

SZAKDOLGOZAT

**OE-AMK
2023**

**Debreczeni Szabolcs
T000579/FI12904/A-G**



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar

Geoinformatikai Intézet



SZAKDOLGOZAT

Körforgalom geodéziai felmérése, valamint megvalósulási tervének elkészítése Érd városában

OE-AMK

2023

Hallgató neve: Debreczeni Szabolcs

Hallgató törzskönyvi száma: T000579/FI12904/A-G



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Debreczeni Szabolcs

Szakedolgozat száma: [REDACTED]

Törzskönyvi száma: T000579/FI12904/A-G

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: földmérő és földrendező mérnök

Specializáció: Geoinformatika specializáció

A dolgozat címe: Körforgalom geodéziai felmérése, valamint megvalósulási tervének elkészítése Érd városában

A dolgozat címe angolul: Traffic roundabout surveying and preparation of an implementation plan in the city of Érd

A feladat részletezése:

Ismertesse a különböző tervfázisokat, különös tekintettel a dolgozat témáját adó megvalósulási tervet.

Jellemezze a felmért objektumtípust, illetve annak műszaki előírásait.

Mutassa be a munkaterületet.

Ismertesse a megvalósulási tervre vonatkozó szabályokat és előírásokat.

Mutassa be a geodéziai felmérés, az adatfeldolgozás, valamint a megvalósulási terv elkészítésének lépéseit.

Vizsgálja meg a kiviteli terv és a megvalósulási terv közötti esetleges eltéréseket.

Foglalja össze munkája tapasztalatait.

Intézményi konzulens neve: Dr. Katona János

A kiadott téma elévülési határideje: 2025. 07. 10.

Beadási határidő: 2023. 05. 15.

A szakedolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Székesfehérvár, 2023. 03. 27.



Intézetigazgató

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

belső konzulens

külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közltem. Az elkészült szakdolgozatban található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: Székesfehérvár, 2023.05.11.

hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	7
2. Körforgalmakról általánosan	8
2.1 Körforgalmak kialakulása	8
2.2 Körforgalmakhoz kapcsolódó alapfogalmak	9
2.3 Körforgalmak típusai	10
3. Munkaterület bemutatása	11
3.1 Földrajzi elhelyezkedés	11
3.2 Körforgalom indokoltsága, környezeti, közlekedési hatásai	12
3.3 Áttekintő térkép QGIS szoftverben	13
4. Megvalósulási terv, szabályzatok	15
4.1 Tervfázisok az építési projektek során	15
4.2 Megvalósulási terv, térkép	16
4.3 Ütügyi és Műszaki Előírások	17
4.3.1 E-UT 09.04.15:2018 - Közutak geodéziai előírásai és geometriai követelményei	17
4.3.2 E-UT 03.03.11:2022 Körforgalmak tervezése	18
5. Geodéziai felmérés	18
5.1 Előkészületek, felmérés megkezdése előtti munkafázisok	18
5.2 Szabad álláspont létrehozása, hátrametszés elve	21
5.3 Terepi munkafolyamat	23
5.4 Veszélyes kör az érdei felmérés példáján	27
6. Felméréshez használt technológia	27
6.1 Mérőállomásokról általánosan	27
6.2 A pontos beállítások és azok jelentősége	28

6.3 Topcon mérőállomás specifikációi	31
6.4 Vezérlőegység	33
6.5 Magnet Field terepi szoftver	34
6.6 360°ATP1 prizma	34
7. Adatok feldolgozása	35
7.1 Feldolgozáshoz alkalmazott szoftverek	35
7.2 Feldolgozás és szerkesztés menete.....	36
8. Mérési eredmények, megvalósulási térkép	44
9. Megvalósulási terv és a kiviteli terv összevetése.....	45
9.1 Eltérések vizsgálata	46
10. Térképi megjelenítés.....	52
11. Tapasztalatok	53
12. Összegzés.....	55
13. Summary.....	56
14. Ábrajegyzék	57
15. Irodalomjegyzék	60
16. Mellékletek	62
17. Digitális mellékletek	62

1. Bevezetés

Manapság az egyik legmeghatározóbb közlekedési forma és helyszín, a közúti közlekedés. Hazánk autópályái és főútjai személy és teherforgalmat illetően is rendkívül leterheltek. Mindezek mellett viszont, legalább olyan fontos az autópályák fel- illetve lehajtó ágainak és azok környezetének forgalomlebonyolító hatékonysága.

Szakdolgozatom témájaként egy Érd városi körforgalom építésére és megvalósulására esett a választásom, épp azért, mert ezen körforgalom megépítésétől jelentős biztonságtechnikai, forgalomtechnikai és környezeti hatásokat is érintő előrelépést várnak a megrendelők. Az M0 és M7 autópálya vonzáskörzetében elhelyezkedő település, az autópálya fel- és lehajtó ágainak belvárosig elérő szakasza túlszűfolt és balesetveszélyes is. Ennek egyik fő oka a Törökbálinti- Felsővölgyi- Tetőfedő utak kereszteződése, amely lassítja a forgalmat, valamint a sebességkorlátozást sem mindig tartják be ezen a szakaszon, így rengeteg a közúti baleset is.

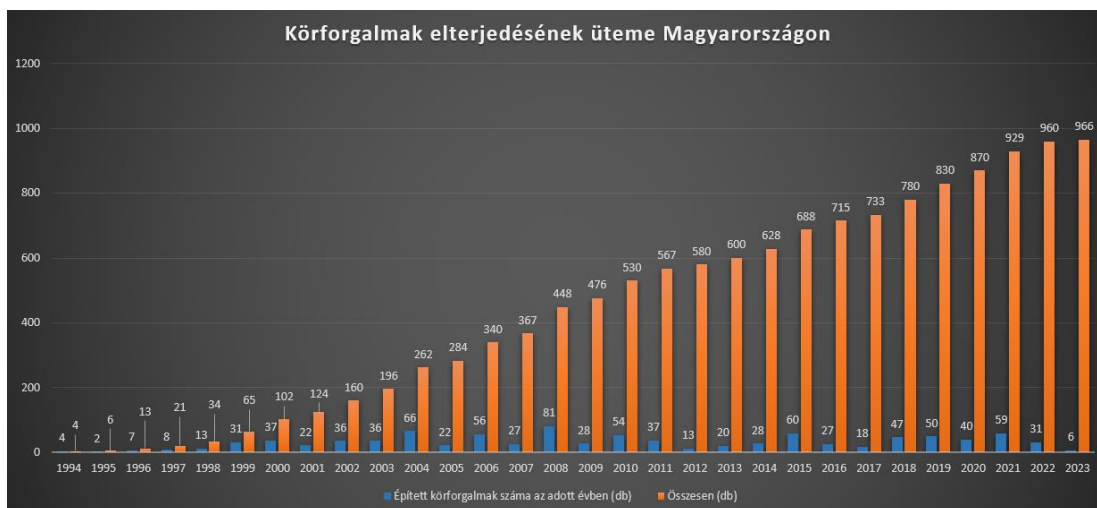
Egy-egy építkezést rendkívül sok előkészület, tervezés, egyeztetés előz meg, mely után megkezdődhetnek a kivitelezési munkálatok, majd az átadás és az azt követő forgalomba helyezés. A projektek megkezdésétől egészen a befejezésig, folyamatosan szükségesek geodéziai felmérések. Dolgozatom célja, a projekt végső fázisában elkészítendő megvalósulási tervrész elkészítése és az ezzel járó, irodai és terepi környezetben lévő munkafolyamatok bemutatása. Továbbá ezek alapján a megépült körforgalom, geodéziai vonatkozású ellenőrzési lehetőségeit is szemléltetem. Mindezek alapjául szolgáló geodéziai felmérést és a megvalósulási térkép szerkesztését végeztem el, mely tartalmát és funkcióját illetően, az elkészült építmény minden elemét és minden környezeti elemének felmérését, valamint tervszerű ábrázolásmódját foglalja magában. A fejezetekben néhány rövidebb, a téma alapfogalmait tárgyaló fejezet után kitérek a teljes geodéziai felmérés technológiájára, az egyes munkafolyamatokra, az általam alkalmazott szoftverek és azok funkcióinak bemutatására, a megvalósulási térkép megszerkesztésének módjára is. A megvalósulási állapot felmérésének fontossága szemléltetésére összevetem a kiviteli tervet a megvalósult állapottal, majd részletezem az esetleges eltéréseket is.

2. Körforgalmakról általánosan

2.1 Körforgalmak kialakulása

Az első körforgalmat 1910-ben alakították ki, Angliában. Kiváltó oka, a különböző járművek egyre nagyobb számú megjelenése, amely indokoltá tette a komolyabb forgalomszabályozási innovációkat. Kezdeti funkciója nagyban eltért a maitól, ugyanis, a jellemzően ovális alakú forgalmi kialakítást elsősorban gyalogosoknak tervezték. A körforgalmak kialakítása nem hozta meg rögtön a várt áttörést, csak később kezdték el világszerte alkalmazni. Az 1960-as években, Angliában a Közlekedéskutatási Laboratórium mérnökei egységesítették a körforgalmak rendszerét és közlekedési szabályait. Ezen reformálás indította el a körforgalmak Európa szintű elterjedését. [1]

A mellékelt diagram a Magyarországon megépült körforgalmakat szemlélteti éves bontásban, melynek adatait a Magyar Közút Nonprofit Zrt.-től igényeltem, akik ezt készségesen megküldték a részemre. Az adatsor nem tartalmazza az Önkormányzati kezelés alatt álló körforgalmakat. A megkapott adatokból diagramot készítettem, így szemléletesebb képet is kapunk a fejlesztések üteméről.



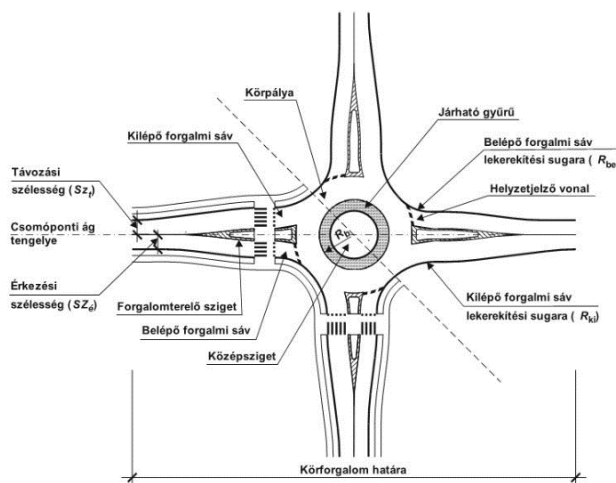
1. ábra Körforgalmak építési üteme Magyarországon [Magyar Közút Nonprofit Zrt. adatsorából szerkesztve]

Az adatsorokból jól látszik a kivitelezések, fejlesztések növekedése, így a körforgalmak fokozatos elterjedése. Az 1990-es évek elején kezdődő építések, éves szinten mindösszesen néhány új körforgalmat eredményeztek. Az első számottevő növekedés 1999-től mutatkozik, amikor az addigi éves körforgalom építés, mintegy háromszorosára ugrott az adott évben kivitelezett körforgalmak száma. Ez a nagyságrendi építési ütem, az ezt követő években sem csökkent, sőt egyes években újabb 70-80 körforgalom építésére is sor került.

Érdemes megvizsgálni, ha 5 éves ciklusokra bontjuk az építéseket, kiemelkedik a 2004-2009 közötti időszak, ahol több mint 250 db körforgalom épült meg.

2.2 Körforgalmakhoz kapcsolódó alapfogalmak

Ebben a fejezetben a Szakdolgozatban felmért építményre, vagyis a körforgalomra vonatkozó alapfogalmakat sorolom fel és ábrán is szemléltetem. A geodéziai felmérés során kiemelt fontosságú, hogy tudjuk, hogy mit, miért és milyen módon, milyen részletességgel mérünk fel. Továbbá, mindenképp tisztában kell lennünk az adott felmérésre vonatkozó alapfogalmakkal. Az általam felmért körforgalomhoz kapcsolódó, főbb fogalmakat az e-UT 03.03.11:2022 Útügyi Műszaki Előírás alapján gyűjtöttem össze. A főbb elemeket és azok pontos meghatározásait a fejezet további részében leírtak részletezik. A továbbiakban kifejtettem néhány fontosabb meghatározást, illetve a 2. ábra is szemlélteti a körforgalom egyes elemeit.



2. ábra Körforgalom alapelemei [<https://ume.kozut.hu/dokumentum/1059>]

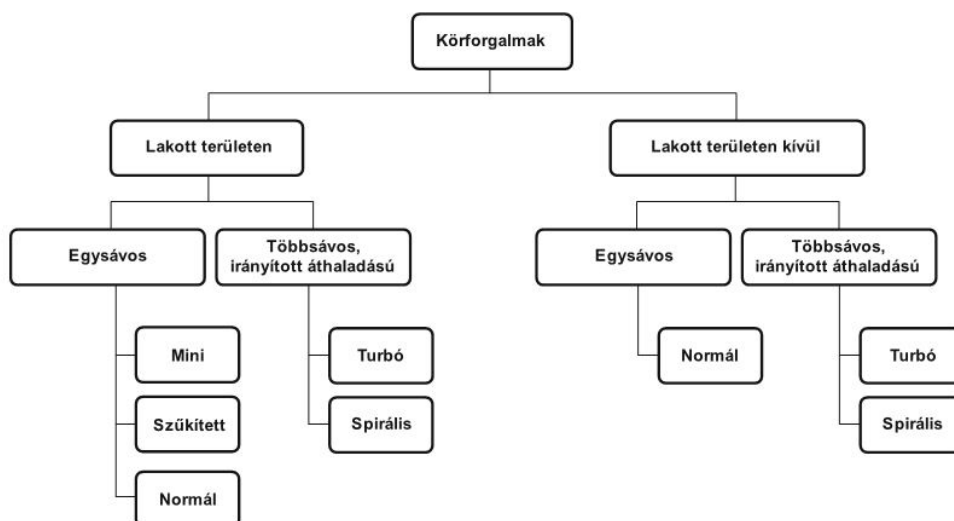
Az alábbi fogalmak meghatározását az Útügyi Műszaki Előírások alapján készítettem el, amelyek az alábbiak:

- *Körforgalom:* Középszigettel és körpályával is rendelkező útkereszteződés. Minden ága körforgalom és elsőbbségadás kötelező jelzőtáblával ellátott.
 - *Belépő sáv:* Az a forgalmi sáv, amely a körforgalom megközelítésére használatos.
 - *Csomóponti ág:* Az a csomóponti elem, amely segítségével meg tudjuk közelíteni, vagy épp el tudjuk hagyni a főpályát.
 - *Egysávós körforgalom:* Az a típusú körforgalom, amelynél minden belépő és a kilépő sáv egysávós, továbbá a körpályája is egysávós.
 - *Forgalomterelő sziget:* A körforgalom azon eleme, amely a járműforgalom előtt, útburkolati jellel vagy szegéllyel van elválasztva, illetve útpálya határolja körül.
 - *Járható gyűrű:* Tulajdonképpen a körforgalmi középsziget külső gyűrűjét képező, a körpálya burkolatától elválasztott és azzal körülhatárolt terület. Jellemzően teherbíró, járható, burkolt útfelület, ami a személygépkocsiknál hosszabb járművek zavartalan közlekedését segíti elő.
 - *Kilépő sáv:* Az a forgalmi sáv, ahol ki tudunk hajtani a körforgalomból.
 - *Körforgalom határa:* Az a határ, ahol a csomóponti ágak burkolatszéle változik.
 - *Körpálya:* A körforgalom területére eső, belső, csomóponti ágak közötti úttest.
 - *Középsziget:* A körforgalom azon része, amelyet az egyirányú körpálya ölel körül.
- [2]

2.3 Körforgalmak típusai

A körforgalmakra jellemző, hogy a forgalombiztonsága általában jobb, mint a hagyományos útkereszteződéseknek. Sajátos jelzésrendszerrel és geometriával rendelkeznek. Leginkább azonos kategóriájú utak találkozásánál ajánlott a kiépítése, ahol a forgalmi terhelések hasonló nagyságrendűek. [3]

A körforgalmakat a 3. ábrán látható módon kategorizálhatjuk, mely alapján az általam felmért körforgalom a lakott területen belüli kategóriában, az egysávos, normál kialakítású csoportba tartozik.



