



TALLINNA
TEHNIKAKÕRGKOO

Kaie Kruusmaa

TEE EHTUSPROJEKTIDE TOPO-GEODEETILISTE UURINGUTE ANALÜÜS

LÕPUTÖÖ

Tallinn 2023

Kaie Kruusmaa

TEE EHTUSPROJEKTIDE TOPO-GEODEETILISTE UURINGUTE ANALÜÜS

LÕPUTÖÖ

Ehitusinstituut

Teedehituse õppekava

Juhendaja: Raivo Ranne

Tallinn 2023

Mina

Kaie Kruusmaa,

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,

Kaie Kruusmaa,

sünnikuupäev:

30.06.1982,

annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

“Tee ehitusprojektide topo-geodeetiliste uuringute analüüs“

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/

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Lõpetaja: **Kaie Kruusmaa**
Õpperühm: KTE2019
Eriala: Teedehitus (1821)
Lõputöö teema: **Tee ehitusprojektide topo-geodeetiliste uuringute analüüs**

Lähteandmed töö koostamiseks:

- Eestis kehtivad õigusaktid, juhendid jm juhendmaterjalid, mis seavad tingimusi topo-geodeetiliste uuringute koostamiseks;
- erinevate geodeesiaettevõtete poolt koostatud topo-geodeetilised uuringud, mis on Transpordiameti tellimusel koostatavate tee ehitusprojektide aluseks.

Töö sisu, ülesehitus ja lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:

Töö käigus analüüsitakse topo-geodeetilisi uuringuid, mis on koostatud riigiteede ehitusprojektide aluseks ning otsitakse vastuseid järgnevatele küsimustele. Kas ja millisel moel geodeesiaettevõtted esitatud nõudeid täidavad? Millised nõuded on vananenud ning vajaksid uuendamist, et need kehtiksid ka kiire arengu teinud mõõdistamisseadmete kasutamisel? Lähtudes analüüsi tulemustest tehakse töö koostaja poolt ettepanekud nõuete muutmiseks või täpsustamiseks.

Seletuskirja ning graafilise materjali sisu ja maht:

Seletuskirja maht 40...60 lk. Töö graafilise materjali moodustavad joonised, tabelid ja graafikud.

Lõputöö juhendaja:

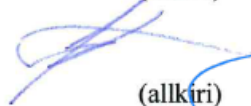
Raivo Ranne
(nimi)


(allkiri)

13.02.2023
(kuupäev)

Lõpetaja:

Kaie Kruusmaa
(nimi)


(allkiri)

13.02.2023
(kuupäev)

Kinnitaja:

Aivars Alt
ehitusinstituudi direktor


(allkiri)

14.02.2023
(kuupäev)

Lõputöö ülesanne antud: 13.02.2023

Lõputöö esitamise tähtaeg: 02.05.2023

SISUKORD

SISUKORD	5
SISSEJUHATUS	7
1 ÜLEVAADE TOPO-GEODEETILISTELE UURINGUTELE ESITATAVATEST NÕUETEST	9
1.1 Määrus „Tee ehitusprojektile esitatavad nõuded“	9
1.2 Määrus „Topo-geodeetilisele uuringule ja teostusmõõdistamisele esitatavad nõuded“	9
1.3 Transpordiameti juhend „Täiendavad nõuded topo-geodeetilistele uurimistöödele teede projekteerimisel“	10
1.4 Transpordiameti tehniline kirjeldus	10
1.5 Topo-geodeetilise uuringu teostajale esitatavad pädevusnõuded	11
2 TOPO-GEODEETILISED UURINGUD TEEDEEHITUSES	12
2.1 Topo-geodeetilise uuringu tähtsus tee ehitusprojekti koostamisel	12
2.2 Tee-ehitustöödel ilmnunud probleemid	14
2.3 Märkused topo-geodeetiliste uuringute kontrollimisel	15
3 ANALÜÜS	18
3.1 Topo-geodeetilise uuringu aruanne ja seletuskiri	20
3.2 Transpordiameti tehniline kirjeldus	22
3.3 Mõõdistamismäär	23
3.3.1 Tasapinnaline mõõdistamismäär	23
3.3.2 Kõrguslik mõõdistamismäär	25
3.3.3 Mõõdistamismäärgu punktide rajamine	27
3.4 Mõõdistamiseks kasutatud seadmed	28
3.5 Situatsiooni mõõdistamine	31
3.6 Tehnovõrgud	32
4 NÕUETE UUENDAMISEKS VAJALIK INFORMATSIOON	34
4.1 Geodeetide tagasiside töörühmas	34
4.2 Mõõdistusviiside kohta saadud info pilootprojektist	35
4.3 Läti topo-geodeetiliste uuringute nõuded riigiteede projekteerimisel	38
4.4 Rail Baltica geodeetiline võrk	39
5 JÄRELDUSED JA ETTEPANEKUD	41
5.1 Seletuskirja vorm ja uuringu aruande koosseisus esitatavate dokumentide nimekiri	41

5.2	Mõõdistamisvõrgu punktid.....	42
5.3	Erinevad mõõdistusviisid	44
5.4	Ettepanekud Transpordiameti juhendi muutmiseks	47
5.5	Täiendavad tähelepanekud	47
KOKKUVÕTE.....		49
SUMMARY		51
VIIDATUD ALLIKAD.....		53
LISAD		55
Lisa 1. Väljavõte Transpordiameti tehnilise kirjelduse uuringute peatükist.....		56
Lisa 2. Uuringute aruannetes esitatud andmete kokkuvõte.....		59
Lisa 3. Uuringute seletuskirjades esitatud andmete kokkuvõte		60
Lisa 4. Uuringutes esitatud mõõdistamisvõrgu andmete kokkuvõte.....		62

SISSEJUHATUS

Tee ehitustööde kavandamisel on esimeseks oluliseks sammuks tee ehitusprojekti koostamine. Enne projekti koostamist tuleb koguda vajalikke lähteandmeid erinevate uuringute läbiviimise teel. Üheks oluliseks sisendiks on topo-geodeetiline uuring, mis annab projekteerijale lähteandmed projekti koostamiseks ning samuti ehitajale vajalikku infot projekti elluviimiseks.

Lõputöös võetakse vaatluse alla Eesti riigiteede ehitusprojektide aluseks koostatud topo-geodeetilised uuringud. Õigusakt, mis sätestab nõuded topo-geodeetilise uuringu koostamiseks ja vormistamiseks on kehtestatud seitse aastat tagasi ning Transpordiameti (endise Maanteeameti) täiendavad nõuded topo-geodeetilistele uurimistöödele teede projekteerimisel on kinnitatud viisteist aastat tagasi. On selge, et tehnoloogia kiire areng on toimunud ka mõõdistusseadmete valdkonnas, mistõttu võtavad geodeesiaettevõtted järjest rohkem kasutusele uusi mõõdistustehnoloogiaid ja -seadmeid.

Töö koostamisel on eeldatud, et Transpordiameti poolt topo-geodeetilistele uuringutele esitatavad nõuded vajavad uuendamist ja täpsustamist, et geodeesiaettevõtetel oleks võimalik ise otsustada, milliseid mõõdistusseadmeid ja -metoodikat mõõdistustööde teostamiseks kasutada.

Töö autor kuulub Transpordiameti töörühma, mille ülesandeks on tegeleda topo-geodeetiliste nõuete uuendamisega. Töös antakse ülevaade varasematest töödest ja arutelude käigus kogutud informatsioonist, mis annavad olulist sisendit järelduste ning nõuete muutmise ettepanekute tegemiseks.

Lisaks teostatakse lõputöö raames topo-geodeetiliste uuringute analüüs, mille käigus uuritakse uuringute aruannetes esitatud andmeid ja dokumente. Analüüs võimaldab välja selgitada, kuidas täidetakse uuringutele esitatud nõudeid ning saada ülevaade, kuidas ja milliste seadmetega toimub uuringute koostamine tänases olukorras. Töös analüüsitakse 11 erineva geodeesiaettevõtte topo-geodeetilisi uuringuid.

Töö eesmärk on analüüsi tulemuste ja töös esitatud informatsiooni põhjal teha ettepanekud Transpordiameti nõuete muutmiseks.

Töö esimeses osas antakse ülevaade õigusaktidest, juhenditest ja muudest juhendmaterjalidest, mis on tee ehitusprojekti koostamisel vajalikud ning geodeesiaettevõtetele aluseks topo-geodeetiliste uuringute teostamisel ja vormistamisel. Teises peatükis kirjeldatakse uuringute olulisust teedehituses. Tuuakse välja topo-geodeetilise uuringu tähtsus ehitusprojekti koostamisel ning tee-

ehitustööde käigus ilmnenud probleemid, mille põhjuseks võivad olla vead või puudused topo-geodeetilises uuringus.

Töö kolmandas osas esitatakse uuringute analüüsi tulemused. Eesmärk on saada vastused järgnevatele küsimustele. Kas ja millisel moel geodeesiaettevõtted esitatud tingimusi täidavad? Millist infot aruannetes kajastatakse? Milliseid seadmeid töövõtjad mõõdistamiseks kasutavad?

Neljandas peatükis esitatakse kokkuvõtted erinevatest varem koostatud töödest, juhendmaterjalidest ja geodeetide tagasisidest, mis annavad olulist sisendit järeltööde tegemiseks ning Transpordiameti nõuete uuendamiseks.

Viimases osas tehakse analüüsi tulemuste, varasemate tööde ja töö koostamise käigus kogutud teadmiste põhjal ettepanekud Transpordiameti nõuete muutmiseks ja täpsustamiseks. Enne uute nõuete rakendamist tuleb kindlasti teha täiendavat koostööd geodeesia eriala spetsialistidega, et sõnastus oleks üheselt mõistetav erinevatele osapooltele ning kooskõlas geodeetiliste tööde põhimõtetega.

1 ÜLEVAADE TOPO-GEODEETILISTELE UURINGUTELE ESITATAVATEST NÕUETEST

Topo-geodeetilise uuringu (edaspidi ka uuring) eesmärk on anda projekteerijale lähteandmed ehitusprojekti koostamiseks ning ehitajale vajaliku info projekti elluviimiseks. Järgnevalt on toodud riigitee ehitusprojekti jaoks koostatava uuringu teostamist reguleerivad õigusaktid, juhendid ja muud juhendmaterjalid ning uuringut teostavale isikule esitatavad pädevusnõuded.

1.1 Määrus „Tee ehitusprojektile esitatavad nõuded“

Riigiteed on avalikult kasutatavad teed, mistõttu peavad nende ehitamiseks ja rekonstrueerimiseks koostatavad tee ehitusprojektid vastama majandus- ja taristuministri 09.01.2020 määrmuses nr 2 „Tee ehitusprojektile esitatavad nõuded“ toodule. Määruse alusel tuleb nii eel-, põhi-, kui tööprojekt koostada maa-ala topograafilisele plaanile ning vähemalt ühel asendiplaani joonisel esitada topo-geodeetilise uuringu andmed (koostaja nimi, töö number ja nimetus, kasutatud kõrgussüsteem, kasutatud koordinaatsüsteem). [1]

Maa-ala topograafilise plaani koostamine on üks osa topo-geodeetilisest uuringust. Maa-ala plaan ja uuringu aruandes toodu annab informatsiooni mõõdistatud maa-ala kohta ja olulise sisendi tee asendiplaanilise paiknemise ning vertikaalplaneeringu koostamiseks, veeviimarite projekteerimiseks ja tehnovõrkude ümberehitamiseks või uute tehnovõrkude kavandamiseks. Samuti on uuring vajalik tee koosseisu kuuluvate rajatiste (sillad, truubid, tugimüürid, müraseinad, ulukirajatised, jne) projekteerimiseks.

1.2 Määrus „Topo-geodeetilisele uuringule ja teostusmõõdistamisele esitatavad nõuded“

Nõuded topo-geodeetiliste uuringute teostamisele ja vormistamisele on kehtestatud majandus- ja taristuministri 14.04.2016 määrusega nr 34 „Topo-geodeetilisele uuringule ja teostusmõõdistamisele esitatavad nõuded“ (edaspidi määrus nr 34), mis on kehtestatud ehitusseadustiku alusel. [2]

Määruses nr 34 on uuringu teostamiseks sõnastatud [2]:

- täpsusnõuded;
- uuringu dokumenteerimise, vormistamise ja esitamise nõuded;
- digitaalsele joonisele esitatavad nõuded;

- topo-geodeetilisele uuringule esitatavad nõuded;
- teostusmöödistamisele esitatavad nõuded.

2016. aastal jõustunud määrust ei ole pärast avaldamist muudetud, mis tähendab, et samad nõuded on kehtinud juba seitse aastat.

1.3 Transpordiameti juhend „Täiendavad nõuded topo-geodeetilistele uurimistöödele teede projekteerimisel“

Maanteeameti (Transpordiameti õiguseallane¹) peadirektori 13.05.2008 käskkirjaga nr 102 on kinnitatud juhend „Täiendavad nõuded topo-geodeetilistele uurimistöödele teede projekteerimisel“ (edaspidi juhend). Juhendis on esitatud täiendavad nõuded topo-geodeetilistele uuringutele, mis on ette nähtud liiklusrajatiste projekteerimiseks (teeprojekti koostamisel). [3]

Juhendis on antud nõuded liikluskorraldusele ja töid teostavale firmale ning esitatud tellija lähteülesanne. Täpsusnõuded on esitatud kõrguslikule möödistamisvõrgule ja situatsiooni möödistamisele. Lisaks on toodud situatsiooni möödistamisele esitatavad erinõuded. Põhimõtted on sõnastatud äärekivide, viaduktide ja sildade, katendite, raudtee, vee-elementide ning elektriõhuliinide möödistamiseks ja kujutamiseks. Täpsustatud on katastriüksuste kujutamist maa-ala plaanidel. [3]

Juhendisse on koondatud selgitused ning nõuded, mis kirjeldavad konkreetset tee projekteerimiseks vajalike andmete kogumist, sisu ning maa-ala plaanil kujutamist. Praeguseks on juhendi kinnitamisest möödas 15 aastat, kuid endiselt on Transpordiameti poolt seatud tingimuseks, et Transpordiameti tellimisel koostatavate tee ehitusprojektide aluseks olevate topo-geodeetiliste uuringute teostamisel tuleb nimetatud juhendist lähtuda.

1.4 Transpordiameti tehniline kirjeldus

Vastavalt määrusele nr 34 on tellijal võimalus esitada lähteülesandes uuringu teostamiseks muid täiendavaid nõudeid. Transpordiameti lähteülesandeks saab pidada tehnilise kirjelduse dokumenti (edaspidi tehniline kirjeldus), mis koostatakse iga konkreetse tee ehitusprojekti tellimiseks. Ühe punktina on selles välja toodud tingimused, millega tuleb topo-geodeetiliste uuringute teostamisel arvestada. Tegemist on tingimustega, mille sisu vaadatakse iga konkreetse objekti puhul üle ning vajadusel korrigeeritakse, et uuringu tulemus vastaks projekti eesmärgile.

¹ 1. jaanuarist 2021 moodustus Veeteede Ameti, Maanteeameti ja Lennuameti liitmisel Transpordiamet.

Tehnilises kirjelduses antakse Transpordiameti poolt ette mõõdistusala minimaalne ulatus ning täpsustatakse tehnovõrkudega seotud andmeid, mida tuleb uuringu aruande koosseisus esitada. Lisaks on esitatud nõuded, mida peavad sisaldama kaevude kohta esitatavad kaevutabelid, liiklusmärkide tabel ja piiriandmete tabel. Hetkel kasutusel olev tüüpne tehnilise kirjelduse topo-geodeetiliste uuringute punkti sõnastus on toodud lisades (Lisa 1). [4]

Kuna Transpordiameti tellitavaid ehitusprojekte tuleb järjest enam koostada 3-mõõtmeliste (edaspidi 3D) mudelitena, siis on ka topo-geodeetilise uuringu koosseisus vajalik esitada digitaalne maapinnamudel ning olemasolevad projektlahendust mõjutavad objektid 3D mudelitena.

Tehnilise kirjelduse dokumendi koostamise aega ei ole võimalik üheselt välja tuua, kuna seda on aja jooksul vastavalt vajadustele täiendatud ja täpsustatud.

1.5 Topo-geodeetilise uuringu teostajale esitatavad pädevusnõuded

Ehitusseadustikus on nimetatud tegevusalad, mille puhul peab majandustegevuse korras teenust pakkuval isikul olema kutseeaduse kohane kutse või muu õigusakti kohane pädevustunnistus. Muuhulgas peab ehitusseadustiku § 24 lõike 2 punkti 6 alusel olema pädeva isiku kvalifikatsioon tõendatud ehitusuuringute tegemisel [5]. Topo-geodeetiline uuring on üks ehitusuuringutest, mis on ehitusprojekti koostamiseks vajalik.

Kutseeaduse kohaselt kantakse isikule antud kutse kutseregistrisse. Vastaval kutsel tegutsemiseks vajalikku kompetentsust ja kutsetegevust kirjeldab kutsestandard. [6]

Geodeedi kutsegrupis on viis kutsestandardit [7]:

- maamõõdutehnik, tase 4;
- geodeet, tase 5;
- geodeet, tase 6;
- geodeesiainsener, tase 7;
- geodeesiainsener, tase 8.

