatot lehessen tenni. Ezeket az észrevételeket azonban hosszabb és kiterjedőbb kutatás keretében volna célszerű elemezni. Az itt végzett elemzések a kutatás irányát és lehetséges gyengeségeit, támpontjait határozzák meg.

6.1 A mérési módszer értékelése

A szonárral történő felmérésről a dolgozati munkám alapján megállapíthatom, hogy egy igen hasznos, jó hatásfokú és megfelelően megbízható felmérési módszer áll rendelkezésre minden geodéziával, tómeréssel foglalkozó szakember számára, és mostanra világossá vált az is, hogy a magáncélú megrendelések hatására egyre elterjedtebb a piacon a medertérképezés. Anyagi ráfordítása az egyszeri beszerzésen túl nem mondható kimagaslónak, és a termelésben való hasznossága, gyorsasága ennek az árnak a sokszorosát képes visszahozni, a megbízhatósága és hatékony működése miatt a megrendelések csak növekedni fognak.

A nagy pontosságú szonárnak köszönhetően, jó közelítéssel lehet a valódi mederfelszínt térképezni. Azonban abból adódóan, hogy a felmérés csónakból készül, egy bizonytalansági faktort meg kell említeni.

A GNSS mérés a hálózatos RTK-nak köszönhetően, geodéziai pontosságú pozíciót biztosít, ami 1-2 cm-es középhiba. A szonár mélységi felmérési pontossága szintén néhány centiméteres csupán. Ezen adatok mellett azt várhatnánk, hogy a felmérés eredménye a valósággal teljes összhangban van.

Véleményem azonban az, hogy a csónak pozíciójának bizonytalanságából adódóan a mért koordináta nem teljesen felel meg a valóságnak. A csónaknak vízszintes értelemben, oldalirányban van egy bizonyos mértékű imbolygása, amely különösen kanyarodáskor a mérésben torzulást okoz. Világos, hogy ebben a pillanatban a súlyelosztás a csónakban megváltozik és a csónak eleje minimális értékben megemelkedik.

A fenti két elmozdulás-, mozgásvektorának mérését kellene megoldani annak érdekében, hogy a mérési eredmények kiszámításakor korrigálható legyen a pozíció. A dölések

mértékét elektromos libellával és regisztráló berendezéssel lehetne tárolni és később felhasználni.

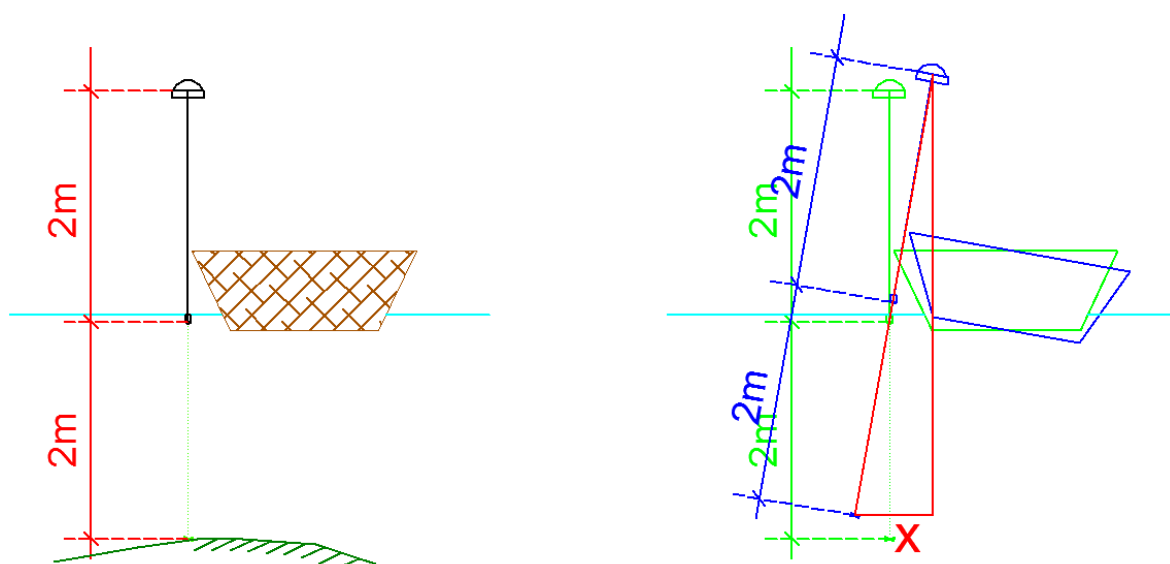
A módszer nem ismeretlen, ugyanis a légi fényképezésnél is jelentkezik a probléma, és ott a korrigálás is megoldott már, továbbá egyes geodéziai célra használt GNSS vevők is képesek a függőleges helyzettől eltérő pozíció korrigálására.