3. ábra Körforgalmak alapváltozatai geometriai kialakítás szerint
[<https://ume.kozut.hu/dokumentum/1059>]

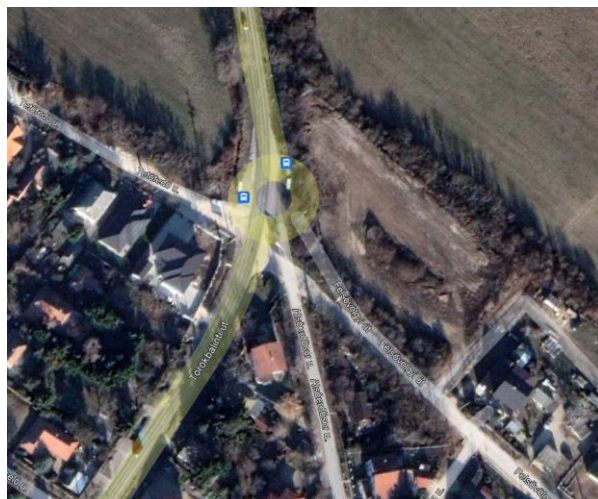
3. Munkaterület bemutatása

3.1 Földrajzi elhelyezkedés

A geodéziai felmérésem helyszínét és egyben a szakdolgozatom munkaterületét adó körforgalmi csomópont építése Érd külvárosában található. Az M0 és M7 autópálya környezetében elhelyezkedő település északi határán, a forgalmi rend javítás érdekében, körforgalom fogja segíteni a közlekedés hatékonyságát. A város egyik legforgalmasabb útjának számít a Törökbálinti út, Szövő utca és a Felsővölgyi út közötti szakasz megújítása kiemelt projekt Érd városában.



4. ábra Érd -Észak, M0 és M7 autópálya találkozása [<https://www.google.com/maps>]



5. ábra Érd- Munkaterület [<https://www.google.com/maps>]

3.2 Körforgalom indokoltsága, környezeti, közlekedési hatásai

A dolgozatomban témakörömnek alapjául, egy Érden megépült körforgalmat választottam. A Terület Budapest és az autópályák közelsége miatt igen frekvenciát területesen helyezkedik el, nagy forgalmat bonyolít le. A város egyik legforgalmasabb útjának számít a Törökbálinti út, Szövő utca és a Felsővölgyi út közötti szakasza. A balesetveszélyes és nagy forgalmat lebonyolító útszakasz felújítása és körforgalom építése a Széchenyi 2020 program segítségével valósul meg. Érd Megyei Jogú Város Önkormányzata pályázatot nyert az „Érd, Törökbálinti út, Szövő utca- Felsővölgyi utcáig tartó út rekonstrukciója körforgalom kialakításával” címmel, VEKOP-5.3.3-17-2017-00011 kódszámmal a „Fenntartható közlekedésfejlesztés Érden” tárgyú pályázaton.

Ennek részeként megépül egy körforgalom is, a Törökbálinti-Felsővölgyi-Tetőfedő utak kereszteződésében. Az említett kereszteződés rossz beláthatóságú, valamint balesetveszélyes minősítése volt a fő oka ennek a rekonstrukciónak és építkezésnek. A beruházás mintegy 1,318 milliárd forint Európai Uniós, teljes mértékben vissza nem térítendő támogatásból valósult meg. [4]

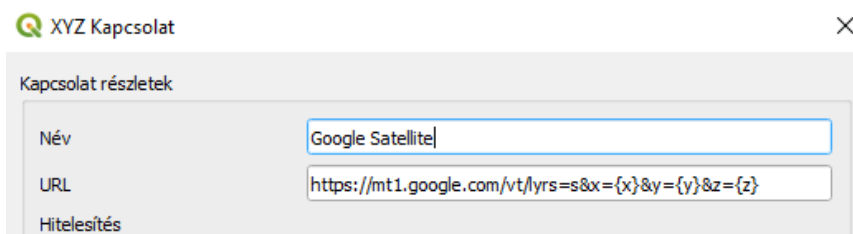
Két autópálya lehajtó forgalmának gördülékenyebb lebonyolítását is segíti a körforgalom. Az M0 és az M7 autópályáról leágazó utak forgalmát a meglévő Törökbálinti-Felsővölgyi-Tetőfedő kereszteződés nem tudta megfelelő minőségben és menetidőt tekintve hatékonyan ellátni, továbbá biztonsági szempontok is indokolják a körforgalom megépítését.

3.3 Áttekintő térkép QGIS szoftverben

A munkaterületről és annak földrajzi azonosításáról egy áttekintő térképet is készítettem a QGIS szoftver segítségével, melyet mellékletként a dolgozathoz is hozzacsatoltam (1. sz melléklet).

A .dxf formátumú kiviteli tervet HD72 EOVI vetületi rendszerben importáltam a QGIS szoftver új munkalapjára. Az áttekinthetőség érdekében zöld színnel emeltem ki a beruházás körforgalmat érintő területét.

Alaptérképnek a Google Satellite, valamint az Open Street Map-t is használtam. A <https://qms.nextgis.com/> honlapon megtalálható több alaptérkép URL kódja is, melyet a QGIS-ben is be tudunk hívni, így különböző alaptérképekkel dolgozhatunk a munkánk során. [5]



6. ábra Google Satellite Map elérési útvonala [<https://qms.nextgis.com/>]

Miután importáltam a szükséges .dxf fájlt és az alaptérképet is beállítottam, hozzá tudtam kezdeni, egy áttekintő térkép megszerkesztéséhez.

Piros kerettel jelöltem az aktuális munkaterületet egy átfogóbb kiterjedésű térképrészleten, melynek oka az volt, hogy a környező utakat és a projekt, Érd városában való elhelyezkedését is szemléltessem. Ezután egy új nézetablakot nyitottam, melyben már kifejezetten a körforgalom területére korlátozódik a kiterjedés. Az új nézetablak előnye, hogy egymástól függetlenül, mindkét nézetben tudom kicsinyíteni, nagyítani, illetve elmozdítani az adott nézetet, anélkül, hogy a másik nézetem elmozdulna.

Ezután további térképi elemeket is elhelyeztem:

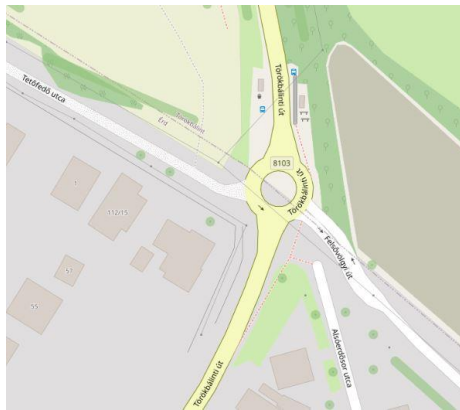
- Észak jel
- Jelmagyarázat
- Léptékezés
- Településnév
- Autópályák

Végezetül egy A4 méretű lapra nyomtattam a térképet, melyet a dolgozathoz csatoltam.



7.ábra Tervezett körforgalom áttekintő térképe QGIS-ben

Ahogy a 7. ábra is mutatja, a műholdas felvételen még nem szerepel a körforgalom, így egy szemléletesebb képet kapunk a múltbéli és a tervezett állapotok közötti különbségről. Ahogy az előzőekben is említettem, használtam az Open Street Map szolgáltatást is, ahol viszont már megjelenik az új körforgalom hozzávetőleges nyomvonala is.



8. ábra Open Street Map megjelenítése QGIS-ben

4. Megvalósulási terv, szabályzatok

4.1 Tervfázisok az építési projektek során

Megvalósulási tanulmány: Egy projekt műszaki-gazdasági megvalósíthatóságának elemzése, több tényezőt is figyelembe véve. A tanulmány összeállítása ritkán igényel geodéziai tevékenységet. [6]

Engedélyezési terv: Készítésének alapja a tanulmányterv, célja, hogy segítségével beszerezhető legyen minden érintett hatóság, kezelő, tulajdonos nyilatkozata a munkálatok elkezdéséhez. Ennek a tervnek már részletesebbnek kell lennie. Készítéséhez részletes és pontos vízszintes felmérések szükségesek, pl. a létesítmény vonalvezetése a pontosításához. Fontos, hogy a felmérés a következő tervfázisban készülő kiviteli terv készítéséhez is felhasználható legyen. [6]

Kiviteli terv: Készítésének alapja az engedélyezési terv. Építési engedély alapján készítendő, minden jellegű kivitelezési-műszaki megoldást tartalmazó terv. Nagy részletességgel kell megszerkeszteni, ugyanis már a pályázatok kiírása a kivitelező cégek

felé, ez alapján történik. A tervezés során, a kiinduló geodéziai adatoknak, vagyis, a felmért pontoknak vízszintes és magassági értelemben is pontosnak kell lennie. Az itt elvégzendő geodéziai munkák tartalmi és pontossági követelményeit az építkezés jellegéből adódó igények alapján szükséges meghatározni. [6] [7]

Megvalósulási terv: A kivitelezés befejezését követő munkarész, amelynek már tartalmaznia kell a tervtől való esetleges eltéréseket vagy eltérő megoldási módszereket is. Szintén részletesnek kell lennie, ugyanis ez adja a kiviteli tervekkel való összehasonlítások alapját. Ennél a munkarésznél kiemelt fontossága lesz az ellenőrző geodéziai méréseknek, melyeket a végleges állapot felmérésénél és vizsgálatánál is felhasználhatunk. [6] [8]

4.2 Megvalósulási terv, térkép

A megvalósulási térkép pontos és összefüggő ábrázolása az adott létesítmény állapotának, amely adatokat szolgáltat az üzemeltetés, beruházás és műszaki nyilvántartás részére. Az építkezés befejezésekor a térkép a további tervezések és kivitelezések kiinduló adatait biztosítja. A térkép folyamatosan frissítendő és kiegészítendő, annak érdekében, hogy segítse az üzemeltetést és a későbbi tervezéseket. A térképnek részletesen tartalmaznia kell az érintett terület összes létesítményét a végleges állapotnak megfelelően, figyelembe véve az építési munkák utáni változásokat is. Az építkezés befejezése után helyszínelést kell végezni, hogy az esetleges változásokat felfedjék mind a vízszintes, mind a magassági értelemben. [7]

Ahogy az előző fejezetben is említettem, ez a munkarész a különböző projektek utolsó munkafázisa. Dolgozatomban a megvalósult állapot felmérése után, az eredményeket feldolgozva a megvalósulási terv részét képező helyszínrajzi dokumentációt készítem el, és annak egyes munkafolyamatait mutatom be, valamint az ezzel elvégezhető ellenőrzési módszereket és lehetőségeket is szemléltetem.

4.3 Útügyi és Műszaki Előírások

Az Útügyi Műszaki Előírások kialakításának és alkalmazásának célja az útügyi tevékenység hatékonyságának és egységességének, magas szinten történő biztosítása, egységesen meghatározott szakmai alapelvek mentén. [9]

Dolgozatom témája a következő útügyi műszaki előírásokat érinti. A geodéziai munkákra és követelményekre vonatkozó előírásokat az „E-UT 09.04.15 - Közutak geodéziai előírásai és geometriai követelményei” tárgyalja, míg a körforgalmakra és azok építésére vonatkozó előírásokkal az „E-UT 03.03.11:2022 Körforgalmak tervezése” foglalkozik.

4.3.1 E-UT 09.04.15:2018 - Közutak geodéziai előírásai és geometriai követelményei

Ezen Útügyi Műszaki Előírás 2019. január 1. napjától hatályos. Az előírás részletesen kitér a szakkifejezésekre, taglalja az általános mérési előírásokat, geometriai követelményeket és minőségi követelményeket is. A legtöbb tűréshatár táblázatos formában került szemléltetésre, ami áttekinthetővé és egyértelművé teszi az egyes követelményeket.

A dokumentum 4.1.3. fejezetében taglalja az aszfaltrétegek szélességének követelményeit, melyhez kapcsolódóan szintén táblázat segíti a munkánkat. [10]

A közöbeznit megnevezése	Elérés iránya					
	Negatív (a réteg szélessége nem éri el a tervezett szélességet)			Pozitív (a réteg szélessége meghaladja a tervezett szélességet)		
	Értékelési szakasz hossza, m					
	<500	500–1000	1000	<500	500–1000	1000
Egyedi előírt határok, S_{elm} , cm	előírt érték –8			előírt érték +15 ¹⁾		
Egyedi megfeleléségi határok, S_{elm} , cm	előírt érték –10					
Átlageltérés előírt határok, S_{elm} , cm	–	–5,0	–4,0	–	+12,0 ¹⁾	+10,0 ¹⁾
Átlageltérés megfeleléségi határok, S_{elm} , cm	–	–6,5	–5,5	–		

1. táblázat Szélességre vonatkozó követelmények táblázatos formában
[<https://ume.kozut.hu/dokumentum/1059>]

Dolgozatomhoz kapcsolódóan az aszfaltszélességek előírásai kiemelt fontosságúak, ugyanis a biztonságos közlekedés és kanyarodási lehetőségek a körforgalmakban is legalább olyan lényegesek, mint más útszakaszokon. Ezen felül is minden geometriai és geodéziai tűréshatárt ez az Útügyi Előírás szabályoz.

