



TALLINNA
TEHNIKAKÕRGKOO

Rene Reile

PÕHIMAANTEE E HITUSE TÖÖKORRALDUSE PROJEKT

LÕPUTÖÖ

Tallinn 2023



Rene Reile

PÕHIMAANTEE E HITUSE TÖÖKORRALDUSE PROJEKT

LÕPUTÖÖ

Ehitusinstituut

Teedehituse eriala

Juhendaja: Indrek Trei

Tallinn 2023



Ehitusinstituut

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Lõpetaja: **Rene Reile**
Õpperühm: **KTE2019**
Eriala: **Teedehitus (1821)**
Lõputöö teema: **Põhimaantee ehituse töökorralduse projekt**

Lähteandmed töö koostamiseks:

T-2 Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa km 135,5-141,9 Neanurme-Pikknurme 2+1 teelõigu ehituse (riigihanke kood 257937) dokumendid, Transpordiameti juhendid, õppematerjalid ja muud allikad.

Töö sisu, ülesehitus ja lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:

Projektlahenduse ülevaade. Tööjõu ja mehhanismide ehitusmaksumuse kalkulatsioon ja kalendergraafik. Projekti süsiniku jalajälg.

Seletuskirja ning graafilise materjali sisu ja maht:

Töö maht koos lisadega kuni 80 lehekülge.

Lõputöö juhendaja: **Indrek Trei**
(nimi)
Lõpetaja: **Rene Reile**
(nimi)
Kinnitaja: **Aivars Alt**
ehitusinstituudi direktor


(allkiri) 27.02.23
(kuupäev)


(allkiri) 27.02.23
(kuupäev)


(allkiri) 27.02.2023
(kuupäev)

Lõputöö ülesanne antud: 27.02.2023
Lõputöö esitamise tähtaeg: 02.05.2023

Mina

Rene Reile,

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 autori/te/le ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

Juhendaja Indrek Trei, */allkirjastatud digitaalselt/*

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina,

Rene Reile,

sünnikuupäev:

18.04.1971,

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

“Põhimaantee ehituse töökorralduse projekt“

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/

SISUKORD

LÜHENDID	8
SISSEJUHATUS.....	9
1 ÜLDOSA.....	10
1.1 Lähteandmed	10
1.2 Projekteerimistingimused	11
1.2.1 Planeeringud ja maaomand	12
2 UURINGUD.....	13
2.1 Topo-geodeetilised uuringud	13
2.2 Geoloogilised uuringud	13
2.3 Liiklusuuring	14
2.4 Looduskaitsetised objektid	14
2.5 Maaparandusehitised	14
3 PROJEKTLAHENDUS	15
3.1 Plaanilahendus	15
3.1.1 Asendiplaan	15
3.1.2 Rist- ja pikiprofiil	15
3.1.3 Ristmikud	16
3.1.4 Jalg- ja jalgrattateed	17
3.2 Katend.....	17
3.2.1 Põhitee katendilahendus	17
3.2.2 Kõrvalmaanteed ja muud teed.....	18
3.3 Äärekivid ja liiklussaared	19
3.4 Veeviimarid	19
3.5 Keskkonnakaitse ja maastikukujundus.....	20
3.5.1 Müratõkked	20
3.5.2 Teeilmajaam	20
3.5.3 Loomatara.....	21
3.5.4 Tagasihüppekohad.....	21
3.5.5 Ulukirest	21
3.5.6 Väikeulukitruup.....	22
3.6 Liikluskorraldus- ja ohutusvahendid	22
3.6.1 Teekatemärgistus ja tähispostid, püsttähised	22

3.6.2	Põristid	23
3.7	Ohutuse parandamine	23
4	EHITUSTÖÖDE NÕUDED	24
4.1	Üldosa.....	24
4.2	Ettevalmistustööd	25
4.3	Tee	25
4.3.1	Freesimine	25
4.3.2	Mullatööd	26
4.3.3	Kasvupinnase eemaldamine	26
4.3.4	Kaevetööd.....	26
4.3.5	Kraavide kaevamine ja puhastamine.....	27
4.3.6	Muldkeha ehitamine	27
4.3.7	Nõlvade planeerimis- ja kindlustustööd.....	28
4.4	Katend.....	28
4.4.1	Killustikalus	28
4.4.2	Asfaltkate	29
4.4.3	Stabiliseeritud katend	29
4.4.4	Pinnatud kate	29
4.4.5	Kruuskate	29
4.4.6	Peenrad	29
4.4.7	Geokomposiit	30
4.4.8	Truubid	30
4.4.9	Nõuded ehitusaegsele liikluskorraldusele	30
4.4.10	Maastikukujundustööd	31
5	TÖÖJÕU JA MEHCHANISMIDE RESSURSSIDE HINDAMINE	32
5.1	Üldised.....	32
5.2	Ehitusobjekti ettevalmistamine.....	33
5.2.1	Raadamine	34
5.2.2	Tee maa-ala puhastamine ja lammutustööd	34
5.3	Mullatööd.....	35
5.3.1	Kraavide puhastamine	40
5.3.2	Muldkeha ehitamine	40
5.4	Katendikonstruktsioon,.....	43
5.4.1	Freesimine	43

5.4.2	Killustikaluse ehitus	45
5.4.3	Kompleksstabiliseerimine KS32	48
5.4.4	Kivitööd.....	49
5.4.5	Asfalteerimine	49
5.4.6	Peenarde kindlustamine.....	51
5.5	Liikluskorraldus- ja ohutusvahendid	53
KOKKUVÕTE.....		55
SUMMARY		56
VIIDATUD ALLIKAD.....		57
LISAD		60
Lisa 1. Peatöövõtu mahutabel		61
Lisa 2. Kalendergraafik		63
Lisa 3. Mehhanismide süsiniku jalajälje koondtabel.....		64
Lisa 4. CO ₂ kalkulatsioon – asfaldilaotur [30]		66
Lisa 5. CO ₂ kalkulatsioon – külmfrees [30]		67
Lisa 6. CO ₂ kalkulatsioon – buldooser [30]		68
Lisa 7. CO ₂ kalkulatsioon – väike asfaldirull [30]		69
Lisa 8. CO ₂ kalkulatsioon – teehöövel [30].....		70
Lisa 9. CO ₂ kalkulatsioon – ekskavaator [30]		71
Lisa 10. CO ₂ kalkulatsioon – pinnaserull [30]		72
Lisa 11. CO ₂ kalkulatsioon – pinnase stabilisaator		73
Lisa 12. CO ₂ kalkulatsioon – suur asfaldirull [30]		74
Lisa 13. CO ₂ kalkulatsioon – veoauto, poolhaage [30]		75

LÜHENDID

E265	– Riiklik põhimaantee nr 2
PK	– piketaaži tähis
EVS-EN	– Eesti standard-Euroopa standard
CE	– vastavus Euroopa Majanduspiirkonna keskkonnakaitse-, tervise- ja ohutusnõuetele
Ld	– päevane ekvivalentne müratase ajavahemikul (kl 7-23)
Ln	– öine ekvivalentne müratase ajavahemikul (kl 23-7)
E	– elastsusmoodul
C35/45	– tava- ja raskebetooni survetugevusklassid standardi EVS-EN 206 alusel
C5	– keskkonnaklass
MA	– Maanteeamet (Transpordiamet)
MPa	– rõhu või surve mõõtühik
WLR	– plastsus, voolavuspiir Rootsi koonuse meetodil
m/ööp	– meetrit ööpäevas
a/ööp	– autot ööpäevas
AKÖL	– aasta keskmine ööpäevane liiklussagedus
SMA	– killustikmastiksfalt (stone mastic asphalt)
AC base	– asfaltbetoonist kandev aluskiht (asphalt concrete base course)
AC surf	– asfaltbetoonist kulumiskiht (asphalt concrete surface course)
AC bin	– asfaltbetoonist siduv vahekiht (asphalt concrete binder course)
KS32	– kompleksstabiliseeritud segu terastikuline koostis
LA	– purunemiskindlus (Los Angelese arv)
Kf	– filtratsioonimoodul
2xE	– kahekordne eelpuistega pindamine
Fr	– fraktsioon ehk fraktsioneeritud materjali terastikuline suurus millimeetrites
eq./hr	– ekvivalentmassi tunnis
IMU	– inertsiaalandur
ATV	– maastikusõiduk (All-Terrain Vehicle)
SAPA	– sõiduautod/pakiautod
VAAB	– veoautod/autobussid
AR	– autorongid
L-EST'97	– Lamberti konformne kooniline projektsioon LAMBERT-EST
EH2000	– Euroopa vertikaalne referentssüsteem (EVRS)

SISSEJUHATUS

Eesti teede võrk koosneb põhiliselt 1+1 ja 2+2 lahendustega maanteedest. Liiklusohutuse seisukohast on 2+2 lahendus kindlasti kõige ohutum, kuid arusaadavalt kõiki maanteid Eesti riigieelarvest teehoiuks kavandatud vahenditest 2+2 teedeks ümber ehitada ei saa. Tänapäeva liikluskoormuse ja tiheduse juures pole võimalik ohutult ära teenindada järjest kasvavat autode hulka 1+1 lahendustega teedel ning seepärast on üha rohkem hakatud vaatama suurema liiklussagedusega- ja tähtsamatel põhimaanteedel 2+1 lahenduste poole.

Oma lõputöös teen põhjaliku ülevaate EV põhimaantee nr 2 (E263) Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa km 135,5 – 141,9 asuva, Neanurme-Pikknurme lõigu 2+1 möödasõidualade ehituse projektlahendusest ja töökorraldusest.

Kirjeldan, milline on põhiprojekti lähteülesanne, millist eeltööd on vaja teha, et valmiks korralik projekt kuni ehitaja leidmiseni.

Töös toon välja millised on tööjõu- ja muude ressursside vajadused ning kui palju kulub ehitustöödeks aega läbi mehhanismide tootlikkuse. Kuna Eesti on siiski põhjamaa ja teede ehituseks sobivat ajaakent üleliia palju ei ole, siis vastavalt hanketingimustele peab nimetatud teelõik valmis saama kaheksa kuuga. Aeg on raha, seda mõistavad teede-ehitajad hästi, et ressursside kasutus oleks kontrolli all, peab töökorraldus olema läbimõeldud ja hästi juhitud. Et teada ja jälgida, millises järjekorras töid tehakse, kui palju on erinevate tööetappide jaoks vastavalt ehitusmahtudele aega arvestada, peavad tööd olema viidud kalendergraafikusse. Saab lugeda, millised tööd on jaotatud alltöövõtjatele ning millised teostatakse peatöövõtu korras.

Oma lõputöös toon välja parimad lahendused tööetappide ja mehhanismide planeerimisel, mis peegelduvad heas meeskonnatöös ja läbimõeldud juhtimisvõtetes. Olulisel kohal on ressursside hankimine, mehhanismide omavahelise koostöö ja logistika korraldamine. Samuti tutvustan teedehituses kasutatavat rasketehnikat, nende kasutamisevõimalusi ja nende jõudlust ehitustandril.

Töö lõpuosas on ülevaade kui suureks kujunevad ühe teelõigu ehitamisel fossiilsetel kütustel töötavate mehhanismide poolt õhku paiskuvad kasvuhoonegaaside heitkogused mahukamate tööprotsesside juures.

1 ÜLDOSA

1.1 Lähteandmed

Põhimaantee nr 2 (E263) Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa km 135,5 – 141,9 asuvale Neanurme-Pikknurme lõigule 2+1 möödasõidualade ehituse põhiprojekt on koostatud Skepast&Puhkim OÜ poolt Transpordiameti tellimusel. [1]

Projekti koostamise eesmärk on 2+1 möödasõidualade rajamine põhimaanteele km 135,5 – 141,9 ning sellega liiklusohutuse tõstmine antud lõigul, mis on välja toodud alloleval plaanil (Joonis 1). [1]



Joonis 1. Asukoha plaan [1]

Nimetatud teelõik on saanud 2013. aastal teekatte uuenduse kuumtöötlemise näol ning on hetkel välja ehitatud III klassi maanteeks. [1]

300 m lõigul, kilomeetritel 135,255 – 135,555 kehtib mõlemas suunas kiirusepiirang 70 km/h, ülejäänud lõigul kiirusepiirangud puuduvad. [1]

Lõigule jääb ka kaks ristmikku. Kilomeetril 136,797 on ristumine riigiteega nr. 14 191, mis on T- kujuline ristmik ja kilomeetril 141,658 on ristumine riigiteega nr. 14 175 ja 14 178, mis on neljajaruline ristmik. [1]

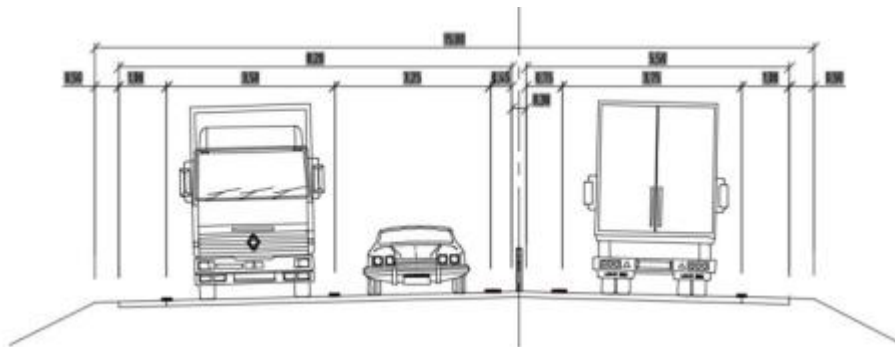
Samuti on sellel lõigul neli bussipeatust. Peatustel on olemas laiendused ja ooteplatvormid. [1]

Ööpäevane liiklussagedus on sellel lõigul 2017. aasta loendusandmete põhjal 7 326 a/ööp, millest raskeliikluse osakaal on 15%. [1]

1.2 Projekteerimistingimused

Vastavalt projekteerimistingimustele tuleb [1]:

- kogu projekti ulatuses tagada maksimaalses võimalikus ulatuses kolmerajaline ristlõige (Joonis 2);



Joonis 2. Lõigu 2+1 ristprofiil

- projekteerida kummaski suunas üks möödasõiduala;
- projekteerida lõigu algusesse kanaliseeritud ristmik;
- möödasõidualade algustesse ja lõppudesse projekteerida tagasipöördekohtad;
- lõigu keskel asuv loomapääs peab asuma 1+1 ristlõikega lõigul ja seal ei tohi asuda tagasipöördekohti;
- projekteerida uued maanteed ja kogujateed, parandada mahasõitude asukohti ja lahendusi;
- projekteerida km 136,5 – 137,0 asuvasse kurvi õgvendus;

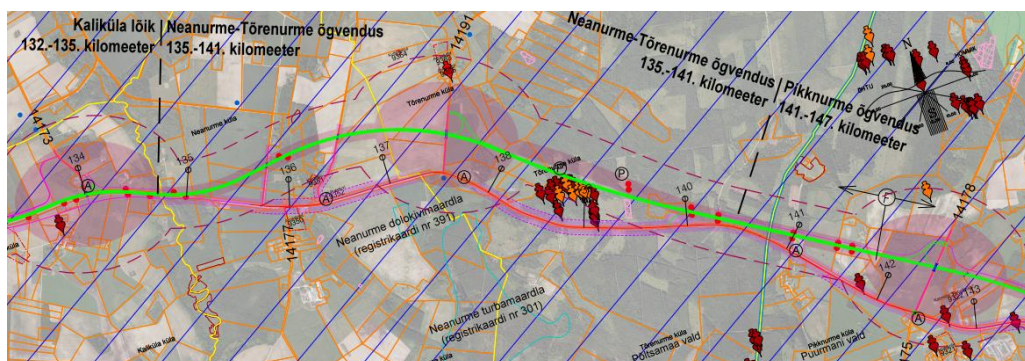
- projektiga tagada kogu lõigul jalakäijate turvaline liikumine bussipeatustesse;
- pikematel lõikudel näha selleks ette hooldusteede projekteerimine, mida on võimalik jalakäijatel kasutada;
- geodeetiline uurimustöö;
- geotehnilised pinnaseuuringud;
- katendi aruanne;
- mürauur;
- ulukiuuring koos ulukite ohupassidega;
- keskkonnamõjuhindang.