A hiba halmozottan jelentkezik, ami miatt a kiküszöbölése reálisan nem megoldható. A rúd két végén van elhelyezve a két vevő. Felső részén a GNSS vevő, alul a szonár.

Belátható, hogy a csónak dölésekor a tengely függőlegességétől kitér a GNSS vevő. A pozíciót pedig a vevő antennájához határozza meg. Felvetődik továbbá az is, hogy a szonár által mért, tengelyirányba kibocsátott ultrahang ilyen esetben szintén kitér a függőleges tengelytől, a vevő antennájával ellentétes irányba. A két kitérés értéke szám adatokkal kimutatható.

A rúd hosszát vegyük 2 méternek, a szonár által mért mélységet szintén 2 méternek. A csónak dölése pedig 5° , 10° , és 20° .

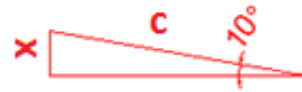
A derékszögű háromszögben, az átfogó a rúd és a mélységmérés eredményének összege, azaz 4 méter.



6.1. ábra: Balról az alapeset, jobbról pedig a 10 fokal dölés értelmezése látható, kék vonalakkal szerkesztve

Színusz szögfüggvényben, $c = 4 \text{ m}$, $\alpha = 5^\circ, 10^\circ, 20^\circ$, x , pedig a keresett külpontosság, a rövidebb befogó

$$\sin \alpha = \frac{x}{c}$$



A pozíció külpontossága ilyenkor:

- 5° -ra: **0.35** méter
- 10° -ra: **0.69** méter
- 20° -ra: **1.36** méter

A hiba értékének csökkentéséért legyen a rúd hossza 0.50 méter, a mért mélység 2 méter, tehát a képletben szereplő „ c ” érték, 2.50 méterre változik.

- 5° -ra: **0.22** méter
- 10° -ra: **0.43** méter
- 20° -ra: **0.86** méter

A külpontosság értéke természetesen így csökken, de még mindig jelentősen befolyásolja a mért, néveleges pozíciót.

A kanyarodás irányára merőleges értelemben a koordináták módosítását kellene elvégezni. A csónakos felmérésnél az ilyen mértékű dőlés nem ritka, nagyobb testű hajóról, vagy uszályról végzett felméréskor azonban ez a probléma nem jelentkezik.

Megállapítható így, hogy az eredmények szempontjából a geodéziai pontosságú felmérést a csónak imbolygása rontja, de a mederfelvétel helyességét nem befolyásolja mérhető szinten.

Felvetődik viszont ilyen esetekben az, hogy a felmérést nem szükséges a hálózatos RTK pontosságával végezni, helyette a DGPS pontossága is elegendő lehet.

A DGPS, vagyis Differenciális GPS az abszolút helymeghatározás olyan módszere, ahol kódmeréses elven történik a helymeghatározás úgy, hogy azokat korrekciós adatokkal látja el egy aktív állomáshálózat. Mai értelemben a DGPS helyett itt is helyesebb volna a DGNSS kifejezést használni, hiszen több aktív, műholdas-helymeghatározást üzemeltető rendszer is létezik már.

A mérési eredmény másik bizonytalansági faktora abból adódik, hogy az ultrahang nem koherens (mint a lézer), tehát a térben nem pontszerűen jelenik meg, hanem a kibocsátási pontból egy adott értékű nyílásszögben halad. Ebből adódóan a mederfenék felmérése során se biztos, hogy az árbóc hossz tengelyén megy keresztül, azaz a mért távolság arról a pontról verődik vissza, amellyel a meder alján először találkozik az ultrahang.