4.3.2 E-UT 03.03.11:2022 Körforgalmak tervezése

Ezen Útügyi Műszaki Előírás 2022. október 15. napjától hatályos. Dolgozatomban a 2.2, illetve a 2.3 számú fejezetekben foglalkoztam a témát leginkább érintő részletekkel. Az előírás részletesen leírja és pontosítja az egyes fogalmakat, betartandó kritériumokat. Ami számomra kifejezetten hasznos volt, az a számos ábra és rajzi példa, melyekkel alátámasztja és szemlélteti akár a fogalmakat akár a tervezési és számítási kritériumokat. [2]

5. Geodéziai felmérés

5.1 Előkészületek, felmérés megkezdése előtti munkafázisok

A felmérés kivitelezéséhez a mérőállomással való felmérést választottam. Az RTK GNSS felmérést nem ítéltm elég pontosnak és megbízhatónak ehhez a felméréshez. A területen több magasfeszültségű traverz, illetve légkábel található, melyek negatívan hatnak a mérés pontosságára. A terület egységes és homogén rendszerben történő felmérése fontos szempont, így nem kell számolnunk a GNSS mérések közötti szórási hibákkal. Valamint az ilyen jellegű felmérés pontosságára szigorú Útügyi és Műszaki Előírások (UME), Mintavételi és Megfelelőségigazolási tervek (MMT) vonatkoznak.

A terepi munkavégzéshez elengedhetetlen a biztonsági feltételek megteremtése. Ennek egyik fő eleme az, hogy nem egyedül dolgoztam a munkaterületen, hanem párban végeztük el a felmérést. Mivel a felméréskor már a forgalom részére átadott útszakaszon mértünk, ezért a társam folyamatosan figyelte a forgalmi helyzeteket, mivel az én figyelmem elsősorban a műszerre és a felmérésre irányult. Szintén fontos, hogy a mérőállomásunkat is olyan helyre rögzítsük, ahol biztosan nem éri semmiféle külső hatás, és az esetleges rongálódás veszélyének sincs kitéve.

A munkaterületen munkavédelmi lábbelit kell használnunk, ezzel is megelőzve a baleseteket. Ezen felül még a láthatósági mellényt is viselnünk kell.

A körforgalom beméréséhez a megbízott vállalkozó geodétája által kialakított alapponthálózatot használtam fel a szabad álláspontom létrehozására. Az alapponthálózat pontjait Hilti-szeg és fólia jelölésekkel rögzítették.

A felmérés megkezdése előtt az alapponthálózati dokumentációkat áttekintette a megrendelő és elfogadásra javasolta, így egy megbízható hálózatban tudtam dolgozni. A kivitelezés során gyakori eset a pontpusztulás, ami ezen a munkaterületen is jellemző volt. A folyamatos pusztulások miatt 3-4 fix pont maradt a felméréskor, amire a tájékozás elvégezhető volt.



9. ábra Fólia és Hilti-szeg típusú alappont a munkaterületen

Az alappontok koordinátáit a kapott állományokból .txt fájlba mentettem. X, Y, Z koordinátákat, pontszámot, illetve megjegyzés mezőket hoztam létre. A műszerbe való importálás során vesszővel történő tagolást választottam. A körforgalom felmérésének megkezdése előtt az alappontokat EOVS koordináták alapján beillesztettem a tervekbe, így áttekintve azok pozícióit, még irodai környezetben. A helyszíni munka során nagy előnyt jelentett, hogy egy vázlattal a kezemből tudtam elkezdni a munkaterület bejárását. A helyszíni munkák első lépéseként az alappontok pontos helyének felkeresése következett. Jól látható, és azonosítható pontokat helyeztek el a területen, viszont az előbb már említett pontpusztulás miatt, ezek egy része megsemmisült az építkezés során és pótlásuk már nem minden esetben történt meg.



10. ábra Alapponthálózat a helyszínrajzon megjelenítve

A kiszemlélt ponton felállítottam a műszerlábát, majd erre felhelyeztem és rögzítettem a mérőállomást. A libellát folyamatosan figyelve, a műszerlábak pozíciójával és a lábak hosszának állításával, vízszintes helyzetbe állítottam a műszert. Ezután mindhárom láb stabilitását és rögzítését ellenőriztem. A bejárást követően, kijelöltem azt az álláspontot, amelytől minden alappont jól látható és nagyságrendileg egyenlő távolságban van. Továbbá fontos volt, hogy a legtávolabb lévő bemérendő részletpont távolsága ne haladja meg az álláspontom és az attól legtávolabb lévő alappont közötti távolság értékét.

Ezt követően a mérőállomás bekapcsolása következett, mely kijelzőjén első lépésként a digitális libella jelent meg.



11. ábra Digitális libella beállítása

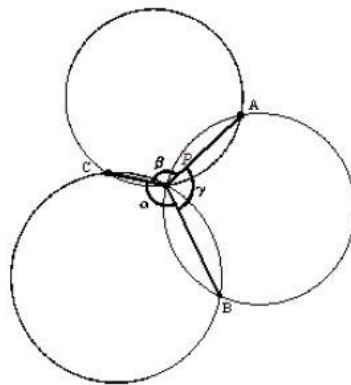
A libella segítségével tovább pontosítottam a vízszintes helyzetet, de ezúttal már a talpcsavarok elforgatásával végeztem a finomabb pozícionálást. A távcsövet 90 fokkal elforgatva minimális korrigálást még végeztem a talpcsavarokkal.

Pozícionálásnál mindig törekedni kell az X és Y tengelyeken is elérni a 0.000 m értéket, a lehető legpontosabb mérés elérése érdekében. Amennyiben eltérés keletkezik X és Y irányokban, azt a kompenzátor segítségével a műszer korrigálja.

5.2 Szabad álláspont létrehozása, hátrametszés elve

A szabadállás módszerét alkalmazva, egy alappontot kiválasztva, majd attól folyamatosan az óramutató járásával megegyező irányba haladva végeztem el a tájékozást.

Ennél a meghatározásnál a hátrametszés elvén dolgozunk, vagyis az új pontról mért belső irányok alapján határozzuk meg az új pontot. Pontos meghatározáshoz 3, már meghatározott fix pontra van szükség. Ezekre a pontokra iránymérést végzünk az új, meghatározandó pontunkról.



12. ábra Hátrametszés elve [11]

A három irány mérésevel, három szöget határozunk meg:

$$\alpha = \text{PC} - \text{PB}$$

$$\beta = \text{PA} - \text{PC}$$

$$\gamma = \text{PB} - \text{PA}$$

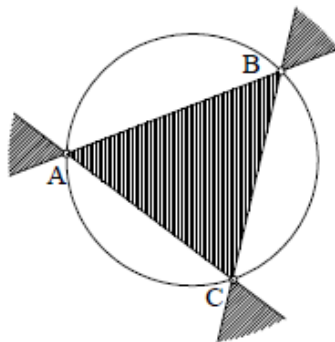
A három meghatározott szögből kettő független lesz, mert a három szög összege:

$$\alpha + \beta + \gamma = 360^\circ$$

A CB húrhoz tartozó „ α ” kerületi szög egy kört határoz meg, mely átmegy a C és B pontokon és bármely pontjáról ez a húr, „ α ” szög alatt látszik. A CA húrhoz is tartozik egy kör, melynek kerületéről a CA szakasz „ β ” szög alatt látható. [11]

A feladat megoldása a két kör metszéspontja lesz. A „P” pont az „AB” szakaszhoz tartozó „ γ ” szög alatt látszik. A hátrametszés feladata tehát, két kör metszéspontjának meghatározása. Ez matematikailag felírva, egy kétismeretlenes, másodfokú egyenletet eredményez. [11]

Fontos kiemelni, hogy a hátrametszés, egy esetben megoldhatatlanná válik. Ez akkor alakulhat ki, ha az új pontunk, az úgynevezett veszélyes körre esik. Veszélyes körnek nevezzük azt az elméleti kört, amely a három adott pontra, és az új pontra illeszkedik. Ha az új, meghatározandó pontunk a veszélyes körre esik, akkor a feladat nem oldható meg.



13. ábra Veszélyes kör ábrázolása [11]

A megoldás során, valamelyik lépésében egy 0-val való osztáshoz jutunk, ami nem értelmezhető. Mindenképp el kell kerülnünk, hogy az új pont a veszélyes körre essen, minden egyéb esetben a feladat matematikailag megoldható. Geodéziai megközelítésben viszont, már az is problémát okozhat, ha az új pontunk a veszélyes kör közelébe esik, ugyanis a veszélyes kör közelében az új pont meghatározásának pontossága nagymértékben csökken. Ekkor a mért szögek kis hibája esetén is, jelentős koordinátaváltozások jelentkezhetnek, akár méteres eltéréseket is okozhatnak. Amennyiben lehetőségünk van rá, az új pontunkat távol kell felvennünk a veszélyes körtől. Jól szemlélteti ezt a megoldást a 13. ábra, amelyen látható, hogy akkor vagyunk távol a veszélyes körtől, ha az új pontunk, a három meglévő fix pontunk által meghatározott háromszögön belül van. [11]

Többször előforduló lehetőségek és megoldások a következők:

- Az új pontunk a meghatározott háromszögünk valamelyik csúcs mögött helyezkedik el. Ebben az esetben szintén megoldható a feladat, viszont a meghatározás szempontjából kedvezőtlenebb.
- Amennyiben a háromszög egy kiválasztott oldala mellett választjuk az új pontot, a feladat szintén megoldható. Viszont itt is kiemelt figyelmet kell fordítanunk arra, hogy a veszélyes kört elkerüljük, az új pontunk ne essen annak közelébe.
- Legkedvezőbb viszont az, ha az új pontról mért 3 irány 120-120 fokos szöget zár be egymással és az irányok hossza nagyságrendileg azonos. Ez a gyakorlatban csak nagyon ideális esetekben fordul elő, ugyanis a környezeti és területi adottságok nem feltétlen teszik ezt az opciót lehetővé. [11]

A hátrametszés számítására, az idők során többféle megoldás alakult ki, melyek között nem lehet egyértelműen különbséget tenni abból a szempontból, hogy melyik az egyszerűbb és a leghatékonyabb. Különböző számítási eszközök alkalmazása esetén változhat, hogy melyik megoldás a kedvezőbb számunkra. A hátrametszésünk pontosságának ellenőrzése viszont minden esetben úgy végezhető el a leghatékonyabban, hogy a kiszámított új pontunk ismeretében elvégezzük az iránymérés tájékozását. [11]

5.3 Terepi munkafolyamat

A területen lévő, fóliával jelzett alappontokat lézeres távolság és irányméréssel mértem be. A Hilti-szeg által telepített alappontok bemérését prizmával végeztem, köszönhetően a mérőállomás „robot” funkciójának.

Robot funkció használatakor a prizma bemérése után rögzíthetjük a vezérlő segítségével a prizma és a mérőállomás folyamatos kapcsolatát. Ilyenkor a mérőállomás folyamatosan méri a prizma aktuális helyzetét, de csak akkor rögzíti és tárolja az adatokat, ha manuálisan megerősítjük azt a vezérlőn. Ez a funkció sokszor nagy előnyt jelent, ugyanis a két személyt igénylő hagyományos mérőállomásos munkavégzést, ebben az esetben egy személy is képes elvégezni. A tájékozást így 3 alappont bevonásával tudtam végrehajtani.

Felhasznált Alappontok Koordinátái			
PSZ	EOV Y	EOV X	Z (mBf.)
100	638416.282	230731.329	209.722
102	638430.288	230892.990	204.996
103	638498.476	230720.299	201.172

2. táblázat Felhasznált alappontok listája

A tájékozás hibahatáron belüli eredményeket hozott, így a szabad álláspontom rögzítésre került. Miután meghatároztam a mérőállomás pozícióját, elkezdtem a megépült körforgalom felmérését. A megvalósulási térkép részletpontjait kellő alapossggal és részletességgel szükséges felmérni, így ez egy igen időigényes munka.



14. ábra Terepi munkavégzés

Még az irodai környezetben elkészítettem a méréshez szükséges munkafájlt a vezérlőben. Ez a munkaterület nevét és a mérés dátumát kapta fájlnevként. A felmérések elnevezésének nagy jelentősége van a későbbi visszakeresés, munkák azonosítása miatt. Az irodai előkészítéssel rengeteg időt és energiát tudunk megtakarítani. Így a munkaterületen már egy olyan előkészített adatbázissal a kezünkben tudunk munkát kezdeni, amit már a részletpontok rögzítésével kell „csak” kiegészíteni. Gondolok itt arra, hogy a munkaterületen lévő egyéb szakágakat is csak minimális mértékben szabad feltartanunk a méréseinkkel, a munkavégzés folytonossága miatt.

Továbbá az időjárási körülmények is hátráltathatnak. Sem tűző napon, sem szakadó esőben nem kellemes és nem célszerű elkezdni a munkafájl létrehozását, és a mérendő részletpontok előkódolásával időt eltöltenünk.

A tájékozást követően, elkezdtem a munkaterület egyes objektumainak felmérését. Első körben a lézeres mérés segítségével bemértem az oszlopokat és a KRESZ táblák pozícióját. Mivel az oszlopok szélén a lézersugár megtörik, a mérés nem végezhető el. Ennek kiküszöbölésére a „ráhúzásos” módszert alkalmaztam. Így pontosan bemérhető volt minden oszlop és tábla pozíciója. Ennél a megoldásnál a mérőállomás csak utólagos rögzítéssel tárolja az adatokat.

Ezután a 360 prizmával felszerelt mérőrúdra rögzítettem a vezérlőt, és a robot funkció használatával mértem tovább a részletpontokat. A felmérés során a robot üzemmód használatakor fokozottan figyelniünk kell, hogy a folyamatos kapcsolat biztosított legyen a mérőállomás és a prizma között. Kitakarással a jelünk elveszik, a mérőállomással újra meg kell kerestetnünk a prizmánkat. Az általam használt eszköznél szerencsére már beépített funkcióként, az iránygombok használatával és a keresőfunkcióval könnyedén megtalálhatjuk az elvesztett prizma-mérőállomás kapcsolatot.