Vastavalt kutsestandardites toodud kompetentside kirjeldustele tohivad tase 4 maamõõdutehnik ja tase 5 geodeet teostada valitud tööülesandeid vaid kõrgema tasemega geodeedi juhendamisel. Riigiteede ehitusprojektide raames uuringute teostamiseks peab töö eest vastutaval pädeval isikul olema vähemalt tase 6 geodeedi kutse. [7]

2 TOPO-GEODEETILISED UURINGUD TEEDEEHITUSES

Riigiteedega seonduvaid tegevusi rahastatakse teehoiukava alusel. Teehoiukavas määratud ehitustööde teostamiseks koostatakse Transpordiameti tellimusel tee ehitusprojekte erinevate tegevuste realiseerimiseks, näiteks riigiteede rekonstrueerimiseks, sildade rekonstrueerimiseks, säästlikumaid liikumisviise soodustava taristu rajamiseks, liiklusohutlike kohtade ümberehitamiseks ja riigiteede ehitamiseks. [8]

Riigiteede ehitusprojektide tellimisel on oluline, et projektiga kavandatud lahendus looks tingimused ohutuks, ligipääsetavaks ja säästlikuks liiklemiseks ning Transpordiametil tuleb tee omanikuna vaadelda tee-ehitust tervikuna – alates tee projekteerimisest kuni selle väljaehitamiseni.

Üldiselt seatakse riigiteede ehitusprojektide projekteerimistingimustes nõue, et tee katend tuleb projekteerida kasutusajaga vähemalt 20 aastat [9]. Kuigi lühemaid teelõike võib liiklusohutlike kohtade likvideerimiseks projekteerida ka tihedamini, siis saab väga üldistatult öelda, et riigitee rekonstrueerimiseks koostatakse ehitusprojekt, sh topo-geodeetiline uuring, iga 20 aasta järel.

2.1 Topo-geodeetilise uuringu tähtsus tee ehitusprojekti koostamisel

Tee ehitusprojektis on tellija jaoks oluline lõpptulemus – projekt, milles on projekteeritud ettenähtud tegevused. Projekti lahendus peab vastama kehtivatele õigusaktidele, standarditele ja juhistele. Kvaliteetse projektlahenduse koostamiseks peavad uuringus esitatavad andmed olema usaldusväärsed ja põhjalikud, et nende põhjal oleks võimalik koostada ümbritsevasse keskkonda sobiv ehitusprojekt ja see ellu viia.

Kui topo-geodeetilises uuringus esinevad vead ja puudused, siis valdavalt ei selgu need projekteerimise etapis. Vead võivad selguda projekteerimisel sellisel juhul, kui pärast eelprojekti koostamist teostatakse täiendavad uuringud põhiprojekti koostamiseks. Kuna eelprojekt koostatakse enne põhiprojekti väga harva ning peamiselt tellitakse ehitusprojektid kohe põhiprojekti staadiumis, siis ei ole tavapärase olukorras võimalik tuvastada uuringu vigu projekti koostamisel.

Ebatäpsete andmete põhjal koostatud projektlahendus võib tee-ehitustöödel kaasa tuua erinevate konstruktsioonikihtide mahtude erinevuse, kuid see võib omada olulist mõju ka teega piirnevatele kinnistutele. Enne mõõdistustöödega alustamist tuleks ka projekteerijal läbi mõelda, et kui kaugele võib ulatuda projekteeritava lahenduse mõju olemasolevas keskkonnas ja millist informatsiooni ta kvaliteetse projektlahenduse tegemiseks vajab.

Mõistetavalt võivad projekteerimisvead tekkida ka muudest teguritest peale topo-geodeetilise uuringu, näiteks geotehnilise uuringu puudulikest andmetest. Järgnevalt tuuakse välja näited, millised probleemid võivad ilmned konkreetselt topo-geodeetilise uuringu andmete tõttu.

Tee vertikaalplaneering koostatakse uuringus esitatud kõrgusandmete põhjal. Kui kõrgusandmetes on vead, mida ei avastata enne ehitustööde algust, siis võib ehituse käigus ilmned kaks olukorda. Kui projekteeritud pikiprofiil on tegelikust kõrgusest madalam, tekib olukord, kus täitematerjali kogus suureneb märkimisväärselt, kuna ehitatava teekatte kõrgus tuleb kokku viia olemasoleva teega. Kui projekteeritud pikiprofiil on tegelikust kõrgemal, siis võib äärmuslikes olukordades tekkida vajadus paigaldatud täitematerjali eemaldamiseks ning muldkeha põhja kõrguse vastavusse viimiseks tegeliku olukorraga. Mõlemal juhul tähendab see tellija või ehitaja jaoks täiendavaid kulusi, mida ei olnud tööd hankides võimalik ette näha.

Veeviimarite projekteerimisel on oluline, et mõõdistusala ulatus oleks piisav. Kui jätta teega külgnevad alad mõõdistamata, võib see kaasa tuua olukorra, kus projekteerijal ei ole võimalik arvestada näiteks hoone ümbruses oleva maapinna kõrgusega. Nii võib projekteeritav ja hiljem väljaehitatav olukord põhjustada maaomanikule hoovis üleujutusi, mida oleks saanud piisava mõõdistusala ulatuse määramisega vältida.

Tehnovõrkude kohta käivad andmed peavad andma olukorrast õige ülevaate. Kui projekteerija näeb projektis ette kaevukaane tõstmise, kuid ehitustööde käigus selgub, et kaevukaant ei ole võimalik reguleerida, siis tekib täiendav aja- ja rahakulu kaevu väljavahetamiseks, mida oleks saanud vältida, kui vastavad andmed kaevu kohta oleks uuringus esitatud.

Projekteeritava teega külgnevate alade situatsiooni mõõdistamine on vajalik, et vältida arusaamatusi maaomanikega ehitustööde käigus. Kui teega külgneval alal on jäänud mõõdistamata olulised projektlahendust mõjutavad objektid, nt hekid, piirdeaiad, puud või muud nähtavust piiravad takistused ja need jäetakse projekteerimisel arvestamata, siis võivad vaidlused maaomanikega tekkida ehitustööde ajal. Näiteks olukordades, kus ilmneb, et ohutuse või nähtavuse tagamiseks on vaja olemasolevad objektid likvideerida (nt hekid) või ümber paigutada (nt piirdead).

Eelnevad näited selgitavad ilmekalt, miks peavad projekteerimise aluseks oleva topo-geodeetilise uuringu andmed olema õiged ning sisaldama tee projekti koostamiseks vajalikku informatsiooni.

2.2 Tee-ehitustöödel ilmnunud probleemid

Selleks, et täpsemalt mõista topo-geodeetiliste uuringute mõju tee-ehitustööde etapis, on lõputöö raames küsitud infot Transpordiameti ehituse projektijuhtidelt, kes tegelevad tee-ehitustööde tellimisega. Eesmärk oli saada tagasisidet selle kohta, milliseid uuringute vigu on ehituse käigus välja tulnud. Samuti oli küsimuse all, kui suured on olnud puuduste tagajärjed, kas on olnud vajalik lahendusi ehitustööde ajal ümber projekteerida ning kes on probleeme lahendanud.

Saadud tagasiside alusel on tee-ehitustöödel ilmnunud järgnevaid probleeme:

- projekti aluseks olnud maa-ala plaanil olid kõrgused tegelikkusest 7 cm madalamad. See ilmnes, kui projekteeritud lahendus oli vaja kokku viia olemasoleva maapinnaga. Lahendusena tehti projekt ringi ja vertikaal tõsteti kõrgemaks;
- projekti maa-ala plaanil ei olnud kajastatud olemasolevat hoonet. Hoone avastati pärast raadamist. Tegemist oli vana kuuriga, mis lisatööna lammutati. See probleem erilist mõju objekti realiseerimisele ei avaldanud;
- projekteeritav teelõik mõõdistati kahe erineva meeskonna poolt, kus üks alustas objekti algusest ja teine objekti lõpust ning aluseks võeti erinevad reeperid. Projekti koostamisel viga ei märgatud, kuid see selgus töö käigus, kui objekti keskel tekkis 20 cm aste. Projekteerija koostöös geodeediga lahendas olukorra;
- mitmed projektijuhid tõid välja probleeme maa-aluste tehnovõrkudega, mille andmete puudulikkusega seotud asjaolusid tuleb ehituse käigus lahendada ning vajadusel projekte muuta. Suureks probleemiks on, et isegi tehnovõrkude omanikud ei oska mõnikord anda täpset informatsiooni tehnovõrgu olemasolu, asukoha või sügavuse kohta;
- kirjeldati olukorda, kus olemasolev drenaažitorustik jooksis projekteeritud restkaevu täpselt sisse ning ehitustööde teostaja tõstis lisatööna drenaažitorustiku kaevu kõrvale;
- drenaažisüsteemide täpseid asukohti ei ole sageli võimalik määrata ning neid on ehitustööde käigus välja tulnud asukohtadest, kus neid poleks pidanud olema;
- kaabli paigaldamise teostusjoonise alusel pidi kaabel paiknema olemasolevast maapinnast 1 m sügavusel. Ehitustööde käigus selgus, et kaabel oli paigaldatud sisuliselt maa peale, vaid sambla kiht oli peale kasvanud. Antud olukorras tõstis kaabli ümber tehnovõrgu omanik;
- probleeme on tekitanud looduses olevate piiritähiste ülesleidmine ehk kas piiripunkt on looduses tähistatud või mitte ning mil viisil ja kas see info jõuab geodeesia aruandesse. Probleemiks on see olukorras, kus pärast tee ehitustööde lõppu kurdab maaomanik, et piirimärk on kaduma läinud. Kui maa-ala plaanil või uuringu aruandes mingit infot loodusest

leitud piirimärkidest ei ole, siis ei ole võimalik hiljem selgeks teha, kas see piirimärk üldse oli olemas või mitte. Samuti on keeruline selgitada, et kelle tegevuse või tegevusetuse pärast see hävinud on;

- toodi välja, et kui ehituse käigus selguvad väiksemad muudatuste vajadused, mis ei eelda kolmandate osapooltega kooskõlastamist või projekti muutmist, siis need on üldjuhul võimalik koostöös inseneri ja ehitajaga lahendada;
- kõrgusandmete erinevuste korral tekivad ehituses peamised probleemid projekteeritud konstruktsioonikihtide mahtudes ning valdavalt tähendab see täitematerjali koguse suurenemist;
- kõrgusandmete olulisust on rõhutatud ka vete ärajuhtimissüsteemide toimivuse tagamiseks.

Tagasides toodi välja ka näide, et kui ehitusprojekti aluseks tehtud uuring on ehitustööde alguseks mitu aastat vana, siis on olnud juhtumeid, kus reaalne olukord on nii palju muutunud, et projekti järgi on keeruline töid teostada. Vahepealsel ajal realiseerunud arendused ei ole projektis kajastatud, mistõttu on projekteeritud lahenduse kokku viimine olemasoleva olukorraga raskendatud ning vajab ümberprojekteerimist. Kirjeldatud probleem ei ole otseselt seotud uuringu teostamisega, kuid on samuti oluline tähelepanek, mis tee-ehitustööde teostamisele mõju avaldab.

Eespool kirjeldatud situatsioonide põhjal võib järeldada, et mitmete probleemide põhjuseks ei ole tegelikult topo-geodeetilise uuringu vead. Sama kinnitasid ka mitmed projektijuhid, kes suuliselt kirjeldasid, et mõnikord ei olegi probleemide kindlat põhjust võimalik välja selgitada. Vigu, mis võivad tee ehitustöid mõjutada, võib tekkida mitmetes erinevates etappides – uuringu koostamisel, projekteerimisel, objekti välja märkimisel ja ehitustööde teostaja tegevuste tõttu. Seetõttu ei ole alati võimalik kindlalt öelda, et viga on tulenenud topo-geodeetilise uuringu andmetest.

Kuna ehitustööde teostamisel tuleb järgida tööplaanis olevat ajagraafikut, siis ei ole sageli piisavalt aega analüüsimiseks, et millisel põhjusel viga on tekkinud, vaid ehitustööde teostaja, tellija ja inseneri koostöös leitakse kiireim ja sobivaim viis olukorra lahendamiseks.

2.3 Märkused topo-geodeetiliste uuringute kontrollimisel

Riigiteede ehitusprojektide aluseks oleva topo-geodeetilise uuringu tellib valdavalt projekteerimisettevõtte, kes on sõlminud Transpordiametiga lepingu tee ehitusprojekti koostamiseks. Transpordiametit ja uuringut teostavat geodeesiaettevõtet lepingulised suhted ei seo. Tegemist on

projekteerimisettevõtte alltöövõtjaga, kelle töö eest vastutab lepinguliselt peatöövõtja ehk projekteerimisettevõtte.

Uuringu koostamine on üks ehitusprojekti töö osa, mis tuleb selle valmimisel esitada Transpordiameti projekti tellimise eest vastutavale projektijuhile ülevaatamiseks ning kinnitamiseks. Kuna uuringu sobivuse kinnitamisel makstakse töövõtjale uuringu teostamise eest tasu vastavalt lepingule, peab projektijuht enne uuringu kinnitamist veenduma, et esitatud töö vastab etteantud nõuetele.

Töö koosseisus analüüsitud uuringud ei sisalda infot selle kohta, milliseid märkuseid on Transpordiameti projektijuhid töö ülevaatamisel teinud ning milliseid muudatusi on enne töö kinnitamist sisse viidud. Selleks, et saada paremat ülevaadet Transpordiametile esitatavatest uuringutest ning nendes ilmnenu puudustest, küsiti vastavat tagasisidet projektijuhtidelt, kes igapäevaselt tegelevad riigiteede ehitusprojektide tellimisega.

Tagasiside küsimise eesmärgiks oli saada teada, milliseid märkuseid on Transpordiameti projektijuhid töövõtjatele uuringute ülevaatamisel teinud. Märkused annavad üldise ülevaate uuringutele tehtud märkustest ning ei ole otseselt seotud töös analüüsitud uuringutega.

Järgnevalt on esitatud Transpordiameti projektijuhtide poolt tehtud märkused üldistatud kujul, kusjuures mitmeid märkuseid on tehtud rohkem kui ühel korral.

Märkused maa-ala plaanile:

- osaliselt on geodeetilise võrgu punktid plaanilt puudu;
- osaliselt on elektriõhuliinide ripete kõrguste info plaanilt puudu;
- üksik puurkaev on plaanilt puudu;
- osaliselt on puudu tehnovõrkude sügavus- ja kõrgusandmed;
- mõõdistusala piir ei moodustu reaalselt mõõdistatud punktidest vaid on kujutatud suuremana;
- valgustusmast on plaanilt puudu;
- mõõdistamisvõrgu punktide info on plaanilt puudu;
- looduses olemasolevad tee ja kraav on plaanilt puudu;
- osaliselt on elektriõhuliinid plaanilt puudu;
- truupidel puuduvad voolusuunad;
- mõõdistusala ulatus pole projekteerimiseks piisav;
- olemasolev drenaaž on plaanilt puudu;
- plaanil kujutatud kõlviku leppemärk ei vasta looduses tegelikule olukorrale;

- plaanilt ei ole leitavad looduses tuvastatud piiripunktide tähised.

Märkused aruande koosseisus esitatud failidele:

- puudu on fotod mõõdistamisvõrgu punktidest;
- piiriandmete tabelis on esitatud eksitavat infot;
- kaevutabelis on osaliselt nõutud info puudu;
- kaevutabel on puudu;
- failid ei ole esitatud kõikides nõutud formaatides;
- failide nimetused ei anna edasi nende sisu ning on arusaamatud;
- puudub kohaliku omavalitsuse kooskõlastus uuringule;
- tehnovõrkude kooskõlastuste info on puudu.

Eelnevate märkuste põhjal on tuvastatav, et Transpordiameti projektijuhid kontrollivad uuringu aruande koosseisus esitatud failide esitamist, nõutud info esitamist seletuskirjas ja teostavad ka visuaalset kontrolli maa-ala plaani osas. Visuaalse kontrolli tegemiseks kasutatakse valdavalt Maa-ameti WMS kaarditeenust, mille abil on võimalik võrrelda maa-ala plaanil olevat infot ortofotol, põhikaardil ja kitsenduste kaardil oleva infoga.

3 ANALÜÜS

Töö koostamisel viidi läbi analüüs, mille aluseks on Transpordiameti tellimusel koostatavate riigiteede ehitusprojektide aluseks koostatud topo-geodeetilised uuringud. Eesmärk oli saada ülevaade olemasolevast olukorrast, et kuidas täidetakse uuringutes kehtivaid nõudeid ning kuidas ja milliste seadmetega toimub mõõdistustööde teostamine praegu.

Analüüs viidi läbi tellijale esitatud dokumentatsiooni ja aruande seletuskirjas sisalduva info põhjal. Analüüsi käigus ei ole mõõdistusandmete täpsuse kontrollimiseks teostatud kontrollmõõdistusi ning ei ole läbi viidud detailset maa-ala plaani sisulist kontrolli.

Analüüsi teostamisel otsiti vastuseid järgmistele küsimustele:

- Kas uuringu aruanne sisaldab määruse nr 34 § 9 lõikes 1 välja toodud osasid?
- Kas uuringu seletuskiri sisaldab määruse nr 34 § 9 lõikes 2 nimetatud informatsiooni?
- Kas uuringu aruanne sisaldab tehnilise kirjelduse alusel nõutud lisadokumente (kaevude, liiklusmärkide ja piiriandmete tabelid, 3D mudelid)?
- Kuidas on rajatud mõõdistamisvõrk ning milliseid andmeid on mõõdistamisvõrgu kohta esitatud?
- Milliseid seadmeid on mõõdistamiseks kasutatud?

