



**TALLINNA
TEHNIKA KÕRGKOO**

Tauri Tamkivi

AOVERE-LUUNJA MAANTEE KM 0,000-11,352 E HITUSTÖÖDE KORRALDUSE PROJEKT

LÕPUTÖÖ

Tallinn 2014

Tauri Tamkivi

AOVERE-LUUNJA MAANTEE KM 0,000-11,352 E HITUSTÖÖDE KORRALDUSE PROJEKT

LÕPUTÖÖ

Ehitusteaduskond
Teedehitus eriala

Tallinn 2014

SISUKORD

SISUKORD	3
LÜHENDID	5
SISSEJUHATUS	6
1. TEHNILINE SELETUSKIRI	8
1.1. Geodeetilised tööd	8
1.2. Liikluskorraldus	8
1.3. Võsa ning puude raadamine ja juurimine	9
1.4. Kasvupinnase koorimine	9
1.5. Kraavide kaevamine	9
1.6. Katte freesimine	10
1.7. Truupide demonteerimine ja paigaldus	10
1.8. Muldkeha ehitus	10
1.9. Dreenikihi ehitus	11
1.10. Kompleksstabiliseerimine	11
1.11. Peenarde ehitus	12
1.12. Alumise asfaltkihi ehitus	12
1.13. Kulumiskihi ehitus	12
1.14. Nõlvade kindlustamine	12
2. MASINAPARK	13
2.1. Ehitusplatsipuhastus	13
2.2. Liiklusmärkide eemaldamine	14
2.3. Pinnasetööd	14

2.4.	Kompleksstabiliseerimine	19
2.5.	Katte ehitus	19
2.6.	Peenra ehitus	20
2.7.	Kõik masinad	21
3.	AJAKULU JA KALLURITE VAJADUS	22
3.1.	Geodeetilised tööd	22
3.2.	Liikluskorraldusmärkide eemaldamine	23
3.3.	Võsa ja puude raadamine ning juurimine	23
3.4.	Kasvupinnase koorimine	24
3.5.	Kraavide kaevamine	25
3.6.	Katte freesimine	26
3.7.	Truupide demonteerimine ja paigaldus	27
3.8.	Muldkeha ehitus	30
3.9.	Dreenkihi ehitus	31
3.10.	Kompleksstabiliseerimine	33
3.11.	Peenra ehitus	35
3.12.	Alumise asfalkihi ehitus	36
3.13.	Pealmise asfalkihi ehitus	37
3.14.	Nõlvade kindlustamine	38
4.	TÖÖ PLAAN	39
4.1.	Ettevalmistustööd	39
4.2.	Põhitööd	40
5.	KALENDERGRAAFIK	42
6.	TÖÖJÕU VAJADUS	43
	KOKKUVÕTE	44
	SUMMARY	45
	VIIDATUD ALLIKATE LOETELU	46

LÜHENDID

Tellija	Maanteeameti Lõuna regioon.
AC 16 surf	Asfaltbetoonist kulumiskiht, mille suurim killustiktera suurus on 16 mm.
AC 20 base	Asfaltbetoonist aluskiht, mille suurim killustiktera suurus on 20 mm.
KS 32	Kompleksstabiliseeritud kiht ehk killustiku, freespuru, bituumenemulsiooni ja tsemendi segu, mille suurim killustiktera suurus on 32 mm.
Geotekstiili II klass	Geotekstiilid jagunevad oma omaduste poolest viite klassi. Mida suurem klass, seda rangemad nõuded on geotekstiilile määratud.
CE-märgistus	Tootja või importija poolt antud garantii, et toode vastab kõikidele tööohutus ja töötervishoiu nõuetele.
II-suurusgrupp	Liiklusmärgid keskmise suurusega vastavalt Eesti Standardile EVS 613:2001.
II-klaasi kile	Säilitab oma omadused kilele seatud värvi ja peegelduse nõudmise osas 10 aastat alates paigaldamisest.
fr.16-32	Materjal, mille minimaalseim tera läbimõõt on 16 mm ja maksimaalseim 32 mm.
EVS-EN	Euroopa standard, mis on Eestis kasutusele võetud.
Rõngasjäikus SN8	Toru kannatab 8 kN/m ² kohta koormust.
Korrosioonikindlus K4	Toru võib kasutada tugevasti soolatatud teel, soolatamata või kergelt soolatatud maanteedel, happelistes ja söövitavates tingimustes.

SISSEJUHATUS

Uute teede ehitus ja vanade remontimine on kallis ettevõtmine, sest projekti maksumuse määrab suures osas ära materjali hind ning kvaliteetsed materjalid on suhteliselt kallid. Seega materjali pealt ei tasu kokku hoida, kui eesmärgiks on kvaliteetne tulemus, kuid läbimõeldud ja tasakaalukas ehitustöödekorraldus võimaldab vähendada kulusid, sealjuures kvaliteeti oluliselt langetamata.

Antud töö eesmärk on vastavalt ehitustingimustele ja nõudmistele leida sobilik ehitustöö korraldus ja ajakulu. Töö esimeses osas kirjeldatakse erinevaid töid ning selgitatakse nende nõudeid. Teises osas tuleb juttu vajaminevatest masinatest ning leitakse nende jõudlus spetsiaalsete valemitega, mis arvestavad masina parameetreid ja töö keerukust või on jõudlus saadud kogemuslikult. Kolmandas osas arvutatakse iga töö mahu ja masinate või brigaadi jõudluse abil ajakulu. Neljandas peatükis selgitatakse täpselt tööde järjekorda ning ehitustöödekorraldust. Lisaks koostatakse kalendergraafik, kus on kirjas tööde algus- ja lõpukuupäev koos ajakuluga, ning tööjõuvajaduse tabel, kus on iga nädala kaupa näidatud masinate vajadus.

Aovere-Luunja maantee km 0,000-11,352 ehituse tehniline projekt koosneb neljast kaustast: teedehituslik osa, välisvalgustus, elektri- ja sideliinid, katastriüksused ja nende omanikud. Antud töö käsitleb teedehitusliku osa ning jätab välja teised tööd. Teedehituslik osa sisaldab järgmisi töid: puude ja võsa raadamine ja juurimine, teemaa puhastamine, kraavide kaevamine, truupide rajamine, mullatööd, aluste ja katete ehitamine, ristmike ning mahasõitude rekonstrueerimine, liikluse ümberkorraldamine ning uue teemaa-ala moodustamine. [1]

Projekti eesmärk on antud lõigu sõidumugavuse ja liiklusohutuse taseme tõstmine ja tehniliselt vajaliku teemaa määramine. Lõik km 0,000-0,177 on ehitatud asfaltbetoonist 2006 aastal ning ülejäänud osa on mustkattega, ehitatud aastatel 1977 kuni 1984. Antud lõigu 2010.aasta keskmine liiklussagedus oli 936 kuni 1010 autot ööpäevas. Tugimaantee on osaliselt kaotanud kandevõime ning lõiguti on tekkinud sügavad roopad, mis on tingitud rasketranspordist. Roopaid tasandati 2010.aastal. Kandevõime parandamiseks tuleb rajada kraavid mõlemale poole teed ja tõsta muldkeha kõrgust ning vahetada sobimatu pinnas välja, lisaks ehitatakse uus katendikonstruktsioon,

jättes olemasoleva katendi muldkeha koosseisu. Teemaa määramiseks raadatakse ja juuritakse tee äärest mets ja võsa. [1]

Järgnevalt on välja toodud tabelis 1 katendi kihid ja joonisel 1 asukoha skeem.

Tabel 1

Katendi konstruktiivne kiht [1]

Kihid:		Paksus; cm
Asfaltsegu AC 16 surf 70/100		4
Asfaltsegu AC 20 base 70/100		5
Kompleksstabiliseeritud kiht KS32, teel segatud		14
Tehnoloogiline varu lubjakivikillustikust fr.16-32 mm		7
Dreenikiht kruusliivast		20
Lisatav peenliiv + olev mulde pinnas	Tolmliival	45
	Tolmsel saviliival	50
	Tolmsel liivsavil	60
	Tolmsel saviliival	45
	Tolmliival	45



Joonis 1. Asukoha skeem [2]

1. TEHNILINE SELETUSKIRI

1.1. Geodeetilised tööd

Geodeetilisi töid teostab isik, kellel on litsents: Geodeetilised tööd ehitusplatsidel. Tööde tegemisel lähtutakse Eesti Vabariigi Majandus- ja Kommunikatsiooniministri määrusest nr 70 “Ehitusgeodeetiliste uurimistööde tegemise kord” 27.08.2007.a.