Ez arra enged következtetni, hogy szükséges a szonár által kibocsátott kúp nyílásszögének ismerete. Geometriailag igazolható, hogy a távolsággal arányosan nő a kúp által lefedett terület alapkörének sugara és ez a mérés során szintén befolyásolhatja a meghatározott távolságot. Bár a szonár mindig a legrövidebb útról visszaérkező távolságot határozza meg, azaz a kúp alkotóján érkező távolságot.

Amennyiben nem ismert a szonár által kibocsátott ultrahang nyílásszöge, úgy azt egyszerűen meghatározhatjuk.

Ehhez a szonárt stabil pozícióban kell rögzíteni, úgy, hogy elé helyezhető legyen egy olyan síklemez, amelynek a közepén egy lyuk van. A lemezt először a szonár érzékelő fejezetéhez egész közel kell tenni, majd mérést végezni. Amennyiben a mért távolság nem felel meg a lemez és a szonár fejezete közötti távolságnak, hanem annál nagyobb érték, akkor a lemezt távolabb kell vinni. Mindezt folytatni addig, ameddig a mért távolság meg nem egyezik a szonár és a lemez közötti távolsággal.

Ekkor ugyanis az történik, hogy a mért ultrahang már elakad a lemezen, azaz a nyílásszög nagyobb, mint a lyuk. Ilyenkor a pontosabb értékhez közelíteni kell a lemezt, mindaddig, míg ismét egy távolabbi pontról nem jön vissza a jel. A kettő között, fokozatos közelítéssel határozható meg a kúp nyílásszöge.

A fenti módszernél figyelemmel kell lenni arra, hogy a szonárnak van egy legkisebb mérési távolsága, így a lemezt és az arra fúrt lyukat ennek arányában célszerű kialakítani.

6.2 A megjelenítési módszerek értékelése

A mérési eredményeket tartalmazó koordináta-jegyzéket a felhasználás előtt vizsgálatnak vettem alá. Erre a vizsgálatra azért volt szükség, hogy a hibásan mért pontokat kivegyem, mert ezek a pontok hibát eredményeznek a modellben. A hibaforrás abból származik, hogy a szonár által kibocsátott jel egy idegen anyagról nem verődik vissza, hanem elnyelődik, vagy más irányba szóródik. Ilyenkor a koordináta-hoz nem tartozik magasság érték, vagy

hibás adat rögzítése történik. A hiba kiszűrhető, ha a nap általi megvilágítást használjuk a Surfer programban modellezéskor. Ilyenkor a hibás pontnak árnyéka lesz, és élesen törik a felület, csúcspont rajzolódik ki. Az aktuális mérés során ilyen hiba nem jelentkezett, így tovább lehetett lépni a feldolgozásban.

