

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Loodusteaduskond

Geoloogia Instituut

# UUS-KIVIÕLI II

## PÕLEVKIVIKAEVANDUSE EELPROJEKT

Magistritöö

Üliõpilane: Kristel Veersalu, 176799 YAEM

Juhendajad: Tõnu Tomberg, MSc, Tallinna Tehnikaülikool, lektor

Tauno Tammeoja, PhD, OÜ VKG Kaevandused, tootmisprotsesside insener

Õppekava: YAEM14/15 – Maa-teadused ja geotehnoloogia

Tallinn 2019

## AUTORIDEKLARATSIOON

Kinnitan, et olen koostanud antud lõputöö iseseisvalt ning seda ei ole kellegi teise poolt varem kaitsmisele esitatud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on töös viidatud.

Autor: Kristel Veersalu

.....

[allkiri ja kuupäev]

Töö vastab magistritööle esitatavatele nõuetele.

Juhendaja: Tõnu Tomberg

.....

[allkiri ja kuupäev]

Töö on lubatud kaitsmisele.

Kaitsmiskomisjoni esimees: [nimi]

.....

[allkiri ja kuupäev]

# SISUKORD

ANNOTATSIOON.....	9
ABSTRACT.....	10
SISSEJUHATUS .....	11
1 LÄHTEÜLESANNE.....	12
2 KAEVEVÄLJA MAA-ALA JA SELLE LÄHIÜMBRUSE KIRJELDUS.....	13
3 GEOLOOGILISED JA HÜDROGEOLOOGILISED TINGIMUSED, MAAVARAVARU SUURUS JA KVALITEET.....	15
3.1 Kaevevälja varasem uuritus .....	15
3.2 Geoloogilised tingimused, varu suurus ja põlevkivi kvaliteet .....	15
3.2.1 Geoloogilised tingimused.....	15
3.2.2 Varu suurus .....	16
3.2.3 Põlevkivihindi kvaliteet.....	16
3.3 Hüdrogeoloogilised tingimused .....	18
4 KAEVANDUSE PROJEKTVÕIMSUS, TÖÖREŽIIM JA IGA .....	21
4.1 Mäetehniliste tingimuste iseloomustus.....	21
4.2 Projektvõimsus.....	21
4.2.1 Projektvõimsus. Variant 1 .....	21
4.2.2 Projektvõimsus. Variant 2 .....	23
4.3 Läbindus- ja koristuse vajaliku arvu määramine.....	23
4.3.1 Läbindusete arvu määramine.....	23
4.3.2 Koristuse vajaliku arvu määramine.....	25
4.3.3 Kokkuvõte.....	25
5 TEENINDUSMAA.....	26
6 KAEVEVÄLJA AVAMINE.....	27
7 KAEVANDAMISVIIS JA KAEVEVÄLJA ETTEVALMISTUS.....	28
7.1 Kaevandamisviis .....	28
7.2 Kaevevälja ettevalmistamine .....	28
7.2.1 Kaevevälja ettevalmistamine. Variant 1.....	29
7.2.2 Kaevevälja ettevalmistamine. Variant 2.....	29
8 PEAKAEVEÕÕNED.....	30

8.1	Peakaldšahtid .....	30
8.2	Peastrekid.....	31
8.3	Tuulutusšurfid .....	31
9	KAEVANDAMISE TEHNOLOOGILINE SKEEM JA MÄERÕHU JUHTIMINE .....	32
9.1	Kaevandamise tehnoloogiline skeem kaldšahtide läbindamisel ning läbindusetes .....	32
9.2	Kaevandamise tehnoloogiline skeem koristustöödel .....	32
9.3	Kambriploki tootlikkuse määramine .....	33
9.3.1	Laadurveoki tootlikkuse määramise meetoodika .....	33
9.3.2	Laadurveoki tootlikkus kambriplokis.....	34
9.4	Mäerõhu juhtimine .....	34
9.4.1	Kambrite ja tervikute mõõtmete määramise meetoodika .....	35
9.4.2	Tõkketerviku laius.....	38
9.4.3	Ankurtoestiku arvutus.....	38
10	TUULUTUS .....	40
10.1	Tuulutuse arvutuse meetoodika .....	40
10.1.1	Ettevalmistus- ja koristuskaeveõõntes vajaliku õhuhulga arvutamine.....	41
10.1.2	Tuulutusrajatistes tekkivate õhukadude arvutamine .....	43
10.1.3	Kaeveõõntes tekkivate survekadude arvutus .....	44
10.2	Tuulutus. I etapp .....	45
10.3	Tuulutus. II etapp .....	45
11	VEEKÕRVALDUS.....	46
11.1	Veekõrvalduse arvutuse meetoodika .....	46
11.1.1	Vee oodatav juurdevool.....	46
11.1.2	Pumpade arvu määramine.....	47
11.1.3	Survetoru diameetri määramine.....	48
11.1.4	Settebasseini mõõtmete määramine.....	48
11.1.5	Äravoolukraavi ristlõike määramine .....	50
11.2	Veekõrvaldusskeem .....	52
11.3	Veekõrvaldus. Variant 1 .....	52
11.3.1	Vee oodatav juurdevool.....	52
11.3.2	Pumbajaam .....	53
11.3.3	Settebasseini parameetrite määramine.....	54

11.3.4	Äravoolukraavi mõõtmete määramine ning vee juhtimine suublasse .....	55
11.4	Veekõrvaldus. Variant 2 .....	56
11.4.1	Vee oodatav juurdevool .....	56
11.4.2	Pumbajaamad .....	56
11.4.3	Settebassein parameetrite määramine.....	57
11.4.4	Äravoolukraavi mõõtmete määramine ja vee juhtimine suublasse .....	58
12	KAEVANDUSE TRANSPORT .....	60
12.1	Maapealne transport .....	60
12.1.1	Autotransport.....	60
12.1.2	Konveiertransport .....	61
12.2	Allmaatransport .....	61
12.2.1	Ratastransport.....	61
12.2.2	Konveiertransport .....	61
13	KAEVISE RIKASTAMINE.....	64
14	KAEVANDUSE RAJAMISE MÕJU KESKKONNALE .....	65
	KOKKUVÕTE .....	67
	KASUTATUD KIRJANDUS.....	68
	LISAD .....	71
	Lisa 1. Laaduri tootlikkuse arvutus.....	71
	Lisa 2. Kambrite ja tervikute arvutus.....	72
	Lisa 3. Tuulutuse arvutus. I etapp .....	75
	Lisa 4. Tuulutuse arvutus. II etapp .....	82
	Lisa 5. Veekõrvalduse arvutus. Variant 1 .....	86
	Lisa 6. Veekõrvalduse arvutus. Variant 2 .....	91
	Lisa 7. Kallurite tootlikkuse ja vajaliku arvu määramine kaevises transpordiks .....	97
	GRAAFILISED LISAD .....	98
	Graafiline lisa 1. Uus-Kiviõli kaevevälja plaan .....	98
	Graafiline lisa 2. Kaevevälja ettevalmistamine. Variant 1.....	98
	Graafiline lisa 3. Kaevevälja ettevalmistamine. Variant 2.....	98
	Graafiline lisa 4. Kaldšahtide skeem.....	98
	Graafiline lisa 5. Läbindamise tehnoloogiline skeem laaduriveokiga .....	98
	Graafiline lisa 6. Läbindamise tehnoloogiline skeem kopplaadurite ja kalluritega.....	98

