



TALLINNA
TEHNIKAKÕRGKOO

Kaur Varipuu

ELAMUARENDUSE TEEDEVÕRGU TÖÖPROJEKT

LÕPUTÖÖ

Tallinn 2024



Kaur Varipuu

ELAMUARENDUSE TEEDEVÕRGU TÖÖPROJEKT

LÕPUTÖÖ

Ehitusinstituut

Teedeehitus

Juhendaja: Katrin Uueküla, *MSc*

Tallinn 2024

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Kaur Varipuu

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

Elamuarenduse teedevõrgu tööprojekt

- 1) reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada ja teha üldsusele kättesaadavaks Tallinna Tehnikakõrgkooli digiarhiivi DSpace kaudu;
- 2) reprodutseerimiseks pärast piirangu lõppu juhul, kui instituudi direktori korraldusega on kehtestatud lõputöö avaldamisele tähtajaline piirang.

Olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile ja kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigusi.

Autorideklaratsioon

Mina, Kaur Varipuu

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

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

(allkirjastatud digitaalselt)

Juhendaja Katrin Uueküla

Töö vastab lõputööle esitatavatele nõuetele.

(allkirjastatud digitaalselt)

Lõputöö on kaitsmisele lubatud instituudi direktori korraldusega.

(allkirjastatud digitaalselt)

(kuupäevad digiallkirjades)

SISUKORD

LÜHENDITE LOETELU	5
SISSEJUHATUS	6
1 OBJEKTI TUTVUSTUS	7
1.1 Objekti asukoht	7
1.2 Objektiga koha peal tutvumine	8
1.3 Lähtematerjalid.....	10
1.3.1 Detailplaneering	10
1.3.2 Topo-geodeetiline uuring.....	11
1.3.3 Geoloogilised uuringud	12
1.3.4 Haljastuse inverteerimise aruanne	14
1.4 Juhendid, standardid ja seadusandlus	16
1.4.1 Projekteerimisel lähtunud materjalide loetelu	16
2 PROJEKTEERIMINE.....	18
2.1 Liikluskorraldus.....	18
2.1.1 Esimesed sammud projektlahenduse suunas	18
2.1.1 Projektlahenduse seos detailplaneeringuga	19
2.1.2 Tupiktänav	21
2.1.3 Liiklusmärgid ja teekattemärgistus.....	23
2.2 Vertikaalplaneering.....	24
2.3 Katendi arvutamine	24
2.4 Sademevee ära juhtimine ja kraavid	25
2.5 Projekteeritud kõrghaljastus	28
3 ANALÜÜS.....	29
3.1 BIM-i väärtus projekteerimisel	29
3.2 Projekteerimisel tehtud vead	32
3.3 Projekti keskkonnasäästlikus	33
KOKKUVÕTE	35
SUMMARY.....	36
VIIDATUD ALLIKAD	37
Lisa 1. Puuraukude skeem	40
Lisa 2. Puuraukude kirjeldused	41
Lisa 3. Tingmärkide loetelu	45
Lisa 4. Kap arvutuslehe kohustuslik lisa.....	46
Lisa 5. Sõidutee katendi arvutusest saadud tulemused koos konstruktiivse löikega	47
Lisa 6. Jalg- ja jalgrattatee katendi arvutusest saadud tulemused.....	48

LÜHENDITE LOETELU

AC Surf – asfaltbetooni kulumiskiht;

AKEJ - asfaldist katendikihtide ehitamise juhise;

BIM – ehitusinfo modelleerimine (ingl. k. *Building Information Modelling*);

EVS – Eesti Vabariigi standard;

JJT – jalgratta ja jalgtee;

KAP - elastsete katendite arvutamise programm;

KKEJ – killustikust katendikihtide ehitamise juhise;

KOV – kohalik omavalitsus;

TEKN – tee ehitamise kvaliteedi nõuded;

Tm - täitematerjal

SISSEJUHATUS

Projekteerimine on protsess, mis muudab ideed ja kontseptsioonid praktilisteks lahendusteks. See nõuab laia oskusteabe kasutamist algsest ideest kuni lõpliku teostuseni. Projekteerimisel on võtmeroll funktsionaalsuse, kasutajakogemuse ja visuaalse kvaliteedi tagamisel, et saavutada parim tulemus.

Käesoleva lõputöö eesmärk on analüüsida tööprojekti staadiumis ehitusprojekti projekteerimise protsessi, sealhulgas teha lähemat tutvust BIM-i (*Building Information Modeling*) kasutamisega ning selle mõjuga projekti tõhususele ja kvaliteedile. Lisaks on eesmärk integreerida lõputöösse keskkonnaaspektid, analüüsides, kuidas konkreetne projekt võib aidata kaasa keskkonna säästmisele või jätkusuutlikkusele. Projekt, mida käesolevas töös on kasutatud, asub Rae külas, Rae vallas, Harju maakonnas, riigitee 11334 Raeküla tee ääres km 2,3 – 2,7.

Lõputöös on lisaks eelnimetatule toodud välja kõik asjakohased juhendid, määrused ja standardid, need on seletatud üksikasjalikult lahti ja analüüsitud. Lõputöö autor on käinud projektalaga ka koha peal tutvumas ning analüüsinud projektlahendust kohapeal.

Suures pildis saab lugeda lõputöö kaheks suuremaks osaks. Esimene osa keskendub projekteerimisele, kus on kirjeldatud seda protsessi läbi lõputöö (ehk ka projekti) koostaja vaatevinklist. Teine osa on analüüsiv ning sinna hulka kuulub näiteks arutlev osa tehtud vigadest, projekti külastamisest, kui ka mõtisklus, kuidas oleks selle projekti koostamine BIM projektina aidanud projekteerimistiimi, kohalikku omavalitsust ja tellijat.

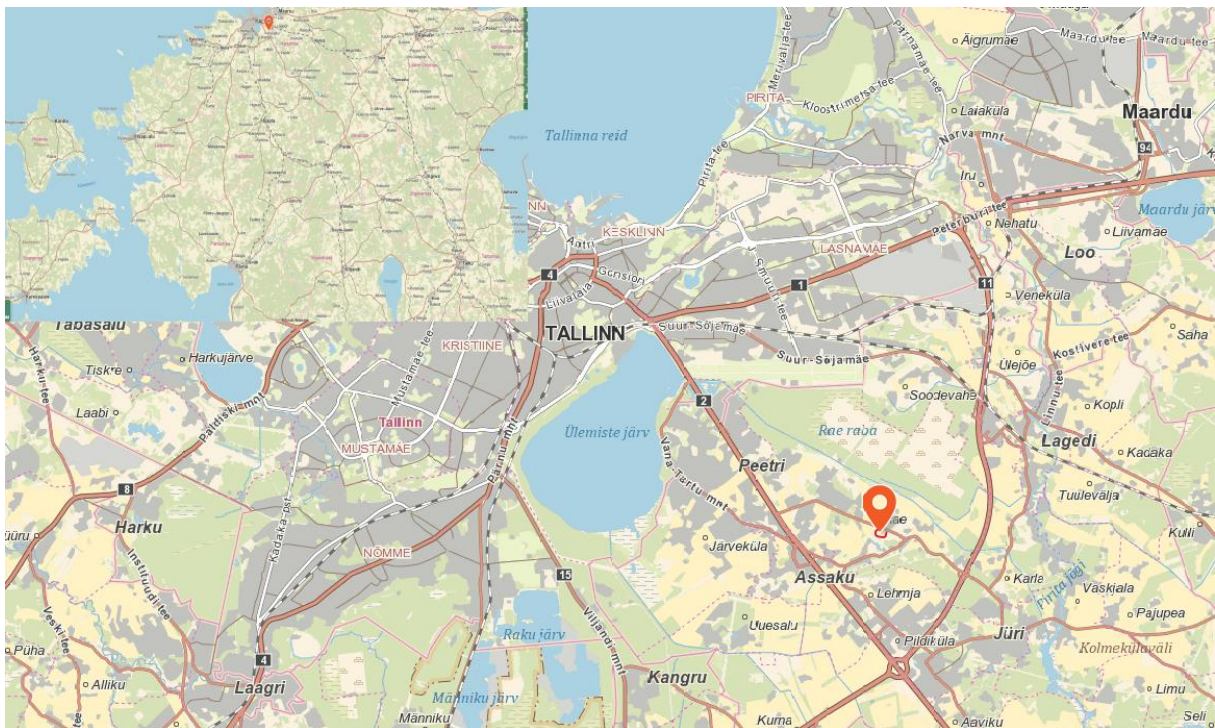
Lõputöö graafiline osa sisaldab nii puuraukude plaani ja kirjeldusi kui ka konstruktiivset lõiget.

1 OBJEKTI TUTVUSTUS

Selles peatükis tutvustatakse objekti asukohta ja antakse põgus ülevaade projekteeritava ala jaoks teostatud uuringutest ja nende tulemustest.

1.1 Objekti asukoht

Lõputöös käsitletav objekt asub Harju maakonnas, Rae külas, riigitee 11334 Raeküla tee ääres kilomeetritel 2,3-2,7. Riigitee sõidutee laius on 6 meetrit ning eraldi jalg- ja jalgrattateed (JJT) riigitee servas ei kulge. Kiiruspiirang riigiteel on antud piirkonnas 60 km/h. Järgneval kuvatömmisel (Joonis 1) on kujutatud objekti asukohta nii maakonna- kui ka riigi tasandil.



Joonis 1. Projekteeritava objekti asukoht Eesti kaardil [1]

Projekталal on täna tühermaa. Tänavakoridorides on varasemast juba teealused kaevikud rajatud ning paigaldatud on tänavavalgustuse kannud, elektrivarustus ning sidekanalisatsioon. Järgneval pildil (Joonis 2) on näidatud objekti asukoht ortofotol, kus teekaevikud joonistuvad välja.

Järgnev foto (Foto 1) on tehtud projektala planeeritud väljasõidu kohast. Pildi pealt see hästi välja ei paista, kuid tumedamad kontuurid kujutavad tulevase tee tarbeks üles kaevatud koridori. See toob tagasi eelmainitud mõtte juurde, et ainuüksi pilt ei anna edasi kogu vajalikku informatsiooni. Kõige parem objektiga tutvumise viis on selle külastamine.



Foto 1. Projektala planeeritud väljasõidu asukoht

Teisel fotol (Foto 2) joonistub paremini välja kui õhukene on sealne mullakiht. Ühest küljest on see kasulik, kuna kaevetöödele ja tee ehitusele kulub vähem ressursi, teisalt võib see kujuneda probleemiks puude kasvatamisel, kuna juured ei saa kuigi sügavale pinnasesse tungida. Projektala arendajal on seega võimalus väljakaevatud mulda taaskasutada istutavate puude alal, et anda istikutele paksem kasvualus.



Foto 2. Illustreeriv foto näitamaks mullakihi keskmist paksust

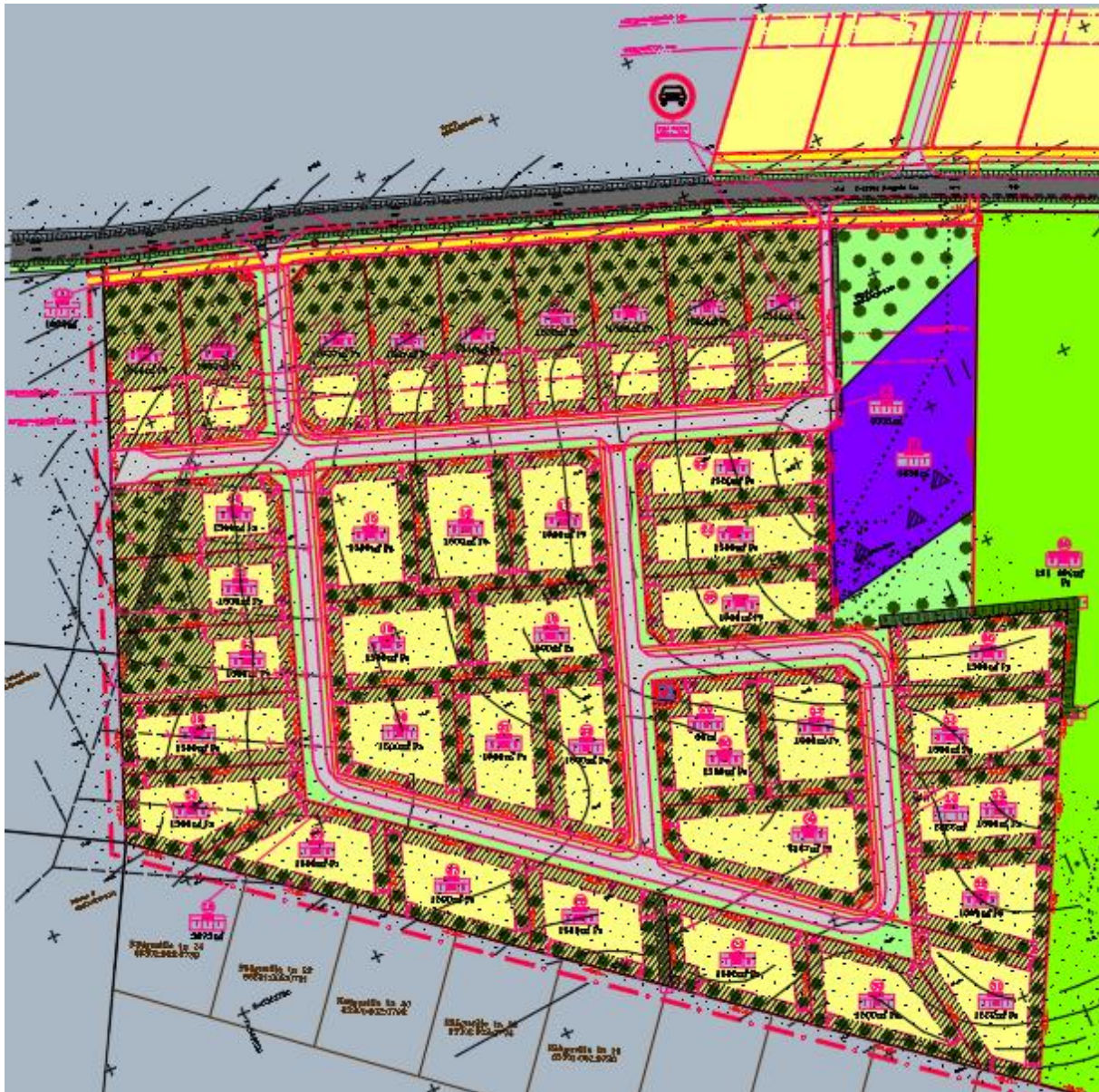
Objekti külastades hinnati ka maapinna niiskust, kuna oli kartus, et maapind võib olla väga niiske ja seeläbi on ehitustööd raskendatud. Kartused õnneks kinnitust ei saanud, kuna maapind oli võrdlemisi kuiv.

1.3 Lähtematerjalid

1.3.1 Detailplaneering

Detailplaneering on dokument, millega antakse seaduslik alus uute hoonete ehitamiseks ja maakasutuse muutmiseks. See on oluline vahend valla või linna territooriumi tasakaalustatud arengu tagamiseks. Planeeringu koostamisel kaasatakse elanikke ja huvigruppe, et arvestada erinevaid huve ja leida ühiskondlik kokkulepe. Detailplaneering aitab selgitada avalikke huvisid, optimeerida maakasutust ning tagada keskkonna ja ehituste kvaliteetne areng. [2]

Detailplaneeringu koostaja antud projektalale on Kivinuka KV OÜ ja töö nr on 449 (Joonis 3) [3]. Antud detailplaneering on aluseks arendusala taristu projekteerimiseks. Lisaks on OÜ KVVK Projekt koostanud naaberalale detailplaneeringu [4], mida kasutati antud projekti taustaks. OÜ KVVK planeeringuga on projekteeritud sademevee kanalisatsioon, mille osa ulatub projektalale. Selle järgi projekteeriti kraav, mida on täpsemalt kirjeldatud peatükis 2.4.



Joonis 3. Väljavõte Kivinuka KV OÜ detailplaneeringu põhijoonisest [3]

1.3.2 Topo-geodeetiline uuring

Topo-geodeetiline uuring on geodeetiliste tööde kogum, mille käigus selgitatakse välja, kirjeldatakse ja esitletakse olemasolevat olukorda planeeringuga seotud maa-alal või kavandatava või ehitatava ehitisega seotud maa-alal enne ehitusprojekti koostamist [5].

