

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
Loodusteaduskond
Geoloogia Instituut



TEHNOLOOGILISTE SKEEMIDE VÄLJATÖÖTAMINE PAE VEEALUSEKS VÄLJAMISEKS EESTI LUBJA- NING DOLOKIVI KARJÄÄRIDES

Bakalaureusetöö

Juhendaja/õppejõud: Tõnu Tomberg, MSc

Üliõpilane: Mihkel Aasrand

110600 AAGB

Õppekava nimetus: AAGB 02/09

Tallinn 2017

Deklareerin, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus ning kinnitan, et esitatud materjalide põhjal ei ole varem akadeemilist kraadi taotletud.

Kinnitan, et antud töö koostamisel olen kõikide teiste autorite seisukohtadele, probleemipüstitustele, kogutud arvandmetele jmt viidanud.

Mihkel Aasrand

.....

(allkiri ja kuupäev)

Juhendaja: *Tõnu Tomberg*

Töö vastab bakalaureusetööle esitatavatele nõuetele.

.....

(allkiri ja kuupäev)

Kaitsmiskomisjoni esimees:

Lubatud kaitsmisele

.....

(nimi, allkiri, kuupäev)

GEOLOGIA INSTITUUDI LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Tallinna Tehnikaülikool Geoloogia instituut Lõputöö ülesanne

Töö ID	1703B	Õppekava	AAGB02/09
Üliõpilane	Mihkel Aasrand	Matrikli nr.	110600 AAGB
Töö liik	Bakalaureusetöö	Õppeaine kood	
Juhendaja	Tõnu Tomberg	Ülesanne kehtib kuni	08. juuni 2017.a.


Töö ülesanne	Tehnoloogiliste skeemide väljatöötamine pae veealuseks väljamiseks Eesti lubja- ning dolokivi karjäärides
Topic of the Thesis	Developing of the technology for underwater limestone mining for Estonian opencast mines

Töö sisu põhipunktid	<ol style="list-style-type: none">1. Ülesande püstitus2. Pae veealuse väljamise tehnoloogilised võimalused3. Näidiseks kasutatava piirkonna valik4. Piirkonna geoloogiline ja hüdroteoloogiline iseloomustus5. Mäendustingimused6. Tehnoloogilise skeemi variantide väljatöötamine7. Puur-lõhketööde parameetrite valik8. Väljamismasinade valik9. Optimaalse tehnoloogilise variandi valik
----------------------	---

Seotud teadusteema ja/või sihtasutus	Majandus- ja Kommunikatsiooni Ministeerium
--------------------------------------	--

Tähtajad

Eelkaitsmine	22. 05. 2017	Kaitsmine	08. juuni 2017.a.
--------------	--------------	-----------	-------------------

Üliõpilane	Mihkel Aasrand		08.05.2017
Juhendaja	Tõnu Tomberg		08.05.2017
Konsultant			
	nimi	allkiri	kuupäev

Ülesanne kinnitatud	_____
Ülesanne täpsustatud	_____
Ülesanne pikendatud	_____

TEHNOLOOGILISTE SKEEMIDE VÄLJATÖÖTAMINE PAE VEEALUSEKS VÄLJAMISEKS EESTI LUBJA- NING DOLOKIVI KARJÄÄRIDES

Lühikokkuvõte

Lubja- ja dolokivi on oluliseks toormeks Eesti tööstuses, ehituses, põllumajanduses ning keskkonnahoiu valdkonnas. Karbonaatkivimite kättesaadavus on oluliselt vähenenud seal, kus on kõige suurem nõudlus- Tallinna piirkonnas. Varustuskindluse tagamiseks on oluline maapõue efektiivne kasutamine. Veealuse maavaravaru kaevandamata jätmine on ebaotstarbekas ning ei ole keskkonnasäästlik.

Tehnoloogiliste skeemide väljatöötamiseks on vajalik teada mäendustingimusi, mis käesoleva töö raames on võetud Rummu lubjakivimaardla Rummu III lubjakivikarjäärist. Näidistingimuste alusel on välja töötatud tüüp tehnoloogia paekivi vee seest kaevandamiseks Eesti lubja- ning dolokivi karjäärides. Töö raames on analüüsitud vee seest väljamise võimalusi, puur- lõhketööde parameetreid ning väljamismasinaid, mille tulemusena on välja valitud optimaalseim üldkehtiv tehnoloogia lubja- ning dolokivi vee seest väljamiseks Eesti karjäärides.

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGICAL SCHEMES FOR LIMESTONE AND DOLOMITE EXTRACTION FROM WATER IN ESTONIAN QUARRIES

Abstract

Limestone and dolomite are important raw materials in the fields of Estonian industry, construction, agriculture and environmental sustainability. The availability of calcareous rock has decreased in areas where demand is highest - Tallinn and nearby areas. The effective use of mineral reserves is essential to ensure supply. It is inexpedient and environmentally unsustainable to not extract mineral resources from water considering conditions where bail up of water is not possible or allowed.

To develop technological schemes it is necessary to know the minging conditions, which in this case are from Rummu III limestone quarry of Rummu limestone deposit. On the basis of example conditions techniques for extracting mineral resources from Estonian limestone- and dolomite quarries have been developed. In this paper methods of extraction from water, drilling and blasting operations and extraction machinery have been analysed. As a result the optimal generally applicable technology for extracting limestone and dolomite from water in Estonian quarries has been chosen.

SISUKORD

GEOLOOGIA INSTITUUDI LÕPUTÖÖ ÜLESANNE	3
TEHNOLOOGILISTE SKEEMIDE VÄLJATÖÖTAMINE PAE VEEALUSEKS VÄLJAMISEKS EESTI LUBJA- NING DOLOKIVI KARJÄÄRIDES.....	4
DEVELOPMENT OF TECHNOLOGICAL SCHEMES FOR LIMESTONE AND DOLOMITE EXTRACTION FROM WATER IN ESTONIAN QUARRIES	5
Sisukord	6
1 Sissejuhatus.....	9
1.1 Ülesande püstitus	9
2 Mäeeraldise üldiseloomustus	11
2.1 Asukoht	11
2.2 Andmed tehtud geoloogiliste uuringute kohta	14
2.3 Maardla mäenduslikud, geoloogilised ja hüdrogeoloogilised tingimused	14
3 Kaevandamise tehnoloogia	17
3.1 Katendi eemaldamine	17
3.2 Kobestatud massiivi ammutamine	19
3.2.1 Kuiv astang	19
3.2.2 Vee seest kaevandamine	23
3.3 Optimaalse veealuse väljamise tehnoloogia valik.....	25
4 Puur- lõhketööd.....	26
4.1 Kasutatud valemid.....	26
4.2 Näidisploki puur- lõhketööde parameetrite arvutus	30
5 Masinate valimine.....	33
5.1 Pöördkopp- ekskavaator	33
5.2 Roomikutel greiferkopp	37
5.3 Optimaalse väljamismasina valik.....	38
6 Optimaalse tehnoloogilise variandi valik	39

Kokkuvõte.....	41
Kasutatud kirjandus	42

TABELID

Tabel 1 Maavara keemiline koostis (5).....	15
Tabel 2 Maavara füüsikalise- mehaanilised omadused (5)	16
Tabel 3 Puur- lõhketööde arvutamise sisendparameetrid	30
Tabel 4 Arvutatud puur- lõhketööde parameetrid.....	31
Tabel 5 Ekskavaatori ulatusdimensioonid (9)	34
Tabel 6 Maksimaalsed lubatud massid kopale koos koormaga	36

PILDID

Pilt 1 Rummu III lubjakivikarjääri asukoha plaan mõõtkavas M 1 : 100 000 (6)	13
Pilt 2 Väljavõte graafilisest lisast 1. Katendi eemaldamise tehnoloogiline ja veoskeem	18
Pilt 3 Väljavõte graafilisest lisast 2. Lubjakivi I astangu kaevandamise tehnoloogiline skeem	20
Pilt 4 Väljavõte graafilisest lisast 3. Lubjakivi I astangu kaevandamise tehnoloogiline skeem algfaasis	22
Pilt 5 Väljavõte graafilisest lisast 4. Vee seest kaevandamise tehnoloogiline skeem	24
Pilt 6 Väljavõte graafilisest lisast 5. Näidisploki lõhkeaukude paiknemise skeem	31
Pilt 7 Väljavõte graafilisest lisast 5. Näidisploki viidete skeem.....	32
Pilt 8 Väljavõte graafilisest lisast 5. Näidisploki lõhkeaugu skeem	32
Pilt 9 Skeem ekskavaatori ulatusdimensioonidest (9)	33
Pilt 10 Ekskavaatori töötsükli kestuse hindamise tabelist (9).....	34
Pilt 11 Töötsükli kestuse hindamiseks (Pilt 11) tabelist (9)	34
Pilt 12 Valitud ekskavaator CAT 345D L (12).....	37
Pilt 13 Ekskavaator Liebherr HS 8050 HD (14).....	38
Pilt 14 Väljavõte graafilisest lisast 6. Ühe astanguga vee seest kaevandamise tehnoloogiline skeem	40

GRAAFILISED LISAD

Lisa 1 / 6 Katendi eemaldamise tehnoloogiline ja veoskeem

Lisa 2 / 6 Lubjakivi I astangu kaevandamise tehnoloogiline skeem

Lisa 3 / 6 Lubjakivi I astangu algfaasis kaevandamise tehnoloogiline skeem

Lisa 4 / 6 II astanguga vee seest kaevandamise tehnoloogiline skeem

Lisa 5 / 6 Lõhkeaukude paiknemise, viidete ja lõhkeaugu skeem

Lisa 6 / 6 Ühe astanguga vee seest kaevandamise tehnoloogiline skeem

1 SISSEJUHATUS

1.1 Ülesande püstitus

Lubja- ja dolokivi on oluliseks toormeks mitmes valdkonnas- tööstus, ehitus, põllumajandus ning keskkonnahoid. Eestis kaevandatakse ehituslubjakivi, tehnoloogilist lubjakivi ja tsemendilubjakivi ning tehnoloogilist lubjakivi, viimistlusdolokivi, ehitusdolokivi ning täitedolokivi. Keskkonnaregistri maardlate nimistus on 2015. aasta lõpu seisuga arvel 2 tsemendilubjakivi kinnitatud varudega maardlat, 23 tehnoloogilise lubjakivi maardlat, 43 ehituslubjakivi maardlat ning 5 tehnoloogilise dolokivi maardlat, 9 viimistlusdolokivi maardlat, 28 ehitusdolokivi maardlat ja 2 täitedolokivi maardlat (1).

Lubja- ja dolokivi kaevandatakse peamiselt karjääriviisiliselt ning selle käigus pumbatakse karjääri põhja kogunev vesi karjäärist välja ning juhitakse looduslikesse veekogudesse. Vee ära juhtimine võimaldab kaevandada kuivas keskkonnas- töödega seotud masinad ning töötajad saavad tööees vabalt liikuda. Veekõrvalduse käigus tuleb tähelepanu pöörata ära juhitava vee kvaliteedile ning arvestada võimaliku tekkiva alanduslehtri kaevevälja ümber.

Kvaliteedilt kõige parema ehituslubjakivi varu paikneb Põhja-Eestis, suurim tarbimisvajadus on Tallinna piirkonnas. Harjumaal asuvate maardlate mäeeraldistes olev lubjakivivaru lõpeb lähima kümne aasta jooksul. Tallinna ümbruses on uute kõrgemargilise lubjakivi maardlate avamine vältimatu, kuid asukoha valiku teevad keeruliseks nii looduskaitse piirangud kui ka tihe asustus. (2) Maavaravarude efektiivse kasutamise huvides ning minimaalsete keskkonnamõjudega kaevandamiseks on oluline kaevandada kasutusel olevates karjäärides kogu kaevandamisväärne varu. Hüljatud karjääride taaskasutusele võtmisel ning laiendamisel ning uute karjääride avamisel, kus vee ära juhtimine ei ole võimalik või majanduslikult otstarbekas, on vee seest kaevandamise tehnoloogia välja töötamine oluline.

Mõnikord on maavara kaevandamisloaga lubatud kaevandada veetaset alandamata või lubatud vaid osalise vee alandamisega karjääris (Marionova dolokivikarjäär (3), Rummu III lubjakivikarjäär). Käesoleva töö raames on analüüsitud lubja- ja dolokivi vee seest kaevandamise võimalusi ning pakutud uusi tehnoloogiaid vee seest kaevandamiseks Rummu III lubjakivikarjääri mäeeraldise mäenduslikes tingimustes.

Vee seest kaevandamise tehnoloogiad võivad huvi pakkuda kaevandajatele, tõstes varude perspektiivsust probleemsetes hüdrogeoloogilistes tingimustes. Lisaks on pakutavad tehnoloogiad olulised keskkonnasäästliku kaevandamise seisukohalt ning sotsiaalmajanduslikust aspektist kaevandamiskohtade ümbruses elavatele inimestele.