Graafiline lisa 7. Koristustööde tehnoloogiline skeem.....	98
Graafiline lisa 8. Tuulutusskeem. I etapp .....	98
Graafiline lisa 9. Tuulutusskeem. II etapp .....	98
Graafiline lisa 10. Veekõrvalduse skeem. Variant 1 .....	98
Graafiline lisa 11. Veekõrvalduse skeem. Variant 2 .....	98
Graafiline lisa 12. Pumbajaama plaan.....	98
Graafiline lisa 13. Settetiigi tehnoloogiline joonis.....	98
Graafiline lisa 14. Konveieri trassi ja rajatavate teede plaan .....	98

## JOONISED

Joonis 1 Uus-Kiviõli kaevevälja asendiplaan.....	14
Joonis 2 Kihindi ehitus Uus-Kiviõli kaevevälja piires .....	18
Joonis 3 Skeem kambrite arvutamiseks .....	36
Joonis 4 Kaherealised tõkketervikud, kus pikem telgjoon on risti kaitstava tsooniga .....	37
Joonis 5 Trapetsikujulise äravoolukraavi arvutamise skeem .....	51

## TABELID

Tabel 1 Aktiivse ja passiivse tarbevaru suurus plokkide kaupa [8] .....	16
Tabel 2 Uus-Kiviõli kaevevälja põlevkivikihi näitajad [7].....	17
Tabel 3 Tootsa kihindi põhinäitajad [6].....	17
Tabel 4 Avamiskaeveõõnte telje koordinaadid .....	30
Tabel 5 Tuulutussurfide suudemete koordinaadid .....	31
Tabel 6 Laadurveokite keskmine tehniline tootlikkus poolplokis .....	34
Tabel 7 Tervikute ja kambrite parameetrid .....	38
Tabel 8 Ankurtoestiku arvutuse tulemused .....	39
Tabel 9 CO ja NO <sub>2</sub> gaaside kontsentratsioonid [31] .....	42
Tabel 10 Suhtelised õhukaod tuulutustõkkes [31].....	44
Tabel 11 Tuulutustõkke ristlõike taandamistegur [31] .....	44
Tabel 12 I pumbajaama settetiigi parameetrid.....	54
Tabel 13 II pumbajaama settetiigi parameetrid.....	55
Tabel 14 Äravoolukraavi parameetrid I settebasseini jaoks .....	55
Tabel 15 Äravoolukraavi parameetrid II settebasseini jaoks .....	55
Tabel 16 I pumbajaama settetiigi parameetrid.....	57
Tabel 17 II pumbajaama settetiigi parameetrid.....	58

Tabel 18 Äravoolukraavi parameetrid I settebasseini jaoks .....	58
Tabel 19 Äravoolukraavi parameetrid II settebasseini jaoks .....	59
Tabel 20 8 tonnise kaevise kandevõimega laaduri tootlikkus.....	71
Tabel 21 12 tonnise kaevise kandevõimega laaduri tehniline tootlikkus poolplokis.....	71
Tabel 22 Piirava lubatud suurus.....	72
Tabel 23 Kambritevaheliste tervikute mõõtmete määramine.....	72
Tabel 24 Kogumis- ja külgstreki äärsete tervikute mõõtmete määramine.....	73
Tabel 25 Tõkketerviku laiuse määramine .....	74
Tabel 26 Ankurtoestiku arvutus .....	74
Tabel 27 Peatuulutusstreki tuulutamiseks vajaliku õhuhulga arvutus.....	75
Tabel 28 Peakonveier- ja peatranspordistreki tuulutamiseks vajaliku õhuhulga arvutus .....	75
Tabel 29 Alglööride tuulutamiseks vajaliku õhuhulga arvutus .....	76
Tabel 30 Külgstrekkide tuulutamiseks vajaliku õhuhulga arvutus .....	77
Tabel 31 Kogumisstreki tuulutamiseks vajaliku õhuhulga arvutus .....	77
Tabel 32 Paneeltuulutusstreki tuulutamiseks vajaliku õhuhulga arvutus .....	78
Tabel 33 Paneelkonveieri- ja transpordistreki tuulutamiseks vajaliku õhuhulga arvutus .....	79
Tabel 34 Tuulutusrajatistes tekkivad õhukaod .....	80
Tabel 35 Kaeveõõnte tuulutamiseks vajalik õhuhulk.....	80
Tabel 36 Kaeveõõntes tekkiva survekao arvutus.....	80
Tabel 37 Koristuse tuulutamiseks vajaliku õhuhulga arvutus.....	82
Tabel 38 Ettevalmistuskaeveõõnte tuulutamiseks vajaliku õhuhulga arvutus.....	82
Tabel 39 Eriotstarbeliste kaeveõõnte tuulutamiseks vajaliku õhuhulga arvutus .....	83
Tabel 40 Tuulutusrajatistes tekkivad õhukaod .....	84
Tabel 41 Kaevanduse tuulutamiseks vajaliku õhuhulga arvutus .....	84
Tabel 42 Kaeveõõntes tekkiva survekao arvutus.....	84
Tabel 43 Vee oodatav juurdevool I etapil .....	86
Tabel 44 Vee oodatav juurdevool II etapil .....	86
Tabel 45 Vee oodatav juurdevool III etapil .....	86
Tabel 46 I Pumbajaama parameetrite määramine .....	87
Tabel 47 II pumbajaama parameetrite määramine .....	87
Tabel 48 I settebasseini parameetrite määramine .....	88
Tabel 49 II settebasseini parameetrite määramine .....	89
Tabel 50 I settebasseini äravoolukraavi parameetrite määramine .....	90
Tabel 51 II settebasseini äravoolukraavi parameetrite määramine .....	90
Tabel 52 Vee oodatav juurdevool I etapil .....	91
Tabel 53 Vee oodatav juurdevool II etapil .....	91
Tabel 54 Vee oodatav juurdevool III etapil .....	91
Tabel 55 I Pumbajaama parameetrite määramine .....	92
Tabel 56 II pumbajaama parameetrite määramine .....	93
Tabel 57 I settebasseini parameetrite määramine .....	93
Tabel 58 II settebasseini parameetrite määramine .....	94