Projekteerijale on topo-geodeetiline plaan oluline, sest see annab talle ülevaate maa-alast, kus ehitusprojekt ellu viiakse. See aitab mõista olemasolevat olukorda, takistusi, võimalikke piiranguid ja muid tegureid, mis võivad mõjutada projekti planeerimist ja elluviimist. Plaani abil saab projekteerija hinnata, kuidas uus ehitus sobitub

Lisaks on topo-geodeetiline plaan vajalik ka seaduslike nõuete täitmiseks. Enne ehitusloa taotlemist peab geodeet esitama asjakohase topo-geodeetilise plaani, mis on heaks kiidetud ja aktsepteeritud asjakohaste asutuste poolt. Seega on korralikult koostatud ja täpne topo-geodeetiline plaan oluline vahend, mis tagab ehitusprojekti sujuva ja eduka kulgemise alates algusest kuni lõpuni. [5]

Topographic map showing a road intersection area. The map includes contour lines and elevation points. Key features include:

- 65301:002:1529 Kiivita tee 4** (Elevation: 47.56)
- 65301:002:1527 Kiivita tee 2** (Elevation: 48.11)
- 65301:002:1748 Raikula tee 15** (Elevation: 47.78)
- 5326** (Elevation: 47.36)
- 47.09**, **47.07**, **47.03**, **46.93**, **46.85**, **46.75**, **46.55**, **47.20**, **47.37**, **47.34**, **47.30**, **47.26**, **47.20**, **47.19**, **47.18**, **47.17**, **47.16**, **47.15**, **47.14**, **47.13**, **47.12**, **47.11**, **47.10**, **47.09**, **47.08**, **47.07**, **47.06**, **47.05**, **47.04**, **47.03**, **47.02**, **47.01**, **47.00**, **46.99**, **46.98**, **46.97**, **46.96**, **46.95**, **46.94**, **46.93**, **46.92**, **46.91**, **46.90**, **46.89**, **46.88**, **46.87**, **46.86**, **46.85**, **46.84**, **46.83**, **46.82**, **46.81**, **46.80**, **46.79**, **46.78**, **46.77**, **46.76**, **46.75**, **46.74**, **46.73**, **46.72**, **46.71**, **46.70**, **46.69**, **46.68**, **46.67**, **46.66**, **46.65**, **46.64**, **46.63**, **46.62**, **46.61**, **46.60**, **46.59**, **46.58**, **46.57**, **46.56**, **46.55**, **46.54**, **46.53**, **46.52**, **46.51**, **46.50**, **46.49**, **46.48**, **46.47**, **46.46**, **46.45**, **46.44**, **46.43**, **46.42**, **46.41**, **46.40**, **46.39**, **46.38**, **46.37**, **46.36**, **46.35**, **46.34**, **46.33**, **46.32**, **46.31**, **46.30**, **46.29**, **46.28**, **46.27**, **46.26**, **46.25**, **46.24**, **46.23**, **46.22**, **46.21**, **46.20**, **46.19**, **46.18**, **46.17**, **46.16**, **46.15**, **46.14**, **46.13**, **46.12**, **46.11**, **46.10**, **46.09**, **46.08**, **46.07**, **46.06**, **46.05**, **46.04**, **46.03**, **46.02**, **46.01**, **46.00**, **45.99**, **45.98**, **45.97**, **45.96**, **45.95**, **45.94**, **45.93**, **45.92**, **45.91**, **45.90**, **45.89**, **45.88**, **45.87**, **45.86**, **45.85**, **45.84**, **45.83**, **45.82**, **45.81**, **45.80**, **45.79**, **45.78**, **45.77**, **45.76**, **45.75**, **45.74**, **45.73**, **45.72**, **45.71**, **45.70**, **45.69**, **45.68**, **45.67**, **45.66**, **45.65**, **45.64**, **45.63**, **45.62**, **45.61**, **45.60**, **45.59**, **45.58**, **45.57**, **45.56**, **45.55**, **45.54**, **45.53**, **45.52**, **45.51**, **45.50**, **45.49**, **45.48**, **45.47**, **45.46**, **45.45**, **45.44**, **45.43**, **45.42**, **45.41**, **45.40**, **45.39**, **45.38**, **45.37**, **45.36**, **45.35**, **45.34**, **45.33**, **45.32**, **45.31**, **45.30**, **45.29**, **45.28**, **45.27**, **45.26**, **45.25**, **45.24**, **45.23**, **45.22**, **45.21**, **45.20**, **45.19**, **45.18**, **45.17**, **45.16**, **45.15**, **45.14**, **45.13**, **45.12**, **45.11**, **45.10**, **45.09**, **45.08**, **45.07**, **45.06**, **45.05**, **45.04**, **45.03**, **45.02**, **45.01**, **45.00**, **44.99**, **44.98**, **44.97**, **44.96**, **44.95**, **44.94**, **44.93**, **44.92**, **44.91**, **44.90**, **44.89**, **44.88**, **44.87**, **44.86**, **44.85**, **44.84**, **44.83**, **44.82**, **44.81**, **44.80**, **44.79**, **44.78**, **44.77**, **44.76**, **44.75**, **44.74**, **44.73**, **44.72**, **44.71**, **44.70**, **44.69**, **44.68**, **44.67**, **44.66**, **44.65**, **44.64**, **44.63**, **44.62**, **44.61**, **44.60**, **44.59**, **44.58**, **44.57**, **44.56**, **44.55**, **44.54**, **44.53**, **44.52**, **44.51**, **44.50**, **44.49**, **44.48**, **44.47**, **44.46**, **44.45**, **44.44**, **44.43**, **44.42**, **44.41**, **44.40**, **44.39**, **44.38**, **44.37**, **44.36**, **44.35**, **44.34**, **44.33**, **44.32**, **44.31**, **44.30**, **44.29**, **44.28**, **44.27**, **44.26**, **44.25**, **44.24**, **44.23**, **44.22**, **44.21**, **44.20**, **44.19**, **44.18**, **44.17**, **44.16**, **44.15**, **44.14**, **44.13**, **44.12**, **44.11**, **44.10**, **44.09**, **44.08**, **44.07**, **44.06**, **44.05**, **44.04**, **44.03**, **44.02**, **44.01**, **44.00**, **43.99**, **43.98**, **43.97**, **43.96**, **43.95**, **43.94**, **43.93**, **43.92**, **43.91**, **43.90</**

1.3.3 Geoloogilised uuringud

12

neid juhendite poolt määratud sagedusega ning nende eesmärk on koguda vajalikku informatsiooni rajatiste dimensioneerimiseks ja eelarvestamiseks. [6]

Projektaalale koostas vastava uuringu Maves OÜ 2022. aasta aprillis, töö number on 22016. Puuraukude skeem asub Lisa 1. Puuraukude kirjeldused asuvad Lisa 2. [7]

Vaadeldav ala paikneb Harju lavamaal. Loodesuunas langeva maapinna absoluutkõrgus on 40,15...49,30 m. Pinnakate koosneb jääsetetest, mida katab muld või täitepinna. Aluspõhjas avaneb savikas lubjakivi ja mergel. [7]

Järgneval joonisel (5) on toodud uuringuala geoloogilise lõike ülaosa (kõikide puuraukude kirjeldused on toodud Lisas 2) [7].

PA-1	Harjumaa Rae vald Rae küla				Suudme absoluutkõrgus			Veetase: 0.40 m	
	X 6583219.0		Y 549177.5		40.15 m			abs. kõrgus:	39.75 m
Geoloogiline indeks	Kihi sügavus maapinnast			abs. kõrgus	geoloogiline tulp	proovi akt nr	proovi süg., m	Kuupäev 07.apr.22	
	algus	lõpp	paksus					LÕIKES ESINEVATE PINNASTE KIRJELDUS	
Q2	0.00	0.40	0.40	39.75	1			Muld.	
Q1jrVr-g	0.40				3			Rohke kruusaga mõlline peenliiv: pruunikashall, väheplastne, poolkõva kuni kõva, sisaldab jäme purdu 20...30%. Alates sügavusest 0,80 m hall.	
O3kh1	2.75	2.90	0.15	37.40	4			Murenenud lubjakivi: pruunikashall, õhukesekihiline,	
O3kh1	2.90	3.50	0.60	36.65	5			Lubjakivi: hall, õhukese kihiline, keskmise tugevusega, sisaldab mergli vahekihte.	

Joonis 5. Uuringuala geoloogiline lõige [7]

Muld (kiht 1) levib pindmise kuni 0,90 m paksuse kihina. Samas suures osas on mullakiht 0,20-0,40m paks. Muld sisaldab paiguti lubjakivi tükke. Rajatavate teede asukohas on mulla kiht ära kooritud. [7]

Täitepinna (grsiSa) (kiht 1a) levib pindmise 1,85 m paksuse kihina puuraugu PA-16 ümbruses. Pinnas koosneb lubjakivi tükkidest, savimõllist, liivast ja mullast. Pinnas on mittedreeniv ja külmaohtlik. [7]

Rohke liivaga mõllsavi (sasiCl) (kiht 2) levib puuraukude PA-4; PA-8; PA-9 ja PA-10 piirkonnas pindmise 0,20...0,70 m paksuse kihina. Mõllsavi on kollakaspruun, väheplastne ja poolpehme kuni sitke konsistentsiga. Pinnase looduslik veesisaldus (wn) on 20,3...24,6%, keskmiselt 22,5%; voolavuspiir (wLS) on 25,7%; plastsuspiir (wP) on 15,7%; plastsusarv (IPS) on 10,0% ja voolavusarv (IL) on 0,68. Pinnas on mittedreeniv ja külmaohtlik. [7]

Rohke kruusaga mölline peenliiv (moreen) (kiht 3) levib kuni 1,85 m sügavusel maapinnast, absoluutkõrgusel 39,75...47,45 m. Pinnas on pruunikashall või hall, väheplastne, poolkõva kuni kõva konsistentsiga. Selle peenpurruks on rohke liivaga savi. Rohke kruusaga möllise peenliiva looduslik veesisaldus (wn) on 11,8...14,1%, keskmiselt 13,3%; voolavuspiir (wLS) on 20,3...21,0%, keskmiselt 20,6%; plastsuspiir (wP) on 14,7...15,3%, keskmiselt 22,3%; plastsusarv (IPS) on 5,6...5,7% ja voolavusarv (IL) on -0,21...-0,41. Pinnas on mittedreeniv ja külmaohtlik. Kihi paksus on kuni 2,35 m. [7]

Aluspõhja pealispind lamab kuni 2,80 m sügavusel maapinnast, absoluutkõrgusel 34,70...47,55 m, kohati on pinnakate kooritud. Lubjakivi 0,05...0,15 m paksune ülaosa on mõõdukalt murenenud (kiht 4). Lubjakivi (kiht 5) on sinakashall, õhukesekihiline, keskmiselt tugev ja sisaldab mergli vahekihte. Lubjakivi on puuritud 1,0 m paksuses. [7]

Põhjavee tase (Kvaternaari veekiht) jäi välitöö ajal (07.04.2022) 0,10...0,80 m sügavusele maapinnast, absoluutkõrgusele 39,75...48,90 m. Puuraukudesse PA-2 ...PA-7 ja PA-9...PA-12 vett ei ilmunud või esines lumesula järgset ülavett (puurauk PA-6). Ülaltoodud veetaset võib vaadelda kui maksimaalset, mõõdetud lumesula järgsel ajal. Põhjavee üldine liikumissuund on maapinna kallakust arvestades loodesse. Lubjakivides leviva Ordoviitsiumi veekihi tase jääb geoloogilise kaardistamise andmeil absoluutkõrgusele 40 m. Ordoviitsiumi veekihti uuringu raames avatud ei ole. [7]

Tee muldkeha remondi projekteerimise juhise järgi kuulub uuringupiirkond enamasti II niiskuspaikkonda, paikkonna tunnus niiske. Vaid puuraugu PA-15 piirkond kuulub III niiskuspaikkonda, tunnus liigniiske. [7]

See, kuidas need geoloogilisest uuringust saadud teadmised mõjutavad katendiarvutust, on täpsemalt lahti kirjutatud katendite peatükis.

1.3.4 Haljastuse inventeerimise aruanne

Haljastuse inventeerimise eesmärk on selgitada välja kasvukohatüübid väärtusliku puittaimestiku ja kaitsealuste liikide jaoks, nende säilitamise vajadus ning määrata hoonestusala ja tehnotaristu paiknemise võimalused. Inventeerimise käigus tuvastatakse ka taimeliigid, mis võivad ohustada looduslikku tasakaalu. See hõlmab kogu detailplaneeringu ja ehitusloa ala ning sellega seotud taristu piirkonda, kus ehitustööd võivad mõjutada säilitatavat haljastust. Välitöödel kaardistatakse, hinnatakse ja nummerdatakse kõik inventeeritaval alal esinevad puittaimed. Määratakse puittaimede liigid, mõõdetakse nende läbimõõt ja kõrgus ning kantakse need andmed digitaalsesse baasdokumenti. [8]

Antud projektal inventeeriti kõik puud, mille läbimõõt on vähemalt 8 cm, ja anti hinnang taimede seisundile ja väärtusele. Haljastuse inventeerimise tulemusel määratakse iga puu või taim väärtusklassi, mis põhineb nende seisundil, liigil ja asukohal. Aruandes esitatud seisukohad ja soovitused aitavad säästa olemasolevat looduskeskkonda ning vähendada keskkonna taastamisega seonduvaid kulusid. [8]

Projektalal on puude seisukord kehva, tegemist on ökoloogiliselt vähe tähtsate puudega. Objekti alumises osas esinevad halli lepa ja remmelga puuderühmad, mis on samuti väheväärtuslikud. [8]

Haljastuse inventeerimise aruandes käsitletakse eraldi taimede kaitsmist. Puittaimede kaitsmine ehitusobjektidel hõlmab väärtuslike ja eriti väärtuslike puude ning taimerühmade kaitsmist. Kaitsemeetmena kasutatakse 1,5 m kõrgust taraga ümbritsemist, mille puhul puude võrad jäävad tara sisse. Ehitusplatsi ääres asuvad kaitstavad taimed võib tarastada ümber või ehitada tara ainult ehitusplatsi poolsele küljele, kuid tarastatud ala ei tohi kasutada materjali laoplatsina. Puude tüve ümber tehakse püstplankudest kaitse, mille vahele asetatakse pehme polster. [8]

Kui töötingimused ei võimalda puu all töötamist, võib enne töö alustamist kokkuleppel haljastusspetsialistiga kärpida puu alumisi oksa. Lõige tehakse kas tüve või lähima jämedama oksa vastast, jätmata tüügast ja kahjustamata oksakraed. Töö lõppedes eemaldatakse tööaegsed kaitseehitised. [8]

Puujuurte kaitsmiseks kaevetööde ajal teostatakse kaevetööd käsitsi ja täpsustatakse puujuurte kaitseala vastavalt kaevetööde eeskirjale. Suurte puude juuri lõigatakse võimalikult vähe ning üle 25 mm läbimõõduga juurte lõikamine kooskõlastatakse Keskkonnametiga. Peenemad juured lõigatakse sirge, terava lõikevahendiga. [8]

Puujuurte kuivamise vältimiseks kastetakse paljandunud juuri ja kaetakse seejärel savika mulla ja geotekstiiliga. Hilisem kastmine toimub vähemalt 1x nädalas. Pikemalt lahti olevas süvendis kaitstakse juuri juurevõrguga (puupostidele toetatud jäik võrk), millele toetub geotekstiil. Vajadusel asetatakse juurestiku ja piirde vahele kastmistoru. Puujuurte külmumise vältimiseks kaetakse paljandunud murdunud juured temperatuuri langemisel külmaisolatsiooniga. Kergesti variseva pinnase puhul rajatakse tugiseinad puujuurte kaitsmiseks. Töötamisel säilitatavate puude all kaitstakse juurestiku ala õhulise liivakihi, millele pannakse killustik või asendatakse see geotekstiiliga. [8]

1.4 Juhendid, standardid ja seadusandlus

Enne teede projekteerimise algust on oluline mõista projekteerimise aluseid. See hõlmab varasemaid detailplaneeringuid, geoloogilisi- ja liiklusuuringuid ning keskkonnanalüüse. Detailplaneering annab raamistiku, mille alusel põhiprojekti koostatakse, samas kui geoloogilised ja keskkonnanalüüsid aitavad mõista maastiku iseärasusi ja võimalikke piiranguid.