1.2.1 Planeeringud ja maaomand

Piirkonnale on kehtestatud üleriigiline planeering „Eesti 2030+“, mis annab suuniseid asustusstruktuuri ja üleriigiliste võrgustike terviklikule arendamisele, arvestades sealhulgas piirkondlike eripäradega. Üleriigilise planeeringu üheks põhisuunaks on head ja mugavad liikumisvõimalused. [1]

Liikuvuse suurenemise ja ohutuse tagamiseks näeb planeering ette rekonstrueerida olemasolevaid ning rajada mõningaid uusi teelõike ja liiklussõlmi põhimaantee koridorides. Planeeringu kohaselt tuleb keskenduda maanteevõrgu kvaliteedi parandamisele ja liikluse turvalisuse tagamisele, mistõttu peab peamine teedevõrgu arendamise ajend olema liiklusohutus. [1]

Üldplaneeringuga on reserveeritud maantee laiendusega seotud koridor, kohalikke teid põhimaanteega siduvate kogujateede koridorid ja ristmike alad ning sätestatud eelnimetatud koridoride ning alade maakasutus- ja ehitustingimused. Projektiala jääb reserveeritud trassikoridori lähedusse (Joonis 3). [1]



Joonis 3. Teemaplaneeringu väljavõte (õgvendus)

2 UURINGUD

2.1 Topo-geodeetilised uuringud

Topo-geodeetiliste uuringute eesmärgiks oli luua digitaalne 3D alus teede, ristmike ja rajatiste projekteerimiseks, topo-geodeetiline alusplaan projekti koostamiseks ja jooniste vormistamiseks ning täpsustada infot maa-aluste tehnovõrkude kohta „Tallinn-Tartu mnt Neanurme-Pikknurme lõigul km 135,5 – 141,9 “. Mõõdistus toimus laserskaneerimisena. [1]

Mõõdistustöid teostati ajavahemikus august kuni oktoober 2018. Koostati tee ala plaan, mõõtkavas 1:500 ning pinna 3D-mudel AutoCAD Civil 3D formaadis. Mõõdistatud ala pindala 78,9 ha. Punktide koordinaadid on L-EST'97 süsteemis ja kõrgused EH2000 kõrgussüsteemis. [1]

2.2 Geoloogilised uuringud

Puurimistööd teostati ajavahemikul 15.01-24.01.2019. Kokku puuriti 139 puurauku, mis märgiti välja käsitsi. Puuraugud tehti puurseadmega GM-100 (Foto 1). [1]

Tee aluse ja mulde kihid kirjeldati puursüdamikus visuaalselt. Puuraugu seinal kontrolliti pinnase ja materjalikihtide paksused kuni poole meetri sügavuseni. Visuaalselt väljaeraldatud kihtidest võeti puuraukudest rikutud struktuuriga proovid. Iga 200 m tagant võeti pinnaseproov (terastikulise koostise, plastseuse määramiseks) ning iga 300 m tagant filtratsiooni määramiseks (ca 0,3...0,5 m sügavuselt). [2]



Foto 1. Puurseade GM 100 [3]

Uuringuala reljeef on tasane ja sellel levib vabapinnaline pinnasevee horisont, mis toitub sademetest ja lume sulamise veest. Uuringupiirkond kuulub valdavalt teise niiskuspaiikkonda. Uuritud teelõigul asuv mulle sisaldab murenemise tõttu sellisel määral saue fraktsiooni, et ei tööta enam valdavas osas drenikihina. Mulde alla jäänud õhuke mullakiht on valdavalt tihenunud. [1]

2.3 Liiklusuuring

Vastavalt uuringule oli 2014. aastal AKÖL 6 221 a/ööp, millest SAPA 5 155, VAAB 237 ja AR 829 a/ööp. [1]

Liiklusuuringu koostamiseks on kasutati km 164,5 paikneva püsiloenduspunkti andmeid, mis võimaldab saada adekvaatse aegrea. Samuti on kasutatud km 144 paikneva perioodilise loenduspunkti andmeid. Täiendavalt viidi läbi voolikloendus km 151. [1]

Tallinna Tehnikaülikooli baasproгноosi põhjal tehtud liiklusproгноosiga leiti, et aastaks 2038 on proгноositud liiklussagedus 9 750 a/ööp. [1]

2.4 Looduskaitseelised objektid

Lõik läbib rohevõrgustiku piirkondlikku koridori, mis ühendab maanteest põhja poole jäävat Vägari-Tõrenurme piirkondlikku tugiala ja teest lõunasse jäävat kohaliku tähtsusega Neanurme tugiala ja sellest lõunasse jäävat riikliku tähtsusega Alam-Pedja tugiala. Projekt mõjutab suurulukite liikumisteid, mistõttu on loomapääsu(de) projekteerimine põhimõttelise tähtsusega. [1]

2.5 Maaparandusehitised

Kokku on projekteeritud kuus plastist ühenduskaevu, ca 87 m uut PVC materjalist drenaažitorustikku. Samuti on ette nähtud 21 drenaažitorustiku osaline lahtikaeve ning teemaa-alalt välja jäävate drenaažitorude sissevooluotsade sulgemine ehk tamponeerimine, et vältida pinnase uhtumist allesjäävasse drenaažisüsteemi. Teemaa-alale jäävad drenaažitorud võivad jääda maa alla, eeldusel, et drenitorude otsad on tamponeeritud. [1]

3 PROJEKTLAHENDUS

3.1 Plaanilahendus

3.1.1 Asendiplaan

Projekteerimistingimustele vastavalt on projekteeritud lõigule km 135,5 – 141,9 kummaski suunas üks möödasõiduala, Tallinn-Tartu suunaline möödasõiduala on 2,1 km pikkune ning Tartu-Tallinn suunaline möödasõidu ala on kahe kilomeetri pikkune. 2+1 ristlõikega alas on sõidusuunad eraldatud keskpiirdega. [1]

Kurviõgvenduse puhul on kasutatud plaanikõverat raadiusega 870 m, mis vastav projektkiiruse 110 km/h viraažikalde 4% rahuldavale tasemele. [1]

Lõigu keskele km 138,4 – 138,6 on projekteeritud tagasipöördevõimalusega. Lõigu alguses ja lõpus tagavad tagasipöörde võimaluse vasakul pool paiknevad ringristmikud. [1]

Üherajaliste sõidusuundade osadele on projekteeritud 40 m pikkused SOS-taskud, kummaski sõidusuunas kolm. Lõigule jääb mõlemas sõidusuunas neli bussipeatust, lõigu keskele on ette nähtud 200 m pikkune loomade pääs üle maantee, mis asub 1+1 ristlõikega lõigul. [1]

3.1.2 Rist- ja pikiprofiil

Sõidutee põiklalded on 2,5% ja kindlustamata tugipeenra põiklalle on 4%. [1]

Tee ristlõike parameetrid on järgmised [1]:

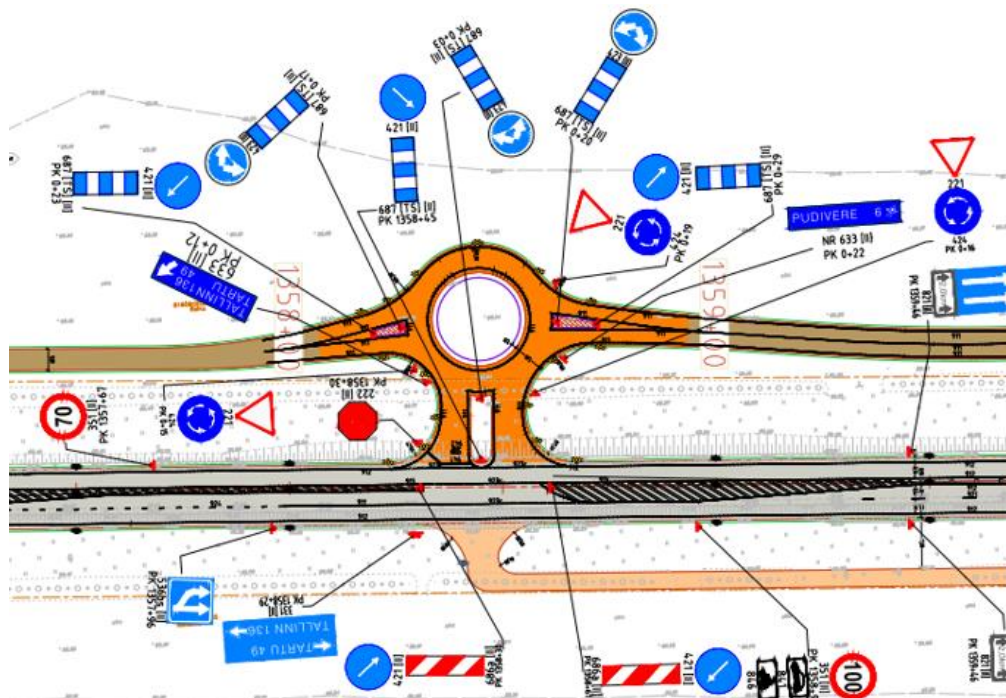
- 1-rajaline sõidusuund: piirde ja sõiduraja vahe on 0,9 m, sõidurada 3,75 m, kindlustatud peenar 1,0 m ja kindlustamata tugipeenar 0,5 m. Katte kogulaius on 5,65m;
- 2-rajaline sõidusuund-piirde ja sõiduraja vahe 0,6 m, teine sõidurada 3,25 m, esimene sõidurada 3,5 m, kindlustatud peenar 1,0 m ja kindlustamata tugipeenar 0,5 m. Katte kogulaius 8,35m;
- kogujateed on suuremate liiklussageduste puhul laiusega seitsme meetri ning väikesemate liiklussageduste puhul viie meetri laiused;
- mulde ja kraavide nõlvus on valdavalt 1:2. Loomapääsude juures on kavandatud nõlvus 1:4. Jalgteede nõlvus on 1:3.

Pikiprofiili projekteerimisel on lähtutud olemasoleva tee pikiprofiilist. Maantee pikiprofiil on võrdlemisi tasane, pikikalded jäävad vahemikku 0,3 kuni 1,4%. [1]

3.1.3 Ristmikud

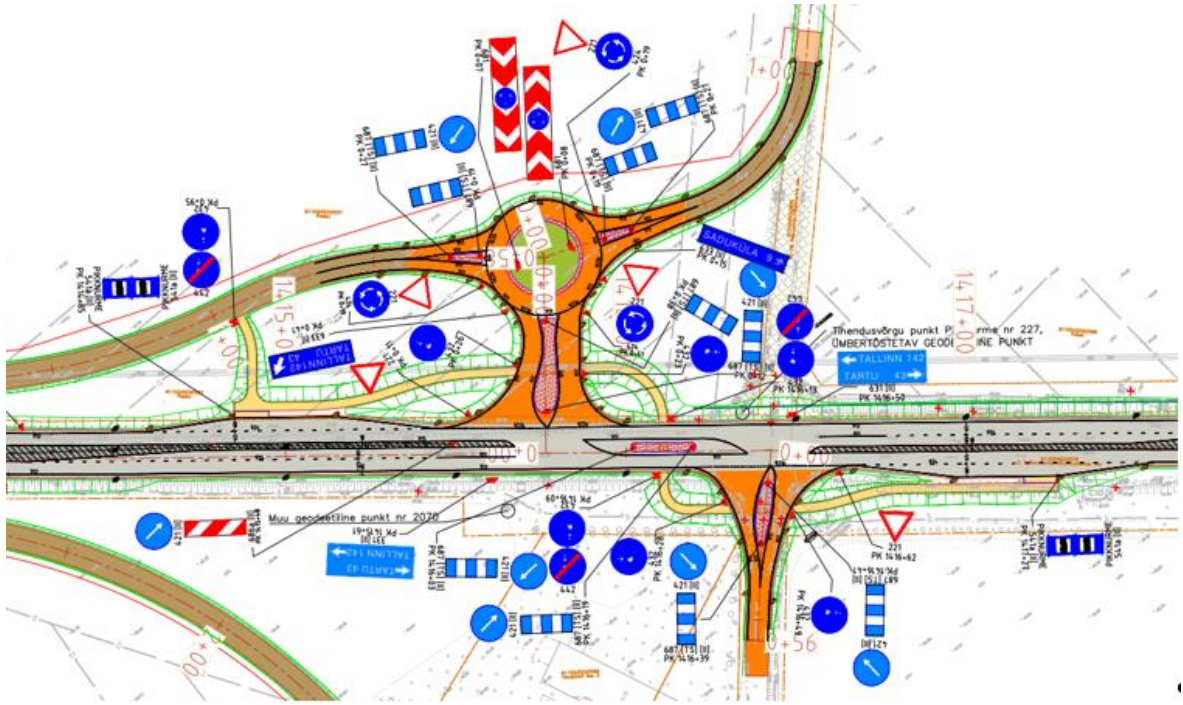
Lõigule jääb kaks ristmiku [1]:

- Neanurme ristmiku uus asukoht on PK 1358+50. Projekteeritud ristmik täidab ka tagasipöörde võimaluse funktsiooni. Ringristmik ühendab omavahel kõrvalmaanteed nr 14191 ja Neanurme-Pudivere kohalikku teed nr 6160005 (Joonis 4).



Joonis 4. Neanurme ristmiku projektne lahendus [1]

Pikknurme ristmik PK 1416+00 on projekteeritud kahte T-kujulise ristmikuna, millele on ette nähtud vasakpöörde eraldusrajad. Ristmiku parempoolne T-haru on kõrvalmaantee nr 14175 ja vasakpoolne T-haru nr 14178. Ristmiku vasakpoolsele harule on projekteeritud eraldi ringristmik, mis tagab tagasipöörde võimaluse (Joonis 5).



Joonis 5. Pikknurme ristmiku projektne lahendus [1]

3.1.4 Jalg- ja jalgrattateed

Jalgteed on projekteeritud bussipeatuse juurde, et ühendada peatus lähimate teeotstega. Projekteeritud algteede laius on 2,5 m. Kindlustamata peenar on ette nähtud katta kasvumulla ja murukülviga. Jalg- ja jalgrattateed on projekteeritud ühepoolse põikkaldega 2,0%. Peenarde põikkalle on 4,0%. Paremate hooldustingimuste tagamiseks on jalg- ja jalgrattateede nõlvad ilma kraavita olukorras ette nähtud viia laugelt kokku olemasoleva maapinnaga, nõlvus 1:2 – 1:4. Kraavide puhul on nõlvuseks üldjuhul ette nähtud 1:2. [1]

3.2 Katend

3.2.1 Põhitee katendilahendus

Põhiteel on kaks erinevat konstruktsiooniolukorda [4]:

- konstruktsioon olemasoleval muldel;
- olemasoleva mulde laienduse konstruktsioon.

Kõikides kihtides on lubatud kasutada paremate omadustega materjale st sama või kõrgema filtratsiooni ja kandevõimega materjale või pinnaseid. Põhitee katendikonstruktsioon on esitatud (Tabel 1). [4]

Tabel 1. Neanurme-Pikknurme teelõigu põhitee katendikonstruktsioon cm-tes [4]

Kiht	Põhitee Konstr A (cm)	Laiendus sh kurvi õgvendus Konstr B (cm)
SMA 16	3+1	3+1
AC 20 bin	5	5
AC 32 base	7	7
KS 32	16	16
Paekivikillustik 32/63	20	20
Geokomposiit 50x50 kN	x	x
Liiv $K_f > 0,5$ m/ööp $E > 105$ MPa, Cu 2...3		30
Liiv $K_f > 0,5$ m/ööp $E > 90$ MPa, Cu 2...3		35

Killustikaluse alla on ette nähtud paigaldada geokomposiit. Selle paigaldamisel on kaks eesmärki [4]:

- vähendada prao tekkimise võimalust olemasoleva mulde ja laienduse vahel;
- vältida killustiku ja laienduse puhul killustiku alla tuleva liiva kihi segunemist.

Konstruktsioonis on ette nähtud ülemine liivakiht rajada mõõdukalt ühtlaseterisest keskliivast ja alumine liivakiht mõõdukalt ühtlaseterisest peenliivast. Arvestades, et kurvi õgvenduse kohas, kus rajatakse sisuliselt uus tee, tuleb rajada 1,5 m paksune konstruktsioon kontrollitud filtratsiooniga pinnastest, siis tuleb lisaks arvutuslikele kihipaksustele ette näha veel täiendavad liivakihid, mille $K_f > 0,2$ m/ööp. [4]

3.2.2 Kõrvalmaanteed ja muud teed

Asfaltkatte, välja arvatud põhitee (konstruktsioon C) konstruktsioonina on arvestatud: olemasolevale muldele killustikalus 20 cm (fr 16/32), AC 20 base 5 cm ja AC 16 surf 4 cm. Sama konstruktsiooni on ette nähtud kasutada ka tagasipöördekorvadel. Kui antud konstruktsioon rajatakse kui uus tee, siis tuleb aluskihiks lisada juurde liivakiht paksusega 20 cm ($E > 105$ MPa ja $K_f > 0,5$ m/ööp) ning selle alla vajadusel mulle. [4]

Tolmuvaba kattega teede (konstruktsioon D) konstruktsioonina on arvestatud freesipurust aluskiht 10 cm ja 2,5× eelpuistega pindamine. Kui on tegemist uute teedega, siis esmalt tuleb eemaldada kasvupinnas, seejärel rajada liivalus 20 cm ($K_f > 0,5$ m/ööp), killustik või kruusalus 20 cm (fr 16/32, LA 35) ning viimase kihina freesipurust pinnatud kate. [4]

Kruuskattega juurdepääsuteede konstruktsioonina (konstruktsioon E) on arvestatud liivalus 20 cm ($K_f > 0,5$ m/ööp), killustikust alus 25 cm (fr 16/32, LA 35) ja kruusast kattekiht 15 cm (LA30). [4]

Mahasõitudele on ette nähtud ühekihiline asfaltkate (konstruktsioon F), kus liivalus on 20 cm ($K_f > 0,5$ m/ööp), killustikust alus 20 cm (fr 16/32, LA 35) ja AC 16 surf 5 cm. [4]

Jalgteedele on ette nähtud tüüpne katendilahendus (konstruktsioon G), kus liivalus on 20 cm ($K_f > 0,5$ m/ööp), killustikust alus 20 cm (fr 4/32, LA 35) ja kate AC 8 surf 5 cm. [4]

3.3 Äärekivid ja liiklussaared

Liiklussaarte äärekivid on projekteeritud betoonist ning nende kõrguseks katte pinnast on ette nähtud 10 cm. Jalg- ja jalgrattatee ületuskohal on äärekivide kõrguseks projekteeritud üks cm, allaviik tuleb teostada kahe kivi ulatuses. [1]

Ringristmiku sisemise ringi äärekivi on projekteeritud betoonist ning selle kõrguseks katte pinnast on ette nähtud 15 cm. Ringristmiku kitsenduse ülesõidetav äärekivi on projekteeritud tardkivist ning selle kõrguseks kate pinnast on projekteeritud neli cm. [1]

Bussipeatuste ooteplatvormide eesäärde ning otstesse on projekteeritud betoonist äärekivid. Sõiduteepoolse serva kõrgus katte pinnast on ette nähtud 10 cm, ooteplatvormide otstes tuleb äärekivi viia ühe cm kõrgusele katte pinnast. [1]

