



TALLINNA
TEHNIKAKÕRGKOO

Viktor Maljuga

MAA-ALA TOPO- GEODEETILINE UURING

LÕPUTÖÖ

Tallinn 2023

Viktor Maljuga

MAA-ALA TOPO-GEODEETILINE UURING

LÕPUTÖÖ

Ehitusinstituut

Rakendusgeodeesia õppekava

Juhendaja: Raivo Ranne

Tallinn 2023

Mina

Viktor Maljuga,

tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teostele on viidatud õiguspäraselt.

Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autorile ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

Juhendaja Raivo Ranne, */allkirjastatud digitaalselt/*

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina,

Viktor Maljuga

sünnikuupäev: 06/10/1999

annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Maa-ala topo-geodeetiline uuring“

1. reprodutseerimiseks paberkandjal kõrgkooli raamatukogus avaldamise ja säilitamise eesmärgil;
2. elektroonseks avaldamiseks kõrgkooli repositooriumi kaudu;
3. kui lõputöö avaldamisele on instituudi direktori korraldusega kehtestatud tähtajaline piirang, lõputöö avaldada pärast piirangu lõppemist.

Olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile ja kinnitan, et:

1. lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigusi;
2. PDF-failina esitatud töö vastab täielikult kirjalikult esitatud tööle.

Tallinnas,

/allkirjastatud digitaalselt/



Ehitusinstituut

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Lõpetaja: **Viktor Maljuga**
Õpperühm: KRG2019
Eriala: Rakendusgeodeesia (1824)
Lõputöö teema: **Geodeetiline alusplaan**

Lähteandmed töö koostamiseks:

Tellijal lähteülesanne. Maa-ameti geoportaal. Topo-geodeetilisele uuringule ja teostusmöödistamisele esitatavad nõuded.

Töö sisu, ülesehitus ja lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:

Kirjeldada töö kõiki etappe. Maa-ala möödistamine riigi koordinaatide süsteemis L-EST'97 ning kõrgussüsteemis EH2000. Anda ülevaade kasutatud geodeetilistest instrumentidest.

Seletuskirja ning graafilise materjali sisu ja maht:

Seletuskirja maht on ca 40 lk. Töö graafilise osa moodustavad: plaanid, fotod, tabelid.

Lõputöö konsultandid:

Konsultandi nimi	Valdkond	Allkiri	Kuupäev
Olavi Oeselt	Geodeetiline alusplaan		20.02.2023

Lõputöö juhendaja: Raivo Ranne
(nimi)

(allkiri) 20.02.2023
(kuupäev)

Lõpetaja: Viktor Maljuga
(nimi)

(allkiri) 20.02.2023
(kuupäev)

Kinnitaja: Aivars Alt
ehitusinstituudi direktor

(allkiri) 20.02.2023
(kuupäev)

Lõputöö ülesanne antud: 20.02. 2023

Lõputöö esitamise tähtaeg: 02. 05. 2023

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	6
1 OBJEKTI TUTVUSTUS	7
1.1 Objekti kirjeldus	7
1.2 Tellija poolne lähteülesanne ja nõuded	8
2 GEODEETILISE MÕÕDISTAMISE NÕUDED	10
2.1 Topo-geodeetilisele uuringule esitatavad nõuded	10
3 TEOREETILINE OSA.....	13
3.1 GNSS mõõtmine.....	13
3.2 Vaba jaama koordineerimine.....	13
3.3 Prismapunkti ehk rippuvapunkti koordineerimine	15
4 GEODEETILINE MÕÕDISTAMINE.....	16
4.1 Instrumentide valik	16
4.2 Geodeetiliste tööde kirjeldus	20
4.2.1 Geodeetilised tööd objektil.....	23
4.3 Territooriumi mõõdistamine.....	27
5 DIGITAALSE JOONISE KOOSTAMINE	33
5.1 Nõuded digitaalsele joonise koostamisele.....	33
5.2 Töö protsessi käik.....	34
5.2.1 Tehnovõrkude kandmine joonisele	34
5.2.2 Kooskõlastused.....	34
5.3 Tellijapoolsed maapinnamudeli vormistamise osa nõuded	35
5.3.1 Maapinnamudeli koostamine	35
6 TEKKINUD PROBLEEMID.....	39
6.1 Töös esinenud probleemid.....	39
6.2 Tellijapoolsed märkused.....	39
KOKKUVÕTE.....	41
SUMMARY	42
VIIDATUD ALLIKAD.....	43
Lisa 1. Väljavõte maa- ala topo- geodeetilisest plaanist	45

SISSEJUHATUS

Geodeesia ehk teise nimetusega maamõõtmine on oluline teadus maa-alade kujutamisest plaanidel, kaartidel ja profiilidel. Ühtlasi on geodeesia on mitme valdkonna jaoks eluliselt vajalik tugiteadus. Tänapäeval ei ole võimalik ühtegi hoonet ega teed ehitada ilma geodeetideta.

Lõputöös käsitletav teema on geodeetilise alusplaani koostamine, mis sisaldab välimõõtmisi ja kameraaltöid. Geodeetiline alusplaan on oluline selleks, et erinevad töötellijad ehk ehitajad või projekteerijad saaksid töödega alustada.

Lõputöös käsitletakse erinevaid teemasid, mis hõlmavad objekti täpset kirjeldust ja tööks vajalikke etappe. Kirjeldatud on olulisi nõudeid ja määrusi. Välja on toodud olulised joonised ja nende kirjeldused. Lisaks on kirjeldatud töö tellijapoolsed nõuded ja töös esinenud probleemid.

Töö tellijalt on saadud täpne ülesanne, milleks on vaja saada värskendatud ja kaasajastatud arendusala geoalus, sealhulgas kaevude uuringud ning 3D-maapinnamudel.

1 OBJEKTI TUTVUSTUS

Peatükis tutvustatakse valitud objekti. Peatükis kirjeldatakse lähteülesannet tellijalt.

1.1 Objekti kirjeldus

Lõputöö koostati objektile töö nimega 134-G-22. Valitud objekti asukoht on Jõekääru, Laagri alevik, Saue vald, Harju maakond.

Tööde teostamise aeg oli mai 2022 – august 2022.

Töö tellijaks on Tellija OÜ.



Foto 1. Geoportaali kuvatõmmis objekti mõõtalapiirist

Fotol 1 on kujutatud objekti mõõtalapiir, mida teostati kahes etapis. Esimeses etapis soovis tellija kõige enne saada kätte punase ala alusplaani, et alustada sellel projekteerimisega. Seejärel teostati teist etappi, milleks oli lilla ala. Objekti ligikaudne suurus oli 25 ha.

1.2 Tellija poolne lähteülesanne ja nõuded

Tellijalt oli saadud kindel ülesanne, milleks oli vaja saada maa-ala topograafiline plaan. Lisaks koos kaevude uurimistega ja 3D-maapinnamudeliga. Seejärel töö käigus tuli tellijalt ka lisaülesanne uurida sidekaablite sügavust teatud kohtades. Mõõtala piir oli ette antud, milleks oli ligikaudu 25 hektarit, mis on töö käigus teatud osades laienenud.

Objekti tellija rõhutas järgnevatele punktidele [1]:

- situatsiooni punktidele kõrgused peavad olema mõõdistatud kogu näidatud mõõdistusala piirides. Mõõdistusala (tööpiiri) piirav suletud murdjoon kihil mõõtpiir peab moodustuma reaalselt mõõdistatud punktidest;
- mõõdistusalal väljaspool metsa ja harvikut asuvad üksikud suured puud (tüve läbimõõt suurem kui 0,5 m) tuleb mõõdistada plaanile 3-4 punktiga, et oleks üheselt arusaadav tüve läbimõõt ja puu paiknemine looduses;
- mõõdistusalal tuleb muud rajatised ja suured postid (läbimõõt suurem kui 0,5 m) mõõdistada alusplaanile 3-4 punktiga, et oleks üheselt arusaadavad rajatiste mõõtmed ja paiknemine looduses;
- juhul kui tehnovõrkude uurimise käigus uuritavat tehnovõrgu kaevu/kambrit looduses ei leia (nt pinnase või asfaldi all) või kaevu/kambrit ei ole võimalik mingil põhjusel avada ning usaldusväärset vajalikku infot varasematelt teostusjoonistelt ei õnnestu saada, tuleb sellest uuringu tellijat informeerida;
- igast tehnovõrkude uurimise käigus avatavast tehnovõrgu kaevust tuleb teha fotod. Faili foto nimega peab andma infot, millisest kaevust on foto tehtud;
- sidekaevude puhul tuleb uuringus fikseerida kaevu tüüp (KKS number, kas tegemist pool- või täiskaevuga), kaevu kaane kõrgus, kaevu põhja kõrgus, kaevu kontuur ja paiknemine (mõõtkavas), tõsterõngaste olemasolul nende arv. Võimalusel tuleb välitöö teha siderajatiste omaniku või valdaja juuresolekul. Usaldusväärse info kasutamine varasematelt teostusjoonistelt on lubatud, kui uuringu koostaja teostab pistelise kontrolli kaevude avamise teel ja kinnitab teostusjooniste andmete õigsust;
- elektri- ja/või sidekaablite puhul tuleb märkida kaablite ja/või kaablikaitsetorude asukohad ja kõrgused plaanile. Antud kõrgused peavad olema eraldi joonise kihis;
- elektri- ja/või sidekaablite asukoha ja kõrguste ebausaldusväärse või puuduliku informatsiooni puhul tuleb kaablite asukohti ja kõrguseid kontrollida kaabliotsijaga. Kui

kaabliotsijaga ei ole võimalik andmeid kontrollida (näiteks alas, kus tehnovõrkude rohkuse tõttu üksikkaablit mõõta ei ole võimalik) tuleb sellest tööde tellijat informeerida;

- suure läbimõõduga tehnovõrgud (läbimõõt suurem kui 1,0 m) ja tehnovõrgu kaevud/kambrid (läbimõõt suurem kui 1,5 m) tuleb kajastada mõõtkavas. Tähistada punktiiriga kogu trassi laius (näiteks VK kollektorid, kaugkütte betoonküna, kaugkütte kamber, suured kaevud jms);
- alusplaanil mõõdetud ja kujutatud õli-, rasva- ja liivapüüdurite juurde lisada vastav selgitav tekst, millega on tegemist. Punktiiriga tähistada rajatise kontuur.

2 GEODEETILISE MÕÕDISTAMISE NÕUDED

Kirjeldatud on olulisi norme ja määrusi, mis on objekti töö läbiviimiseks vajalikud. Välja on toodud seadusandlikud nõuded välitöödest.

2.1 Topo-geodeetilisele uuringule esitatavad nõuded

"Topo- geodeetilisele uuringule ja teostusmõõdistamisele esitatavad nõuded" (edasipidi MKM määrus nr 34) määrus on vastu võetud Majandus-ja taristuministri poolt 22.04.2016p sätestab nõuded tasapinnalisele mõõdistamisvõrgule 6. paragrahvi - 2. lõike all 2, et tasapinnalise mõõdistamisvõrgu punkti suurim lubatav viga lähimate lähtepunktide suhtes on M 1:500 ja M 1:1000 puhul tiheasustusega alal 5 sentimeetrit ja muul alal 8 sentimeetrit, mis on ka objektil tagatud". [2]

"Nõuded tasapinnalisele mõõdistamisvõrgule paragrahv 6 lõige kolm näeb, ette määrus, et GNSS-mõõdistusega muudeks mõõdistusviisideks määratav baasjoone pikkus valitakse selline, et baasjoonele tuginev mõõdistus ei ulatu baasjoonest kaugemale, kui baasjoone kahekordne pikkus" [2].

"MKM määruks on sätestatud nõuded kõrguslikule mõõdistamisvõrgule paragrahvis 7 lõige 3, et kõrgusliku mõõdistamisvõrgu punkti kõrguslik viga lähima lähtereeperi suhtes ei või olla suurem kui 5 sentimeetrit" [2].

Geodeetilistel töödel on seadused, mida tuleb geodeedil järgida. Lähtuvalt objektist on oluline tunda geodeedil erinevaid määrusi, mis on antud tööga seotud. Järgnevalt on välja toodud topo-geodeetilisele uuringule ja teostusmõõdistamisele esitatavad nõuded ja erinevad määrused, mida antud objekti puhul tuleb geodeedil järgida. Järgnevalt on välja toodud seadusandlikud määrused, mida peab lõputöö autor oluliseks objekti mõõdistamisel.