Töö autoril oli olemas juurdepääs Transpordiameti projektidele. Analüüsimiseks sobivate uuringute otsimisel selgus, et valdavalt on uuringud teostatud viie erineva geodeesiaettevõtte poolt. Kuna soov oli analüüsida võimalikult mitmete erinevate ettevõtete uuringuid, siis kokkuvõttes õnnestus leida 11 erineva ettevõtte poolt koostatud topo-geodeetilist uuringut.

Analüüsitud topo-geodeetiliste uuringute teostajad ja uuringu allkirjastamise kuupäev:

- OÜ Alt ja ülevalt – 22.08.2021;
- OÜ Geodeesia24 – 21.12.2022;
- Geodeet OÜ – 09.02.2023;
- Kagu Geodeesia OÜ – 08.11.2021 (kuupäev seletuskirjast, allkiri puudub);
- R Geo OÜ – 20.08.2022;
- Raxoest OÜ – 20.02.2023;
- Reaalprojekt OÜ – 07.12.2022;
- Rakendusgeodeesia ja Ehitusgeoloogia Inseneribüroo OÜ – 18.01.2023;

- Tinter-Projekt OÜ – 06.12.2022;
- TOP Geodeesia OÜ – 25.02.2022;
- OÜ WeW – 06.12.2022.

Igalt ettevõttelt on analüüsimiseks valitud üks töö eeldusega, et ettevõte kasutab kõikides töödes samu mõõdistusseadmeid ja põhimõtteid.

Kuna töö eesmärk ei ole hinnata erinevate ettevõtete töö kvaliteeti vaid anda ülevaade analüüsi käigus selgunud tulemustest, siis esitatakse tulemused anonüümselt ning tähistades ettevõtteid arvudega 1–11, kusjuures arvud ei vasta eespool toodud järjekorrale.

Analüüsi tulemuste puhul tuleb arvestada, et uuringute aruannetes esitatud andmed võivad Transpordiameti tüüpsete nõuete osas erineda. Põhjused võivad olla erinevad. Kuna iga projekti tellimisel täpsustatakse tehnilises kirjelduses toodud tingimusi, siis võib üheks põhjuseks olla asjaolu, et vastavat infot (nt mudelite või kaevutabelite) esitamist ei olnud tellija poolt nõutud. Põhjuseks võib olla ka asjaolu, et uuringut teostanud isik on mingil põhjusel jätnud nõutud info esitamata ning töö vastuvõtmisel ei ole seda märgatud või on vastav selgitus esitatud e-kirja teel, mida ei ole uuringu toimikusse lisatud ning seetõttu ei olnud info kättesaadav. Kuna analüüsi tehes ei olnud võimalik põhjuseid üheselt kindlaks teha, siis tulemustes esitatakse kogutud andmed, kuid ei anta hinnangut põhjuste kohta.

Topo-geodeetilise uuringu koostamisel on üheks töö osaks ka kameraaltööde teostamine, mille käigus uuritakse muuhulgas tehnovõrkude valdajatelt andmeid mõõdistatavale alale jäävate tehnovõrkude kohta. Kuigi ka maa-aluste tehnovõrkude andmed ja nende korrektne kajastamine maa-ala plaanil on ehitusprojekti tellija jaoks oluline, siis käesolevas töös selle valdkonna detailidele ei keskenduta. Analüüsitakse vaid uuringutes esitatud andmeid. Maa-aluste tehnovõrkude temaatika nõuab eraldiseisvat analüüsimist lähtudes tehnovõrkude andmete kättesaadavusest ja nende andmete plaanile kandmise võimalustest.

Järgnevalt tuuakse välja analüüsi käigus selgunud olulisemad tähelepanekud, mis annavad vajalikku sisendit järelduste ja ettepanekute tegemiseks. Iga teema juures tuuakse esmalt välja kehtivad nõuded, seejärel analüüsi tulemused ning kokkuvõttes järeldused muudatuste vajaduse kohta.

3.1 Topo-geodeetilise uuringu aruanne ja seletuskiri

Vastavalt määruse nr 34 § 9 lõikele 1 tuleb uuringu tulemus vormistada aruandena, mis sisaldab järgnevaid osasid² [2]:

- 1) tellija lähteülesanne;
- 2) seletuskiri;
- 3) objekti asukoha skeem koos mõõdistusalaga;
- 4) geodeetilise mõõdistamisvõrgu skeem, mida võimalusel ühildatakse objekti asukoha skeemiga;
- 5) mõõdistamisvõrgu arvutus ja tulemus;
- 6) tehnovõrkude omanike või valdajate loetelu koos neilt saadud kinnituste ja märkustega;
- 7) kaevude ja muude rajatiste tehnilised andmed tellijaga kokkulepitud vormingus;
- 8) maa-ala plaan;
- 9) muu asjakohane lisa.

Aruannetes esitatud andmete tulemus on kajastatud lisades (Lisa 2). Tabelis on tulemused esitatud kolme värviga. Roheline värv tähistab, et nõutud info on aruandes esitatud, kollane värv tähistab, et info on esitatud osaliselt või puudulikult ning punane tähistab, et nõutud infot ei ole esitatud. Lisa 2 tabelis ei ole toodud mõõdistamisvõrgu kohta käivaid punkte, kuna mõõdistamisvõrku kirjeldavad andmed on esitatud tervikuna alapeatükis 3.3 ning lisades (Lisa 4).

Tulemused näitavad, et seletuskiri ja maa-ala plaan olid esitatud kõikides uuringutes, kuid mitte ühegi aruande koosseisus ei olnud esitatud tellija lähteülesannet. Objekti asukoha skeem koos mõõdistusala piiriga oli toodud kümnes uuringus, ühel skeemil oli mõõdistusala puudu.

Tehnovõrkude osas on oluline välja tuua, et aruannetes on küll esitatud tehnovõrkude omanike või valdajate loetelu, kuid ei ole välja toodud neilt saadud kinnitusi ja märkuseid. Vastavat infot tuleb uuringu kasutajal otsida aruandesse lisatud kooskõlastuste failidest. Kaevude andmed olid esitatud kuues uuringus.

Aruande seletuskirjas tuleb määruse nr 34 § 9 lõike 2 alusel esitada³ [2]:

- 1) objekti üldandmed;
- 2) uuringu tegemise aeg tuues eraldi välja välitööde tegemise aja;

² Majandus- ja taristuministri 14.04.2016 määruse nr 34 „Topo-geodeetilisele uuringule ja teostusmõõdistamisele esitatavad nõuded“ § 9 lg 1 punktid pärinevad määrusest muutmata kujul.

³ Majandus- ja taristuministri 14.04.2016 määruse nr 34 „Topo-geodeetilisele uuringule ja teostusmõõdistamisele esitatavad nõuded“ § 9 lg 2 punktid pärinevad määrusest muutmata kujul.

- 3) uuringu teinud isiku nimi, registrikood ja kontaktandmed, ning majandustegevuse registri number;
- 4) uuringu eest vastutava pädeva isiku nimi ja kvalifikatsioon ning kaasatud isikute nimed;
- 5) tellija nimi;
- 6) lähtepunktide andmed, andmete päritolu register, geodeetiline süsteem;
- 7) geodeetilise sidumise andmed ja saavutatud täpsused;
- 8) kasutatud varasemate geodeetiliste tööde loetelu ja viited nende kasutamisele;
- 9) andmed kasutatud mõõdistusmetoodika, mõõdistusseadmete, andmetöötluse ning tarkvara kohta;
- 10) selgitused maa-alal paiknevate tehnovõrkude kohta;
- 11) ülevaade katastriüksuste piiridest, nende päritolust, plaanile kandmise viisist ja uuringu käigus tuvastatud vastuoludest piiriandmetes või piiride tähistuses koos võimaliku lahendusega, milleks võib olla vajadus katastrimõõdistamisega piire täpsustada;
- 12) tellijale, ehitisregistrile ning kohaliku omavalitsuse üksusele antavate materjalide loetelu ja väljastusviis;
- 13) vajadusel muu selgitav märkus.

Lisaks peab uuringu aruanne olema allkirjastatud uuringu eest vastutava pädeva isiku poolt [2].

Seletuskirjades esitatud andmete tulemus on kajastatud lisades (Lisa 3). Mõõdistamisvõrku kirjeldavad tulemused on esitatud tervikuna alapeatükis 3.3 ning lisades (Lisa 4).

Kõikide uuringute seletuskirjad olid väga erineva ülesehitusega ja detailsusega, mis muutis nende analüüsimise ning vajaliku info leidmise ajamahukaks. Objekti üldandmed, uuringu teinud ettevõtte ja pädeva isiku andmed ning tellija nimi olid kõikides uuringutes välja toodud.

On märkimisväärne, et uuringu tegemise aega ei olnud kõikides uuringutes välja toodud ning rohkem kui pooltel juhtudel ei olnud esitatud välitööde tegemise aega. Valdavalt on uuringu tegemise aeg märgitud pikema perioodina, mistõttu ei ole võimalik saada infot, et millistel kuupäevadel täpselt välitööd teostati. Mõõdistustööde aeg on oluline, et oleks võimalik tuvastada, kas reaalsed välitööd teostati näiteks lumikattega ajal.

Kasutatud mõõdistusmetoodika osas on oluline välja tuua, et valdavalt on seletuskirjas ainult nimetatud mõõdistamise meetodit. Kuuel juhul on välja toodud tahhümeetiline mõõdistamine, neljal juhul on lisaks tahhümeetrilisele mõõdistamisele nimetatud ka teisi viise (mobiilne laserskaneerimine ja drooniga mõõdistamine) ning ühel juhul ei ole meetodit nimetatud.

Katastriüksuste piiride kohta on seletuskirjades esitatud info, et millise kuupäeva seisuga on piiride andmed Maa-ameti andmebaasist saadud. Vaid neljas uuringus on esitatud selgitus piiriandmete täpsustamise vajaduse kohta.

Tellijale, ehitisregistrile ning kohaliku omavalitsuse üksusele antavate materjalide loetelu ei olnud seletuskirjas eraldi välja toodud. Materjalide väljastamise viisi osas on märgitud, et need väljastatakse digitaalselt.

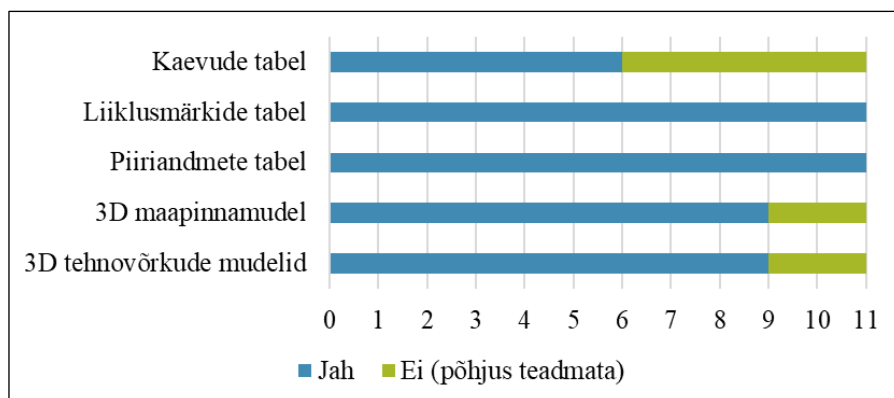
Aruande koosseisu ja seletuskirjas esitatava info analüüsi tulemusel on peamine tähelepanek, et osaliselt ei ole aruannetes nõutud infot esitatud ning seletuskirjad on kõikidel ettevõtetel erineva ülesehituse ja detailsusega. Nõuete uuendamisel tuleb hinnata, millisel viisil oleks võimalik tagada nõutud info ja lisadokumentide esitamist.

3.2 Transpordiameti tehniline kirjeldus

Transpordiameti tehnilise kirjelduse alusel tuleb uuringu aruandes esitada järgnevad lisadokumendid (Lisa 1):

- kaevude kohta esitada kaevutabelid;
- koostada tabel teelõigul olevate liiklusmärkide kohta;
- koostada piiriandmete aruanne ja tabel maaüksuste andmetega;
- koostada 3-mõõtmeline maapinnamudel;
- esitada olemasolevad tehno- ja muud rajatised 3-mõõtmeliste mudelitena.

Nõutud lisadokumentide esitamise tulemus on toodud joonisel (Joonis 1).



Joonis 1. Uuringute koosseisus esitatud dokumendid

Analüüsi tulemus näitab, et Transpordiameti poolt nõutud lisadokumendid on valdavalt esitatud. Puudu olevate kaevude tabelite ja mudelite põhjust ei olnud analüüsi käigus võimalik teada saada. Samas tuleb tähele panna, et ka Transpordiameti projektijuhtide märkustes oli kaevutabeli puudumine välja toodud.

3.3 Mõõdistamisvõrk

Geodeetilise mõõdistamisvõrgu rajamise eesmärk on maa-ala plaani koostamiseks vajalike tugipunktide saamine, mille suhtes määratakse situatsiooni elementide ja maastiku objektide asend [9]. Kuna mõõdistatavale alale rajatav mõõdistamisvõrk on oluline osa geodeetiliste mõõdistustööde teostamisel, siis on sellega seotud andmeid uuritud detailsemalt.

Määruse nr 34 alusel tuleb mõõdistus siduda mõõdistamisvõrgu lähtepunktidega ning vajadusel tuleb rajada mõõdistamisvõrk. Mõõdistamisvõrgu punktide osas on välja toodud, et need tuleb kindlustada kohtkindlate märkidega, välja arvatud juhul, kui mõõdistamisvõrgu punktide säilimine ehitustööde alguseni on ebatõenäoline. Lisaks on sätestatud, et suletud mõõdistuskäigu punktide koordinaadid ja kõrgused saadakse tasandusarvutuse teel. [2]

Tehnilises kirjelduses on mõõdistamisvõrgu kohta toodud nõue, et nivelleerimiskäik tuleb rajada nivelleerimise teel ning mõõdistamisvõrgu punktide ja nivelleerimiskäigu skeem tuleb lisada aruandesse. Lisaks tuleb mõõdistamisvõrgu punktid kindlustada looduses, mis säiliks kuni tee-ehituse vastuvõtmiseni (vähemalt 2 aastat). (Lisa 1)

Transpordiameti juhendis on toodud vaid täpsusnõuded kõrguslikule mõõdistamisvõrgule. [3]

Kõikides analüüsitud uuringutes oli rajatud täiendavaid mõõdistamisvõrgu punkte. Mõõdistamisvõrgu punktidega seotud analüüsi tulemused on esitatud lisades (Lisa 4). Tabelis on esitatud määruse nr 34 alusel nõutud info ja analüüsis selgunud muu oluline info, mis on töö autori hinnangul vajalik eraldi välja tuua.

Järgnevalt tuuakse eraldi välja tulemused tasapinnalise ja kõrgusliku mõõdistamisvõrgu ning mõõdistamisvõrgu punktide rajamise kohta.

3.3.1 Tasapinnaline mõõdistamisvõrk

Vastavalt määrusele nr 34 peab tasapinnaline mõõdistamisvõrk tuginema vähemalt kahele lähtepunktile. Lähtepunkt on määruse alusel riikliku või kohaliku geodeetilise võrgu punkt, millega

möödistamisvõrk seotakse. Lisaks on § 6 lõigetes 3 ja 4 esitatud detailsed nõuded RTK-tehnoloogiaga möödistamisvõrgu punkti koordinaatide täpsusnõuete tagamiseks ning nõuded teodoliitkäigu sulgemisvigade ja käigu pikkuse kohta. Tasapinnalise möödistamisvõrgu punkti suurim lubatav viga lähimate lähtepunktide suhtes on mõõtkava 1:500 puhul tiheasustusega alal 5 cm ja muul alal 8 cm. Tuleb arvestada, et määruses sätestamata muu meetodi kasutamine möödistamisvõrgu rajamiseks on lubatud, kui täidetakse etteantud täpsusnõudeid. [2]

Analüüsist (Tabel 1) selgub, et möödistamisvõrgu punktide koordinaatide määramiseks on enim kasutatud GPS seadet ning Geosoft OÜ püsijaamade võrku Trimble VRS Now või Hades Invest OÜ baasjaamade võrku. Ühel juhul on kasutatud staatilist GNSS (*Global Navigation Satellite System*) seadet ning ühel juhul selgitus puudub. Ettevõtte ei ole kasutanud töös koordinaatide määramiseks teodoliitkäiku.

Tabel 1. Möödistamisvõrgu punktide koordinaatide määramiseks kasutatud seadmed

Seade	Kogus, tk
GPS seade ja Trimble VRS Now võrk	4
GPS seade ja Hades Invest OÜ baasjaamade võrk	2
GPS seade ja GLONASS – 3 kordne möödistus, iga sessioon 90 sek	1
GPS 3 initsialiseerimisel vähemalt 90 mõõtmist	1
GPS seade	1
Staatiline GNSS + Trimble VRS Now võrk	1
Selgitus puudub	1

Tasapinnalise möödistamisvõrgu lähtepunktide kohta on vaid ühes uuringus kirjas, et on kasutatud ühte riikliku geodeetilise võrgu punkti. Konkreetsemes töös on kirjeldatud, et RTK-tehnoloogia toimivust on enne möödistamist kontrollitud ühel riikliku geodeetilise võrgu punktil. Kahe uuringu seletuskirjast saab välja lugeda, et on kasutatud ühte püsijaamade võrgu lähtepunkti ning ühes on kirjas, et on kasutatud kahte püsijaamade võrgu lähtepunkti. Seitsmes uuringus ei ole kasutatud tasapinnalise möödistamisvõrgu punktide lähtepunkte välja toodud. Valdavalt on seletuskirjas esitatud info, et möödistamisvõrgu punktid on koordineeritud reaalsaja GPS või GNSS seadmega.