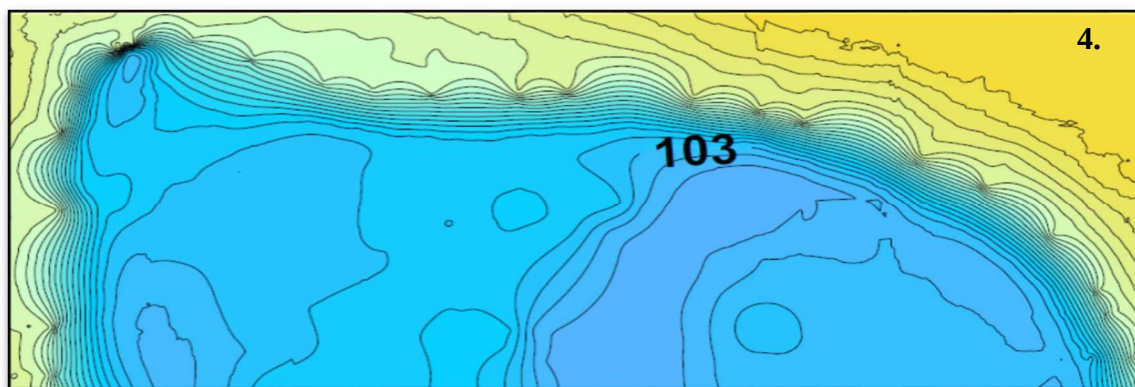
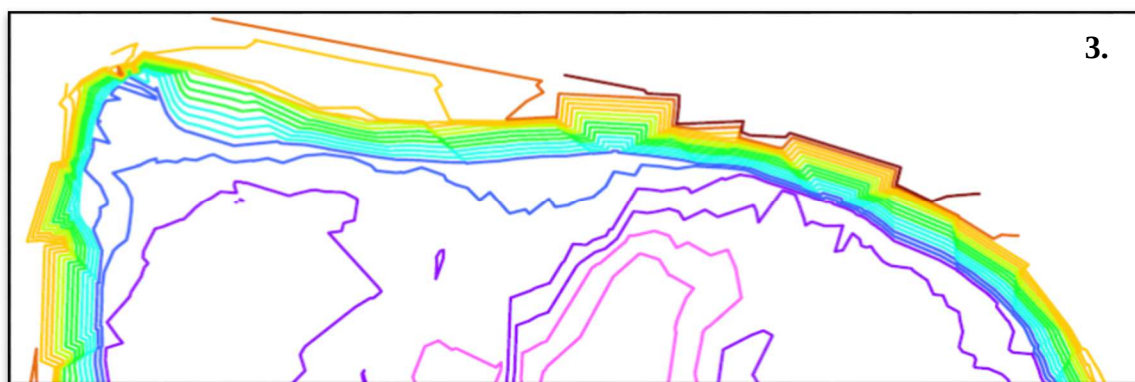
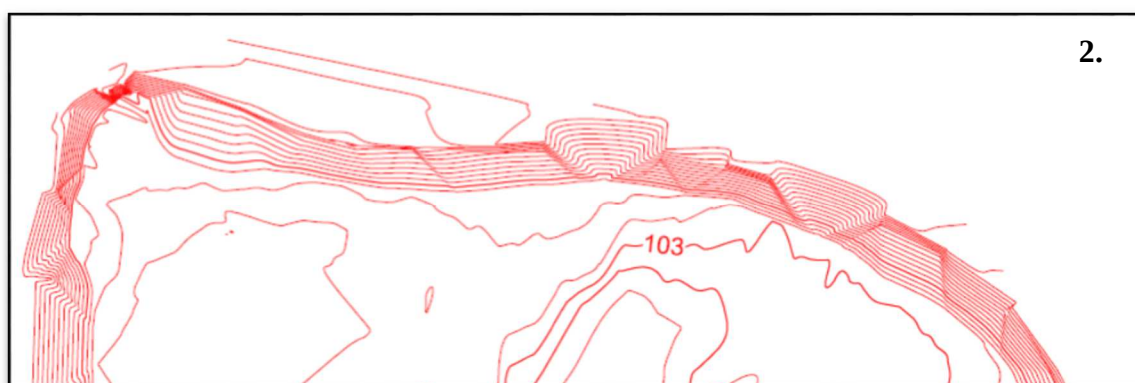
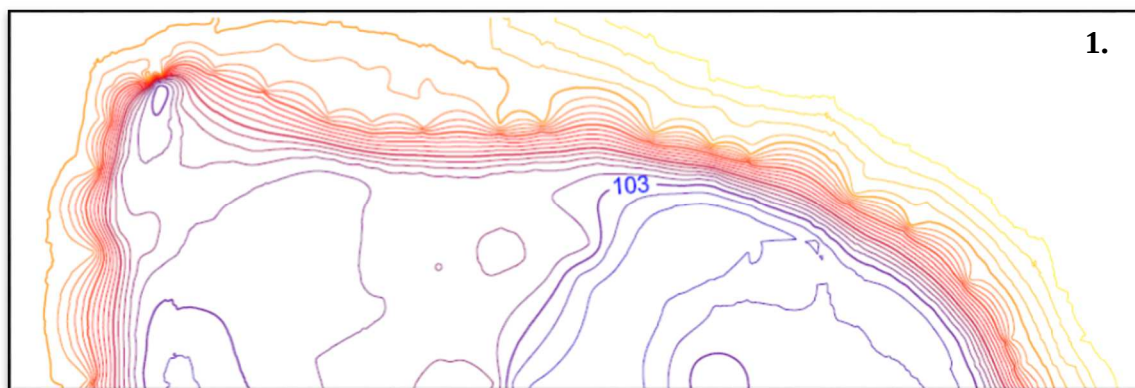
A különböző szoftverek más-más algoritmus alapján vannak megírva, így ezek némileg egymástól eltérő eredményt szolgáltatnak. A dolgozat készítés során megállapítottam, hogy a legjobb és leggyorsabb megoldást úgy érhetjük el, ha ezeket a programokat ötvözzük és mindegyiknél azt a funkciók használjuk ki, amelyik a legerősebb. Szerencsére napjainkban a különböző nemzetközileg elfogadott szabvány formátumoknak köszönhetően, könnyedén el lehet végezni az állományok egyik programból a másik programba való átvitelét.