3.4 Veeviimarid

Teed ümbritsev maapind on valdavalt tasane. Kohati asetsevad põhimaanteelega nii vasakul kui ka paremal pool teed ristuvad põikkraavid. Projektiga on ette nähtud olemasolevate kraavide puhastamine. Kohtades, kus tee laiendamise tõttu olemasolev kraav likvideeritakse, on ette nähtud selle taastamine uue mulde kõrvale. [1]

Olemasolevad põhiteega ristiasetsevad truubid tuleb vahetada uute plasttruupide vastu. Teeregistri andmetel on lõigul põhimaanteelega kuus ristuvat truupi, millest üks on kahe avaline. [1]

Möllpinnastes on kraavide kindlustamine ette nähtud pikikallete 1,0...3,0% korral killustikuga, üle selle kallete korral juba näiteks kivisillutise või geosünteti + killustikuga. [1]

3.5 Keskkonnakaitse ja maastikukujundus

3.5.1 Müratõkked

Kasutusetapis kaasneva müra hindamiseks viidi projekti koostamise raames läbi eraldi mürahindang, mille eesmärk oli hinnata põhimaantee nr 2 (E263) Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa km 135,5 – 141,9 Neanurme-Pikknurme lõigul 2+1 möödasõidulade maanteemüra mõju maantee läheduses asuvatele elamualadele. [1]

Müra mõju hinnati ehitusjärgses olukorras 2020. aastal ning perspektiivses olukorras 2038. aastal. Müra arvutused teostati kahe meetri kõrgusel maapinnast ning müratasemeid elamualadel hinnati vastavalt keskkonnaministri 16.12.2016 määruses nr 71 „Välisõhus leviva müra normtasemed ja mürataseme mõõtmise, määramise ja hindamise meetodid“ toodud müra normtasemetega. Müraarvutustes kasutati siseriiklikke müraindikaatoreid L_d ja L_n , mis iseloomustavad vastavalt päevase (kl 7 - 23) ja öise (kl 23 - 7) ajavahemiku keskmisi ekvivalentseid müratasemeid. [1]

Müratasemete hindamise tulemusena selgus, et nii 2020. kui ka 2038. aastal toimub projekteeritava tee ääres müra normtasemete ületamine kolme kinnistu juures - Ööbiku kinnistu, Savikurve kinnistu ja Karli kinnistu. Nimetatud kinnistute juurde on vaja rajada mürakaitseekraan. [1]

Müarakaitseekraanid on valmistatud akrüül- või polükarbonaatklaasist. Müratõkkeseina materjalina kasutatavad moodulid on kaetud metallprofiili, plastiku või immutatud puiduga. [1]

3.5.2 Teeilmajaam

Olemasoleva sõidutee servas PK 1410+93 Tartu-Tallinn suunal paiknev olemasolev teeilmajaam tuleb demonteerida ning paigaldada asendiplaani joonisel näidatud asukohta. Kattesse tuleb paigaldada andurid. [1]

Töövõtja hangib ja paigaldab uue koonus, kuumtsingitud metallmasti, mis peab vastama standarditele EVS-EN 40-5:2002 ja omama CE märgist ning hangib ja paigaldab uue betoonjalandi, mis peab vastama standardile EVS-EN 14991:2007 ja omama CE märgist. [1]

Nõuded mastile/jalandile [1]:

- Kuumtsingitud metallmasti maapealse osa pikkus peab olema vähemalt kaheksa meetrit, masti ülemine ots peab olema korgiga suletud. Mast tuleb paigaldada teekatte servast kolme meetri kaugusele.

3.5.3 Loomatara

Loomade maanteele sattumise tõkestamiseks ning liiklusohutuse tagamiseks on asendiplaanil näidatud ulatuses (alates PK 1371+18 kuni PK 1407+09) kummalegi poole maanteed kavandatud ulukitarad. Ulukitarad paiknevad minimaalselt 11 m kaugusel teekatte servast, välja arvatud väikeulukitruubi piirkonnas, kus ulukitara on toodud maanteele lähemale, et minimeerida väikeulukitruubi pikkust. Paigaldatava ulukitara kõrgus peab üldjuhul olema min 2,4 m. Mulde nõlvale paigaldatava tara kõrgust võib vähendada kuni 1,5 m. [1]

3.5.4 Tagasihüppekohad

Ette on nähtud rajada kahe paralleelse piirdeaiaga tagasihüppekohad, mis koosnevad kahest rambist ja maapinnast kõrgusega üks meeter. Kahe rambi keskele on ettenähtud viie meetri pikkune maapinnaga samas tasapinnas auk, mille kaudu loomad pääsevad rambilt metsa suunas tee maa-alalt minema. [1]

Takistamaks metsa poolt loomade liikumist tagasihüppekohale, on soovitatud kasutada rampide ehituseks pinnast tagasihüppekoha nõ maandumispiirkonnast. Selliselt on tagasihüppekohal metsa poolt lähenedes kerge süvend ning tee poolt lähenedes ei ole vaja nii kõrgeid rampe rajada. [1]

3.5.5 Ulukirest

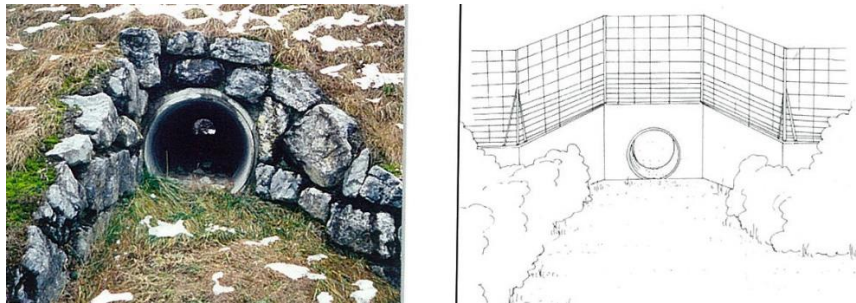
Projekti asendiplaani joonistel näidatud asukohtadesse on projekteeritud ulukirestid. Restideks on sõiduteega samas tasapinnas sõidutee teljega risti paigaldatud ümara ristlõikega torudest moodustatud terasest ribad. Rest on paigaldatud raudbetoonist C35/45 vundamendile, milleks on ühest äärest lahtine künakujuline raam (Foto 2). [1]



Foto 2. Ulukirest [5]

3.5.6 Väikeulukitruup

Väikeulukite läbipääsuks on PK 1380+64 projekteeritud terasest ulukitruup läbimõõduga 1,4 m (Joonis 6). [1]



Joonis 6. Ulukitruubi otsvaade (vasakul), loomatara paiknemine truubi kohal (paremal) [1]

Terastruubi seinapaksus peab olema 2,5 mm ning gofreering 68×13 mm. Paigaldatava terastruubi eluiga peab olema vähemalt sada aastat, selle tagamiseks peab keskkonnaklass olema C5. Truubi põhja on ette nähtud paigaldada 20 cm paksune kruusast kiht (segu 0/31,5). [1]

3.6 Liikluskorraldus- ja ohutusvahendid

Projektiga on ette nähtud kõikide olemasolevate liiklusmärkide, viitade ja tähispostide asendamine. Liikluskorraldust puudutav info on toodud liikluskorralduse joonistel. Liikluskorralduse- ja ohutusvahendite korral tuleb lähtuda Riigiteede liikluskorralduse juhiseist. [1]

Liiklusärgid on ette nähtud II suurusgrupi omad ning peavad täitma II klassi valguspeegelduse nõuet. Suurtähe kõrgus on 200 mm, suurendatud lubatud sõidukiirusega lõikudel 300 mm. [1]

3.6.1 Teekatemärgistus ja tähispostid, püsttähised

Põhitee ja ristmike teekatemärgistus on projekteeritud kogu mahus termoplastikust. Liiklussaarte äärekivid ning bussipeatuste sõiduteepoolse serva äärekivid on ette nähtud markeerida värviga. [1]

Põhimaantee on tähistatud tähispostidega, tähisposti helkuri värv on toodud liikluskorralduse joonistel. Mahasõitudele, mis asuvad PK 1355+77 ja PK 1403+07, tuleb tähistada kuue kollase tähispostiga, ülejäänud mahasõitudele on ette nähtud sinised tähispostid. Ristmikud ja bussipeatused tuleb samuti tähistada kollaste tähispostidega. Püsttähised on projekteeritud PK 1388+00 – 1390+00. Püsttähiste samm on 10 m ja peavad vastama klassile 1. [1]

3.6.2 Põristid

Lõigule on mõlemas sõidusuunas sõiduradade välimistesse servadesse markeeringu 912 alla ettenähtud põristid, mis tuleb freesida mõõtudega, laius 300 mm, pikkus 150 mm, sügavus 10 mm. Põristite telgede vaheline kaugus on 600 mm. Kohtades, kus elamud on teele ligemal kui 100 m pole põristit ette nähtud. [1]

3.7 Ohutuse parandamine

Ohutuse parandamiseks on projekteeritaval teelõigul ette nähtud järgmised tööd [1]:

- põhimaantee trassi plaanikõverate korrigeerimine;
- möödasõidualade ja kogujateede rajamine;
- ristmike või ristmike harude nihutamine;
- osade mahasõitude sulgemine põhimaanteele;
- mahasõitude ristumisnurga korrigeerimine;
- kiiruspiirangu pikendamine lõigu algusosas vasakul pool;
- ohutussaarte rajamine;
- bussipeatuste nihutamine ja kergliiklusteede rajamine (sh teeületuskohad);
- pinnavee ärajuhtimise parandamine;
- kraavide ja nõlvade kindlustamine erosiooni tõkestamiseks;
- teelõigu tarastamine loomatõkketaradega;
- väikeulukitruubi rajamine;
- ulukirestide ning auto- ja jalgvärvate paigaldamine mahasõitudele;

4 E HITUSTÖÖDE NÕUDED

4.1 Üldosa

Töövõtja peab tööde tegemisel juhinduma projektlahendusest ja teetööde tehniliste kirjelduste viimasest versioonist ning projektipõhistest tehnilistest eritingimustest. [1]

Kui projekteerimise ja ehituse vahelisel perioodil toimuvad kehtivates asjakohastes normdokumentides muudatused, siis peavad need kajastuma ehitushanke pakkumisdokumentides. [1]

Kõik tööd peab töövõtja teostama vastavuses heade ehitustavade ja ning tegema seda viisil, mis ei kahjusta ümbritsevat sotsiaal- ja looduskeskkonda. [1]

Kasutada võib ainult materjale ja tooteid, mille vastavus on tõestatud Teetööde tehnilistes kirjeldustes kirjeldatud protseduuridega. [1]

Ehitustehnoloogia ja kvaliteet peab vastama Teetööde tehnilistele kirjeldustele ja asjakohastele normidele ning juhenditele, mis on jõus ehitusperioodil. [1]

Töövõtja peab iga üksiku Teetööde tehniliste kirjelduste spetsifikatsiooni kohase töö teostamisel arvestama kõikide tööoperatsioonide ja kulutustega, mis on kirjeldatud vastavas spetsifikatsioonis. [1]

Enne kaevetööde algust peab töövõtja välja kutsuma tehnovõrkude valdaja ja saada nendelt kirjalikud juhendid ja load tööde tegemiseks vastava kaabli või torustiku kaitsevööndis. [1]

Töövõtja peab koostama ehitusaegse liikluskorralduse skeemi ning kooskõlastama selle Transpordiametiga. [1]

Ehitustööde ajal tuleb tagada jalkäijate ja liiklusvahendite pidev juurdepääs teeäärsetele maavaldustele. Töövõtja peab arvestama kulutustega ajutiste ümbersõiduteede ehituseks, korrashoiuks ja nende liikluskorraldusvahenditega tähistamiseks. [1]

Ehitusaegsete ajutiste liikluskorralduslahenduste koostamisel tuleb tagada ka erivedude teostamise võimalikkus. [1]

4.2 Ettevalmistustööd

Enne ehitustööde algust tuleb digitaalselt maha märkida raadamisala ja seejärel tee teljed. Piketaaž tuleb säilitada garantiiaja lõpuni või tellija korralduseni. Täiendavalt tuleb digitaalselt välja märkida kõik iseloomulikud projektsed tee-elementid-äärekivid, liiklussaared, valgustus jne). Väljamärgitud punktid tuleb looduses kindlustada ning vastavalt vajadusele taastada või uuesti välja märkida. [1]

Teemaa-alal olevad puud ja võsa tuleb eemaldada. Enne puude langetamist tuleb töövõtjal hankida asjakohased load. Raadamise piir, maha võetavad üksikpuud ja hekid on näidatud asendiplaani ja liikluskorralduse joonistel. [1]

Raiejäätmed tuleb hakkida, väiksemad kännud juurida ja vedada ehitusplatsilt ära. Vältimaks maa-aluste liinirajatiste vigastamist ei tohi kände juurida liinirajatiste piirkonnas, vaid peab kännud freesima. Kännusüvendid tuleb täita ja maa-ala planeerida ümbritseva maapinna kõrguseni. Erakinnistutelt raadamise tulemusena saadav puitmaterjal tuleb töödelda omanikule vastuvõetaval viisil ja ladustada omaniku poolt näidatavale mahalaadimiskohale. Teemaalt saadav puitmaterjal ning vajadusel ka erakinnistutelt raadamise tulemusena saadav puitmaterjal tuleb töövõtja poolt utiliseerida. Puude ja võsa eemaldamisel tekkivad augud tuleb täita ja maa-ala planeerida ümbritseva maapinna kõrguseni. [1]

Enne ehitustööde algust on töövõtja kohustatud leidma endale sobivad ajutised laoplatsid ning vajadusel sõlmima nende kasutamiseks vajalikud kirjalikud kokkulepped. Vajadusel tuleb ajutiste laoplatside asukohad täpsustada ja/või kooskõlastada täiendavalt tellija või omavalitsusega. [1]

4.3 Tee

4.3.1 Freesimine

Kogu põhimaantee kate ning asfaltkattega teede kate on ette nähtud töömahtude piires freesida. Freesipuru tuleb ladustada vahelattu, tagades seejuures, et freesipuru ei seguneks ladustamise ajal muu materjaliga. Vaheladu peab asuma objekti läheduses veokaugusega kuni 10 km. Vahelao asukoht tuleb kooskõlastada tellijaga. [1]

Töövõtja on kohustatud tagama, et freesipuru on terasuurusega 0 – 31,5 mm (vajadusel peab Töövõtja kasutama meetmeid - sõeluma, kasutama vastavat purustusseadet jms). [6]

Kõik freesimise juurde kuuluvate tööde kulutused (s.h freesimine, materjali purustamine, laoplatsti leidmine ja materjali ladustamine, materjali vedu) on Töövõtja kanda. [6]

4.3.2 Mullatööd

Vältimaks ülearuse kasvupinnase koorimist, tuleb ehitusobjektile maha märkida ehitatava sõidutee mulde või kraavi välisserva ulatus. [1]

Et töid saaks teostada kuivades oludes, peab Töövõtja kõik kaevikud ja kaevekohad hoidma veevabad. Vajadusel peab rajama ajutised äravoolud või voolusängid vete juhtimiseks töövõtja poolt rajatud vee kogumiskohtadesse. Kraavide kaevamist tuleb alustada eesvoolu poolt liikudes kraavide ülesvoolu suunas. [1]

4.3.3 Kasvupinnase eemaldamine

Projekteeritavate uute mullete või olemasolevate mullete laienduste alla jääv kasvupinnas tuleb eemaldada kogu paksuses. Nõlvadel on arvestatud kasvupinnase paksuseks 15 cm ning nõlvadega külgneval maa-alal 50 cm. Kuna olemasolevate teede kindlustamata peenrad on osaliselt rohtu kasvanud, on nende kaevamise maht üldjuhul arvestatud sobimatu pinnase mahuga kokku. [1]

Kõlblik kasvumuld tuleb ladustada teemaa-alal ja kasutada hiljem nõlvade ja kraavide kindlustamisel ning teemaa haljastamisel. Haljastustöödeks kõlbmatut kasvumulda saab võimalusel kasutada rekultiveeritavate- ja haljasalade täiteks. Üle jäävat kõlbmatut pinnast peab töövõtja utiliseerima vastavalt jäätmeseaduses ja maapõueseaduses toodule. [1]

4.3.4 Kaevetööd

Laienduste puhul tuleb rajatava mulde alt eemaldada olemasoleva tee muldkeha ning kasvupinnas. Orgaanikat sisaldavat ning muldkehasse mittesobivat pinnast võib kasutada müravalli ehituseks ja planeerida teemaa-alal rekultiveeritavatele aladele, madalamatele aladele tee mulde kõrvale või külakraavide taha. Objektile üle jääv ehituseks sobimatu pinnas tuleb töövõtjal utiliseerida vastavalt jäätmeseadusele. [1]

Vana likvideeritava muldkeha kaevamisel saadav pinnas on arvestatud ehituseks sobivana. Kui ühes kaevikus on nii sobivat kui ka sobimatut pinnast, tuleb need kaevata eraldi, vältides seejuures pinnaste segunemist. [1]

4.3.5 Kraavide kaevamine ja puhastamine

Olemasolevad puhastatavad kraavid on näidatud asendiplaanil. Uute kraavide kaevamise käigus väljakaevatavat materjali võib võimalusel planeerida tee külakraavide taha. Planeeritav pinnas ei tohi seejuures katta kasvumulda. Kraavide kaevamisel tuleb arvestada olemasolevate kaablitega ja teiste maa-aluste kommunikatsioonidega. [1]

4.3.6 Muldkeha ehitamine

Oleva mulde laiendustöid tuleb alustada peenarde ja nõlvade lahti lükkamisest, et tagada sademevee äravool ning eemaldada laienduse alt sobimatu pinnas. Tee laiendamine tuleb teostada astmete kaupa, mis võimaldab aluse kihtide normide kohast tihendamist. [1]