Määruse esimene peatükk, paragrahv 3 annab ülevaate mõõtkava ja selle nõuetest:

- lõige (1) „Geodeetilise joonise mõõtkava valik sõltub planeeringu või ehitusprojekti koostamise lähteülesandest ning teostusmõõdistamisel ehitisest ja tehnovõrgu omaniku või pädeva asutuse nõuetest” [2];
- lõige (2) „Geodeetilise joonise mõõtkava valik määrab uuringu detailsuse ja täpsuse ning väljatrüki mõõtkava” [2];
- lõige (3) „Mõõtkava 1:500 (edasipidi M 1:500) kasutatakse geodeetilise alusplaani ning teostusjoonise koostamisel. Alusplaanile kantavate elementide suure tiheduse korral võib

suurendada mõõtkava 1:200-le (edaspidi M 1:200). Kui lähteülesandes pole sätestatud teisiti, juhindutakse M 1:200 korral M 1:500 esitatud nõuetest [2].“

Paragrahv 4 annab ülevaate lähteandmetest. Lõige (1) „Lähteülesandes määrab tellija, vajadusel koostöös uuringu tegijaga, uuringu või teostusmöödistamise ulatuse, mõõtkava, andmete vormi, digitaalandmete vormingu ja asjakohasel juhul kolmemöödistmelise mudeli lähtetingimused ning muud täiendavad nõuded. ” [2]

Paragrahv 4 lõige (2) „Möödistamiseks vajalikud lähtepunktide ja katastripiiride andmed kogub uuringu tegija vastavast kohalikust või riiklikust registrist” [2].

Paragrahv 5, lõige (7), „ Möödistamisvõrgu arvutamisel loetakse riikliku geodeetilise võrgu ja kohaliku geodeetilise võrgu punktid võrdtäpseteks, välja arvatud möödistamisvõrgu rajamisel kõrgendatud täpsusnõuetega geodeetilise uuringu jaoks” [2].

Paragrahv 8 situatsioonimöödistamise täpsusnõuded, lõige (2) „Maapealse situatsioonielemendi tasapinnalise asendi suurim lubatav viga on: 1) hoone ja üheselt määratava kontuuriga rajatise asendi puhul 5 sentimeetrit lähimate möödistamisvõrgu punktide suhtes; 2) hoone ja üheselt määratava kontuuriga rajatise asendi puhul 7 sentimeetrit nende vastastikusel asendis; 3) tehnovõrgu kaevu, aia, piirde, tee ja platsi servade, erinevate postide ja väiksemate tugitarindite ning muu rajatise asendi puhul 8 sentimeetrit lähimate möödistamisvõrgu punktide suhtes.” [2]

Paragrahv 8 lõige (3) „Maa-aluse tehnovõrgu tasapinnalise asendi suurim lubatav viga lähimate möödistamisvõrgu punktide suhtes on: 1) teostusmöödistamisel koordinaatpunktide puhul 8 sentimeetrit; 2) trassi puhul punktide vahel 0,25 meetrit sirgjoonest; 3) nõuetekohase teostusjoonise puudumisel maa-aluse tehnovõrgu tasapinnalise asendi puhul 1 meetri.” [2]

Paragrahv 8 lõige (4), „ Maapealse situatsioonielemendi suurim lubatav kõrguslik viga lähimate möödistamisvõrgu punktide suhtes on: 1) püsikatendi, kaevukaane, vundamendi sokli või sarnase rajatise puhul mõõtkavades 1:500 ja 1:1000 3 sentimeetrit; 3) muude maapinnapunktide puhul mõõtkavas 1:500 10 sentimeetrit” [2].

Paragrahv 8 lõige (4), „ Maapealse situatsioonielemendi suurim lubatav kõrguslik viga lähimate möödistamisvõrgu punktide suhtes on: 1) püsikatendi, kaevukaane, vundamendi sokli või sarnase rajatise puhul mõõtkavades 1:500 ja 1:1000 3 sentimeetrit; 2) püsikatendi, kaevukaane, vundamendi sokli või sarnase rajatise puhul mõõtkavas 1:2000 5 sentimeetrit; 3) muude maapinnapunktide puhul mõõtkavas 1:500 10 sentimeetrit.” [2]

Paragrahv (5),, Metsamaastikul võib käesoleva paragrahvi lõikes 4 nimetatud kõrguslikku viga suurened 1,5 korda'' [2].

Paragrahv (6),, Kaevu uurimisel toru ja kaevu põhja kõrguste viga lähimate mõõdistamisvõrgu punktide suhtes ei või olla suurem kui 3 sentimeetrit + 1% toru või kaevu põhja sügavusest kaevu luugi suhtes'' [2].

Määruse viies peatükk topo-geodeetiline uuring, paragrahv 20 lõige 3 sätestab, et uuringu käigus tehtaval välitööl tuleb järgida asjakohaseid ohutusnõudeid [2].

Määruse viies peatükk topo-geodeetiline uuring, paragrahv 29 lõige 3 sätestab maa-aluse torustiku uurimistulemuse alusel koostatakse kaevude andmestik kas tehniliste andmete tabelina või muul sobival kujul, näiteks atribuutandmetena [2].

Määruse viies peatükk topo-geodeetiline uuring, paragrahv 29 lõige 4 sätestab, et kui kaevu uurimise käigus selgub, et toru suubumine kaevu on kaevuluugi tsentri suhtes tasapinnalises nihkes, määratakse ka toru täpne asend ja kujutatakse see vastavalt maa-ala plaanil ning vajadusel määratakse kaevu või kambri keha asend ja kujutatakse see mõõtkavaliselt [2].

3 TEOREETILINE OSA

Peatükis antakse ülevaade GNSS mõõtmisest ja selle olulisusest. Kirjeldatud on vaba jaama koordineerimist ning prisma punkti koordineerimisest.

3.1 GNSS mõõtmine

GNSS mõõtmine tähendab (*Global Navigation Satellite Systems*)- globaalne navigatsioonisatelliitide süsteemi [3]. GNSS mõõtmine ehk teisisõnu GPS (*Global Positioning System*) tähendab, et mõõtmine põhineb spetsiaalsetel satelliitidel, mis tiirlevad ümber Maa umbes 20 000 kilomeetri kõrgusel. Mõõdistuse täpsuse suurendamiseks kasutatakse erinevate satelliitnavigatsioonisüsteemide võrke. Nendeks võrkudeks on näiteks [4]:

- Euroopa sidevõrk „Galileo“,
- Venemaa sidevõrk „GLONASS“,
- Ameerika Ühendriikide „GPS“-sidevõrk.

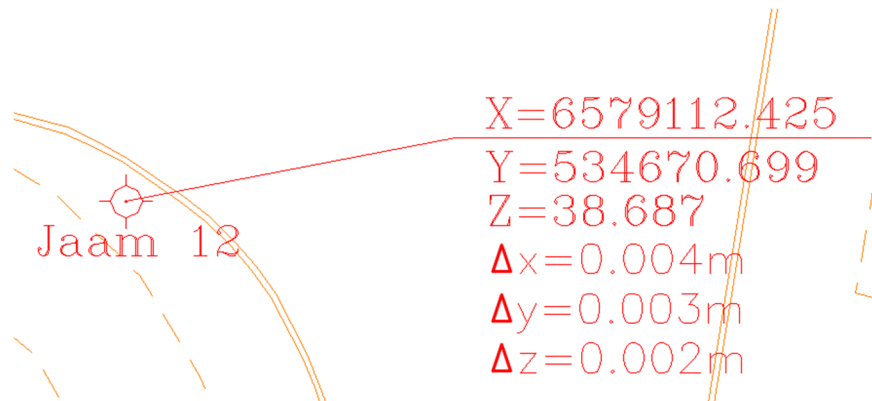
GPS ülesanne on võtta vastu erinevaid satelliitide signaale, mille abil määrata oma asukoht [3]. GNSS mõõdistuse aluseks on aeg. Aja mõõtmisest tulenevad joonepikkused ning joonepikkustest omakorda ruumilised ristkoordinaadid, milleks on X, Y ja Z ja nendest omakorda arvutab GPS- seadme protsessor geodeetilised koordinaadid tähisega B ja L. Tasapinnalised ristkoordinaadid on tähisega x ja y L-Est97 süsteemis. Lähte punktidenä kasutatakse geodeetilise põhivõrgu koordinaate teatud realiseerimises ehk raamistikus. [4]

Lähtuvalt GPS kasutusest leiab kasutataks ka geodeesiavaldkonnas peamiselt RTK (*Real Time Kinematic*) ehk Reaalajas kinemaatika. Tegemist on mõõdistustehnoloogiaga, mis mõõdab suhtelisi asukohti kahe globaalse satelliitnavigatsioonisüsteemi (GNSS) antenni abil reaalajas ning ka suurema täpsusega. GNSS-i tulemustes leitud vead määratakse ja parandatakse RTK tehnoloogia abil. [5]

3.2 Vaba jaama koordineerimine

Elektrontahhümeetri tarkvara võimaldab instrumendi orienteerimist ja prismapunktile koordinaatide (X, Y ja Z) saamist ning mõõtmistulemuste salvestamist väliarvutisse. Kõrgused seisupunktile saadakse vastassuunalise trigonomeetrilise nivelleerimisel. Õige direktsiooninurk viib meid vajalikku koordinaatsüsteemi. Sellel seisupunktil kasutatakse kahte juba teadaolevat punkti (võib ka rohkem olla), mille koordinaadid on teada ning millele on võimalik prismaga minna.

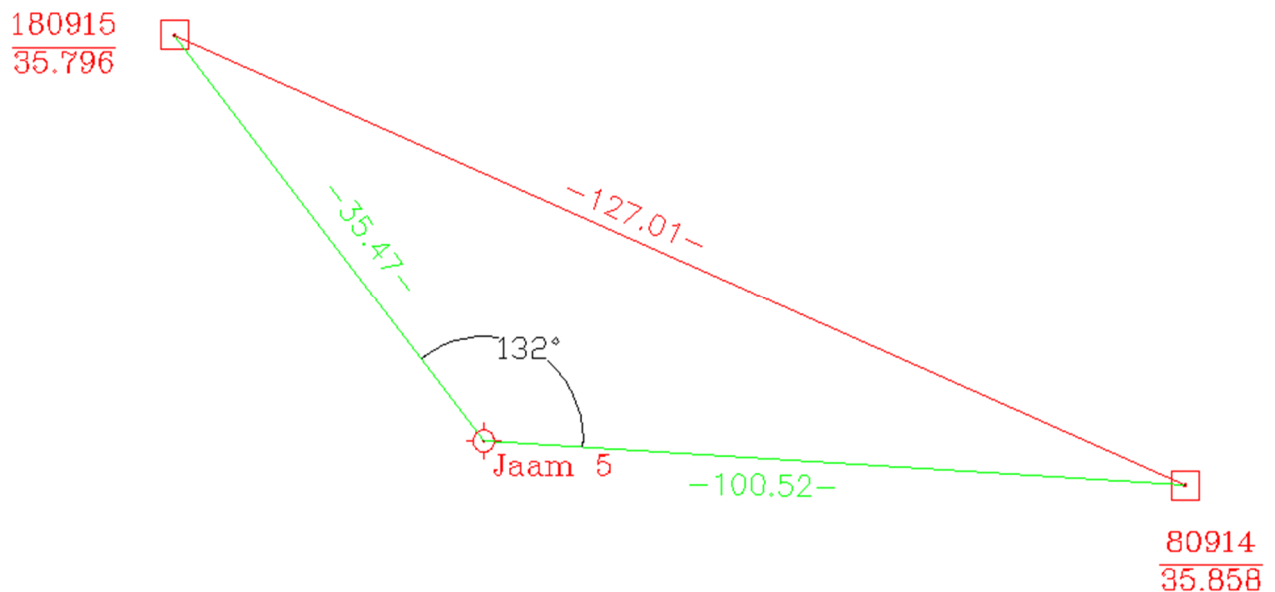
Järgnevalt arvutab vastav standardprogramm vaba seisupunkti koordinaadid X, Y ja Z ning ka vead ΔX , ΔY ja ΔZ ning on tagatud ka instrumendi limbi õige orienteeritus (Joonis 1).