Geodeetiliste tööde alla kuulub digitaalselt tee telje märkimine, piketaaži ja teiste tee elementide (sealhulgas kraavi teljed ja välisservad), ajutiste reeperite ja käigupunktide väljamärkimine ning teostusmöödistamine. Piketaaž tähistatakse looduses 50 meetrilise sammuga paremale poole teed ning säilitatakse ehituse vastuvõtmiseni. Iga kihi teostusmöödistused tuleb sooritada enne katva kihi ehitust. [1]

1.2. Liikluskorraldus

Liikluskorraldustöid teostab isik, kellel on kehtiv tegevusluba liikluskorralduse projektide tegemises ja liikluskorraldusvahendite paigaldamises. Olemasolevad liiklusmärgid (märgid ja viidad koos postide ja vundamendiga, tähispostid) eemaldatakse vahendeid mitte kahjustades omanikujärevalvega kooskõlastatud järjekorras ning antakse üle omanikule kokkulepitud laoplatsil vastuvõtu aktiga. Ehitustööde aegsed liikluskorraldusskeemid tuleb kooskõlastada Tellijaga enne skeemide ülespanemist. Skeemide koostamisel tuleb lähtuda asjaolust, et tee jääks liiklusele avatuks. [1]

„Teetööde tegija on kohustatud määrama liikluskorralduse ja -ohutuse eest vastutava isiku ning kirjalikult teatama tee omanikule selle isiku nime, aadressi, telefoni, faksi ja elektronposti andmed. Juhul kui seda ei ole tehtud, vastutab liikluskorralduse ja -ohutuse eest töid tegeva ettevõtte juht ning füüsilise isiku tööde korral tema ise.“ [3]

Pärast ehitustööde lõppu paigaldatakse liiklusmärgid, viidad, tähispostid ja kattermarkeering vastavalt asendiplaani joonistele ja liikluskorraldusvahendite aruandele. Märgid, viidad ja

tähispostid peavad olema CE-märgistusega, suurusgrupp on II ning kasutatakse II-klassi valguspeegeldavat kilet. [1]

1.3. Võsa ning puude raadamine ja juurimine

„Tee trassilt langetatud puude töötlemisel ja teisaldamisel peab lähtuma «Metsaseadusest» (RT I 1998, 113/114, 1872; 1999, 54, 583; 82, 750; 95, 843; 2000, 51, 319; 102, 670; 2001, 50, 282; 2002, 61, 375; 63, 386; 2003, 88, 594; 2004, 9, 53) ning metsamaterjali kasutamise omanikupoolsetest nõuetest.“ [4]

Puude ja võsa raadamisel ning juurimisel tuleb lähtuda asendiplaani joonistest ning aruannetest. Mahavõetud puud tuleb ladustada omanikuga kooskõlastatud asukohta. Tuleb jälgida, et ei vigastata tegevuse käigus alles jäävaid puid, vajadusel paigaldada puutüve kaitse. Kindlasti tuleb pärast tööde lõppu tekkinud süvendid täita ning maa-ala planeerida. Kui säilivate puude võre ulatub tee maa-alale, siis tuleb seda piirata, et oleks tagatud puhas vertikaalne gabariit vähemalt 6 meetrit. Metsa raadamiseks teemaal tuleb ehitajal esitada Keskkonnaameti Jõgeva – Tartu regioonile metsateatis. [1]

1.4. Kasvupinnase koorimine

Kasvupinnas eemaldatakse mulde nõlvadelt, mis kraavide rajamise käigus kitsamaks kaevatakse, rajatavate mahaõitute ja laienduste alt kogu paksuses. Kõlblik kasvumuld ladustatakse tee maa-alal ning kasutatakse hiljem kraavide ning nõlvade kindlustamiseks ja teemaa haljastusel. Ladustamisel tuleb jälgida, et oleks tagatud vee äravool objektil. [1]

Kooritud kasvupinnase põhi mulde laiendite all planeeritakse min 4% põikkaldega teest eemale. Muldkeha alune pinnas tihendatakse tihendustegurini 0,98. [1]

1.5. Kraavide kaevamine

Ennem kraavide kaevamise tööde algust tuleb ehitajal konsulteerida tehnovõrgu valdajaga ning saada neilt kirjalikult joonised ja load tööde tegemiseks tehnovõrgu kaitsetsoonis. Kraavi sisenõlvus on 1:2 ja välisnõlvus 1:1,5. Kraavide kaevamise käigus tulevale pinnasele tuleb teha laboratoorsed uuringud, et välja selgitada selle omadusi ning sellest tulenev taaskasutuskõlblikkust. Lõpliku otsuse pinnase kasutusest teeb omanikujärelvalve koos Tellijaga. Sobiv pinnas tuleb paigutada objekti reservi ning kasutatakse hiljem muldkeha laiendustes, olemasolevate kraavide täiteks või mõnel muul objektil. Sobimatut pinnast võib kasutada tee maa-ala planeerimisel ning

ülejääv pinnas kuulub äravedamisele. Sobimatut ja sobivat pinnast tuleb ladustada eraldi, et vältida nende segunemist. [4]

1.6. Katte freesimine

Olemasolev asfaltkate ja mustkate freesitakse külmfreesimise meetodil kogu paksuses ja laiuses lähtudes freesimiskaardist. Freespuru kuulub Tellijale, mis ladustatakse laoplatsil, mis asub 5km kaugusel objekti algusest ning kasutatakse hiljem KS 32 ehitusel. Freespurule tehakse laboratoorsed analüüsid, mille põhjal koostatakse KS 32 retsept ja see kooskõlastatakse Tellijaga. [1]

1.7. Truupide demonteerimine ja paigaldus

„Hiljemalt kolm tööpäeva enne truupide ja maaparandussüsteemidega seotud tööde algust tuleb Töövõtjal teavitada Põllumajandusameti Tartu keskusesse (Kooli 13, 50409 Tartu) objekti asukoht, tööde alustamise aeg ning tööde teostaja kontaktisik.“ [1]

Truupide demonteerimine ja paigaldus toimub poole tee kaupa, et hoida tee liiklusele avatud. Olemasolevad truubid koosnevad raudbetoonist lülidest, mis on 1 meetri pikkused ning 0,7-1,2 meetrilise läbimõõduga. Uued truubid on ümarad plasttorust ning peavad vastama standardite EN 13476 ja SFS 5906 nõuetele ning rõngasjäikusklass peab põhitee all olema SN8, mahasõitude all SN4, korrosioonikindlusklass K4. Lisaks on vaja materjali valmistaja poolset sertifikaati, mis lubab neid kasutada teealuste truupidena. Ehitustegevuse käigus tuleb lähtuda EVS-EN 1610 nõuetest. Truubid ehitatakse fraktsioneerimata killustikust või purustatud kruusast(fr. 0-32 mm) 15 cm paksusele alusele, millele on lisatud kaasaarvatud 5 cm paksune liivast sängituskiht. Truubi otsad kindlustatakse II klassi geotekstiiliga, mille peale tuleb vähemalt 15 cm paksune kivilaotis. [1]

1.8. Muldkeha ehitus

Kuna enamus kohtades tõstetakse teepinna kõrgust, siis jäetakse olemasoleva katendi materjal uue muldkeha koosseisu ning lisatakse karjäärast toodud peenliiva. Freesitud katte ning eemaldatud peenra materjali alune pind planeeritakse või kaevatakse välja kattekonstruktsioonide väljaehituseks vajaliku kõrgusmargini. Muldkehale antakse kahepoolne 4% kalle, tihendatakse tihendustegurini 0,98 ja filtratsioonimoodul peab olema vähemalt 0,5 m/ööpäevas. Raskete vibrorullide kasutamine kommunikatsioonide ning truupide peal ja kaitsetsoonis on keelatud. Muldkeha laienduste ja mahasõitude ehitusel võib kasutada kraavi kaevamisel tulevat sobivat pinnast ning karjäärast toodud

peenliiva. Üle 1,2 m kõrguste nõlvade korral kasutatakse laienduste rajamisel nn.”astmete” kaevamist olevasse nõlva. [1]

1.9. Dreenkihi ehitus

Põhiteel, ristmikel ja mahasõitudel on dreenkihi paksus 20 cm ning materjaliks kasutatakse kruusliiva. Geoloogiliste uuringutega määratud 3. niiskuspaiakonnas (PK 10+75-11+60; PK 14+50-15+00; PK 62+00-63+30) on kõrge mulde ja sügavate kraavidega viidud veetase katte pinnalt allapoole külmumispiiri. Seetõttu on kruusliiva filtratsioonimooduliks vähemalt 2,0 m/ööpäevas. [1]

Teetöödel kasutatavate pinnaste filtratsioonimoodulid tuleb määrata maksimaalse standardtiheduse (EVS-EN 13286-2 järgselt) ning optimaalse niiskuse juures. Dreenkihi materjali filtratsiooniproov tuleb võtta iga 1000 m³ materjali kohta. Dreenkiht planeeritakse 2,5% kahepoolse põikkaldega ning tihendatakse vähemalt tihendustegurini 0,98. [1]

1.10. Kompleksstabiliseerimine

Kompleksstabiliseerimine tehakse teel segamise meetodil, kus kõigepealt laotakse laiali KS 32 retsepti alusel vajalikus koguses ja fraktsioonide vahekorras lubjakivikillustik. Sinna juurde tuleb arvestada 7 cm lubjakivikillustiku tehnoloogilist varu. Kiht laotatakse laiali projekteeritud asfaltbetoonkatte mõlemast servast 0,2 meetrit laiemalt ja eeltihendatakse. Paekivikillustiku peale veetakse freespurukiht KS 32 retsepti koguses terve killustikkihi laiuses ning eeltihendatakse. Segatakse freespuru ja paekivikillustik, lisades retseptikohases koguses bituumensideainet ja hüdraulilist teesideainet. Lähtematerjal niisutatakse tihendamiseks vajaliku optimaalse niiskuseni vee lisamisega, arvestades niiskuse hulka ka lisatud emulsiooni koguse. Segatud KS 32 kiht planeeritakse laiuses, mis ületab mõlemast servast asfaltbetoonkatte laiust 0,2 m võrra, projektse kaldeni ja tihendatakse. Stabiliseeritud kihi laotamine ja tihendamine peab toimuma enne emulsiooni lagunemist. Kompleks-stabiliseeritud kihti tuleb kivilinemise soodustamiseks ja kahanemispragude tekkimise tõenäosuse vähendamiseks hoida vähemalt 7 päeva piisavalt niiskena. Tee võib liiklusele avada 2 tundi pärast tihendamise lõpetamist, kui elastsusmoodul kihi peal on ≥ 160 Mpa ning 7 päeva pärast peab olema 230 Mpa. [1]