Killustikaluse tihendamist kontrollitakse elastsusmooduli mõõtmise teel tihendatud kihi pinnal Loadman või Inspector seadmega. Elastsusmoodul tihendatud killustikaluse pinnal peab olema ≥ 170 MPa. Elastsusmoodul kruuskatte pinnal peab olema ≥ 120 MPa, mõõdetuna Loadman või Inspector seadmega tihendatud katte pinnal. [1]

Muldkeha täitepinnas tee laienduste all tuleb paigaldada ning tihendada mitte üle 0,3 m paksuste kihtidena, tagades seejuures normikohase niiskusrežiimi (kuiva ilma korral täiendavalt niisutades). [1]

Töökihist allapoole (üle 1,5 m katte pinnast) paigaldatav täitepinnas ei tohi sisaldada orgaanikat, filtratsiooni nõudeid sellele ei esitata, kuid kasutatav pinnase voolavuspiir Rootsi koonuse meetodil peab olema $WLR < 25$. [1]

Ehitatavate mullete töökihis (kuni 1,5 m katte pinnast) tuleb kasutada karjäärast toodud liiv- või kruuspinna, mille minimaalne filtratsioonimoodul standardse Proctorteimiga saavutatava maksimaalse tihenduse juures on vähemalt 0,2 m/ööp. [1]

Olemasoleva mulde materjali võib kasutada laienduste ehituseks alumistes kihtides, kui peenosiste ($< 0,063$) sisaldus on $< 15\%$. Materjali fraktsioonkoostist tuleb kontrollida iga 250 m³ kohta. [1]

Jalg- ja jalgrattateedel peab ülemises 1,0 m paksuses kihis olema külmakindel materjal. [1]

Paigaldatav täitepinnas nii töökihis kui ka sellest allpool tuleb kõigil ehitatavatel teedel paigaldada ning tihendada mitte üle 0,3 m paksuste kihtidena, tagades seejuures normikohase niiskusrežiimi (kuiva ilma korral täiendavalt niisutades). [1]

Muldkeha pealispind nii sõidu- kui jalg- ja jalgrattateedel tuleb planeerida vastavalt tüüpristprofiilidel toodud kalletele nõlva suunas ning tihendada esitatud tihendusteguriteni. Kõrgete mullete ehitamisel tuleb ette näha täiendavad meetmed nõlvade uhtumise vältimiseks ehituse ajal. [1]

4.3.7 Nõlvade planeerimis- ja kindlustustööd

Peale mullatööde lõppemist tuleb nõlvad sh kraavide välisnõlvad, planeerida ning tihendada. Projektis on arvestatud, et kõik nõlvad tuleb katta viie kuni seitsme sentimeetri paksuse kasvumulla kihiga ning külvata muruseeme 10 – 20 g/m². [1]

Valikud kraavikindlustustööd on toodud vastavas aruandes. Muldkeha nõlvad on ette nähtud kindlustada erosioonitõkkematiga viraažide sisekülgedel. Täpsemad mahud on mullatööde aruandes. [1]

4.4 Katend

4.4.1 Killustikalus

Killustikaluste puhul lähtuda „Killustikust katendikihtide ehitamise juhise (MA 2016-12)“ nõuetest tabelis 1 positsioon 5 ja teiste teede killustikaluste puhul positsioon 6 nõuetega (Joonis 7). Fraktsioneeritud killustikust kihtides on lubatud fraktsioneeritud killustiku asemel kasutada ka analoogset sidumata segu. [7], [1]

	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5	Nr. 6	Nr. 7 ^{b)}
Omadus	AKÖL 20 ≥ 6000 aluste tilakihid ja tühkihihi alused, kui E _{soj} > 275 MPa ^{b)}	AKÖL 20 ≥ 6000 aluste alakihid, kui E _{soj} > 275 MPa	AKÖL 20 ≥ 6000 kahekihihi aluste tila- ja alakihid, kui E _{soj} ≤ 275 MPa	AKÖL 20 3000-6000 aluste tilakihid ja tühkihihi alused	AKÖL 20 3000-6000 aluste alakihid	AKÖL 20 500-3000 tühkihihi alused	AKÖL 20 < 500 tühkihihi alused, sh jalg- ja jalgrattateede ning sõidautode möödud parklate alused
Terastikulise koostise kategorია	G _C 80/20						
Purustatud või murenenud terade ja täielikult ümardunud terade kategorია	C _{90/3}	C _{90/3}	C _{90/3}	C _{90/3}	C _{50/10}	C _{50/10}	C _{50/30}
Petrograafiline kirjeldus	Määratud	Määratud	Määratud	Määratud	Määratud	Määratud	-
Purunemiskindlus	LA ₃₀	LA ₃₀	LA ₃₀	LA ₃₀	LA ₃₅	LA ₃₅	LA ₄₀
Külmakindlus ^{c)}	F ₂	F ₄	F ₄	F ₄	F ₄	F ₄	F ₈
Külmakindlus 1% NaCl lahuses	F _{NaCl4}	-	-	-	-	-	-
Plaatsustegur	FI ₂₀	FI ₂₀	FI ₂₀	FI ₂₀	FI ₃₅	FI ₃₅	FI ₃₅
Peenosiste sisalduse kategorია	f ₂	f ₄	f ₄	f ₄	f ₄	f ₄	f ₄

Joonis 7. Minimaalsed nõuded täitematerjalide omadustele aluste ehitamisel ridakillustikust või fraktsioneeritud killustikust (sh immutus- ja kiilumiskillustik) Tabel 1 [7]

4.4.2 Asfaltkate

Põhitee asfaltkatte (konstruktsioonid tüüp A, B ja C) ehitusel materjalinõuete osas lähtuda „Asfaldist katendikihtide ehitamise juhises (MA 2015)“ tabel 1 AKÖL 6000 – 12 000 nõuetest (raskeliiklus 17%). Mahasõitude (tüüp G) ja jalg- ja jalgratta (tüüp H) tee puhul lähtuda nõudest AKÖL 20 < 900 (raskeliiklus < 10%). SMA segu puhul arvestada polümeermoodifitseeritud bituumeni kasutamisega. [8], [1]

Projektis on arvestatud, et asfaltbetoonkatete pealmise kihi pikivuugid tuleb teostada kuumvuukidena. Selleks peab laoturul olema vuugisoojendusseade, mille summaarne võimsus peab olema vähemalt 30 kW. Asfaldi pinnatemperatuur peab vahetult peale kuumutamist olema vähemalt 100 °C. Vuugisoojendaja peab olema ühendatud laoturi liikumisega automaatseadmega või selliselt, et see ei kõrvetaks vuuki kui laotur peaks seisma jääma. Maksumus näha ette asfalteerimistööde mahus. [1]

4.4.3 Stabilliseeritud katend

Stabiliseeritud katendid tuleb ehitada lähtuvalt „Stabiliseeritud katendikihtide ehitamise juhisele“ (MA 2016-013) [9]. KS kihi ehitusel lähtuda AKÖL 20 > 6 000 a/ööp nõudest. [1]

4.4.4 Pinnatud kate

Eelpuistega kahekordne pindamine: (2 × E) Otse kattele puistatakse jämedama täitematerjali fraktsioon. Seejärel laotatakse esimene sideaine kiht ning kiilutakse peenema fraktsiooniga täitematerjaliga. Pärast seda laotatakse teine kiht sideainet ning peale puistatakse järgmine peenema täitematerjali fraktsioon. [1]

4.4.5 Kruuskate

Kruuskatete (tüüp E ja F) ehitamisel tuleb lähtuda „Tee ehitamise kvaliteedi nõuded“ määruse lisast 10 kasutada segu pos nr 6. [1]

4.4.6 Peenrad

Sõiduteede tugipeenrad kindlustada kruuskillustikust seguga fr 0/31,5mm. Asfalteerimise järgselt täita peenrad põhiteel, ristmikel ja mahaõitudel kuni asfaltbetoonikihi ülemise pinnani kaldega 4,0%.

Peenardele tuleb teha lõppviimistlus paekivisõelmetega tagades nõuetekohase tihendamise ja kiilumise. [1]

4.4.7 Geokomposiit

Geokomposiidina on arvestatud geovõrk minimaalse tõmbetugevusega mõlemas suunas 50 kN/m ja tõmbetugevus 2% venivuse juures peab olema minimaalselt 16 kN/m (mõlemas tõmbesuunas ja arvestades tolerantse), 10% venivuse korral, kasutada õmmeldud mitte kootud tekstiili. Võrgu silma suurus peab olema sobiv kasutatava killustiku fraktsiooniga. [1]

4.4.8 Truubid

Töö koosseisu kuulub ka kaeviku tagasitäide materjaliga, mille omadused vastavad mulde pinnastele esitatavatele nõuetele, ning katendi (aluste) taastamine aladel, mis pole kaetud projekteeritud katendi (aluste) mahtudega. Samuti aluste ehitust ja selleks vajalikke materjale (sh geokangad), sisse- ja väljavoolude ning mulde nõlvade kindlustamist ja selleks vajalikke materjale. [1]

4.4.9 Nõuded ehitusaegsele liikluskorraldusele

Et ehitusprotsessi ajal teed liiklusele ei suleta tuleb ehitustööd teostada selliselt, et esmalt rajatakse tee laiendus. Peale laienduse rajamist suunatakse ühe suuna liiklus laiendusele ning teise suuna liiklus säilib olemasoleval teel. Ehitustöid teostatakse tee keskosas, mille laius on seitse kuni kaheksa meetrit. Sellisel juhul jääb kumaski suunas liikluse tarbeks 3,5 – 4,0 m laiune katte osa. Kui on vajalik tee laiendamine mõlemale poole, siis tuleb teha esmalt laiendus ühele ja siis teisele poole ning seejärel ehitustööd keskmisel osal. Kiirusrežiim ehitustööde ajal on vahemikus 50 – 70 km/h sõltuvalt teostatavatest töödest. Lokaalsetes kohtades vajadusel ka 30 km/h. Ehitustööde ajal tuleb arvestada ka erivedude ja põllumajandustehnika liikumise võimaluste säilitamise vajadusega. [1]

Liiklusmärgid ja tähispostid peavad olema puhtad, loetavad ja reflekteeruvad 30 m kauguselt, 95% märgi pinnast peab olema vigastusteta. Juhul kui nimetatud tingimused ei ole tagatud, tuleb märgid korrastada või välja vahetada. [1]

4.4.10 Maastikukujundustööd

Haljastustööde maht on võrdlemisi suur, 207 203 m². Muru kasvualuse ehk paigaldatava sõelutud mullakihi paksuseks näeb projekt ette viie kuni seitsme sentimeetrist mullakihti, kuid praktikas kujuneb selleks tavaliselt seitse kuni kümme sentimeetrit, mis teeb mullakihi mahuks arvestuslikult 20 720 m³. Sellist kogust mulda väiketraktoritega laiali vedada ei ole rentaabel. Samuti ei ole sellist mahtu mõistlik teostada ratastraktoriga veoauto kastist, igat kopatäit eraldi laiali planeerides. Mullakihi laialipuistamiseks kasutatakse Multicat puisturit (Foto 3).



Foto 3. Multicat puistur [10]

Multicat puisturiga saab muuhulgas laotada erinevaid puistematerjale: liiv, sõelutud muld, killustik fr kuni 64 mm, sõelutud freesafalt, purustatud kruus jne. Maksimaliselt on võimalik erinevaid ehitusmaterjale puistata kuni 20 meetri kaugusele masinast. [11]

Lisaks Multicat puisturile annavad ideaalse tulemuse saavutamiseks oma panuse, olenevalt maa-ala suuruselt, kolm kuni kümme haljastustöölist. Puistatud muld viimistletakse rehadega ühtlaseks, seejärel puistatakse muruseeme, mis samuti parima tulemuse saamiseks rehadega üle käiakse. Et tuul ja vihm muruseemet laiali ei puhuks ega minema ei uhuks, rullitakse kohev muld koos muruseemnega kinni.

5 TÖÖJÕU JA MEHHANISMIDE RESSURSSIDE HINDAMINE

5.1 Üldised

Üldise osa alla kuuluvad tööd, mida tehakse nii projektiga alustamisel kui ka kogu projekti kestel vastavalt vajadusele. Põhilised tööd ehitusobjektiga alustamisel vastavalt hankelepingule tellijaga on vajalike lubade hankimine ja kindlustuste sõlmimine. Samuti tuleb koostada kvaliteediplaan ja kooskõlastada alltöövõtjad (Tabel 2).

Ettevalmistusperioodil töötatakse läbi kogu projekt ja seatakse järgnevad ülesanded:

- projektmeeskond;
- osapooled;
- eesmärgid;
- tegevused enne alustamist;
- kalendergraafik;
- ressursside planeerimine.

Tabel 2. Alltöövõttu kuuluvad tööd

Töö liik	Ajakulu [tööpäevades]
Mõõdistus- ja märkimistööd	Kogu periood
Raadamine ja juurimine	10
Üksikute puude langetamine, kändude freesimine	10
Liiklusmärkide, tähispostide eemaldamine	5
Drenaaž ja truubid	10
Tehnovõrgud (elekter, side, välisvalgus)	40
Kivitööd	5
Maastikukujundus- ja haljastustööd	45
Liikluskorraldus- ja ohutusvahendid	14

Esmaste toimingute hulka ehitusobjektile kuulub kindlasti laoplatside leidmine ning maaomanikega nende kasutamise osas kirjalike kokkulepete sõlmimine. Paralleelselt toimub ehitusobjekti väljamärkimine (raadamisala, reeperid, piketaaž jms.) ja ressursside logistikaplaani läbitöötamine.

Üldise ettevalmistuse ressurss objekti- ja projektijuhi töötundide näol on sisse arvatatud projekti üldkuludesse, seega eraldi seda siinkohal välja ei too.

Ehitusobjekti väljamärgimisel kasutatakse alltöövõtjast geodeesiafirmat, kellega on eelnevalt tööde kestvus vastavalt lepingule ja ajagraafikule kokku lepitud. Geodeetiliste tööde koosseisus paigaldatakse esimese asjana reeperid ja 3D baasjaam, seejärel märgitakse välja piketaaž. Objekti- ja töödejuhid kasutavad objektil Leica GPS rovereid (Foto 4), et töö oleks sujuvam ning et oleks võimalik operatiivselt välja märkida, kaardistada ja kontrollida kaevesügavusi ilma geodeedi igakordse sekkumiseta. Kuna objekti maa-ala on piisavalt suur ja töid teostatakse erinevatel lõikudel samaaegselt, siis on geodeesiaettevõttega kokku lepitud geodeedi operatiivne kättesaadavus või kohalolek. Objekti väljamärgimiseks ja geodeetilise võrgu rajamiseks on ette nähtud neli kuni viis tööpäeva. Graafikust kinnipidamist kontrollib objekti- ja projektijuht.



Foto 4. Leica iCON GPS vastuvõtja (Rover) [12]

Geodeetilisi töid teostatakse jooksvalt kogu projekti vältel. Väljamärgimisi, mõõdistustöid ja teostusjooniseid tuleb teha pidevalt, kuna mitmetel lõikudel antakse üle ja võetakse vastu erinevaid kaetud töid.

5.2 Ehitusobjekti ettevalmistamine

Esmalt saadetakse ümberkaudsetele kohalikele elanikele ja asutustele ning piirkonda teenindavatele ettevõtetele teated töödega alustamise kohta ning paigaldatakse objekti infotahvlid (Foto 5), mis on vastavalt hankelepingule eelnevalt tellijaga kooskõlastatud.



Foto 5. Objekti infotahvel [13]

Koostatakse ajutise liikluskorralduse skeem, mis samuti kooskõlastatakse tellijaga. Kui liiklusskeem mõjutab piirkonda läbivate busside liiklust, kas ümbersõitude, seisakute ja/või kiirusepiirangute osas, siis kindlasti teavitatakse eraldi ka bussiette võtteid. Üldine teetöid puudutav info ja jooksvad muudatused liikluskorralduses on üles laetud ja nähtavad Transpordiameti „Tark Tee“ keskkonnas.

5.2.1 Raadamine

Kui raadamisala on välja märgitud, saab alustada raadamistöödega. Raadamistööde koosseisus teostatakse ka üksikute puude langetamine koos kändude juurimisega (freesimisega.). Raadamistöid (Foto 6) teostatakse alltöövõtu korras ja üldjuhul teeb seda väljakujunenud partner, kelle töötempo ja kvaliteediga ollakse varasemalt juba tuttav.



Foto 6. Harvester (paremal), metsaveotraktor (taamal, vasakul) [14]

5.2.2 Tee maa-ala puhastamine ja lammutustööd

Samal ajal alustab objektimeeskond teemaa-ala puhastamisega ja liiklusmärkide eemaldamisega. Samuti tuuakse kohale ja paigaldatakse objektikontorid, ajutised käimlad ning rajatakse ajutised juurdepääsuteed laoplatesidele. Ühtlasi tuuakse kohale ka vajalik tehnika demonteerimis- ja lammutustööde teostamiseks.

Vastavalt eelnevalt kooskõlastatud ajutisele liikluskorralduse skeemile alustatakse ajutiste ümbersõitude ehitusega.

Truupide demonteerimine ja muud lammutustööd teostatakse ekskavaatorite ja ratastraktoritega. Lammutusest tekkiv praht laetakse kalluritele ning utiliseeritakse. Säilitamisele ja/või taaspaigaldamisele kuuluvad materjalid ladustatakse laoplatesidele vastavalt nende spetsiifikale.