Joonis 1. Vaba seisupunkti Jaam 12 koordinaadid (X, Y ja Z) ja standardvead (ΔX , ΔY ja ΔZ)

Vaba seisupunkti mõõtmiseks on vaja mõõtmist kahele kindel punktile, ühele võib mõõta ka üksnes suuna, siis puudub igasugune kohene kontroll. Kui lähtepunktid on mõõdistatud GNSS- meetodil, on vaba seisupunktiga alustamine hea, sest see annab parema kontrolli GNSS punktide suhtes. Vaba seisupunkt lahendatakse joonlõike põhimõttel, sest kõik jooned on teada. Lähtuvalt koosinusvalemistest saab tahhümeeter arvutada kõik nurgad (Joonis 2), aga üks nurk on ka mõõdetud, mis on kontrolliks. [6]

Trigonomeetriline nivelleerimine on punktide vahelise kõrguskasvu määramine viseerimiskiire vertikaalnurga suuruse ja punktide vahelise kauguse järgi (arvestades instrumendikõrgust ja viseerimiskõrgust) [7].



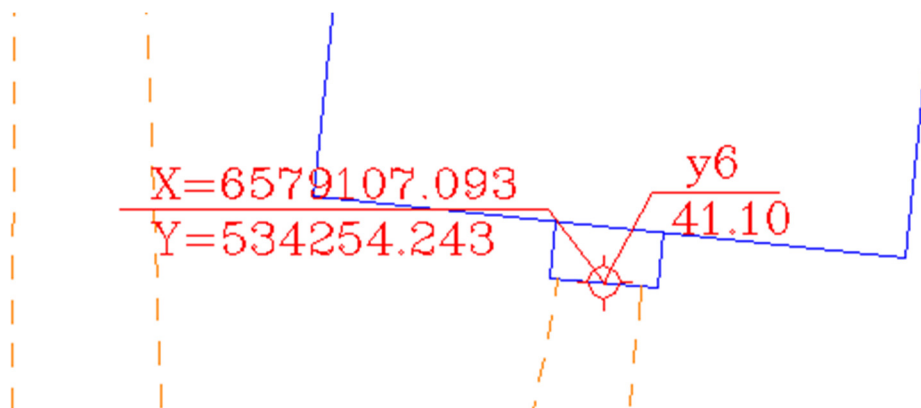
Joonis 2. „Vaba jaama“ Jaam 5 lõikesuundade vaheline nurk 132° ja kaugused 35,47 m ja 100,52 m

3.3 Prismapunkti ehk rippuvapunkti koordineerimine

Prismapunkti käsitletakse, kui rippuvat punkti. Situatsioonipunktide koordineerimisel läbitakse prisma kõiki situatsiooni punkte. Prismapunkti koordinaatide saamiseks peab olema limb õigesti orienteeritud, mis on tagatud „vaba jaama“ programmi läbimisega. Prismapunkti kõrgus saadakse trigonomeetrilise nivelleerimise põhimõttel ning tavaliselt on prisma kõrgus 2,00 m.

Laseriga on mõõdistatud järgnevaid punkte:

- kindelpunktid (y1, y2 jne), mis on hoonel (Joonis 3);
- puud kolme punktiga, mille tüved on paksemad kui 0,5 m.



Joonis 3. „Vabast jaamast“ üks kindel koordineeritud punkt hoonel (y6)

4 GEODEETILINE MÕÕDISTAMINE

Järgnevas peatükis kirjeldatakse vajalike ettevalmistusi objekti välitöödeks. Välitöödega alustati 10. mail 2022, maa-ala geodeetiliseks mõõdistuseks, Jõekääru (25 ha) projekteerimis töödeks vajaliku geodeetilise alusplaani M 1:500 koostamiseks. Alusplaan koostati arvutiprogrammiga ZWCAD 2021 Pro. Plaan väljastati digitaalselt. Peajoonis säilitati digitaalsel kujul aadressiga: „Jõekääru, Laagri_G22.dwg“.

4.1 Instrumentide valik

Tänapäeva elektrontahhümeeter koosneb [7]:

- elektroonilisest nurgamõõturist;
- kaugusmõõturist;
- arvutist;
- salvestist.

Lisaks kuuluvad mõõdistamiskomplekti ka prisma koos prismasauaga, statiiv, treeger (koos adapteriga), aku, termomeeter ja baromeeter. Elektrontahhümeeteriga saab mõõta prismaga ühenduse korral kauguse ja fikseerida elektroonilise horisontaal- ja vertikaalringi lugemid. Vastavad programmid võimaldavad leida prismapunktide koordinaate (X, Y, H) ja lahendada teisigi geodeetilisi ülesandeid. [7]

Kogu tellija poolt antud töös kasutati kõiki järgmisi programme:

- ZWCAD 2021 Pro;
- Civil 3D Metric;
- Microsoft Excel.

Objektil kasutati geodeetiliseks alusmõõdistamiseks järgmised instrumendid:

- elektrontahhümeeter (Foto 2) Trimble S5 Robotic 2“ DR Plus (SN: 36940073; Manuf. Date: 2021/08) koos juhtpuldiga TSC5 (Trimble Access 2021.11). Kontrollitud ja kalibreeritud Geosoft OÜ-s 04.10.2021. Hoolduse nr 126173;
- reaalaja GPS-vastuvõtja (Foto 3) Trimble R8 – Model 3 (SN: 5239497379). Parandite saamiseks kasutab Trimble® VRS Now Eesti GNSS püsijaamade võrku.

Trimble S5 Robotic (Foto 2) tehnilised andmed [8]:

- nurgamõõtmise täpsus 2”;

- kaguse mõõtmise mm + 2 ppm prisma/ 2,0 mm + 2 ppm DR-EDM mõõtetäpsus;
- pikksilma suurendus 30x, minimaalne fookuskaugus 1,7 m, väljundava läbimõõt 45 mm;
- automaatse horisontaalsuse kompenseerimise tööulatus $\pm 6'$, täpsus 0,5";
- diode laser, nähtav punane kiir, lainepikkus 670 nm, väljundvõimsus < 1 mW, täpsus 1,5 mm + 2 ppm horisontaalsuunas ja 2 mm + 2 ppm vertikaalsuunas;
- töötemperatuur: -20 °C kuni $+50$ °C;
- tööaeg ühe laadimisega: kuni 8 tundi.

Lisaks nendele tehnilistele andmetele on Trimble S5 Robotic varustatud mitmete funktsioonidega, mis tagavad mõõtmistulemuste täpsuse ja kiiruse, näiteks automaatne jälgimine prismale, mõõtmiste automaatne salvestamine ja andmete edastamine väliarvutisse. Lisaks saab seadet kasutada erinevate Trimble'i tarkvaradega, nagu Trimble Access, Trimble Business Center ja Trimble RealWorks. [8]



Foto 2. Trimble S5 Robotic, kasutatud instrument

Reaalaja GNSS-vastuvõtja Trimble R8 – Model 3 (Foto 3) tehnilised andmed [8]:

- vastuvõtjatüüp: topograafiline;
- GNSS-signaalide vastuvõtt: GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou, QZSS, SBAS;
- signaalitöötlus: Trimble R-Track;
- töötemperatuuri vahemik: -40°C kuni +65°C;
- andmesalvestus: 10 Hz;
- andmevorming: Trimble CMRx;
- andmesalvestusvõimekus: kuni 44 tundi;
- mõõdud: 19,8 cm x 19,8 cm x 9,5 cm;
- kaal: 1,13 kg;
- toide: 7-28 V DC, 12 W maksimaalselt;
- IP67 kaitseklass;
- võrguühendus: Bluetooth, Ethernet, USB, RS-232;
- integreeritud raadio: 450 MHz raadiomodem;
- integreeritud antenn: Trimble CenterPoint RTX;
- tarkvara: Trimble Access, Trimble Business Center, Trimble Installation Manager.

Märkus: Tehnilised andmed võivad erineda sõltuvalt kasutusjuhtumist ja seadistusest.



Foto 3. Reaalaja GPS-vastuvõtja Trimble R8 – Model 3

Juhtpuldi TSC5 (Foto 4) tehnilised andmed [9]:

- Androidi- põhine kontrolleri;

- 5-tolline puuteekraan ja täielik klaviatuur, mis võimaldab kasutajal lihtsalt juhtida seadet ja kuvada kogutud andmeid;
- võimas protsessor mis tagab sujuva töö ja kiire andmekogumise;
- suur akukestvus, mis tagab pika tööaja välitingimustes.



Foto 4. TSC5 juhtpult [9]

Trimble Active Track 360 sihtmärk (Foto 5) tehnilised andmed [10]:

- tootja: Trimble;
- mõõtmed: 140 mm x 140 mm;
- kõrguse nihutus: 135 mm;

- kaal: 630 g;
- kaitseklaas on tolmu- ja veekindel.



Foto 5. Saua otsas Trimble Active Track 360 sihtmärk

4.2 Geodeetiliste tööde kirjeldus

Objekti välitöödeks valmistatakse eelnevalt ehk tehakse kindlaks objekti täpne asukoht Maa- ameti Geoportaali maainfos. Seejärel laetakse arvutisse alla katastripiir, et oleks paremini joonistada välja selle järgi, kus jookseb mõõtalapiir. Kui need ettevalmistused on tehtud, eksporditakse seda mõõtalapiiri instrumendi väliarvutise (TSC5), et kasutada informatsiooni välitingimustes.

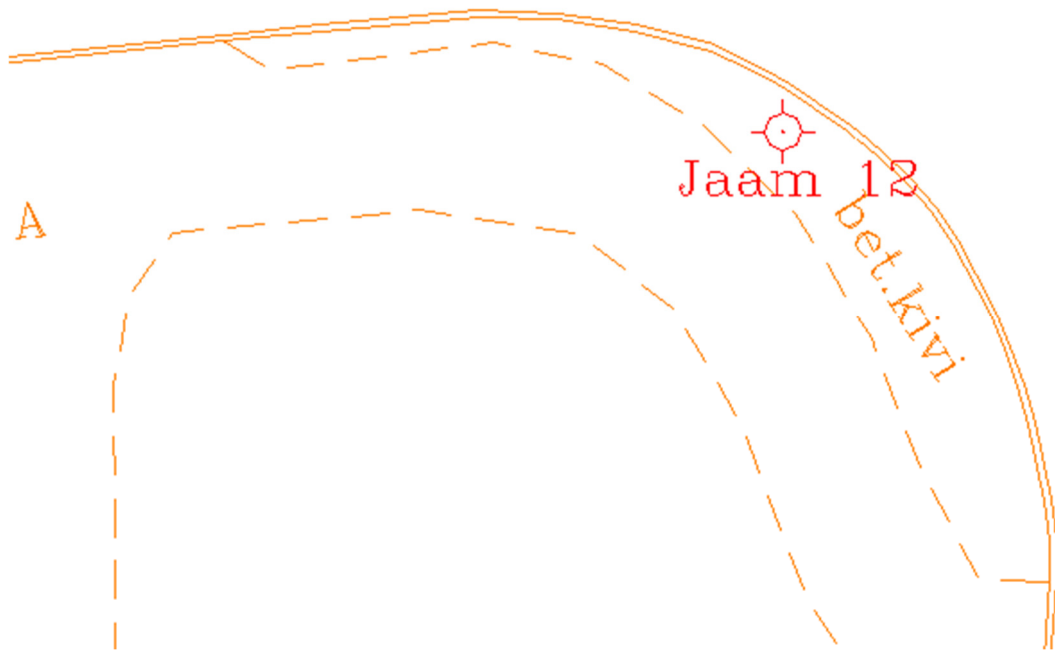
Ühtlasi enne välja minekut, saadetakse andmepäringud erinevatele trasside valdajatele, et saada teada, kus asuvad maa alused trassid. See aitab hoida aega kokku sellevõrra, et kui õues tehakse tööd, siis on aega vastata trasside valdajatel samal ajal. Andmepäringuid saadetakse järgmistele valdajatele: Gaasivõrk AS, Tallinna Vesi AS, Elektrilevi, Telia, jne.

Kogu mõõdalapiiri (25 ha) mõõdistamispõhi on mõõdistatud nn „vaba jaamadena“ ning territoorium on mõõdistatud tahhümeetrilise mõõdistamisega. Antud objekti lähedusse jäi piisavalt polügonomeetria punkte, et alustada oma mõõtmist nendest punktidest lähtudes. Nende punktide andmed on saadud Maa- ameti Geodeetiliste punktide andmekogust. Punktide koordinaadid on L-EST'97 süsteemis, kõrgused EH2000 (Amsterdami) süsteemis.