Mitte üheski uuringus ei ole välja toodud, milline on möödistamisvõrgu punktide viga lähtepunktide suhtes. Esitatud info põhjal ei ole ühestki uuringust võimalik üheselt välja lugeda, kas määruse nr 34 § 6 lõikes 4 esitatud nõuded tasapinnalise möödistamisvõrgu punktide möödistamisele RTK-tehnoloogiaga on täidetud või mitte ja kas esitatud täpsusnõuded on tagatud.

Kõikides uuringutes on koordinaatide määramiseks kasutatud RTK-tehnoloogiat, kuid vaid ühes uuringus on kirjeldatud RTK-tehnoloogia kontrollimist ja esitatud kontrolli tulemused. Mitte ühelgi juhul ei ole kirjeldatud, millisel viisil on rajatud punktide omavahelist sobivust teiste mõõtmismeetoditega kontrollitud.

Töö autori hinnangul tuleb analüüsi tulemuste põhjal pöörata nõuete uuendamisel tähelepanu järgnevatele punktidele:

- mõõdistamiseks kasutatud lähtepunktide info peab jõudma uuringu aruandesse;
- kui tasapinnalise mõõdistamisvõrgu koordinaatide määramiseks kasutatakse RTK-tehnoloogiat, siis peab mõõdistus olema läbi viidud määruse nr 34 § 6 lõikes 4 toodud nõuete kohaselt ning vastav info esitatud uuringu aruandes;
- kui koordinaatide määramiseks kasutatakse muud meetodit, tuleb uuringus meetod välja tuua ning kirjeldada, kuidas on täidetud määruses nr 34 toodud täpsusnõuded.

3.3.2 Kõrguslik mõõdistamisvõrk

Määruse nr 34 alusel tuleb kõrguslik mõõdistamisvõrk siduda riikliku kõrgussüsteemiga ning nivelleerimiskäik rajada vähemalt kahe lähtereeperi vahele. Erandina on lubatud rajada ka ühele lähtereeperile tuginev suletud käik. [2]

Kõrgusliku mõõdistamisvõrgu punkti täpsuse osas on välja toodud kõrgusliku mõõdistamisvõrgu punkti kõrguslik viga lähima lähtereeperi suhtes ning nõue, et ühe geodeetilise uuringu piires ei või kõrgusliku mõõdistamisvõrgu punktide omavaheline kõrguslik viga olla suurem kui 3 cm ja üle 1 km pikkuse vahemaaga objektidel suurem kui 3 cm 1 km pikkuse vahemaa kohta. Nivelleerimiskäigu kohta on esitatud suurimad lubatud pikkused kahe lähtepunkti vahel, lähte- ja sõlmpunkti vahel ning kahe sõlmpunkti vahel nii geomeetrilisel kui trigonomeetrilisel nivelleerimisel. [2]

Tehnilise kirjelduse alusel tuleb nivelleerimiskäik rajada nivelleerimise teel ning lisada aruandesse mõõdistamisvõrgu punktide ja nivelleerimiskäigu skeem. (Lisa 1)

Juhendis on esitatud kõrgusliku mõõdistamisvõrgu täpsusnõuded ning on välja toodud nivelleerimiskäikude ja suletud polügoonide lubatava sulgemisvea arvutamise valemid. [3]

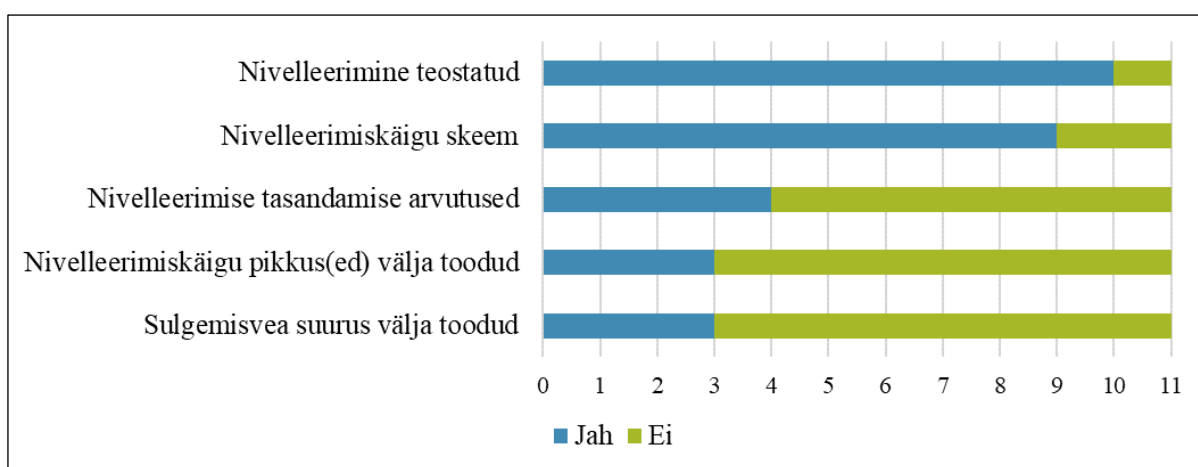
Analüüsist (Tabel 2) selgub, et kümnes uuringus on seletuskirjas toodud info põhjal kasutatud mõõdistamisvõrgu punktide kõrguste määramisel nivelleerimist ning ühe puhul nivelleerimise info puudub.

Tabel 2. Kõrgusliku mõõdistamisvõrgu punktide kõrguste määramiseks kasutatud meetodid

Kõrguste määramiseks kasutatud meetod	Kogus, tk
Nivelleerimise teel – kõik minimaalselt kahe lähtepunkti vahel	3
Trigonomeetriline nivelleerimine – kõik kahe lähtepunkti vahel	1
Nivelleerimise teel – kasutatud ühte lähtereeperit	4
Nivelleerimise teel – selgitus puudub	2
Ei ole nivelleeritud	1

Seitsmes uuringus, kus on kasutatud nivelleerimist, on seletuskirjas välja toodud ka lähtereeperid, millele nivelleerimine on tuginenud. Kahel juhul on kasutatud polügonomeetria tihendusvõrgu punkte ning ühel juhul ei ole lähtereeperite infot välja toodud, kuid joonistel esitatud info järgi võib eeldada, et on kasutatud kohaliku võrgu punkte.

Nivelleerimise kohta esitatud andmete kokkuvõte on toodud joonisel (Joonis 2). Esitatud andmetest on näha, et kuigi nivelleerimine on teostatud peaaegu kõikides uuringutes, siis nõutud informatsiooni ja dokumente ei ole uuringutes valdavalt esitatud.



Joonis 2. Nivelleerimise kohta esitatud andmed

Kokkuvõtteks tuleb välja tuua, et uuringute aruannetes on info mõõdistamisvõrgu punktide kõrguste määramise kohta esitatud suhteliselt üldiselt ja lühidalt ning osaliselt tuleb vajalikku infot otsida joonistelt või lisatud failidest.

Töö autori hinnangul tuleb kõrgusliku mõõdistamisvõrgu analüüsi tulemuste põhjal pöörata nõuete uuendamisel tähelepanu järgnevale:

- mõõdistamiseks kasutatud lähtepunktide info peab jõudma uuringu aruandesse;

- info nivelleerimiskäigu pikkuse, lubatud sulgemisvea ja mõõdistamisel saavutatud sulgemisvea kohta peab jõudma uuringu aruandesse;
- nivelleerimise tasandamise arvutused tuleb esitada uuringu aruandes;
- juhul kui mõõdistamisvõrgu punktide kõrgused ei ole nivelleeritud, siis tuleb vastav info esitada uuringu aruandes, kirjeldada kasutatud meetodit ning seda, kuidas on täidetud määruses nr 34 toodud täpsusnõuded.

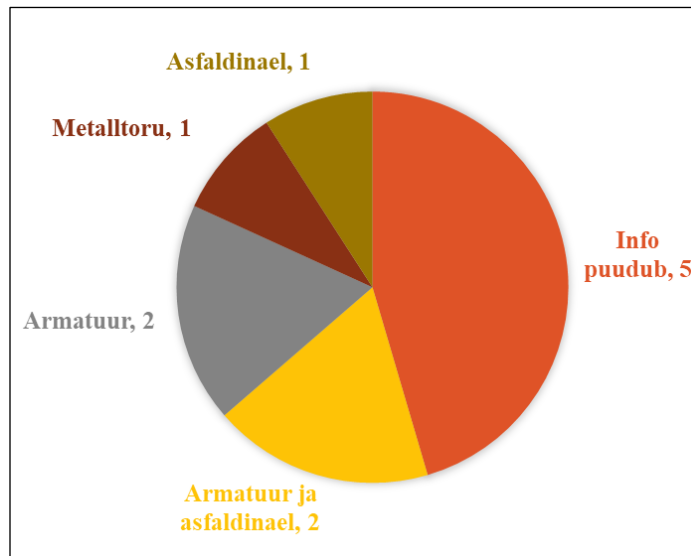
3.3.3 Mõõdistamisvõrgu punktide rajamine

Mõõdistamisvõrgu punkt on määruse nr 34 alusel mõõdistamisvõrgu sidumise käigus rajatud kohtkindla märgiga kindlustatud punkt [2]. Määruses nr 34 ei ole kohtkindla märgi mõistet sõnastatud. Kuni 2015. aastani kehtinud majandus- ja kommunikatsiooniministri määruses 27.08.2007 nr 70 „Ehitusgeodeetiliste uurimistööde tegemise kord“ oli kirjas, et kohtkindel geodeetiline märk peab olema kindlustatud (tähistatud) selliselt, et see ei hävineks ega muudaks oma asendit ilma kõrvalise (inimtegevuse) mõjuta. [11]

Tehnilise kirjelduse alusel tuleb mõõdistamisvõrgu punktid kindlustada looduses, mis säiliks kuni tee-ehituse vastuvõtmiseni (vähemalt 2 aastat), kuid täpsemaid nõudeid esitatud ei ole. (Lisa 1)

Maa-ameti juhiste alusel peab püsireeperitena paigaldatavate märkide konstruktsioon tagama nende stabiilsuse ning kasutatavad materjalid peavad vastu pidama keskkonna mõjutustele. Pinnasesse paigaldatavate reeperite ankrud tuleb asetada allapoole maapinna külmumispiiri, välja arvatud aluspõhja ankurdatavad. [12]

Analüüsis selgus, et mõõdistamisvõrgu punktide rajamiseks kasutatakse armatuurraudu, asfaldinaelu ja metalltorusid (Joonis 3). Teadmata põhjustel ei ole peaaegu pooltes uuringutes mõõdistamisvõrgu punktide rajamise viisi välja toodud.



Joonis 3. Mõõdistamisvõrgu punktide tähistus looduses

Transpordiameti ehitusobjektide puhul on tavapärane, et ehitusprojekti koostamise ja tegelike ehitustööde alguse vahele võib jääda mitu aastat. Maapinna ülemistesse kihtidesse paigaldatud metalltorude ja armatuuri asukohta ning kõrgust mõjutavad seega mitmed külmumis- ja sulamistsüklid. Mõju ulatus sõltub pinnasest, kuhu mõõdistamisvõrgu punkt rajatakse. Asfaldinaelte säilimine mitu aastat on vähetõenäoline, kuna need võivad teehooldustööde käigus kahjustatud või likvideeritud saada.

Töö autori hinnangul tuleb analüüsi tulemusel selgunud info põhjal nõuete uuendamisel täpsustada kohtkindla märgi mõistet.

3.4 Mõõdistamiseks kasutatud seadmed

Määruses nr 34 ei ole otseselt välja toodud mõõdistusseadmeid, mida mõõdistamisel kasutama peab. Vaid mõõdistamisvõrgu punktide koordinaatide määramise juures on nimetatud GNSS-mõõdistust, RTK-tehnoloogiat ja toodud nõuded teodoliitkäigu kohta ning kõrgusliku mõõdistamisvõrgu juures on nimetatud nivelleerimist. [2]

Tehnilises kirjelduses on toodud, et mõõdistamisel tuleb kasutada tahhümeetrist mõõdistamisviisi (Lisa 1). Kuna täpsemat selgitust ei ole toodud, siis on tänaseks tekkinud olukord, kus ka laserskaneerimist tõlgendatakse tahhümeetria erivormina, kuna mõlemal juhul määratakse punktide koordinaadid nurga ja kauguse määramise printsiibil.

Tahhümeetria on topograafilise mõõdistamise meetod, mille korral määratakse maastikku iseloomustavate punktide asukoht ja kõrgus tahhümeetriga [13]. Tahhümeeter võimaldab ühe

viseerimisega mõõta nii rõhtnurka (asimuuti), viseerimisjoone kaldenurka (kõrguskasvu) kui kaugust [14].

Järgnevalt tuuakse välja uuringute koostamisel kasutatud seadmed.

Elektrontahhümeetrid on kasutusel kõikides ettevõtetes. Uuringutes esitatud info analüüsimisel on näha, et ettevõtted kasutavad erinevaid elektrontahhümeetrite mudeleid (Tabel 3). Kolmel ettevõttel on kasutusel 2 erinevat elektrontahhümeetrit.

Tabel 3. Uuringute teostamiseks kasutatud elektrontahhümeetrid

Seadme tootja ja mudeli nimetus	Kogus, tk
Trimble S5	2
Trimble S5 Robotic	2
Trimble S6	2
Trimble S6 Robotic DR300	1
Sokkia 3030R	1
TOPCON DS 103	1
Leica TS12	1
Leica TS13	3
Leica TS16 I 1'' R1000	1

Vastavalt uuringute seletuskirjas esitatud infole on kasutatavate seadmete joone mõõtmise täpsus $\pm 2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$ kuni $\pm 3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$ ning nurga mõõtmise täpsus $2''$ kuni $3''$. Välja arvatud seadmel Leica TS16 I 1'' R1000, millel on toodud joone mõõtmise täpsus $\pm 1 \text{ mm} + 1,5 \text{ ppm}$ ning nurga mõõtmise täpsus $1''$.

Nivelliiri on nivelleerimiseks kasutanud viis ettevõtet (Tabel 4). Kuue ettevõtte uuringutes ei olnud esitatud infot nivelliiri kasutamise kohta. Vajab märkimist, et uuringute seletuskirjades ei ole välja toodud, kas on kasutatud geomeetrilist või trigonomeetrilist nivelleerimist. Eespool toodud tulemuste alusel on nivelleerimist kasutatud kümnes uuringus. Arvestades, et nivelliiri kasutavad viis ettevõtet, saab esitatud andmete põhjal eeldada, et viis ettevõtet on teostanud trigonomeetrilise nivelleerimise.

Tabel 4. Uuringute teostamiseks kasutatud nivelliirid

Seadme tootja ja mudeli nimetus	Kogus, tk
Nedo x24	1
Trimble DiNi 12T	1
Leica Sprinter 200M	1
Leica Sprinter 250M	2

GPS seadmetest on tabelis (Tabel 5) toodud andmete kohaselt tuvastatav, et vaid üks mudel on kasutusel kahes erinevas ettevõttes. Kahes ettevõttes on kasutusel kaks erinevat GPS seadet.

Tabel 5. Uuringute teostamiseks kasutatud GPS seadmed

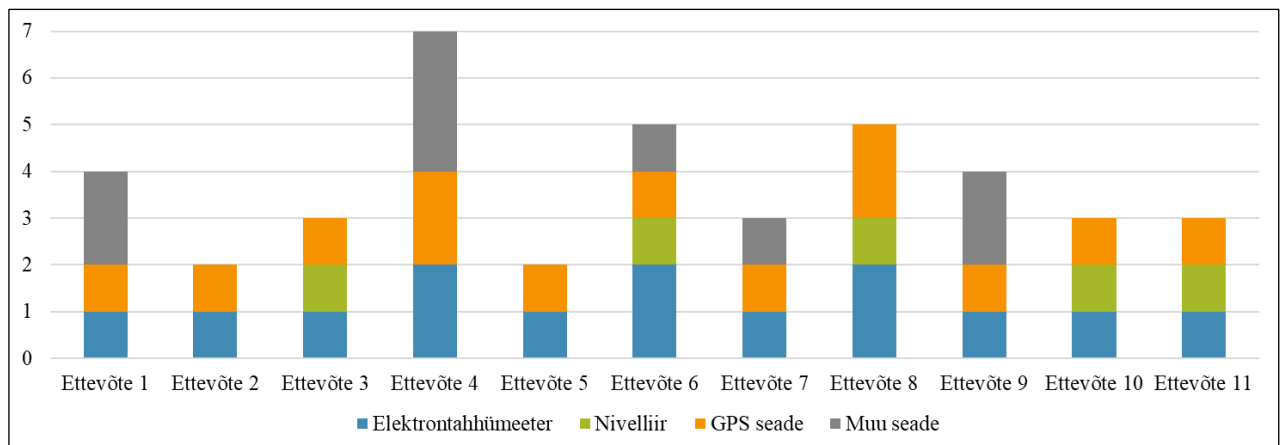
Seadme tootja ja mudeli nimetus	Kogus, tk
Trimble 5800	1
Trimble R8	1
Trimble R8 model 2	1
Trimble R8S	2
Trimble R12i	1
Trimble R12	1
Leica GS08plus	1
Leica GS18T	1
Leica CS20	1
Leica GS07	1
Leica Viva NetRover GS08	1
TOPCON HIPER RC	1

Lisaks elektrontahhümeetritele, nivelliiridele ja GPS seadmetele on uuringutes välja toodud järgnevad seadmed, mida uuringute koostamisel on kasutatud:

- raadiolokaator Radiodetection RD7000;
- raadiolokaator Radiodetection RD2000;
- õhuliinide ristumiste kõrguse mõõdistamise aparaat SUPARULE MODEL 600E;
- kaabliotsija C.A.T 3+;
- Sokkia GCX-2 staatilise GNSS seade;
- mobiilne laserskanner Riegl VMZ/VZ-400;

- droon DJI Matrice 300 RTK + DJI L1 laserskanner;
- DJI Phantom 4 RTK.