5.3 Mullatööd

Ekskavaatoritega (Foto 7) teostatakse nii ajutiste teede kui ka põhitrassi sobimatu pinnase väljakaeve ja ehitus. Ekskavaatoritel kasutatakse küna väljakaevel planeerimiskoppa, mis võimaldab vajadusel anda mulde põhjale kui ka täitematerjali paigaldamisel projektsed kalded. Samuti saab planeerimiskopaga kaevata kraave ja vormistada kraavide ja nõlvade kaldeid. Planeerimiskopaga on mugav eemaldada ka kasvupinnas, sest kui maastik varieerub, on planeerimiskopaga lihtne kooritava kihi muutust reguleerida. Planeerimiskopa lõikeserv on üldjuhul sile ning tulemus peale iga kihi eemaldamist on ühtlaselt puhas. Loomulikult ei ole alati nii, et pinnas on pehme. On ka olukordi, kus väljakaevatav pinnas on pae- ja maakive täis või kasvupinnase eemaldamisel paljastub sootuks paeplatoo. Kui eelnevalt on teostatud geoloogilised uuringud, ei tule sellised olukorrad tavaliselt üllatusena. On olukordi, kus tuleb minna läbi paekihi (näiteks trasside ja tehnovõrkude paigaldus), siis võetakse kasutusele hüdrovasar, mille saab ekskavaatoril hõlpsasti kiirliitega monteerida kaeve- ja/või planeerimiskopa asemele.



Foto 7. Ekskavaator Kobelco [15]

Teedeehituses on levinumad 16 – 24 tonnised ekskavaatorid ning nende kopa maht on $0,8 - 1,5 \text{ m}^3$. Antud juhul võtan arvutuse aluseks $1,4 \text{ m}^3$ -se kopa, töötssükli pikkuseks arvestan ühe minuti, kalde teguriks antud juhul üks ja kuna pidevalt on vaja ekskavaatoriga edasi liikuda ja/või seda ümber paigutada, siis efektiivsuse teguriks on 0,7.

Lähtuvalt sellest saab välja arvutada ekskavaatori jõudluse kasutades järgnevat valemit (1) [16]:

$$T1 = q \times \frac{60}{T_{ts}} \times e \times E, \quad (1)$$

- kus $T1$ – ühes tunnis kaevatav maht, m³/h;
 q – ühe töötsükliga teisaldatava materjali maht, m³;
 T_{ts} – töötsükli kestvus, min;
 e – kalde tegur;
 E – töö efektiivsuse tegur.

Ekskavaatori jõudlus tunnis, leitakse vastavalt valemile (1) [16]:

$$T1 = 1,4 \times \frac{60}{1} \times 1 \times 0,7 = 58,8 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Vastavalt arvutuse tulemusele on ekskavaatori jõudlus ümardatult 60 m³/h.

Kui jõudlus ühes tunnis on teada, saab järeldada, et kümnetunnise tööpäeva puhul on ühe ekskavaatori jõudlus 600 m³ päevas.

Buldooseri (Foto 8) saab samuti pinnast koorida, teisaldada ja planeerida. Eriti hea on buldooseri kasutada täitematerjali vastuvõtmiseks ja planeerimiseks.



Foto 8. Buldooser Cat D5 [17]

3D-MCMax süsteemiga varustatud buldooser kasutab kahte inertsiaalandurit (IMU), mis võimaldavad liigutada masinat kiiremini, nutikamalt ja mastita. [18]

Buldooseri Cat-D4 tera mahutavus on 3,5 m³ ning üks töösükkel kestab üks minut ja efektiivsus on 0,4 siis saab sama valemi (1) [16] abil välja arvutada buldooseri jõudluse (m³/h).

Buldooseri jõudlus tunnis, leitakse vastavalt valemile (1) [16]:

$$T1 = 3,5 \times \frac{60}{1} \times 1 \times 0,4 = 84 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Vastavalt arvutuse tulemusele on buldooseri jõudlus ümardatult 84 m³/h.

Kiirendatud andmeedastus koos Topconi kahe ülikiire IMU kasutamisega võimaldab teha teravamaid kurve, lõigata tasapinda täpsemalt ning laiendada buldooseri traditsioonilistest rakendustest kaugemale. [18]

Mullatööde koosseisus eemaldatakse esmalt kasvupinnas ekskavaatoritega ja buldooseritega. Varasemalt on uue ehitatava sõidutee muldepiir ja kraavi välisserv välja märgitud, nii ei teki üleliigset tööd. Vastavalt projekti seletuskirjale tuleb kasvumuld ladustada teemaa-alal ning sobivasse kohta transporditakse see liigendkalluritega. Arvestuslik kasvupinnase kogus mahutabeli järgi on 91 867 m³, millele lisandub ka sobimatu pinnase maht 16 175 m³, mis on piisavalt suur kogus, et seda objektilt ära vedada. Tööplaan näeb ette, et kooritud kasvumulda saab ära kasutada hiljem nõlvade ja kraavide kindlustamisel ning teemaa-ala haljastamisel. Selleks tuleb eelnevalt väljakaevatud kasvumuld kohapeal ära sõeluda. Selleks tuuakse kohale mobiilne mullasõelumismasin, mis on kindlasti ainuõige lahendus võrreldes pinnase transpordiga. Haljastustöödeks kõlbmatut kasvumulda saab võimalusel kasutada rekultiveeritavate- ja haljasalade täiteks või selle võimaluse puudumisel tuleb üleliigne kasvupinnas utiliseerida. Käesoleva projekti mahus on mõistlik see kindlasti kõiki võimalusi arvestades kohapeal ära kasutada. Nii saab hoida kokku utiliseerimis- ja transpordikuludelt.

Samal ajal saab alustada olemasoleva katendi freesimisega ja olemasoleva tee muldelaiendustega. Freesimistööd ja uue mulde väljakaeve tööd tuleb teostada selliselt, et liikluseks oleks tagatud 1+1 sõiduradadega ja 6,5 m laiune asfaltkattega tee.

Kasvupinnase eemaldamise ja sobimatu pinnase väljakaeve ajakulu saab arvutada järgneva valemiga (2) [16]:

$$t1 = \frac{S_t}{n_m \times A}, \quad (2)$$

kus $t1$ – ehitamisele kuluv aeg, tööpäev;

S_t – materjali kogumaht, m³ (m²);

n_m – masinate arv, tk;

A – tootlikkus, m³- või m²/päevas.

Vastavalt valemile (2) [16] leitakse kasvupinnase eemaldamisele ja sobimatu pinnase väljakaevale kuluv aeg tööpäevades:

$$t_1 = \frac{108\,042}{4 \times 600} = 45 \text{ tööpäeva.}$$

Vastavalt arvutuse tulemusele on kasvupinnase eemaldamisele ja sobimatu pinnase väljakaevale kuluv aeg 45 tööpäeva.

Liigendkallureid ehk dumpereid (Foto 9) kasutatakse põhiliselt objekti piires, töömaa-alal ja laoplatside vahelistes vedudes. Liigendkalluriga pikki vahemaid ei teenindata, maksimaalne kiirus on küll 55 km/h, kuid koormaga ja rasketes oludes liikumise kiiruseks arvestan 25 – 30 km/h. Liigendkallurid on võimekad raskel maastikul juhul kui ilmastikuolud on rasked ja pinnas mudane. Keskmine vahemaa objektil võiks olla 1,5 – 3,0 km.



Foto 9. Liigendkallur CAT-730 [19]

Arvestades liigendkalluri veokasti mahtu, mis on Cat-730 puhul 17,5 m³, siis saab vastavalt valemile (3) [16] välja arvutada ühele ringile kuluva aja.

$$R = \frac{L}{S} \times P, \quad (3)$$

kus R – ringile kuluv aeg, min;

- L – ringi pikkus, km;
 S – kiirus, km/h;
 P – aeg, min.

Vastavalt valemile (3) sisestan arvud ja leian ühele ringile kuluva aja:

$$R = \frac{6}{25} \times 60 = 14,4 \text{ minutit.}$$

Vastavalt arvutuse tulemusele on ühele ringile kuluv aeg ümardatult 15 minutit. Saadud tulemusele lisan juurde oote- ja puhkeaja ning maha- ja peale laadimise aja, siis saan ühele ringile kuluvaks ajaks arvestuslikult 30 min.

Arvestades ekskavaatori jõudlust, mis on 600 m³/päevas ning ühele ringile kuluvat aega 30 min., siis jõuab üks liigendkallur teha kümnetunnise tööpäeva jooksul teha 20 ringi.

Liigendkalluritega veetakse üldjuhul kasvupinnast, sobilikku ja sobimatut pinnast, samuti veetakse nendega täitematerjale, kui tööplaan näeb ette täitematerjalide kogumist lattu ja/või kui karjäär on vahetult objekti lähedal.

Vastavalt ekskavaatorite väljakaeve võimekusele leian vajaminevate masinate arvu valemiga (4) [16]:

$$n_m = \frac{S_t}{n_r \times m}, \quad (4)$$

- kus n_m – masinate arv, tk;
 S_t – töö maht päevas, m³ (m²);
 n_r – ringide arv päevas;
 m – veokasti maht, m³.

Vastavalt valemile (4) [16] leian kasvupinnase eemaldamise ja sobimatu pinnase veoks vajaliku liigendkallurite arvu:

$$n_m = \frac{2572}{20 \times 17,5} = 7,35 \text{ liigendkallurit.}$$

Vastavalt arvutuse tulemusele on kasvupinnase eemaldamise ja sobimatu pinnase veoks vaja ümardatult seitse liigendkallurit päevas.

5.3.1 Kraavide puhastamine

Kraavide puhastamine teostatakse ekskavaatoriga. Hea väljaõppega ja vilunud ekskavaatorioperaator on võimeline puhastama sada meetrit kraavi päevas. Olenevalt olukorrast ei pea kraavide puhastamisest tekkivat materjali ära vedama, vaid see planeeritakse kohapeal. Seega vajan selle töö jaoks ühte ekskavaatorit. Ajakulu saab välja arvutada kasutades valemit (2) [16]

Vastavalt valemile (2) [16] leian kraavide puhastamisele kuluva aja tööpäevades:

$$t_1 = \frac{353}{1 \times 100} = 3,5 \text{ tööpäeva.}$$

Vastavalt arvutuse tulemusele kulub kraavide puhastamisele ümardatult neli tööpäeva.

5.3.2 Muldkeha ehitamine

Kui sobimatu pinnas on eemaldatud ning mulde aluspind planeeritud ja tihendatud, saab alustada muldkeha ehitusega.

Muldkeha ehitamine juurdeveetavast pinnasest (Täitepinnas Kf nõue puudub) [6]:

1. Liiv- või kruuspinnase, millel peab olema tagatud plastsus Rootsi WLR < 25 või Vassiljevi < 7. Orgaanika sisaldus ei tohi ületada muldes lubatavat piirväärtust.
2. Projektis on näidatud ehituseks sobiva pinnase kaeve ja muldkeha ehitamine kohalikust pinnasest. Tellija on nimetatud mahud tõstnud vastavalt sobimatu pinnase kaeve mahtude ja muldkeha ehitamine juurdeveetavast pinnasest (Täitepinnas Kf nõue puudub) mahtude hulka. Objektilt saadavat sobiliku materjali võib kasutada, kui see vastab ülal toodud nõuetele.

Juurdeveetavate täitepinnaste mahud on antud projektis järgnevad [20]:

- muldkeha ehitamine juurdeveetavast pinnasest (Täitepinnas Kf > 0,2 m/ööp) – 1 960 m³;
- muldkeha aluskiht juurdeveetavast pinnasest (Täitepinnas Kf nõue puudub) – 51 219 m³;
- muldkeha ehitamine juurdeveetavast pinnasest (Liiv Kf > 0,5 m/ööp, E > 105) – 26 725 m³;
- muldkeha ehitamine juurdeveetavast pinnasest (Liiv Kf > 0,5 m/ööp, E > 90) – 66 440 m³;
- liivast aluskiht, h = 20 cm – 2 485 m² ehk 497 m³;
- liivast aluskiht (Liiv Kf > 0,5 m/ööp) h = 35 cm – 1 655 m² ehk 580 m³.

Muldkeha ehitamiseks juurdeveetavast materjalist läheb vaja poolhaagiseid. Poolhaakega kallureid (Foto 10) kasutatakse valdavalt täitematerjalide kohaletoimetamiseks karjäärast. Antud projekti puhul

on erinevate materjalide valik ja saadavus selles piirkonnas hea. Juurdeveetava liiva- ja täiteliiva saab katendiaruande karjääride tabeli (Joonis 8) andmetel Siimusti karjäärist, mis asub objektist 20 km kaugusel.



Foto 10. Poolhaage 6x2 [21]

Poolhaakega kalluri kandevõime on kuni 30 tonni ja kasti maht on 27 m³. Kui ühe kuupmeetri liiva ja/või täiteliiva erikaal on 1,5 t, siis eeltoodut arvesse võttes saab ühe reisiga kohale tuua 20 m³ liiva.

Vaja on teada ühele reisile kuluvat aega, läbi mille saan teada, kui palju on poolhaakega kallureid vaja, et kindlustada buldooseritele ja pinnaserullidele sujuv töö.

Karjääri nimetus	Karjääri valdaja	Veokaugus, km	Pakutav materjal	Materjali jääk, tuh m ³
Pudivere dolokivikarjäär	AS Kiirkandur	8	Ehituskillustik	2 735,7
Siimusti liivakarjäär	OÜ Siimel	20	Täiteliiv	248,0
Liiva II Liivakarjäär (Siimustis)	OÜ Moreen	20	Ehitus- ja täiteliiv	904,0
Soosaide liivakarjäär	OÜ Eesti Killustik	20	Ehitusliiv	233,0
Otisaare lubjakivikarjäär	AS Kaltsiit	22	Ehituslubjakivi	3 669,0
Röstla dolokivikarjäär	OÜ Eesti Killustik	25	Ehituslubjakivi	231,4
Sopimetsa lubjakivikarjäär	OÜ Luige Kivi	29	Ehituslubjakivi	45,4
Sopimetsa II lubjakivikarjäär	OÜ Moreen	29	Ehituslubjakivi	3 177,0
Tuule kruusakarjäär	Kivikandur OÜ	30	Ehituskruus	171,0
Kalevi liivakarjäär	OÜ Moreen	33	Ehitusliiv	4 900,0

Joonis 8. Materjalide karjäärid [4]

Täitematerjali võtab vastu buldooserist ja pinnaserullist (Foto 11) koosnev tandem. Eelpool sain pinnase koorimisel buldooseri jõudluseks tulemuse $84 \text{ m}^3/\text{h}$, siis nüüd kuna võetakse vastu karjäärist toodud kohevat materjali, siis arvestan jõudlusega kuni $120 \text{ m}^3/\text{h}$. Kui tööpäeva pikkus on kümme tundi, siis ühe buldooseri päevane jõudlus on 1200 m^3 pinnast päevas. Kogu täitepinnase ja liiva paigaldamise ajakulu saab välja arvutada valemiga (2) [16] Pinnaserulli ülesandeks on tihendada buldooseri poolt paigaldatud täitematerjal. Materjal paigaldatakse kihtidena, korraga saab pinnaserulliga tihendada kuni $0,3 \text{ m}$ pinnast. Kihi paksus on loomulikult seotud ka pinnaserulli massiga, kuid antud objektile kasutatakse 12 tonnise massiga rulli.



Foto 11. Pinnaserull Cat-CS56B [22]

Kui arvestada Siimusti karjäärist sõidule kuluvat aega, siis vastavalt valemile (3) [16] arvutan keskmise ringiaja:

$$R = \frac{40}{70} \times 60 = 34,3 \text{ minutit.}$$

Vastavalt arvutuse tulemusele on ühele ringile kuluv aeg ümardatult 34 minutit. Saadud tulemusele lisan juurde oote- ja puhkeaja ning maha- ja peale laadimise aja, siis saan ühele ringile kuluvaks ajaks 45 min . Tööpäeva pikkuseks arvestan kümme tundi, sellest lähtuvalt jõuab ühe tööpäeva jooksul üks poolhaakega kallur teha kümme ringi.

Vajaminevate masinate arvu kolme buldooserist ja kolmest pinnaserullist koosneva tandemi teenindamiseks leitakse valemiga (4) [16]

Vastavalt valemile (4) [16] leitakse juurdeveetava täitematerjali veoks vajamineva poolhaakega kallurite arv:

$$n_m = \frac{3600}{10 \times 20} = 18 \text{ poolhaaget.}$$

Vastavalt arvutuse tulemusele on juurdeveetava täitematerjali veoks vaja 18 poolhaakega kallurit päevas.

Muldkeha ehitamiseks erinevate kihtidena vajamineva liiva ja täitepinnase kogumaht on 147 421 m³ ning kogu paigaldamiseks kuluva aja päevades saab välja arvutada vastavalt valemile (2) [16]:

$$t_1 = \frac{147421}{3 \times 1200} = 40,9 \text{ tööpäeva.}$$

Vastavalt arvutuse tulemusele on muldkeha ehitamiseks kuluv aeg juurdeveetavast pinnasest ümardatult 41 tööpäeva.

Mullatööde koosseisus teostatakse alltöövõtjate poolt truupide paigaldus.

Põhitee katenditüüpide A ja B konstruktsioonikihtides on ette nähtud kasutada ka geokomposiiti ehk geovõrku ning seda saab paigaldada pärast liiva paigaldamist ja tihendamist.

Geovõrgu paigaldus toimub üldjuhul käsitsi ning selleks kasutatakse kahte objektimeeskonnaliiget. Oluline mehhanismide ressurss selle töö puhul puudub või on minimaalne. Ühe variandina kasutatakse objektimeeskonna kasutuses olevat ATV-d ja kerghaagist, geovõrgu rullide laiali vedamiseks. Geovõrk laotatakse tihendatud liivakihiile jalgedega seda enda ees lahti rullides. Geovõrku paigaldades tuleb meeles pidada, et paanid tuleb laotadada ülekattega 0,3 – 0,5 m, sest antud juhul on tegemist normaalse pinnasega. Väga pehme aluspinnase puhul on ülekatte ulatus pool meetrit kuni üks meeter.