A szintvonalas ábra létrehozásával megpróbálkoztam az AutoCAD Civil 3D-vel is, de a szintvonal generálásának eredménye egy olyan vonallánc, amely törtvonalakból épül fele, így a klasszikusan értelmezett szintvonal fogalomnak nem felel meg, mivel az különböző görbületű egyetlen, önmagába visszatérő vonalból áll.

A Surfer program által generált szintvonal viszont igen praktikus módon exportálható a szerkesztésre alkalmas dxf formátumba, így ez a kétlépcsős megoldással lehet a legjobban elérni a kívánt modellt. Az AutoCAD program nagy előnye, hogy a metszetek létrehozásában egyedülálló módon használható. Kiváló szerkesztési funkciói vannak, amelyeket alapján érthető, hogy miért a legismertebb szerkesztő és térképező program. Ezek hatására viszont a megjelenítési funkciói jóval elmaradnak a térinformatikai programokhoz képest.

Az alábbi felvételeken látható a különböző szoftverek által végzett kiértékelés eredménye, a szintvonalas ábra

Megfigyelhető, hogy az AutoCAD programok a pontokra illeszkedő állományt hozott létre, amely gyakorlatilag a valósághoz jobban hasonlít, a diszkrét pontokhoz való ragaszkodás miatt, de szintvonal-szerkesztés szempontjából nem a legideálisabb. A térinformatikai feladatkora kiválóan használható ArcGIS program is az azonos beállítások mellett a fix pontokra illesztett szintvonalat generálja, míg a Surfer11 ugyanekkor a megszokott szintvonal generálási módot alkalmazza.



1. kép – AutoCAD Civil 3D, **2. kép** – AutoCAD AutoGEO, **3. kép** – ArcGIS10, **4. kép** – Surfer11

Ugyanakkor a Surfer program hiányossága, hogy metrikus műveletekre nem, vagy csak alig használható, így módosítást végrehajtani nem lehet a generált állományon. Kiválóan alkalmas viszont, a különböző megjelenítésre szánt opciókkal, igényes munka készíthető vele, az ilyen jellegű munkákhoz kimondottan jól alkalmazható. A térmodell és rácsháló generálásának megoldása is jól személyre szabható, sokrétűen felhasználható.

A DigiTerra Map v3.0 szoftver, egy magyar fejlesztésű, térinformatikai program, amelynek használata igen kényelmes, felhasználóbarát. A beállítások jól ötvözhetőek, és a térmodell generálása a Surfer programéhoz hasonlóan könnyen megoldható, nagy előnye viszont, hogy már metrikus műveletek is végezhetőek, szerkeszthető az állomány. Készíthető továbbá kimeneteli fájlként, magassági skálával színezett modell is, továbbá kitettség- és lejtőkategóriás térkép is.

6.3 Kitekintés a technológia felhasználási lehetőségeire

A szonáros felmérést, mint technológiát már a II. világháborúban ismerték, sőt a németek segítségére is volt a tengeralattjárók torpedótámadásai során. Az a tendencia, hogy a technika legmodernebb megoldásai először a katonaságnál jelennek meg, egyáltalán nem ritka, sem a szakmában, sem más területen. A GPS kialakulása is pontosan ennek köszönhetően terjedt el, az amerikai NAVSTAR műholdas rendszer is először hadászati célokat szolgált.

Napjainkban az ultrahangos mélységmérés segítségével a medertopográfia készíthető el. Az egyre precízebb megoldásoknak köszönhetően nagy pontosságú felvételezés készíthető, a mért pontok sűrűsége pedig csak attól függ, hogy milyen beállításokat alkalmazunk.