Mahasõitudel ei kasutata stabiliseerimist, vaid tehakse 17 cm paksune killustikalus, mille peale tuleb ühekihiline asfalt. Peenrad tehakse lubjakivikillustikust segu 3 kogu asfaltkihi paksuselt, mis on 6 cm. [1]

1.11. Peenarde ehitus

Olemasolev peenar kaevatakse välja kogu paksuses enne asfaldi freesimist. Pärast stabiliseeritud kihi valmimist täidetakse peenar 14 cm paksuselt kruusliivaga, mis planeeritakse ja tihendatakse. Peenrad kindlustatakse asfaltbetoonikihtide valmimise järel 9 cm paksuselt lubjakivikillustikseguga fr.0-32 mm. [1]

1.12. Alumise asfaltkihi ehitus

Pärast KS 32 kihi kontrollmõõtmisi ja laboratoorsete analüüside tulemuste selgumist ja nende tulemuste kinnitamist Tellija poolt, ehitatakse välja 5 cm paksune AC 20 base kiht. Ennem asfaldi laotamist krunditakse KS 32 kiht bituumenemulsiooniga C50B5 kulunormiga $0,2 \text{ kg/m}^2$. Alumise asfaltkihi külmad piki- ja põikvuugid krunditakse sama kulunormiga, mis KS 32 kihi puhul. Asfalt laotatakse laiali laoturiga, mille veojõud ja parameetrid vastavad tee ehituseks vaja minevate omadustega. Tihendamine toimub valtsrullidega ning katteproovi keskmine nõutud tihendustegur on 0,97 ja jäävpoorsus 5-12%. Lisaks tuleb taodelda Maanteeameti Lõuna regioonilt luba asfalteerida Aovere-Luunja mnt oktoobrikuus, kui kalendergraafik seda ette näeb.[1]

1.13. Kulumiskihi ehitus

Pärast AC 20 base kihi kontrollmõõtmisi ja laboratoorsete analüüside tulemuste selgumist ja nende tulemuste kinnitamist Tellija poolt, ehitatakse välja 4 cm paksune AC 16 surf kiht. Alumine asfaltkiht krunditakse bituumenemulsiooniga C50B5 kulunormiga $0,1 \text{ kg/m}^2$. Külmad põik- ja pikivuugid krunditakse vuugiliimiga, mille kulunorm on 20 g/jm kohta. Katteproovi keskmine tihendustegur on 0,98 ja jäävpoorsus 1,5-5%. [1]

1.14. Nõlvade kindlustamine

Kasvupinnase koorimise käigus saadud pinnas planeeritakse nõlvadele laiali ning tihendatakse 5 cm paksuselt. Lisaks paigaldatakse erosioonitõkkematt C50 nõlvadele, et takistada pinnase uhtumist. Mattid tuleb ankurdada vastavalt juhiste. [1]

2. MASINAPARK

Masinad on valitud lähtudes ehitustööde iseloomust ja mahust, et oleks tagatud kvaliteetne ja optimaalse ajakuluga ehitus. Ehitusmasinate jõudlus on arvutatud spetsiaalsete valemite abil, mis arvestavad masina parameetreid ja töö keerukust. Valemid on saadud õppeaine Tee-ehitusmasinad raames. Teiste masinate jõudlus on leitud kogemuslikult.

2.1. Ehitusplatsipuhastus

Metsa raadamist ja üksikute puude mahavõtmist teostatakse metsaraiemasinaga Ponsse Buffalo Dual(vaata Foto 1), mis langetab, laasib ja järkab tüve ning transpordib sortimendi ka vajaliku asukohani. Harvesteril on hea tootlikkus ning mis peamine, kohene transpordi võimalus, mis säästab palju aega. Lisaks on minimaalne oht vigastada allesjäävaid puid. Masin teeb tööd jõudlusega 60 sekundit puu ehk $250 \text{ m}^2/\text{h}$.



Foto 1. Harvester Ponsse Buffalo Dual [5]

Võsa raadamist tehakse võsalõikuriga Raiko 2 M(vaata Foto 2), mille raadamise võimusus $5000 \text{ m}^2/\text{h}$ ja lõikab optimaalselt 50 mm jämedusega oksid. Masin pääseb raskesti ligipääsevatesse kohtadesse ning saab hakkama ka tiheda võsa raadamisega.



Foto 2. Võsalõikur Raiko 2M [6]

2.2. Liiklusmärkide eemaldamine

Liiklusmärgid eemaldatakse käsitsi kahemehelise brigaadi poolt ning transportimiseks kasutatakse Volkswagen Crafterit (vaata Foto 3), mille kasti mõõtmed on 4,3 x 2,14 x 1,95 meetrit ning kandevõime 2400 kg. Ühe tähisposti, liiklusmärgi või tahvli eemaldamine koos posti ja vundamendiga kahe töölise poolt võtab keskmiselt aega 7 minutit.



Foto 3. Volkswagen Crafter [7]

2.3. Pinnasetööd

Kasvumulla koorimiseks kasutatakse Komatsu D61EX/PX-15EO buldooseri (vaata Foto 4), millel on 125 kW ning saha mõõtmed on 3175 x 1300/4,3 m³. Masin, mis on piisavalt võimas ning suudab töötada ka järskudel nõlvadel. Buldooseri jõudlus on 180,6 m³/h (vaata valem 2).

Buldooseri jõudluse T [m³/h] leiame valemiga

$$T = q * \frac{60}{t_{ts}} * e * E, \quad (1)$$

kus $q[m^3]$ -ühe töötsükliga teisaldatava materjali maht

$t_{ts}[min]$ -töötsükli kestus

e -kalde tegur

E -töö efektiivsuse tegur

$$T = 4,3 * \frac{60}{1} * 1 * 0,7 = 180,6 m^3/h \quad (2)$$



Foto 4. Buldooser Komatsu D61EX/PX-15EO [8]

Kaevetöödeks kasutatakse roomikekskavaatorit Komatsu PC290LC/NLC-8(vaata Foto 5), mille kopamaht on $2,02 m^3$. Ekskavaator on hea läbivusega ning piisava kopa mahuga, et täita töö eesmärgid. Ekskavaatori jõudluseks on $169,7 m^3/h$ (vaata valem 4).

Roomikekskavaatori jõudluse $T[m^3/h]$ leiame valemiga

$$T = q * \frac{60}{t_{ts}} * e * E, \quad (3)$$

kus $q[m^3]$ -ühe töötsükliga teisaldatava materjali maht

$t_{ts}[min]$ -töötsükli kestus

e -kalde tegur

E -töö efektiivsuse tegur

Üheks töötsükliks võetakse 1 minut ning kopp jõuab selle aja jooksul teha kaks kaevet, see tähendab $2,02 \cdot 2 = 4,04 \text{ m}^3$.

$$T = 4,04 \cdot \frac{60}{1} \cdot 1 \cdot 0,7 = 169,7 \text{ m}^3/\text{h} \quad (4)$$



Foto 5. Roomikekskavaator Komatsu PC290LC/NLC-8 [8]

Truupide paigaldus ja demonteerimistöodes kasutatakse laadur-ekskavaatorit Komatsu WB93R-5EO (vaata Foto 6), mille kopamaht on $1,03 \text{ m}^3$, 74 kW, jõudlus $86,52 \text{ m}^3/\text{h}$ (vaata valem 6). Masin sobib hästi kitsamatesse kohtadesse ning väiksema mahuliste tööde läbiviimiseks.

Laadur-ekskavaatori jõudluse $T[\text{m}^3/\text{h}]$ leiame valemiga

$$T = q \cdot \frac{60}{t_{ts}} \cdot e \cdot E, \quad (5)$$

kus $q[\text{m}^3]$ -ühe töötsükliga teisaldatava materjali maht

$t_{ts}[\text{min}]$ -töötsükli kestus

e -kalde tegur

E -töö efektiivsuse tegur

Üheks töötsükliks võetakse 1 minuti ning kopp jõuab selle aja jooksul teha kaks kaevet, see tähendab $1,03 \cdot 2 = 2,06 \text{ m}^3$.

$$T = 2,06 * \frac{60}{1} * 1 * 0,7 = 86,5 \text{ m}^3/\text{h} \quad (6)$$



Foto 6. Laadur-ekskaator Komatsu WB93R-5EO [8]

Pinnase ja materjali transpordiks kasutatakse liigendkallurit Komatsu HM300-3 (vaata Foto 7), mille kandevõime on 28 tonni ning võimsus 248 kW. Liigendkalluril on hea manööverdamise võimsus ja läbivus, mida võib vaja minna kitsastes tingimustes ehitades.



Foto 7. Liigendkallur Komatsu HM300-3 [8]

Materjali planeerimiseks kasutatakse teehöövli Volvo G930B (vaata Foto 8), mille tera laius on 3658 mm ja töötamiskaal 16 tonni. Masina jõudlus on 105 m³/h (vaata valem 8).