Kód	Objektum	Típus	Mért pontok száma (db)
AKNA	Akna	vonalas objektum	4
AROKALJA	Árok alja	vonalas objektum	3
AROKSZ	Árok széle	vonalas objektum	11
ASZFALT	Aszfalt széle	vonalas objektum	30
ASZFALT+JARDA	Aszfalt - járda kapcsolat	vonalas objektum	10
ASZFALT+SZEG+JARDA	Aszfalt-szegély-járda kapcsolat	vonalas objektum	2
ATERESZ	Áteresz	pontszerű objektum	1
BURKOLTAROK	Burkolt árok	vonalas objektum	37
CSATORNA	Csatorna	pontszerű objektum	9
CSITTETO	Csatorna csötető	pontszerű objektum	2
FAVILLO	Fa villanyoszlop	pontszerű objektum	1
JARDA	Járda	vonalas objektum	48
KANDELL	Kandelláber	pontszerű objektum	11
KAPCSSZEKRENY	Elektromos kapcsolószekrény	pontszerű objektum	4
KAPUB	Kapubejáró	vonalas objektum	6
KERITES	Kerítés	vonalas objektum	4
KORLAT	Korlát	vonalas objektum	29
KRESZTABLA	Kresz tábla	pontszerű objektum	15
KSZEG	Kiemelt szegély	vonalas objektum	87
MG	Magasság	pontszerű objektum	1
NKOCKA	Nkocka	pontszerű objektum	2
OPTIKA	Felfestett optika	vonalas objektum	166
OPTIKASZAG	Felezővonal	vonalas objektum	12
RK	Rézű korona	vonalas objektum	40
SULYSZEGELY	Süllyesztett szegély	vonalas objektum	186
SZEGELY	Szegély	vonalas objektum	38
SZKORLAT	Szalagkorlát	vonalas objektum	3
TERKO	Térkő	vonalas objektum	2
VIZNYELO	Víznyelő	pontszerű objektum	11
VTOLÓZAR	Víz- tolózár	pontszerű objektum	4
ZEBRA	Zebra	vonalas objektum	32

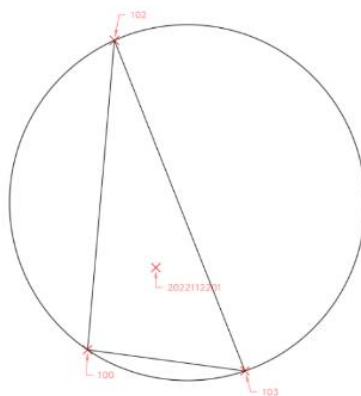
3. táblázat Felmért objektumok kódolása, pontok száma

A felmérés során mért részletpontok típusát és számát táblázatos formában is kigyűjtöttem (3.táblázat).

A megvalósult állapot felmérésekor 31 típusú részletpontot, illetve összesen 812 részletpontot mértem be. A terepi felmérés befejeztével, a munkaállományt és a létrejött adatbázis állományait exportáltam, majd pendrive-ra mentettem.

5.4 Veszélyes kör az érdi felmérés példáján

Az előzőekben már tárgyalt veszélyes körre vonatkozó ábrázolás szerint, megfelelő az álláspont pozíciója a mérés sikeres kivitelezéséhez. Az alappontok pozícióját, valamint az álláspontom a 13. ábra szemlélteti. A munkaterületen azonosítható, 3 alappontból meghatároztam a szabadállásom pozícióját, a 2022112201 sz. álláspontom. Ahogy a 13. ábrán is látszik, a 100, 102 és 103.sz alappontokat vontam be a mérésbe. Ezen pontokkal kialakítottam a veszélyes kört, amelynek mindhárom alappontom az érintője. Ezeket összekötve megkaptam a háromszöget, amin belül helyezkedik el az álláspontom, így elmondható, hogy ideális és pontos mérést tudok végezni a pozíció alapján.



15. ábra Saját felmérés alapján szerkesztett veszélyes kör

6. Felméréshez használt technológia

A megvalósulási térkép egyes objektumainak beméréséhez Topcon műszercsalád eszközeit használtam fel. A Topcon GT 1200 Hybrid Robot eszközzel való munkálatok során, először dolgoztam robot funkcióval ellátott mérőállomással.

6.1 Mérőállomásokról általánosan

A tulajdonságokat és felhasználási lehetőségeket tekintve elmondható, hogy a mérőállomás megvalósítja a vízszintes szögmérést, a magassági szögmérést, a távmérést, a mérési eredményeink tárolását, azokkal történő számítások végrehajtását.

A számítások végrehajtásához a mérőállomások beépített számítógéppel rendelkeznek, mely a mérés vezérlésén kívül az mért adatokkal való matematikai műveleteket és számításokat, majd azok tárolását is lehetővé teszik. [12]

Ezek közül a legfontosabb számítások:

- vízszintes távolság számítása a ferde távolságból és a zenitszögből
- magasságkülönbség számítása a ferdetávolságból és a zenitszögből, a refrakció és földgömbület figyelembevételével vagy anélkül

6.2 A pontos beállítások és azok jelentősége

Mérőállomások esetén, típustól és gyártótól függően eltérő kezelési felületekkel találkozunk, viszont a beállítási opciók hasonlóak. Az eltérés a menü és operációs rendszerek között lehet, de funkciók szempontjából ugyanazon beállításokat tudjuk elvégezni hasonló tudású, de eltérő típusú eszközökön.

A megfelelő beállítások elvégzése kiemelten fontos a mérések megkezdése előtt, ez ugyanis a teljes mérési folyamatot befolyásolja. Előfordulhat, hogy a mérés befejeztével még utólag korrigálhatók, javíthatók az elmulasztott beállításokból eredendő hibák, viszont ezek javítása körülményes és ez nem mindig hoz kielégítő eredményt. A beállítások nagy része alapértelmezettként tárolódik, viszont mivel eltérő körülmények és feladatok mutatkoznak a felmérések során, ezért érdemes minden mérésünk előtt átfutni a beállításainkon, módosítva azokat egyes specifikus méréshez. Nagyobb cégeknél, ahol több ember megosztva használ 1-1 műszert, a fenti beállítási módszernek hatványozódik a fontossága. Az alábbiakban kifejték néhány fontosabb beállítási lehetőséget.

➤ Mértékegység

Távolságokra vonatkozóan a méter és a láb (1 láb= 0.3048 m) között választhatunk. Hazánkban kizárólag a méter a használatos, viszont egyes külföldön vállalt munkák esetében szükségünk lehet a láb használatára is. [12]

➤ Szögmérés egysége

A szögmérés egységei közül a 360 fokos osztást használjuk. Itt a teljes kör 360 fok és a 60-as számrendszer szerint, percre és másodpercre van bontva. A másik opció az újfok vagy gon osztás. Itt a teljes kör 400 gon és ezt a tízes számrendszer szerint osztjuk tovább. [12]

➤ Limbuszkör

Számozásának iránya balsodrású, megegyezik az óramutató járásával. Lehetőségünk van az irány változtatására is. Speciális feladatoknál átállítható jobbsodrásúra is. Ez abban az esetben lehet releváns, amikor a szögeinket matematikai rendszerben kell értelmezni, ilyenkor ugyanis a pozitív forgásirány az óramutató járásával ellentétes. [12]

➤ Meteorológiai adatok mértékegysége

Méréseink első lépéseiként szükséges beállítani a mérőállomáson az aktuális meteorológiai tényezőket. A két legfontosabb tényező a hőmérséklet és a légnyomás. A beállítások elmulasztása mm nagyságrendű hibákat is eredményezhet. Kataszteri feladatok elvégzésénél nem okoz különösebb problémát, viszont mérnökgeodéziai feladatoknál, ahol sokszor tizedmilliméter élességgel kell adatot szolgáltatunk, ott nem engedhetjük meg magunknak az ebből eredő hibákat. [12]

A hőmérséklet és légnyomás beállításai mellett, beállíthatjuk a meteorológiai szorzótényezőt ppm egységben (mm/km). Ilyenkor a légnyomás és hőmérsékleti adatokból a felhasználónak kell kikeresnie a vonatkozó értéket. Az újabb típusú műszereknél már nem kell elvégeznünk ezt a beállítást, ugyanis a hőmérséklet és légnyomás adatok megadásából, a műszerünk automatikusan beállítja a ppm értéket is. [12]

➤ Légnyomás

A légnyomást barométerekkel mérjük. Egyik használatos mértékegysége a higanymilliméter (Hgmm), más néven torr. A másik gyakran használt egység a hektoPascal (hPa), más néven millibar (mbar). Ezeknek az állandóit, 1 atm alapján szemlélteti a lenti levezetés. [13]

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ torr} = 101325 \text{ Pa} = 1013,25 \text{ hPa}$$

1. egyenlet Légnyomás mértékegységei [13]

➤ Hőmérséklet

Magyarországon a Celsius fok az általánosan használt egység, viszont angolszász országokban gyakori a Fahrenheit fok használata, míg tudományos vizsgálatoknál a Kelvin fokot használjuk. [12]

$$C^{\circ} = (5/9)(F^{\circ} - 32)$$

$$F^{\circ} = (9/5)C^{\circ} + 32$$

$$K^{\circ} = 273,15 + C^{\circ}$$

2. egyenlet Hőmérsékleti állandók [12]

➤ Refrakció-együttható

Ennek az egységnek a beállítására elsősorban trigonometriai magasságmérés végrehajtásakor van szükség, amikor a mért irányok hosszabbak, mint 400 méter. 0.13 és 0.20 értékek közül tudunk választani, valamint beállíthatjuk, hogy méréskor a refrakció és a földgörbület hatását figyelembe vegyük-e vagy sem. Általánosan a 0.13 értéket választjuk, mert a $k=0.13$ érték a látható és a nem látható fény refrakciókoefficiense. A 0.20 érték a rádió-hullámokra vonatkozik, ezzel a beállítással nem dolgozunk. [12]

➤ Szorzóállandó

A mérések előtt fontos beállítanunk a szorzóállandó értékét. Ez tulajdonképpen a műszerben a távmérőhullám gerjesztéséért felelős kristályok előregedésére vezethető vissza, vagyis a kibocsátott tényleges, és a gyárilag beprogramozott névleges frekvencia eltér egymástól. Értékét ppm (mm/km) egységben adják meg, felülvizsgálata évente szükséges. [12]

➤ Összeadóállandó

A műszerállandóból és a prizmaállandóból tevődik össze. A műszerállandó esetén a műszer elektromos zérus pontja nem esik az állótengelyre. A prizmaállandó esetében a prizma optikai zéruspontja nem esik a vetítőbot tengelyébe vagy az optikai vetítő irányvonalára. Minden műszergyártó megadja, hogy a saját műszerével a saját prizmájára mekkora az összeadó állandó értéke. Viszont, ha a felhasználó adott műszerhez, nem a gyárilag meghatározott prizmát használja, abban az esetben értelemszerűen változik az összeadó állandó értéke. Ebben az esetben az összeadó állandó meghatározása már a felhasználó feladata. Ennek meghatározására az egyik leggyakoribb módszer, ha ugyanazt a távolságot lemérjük egy komparált mérőszalaggal és a műszerrel is. A kettő mérés különbsége adja meg az összeadó állandó értékét. Egy másik módszer, amit alkalmazni szokás, amikor egy távolságot közvetlen és két részben végzett méréssel is elvégzünk. Ennek előnye, hogy a meghatározás pontossága kizárólag a műszer pontosságának a függvénye. Hátránya viszont, hogy nincs fölös mérésünk, amivel ellenőrizhető az eredményünk. Ezt úgy tudjuk kiküszöbölni, hogy egy adott egyenesen több pontot is kijelölünk, majd így, több kombinációban mérjük meg a távolságokat. [12]

6.3 Topcon mérőállomás specifikációi

Felmérésem során a Topcon műszercsalád, GT 1200 típusú mérőállomását használtam. Az eszközről érdemes tudni, hogy az elődjeihez képest jóval kisebb súlyú, kompaktabb műszerről van szó. Néhány főbb jellemzőit a következőkben kiemelem. Az adatokat a magyarországi TOPCON forgalmazó, Navicom-Plusz Bt. honlapján található, gyártói specifikációs tájékoztatóból gyűjtöttem ki.

- Ultrasonic Direct Drive motorok miatt az egyik leggyorsabb robot mérőállomás jelenleg a piacon. Ez a rendszer $180^\circ/\text{sec}$ fordulási sebességgel bír, így biztosítva a $20^\circ/\text{sec}$ gyors követési sebességet. Érdekességképp, ez a műszertől 100 méteres távolság esetén 125km/h sebességet jelent.
- 30%-kal kisebb és könnyebb, mint a korábbi TOPCON robot mérőállomások
- Nagy és világos kijelző az olvashatóság érdekében

- Felhasználóbarát felület egyszerű beállításokkal és gyorsgombokkal
- Gyors processzor és reakció idő [14]



16. ábra TOPCON GT 1200 mérőállomás

A Navicom- Plusz Bt. honlapjáról táblázatba gyűjtöttem az általam használt mérőállomás néhány fontosabb tulajdonságát:

SZÖGMÉRÉSI PONTOSSÁG (ISO 17123-3 : 2001)	
GT 1202	2" (0.0006 gon/0.010 mil)
Kollimáció kompenzáció	Be/ki
Mérési mód	Vízszintes szög: Jobb / Bal (választható) Függőleges szög: Zenit / Vízzintes / Vízzintes $\pm 90^\circ$ / % (választható)

4. táblázat Szögmérési pontosság [14]

DŐLÉSSZÖG KOMPENZÁCIÓ	
Típus	Folyékony 2 tengelyes dőlésérzékelő
Kompenzáció tartománya	$\pm 6'$ (0.0018 gon)
Automatikus kompenzátor	Be (V és H / V) / Ki
Dőlés offset	Megváltoztatható

5. táblázat Dőlésszög kompenzáció [14]

6.4 Vezérlőegység

A mérőállomáshoz tartozó vezérlő egy rendkívül masszív, kompakt, Topcon FC-6000 típusú terepi tablet. Képernyője megfelelően látható tűző napsütés esetén is. Időjárási körülményekre vonatkozóan fontos megemlíteni, hogy por, csepp és ütésálló az eszköz. Ezen felül kapott egy plusz funkciót, mely során beállíthatjuk, hogy kézi érintéssel vagy tollal, erősebb nyomásra vagy gyengébb nyomásra érzékelje a képernyő a parancsokat. Esőben ez egy rendkívül hasznos funkció, ilyenkor ugyanis az esőcseppek képesek megzavarni és hamis jeleket adni a képernyő érzékelő felé.

Főmenüjében nagyméretű ikonokat találhatunk, melyek főbb funkciók és lehetőségekre bontják a lehetséges munkafolyamatokat. Véleményem szerint ez az ikonos megoldás, gyorsabb és átláthatóbb, mint a feliratos, szöveges menüvel rendelkező eszközök. Ez nyilván szubjektív vélemény, az is fontos befolyásoló tényező, hogy ki milyen munkakörnyezetet szokott meg. A régebbi eszközök jellemzően szöveges menüvel rendelkeztek, így aki azokat kezdte használni, az esetlegesen nehezebben vált erre az újabb technológiára.

Amit kiemelnék még, az az üzemidő, ugyanis a gyári adatoknak megfelelően 13-15 órás üzemidőre képes az eszköz, ami munkaterületen nagyon fontos szempont.



17. ábra TOPCON FC-6000 terepi tablet [15]

Néhány fontosabb tulajdonság:

- Kitűnő felbontású, 7” -os kijelző
- Windows® 10 Pro operációs rendszer
- LongLink™ Bluetooth kommunikáció
- 15 óra üzemidő [15]

6.5 Magnet Field terepi szoftver

A TOPCON saját fejlesztése, világszerte elterjedt terepi szoftvere a Magnet Field. Kompakt, átfogó megoldásokat és könnyen kezelhető mérési és számítási felületet biztosít a felhasználók számára. [15]



18. ábra Magnet Field szoftver [21]

6.6 360°ATP1 prizma

A mérés során a mérőállomáshoz gyártó által ajánlott, ATP1 360°-os prizmát használtam. Ennek a műszerben is beállítottam a prizmaállandóját 55 mm értékre.