Tabel 1. Objektil kasutatud polügonomeetria punktid

Polügonomeetria punkti number	X- koordinaat	Y- koordinaat	Kõrgus (H)
12544	6579108,853 m	534686,48 m	38,725 m
HLI2	6579105,672 m	534460,535 m	37,515 m
80914	6579444,856 m	534802,960 m	35,858 m
80915	6579478,609 m	534680,513 m	35,796 m
80916	6579617,473 m	534614,054 m	35,719 m

Enne tahhümeetri püstitamist, vaadatakse alati, et kuidas ja kus oleks õige seade üles panna. Seda selleks, et arvestada kaasliiklejatega ning vältida kokkupõrget liiklusvahendiga. Antud objektil oli palju tänavaid ja kohalikke teid, kus oli tihe liiklus igal minutil. Erinevale ristmikule või kõnniteele instrumenti üles seades (Joonis 4) tuleb jälgida, et see ei jääks kellegi tee peale. Objektil tavaliselt asetati tahhümeeter kas haljasalale või kõnnitee servale, et säilitada piisav liiklusruumi liiklejatele. Ühtlasi selle paigaldamisega tuleb arvestada, et sellest asukohast oleks näha võimalikult palju situatsiooni punkte.

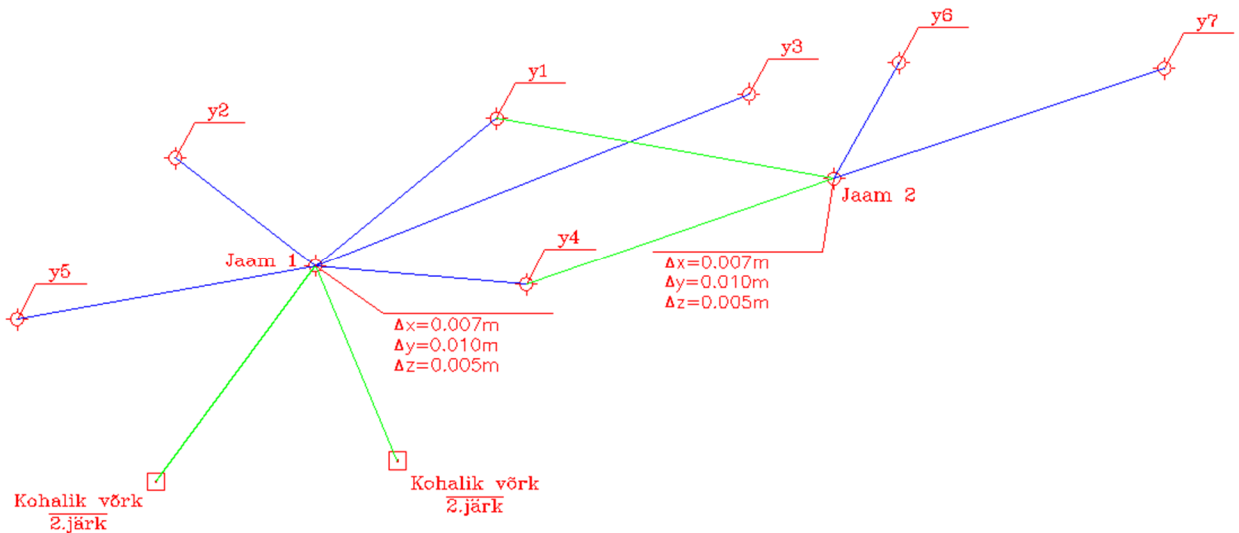


Joonis 4. Instrumendi ohutu asukoht objektil

Joonisel 5 on kujutatud skeemina ette, kuidas on sellel objektil alustatud mõõdistamist ning edaspidi jaamad ümber tõstetud. Sellel skeemil on näha, et Jaam 1 on paigaldatud teatud asukohta ning on koordineeritud nii nimetatud „vaba jaamana“ kahest 2. järku kohalikust geodeetilisest punktist. Joonisel 5 on rohelised jooned punktidele, mille koordinaadid on saadud Maa-ameti Geoportaali maainfo kodulehelt.

Kui esimesest jaamast on tehtud kõik vajalikud mõõdistused, siis peale seda on mõõdistatud koordineeritud kindelpunktid kohtadesse (y1-y5), et järgnevalt saaks järgmist jaama ümber tõstmisel koordineerida, kasutades neid uusi koordineeritud punkte. Skeemil sinised jooned näitavad, et nendest jaamadest on koordineeritud kindelpunktid teatud kohtadesse. Kokku on mõõdistatud sellel objektil 28 selliseid kindelpunkte (Joonis 5).

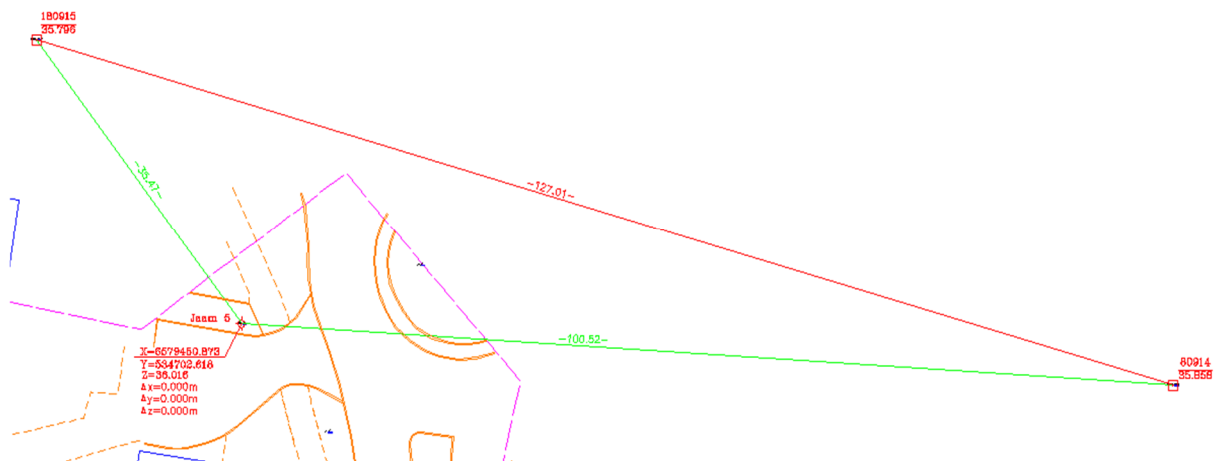
Seejärel on tõstetud tahhümeeter Jaama 2 ning on koordineeritud y1 ja y4 kindelpunktidest. Objekti mõõtala piir oli küllaltki suur, veel koordineeriti rippuvate punktidenä punktid y6 ja y7, et endale mõõdistamist edaspidi lihtsamaks teha (Joonis 5).



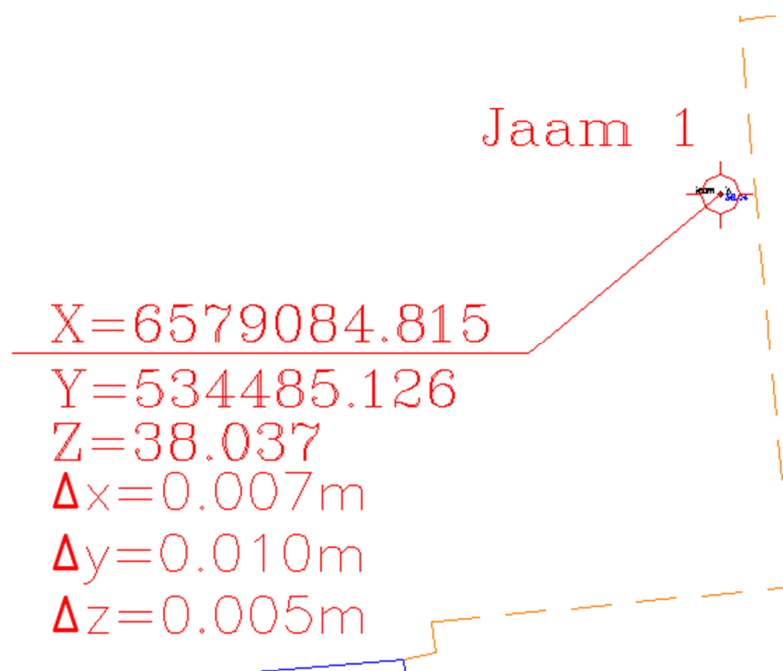
Joonis 5. Skeem „vaba jaama“ liikumisest

4.2.1 Geodeetilised tööd objektil

Eelnevalt on välja toodud, et instrument on koordineeritud „vaba jaamana“ ning seejärel on alustatud mõõdistamisega. Instrument (Joonis 6) Jaam 5 paigutati nii, et võimalusel sellest oleks näha vähemalt kaks 2. järku kohaliku geodeetilist punkti (nr 80915 ja 80914), millele on võimalik prismadega minna. Järgnevalt arvutab vastav standardprogramm vaba seisupunkti koordinaadid ning standardvigade tulemust. On tagatud ka instrumendi limbi õige orienteerimine. „Vaba jaama“ orienteerimisel on kogu aeg jälgitud teljelisi ΔX , ΔY ja kõrguslikku ΔZ standardvigu (Joonis 7). Firma siseselt, kui X ja Y-telje suhtes viga ei olnud suurem kui 2 cm ja Z-telje suhtes 5 cm, siis alustati mõõdistamisega. Joonisel 7 olid seisupunkti teljelased vead $\Delta X - 0,007$ m, $\Delta Y - 0,010$ m ja kõrguses $\Delta Z - 0,005$ m.

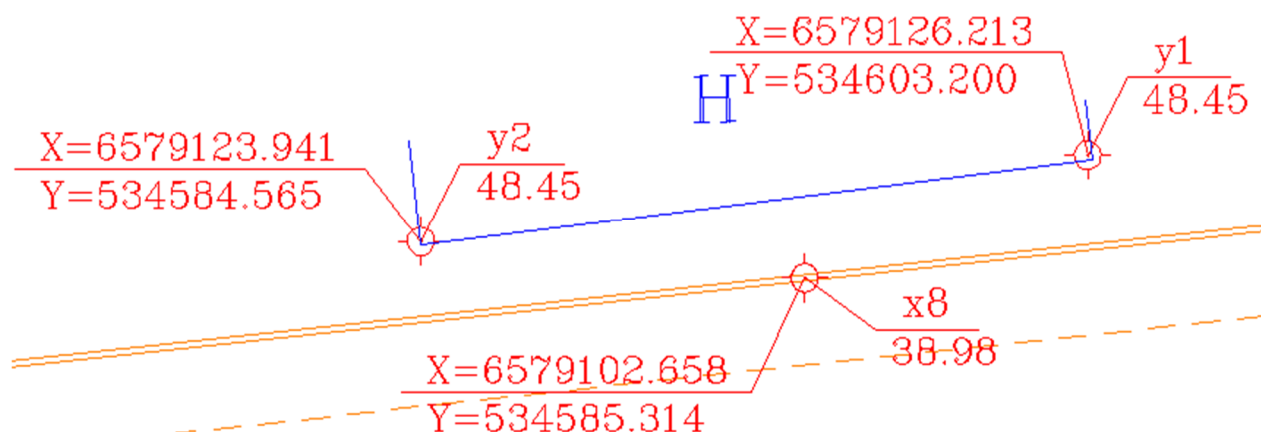


Joonis 6. Instrumendi Jaam 5 orienteerimine ja koordineerimine „vaba jaamana“ lõigete meetodil polügonomeetria punktidele (80915 ja 80914)



Joonis 7. „Vaba jaama“ koordineerimisel instrumenti poolt antud standardvead ΔX , ΔY ja ΔZ

Mõõdistamistööd teeb lihtsamaks see, kui esimesest „vaba jaama“ seisust, mis on algselt koordineeritud lõigete meetodil, on juurde mõõdistatud võimalikult rohkem kindlaid punkte (Joonis 8). Need jäetakse üldiselt teatud kindlatesse kohtadesse, näiteks: hoonetele, kus on näha kruvi või mõni nael (y_1 , y_2), mõõdistatakse laseriga või siis äärekivile (x_8), millele joonistatakse markeriga rist ning mõõdistatakse prismaga.