Teehöövli jõudluse $T[\text{m}^3/\text{h}]$ leiame valemiga

$$T = q * \frac{60}{t_{ts}} * e * E, \quad (7)$$

kus $q[\text{m}^3]$ - ühe töötsükliga teiseldatava materjali maht

$t_{ts}[\text{min}]$ -töötükli kestus

e -kalde tegur

E -töö efektiivsuse tegur

$$T = 2,5 * \frac{60}{1} * 1 * 0,7 = 105,0 \text{ m}^3/\text{h} \quad (8)$$



Foto 8. Teehöövel Volvo G930B [9]

Pinnase tihendamiseks kasutatakse Volvo SD75 15 tonnist pinnaserulli(vaata Foto 9), mille rulli laius on 2134 mm. Rulli jõudluseks on 367,5 m³/h(vaata valem 10). Truubipaigaldus töödes ja kitsamates kohtades kasutatakse tihendamiseks Dynapac vibroplaati LG-550, mille võimsus on 9 kW ja kaal 550 kg.

Pinnaserulli jõudluse $T[\text{m}^3/\text{h}]$ leiame valemiga

$$T = W * v * H * \frac{1000}{N} * E, \quad (9)$$

kus $W[\text{m}]$ -ühe läbimisega tihendatava riba laius

$v[\text{km/h}]$ -töökiirus

$H[\text{m}]$ -tihendatava kihi paksus

N -läbimiste arv ühel jäljel

E -töö efektiivsuse tegur

$$T = 2,1 * 4 * 0,25 * \frac{1000}{4} * 0,7 = 367,5 \text{ m}^3/\text{h} \quad (10)$$



Foto 9. Pinnaserull Volvo SD75 [9]

2.4. Kompleksstabiliseerimine

Kompleksstabiliseerimine tehakse Wirtgeni külmtaastajaga WR 4200(vaata Foto 10), mille töölaius on kuni 4,2 meetrit ning sügavus 200 mm. Masin sobib täpselt, et taastada üks sõidurada kogu laiuses. Masina jõudlus on 1870 m²/h ehk 14 cm paksuse kihi ehitusel 261,8 m³/h.



Foto 10. Külmtaastaja Wirtgen WR 4200 [10]

2.5. Katte ehitus

Vana mustkate freesitakse ülesse Wirtgeni asfaldifreesiga W 1900(vaata Foto 11), mille freesimise sügavus on 0-32 mm ja laius 2 000 mm. Freesimismasin teeb tööd jõudlusega 850 m².



Foto 11. Asfaldifrees Wirtgen W 1900 [10]

Asfalteerimist tehakse Vögeli asfaldilaoturiga SUPER 1800-3i(vaata Foto 12), mille maksimaalne laotamislaius on 10 meetrit ning maksimaalne laotamissuutlikkus 700 t/h. Seega 4 meetri laiuselt on laotamise suutlikkus 200 t/h, kui arvestada sisse võimalikud töö seisakud. Asfaldilaoturiga käivad kaasas kolm erineva kaaluga rulli.



Foto 12. Asfaldilaotur Vögel SUPER 1800-3i [10]

2.6. Peenra ehitus

Peenra ehitusel kasutatakse kallur autot koos peenralaoturiga(vaata Foto 13), mis konveier põhimõttel planeerib peenra materjali. Masina jõudlus on 350 m³/h.



Foto 13. Peenralaotur [11]

2.7. Kõik masinad

Tabel 2

Masinate jõudlus

Masin:	Jõudlus:
Harvester	250,0 m ² /h
Võsalõikur	5000,0 m ² /h
Volkswagen Crafter	7 min/tk
Buldooser	180,6 m ³ /h
Roomik-ekskavaator	169,7 m ³ /h
Laadur-ekskavaator	86,5 m ³ /h
Teehöövel	105,0 m ³ /h
Liigendkallur	28 t
Pinnaserull	367,5 m ³ /h
Külmtaastaja	261,8 m ³ /h
Freesimismasin	850,0 m ²
Asfaldibrigaad	280 t/h
Peenra laotur	350,0 m ³ /h

3. AJAKULU JA KALLURITE VAJADUS

Ehitusprotsessil on teatud piirangud, millega tuleb arvestada töökorraldus meetodi valikul. Kuna tööde ajal peab olema tagatud liikluslabilaskvus, siis ei saa kogu teed liiklusele sulgeda. Vältida ehitustööde teostamist väljaspool päevast ajavahemikku 07.00-19.00, võimaluse korral ka puhkepäevi. Ajakulu leitakse igale tööle eraldi arvestades masinate jõudlust ja töö mahtusid. Tööd toimuvad järjestikuliselt voolumeetodil see tähendab, et erinevad tööd tehakse järjest valmis, alustades järgmist tööd nii varakult kui võimalik. Kuid mitte liiga varakult, et tagada tööde sujuvus ja vältida ebavajalikke seisakuid. Masinate arv tööde teostamisel on valitud selline, et kasutada ära iga masina maksimaalset jõudlust.

3.1. Geodeetilised tööd

Piketaaži väljamärgimine:

Objekt on 11 352 meetrit pikk, seega piketaaži punkte tuleb maha märkida $11\,352/50 = 227$. Ühe piketaaži punkti mahamärgimiseks läheb keskmiselt aega 0,07 h.

Piketaaži väljamärgimise ajakulu $t[h]$ leiame valemiga

$$t = u * T, \quad (11)$$

kus $u[tk]$ -piketaaži punktide kogus

$T[h]$ -ühele punktile kuluv aeg

$$t = 227 * 0,07 = 15,90 \text{ h} \quad (12)$$

3.2. Liikluskorraldusmärkide eemaldamine

Kahemeheline brigaad teeb tööd jõudlusega 0,12 h üks liiklusmärk või tähispost.

Tabel 3

Tööde ajakulu

Töö kirjeldus	Maht; tk	Jõudlus; h	Ajakulu; h
Liiklusmärkide eemaldamine	89	0,12	10,68
Tahvli eemaldamine	32	0,12	3,84
Tähispostide eemaldamine	44	0,12	5,28
KOKKU	165	0,12	19,80

Liikluskorraldusvahendite eemaldamise ajakulu $t[h]$ leiame valemiga

$$t = u * T, \quad (13)$$

kus $u[tk]$ -maht

$T[h]$ -ühe liikluskorraldusvahendi eemaldamiseks kuluv aeg

3.3. Võsa ja puude raadamine ning juurimine

Puude raadamine tehakse Ponsse Buffalo Dual, mis teeb tööd jõudlusega 60 sekundit puu ehk 250 m²/h. Seega 61 üksikut puud võetakse maha 61 minutiga. Puude juurimist tehakse roomikekskavaatoriga Komatsu PC290LC/NLC-8, mis juurib ühe kännu 4 minutiga ehk 60 m²/h. Roomikekskavaatorit abistab juurikate transportimisel üks kallur ning tekkinud aukude planeerimisel üks buldooser. Metsa ja võsa raadamise ja juurimise ajakulu $t[h]$ leiame valemiga

$$t = \frac{u}{T}, \quad (14)$$

kus $u[m^2]$ -maht

$T[m^2/h]$ -masina jõudlus

Tabel 4

Tööde ajakulu

Töö kirjeldus	Maht	Jõudlus; m^2/h	Ajakulu; h
Üksikpuude mahavõtmine	61 tk	250	1,02
Metsa raadamine	3262 m^2	250	13,00
Metsa juurimine	3506 m^2	60	58,50
Võsa raadamine ja juurimine	3701 m^2	5000	0,74
KOKKU			73,26

3.4. Kasvupinnase koorimine

Buldooser töötab jõudlusel 180,6 m^3/h , seega kaks buldooseri teevad tööd $180,6 \cdot 2 = 361,2 \text{ } m^3/h$.

Kasvupinnase eemaldamise ajakulu $t[h]$ leiame valemiga

$$t = \frac{u}{T}, \quad (15)$$

kus $u[m^3]$ -maht

$T[m^3/h]$ -masina jõudlus

Tabel 5

Tööde ajakulu

Töö kirjeldus	Paksus; cm	Maht; m^3	Jõudlus; m^3/h	Ajakulu; h
Kasvumulla koorimine olevalt nõlvalt, laienduste alt, rajatava kraavi ja mahasõidu kohalt	$h_{keskmine}=30$	25 647	361,2	71

3.5. Kraavide kaevamine

Roomikekskavaator teeb tööd jõudlusega 169,7 m³/h. Kraavide kaevamise ajakulu t[h] leiame valemiga

$$t = \frac{u}{T}, \quad (16)$$

kus $u[\text{m}^3]$ -maht

$T[\text{m}^3/\text{h}]$ -masina jõudlus

Tabel 6

Tööde ajakulu

Töökirjeldus	Maht; m ³	Jõudlus; m ³ /h	Ajakulu; h
Külgkraavide kaevamine vasakult	29 217	169,7	172,17
Külgkraavide kaevamine paremalt	31 782	169,7	187,28

Pinnast transporditakse liigendkalluriga Komatsu HM300-3, mille kandevõime on 28 tonni. Kalluri keskmiseks töötamiskiiruseks on 30 km/h, kui laoplatas asub 5 km kaugusel objektist.

Kallurite vajaduse n[tk] leiame valemiga

$$n = \frac{P \cdot t}{K_k}, \quad (17)$$

kus $P[t]$ -pinnase kogus tunnis

$t[h]$ -kalluri teekonna läbimise aeg

$K_k[t]$ -kalluri kasti maht

Kuna koos töötavad kaks ekskavaatorit, siis jõudluseks võetakse 339,4 m³/h. Korrutades jõudluse pinnase mahumassiga, saadakse pinnase kogus tunnis.

$$P = 339,4 * 1,8 = 610,9 \text{ t} \quad (18)$$

Kalluri teekonna läbimise aeg on teekonna ja keskmise kiiruse jagatis.

$$t = \frac{10}{30} = 0,33 \text{ h} \quad (19)$$

Seega kallurite vajaduseks on:

$$n = \frac{610,9 * 0,33}{28} = 7,2 \approx 7 \text{ tk} \quad (20)$$

3.6. Katte freesimine

Katte freesimise ajakulu $t[h]$ leiame valemiga

$$t = \frac{u}{T}, \quad (21)$$

kus $u[m^3]$ -maht

$T[m^3/h]$ -masina jõudlus

Tabel 7

Tööde ajakulu

Töökirjeldus	Maht; m^3	Jõudlus; m^3/h	Ajakulu; h
Oleva katte freesimine ($h_{\text{keskmise}}=0,17m$; mahumass $2,3t/m^3$)	90 405	850	106,36

Freesipuru transporditakse liigendkalluriga Komatsu HM300-3, mille kandevõime on 28 tonni.