1.4.1 Projekteerimisel lähtutud materjalide loetelu

Kiivita 1 projekti detailplaneeringul on arvestatud Eestis kehtivate seaduste, standardite, normdokumentide ja juhenditega. Olulisemad standardid ja juhendid, millest tuleb teede projekteerimisel lähtuda, on:

- EVS 613:2023 „Liiklusmärgid ja nende kasutamine“ on Eesti standard, mis kehtestab Eesti teeliikluses kasutatavate liiklusmärkide valmistamise ja paigaldamise nõuded [9];
- EVS 843:2016 „Linnatänavad“ on Eesti standard, mis rakendub avalikult kasutatavate tänavate, kõigi tiheasustusaladel paiknevate avalikult kasutatavate kohalike teede ja avalikkusele ligipääsetavate erateede projekteerimisel ning kohalikke teid käsitlevate planeeringute koostamisel [10];
- EVS 901-1:2020 „Tee-ehitus. Osa 1: Asfaltsegude ja pindamiskihtide täitematerjalid“. Selles Eesti standardis määratletakse nõuded Eestis asfaltsegudes ja pindamisel kasutatavate looduslike ja tehistäitematerjalide ning fillerite omadustele, arvestades kohalikke tee-ehituse ja teehoiu tingimusi ning praktilisi kogemusi [11];
- EVS 901-3:2021 „Tee-ehitus. Osa 3: Asfaltsegud“ kirjeldab Eestis enim kasutatavate ning Eesti kliima- ja liiklusoludele vastavate asfaltsegude lähtematerjale, segukoostisi ning neile esitatavaid toimivusomaduste nõudeid. Projektis kasutatavad lähtematerjalid ja neist toodetud asfaltsegud peavad vastama vähemalt selle standardiga sätestatud minimaalsetele kvaliteedinõuetele [12];
- „Tee ehitamise kvaliteedi nõuded“ (edaspidi TEKN) on määrus, millega sätestatakse avalikult kasutatava tee ehitamise minimaalsed kvaliteedi nõuded, mida tuleb järgida. Määruse koostamisel on arvestatud ka liiklejate ohutuse ja keskkonna kaitsega [13].
- AKEJ – Asfaldist katendikihtide ehitamise juhised – arvestab normides toimunud muudatusi ning Transpordiameti poolt omandatud täiendavaid kogemusi Eesti riigimaanteede asfaldist katendikihtide ehitus- ja remonditöödel [14];
- KKEJ – Killustikust katendikihtide ehitamise juhised – dokumendis on arvestatud muuhulgas normides toimunud muudatusi ning Transpordiameti poolt omandatud täiendavaid kogemusi ja teadmisi Eesti riigimaanteede killustikust katendikihtide ehitus- ja remonditöödel. Lisaks eelpool nimetatud TEKN nõuetele [13] sisaldab KKEJ

täiendavaid nõudeid täitematerjalidele ja nendest ehitatud killustikust katendikihtidele [15].

2 PROJEKTEERIMINE

Selles peatükis antakse ülevaade projekteerimise protsessist ja sellega esile tulnud probleemidest käesoleva projekti näitel. Kuigi iga projekt on omanäoline ja igast väiksemat projekteerimise nüansist saaks kirjutada eraldi peatüki, on selle peatüki eesmärk siiski anda aimu, mis selle tööga kaasneb ning seda esitada võimalikult arusaadavalt kõigile, kes seda lõputööd loevad.

Selleks, et käesolevas lõputöös käsitletud projekti väljavõtteid paremini mõista, on Lisas 3 toodud tingmärkide loetelu. Kuigi suures pildis enamus projekteerijad kasutavad küllaltki sarnaseid tingmärke, mis on mõistetavad ka ilma loeteluta, on alati siiski mõningad erisused, mis võivad jätta õhku küsimusi.

2.1 Liikluskorraldus

2.1.1 Esimesed sammud projektlahenduse suunas

Tööga alustati 2023. aasta oktoobris plaanilahenduse koostamisega, mis loomult oli üsna lihtne. Kuna detailplaneering oli juba eelnevalt koostatud, piisas algselt joonise ümbervormistamisest. Eesmärk oli esitada esialgne lahendus valda ja saada tagasisidet, kas selliste laiustega teed sobivad. Valla vastus esmasele ettepanekule oli, mida oli ka ette arvata, detailplaneeringu järgne jalg- ja jalgrattatee laiusega 1,50 meetrit ei ole piisav.

Suures pildis tulevikuvaates üha enam inimesi hakkavad sõidukite asemel kasutama jalgrattaid ning juba ennatlikult tuleb neile arvestada rohkem ruumi. Kuigi näiteks Tallinna ja Tartu linnal on juba koostatud oma rattastrateegia, on lisandumas Transpordiametilt ka üle-eestiline rattastrateegia järgnevak 10-ks aastaks (eeldatavasti näeb see päevavalgust 2025. aasta märtsis) [16].

Teedevõrku projekteerides peab alati silmas pidama, et liiklejatel oleks seda võimalikult mugav ja ohutu kasutada. Kuna antud projekti puhul on teekoridor küllaltki kitsas, oli parim variant projekteerida ühesuunalised tänavad. Kahesuunaline tänav eeldaks, et tee peaks olema laiem ja seega jääks ka haljasaladele vähem ruumi. See aga omakorda tähendaks, et on vähem ruumi, kuhu näiteks talvisel ajal koguda teedele sadanud lund. Ühesuunaline liiklus on korraldatud liiklusmärkidega, mille paigutus ja kasutus tuleneb standardist EVS 613:2023 „Liiklusmärgid ja nende kasutamine“ [9].

Kuna projekteeritud teedevõrgule jääb kaks pikemat sirget, millel võib sõidukijuhtidel tekkida õueala kiiruspiirangust hoolimata kiusatus liigselt kiirendada, on projekteeritud kaks künnist vastavalt linnatänavate standardile [10].

2.1.1 Projektlahenduse seos detailplaneeringuga

Kehtestatud detailplaneeringu põhjal peaks arendusala sees sõidutee laius olema 4,6 meetrit ja jalgtee laius 1,5 meetrit. Projekteerimise algul Rae vald (KOV) on aga andnud sisendi, et valla tänavatel minimaalne jalgtee laius peab olema 2,5 meetrit selleks, et tehnika saaks ilma katet lõhkumata teostada hooldustöid. Antud nõue on kooskõlas ka EVS 843:2016 „Linnatänavad“ tabeliga 8.1 (Joonis 6), mis viitab, et säärasesse keskkonda jalgtee kavandamisel võiks tasemel „hea“ jalgtee laius olla vähemalt 2,0 meetrit lai. [10]

Liik ja kergliikluse sagedus (jr+jk/tipptunnil)	Liikluskoosseis ristlõikes	Vähim laius (m)		
		Hea	Rahuldav	Erandlik
Könnitee või jalgtee	2 jk	2,0	1,75	1,5
Könnitee või jalgtee	3 jk	3,0	2,5	2,0
Jalgratta- ja jalgtee < 100	jk + 2 jr; 2 jk + jr	3,0	2,5	
Jalgratta- ja jalgtee 100 kuni 200	jk + 2jr; 2 jk + 1 jr;	3,5	3,0	
Jalgratta- ja jalgtee > 200	2 jk + 2 jr	4,0	3,5	
Jalgrattatee (liiklussagedus kuni 500 jr/h)	2 jr	2,5	2,0	1,5
Jalgrattatee (liiklussagedus kuni 500 kuni 1000 jr/h)	2 jr	3,0	2,5	
Jalgrattarada	jr	1,5	1,2	1,0*
jk jalakäija jr jalgrattur * äärekivi kõrgus alla 7,5 cm				

Joonis 6. Kergliiklustee vähim laius ([10], tabel 8.1)

Riigitee äärde on projekteeritud veel 3 meetri laiune jalg- ja jalgrattatee, mis ehitatakse välja projektala ulatuses, mis hiljem saab järgmiste planeeringutega loogilise jätku.

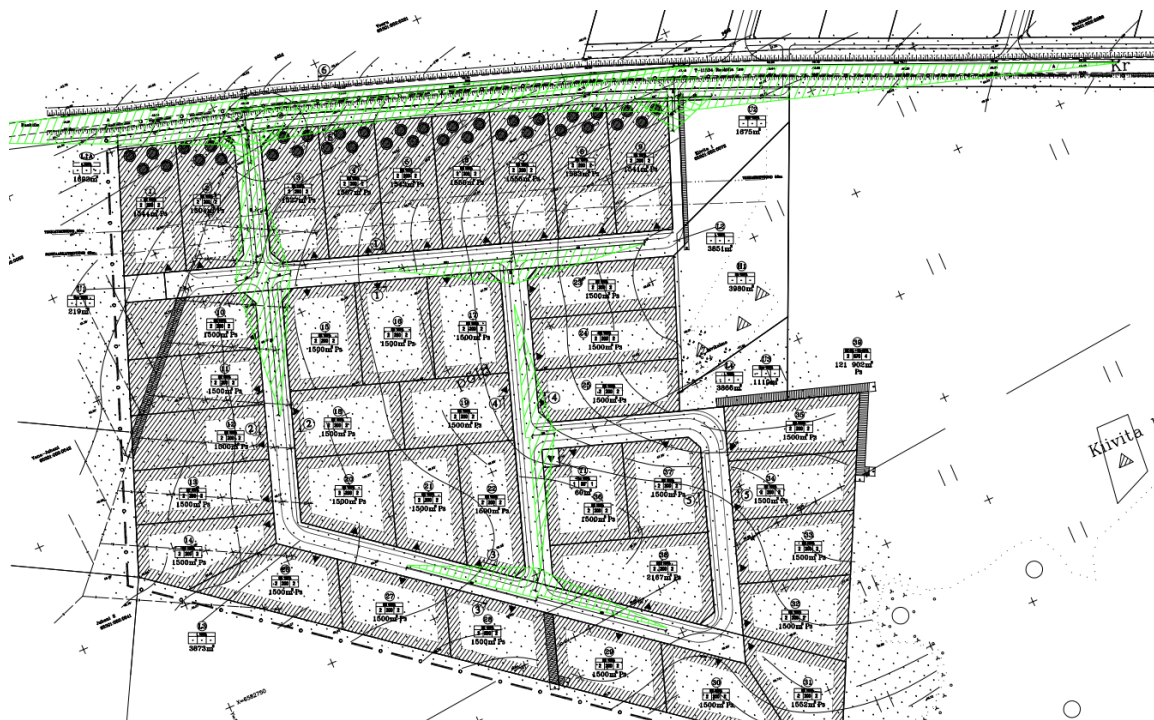
Kuna teekoridorid on kitsad ja varasemast ajast on kõik kaabelvõrgud paigaldatud, siis koostöös KOV-ga on jõutud järeldusele, et arendusalale oleks mõistlik kavandada ühesuunalised tänavad. Selle lahenduse kasuks räägib ka KOV-i teine nõue tagada teemaale võimalikult laiad haljasalad selleks, et teedelt saaks nendele lükata lume. Ühesuunalise sõidutee laiuse määramisel on juhitud EVS 843:2016 „Linnatänavad“ tabelist 6.7 (Joonis 7) [10].

Tabel 6.7 — Juurdepääsude ristlõiked

Teenindatavate eramute (korterite) arv	Arvutuslikud autod	Rahuldab ka liikluskoosseisu	Sõidutee laius (m)		
Projekteerimise lähtetase			Hea	Rahuldav	Erandlik
Kvartalisene tänav projektkiirusel km/h			20		
1 kuni 10*	SA+JK (JR)	VB+JK (JR), VA	3,5		
11 kuni 20	SA+JK (JR)	VB+JK (JR), VA	4,0		
Üle 20	SA+SA	VA+JR	4,5		
Kõrvaltänav projektkiirusel km/h			30	40	50
igasugune	SA+SA	SA+VB, VA(AB)+JR	5,0	5,5	6,0
Kohalik jaotustänav** projektkiirusel km/h			50	40	30
igasugune	AB+SA	VA+AB	7,0	6,5	6,0
Veotänavad projektkiirusel km/h			50	40	30
–	VA+VA	VA+AB	7,5	7,0	6,5
Äärekivi kõrgus kuni 7,5 cm, v.a veotänaval. * Kuni kümne korteri või eramu korral lahendatakse möödasõiduvõimalused nii, nagu on näidatud jaotises 6.1.6. ** Kohaliku jaotustänav ristlõike kujundamisel lähtuda tabelis 6.1 esitatust. MÄRKUS 1 SA+VA rakendatakse eeldusel, et veoautode osatähtsus liiklusvoos ei ületa 10 %. MÄRKUS 2 VA+VA rakendatakse eeldusel, et veoautode osatähtsus liiklusvoos on üle 10 %.					

Joonis 7. Sõidutee vähim laius ([10], tabel 6.7)

Järgmisel joonisel (Joonis 8) on kujutatud detailplaneeringu teeplaani joonist [3]. Rohelised jooned kujutavad nähtavuskolmnurki, mida aga ei ole kantud käesolevasse projekti. Tööprojekti pole nähtavuskolmnurki seetõttu, et tegu on õuealaga ja nii madalatel kiirustel pole neid vaja näidata [17]. Seetõttu on nähtavuskolmnurgad näidatud ainult riigitee ääres, kus põhiteel on kiirus 60km/h ja on sõidukijuhil on vaja põhjalikumalt veenduda, et ühtegi masinat pole lähenemas.



Joonis 8. Väljavõtte detailplaneeringu teeplaanist [3]

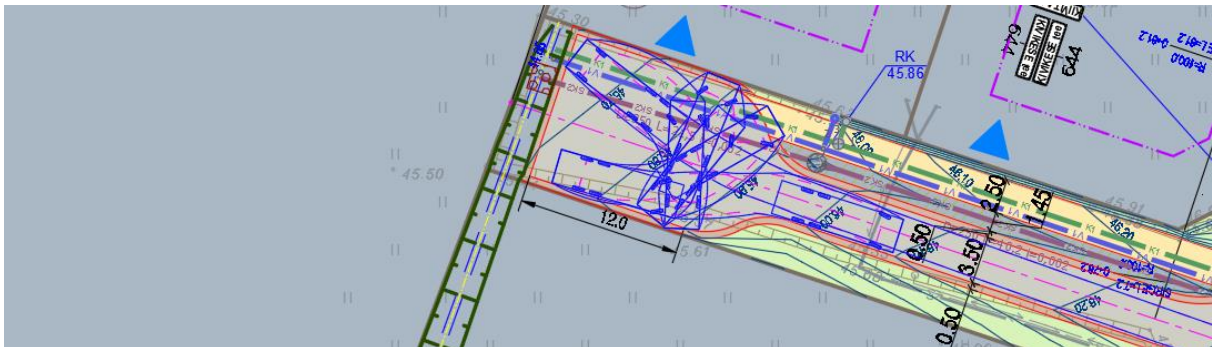
2.1.2 Tupiktänav

Detailplaneeringu [3] järgi on arendusalale kavandatud kaks tupik tänavat koos tagasipöördekohtadega ning samuti on riigiteelt arendusalale ette nähtud kaks juurdepääsu. Küll aga on detailplaneeringus viidatud, et idapoolne juurdepääs on mõeldud kasutada vaid päästeteenistusele. Projektlahendus selles osas ei lähe vastuollu detailplaneeringu põhimõttega. Kahe juurdepääsu olemasolu võimaldab arendusalale tagada ühesuunalise liikluse ja endiselt on tegelikult päästeteenistusele kasutamiseks mõlemad juurdepääsud võimaldatud.

Projekteeritud liikluskorraldusest tingituna on arendusalale alles jäänud üks tupik koos tagasipöördekohaga. Ca 55 meetri pikkune tupik saab olema juurdepääsuks vaid kahele kinnistule ja sellel lõigul on ainsana kahe-suunaline liiklus. Kuna nähtavus on sellel lõigul hea ja liiklus praktiliselt olematu, siis on ka sellel lõigul säilitatud 3,5 meetri laiune sõidutee.