2 MÄEERALDISE ÜLDISELOOMUSTUS

Rummu III lubjakivikarjääris kaevandab ehitus- ning tehnoloogilist lubjakivi OÜ Erksaar kaevandamisloa HARM-143 alusel. Kaevandamisloa kehtivus 10.02.2017 – 09.02.2027. aastal. Mäeeraldise pindala 9,12 ha ja mäeeraldise teenindusmaa pindala 17,08 ha. (4)

2.1 Asukoht

Rummu III lubjakivikarjääri mäeeraldis asub kohaliku tähtsusega Rummu lubjakivimaardla (Keskkonnaregistri maardlate nimistu registrikaardi nr 0055), Harju maakonnas Vasalemma vallas Rummu alevikus. Mäeeraldis asub kinnistul lähiaadressiga Rummu karjäär, katastritunnus 86801:001:0752, sihtotstarbega 100% mäetööstusmaa. (4) Rummu III lubjakivikarjääri asukoht on näha plaanil (Pilt 1)

Rummu III lubjakivikarjääri mäeeraldis piirneb läänest ammandatud ja hüljatud Rummu Idakarjääriga. Mäeeraldise ja teenindusmaa ala hõlmab endise Rummu lubjakivikarjääri põhjapoolse osa. Lähim asustatud ala on ~1 km kaugusel läänes asuv Rummu küla. Lähim majapidamine asub mäeeraldisest ~200 m kaugusel põhja suunas teisel pool Keila-Haapsalu tugimaanteed. (5)

Mäeeraldise teenindusmaast ~50 m kaugusel põhjas asub Keila-Haapsalu tugimaantee (nr 17), teekaitsevööndiga 50 m (mõlemal pool äärmise sõiduraja välimisest servast), hõlmates taotletava mäeeraldise teenindusmaad ~0,20 ha ulatuses. Mäeeraldist läbib põhjaosast avalikus kasutuses olev kohalik Paemurru tee (nr 8684048) ja lõunaosast Järve tee (nr 8684049). Maantee ja mäeeraldise teenindusmaa vahele jääb pärandkultuuriobjekt „Vasalemma-Rummu raudtee“. (5)

Vanas karjääris moodustunud tehisjärve (nimetus Rummu järv, tunnus VEE2005520) kaldapiiranguvöönd on 50 m. Tehisjärv on tekkinud kaevandamise tulemusena, asub osaliselt kaevandamise loaga alal ning käesoleval hetkel ei ole veel korrastatuks tunnistatud. Vastavalt eelmainitule ei seata tehisjärvele Looduskaitseaduse § 37 lõikele 4 ning Veeseadusele § 29 lõikele 5 piiranguid. (5)

Mäeeraldisel lähikümbruses asuvad alljärgnevad Keskkonnaregistrisse kantud puurkaevud:

- kagus ~150 m – puurkaev nr PRK0001343 (sügavus 100 m);
- põhjas ~200 m – puurkaev nr PRK0001344 (sügavus 100 m);
- loodes ~320 m – puurkaev nr PRK0015940 (sügavus 25 m);
- kirdes ~320 m – puurkaev nr PRK0001342 (sügavus 100 m). (5)

Lähimad maaparandussüsteemid on VASALEMMA II (nr 4109920010190001), mis asub mäeeraldisest ~50 m kaugusel põhjas ja METSAPERE (nr 4110010020040001), mis asub ~86 m kaugusel idas. Mäeeraldisest ~600 m kaugusel lõunas asub Sõeru peakraav (tunnus VEE1100000). (5)

Mäeeraldisel teenindusmaast ~18 m kaugusel asuvad sideehitised (kaitsevöönd 1 m). Mäeeraldisel teenindusmaast põhjas ~60 m kaugusel asub elektriõhuliin alla 1 kV (nimetus Toomi talu, Tensbeki elamu, tunnus M79553445) kaitsevööndiga 2 m ning elektriõhuliini mastitõmmits või tugi (tunnus 9485203) kaitsevööndiga 1 m. (5)



Pilt 1 Rummu III lubjakivikarjääri asukoha plaan mõõtkavas M 1 : 100 000 (6)

2.2 Andmed tehtud geoloogiliste uuringute kohta

Maardlas on geoloogilisi uuringuid tehtud kolmel korral:

- Projekt konditsioonidele Vasalemma lubjakivide jaoks, mida on uuritud Rummu ja Padise Paemurd nr 1 j 2 osal (Eesti NSV MN juures Geoloogia ja Maapõuevarade Kaitse Valitsus, 1961);
- Aruanne Vasalemma lubjakivide detailsete geoloogiliste uuringutööde tulemustest Rummu maardlas Eesti NSV-s 1958.-1959.a (Eesti NSV MN juures Geoloogia ja Maapõuevarade Kaitse Valitsus, 1962);
- Rummu ehituslubjakivimaardla aktiivse tarbevaru arvutus mäeeralduse piires. (V.Kruus, AS Erksaar, 1996). (5)

2.3 Maardla mäenduslikud, geoloogilised ja hüdrogeoloogilised tingimused

Rummu maardla asub Balti kristalse kilbi lõunatiival. Kristasel aluskorral lasub settekivimeist koosnev aluspõhi, mis on kaetud suhteliselt õhukese paksusega kvaternaarse setetega. Geoloogilise uuringu andmetel on piirkonna geoloogiline ehitus järgmine:

- 0,4 - 7,5 m katend (keskmise 4,0 m, taotletava ala keskmine jääkpaksus ~1,1 m), millest 0,4 m moodustab kasvukiht, ülejäänud kattepinna on liivsavi ja saviliiv;
- kasuliku kihi moodustavad Vasalemma lademe kristalsed, merglilised ja afaniitsed lubjakivid. Kasuliku kihi paksus on kuni 14,3 m, keskmiselt 9,4 m;
- Keila lademe muguljas lubjakivi paksusega ~8 m;
- Keila lademe mergeljas lubjakivi paksusega ~10 m. (5)

Rummu III lubjakivikarjääri mäeeraldis paikneb Vasalemma kihistu kontuuris. Vasalemma kihistu on arvatud Ülem-Ordoviitsiumi Keila lademe ülemise ja Oandu lademe alumise osa koosseisu. Kihistu levila moodustab kitsa (2 - 5 km laiuse) lääne-idasuunalise, umbes 40 km pikkuse vööndi Risti ja Saku vahel. Vasalemma-Padise ümbruses eritletakse kahte peamist kivimitüüpi: massiivsed kihitamata, kuni kümne meetri kõrgused ning kuni 50 - 60 m läbimõõduga lubjakivi kehad – riffmoodustised (biohermid). Üksteisest on nad eraldatud keskmise- kuni paksukihiliste peene- ja jämedakristalliliste lubjakividega. Teine kivimitüüp on savikad lubjakivid, mis

moodustavad suurema või väiksema paksusega vahekihte kristalliliste lubjakivide kompleksis. (5)

Aluspõhjalised kivimid on kõikjal kaetud kvaternaarse setetega. Esinevad liustikulised, liustikujõelised ja jääjärvelised setted. Valdavalt on tegemist kollakas- või hallikaspruuni liivsavi ja savikas-karbonaatse põhimoreeniga, harvem tardkivimite, veeriste ja munakatega. (5)

Põhjavee tasapind maardlas ulatub kattekihi ülemisse horisonti (maapinnast 1 - 5 m). Veekiht toitub peamiselt atmosfääri sademete arvel, vähemal määral põhjavee arvel. Maardlas on üks põhjavee kiht, mis on keskmiselt 18 m paksune. Lubjakivimaardlal on põhjavett kandvaks kivimiks Ülem-Ordoviitsiumi Keila ja Oandu lademe lubjakivi (Vasalemma kihistu on Oandu ja Keila lademes). (5)

Mäeeraldise lääneküljel oleva Rummu järve veetase on stabiliseerunud keskmiselt abs. kõrgusel +21,50 m. Maksimaalne veetase on fikseeritud 2005. a kevadel (märts), millal mõõdeti veetasemeks +21,90 m abs. (5)

Maavara keemiline koostis on esitatud tabelis (Tabel 1) ning maavara füüsikalise mehaanilised omadused on esitatud tabelis (Tabel 2).

Tabel 1 Maavara keemiline koostis (5)

Kiht	Komponent	Sisaldus, %		
		min	maks	keskm
Kristalne ehituslubjakivi, O3onvs	SiO ₂	0,74	4,29	2,01
	Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	0,35	2,59	1,22
	P ₂ O ₅	0,04	0,07	0,06
	CaO	43,03	54,20	51,00
	CaCO ₃	81,91	97,02	91,26
	MgO	0,90	8,16	2,94
	MgCO ₃	1,87	16,97	5,82
	CO ₂	39,20	43,60	42,37
	SO ₃	0,10	0,19	0,14
	S	0,02	0,05	0,04

Tabel 2 Maavara füüsikalis- mehaanilised omadused (5)

Katseliik	min	maks	keskm
Survetugevus (kgf/cm ²)	280	1785	747
Survetugevus (märg) (kgf/cm ²)	275	1425	709
Pehmenemise koef.	0,64	1,12	0,88
Veeimavus (%)	0,30	2,40	1,00
Mahukaal (t/m ³)	2,58	2,66	2,60
Poorsus (%)	3,30	7,00	4,87
Kuluvus (%)	33,80	71,60	34,90

3 KAEVANDAMISE TEHNOLOOGIA

3.1 Katendi eemaldamine

Katenditööde esimeses etapis toimub kasvukihi eemaldamine. Kasvukihi eemaldamiseks kasutatakse buldooseri, mis lükkab kasvukihi mäeeraldiselt mäeeraldise piirile esmasesse puistangusse. Sealt transpordib frontaallaadur kasvukihi mäeeraldise teenindusmaale välispuistangusse lattu.

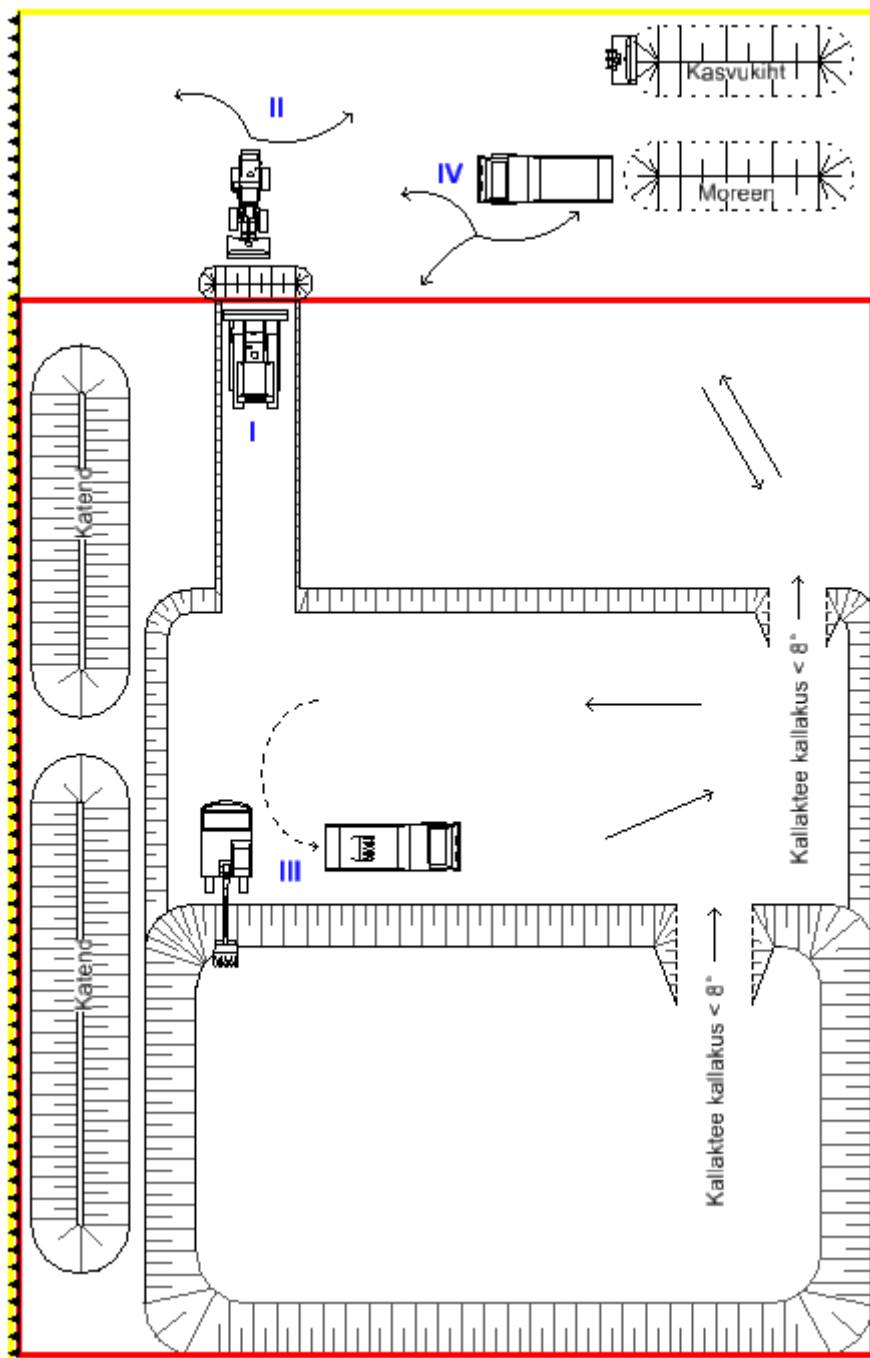
Katenditööde teises etapis toimub moreeni eemaldamine. Moreenikihi eemaldamiseks kasutatakse pöördkopp- ekskavaatorit, mis ammutab moreeni looduslikust lasundist ning laeb selle kallurile. Kalluriga toimub moreeni vedu mäeeraldiselt mäeeraldise teenindusmaale lattu.

Kuna moreenikihi paksus mäeeraldise piires on muutlik, on kohati võimalik moreenikihti eemaldada ka buldooseriga sarnaselt kasvukihi eemaldamise tehnoloogiale.

Kasvukihi ning moreeni eemaldamine toimub paralleelselt- moreeni eemaldamisega saab alustada, kui selleks vajalik minimaalne pindala kasvukihist on eemaldatud. Selline pindala peab võimaldama buldooseri, ekskavaatori ning kallurite koos töötamise, jättes ruumi manööverdamiseks ning säilitades masinatevahelise minimaalse ohutu kauguse.

Mõlema etapi käigus tekivad astangud. Kasvukihi eemaldamisel tekib astang kasvukihi ja moreeni vahel ning moreeni eemaldamisel tekib astang paljandunud moreeni ja maavara lasumi vahel. Selle tõttu on masinate liikumiseks vajalik hoida katenditööde tööees kallakteid, mida mööda masinad saavad sõita. Kallaktede kallakus peab olema võrdne või väiksem kui 8 kraadi. Katenditööde protsessid on näha skeemil (Pilt 2).

Kasvukiht ja moreen ladustatakse mäeeraldise teenindusmaal eraldi puistangutesse. Ladustatud materjali kasutatakse võimalusel hilisemal ala korrastamisel.



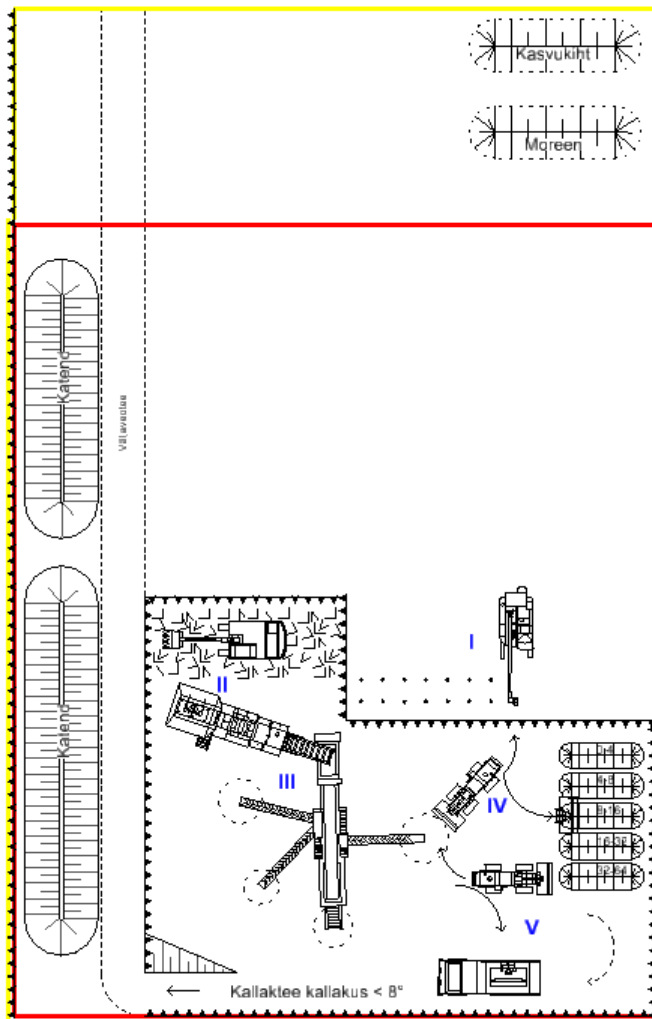
Pilt 2 Väljavõte graafilisest lisast 1. Katendi eemaldamise tehnoloogiline ja veoskeem

- I Kasvukihi eemaldamine ja lükkamine puistangusse buldooseriga
- II Kasvukihi vedu välispuistangusse frontaallaaduriga
- III Moreeni eemaldamine ja laadimine kallurile ekskavaatoriga
- IV Moreeni vedu ja maha laadimine välispuistangusse kalluriga

3.2 Kobestatud massiivi ammutamine

3.2.1 Kuiv astang

Lõhates kahe astanguga- esmalt veepealne varu ning seejärel veealune maavaravaru, toimub esimese astangu puur- lõhketöödega kobestatud massiivi ammutamine pöörkopp-ekskavaatoriga. Ekskavaator sõidab lõhatud lasu peale ning tõstab materjali kopaga mobiilse purustus- sorteerimissõlme kolusse. Paralleelselt lõhatud lasu järeltöötlemisega on võimalik astangu peal puurida lõhkeauke järgmise ploki lõhkamiseks. Samal ajal toimub purustus- sorteerimissõlme teenindamine frontaallaaduriga. Kaubakillustik transporditakse frontaallaaduriga fraktsioonide järgi ladudesse. Esimese astangu kaevandamise tehnoloogiline skeem on esitatud pildil (Pilt 3).