Tabel 59 I settebasseini äravoolukraavi parameetrid .....	95
Tabel 60 II settebasseini äravoolukraavi parameetrid .....	95
Tabel 61 Kallurite vajaliku arvu määramine kaevise transpordiks .....	97



## ANNOTATSIOON

Põlevkivi on oluline strateegiline maavara, mida kasutatakse fossiilkütusena ning keemiatööstuse toorainena. Elektrienergia tootmine põlevkivist järk-järgult väheneb ning suureneb põlevkiviõli tootmine. Olemasolevate põlevkivikaevanduste ammendumisel, nagu Estonia ja Ojamaa, tekib vajadus rajada uus kaevandus. Keskkonnaalaselt ja tehnoloogiliselt on kõige sobivam ala põlevkivikaevanduse rajamiseks Uus-Kiviõli kaeveväli.

Uus-Kiviõli kaeveväli jagatakse kaheks osaks – Uus-Kiviõli ja Uus-Kiviõli II. Käesoleva magistritöö eesmärk on välja pakkuda esmased tehnilised lahendused Uus-Kiviõli II põlevkivikaevanduse rajamiseks. Tehnilised lahendused on koostatud Uus-Kiviõli II kaevanduse jaoks arvestades kahte erinevat situatsiooni. Esimesel juhul jäetakse kahe kaevanduse vahele tõkketervik. Teisel juhul tõkketervikut ei jäeta ning kaevandused kasutavad ühiseid avamis- ja kapitaalkaeveõõsi.

Magistritöö tulemusena on koostatud eelprojekt Uus-Kiviõli II kaevanduse rajamiseks ning välja pakutud tehnilised lahendused kaevanduse avamiseks ja eksploatatsiooniks. Käesoleva tööga saab anda esialgse hinnangu, kas kaevanduste rajamine kasutades ühiseid avamis- ja kapitaalkaeveõõsi on otstarbekas või mitte. Töö tulemusena välja pakutud lahendusi saab kasutada Uus-Kiviõli II tööprojekti koostamiseks.

## **ABSTRACT**

Oil shale is an important strategic natural resource, it is used as a fossil fuel and as a raw material for chemical industry. Producing electricity from fossil fuels is gradually decreasing and production of shale oil is increasing. Existing oil shale mines, like Estonia and Ojamaa, will run short of oil shale resource and necessity for a new mine arises. The most suitable area for a new oil shale mine is Uus-Kiviõli oil shale deposit.

Uus-Kiviõli deposit is divided into two mining fields – Uus-Kiviõli and Uus-Kiviõli II. Aim of this master thesis is to provide initial technical solutions for development of Uus-Kiviõli II oil shale mine. Technical solutions were designed considering two different situations. In the first case, barrier pillar will be left between Uus-Kiviõli and Uus-Kiviõli II mine. In the second case, the barrier pillar is not necessary and Uus-Kiviõli and Uus-Kiviõli II mine will use corporate shafts.

As a result of this master thesis, a preliminary project for construction of Uus-Kiviõli II oil shale is designed and technical solutions for opening and operation of mine have been proposed. This work can provide initial assessment whether the development of mining with corporate shafts is feasible. Solutions proposed in this master thesis can be used to elaborate Uus-Kiviõli II oil shale mine work project.

## SISSEJUHATUS

Põlevkivi on Eesti jaoks oluline strateegiline maavara. Käesolevaks ajaks on 100-aastase põlevkivikaevandamise kogemusega välja kujunenud kaks peamist põlevkivi kasutussuunda – põlevkivi töötlemine põlevkiviõliks ja kasutamine tahkekütusena. [1]

Olemasolevate kaevanduste, nagu Estonia ja Ojamaa, ammendumisel, tekib vajadus uue põlevkivikaevanduse rajamiseks. Põlevkivist energiatootmine tulevikus väheneb, kuid üha enam pannakse rõhku hea ekspordipotentsiaaliga põlevkiviõli ja keemiatoodete tootmisele [2]. Käesoleval ajal on Eesti põlevkivimaardla Uus-Kiviõli kaeveväli tehnoloogiliselt ja keskkonnaalaselt optimaalne koht kaevandamiseks [3]. Uue kaevanduse rajamisega on oluline vähendada negatiivset keskkonnamõju ning tõsta põlevkivi kasutamise efektiivsust ja ressursisäästlikkust [2].

Käesoleva magistritöö eesmärgiks on välja pakkuda esmased tehnilised ja tehnoloogilised lahendused uue põlevkivikaevanduse rajamiseks Uus-Kiviõli kaeveväljal. Uus-Kiviõli kaeveväli jagatakse kaheks mäeeraldiseks – põhjapoolseks osaks nimega Uus-Kiviõli ning lõunapoolseks nimega Uus-Kiviõli II. Eelprojekt on koostatud Uus-Kiviõli II kaevevälja kohta. Kuna mäeeraldistel hakkavad kaevandama erinevad ettevõtted ning kaevanduste piirid osaliselt kattuvad, on osa tehnilisi ja tehnoloogilisi lahendusi koostatud kahes variandis, arvestades kahte erinevat situatsiooni. Esimese variandi puhul rajavad ettevõtted Uus-Kiviõli ja Uus-Kiviõli II kaevandused iseseisvalt, erinevatel aegadel ning kaevanduste ühisosa piirile jäetakse tõkketervik. Teises variandis pakutakse välja rajada kaevanduse avamis- ja kapitaalkaeveõõned ühiselt ning kasutada neid ühiselt ka kaevanduse eksploatatsioonil. Töö lähteülesanne on sõnastatud peatükis 1.