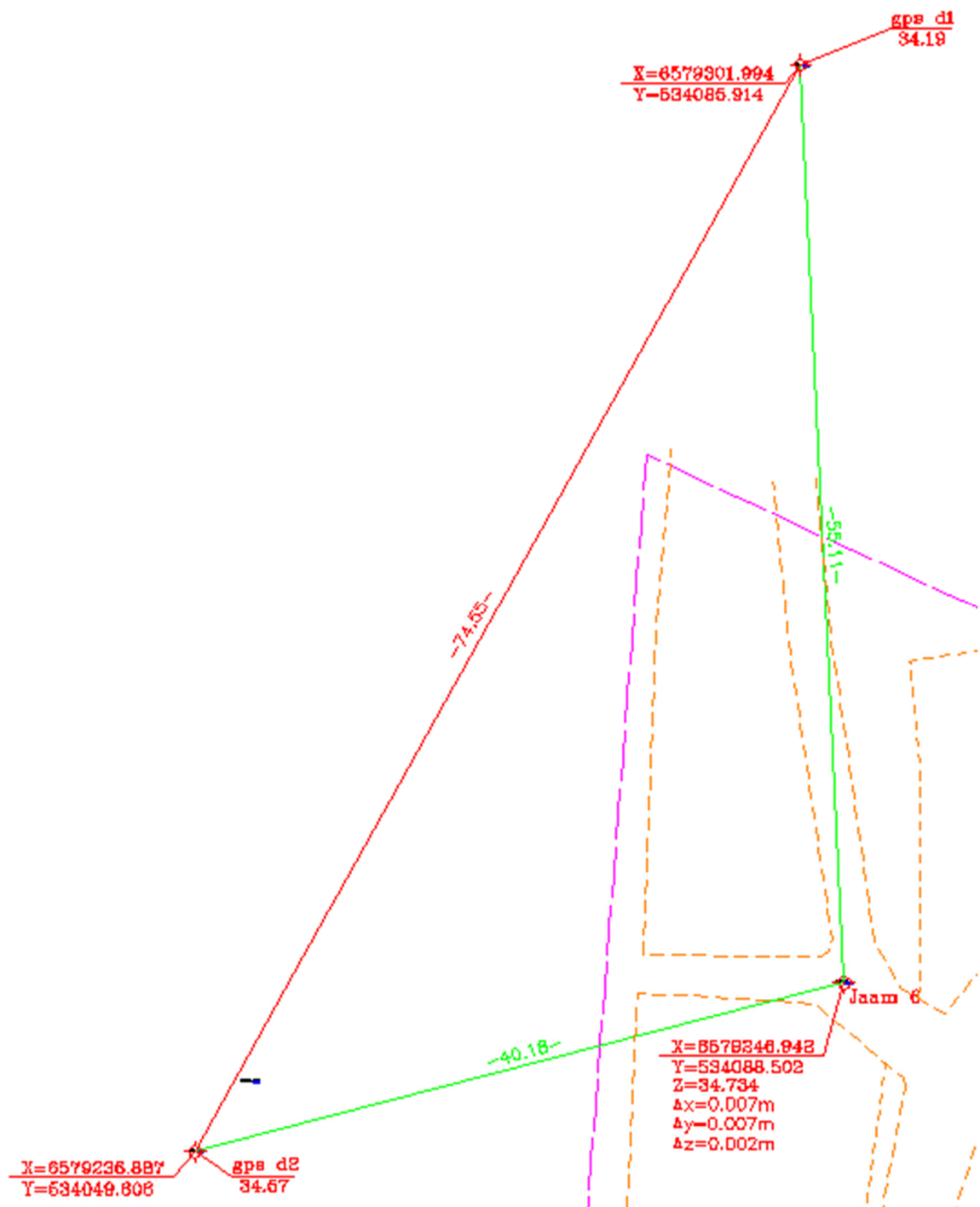


Joonis 8. „Vabast jaamast“ kolm kindlat koordineeritud punkti hoonel (y_1 , y_2) ja äärekivil (x_8)

Objektile esines teatud kohti, kus ei olnud ühtegi polügonomeetria punkti läheduses. Selleks oli vaja saua otsale, kus on juba prisma peal, juurde lisada ka GNSS vastuvõtja (Foto 7), mida juhib sama väliarvuti (TSC5). Sellisel viisil saab vaba seisupunkti lähtepunktid mõõta GNSS meetodil (Joonis 9). Alustati GPS d1 punkti juurest, kus mõõdeti seda GNSS vastuvõtjaga ning seejärel mõõtis kohe ka tahhümeeter. Edasi liiguti GPS d2 punkti juurde, kus korrati sama tegevust, mis d1 juures.



Foto 7. Integreeritud mõõtmise sau koos GNSS vastuvõtjaga



Joonis 9. Integreeritud mõõtmine kasutades GNSS vastuvõtjat

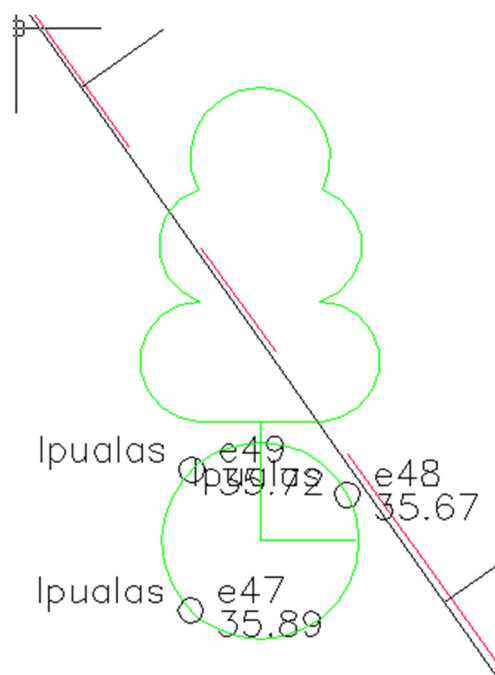
Kui instrumendi standardvead olid rahuldavad, alustati objekti mõõdistamisega edasi. MKM määrus nr 34 sätestab, et kui vastuvõtjat kasutades objektil lähtepunktide mõõtmiseks, tuleb enne ja peale mõõdistamist teha kontrollimiseks initsialiseerimist, riikliku või kohaliku geodeetilise võrgu punktidel. Siin objektile on selline kontroll tegemata. Määrus sätestab ka seda, et GNSS-mõõdistusega muudeks mõõdistusviisideks määratav baasjoone pikkus valitakse selline, et baasjoonele tuginev mõõdistus ei ulatu baasjoonest kaugemale kui baasjoone kahekordne pikkus. [2]

4.3 Territooriumi mõõdistamine

Mõõdistatav maa-ala mõõtpiir oli ette antud tellija poolt ning silmas oli peetud selle geodeetiline alusmõõdistamine projekteerimiseks. Sealhulgas koos kaevu andmetega ning pilt nendest. Välitöödega alustati mai kuus 2022. Objektil teostati M 1:500 plaaniline mõõdistus vastavalt lähteülesandele maa-alal pindalaga 25 ha. Piir kulges mööda tänavaid, eramajade hoovist, parkla ning jõe äärest. Tellija soov oli mõõdistamist alustada punasest alast ehk esimesest etapist. Objektile jõudes selgitati, kuidas ja kus on kõige parem üldse alustada mõõdistamisega, et seejärel sujuvalt üle minna ka teisele etapile.

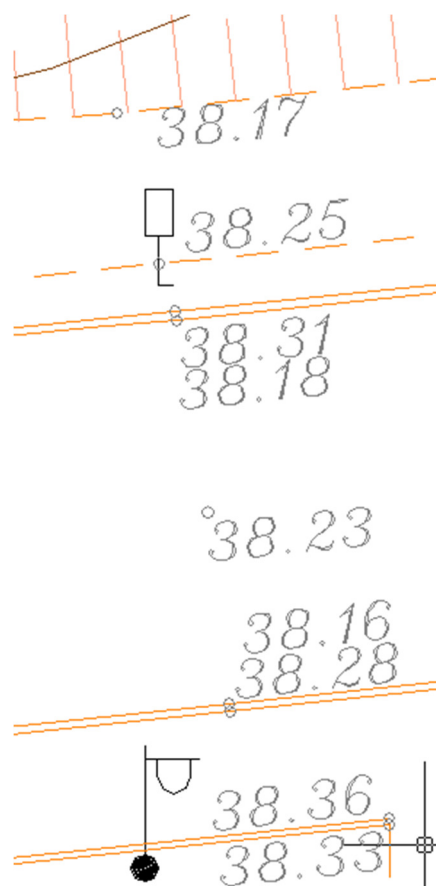
Topograafilisele plaanile tuleb peale kanda kõik olemasolevad selle mõõtala piiri sees olevad hooned, rajatised, põõsad, puud, veekogud, teed, kaevud, aiad, jne. Näiteks, kui plaanile ei ole mõõdistatud üksikut tänava valgustus posti või puud, tuleks kogu projekt ümber teha, sest linn ei lubaks puud maha võtta. Selles etapis on oluline arvestada tellija poolseid nõudeid, milles on välja toodud, et üksik puu väljas pool metsa, mille tüve läbimõõt on suurem kui 0,5 meetrit, tuleb mõõdistada plaanile 3-4 punktiga (Joonis 10). Samaaegselt kui objekti mõõdistati, loodi ka kindelpunktid erinevatesse kohtadesse, et ei läheks hiljem meelest. Punktid, mis olid mõõdistatud äärekivile, ei olnud kindlustatud, sest nendele joonistati markeriga rist peale, mida tänaseks pole enam olemas. Punktid, mis on mõõdistatud laseriga hoonetele on leitavad tänaseni.

Plaanil peavad olema kajastatud kõik mõõdalapiirisse jäävad maa-alused ja maapealsed kommunikatsiooni trassid, et projekteerijal oleks näha, kuhu lasta kanalisatsioon, kuidas saab projekteerida vett ja elektrit. Kõikide trasside valdajatega tuleb alati kooskõlastada, et tellijal oleks kindlustunne nende õigsuse kohta.



Joonis 10. Laseriga mõõdistatud kolme punktiga (e47, e48 ja e49) suure läbimõõduga puu

Arvestada tuli ka sellega, et tellija soovib töö lõpus saada 3-D pinnamudelit. Selleks oli vaja hoolikalt läbi mõelda, kuidas kogu maa-ala tuleks mõõdistada, et hiljem oleks pinnamudelit kergem teha ja ei esineks tõrkeid. Selleks sai kogu alal mõõdistatud tee ristprofiili elemendid, umbes 15 kuni 20 meetrit tagant nii, et mõlemal pool teed servast, kui ka tee keskelt. Ühtlasi, kui on olemas äärekivi, siis ka selle alt ja ülevalt (Joonis 11). Alasse jäid ka erinevad veekogud, kraavid ja nende nõlvad. Oli vaja mõõdistada kraaviperve- ja põhja kõrgust ning nõlva alumise ja ülemise serva kõrgust.



Joonis 11. Mõõdistatud tee ristprofili elemendid

Tööd tegi lihtsamaks see, et sama ala oli mõõdistatud meie firma poolt 2020 aastal. Teatud informatsiooni sai kopeerida ka sealt. Looduses oli vaja lihtsalt üle vaadata, kas on see olemas või ei. Kõrgused olid mõlemal joonisel EH2000 süsteemis.

Üheks töö tingimuseks oli see, et oli vaja teha kõikide kaevude uurimist ja pildistamist ning andmete kajastamist joonisel. Paljud kaevud olid looduses, kas mulla all (Foto 8), leidmata või hävinenud (mitte töötavad) ning niimoodi oli kirjutatud ka joonisele ja tabelisse. Kui oli teada kaevu kindel asukoht ning looduses seda ei nähtud maa peal, siis kasutati otsimiseks metalliotsijat, millest oli palju kasu (Foto 9). Kogu maa-alal mõõdistati prismaga kõikide kaevude luukide tsentrid ning seejärel need avati. Mõned kaevud olid üsna sügavad, mille tõttu sai otsustatud, et kõiki kaevusi uuritakse kaanelt alla mõõtes mõõdulindiga. Nii saadi kõrgus kaevu- ja torude põhja.



Foto 8. Kaevu välja kaevamine mulla alt



Foto 9. Professionaalne metalliotsija [11]

Kaevude uurimisel tuleb kajastada tabelis kaevu luugi ja põhja kõrgus ning selle rõnga materjal. Lisaks ka olemas olevate torude põhja kõrgused, läbimõõdud ja materjal (Foto 10). Pärast seda tehti kaevust ka foto telefoniga (Foto 11), mis laeti hiljem ühte kausta arvutisse, et saata edasi tellijale.