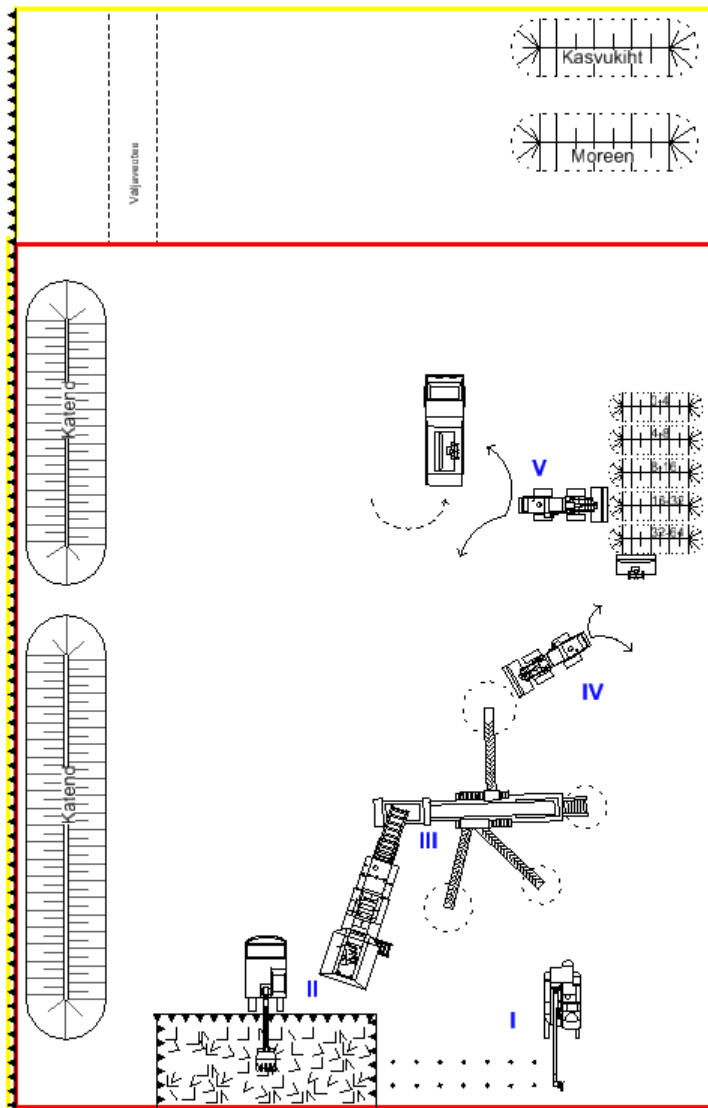


Pilt 3 Väljavõtte graafilisest lisast 2. Lubjakivi I astangu kaevandamise tehnoloogiline skeem

- I Lõhkepuuraukude puurimine, laadimine ning lõhkamine
- II Kaevise laadimine ekskavaatoriga purustus-sorteerimissõlme
- III Kaevise purustamine ja sõelumine
- IV Frontaallaaduriga purustus-sorteerimissõlme teenindamine ja toodangu ladustamine
- V Frontaallaaduriga toodangu laost kallurautole laadimine

Astanguid ühendav kallaktee asub juba kaevandatud alal, eemal tööeest. See väldib kallaktee uuesti rajamist ee edasinihkel ning puudub vajadus väljaveotranžee rajamiseks. Alumisel astangul toimub ka klientide kallurautode laadimine. Kauba ladustamine ning laadimine alumisel astangul vähendab kaevandaja kulusid karjäärisesese transpordi arvelt ning tõstab töö efektiivsust.

Kaevandamise algfaasis ei ole võimalik paigutada purustus- sorteerimissõlme ega ladusid alumisele astangule. See saab võimalikuks siis, kui alumisele astangule on tekkinud vajalik pindala masinatele opereerimiseks ning valmistoodangu ladustamiseks. Arvestada tuleb ka lõhkamisel laiali paiskuvate kividega, et need ei satuks valmis toodangu puistangutesse. Selle tõttu toimub lasu purustamine ja sorteerimine ning kauba ladustamine kaevandamise algfaasis ülemisel astangul. Sel juhul asub purustus-sorteerimissõlme laadiv ekskavaator ülemise astangu serval. Algfaasis kaevandamise tehnoloogiline skeem on esitatud pildil (Pilt 4).

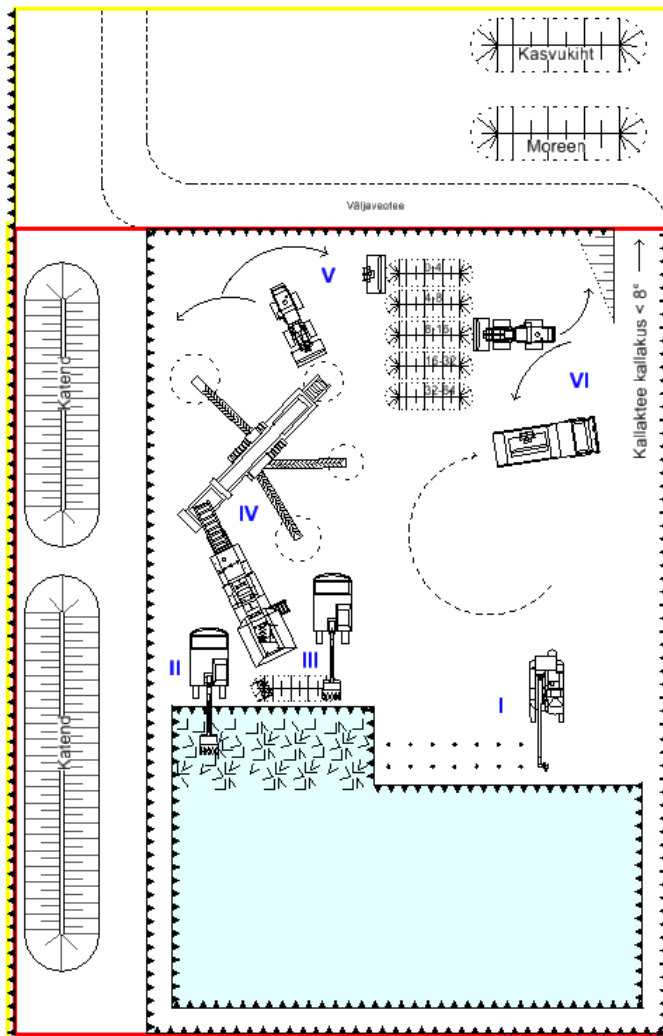


Pilt 4 Väljavõtte graafilisest lisast 3. Lubjakivi I astangu kaevandamise tehnoloogiline skeem algfaasis

- I Lõhkepuuraukude puurimine, laadimine ning lõhkamine
- II Kaevise laadimine ekskavaatoriga purustus-sorteerimissõlme
- III Kaevise purustamine ja sõelumine
- IV Frontaallaaduriga purustus-sorteerimissõlme teenindamine ja toodangu ladustamine
- V Frontaallaaduriga toodangu laost kallurautole laadimine

3.2.2 Vee seest kaevandamine

Vee seest kaevandamine algab pärast seda, kui veepeale varu on väljatud või paralleelselt veepealse varu väljamisega, kui kahe astangu vahele on tekkinud piisav pindala kahel astangul opereerimiseks. Protsessid teise astanguga vee seest kaevandades on sarnased kuival astangul kaevandamisega. Seni, kuni kasuliku kihi paksus ei ületa pöördkopp-ekskavaatori ammutussügavust või sügavus on piisavalt väike tagamaks pöörkopa efektiivse töö, toimub lasu ammutamine astangu servalt pöördkopp-ekskavaatoriga. Vee seest ammutades ei saa lasu laadida otse purustus- sorteerimissõlme- purustamisel tekkiv peenosis veega segunedes moodustab kleepuva segu- hiiva, mis võib ummistada sõelasid. Selle tõttu tuleb lasu esmalt tõsta astangu peale nõrguma. Pärast nõrgumist on võimalik lasu laadida purustus- sorteerimissõlme. Sellele järgnevad protsessid on samad kuivalt astangult kaevandamisega. Teise astanguga vee seest kaevandamise tehnoloogiline skeem on esitatud pildil (Pilt 5)



Pilt 5 Väljavõtte graafilisest lisast 4. II astanguga vee seest kaevandamise tehnoloogiline skeem

- I Lõhkepuuraukude puurimine, laadimine ning lõhkamine
- II Kaevise ammutamine veest ning nõrguma tõstmine ekskavaatoriga
- III Kaevise laadimine ekskavaatoriga purustus-sorteerimissõlme
- IV Kaevise purustamine ja sõelumine
- V Frontaallaaduriga purustus-sorteerimissõlme teenindamine ja toodangu ladustamine
- VI Frontaallaaduriga toodangu laost kallurautole laadimine

3.2.2.1 Ühe astanguga kogu lasundi kaevandamine

Kolmanda alternatiivina on võimalik väljata lasund ühes astangus- veepeale ja veelune varu korraga. Rummu III lubjakivikarjääris on keskmine kasuliku kihi paksus 7,5 meetrit. Antud tingimustes on võimalik lasu veest välja tõsta pöörkopp- ekskavaatoriga.

Käesolevas peatükis on käsitletud ka suuremat lasumissügavust kui on geoloogiliste tingimustega näiteks toodud Rummu III lubjakivikarjääris. Ammutussügavuse suurenedes väheneb pöördkopp- ekskavaatori tõstevõime ning selle tõttu sügavuse suurenedes tuleb vähendada ka kopa mahtu. Jõudes teatud kriitilise piirini ei ole pöördkopaga töötamine enam efektiivne ning kasutusele tuleb võtta suurema tõstevõimega masinad. Käesolevas töös käsitletud masinad:

- Pöördkopp- ekskavaator
- Roomikutel greiferkopp

3.3 Optimaalse veealuse väljamise tehnoloogia valik

Veealuse väljamise tehnoloogiate valikus on kaks alternatiivi. Esimeseks alternatiiviks on töötamine kahe astanguga, mille puhul esmalt väljatakse veepealne varu ning seejärel kuiva astangu pealt veetasemest alla poole jääv maavaravaru. Teise alternatiivina väljatakse kogu maavaravaru ühes astangus.

Rummu III lubjakivikarjääri enamik varu lasub all pool veetaset ning esimese astangu tootlikkus on väike. Kahe astanguga väljates korduvad tööprotsessid ning see suurendab tööde mahtu. Kaevandades kogu varu ühe astanguga puudub vajadus topelt puur- lõhketöödeks. Väljamistööde maht küll ei vähene ühe astanguga kaevandades, kuid väheneb töö aeg lõhkeaukude puurimisel ja laadimisel ning lõhkamisel.

Töös käsitletud tingimustel on optimaalsem tehnoloogia maavaravaru väljamine ühe astanguga. Valitud tehnoloogiline skeem on esitatud pildil (Pilt 14).

4 PUUR- LÕHKETÖÖD

Valitud optimaalse tehnoloogilise skeemi järgi teostatakse puur- lõhketööd ühe astanguga lõhates. Lõhkeaugud puuritakse kogu kasuliku maavaravaru kihi ulatuses. Suurem osa lõhatava ploki mahust jääb alla poole veetaset. Arvestada tuleb sellega, et lõhatav massiiv on kihiline ning lõheline ning puuritud lõhkeaugud võivad olla märjad või osaliselt täituda veega. Selle tõttu tuleb antud tingimustes kasutada veekindlaid lõhkeaineid. Lõhatava ploki vastas oleva veesamba tõttu on vaba pind mittetäielik. Antud asjaolu arvesse võttes on puur- lõhketööde parameetrite valikul arvestatud kahekordse lõhkeaine erikuluga.

Puur- lõhketööde parameetrite määramiseks on tehtud arvutused näidisploki ulatuses. Lõhkeaineks on valitud emulsioonlõhkaine Sibirit 1200 ning vahelaenguks padrundatud dünaamiit Ergodyn 35.

4.1 Kasutatud valemid

Laengu mass lõhkeaugus (valem 1)

$$Q = qSBHK_p \text{ (kg)}$$

Kus:

- q - lõhkeaine erikulu (kg/m^3)
- S - laengusamm reas e. laengutevaheline kaugus reas (m)
- B - vähima vastupanujoone pikkus lõhatava astangu jalamil (m)
- H - lõhatava astangu kõrgus (m)
- K_p - lõhkeaine erikulu parandustegur

Vähima vastupanujoone pikkus mitme laengu seeriaviisilisel lõhkamisel (vertikaalsed lõhkeaugud) (valem 2)

$$B = 0,9 \sqrt{\frac{q_l}{qm}} \text{ (m)}$$

Kus:

- q_l - laengu jaotatud mass (laengu 1 meetri mass) lõhkeaugus (kg/m)
- m - laengute paigutustegur

Laengusamm reas (valem 3)

$$S = mB \text{ (m)}$$

Kus:

- m- laengute paigutustegur
- B- vähima vastupanujoone pikkus lõhatava astangu jalamil (m)

Laenguridade vaheline kaugus (valem 4)

$$B_b = 0,95B \text{ (m)}$$

Kus:

- B- vähima vastupanujoone pikkus lõhatava astangu jalamil (m)

Laengu pikkus lõhkeaugus (valem 5)

$$l_{ch} = \frac{Q}{q_l} \text{ (m)}$$

Kus:

- Q- laengu mass lõhkeaugus (kg)
- q_l - laengu jaotatud mass (laengu 1 meetri mass) lõhkeaugus (kg/m)

Lõhkeaugu sügavus (valem 6)

$$l_d = H + U_d \text{ (m)}$$

Kus:

- H- lõhatava astangu kõrgus (m)
- U_d - ülepuure pikkus (m)

Käesoleva töö puurlõhketööde parameetrite määramisel ei ole ülepuuret kasutatud, sest väljaspool mäeeraldist maavara kivimit looduslikust lasundist välja viimine ei ole lubatud.