Kalluri keskmiseks töötamiskiiruseks on 30 km/h, kui laoplatas asub 5 km kaugusel objektist.

Kallurite vajaduse $n[tk]$ leiame valemiga

$$n = \frac{P * t}{K_k}, \quad (22)$$

kus $P[t]$ -pinnase kogus tunnis

$t[h]$ -kalluri teekonna läbimise aeg

$K_k[t]$ -kalluri kasti maht

Pinnase kogus tunnis on masina jõudluse, kihi keskmise paksuse ja materjali mahumassi korrutis.

$$P = 850 * 0,17 * 2,3 = 332,4 \text{ t} \quad (23)$$

Kalluri teekonna läbimise aeg on teekonna ja keskmise kiiruse jagatis.

$$t = \frac{10}{30} = 0,33 \text{ h} \quad (24)$$

Seega kallurite vajaduseks on:

$$n = \frac{332,4 * 0,33}{28} = 3,9 \approx 4 \text{ tk} \quad (25)$$

3.7. Truupide demonteerimine ja paigaldus

Truupide demonteerimis- ja paigaldustööde brigaadi kuuluvad kaks töölist ja laadur-ekskavaator Komatsu WB93R-5. Lisaks kolme brigaadi peale üks kallurauto.

Demonteerimistööde hulka kuulub oleva konstruktsiooni väljakaevamine piisavalt laialt, et mahuks hiljem vibroplaadiga tihendada, vana betoontruubi demonteerimine laadur-ekskavaatoriga ning tagasitäide.

Keskmine kaevik kaevatakse mõõtmetega 4 x 4,5 x 2, mille käigus kaevatakse välja 36 m³ pinnast. Seega laadur-ekskavaator jõudlusega 86,5 m³/h kaevab ühe kaeviku 36/86,5=0,42 tunniga. Kuna tehakse pool ja pool meetodiga tööd, siis seega ühe täis pikkuses truubi kaeviku kaevamiseks kulub aega 0,42*2=0,84 tundi.

Tagasitäide tehakse samuti laadur-ekskavaatoriga ning aega kulub selleks rohkem kui väljakaevamisel, sest tagasitäide tihendatakse iga 30 cm paksuse kihi järel vibroplaadiga Dynapac LG-550. Aega kulub tagasitäite tegemiseks 1,34 tundi.

Laadur-ekskavaator demonteerib 15 meetrise truubi keskmiselt 0,75 tunniga. Lisaks arvestan sisse ettevalmistusaja, mis sisaldab ajutiste liiklusmärkide paigaldamist ning ühe truubi juurest teise

juurde liikumist, milleks on 1 tund. Seega leitakse $t[h/m]$, mis kulub 1 meetri truubi demonteerimiseks ühe brigaadi poolt, järgmise valemiga

$$t = \frac{t_{kaevik} + t_{demont.} + t_{tagasitāide} + t_{ettevalmistus}}{l_{truup}}, \quad (26)$$

kus $t_{kaevik}[h]$ -kaeviku kaevamise ajakulu

$t_{demont.}[h]$ -demonteerimise ajakulu

$l_{truup}[m]$ -truubi pikkus

$$t = \frac{0,84+0,75+1,34+1}{15} = 0,26 \text{ h/m} \quad (27)$$

Seega kolm truubibrigaadi teevad tööd jõudlusega $0,26/3=0,09 \text{ h/m}$

Truubi demonteerimise ajakulu $t[h]$ leiame valemiga

$$t = u * T, \quad (28)$$

kus $u[m]$ -maht

$T[h/m]$ -3 brigaadi jõudlus

Tabel 8

Põhitee ja mahasõitude truubi demonteerimise ajakulu

Töö kirjeldus	Maht; m	Jõudlus; h/m	Ajakulu; h
Truupide demonteerimine,(bet) DN500 mm	109	0,09	9,81
Truupide demonteerimine,(bet) DN750...800 mm	63	0,09	5,67
Truupide demonteerimine,(bet) DN1000 mm	114	0,09	10,26
Truupide demonteerimine,(bet) DN1200 mm	20	0,09	1,80
KOKKU			18,36

Truupide paigaldustööde koosseisu kuuluvad järgmised tööd: killustikaluse ja liivast sängituskihi ehitus, truubi paigaldus.

15 meetrise truubi killustikaluse ja liivast sängituskihi ehituseks, tuubi paigalduseks ja päiste kindlustamiseks kulub aega brigaadil keskmiselt 11 tundi. Seega leitakse $t[h/m]$, mis kulub 1 meetri truubi ehitamiseks ühe brigaadi poolt, järgmise valemiga:

$$t = \frac{t_{killustik} + t_{liiv} + t_{paigaldus} + t_{kindlustus}}{l_{truup}}, \quad (29)$$

kus $t_{killustik}[h]$ -killustikaluse ehitamise ajakulu

$t_{liiv}[h]$ -sängituskihi ehitamise ajakulu

$t_{paigaldus}[h]$ -truubi paigaldamise ajakulu

$t_{kindlustus}[h]$ -truubi päiste kindlustamise ajakulu

$l_{truup}[m]$ -truubi pikkus

$$t = \frac{11}{15} = 0,73 \text{ h/m} \quad (30)$$

Seega kolm truubibrigaadi teevad tööd jõudlusega $0,73/3=0,24 \text{ h/m}$

Truubi ehitamise ajakulu $t[h]$ leiame valemiga

$$t = u * T, \quad (31)$$

kus $u[m]$ -maht

$T[h/m]$ -3 brigaadi jõudlus

Tabel 9

Põhitee ja mahasõitude truubi ehituse ajakulu

Töö kirjeldus	Maht; m	Jõudlus; h/m	Ajakulu; h
Plastiktruup, d= 400 mm	584	0,24	140,16
Plastiktruup, DN600 mm	96	0,24	23,04
Plastiktruup, DN800 mm	165	0,24	39,60
Plastiktruup, DN1000 mm	18	0,24	4,32
Plastiktruup, DN1200 mm	25	0,24	6,00
KOKKU			213,12

3.8. Muldkeha ehitus

Kõigepealt lükkab buldooser materjali laiali ning pärast seda annab hooval muldkehale vajaliku kalde. Tihendatakse 15 tonnise pinnaserulliga materjal vajaliku tiheduseni.

Muldkeha ehitamise ajakulu $t[h]$ leitakse valemiga

$$t = \frac{u}{T}, \quad (32)$$

kus $u[m^3]$ -maht

$T[m^3/h]$ -masina jõudlus

Tabel 10

Tööde ajakulu

Töö kirjeldus	Jõudlus; m^3/h	Maht; m^3	Ajakulu; h
Buldooseri töö	180,6	12 255	67,86
Teehöövli töö	105,0	5 771	54,96
Pinnaserulli töö	367,5	12 255	33,35

Pinnast transporditakse liigendkalluriga Komatsu HM300-3, mille kandevõime on 28 tonni. Kalluri keskmiseks töötamiskiiruseks on 30 km/h, kui laoplatas asub 5 km kaugusel objektist.

Kallurite vajadus $n[\text{tk}]$ leitakse valemiga

$$n = \frac{P \cdot t}{K_k}, \quad (33)$$

kus $P[\text{t}]$ -pinnase kogus tunnis

$t[\text{h}]$ -kalluri teekonna läbimise aeg

$K_k[\text{t}]$ -kalluri kasti maht

Kuna pinnase lükkab esmalt laiali buldooser, siis jõudluseks võetakse $180,6 \text{ m}^3/\text{h}$. Korrutades jõudluse pinnase mahumassiga, saadakse pinnase kogus tunnis.

$$P = 180,6 \cdot 1,8 = 325,1 \text{ t} \quad (34)$$

Kalluri teekonna läbimise aeg on teekonna ja keskmise kiiruse jagatis.

$$t = \frac{10}{30} = 0,33 \text{ h} \quad (35)$$

Seega kallurite vajaduseks on:

$$n = \frac{325,1 \cdot 0,33}{28} = 3,8 \approx 4 \text{ tk} \quad (36)$$

3.9. Dreenihi ehitus

Kõigepealt lükkab buldooser materjali laiali ning siis annab teehöövel kihile vajaliku kalde. Pärast seda tihendatakse materjal 15 tonnise pinnaserulliga. Dreenihi ehitamise ajakulu $t[\text{h}]$ leitakse valemiga

$$t = \frac{u}{T}, \quad (37)$$

kus $u[\text{m}^3]$ -maht

$T[\text{m}^3/\text{h}]$ -masina jõudlus

Tabel 11

Tööde ajakulu

Töö kirjeldus	Jõudlus; m ³ /h	Maht; m ³	Ajakulu; h
Buldooseri töö	180,6	26 083	144,42
Teehõõvli töö	105,0	6 520	62,10
Pinnaserulli töö	367,5	26 083	70,97

Kruusliiva transporditakse liigendkalluriga Komatsu HM300-3, mille kandevõime on 28 tonni. Kalluri keskmiseks töötamiskiiruseks on 20 km/h, kui arvestada peale laadimisega ning laoplatas asub 5 km kaugusel objektist.