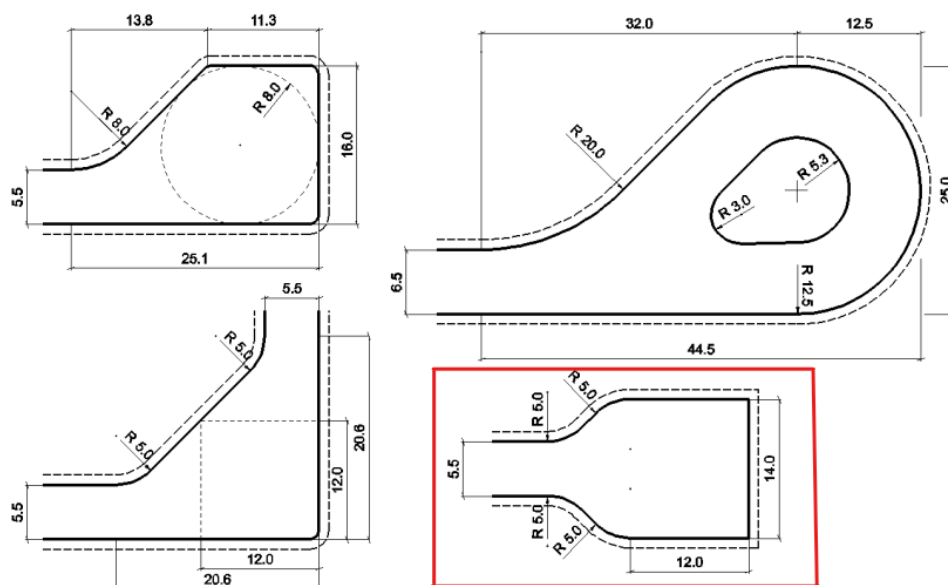
Tagasipöördekohta projekteerides tuleb silmas pidada, et alarmsõiduk pääseks manööverdama ja ümberpööramine käiks võimalikult lihtsalt. Ohu korral saab päästesõiduk kas või arendusalal vastassuunas sõita, sest arendusala elanike arv on väike ning kohalik liiklus olematu.

Joonisel 9 on küll sõiduki šablooni piirjoonte pealt näha, et sõidukil ei ole kuigi lihtne ümber pöörata, aga ruumi, mis selleks kinnistupiiride vahel on ette nähtud, on maksimaalselt ära kasutatud.



Joonis 9. Asendiplaani väljavõte tupiktänavast koos sõiduki šablooni joontega (joonisel sinised jooned)

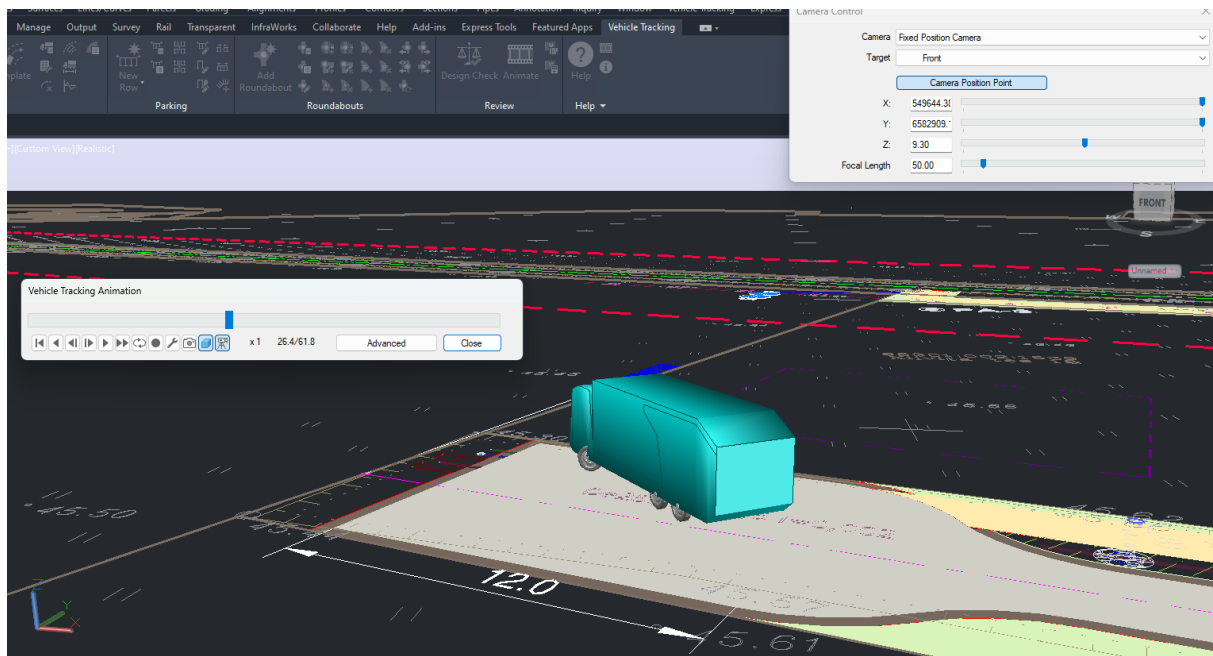
Standardis EVS 843:2016 „Linnatänavad“ [10] on toodud mõned näited, kuidas tupiktänavat võib lahendada, kuid otseselt rangeid piiranguid gabariitidele kehtestatud ei ole (Joonis 10). Antud projektis olen siiski lähtunud linnatänavate standardi tüüplahendusest, sellise erisusega, et kinnistupiiride sees püsimiseks on tupiktee laius kitsam. Sellest hoolimata on see piisav, et tagada päästeteenistuse ja hooldeliikluse sõiduki jaoks piisav ruum ümber pööramiseks.



Joonis 10. Ümberpöördekohta võimalikud skeemid (punases kastis antud projektis kasutatud lahendus)([10], joonis 4.6)

Selleks, et analüüsida sõiduki manööverdamiseks vajalikku ruumivajadust, on kasutatud *Vehicle Tracking* programmi. Programmis saab kasutada näiteks tuletõrjeauto gabariitidele

vastavat šablooni ning saada aimu, kui lihtne või keeruline tegelikult pöörde tegemine konkreetses kohas on (nagu seda on näha Joonisel 9). Programm on suureks abiks teede ja parklate projekteerimisel [18]. Kui pealtvaates on sõiduki šabloon joonisele kantud ja see paistab sobivat, on kindluse mõttes võimalik veel kontrollida, kas ka ruumilises vaates ei jää silma ühtegi takistust, miks pakutud lahendus ei peaks sobima (Joonis 11).



Joonis 11. Väljavõte sõiduki manööverdamisest tupiktänaval *Vehicle Tracking* programmis

2.1.3 Liiklusmärgid ja teekattemärgistus

Olulist osa teede projekteerimisel kannavad liiklusmärkide kavandamine, tagamaks ohutu ja tõhusa liikluskorralduse. Tegu on õueala ja ühesuunalise liiklusega ning on oluline, et projekteeritavad liiklusmärgid tagaks selle, et sõidukijuhid ja kergliiklejad kasutaksid planeeritud teid nii, nagu ette nähtud. Lõputöö koostajal on projekteerimise alal 2 aastane kogemus ning suuresti juba teab, milliseid märke tuleks kasutada, kuid sellegipoolest peab olema alati standard EVS 613:2023 „Liiklusmärgid ja nende kasutamine“ [9] avatud kõrval ning täpselt järele ajama, milliseid märke tuleb antud kontekstis kasutada. Liiklusmärkide projekteerimine on pealtnäha lihtne osa tööst, kuid reaalsuses nõuab see tugevat keskendumist ja oskust ruumiliselt mõelda. Seetõttu tasubki end panna liikleja olukorda ja kujutada end sõitmas sellel teel ning hinnata, ega nende märkide kooslus ei ole vastuolus ning kas need asuvad strateegiliselt parimas võimalikus asukohas. Antud teedel saab sõidukiirus olema niivõrd madal, et standardi kohaselt [9] tuleb kasutada 0-suurusgrupi märke (ehk märkide mõõdult kõige väiksem võimalik variant). Suuremal kiirusel tuleb

kasutada suuremaid märke, kuna vastasel juhul oleks tõenäoline, et juht ei pane märke tähele ning ei ole piisavalt informeeritud.

Teekattele kantav teekattemärgistus tuleb teostada termo valuplastikuga (TVP). Projekteeritud teekattemärgistus tuleb paigaldada vastavalt standardile „EVS 614:2022 Teemärgised ja nende kasutamine” [19]. Projektis on teekattemärgistust võrdlemisi vähe – nii arendusalale sissesõidul kui väljasõidule tulevad ülekäigurajad, kuna riigiteega paralleelselt kulgeb projekteeritud 3 meetri laiune JJT ning kergliiklejad hakkavad sõiduteed nendes kohtades ületama. Ainus teine koht, kus teekattemärgistust on kasutatud, on künniste kaldpinnad.

2.2 Vertikaalplaneering

Vertikaalplaneering projekteerimisel hõlmab tee kõrguslikku ning põik- ja pikikalle planeerimist, olles oluline komponent liiklusohutuse tagamisel. Nõutavad põik- ja pikikallete piirväärtused tulenevad standardist EVS 843:2016 „Linnatänavad” tabelist 6.5, pikikalded tabelist 6.15 [10].

Antud projektis on sõiduteele projekteeritud ühepoolne põikkalle 2,5%. Tugipeenardele on projekteeritud põikkalle 4,0%. Jalgratta- ja jalgteele on projekteeritud ühepoolne põikkalle 2,0%. Tagamaks, et vesi katte pealt ära voolaks, on tänavate pikikalded minimaalselt 0,5% ja ristmike piirkonnas mitte üle 3%, vastates standardis Tabel 6.15 toodud pikikalletele [10]. 0,5% pikikalle oli ainult ühes lõigus, ülejäänud osas objektil oli kalded suuremad. Tänavate koridori kõrguslikul projekteerimisel on arvestatud varem paigaldatud valgustusmasti kannude ja elektrikilpide uste kõrgustega. Teedevõrk on projekteeritud kõrguslikult selliselt, et eelpool mainitud kannude ja kilpide asetust ei peaks muutma.

2.3 Katendi arvutamine

Üks olulisemaid osasid teekatendite projekteerimisel on valida sobivad materjalid ning arvutada välja, mis läbimõõduga iga kiht teekonstruktsioonis peaks olema. Arvutust mõjutavad erinevad faktorid, ent eriti põhjalikult tuleb tutvuda geoloogiliste tingimustega antud piirkonnas. Oluline põhitõde on selline, et eemaldada tuleb külmakartlik ja orgaaniline pinnas ning konstruktsioonikihid saab ehitada pinnasekihile, mis on kandev. See on oluline samm, et tagada rajatava tee kestvus.

Katendi arvutamisel on kasutatud katendi arvutamise programmi (KAP 2.0, 23.02.2017). Kuna arendusala teed on oma liigilt kvartalisesed tänavad, siis katendiarvutuses on kandevõime väärtuseks võetud 200 MPa. Kuna JJT-del sõidab ka hooldustehnika, siis on

ka seda katendit kontrollitud, lähtudes asfaltkatendi minimaalselt vajalikust kandevõime väärtusest 180 MPa. Järgnevalt toob välja mõningad arvutust mõjutanud näitajad.

Vastavalt geoloogilisele uuringule [8] on aluspinnaseks A-tüüpi pinnas (kerge saviliiv). Mõlema jalgte ja sõidute puhul on valitud küllaltki tugev katendikonstruktsioon. Kuigi elastsusmoodulil ja tõmbepingetel on sellise konstruktsiooniga suur varu, on probleemiks pigem katendi külmakindlus, mille tõttu arvestati rohkem materjali arvutusse.

Kuna tegu on kvartalisisese teega, on arvutusel valitud teeklassiks V. Teised klassid eeldaks, et tee saaks suuremat liikluskoormust. Jalgte puhul valiti teeklassiks VI (muud teed ja rajatised). Teades, et tegu on kindlasti asfaltteedega, on teada ka katendi tüüp – püsikatend (Joonis 12).

Täitematerjalide elastsusmoodul, sisehõõrdenurk, nidusus, plastsus, ja sõelkõver tulenevad Lisa 4 toodud tabelis.

Joonis 12. Katendi arvutusprogrammis KAP 2.0 arvutatud tugevus-/töökindlustegurid

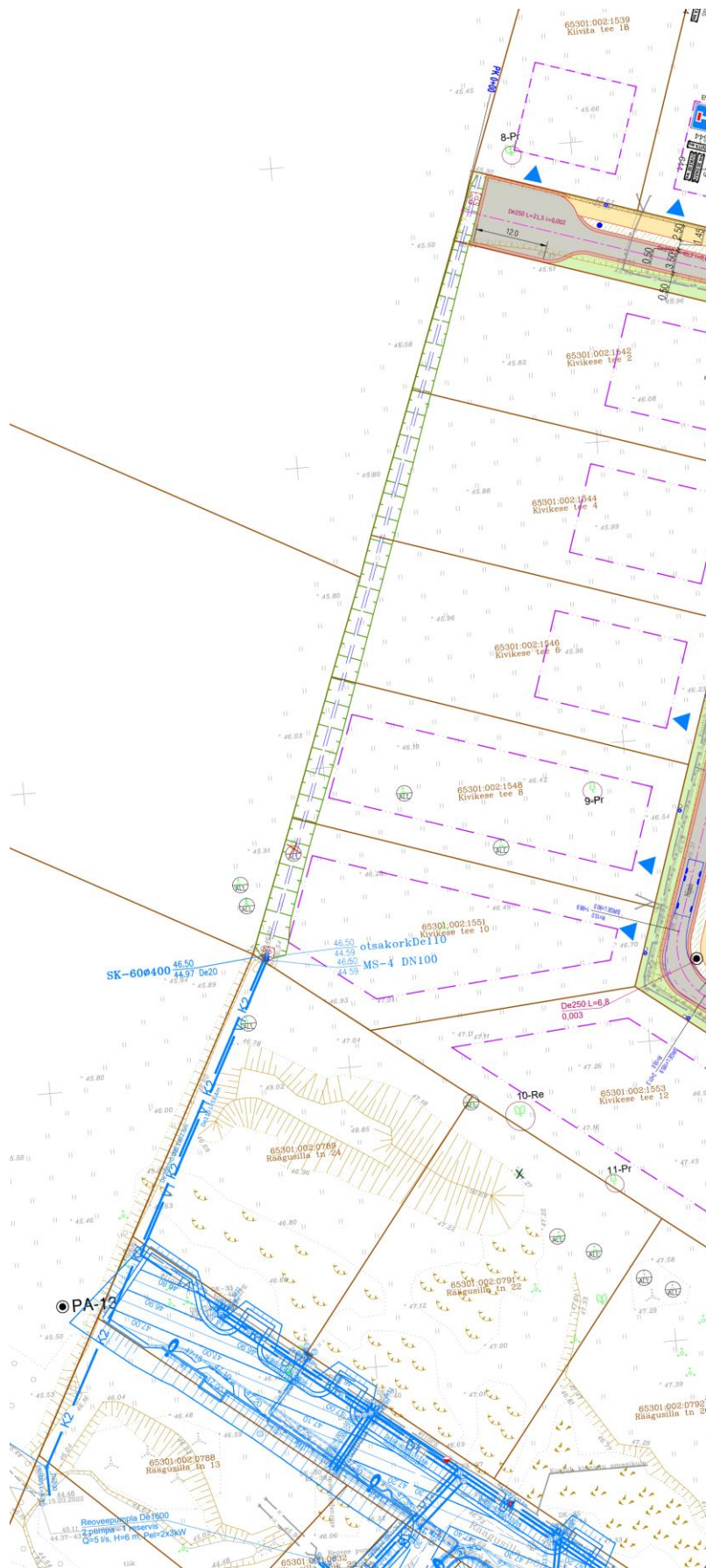
2.4 Sademevee ära juhtimine ja kraavid

Teid projekteerides tuleb silmas pidada kõiki Eesti aastaagu ja nendega kaasnevaid ilmastikunähtuseid. Üks selliseid nähtuseid, millele tuleb tähelepanu pöörata, on sademete hulk. Näiteks 2023. aasta jaanuaris oli Eesti keskmine sajuhulk 67 mm ehk 137% normist (norm 49 mm) [20]. Esimene samm on juhtida vesi teekatendi pealt eemale, et see ei jääks liiklust segama ning ei kujutaks endast potentsiaalset ohtu. Selle tagavad üldjuhul teede piki- ja põikkalded. Kuid arendusaladel, nagu näiteks selle projekti puhul, on

haljasala maht piiratud ning suuremate sadude puhul ei jõua kogu vesi koheselt pinnasesse imbuda. Selleks kasutatakse drenaažitorustikke, mis aitavad sadevett kaugemale juhtida.