Magistritöö tulemusena saab anda esialgse hinnangu, kas kahe kaevanduse rajamine ühiste avamis- ja kapitaalkaeveõõntega on otstarbekas. Käesolevas magistritöös pakutud lahendused, arvutuskäigud ning graafilised lisad on aluseks Uus-Kiviõli II kaevanduse täpsema tööprojekti koostamiseks.

# 1 LÄHTEÜLESANNE

Käesoleva magistritöö ülesanne on koostada Uus-Kiviõli II põlevkivikaevanduse eelprojekt. Projektis antakse esmased tehnoloogilised lahendused kaevanduse rajamiseks.

Eelprojekti koostamisel lähtutakse järgmistest algandmetest:

- Uus-Kiviõli kaeveväli jagatakse kaheks eraldiseisvaks osaks (vt Graafiline lisa 1). Põhjapoolne osa nimega Uus-Kiviõli, pindalaga 4137,9 ha ja väiksem lõunapoolne osa nimega Uus-Kiviõli II, pindalaga 2065,9 ha.
- Eelprojekt koostatakse ainult Uus-Kiviõli II kaevevälja kohta.
- Eelprojekt koostatakse osaliselt kahes variandis. Esimeses variandis arvestatakse, et rajatakse kaeveväljale kaks eraldiseisvat kaevandust, mida jääb eraldama tõkketervik pikki Uus-Kiviõli ja Uus-Kiviõli II piiri. Teises variandis tõkketervikut ei jäeta, avamis- ja kapitaalkaeveõõned rajatakse ühised.
- Projektvõimsus on 2000 tuh t geoloogilist varu aastas.
- Kaevanduse teenindusmaa peab jääma Eesti Vabariigile kuuluvatele kinnistutele.
- Kaevevälja avamine toimub Uus-Kiviõli kaevandus kinnistult (katastritunnus 43801:001:0126).
- Kasutatav kaevandamisviis on tulptervikutega kamberkaevandamine.
- Tuulutus koostatakse ühes variandis kahel erineval mäetööde etapil. Uus-Kiviõli ja Uus-Kiviõli II kaevandused rajavad tuulutussüsteemi eraldiseisvalt.
- Veekõrvalduse osa koostatakse kahes variandis. Esimeses variandis töötab ainult Uus-Kiviõli II kaevandus ning vee sissevool arvestatakse kogu ümbritsevalt alalt. Teisel juhul arvestatakse, et Uus-Kiviõli kaeveväljal toimub samuti kaevandamine ja vee sissevool Uus-Kiviõli II kaevandusse väheneb Uus-Kiviõli kaevandusest välja pumbatava vee koguse võrra.
- Uus-Kiviõli II kaevanduses väljatud kaevis rikastamine toimub Ojamaa kaevanduse rikastusvabrikus.

## 2 KAEVEVÄLJA MAA-ALA JA SELLE LÄHIÜMBRUSE KIRJELDUS

Uus-Kiviõli kaeveväli asub Ida-Viru maakonnas Alutaguse ja Lüganuse valla territooriumil. Uus-Kiviõli kaeveväli jääb Eesti põlevkivimaardla lääneossa (vt Joonis 1). Lõunast piirneb Uus-Kiviõli kaeveväli Eesti põlevkivimaardla Oandu uuringuväljaga (registrikaart nr 0008) ja läänest Sonda uuringuväljaga (registrikaart nr 0009). Uus-Kiviõli kaeveväljast põhja jääb suletud Kiviõli kaevandus, vahetult kirdes paikneb Aidu ammendunud põlevkivikarjäär (registrikaart nr 0003), idas Ojamaa kaevandus (registrikaart nr 0002). [3] [4]

Uus-Kiviõli kaeveväljale jääb üks kaitseala ning kaks kaitstavat looduse üksikobjekti. Lüganuse-Oandu-Tudu riigimaantee nr 13103 ääres paikneb kaitse all olev Oandu parkmets (tunnus KLO1200193) ning sellest põhja pool Mehide männid (tunnus KLO4000810). Uuringuvälja kaguosasse jääb Rääsa kadakas (tunnus KLO4000714). Uus-Kiviõli kaeveväljale ei jää Natura 2000 alasid (vt Graafiline lisa 1). [3] [4]

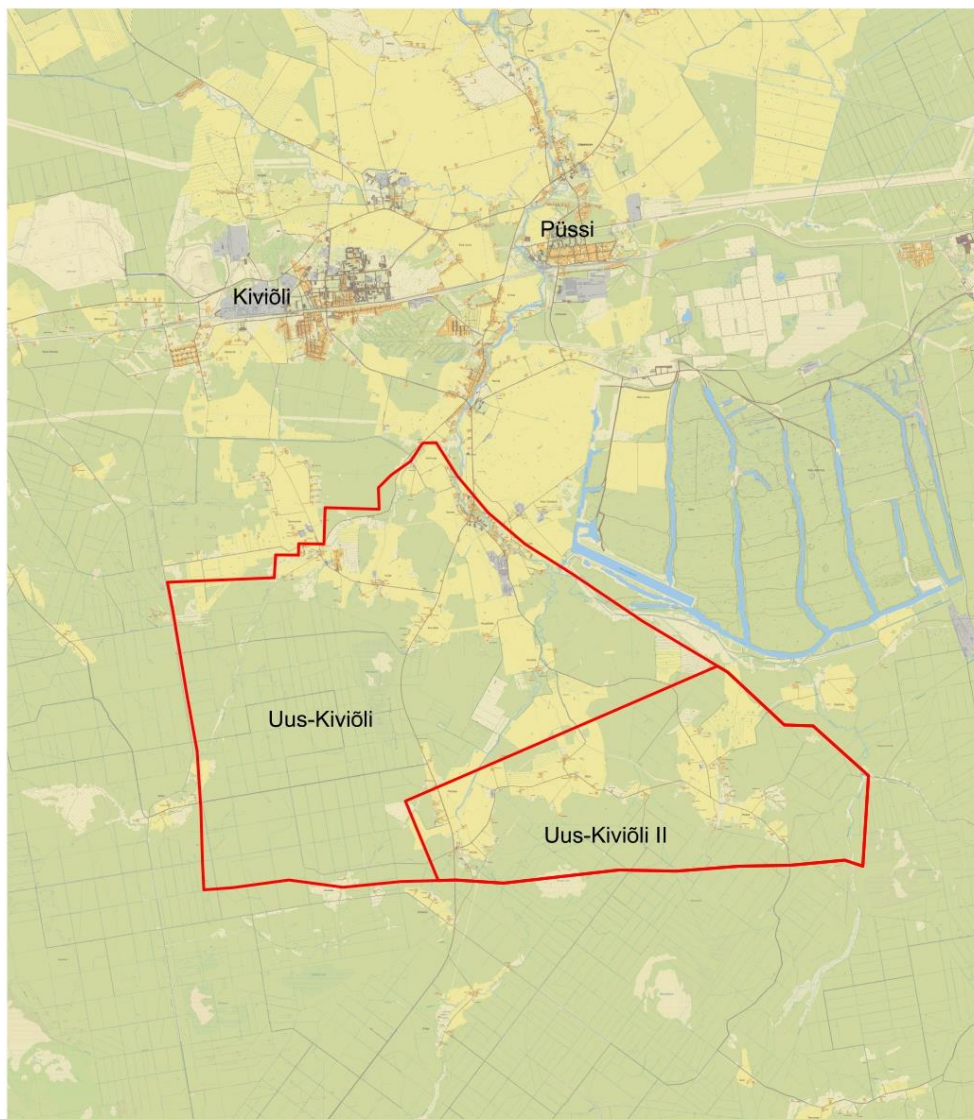
Uus-Kiviõli kaeveväljale jääb kuue III kategooria kaitsealuse liigi elupaika *Dendrocopos minor* (väikekirjurähn), *Dactylorhiza incarnata* (kahkjaspunane sõrmkäpp), *Listera ovata* (suur käepõll), *Dactylorhiza fuchsii* (vööthuul-sõrmkäpp), *Gymnadenia conopsea* (harilik käoraamat) ja *Dactylorhiza maculata* (kuradi-sõrmkäpp). [4]