Topise pikkus (valem 7)

$$l_s = l_d - l_{ch} (m)$$

Kus:

- l_d - lõhkeaugu sügavus (m)
- l_{ch} - laengu pikkus lõhkeaugus (m)

Laenguridade arv (valem 8)

$$N = \frac{b}{B_b}$$

Kus:

- b - lõhatava ploki laius (m)
- B_b - laenguridade vaheline kaugus (m)

Laengute arv reas (valem 9)

$$n = \frac{a}{S}$$

Kus:

- a - lõhatava ploki pikkus (m)
- S - laengusamm reas (m)

Ploki tegelik laius (valem 10)

$$b_t = B + (N - 1) * B_b (m)$$

Kus:

- B - vähima vastupanujoone pikkus (m)
- N - laenguridade arv
- B_b - laenguridade vahekaugus (m)

Ploki tegelik pikkus (valem11)

$$a_t = n * S (m)$$

Kus:

- n - laengute arv reas
- S - laengusamm reas (m)

Optimaalne viitesamm (valem 12)

$$t = K_t * B \text{ (ms)}$$

Kus:

- K_t - viitetegur
- B - vähima vastupanujoone pikkus (m)

Laengute arv (valem 13)

$$N_l = n * N$$

Kus:

- n - laengute arv reas
- N - laenguridade arv

Lõhkeaine kulu (valem 14)

$$Q_{kokku} = N_l(Q + Q_v) \text{ (kg)}$$

Kus:

- N_l - laengute arv
- Q - laengu mass (kg)
- Q_v - vahelaengu mass (kg)

Lõhatava ploki maht (valem 15)

$$V = b_t * a_t * H \text{ (m}^3\text{)}$$

Kus:

- b_t - ploki tegelik laius (m)
- a_t - ploki tegelik pikkus (m)
- H - astangu kõrgus (m)

Lõhkeaine tegelik erikulu (valem 16)

$$q_t = \frac{Q_{kokku}}{V} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

Kus:

- Q_{kokku} - lõhkeaine kulu (kg)
- V - lõhatava ploki maht (m³)

Puurtööde maht (valem 17)

$$L_{pt} = N_l * l_d (m)$$

Kus:

- N_l - laengute arv
- l_d - lõhkeaugu pikkus (m)

Puurtööde erimaht (valem 18)

$$l_{pt} = \frac{L_{pt}}{V} \left(\frac{m}{m^3} \right)$$

Kus:

- L_{pt} - puurtööde maht (m)
- V - lõhatava ploki maht (m^3)

4.2 Näidisploki puur- lõhketööde parameetrite arvutus

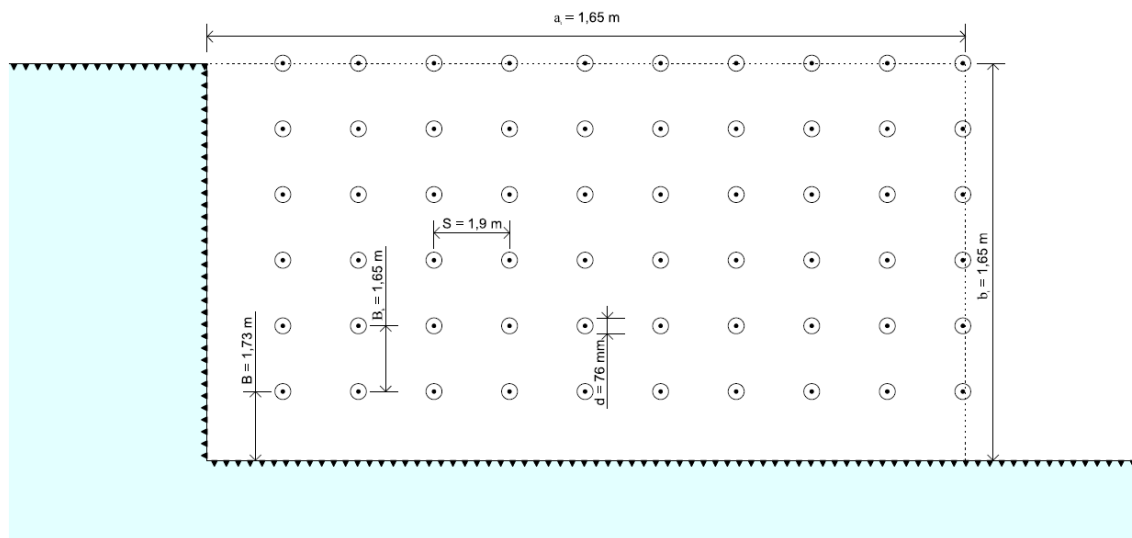
Näidisploki puur- lõhketööde parameetrite arvutamiseks vajalikud sisendsuurused on esitatud tabelis (Tabel 3) ning saadud tulemused on esitatud tabelis (Tabel 4). Esitatud on ka lõhkeaukude paiknemise skeem (Pilt 6), viidete skeem (Pilt 7) ning lõhkeaugu skeem (Pilt 8).

Tabel 3 Puur- lõhketööde arvutamise sisendparameetrid

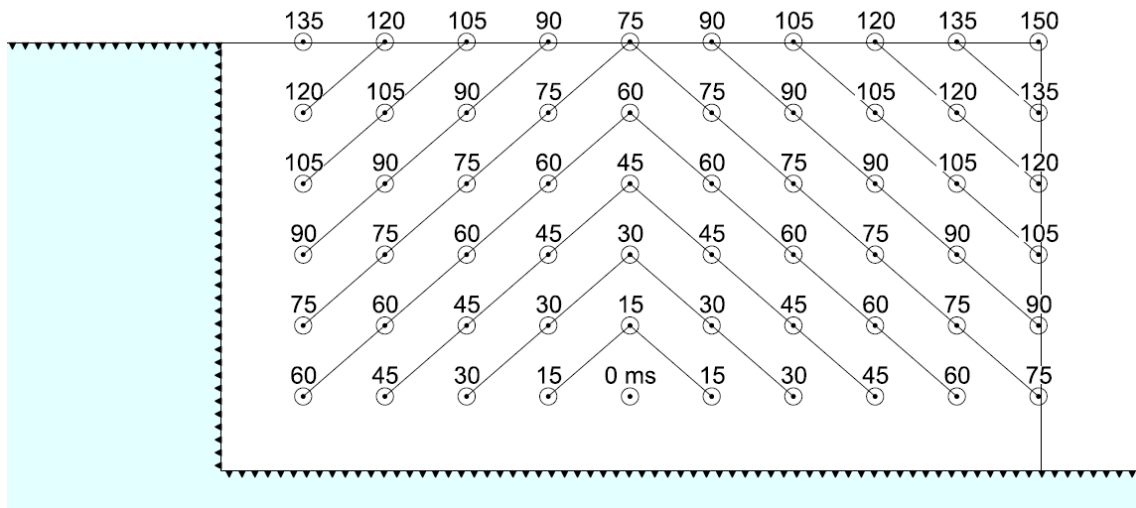
Parameeter	Väärtus
Lõhkeaine arvutuslik erikulu (kg/m^3)	1
Astangu kõrgus (m)	7,5
Ploki laius (m)	10
Ploki pikkus (m)	20
Laengutihedus (kg/dm^3)	1,0 (6)
Lööklaengu tihedus (kg/m^3)	1,4 (7)
Lõhkeaugu läbimõõt (mm)	76
Laengu jaotatud mass (kg/m)	4,1 (8)
Laengute paigutustegur	1,1 (8)
Viitetegur	5 (8)
Lööklaengu pikkus (m)	0,1
Lööklaengu kaal (kg)	0,5

Tabel 4 Arvutatud puur- lõhketööde parameetrid

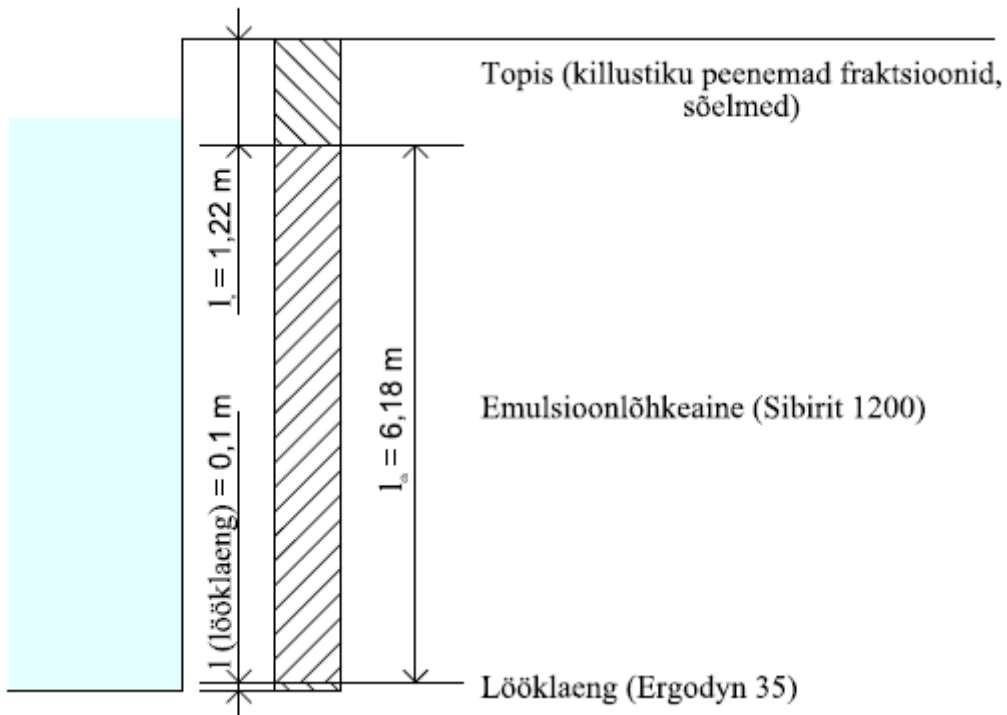
Parameeter	Väärtus	Valitud suurus
Vähima vastupanujoone pikkus (m)	1,73	
Laengusamm reas (m)	1,9	
Laenguridade vaheline kaugus (m)	1,65	
Laengu mass (kg)	25,2	
Laengu pikkus (m)	6,2	
Lõhkeaugu pikkus (m)	7,5	
Optimaalne viitesamm (ms)	8,7	15 (8)
Laenguridade arv	6,1	6
Ploki tegelik laius (m)	9,96	
Laengute arv reas	10,49	10
Ploki tegelik pikkus (m)	19,07	
Laengute arv	60	
Lõhkeaine kulu (kg)	1543	
Lõhatava ploki maht (m ³)	1425,2	
Lõhkeaine tegelik erikulu (kg/m ³)	1,08	
Puurtööde maht (m)	450	
Puurtööde erimaht (m/m ³)	0,32	



Pilt 6 Väljavõtte graafilisest lisast 5. Näidisploki lõhkeaukude paiknemise skeem



Pilt 7 Väljavõtte graafilisest lisast 5. Näidisploki viidete skeem



Pilt 8 Väljavõtte graafilisest lisast 5. Näidisploki lõhkeaugu skeem

Üldjoontes sarnaneb vette lõhkamine kuivale astangule lõhkamisega. Valedel lõhkeainetel ja parameetrite valimisel võivad esineda lõhketööde kvaliteedivead, milleks võivad olla ülemõõduliste tükide suur osakaal, kivimi väljapaiskumine astangu ülaservale, lõhendite tekkimine kivimimassiivis viimase laenguaukude rea taga, lõhatava astangu põhja ebatasasus, rippuva jääv astme ülemine serv ning liiga lai lõhatud kivimilasu. (8) Lõhketööde kvaliteeti saab parendada pärast katselõhkamist.

5 MASINATE VALIMINE

5.1 Pöördkopp- ekskavaator

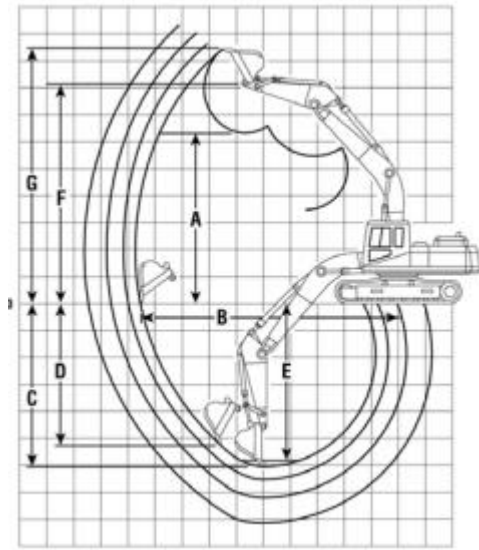
Pöördkopp- ekskavaatori valik ning arvutused on tehtud vastavalt Caterpillari ekskavaatorite parameetrite käsiraamatu (9) järgi.

1. Kopa täituvuse määramine

Keskmiselt lõhatud kivi = 75 kuni 90 % (10)

2. Hinnang töötsükli kestusele

Töötsükli kestuse määramiseks on vajalik teha ekskavaatori esmane valik. Valiku kriteeriumiks on ekskavaatori maksimaalne ammutussügavus. Valitud mudeliks on Caterpillar 345 D L-FIX. Vastavale dimensioonile E (Pilt 9) on valitud ekskavaatori maksimaalne kaevamissügavus (Tabel 5) 3,35 m noole otsaga 7,50 m, mis on ka Rummu III lubjakivikarjääri keskmiseks kasuliku kihi paksuseks. Pikendatud noole otsaga, pikkusega 3,9 m, on maksimaalne kaevamissügavus 8,07 m, mis osutub poole meetrise varu tõttu eelistatumaks.