Kallurite vajadus $n[\text{tk}]$ leitakse valemiga

$$n = \frac{P \cdot t}{K_k}, \quad (38)$$

kus $P[\text{t}]$ -pinnase kogus tunnis

$t[\text{h}]$ -kalluri teekonna läbimise aeg

$K_k[\text{t}]$ -kalluri kasti maht

Korrutades buldooseri jõudluse pinnase mahumassiga, saadakse pinnase kogus tunnis.

$$P = 180,6 \cdot 1,9 = 343,1 \text{ t} \quad (39)$$

Kalluri teekonna läbimise aeg on teekonna ja keskmise kiiruse jagatis.

$$t = \frac{10}{20} = 0,5 \text{ h} \quad (40)$$

Seega kallurite vajaduseks on:

$$n = \frac{343,1 \cdot 0,5}{28} = 6,1 \approx 6 \text{ tk} \quad (41)$$

3.10. Kompleksstabiliseerimine

Kõigepealt lükkab buldooser tehnoloogilise varu laiali, et masinad saaksid sõita selle peal. Pärast seda kui mõlemad sõidusuunad on killustikuga kaetud, hakkab kompleksstabiliseerimine ning buldooser lükkab vajaliku killustikukihi laiali ning hoovel annab kihile vajaliku kalde ja pinnaserull eeltihendab materjali. Pärast seda veetakse laiali freespuru kiht ning hoovel lükkab selle laiali vajaliku kaldeni ja pinnaserull eeltihendab. Selle järel segab ja laotab stabiliseerimismasin killustiku, freespuru, hüdraulilise- ja bituumensideaine segu laiali ning pinnaserull tihendab kihi. Kompleksstabiliseerimiskihi ehitamise ajakulu $t[h]$ leitakse valemiga

$$t = \frac{u}{T}, \quad (42)$$

kus $u[m^3]$ -maht

$T[m^3/h]$ -masina jõudlus

Tabel 12

Tööde ajakulu

Töö kirjeldus	Jõudlus; m^3/h	Maht; m^3	Ajakulu; h
Buldooseri töö tehnoloogilisel kihil	180,6	6 959	38,51
Buldooseri töö killustikihil	180,6	13 917	38,51
Höövli töö killustikihil	105,0	6 959	66,18
Pinnaserulli töö killustikihil	367,5	13 917	37,87
Höövli töö freespurul	105,0	6 949	66,18
Pinnaserulli töö freespurul	367,5	6 949	18,91
Stabiliseerimismasina töö	261,8	13 917	53,16
Kihi tihendamine rulliga	367,5	13 917	37,87

Killustikku ja freespuru transporditakse liigendkalluriga Komatsu HM300-3, mille kandevõime on 28 tonni. Kalluri keskmiseks töötamiskiiruseks on 20 km/h, kui arvestada peale laadimisega ning laoplatas asub 5 km kaugusel objektist.

Kallurite vajadus killustiku veol $n[\text{tk}]$ leitakse valemiga

$$n = \frac{P \cdot t}{K_k}, \quad (43)$$

kus $P[\text{t}]$ -materjali kogus tunnis

$t[\text{h}]$ -kalluri teekonna läbimise aeg

$K_k[\text{t}]$ -kalluri kasti maht

Kuna buldooser lükkab esmalt laiali killustiku, siis jõudluseks võetakse $180,6 \text{ m}^3/\text{h}$. Korrutades jõudluse materjali mahumassiga, saadakse materjali kogus tunnis.

$$P = 180,6 \cdot 1,4 = 252,8 \text{ t} \quad (44)$$

Kalluri teekonna läbimise aeg on teekonna ja keskmise kiiruse jagatis.

$$t = \frac{10}{20} = 0,5 \text{ h} \quad (45)$$

Seega kallurite vajaduseks on:

$$n = \frac{252,8 \cdot 0,5}{28} = 4,5 \approx 5 \text{ tk} \quad (46)$$

Kallurite vajadus freespuru veol $n[\text{tk}]$ leitakse valemiga

$$n = \frac{P \cdot t}{K_k}, \quad (47)$$

kus $P[\text{t}]$ -materjali kogus tunnis

$t[\text{h}]$ -kalluri teekonna läbimise aeg

$K_k[\text{t}]$ -kalluri kasti maht

Kuna tehöövel lükkab freespuru laiali, siis jõudluseks võetakse 105 m³/h. Korrutades jõudluse materjali mahumassiga, saadakse materjali kogus tunnis.

$$P = 105 * 2,3 = 241,5 t \quad (48)$$

Kalluri teekonna läbimise aeg on teekonna ja keskmise kiiruse jagatis.

$$t = \frac{10}{20} = 0,5 h \quad (49)$$

Seega kallurite vajaduseks on:

$$n = \frac{241,5 * 0,5}{28} = 4,3 \approx 4 \text{ tk} \quad (50)$$

3.11. Peenra ehitus

Olemasolev peenar kaevatakse välja laadur-ekskavaatoriga ning täidetakse pärast stabiliseerimiskihi valmimist 14 cm paksuselt kruusliivaga ning pärast katte valmimist 9 cm paksuselt kindlustatakse lubjakivikillustikseguga fr.0-32 mm. Peenra ehitamise ajakulu t[h] leitakse valemiga

$$t = \frac{u}{T}, \quad (51)$$

kus $u[m^3]$ -maht

$T[m^3/h]$ -masina jõudlus

Tabel 13

Tööde ajakulu

Töö kirjeldus	Jõudlus; m ³ /h	Maht; m ³	Ajakulu; h
Olemasoleva peenra väljakaeve laadur-ekskavaatoriga	87	1589	18,26
Täide kruusliivaga 14cm paksuselt peenralaoturiga	350	1589	4,54
Peenra kindlustus 9cm paksuselt killustikuga	350	1022	2,92

Välja kaevatud peenra materjal transporditakse liigendkalluriga Komatsu HM300-3, mille kandevõime on 28 tonni. Kalluri keskmiseks töötamiskiiruseks on 30 km/h, kui laoplatas asub 5 km kaugusel objektist.

Kallurite vajadus peenra materjali veol $n[\text{tk}]$ leitakse valemiga

$$n = \frac{P \cdot t}{K_k}, \quad (52)$$

kus $P[\text{t}]$ -materjali kogus tunnis

$t[\text{h}]$ -kalluri teekonna läbimise aeg

$K_k[\text{t}]$ -kalluri kasti maht

Laadur-ekskavaator eemaldab peenra jõudlusega $105 \text{ m}^3/\text{h}$. Korrutades jõudluse materjali mahumassiga, saadakse materjali kogus tunnis.

$$P = 105 \cdot 1,9 = 165,3 \text{ t} \quad (53)$$

Kalluri teekonna läbimise aeg on teekonna ja keskmise kiiruse jagatis.

$$t = \frac{10}{30} = 0,33 \text{ h} \quad (54)$$

Seega kallurite vajaduseks on:

$$n = \frac{165,3 \cdot 0,33}{28} = 2 \text{ tk} \quad (55)$$

3.12.Alumise asfaltkihi ehitus

Asfaldi laotamiskiirus $V_{\text{laotur}}[\text{m}/\text{min}]$ leitakse valemiga

$$V_{\text{laotur}} = \frac{P}{B \cdot D \cdot p \cdot 60}, \quad (56)$$

kus $P[\text{t}/\text{h}]$ -maksimaalne laoturi jõudlus

$B[\text{m}]$ -sõiduraja laius

D[m] -katte paksus

p[t/m³] -katte tihedus

$$V_{laotur} = \frac{280}{4 * 0,05 * 2,34 * 60} = 7,12 \text{ m/min} \quad (57)$$

Ühe sõiduraja paigaldamiseks kulub vastavalt:

$$V_{paigaldus} = \frac{lõigu pikkus}{v_{laotur}} = \frac{11\,352}{7,12} = 1\,594 \text{ minutit} \quad (58)$$

Kuna tuleb ka teine pool teed asfalteerida, siis alumise kihi jaoks kuluv aeg on vastavalt $1\,594 * 2 = 3188$ minutit ehk 53 h.

Asfaltbetooni transporditakse liigendkalluriga Komatsu HM300-3, mille kandevõime on 28 tonni. Kalluri keskmiseks töötamiskiiruseks on 25km/h, kui asfalditehas asub 5 km kaugusel objektist.

Kallurite vajadus asfaldi veol n[tk] leitakse valemiga

$$n = \frac{P * t}{K_k}, \quad (59)$$

kus P[t] -materjali kogus tunnis

t[h] -kalluri teekonna läbimise aeg

K_k[t] -kalluri kasti maht

Kalluri teekonna läbimise aeg on teekonna ja keskmise kiiruse jagatis.

$$t = \frac{10}{25} = 0,4 \text{ h} \quad (60)$$

Seega kallurite vajaduseks on:

$$n = \frac{200 * 0,4}{28} = 3 \text{ tk} \quad (61)$$

3.13. Pealmise asfaltkihi ehitus

Asfaldi laotamiskiirus leitakse valemiga

$$V_{laotur} = \frac{P}{B \cdot D \cdot p \cdot 60}, \quad (62)$$

kus $P[t/h]$ -maksimaalne laoturi jõudlus

$B[m]$ -sõiduraja laius

$D[m]$ -katte paksus

$p[t/m^3]$ -katte tihedus

$$V_{laotur} = \frac{200}{4 \cdot 0,04 \cdot 2,44 \cdot 60} = 8,54 \text{ m/min} \quad (63)$$

Ühe sõiduraja paigaldamiseks kulub vastavalt:

$$V_{paigaldus} = \frac{lõigu pikkus}{v_{laotur}} = \frac{11\,352}{8,54} = 1\,329 \text{ minutit} \quad (64)$$

Kuna tuleb ka teine pool teed asfalteerida, siis pealmise kihi jaoks kuluv aeg on vastavalt $1329 \cdot 2 = 2658$ minutit ehk 44 h.