19. ábra TOPCON ATP1 360° prizma

A 360°-os prizma egyik nagy előnye az, hogy egyszemélyes méréskor, robot üzemmódot használva, a folyamatos kapcsolat biztosított a prizma és a mérőállomás között. Hagyományos prizmáknál, nagyságrendileg +/- 90°-os, vagy azt meghaladó elforgatásnál a kapcsolat megszakad.



20. ábra Prizma azonosítása a munkaterületen

7. Adatok feldolgozása

7.1 Feldolgozáshoz alkalmazott szoftverek

Az adatok feldolgozásához az Autodesk szoftvercsalád Civil 3D tervezőprogramját választottam. Ez egy rendkívül színes és sokrétű program, melyben minden mérnöki igényt kielégítő funkció megtalálható. Az általában használt AutoCAD eszközökön felül, a teljes munkánkat végig kísérő és támogató intelligens rajzi objektumokkal és egyéb kiegészítő parancsokkal is segíti a tervezést és rajzolást. [16]

A Civil 3D fő felhasználási szakterületeit 2 nagyobb csoportba sorolhatjuk:

- Vonalas létesítmények tervezése, számítások végrehajtása
- Terepmodellek készítése, számítások végrehajtása

Vonalas létesítményeknél jellemzően út, vasút és vízépitési munkákra alkalmazzák, míg terepmodellek esetén leginkább a különböző számítások végrehajtására és ezekkel való tervezésekre használják. [16]

Azon túl, hogy rendkívül összetett szoftver, fontos kiemelni az utómunkálatok lehetőségét is. Elmentett és elkészített dokumentumaink, terveink utólagosan módosíthatók, frissítéseket végezhetünk a terveinken, modelljeinken. Természetesen a felsorolt szakágakon és azokhoz kapcsolódó számtalan funkción túl, más területeken is kiemelkedő szoftverként funkcionál az AutoCAD.

A szakdolgozatomban beillesztett, illetve mellékletként csatolt térképek egy részét a QGIS térinformatikai szoftver segítségével készítettem el. Így a kifejezetten mérnöki, AutoCAD szoftver mellett, egy térinformatikában népszerű és elterjedt szoftverrel is tudtam dolgozni. A QGIS egy szabad forráskóddal rendelkező, bárki számára elérhető szoftver. A szabad forráskód lehetővé teszi a szoftver folyamatos fejlesztését, újabb és újabb funkciókkal való bővítését. Ezzel a programmal színesebb és látványosabb megjelenítéseket tudunk elérni kifejezetten a térinformatikát képviselve, mint az AutoCAD Civil 3D használatával. Mérnöki, tervezési feladatok megvalósítására viszont az AutoCAD szoftvert kell használnunk.

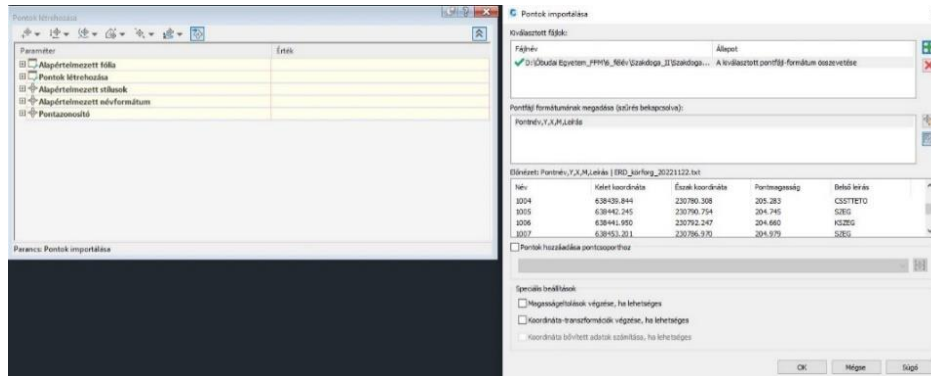
A dolgozatomban a két programot ötvözve készítettem különböző térképeket és mellékleteket. Így kitapasztalva azt is, hogy milyen szinten tudjuk az egyik szoftverrel elérhető funkciókat és lehetőségeket a másik szoftver segítségével még hatékonyabbá és látványosabbá tenni.

7.2 Feldolgozás és szerkesztés menete

A Topcon vezérlőegységből kiolvasott részletpontokat, alappontokat és álláspontot egy .txt fájlként exportáltam. A munka során egy .mjf fájl is létrejön, mint a Topcon műszerek saját munkafájlja. Ezek feldolgozásához és a megvalósulási térkép megrajzolásához az AutoCad Civil 3D szoftvert használtam.

Az AutoCAD Civil 3D programban több parancs és eszköz is rendelkezésünkre áll, amelyekkel beolvashatunk, létrehozhatunk pontokat majd dolgozhatunk azokkal. A .txt fájl COGO pontokként olvastam be, melyet a 19. ábra szemléltet.

Az így beolvasott pontoknak a pontszámait, koordinátáit és a leírásait is tartalmazó pontfelhő állományt kapok az AutoCad Civil 3D-ben.



21. ábra Pontok importálása Civil 3D szoftverbe

A Civil 3D által használt jellemző ponttípusok a Koordináta geometria pontok, illetve a pont csomópontok. A létrehozott pontállomány pontjait, ismertebb nevükön Koordináta Geometria pontoknak hívják. A pont csomópontokkal szemben ennek az opciónak óriási előnye a következő. Amíg a pont csomópontoknál a pontjaink X,Y, és Z koordinátákat kapnak, addig a COGO pontok esetében sok egyéb tulajdonságot, attribútumot is tartalmaznak a pontjaink. A pontok beolvasásához és megjelenítéséhez a COGO pontok csoportját választottam. [17]

COGO pontokhoz rendelt tartalmak a következők lehetnek:

- Pontszám
- Pontnév
- X koordináta
- Y koordináta
- Z koordináta
- Mező leírás
- Kiterjesztett leírás

A jobb áttekinthetőség érdekében a pontokra vonatkozó megjelenítési tulajdonságoknál beállítottam, hogy csak a pontszámokat, EOMA magasságot, illetve azok leíró adatait jelenítse meg a program.



22. ábra COGO pontok megjelenítési beállítása a szerkesztéshez

Fontos beállítási lehetőség még, az aktuális nézetablakunk feliratozásléptékének beállítása. A megjelenítés során a részletpontok, bizonyos esetekben sűrűbben és egymáshoz egészen közel lettek bemérve. Ilyenkor, sokszor nem egyértelműen vagy egymást kitakarva jelennek meg a pontjaink leíró adatai. A szerkesztés során nagymértékben csökkenthetjük a hibalehetőséget, ha mindig az adott felmérésünknek, illetve méretarányunknak megfelelő feliratozási léptéket használunk. Szemléltetésképp kiemelttem egy bemért kiemelt szegély megjelenítésének lehetőségeit. A 21. ábra az 1:50 arányú feliratozási léptéket, míg a 22. ábra az 1:5 arányú feliratozási léptéket ábrázolja. Ezen beállításokkal átláthatóbb és hatékonyabb lehet a munkavégzésünk.

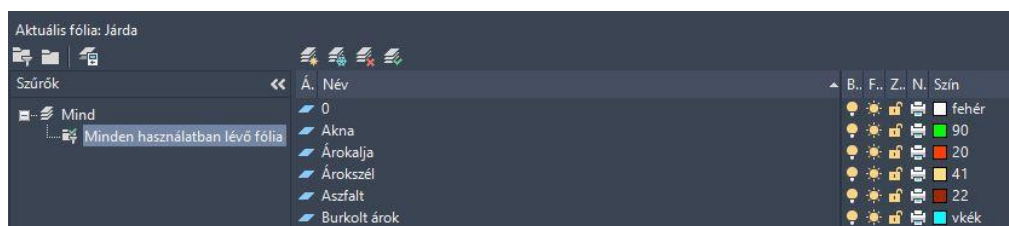


23. ábra 1:50 feliratozási lépték



24. ábra 1:5 feliratozási lépték

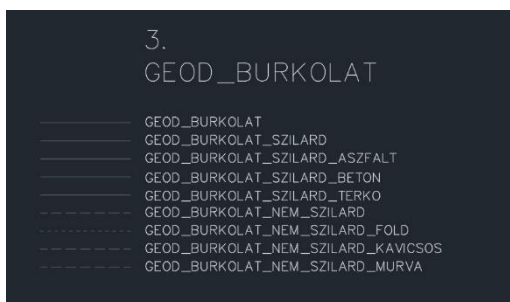
Ezután az azonos típusú részletpontok kirajzolását végeztem el. Minden típust külön fóliára helyeztem a feldolgozás során, így jól elkülöníthető rétegrendbe kerültek az egyes objektumtípusok. A következő ábra szemlélteti az előbb is említett műveletet, vagyis a fóliatulajdonságok menüpontban minden felmért részletpontnak, típusonként külön fóliát hoztam létre.



25. ábra Fóliák létrehozása részletpont-típusonként

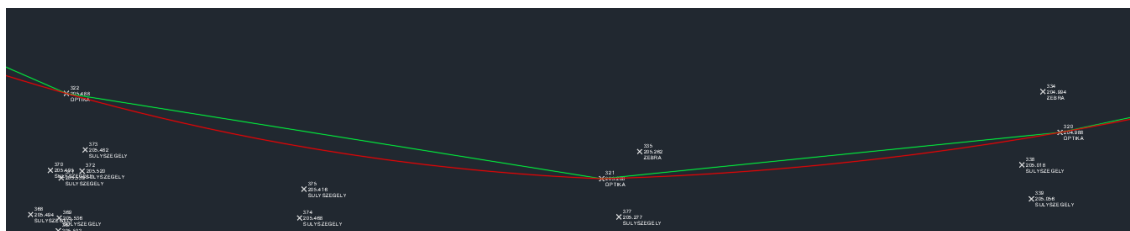
A vonalas objektumokat jelkulcs segítségével szimbolizáltam, melyhez a Magyar Mérnöki Kamara Geodéziai és Geoinformatikai Tagozat által publikált, mindenki számára elérhető mintadokumentációt és sablonokat használtam fel. Az áttekinthetőség érdekében, a vonalas objektumoknál a fóliáknak külön színt adtam, valamint a vonaltípust tekintve is több helyen eltértem az alapbeállításként megjelenő folytonos vonaltípustól. [18]

Ezen sablonok alapján formázva a fóliákat, a szakmai elvárásoknak megfelelő megjelenítést kapunk majd végeredményül. Mivel színvilágban nagyon hasonlóak az egyes rétegek, ezért érdemes lehet szerkesztés közben más színeket alkalmazni. Hasznos lehet ez egy egymáshoz közeli, de eltérő típusú részletpontok vonalvezetésénél, amikor zavaró lehet a hasonló vonalstílus közelsége vagy éppen keresztezése. Fontos viszont, hogy miután befejeztük az egyes típus szerkesztését, mindenképp állítsuk vissza a formailag megfelelő vonalstílust, illetve a vonalak színét.



26. ábra Példa a Geodéziai és Geoinformatikai tagozat .dwg sablonjából

Vonalas ábrázolásnál, nyomvonalak kirajzolásánál igen fontos szerepe van a vonal, illetve az ívek megválasztásának. A körforgalomnál jellemzően az íves szerkesztést használjuk, mivel a töréspontok összekötésekor egy töredezett, ív nélküli vonalat kapnánk, ami nem tükrözi a megvalósult állapotot.



27. ábra Egyenes és íves szerkesztés közötti különbség szemléltetése

A 25. ábra szemlélteti az íves és az egyenes vonallal történő szerkesztés közötti minőségi különbséget. Jól mutatja az ábra, hogy a piros vonallal történő szerkesztés szebben és alakhűen rajzolja ki, jelen példa esetén az optika alakhű vonalvezetését. A zöld vonallal kiszerkesztett optika vonalvezetése jól láthatóan töredezett, nagy valószínűséggel hamis képet ad a valós állapotról.

Abban az esetben, ha nem használnánk íveket a szerkesztés során, olyan sűrűséggel kellene felmérnünk az adott objektumot, hogy sem munkaidőben, sem adatmennyiségben nem lenne kifizetődő a munkánk, valamint a töréspontok egy bizonyos nagyításnál már látszanának. Szerencsére a szoftver számos típusú ív rajzolását teszi lehetővé, melyeket az aktuális munkához választhatunk.



28. ábra Ívek szerkesztési lehetőségei

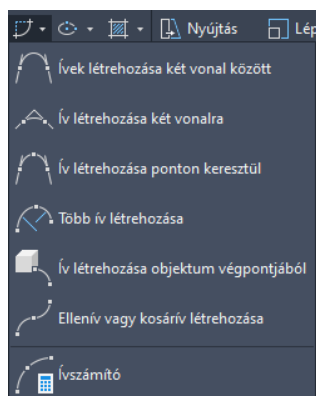
Ezáltal a lehető legpontosabban tudjuk kiszerkeszteni az objektumainkat. Az ívek megszerkesztésének számos lehetőségével találkozunk az AutoCAD-ben. Aktuális szerkesztésünkhöz, minden alkalommal megkereshetjük a legalkalmasabb szerkesztési módot. Az alkalmas módszer kiválasztása mindig attól függ, hogy milyen adatokkal rendelkezünk a megszerkesztendő ívvel kapcsolatosan. Ezeket a 26. ábra szemlélteti.

Az ívek rajzolásának egy fontos szegmense az Inflexiós pontoknál mutatkozik. Az inflexiós pontok precíz terepi bemérése nagy hangsúlyt kap a szerkesztés kapcsán is. Ezt kellő tapasztalattal és számos felméréssel folyamatosan lehet fejleszteni, majd így pontosan meghatározni. Az AutoCAD-ben ív- ellenív rajzolásával tudunk dolgozni, így kapva meg az eredményünket.

A 26. ábrán, illetve a 27. ábrán is látható, hogy mely opciók közül választhatunk, amikor egy-egy ívet meg kell rajzolnunk. Ha alapos ismeretekkel rendelkezünk ezen opciók felhasználási lehetőségeiről és módjáról, akkor nagyban megkönnyíthetjük és pontosabbá tehetjük a munkánkat. Körforgalmi objektumok ábrázolásánál kifejezetten hasznos volt számomra, hogy ennyi funkció segítségemre volt a szerkesztés során.