Arendusala tänavatel on sõidutee ja JJT pealt suunatud sademevesi nende vahel olevale haljasalale. Haljasalal imbub vesi killustikukünasse paigutatud drenaažitorusse (Lisa 5). Selleks, et välistada kevadel loikude teket ajal, kui pinnad sulavad, kuid maapind on jääs, on tänavate madalamatesse punktidesse ja enne ristmikke projekteeritud kuppel-restkaevud.

Lisaks on sademevete ära juhtimiseks projekteeritud kraav, mis saab alguse tupiktäna juurest, Kiivita tee 18 kinnistu servast ning kulgeb mööda projektala serva kuni Kivikese tee 10 kinnistuni. Kraavi kogupikkus on ca 136 meetrit. Naaberprojekti raames on projekteeritud perspektiivne sademevee kanalisatsioonitoru, mis on ühenduses projekteeritud kraaviga. Perspektiivse toru ots asub kraavi nõlval umbes 25 cm kõrgemal kraavi põhjast, tagamaks, et sulava lume või suurte sademete korral juhitakse ülevool eemal asuvasse tiiki. Mõlemad kraaviotsad kindlustatakse munakivisillutisega geotekstiilil. Esialgne projektlahendus oli viia kraav otse tiigini, kuid naaberkinnistul oleva kraavi kooskõlastamine läks keeruliseks ja seetõttu sai kliendi soovil kraav ainult arendusalal lahendatud. Kraavi kulgemise lõplik projekt lahendus on kujutatud Joonisel 13.

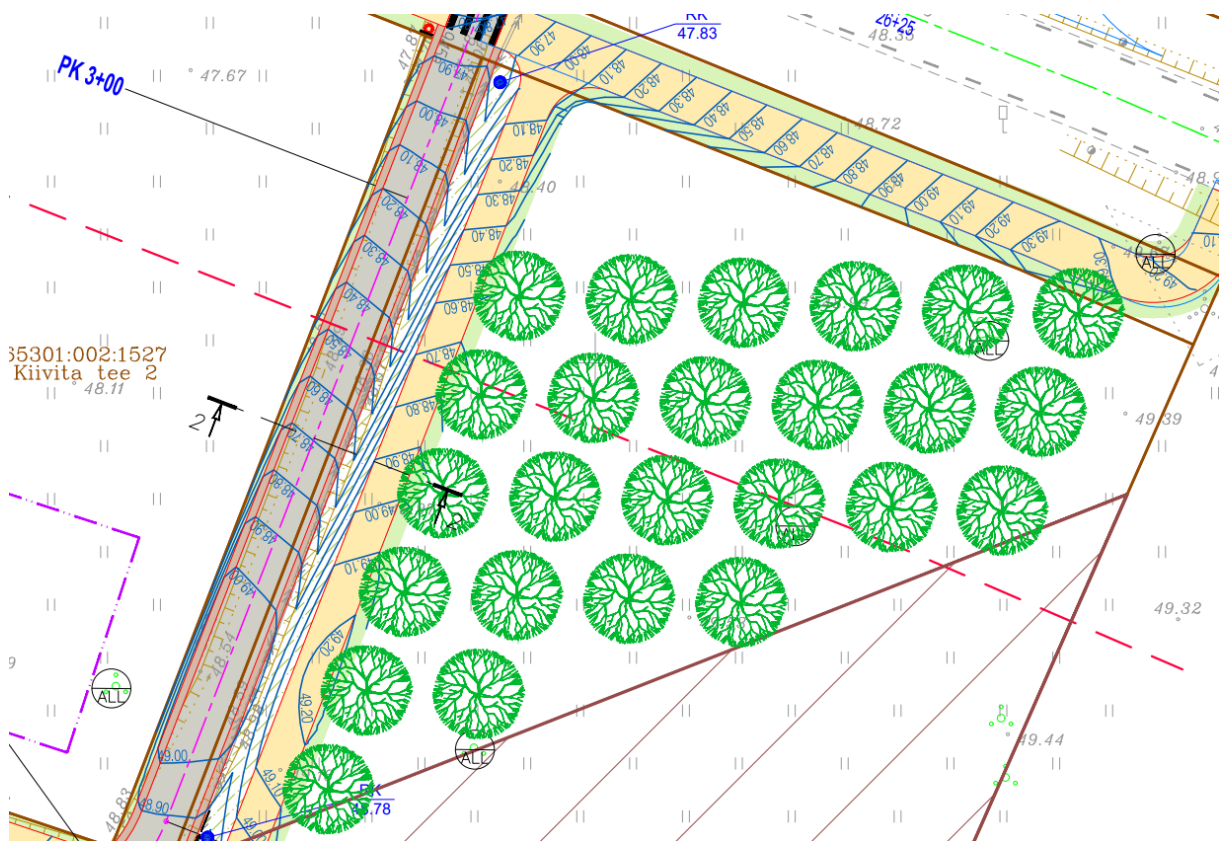


Joonis 13. Projekti asendiplaan kraavi asukohaga

2.5 Projekteeritud kõrghaljastus

Teede projekteerimise käigus tuleb sageli kavandada ka lisaelemente. Antud projekti ehitusloa taotlemisel tuli nõue istutada Kiivita 1 kinnistule 25 puud. Puude istutamine täidab kahte suuremat eesmärki - puud kaitsevad tuule eest ja see toetab ka loodussõbralikku lähenemist. Antud projektis kasutati suurelehelisi pärnasid, kuna need pakuvad tõhusat tuulekaitset ja on tagasihoidlikud kasvutingimuste suhtes. See on oluline arvestades mulla paksust selles piirkonnas.

Linnasiseste projektide puhul esitatakse nõue, et teatud osa projekti alast peab olema haljastatud, tagamaks linnaruumis rohelist ja elukeskkonna kvaliteeti. Kuna antud objekt asus aga linnast väljas, siis sellist spetsiifilist haljastusnõuet sellele ei esitatud. Seda seetõttu, et objekti ümbritses looduslikult roheline ala, mille osakaal oli juba niigi märkimisväärne (vt Joonis 14). Seega ei teki antud projektis probleemi, mida linnades sageli näha võib - haljastuse puudust.



3 ANALÜÜS

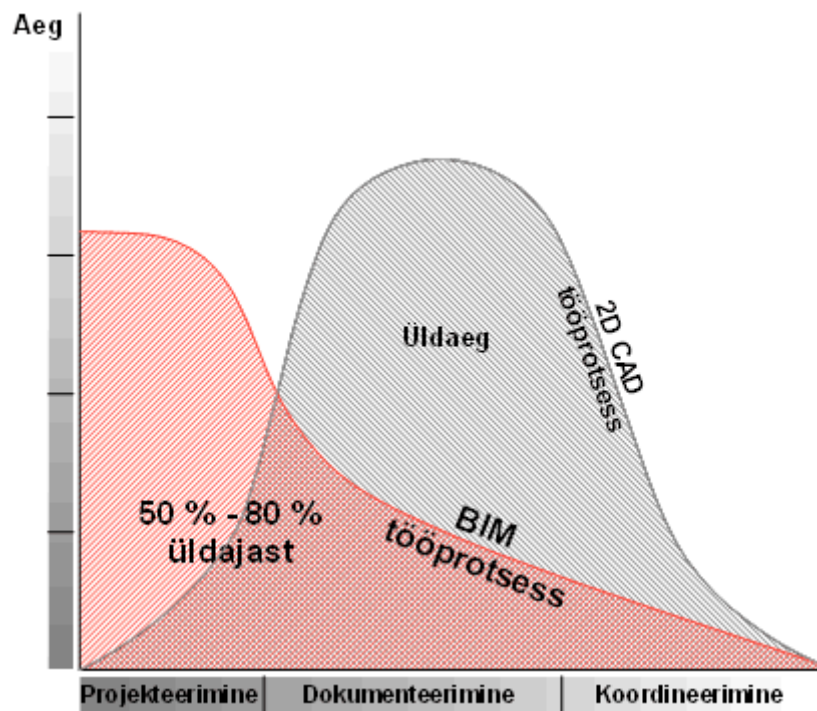
Selles peatükis on juttu objektiga füüsiliselt tutvumisest, lisaks antakse põgus ülevaade BIM-ist ja selle lisandväärtusest projekteerimisele. Analüüsitud on projekteerimise käigus tehtud vigu ja konkreetse projekti keskkonnasäästlikusest.

3.1 BIM-i väärtus projekteerimisel

Traditsioonilises 2D projekteerimise protsessis teevad arhitektid ja insenerid eraldiseisvad joonised. Mis tähendab seda, et kui projektis tulevad muudatused, siis kõik osapooled korrigeerivad muudatusest tulenevalt nii palju jooniseid kui tarvis. Väike muudatus võib tähendada, et on vaja uut asendiplaani, vertikaalplaneeringut, tehnovõrkude koond- ja katete taastamise plaani, ning võib tekkida ka vajadus korrigeerida konstruktiivseid lõikeid. Selline ükshaaval ja eraldiseisev jooniste uuendamine, eriti mahukamate projektide puhul võib viia tahestatmata olukorrani, kus jääb mõni inimlik viga sisse ja eri osapoolte joonised ei ole enam kooskõlas. Need vead ei pruugi enne ehitusprotsessi välja tulla. [21]

Kolmemõõtmelises mudelis, kus on ka kõik teede kihid ja nende informatsioon (laiused, kalded, materjali nimetused) välja toodud, piisab mudeli korrigeerimisest ning kõik plaanid ja lõiked muutuvad automaatselt, mis säästab aega ning minimaliseerib vigade tekkimist.

Mudelprojekteerimise kasutamisel väheneb oluliselt dubleeritava töö maht. Kuna andmed sisestatakse mudelisse, võimaldab see teistel projektiga seotud osapooltel neid andmeid oma mudeliga siduda, vältides vajadust andmeid mitu korda sisestada. Ehitusmaterjalide kulutabeleid saab mudelipõhiselt genereerida ühe nupuvajutusega igas projekti staadiumis või ajahetkel, mis vähendab nende koostamise aega võrreldes 2D-projekteerimisega kuni 80%. Detailsema projekteerimise tõttu paraneb ehitusmaterjalide mahutabelite täpsus, kuid see sõltub otseselt mudelprojekteerimise info sisestamise ja klassifitseerimise täpsusest. Lisaks võimaldab mudelprojekteerimine kokku hoida aega dokumenteerimise ja koordineerimise osas, mis on kiiremad võrreldes 2D-projekteerimisega. Korduva töö hulka vähendatakse, kuna vajalikku infot on lihtne mudelist leida. Joonis 15 näitab erinevate projekti etappide ajakulu nii 2D- kui ka BIM projekteerimisel. [22]



Joonis 15. Ajakulu võrdlus projekteerimise etappide lõikes 2D- ja BIM projekteerimise korral [22]

Ehitusinformatsiooni modelleerimise (BIM) idee sai alguse juba ligikaudu 50 aastat tagasi, kui Chuck Eastman käis välja BIM-iga sarnase kontseptsiooniga idee, mis toona küll kandis teist nime [23]. BIM on osa uue aja projekteerimisest ning see muutub ajas üsna olulisemaks, eriti hüppeline on areng olnud aga viimaste aastate jooksul [24].

Võib öelda, et kolmemõõtmeline mudel teeb ühe projekti kallal töötavate inseneride ja arhitektide koostöö lihtsamaks. Kolmemõõtmelisest mudelist üks samm veel edasi on BIM, mis justkui loob silla kõikide projekti osapoolte vahel – alustades tellija ja kohaliku omavalitsusega ning lõpetades inseneride ja arhitektidega. BIMi kasutamine võimaldab sujuvamat koostööd, kuna kogu projekti teave on keskselt kättesaadav ja integreeritud. See võimaldab erinevatel osapooltel tõhusamalt suhelda ja koostööd teha. Teave on selgem, vähendades kommunikatsiooniprobleeme ning tagades projekti kvaliteedi ja tõhusa elluviimise.

Üks olulisemaid BIM-i eeliseid teede projekteerimisel on võime modelleerida teekoridori kolmemõõtmelist geomeetriat, võimaldades projekteerijatel paremini visualiseerida teekonfiguratsiooni ja hinnata erinevate disainilahenduste mõju. Lisaks saab BIM-i abil hõlpsasti luua erinevaid alternatiivseid projekteerimislahendusi ning analüüsida nende mõju keskkonnale, liiklusvoogudele ja ehituskuludele.

Muudatuste haldamine on veel üks oluline aspekt, millele BIM keskendub. Kuna teede projekteerimisel võivad muudatused olla sagedased, võimaldab BIM mudeli dünaamiline loomine ja muutmise protsess hõlpsasti kajastada kõikides projekti dokumentides ja vaadetes tehtud muudatusi. See aitab vältida vigu ja tagab projekti parema kontrolli.

BIM-i roll teede infrastruktuuri projekteerimisel on veelgi olulisem, kui arvestada simulatsioonide ja analüüsides. BIM mudelid võimaldavad teostada erinevaid simulatsioone, nagu näiteks liiklusvoogude modelleerimine, nähtavuse analüüs ja hinnangud teekonstruktsioonide vastupidavusele erinevates tingimustes. See aitab projekteerijatel teha teadlikumaid otsuseid ja optimeerida teede kavandeid.

BIM-i kasutamine teede projekteerimisel võimaldab ka sujuvamat koostööd erinevate meeskonnaliikmete vahel. Kuna kogu projekti teave on keskselt kättesaadav ja integreeritud, saavad erinevad spetsialistid nagu teedeinsenerid, arhitektid, keskkonnaekspertid ja ehitajad töötada tõhusamalt ja tõhusamalt, vähendades kommunikatsiooniprobleeme ja tagades projekti kvaliteedi.

Kokkuvõttes võib öelda, et BIM-i rakendamine teede projekteerimisel võimaldab saavutada mitmeid eeliseid, sealhulgas paremat visualiseerimist, muudatuste haldamist, simulatsioone ja koostööd. See aitab parandada projekti tõhusust, vähendada riske ning tagada lõppkokkuvõttes kvaliteetsema ja jätkusuutlikuma teedeinfrastruktuuri arengu.

Kui oleks koostanud selle projekti BIM projektina, oleks tõenäoline, et vigade hulk oleks ka väiksem olnud. Uurimise käigus omandatud teadmiste põhjal võib enesekindlalt väita, et kõik osapooled oleks muudatustega paremini kursis olnud ja üksteise mõistmine oleks parem. Teiseks võib kindel olla, et BIM-projektina oleks kogu meeskond kõigi eelduste alusel suutnud töötunde kokku hoida, kuna infovahetus ja projekteerimine oleks toimunud justkui automaatselt.

Lõputöö koostaja isiklik eesmärk oli teha BIM-iga tutvust ka praktiliselt, ehk koostada käesolev projekt BIM projektina. Kuna aga lõputöö koostajal varasem kogemus BIM-projekti koostamisega puudus ja projekt on üksjagu keerukas, siis aja- ning kogemuse puudumise tõttu piirduti sedapuhku BIM-iga tutvumisel töökaaslaste küsitlemise ja internetist teemakohaste allikate lugemisega. Sellest hoolimata annab tehtud töö eelduse, et tulevikus, kui tekib võimalus omandatud teadmisi rakendada, läheb see protsess tänu tehtud eeltööle kiiremini.