Kaevu	Kõrgused (m)		Kaevu andmed				Torude andmed						
nr.	Maap.	Kaas	Põhi	o (cm)	Sein	Kaas	Nr.	Põhi	o (mm)	Mat.	Suub.	Märkused	
1	36.11	36.11	34.38	40	pl	m	1	34.38	200	asb	269		
							2	34.38	110	asb	2		
2	36.03	36.03	34.46	40	pl	m	1	34.46	110	pl	1		
							2	34.46	110	pl	3		
3	35.94	35.94	34.75	100	b	m	1	34.50	160	pl	2		
							2	34.50	160	pl	4		
4	36.13	36.13	34.69	40	pl	m	1	34.69	160	pl	3		
							2	34.69	160	pl	5		
							3	35.45	160	met	majja		
5	36.25	36.25	34.85	40	pl	m	1	34.85	200	pl	4		
							2	34.85	200	pl	6		
							3	35.42	200	pl	majja		
6	36.27	36.27	35.05	40	pl	m	1	34.94	160	pl	5		
							2	34.94	160	pl	7		
7	36.21		35.15	40	pl	m	1	35.05	160	pl	6	leidmata	
							2	35.05	160	9	8		
8	37.00	37.00	35.25	40	pl	m	1	35.25	160	pl	7		
							2	35.25	160	pl	10		
							3	35.25	160	pl	9		
9	37.07	37.07	35.26	40	pl	m	1	35.26	160	pl	8		
							2	35.26	160	pl			
10	37.07	37.07	35.68	40	pl	m	1	35.58	160	pl	8		
							2	35.58	160	pl			
11	37.92		36.12	40	pl	m	1	36.02	160	pl	10	leidmata	
							2	36.02	160	pl	270		
12	38.54	38.54	36.60	100	b	m	1					toru ei leia	
							2	37.04	100	met	majja		
							3					toru ei leia	
13	38.00	37.93	35.98	90	b	m	1	35.78	200	met	14	leidmata	

Foto 10. Väljavõte kaevu andmete tabelist



Foto 11. Isevoolse kaevu seest tehtud foto

Lõplik plaan väljastatakse digitaalselt CAD formaadis (dwg), mis peab vastama kehtivatele määrustele, mis puudutavad tingmärke, joonestiili ja joonise kihi elemente (Lisa 1). Lisaks sellele peab olema koostatud toimik pdf kujul, mida saab igäüks lahti teha sõltumata arvutist. Peale seda peab olema plaan esitatud ka kohalikule omavalitsusele ehk Saue geomöödistuse süsteemi (EVALD). Tallinnas on kasutusel Tallinna geomöödistuste infosüsteem.

5 DIGITAALSE JOONISE KOOSTAMINE

Peatükk annab ülevaate jooniste koostamisele vajalikest nõuetest. Kirjeldatud on töö käiku ning tehnovõrkude kandmist joonistele. Lisaks on välja toodud ka vajalikud kooskõlastused. Peatükis on kirjeldatud tellija poolseid nõudeid maapinnamudeli vormistamiseks. Välja on toodud olulised punktid. Graafilise osa 3D kasutati arvutiprogrammi Civil 3D 2020. Graafilise 3D pinnamudeli koostamisele kulus aega kokku viis päeva. Fragment 2D maa-ala plaanist on esitatud Lisas 1.

5.1 Nõuded digitaalsele joonise koostamisele

Objekti jooniste teostamiseks tuleb need koostada lähtuvalt "Topo-geodeetilisele uuringule ja teostusmöödistamisele esitatavad nõuded,, määrusele.

Paragrahv 3 mõõtkavad, lõige (1), Geodeetilise joonise mõõtkava valik sõltub planeeringu või ehitusprojekti koostamise lähteülesandest ning teostusmöödistamisel ehitisest ja tehnovõrgu omaniku või pädeva asutuse nõuetest." [2]

Paragrahv 3, lõige,, (2) Geodeetilise joonise mõõtkava valik määrab uuringu detailsuse ja täpsuse ning väljatrüki mõõtkava." [2]

Paragrahv 3, lõige (3), Mõõtkava 1:500 (edaspidi M 1:500) kasutatakse geodeetilise alusplaani ning teostusjoonise koostamisel. Alusplaanile kantavate elementide suure tiheduse korral võib suurendada mõõtkava 1:200-le (edaspidi M 1:200). Kui lähteülesandes pole sätestatud teisiti, juhindutakse M 1:200 korral M 1:500 esitatud nõuetest." [2]

Paragrahv 14 digitaalse joonise ühikud ja koordinaatsüsteem, lõige (1), Digitaalne joonis koostatakse meetermöödistikus, seejuures ühele jooniseühikule vastab 1 meeter maastikul." Lõige (2) „Digitaalne joonis esitatakse tasapinnalisena (kahemöödistmelisena), millel kõik objektid paiknevad nullkõrgusel, kasutades kehtivat geodeetilist süsteemi." Lõige (3), Juhul kui koostatakse ka digitaalne maapinnamudel, võib digitaalne joonis sisaldada maapinnamudeli esitamiseks kasutatud kolmemöödistmelisi punkte ja murdjooni." Lõige (4), Juhul kui joonobjekti peab kujutama kolmemöödistmeliselt, moodustatakse selleks eraldi digitaalne andmekogum." [2]

5.2 Töö protsessi käik

Peale objekti mõõdistusi tuleb eksportida saadud punktid väliarvutist edasi arvutisse. Graafikaprogrammina kasutati arvutiprogrammi ZWCAD 2021 PRO. Programm sarnaneb AUTOCAD programmile. Antud objektile kulus sisetöödel joonistamisele aega umbes üks kuu.

5.2.1 Tehnovõrkude kandmine joonisele

Tehnovõrkude kandmine ei ole keeruline töö, kui on teada ja näha, kus täpsemalt asub ja kas töötab või ei. Enne väli mõõdistusi edastatakse andmepäring trasside valdajatele, et kiirendada protsessi. Kui väli tööd on tehtud siis sel ajavahemikul üldiselt vastatakse meilidele. Antud suurele objektile tuli palju teostusjooniseid valdajatelt mida pidi hoolikalt vaatama ja uurima. Trassi otse kopeerides oli palju arusaamatusi, mida tuli ühtlasi läbirääkida valdajatega. Kõige keerulisem oli suhelda firmaga Kovek AS kuna nemad vastasid meilidele viivitusega.

Mõõdistatud maa-alal paiknevad olmevee- ja reoveekanaliseerimisvõrkustikud, sadevete kanalisatsioon, sidevõrkude kanalisatsioonivõrkustikud, madal- ja keskpinge kaabelliinid, soojatorustik ning tänavavalgustuse õhu ja kaabelliinid. Käesoleva töö käigus on teostatud kaevude uuringud ja koostatud kaevuandmete tabelid. Tehnovõrkude olemasolu või mitte olemasolu on kooskõlastatud nende valdajatega.

5.2.2 Kooskõlastused

Kui kogu välitöö on tehtud ja sisetöö on vähemalt 90% tehtud, edastatakse need kõikidele trasside valdajatele, et kooskõlastada nendega plaani. Ühtlasi tuleb arvestada, et kui on tellitud topograafiline plaan näiteks Tallinnas, siis mõningad trassivaldajad (Tallinna Vesi AS, Enefit Connect OÜ) ei kooskõlasta, vaid vaatavad üle tööd või saadavad dokumenti, et andmed on nende poolt väljastatud. Seejärel kui kooskõlastused on käes tuleb alustada plaanide vormistamisega ning lõpus saadetakse firma poolt allkirjastatud tööd tellijale.

Trasside valdajatelt on tulnud ka töö tagasi, kui on märgatud, et on midagi puudu või valesti kopeeritud. Siin osas saab tuua näiteks: kas veetrassi või gaasitrassi siiber oli puudu või siis on kuskil üleliigne trass, mida tuli parandada oma joonisel ja seejärel uuesti saata ümber kooskõlastamisele.

Kovek AS on reovee- ja olmevee trasside valdaja. Nendelt valdajatelt tuli selle objekti raames kõige enam märkustega jooniseid tagasi. Näiteks oli vajadus minna tagasi objektile, et kontrollida, kas üks

kanal oli maha jäetud või ei olnud. Sammuti tuli välja uurida ka veetrassi osas, et kas oli töötav või mitte töötav.

Kõige suuremaks väljakutseks oli Veskitammi tn 4 krundi juures olev veetrass, kuna seal oli neid trasse nii palju, et ei olnud võimalik aru saada, milline töötab ja milline mitte. Selleks oli vajadus suhelda Kovekiga AS ning lõpuks saadi selguse, milline oli töötav ja milline mitte töötav trass.

Kooskõlastuste peale kulus ajaliselt umbes kuu aega, et saada kätte kõik kooskõlastused, kuna mõned trasside valdajad vastavad väga harva, vahepeal oli vajadus isegi helistada, et uurida, millal on võimalik vastus saada.

5.3 Tellijapoolsed maapinnamudeli vormistamise osa nõuded

Tellija poolsed esitatud nõuded mudeli osas.

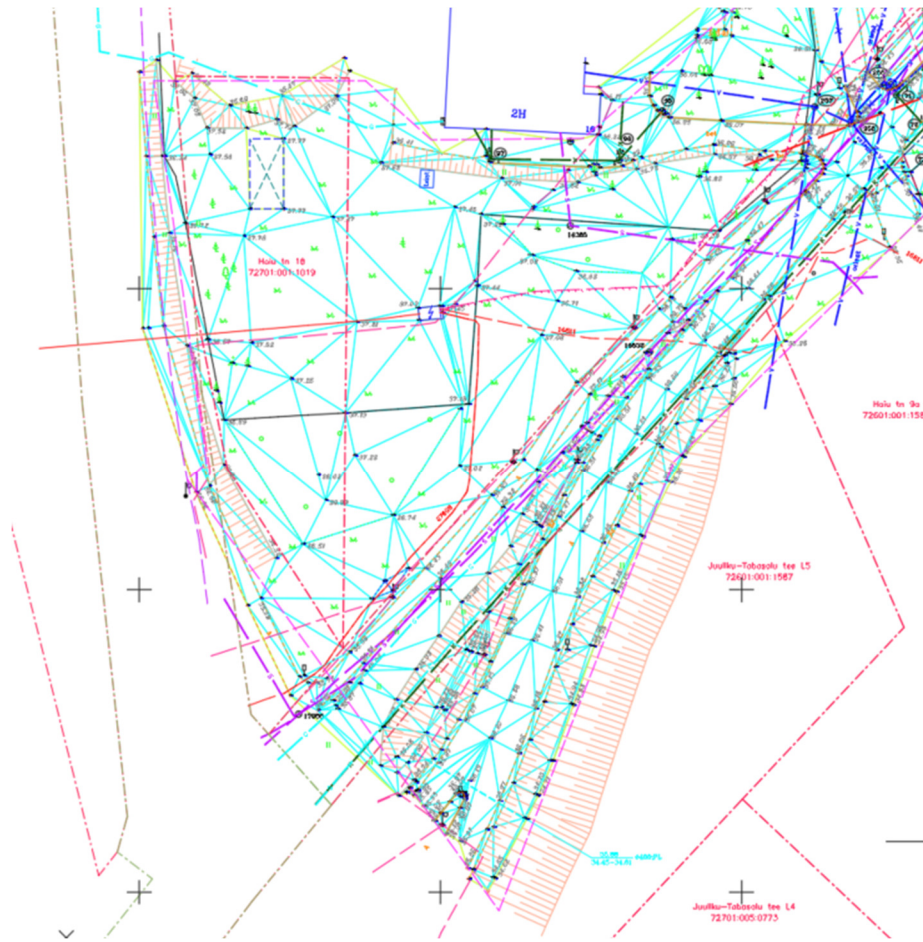
Nõuded maapinnamudeli vormistamiseks [1]:

- esitatav maapinnamudeli faili formaat peab olema dwg;
- lisaks esitada eraldi maapinnamudel .xml formaadis;
- maapinnamudeli fail peab sisaldama mõõdistusala piiri;
- maapinnamudel tuleb koostada kogu mõõdistusala piirides näidatud ala kohta;
- maapinnamudeli fail peab sisaldama mõõdistatud punktidest koostatud kolmnurkmudelit;
- maapinnamudeli failis peavad olema esitatud maapinnale iseloomulikud murdejooned (katte serv, mulde serv, äärekivi ülemine ja alumine serv, kraavide ülemine ja alumine serv, truubid ja nende päised, hooned, hoonete vundamendid, hoonete juurdepääsud, trepid, valguskastid, muude rajatiste vundamendid jms);
- maapinnamudeli failis peavad olemas esitatud maapinna samakõrgusjooned;
- samakõrgusjoonte vahe peab olema 0,1 m.