Vonalas ábrázolással, vonalas létesítmények a következők voltak:

- Árokalja
- Árokszél
- Áteresz
- Burkolatszél aszfalt
- Burkolt árok



29. ábra Speciális ívek szerkesztési lehetőségei

- Csatorna
- Járda
- Kapubejáró
- Kiemelt szegély
- Korlát
- Folytonos Optika
- Felezővonal
- Részű korona
- Süllyesztett szegély
- Szalagkorlát
- Térkő
- Tolózár
- Zebra

A pontszerű objektumokat jelkulcs segítségével jelöltem, melyhez a vonalas ábrázoláshoz hasonlóan, a Magyar Mérnöki Kamara, Geodéziai és Geoinformatikai Tagozat által publikált sablonokat használtam fel. [18]

Az objektum leírása	Forrás	Jel	Jel neve	Fénykép
forgalmi jelzőtábla	K.0.25 M.6.5.1.		KRESZtábla	
elektromos szekrény	K.0.27 EK-EL4		ElektromosSzekreny	
víznyelő	K.4.15 M.10.7.8. EK-VE6-13		Viznyelo	

30. ábra Példák a Geodéziai és Geoinformatikai Tagozat pontszerű sablonjaira
[Magyar Mérnöki Kamara, Geodéziai és Geoinformatikai Tagozat - Szakmai
útmutató - Digitális tervezési alaptérképek készítéséhez]

Pontszerűen, jelkulcs felhasználásával ábrázolt elemek:

- Csatornafedél
- Kandelláber
- Kapcsolószekrény
- KRESZ tábla

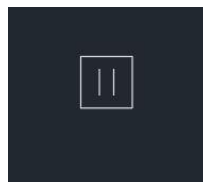
- Villanyoszlop (fa)
- Víznyelő

Az egyes pontszerű objektumok rajzi ábrázolására, úgynevezett blokkokat használunk. Blokkról akkor beszélünk, ha egy több vonalból vagy rajzi egységből álló elemet egységesítünk, majd ezután a több alkotóelem, egy összetett elemként funkcionál a munkafájlunkban.

Pontszerű ábrázolásra vonatkozóan néhány példa:

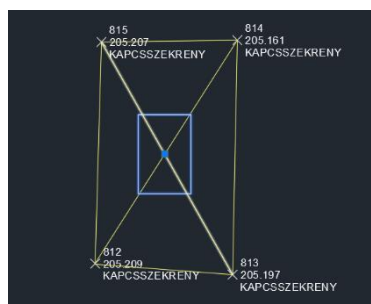


31. ábra KRESZ tábla blokk



32. ábra Víznyelő blokk

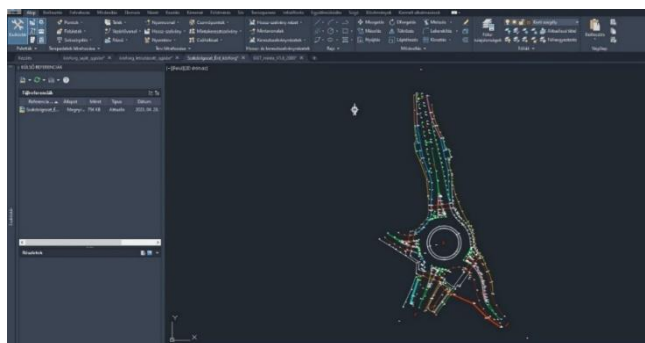
Egyes pontszerű objektumoknál, azok sarokpontjait bemérve, az azok által kirajzolt alakzat középpontját átlók szerkesztésével hoztam létre, majd ebbe a pontba illesztettem a szükséges jelkulcsot. Ezt szemlélteti a 31. ábra, ahol egy elektromos szekrény pontos pozíciójának meghatározásához volt hasznos ez a módszer.



33. ábra Elektromos kapcsolószekrény jelkulcs elhelyezése

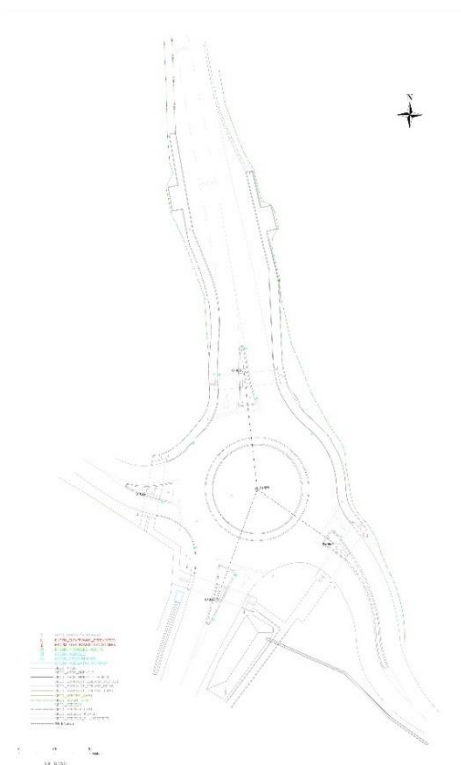
8. Mérési eredmények, megvalósulási térkép

Az előző fejezetben kifejtett szoftver és annak funkciói segítségével elkészítettem a megvalósulási térképet. A méréseim alapján megszerkesztett rajz szemlélteti az elkészült körforgalmat és annak minden objektumát.



34. ábra Felmért körforgalom szerkesztése AutoCAD szoftverben

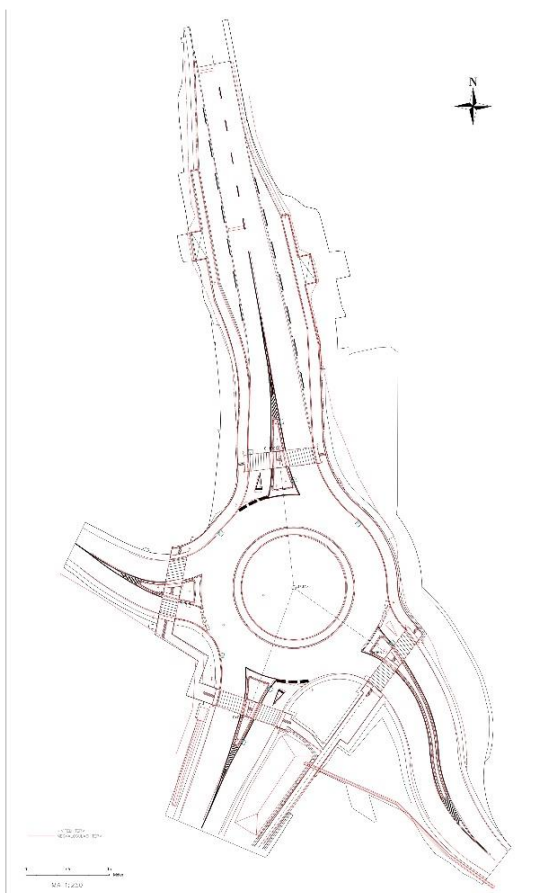
A szerkesztés során igyekeztem egymástól minél jobban eltérő színeket használni, az átláthatóság érdekében. Miután elkészültem a szerkesztéssel a vonalstílusokat a Magyar Mérnöki Kamara, Geodéziai és Geoinformatikai Tagozat sablonjának megfelelő formátumúra alakítottam át egy másik .dwg fájlban. Ezt elláttam a szükséges térképi elemekkel és mellékleként a szakdolgozathoz is csatoltam.



35. ábra Megvalósulási térkép a GGT sablonnak megfelelően szerkesztve

9. Megvalósulási terv és a kiviteli terv összevetése

Ebben a fejezetben összevetem az eredeti, kiviteli tervet a megvalósult állapotról készült megvalósulási tervvel. Ennek az összehasonlításnak a leghatékonyabb módja, ha a két .dwg formátumú tervet egy fájlban egymásra illesztem. Első lépésként fontos, hogy mindkettő EOVRendszerben legyen, amit az AutoCAD-ben kell beállítanunk. Miután ez megtörtént, egy vetületi rendszerben tudjuk ábrázolni a két tervet. Ilyenkor célszerű az eredeti terv és a megvalósult állapot minden vonalas és pontszerű elemét egységes színekre állítani. Így a kiviteli tervem fekete/fehér színnel jelenik meg, a megvalósult állapotot pedig piros színnel jelöltem. Ezzel a megoldással könnyen megtalálhatjuk és kimutathatjuk az esetleges eltérések helyét és mértékét is. A továbbiakban kiemelek néhány eltérést, melyet a két helyszínrajz összehasonlítása során tapasztaltam.



36.ábra Kiviteli terv és megvalósulási terv összevetése

9.1 Eltérések vizsgálata

➤ Forgalomterelő szigetek

A legmarkánsabb eltéréseket a megépült forgalomterelő szigeteknél találtam. A megszerkesztésük talán az összes elem közül ezeknek volt a legnehezebb. Az íveket nem sikerült minden esetben tökéletesen kiserkesztenem. Ennek fő oka, hogy 1-1 ívet 3 pontjában mértem fel, így, ha valamely pont elcsúszott, úgy a szerkesztésem is nehézségekbe ütközött. Ennek ellenére, az ívszerkesztő lehetőségek alkalmazásával igyekeztem a legjobban megszerkeszteni a valós geometriákat. Viszont több esetben is a szigetek tervezett és megvalósult kiterjedései közötti különbség, illetve ezek elcsúszása is megfigyelhető. A hasonló építkezésekre jellemző, hogy ezeknek a szigeteknek a megépítése okozza a legtöbb problémát a kivitelezők számára, mivel a vonalvezetése bonyolult, könnyen ki lehet csúszni a megfelelőségi határokból. Ezt a 37. ábra szemlélteti.



37. ábra Forgalomterelő sziget szerkesztése

➤ Korlátok

A járdák vonalvezetését lekövető korlátok, szinte mindenhol a tervnek megfelelően épültek meg, egyetlen szakaszt kivéve. A két terv összevetéséből egyértelműen azonosítható és a helyszínen készült fotókból is látható a különbség. Piros nyomvonal jelöli a felmért korlát pontos pozícióját, míg a fehér vonalak a kiviteli tervet szemléltetik.

Jól látszik, hogy a megvalósult állapot nem követi a tervezett korlát nyomvonalát, ami folyamatosan leköveti a járdát.



38. ábra Megépült korlát a helyszínen



39. ábra Tervezett és megépült korlát nyomvonala

➤ Járda nyomvonalának kivitelezése

A mellékelt fényképen és tervrészleten látszik, hogy az adott helyen a járda nem a tervezett nyomvonalon került kivitelezésre. Az ábrákon a piros nyomvonal jelöli a megvalósult állapotot, a fehér pedig a tervezett állapotot.



40. ábra Megépült járdaszakasz a helyszínen

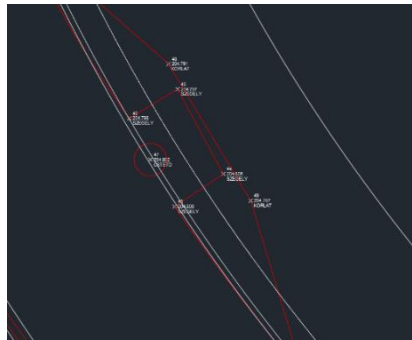


41. ábra Tervezett és megépült járdaszakasz nyomvonala

A geodéziai felmérés egyértelműen megmutatta a tervtől való pontos eltérést ebben az esetben is. A tervezők, a járda kezdő nyomvonalára egy merőleges, 90°-os szögben kapcsolódó járdaszakaszt terveztek folytatásként, azonban a felmérés szerint ez egy nagyobb, egészen pontosan egymással 108°-os szöget bezáró útsatlakozás.

Továbbá, a pontos töréspontok sem a tervezett helyen valósultak meg. Ilyen esetekben sokszor közbeszólhatnak az épületek, fák, vagy éppen a kerítések, közművek nyomvonalának pozíciója, nyomvonala. Ezek miatt utólagos korrigálásra lehet szükség a nyomvonalakat illetően.

A következő példa szintén a járda nyomvonalának módosítását ábrázolja. Ebben az esetben egy terven nem szereplő, vízépítéshez kapcsolódó munkák miatt, csatornafedélnek kellett kialakítani a szükséges helyet, így a lenti ábra alapján, módosítva lett az eredeti terv.



42. ábra Tervezett és megépült nyomvonal csatornafedélnél

➤ Optika felfestése

Az optika felfestésénél több helyen is találtam tervtől való eltéréseket. Ezek az eltérések viszont nem meghatározó problémák, mivel a felfestés tervi megjelenítése a valóságban nem mindig pontosan ugyanúgy készül el. Több esetben csak szimbolizálja a felfestés területét és milyenségét. Szemléltetésképp a 44. ábra mutatja az optika felfestésének eltérését.

Aszfalt szélessége, körforgalmi sziget mérete



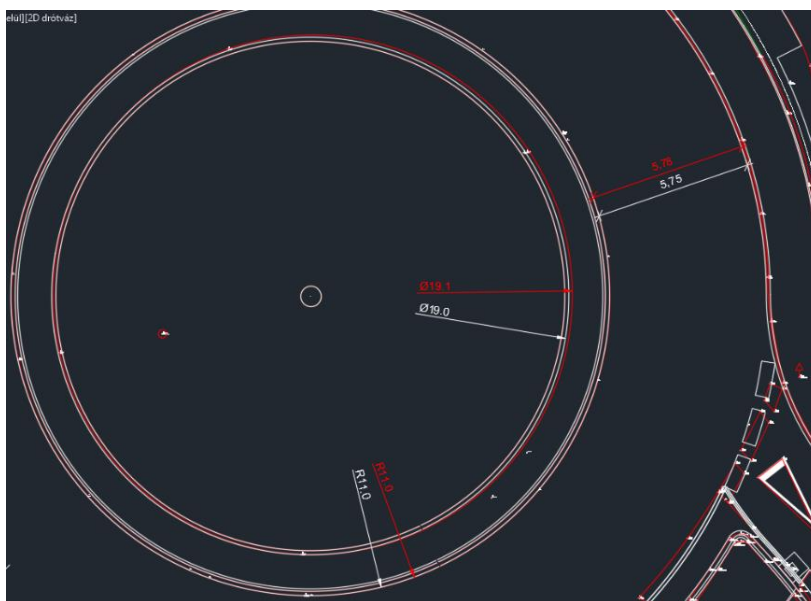
43. ábra Felfestett optika



44. ábra Tervezett és megvalósult optika felfestése

Ahogy az Útügyi és Műszaki előírások fejezetnél is említettem, az egyik meghatározó megfeleléségi elem az a megépült aszfalt szélessége, de ezen kívül több kritériumnak is meg kell felelnie a megépült objektumnak.

A 45.sz ábrán bemutatom, hogy a körforgalmi sziget milyen pontossággal és mennyire tervszerűen épült meg, illetve, hogy milyen ellenőrzési lehetőségeket nyújt a Civil 3D szoftver.



45. ábra Körforgalmi méretek vizsgálata

A belső, kör alakú szegélyszornál láthatjuk, hogy minimálisan keleti irányú elcsúszással épült meg. Ez néhány cm eltérést jelent, ami nem haladja meg a tűréshatárt. Viszont láthatjuk, hogy a belső kör átmérője minimálisan szélesebb lett a tervezettnél, szerencsére ennek nincs forgalmat befolyásoló tényezője.

A külső körívnek már sokkal nagyobb jelentősége van megépült geometria szempontjából. Itt azonban láthatjuk, hogy a kiviteli terven szereplő sugár megegyezik a megvalósult állapot sugarával, valamint vízszintes elhelyezkedése is hibahatáron belüli.