A szonár elhelyezhető bármilyen vízi közlekedésre alkalmas eszközön, csupán biztosítani kell azt, hogy a térbeli pozíció meghatározására alkalmas GNSS vevő központosan a szonárra helyezhető legyen.

Tengerészetben a használatát a zátonyok felvételezésére lehet hasznosítani, ezáltal pontos képet lehet nyerni a tenger meder viszonyairól.

Abban az esetben, ha a felvételezést többször is elvégezzük, a különbségek kimutatására is lehetőség van. Ilyen eset lehet, a mederhordalék, vagy az iszap vándorlásának megállapítása. A különböző időpontú felvételek alapján a térfogatszámításból kiderül, milyen tömegek mozdultak meg ez idő alatt.

Egy folyó szelvényezése során kiderülhet, hogyan alakult a folyó sodorvonala, hogyan változott a mederhordalék helyzete, milyen áramlások zajlottak le. Az országhatárokon húzódó folyószakaszokon a határvonalat a folyó sodorvonala jelenti. Ennek változását tehát érdemes detektálni és az államhatár módosítását, e mérésekre támaszkodóan el lehet végezni.

Ugyanilyen jelentősége lehet - bányatavak felmérésénél -, a kitermelt anyag mértékének meghatározásra, a visszamaradó anyag elhelyezkedésének vizsgálata is.

Kereskedelmi célra felhasználható, ha olyan horgásztavak, üdülőtavak felvételezése történik meg, amelyről nem kimondottan a metrikus adatokat tartalmazó térmodell készül el, hanem egy olyan áttekintő térkép, amely látványos és ezáltal marketing szempontból is több látogató csalogatható a víz közelébe.

Horgászok számára a különböző halfajok élőhelyeinek ismerete mellett fontos az is, hogy az adott tónál milyen mederfenék-viszonyok vannak. Akadók, sekélyebb-, mélyebb területek miként váltakoznak.

Igen fontos felhasználási területnek tartom a bűnügyi területet is. A tavak, folyók felmérésével rendelkezésre állna egy referencia-mérés, amelyet tárolnának. Amennyiben valamelyik tóhoz, vagy folyóhoz kapcsolódóan, bűncselekmény gyanúja áll fenn, nevezetesen, hogy a bűnelkövetéssel kapcsolatos tárgyi bizonyíték a vízbe lett elrejtve, akkor annak felkutatásában segíteni lehetne. Egy új szonáros felméréssel, az irodai feldolgozást követően megállapítható lenne, hogy hol tér el egymástól jelentősen a meder. Ezeket a területeket kellene célszerűen megvizsgálni ahhoz, hogy a keresett tárgyat, bizonyítékot megtalálják.

A szonár térképezési pontosságát a régészetben is alkalmazni lehet. Az idők során átalakult természetes felületek elfedhetnek régmúlt időből megmaradt értékeket. A tengerek és óceánok, vagy akár kisebb kiterjedésű tavak egész épületeket, város-maradványokat fedhetnek le. Egy terület feltérképezése során a képanyag nélkül dolgozó szonárral is felfedezhetőek újdonságok. A mederfenék alján lévő, szabályos objektumok mérése során a pontfelhő jó közelítéssel vissza adja a valóságos alakzatot. Így egy épület maradványainak alaprajzi részletei felismerhetőek.

A mérnöki gyakorlatban a szonáros felmérés egyik nagy területe lehet a gátak, zsilipek felmérése. Komoly problémát okoz, hogy ezeknek a területeknek a felméréséhez a folyószakasz vízszintjét a mérésre alkalmas szintre hozzák. Erre a problémára jelenthet megoldást a szonár. Amelynek előnye, hogy a vízszint mélysége a mérési tartományon belül nem okoz problémát. Éppen ellenkezőleg, az alacsony vízállás esetén a zsilip oldalfalai körülveszik a felmérő csónakot, és a rajta elhelyezett GNSS vevőt. Ez leárnyékolhatja a műhold-vételt, tehát éppen célszerű, ha a vízállás magasan van, így ugyanis a felmérés sokkal könnyebben hajtható végre.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton is szeretném megköszönni a segítségét Dr. Busics György tanszékvezetőnek, aki a konzultációk alkalmával, hasznos tanácsaival, építő jellegű kritikáival ellátott, annak érdekében, hogy a dolgozatom elkészülhessen.