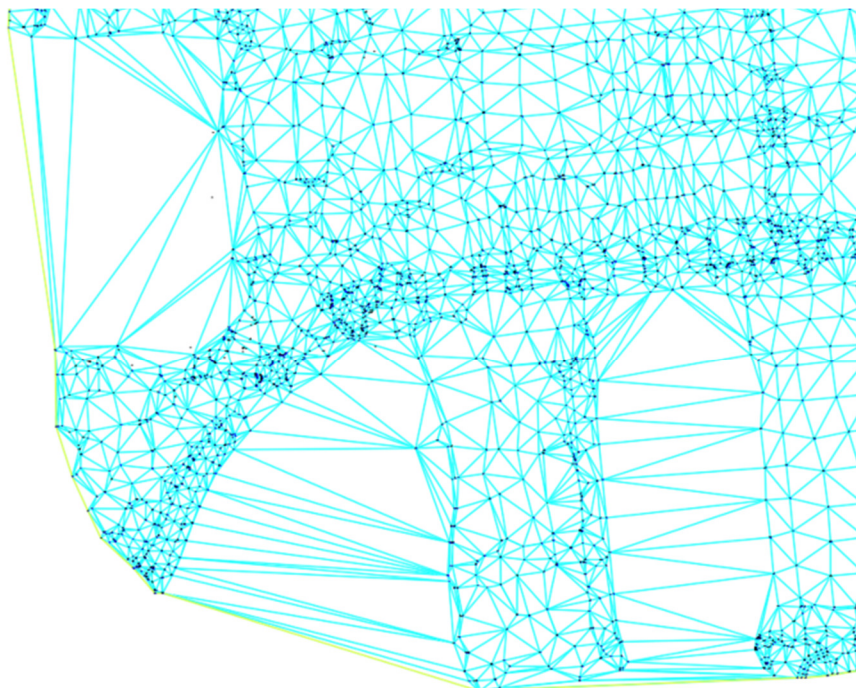
Korrastada maapinnamudel mõõdistusala piiril ning hoonete ning muude rajatiste juures.

5.3.1 Maapinnamudeli koostamine

Maapinnamudeli koostamisega saab alustada, kui kõik väli mõõdistused ja topo-geodeetiline plaan on koostatud. Maapinnamudeli koostamiseks kasutati programmi nimega Civil 3D 2020, millega luuakse tahhümeetriga mõõdistatud punktidest 3D mudel. Töö kiiremaks ja lihtsamaks tegemisel, tuuakse mudeli taga plaanile ka topo-geodeetiline alusplaan, et oleks näha, kus asuvad nõlvad, teed, hooned, kraavid jne (Joonis 12). Järgnevalt tuli teostada pinnamudeli korrigeerimist (Joonis 13).

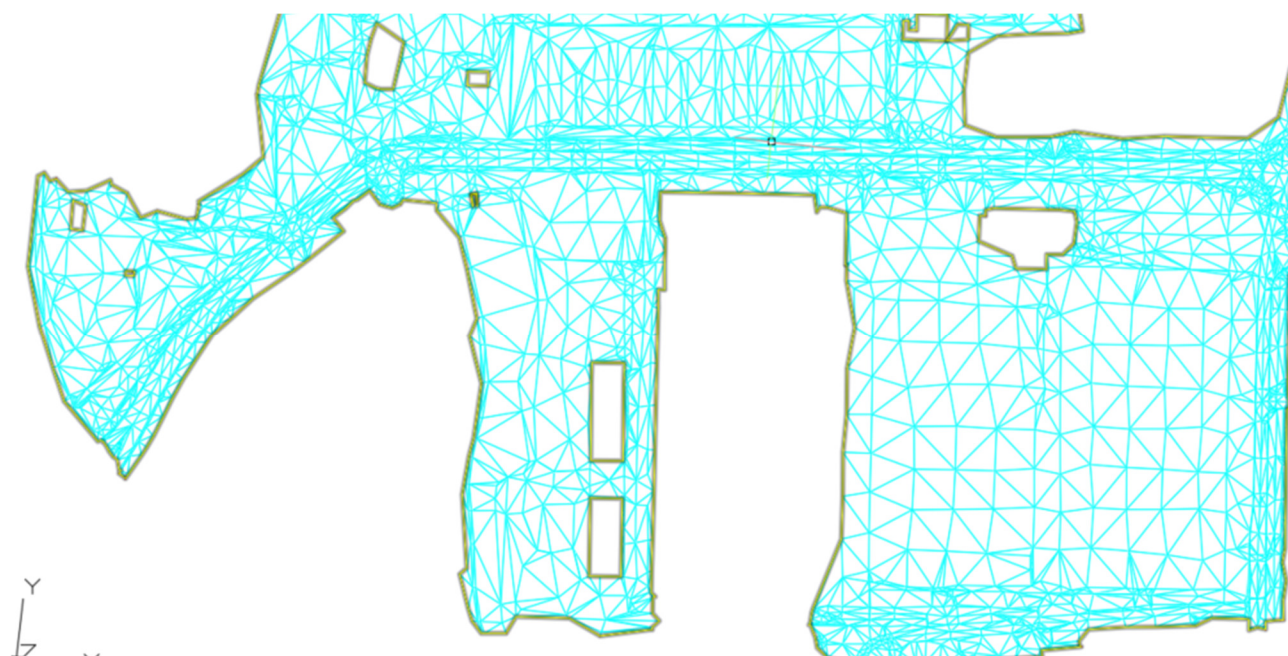


Joonis 12. 3D pinnamudel koos topograafilise maa- ala plaaniga

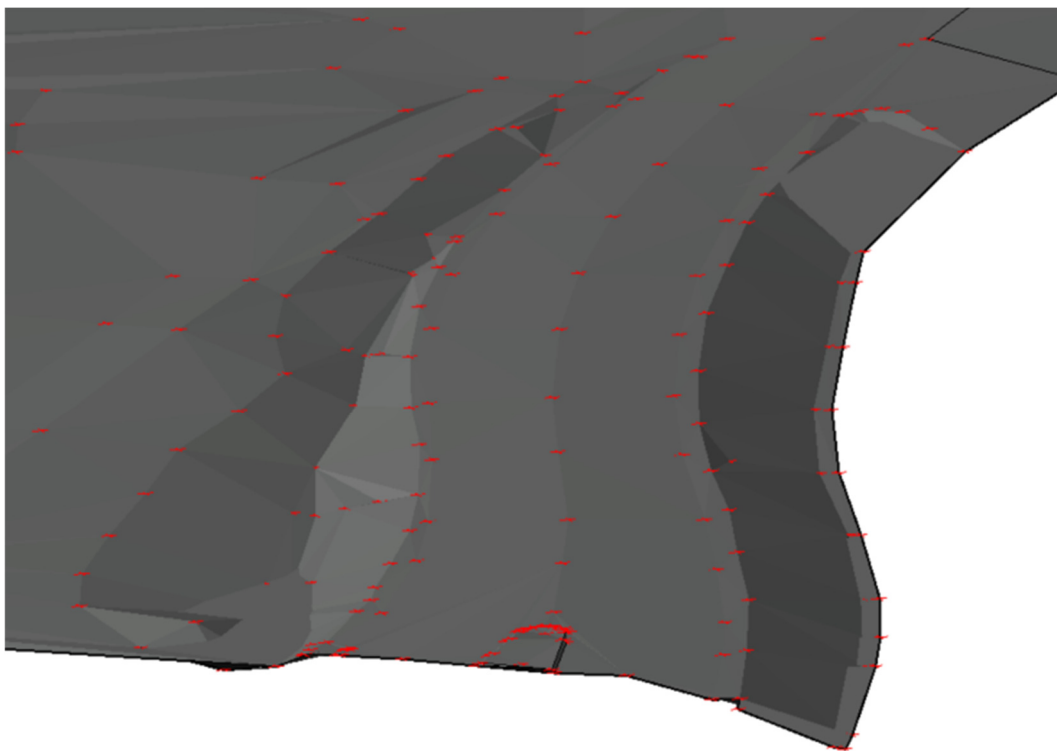


Joonis 13. Korrigeerimata 3D pinnamudel pealtvaates

Korrigeerimata mudelil (Joonis 13) on näha, et mudeli kolmnurga jooned on igas suunas ning on risti mõõdistatud pinnaga ja on ühendatud punktidega, mis asuvad üksteisest kaugel, mille vahemikkuse võivad jääda ka hooned, rajatised ja muud elemendid. Mudelit korrigeerides tuleb täpselt jälgida, et need jooned ei löikaks teed, äärekivi, reljeefe, jne. Peavad olema paralleelselt nendega, et oleks näha kõrguse vahet. See on oluline, et oleks välja toodud tee telg, äärekivi alumine ja ülemine kõrguse vahe, nõlvade alumine ja ülemine serv, jne. Lisaks ei tohi mudeli kolmnurga jooned läbida hooneid või teisi olevaid rajatisi. Nende asemele tekib lihtsalt tühi ruum (Joonis 14). Kontrollimiseks, et pinnamudel ei ole üleliigseid mõõdistatud punkte vale kõrgusega, kasutatakse käsku „ORBIT“. Antud käsk võimaldab vaadata pinnamudelit igast küljest. Joonisel 15 on selgelt näha autotee ja kõrval olev kraav.



Joonis 14. Korrigeeritud 3D pinnamudel pealtvaates



Joonis 15. 3D pinnamudel külgvaates

Kokkuvõttes, kui 3D pinnamudel on korras, salvestatakse see xml kujul. Hiljem edastatakse tellijale toimik (pdf) koos maa-ala topograafilise plaaniga (dwg) ja pinnamudeliga (xml).

6 TEKKINUD PROBLEEMID

Peatükis on kirjeldatud tookäigus esinenud probleemid ja selle lahendustest. Lisaks on välja toodud tellijapoolsed märkused, mida nõuti.

6.1 Töös esinenud probleemid

Töös esinesid ka üksikud probleemid. Peamiseks probleemiks oli see, et oli vaja uurida kaevu ning kaevud olid mulla all. Selleks oli vaja otsida metalli otsijaga välja need ning seejärel kaevata välja, et teha lahti ja uurida need.

Sisetööl tekkisid probleemid ka. Firmas, kus töötan oli see sama ala mõõdetud 2020 aastal teise inimese poolt, siis mina pidin uuendama seda topo-geodeetilist plaani ehk, mis on muutunud selle aja jooksul seal, kas mingi puu maha raiutud või hoone tekkinud. Väga suure osa sai kopeerida vanalt jooniselt, mis oli mõõdistatud 2020 aastal.

Probleem esines selles, et kui edastasin andmepäringu Gaasivõrk AS-ile, siis sellise ala peale tuli kulukas arve selle eest, et saada nendelt joonised, kus asub gaasi trass maa all, aga kuna meil oli täpselt sama joonis mõõdetud 2020 sai sealt kopeerida enda joonise peale. Tööandjaga rääkisime, et peaksin suhtlema Gaasivõrguga, et kas saab tühistada seda suurt arvet või teha läbirääkimisi. Juhul, kui on neil mingi uus teostusjoonis saata meile, mida nad pole varem saatnud. Järgnevalt kirjutasin kirja neile, millele saatsid nad meili vastu, kus oli kirjas, et nende juhtkond otsustas tühistada meile edastatud suure arve ning tuleb arve ainult ühe ala eest, mida varem pole saadetud.

Probleeme esines ka mõõdistatud punktidega, et kuna enamus tööst sai kopeerida 2020 olevast tööst, mida mõõdistas teine töökaaslane, siis olid mõningad kohad valesti mõõdistatud nagu näiteks: äärekivi, mis tuleb mõõdistada nii alt, kui ka pealt ehk kokku kaks punkti, kuid mõõdistatud oli äärekivi ainult ühe punktiga. Sellepärast tulid kõik äärekivid ning ka mõningad kraavid ja kallakud uuesti mõõdistada.