Uus-Kiviõli kaevevälja läbivasse Purtse jõkke suubuvad Mehide oja ning Hirmuse jõgi. Aktiivse tarbevaru 3 plokki idapiiri läheduses on Purtse ürgorg. Uuringuala idaossa jääb Ojamaa jõgi, keskosas paikneb Rohukabja soo ning lõunapiiril Oandu soo. [3] [4]

Uus-Kiviõli kaeveväljal paikneb 18 küla, sellest Alutaguse valla territooriumil Kiikla küla ning Lüganuse valla territooriumil Rääsa, Ojamaa, Rebu, Aruküla, Uniküla, Savala, Arupäälse, Mehide, Aruvälja, Kulja, Soonurme, Hirmuse, Sirtsu, Lümatu, Veneoja, Oandu ja Aidu küla. [3] [4]

Kaevevälja alale jäävad Lüganuse-Oandu-Tudu riigimaantee nr 13103, Sonda-Oandu riigimaantee nr 13127, Maidla-Hirmuse riigimaantee nr 13125, Aru-Rebu riigimaantee nr 13203, Oandu-Rääsa riigimaantee nr 13128, Aruvälja-Soonurme riigimaantee nr 13202 ja Savala-Arvila riigimaantee nr 13129. [3] [4]

Uus-Kiviõli kaeveväljal vaheldub haritav maa metsamaaga, ala on kohati soostunud, kaeveväljal paiknevad riigi- ja erakinnistud. [3] [4]



— Kaevvälja piir

0 2000 4000 m

Märkused:

Joonise koostamisel on kasutatud:  
- Maa-ameti põhikaarti (seisuga 29.03.2019).

Joonis 1 Uus-Kiviõli kaevvälja asendiplaan

### **3 GEOLOOGILISED JA HÜDROGEOLOOGILISED TINGIMUSED, MAAVARAVARU SUURUS JA KVALITEET**

#### **3.1 Kaevevälja varasem uuritus**

Uus-Kiviõli põlevkivimaardla registrikaardi (nr 0011) järgi on uuritud maardlat viiel korral [5]:

- ENSV PM Kiviõli, Küttejõu, Kohtla ja Ubja kaeveväljade põlevkivi varu uuringu aruanne (Geoloogia Instituut, 1948);
- Eesti Põlevkivimaardla 43 – 46 kaeveväljade detailuuringu ja struktuuriotsingu aruanne (Loode Geoloogia Valitsus, 1953);
- Eesti põlevkivimaardla Kiviõli kaevevälja varu ümberarvutuse aruanne 1965. a konditsioonide järgi (Eesti NSV Geoloogia Valitsus, 1968);
- Eesti põlevkivimaardla varu ümberhindamine (seisuga 01.01.1995). Uus-Kiviõli uuringuväli (Eesti Geoloogiakeskus, 1995);
- Eesti põlevkivimaardla Uus-Kiviõli uuringuvälja registrikaardi (0011) täpsustamine, seletuskiri (Eesti Geoloogiakeskus OÜ, 2007).

#### **3.2 Geoloogilised tingimused, varu suurus ja põlevkivi kvaliteet**

Eesti põlevkivimaardla on jaotatud 23-ks kaeve- ja uuringuväljaks. Uus-Kiviõli kaeveväli asub Eesti põlevkivimaardla lääneosas. Tootuskihind (A-F<sub>1</sub>) on maksimaalse paksusega maardla põhja- ja idaosas, tootuskihindi paksus väheneb maardla lõuna ja lääne suunas. Tootuskihindi sügavus suureneb lõuna suunas. [2]

Eesti põlevkivimaardla Uus-Kiviõli kaevevälja edelaosasse ulatub Rakvere fosforiidimaardla (registrikaart nr 0192) fosforiidi prognoosvaru plokk 25. [3] [4]

##### **3.2.1 Geoloogilised tingimused**

Uus-Kiviõli kaevevälja põhjapoolses osas jääb põlevkivi 15 – 25 m sügavusele. Settekivimikihtide kaldse lasumuse tõttu katendi maht lõunapoolses osas suureneb ulatudes 35 – 45 meetrini, maksimaalne katendi paksus on kaevevälja edelaosas ulatudes 50 meetrini. Kvaternaari setete paksus on valdavalt 2 – 3 m piires, kuid esineb piirkondi, kus setete paksus on 6 – 8 m. Mattunud ürgorgudes on Kvaternaari setete paksus 30 – 50 m, ulatudes põlvkivilamamist madalamale. Kvaternaari setted võivad olla vettandvad. [6]