Látható még egy aszfaltszélesség ellenőrzés is, amely szintén jól mutatja, hogy a megépült aszfalt szélessége nem mutat túlságosan nagy eltéréseket a tervezett aszfalt szélességétől. Az aszfalttal kapcsolatos, esetleges eltérések nagy többségében a szerencsebb eset az, ha az eltérés iránya pozitív, vagyis szélesebb az aszfalt a

tervezettnél. Természetesen ennek is vannak megfelelőségi határai, amin túl már nehéz indokolni és megvédeni az eltérés okát.

➤ **Magassági értékek összevetése**

A felmért és tervezett állapotoknak nem csak vízszintes értelmű ellenőrzése a fontos. Legalább ugyanilyen fontossággal bír a magassági értékek betartása és ellenőrzése is. A megvalósulási térképen több helyen összevethetjük a magassági értékeket, akár pontos ellenőrzésre, akár durva hibák kiszűrésére.

A durva hibák kiszűrésére a vizsgált ponton vagy területen, illetve azok környezetében vethetjük össze a mért és tervezett magassági értékeket. Abban az esetben, ha nagyobb eltéréseket találunk, akkor érdemes pontosan visszatűzni a tervezett pontokat, egy újabb terepi mérés során. Így egy-egy területről rengeteg összehasonlítási alapunk lehet.

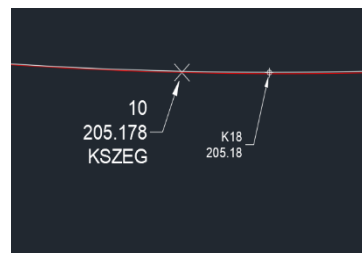
A megvalósulási tervek további részét képezi a keresztszelvényenkénti és minősítési pontokban való felmérés, aminek segítségével szintén tudunk megfelelőséget vizsgálni. Dolgozatomban nem térek ki külön erre a minősítési módszerre, mivel ez tartalmilag és mennyiségileg is egy külön értékelendő és kifejtendő, átfogó témakör.

Az ilyen jellegű építkezéseknél, mint a körforgalom is, érdemes minél több pontban méréseket végezni, kiegészítve a konkrét nyomvonalat vagy részletpontot esetleges véletlenszerű bemérésekkel is. Majd ezeket a kiviteli tervbe illesztve, könnyen rábukkanhatunk az esetleges eltérésekre.

Az általam felmért körforgalom példáján a magassági vizsgálatokra is hozok néhány példát az alábbiakban.



46. ábra Víznyelő magassági ellenőrzése



47. ábra Szegély magassági ellenőrzése

Jól látható, hogy a víznyelő ellenőrzésénél magassági értelemben 1cm-n belüli eltérést mutat a mérésünk. Így elmondható, hogy megfelelő szinten épült az adott víznyelő.

Ez azért nagy jelentőségű, mert ha az aszfalt kopórétegének szintje fölött helyezkedne el, vagyis a tervezettnél magasabban, akkor komoly közlekedési problémákat okozna.

A másik példán a szegély tervezett és megépült szintjét láthatjuk, amiről elmondható, hogy itt is mindösszesen néhány mm eltérés tapasztalható, így ezt szintén megfelelőnek könyvelhetjük el.

Fenti példák alapján, úgy gondolom eredményes és hasznos volt a körforgalom megvalósult állapotának felmérése és összevetése a kiviteli tervekkel, mivel több eltérést is találtam, valamint a megfelelőségeket alátámasztottam.

A projektek végkimenetelénél, ebben az esetben a megrendelői oldal dönt, hogy elfogadja-e ebben a formában a megvalósult állapotot, vagy sem. Továbbá joguk van és igényelhetnek visszabontást vagy korrekciót is. Mindezeket csak megfelelő minőségű és alátámasztott bemérésekre való hivatkozással tehetik meg. Így elmondható, hogy nem csak a kivitelezésben közreműködő geodéta szakembereknek, de a megfelelőségi felmérést végző személyeknek vagy cégnek is szintén nagy a felelőssége ezekben a munkafolyamatokban.

Az előzőekben bemutatott esetek alapján is kijelenthetjük, hogy nagy szerepe van a kivitelezés közbeni, folyamatos kontroll mérések elvégzésének. Ezzel megelőzhetjük és időben jelezhetjük az adott problémákat, elkerülve ezzel a későbbi visszabontásokat és módosításokat. Ez mind a beruházó, mind a kivitelező cégnek előnyére válik.

10. Térképi megjelenítés

Az eredményként kapott megvalósulási terv helyszínrajzát, EOV helyesen műholdképre illesztettem, a QGIS felhasználásával.



48. ábra Áttekintő térkép a megvalósult állapotról

Ahogy a kiviteli tervet, úgy a megvalósult állapot felmérését szemléltető megvalósulási helyszínrajzot is a QGIS segítségével szerkesztettem meg egy áttekintő térképre. Ezután készítettem egy olyan térképet is, amelyen mindkét tervet egyszerre jelenítettem meg, így látható, hogy a kivitelezésre, az eredetileg lehatárolt munkaterületen belül került sor és a terv szerinti helyére került a körforgalom és a kapcsolódó ágak. A körforgalmon belül feltárt geometriai eltéréseket az előző fejezet részletezte.



49. ábra Áttekintő térkép a tervezett és megvalósult állapot feltüntetésével

11. Tapasztalatok

A dolgozat elkészítése során az eddig tanultak alkalmazása mellett, sok új ismeretre is szert tettem. A kezdeti, irodai előkészületi munkák fontossága ennél a felmérésnél is megmutatkozott. Mielőtt a munkaterületre mennénk, érdemes alaposan felkészülni az esetleges terepi és környezeti adottságokra, tájékozódni a várható időjárásról. A munkafájlok előkészítése is nagyban segítheti a munkánk hatékonyságát és időigényét. Az előzetes előkészületeknek köszönhetően a terepi bejáráskor már tudtam hol kell keresni az alappontjainkat, milyen forgalmi rendre lehet számítani, a szabad álláspont kiszemlése is előzetes térképi áttekintés segítségével volt hatékony.

Jelen felmérés során fontos volt, hogy a felmérést ugyan egyedül végeztem, viszont volt mellettem segítő is, aki a forgalmat is folyamatosan figyelte, így támogatva a biztonságosabb munkavégzést. A Topcon mérőállomás Robot funkciója kitűnően működött, a nagyobb forgalom és többszöri autó, illetve tehergépjármű okozta kitakarások alkalmával sem sokszor veszítette el a prizma kapcsolatot. Amikor megszakadt a kapcsolat, a mérőállomás rövid időn belül újra azonosította és csatlakozott a prizmához. Ezt nagyban segítette az általam használt ATP1 360°-os prizma is. A felmérés befejeztével, az irodai munka során, az AutoCAD és QGIS szoftvereket használva készítettem el az áttekintő térképeket, helyszínrajzokat, illetve a megvalósulási térképet. Számos funkciót és programok biztosította lehetőséget teszteltem, használtam. Fontos tapasztalat volt az AutoCAD szoftverben, hogy az aprólékos és részletes előkészítések, vonal és pontbeállítások, léptékbeállítások milyen nagy mértékben segítik a pontos, precíz szerkesztést. A megjelenítés kapcsán, felhasználtam a QGIS nyújtotta lehetőségeket is. Itt a tanulmányok során is elsajátított funkciókat próbáltam kiegészíteni új megoldásokkal is.

Összességében, mindkét szoftverről kaptam egy átfogó képet, azonban az is egyértelmű, hogy ilyen sokrétű szoftverek alapos kiismerése csak újabb és újabb, változatos munkák és szerkesztések során valósítható meg. Sokszor segítségemre volt az AutoCAD súgó funkciója is, amely témakörönként tematikusan kifejt minden egyes funkciót, de online is rengeteg elérhető oktató videó és segítség található mindkét szoftverhez.

A körforgalmi felmérésem során elkészült állományok segítségével pedig egy részletes összehasonlítást tudtam végezni a tervezett és megvalósult állapotra vonatkozóan. Itt vízszintes és magassági értelmű eltérésekkel kapcsolatos példákat is felsoroltam és szemléltettem. A dolgozat elkészítése során, a kezdeti munkálatoktól kezdve a végtermék elkészítéséig elvégeztem a felmérést érintő munkafázisokat, így megtapasztaltam a terepi munkavégzés és az irodai, utólagos feldolgozás lehetőségeit is.

12. Összegzés

Szakdolgozatom témaválasztását a geodéziai műszerek megismerése, valamint az ezután következő feldolgozási folyamatok összessége indokolta, aminek az eredményeként, egy átfogó képet kaptam a kezdeti előkészületi munkáktól kezdve, a terepi munkavégzésen át, egészen a feldolgozásig és szerkesztési lehetőségek megtapasztalásáig. Ezen elsajátított és megtapasztalt munkarészek bemutatására és a geodéziai feladatok megoldására egy építőipari projektet választottam, egészen pontosan egy Érden megépült körforgalom megépítését. A dolgozatban megszerkesztettem a körforgalmat bemutató áttekintő térképeket, ábrázoltam a kiviteli tervet egy átnézeti térképen, valamint a terepi felmérések alapján megszerkesztettem a kivitelezés befejezése utáni megvalósulási térképét. Végül helyszínrajzon összevettem a megépült állapotot a kiviteli tervvel, esetleges kivitelezés közben adódott eltérések kimutatása érdekében. A munka során kitértem a felmérés bemutatására, annak esetleges hibalehetőségeire is. Bemutattam az általam használt műszereket, eszközöket, melyeknek elsajátítottam a kezelését, munkafolyamatokban történő, gyakorlati használatát. A terepi felmérésen túl az irodai előkészítési folyamatokat, illetve a feldolgozási folyamatokat is szemléltettem. Kitértem a feldolgozás során adódó esetleges nehézségekre is. Az irodai feldolgozás, szerkesztés során alaposabban megismertem egy kifejezetten mérnöki, illetve egy térinformatikai célokat kielégítő szoftvert is. Ezekkel különböző térképeket és helyszínrajzokat állítottam elő.

A dolgozat munkaterületét is adó, Érd városában megépült körforgalom remélhetőleg beváltja a hozzá fűzött reményeket és egy biztonságosabb, hatékonyabb közlekedést tesz majd lehetővé, mind a bemenő, mind a kimenő forgalom számára és a helyi lakosok nyugalma és közlekedési lehetőségeit is segíti. A geodéziai felmérés során feltárt eltérések mértékét és mennyiségét tekintve, döntően nem befolyásolják a projekt sikeres lezárásának lehetőségét. Természetesen a projekt lezárásának feltételeit a megrendelői oldal szabja és értékeli, így a döntés is a megrendelő és a szakhatóságok feladata.

13. Summary

The choice of topic for my thesis was motivated by the aim to gain knowledge of geodetic instruments and the subsequent processing steps, resulting in a comprehensive understanding of the entire process from initial preparation work, through fieldwork, to processing and editing options. To demonstrate the acquired skills and to solve geodetic tasks, I chose a construction project, namely the construction of a roundabout in Érd. In my thesis, I created an overview map of the roundabout, depicted the construction plan on a cross-sectional map, and based on field surveys, created a realization map after completion of construction. Finally, I compared the constructed state with the construction plan on a site plan to detect any discrepancies that may have occurred during construction. During the work, I presented the survey and its potential sources of error. I also presented the instruments and tools I used, the mastery of their operation, and their practical use during work processes. In addition to field surveys, I demonstrated office preparation and processing processes, including possible difficulties that may arise during processing. Through office processing and editing, I gained a more in-depth understanding of specialized engineering software and a GIS software, using them to create different maps and site plans.

Roundabout in city of Érd, which formed the focus of my thesis, is expected to fulfill the intended purpose of providing safer and more efficient traffic flow for both incoming and outgoing traffic, as well as supporting the peace and mobility of local residents. The deviations and quantities determined during the geodetic survey do not significantly affect the possibility of successfully completing the project. Of course, the conditions for completing the project are set and evaluated by the client, and therefore the decision-making process is the responsibility of the client and the authorities.

14. Ábrajegyzék

1. ábra Körforgalmak építési üteme Magyarországon [Magyar Közút Nonprofit Zrt. adatsorából szerkesztve]	8
2. ábra Körforgalom alapelemei [https://ume.kozut.hu/dokumentum/1059]	9
3. ábra Körforgalmak alapváltozatai geometriai kialakítás szerint [https://ume.kozut.hu/dokumentum/1059].....	11
4. ábra Érd -Észak, M0 és M7 autópálya találkozása [https://www.google.com/maps]	12
5. ábra Érd- Munkaterület [https://www.google.com/maps]	12
6. ábra Google Satellite Map elérési útvonala [https://qms.nextgis.com/]	13
7. ábra Tervezett körforgalom áttekintő térképe QGIS-ben	14
8. ábra Open Street Map megjelenítése QGIS-ben.....	15
9. ábra Fólia és Hilti-szeg típusú alappont a munkaterületen	19
10. ábra Alapponthálózat a helyszínrajzon megjelenítve	20
11. ábra Digitális libella beállítása.....	20
12. ábra Hátrametszés elve [11].....	21
13. ábra Veszélyes kör ábrázolása [11]	22
14. ábra Terepi munkavégzés	24
15. ábra Saját felmérés alapján szerkesztett veszélyes kör	27
16. ábra TOPCON GT 1200 mérőállomás.....	32
17. ábra TOPCON FC-6000 terepi tablet [15].....	33
18. ábra Magnet Field szoftver [21].....	34
19. ábra TOPCON ATP1 360° prizma	34
20. ábra Prizma azonosítása a munkaterületen	35
21. ábra Pontok importálása Civil 3D szoftverbe	37
22. ábra COGO pontok megjelenítési beállítása a szerkesztéshez	38
23. ábra 1:50 feliratozási lépték	38
24. ábra 1:5 feliratozási lépték.....	38
25. ábra Fóliák létrehozása részletpont-típusonként.....	39
26. ábra Példa a Geodéziai és Geoinformatikai tagozat .dwg sablonjából	39
27. ábra Egyenes és íves szerkesztés közötti különbség szemléltetése	40

28. ábra Ívek szerkesztési lehetőségei	40
29. ábra Speciális ívek szerkesztési lehetőségei	41
30. ábra Példák a Geodéziai és Geoinformatikai Tagozat pontszerű sablonjaira [Magyar Mérnöki Kamara, Geodéziai és Geoinformatikai Tagozat - Szakmai útmutató - Digitális tervezési alaptérképek készítéséhez]	42
31. ábra KRESZ tábla blokk	43
32. ábra Víznyelő blokk.....	43
33. ábra Elektromos kapcsolószekrény jelkulcs elhelyezése.....	43
34. ábra Felmért körforgalom szerkesztése AutoCAD szoftverben	44
35. ábra Megvalósulási térkép a GGT sablonnak megfelelően szerkesztve.....	44
36. ábra Kiviteli terv és megvalósulási terv összevetése	45
37. ábra Forgalomterelő sziget szerkesztése	46
38. ábra Megépült korlát a helyszínen	47
39. ábra Tervezett és megépült korlát nyomvonala	47
40. ábra Megépült járdaszakasz a helyszínen	47
41. ábra Tervezett és megépült járdaszakasz nyomvonala	47
42. ábra Tervezett és megépült nyomvonal csatornafedélnél	48
43. ábra Felfestett optika.....	48
44. ábra Tervezett és megvalósult optika felfestése	48
45. ábra Körforgalmi méretek vizsgálata.....	49
46. ábra Víznyelő magassági ellenőrzése	50
47. ábra Szegély magassági ellenőrzése	50
48. ábra Áttekintő térkép a megvalósult állapotról.....	52
49. ábra Áttekintő térkép a tervezett és megvalósult állapot feltüntetésével.....	52