6.2 Tellijapoolsed märkused

Töö käigus edastasin etapiliselt tellijale joonised objektist, millest tekkisid ka tellija poolt märkused, mida tuli koheselt paranda või likvideerida. Mõnes kohas oli vaja trass pikendada või kui mõlemad etapid olid valmis, siis sooviti kuskilt mõõdalapiiri laiendada, et edasi projekteerida, ehk töö käigus on vähemalt kuni viis korda mõõdalapiir laienenud.

Märkused olid tellija poolt ka sellised, et küsiti kuidas on tekkinud kahe aasta jooksul uued gaasitrassid, kui kaevamis töid seal alas pole olnud. Asi oli selles, et kui kopeerisin gaasitrassi oma joonisele, siis alguses vaatasin Gaasivõrgu poolt saadetud jooniseid valesti ning kopeerisin gaasi trasse valesse kohta, sealt tekkisid üleliigseid gaasitrassid.

Tellija esitas projekteerija kaudu puudused alusplaani ja mudeli.

Alusplaani olid märkused:

- sellel hakkab eelkõige silma kõrgusmärkidega seonduv. Kõrgus puudus äärekivi peal;
- lisaks võiks üle vaadata äärekivi raadiustel kõrgused, mingites kohtades on antud ainult enam-vähem raadiuse alguses ja lõpus kõrgused, ometi murdepunktid viitavad, et tegelikult mõõdetud on tihedama sammuga;
- lisaks kas tõesti näiteks Vao ja Hoiu tänavate sõiduteedel ei ole tee telje kõrgusi.

Mudeli olid märkused:

- mudeli kolmnurga jooned on läbivalt puudu;
- enamus sõiduteid on ilma mõõdetud teljeta, kuid need, millel on telg ka mõõdetud, siis see telg ei kajastu mudelis. Sõidutee horisontaalid on kohati ebaloosulised, sest kolmnurk mudel ei joonistu korralikult;
- kõik nõlvad peaks mudelist välja tulema - kus on nõlva ülemine serv ja kus alumine. Kui on aed ja kõrguste erinevus ühel ja teisel pool, siis peaks ka kahel pool aeda horisontaalid olema;
- äärekivide horisontaalid ei tule igal pool välja;
- katte servade horisontaalid ei tule igal pool välja.

Töö käigus said kõik probleemid järk-järgult lahendatud. Tellija jäi tööga rahule.

KOKKUVÕTE

Lõputöös nimega on antud ülevaade maa-ala topo-geodeetilisest plaani mõõdistamisest asukohaga Jõekääru, Laagri alevik, Saue vald, Harju maakond, projekteerimis töödeks vajaliku geodeetilise alusplaani M 1:500 koostamisest. Objekti tellija poolt antud mõõdalapiiri ligikaudne pindala oli 25 ha.

Lõputöös on kirjeldatud GNSS mõõtmist, vaba jaama ja prisma punkti koordineerimist, tellija poolset lähteülesannet ja nõudeid. On antud ülevaade kuidas on toimunud mõõdistamine, kindel punktide koordineerimine ning jaama liikumine. Lisaks on iseloomustatud tööks vajalikke ning kasutatud instrumente. Välja on toodud töö käigus esinenud probleemid ja kuidas on neid lahendatud.

Objekti suurema osa maa- alast mõõdistati elektrontahhümeetriga. Kogu töö oli väga mahukas ja aeganõudev. Mõõdistamisel oli vaja arvestada ka pinnamudeliga, mille tõttu tuli hoolikalt mõõdistada kõik teed ja reljeefipunktid. Tellija poolne ülesanne ja nõuded said täidetud. Kõik vajalikud joonised, andmed ja mudel said tellijale üle antud.

Kokkuvõtteks objekti mõõdistamine ja jooniste joonistamine võttis aega neli kuud. Eesmärk sai täidetud ning tellija jäi lõpp tulemusega rahule.

SUMMARY

This thesis titled *Topo-geodetic Survey of the Land Area* provides an overview of the surveying of the topographic geodetic plan of the land area located at Jõekäärü, Laagri hamlet, Saue municipality, Harju County, used for the preparation of the geodetic base plan M 1:500 necessary for design work. The approximate area of the measurement boundary given by the client was 25 ha.

The thesis contains a description of the GNSS measurement, the coordination of the free station and the prism point, the client's initial task and requirements. An overview of how the surveying has taken place, the specific coordination of points and the movement of the station was given. In addition, the instruments necessary and used for the work are characterized. The problems that occurred during the work and how they were solved are specified.

Most of the object's land area was measured with an electron tachymeter. The whole work was very extensive and time-consuming. The measuring required taking into the account the surface model, due to which all roads and relief points had to be carefully measured. The task and requirements of the client were fulfilled. All necessary drawings, data and model were handed over to the customer.

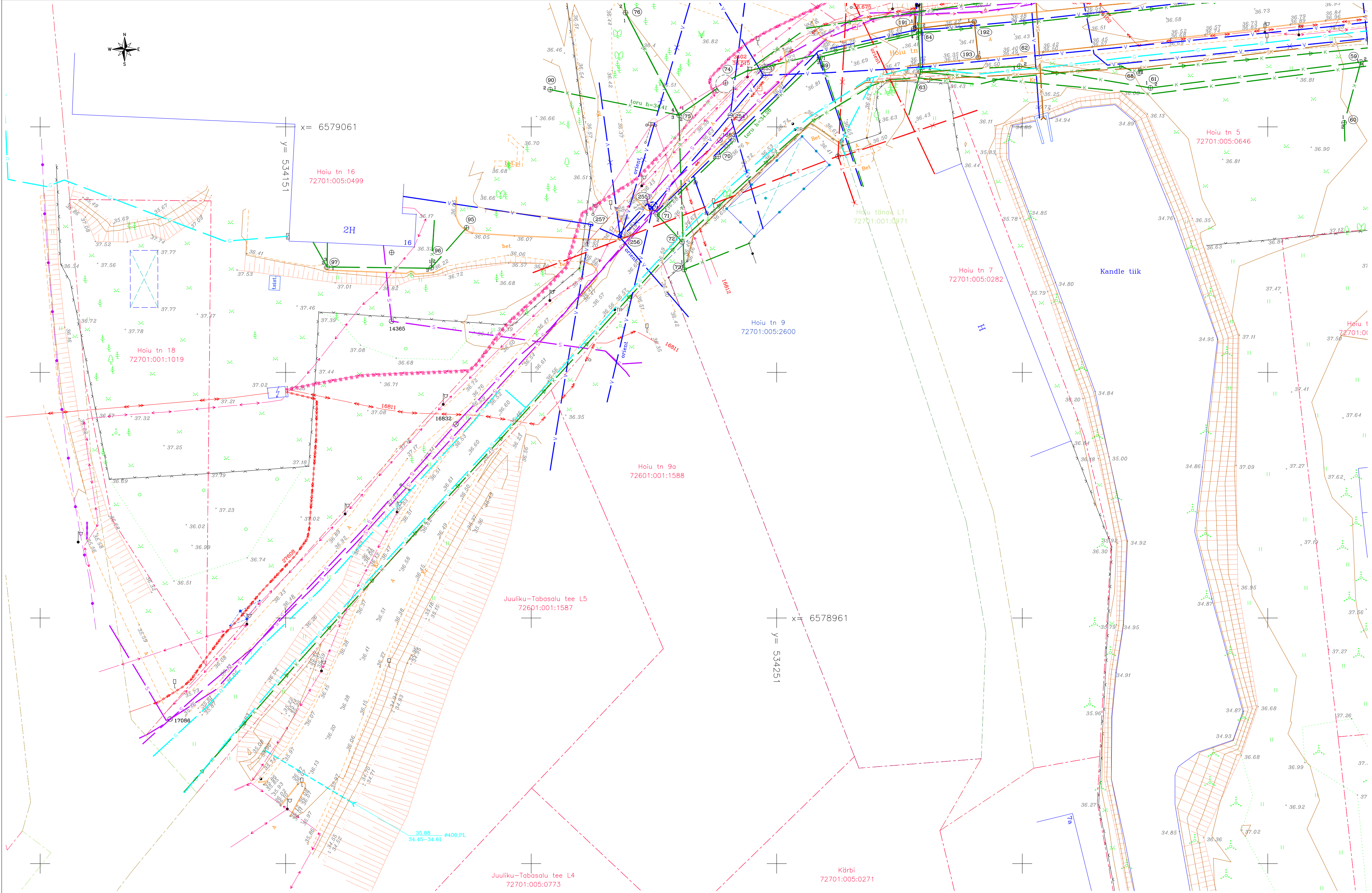
To conclude, measuring of the object and preparation of the drawings took four months. The goal of the surveying was achieved, and the client was satisfied with the outcome.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] „Tellija OÜ,“ [Võrgumaterjal].
- [2] „Riigi Teataja,“ Topo-geodeetilisele uuringule ja teostusmöödistamisele esitatavad nõuded, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/12861144>. [Kasutatud 06. märts, 2023].
- [3] „Kokkuvõte üleeuroopalisest geodeetiliste põhivõrkude EUREF sümpoosionist,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://maaamet.ee/uudised/kokkuvote-uleeuroopalisest-geodeetiliste-pohivorkude-euref-sumpoosionist>. [Kasutatud 01. aprill, 2023].
- [4] „GNSS ehk GPS möödistused,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://aamosatlas.ee/gnss-gps-moodistused/>. [Kasutatud 01. aprill, 2023].
- [5] „Real-time kinematic,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://theconstructor.org/surveying/real-time-kinematic-survey/560661/>. [Kasutatud 01. aprill- 2023].
- [6] „Elektrontahhümeetria,“ [Võrgumaterjal]. Available: [https://moodle.tktk.ee/pluginfile.php/92148/mod_resource/content/2/2009_Jyrgenson_Elektro](https://moodle.tktk.ee/pluginfile.php/92148/mod_resource/content/2/2009_Jyrgenson_Elektro%BCmeetria.pdf) ntahh%C3%BCmeetria.pdf. [Kasutatud 12. aprill, 2023].
- [7] R. Ranne, Tallinna Tehnikakõrgkool, Tallinn: Geodeesia alused, teine osa, 2006.
- [8] „Trimble S5 tahhümeeter,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://geosoft.ee/trimble-s5/>. [Kasutatud 06. märts, 2023].
- [9] „TRIMBLE TSC5,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://geosoft.ee/trimble-tsc5/>. [Kasutatud 01. aprill, 2023].
- [10] „Trimble Active Track 360° Target,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://geomatics.cc/wiki/survey-prisms/trimble-active-track-360-target>. [Kasutatud 26. aprill, 2023].
- [11] „Professionaalne metallotsija,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.oomipood.ee/product/cs1mx_professional_metal_detector_cs1m. [Kasutatud 13. aprill, 2023].
- [12] „Riigi Teataja,“ Transpordiameti põhimäärus, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/109122020001?leiaKehtiv>. [Kasutatud 01. aprill 2023].
- [13] „Transpordiameti põhimäärus,“ Riigi Teataja, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/109122020001?leiaKehtiv>. [Kasutatud 02. aprill- 2023].

- [14] „Analysis of free station errors,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.staigsmith.co.nz/site/staigsmith/images/pdf/SQ_53_March%202008.pdf. [Kasutatud 02. aprill- 2023].
- [15] „Trigonometric Leveling – Theory and Formulas for Calculations.,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://civilengineering-softstudies.com/52-trigonometric-leveling-theory-and-formulas-for-calculations.html>. [Kasutatud 02. aprill- 2023].

Lisa 1. Väljavõte maa-ala topo-geodeetilisest plaanist



Tehnovõrkude kooskõlastused

Jrk.	Kooskõlastaja	Nr/Resolutsioon	Kuupäev
1	Elektrilevi OÜ	5934171951	16.05.2022
2	Tella Eesti AS	36494164	30.05.2022
3	Adven Eesti AS	G22-35	02.06.2022
4	AS Gaasivõrk	3-7/1045-22	20.06.2022
5	Kovek AS	Tehtud	27.06.2022
6	Saue Vallavalitsus	Tehtud	10.06.2022
7	OÜ Sagro Elekter	Tehtud	10.06.2022



Koostas: VIKTOR MALJUGA
Juhendas: RAIVO RANNE

HARJUMAA, SAUEVALD
LAAGRI ALEVIK, JÕEKÄÄRU

Joonise nimetus:
Jõekääru, Laagri_G22.dwg

Joonise nr. 1

Töö nr 134—G—23

Õpperühm: KRG2019

TALLINN 24.08.2022

Skaala 1:500

Leht: 1

Lehti: 1