5.4 Katendikonstruktsioon,

5.4.1 Freesimine

Freesimis- ja tasandusfreesimistöode maht on vastavalt projektile 65 109 m² ja 9 046 m², kokku 74 155 m². Freesimiseks kasutatakse kahe meetri laiuse trummelteraga külmfreezi (Foto 12). Tehase andmetel on sellise freezi max. liikumiskiirus 100 m/min. Vastavalt freesimissügavusele, mis antud projekti puhul on 22 cm ja 4 cm, saab keskmiseks freesimise tootlikkuseks arvestada 5 000 m² päevas.



Foto 12. Külmfrees Cat-PM820 [23]

Vastavalt valemile (2) [16] leitakse freesimisele kuluv aeg tööpäevades:

$$t_1 = \frac{74155}{2 \times 5000} = 7,4 \text{ tööpäeva.}$$

Vastavalt arvutuse tulemusele on kahe freesiga freesimisele kuluv aeg ümardatult kaheksa tööpäeva.

Olemasoleva teekatte freesimisel tekkiv freesipuru võetakse vastu poolhaakega kalluritega, mille kandevõime on 30 t. Freesipuru erikaal on 2,3 t/m³, siis vastavalt kandevõimele saab üks poolhaage korraga vastu võtta 13 m³ freesipuru, mis veetakse objekti piirkonnas asuvasse laoplatsi. Laoplatsile ladustatakse freesipuru selliselt, et see ei seguneks teiste materjalidega ja pinnasega.

Vastavalt maksimaalsele veomaale 13 km, mis on objekti kahekordne pikkus ning arvestuslikule keskmisele kiirusele 40 km/h, leitakse ühele ringile kuluv aeg vastavalt valemile (3) [16]:

$$R = \frac{13}{40} \times 60 = 19,5 \text{ minutit.}$$

Arvutuse tulemuseks saan ümardatult 20 minutit, saadud ajale arvestan juurde ooteajad ja puhkepausid, siis kümnetunnise tööpäeva jooksul jõuab üks poolhaage teha ca 20 ringi. Ühe freezi päevane jõudlus on 5 000 m², siis teisendan selle m³-teks. Kui kogu projekti freesitav maht on 14 685 m³, mis teostatakse kahe freesiga kaheksa tööpäevaga, siis kummagi freezi ühe päeva freesitav maht on 1 835 m³.

Vajaminevate poolhaagete arv kahe külmfreezi teenindamiseks leitakse valemiga (4) [16]:

$$n_m = \frac{1835}{20 \times 13} = 7,05 \text{ poolhaaget.}$$

Vastavalt arvutuse tulemusele on freesipuru veoks vaja seitse poolhaakega kallurit päevas.

Freezi terade jahutamiseks kasutatakse vett. Külmfreezi pihustisüsteemi veepaagi maht on orienteeruvalt, olenevalt freezi suuruselt, 3000 – 3500 liitrit. Vee transportimiseks kasutatakse üldjuhul spetsiaalseid veeautosid. Maapiirkondades ja väiksemates asulates saab kokkuleppel vabatahtlike või kutseliste päästekomandodega veeauto kohale tellida. Tuletõrjehüdrandi olemasolu korral objekti vahetus läheduses, kuhu saab freesiga juurde sõita, on võimalik vett hankida ka hüdrandi kaudu.

5.4.2 Killustikaluse ehitus

Killustikaluse maht kokku on 143 939 m³, kus killustiku fraktsioon ja kihi paksused jagunevad vastavalt katendi tüüpidele (Tabel 3).

Tabel 3. Katendikonstruktsioonide kihipaksused cm-tes. [1]

	Tüüp A [cm]	Tüüp B [cm]	Tüüp C [cm]	Tüüp D [cm]	Tüüp E [cm]	Tüüp F [cm]	Tüüp G [cm]	Tüüp H [cm]
SMA 16	4	4						
AC 8 surf								5
AC 16 surf			4				5	
AC 20 bin	5	5						
AC 20 base			5					
AC 32 base	7	7						
KS 32	16	16						
Killustikalus fr 16/32			20	20		25	20	
Killustikalus fr 4/32								20
Paekivikillustik fr 32/63	20	20						
Geokomposiit 50x50 kN	+	+						
Liiv kf > 0,5 m/ööp, E > 105 MPa, Cu 2...3		30	50	35				

Tabel 3. Katendikonstruktsioonide kihipaksused cm-tes. [1]

	Tüüp A [cm]	Tüüp B [cm]	Tüüp C [cm]	Tüüp D [cm]	Tüüp E [cm]	Tüüp F [cm]	Tüüp G [cm]	Tüüp H [cm]
Liiv kf > 0,5 m/ööp, E > 90 MPa, Cu 2...3		35						
Liiv kf > 0,5 m/ööp						20	20	
Liiv kf > 1,0 m/ööp								20
Purustatud kruus, segu 6					20			
Purustatud kruus, segu 6, LA35						15		
Kohalik materjal					≥ 20			
Freesipuru				10				
2,5 x pindamine				X				

Projekteeritava lõigu katendi tüübid on jaotatud järgmiselt [1]:

- A – põhimaantee katend;
- B – põhimaantee laienduse katend;
- C – asfaltkattega kõrvalteede katend;
- D – tolmuvaaba kattega kõrvalteede katend;
- E – hooldusteede kruusast katend;
- F – mahasõitude ja juurdepääsuteede kruusast katend;
- G – mahasõitude asfaltkattega osa katend;
- H – jalgteede katend.

Killustik tuuakse objektile poolhaagetega 22 km kauguselt, Otisaare karjäärist. Nimetatud karjääril on vastavalt (Joonis 8) karjääride tabelile saadaoleva materjali hulk ja veokaugus sobilikud selle töö teostamiseks just sealt karjäärist. Arvestades projekti kululoendis toodud killustiku mahtu m²-tes, on vajamineva materjali kogumaht m³-tes vastavalt 28 840 m³. Sarnaselt liiva juurdeveole jõuab üks poolhaage teha päevas kuni 10 ringi.

Killustiku vedamiseks vajaminevate masinate arvu saab arvutada valemiga (4) [16].

Poolhaagisega kalluri kandevõime on kuni 30 tonni ja kasti maht on 27 m³. Kui 1 m³ killustiku erikaal on 1,9 t, siis poolhaake kandevõimet arvestades saab ühe reisiga kohale tuua maksimaalselt 16 m³ killustikku.

$$n_m = \frac{3600}{10 \times 16} = 22,5 \text{ poolhaaget.}$$

Vastavalt arvutuse tulemusele on juurdeveetava täitematerjali veoks vaja ümardatult 23 poolhaakega kallurit päevas.

Kuna eelpool toodud tööde mahtu ei teostata üheaegselt, siis nii suurt kallurite hulka korraga vaja ei lähe, kuid see annab ülevaate kallurite koguessursist päevas.

Killustiku laotamiseks kuluv aeg päevades buldooseri ja pinnaserulli jõudlust arvestades, saab välja arvutada vastavalt valemile (2) [16]:

$$t_1 = \frac{28840}{3 \times 1200} = 8,01 \text{ tööpäeva.}$$

Vastavalt arvutuse tulemusele on killustikaluse ehitamiseks kuluv aeg ümardatult kaheksa tööpäeva.

Killustikku saab vastu võtta ka teehöövel (Foto 13), mille jõudlus on suurem, siis sama valemi (2) [16] abil saab välja arvutada killustiku laotamiseks kuluva aja päevades.

$$t_1 = \frac{28840}{2 \times 2000} = 7,21 \text{ tööpäeva.}$$

Vastavalt arvutuse tulemusele saan killustikaluse ehitamiseks kuluvaks ajaks 2 komplekti masinatega ümardatult seitse tööpäeva.

Ühtlasi on vaja ehitada ka tolmuvaabade teede ehk kohalike ja madala liiklussagedusega teede konstruktsioon. Nende tööde maht vastavalt katenditüüpidele D, E ja F on 6 600 m³ ning sama valemit (2) kasutades, arvutan [16]:

$$t_1 = \frac{6600}{1 \times 2000} = 3,3 \text{ tööpäeva.}$$

Kokku kulub killustikaluste ehitamiseks ümardatult 11 tööpäeva.



Foto 13. Teehöövel ehk greider Cat 150 [24]

5.4.3 Kompleksstabiliseerimine KS32

KS32 kompleksstabiliseerimisega (Foto 14) saab alustada peale killustikaluste paigaldamist kuhu on laotatud ka freesipurust kiht. Masinate rong koosneb spetsiaalsest tsemendilaoturist, stabiliseerimisfreesiga segurist, bituumentsisternautost, teehöövlist ja kahest pinnaserulli ühisest koostööst. Kompleksstabiliseerimine KS32 teostatakse kindla seguretsepti järgi ja vastavalt katendiaruandele on ette nähtud põhitee katendikonstruktsioonides (Tüüp A ja B) 16 cm paksuse kihina.



Foto 14. Kompleksstabiliseerimine KS32 [25]

KS32 tööde maht on 93 608 m². Vastavalt varasematele kogemustele sarnaste konstruktsioonikihtide ehitamisel ja stabiliseerimisfreesi valmistajatehase spetsifikatsioonile, suudab brigaad

kompleksstabiliseerida ca 8 000 m² teed päevas. Nimetatud tööde mahu ajakulu, saab välja arvutada vastavalt valemile (2) [16], millega leitakse kompleksstabiliseerimisele kuluv aeg tööpäevades:

$$t_1 = \frac{93\,608}{1 \times 8\,000} = 11,7 \text{ tööpäeva.}$$

Vastavalt arvutuse tulemusele kulub kompleksstabiliseerimisele ümardatult 12 tööpäeva.

5.4.4 Kivitööd

Enne asfalteerimistöid paigaldatakse vastavalt projektile ettenähtud kohtadesse ääre- ja sillutiskivid. Betooni- ja tardskivist äärekivide paigaldusmaht kokku on 635 m ning klombitud graniitkivi ja betoonist sillutiskivi maht on 536 m². Kivitööd teostatakse alltöövõtu korras kestvusega viis tööpäeva.

5.4.5 Asfalteerimine

Asfalteerimistöid teostatakse spetsiaalse asfaldilaoturiga, mida opereerib terve asfaldibrigaad. Keskmiselt koosneb asfaldibrigaad 11 – 13 mehest ning erinevast tehnikast, alustades labidast ja rehast, lõpetades 10–12 tonniste asfaldirullidega. Täpsemalt kuulub brigaadi masinaparki ka 3-tonnise väike rull, väike frees ja kompakttraslaadur, millel on ees vahetatavad kühvel ja hari. Lisaks kuulub asfaldibrigaadi masinaparki harjaga gudronaator (Foto 15). Gudronaatorit kasutatakse peale tasandusfreesimist tee pinna puhastamiseks ja freesitud pinna bituumenemulsiooniga katmiseks enne järgmise asfaldikihi paigaldamist, selle paremaks nakkumiseks aluspinnaga. Samuti on brigaadi kasutuses mitmeid väiksemaid seadmeid ja masinaid, nagu näiteks vibroplaat, asfaldi löikur jms.



Foto 15. Gudronaator [26]

Asfaldilaotur (Foto 16) on võimeline laotama kuni 7,5 m laiust paani (600 tonni/h). Samuti tootsin siinkohal välja, et asfaldilaoturiga on võimalik muuhulgas laotada ka killustikku ja freesipuru. Asfalteerimise jõudlus sõltub laotatava kihi paksusest ja asfalteerimise keerukusest, kas paigaldatakse laia sirget paani või asfalteeritakse ristmikuid ja mahasõite. Keskmiselt nelja kuni seitsme sentimeetri paksuse kihi laotamise jõudluseks võib arvestada kümnetunnise tööpäeva puhul 10 000 m²/päevas.



Foto 16. Asfaldilaotur Wögele Super 1600-3i [27]

Asfalteerimise maht kokku on 296 047 m², mis asfaltsegu erikaalu, 2,4 tonni/m³ ja kihi paksuseid arvestades on kokku 37 403 tonni.

Asfaldilaoturi jõudluse saab välja arvutada vastavalt valemile (2) [16], millega leitakse asfalteerimisele kuluv aeg tööpäevades:

$$t_1 = \frac{296047}{1 \times 10000} = 29,6 \text{ tööpäeva.}$$

Vastavalt arvutuse tulemusele kulub asfalteerimisele ümardatult 30 tööpäeva.

10 000 m² asfaltsegu kohaletoimetamiseks kasutatakse üldjuhul poolhaakega kallureid. Kui võtta arvutuse aluseks eelpool saadud asfaltbetoonsegu kogukaal 37 403 tonni ja asfaldilaoturi jõudlus päevades, siis tuleb päevas objektile tarnida 1 246,8 tonni asfaltbetoonsegu. Kuna antud objekti puhul veetakse asfalt kohale Tartust, veokaugusega kuni 55 km, siis kasutatakse soojusisolatsiooniga kallur poolhaagiseid, mille maksimaalne kandevõime on 27 tonni ja keskmiseks sõidukiiruseks 80 km/h.

Ringi aja saab välja rehkendada vastavalt valemile (3) [16] järgmiselt:

$$R = \frac{L}{S} \times P, \quad (3)$$

kus R – ringile kuluv aeg, min;

L – ringi pikkus, km;

S – kiirus, km/h;

P – aeg, min.

Vastavalt valemile (3) [16] leian ühele ringile kuluva aja:

$$R = \frac{110}{80} \times 60 = 82 \text{ minutit (1 h 22 min)}.$$

Kümnetunnise tööpäeva puhul jõuab üks poolhaage teha sõltuvalt peale- ja mahalaadimise ooteaegadest ja puhkepausidest maksimaalselt neli ringi. Sellest lähtuvalt saab üks poolhaage asfaldilaoturit varustada maksimaalselt 108 tonni seguga.

Arvutan:

$$\frac{1246,8}{108} = 11,54 \text{ poolhaaget.}$$

Arvutuse tulemuseks saan, et 10 000 m² (1 246,8 m³) asfaldi laotamise tootlikkuse saavutamiseks on vaja töös hoida ümardatult 12 poolhaakega kallurit päevas.

5.4.6 Peenarde kindlustamine

Tugipeenra kindlustamine teostatakse peenralaoturiga (Foto 17). Kuigi peenralaotur on varustatud harja ja vibroplaadiga, peaks laotatud peenra täiendavalt üle tihendama 1,7-tonnise vibrorulliga, et saavutada piisav kandevõime.

Tee ehitamise kvaliteedi nõuded §6 (6) ütleb: „Tugipeenarde elastsusmoodul mõõdetuna Loadman-või Inspector tüüpi seadmega tugipeenra keskelt peab olema vähemalt 130 MPa.“ [28]

Sõiduteede tugipeenrad kindlustada paekivikillutikust seguga fr 0/16 või 0/32 (kuni h = 9 cm võib kasutada fr 0/16 ja üle h = 9 cm peab kasutama fr 0/32) (fr 0/32 peab üle 4 mm teri >50% ja fr 0/16 peab üle 4 mm teri > 30 ning peenisosiste sisaldus 8 – 15%) ja killustik peab vastama LA 35 nõuetele. Lõpp viimistlus teostada paekivi sõelmetega. [6]



Foto 17. Peenralaotur [29]

Peenramaterjali saadakse lähedalasuvast Otisaare karjäärast. Peenarde kindlustamise maht on vastavalt (Tabel 4) 12 653 m² ning kuna peenramaterjali kihi paksused on otseses seoses asfaldikihi paksustega, mis on erinevate katenditüüpide puhul varieeruvad, siis vastavalt kihipaksustele arvutan välja peenramaterjali mahu m³-tes.

Tabel 4. Peenramaterjali mahud [20]

Art nr	Makseartikli nimetus	Maht (m ²)	Kiht (m)	Kokku (m ³)
44501a	Peenarde kindlustamine, h = 9 cm	519.00	0.09	46.71
44501b	Peenarde kindlustamine, h = 13 cm	3 297.00	0.13	428.61
44501c	Peenarde kindlustamine, h = 24 cm	7 164.00	0.24	1 719.36
44501d	Peenarde kindlustamine, h = 5 cm	263.00	0.05	13.15
44501e	Peenarde kindlustamine, h = 5 cm (murukülv)	698.00	0.05	34.90
44501f	Peenarde kindlustamine jalgteel, h = 5 cm	712.00	0.05	35.60
	Kokku:	12 653.00		2 278.33

Saadud arvutuse tulemusena on peenramaterjali maht ümardatult 2 280 m³.

Kasutatava peenralaoturi maksimaalne jõudlus on arvestuslikult 15 – 20 m³/h, mis on vastavuses ka kasti mahu ja laoturi kandevõimega. Peenramaterjaliks on kruuskillustikust segu fr 0/31,5 mm ning see on vaja kohale tuua lähedalasuvast Otisaare karjäärast 22 km kauguselt.

Vastavalt valemile (3) [16] tuleb kõigepealt välja arvutada ühele ringile kuluv sõiduaeg:

$$R = \frac{44}{80} \times 60 = 33 \text{ minutit.}$$

Peenralaoturi kasti maht on 20 m³ ja peenralaoturi jõudlus 15 – 20 m³/h, siis tuleb ringi ajaks koos laotamisega kaks tundi. Kümnetunnise tööpäeva puhul jõuab üks peenralaotur teha viis ringi ja paigaldada 100 m³ peenramaterjali.

Vastavalt valemile (2) [16], millega leian tugipeenarde ehitamiseks kuluva aja tööpäevades:

$$t_1 = \frac{2280}{4 \times 100} = 5,7 \text{ tööpäeva.}$$

Vastavalt arvutuse tulemusele kulub tugipeenarde ehitamisele nelja peenralaoturiga ümardatult kuus tööpäeva.