Pilt 9 Skeem ekskavaatori ulatusdimensioonidest (9)

Tabel 5 Ekskavaatori ulatusdimensioonid (9)

Mudel	345D L-FIX reach poomiga	
Noole otsa pikkus	3,35 m	3,9 m
Ühik	m	m
A	7,42	7,41
B	11,71	12,12
C	7,65	8,20
D	5,21	5,30
E	7,50	8,07
F	9,29	9,28
G	10,73	10,64

CYCLE TIME ESTIMATING CHART														
CYCLE TIME	MACHINE SIZE CLASS													CYCLE TIME
	307C 308D CR 308D CR SB	311D	M312 M313C M313D 312D	M315C M316C M315D M316D 315D L	M318C 319D L 319D LM	M322C M322D 320D 320D RR 321D CR 323D	324D	328D LCR	329D	336D	345D	365C L	385C	
10 SEC.								N/A						0.17 min.
15								N/A						0.25 min.
20 SEC.								N/A						0.33 min.
25														0.42 min.
30 SEC.														0.50 min.
35														0.58 min.
40 SEC.														0.67 min.
45														0.75 min.
50 SEC.														0.83 min.
55														0.92 min.
60 SEC.														1.0 min.

Pilt 10 Ekskavaatori töösükli kestuse hindamise tabelist (9)



Pilt 11 Töösükli kestuse hindamiseks (Pilt 10) tabelist (9)

Pilt (Pilt 11) võimaldab hinnata ekskavaatori tsükli kestust tsükli hindamise tabelist (Pilt 10). Piirkond, mis jääb A- st ülespoole kirjeldab kiireimat võimalikku tsükli kestust. Piirkond A kirjeldab kiireimat praktilist tsükli kestust. Piirkondi B, C ja D iseloomustab tüüpiline tsükli pikkus ning vahemik E vastab aeglase tsükli kirjeldusele. Käesoleval juhul on tsükli kestuse lugemiskiirdeks valitud kõige alumine- piirkond E. Nimetatud piirkonnale vastab ekskavaatori töötamine kõige raskemates tingimustes- töötamine lubjakiviga, lähedal maksimaalsele kaevamissügavusele, tõsteraadiusega üle 120 kraadi, kopa tühjendamise piiratud alale ning inimeste ja takistustega tööalal. Eelnimetatud tingimused on osaliselt keerulisemad, kui käesoleva töö raames käsitletavad tingimused, kuid arvestades vee seest kaevandamisega tekkivaid teisi efektiivust vähendavaid tegureid- eelkõige piiratud nähtavus tõstetavale lasule, on mõistlik arvesse võtta antud kontekstis just aeglast tsükli kestust.

Hinnatud tsükli kestuseks on 0,50 minutit ehk 30 sekundit.

3. Efektiivsete tsükli kestuste arv tunnis (valem 19)

$$\frac{60 \text{ min}}{\text{tsükli kestus}} = \frac{60 \text{ min}}{0,50 \text{ min}} = 120 \text{ tsükli kestust tunnis}$$

Saadud tulemus kirjeldab ideaalset olukorda, mida pole võimalik realselt saavutada. Tõelisema tulemuse saavutamiseks on tsükli kestuste arvutamisel arvesse võetud alljärgnevad efektiivust vähendavad koefitsiendid:

Operaatori osavus/ efektiivsus 0,9 (90 %)

Masinaga seotud tegurid 0,95 (95 %)

Üldine opereerimis efektiivsus 0,83 (50 min/h)

Parandatud efektiivsete tsükli kestuste arv tunnis (valem 20)

$$120 * 0,9 * 0,95 * 0,83 = 85 \text{ tsükli kestust tunnis}$$

4. Vajalik kopa mahtuvus

Ette antud vajalik tootlikkus tunnis- 150 t/h

Vajalik tõste mass tsükli kohta (valem 21)

$$\frac{\text{nõutud tootlikkus tunnis}}{\text{efektiivsete tsükli kestuste arv tunnis}} = \frac{150 \text{ t}}{85 \text{ tsükli kestust}} = 1,8 \text{ t}$$

Vajalik kopa maht 1,8 tonni lubjakivi tõstmiseks (valem 22)

Rummu lubjakivimaardla keskmine mahukaal (Tabel 2)- 2,6 t/m³

$$\frac{\text{vajaliku tõste mass tsüklis}}{\text{materjali mahukaal}} = \frac{1,8 \text{ t}}{2,6 \text{ t/m}^3} = 0,7 \text{ m}^3$$

Vajalik kopa maht arvestades kopa täituvust (valem 23)

Kopa täituvus (keskmiselt lõhatud kivi)- 80%

$$\frac{\text{arvutatud kopa maht}}{\text{kopa täituvus}} = \frac{0,7 \text{ m}^3}{0,80} = 0,9 \text{ m}^3$$

5. Ekskavaatori valik

Tabel 6 Maksimaalsed lubatud massid kopale koos koormaga

Mudel	Poom	Noole otsa pikkus (m)	Töömäss (kopp ja koorem) (kg)
345D L-FIX	<i>Long Reach</i>	3,90	4250
		4,30	3940
	<i>Reach</i>	2,90	5550
		3,35	5180
		3,90	4850
	<i>Mass</i>	2,50	6260
		3,00	5790

Tabelist (Tabel 6) on näha, et valitud ekskavaatori, noole otsa piikusega 3,90 m ning *reach* poomiga, on lubatud maksimaalne koormatud kopa mass 4850 kg. Arvestades sellest maha koorma massi- 1800 kg, on kopa maksimaalne lubatud mass 3050 kg. Valitud ekskavaatori mudelile pakutav minimaalse suurusega kopp on 1,1 m³ (11), mis rahuldab nõutud arvutusliku kopa mahu nõudeid, on massiga 1549 kg. See tähendab, et koormatud kopa mass on ligikaudu 1,5 tonni kergem maksimaalsest lubatud koormusest. Tehtud analüüsi tulemusel selgub, et valitud ekskavaator Caterpillar 345 D L-FIX massiga 45 tonni sobib antud tingimustes kasutamiseks ning osutub valituks. Valitud ekskavaator on näha pildil (Pilt 12)



Pilt 12 Valitud ekskavaator CAT 345D L (12)

5.2 Roomikutel greiferkopp

Greiferkopa valikul ei ole määravaks suuruseks ammutussügavus vaid olulisteks parameetriteks on tõsteraadius ja tõstetav mass. Greiferkopa valik on tehtud Liebherr tootevalikust. Esmalt on uuritud 30 tonnist ekskavaatorit Liebherr HS 8030 HD. Antud mudeli tehniliste andmete lehel (13) on maksimaalseks tõsteraadiuseks 10 m. Töö puur- lõhketööde parameetrid on arvatud ploki laiuselga 10 m ee edasinihke suunal. Kuigi lõhkamisel ei paisku raimatud tükid kaugemale, on mõistlik uurida suurema tõsteraadiusega masinat.

Teise alternatiivina on töös uuritud 50 tonnist ekskavaatorit Liebherr HS 8050 HD. Nimetatud mudeli tehniliste andmete lehe (14) alusel jäävad tõsteraadiused vahemikku 4,1 kuni 30 meetrit, sõltuvalt poomi pikkusest ja vajaliku tõste massist. Nimetatud vahemikust leitakse optimaalne poomi pikkus.

Greiferi kopa valimisel on arvutused tehtud sama moodi pöördkopp- ekskavaatori arvutustega. Töötsükli kestuseks on võetud 1 minut ning tsüklis tõstetava materjali mass 2,5 tonni. Arvutuste tulemusena on minimaalne vajalik greiferi kopa maht $1,2 \text{ m}^3$. Valituks osutub viie haruline greiferi kopp GMM 80-5, mis sulgub täielikult ning mille

maht on 1,4 m³. Valitud kopa mass on 2600 kg. (15) See tähendab, et ühes tõstes on maksimaalne koormus 5,1 tonni.

Greiferkopa poomi pikkuse valikul on tõsteraadiuseks valitud 14 meetrit, mis rahuldab varuga vajaliku tõsteraadiuse. Esimene vaste tabelis (14) 14 meetrisele tõsteraadiusele on 14 meetrine poom. Tõstevõime valitud poomi pikkuse ja tõsteraadiuse juures on vastavalt 9,2 tonni, mis rahuldab arvatatud koormuse tingimusi. Valituks osutub roomikutel greiferkopp Liebherr HS 8050 HD (Pilt 13) poomi pikkusega 14 meetrit ja viieharulise kopaga GMM 80-05.



Pilt 13 Ekskavaator Liebherr HS 8050 HD (14)

5.3 Optimaalse väljamisemasina valik

Töös analüüsitud masinad võimaldavad kobestatud lasu väljata ette nähtud sügavusel ning tootlikkusel. Mõlema masina tootlikkust on võimalik tõsta suurema kopa rakendamisel. Greiferkopa eelisteks on suurem tõsteraadius, ammutussügavus ning

tõstevõime. Masina puuduseks on aeglasem töötsükkel, mille tõttu ei ole mõistlik seda rakendada teistes protsessides, näiteks purustus- sorteerimissõlme laadimisel. Pöörkopp- ekskavaatori eelisteks on kiirem töötsükkel ning võimalus rakendada masinat ka teistes mäetööde protsessides. Miinusteks on väiksem tööraadius ning lasu nõrguma tõstmisel astangule kopa sisse jääv vesi, mis valgub kuivale astangule.

Paindlikuma tööraadiuse ning suurema tõstevõimega greiferkopp Liebherr HS 8050 HD sobib paremini vee seest lasu väljamiseks ning osutub valituks.

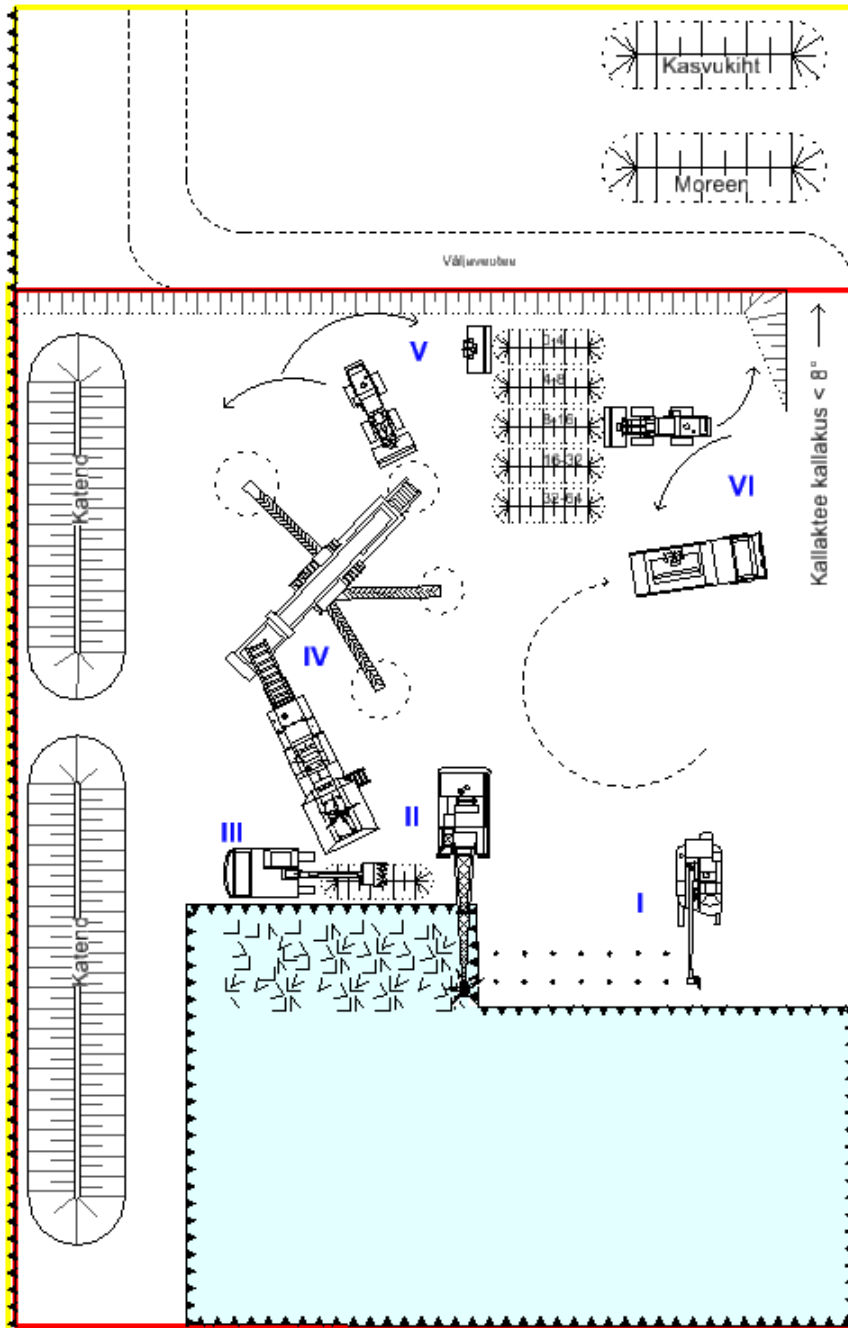
6 OPTIMAALSE TEHNOLOOGILISE VARIANDI VALIK

Töö käigus analüüsitud vee seest väljamise tehnoloogiatest on optimaalseim variant ühe astanguga kaevandamine, mille käigus raimatakse puur- lõhketöödega korraka kogu kasuliku kihi paksus. Lõhkeaukude puurimine ning laadimine toimub kuival astangul-maavara lasundi peal. Lasu laetakse vee seest kuivale astangule nõrguma.

Puur- lõhketööde jaoks on tähelepanu juhitud erisustele võrreldes kuivale astangule lõhates. Arvutatud on näidisploki puur- lõhketööde parameetrid ning koostatud puur- lõhketööde skeemid. Puur- lõhketööde parameetreid täpsustatakse pärast katselõhkamist.

Väljamismasinastest on valitud tehnoloogia juures optimaalsem roomikutel greiferkopp Liebherr HS 8050 HD, millega on võimalik vee seest lasu ammutada näidismäeeraldise mäenduslikes tingimustes ning võimaldab muudel juhtudel ka suuremat tööraadiust, tõstevõimet ning tootlikkust.

Valitud tehnoloogiline skeem koos valitud väljamismasinaga on näha pildil (Pilt 14).



Pilt 14 Väljavõtte graafilisest lisast 6. Ühe astanguga vee seest kaevandamise tehnoloogiline skeem

- I Lõhkepuuraukude puurimine, laadimine ning lõhkamine
- II Kaevise ammutamine veest ning nõrguma tõstmine greiferkopaga
- III Kaevise laadimine ekskavaatoriga purustus-sorteerimissõlme
- IV Kaevise purustamine ja sõelumine
- V Frontaallaaduriga purustus-sorteerimissõlme teenindamine ja toodangu ladustamine
- VI Frontaallaaduriga toodangu laost kallurautole laadimine

KOKKUVÕTE

Käesoleva bakalaureusetöö raames on analüüsitud lubja- ja dolokivi vee seest kaevandamise tehnoloogilisi võimalusi, puur- lõhketööde parameetreid ning võimalikke väljamismasinaid üldjuhtudeks näidiskarjääri mäenduslike tingimuste alusel.

Töö tulemusena on välja valitud optimaalseim tehnoloogiline variant, koostatud tehnoloogilised ja puur-lõhketööde skeemid ning valitud optimaalseim vee seest väljamise masin.