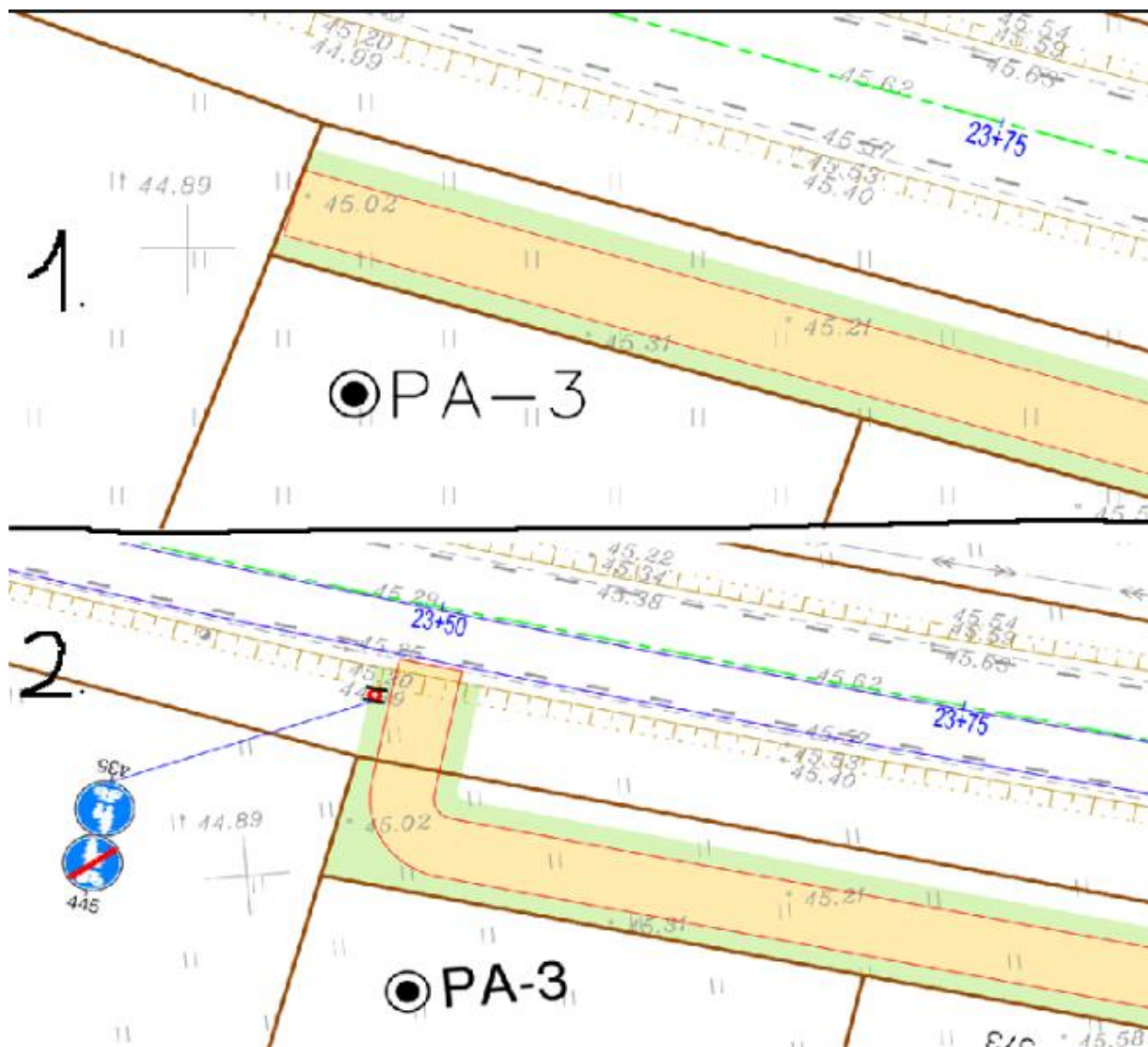
3.2 Projekteerimisel tehtud vead

Teede projekteerimisel, nii nagu ka mujal eluvaldkondades, on vigade tegemine tavaline ning inseneri jaoks elukestva õppe loomulik osa. Võib julgelt öelda, et vead projekteerimisel tähendavad alati rahakulu. Eeldusel, et ehitustaotlust sisse andes vigu märgatakse ja sellest tulenevalt luba ehituseks ei anta, tuleb paratamatult vead likvideerida ja parandatud variant esitada uue taotlusena. Seega kulutavad oma aega projekteerijad, kuid ka tellija, kes ootab, et saaks ehituseks loa. Olukorras aga, kus vigu ei märgata ehitusluba taotledes, peab sellega kokku puutuma ehitaja. Kui need vead tähendavad seda, et tellija peab tegema lisakulutusi, võib tähendada seda, et projekteerija peab maksma trahvi ning halvimal juhul võidakse kaevata kohtusse, nagu näiteks Saaremaa vald kaebas kohtusse projekteerimisfirma Kuressaare laguneva keskväljaku pärast [25].

Järgnevalt toon välja mõned projekteerimisel tehtud vead ja põhjused, mis takistasid teedeosa poolt ehitusloa saamist.

Tihtilugu paistab, et projekteerimisel tähelepanuta jäänud vead on sellised, mida tegelikult oleks võinud märgata, aga fookust muudele probleemidele suunates jäävad need lihtsad asjad kahe silma vahele. Näiteks esimesel ehitusloa taotlemise katsel ei saanud kooskõlastust Muinsuskaitseametilt, kuna projektala vahetusse lähedusse jääb arheoloogiamälestis ja selle kaitsevöönd ei olnud joonisel kuvatud. Lisaks sellele saatsid nad märkused, mida joonisele, tiitellehele ja seletuskirja selle kaitseala kohta lisada. Kui esimese korraga ei oleks osanud kõiki soovitud märkuseid ise lisada, siis kaitseala kuvamine oleks võinud iseendal meeles olla.

Esialgu sai riigitee ääres kulgev JJT projekteeritud kuni Juhanipõllu kinnistu piirini ning siis lõppes jalgteed järsku otsa. Mõte selle taga oli see, et seda teed jätkatakse hiljem eraldiseisva projektiga. Probleem tekib sellest, et ei saa kindel olla, kui kaua läheks aega, kuni seda teed jätkatakse. Seega kergliiklejatele oleks antud olukord ebamugav, kui tee nende ees järsku „otsa lõppeb“. Selle probleemi tõstatas Transpordiamet ja see koht sai ka ära lahendatud, andes JJT-le loogilise lõpu. Joonisel 16 on näidatud kõnealune koht enne ja pärast tehtud muudatust.



Joonis 16. Muudetud kergliiklustee lahendus (üleväl algne lahendus, all muudetud lahendus)

3.3 Projekti keskkonnasäästlikus

Teede projekteerimisel on oluline silmas pidada mitte ainult funktsionaalsust ja ohutust, vaid ka projekti keskkonnamõju. Keskendudes jätkusuutlikule planeerimisele ja rakendades keskkonnasõbralikke lahendusi, saab oluliselt vähendada projekti negatiivset keskkonnamõju ning edendada loodusvarade tõhusamat kasutamist. Ühest küljest aitab keskkonnasäästlikusele kaasa kindlad otsused, mis on selle eesmärgiga tehtud, kuid keskkonnasäästmiseks võiks arvestada ka keskkonnavaenulike otsuste mitte tegemine. Nagu ka käesolevas lõputöös juba tuli jutuks, siis üks keskkonnasõbralikest otsustest oli kahe-suunaliste tänavate asemel ühesuunaliste tänavate kasutamine, mis vähendas materjalikulu ja parandas liiklusohutust ning transpordikorraldust. Lisaks sellele laiemad jalakäijate ja jalgratturite teed julgustavad keskkonnasõbralike liikumisviiside kasutamist,

vähendades sellega sõltuvust autost ning heitgaaside emissiooni. Kolmas keskkonnasäästlik aspekt puudutab istutatavat kõrghaljastust - rohelusalade ja puude integreerimine projekti võib mitte ainult parandada avalikku ruumi, vaid ka toetada ökosüsteemide mitmekesisust ja inimeste heaolu. Neljandaks – projekti seletuskirjas on antud ehitajale juhised, kuidas töid teostada looduskeskkonda hoides ning arendajale paar juhust, kuidas loodud keskkonda säilitada. Seega, keskkonnasäästliku lähenemise rakendamine teede projekteerimisel on võimalus mitte ainult vähendada keskkonnamõju, vaid ka edendada jätkusuutlikku arengut ning luua elukeskkonda, mis on parem kõigile.

KOKKUVÕTE

Käesoleva lõputöö eesmärk oli käsitleda tööprojekti staadiumis ehitusprojekti koostamist. Töös kasutati näitlikustamiseks riigitee 11334 Raeküla tee km 2,3 – 2,7 arendusala siseste teede projekti.

Lõputöös kirjeldatakse kõnealuse projekti tarbeks kasutatud lähtematerjale, tutvustatakse projekteerimise protsessi läbi konkreetse töö, ning arutletakse, kuidas see projekt säästab keskkonda ja mis olid need vead, mis oleks võinud jääda tegemata. Töös on arvestatud asjakohaste juhenditega, olemasoleva olukorraga ning valla- ja tellija poolsete soovidega.

Töös on välja toodud objekti iseloomustus. See sisaldab informatsiooni, mis tulenes lähteandmetest ning objektiga kohapeal tutvumisest. Projekteerimisprotsessi käigus lahendati liikluskorraldus, kõik teede ristumiskohad ka jalg- ja jalgratta teedevõrk. Lisaks on lahendatud koostöös teiste projekteerijatega sademevete ärajuhtimine.

Põgus tutvustus anti ka katendite arvutamisest ja uuriti lähemalt, mis BIM on ja kuidas see võiks olla kasulik käesolevale kui ka tuleviku objektidele.

Keskkonnaaspektile pööratakse tänapäeval üha enam rõhku ja ka käesolevas lõputöös on sellest päevakajalisest teemast kirjutatud. Kõige keskkonnasõbralikum osa selle projekti puhul oli otsus teha kitsamad ühesuunalised sõiduteed ja seeläbi hoida kokku materjale.

Lõputööd alustades oli autoril sisemine soov mahtudest samuti kirjutada, et tehtud töö analüüs oleks ilmekam. Tööst aga puudub objekti mahtude arvutamine, kuna paralleelselt lõputöö kirjutamisega käis veel projekteerimise protsess ja projekt oli pidevas muutumises.

SUMMARY

The following thesis *Operational Building Design Documentation for a Residential Development* is to introduce the preparation of a construction project at the design stage. The project of the roads within the development area of the Raeküla road km 2,3 - 2,7 of the national road 11334 was used as an illustration.

The thesis describes the source materials used for this project, introduces the design process through specific work, and discusses how this project saves the environment and what were the mistakes that could have been avoided. The work has taken into account the relevant guidelines, the existing situation and the wishes of the municipality and the client.

A characterization of the site has been provided. It contains information derived from the source data and from an on-site inspection of the site. During the design process, the traffic management, all road crossings and the pedestrian and cycle network were resolved. In addition, storm water drainage has been solved in cooperation with other designers.

A brief introduction was also given to the calculation of pavements and a closer look was taken at what BIM is and how it could be useful for current and future projects.

The environmental aspect is nowadays receiving more and more attention, and this thesis has also written on this topical subject. The most environmentally friendly part of this project was the decision to make narrower one-way carriageways and thus save materials.

When starting the thesis, the author had an inner desire to write down the volumes as well, in order to make the analysis of the work done more obvious. However, there is no calculation of the volumes of the object, because the design process was still going on in parallel with the writing of the thesis and the project was in constant change.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] „X-GIS 2.0 [maainfo],“ Maa-amet, 2024. [Võrgumaterjal]. Available: <https://xgis.maaamet.ee/xgis2/page/app/maainfo>. [Kasutatud 25 Aprill 2024].
- [2] „Mis on detailplaneering?,“ GPK Partnerid, [Võrgumaterjal]. Available: <https://gpk.ee/teenused/detailplaneeringud/mis-on-detailplaneering/>. [Kasutatud 25 Aprill 2024].
- [3] OÜ Kivinuka KV, „Töö nr 449. Rae vald Rae küla Kiivita 1 kinnistu detailplaneering,“ 2006.
- [4] OÜ KVVK Projekt, „KV-189-21. Räägusilla elurajooni ÜVK rekonstrueerimisprojekt,“ 2021.
- [5] „Topo-geodeetilisele uuringule ja teostusmöödistamisele esitatavad nõuded,“ Riigi Teataja, 22 Aprill 2016. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/119042016003>. [Kasutatud 25 Aprill 2024].
- [6] „Vajalik on ehitusgeoloogiliste uuringute andmebaas,“ Roadplan, 28 August 2023. [Võrgumaterjal]. Available: <https://roadplan.ee/vajalik-on-ehitusgeoloogiliste-uuringute-andmebaas/>. [Kasutatud 28 Aprill 2024].
- [7] E. Eller, „Harjumaa Rae valla Rae küla Kiivita 1 detailplaneeringu ala ehitusgeoloogiline uuring,“ AS Maves, 2022. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.maaamet.ee/egf/index.php?lht=aru&id=36258>. [Kasutatud 5 Mai 2024].
- [8] OÜ Keskkonnabüroo Grün-E, „Kiivita tee 1; Rae küla. Haljastuse inverteerimise aruanne,“ 2024.
- [9] „EVS 613:2023 "Liiklusmärgid ja nende kasutamine“,“ Eesti Standardikeskus, 2 Oktoober 2023. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.evs.ee/et/evs-613-2023>. [Kasutatud 28 Aprill 2024].
- [10] „EVS 843:2016 "Linnatänavad“,“ Eesti Standardikeskus, 4 Aprill 2016. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.evs.ee/et/evs-843-2016>. [Kasutatud 25 Aprill 2024].
- [11] „EVS 901-1:2020 „Tee-ehitus. Osa 1: Asfaltsegude ja pindamiskihtide täitematerjalid“,“ Eesti Standardikeskus, 15 September 2020. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.evs.ee/et/evs-901-1-2020>. [Kasutatud 25 Aprill 2024].

- [12] „EVS 901-3:2021 „Tee-ehitus. Osa 3: Asfaltsegud“,“ Eesti Standardikeskus, 1 Veebruar 2021. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.evs.ee/et/evs-901-3-2021>. [Kasutatud 25 Aprill 2024].
- [13] „Tee ehitamise kvaliteedi nõuded,“ Riigi Teataja, 10 August 2015. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/107082015001>. [Kasutatud 25 Aprill 2024].
- [14] „Asfaldist katendikihtide ehitamise juhised,“ Transpordiamet, 2021. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.transpordiamet.ee/sites/default/files/documents/2021-10/asfaldist_katendikihtide_ehitamise_juhis_0.pdf. [Kasutatud 25 Aprill 2024].
- [15] „Killustikust katendikihtide ehitamise juhend,“ Transpordiamet, 2022. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.transpordiamet.ee/sites/default/files/documents/2024-03/KT_025_J8_r1_Killustikust%20katendikihtide%20ehitamise%20juhend%20%20826.01.2022%29.pdf. [Kasutatud 25 Aprill 2024].
- [16] „Eesti Rattastrateegia 2035,“ Transpordiamet, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.transpordiamet.ee/teehoid-ja-liikluskorraldus/liikuvus/eesti-rattastrateegia-2035>. [Kasutatud 1 Mai 2024].
- [17] Transpordiamet, „Ristmike vahekauguse ja nähtavusala määramine,“ 2021.
- [18] „Vehicle Tracking: Swept path analysis and design software,“ Autodesk, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.autodesk.com/products/vehicle-tracking/overview>. [Kasutatud 4 Mai 2024].
- [19] „EVS 614:2022 Teemärgised ja nende kasutamine,“ Eesti Standardikeskus, 1 Aprill 2022. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.evs.ee/et/evs-614-2022>. [Kasutatud 5 Mai 2024].
- [20] T. Kallis, „12 kuud isepäist ilma ehk milline oli ilmapale 2023. aastal,“ Keskkonnaagentuur, 4 Jaanuar 2024. [Võrgumaterjal]. Available: <https://keskkonnaagentuur.ee/node/1495>. [Kasutatud 2 Mai 2024].
- [21] R. Lust, „Mudelprojekteerimine Märjamaa reoveepuhasti rekonstrueerimise projekti näitel,“ 2016. [Võrgumaterjal]. Available: <https://digikogu.taltech.ee/et/item/c191bb58-d9d5-4e44-b059-47db2032ee6b>. [Kasutatud 5 Mai 2025].
- [22] „BIM põhitõed - MIS on BIM?,“ 3D Ekspert, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.3dekspert.ee/bim/#01>. [Kasutatud 5 Mai 2024].
- [23] R. Puust, „BIM, CIM, VDC – lühendite ajalugu,“ FlowBIM, [Võrgumaterjal]. Available: <https://flowbim.ee/bim-cim-vdc-history-acronyms/>. [Kasutatud 04 Mai 2024].