Mõõdistamiseks kasutatud seadmete osas on analüüsi tulemustest näha, et lisaks traditsioonilisele elektrontahhümeetrile kasutavad töövõtjad mõõdistamiseks ka laserskaneerimist ning droonile paigaldatud seadmetega mõõdistamist. Erinevates uuringutes kasutatud seadmete koondülevaade on toodud joonisel (Joonis 4).



Joonis 4. Mõõdistamiseks kasutatud seadmete arv

Määrus nr 34 ei sea takistusi uute mõõdistusseadmete kasutusele võtmiseks. Määrus reguleerib, et määruses sätestamata meetodite kasutamine on lubatud, kui täidetakse määruses antud täpsusnõudeid.

Erinevate mõõdistusseadmete kasutamist piirab hetkel Transpordiameti tehniline kirjeldus, mille alusel tuleb kasutada tahhümeetrilist mõõdistusviisi. Töö autori hinnangul tuleks Transpordiameti nõuete uuendamisel mõõdistusviisi sõnastust korrigeerida, et seda ei oleks võimalik mitmeti tõlgendada. Samuti peaksid Transpordiameti tingimused võimaldama tehnoloogilist innovatsiooni erinevate mõõdistusviiside kasutamise näol, kusjuures töö läbiviimise tehnoloogia valik peaks jääma geodeesiaettevõtte enda teha.

3.5 Situatsiooni mõõdistamine

Situatsioonimõõdistamiseks on määruse nr 34 alusel lubatud kasutada mõõdistamismeetodit, mis tagab määruses sätestatud täpsusnõuete täitmise. Välja on toodud maapealsete situatsioonielementide ja maa-aluste tehnovõrkude tasapinnalise asendi suurimad lubatud vead lähimate mõõdistamisvõrgu punktide suhtes ning suurimad lubatud kõrguslikud vead lähimate mõõdistamisvõrgu punktide suhtes. Metsamaastikul on lubatud suurem kõrguslik viga. [2]

Viies uuringus on seletuskirjas välja toodud, et mõõdistamisel on kasutatud tahhümeetrilist mõõdistusviisi. Kuigi kehtivate nõuete alusel ei ole otseselt vajalik esitada situatsioonimõõdistamise kohta selgitusi, siis kahes uuringus on selgitustena välja toodud, milliseid alasid on milliste meetoditega mõõdistatud.

Ühes uuringus on kirjas, et lagedatel ja hea nähtavusega aladel (nt teed, äärekivid, truubid, hooned, rajatised, kaevuluugid jne) mõõdistati tahhümeetriliselt. Piiratud nähtavusega ja tiheda haljastusega aladel (nt võsa, mets) mõõdistati RTK GPS meetodil.

Teises uuringus on toodud, et maantee ja autoga läbitavate teede mõõdistamisel on kasutatud laserkaneerimist, suurema osa objekti kohta on tehtud fotogramm-meetrilised tööd drooniga, metsa ja võsaga kaetud aladel teostati laserskaneerimine drooniga, maantee lähiala nõlvade alused ja objekti kraavid mõõdistati GNSS seadmetega ning truupide kõrgused ja metsaga kaetud alade kraavide kõrgused on mõõdistatud elektrontahhümeetritega.

Kehtivates nõuetes puuduvad juhised, et erinevate mõõdistamisviisidega mõõdistatud situatsioonielemendid peavad olema maa-ala plaanil eristatud, mistõttu ei ole esitatud joonistelt võimalik tuvastada, et millised kõrguspunktid ja elemendid on mõõdistatud millise seadmega.

Kõikides ettevõtetes on kasutusel erinevad seadmed. Juhul kui situatsiooni mõõdistamiseks on kasutatud lisaks tahhümeetrile ka muid olemasolevaid seadmeid, siis seda ei ole uuringutes esitatud andmete põhjal võimalik kindlaks teha.

Töö autori hinnangul tuleks nõuetes sõnastada tingimused, mille alusel tuleb erinevate mõõdistusseadmete kasutamise korral eristada maa-ala plaanil erinevate seadmetega kogutud andmed. Võib eeldada, et erinevad ettevõtted kasutavad erinevat käekirja looduses asuvate objektide ja maa-alade mõõdistamisel ning andmete eristamine võimaldab Transpordiametil tulevikus analüüsida erinevaid töövõtteid ning vajadusel sõnastada täiendavaid tingimusi erinevate mõõdistusviiside kohta.

3.6 Tehnovõrgud

Vastavalt määrusele nr 34 tuleb uuringu aruande koosseisus esitada tehnovõrkude omanike või valdajate loetelu koos neilt saadud kinnituste ja märkustega ning seletuskirjas tuua selgitused maa-alal paiknevate tehnovõrkude kohta. [2]

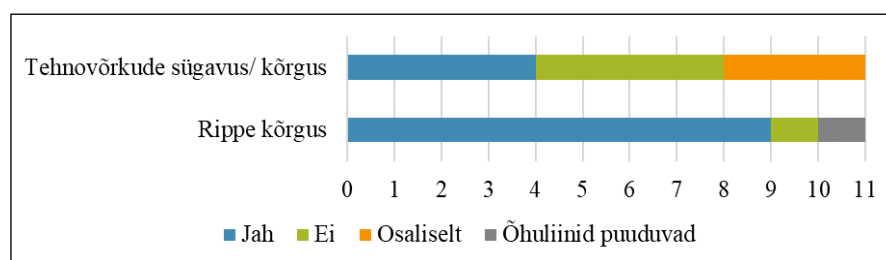
Tehnilise kirjelduse alusel tuleb mõõdistusalal uurida tehnovõrkude paiknemist ja nende sügavust/ kõrgust ning kanda plaanile tehnovõrkude asukohad ja sügavus/ kõrgus. Kaevude kohta tuleb esitada kaevutabelid, mis peavad sisaldama tehnilises kirjelduses toodud andmeid. Lisaks on nõutud, et topogeodeetiline uuring tuleb kooskõlastada tehnovõrkude valdajatega. (Lisa 1)

Juhendis on toodud nõuded elektriõhuliinide mõõdistamiseks ja kujutamiseks, mille kohaselt tuleb mõõdistada teega ristuvatel õhuliinidel madalaimad ripped tee kohal ning lisada plaanile ripete kõrgusmärgid ja liini pinge. [3]

Kõikides uuringutes on esitatud info tehnovõrkude valdajate kooskõlastuste kohta, kuid kooskõlastuste tabelites ei ole välja toodud kooskõlastajate kinnitusi ega märkuseid. Tabelid sisaldavad vaid tehnovõrkude omanike ja valdajate nimesid ning kooskõlastuse kuupäeva ja mõnel juhul ka kooskõlastuse numbrit. Samas on vastavad kooskõlastused esitatud kõikidel juhtudel väljavõtetena seletuskirjas või eraldiseisvate failidena.

Tehnovõrkude teostusjooniseid on kasutatud seitsmes uuringus, kus on konkreetsed tööd seletuskirjas nimetatud. Kolmes uuringus on nimetatud teostusjooniste kasutamist, kuid konkreetseid töid ei ole välja toodud ning ühel juhul viide tehnovõrkude teostusjooniste kasutamisele puudub.

Maa-ala plaanidele kantud õhuliinide ripete kõrguste ja tehnovõrkude sügavus- ja kõrgusandmete ülevaade on toodud joonisel (Joonis 5).



Joonis 5. Maa-ala plaanile kantud õhuliinide ripete ning tehnovõrkude sügavus- ja kõrgusandmed

Plaanidel esitatud info põhjal võib eeldada, et nendes töödes, kus tehnovõrkude sügavus- ja kõrgusandmed on esitatud osaliselt, on andmed toodud teostusjooniste põhjal ning tehnovõrkude osas, kus teostusjoonised puuduvad, on ka kõrgus- ja sügavusandmed puudu.

Maa-aluste tehnovõrkude uurimise, plaanile kandmise ja uuringus esitatavate andmete nimekirja koostamisega seondult tuleb töö autori arvates kindlasti läbi viia eraldiseisev analüüs. Analüüsi põhjal saab järeldada, et peamine puudus seisneb selles, et tehnovõrkude valdajate kooskõlastustes esitatud tingimusi ja märkuseid ei ole kajastatud kooskõlastuste tabelis.

4 NÕUETE UUENDAMISEKS VAJALIK INFORMATSIOON

Transpordiametis puuduvad geodeesia eriala spetsialistid, mistõttu on Transpordiameti töörühm teinud koostööd geodeesiaettevõtetega ja tellinud pilootprojekte, et saada Transpordiameti nõuete uuendamiseks vajalikku taustinformatsiooni. Järgnevalt antakse ülevaade olulisematest kogutud tähelepanekutest. Lisaks on esitatud kokkuvõtted Rail Baltica geodeetilise võrgu rajamise nõuetest ja Läti topo-geodeetiliste uuringute nõuetest, mis annavad ülevaate erinevatest lähenemistest ning sisendit järeltööde tegemiseks.

Erinevate mõõdistusviisidena mõistetakse töös erinevate mõõdistusseadmete- ja tehnoloogiatega (tahhümeeter, laserskanner, fotogramm-meetria, GNSS-tehnoloogia jne) mõõdistusandmete kogumist.

4.1 Geodeetide tagasiside töörühmas

Transpordiameti töörühm on arutelude vormis küsinud erinevate ettevõtete geodeetidelt mõtteid Transpordiameti nõuete osas.

Arutelude käigus rõhutasid geodeedid mõõdistamisvõrgu olulisust ning töid välja, et mõõdistamisvõrgu punktide rajamisega seotud tingimused tuleks üle vaadata. Nende hinnangul peaksid mõõdistamisvõrgu punktid olema kindlasti omavahel nivelleerimise teel seotud ja seotud ka riikliku geodeetilise võrguga. Topo-geodeetiline uuring peaks andma selge kirjelduse, et millisel viisil on kõrgusinfo mõõdistamisvõrgu punktidele toodud, et järgmistes etappides teostatavate mõõdistustööde puhul oleks varasemast tegevusest selge ülevaade.

Samuti toodi välja, et kui projekteerimise jaoks koostatud uuringu käigus on mõõdistamisvõrgu punktid rajatud, siis peaks olema võimalik neid ka ehitustööde teostamisel kasutada. Kindlasti tuleb enne ehitustööde teostamist need punktid uuesti üle mõõdistada, et kontrollida, kas punkti kõrgus on ajas muutunud või mitte.

Selleks, et mõõdistamisvõrgu punktid säilitaksid asukoha ja kõrguse tee-ehitustööde alguseni, peavad loodusesse rajatud märgid olema rajatud viisil, mis tagaks nende kõrguse säilimise pikema aja jooksul. Kohtkindlalt rajatud märki on võimalik kasutada ehitustööde käigus. Juhul kui märk on rajatud ehitustööde alast kaugemale, siis on väike tõenäosus, et märk saab ehituse käigus kannatada.

Arutelul toodi välja, et kindlasti tuleb arvestada võimalusega, et ka kohtkindlalt rajatud märgid võivad mingil hetkel erinevatel põhjustel kahjustatud saada. Punkti hävimisest tekkivat riski saab vältida nii, et mõõdistusalel rajatakse minimaalselt kaks ning pikema teelõigu korral rohkem kohtkindlaid märke. Juhul kui üksik punkt on hävinud, siis on teiste punktide olemasolul võimalik rajada uus mõõdistamisvõrgu punkt.

Töö eelnevas peatükis toodud analüüsi tulemustest selgus, et mõõdistamisvõrgu punktid rajatakse loodusesse viisil, mis ei võimalda suure tõenäosusega nende kasutamist ehitustööde käigus. Samuti selgus, et paljudes analüüsitud uuringutes on mõõdistamisvõrgu punktide kõrgusliku sidumise osas andmed puudulikud, mistõttu ei ole võimalik saada selget ülevaadet. Geodeetidelt saadud tagasiside põhjal on võimalik täpsustada mõõdistamisvõrgu punktide rajamisega seotud nõudeid.

4.2 Mõõdistusviiside kohta saadud info pilootprojektist

2021. aastal tellis Transpordiamet ühe liiklusohtliku koha ümberehitamise eskiisi, mille koostamisel oli täiendav eesmärk piloteerida erinevate kaugseire meetodite abil alusandmete kogumist projekteerimise faasis ning koostada erinevate meetodite ja andmete võrdlusanalüüs kontaktse tahhümeetrilise mõõdistuse andmetega. [15]

Transpordiameti poolt oli mõõdistusala ulatus ette antud ning seatud tingimus, et mõõdistusala tuleb mõõdistada kolmel viisil: kontaktne tahhümeetriline mõõdistus, drooniga fotogramm-meetriline mõõdistus ja mobiilne laserskaneerimine. Mõõdistusviiside analüüsi ja töövõtja kogemuste põhjal tuli iga mõõdistusviisi kohta anda argumenteeritud soovitusel andmete kogumise nõuete osas. [15]

Mõõdistustööd teostas ja analüüsi koostas Rakendusgeodeesia ja Ehitusgeoloogia Inseneribüroo OÜ (edaspidi REIB OÜ) töö nr TX-1805 „Riigitee 13187 Toila-Oru km 4,341 Voka asula ristmiku eri mõõdistusmeetodite tulemuste võrdlusanalüüs“. REIB OÜ töös olid välja toodud ettepanekud, millele tuleks tahhümeetrilise mõõdistuse, mobiilse laserskaneerimise ja fotogramm-meetria puhul tähelepanu pöörata. [16]

Tahhümeetrilise mõõdistuse puhul tuleks kontrollida mõõdistuspunktide kihtide olemasolu maa-ala plaanil. Töövõtja hinnangul ei ole vaatekiirte pikkuse piirnorm (150 m) enam vajalik. Robottahhümeetri üksi kaugemale jätmine on enamasti ebaturvaline ning põhjustab raskusi instrumendi mõõteprismale lukustamisel. [16]

Mobiilse laserskaneerimise puhul on oluline, et töö teostamiseks kasutatakse ainult mõõdistamiseks (*surveying*) mõeldud mõõdistuskomplekti, mille koosseisus on lisaks skännerile vähemalt ka IMU (*Inertial Measurement Unit* – inertsimõõtja), DMI (*Distance Monitoring Item* – vahemaa mõõtmisseade) ja asimuut GNSS vastuvõtja. Lisaks on välja toodud, et täpsuse tagamiseks oleks kindlasti vaja teha vähemalt kaks kordusmõõdistamist ning kontrollida saadud punktipilve täpsust, kasutades selleks klassikalisi mõõdistusmeetodeid. Maapinnale rajatud kontrollpunktide vajalik tihedus sõltub töövõtja hinnangul kasutatavast tehnoloogiast, töö täpsusnõuetest, objektist ja mõõdistamisel olnud GNSS oludest (satelliitide arv ja paiknemine), mistõttu tuleks geodeedil põhjendada kontrollpunktide tihedust mõõdistusalal ning esitada nende mõõtmisandmed. Ettepanekuna on toodud, et seadme ja GNSS-baasjaama vahekaugus ei tohiks mõõdistustöödel ületada 5 km. [16]

Fotogramm-meetria puhul, kus mõõdistamine teostatakse drooniga, tuleb lisada mõõdistustöö aruandesse kaamera andmestik, trajektoor, fotode ülekate, kaamera nurk, ilmastikuolude kirjeldus, maapealsete kontrollpunktide kasutamise/ mitte kasutamise informatsioon ja vastavate parameetrite kasutamise põhjendus. [16]

Erinevate mõõdistusviiside ja -seadmete kasutamise korral on oluline teada ka nende eeliseid ja puuduseid. Vastav võrdlus on esitatud tabelis (Tabel 6).

Tabel 6. Erinevate mõõdistusviiside eelised ja puudused [16]

Tahhümeetiline mõõdistus	
Eelised	Puudused
• tehniliselt saab mõõta igas olukorras, v.a. juhul kui geodeetiline võrk täielikult puudub; • laialdaselt levinud geodeedi töövahend; • geodeedid enamasti oskavad kasutada, õpitakse koolis; • korrektselt positsioneeritud ja hästi protokollitud mõõdistusandmete edasine töötlus on lihtsam ja suhteliselt kiire; • korrektse töö korral piisav täpsus.	• välitöö ajamahukas; • töö liikluses on ohtlik; • punktiviisilise mõõdistuse tõttu ei koguta piisavalt infot punktide vaheliste alade kohta; • väga sõltuv kohapealse geodeetilise võrgu olemasolust; • üsna palju vigade tekkimise allikaid ebaprofessionaalsel kasutamisel.