Valitud optimaalseima tehnoloogilise variandi järgi näidiskarjääris raimatakse kivim massiivist ühe astanguga. Teistsuguste mäenduslike tingimuste korral on võimalus töötamine kahe astanguga- eeldusel, et veepealse maavaravaru kihi paksus on piisav, et kahe astanguga kaevandamine oleks otstarbekas.

Puur- lõhketööd sarnanevad suures osas kuivale astangule lõhkamisega. Lõhkamisel on vajalik kasutada veekindlaid lõhkeaineid ning arvestada tuleb suurema lõhkeaine erikuluga. Puur- lõhketööde parameetreid kohandatakse vajadusel pärast katselõhkamist.

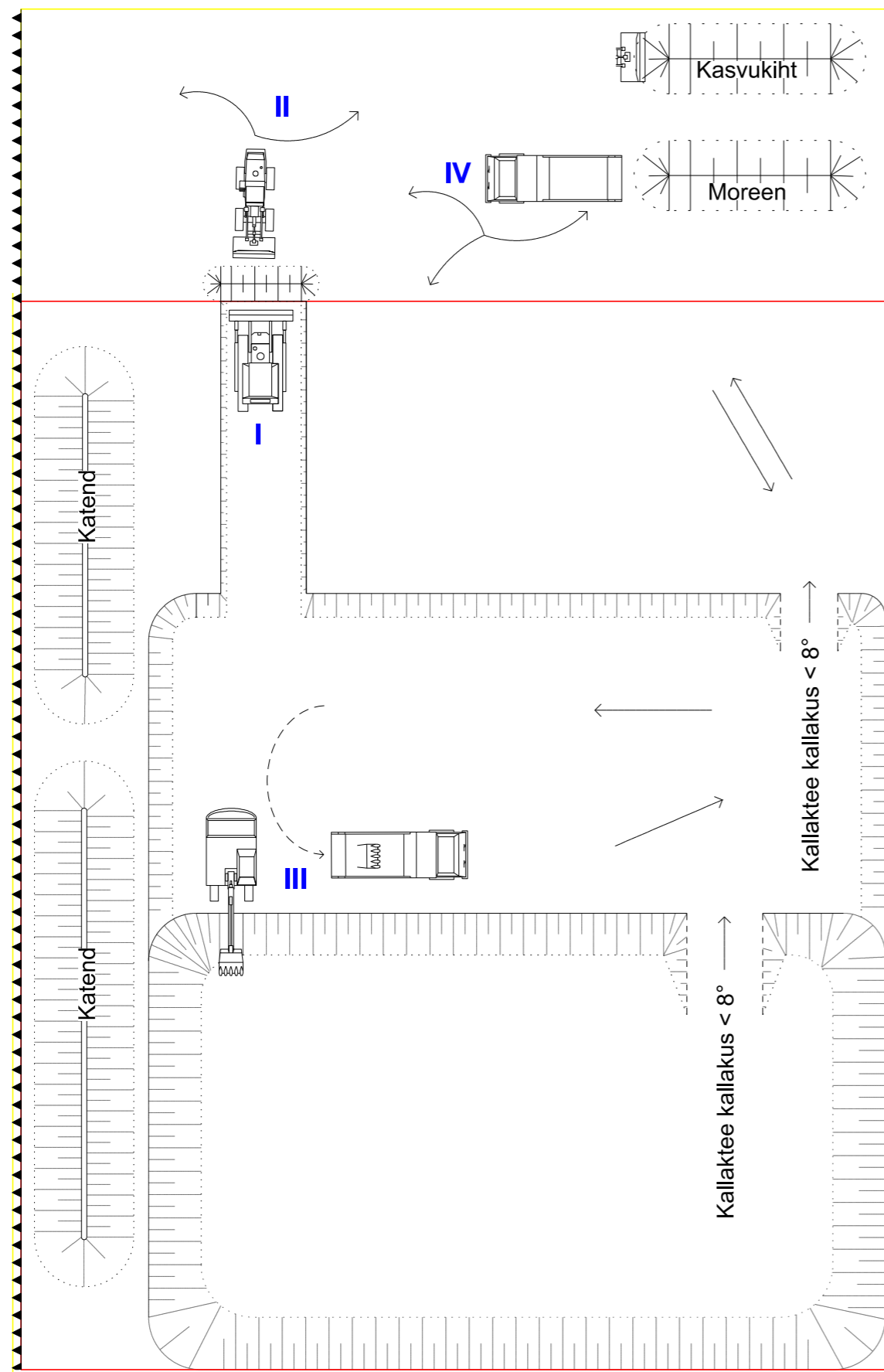
Valitud väljamismasinaks on Liebherr 50 tonnine roomikutel trossekavaator, poomi pikkusega 14 meetrit, mille tööorganiks on viie haruline lõpuni sulguv greiferkopp. Kaevandaja võib soovi korral valida sarnaste parameetritega masina ka teiste masinatootjate tootevalikust.

Töö tulemusena saab väita, et vee seest on võimalik efektiivselt kaevandada ning maavaravaru kaevandamata jätmise, juhul kui vee alandamine ei ole võimalik või lubatud, ei ole otstarbekas.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Maa- amet. Maa-ameti geoportaal. *Maavaravarude koondbilansid 2015*. [Võrgumaterjal] Maa- amet. [Tsiteeritud: 16. 5 2017. a.] http://geoportaal.maaamet.ee/docs/geoloogia/koondbilanss_2015.pdf?t=2016062014351
- 6.
2. Keskkonnaministeerium. *EHITUSMAAVARADE KASUTAMISE RIIKLIK ARENGUKAVA 2011-2020*. Tallinn : s.n., 2010.
3. Vesiloo, P, Anepaio, A ja Väizene, V. Dolokivi vee seest kaevandamise kogemus. *Kaevandamine ja vesi*. 2011.
4. Maa- amet. Maardlate register. *Mäeeraldise detailandmed*. [Võrgumaterjal] Maa- amet. [Tsiteeritud: 10. 5 2017. a.] <http://xgis.maaamet.ee/xGIS/bronx/maardlad/showdata.aspx?mkood=1043>.
5. Inseneribüroo STEIGER OÜ. *Rummu III MKLT*. Tallinn : s.n., 2016.
6. Nitro Sibir. Manufacturing explosives. [Võrgumaterjal] Nitro Sibir. [Tsiteeritud: 23. 5 2017. a.] http://www.nitros.ru/services/manufacturing_explosives/nefasovannye/emulsionnyye/sibir_1000_i_1200.html.
7. NITROERG. ERGODYN 35E. [Võrgumaterjal] NITROERG. [Tsiteeritud: 22. 5 2017. a.] http://www.nitroerg.pl/sites/default/files/pliki-do-pobrania/dt_ergodyn_35e_ang..pdf.
8. Tomberg, Tõnu. *Lõhketööd*. Tallinn : s.n., 1998.
9. Caterpillar Excavators Performance Handbook. [Võrgumaterjal] Caterpillar. [Tsiteeritud: 18. 5 2017. a.] <https://www.holtcat.com/Documents/PDFs/2012PerformanceHandbook/Excavators%20-%20Sec%204.pdf>.
10. Caterpillar Performance Handbook. [Võrgumaterjal] Caterpillar, 2012. a. [Tsiteeritud: 19. 5 2017. a.] <https://www.holtcat.com/Documents/PDFs/2012PerformanceHandbook/Excavators%20-%20Sec%204.pdf>.

11. Caterpillar. CAT 345D L Hydraulic Excavator. [Võrgumaterjal] Caterpillar. [Tsiteeritud: 18. 5 2017. a.] https://www.lectura-specs.com/en/datasheet-viewer/15844?utm_source=mascus&utm_medium=datasheet.
12. —. CAT 345D L Hydraulikbagger . [Võrgumaterjal] Caterpillar. [Tsiteeritud: 18. 5 2017. a.] https://www.lectura-specs.com/en/datasheet-viewer/3075?utm_source=mascus&utm_medium=datasheet.
13. Liebherr. HS 8030 HD Technical data sheet. [Võrgumaterjal] Liebherr. [Tsiteeritud: 18. 5 2017. a.] <https://www.liebherr.com/external/products/products-assets/268052/liebherr-HS-8030-technical-data-sheet-specifications-11223967-english.pdf>.
14. —. HS 8050 HD Technical Data Sheet. [Võrgumaterjal] Liebherr. [Tsiteeritud: 18. 5 2017. a.] <https://www.liebherr.com/external/products/products-assets/248699/liebherr-HS-8050-technical-data-sheet-specifications-english.pdf>.
15. —. *Material Handling Equipment*. [Võrgumaterjal] Liebherr, 2015. a. [Tsiteeritud: 18. 5 2017. a.] <https://www.liebherr.com/shared/media/corporate/images/events/intermat-2015/exhibits-intermat-2015/intermat-2015-material-handling-equipment/intermat-2015-material-handling-equipment-downloads/liebherr-intermat-2015-attachments-for-material-handling-techn>.
16. Maa- amet. Maa-ameti XGIS kaardirakendus. [Võrgumaterjal] Maa- amet. [Tsiteeritud: 16. 5 2017. a.] http://xgis.maaamet.ee/xGIS/XGis?app_id=UU82&user_id=at&bbox=498427.205614769,6558406.4631374,530230.178374769,6583515.4657574&setlegend=SHYBR_ALUS01=0,SHYBR_ALUS08_82=1&LANG=1.



- I Kasvukihi eemaldamine ja lükkamine puistangusse buldooseriaga
- II Kasvukihi vedu välispuistangusse frontaallaaduriga
- III Katendi eemaldamine ja laadimine kallurile ekskavaatoriga
- IV Katendi vedu ja maha laadimine välispuistangusse kalluriga


Masin	Parameetrid	Ühiku arv, tk	Töö ülesanded
Ekskavaator	Mass 25-35t, kopa maht 1,0 m ³	1	Katendi eemaldamine, kaevise ammutamine
Kallurauto	Kandevõime 12 t	2	Kaevise transportimine
Buldooser	Mass, 20-25t	1	Kasvukihi eemaldamine
Frontaal-laadur	Mass 18-25 t, kopamaht 3,0 m ³	1	Katendi transportimine, tootangu ladustamine, laadimine

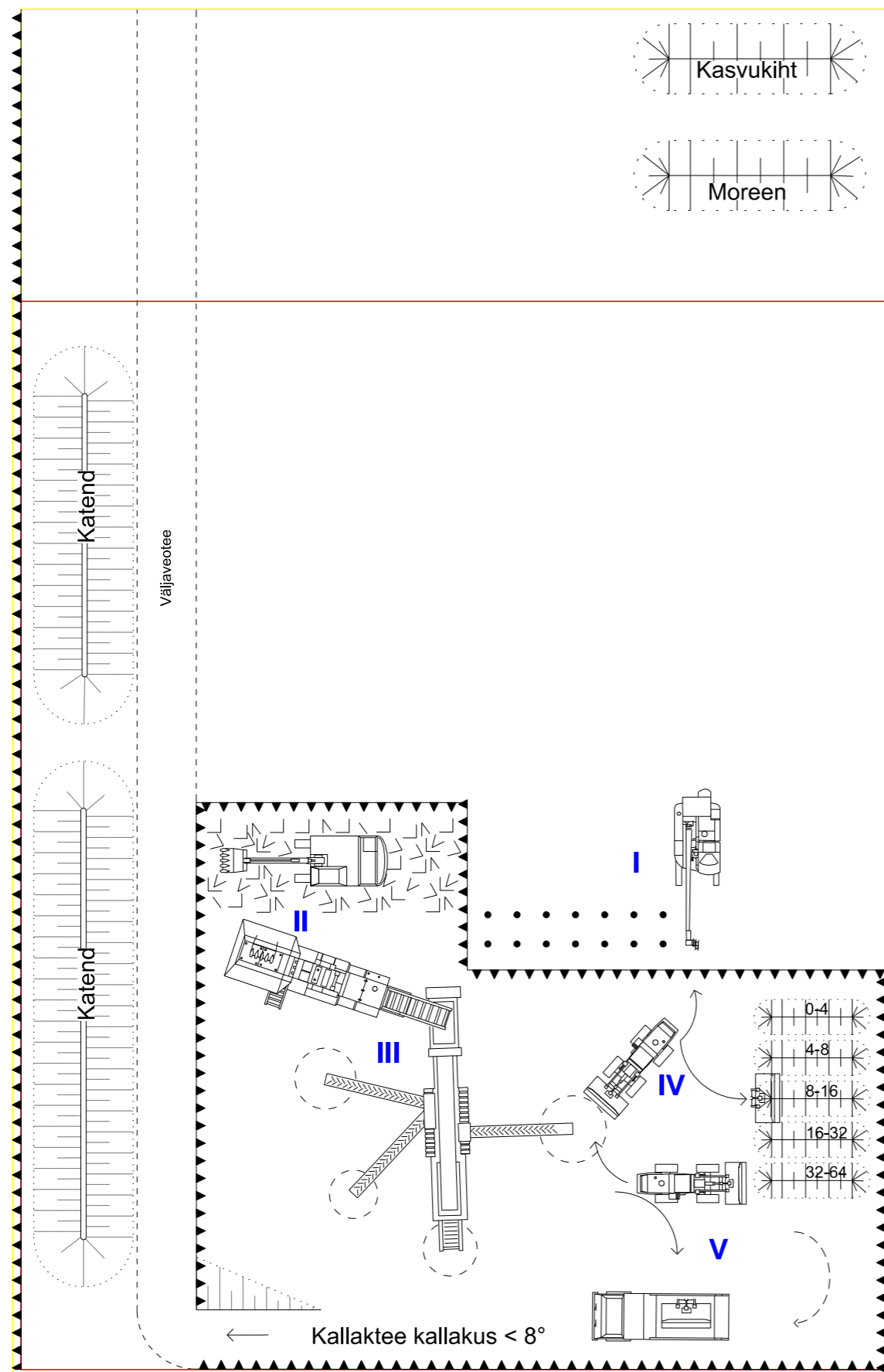
- Mäeeraldise piir
- Mäeeraldise teenindusmaa piir
- Karjääri sisetranspordi liikumiseskeem
- - - Masinate liikumise trajektoor
- III Mäetööde protsessi tähis

Märkused:

1. Kasutatud tarkvara:

Bentley PowerCivil for Baltics V8i (litsents: 70000661800020).