5.5 Liikluskorraldus- ja ohutusvahendid

Liikluskorraldus- ja ohutusvahendite paigaldus teostatakse alltöövõtufirmade poolt, mis on spetsialiseerunud liikluskorraldusvahendite paigaldamisele.

Sõiduteeserva põristi sissefreesimine teostatakse peatöövõtja poolt ja selle töö maht on 22 450 m ehk 22,45 km ning põristi freesimise kiiruseks arvestan 3 km/h.

Vastavalt valemile (3) [16] saab välja arvutada freesimisele kuluva aja tundides:

$$R = \frac{L}{S} \times P, \quad (3)$$

kus R – ringile kuluv aeg, min;

L – ringi pikkus, km;

S – kiirus, km/h;

P – aeg, h.

Vastavalt valemile (3) [16] leian ühele ringile kuluva aja:

$$R = \frac{22,45}{3} \times 1 = 7,5 \text{ tundi.}$$

Vastavalt arvutuse tulemusele on põristi freesimisele kuluv aeg ümardatult 8 tundi.

Vahetult peale põristi freesimist puhastatakse tee harjaautoga, et teekatte pealispind oleks teekatemärgistuse paigaldamiseks puhas.

KOKKUVÕTE

Käesolev lõputöö "Põhimaantee ehituse töökorralduse projekt" hõlmab Riigitee nr 2 (E263) Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa km 135,5 – 141,9 Neanurme-Pikknurme 2+1 teelõigu ehituse töökorralduse protsessi kirjeldust.

Tööst selgub, et projekt on koostatud projekteerimisettevõtte Skepast ja Puhkim OÜ poolt Transpordiameti tellimusel. Projekt on viidud ellu maanteevõrgu kaasajastamiseks, pidades eelkõige silmas liiklejate turvalisust ja ohutust. Lõputöö kajastab kõiki tööprotsesse alates projekteerimise lähteülesandest valmis teeprojektini. Projekti tutvustus on hästi põhjalik, sealt saab muuhulgas lugeda milliseid uuringuid, eeltöid ja kooskõlastusi on vaja teostada, et projekteerida ning välja ehitada kvaliteetne maanteelõik.

Autor teeb ülevaate teelõigu töökorraldusest peatöövõtu mahus valmimiseni välja. Lõputöös kirjeldatakse tööprotsesse kronoloogilises järjekorras. Samuti tutvustatakse teedeehituses kasutatavat masinaparki. Mehhanismide jõudluste väljaarvutamiseks on autor kasutanud tuntud valemeid ning võtnud arvesse nii kasutatud masinate tootjatehase tehnilisi andmeid, juhtide oskusi kui ka varasemaid kogemusi sarnaste tööde teostamisel. Tööde ja ressursside planeerimisel ning logistika korraldamisel on arvesse võetud karjäärade ja asfalditehaste asukohti. Et saada töökorraldusest parem ülevaade on autor välja toonud ka üksikud alltöövõttu kuuluvad tööd, ning need ka põgusalt lahti kirjutanud. Peamised tööd, mis annavad ülevaate töökorraldusest, on kajastatud kalendergraafikus.

Lõputöö lisa annab ülevaate peatöövõtu ehitusmahtudest. Täiesti uue lähenemisega teedeehitusele toob autor põhiliste ja mahukamate tööprotsesside juures arvudena välja mehhanismide süsiniku jalajälje. Numbritest saab aimu, milline kogus CO₂-e paiskub õhku maailmamastaabis ühe väikese maanteelõigu ehitamisel rasketehnika sisepõlemismootoritest fossiilsete kütuste kasutamisel.

Hetkeseisuga on lõputöös käsitletava projektiga reaalajas juba alustatud. Tööde teostajaks on Tariston AS ning rekonstrueeritud teelõik peaks valmima käesoleva aasta novembris.

SUMMARY

The following thesis "The main road construction work organisation project" covers the process description of the work organisation of the construction of the National Road No. 2 (E263) Tallinn–Tartu–Võru–Luhamaa km 135.5 – 141.9 Neanurme-Pikknurme 2+1 road section.

The project was ordered by the Transport Administration and prepared by the design company Skepast and Puhkim OÜ. The main purpose of the project was the modernisation of the road network, primarily considering the safety and security of road users. All work processes starting from the initial design task until the finished road project, are described in the thesis. Also studies, preliminary works and coordinations which need to be carried out in order to design and build a high-quality road section are outlined.

The author gives an overview of the work organisation of the road section in the framework of the main contract until the completion of the project. The thesis describes all work processes in chronological order. The machinery used in road construction is also introduced. In addition, the performance of mechanisms are calculated, using well-known formulas and considering the technical data of the manufacturer of the used machines, the skills of the drivers and their previous experience in performing similar works. The locations of quarries and asphalt plants have been taken into account when planning works and resources. All main works, providing an overview of the work organisation, are reflected in the calendar schedule.

The appendix of the thesis gives an overview of the construction volumes of the main contract. With a completely new approach to road construction, the author presents the carbon footprint of the mechanisms. The calculations show the amount of CO₂ emitted into the air on a global scale during the construction of one small section of the road from the internal combustion engines of heavy equipment using fossil fuels.

As of today, the road construction has already started. The work is carried out by Tariston AS, the project should be completed in November this year.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] Skepast&Puhkim OÜ, „Põhimaantee nr 2 (E263) Tallinn-Tartu-Võru-Luhamaa km 135,5-141,9 asuvale Neaurme-Pikknurme lõigule 2+1 möödasõidualade ehituse põhiprojekti seletuskiri,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://riigihanked.riik.ee/rhr-web/#/procurement/5264183/general-info>. [Kasutatud 10. märts, 2023].
- [2] Rakendusgeodeesia ja Ehitusgeoloogia Inseneribüroo REIB OÜ, „Ehitusgeoloogilise uurimistöö aruanne, Töö nr GE-2580,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://riigihanked.riik.ee/rhr-web/#/procurement/5264183/general-info>. [Kasutatud 11. märts, 2023].
- [3] Environmental XPRT, „geomachine-model-gm-100-gt,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.environmental-expert.com/products/geomachine-model-gm-100-gt-soil-investigation-rig-185814>. [Kasutatud 8. mai, 2023].
- [4] Skepast&Puhkim OÜ, „Katendiaruanne, Töö nr 2018-0055,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://riigihanked.riik.ee/rhr-web/#/procurement/5264183/general-info>. [Kasutatud 11. märts, 2023].
- [5] TeedEst OÜ, „Ulukirest,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://teedest.ee/teenus/ulukirestide-tootmine-ja-paigaldus/>. [Kasutatud 17. aprill, 2023].
- [6] Riigihangete register, „Teetööde tehnilise kirjelduse eritingimused,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://riigihanked.riik.ee/rhr-web/#/procurement/5264183/general-info>. [Kasutatud 19. märts, 2023].
- [7] Transpordiamet, „Killustikust katendikihtide ehitamise juhise (MA 2016-012),“ [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 19. märts, 2023].
- [8] Transpordiamet, „Asfaldist katendikihtide ehitamise juhise (MA 2015),“ [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 19. märts, 2023].
- [9] Transpordiamet, „Stabiliseeritud katendikihtide ehitamise juhise (MA 2016-013),“ [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 19. märts, 2023].
- [10] Hüdrokülv OÜ, „Multicat puistur,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.hudrokulv.ee/multicat/>. [Kasutatud 27. aprill, 2023].
- [11] Hüdrokülv OÜ, „Hüdrokülv,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.facebook.com/hudrokulv.ee/>. [Kasutatud 27. aprill, 2023].

- [12] Mudelituba OÜ, „Leica iCON GPS 60 (iCG60) GNSS vastuvõtja (Rover),“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://mudelituba.ee/gnss-vastuvotja-icg60/>. [Kasutatud 13. aprill, 2023].
- [13] Reile Rene erakogu, *Objekti infotahvel*, 2023.
- [14] John Deere, „Metsaveotraktor ja harvester,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.deere.ee/et/metsamasinad/>. [Kasutatud 12. aprill, 2023].
- [15] Baltic Agro, „Ekskavaator Kobelco,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://balticagromachinery.ee/tehnika/ehitustehnika/kobelco-ekskavaatorid>. [Kasutatud 12. aprill, 2023].
- [16] Tallinna Tehnikakõrgkool, „Tee-ehitusmasinad (ETE005) - S.Sein,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://moodle.tktk.ee/course/view.php?id=1749>. [Kasutatud 27. märts, 2023].
- [17] Avesco OÜ, „Buldooser Cat-D5,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.avesco-cat.com/et/tooted/uued-catr-masinad/buldooserid>. [Kasutatud 12. aprill, 2023].
- [18] Baltem, „3D buldooseri süsteemid,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.baltem.ee/3d-mc-max-dozer>. [Kasutatud 12. aprill, 2023].
- [19] Avesco OÜ, „Liigendkallur Cat-730,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.avesco-cat.com/et/tooted/uued-catr-masinad/liigendkallurid>. [Kasutatud 14. aprill, 2023].
- [20] Riigihangete register, „HD IV Kululoend Riigihanke alusdokument,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://riigihanked.riik.ee/rhr-web/#/procurement/5264183/general-info>. [Kasutatud 19. märts, 2023].
- [21] Arterega OÜ, „Poolhaage 6x2,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://arterega.ee/masinapark/>. [Kasutatud 13.04.2023].
- [22] Avesco OÜ, „Pinnaserull Cat CS56B,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.avesco-cat.com/et/tooted/uued-catr-masinad/pinnaserullid>. [Kasutatud 17. aprill, 2023].
- [23] Avesco OÜ, „Külmfreezes Cat-PM820,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.avesco-cat.com/et/tooted/uued-catr-masinad/kuelmfreesid>. [Kasutatud 17. aprill, 2023].
- [24] Avesco OÜ, „Teehöövel Cat150/150AWD,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.avesco-cat.com/et/tooted/uued-catr-masinad/teehoeoevlid>. [Kasutatud 25. aprill, 2023].
- [25] GRK Eesti AS, „Vapramäe-Elva lõigu rekonstrueerimine ja Vissi jalakäijate tunneli ehitus, Kompleksstabiliseerimine KS32,“ [Võrgumaterjal]. Available:

<https://www.grk.fi/ee/referentsid/vapramae-elva-loigu-rekontrueerimine-ja-vissi-jalakaijate-tunneli-ehitus/>. [Kasutatud 27. aprill, 2023].

- [26] Veoki Pealisehituse OÜ, „Gudronaator Verston Ehitusele,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://vpe.ee/portfoolio/mobiilsed-hooldusautod/>. [Kasutatud 27. aprill, 2023].
- [27] Wirtgen Eesti OÜ, „Wögele Super 1600-3i,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.wirtgen-group.com/ocs/en-ee/voegele/super-1600-3i-1226-p/>. [Kasutatud 27. aprill, 2023].
- [28] Riig Teataja, „Tee ehitamise kvaliteedinõuded,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/107082015001?fbclid=IwAR1ENL3GkrwPpy1B50ZZZzhizm23sxgvWVRB4oNUOJVvfev7nVHqVfN59ew>. [Kasutatud 28. aprill, 2023].
- [29] Üle OÜ, „Peenralaotur,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://yle.ee/service/tehnika-rent/>. [Kasutatud 28. aprill, 2023].
- [30] European Rental Association, „ERA Equipment CO2 calculator,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://equipmentcalculator.org/en/co2/new>. [Kasutatud 10. mai, 2023].

LISAD

Lisa 1. Peatöövõtu mahutabel

Lisa 2. Kalendergraafik

Lisa 3. Mehhanismide süsiniku jalajälje koondtabel

Lisa 4. CO₂ kalkulatsioon – asfaldilaotur

Lisa 5. CO₂ kalkulatsioon – külmfrees

Lisa 6. CO₂ kalkulatsioon – buldooser

Lisa 7. CO₂ kalkulatsioon – väike asfaldirull

Lisa 8. CO₂ kalkulatsioon – teehöövel

Lisa 9. CO₂ kalkulatsioon – ekskavaator

Lisa 10. CO₂ kalkulatsioon – pinnaserull

Lisa 11. CO₂ kalkulatsioon – pinnase stabilisaator

Lisa 12. CO₂ kalkulatsioon – suur asfaldirull

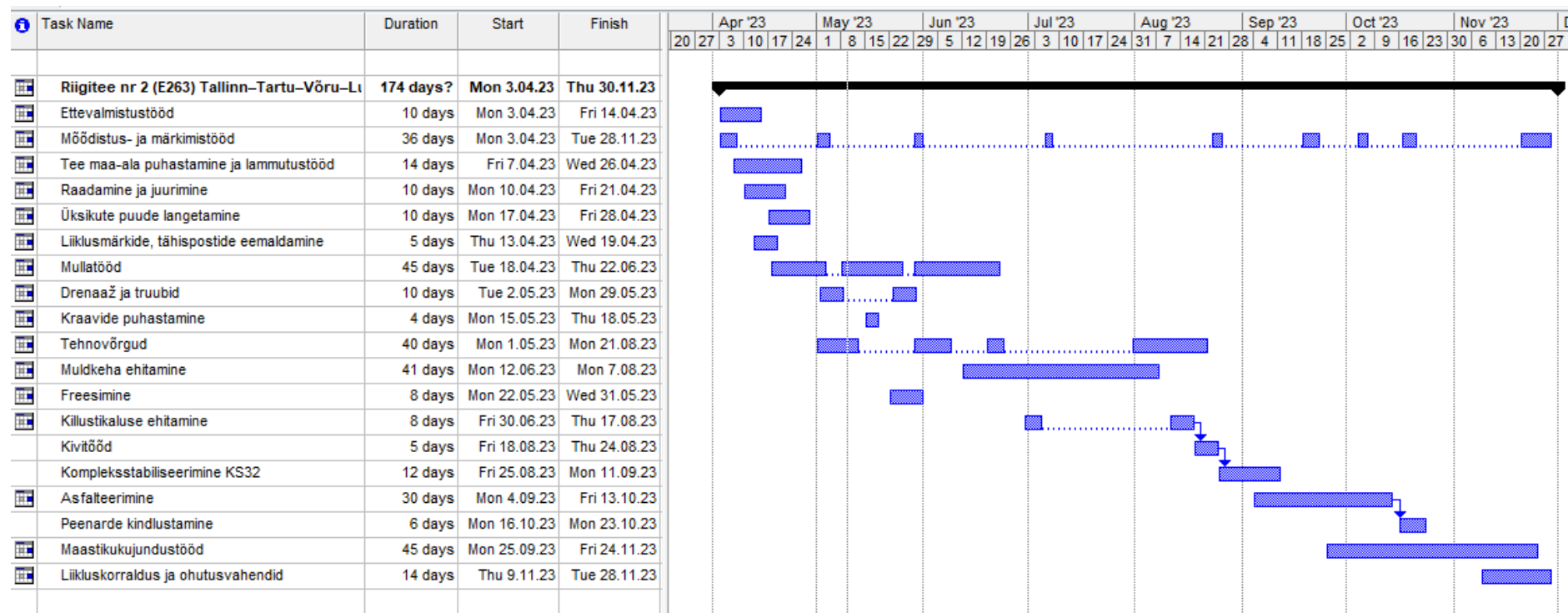
Lisa 13. CO₂ kalkulatsioon – veoauto, poolhaage

Lisa 1. Peatöövõtu mahutabel

Makseartikli nimetus	Parameetrid	Mõõtühik	Maht
Tööpiirkonna ja teede korrashoid sh ajutised ja veoteed		objekt	1.00
Teemaa-ala puhastamine		m ²	366 565.00
Kasvupinnase eemaldamine		m ³	91 867.00
Ehituseks sobimatu pinnase kaevandamine, sh uute kraavide kaevamine		m ³	16 175.00
Kraavide puhastamine		m	353.00
Muldkeha ehitamine juurdeveetavast pinnasest (Täitepinnas Kf > 0,2 m/ööp)		m ³	1 960.00
Muldkeha aluskiht juurdeveetavast pinnasest (Täitepinnas Kf mõue puudub)		m ³	51 219.00
Muldkeha ehitamine juurdeveetavast pinnasest (Liiv Kf > 0,5 m/ööp, E > 105)		m ³	26 725.00
Muldkeha ehitamine juurdeveetavast pinnasest (Liiv Kf > 0,5 m/ööp, E > 90)		m ³	66 440.00
Müratõkkevalli ehitamine		m ³	100.00
Liivast aluskiht	h=20	m ²	2 485.00
Liivast aluskiht (Kf > 0,5 m/ööp)	h=35	m ²	1 655.00
Erosioonitõkkematt		m ²	857.00
Geokomposiit		m ²	113 143.00
Olemasoleva katendi freesimine	h _{kesk} =22 cm	m ²	65 109.00
Olemasoleva katendi tasandusfreesimine	h _{kesk} =4 cm	m ²	146.00
Olemasoleva katendi tasandusfreesimine (km 135,1-135,4 ja 141,9-142,2)	h _{kesk} =4 cm	m ²	8 900.00
Killustikalus fr 4/32, LA 35	h=20 cm	m ²	2 615.00
Killustikalus fr 16/32, LA 35	h=20 cm	m ²	27 714.00
Killustikalus fr 16/32, LA 35	h=25 cm	m ²	1 038.00
Killustikalus fr 16/32, LA 30	h=20 cm	m ²	6 376.00
Killustikalus fr 32/63, LA 30	h=20 cm	m ²	106 196.00