Mobiilne laserskaneerimine	
Eelised	Puudused
• välitöö väga kiire; • välitöö oluliselt ohutum võrreldes tahhümeetrilise mõõdistusega; • vajadusel saab mõõta öösel; • tulemus tuleb detailne, fotorealistlik; • tulemus ei sõltu kohalike geodeetiliste võrkude võimalikest vigadest; • täpsus on võimalik hoida kontrolli all arvutustööde käigus ja kontrollpunktide lisamisega; • korrektse töö korral piisav täpsus.	• ei pääse mõõdistama sõidetavatelt teedelt eemale jäävaid objekti osi; • ei saa mõõta talvistes oludes; • suured andmemahud; • kallid tehnoloogia paljude sensoritega, seetõttu vähe levinud; • üsna palju vigade tekkimise allikaid ebaprofessionaalsel kasutamisel; • järeltöötlus ajamahukas, nõuab spetsiifilisi oskuseid.
Drooniga mõõdistus fotogramm-meetria meetodil	
Eelised	Puudused
• välitöö keskmistel ja suurematel töödel kiire; • välitöö üsna ohutu (peamiselt on ohus seade ise); • hea lahutusvõimega fotorealistlik ortofoto; • võimalik efektiivselt koguda infot raskesti ligipääsetavatelt (näiteks suletud) aladelt; • kättesaadava hinnaga tehnoloogia; • andmehõive väljaõpe lihtsam kui tahhümeetrilise mõõdistamise ja laserskaneerimise puhul.	• ei saa mõõdistada varju ja moonutuse aladele jäävaid elemente; • ei saa mõõta talvistes oludes; • üsna suured andmemahud; • väga tundlik ilmastikuoludele; • saadav kõrgusinfo väga kaheldav, enamasti mittevastav; • üsna palju vigade tekkimise allikaid ebaprofessionaalsel kasutamisel; • järeltöötlus nõuab spetsiifilisi oskuseid; • kindlasti ei saa ainult drooniga mõõta ühtki arvestatavat objekti. Tuleb kaasata muid mõõtmisviise.

Üldiselt saab REIB OÜ töös esitatud info põhjal järeldada, et detailseid ettekirjutusi erinevate mõõdistusviiside kohta ei ole olemasolevas olukorras võimalik sõnastada, kuna väga palju sõltub konkreetsetest seadmetest, lisaseadmetest ning nende kasutamise võimalustest.

REIB OÜ spetsialistide hinnangul tuleb parima tulemuse saavutamiseks valida iga konkreetse objekti, ülesande sisu, töömahu, tööohutuse ja muude näitajate jaoks sobivaim tehnoloogia ning arvestada, et sageli annab parima tulemuse mitme tehnoloogia ühiskasutus. [16]

Juhul kui Transpordiameti spetsialistid peavad vajalikuks sõnastada iga mõõdistusviisi kohta detailsed nõuded, on autori hinnangul eraldiseisvalt vajalik ja võimalik viia läbi uuring, mille käigus tuleks kokku koguda erinevate riikide praktilised kogemused erinevatele mõõdistusviisidele esitatavate nõuete osas. Samuti tuleks välja selgitada Eestis kasutusel olevad mõõteseadmed ning kokkuvõttes sõnastada Eesti oludesse sobivad tingimused.

Selleks, et tulevikus oleks otsuste tegemiseks vajalik info olemas, on võimalik vajalikku taustainfot koguda reaalse töö käigus. Selleks on töö autori hinnangul esmajärjekorras oluline, et erinevate mõõdistusviiside kasutamisel tehakse põhjalik mõõdistustöö dokumenteerimine ning mõõdistusandmete esitamine.

4.3 Läti topo-geodeetiliste uuringute nõuded riigiteede projekteerimisel

Endise Läti Maanteeameti õigusjärglane, riigile kuuluv äriühing Läti Riigiteed (*Latvijas Valsts ceļi*) on hiljuti välja töötanud riigiteede projekteerimiseks vajaliku topo-geodeetilise uuringu läbiviimise lähteülesande. Dokumendis on esitatud töövõtja ülesanded, mõõdistusala minimaalne ulatus, uuringu aruandes esitatava info nimekiri, geodeetiliste punktidega seonduvad nõuded, katastriüksuste piiride esitamisega seonduv, riikliku geodeetilise võrguga sidumise nõuded ja nimekiri dokumentidest, millest tuleb töö teostamisel lähtuda. [17]

Topograafilisel plaanil esitatava vajaliku info nimekiri on sarnane Transpordiameti nõuetele. Dokumendis on välja toodud, et lisaks ministri määrusega sätestatule tuleb tee projekteerimise aluseks oleval topograafilisel kaardil esitada [17]:

- teekatte tüübi muutumise asukohad;
- truubid koos päistega ja täiendav info (diameeter, materjal, päiste seisukord);
- veepinna kõrgus ja mõõdistamise kuupäev;
- õhuliinide asukoht koos tee lähimate mastidega (õhuliini kõrgus kõige madalamas asukohas, õhutemperatuur, mõõdistamise kuupäev);
- üksikute puude diameeter ja hekki ning metsa iseloomustavad parameetrid (keskmine kõrgus, keskmine diameeter, keskmine puudevaheline kaugus);
- liiklusmärgid koos informatsiooniga;

- teepiirdesüsteemid;
- maa-aluste kaablite omaniku ja kaablite andmed (kui vastav informatsioon on tehnovõrgu valdajal olemas).

Lähteülesande kohaselt on lubatud erinevate kaugseire meetoditega andmete kogumine. Koos topograafilise plaaniga tuleb esitada kaugseire meetodil saadud andmed, mis on kombineeritud ühtsesse punktipilve, mille miinimumnõuded on järgnevad [17]:

- maht peab vastama mõõdistusala ulatusele;
- täpsus peab vastama määruuses "Kõrgedetailse topograafilise teabe ja selle keskandmebaasi eeskiri" toodud nõuetele;
- meetod peab olema selline, mis tagab maapinna kõrguse tuvastamise;
- punktide minimaalne tihedus sõiduteel – 150 p/m²;
- punktide värviline esitus – sealhulgas peegeldus (laserskaneerimise meetodil) või tõelised RGB-värvid (fotogramm-meetrilise meetodi puhul);
- formaat - .las või .laz või muu formaat, mis võimaldab teisendada punktipilve muusse vormingusse, kus on klassifitseeritud maapinna tase, taimestik, hooned.

Lisaks tuleb koos topograafilise plaaniga esitada kaugseire meetodil koostatud ortofoto andmed, mille miinimumnõuded on järgnevad [17]:

- maht peab vastama mõõdistusala ulatusele;
- täpsus - plaaniline $\leq 3\text{cm}$, piksli suurus $< 1,5\text{ cm}$;
- punktide värviline esitus – tõelised RGB värvid;
- formaat – .ecw ja .geotiff (kuni 75% tihendusega).

Eelnevast kokkuvõttest selgub, et Läti Riigiteed poolt kaugseire meetoditega kogutud punktipilvele ja ortofotodele esitatavad nõuded on suhteliselt üldised. Transpordiameti nõuete uuendamisel on võimalik hinnata, kas Lätis nõutu on piisav ja sobiv ka Eesti oludes kasutamiseks.

4.4 Rail Baltica geodeetiline võrk

Rail Baltica kiirraudtee ehitamiseks vajaliku geodeetilise võrgu rajamiseks on välja töötatud tehniline kirjeldus, mille alusel on ühtse võrgu rajamine vajalik, et tagada, et kõik osapooled kasutaksid projekteerimisel ja ehitustöödel sama võrdlussüsteemi. Ette on nähtud täiendava kohaliku koordinaatsüsteemiga ühendatud geodeetilise võrgu rajamine. [18]

Dokumendis on kirjeldatud, et rajatavad geodeetilised märgid tuleb pinnasesse kinnitada betoonvundamentidega nii, et ankur asetseb maapinna külmumispunkti madalamal. Kindelpunktidel, mis rajatakse riikliku geodeetilise võrguga ühendamiseks ja tihendusvõrgu punktidel, peab arvutuslik kasutusiga olema vähemalt 30 aastat. [18]

Ühendusvõrgu kindelpunktide mõõdistamise osas on sätestatud, et alla sentimeetrise horisontaalse ja vertikaalse täpsuse tagamiseks tuleb punkte mõõdistada suhtelise staatilise positsioneerimise meetodi abil. Lisaks on esitatud väga detailsed nõuded, mida tuleb usaldusväärsete tulemuste saamiseks täita, näiteks absoluutne täpsus peab olema ≤ 10 mm, staatiline täpsus $H \pm 3 \text{ mm} + 0,1 \text{ ppm} / V \pm 4 \text{ mm} + 0,5 \text{ ppm}$ ning võime võtta vastu GPS L1, L2 ja Glonass L1, L2 signaale, jne. [18]

Tihendusvõrgu punktide mõõdistamine on ette nähtud ühendusvõrgu kindelpunktidest, kasutades tahhümeetriga käigu mõõtmise meetodit. Lisaks on toodud nõuded, mida tuleb usaldusväärsete tulemuste saamiseks täita, näiteks suhteline täpsus peab olema $\leq 5 \text{ mm/cm}$, kõikides jaamades tuleb läbi viia neli vaatlusjada, punkti täpsuse sisemine täpsus on 1 mm (horisontaalne + vertikaalne) jne. [17]

Uue geodeetilise võrgu ehitus tuleb dokumenteerida ning võrgu rajamiseks läbiviidavate mõõdistustööde kohta koostatav mõõtmisaruanne peab sisaldama järgnevat [18]:

- mõõteseadmete nimekiri (tüüp, arvud ja spetsifikatsioon);
- mõõteskeemi kirjeldus;
- mõõteseadmete ülevaatus ja kalibreerimise tulemused ja mõõtmisandmed.

Arvutustööde aruanne peab sisaldama järgmist [18]:

- arvutusmetoodika kirjeldus;
- kasutatud tarkvara;
- mõõteskeem ja arvutustulemus koos täpsushinnangutega.

Rail Baltica geodeetilise võrgu rajamiseks sätestatud nõuded on tee-ehitustööde jaoks rajatavate mõõdistamisvõrgu punktidega võrreldes detailsemad ja täpsemad, kuna raudtee ehitusele ja hilisemale hooldusele seatud nõuded on rangemad. Autor mõistab, et sarnases detailsuses esitatavad nõuded ei pruugi tee-ehitustööde vaatest mõistlikud olla, kuid Rail Baltica geodeetilise võrgu rajamisel saadavad teadmised ja kogemused on autori hinnangul oluline info, mida on tulevikus võimalik analüüsida ka teede mõõdistamise nõuete täpsemal sõnastamisel. Täiendavalt vajab geodeetidega läbi arutamist, millised Rail Baltica kindelpunktide rajamiseks seatud nõuded oleksid põhjendatud ja vajalikud ka tee-ehitustööde korral ja millised mitte.

5 JÄRELDUSED JA ETTEPANEKUD

Töö koostamisel analüüsitud uuringute tulemuste, läbitöötatud materjalide ja suuliselt saadud täiendava info põhjal järelduste ja ettepanekute tegemise teeb keeruliseks teadmine, et tehnoloogia kiire areng jätkub ning tänaste teadmiste põhjal tehtud ettepanekud ei pruugi juba lähitulevikus enam asjakohased olla. Seetõttu on töö autori arvates oluline, et Transpordiameti juhised oleksid nõ elavad dokumendid, mille muutmine ja uuendamine toimuks vastavalt vajadusele ning võimalikult kiiresti.

Oluline roll on samuti ka geodeetidel, kellelt peaks tulema jooksvalt sisendit, kui etteantud nõuded on ajale jalgu jäänud või vajavad korrigeerimist. Töö autori hinnangul saabki geodeetide vajadustest ja võimalustest lähtuvaid nõudeid sõnastada vaid koostöös. Transpordiameti ülesanne on selgitada tee projekteerimise ja ehituse seisukohast vajalikud ootused ja tulemused ning geodeetidel anda võimalused nende tulemuste saavutamiseks.

Transpordiameti ja geodeetide omavaheline koostöö muutub tulevikus järjest olulisemaks, kuna 3D mudelitena projekteerimine ning tee-ehitustöödel masinjuhtimise kasutamine eeldavad ka topo-geodeetiliste tööde nõuete detailsemat ülevaatus.

Töö koostamisel kerkisid autori hinnangul esile kolm peamist teemat, mille osas on vajalik seniseid Transpordiameti topo-geodeetilistele uuringutele esitatavaid nõudeid korrigeerida – uuringu seletuskirjas ja aruandes andmete esitamine, erinevate mõõdistusviiside kasutamise võimaldamine ning mõõdistamisvõrgu punktide rajamine.

Järgnevalt esitatakse töö autori ettepanekud Transpordiameti nõuete muutmiseks ja täpsustamiseks lähtudes töös esitatud informatsioonist, analüüsi tulemustest ning töö koostamisel saadud täiendavatest teadmistest. Enne uute nõuete tööle rakendamist peab autor vajalikuks teha koostööd geodeetidega, et nõuete sõnastused oleksid üheselt arusaadavad. Samuti on soovituslik, et Transpordiamet viib enne nõuete lausalist rakendamist läbi pilootprojektid, mille eesmärk on nõuete sisu ja sõnastuse täpsustamine.

5.1 Seletuskirja vorm ja uuringu aruande koosseisus esitatavate dokumentide nimekiri

Töö käigus läbi viidud analüüsi ja varasemalt koostatud tööde põhjal on autor veendunud, et topo-geodeetilises uuringus arusaadavalt ja üheselt mõistetavalt info esitamine on oluline ja vajalik.

Vaatamata asjaolule, et määruses nr 34 on toodud nimekiri infost, mida peab uuringu seletuskiri sisaldama, selgus analüüsi käigus, et kõikide ettevõtete seletuskirjad on väga erineva ülesehitusega ning vajaliku info leidmine ajamahukas. Samuti oli osaliselt nõutud infot seletuskirjadest puudu.

Töö autori ettepanek on koostada seletuskirja vorm, milles oleksid toodud määruses nõutud punktid ning vajadusel tellija poolsed täiendavad nõuded, mis tuleb uuringu koostajal täita ning tellijale esitada. Vorm peaks olema jooksvalt muudetav, kui selgub vajadus vormil esitatavaid andmeid täpsustada või kui uuendatakse määrusega nõutud infot.

Lisaks on vajalik tuua vormil välja aruande koosseisus esitatavate dokumentide nimekiri, mis vähendab võimalust, et töö üleandmisel on vajalikud lisafailid aruande koosseisust puudu. Kui mingil põhjusel ei ole nõutud dokumente võimalik esitada, siis tuleb seletuskirjas tuua vastavasisuline põhjendus. Näiteks ei ole võimalik kaevutabelit esitada olukorras, kus kaevud mõõdistusalal puuduvad.

Ühtse vormi kasutamine võimaldab kõikidel osapooltel leida vajalikku infot kiiresti ning kindlast kohast. Töövõtja jaoks on andmete esitamine selgem ja eeldatavasti kiirem. Tellija jaoks on uuringu kontrollimine kiirem. Samuti tekib vähem segadust aruandes nõutud lisadokumentide esitamise osas.

Antud ettepanek ei ole otseselt seotud olemasolevate nõuete muutmisega, vaid ettepanek nende täiendamiseks. Analüüsi käigus selgunud tulemustest lähtudes on vajalik, et kõikidel osapooltel oleks võimalik veenduda, kas vajalikud andmed on esitatud.

5.2 Mõõdistamisvõrgu punktid

Kuna mõõdistamisvõrgu punktid on aluseks mõõdistusalal teostatavale mõõdistusele, siis peab nende rajamisega ja koordinaatide ning kõrguste määramisega seotud informatsioon olema uuringu aruandest kättesaadav.

Mõõdistamisvõrgu punktide nõuete osas teeb töö autor kolm ettepanekut.

Esimene ettepanek on, et aruandes tuleb esitada mõõdistamisvõrgu lähtepunktide ja riikliku kõrgussüsteemiga sidumise info.

Andmete esitamata jätmise probleemi lahendab eelnevas ettepanekus kirjeldatud ühtne vorm. Töö autori ettepanekul tuleb mõõdistamisvõrgu punktidega seotult esitada vormil järgnev info:

- lähtepunktide andmed, millele tasapinnaline ja kõrguslik mõõdistamisvõrk tugineb, sh andmete päritolu register, koordinaatsüsteem ja kõrgussüsteem;
- mõõdistamisvõrgu punktide tasandatud koordinaadid ja absoluutkõrgused;
- kirjeldada kõrgusliku mõõdistamisvõrgu sidumine riikliku kõrgussüsteemiga;
- nivelleerimiskäigu pikkus, lubatud sulgemisvea ja mõõdistamisel saavutatud sulgemisvea väärtused;
- tasapinnalise mõõdistamisvõrgu punktide koordinaatide määramisel RTK-tehnoloogiaga, tuleb lähtuda määruse nr 34 § 6 lõikes 4 toodust, sh esitada kontrollmõõtmiste tulemused ja kirjeldus, kuidas on rajatud punktide omavahelist sobivust kontrollitud teiste mõõtmismeetoditega;
- tasapinnalise mõõdistamisvõrgu rajamiseks muu meetodi kasutamisel tuleb esitada kirjeldus, millist meetodit on kasutatud ning kuidas on tagatud määruhes nr 34 toodud täpsusnõuded.