Kasuliku kihi lamami absoluutkõrgus kaevevälja põhjapoolses osas on 27 – 32 m. Settekivimite nõrga lõunasuunalise kallakuse tõttu (kallakus 10 – 15') on kaevevälja lõunapoolses osas kasuliku kihi lamam absoluutkõrgusel 9 – 14 m. Kaevevälja keskosas on 1 kuni 1,5 km laiune lääne-ida-suunaline võõnd, kus kasuliku kihi kallakus on tavapärasest 2 – 3 korda suurem. [6]

Põlevkivikihindis vahelduvad põlevkivi kihid lubjakivi vahekihtidega. Kihid levivad ühtlaselt, välja arvatud karstissoonides, kus põlevkivi on karstisaviga vahetunud ning mattunud ürgorgudes, kus kihid on kulutatud. Kirdesuunalised karstissoonid on levinud kaevevälja kaguosas, ürgorud on levinud pikki kaevevälja ida- ja põhjapiiri. Põlevkivikihindi A – F<sub>1</sub> paksus on vahemikus 2,5 – 2,7 m. [6]

### 3.2.2 Varu suurus

Uus-Kiviõli kaevevälja pindala on 6251,21 ha ja hõlmab aktiivse tarbevaru (aT) maavaravaru plokk 1, 2 ja 3 ning passiivse tarbevaru (pT) plokk 4 ja 5. Maavaravaru kogus on 209 357 tuh t, millest aktiivne tarbevaru on 207 766 tuh t (vt Tabel 1). [7]

Passiivse tarbevaru plokk 4 on endise Kiviõli kaevanduse üks tervik, kus põlevkivi on pealmaakaevandamisega väljatav põlevkivi madala lasumissügavuse tõttu (5 – 10 m). Plokk 5 on hinnatud passiivseks tarbevaruks Oandu parkmetsa looduskaitse piirangu tõttu. [7]

Põlevkivikihindi kvaliteet on esitatud peatükis 3.2.3.

Tabel 1 Aktiivse ja passiivse tarbevaru suurus plokkide kaupa [8]

Ploki nimi	Ploki liik	Pindala, ha	Varu suurus, tuh t
Plokk 1	aT	1 617,15	54 155
Plokk 2	aT	2 219,77	74 584
Plokk 3	aT	2 366,90	79 027
Plokk 4	pT	44,62	1 494
Plokk 5	pT	2,88	97
<b>Kokku</b>		<b>6 251,21</b>	<b>209 357</b>

### 3.2.3 Põlevkivikihindi kvaliteet

Põlevkivi varu arvutus põhineb Vello Kattai 1995. aasta aruandel „Eesti põlevkivimaardla varu ümberarvutamine (seisuga 01.01.1995)“. Põlevkivikihindi kvaliteet ja varu on arvutatud kihtides A – F<sub>1</sub>. Kiht F<sub>2</sub> jäeti madala kütteväärtuse tõttu varu arvutusest välja. Kihindi A – F<sub>1</sub> keskmise paksuse ja kütteväärtuse arvutamiseks kasutati ploki vähemalt 10 usaldusväärseid paksuse ja kütteväärtuse määranguid (puursüdamiku väljatulek oli vähemalt 90 - 100%). [9]

Kõigis viies ploki vastab maavaravaru majanduslike kriteeriumite järgi aktiivse varu nõuetele (energiatootlikkus 37,2– 39,0 GJ/m<sup>2</sup>) ning plokkide uurituse tase on piisav vastamaks tarbevaru nõuetele. [7] [9]

Tootsa kihindi keskmised kvaliteedinäitajad plokkide kaupa on toodud tabelis (vt Tabel 2).

Kihtide keskmised kvaliteedinäitajad on toodud tabelis (vt Tabel 3) ning põlevkivikihindi ehitus kujutatud joonisel (vt Joonis 2).