Bakalaureusetöö teema Tehnoloogiliste skeemide väljatöötamine pae veeluseks väljamiseks Eesti lubja- ning dolokivi karjäärides	Joonise sisu Katendi eemaldamise tehnoloogiline ja veoskeem	Graafiline lisa 1 / 6
 Tallinna Tehnikaülikool Geoloogia Instituut, Mäeosakond Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn Tel. 620 3010	Tudeng Mihkel Aasrand	Kuupäev 29.05.2017
	Juhendaja MSc Tõnu Tomberg	Töö ID 1703B



- I Lõhkepuuraukude puurimine, laadimine ning lõhkamine
- II Kaevise laadimine ekskavaatoriga purustus-sorteerimissõlme
- III Kaevise purustamine ja sõelumine
- IV Frontaallaaduriga purustus-sorteerimissõlme teenindamine ja toodangu ladustamine
- V Frontaallaaduriga toodangu laost kallurautole laadimine

Masin	Parameetrid	Ühiku arv, tk	Töö ülesanded
Ekskavaator	Mass 25-35t, kopa maht 1,0 m ³	1	Kaevise ammutamine
Frontaal-laadur	Mass 18-25 t, kopamaht 3,0 m ³	2	Tootangu ladustamine, laadimine
Mobiiline lõõkpurusti	Tootlikkus, 150 t/h	1	Kaevise purustamine
Mobiiline sõelur	Tootlikkus 150 t/h	1	Kaevise sõelumine

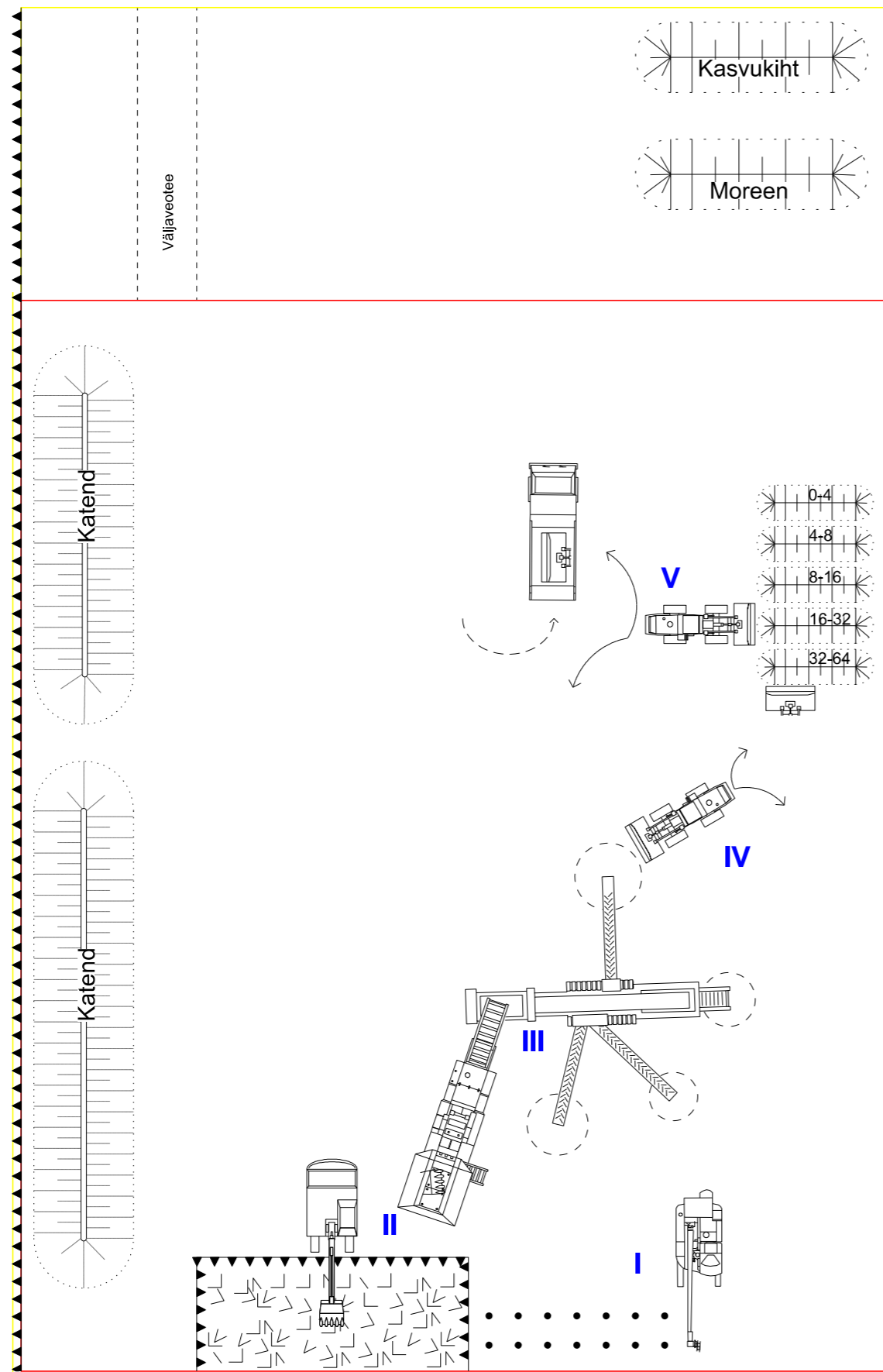
- Mäeeraldise piir
- Mäeeraldise teenindusmaa piir
- Karjääri sisetranspordi liikumiseskeem
- - - Masinate liikumise trajektoor
- III Mäetööde protsessi tähis

Märkused:

1. Kasutatud tarkvara:

Bentley PowerCivil for Baltics V8i (litsents: 70000661800020).

Bakalaureusetöö teema Tehnoloogiliste skeemide väljatöötamine pae veeluseks väljamiseks Eesti lubja- ning dolokivi karjäärides	Joonise sisu Lubjakivi I astangu kaevandamise tehnoloogiline skeem	Graafiline lisa 2 / 6
 Tallinna Tehnikaülikool Geoloogia Instituut, Mäeosakond Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn Tel. 620 3010	Tudeng Mihkel Aasrand	Kuupäev 29.05.2017
	Juhendaja MSc Tõnu Tomberg	Töö ID 1703B



- I Lõhkepuuraukude puurimine, laadimine ning lõhkamine
- II Kaevisse laadimine ekskavaatoriga purustus-sorteerimissõlme
- III Kaevisse purustamine ja sõelumine
- IV Frontaallaaduriga purustus-sorteerimissõlme teenindamine ja toodangu ladustamine
- V Frontaallaaduriga toodangu laost kallurautole laadimine


Masin	Parameetrid	Ühiku arv, tk	Töö ülesanded
Ekskavaator	Mass 25-35t, kopa maht 1,0 m³	1	Kaevisse ammutamine
Frontaallaadur	Mass 18-25 t, kopamaht 3,0 m³	2	Toodangu ladustamine, laadimine
Mobiilne lõõkpurusti	Tootlikkus, 150 t/h	1	Kaevisse purustamine
Mobiilne sõelur	Tootlikkus 150 t/h	1	Kaevisse sõelumine

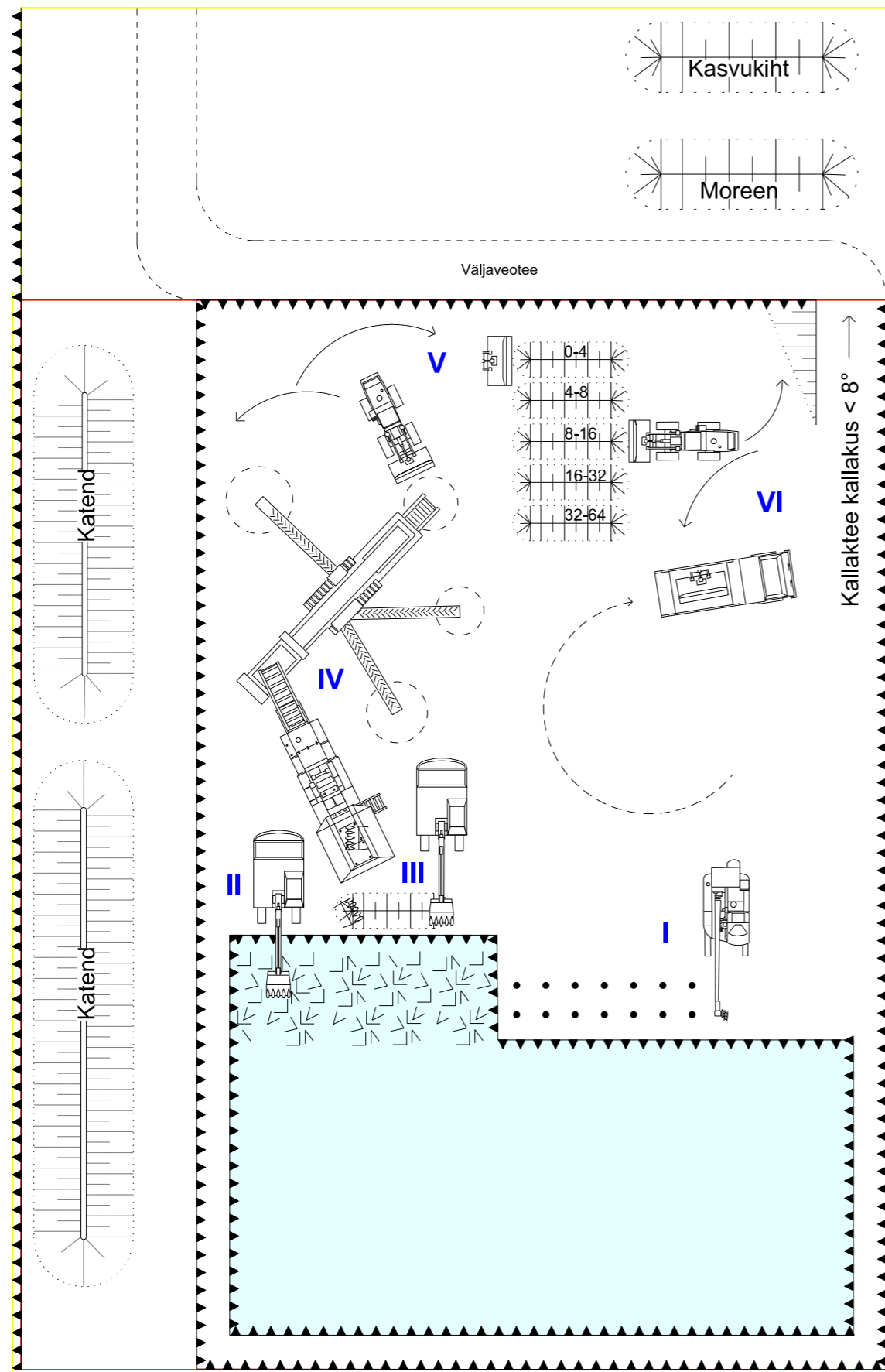
- Mäeeraldise piir
- Mäeeraldise teenindusmaa piir
- Karjääri sisetranspordi liikumiseskeem
- Masinate liikumise trajektoor
- III Mäetööde protsessi tähis

Märkused:

1. Kasutatud tarkvara:

Bentley PowerCivil for Baltics V8i (litsents: 70000661800020).

Bakalaureusetöö teema Tehnoloogiliste skeemide väljatöötamine pae veealuseks väljamiseks Eesti lubja- ning dolokivi karjäärides	Joonise sisu Lubjakivi I astangu algfaasis kaevandamise tehnoloogiline skeem	Graafiline lisa 3 / 6
 Tallinna Tehnikaülikool Geoloogia Instituut, Mäeosakond Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn Tel. 620 3010	Tudeng Mihkel Aasrand	Kuupäev 29.05.2017
	Juhendaja MSc Tõnu Tomberg	Töö ID 1703B



- I Lõhkepuuraukude puurimine, laadimine ning lõhkamine
- II Kaevis ammutamine veest ning nõrguma tõstmine ekskavaatoriga
- III Kaevis laadimine ekskavaatoriga purustus-sorteerimissõlme
- IV Kaevis purustamine ja sõelumine
- V Frontaallaaduriga purustus-sorteerimissõlme teenindamine ja toodangu ladustamine
- VI Frontaallaaduriga toodangu laost kallurautole laadimine

Masin	Parameetrid	Ühiku arv, tk	Töö ülesanded
Ekskavaator	Mass 45t, kopa maht 0,9 m ³	1	Kaevis ammutamine ning purusti teenindamine
Frontaal-laadur	Mass 18-25 t, kopamaht 3,0 m ³	2	Toodangu ladustamine, laadimine
Mobiilne lõõkpurusti	Tootlikkus, 150 t/h	1	Kaevis purustamine
Mobiilne sõelur	Tootlikkus 150 t/h	1	Kaevis sõelumine

- Mäeeraldise piir
- Mäeeraldise teenindusmaa piir
- Karjääri sisetranspordi liikumiseskeem
- - - Masinate liikumise trajektoor
- III Mäetööde protsessi tähis

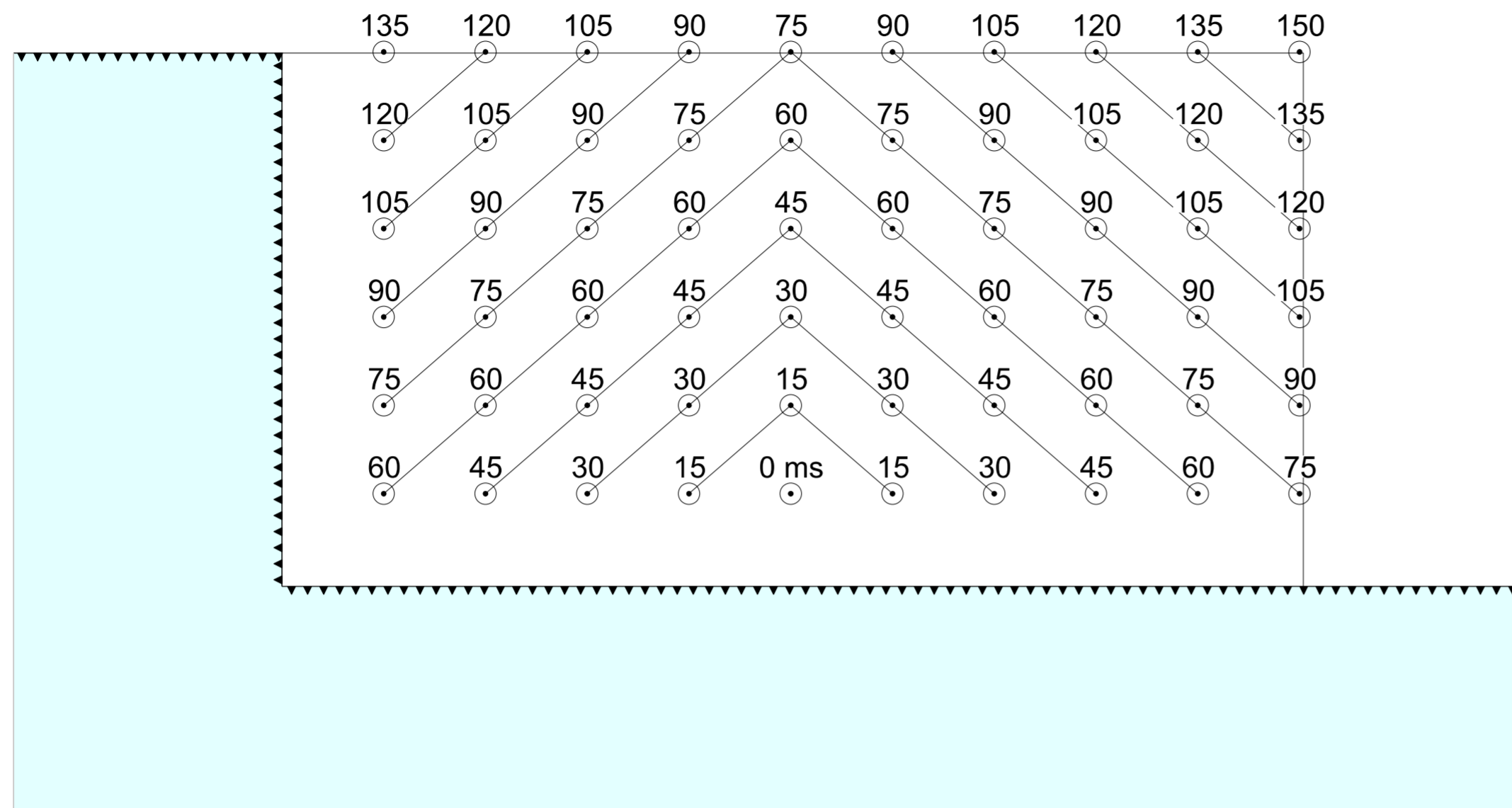
Märkused:

1. Kasutatud tarkvara:

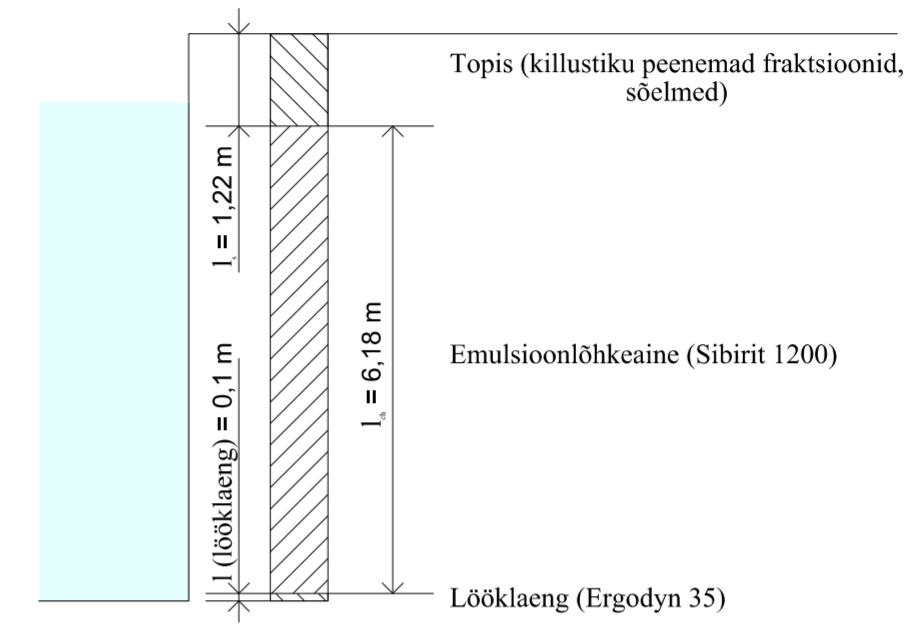
Bentley PowerCivil for Baltics V8i (litsents: 70000661800020).

Bakalaureusetöö teema Tehnoloogiliste skeemide väljatöötamine pae veeluseks väljamiseks Eesti lubja- ning dolokivi karjäärides	Joonise sisu II astanguga vee seest kaevandamise tehnoloogiline skeem	Graafiline lisa 4 / 6
 Tallinna Tehnikaülikool Geoloogia Instituut, Mäeosakond Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn Tel. 620 3010	Tudeng Mihkel Aasrand	Kuupäev 29.05.2017
	Juhendaja MSc Tõnu Tomberg	Töö ID 1703B

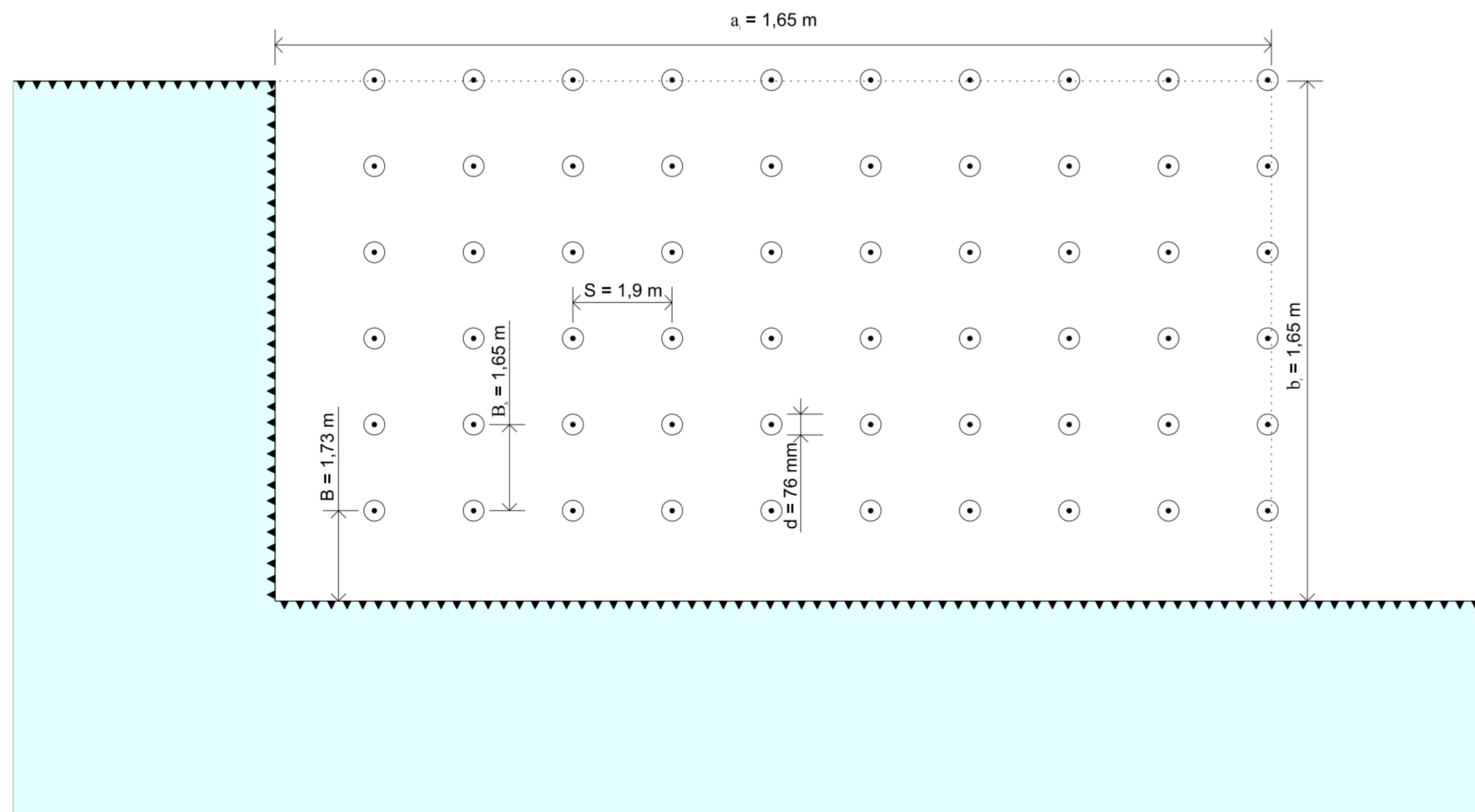
Viidete skeem



Lõhkeaugu skeem




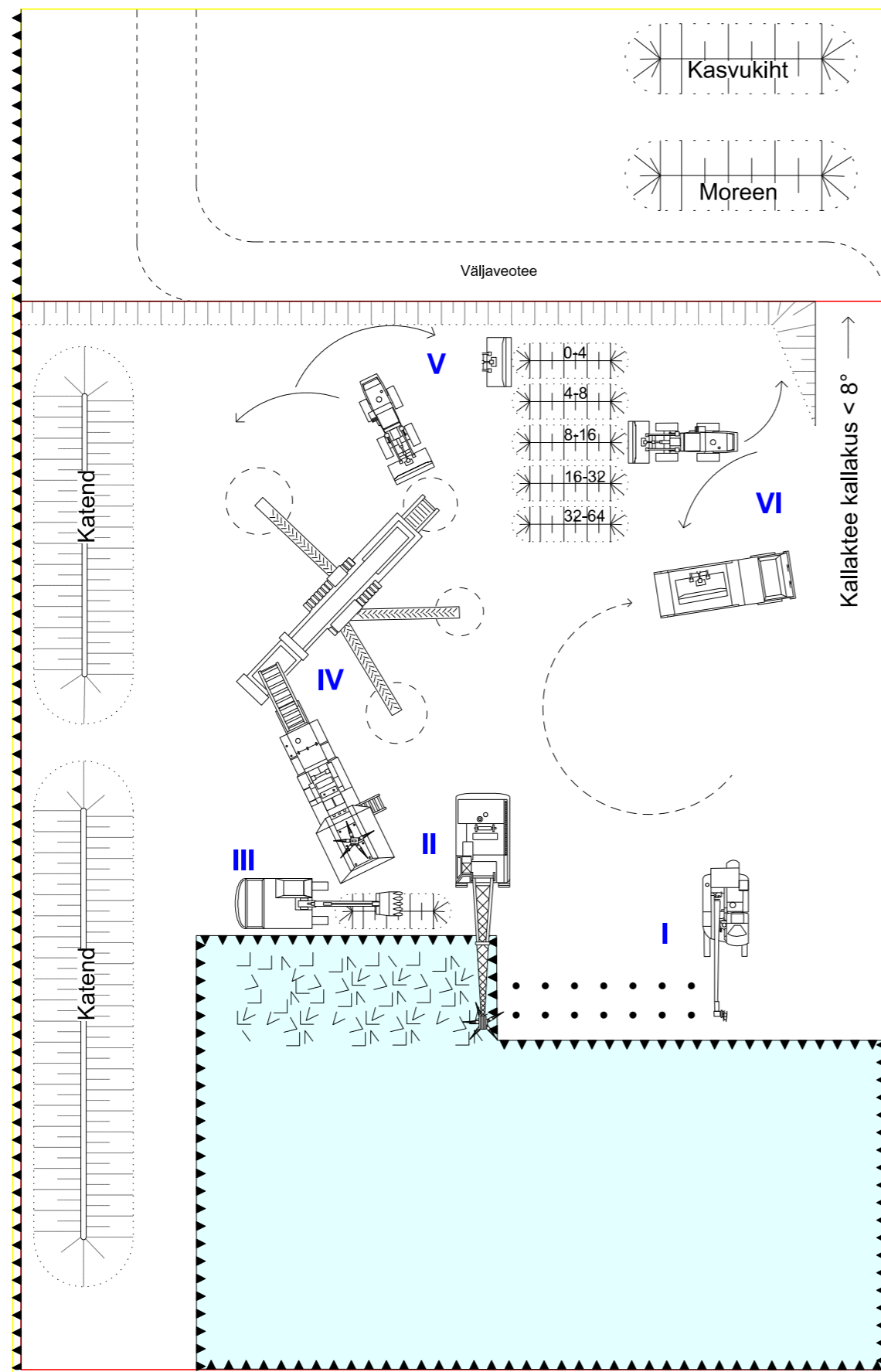
Lõhkeaukude paiknemise skeem



Märkused:

1. Lõhkeaugu skeemi horisontaalne mõõtkava M 1 : 10
2. Kasutatud tarkvara: Bentley PowerCivil for Baltics V8i (litsents: 70000661800020).

Bakalaureusetöö teema Tehnoloogiliste skeemide väljatöötamine pae veealuseks väljamiseks Eesti lubja- ning dolokivi karjäärides	Joonise sisu Lõhkeaukude paiknemise, viidete ja lõhkeaugu skeem	Graafiline lisa 5 / 6 Mõõtkava 1 : 100
 Tallinna Tehnikaülikool Geoloogia Instituut, Mäeosakond Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn Tel. 620 3010	Tudeng Mihkel Aasrand	Kuupäev 29.05.2017
	Juhendaja MSc Tõnu Tomberg	Töö ID 1703B



- I Lõhkepuuraukude puurimine, laadimine ning lõhkamine
- II Kaevise ammutamine veest ning nõrguma tõstmine greiferkopaga
- III Kaevise laadimine ekskavaatoriga purustus-sorteerimissõlme
- IV Kaevise purustamine ja sõelumine
- V Frontaallaaduriga purustus-sorteerimissõlme teenindamine ja toodangu ladustamine
- VI Frontaallaaduriga toodangu laost kallurautole laadimine


Masin	Parameetrid	Ühiku arv, tk	Töö ülesanded
Ekskavaator	Mass 25-35t, kopa maht 1,0 m ³	1	Purustus- sorteerimissõlme teenindamine
Frontaal-laadur	Mass 18-25 t, kopamaht 3,0 m ³	2	Tootangu ladustamine, laadimine
Greiferkopp	Mass 50t, kopa maht 1,4 m ³	1	Kaevise ammutamine
Mobiiline lõõkpurusti	Tootlikkus, 150 t/h	1	Kaevise purustamine
Mobiiline sõelur	Tootlikkus 150 t/h	1	Kaevise sõelumine

- Mäeeraldise piir
- Mäeeraldise teenindusmaa piir
- Karjääri sisetranspordi liikumiseskeem
- - - Masinate liikumise trajektoor
- III Mäetööde protsessi tähis

Märkused:

1. Kasutatud tarkvara:

Bentley PowerCivil for Baltics V8i (litsents: 70000661800020).

Bakalaureusetöö teema Tehnoloogiliste skeemide väljatöötamine pae veeluseks väljamiseks Eesti lubja- ning dolokivi karjäärides	Joonise sisu Ühe astanguga vee seest kaevandamise tehnoloogiline skeem	Graafiline lisa 6 / 6
 Tallinna Tehnikaülikool Geoloogia Instituut, Mäeosakond Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn Tel. 620 3010	Tudeng Mihkel Aasrand	Kuupäev 29.05.2017
	Juhendaja MSc Tõnu Tomberg	Töö ID 1703B

Lihtlitsents lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ja reprodutseerimiseks

Mina, Mihkel Aasrand (sünnikuupäev: 31.12.1991)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

Tehnoloogiliste skeemide väljatöötamine pae veeluseks väljamiseks Eesti lubja- ning dolokivi karjäärides

mille juhendaja on Tõnu Tomberg,

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas TTÜ raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas TTÜ raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta kolmandate isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ja teistest õigusaktidest tulenevaid õigusi.


(allkiri)

29.05.2017