Lisaks tuleb aruande koosseisus esitada:

- mõõdistamisvõrgu punktide skeem;
- nivelleerimise tasandamise arvutused;
- muud asjakohased dokumendid.

Teine ettepanek on siduda mõõdistamisvõrgu punktide kõrgused nivelleerimise teel. Geodeetide poolt tehtud ettepanekust lähtudes tuleks tehnilises kirjelduses selgelt välja tuua nõue, et mõõdistusalale rajatud mõõdistamisvõrgu punktide kõrgused tuleb omavahel siduda nivelleerimise teel ning lisaks tuleb mõõdistamisvõrgu punktid siduda riikliku kõrgusvõrguga nivelleerimise teel.

Arvestades, et erinevates Eesti piirkondades on riikliku kõrgusvõrgu punktid erineva tihedusega, võivad riikliku kõrgusvõrgu punktid jääda mõõdistatavast alast mitme kilomeetri kaugusele ning seetõttu võib nivelleerimine osutuda ebaotstarbekaks. Seetõttu peab geodeedil olema võimalus kasutada erandlikus olukorras kõrguste sidumiseks muud meetodit.

Töö autori ettepanek sõnastuse osas on järgnev. Kõrgusliku mõõdistamisvõrgu punktid tuleb riikliku kõrgusvõrguga siduda nivelleerimise teel. Samuti peavad kõik objektile rajatud kõrgusliku mõõdistusvõrgu punktid olema omavahel nivelleerimise teel kõrguslikult seotud ja tasandatud. Aruandesse tuleb lisada nivelleerimiskäigu skeem ja arvutused. Juhul kui uuringu koostamisel selgub, et nivelleerimiskäigu rajamine ei ole otstarbekas, tuleb erandi rakendamine ning kõrguste sidumiseks kasutatav meetod kooskõlastada tellijaga.

Kolmas ettepanek on, et mõõdistamisvõrgu punktid tuleb rajada kohtkindlalt ning tehnilises kirjelduses tuleb sõnastada kohtkindla märgi mõiste.

Mõõdistusalale kohtkindlate mõõdistamisvõrgu punktide rajamine võimaldab samu punkte kasutada ka tee ehitustööde teostajal tee trassi ja rajatiste väljamärgimisel, kui eelnevalt on teostatud täiendavad mõõdistused, mis on kinnitanud, et punkti kõrgus ei ole ajas muutunud.

Kuna riigiteede projekteerimine ja ehitamine toimub valdavalt mitmekümnete aastate tagant, ei tohiks kohtkindlate punktide rajamine olla ebamõistlikult aja- ja töömahukas. Seetõttu on töö autori hinnangul mõistlik kasutada olemasolevaid ehitisi või rajatisi, mille kõrguslik liikumine ajas on vähetõenäoline. Teelõikudel, kus punkti rajamiseks sobivad ehitised puuduvad, on võimalik lähtuda Maa-ameti geodeetilise märgi rajamise põhimõtetest ning paigaldada pinnasesse reeper, mille alumine ots ulatub allapoole maapinna külmumispiiri.

Kuna mõõdistatav teelõik võib olla mitmeid kilomeetreid pikk, siis tuleb Transpordiameti nõuetes fikseerida ka kohtkindlalt rajatavate mõõdistamisvõrgu punktide samm.

Töö autori ettepanek sõnastuse osas on järgnev. Mõõdistusalale rajada vähemalt 2 (pikema objekti korral vähemalt 1 punkt 1 km pikkuse teelõigu kohta) kohtkindlate märkidega kindlustatud mõõdistamisvõrgu punkti. Kohtkindlaks märgiks lugeda looduses olemasolevale ehitisele või rajatisele rajatud punkti, mille kõrguslik liikumine ajas on vähetõenäoline. Punkt peaks olema rajatud olemasoleva hoone, silla või maapinna külmumispiirist sügavamale rajatud ehitise külge. Sobiva olemasoleva ehitise puudumisel rajada kohtkindel märk vastavalt Maa-ameti geodeetilise märgi rajamise põhimõtetele.

Tehtud ettepaneku toimivus ja sellest saadav tulu vajab praktikas katsetamist ja vajadusel saadud kogemuste alusel täpsustamist. Samuti tuleb koostöös geodeetidega täpsustada, milline on optimaalne kohtkindlalt rajatavate mõõdistusvõrgu punktide samm.

5.3 Erinevad mõõdistusviisid

Töö autorile teadaolevalt on Transpordiameti tehnilises kirjelduses mõeldud tahhümeetrilise mõõdistusviisi all kontaktset tahhümeetriga mõõdistamist, kuid analüüsi tulemused näitasid, et juba täna kasutatakse erinevaid mõõdistusseadmeid.

Autor peab oluliseks, et kui erinevate mõõdistusviiside kasutamine on Transpordiameti projektide topo-geodeetiliste uuringute koostamisel lubatud, siis peab see olema üheselt mõistetav kõigile.

Mõõdistustöö hinnapakkumise tegemisel ei tohiks nõuete tõlgendamise kaudu tekkida mõnel ettevõttel konkurentsieelist, vaid kõigil peab olema võimalik teha pakkumust samadel alustel.

Töö käigus kogutud teadmiste alusel on võimalik anda üldised suunised erinevate mõõdistusviiside kohta esitatavate andmete osas. Täpsemate nõuete väljatöötamiseks tuleb teha täiendavat koostööd geodeetidega. Järgnevalt esitatakse töö autori kolm ettepanekut erinevate mõõdistusviiside nõuete osas.

Esmalt tuleb autori arvates muuta tehnilise kirjelduse sõnastust mõõdistusviisi osas ning võtta välja nõue, et mõõdistamiseks tuleb kasutada tahhümeetrilist mõõdistusviisi.

Arvestades, et maamõõdutöödeks kasutatavad seadmed on suhteliselt lühikese aja jooksul teinud läbi suure arenguhüppe, siis on mõistlik, et Transpordiameti nõuded võimaldaksid mõõdistusviisi ja -seadmete valiku tegemist geodeesiaettevõtte enda poolt. Üldistatult võib öelda, et tellija jaoks on oluline, et andmete nõutud täpsus oleks tagatud.

Töö autori ettepanek sõnastuse osas on järgnev. Mõõdistamiseks kasutatav mõõdistusviis ja -seadmed peavad tagama määruses nr 34 ja Transpordiameti juhistes nõutud täpsuse. Töövõtja peab aruande seletuskirjas kirjeldama, milliste töövõtetega on täpsus tagatud.

Teiseks ettepanekuks on täpsustada, et milliseid andmeid tuleb erinevate mõõdistusviiside kohta uuringu aruandes esitada.

Töö käigus kogutud teadmiste põhjal on töö autorile selge, et erinevate mõõdistusviiside kohta detailsete nõuete sõnastamine vajab täpsemaid geodeesia eriala teadmisi ning töökogemust erinevate mõõdistusseadmete kasutamisel. Kuna Transpordiameti jaoks on oluline teada, millist mõõdistusviisi ja -seadmeid on andmete kogumiseks kasutatud, siis saab nõuetes esitada tingimuse, et uuringus tuleb töövõtja poolt vastavad selgitused esitada. Kui kasutatakse erinevaid mõõdistusviise, siis tuleb selgitused esitada iga viisi kohta eraldi.

Laserskaneerimise ja fotogramm-meetria kohta esitatavate andmete nimekirja koostamisel on aluseks võetud REIB OÜ töös toodud informatsioon ning osaliselt võetud eeskujuks Läti Riigiteede nõuded.

Töö autori ettepanek sõnastuse osas on järgnev. Iga kasutatava mõõdistusviisi kohta esitada seletuskirjas järgnevad andmed, mis kirjeldavad kasutatud meetodikat, seadmeid ja tarkvara:

- tuua välja välitööde tegemise kuupäevad;
- esitada mõõdistuse läbiviimise kirjeldus;

- kirjeldada, milliste töövõtetega on määruses nr 34 ja Transpordiameti juhistes nõutud andmete täpsus tagatud ning võimalusel esitada kirjeldust täiendavad dokumendid koos selgitustega;
- nimetada kasutatud mõõdistusseadmed ja nende täpsus;
- kirjeldada andmetöötluse tehnoloogiat ja nimetada kasutatud tarkvara.

Laserskaneerimise kohta esitada täiendavalt:

- ilmastikuolud mõõdistuse ajal;
- punktide tihedus;
- punktipilve formaat.

Fotogramm-meetria kasutamisel esitada täiendavalt:

- ilmastikuolud mõõdistuse ajal;
- kaamera seaded (kaamera nurk maapinna suhtes, fotode ülekate, fotode formaat);
- lendamise seaded (lennutrajektoor, -kõrgus, -kiirus);
- maapealsete kontrollpunktide kasutamise andmed ja selgitused.

Kolmandaks ettepanekuks on eristada maa-ala plaanil erinevate mõõdistusviisidega kogutud andmed.

Projekteerimisel ei ole otseselt oluline, millisel viisil on maa-ala plaanile kantud andmed mõõdistatud, kuid töö autori hinnangul on erinevate mõõdistusviisidega kogutud andmete eristamine plaanil vajalik analüüsi ja järelduste tegemiseks tulevikus.

Kui mõõdistusviisi ja -seadmete valiku teeb geodeesiaettevõtte, siis on ilmne, et erinevad ettevõtted võivad kasutada erinevat lähenemist. Andmete eristamine võimaldab tulevikus analüüsida ettevõtete praktikat ning selle alusel hinnata, kas Transpordiametil tuleb nõudeid täiendada, et tagada ühtne lähenemine. Samuti võimaldab andmete eristamine hinnata tulevikus erinevate mõõdistusseadmetega kogutud andmete mõju tee-ehitustööde etapis.

Töö autori ettepanek sõnastuse osas on järgnev. Kui mõõdistamisel on kasutatud rohkem kui ühte mõõdistusviisi, siis tuleb erinevate mõõdistusviisidega kogutud andmed esitada maa-ala plaanil erinevatel kihtidel või eraldiseisvate failidena.

5.4 Ettepanekud Transpordiameti juhendi muutmiseks

Arvestades, et Transpordiameti juhend on koostatud juba 15 aastat tagasi, tuleb see tervikuna üle vaadata. Juhendist tuleb välja võtta nõuded, mis ei ole praegu enam asjakohased või mis dubleerivad määruses nr 34 toodut.

Juhendisse tuleb koondada selgitused ja nõuded, mis on konkreetselt tee ehitusprojekti koostamisel olulised ning mida tuleb alati riigitee mõõdistamisel rakendada ja jälgida.

Töö autori ettepanek on viia tehnilisest kirjeldusest tehnovõrkudega seotud tingimused juhendisse. Juhul kui mõõdistusalale jäävad tehnovõrgud, siis tuleb need kanda maa-ala plaanile ja esitada nende kohta andmed, mis on juhendi alusel nõutud.

Mõõdistamistööde eest vastutava isiku osas on kehtivas juhendis esitatud nõue, et tal peab olema vähemalt 3-aastane topo-geodeetiliste uurimistööde kogemus. Arvestades, et erinevate mõõdistusseadmete kasutamisel on kvaliteetse tulemuse saamisel oluline roll mõõdistust läbiviival isikul, siis tuleks senist nõuet muuta ning viia vastavusse kehtivate kutsestandarditega.

Töö autori ettepanek on sätestada, et riigitee ehitusprojekti aluseks koostatava topo-geodeetilise uuringu eest vastutaval isikul peab olema vähemalt geodeet tase 6 kutse.

5.5 Täiendavad tähelepanekud

Määruse nr 34 lisas 1 on selgelt välja toodud, millised looduses esinevad objektid tuleb maa-ala plaanil erinevate mõõtkavade korral kajastada. Transpordiameti projektijuhtidelt saadud tagasisidest lähtudes saab öelda, et osaliselt on tellijale esitatavatelt plaanidelt olemasolevaid objekte puudu.

Kirjeldatud probleemi ei ole autori hinnangul võimalik nõuete muutmise teel lahendada, kuid sellele tuleb tähelepanu pöörata nii tellijal töö vastuvõtmisel kui välitöid teostatavatel geodeetidel.

Töö autori ettepanek on Transpordiameti projektijuhtidel jätkata maa-ala plaani visuaalse kontrolli teostamist Maa-ameti WMS kaarditeenuse abil ning võrrelda pisteliselt plaanil olevat infot ortofotol, põhikaardil ja kitsenduste kaardil oleva infoga.

Lisaks eelnevatele ettepanekutele ja tähelepanekutele selgusid lõputöö koostamisel kolm teemat, mis vajavad autori arvates eraldiseisvate töödena täiendavat uurimist.

Esmalt tuleks Transpordiameti ja geodeesia eriala spetsialistide koostöös analüüsida, kas määruses nr 34 toodud täpsusnõuded nii mõõdistamisvõrgu punktide kui situatsioonimõõdistuse jaoks on endiselt sobivad või on vaja need ümber hinnata. Seejuures on võimalik arvestada ka Rail Baltica geodeetilise võrgu ehitamisest saadud teadmisi ja kogemusi.

Teiseks vajab maa-aluste tehnovõrkude andmete kogumise ja maa-ala plaanil kujutamisega seonduv põhjalikku analüüsi. Probleemiks on asjaolu, et tehnovõrgu teostusjoonisele kantud informatsioon võib olla vale ning tihti ei tea ka tehnovõrkude valdajad ja omanikud tehnovõrgu täpset asukohta ja sügavust. Samas on tehnovõrkude andmete olemasolu ja täpsus topo-geodeetilises uuringus väga oluline ning mõjutab nii tee projekteerimist kui ehitamist.

Kolmandaks tuleks erinevate mõõdistusviiside kohta uurida erinevate riikide näiteid ning sõnastada Eesti oludesse sobivad tingimused. Kui Transpordiamet lubab edaspidi projektide topo-geodeetiliste uuringute teostamisel erinevaid mõõdistusviise, siis on järelduste tegemisel võimalik kasutada ka nendest töödest kogutud praktilist teavet.

KOKKUVÕTE

Lõputöös vaadeldi Eesti riigiteede ehitusprojektide aluseks koostatud topo-geodeetiliste uuringute tähtsust teedehituse valdkonnas, viidi läbi erinevate geodeesiaettevõtete poolt koostatud uuringute analüüs, anti ülevaade erinevate tööde käigus kogutud informatsioonist ning esitati töö autori poolt järeldused ja ettepanekud Transpordiameti topo-geodeetilistele uuringutele esitatavate nõuete uuendamiseks ja täpsustamiseks.

Riigitee ehitusprojekti koostamisel on oluline, et topo-geodeetilises uuringus esitatud andmed vastaksid etteantud täpsusnõuetele, annaksid uuritavast maa-alast põhjaliku ülevaate ning sisaldaksid projekti koostamiseks vajalikku teavet. Ebatäpsete andmete põhjal koostatud projektlahendus võib tee-ehitustöödel kaasa tuua erinevate konstruktsioonikihtide mahtude erinevusi ning see võib omada olulist mõju ka teega piirnevatele kinnistutele. Transpordiameti ehituse projektijuhtidelt saadud tagasiside alusel ilmnevad topo-geodeetilistest uuringutest tingitud vead tee-ehitustöödel peamiselt kõrguste erinevustena ning tehnovõrkude valede asukohtade ja sügavustena.

Töö käigus viidi läbi 11 erineva geodeesiaettevõtte poolt koostatud topo-geodeetiliste uuringute analüüs, mille käigus analüüsiti tellijale esitatud dokumentatsiooni ja aruande seletuskirjas toodud informatsiooni põhjal, et millisel viisil täidetakse olemasolevas olukorras määruses ja Transpordiameti juhistes toodud tingimusi. Üldiselt saab analüüsi tulemusel selgunud andmete põhjal öelda, et osaliselt ei ole uuringute aruannetes nõutud infot esitatud ning seletuskirjades esitatu ei anna selget ülevaadet teostatud tegevustest.

Möödistamisvõrgu rajamisega seonduvat vaadeldi analüüsis täpsemalt, kuna see on aluseks situatsiooni elementide ja maastiku objektide asendi määramisel. Selgus, et nii tasapinnalise kui kõrgusliku möödistamisvõrgu punktide kohta esitatud informatsioon on erinevate ettevõtete aruannetes puudulik. Näiteks ei olnud mitmetes uuringutes esitatud tasapinnalise ja kõrgusliku möödistamisvõrgu lähtepunktide andmeid, möödistamisvõrgu arvutusi ega välja toodud saavutatud täpsuseid.

Möödistustöödeks kasutatavate seadmete võrdlusel selgus, et erinevates ettevõtetes on kasutusel erinevate tootjate erinevad mudelid. Elektrontahhümeetrid ja GPS seadmed on kasutusel kõikides ettevõtetes, nivelliiri on möödistustöödel kasutanud viis ettevõtet ning lisaks on esitatud andmete põhjal selgunud, et möödistamisel on kasutatud ka laserskaneerimist ja fotogramm-meetriat.

Lisaks anti lõputöös ülevaade varem tehtud töödest ja geodeetidelt saadud tagasisidest, mis on seotud Transpordiameti nõuetega.

Töö koostamisel kerkisid töö autori hinnangul esile kolm peamist teemat, mille osas on vajalik seniseid Transpordiameti topo-geodeetilistele uuringutele esitatavaid nõudeid korrigeerida – uuringu seletuskirjas ja aruandes andmete esitamine, erinevate mõõdistusviiside kasutamise võimaldamine ning mõõdistamisvõrgu punktide rajamine.