3.14. Nõlvade kindlustamine

Nõlvade kindlustamise ajakulu $t[h]$ leitakse valemiga

$$t = \frac{u}{T}, \quad (65)$$

kus $u[m^2]$ -maht

$T[m^2/h]$ -masina jõudlus

Tabel 14

Ajakulu

Töö kirjeldus	Maht; m^2	Jõudlus; m^2/h	Ajakulu; h
Kasvupinnase planeerimine buldooseritega	125 011	3 200	39,07
Erosioonitõkkemati paigaldus	6 333	300	21,11

4. TÖÖ PLAAN

Töö plaanis on täpselt kirjeldatud iga töö järjekorda ning ehitusprotsessi. Tööde ajakulu on ümardatud päevadesse.

4.1. Ettevalmistustööd

Geodeetilised tööd hakkavad 2.juunil, kui märgitakse kahe geodeedi poolt digitaalselt ülesse teetelg ja teised tee elemendid elektrontahhümeetriga. Paigaldatakse piketaaž iga 50 meetri tagant paremale poole teed puidust vaiadega. Rajatakse ajutised reeperid ja käigupunktid, mida hiljem oleks hea kasutada ehituse kõrgusliku aluspunktina. Geodeetilised tööd lõppevad 3.juuni õhtuks ning pärast mida 4.juunil hakkavad pihta samaaegselt kolm erinevat tööd. Nendeks on liikluskorraldusvahendite eemaldamine, puude ja võsa raadamine ning juurimine.

Liikluskorraldusvahendid eemaldatakse kahe mehelise brigaadi poolt, kes kasutavad märkide eemaldamiseks mutrivõtit, redelit, labidat ning Volkswagen Crafterit. Märgid eemaldatakse vastavalt kooskõlastatud järjekorrale ning pärast mida paigaldatakse ehitusaegne liiklusskeem. Liikluskorraldus töödega läheb aega 3 päeva, see tähendab et 6.juuniks saavad märgid eemaldatud.

Puude ja võsa raadamine toimub samaaegselt märkide eemaldusega. Puud raadatakse harvesteriga, mis transpordib palgid omanikega kooskõlastatud asukohta. Puude raadamise tööd lõppevad 5.juuni õhtuks, kuid võsa raadamisega läheb kiiremini ning võsalõikur Raiko 2M lõpetab töö umbes ühe päevaga.

Puude juurimine hakkab pihta 4 tunnise viitega pärast harvesteri töö algust, et vältida üksteise segamist. Puid juuritakse roomikekskavaatoriga Komatsu PC290LC/NLC-8, mis kaevab kännu välja ning tõstab ka kallurile, mis transpordib juurikad utiliseerimisse. Juurmise käigus tekkinud augud planeerib buldooser, vajadusel tuuakse juurde pinnast, et taastada eelnev olukord. Juurimistööd kestavad 8 päeva ehk lõppevad 16.juunil.

Kasvupinnase koorimine hakkab pihta 3 päeva enne juurimistööde lõppu ehk 11.juunil. Kasvupinnas eemaldatakse kahe buldooseriga, üks ühelt poolt teed ja teine teiselt poolt. Kasvupinnas lükatakse eemale valli ning hiljem planeeritakse nõlvadele.

4.2. Põhitööd

Põhitööd hakkavad teisel nädalal, kui käib veel puude juurimine ja kasvupinnase eemaldamine, kuid need tööd ei sõltu üksteisest ning ei hakka ka segama teineteist. 9.juunil hakkab pihta olemasoleva peenra väljakaeve laadur-ekskavaatoriga Komatsu WB93R-5EO. Peenart kaevatakse välja 3 päeva ning pärast seda hakkab tööle asfaldifrees. 11.juunil algab asfaldifreesimine külmfreesiga Wirtgen W 1900. Freesimasinaga koos töötavad neli kallurit, mis transpordivad freespuru laoplatsile. Freesitakse ülesse kogu tee täis katte paksuses, et saaks alustada truubi demonteerimise ja paigaldamisega. Freesimisega läheb aega 14 päeva, kuid kuna juunis on esmaspäeval ja teisipäeval ka kaks riigipüha, siis lõkkub töö lõpp 2.juulile.

Siis kui on umbes pool kasvupinnase eemaldamise mahust tehtud ehk 16.juulil, hakkab pihta kraavide kaevamine kahe roomikekskavaatoriga mõlemalt poolt teed. Kuna vasakpoolse kraavi mahud on väiksemad, siis kestab selle kaevamine 22 päeva ning parempoolse oma kaevamine kaks päeva kauem. Tööd lõppevad 22.juulil.

Truubi demonteerimis- ja paigaldustöödega alustatakse 8 päeva pärast freesimise alustamist, et vähendada ehituse ajakulu. 20.juulil alustatakse ning tööd kestavad 29 päeva.

20.juulil alustatakse muldkeha ehitusega, kus kasutatakse buldooseri, teehöövlit ning pinnaserulli. Buldooser lükkab materjali laiali, hoovel annab vajalikud kalded ning rull tihendab materjali, millega kokku läheb aega 12 päeva.

Muldkeha ehitus lõpeb siis, kui on truubi demonteerimise ja paigalduse tööd poole peal, et pärast seda alustada drenkihi ehitusega. Kõigepealt ehitatakse drenkiht ja tehnoloogiline kiht ühele poole teed, et säiliks liikluslabilaskvus. Esimese poole tee drenkihi ehitustööd algavad 7.juunil ning kestavad 12 päeva, mille käigus kasutatakse buldooseri, teehöövlit ja pinnaserulli. Peale seda lükkab buldooser tehnoloogilise kihi laiali.

Pärast seda ehitatakse teise tee poole drenkiht ja tehnoloogiline kiht. Tööd algavad 21.juulil ning lõppevad 05.augustil. Siis hakatakse ehitama kompleksstabilisatsioonilust. Kõigepealt veetakse killustik laiali ühele poole teed buldooseri abil. Killustiku vedamisega alustatakse 04.augustil ning

lõpetatakse 15.augustil. Lisaks buldooseriga töötab paralleelselt teehöövel, mis annab kihile vajalikud kalded ning pinnaserull, mis eeltihendab materjali. Siis kui killustikkiht on vajalike kalletega ning eeltihendatud, veetakse välja freespuru killustiku peale. Freespurukihi ehitamisel kasutatakse teehöövli ja pinnaserulli ning töö kestab 19.augustist-1.septembrini. 2.septembril hakkavad tööle stabiliseerimismasin ja rull, mis töötavad 10.septembrini.

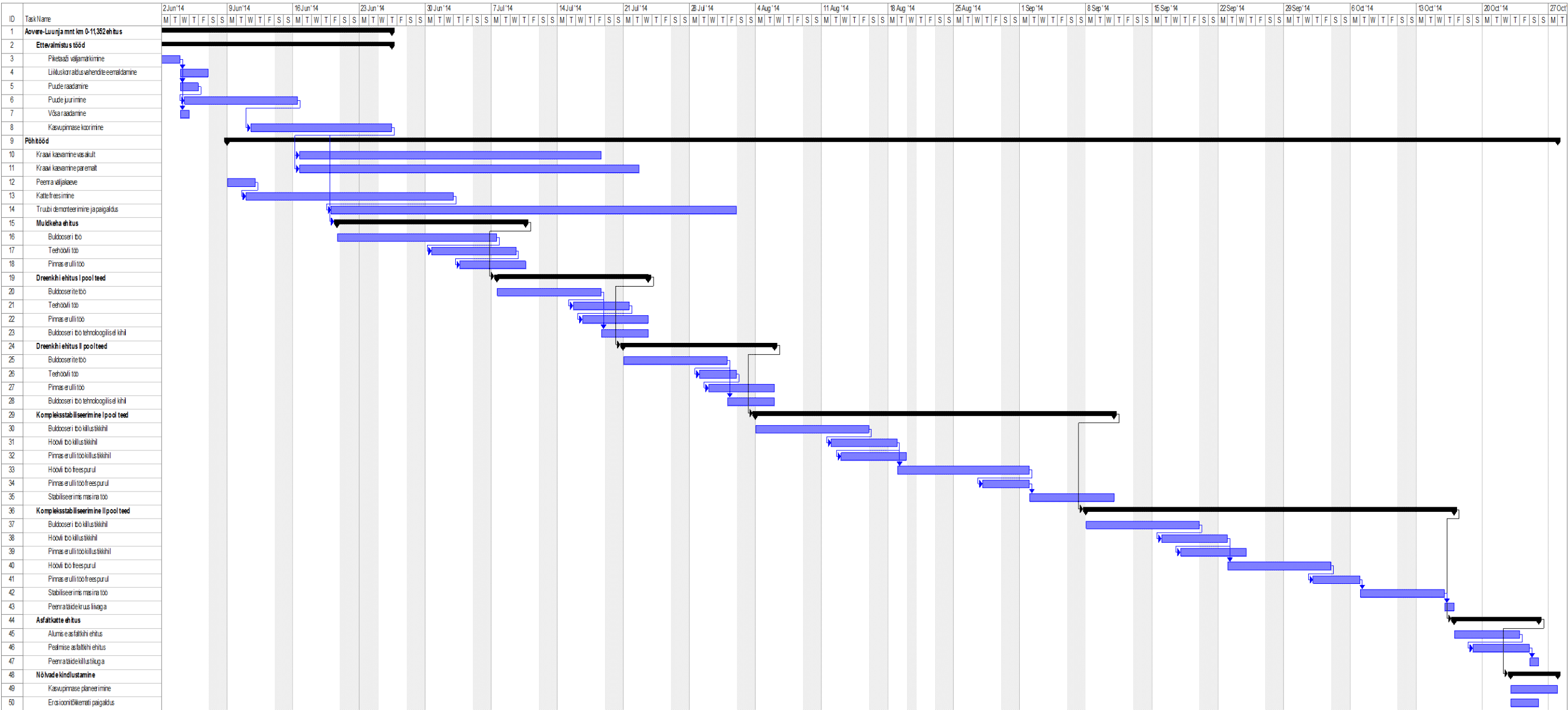
Siis kui esimene pool teed on kompleksstabiliseeritud, hakatakse samal meetodil ka teist poolt ehitama. Teise poole kompleksstabiliseerimine kestab 08.septembrist kuni 16.oktoobrini, vajadusel töödatakse ka nädalavahetusel. Siis täidetakse peenar ehitatud kihtide paksuselt kruusliivaga peenra laoturiga. Peenra täitmine kestab ühe päeva.