1. táblázat Szélességre vonatkozó követelmények táblázatos formában [https://ume.kozut.hu/dokumentum/1059]	17
2. táblázat Felhasznált alappontok listája	24
3. táblázat Felmért objektumok kódolása, pontok száma	26
4. táblázat Szögmérési pontosság [14]	32
5. táblázat Dőlésszög kompenzáció [14]	32
1. egyenlet Légnyomás mértékegységei [13]	30
2. egyenlet Hőmérsékleti állandók [12]	30

15. Irodalomjegyzék

- [1] B. Latyák, „[www.index.hu](https://index.hu/tudomany/til/2022/03/03/korforgalmak-a-vilag-korul/),” 03 március 2022. [Online]. Available: <https://index.hu/tudomany/til/2022/03/03/korforgalmak-a-vilag-korul/>. [Hozzáférés dátuma: 05 11 2022].
- [2] Útügyi Műszaki Szabályozási Bizottság, „www.ume.kozut.hu,” 15. október 2022.. [Online]. Available: <https://www.ume.kozut.hu/dokumentum/1059>. [Hozzáférés dátuma: 3. december 2022.].
- [3] A. Gulyás , Városi közlekedés, fenntartható mobilitás élhető városokban, Pécs: Pollack Kiadó, 2012.
- [4] erdmmost.hu, „www.erdmost.hu,” 21. december 2021.. [Online]. Available: <https://www.erdmost.hu/2021/12/21/2022-elso-feleben-indul-torokbalinti-uti-korforgalom-epitese/>. [Hozzáférés dátuma: 20. november 2022.].
- [5] NextGIS, „www.qms.nextgis.com,” [Online]. Available: <https://www.qms.nextgis.com/>. [Hozzáférés dátuma: 05. november 2022.].
- [6] FIDIC: Fédération Internationale des Ingénieurs-Conseils, TMSZ: Magyar Tanácsadó Mérnökök és Építésszek Szövetsége, Airport Consulting Mérnöki Tanácsadó Kft, „https://www.docplayer.hu,” 2016.. [Online]. Available: <https://www.docplayer.hu/8972227-Infrastrukturális-projektek-elokeszítése-a-tervezés-szemszövegéből-tervfázisok-1-eloadás-temavázlat.html>. [Hozzáférés dátuma: 05. november 2022.].
- [7] Magyar Mérnöki Kamara - Geodéziai és Geoinformatikai tagozat, M.2. Mérnökgeodéziai tervezési segédlet, Budapest, 2021.
- [8] M. Ágfalvi , Mérnökgeodézia, 2010.
- [9] Útügyi Műszaki Szabályozási Bizottság, „www.ume.kozut.hu,” [Online]. Available: <https://www.ume.kozut.hu/p/kezdolap>. [Hozzáférés dátuma: 12. november 2022.].
- [10] Útügyi Műszaki Szabályozási Bizottság, „www.ume.kozut.hu,” december 2018.. [Online]. Available: <https://www.ume.kozut.hu/dokumentum/89>. [Hozzáférés dátuma: 05. november 2022.].
- [11] S. Csepregi, R. Gyenes és P. Tarsoly, Geodézia I., Székesfehérvár, 2013.
- [12] P. Tarsoly, Geodézia 14. Mérőállomások, Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar, 2010.

- [13] L. Makra, „www2.sci.u-szeged.hu,” [Online]. Available: <http://www2.sci.u-szeged.hu/eghajlattan/pdf/2%20A%20legnyomas.pdf>. [Hozzáférés dátuma: 02. február 2023.].
- [14] Navicom, „www.navicom.hu,” Navicom- Plusz Bt, [Online]. Available: <http://www.navicom.hu/topcon-gt-robot-meroallomas/>. [Hozzáférés dátuma: 19. október 2022.].
- [15] N. Tablet, „www.navicom.hu,” Navicom, [Online]. Available: <http://navicom.hu/fc-6000-terepi-tablet/>. [Hozzáférés dátuma: 08. november 2022.].
- [16] HungaroCAD, „www.hungarocad.hu,” Hungaro CAD, [Online]. Available: https://www.hungarocad.hu/termekategoria/szoftverek/epitomernoki-tervezes/infrastruktura-tervezes/autocad-civil-3d/?gclid=CjwKCAjw9J2iBhBPEiwaErwpeX8ZYWQFITmAVr8EN7eyjffUA0PW12ye4BHqMy-W4n2dN8zQd5ICexoCl6oQAvD_BwE. [Hozzáférés dátuma: 20. november 2022.].
- [17] Autodesk, „www.docs.autodesk.hu,” Autodesk, [Online]. Available: <http://www.docs.autodesk.com/CIV3D/2014/HUN/index.html?url=filesCUG/GUID-019F8AD5-9E9E-407F-84A7-9D0986B79C9B.htm,topicNumber=CUGd30e85128>. [Hozzáférés dátuma: 02. december 2022.].
- [18] Magyar Mérnöki Kamara- Geodéziai és Geoinformatikai Tagozat , Szakmai útmutató - Digitális tervezési alaptérkép készítéséhez.
- [19] Topcon, „www.topconare.com,” Topcon, [Online]. Available: <http://www.topconcare.com/en/hardware/optical/gt-series-robotic-total-stations/>. [Hozzáférés dátuma: 05. november 2022.].
- [20] Navicom, „www.navicom.hu,” [Online]. Available: <http://navicom.hu/topcon-gt-robot-meroallomas/>. [Hozzáférés dátuma: 08. november 2022.].
- [21] Topconconsulting, „www.topconpositioning.com,” Topcon, [Online]. Available: <https://www.topconpositioning.com/field-software-and-controllers/field-software/magnet-field>. [Hozzáférés dátuma: 08. december 2022.].

16. Mellékletek

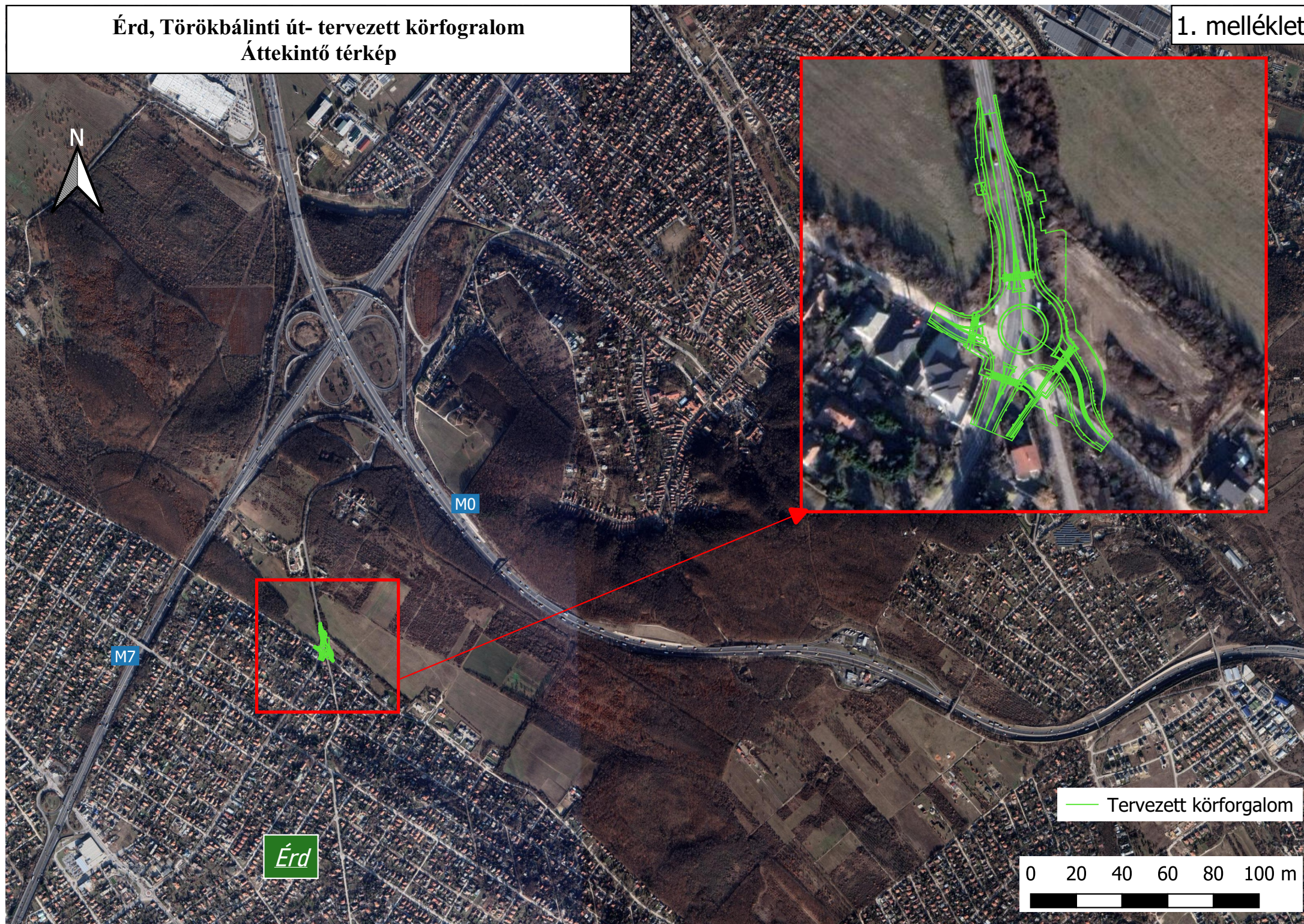
1. melléklet: Tervezett körforgalom áttekintő térképe QGIS-ben
2. melléklet: Alapponthálózat a helyszínrajzon megjelenítve
3. melléklet: Áttekintő térkép a megvalósult állapotról
4. melléklet: Áttekintő térkép a tervezett és megvalósult állapot feltüntetésével
5. melléklet: Megvalósulási térkép a GGT sablonnak megfelelően szerkesztve

17. Digitális mellékletek

1. digitális melléklet: Kiviteli terv és megvalósulási terv összevetése.pdf
2. digitális melléklet: Mérési vázlat.pdf
3. digitális melléklet: Megvalósulási térkép a GGT sablonnak megfelelően szerkesztve.dwg
4. digitális melléklet: Kiviteli terv és megvalósulási terv összevetése.dwg
5. digitális melléklet: Körforgalom felmérési adatok_szerkesztés.dwg
6. digitális melléklet_Mérési vázlat.dwg
7. digitális melléklet: Koordinátajegyzék.pdf

Érd, Törökbálinti út- tervezett körforgalom Áttekintő térkép

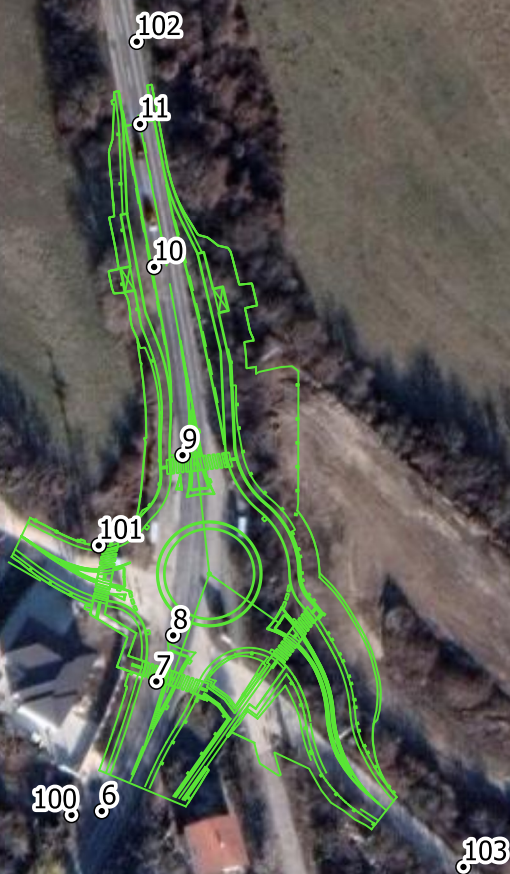
1. melléklet



Áttekintő térkép - Érd, Törökbálinti úti körforgalom Alappontok

2. melléklet

PSZ	Y	X	Z	Típus
1	638319.354	230570.229	218.699	Szeg
2	638341.315	230603.715	216.286	Szeg
3	638363.224	230637.133	213.828	Szeg
4	638385.104	230670.598	211.346	Szeg
5	638406.543	230704.318	208.86	Szeg
6	638422.632	230732.122	206.814	Szeg
7	638434.128	230759.22	205.241	Szeg
8	638437.686	230768.842	204.889	Szeg
9	638439.73	230806.518	204.295	Szeg
10	638433.837	230845.882	204.531	Szeg
11	638430.933	230875.759	204.84	Szeg
100	638416.282	230731.329	209.722	Fólia
101	638422.107	230787.679	207.817	Csavar
102	638430.288	230892.99	204.996	Szeg
103	638498.476	230720.299	201.172	Szeg
104	638303.094	230535.855	220.953	Szeg



Tervezett körforgalom
Alappont

0 25 50 m

Érd, Törökbálinti út- megvalósult körforgalom
Áttekintő térkép

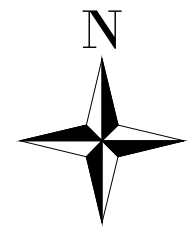
3. melléklet



Érd, Törökbálinti út- Tervezett és megvalósult körforgalom
Áttekintő térkép

4. melléklet





↑	GEOD_FORGALOMTECHNIKA
↓	EKOZM_ELEKTROMOS_BERENDEZES
↕	EKOZM_ELEKTROMOS_KANDELABER
↻	EKOZM_HIRKOZLES_VEZ_FA
⊙	EKOZM_VIZNYELŐ
○	EKOZM_CSATORNAFEDEL
—	EKOZM_VIZELLATAS_MUTARGY
—	GEOD_AROK
—	GEOD_AROK_BURKOLT
—	GEOD_AROK_BURKOLAT_FEDETT
—	GEOD_BURKOLAT_SZILARD_ASZFALT
—	GEOD_BURKOLAT_SZILARD_BETON
—	GEOD_BURKOLAT_SZILARD_TERKO
—	GEOD_KERITES_KAPU
—	GEOD_REZSU_TETO
—	GEOD_SZEGLY
—	GEOD_SZEGLY_KERTI
—	GEOD_SZEGLY_KIEMELT
—	GEOD_SZEGLY_SULLYESZTETT
-----	ÜTTÉNELGY
-----	OPTIKA

MA 1:250