- [24] A. Kulland, „BIM ja RoadBIM areng Eestis,” 2015. [Võrgumaterjal]. Available: <https://dspace.ttkk.ee/handle/20.500.12863/1139>. [Kasutatud 4 Mai 2024].
- [25] M. Muld, „Saaremaa vald pöördus Kuressaare laguneva keskväljaku pärast kohtusse,” Eesti Rahvusringhääling, 10 August 2023. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.err.ee/1609059020/saaremaa-vald-poordus-kuressaare-laguneva-keskvaljaku-parast-kohtusse>. [Kasutatud 5 Mai 2024].

Lisa 1. Puuraukude skeem



Lisa 2. Puuraukude kirjeldused

PA-1	Harjumaa Rae vald Rae küla				Suudme absoluutkõrgus			Veetase: 0.40 m	
	Geoloogiline indeks				40.15 m			abs. kõrgus:	39.75 m
Q2	X 6583219.0 Y 549177.5				40.15 m			Kuupäev 07.apr.22	
	algus	lõpp	paksus	abs. kõrgus	geoloogiline tulp	proovi akt nr	proovi süg., m	LÕIKES ESINEVATE PINNASTE KIRJELDUS	
Q2	0.00	0.40	0.40	39.75	1			Muld.	
Q1jrVr-g	0.40				3			Rohke kruusaga mõlline peenliiv: pruunikashall, väheplastne, poolkõva kuni kõva, sisaldab jäme purdu 20...30%. Alates sügavusest 0,80 m hall.	
O3kh1	2.75	2.90	0.15	37.25	4			Murenenud lubjakivi: pruunikashall, õhukesekihiline,	
O3kh1	2.90		0.60	36.65	5			Lubjakivi: hall, õhukese kihiline, keskmise tugevusega, sisaldab mergli vahekihte.	

PA-2	Harjumaa Rae vald Rae küla				Suudme absoluutkõrgus			Veetase: m	
	Geoloogiline indeks				42.25 m			abs. kõrgus:	m
Q2	X 6583135.5 Y 549374.5				42.25 m			Kuupäev 07.apr.22	
	algus	lõpp	paksus	abs. kõrgus	geoloogiline tulp	proovi akt nr	proovi süg., m	LÕIKES ESINEVATE PINNASTE KIRJELDUS	
Q2	0.00	0.80	0.80	41.45	1			Muld, sisaldab lubjakivi tükke.	
Q1jrVr-g	0.80		1.00		3			Rohke kruusaga mõlline peenliiv: pruunikashall, väheplastne, poolkõva kuni kõva, sisaldab jäme purdu 30...40%.	
O3kh1	1.80	1.90	0.10	40.35	4			Murenenud lubjakivi: pruunikashall, õhukesekihiline,	
O3kh1	1.90		0.80	39.55	5			Lubjakivi: hall, õhukese kihiline, keskmise tugevusega, sisaldab mergli vahekihte.	

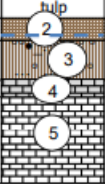
PA-3	Harjumaa Rae vald Rae küla				Suudme absoluutkõrgus			Veetase: m	
	Geoloogiline indeks				45.20 m			abs. kõrgus:	m
Q2	X 6582993.5 Y 549657.0				45.20 m			Kuupäev 07.apr.22	
	algus	lõpp	paksus	abs. kõrgus	geoloogiline tulp	proovi akt nr	proovi süg., m	LÕIKES ESINEVATE PINNASTE KIRJELDUS	
Q2	0.00	0.40	0.40	44.80	1			Muld, sisaldab lubjakivi tükke.	
Q1jrVr-g	0.40		1.90		3	9626	1.00	Rohke kruusaga mõlline peenliiv: pruunikashall, väheplastne, kõva, sisaldab jäme purdu 30...40%.	
O3kh1	2.30	2.40	0.10	42.80	4			Murenenud lubjakivi: pruunikashall, õhukesekihiline,	
O3kh1	2.40		0.60	42.20	5			Lubjakivi: hall, õhukese kihiline, keskmise tugevusega, sisaldab mergli vahekihte.	

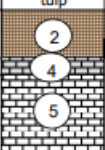
PA-4	Harjumaa Rae vald Rae küla				Suudme absoluutkõrgus			Veetase: m		
Geoloogiline indeks	X	6582986.0		Y	549711.0	45.40 m			abs. kõrgus:	m
	Kihi sügavus maapinnast			abs. kõrgus	geoloogiline tulp	proovi akt nr	proovi süg., m	Kuupäev	07.apr.22	
	algus	lõpp	paksus					LÕIKES ESINEVATE PINNASTE KIRJELDUS		
Q1jrVr-lg	0.00		0.70	44.70				Rohke liivaga mõltsavi: kollakaspruun, väheplastne, poolpehme kuni sitke.		
Q1jrVr-g	0.70		0.90	43.80				Rohke kruusaga mõlline peenliiv: pruunikashall, väheplastne, poolkõva kuni kõva, sisaldab jäme purdu 20...30%.		
O3kh1	1.60	1.70	0.10	43.70				Murenenud lubjakivi: pruunikashall, õhukesekihiline.		
O3kh1	1.70		0.80	42.90				Lubjakivi: hall, õhukese kihiline, keskmise tugevusega, sisaldab mergli vahekihte.		

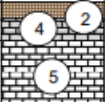
PA-5	Harjumaa Rae vald Rae küla				Suudme absoluutkõrgus			Veetase: m	
					46.35 m			abs. kõrgus:	m
Geoloogiline indeks	X	6582960.5		Y	549864.0				Kuupäev
	Kihi sügavus maapinnast			abs. kõrgus	geoloogiline tulp	proovi akt nr	proovi süg., m	LÕIKES ESINEVATE PINNASTE KIRJELDUS	
	algus	lõpp	paksus						
Q2	0.00	0.40	0.40	45.95				Muld, sisaldab lubjakivi tükke.	
Q1jrVr-g	0.40	0.90	0.50	45.45				Rohke kruusaga mõlline peenliiv: pruunikashall, väheplastne, kõva, sisaldab jäme purdu 30...50%.	
O3kh1	0.90	1.00	0.10	45.35				Murenenud lubjakivi: pruunikashall, õhukesekihiline.	
O3kh1	1.00		0.80	44.55				Lubjakivi: hall, õhukese kihiline, keskmise tugevusega, sisaldab mergli vahekihte.	

PA-6	Harjumaa Rae vald Rae küla				Suudme absoluutkõrgus			Veetase: 0.00 m	
					45.80 m			abs. kõrgus:	45.80 m
Geoloogiline indeks	X	6582929.0		Y	549693.0		Kuupäev 07.apr.22		
	Kihi sügavus maapinnast			abs. kõrgus	geoloogiline tulp	proovi akt nr	proovi süg., m	LÕIKES ESINEVATE PINNASTE KIRJELDUS	
	algus	lõpp	paksus						
Q1jrVr-g	0.00					9627	0.40	Rohke kruusaga mõlline peenliiv: pruunikashall, väheplastne, kõva, sisaldab jäme purdu 20...30%.	
O3kh1	1.90	1.90		43.90				Murenenud lubjakivi: pruunikashall, õhukesekihiline,	
O3kh1	2.05							Lubjakivi: hall, õhukese kihiline, keskmise tugevusega, sisaldab mergli vahekihte.	
		2.90		42.90					

PA-7	Harjumaa Rae vald Rae küla				Suudme absoluutkõrgus			Veetase: m		
					48.70 m			abs. kõrgus:	m	
Geoloogiline indeks	X	6582863.5		Y	549867.0				Kuupäev	07.apr.22
	Kihi sügavus maapinnast			abs. kõrgus	geoloogiline tulp	proovi akt nr	proovi süg., m	LÕIKES ESINEVATE PINNASTE KIRJELDUS		
	algus	lõpp	paksus							
Q2	0.00	0.20	0.20	48.50				Muld, sisaldab lubjakivi tükke.		
O3kh1	0.20	0.30	0.10	48.40				Murenenud lubjakivi: pruunikashall, õhukesekihiline.		
O3kh1	0.30		0.80					Lubjakivi: hall, õhukese kihiline, keskmise tugevusega, sisaldab mergli vahekihte.		
		1.10		47.60						

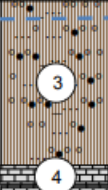
PA-8		Harjumaa Rae vald Rae küla				Suudme absoluutkõrgus			Veetase: 0.20 m	
		X 6582813.0 Y 549659.0				46.45 m			abs. kõrgus: 46.25 m	
		Kihi sügavus maapinnast			abs. kõrgus				Kuupäev 07.apr.22	
Geoloogiline indeks		algus	lõpp	paksus		geoloogiline tulp	proovi akt nr	proovi süg., m		
Q1jrVr-		0.00	0.25	0.25	46.20				LÕIKES ESINEVATE PINNASTE KIRJELDUS	
Q1jrVr-g		0.25	0.70	0.45	45.75				Mõltsavi: mullasegune, poolpehme, sisaldab kruusa.	
O3kh1		0.70	0.80	0.10	45.65				Rohke kruusaga mõltsikas peeniliiv: pruunikashall, väheplastne, kõva, sisaldab jäme purdu 20...30%.	
O3kh1		0.80		1.00					Murenenud lubjakivi: pruunikashall, õhukesekihiline,	
			1.80		44.65				Lubjakivi: hall, õhukese kihiline, keskmise tugevusega, sisaldab mergli vahekihte.	

PA-9		Harjumaa Rae vald Rae küla			Suudme absoluutkõrgus			Veetase: m	
Geoloogiline indeks	X	6582810.0			Y	549769.5		47.40 m	abs. kõrgus: m
	Kihi sügavus maapinnast			abs. kõrgus	geoloogiline tulp	proovi akt nr	proovi süg., m	Kuupäev	07.apr.22
	algus	lõpp	paksus					LÕIKES ESINEVATE PINNASTE KIRJELDUS	
	Q1jrVr-lg	0.00	0.55	0.55	46.85		9628	0.40	Rohke liivaga mõltsavi: kollakaspruun, väheplastne, poolpehme. Sisaldab kruusa 5...10%.
O3kh1	0.55	0.70	0.15	46.70				Murenenud lubjakivi: pruunikashall, õhukesekihiline,	
O3kh1	0.70		0.90					Lubjakivi: hall, õhukese kihiline, keskmise tugevusega, sisaldab mergli vahekihte.	
		1.60		45.80					

PA-10	Harjumaa Rae vald Rae küla				Suudme absoluutkõrgus			Veetase: m		
Geoloogiline indeks	X	6582810.0			Y	549769.5			abs. kõrgus:	m
					47.75 m				Kuupäev	07.apr.22
	Kihi sügavus maapinnast				abs. kõrgus					
	algus	lõpp	paksus		geoloogiline tulp	proovi akt nr	proovi süg., m	LÕIKES ESINEVATE PINNASTE KIRJELDUS		
	Q1irVr-O3kh1	0.00	0.20	0.20	47.55			Mõltsavi: kollakaspruun, väheplastne, poolpehme.		
	0.20	0.35	0.15	47.40	Murenenud lubjakivi: õhukesekihiline.					
O3kh1	0.35		0.75		Lubjakivi: hall, õhukese kihiline, keskmise tugevusega, sisaldab mergli vahekihte.					
		1.10		46.65						

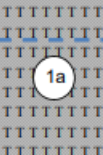
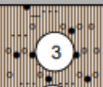
PA-11		Harjumaa Rae vald Rae küla				Suudme absoluutkõrgus			Veetase: m	
Geoloogiline indeks	X	6582743.5			Y	549747.0			abs. kõrgus:	m
	Kihi sügavus maapinnast				abs. kõrgus	47.55 m			Kuupäev	07.apr.22
	algus	lõpp	paksus		geoloogiline tulo	proovi akt nr	proovi süg., m		LÕIKES ESINEVATE PINNASTE KIRJELDUS	
	O3kh1	0.00	0.05	0.05	47.50	4			Murenenud lubjakivi: pruunikashall, õhukesekihiline,	
O3kh1	0.05		0.85		5			Lubjakivi: hall, õhukese kihiline, keskmise tugevusega, sisaldab mergli vahekihte.		
		0.90		46.65						

PA-12	Harjumaa Rae vald Rae küla				Suudme absoluutkõrgus			Veetase: m	
Geoloogiline indeks	X	6582929.0			Y	549693.0		abs. kõrgus:	m
	Kihi sügavus maapinnast				abs. kõrgus		Kuupäev		07.apr.22
	algus	lõpp	paksus		geoloogiline tulp	proovi akt nr	proovi süg., m	LÕIKES ESINEVATE PINNASTE KIRJELDUS	
Q1jrVr-g	0.00		0.90					Rohke kruusaga mõltsavi: pruunikashall, väheplastne, poolkõva kuni kõva, sisaldab jäme purdu 20...30%.	
O3kh1	0.90	1.00	0.10	45.85		4			Murenenud lubjakivi: pruunikashall, õhukesekihiline,
O3kh1	1.00		0.80	45.75		5			Lubjakivi: hall, õhukese kihiline, keskmise tugevusega, sisaldab mergli vahekihte.
		1.80		44.95					

PA-13	Harjumaa Rae vald Rae küla				Suudme absoluutkõrgus			Veetase: 0.70 m	
	X	6582764.5			Y	549549.0		45.50 m	abs. kõrgus:
Kihi sügavus maapinnast			abs. kõrgus			Kuupäev			07.apr.22
Geoloogiline indeks	algus	lõpp	paksus	abs. kõrgus	geoloogiline tulp	proovi akt nr	proovi süg., m	LÕIKES ESINEVATE PINNASTE KIRJELDUS	
Q2	0.00	0.50	0.50	45.00	1			Muld.	
Q1jrVr-g	0.50		1.80					Rohke kruusaga mõllikas peenliiv: pruunikashall, väheplastne, sitke kuni poolkõva, sisaldab jämpurdu 20...30%. Alates sügavusest 1,85 m hall, kõva.	
		2.30		43.20					
O3kh1	2.30	2.40	0.10	43.10	4			Murenenud lubjakivi: pruunikashall, õhukesekihiline,	
O3kh1	2.40		0.90					Lubjakivi: hall, õhukese kihiline, keskmise tugevusega, sisaldab mergli vahekihte.	
		3.30		42.20					

PA-14		Harjumaa Rae vald Rae küla			Suudme absoluutkõrgus			Veetase: 0.80 m		
Geoloogiline indeks	X	6582714.0			Y	549386.5			46.95 m	
		Kihi sügavus maapinnast				abs. kõrgus			abs. kõrgus: 46.15 m	
		algus	lõpp	paksus	geoloogiline tulp		proovi akt nr	proovi süg., m	Kuupäev 07.apr.22	
Q2		0.00		0.90					LÕIKES ESINEVATE PINNASTE KIRJELDUS	
			0.90						Muld.	
Q1jrVr-g		0.90		1.60					Rohke kruusaga mõllikas peenliiv: pruunikashall, väheplastne, poolkõva kuni kõva, sisaldab jämpurdu 20...30%.	
			2.50							
O3kh1		2.50	2.60	0.10					Murenenud lubjakivi: pruunikashall, õhukesekihiline,	
		2.60								
O3kh1				0.80					Lubjakivi: hall, õhukese kihiline, keskmise tugevusega, sisaldab mergli vahekihte.	
			3.40							

PA-15	Harjumaa Rae vald Rae küla				Suudme absoluutkõrgus			Veetase: 0.10 m	
	X 6582621.0 Y 549467.5			abs. kõrgus: 45,80 m					
Geoloogiline indeks	Kihi sügavus maapinnast			abs. kõrgus	geoloogiline tulp	proovi akt nr	proovi süg., m	Kuupäev 07.apr.22	
	algus	lõpp	paksus					LÕIKES ESINEVATE PINNASTE KIRJELDUS	
Q2	0.00	0.60	0.60	45.30				Muld.	
Q1jrVr-g	0.60		1.30					Rohke kruusaga mõllikas peenliiv: pruunikashall, väheplastne, poolkõva kuni kõva, sisaldab jämpurdu 20...30%.	
O3kh1	1.90	2.00	0.10	43.90				Murenenud lubjakivi: pruunikashall, õhukesekihiline,	
O3kh1	2.00		0.90					Lubjakivi: hall, õhukese kihiline, keskmise tugevusega, sisaldab mergli vahekihte.	
		2.90		43.00					

PA-16	Harjumaa Rae vald Rae küla				Suudme absoluutkõrgus			Veetase: 0.40 m	
	X	6582327.0		Y	549517.0	49.30 m			abs. kõrgus: 48.90 m
Geoloogiline indeks	Kihi sügavus maapinnast			abs. kõrgus	geoloogiline tulp	proovi akt nr	proovi süg., m	Kuupäev 07.apr.22	
	algus	lõpp	paksus					LÕIKES ESINEVATE PINNASTE KIRJELDUS	
Q2	0.00			1.85				Täitepinnas: lubjakivi tükid, savimõll, liiv, muld.	
		1.85		47.45					
Q1jrVr-g	1.85			0.95				Rohke kruusaga mõllikas peenliiv: pruunikashall, väheplastne, poolkõva kuni kõva, sisaldab jämpurdu 20...30%.	
		2.80		46.50					
O3kh1	2.80	2.90	0.10	46.40				Murenenud lubjakivi: pruunikashall, õhukesekihiline.	
O3kh1	2.90		0.50	45.90					
		3.40						Lubjakivi: hall, õhukese kihiline, keskmise tugevusega, sisaldab mergli vahekihte.	