Reedel 17.oktoobril alustatakse alumise asfaltkihi ehitusega. Asfaldibrigaad teeb tööd 7 päeva ning hea ilma korral tehakse tööd ka nädalavahetusel, kuna sügisel ei pruugi vajalikke ilmastikuolusid esineda kuigi palju. Tehakse pool teed ja pool teed meetodil, et säiliks liikluslabilaskvus. Teine asfaldi brigaad tuleb pealmise kihi ehitusega järgi 2 päeva pärast alumise kihi ehituse algust, et asfalteerimise ajakulu vähendada. Kulumiskihi ehitus algab 19.oktoobril ning kestab 6 päeva.

Siis täidetakse peenrad ehitatud kihtide paksuselt killustikuga, kasutades peenra laoturit, ning sama aegselt asfalteerimisega kindlustatakse nõlvad kasvupinnase ja erosioonitõkke mattidega. Tööd algavad samaaegselt 23.oktoobril ning lõppevad 27.oktoobril. Sellega on ehitustööd valmis ning jääb üle paigaldada vajalikud liikluskorraldusvahendid ja kattemärgistus.

5. KALENDERGRAAFIK

Kalendergraafikut koostades on arvestatud tööpäeva pikkuseks 8 tundi kella 8:00-12:00-ni ja 13:00-17:00-ni ning tööpäevade arvuks nädalas 5. Arvestatud on ka riigipühadega, kui tööd seiskuvad. Graafik on koostatud programmiga Microsoft Project 2010.



Joonis 2. Aovere-Luunja mnt 0-11,352 km ehituse kalendergraafik

6. TÖÖJÕU VAJADUS

Masinate kogus tabelis 16 näitab maksimaalset masinate arvu, mis on korraga ühel ajal töös ühel nädalal.

Tabel 15

Tööjõu vajadus nädalal 23-43

	Masinate kogus; tk																				
Masin:	Nädal 23	Nädal 24	Nädal 25	Nädal 26	Nädal 27	Nädal 28	Nädal 29	Nädal 30	Nädal 31	Nädal 32	Nädal 33	Nädal 34	Nädal 35	Nädal 36	Nädal 37	Nädal 38	Nädal 39	Nädal 40	Nädal 41	Nädal 42	Nädal 43
Harvester	1																				
Võsalõikur	1																				
Volkswagen Crafter	1																				
Buldooser		2	2	2	1	1	1	2		2					1	1					2
Roomik-ekskavaator	1	1	2	2	2	2	2	1													
Laadur-ekskavaator		1	3	3	3	3	3	3	3												
Teehöövel					1	1	1	1	1		1	1		1		1	1	1			
Liigendkallur	1	7	16	16	16	14	14	14	7	5	5	4	4	4	5	5	4	4		8	8
Pinnaserull					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Külmtaastaja														1	1				1	1	
Freesimismasin		1	1	1	1																
Asfaldibrigaad																				2	2
Peenra laotur																				1	1

KOKKUVÕTE

Tööd objektil algavad 2.juunil kui geodeedid saavad objektile ning lõpevad 27.oktoobril kui nõlvad on kindlustatud. Ehitustegevuse teostamisel tuleb lähtuda tehnilisest seletuskirjast, kus on kirjas töödele seatud nõuded ja nõudmised. Masinad on valitud selliste parameetritega, et nende jõudlus oleks piisav tööde läbiviimiseks. Vastavalt valitud masinate ja brigaadide jõudlusele ja tööde mahule on leitud piketaaži väljamärgimise, liikluskorraldusvahendite eemaldamise, metsa ja võsa raadamise ning juurimise, kasvupinnase koorimise, kraavi kaevamise, peenra väljakaevu ja täite, katte freesimise, truubi demonteerimise ja paigaldamise, muldkeha ehituse, drenkihi ehituse, kompleksstabiliseerimise, asfalteerimise ja nõlvade kindlustamise ajakulu ning vaja minevate kallurite arv. Ehitustööde järjekord on paika pandud, arvestades asjaoluga, et tee jääb liiklusele avatuks, ning on lahendatud voolumeetodil, kus iga järgnev töö algab nii varakult kui võimalik, arvestades eelneva töö venimise ohuga. Kalendergraafik on koostatud vastavalt leitud ajakulule ning sisaldab tööde algus- ja lõppkuupäeva. Masinate vajadus on leitud vastavalt kalendergraafikule iga nädala kaupa. Tööd lõpevad õigeaegselt ja vastavad nõudmistele, kui lähtuda koostatud ehitustöödekorralduse projektist.

SUMMARY

Construction of new roads and repairing old ones is an expensive proposition, because the cost of the project is largely determined by the price of the material and the quality materials are relatively expensive. Thus, it does not pay off savings, if the goal is a high quality result, but thought out and balanced construction enables the organization to reduce costs, thereby not lowering significantly the quality.

The aim of this project is to find a suitable construction organization and time costs in accordance with the conditions and demands of the construction works. Aovere-Luunja road has lost its carrying capacity and the heavy transport has caused deep ruts. So the purposes of the works are to raise the level of road safety and driving comfort, and determine the technically required roadside. The road must remain open to the traffic and it should be avoided to work outside the day period 7:00-19:00.

According to the first chapter, the construction activities must be conducted on the basis of the technical memorandum, where the requirements and demands of work set is described. The construction works are: marking down the road numbering, removing the traffic control devices, clearing and rooting the forest and brush, removing the topsoil, ditch digging, excavating and filling the shoulders, road milling, dismantling and installation of the culvertpipes, embankment construction, drainage construction, complex stabilization, asphalt casting and insure the slopes. The machines are chosen according to the parameters, which must suit to the work nature. The productivity of the machines is calculated with the specific formulas in the second chapter. Time expenditure is calculated with the work volume and the productivity of the machine, which does the work. The order of construction is put in place in the fourth chapter and solved with the „flow“ method, where each subsequent work will begin as early as possible, but considered the risk of delays in the previous work. Calendar Schedule is composed according to the time cost and includes the start and end date. The need of machinery is found on a weekly basis according to the Calendar Schedule. Construction works will end on time and meet the demands, if the Construction work management project is allowed.

VIIDATUD ALLIKATE LOETELU

1. Aovere-Luunja maantee km 0,000-11,352 tehniline projekt, 2012 [Kasutatud 25.aprill, 2014].
2. „<https://www.google.com/maps/preview>,“ Google Maps, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.google.ee/maps/@58.4154104,26.5915104,11z> [Kasutatud 25.aprill, 2014].
3. Liikluskorralduse nõuded teetöödel, 2003 [Kasutatud 25.aprill, 2014].
4. Teehoiutööde tehnoloogianõuded, 2004 [Kasutatud 25.aprill, 2014].
5. <http://www.konrad-forst.com/cms/konrad.php>, Konrad-forst, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.konrad-forst.com/cms/3/engines/> [Kasutatud 25.aprill, 2014].
6. „<http://savasukis.lt>,“ Savas Ukis, [Võrgumaterjal]. Available: <http://savasukis.lt/ukis/katalogas/raiko-2m-1121.htm> [Kasutatud 25.aprill, 2014].
7. „<http://www.roadservice.ee/index.php>,“ OÜ Roadservice [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.roadservice.ee/index.php?menuID=577> [Kasutatud 25.aprill, 2014].
8. „<http://www.baltem.ee>,“ AS Baltem [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.baltem.ee/uuedmasinadkomatsuehitusmasinad/> [Kasutatud 25.aprill, 2014].
9. „<http://www.volvoce.com>,“ Volvo Construction Equipment [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.volvoce.com/CONSTRUCTIONEQUIPMENT/NA/EN-US/PRODUCTS/Pages/introduction.aspx> [Kasutatud 25.aprill, 2014].
10. „<http://www.wirtgen.ee/et>,“ Wirtgen Eesti [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.wirtgen.ee/et/products/index.html> [Kasutatud 25.aprill, 2014].
11. „<http://www.hydrog.com>,“ Hydrog [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.hydrog.com/en/offer/301,road-shoulder-finishers> [Kasutatud 25.aprill, 2014].