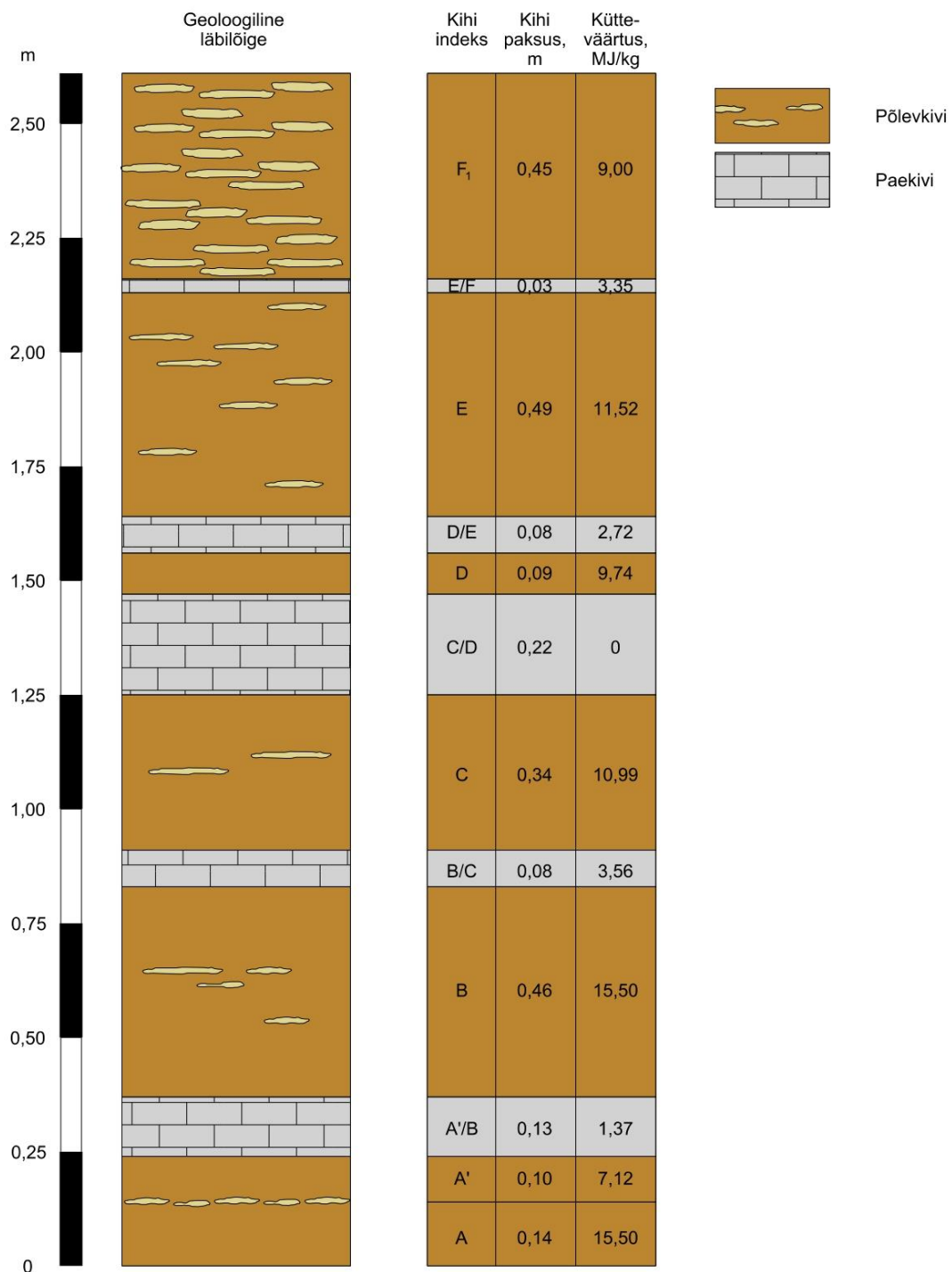


Tabel 2 Uus-Kiviõli kaevevälja põlevkivikihindi näitajad [7]

Ploki nr	Kihi indeks	Kihindi paksus, m	Põlevkivi-kihtide summaarne paksus, m	Tootus-kihindi kütteväärtus MJ/kg	Põlevkivi kütteväärtus, MJ/kg	Põlevkivi mahukaal, t/m <sup>3</sup>	Tootsa-kihindi energia-tootlus, GJ/m <sup>2</sup>	Katendi paksus, m
1	F <sub>1</sub> -A	2,60	2,08	5,58	11,10	1,61	37,2	10-30
2	F <sub>1</sub> -A	2,58	2,10	8,85	11,31	1,60	38,0	20-50
3	F <sub>1</sub> -A	2,62	2,10	8,86	11,68	1,59	39,0	20-45
4	F <sub>1</sub> -A	2,60	2,08	8,58	11,10	1,61	37,2	2-8

Tabel 3 Tootsa kihindi põhinäitajad [6]

Kihi, kihikompleksi indeks	Paksus, m	Kütteväärtus, MJ/kg	Õlisaagis, %	Mahumass, t/m <sup>3</sup>
A	0,13 – 0,15	14,66 – 16,33	26,2 – 29,0	1,41 – 1,46
A'/A	0,01 – 0,03	2,51 – 2,93	4,3 – 4,6	2,12 – 2,14
A'	0,06 – 0,09	6,28 – 7,96	1,3 – 14,0	1,77 – 1,86
A'/B	0,12 – 0,14	1,05 – 1,68	1,9 – 3,2	2,21 – 2,30
B	0,42 – 0,49	14,87 – 16,12	26,7 – 28,6	1,42 – 1,44
B/C	0,07 – 0,09	3,35 – 3,77	6,1 – 6,9	2,03 – 2,06
C	0,31 – 0,36	9,84 – 12,14	17,5 – 21,5	1,56 – 1,66
C/D	0,20 – 0,24	0	0	2,41
D	0,08 – 0,10	9,42 – 10,05	16,8 – 17,8	1,67 – 1,69
D/E	0,07 – 0,09	2,51 – 2,93	4,4 – 4,7	2,13 – 2,15
E	0,46 – 0,51	11,31 – 11,73	20,3 – 20,7	1,57 – 1,59
E/ F <sub>1</sub>	0,02 – 0,04	2,93 – 3,77	5,2 – 6,4	2,05 – 2,11
F <sub>1</sub>	0,44 – 0,46	8,79 – 9,21	15,7 – 16,2	1,70 – 1,72
A - F <sub>1</sub> (MM)	2,50 – 2,70	8,38 – 8,79	15,0 – 15,7	1,72 – 1,74
A - F <sub>1</sub> (PK)	2,02 – 2,15	11,10 – 11,73	19,9 – 21,5	1,59 – 1,61
Kihikompleksid				
D - F <sub>1</sub>	1,11 – 1,20	9,21 – 9,63	16,2 – 17,0	
B - C	0,82 – 0,92	11,73 – 13,19	20,8 – 23,6	
A – A'	0,22 – 0,24	10,05 – 11,31	17,9 – 20,5	



Joonis 2 Kihindi ehitus Uus-Kiviõli kaevevälja piires

### 3.3 Hüdroteoloogilised tingimused

Kaevandusse tungiva põhjaveevoolu moodustavad Kvaternaari, Ordoviitsiumi, Ordoviitsiumi – Kambriumi ja Kambrium – Vendi veekompleksid. Pinnaseveetase on vabapinnaline ning on keskmiselt 1 – 2 m maapinnast. Veetase sõltub suuresti maapinna reljeefist ja ilmastikust.

Ordoviitsiumi veekompleksi vettandvateks kihtideks on valdavalt lõhelised paekivid. Ordoviitsium – Kambriumi veekompleksi vettandvaks kihiks on tsementeerunud liivakivi. [3] [6]

**Kvaternaarisetete vesi** on esindatud jääjärveliste, jõe- ja mattunud orgude setete ja saviliiva- ja kruusaläätsede ning vahekihtide veest. [10]

- **Soosetete vesi** on alal laia levikuga. Suuremates turbarabades on turbakihi keskmine paksus 3,0 m ja väiksemates 2,0-2,5 m. Turvas lasub jääjärvelise ja järvelise päritoluga liivsavi, savil ja peeneteralisel liival. Kevadeti langeb veetase kokku maapinnaga, kuivemal aastaajal veetase langeb 0,5 – 1,0 m maapinnast. Filtratsioonikoefitsient on 1 m/ööp. [10]
- **Jääjärveliste setete vesi** on levinud 0,5 – 4,0 m paksusega keskmise-, peene- ning pisiteralistes liivades. Veetase on maapinnast 0,5 – 2,0 m sügavusel. [10]
- **Jõe- ja mattunud orgude setete vesi** levib kuni 500 m laiuse ribana Purtse ja Ojamaa jõe orus ning Savala mattunud orus. Purtse ja Ojamaa kaasaegsed setted lamavad Savala mattunud oru iidsetele setetele ning need on omavahel hüdrauliliselt seotud. Vettandva kihi paksus on 10 – 30 m ning veekiht levib 500 m ribana, mis moodustab kaeväljale loodusliku idapiiri lõikudes aluspõhjakiivimitesse ja lõhkudes geoloogilis-hüdrogeoloogilise läbilõike. Kaasaegsete jõe setete paksus jääb vahemikku 0,5 – 2,0 m. Vettandvad kivimid on kruusad ja aleuriidid. Filtratsioonikoefitsient on 3,6 m/ööp ja veetaseme sügavus maapinnast on 2 – 3 m, veetase alaneb põhja suunas. [3] [10]
- **Saviliiva- ja kruusaläätsede ning vahekihtide vesi** levib moreenis. Moreen on vähese veeandvusega, veekihi paksus on kuni 3 m ning veetase on maapinnast 1,5 m sügavusel. Moreen lasub aluspõhjakiivimitel ning koosneb jämpurdsest väheümaritud karbonaatmoreenist. Filtratsioonikoefitsient on 0,2-4,0 m/ööp. [3] [10]