Lisa 3. Tingmärkide loetelu

TINGMÄRGID		Tingmärgid (kommunikatsioonid)	
	Katastriüksuse piir		- proj. sademeveekanalisatsioonitorustik
	Maapealne hoonetusala (vastavalt detailplaneeringule)		- proj. poolpilutatud sademeveekanalisatsioonitorustik
	Projekteeritud tee telgjoon		- proj. sademeveekanalisatsioonikaev
	Olemasoleva tee telgjoon		- proj. kuppelrestkaev
	Projekteeritud tee servajooned		- proj. kuppelrestkaevu kivikindlustus
	Projekteeritud tugipeenar		- perspektiivne veetorustik
	Projekteeritud liiklusemärgi post		- perspektiivne reoveekanalisatsioonitorustik
	Projekteeritud restkaev (ümbrangune restluuk)		
	Geoloogilise uuringupunkti asukoht		
	Autotranspordi krundile juurdepääsu kohad		
	Olemasolev teekattemärgistus		
	Projekteeritud teekattemärgistus		
	Projekteeritud sõidusuunad		
	Projekteeritud ristmiku nähtavuskolmnurk (15 x 130 m)		
	Projekteeritud ristmiku nähtavuskolmnurk (peatumisnähtavus; 25 x 75 m)		
	Projekteeritud liiklusmärk		
	Olemasolev liiklusmärk		
	Projekteeritud sõidutee ab-katend		
	Projekteeritud künnis		
	Projekteeritud sõidutee ab-ülekat		
	Projekteeritud kõnnitee ab-katend		
	Projekteeritud haljasalade murukate		
	Projekteeritud killustikalusel murukate		
	Projekteeritud nõlvakindlustus munakividest geotekstiil		
	Projekteeritud horisontaal (lõikevahe 10 cm)		
	Projekteeritud horisontaal (lõikevahe 5 cm)		
	Projekteeritud kõrgusarv restkaevul		
	Projekteeritud kõrgusarv		
	Olemasolev horisontaal		
	Projekteeritud puu		
	Varem koostatud detailplaneering (OÜ Kivinka KV töö nr 449)		
	Perspektiivsed objektid (OÜ KWK Projekt töö nr KV-189-21)		
	Teekaitsevöönd (Raeküla tee, 30 m)		
	Mälestise kaitsevöönd (reg-nr 18837)		

Tingmärgid (kommunikatsioonid)

- proj. sademeveekanalisatsioonitorustik
- proj. poolpilutatud sademeveekanalisatsioonitorustik
- proj. sademeveekanalisatsioonikaev
- proj. kuppelrestkaev
- proj. kuppelrestkaevu kivikindlustus
- perspektiivne veetorustik
- perspektiivne reoveekanalisatsioonitorustik

Kiivita DP vee- ja reoveekanalisatsioonitorustikud

- plan. veetorustik
- plan. reoveekanalisatsioonitorustik

TINGMÄRGID

- ERITI VÄÄRTUSLIK PUU I
- VÄÄRTUSLIK PUU II
- OLULINE PUU III
- VÄHEVÄÄRTUSLIK PUU IV
- LIKVIDEERITAV PUU V
- ERITI VÄÄRTUSLIKU OBJEKTI KONTOUR
- VÄÄRTUSLIKU OBJEKTI KONTOUR
- OLULISE OBJEKTI KONTOUR
- VÄHEVÄÄRTUSLIKU OBJEKTI KONTOUR
- LIKVIDEERITAVA OBJEKTI KONTOUR
- KAITSEALUSE OBJEKTI v. VÖÖRLIGI KONTOUR
- VÄHE TÖENÄOLINE LKV ESINEMISE ALA KONTOUR
- LOODUSES MITTEEKSIISTEERIV PUU
- JOONISELT PUUDUOLEVA PUU LIGIKAUDNE ASUKOHT
- KUKLASEPESA ASUKOHT
- SUUREMA PUU ALL KASVAV PUU VÕI ALLA 8 CM DIAM. EI INVENTEERITA OBJEKTITABELIS

Lühend jooniseliligi nlm eesti keeles (ladina keeles)

Pr Harilik pimplipuu (*Pyrus communis*)

Kb Kibuvits (*Rosa sp.*)

O Aedõunapuu (*Malus domestica*)

Re Roosgranaat (*Salix caprea*)

MS Harilik mänd (*Pinus sylvestris*)

KaK Kuldkask (*Betula »aurata*)

Lv Hall ehk valge lepp (*Alnus incana*)

PI Harilik pihlakas (*Sorbus aucuparia*)

Sa Harilik saar (*Fraxinus excelsior*)

Lisa 4. KAP arvutuslehe kohustuslik lisa

Täite-materjalid (Tm)	E (MPa)	Sisehõõrdenurk F	Nidusus C (MPa)	Plastsus Rootsi W_{LR}	Sõelkõver	Cu d60/d10	Senine nimetus	Plastsus Vassiljev
280	280						Tardkivikillustik	
280	280						Pae- või kruuskillustik ($LA < 35$)	
240	240						Pae- või kruuskillustik ($LA \geq 35$)	
200	200						Ridakillustik, mittestd. killustik	
180	180	45	0,03				Opt.terastikuga kruusliivast kiht	
150	150	43	0,01		2...63 mm >50%		Kruuspinnas	
_E (160) _F (110) _G (60)	160 110 60			<25	<0,63 10...40% ja >5 mm >20%		liiva-kruusa-killustiku segu	<7
_130 _115	130 115	42	0,007	<10	>0,5 mm >50%	>3 2...3	kruusliiv, jämeliiv mõõdukalt ühtlaseterine jämeliiv	<1
120	120	40	0,006		>0,25 mm >50%	>3	keskliiv	
105	105					2...3	mõõd.ühtlaseterine keskliiv	
100	100	38	0,005	<10	>0,1 mm >50%	>3	peenliiv	<1
90	90					2...3	mõõd.ühtlaseterine peenliiv	
75	75	33	0,005		piiranguteta	≤ 2	ühtlaseterine liiv	
65	65	40	0,005				jäme kerge saviliiv	
A				10...25	2...0,25 mm >50%		kerge saviliiv	1...7
B				<10	>0,1 mm <75%		tolmliiv	<1
_C				25...40 40...50 >50	2...0,05 mm $\geq 40\%$		kerge liivsavi raske liivsavi Savi	7...12 12...17 17...27
_D				10...25	2...0,05 mm <20%		raske tolme saviliiv	1...7
					2...0,05 mm 20...50%		tolme saviliiv	1...7
				25...40			kerge tolme liivsavi	7...12
				40...50 >50	2...0,05 mm <40%		raske tolme liivsavi tolme savi	12...17 17...27

Lisa 5. Sõidutee katendi arvutusest saadud tulemused koos konstruktiivse lõikega

KATENDI ARVUTUS - KAP v2.0 Sõidutee

Koormussagedus: 114.06 normtelge ööp/raja

Maantee klass: 5

Teekatendi liik: Püsikatend

Tugevustegur: 0.85

Töökindlustegur: 0.8

Normhõlbetegur: 1.32

Pinnas: A - kerge saviliiv

Niiskuspakkond: 2, niiske

Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: -0.02

L1.T3 p1+p5; -0,05+0,03=-0.02

Arvutusliku koormuse liik: Veoauto A

Ratta jälje läbimõõt: 37 cm

Erisurve kattele: 0.6 MPa

Koormus: Dünaamiline, 0,85 paarisratas

Alumise asfaltkihi mat. tegur: 1

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Kihi elast- susmoodul E_{elk} arvutamiseks MPa	Kihi elast- susmoodul arvutamiseks nihele MPa	Kihi elast- susmoodul arvutamiseks painele MPa	Arvutatud tõmbep- pinged R_{max} MPa	Lubata- vad tõmbep- pinged R_{lub} MPa	Sise- hõõrde- nurk	Nidusus C	Kihtide seotistegur K3
1	Tihe kuum asfaltbetoon - AC surf; AC bin	6.0	2400	1200	3600	1.9032	3.4687			
2	Paekillustik (LA235)	30.0	240							
3	Tm_120 [MSa - keskliiv, Cu>3]	26.0	120					40.0	0.006	6.0
ALUS	A - kerge saviliiv		47.0					35.0	0.012	1.5

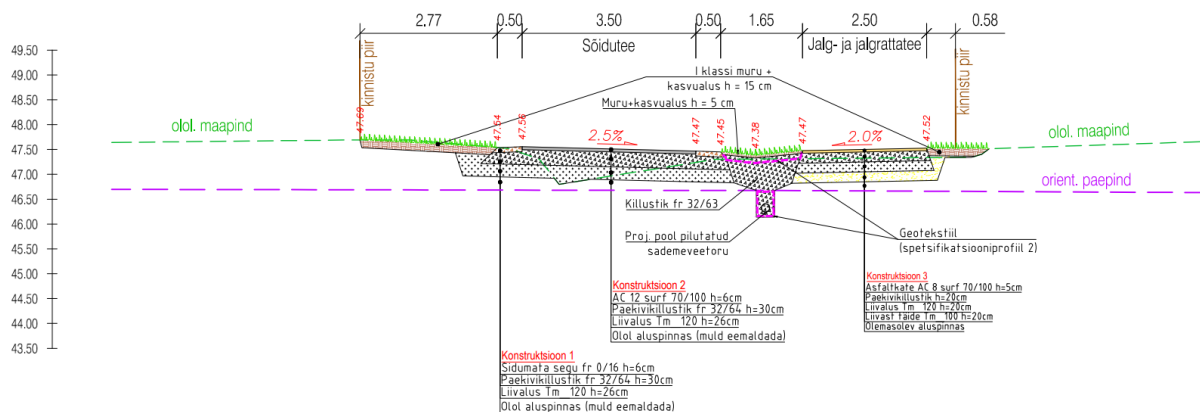
ARVUTUSE TULEMUSED

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja			Üldine elastus- moodul Mpa	Vajalik elastus- moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa t_{uv}	t_{ub}	Varu %		
			Üldine elastusmoodul			4.7%	178.04	200.00
1	Tihe kuum asfaltbetoon - AC surf; AC bin	6.0	Asfaltbetooni tõmbepinged			45.1%	178.04	
2	Paekillustik (LA235)	30.0					138.99	
3	Tm_120 [MSa - keskliiv, Cu>3]	26.0	Nihkepinged	0.0157	0.0281	44.3%	74.83	
	A - kerge saviliiv		Nihkepinged aluspinnasel	0.0049	0.0141	65.3%		0.724
	Katendi kogupaksus	62.0					Parandustegur Δ	0.000

Arvutus külmakindlusele

1. Arvutuslik külmumissügavus (cm)	125	5. Katendi redutseeritud paksus (cm)	80
2. Kliimategur	75	6. Lubatud külmakerke suurus (cm)	4
3. Pinnase külmakerkelisuse iseloomustus	3.5	7. Arvutuslik külmakerke suurus (cm)	3.9
4. Arvutuslik pinnasevee tase (cm)	125	8. Külmakindluse varu %	2.2%
* redutseeritud paksust korrigeeriti koefitsiendiga 0,8			
Hinnang külmakindlusele	Katendi külmakerge on lubatud piirides		

LÕIGE 1-1



Lisa 6. Jalg- ja jalgrattatee katendi arvutusest saadud tulemused

KATENDI ARVUTUS - KAP v2.0 JJT

Koormussagedus: 59.08 normtelge ööp/raiale		Pinna: A - kerge saviliiv	Arvutusliku koormuse liik: Veeauto A
Maantee klass: 6	Tugevustegur: 0.79	Niiskuspakkond: 2, niiske	Ratta jälje läbimõõt: 37 cm
Teekatendi liik: Püsikatend	Töökindlustegur: 0.75	Summaarne parandus suhtelisele niiskusele: -0.02	Erisurve kattele: 0.6 MPa
	Normhälvetegur 1.32	L1.T3 p1+p5; -0,05+0,03=-0.02	Koormus: Dünaamiline, 0,85 paarisratas
			Alumise asfaltkihi mat. tegur: 1

ARVUTUSE KÄIK

Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus	Kihi elast- susmoodul E_{skv} arvutamiseks	Kihi elast- susmoodul arvutamiseks nihkele	Kihi elast- susmoodul arvutamiseks paindele	Arvutatud tõmbep- pinged R_{max}	Lubata- vad tõmbep- pinged R_{lub}	Sise- hõõrde- nurk	Nidusus	Kihtide seotistegur K3
		cm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	Kraad	C	
1	Tihe kuum asfaltbetoon - AC surf; AC bin	5.0	2400	1200	3600	2.0151	4.1464			
2	Paekillustik (LA≥35)	20.0	240							
3	Tm_120 [MSa - keskliiv, Cu>3]	20.0	120					40.0	0.006	6.0
4	Tm_100 [Fsa - peenliiv, Cu>3]	20.0	100					38.0	0.005	5.0
ALUS	A - kerge saviliiv		47.0					35.0	0.012	1.5

ARVUTUSE TULEMUSED

ARVUTUSE TULEMUSED									
Kihi nr.	Kihi nimetus	Kihi paksus cm	Tugevuse näitaja				Üldine elastsus- moodul Mpa	Vajalik elastsus- moodul MPa	Arvutuslik niiskus W1 või Warv
			Kriteerium	Nihkepinged MPa		Varu %			
				t _{av}	t _{ub}				
			Üldine elastsusmoodul			10.6%	157.30	180.00	
1	Tihe kuum asfaltbetoon - AC surf; AC bin	5.0	Asfaltbetooni tõmbepinged			51.4%	157.30		
2	Paekillustik (LA≥35)	20.0					128.23		
3	Tm_120 [MSa - keskliiv, Cu>3]	20.0	Nihkepinged	0.0287	0.0329	12.9%	83.49		
4	Tm_100 [Fsa - peenliiv, Cu>3]	20.0	Nihkepinged	0.0135	0.0229	41.0%	64.37		
	A - kerge saviliiv		Nihkepinged aluspinnasel	0.0050	0.0165	69.9%			0.724
	Katendi kogupaksus	65.0					Parandustegur Δ		0.000

Arvutus külmakindlusele

1. Arvutuslik külmumissügavus (cm)	125	5. Katendi redutseeritud paksus (cm)	80
2. Kliimategur	75	6. Lubatud külmakerke suurus (cm)	4
3. Pinnase külmakerkelisuse iseloomustus	3.5	7. Arvutuslik külmakerke suurus (cm)	3.9
4. Arvutuslik pinnasevee tase (cm)	125	8. Külmakindluse varu %	2.0%
* redutseeritud paksust korregeeriti koefitsiendiga 0,8			
Hinnang külmakindlusele	Katendi külmakerge on lubatud piirides		