Freepurust aluskiht	h=10 cm	m ²	22 972.00
Sidumata segust kate (segu nr 6)	h=15 cm	m ²	1 096.00
Sidumata segust kate (segu nr 6)	h=20 cm	m ²	20 712.00
Kompleksstabiliseerimine KS32	KS32 h= 16 cm	m ²	93 608.00
Killustikmastiksfaldist SMA16 segu	h=4 cm	m ²	90 575.00
Tihedast asfaltbetoonist AC 16 SURF segu	h=4 cm	m ²	5 358.00
Tihedast asfaltbetoonist AC 16 SURF segu	h=5 cm	m ²	1 212.00
Tihedast asfaltbetoonist AC 8 SURF segu	h=5 cm	m ²	2 083.00
Tihedast asfaltbetoonist AC 20 BIN segu	h=5 cm	m ²	90 972.00
Killustikmastiksfaldist SMA16 segu (km 135,1-135,4 ja 141,9-142,2)	h=4 cm	m ²	8 900.00
Poorsest asfaltbetoonist AC 20 BASE kiht	h=5 cm	m ²	5 411.00
Poorsest asfaltbetoonist AC 32 BASE kiht	h=7 cm	m ²	91 536.00
Peenarde kindlustamine	h=9 cm	m ²	519.00
Peenarde kindlustamine	h=13 cm	m ²	3 297.00
Peenarde kindlustamine	h=24 cm	m ²	7 164.00
Peenarde kindlustamine	h=5 cm	m ²	263.00
Peenarde kindlustamine (murukülv)	h=5 cm	m ²	698.00
Peenarde kindlustamine jalgtee	h=5 cm	m ²	712.00
Sõidutee serva põristi		m	22 450.00

Lisa 2. Kalendergraafik



Lisa 3. Mehhanismide süsiniku jalajälje koondtabel

Tööliik	Mehhanism	Kogus	CO ₂ eq./hr	Töö kestvus	Tundi päevas	CO ₂ eq. kokku
Kasvupinnase eemaldamine, sobimatu pinnase kaeve	ekskavaator	3	44.0	45	10	59 400
Kasvupinnase eemaldamine, sobimatu pinnase kaeve	liigendkallur	7	43.9	45	10	138 285
Kraavide puhastamine	ekskavaator	1	44.0	4	10	1 760
Muldkeha ehitamine	poolhaage	18	60.4	41	10	445 752
Muldkeha ehitamine	buldooser	3	49.9	41	10	61 377
Muldkeha ehitamine	pinnaserull	3	33.8	41	10	41 574
Freesimine	külmfreees	2	42.5	8	10	6 800
Freesimine	poolhaage	7	60.4	8	10	33 824
Killustikaluse ehitus	poolhaage	23	60.4	8	10	111 136
Killustikaluse ehitus	buldooser	3	49.9	8	10	11 976
Killustikaluse ehitus	pinnaserull	3	33.8	8	10	8 112
Killustikaluse ehitus	greider	1	59.4	3	10	1 782
Kompleksstabiliseerimine KS32	segur	1	67.2	12	10	8 064
Kompleksstabiliseerimine KS32	tsemendilaotur	1	60.4	12	10	7 248
Kompleksstabiliseerimine KS32	bituumeniauto	1	60.4	12	10	7 248
Kompleksstabiliseerimine KS32	greider	1	59.4	12	10	7 128
Kompleksstabiliseerimine KS32	pinnaserull	2	33.8	12	10	8 112

Asfalteerimine	gudronaator/hari	1	60.4	20	10	12 080
Asfalteerimine	asfaldilaotur	1	53.1	30	10	15 930
Asfalteerimine	poolhaage	12	60.4	30	10	217 440
Asfalteerimine	asfaldirull (10 t)	3	26.8	30	10	24 120
Peenarde kindlustamine	peenralaotur	4	60.4	6	10	14 496
Peenarde kindlustamine	väike rull (1,7 t)	2	22.6	6	10	2 712
Põristi freesimine	külmfrees	1	42.5	1	8	340
Põristi freesimine	harjaauto	1	60.4	1	8	483
KOKKU:						1 246 696

Lisa 4. CO₂ kalkulatsioon – asfaldilaotur [30]



ERA Equipment CO₂ Calculator

Carbon footprint per hour of use

Asphalt Paver vögele super-1600-3i

53.1 kg CO₂ eq./hr

Carbon footprint breakdown

Total 53.1 kg CO₂ eq./hr
 Transportation 1% | 0.8 kg CO₂ eq./hr
 Maintenance 0% | 0.0 kg CO₂ eq./hr
 Energy 96% | 50.8 kg CO₂ eq./hr
 Production 5% | 2.6 kg CO₂ eq./hr
 End-of-life -2% | -1.1 kg CO₂ eq./hr

0. Equipment definition

Equipment type

Asphalt Paver

Name or version

vögele super-1600-3i

Equipment weight

19150 kg

1. Equipment production

Do you have a carbon footprint result available from an existing LCA study?

No

2. Transportation

Load capacity of the truck

22 tonne

What is the load factor for this vehicle, including empty trips (if any)?

90%

Transport distance (one way)

55 km

Number of jobs at construction sites per year

8

3. Lifetime and utilisation

Total expected operating hours in total lifetime of the equipment

16000 hr

Ownership period

7 yr

Total expected operating hours used during your company's ownership

11200 hr

4. Energy consumption

Energy source

Fuel

Consumption per hour

16 l/h

Share of biofuel

0 %

5. Maintenance

Motor oil consumption

25 l/year

6. End-of-life

End-of-life scenario

90% recycling

Lisa 5. CO₂ kalkulatsioon – külmfreees [30]



ERA Equipment CO₂ Calculator

Carbon footprint per hour of use

Cold Planer PM820

42.5 kg CO₂ eq./hr

Carbon footprint breakdown

Total 42.5 kg CO₂ eq./hr

Transportation 4% | 1.7 kg CO₂ eq./hr

Maintenance 0% | 0.1 kg CO₂ eq./hr

Energy 90% | 38.1 kg CO₂ eq./hr

Production 10% | 4.3 kg CO₂ eq./hr

End-of-life -4% | -1.6 kg CO₂ eq./hr

0. Equipment definition

Equipment type

Cold Planer

Name or version

PM820

Equipment weight

32230 kg

1. Equipment production

Do you have a carbon footprint result available from an existing LCA study?

No

2. Transportation

Load capacity of the truck

36 tonne

What is the load factor for this vehicle, including empty trips (if any)?

70%

Transport distance (one way)

55 km

Number of jobs at construction sites per year

8

3. Lifetime and utilisation

Total expected operating hours in total lifetime of the equipment

16000 hr

Ownership period

7 yr

Total expected operating hours used during your company's ownership

11200 hr

4. Energy consumption

Energy source

Fuel

Consumption per hour

12 l/h

Share of biofuel

0 %

5. Maintenance

Motor oil consumption

70 l/year

6. End-of-life

End-of-life scenario

80% recycling

Lisa 6. CO₂ kalkulatsioon – buldooser [30]



ERA Equipment CO₂ Calculator

Carbon footprint per hour of use dozer D5

49.9 kg CO₂ eq./hr

Carbon footprint breakdown

Total 49.9 kg CO₂ eq./hr
 Transportation 2% | 1.0 kg CO₂ eq./hr
 Maintenance 0% | 0.0 kg CO₂ eq./hr
 Energy 96% | 47.7 kg CO₂ eq./hr
 Production 4% | 2.0 kg CO₂ eq./hr
 End-of-life -2% | -0.9 kg CO₂ eq./hr

0. Equipment definition

Equipment type
dozer
 Name or version
D5
 Equipment weight
19170 kg

1. Equipment production

Do you have a carbon footprint result available from an existing LCA study?
No

2. Transportation

Load capacity of the truck
20 tonne
 What is the load factor for this vehicle, including empty trips (if any)?
50%
 Transport distance (one way)
55 km
 Number of jobs at construction sites per year
8

3. Lifetime and utilisation

Total expected operating hours in total lifetime of the equipment
20000 hr
 Ownership period
7 yr
 Total expected operating hours used during your company's ownership
15000 hr

4. Energy consumption

Energy source
Fuel
 Consumption per hour
15 l/h
 Share of biofuel
0 %

5. Maintenance

Motor oil consumption
20 l/year

6. End-of-life

End-of-life scenario
90% recycling

Lisa 7. CO₂ kalkulatsioon – väike asfaldirull [30]



ERA Equipment CO₂ Calculator

Carbon footprint per hour of use

Drum utility roller CAT CB1.7

22.6 kg CO₂ eq./hr

Carbon footprint breakdown

Total 22.6 kg CO₂ eq./hr

Transportation 1% | 0.3 kg CO₂ eq./hr

Maintenance 0% | 0.0 kg CO₂ eq./hr

Energy 98% | 22.2 kg CO₂ eq./hr

Production 1% | 0.2 kg CO₂ eq./hr

End-of-life 0% | -0.1 kg CO₂ eq./hr

0. Equipment definition

Equipment type

Drum utility roller

Name or version

CAT CB1.7

Equipment weight

1605 kg

1. Equipment production

Do you have a carbon footprint result available from an existing LCA study?

No

2. Transportation

Load capacity of the truck

2 tonne

What is the load factor for this vehicle, including empty trips (if any)?

80%

Transport distance (one way)

55 km

Number of jobs at construction sites per year

8

3. Lifetime and utilisation

Total expected operating hours in total lifetime of the equipment

16000 hr

Ownership period

7 yr

Total expected operating hours used during your company's ownership

12000 hr

4. Energy consumption

Energy source

Fuel

Consumption per hour

7 l/h

Share of biofuel

0 %

5. Maintenance

Motor oil consumption

10 l/year

6. End-of-life

End-of-life scenario

90% recycling

Lisa 8. CO₂ kalkulatsioon – teehöövel [30]



ERA Equipment CO₂ Calculator

Carbon footprint per hour of use dumper cat-730

43.9 kg CO₂ eq./hr

Carbon footprint breakdown

Total 43.9 kg CO₂ eq./hr
 Transportation 5% | 2.3 kg CO₂ eq./hr
 Maintenance 0% | 0.0 kg CO₂ eq./hr
 Energy 87% | 38.1 kg CO₂ eq./hr
 Production 10% | 4.6 kg CO₂ eq./hr
 End-of-life -2% | -1.1 kg CO₂ eq./hr

0. Equipment definition

Equipment type
dumper
 Name or version
cat-730
 Equipment weight
24000 kg

1. Equipment production

Do you have a carbon footprint result available from an existing LCA study?
No

2. Transportation

Load capacity of the truck
28 tonne
 What is the load factor for this vehicle, including empty trips (if any)?
50%
 Transport distance (one way)
55 km
 Number of jobs at construction sites per year
8

3. Lifetime and utilisation

Total expected operating hours in total lifetime of the equipment
11200 hr
 Ownership period
7 yr
 Total expected operating hours used during your company's ownership
8000 hr

4. Energy consumption

Energy source
Fuel
 Consumption per hour
12 l/h
 Share of biofuel
0 %

5. Maintenance

Motor oil consumption
20 l/year

6. End-of-life

End-of-life scenario
50% recycling

Lisa 9. CO₂ kalkulatsioon – ekskavaator [30]



ERA Equipment CO₂ Calculator

Carbon footprint per hour of use
excavator cat 320 GC

44.0 kg CO₂ eq./hr

Carbon footprint breakdown

Total 44.0 kg CO₂ eq./hr
 Transportation 2% | 1.0 kg CO₂ eq./hr
 Maintenance 0% | 0.0 kg CO₂ eq./hr
 Energy 94% | 41.3 kg CO₂ eq./hr
 Production 6% | 2.8 kg CO₂ eq./hr
 End-of-life -3% | -1.2 kg CO₂ eq./hr

0. Equipment definition

Equipment type
excavator
 Name or version
cat 320 GC
 Equipment weight
21900 kg

1. Equipment production

Do you have a carbon footprint result available from an existing LCA study?
No

2. Transportation

Load capacity of the truck
22 tonne
 What is the load factor for this vehicle, including empty trips (if any)?
70%
 Transport distance (one way)
55 km
 Number of jobs at construction sites per year
8

3. Lifetime and utilisation

Total expected operating hours in total lifetime of the equipment
16800 hr
 Ownership period
7 yr
 Total expected operating hours used during your company's ownership
12000 hr

4. Energy consumption

Energy source
Fuel
 Consumption per hour
13 l/h
 Share of biofuel
0 %

5. Maintenance

Motor oil consumption
60 l/year

6. End-of-life

End-of-life scenario
90% recycling

Lisa 10. CO₂ kalkulatsioon – pinnaserull [30]



ERA Equipment CO₂ Calculator

Carbon footprint per hour of use

Vibratory Soil Compactors CS56B

33.8 kg CO₂ eq./hr

Carbon footprint breakdown

Total 33.8 kg CO₂ eq./hr
 Transportation 3% | 1.0 kg CO₂ eq./hr
 Maintenance 0% | 0.0 kg CO₂ eq./hr
 Energy 94% | 31.8 kg CO₂ eq./hr
 Production 5% | 1.7 kg CO₂ eq./hr
 End-of-life -2% | -0.6 kg CO₂ eq./hr

0. Equipment definition

Equipment type

Vibratory Soil Compactors

Name or version

CS56B

Equipment weight

11953 kg

1. Equipment production

Do you have a carbon footprint result available from an existing LCA study?

No

2. Transportation

Load capacity of the truck

12 tonne

What is the load factor for this vehicle, including empty trips (if any)?

80%

Transport distance (one way)

55 km

Number of jobs at construction sites per year

8

3. Lifetime and utilisation

Total expected operating hours in total lifetime of the equipment

15000 hr

Ownership period

7 yr

Total expected operating hours used during your company's ownership

12000 hr

4. Energy consumption

Energy source

Fuel

Consumption per hour

10 l/h

Share of biofuel

0 %

5. Maintenance

Motor oil consumption

20 l/year

6. End-of-life

End-of-life scenario

80% recycling

Lisa 11. CO₂ kalkulatsioon – pinnase stabilisaator



ERA Equipment CO₂ Calculator

Carbon footprint per hour of use soil stabilizer WR 250i

67.2 kg CO₂ eq./hr

Carbon footprint breakdown

Total 67.2 kg CO₂ eq./hr
 Transportation 2% | 1.2 kg CO₂ eq./hr
 Maintenance 0% | 0.1 kg CO₂ eq./hr
 Energy 94% | 63.5 kg CO₂ eq./hr
 Production 6% | 4.3 kg CO₂ eq./hr
 End-of-life -3% | -1.8 kg CO₂ eq./hr

0. Equipment definition

Equipment type
soil stabilizer
 Name or version
WR 250i
 Equipment weight
32000 kg

1. Equipment production

Do you have a carbon footprint result available from an existing LCA study?
No

2. Transportation

Load capacity of the truck
32 tonne
 What is the load factor for this vehicle, including empty trips (if any)?
90%
 Transport distance (one way)
55 km
 Number of jobs at construction sites per year
8

3. Lifetime and utilisation

Total expected operating hours in total lifetime of the equipment
16000 hr
 Ownership period
7 yr
 Total expected operating hours used during your company's ownership
11200 hr

4. Energy consumption

Energy source
Fuel
 Consumption per hour
20 l/h
 Share of biofuel
0 %

5. Maintenance

Motor oil consumption
70 l/year

6. End-of-life

End-of-life scenario
90% recycling

Lisa 12. CO₂ kalkulatsioon – suur asfaldirull [30]



ERA Equipment CO₂ Calculator

Carbon footprint per hour of use tandem vibratory roller CAT CB10

26.8 kg CO₂ eq./hr

Carbon footprint breakdown

Total 26.8 kg CO₂ eq./hr
 Transportation 2% | 0.6 kg CO₂ eq./hr
 Maintenance 0% | 0.0 kg CO₂ eq./hr
 Energy 95% | 25.4 kg CO₂ eq./hr
 Production 5% | 1.3 kg CO₂ eq./hr
 End-of-life -2% | -0.5 kg CO₂ eq./hr

0. Equipment definition

Equipment type
tandem vibratory roller

Name or version
CAT CB10

Equipment weight
9500 kg

1. Equipment production

Do you have a carbon footprint result available from an existing LCA study?
No

2. Transportation

Load capacity of the truck
10 tonne

What is the load factor for this vehicle, including empty trips (if any)?
90%

Transport distance (one way)
55 km

Number of jobs at construction sites per year
8

3. Lifetime and utilisation

Total expected operating hours in total lifetime of the equipment

16000 hr

Ownership period
7 yr

Total expected operating hours used during your company's ownership

11200 hr

4. Energy consumption

Energy source
Fuel

Consumption per hour
8 l/h

Share of biofuel
0 %

5. Maintenance

Motor oil consumption
20 l/year

6. End-of-life

End-of-life scenario
90% recycling

Lisa 13. CO₂ kalkulatsioon – veoauto, poolhaage [30]



ERA Equipment CO₂ Calculator

Carbon footprint per hour of use
truck MERCEDES-BENZ ACTROS 2553LS
6X2

60.4 kg CO₂ eq./hr

Carbon footprint breakdown

Total 60.4 kg CO₂ eq./hr
Transportation 3% | 1.6 kg CO₂ eq./hr
Maintenance 0% | 0.0 kg CO₂ eq./hr
Energy 95% | 57.2 kg CO₂ eq./hr
Production 4% | 2.3 kg CO₂ eq./hr
End-of-life -1% | -0.8 kg CO₂ eq./hr

0. Equipment definition

Equipment type
truck

Name or version
**MERCEDES-BENZ
ACTROS 2553LS 6X2**

Equipment weight
26000 kg

1. Equipment production

Do you have a carbon footprint result available from an existing LCA study?
No

2. Transportation

Load capacity of the truck
30 tonne

What is the load factor for this vehicle, including empty trips (if any)?
50%

Transport distance (one way)
55 km

Number of jobs at construction sites per year
12

3. Lifetime and utilisation

Total expected operating hours in total lifetime of the equipment
24000 hr

Ownership period
7 yr

Total expected operating hours used during your company's ownership
16800 hr

4. Energy consumption

Energy source
Fuel

Consumption per hour
18 l/h

Share of biofuel
0 %

5. Maintenance

Motor oil consumption
30 l/year

6. End-of-life

End-of-life scenario
70% recycling