Kuna analüüsi käigus selgus, et uuringutes ei ole osaliselt nõutud infot esitatud, siis on tehtud ettepanek töötada välja andmete esitamise vorm ning aruande koosseisus esitatavate dokumentide nimekiri, mis vähendab võimalust, et vajalik info jääb uuringus esitamata. Ettepanekud on tehtud ka mõõdistamisvõrgu punktide rajamisega seotud nõuete täpsustamiseks.

Autor on seisukohal, et Transpordiameti nõuded peaksid mõõdistusviisi valiku osas olema paindlikumad ja võimaldama geodeesiaettevõttel endal valida mõõdistamiseks kasutatavad seadmed ning meetodika. Töös on toodud ettepanek senise sõnastuse muutmiseks ning lisatud, et uuringu aruandes tuleb esitada mõõdistuse läbiviimise kirjeldus ja selgitada kuidas on tagatud etteantud täpsusnõuded.

Töö lõpus on välja toodud teemad, mis vajavad autori hinnangul eraldiseisvate töödena täiendavat uurimist. Arvestades, et mõõdistamiseks kasutatavate seadmete täpsus ajas kasvab, siis vajab analüüsimist, kas kehtivad täpsusnõuded nii mõõdistamisvõrgu punktide kui situatsioonimõõdistuse jaoks on endiselt sobivad. Samuti tuleb eraldi uurida võimalusi, kuidas oleks võimalik parandada maa-aluste tehnovõrkude andmete kogumist ning maa-ala plaanil esitamist, et vähendada tehnovõrkudega seotud probleeme tee-ehitustööde käigus.

Kokkuvõtteks võib öelda, et koostatud töö annab tervikliku ülevaate riigiteede ehitusprojektide aluseks koostatavate topo-geodeetiliste uuringute hetkeseisust, seni kogutud informatsioonist ning autori järeldustest, mis töö koostamisel selgusid. Töös tehtud ettepanekute alusel Transpordiameti topo-geodeetilistele uuringutele esitatavate nõuete uuendamisel ja täiendamisel on töö autori arvates vajalik teha täiendavat koostööd geodeetidega, et nõuete sõnastused oleksid üheselt arusaadavad ning kooskõlas geodeetiliste tööde põhimõtetega. Samuti on soovituslik viia läbi pilootprojektid, mille koostamisel saadud praktiliste kogemuste alusel saab hinnata nõuete sobivust või muutmise vajadust.

SUMMARY

The following thesis *Analysis of Topo-geodetic Surveys for Road Construction Principal Building Design Documentation* examines topo-geodetic surveys as the basis for public road construction projects in Estonia. The legislation providing the requirements for the preparation and formalization of topo-geodetic surveys was enacted 7 years ago, and the additional requirements by the Estonian Transport Administration for topo-geodetic surveys in road design were approved 15 years ago. Since rapid technological developments have taken place concerning the instruments for geodetic surveys, geodetic companies are increasingly adopting new surveying technologies and instruments.

The aim of this thesis was to propose, based on the information collected, changes to the Transport Administration's requirements for topo-geodetic surveys, so that geodetic companies could decide for themselves which instruments and methodology to use when carrying out geodetic works.

The thesis first gives an overview of the legislation, guidelines and other materials that form the basis for topo-geodetic surveys. Chapter Two describes the importance of surveys in road construction and points out the problems in road construction works, potentially caused by errors or shortcomings in surveys.

The third part of the thesis presents the results of analyzing topo-geodetic surveys from 11 different geodetic companies. The goal was to study the data and documents in the surveys for an overview of how and with what instruments such surveys are being currently conducted. In general, the analysis makes it clear that the information required by the regulation and guidelines of the Transport Administration is partly excluded from survey reports and that the information provided in many explanatory letters fails to give a distinct overview of the activities. Chapter Four presents summaries of various previously prepared papers, guiding materials and surveyors' feedback.

Finally, based on the results of the analysis, the information presented in previous papers and the knowledge gathered during the preparation of the thesis, proposals are made to change and specify the requirements for topo-geodetic surveys by the Transport Administration. According to the author, three main issues emerge in which it is necessary to adjust the current requirements: the required data and documents should be included in the explanatory letters and the survey report; the requirements should allow the use of different survey instruments; and important information related to the establishment of survey grid points should also be included in the survey report.

Regarding the proposals in the thesis, additional cooperation with surveyors is necessary for an unambiguous wording of the requirements that would follow the principles of geodetic works. It is also recommended to carry out pilot projects. The suitability of the requirements or the need for changes can be assessed based on practical experience gained during their preparation.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] Majandus- ja taristuministri 09.01.2020 määrus nr 2, „Tee ehitusprojektile esitatavad nõuded,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/120112020004?leiaKehtiv>. [Kasutatud 29 03 2023].
- [2] Majandus- ja taristuministri 14.04.2016 määrus nr 34, „Topo-geodeetilisele uuringule ja teostusmõõdistamisele esitatavad nõuded,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/119042016003?leiaKehtiv>. [Kasutatud 29 03 2023].
- [3] Transpordiamet, „Täiendavad nõuded topo-geodeetilistele uurimistöödele teede projekteerimisel,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.transpordiamet.ee/media/2798/download>. [Kasutatud 29 03 2023].
- [4] Transpordiamet, „Tehniline kirjeldus (majasisene dokument)“.
- [5] „Ehitusseadustik,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/107032023072?leiaKehtiv>. [Kasutatud 30 03 2023].
- [6] „Kutseseadus,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/113032019010>. [Kasutatud 29 03 2023].
- [7] Sihtasutus Kutsekoda, „Kutsestandardid,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.kutseregister.ee/et/standardid/standardid_top2/?. [Kasutatud 29 03 2023].
- [8] Transpordiamet, „Riigiteede teehoiukava,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.transpordiamet.ee/media/16868/download>. [Kasutatud 12 04 2023].
- [9] Transpordiamet, „Projekteerimistingimused,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://transpordiamet.ee/otsing?keyword=Projekteerimistingimused>. [Kasutatud 10 04 2023].
- [10] J. Randjärv, Geodeesia I osa, Tartu: Geoprof-R OÜ, 1997.
- [11] Majandus- ja kommunikatsiooniministri 27.08.2007 määrus nr 70, „Ehitusgeodeetiliste uurimistööde tegemise kord,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/12861144>. [Kasutatud 07 04 2023].
- [12] Maa-amet, „Kõrgusvõrgu rekonstrueerimise ja nivelleerimise juhend,“ 2006. [Võrgumaterjal]. Available: https://geoportaal.maaamet.ee/docs/Geodeesia/Riiklikukorgusvorgu-juhend_2006.pdf?t=20180511112319. [Kasutatud 03 04 2023].

- [13] „Eesti Entsüklopeedia,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://entsyklopeedia.ee/artikkel/tahh%C3%BCmeetria1>. [Kasutatud 05 04 2023].
- [14] „Eesti Entsüklopeedia,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://entsyklopeedia.ee/artikkel/tahh%C3%BCmeeter>. [Kasutatud 05 04 2023].
- [15] Transpordiamet, Tehniline kirjeldus "Riigitee 13187 Toila-Oru km 4,341 Voka asula ristmiku eskiisi ning kaugseire meetodite ja andmete võrdlusanalüüsi koostamine", 2021.
- [16] Rakendusgeodeesia ja Ehitusgeoloogia Inseneribüroo OÜ, Uurimistöö aruanne „Riigitee 13187 Toila-Oru km 4,341 Voka asula ristmiku eri mõõdistusmeetodite tulemuste võrdlusanalüüs“, Tallinn, 2021.
- [17] VSIA Latvijas Valsts ceļi, „Topogrāfiskā uzmērīšana, ģeodēzisko tīklu punkti, tālzpētes dati“, 2022.
- [18] „Rail Baltica kiirraudtee geodeetilise võrgu ehitus- ja järelevalveteenuste tehniline kirjeldus“, 2020.

LISAD

Lisa 1. Väljavõte Transpordiameti tehnilise kirjelduse uuringute peatükist

Lisa 2. Uuringute aruannetes esitatud andmete kokkuvõte

Lisa 3. Uuringute seletuskirjades esitatud andmete kokkuvõte

Lisa 4. Uuringutes esitatud mõõdistamisvõrgu andmete kokkuvõte

Lisa 1. Väljavõte Transpordiameti tehnilise kirjelduse uuringute peatükist

4. Uuringud

4.1. Uuringute teostamisel, mis vajavad ajutist liikluskorraldust, tuleb lähtuda Transpordiameti juhiseist „Riigiteede ajutine liikluskorraldus - Juhend liikluse korraldamiseks riigiteede ehitus- ja korrashoiutöödel“.

4.2. **Topo-geodeetilised uuringud** teostada mahus, mis võimaldab maantee, ristmike ja vete äravoolurajatiste projekteerimist:

4.2.1. Topo-geodeetilised uuringud teostada vastavalt majandus- ja taristuministri 14.04.2016 määrusele nr 34 „Topo-geodeetilisele uuringule ja teostusmöödistamisele esitatavad nõuded“ ja Maanteeameti peadirektori 13.05.2008 käskkirjaga nr 102 kinnitatud juhendile „Täiendavad nõuded topo-geodeetilistele uurimistöödele teede projekteerimisel“.

4.2.2. Töövõtja peab koostama ja kooskõlastama Tellijaga enne tööde algust topo-geodeetiliste tööde kava.

4.2.3. Möödistamisel kasutada tahhümeetrilist möödistamisviisi. Nivelleerimiskäik rajada nivelleerimise teel ning lisada aruande mahtu möödistamisvõrgu punktide ja nivelleerimiskäigu skeem. Möödistamisvõrgu punktid tuleb kindlustada looduses, mis säiliks kuni tee-ehituse vastuvõtmiseni (vähemalt 2 aastat).

4.2.4. Maanteelõigu alguse ja lõpu kohta anda koordinaadid ja kinnistada looduses.

4.2.5. Möödistusala ulatus ja uuringute täpne maht määrata Töövõtjal arvestades Töö eesmärki. Möödistusala peab olema tee ehitusprojekti koostamiseks ja olemasoleva situatsiooniga kokku viimiseks vajalikus mahus.

4.2.6. Maanteega külgnevad riigimaanteed möödistada vähemalt 100m ulatuses alates ristmikust. Täpsustatakse uuringute kavas.

4.2.7. Möödistus teostada maantee koridoris vähemalt 100 m laiuselt (50 m ulatuses mõlemalt poolt alates tee teljest).

4.2.8. Ristuvatel kraavidel üles- ja allavoolu teha möödistused vete ärajuhtimissüsteemi (eelvoolu tagamiseks) projekteerimiseks vajalikus mahus (vähemalt 100 m üles- ja allavoolu).

4.2.9. Kaevude kohta esitada kaevutabelid, milles kajastada kaevu number, absoluutkõrgused (maapinnast, kaevu kaas, kaevu põhi), kaevu läbimõõt laiemas kohas, kaevu materjal (seinad, kaas), torude andmed (absoluutkõrgus põhjast, läbimõõt materjal, suubumine, kaevu visuaalne seisukord ning kaane kõrguse reguleerimise ulatus (min-max)).

4.2.10. Urida tehnovõrkude paiknemist mõõdistusalal ja tehnovõrkude sügavust/kõrgust. Mõõdistusalal paiknevate tehnovõrkude asukohad ja sügavus/kõrgus kanda plaanile;

4.2.11. Mõõdistada kõik truubid. Esitada geodeetilisel alusplaanil truubi sisse- ja väljavoolu kõrgused, truubi läbimõõt ja pikkus, truubi materjal. Topo-geodeetiline uuring peab olema koostatud mahus, mis võimaldab veeviimarite terviklahenduse projekteerimist.

4.2.12. Koostada tabel teelõigul olevate liiklusmärkide kohta. Tabelis peab kajastuma märgi asukoht, nimetus, märgi number ja kirjeldus. Märgid tähistada tabelis numbriga ja tähistada ka plaanil.

4.2.13. Mõõdistada ja kanda plaanile kõik leitud piirimärgid ja Maa-ameti geoportaalist vektorkujul kättesaadavad katastriüksuste piirid. Koostada piiriandmete aruanne, milles esitada muuhulgas piiriprotokollide andmed ja hinnang piiriandmete täpsustamise vajaduse kohta. Koostada tabel piirnevate maaüksuste andmetega (kinnistusregistriosa number, katastriüksuse tunnus, katastriüksuse aadress), mõõdistusviisi (L-Est, plaanimaterjal jne) ja looduses olevate piiripunktide tähistuste kohta.

4.2.14. Topo-geodeetilise uuringu aruanne kooskõlastada tehnovõrkude valdajatega, Põllumajandusameti maaparandusosakonnaga ja kohaliku omavalitsusega.

4.2.15. Kooskõlastuste tulemused ja topo-geodeetiliste uuringute aruanne esitada vastavalt juhendile „Tee ehitusprojekti ja uuringute tulemuste esitamise juhend“ kirjeldusele.

4.2.16. Vormistusnõuded:

4.2.16.1. Töövõtja peab koostama 3-mõõtmelise digitaalse maapinnamudeli .dwg ja LandXML formaadis.

4.2.16.2. Olemasolev olukord modelleerida vastavalt Lisale 6. Mudelite kohta koostada ka kaaskirjad vastavalt Lisa 4.

4.2.16.3. Maapinnamudel tuleb koostada kogu mõõdistusala piirides näidatud ala kohta.

4.2.16.4. Maapinnamudeli failis peavad olema esitatud maapinnale iseloomulikud murdejooned (katte serv, mulde serv, äärekiivi ülemine ja alumine serv, kraavide ülemine ja alumine serv).

4.2.16.5. Maapinnamudeli failis peavad olemas esitatud maapinna samakõrgusjooned. Samakõrgusjoonte vahe peab olema 0,1m.

4.2.16.6. Korrastada maapinnamudel mõõdistusala piiril ning hoonete ning muude rajatiste juures.

4.2.16.7. Esitada olemasolevad tehno- ja muud rajatised 3-mõõtmeliste mudelitena LandXML, .dwg või .ifc formaadis rajatise tüübi kaupa erinevates failidena (vastavalt rajatise eripärale sobilikus formaadis).

4.2.16.8. Andmete puudumisel (nt sügavusandmed), tuleb mudelis kajastada eeldatavaid asukohti, erisused kirjeldada ära mudeli kaaskirjas. Andmete puudumise kohta tuleb lisada andmete omanikupoolne vastavasisuline kiri.

Lisa 2. Uuringute aruannetes esitatud andmete kokkuvõte



Info on esitatud



Info on esitatud osaliselt või puudulikult



Infot ei ole esitatud

	Ettevõte										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Tellija lähteülesanne											
Seletuskiri											
Objekti asukoha skeem koos mõõdistusalaga											
Tehnovõrkude omanike või valdajate loetelu koos neilt saadud kinnituste ja märkustega											
Kaevude ja muude rajatiste tehnilised andmed tellijaga kokkulepitud vormingus											
Maa-ala plaan											

Lisa 3. Uuringute seletuskirjades esitatud andmete kokkuvõte

	Info on esitatud		Info on esitatud osaliselt või puudulikult		Infot ei ole esitatud
---	------------------	---	--	---	-----------------------

	Ettevõte										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Objekti üldandmed											
Uuringu tegemise aeg											
Välitööde tegemise aeg eraldi välja toodud											
Uuringu teinud isiku nimi, registrikood ja kontaktandmed, ning majandustegevuse registri number											
Uuringu eest vastutava pädeva isiku nimi ja kvalifikatsioon ning kaasatud isikute nimed											
Tellijä nimi											
Kasutatud varasemate geodeetiliste tööde loetelu ja viited nende kasutamisele											
Mõõdistusmetoodika											
Mõõdistusseadmed											
Andmetöötlus											
Tarkvara											
Selgitused maa-alal paiknevate tehnovõrkude kohta											
Ülevaade katastriüksuste piiridest, nende päritolust, plaanile kandmise viisist											

Tuvastatud vastuolud piiriandmetes või piiride tähistuses koos võimaliku lahendusega	Red	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Red	Red
Tellijale, ehitisregistrile ning kohaliku omavalitsuse üksusele antavate materjalide loetelu	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Tellijale, ehitisregistrile ning kohaliku omavalitsuse üksusele antavate materjalide väljastusviis	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Red	Red	Green
Muu selgitav märkus	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Red	Red	Green
Uuringu aruanne allkirjastatud uuringu eest vastutava pädeva isiku poolt	Green	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Red	Green

Lisa 4. Uuringutes esitatud mõõdistamisvõrgu andmete kokkuvõte



Info on esitatud



Info on esitatud osaliselt või puudulikult



Infot ei ole esitatud

	Ettevõte										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Geodeetiline süsteem (kõrguslik ja tasapinnaline)											
Geodeetilise mõõdistamisvõrgu skeem											
Mõõdistamisvõrgu tulemus (koordinaadid ja kõrgused tabeli kujul)											
Mõõdistamisvõrgu punktid kantud maa-ala plaanile											
Tasapinnaline mõõdistamisvõrk											
Lähtepunktide andmed											
Lähtepunktide andmete päritolu register											
Mõõdistamisvõrgu arvutus											
Geodeetilise sidumise andmed											
Saavutatud täpsused											
Kõrguslik mõõdistamisvõrk											
Lähtepunktide andmed											
Lähtepunktide andmete päritolu register											
Mõõdistamisvõrgu arvutus											
Geodeetilise sidumise andmed											
Saavutatud täpsused											
Nivelleerimisskeem											