Köszönettel tartozom Szakter Rolandnak, a Közép-dunántúli Vízügyi Igazgatóság Balatoni Vízügyi Kirendeltség földmérőjének, akinek önzetlen segítő munkája nélkül a TDK dolgozat mérése és feldolgozása nem valósulhatott volna meg.

Köszönetemet fejezem ki a GeoMontan Kft.-nek a technikai és logisztikai támogatásért.

Irodalomjegyzék

Nyomtatott irodalom

Ádám – Bányai – Borza – Busics – Kenyeres – Krauter – Takács (2004): Műholdas helymeghatározás, Budapest, Műegyetemi Kiadó

Ágfalvi – Bekk – Busics – Farkas – Kiss – Tarsoly – Tóth – Vincze (2009): Geodéziai Mérési Praktikum, Székesfehérvár, Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kara

Borza Tibor: A GNSS technika hazai alkalmazása és szabályozása, Geodézia és Kartográfia, 2009/08, 19.-24. oldal

Borza Tibor–Galambos István–Horváth Tamás–dr. Kenyeres Ambrus: Célegyesben a hazai GNSS kiegészítő rendszer építése, Geodézia és Kartográfia, 2007/06, 13.-23. old.

Ágfalvi Mihály (2011): Mérnökgeodézia, Székesfehérvár, Nyugat-magyarországi Egyetem

Busics György (2011): Műholdas-helymeghatározás, Székesfehérvár, Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kara

Mélykúti Gábor (2010): Topográfia, Székesfehérvár, Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kara

Fehér Balázs (2008): Mederfel mérés GNSS technológia alkalmazásával (szakdolgozat), Székesfehérvár, Nyugat-magyarországi Egyetem

Husti György (2000): Globális helymeghatározó rendszer (bevezetés), Sopron, Nyugat-magyarországi Egyetem

Márkus Béla (2010): Térinformatika, Székesfehérvár, Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kara

Szakter Roland (2010): A Balaton medermorfológiai és hajózási térképének elkészítésére alkalmas korszerű technológiák (szakdolgozat), Székesfehérvár, Nyugat-magyarországi Egyetem

Varga Zoltán (2013): Bányatavak felmérése ultrahangos vízmélység-mérővel, Pécs, Bányamérő konferencia

Verőné Wojtaszek Malgorzata (2011): Fotointerpretáció és távérzékelés, Székesfehérvár, Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kara

Závodi Péter (2007): Hossz-szelvények felvétele kinematikus GNSS módszerekkel (szakdolgozat), Székesfehérvár, Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar

Internetes források

Budapesti Műszaki Főiskola – Neumann János Informatikai főiskolai Kar: Az ultrahangról (jegyzet):

http://bmfnik.hu/iar/2002_2003/ultrahang/ultrahang.htm

Lőrincz Attila: Az aktív ultrahang alkalmazása napjainkban

<http://www.lorincza.hu/labinfo/9szlabeteljes.htm>

Geometrius, Remotely Operated Boat:

<http://www.geometius.nl/categorieen/gis-gps-gnss-ontvangers/>

Horváth Lajos: Területszintezés:

http://www.kepzesevolucioja.hu/dmdocuments/4ap/20_2246_020_101030.pdf

International ISM Congress 2013:

<http://www.ism-germany-2013.de>

NymE-GEO, GIS Open konferencia, Sokkia, 2009:

http://www.geo.info.hu/gisopen/gisopen2009/eloadasok/ppt/CS06_Varga.pdf

Térképcentrum, szabad felhasználású térképek:

<http://www.terkepcentrum.hu/index.asp?go=map&mid=7&tid=14827>

Térinformatikai, ArcGIS oktatás:

http://cholnoky.ro/oktatas/ArcGIS_elm_1.pdf

Remotely-Operated Survey Boat, Z-Boat 1800:

<http://www.oceanscience.com/Products/Z-Boat/>

Varga Zoltán, Geomentor Kft., Sonar Mite:

<http://geomentor.hu/ultrahangos-v%C3%ADzm%C3%A9ly%C3%A9g-m%C3%A9r%C5%91k>