Kvaternaarsetted ladestavad sademevett ning avaldavad reguleerivat mõju alumiste veekihtide toitumisele. [10]

### **Ordoviitsiumi veekompleks**

- **Nabala-Rakvere veekiht** – vettandvateks kivimiteks on savikad ja kavernoossed lõhelised lubjakivid. Veekiht levib kaevälja lõunaosas ning kiildub välja ala edelaosas. Veekihi paksus kaevälja edelaosas on 7 m, suurenedes lõunaosas kuni 25 meetrini. Alumiseks veepidemeks on Oandu ja Keila lademe ülemise osas mergel ja savikas lubjakivi ning ülemine veepide praktiliselt puudub, veekiht on seotud Kvaternaari setete veega. Filtratsioonikoefitsient on vahemikus 2,0 -7,0 m/ööp. [3] [10]
- **Keila-Kukruse veekiht** – vettandvate kivimite keskmiseks paksuseks on 18 – 30 m ning selle moodustavad Ülem-Ordoviitsiumi Keila, Jõhvi, Idavere ja Kukruse lademe lõhelised, kohati kavernoossed ja dolomiidistunud lubjakivid. Kaevälja põhjaosas veekihid väljuvad Kvaternaari setete alla, Oandu lademe savikas lubjakivi moodustab ülemise veepideme ala lõunaosas. Alumise veepideme moodustab Uhaku lademe savikas lubjakivi, mis katkeb Savala mattunud ürgoru keskosas. Veekihi veerikkus on ebaühtlane, mis sõltub kivimite purustatusest ning lõhelisusest. Kindaks on tehtud kaks lõhede süsteemi, üks on

kirdesuunaline 60-70° ning loodesuunaline 320-330°, esineb kihindumislõhesid. Keskmine filtratsioonikoefitsient on 16 m/ööp. [3] [10]

- **Lasnamäe-Kunda veekiht** – levib Kesk-Ordoviitsiumi ajastu Lasnamäe lademe ja Aseri kihtide ning Alam-Ordoviitsiumi Kunda lademe lubjakivides ning dolomiidistunud lubjakivides. Veekiht on üldise levikuga ja keskmine paksus on 20 m. Ordoviitsiumi veekompleksi vettpidavaks lasumiks on Uhaku lademe savikad lubjakivid. Alumise veepideme moodustavad Volhovi ja Leetse lademe savikad glaukoniitlubjakivid ja liivakivid ning Pakerordi lademe graptoliitargilliit. Filtratsioonikoefitsient on 0,3-2,5 m/ööp. [3] [10]

**Ordoviitsiumi – Kambriumi veekiht** – vettandvate kivimite keskmine paksus on 22 m ning need koosnevad peamiselt Alam-Ordoviitsiumi Pakerordi lademe ja Kesk-Kambriumi Tiskre ning Pirita kihistu peeneteralistest ja keskmiseteralistest liivakividest. Harva esineb ka aleuriidi vahekihte. Kambriumi savid moodustavad vettpidava lamami. Tegemist on survele veekihiga, mille tase alaneb kaevevälja põhjaosas. Filtratsioonimoodul 2 – 3 m/ööp. [3] [10]

## 4 KAEVANDUSE PROJEKTVÕIMSUS, TÖÖREŽIIM JA IGA

### 4.1 Mäetehniliste tingimuste iseloomustus

Uus-Kiviõli kaevevälja mäetehnilised tingimused sarnanevad teiste Eesti põlevkivimaardla tingimustega. Soodsad mäetehnilised tingimused lihtsustavad maavara kaevandamist. Soodsateks tingimusteks on kõvadest lubjakividest koosnevate lae- ja põrandakivimite hea püsivus, kasuliku kihi ühtlane paksus kogu kaevevälja ulatuses ning valdavalt väike kallakus lõuna suunas (praktiliselt horisontaalne lasumus), ligi 5% Uus-Kiviõli kaevevälja plokk 1 aT pindalast jääb kihindi järsu langusega anomaalsesse lasumiskiirkonda. [3] [11]

Ebasoodsateks tingimusteks on hüdrogeoloogiliste tingimuste keerukus, väljatava kihindi ehitus – põlevkivikihid vahelduvad paekivikihtidega, lõhede esinemine ning karstirikked. Kihindi suurem karstumine esineb kaevevälja lõunaosas. Uus-Kiviõli kaevevälja põhjapiirile jääb Kiviõli kaevanduse veega täitunud ala. [3] [11]

### 4.2 Projektvõimsus

#### 4.2.1 Projektvõimsus. Variant 1

Uus-Kiviõli II mäeeraldise pindala on 2068,86 ha ning see hõlmab osaliselt Uus-Kiviõli kaevevälja põlevkivi aktiivse tarbevaru plokk 2 ja 3. Esimeses variandis jäetakse kahe kaevanduse vahele 30 m laiune tõkketervik, mis arvestatakse kaevandatavast varust maha. Kaevandamisele kuuluv maavaravaru koguse leitakse valemiga:

$$m = S \cdot h_{p\delta} \cdot \rho = \frac{20\,431\,524 \text{ m}^2 \cdot 2,09 \text{ m} \cdot 1,6 \frac{\text{t}}{\text{m}^3}}{1000} = 68\,323 \text{ tuh t} \quad (1)$$

kus  $m$  – kaevandatav maavaravaru kogus, tuh t;

$S$  – kaevandamisele kuuluva ala pindala, m<sup>2</sup>;

$h_{p\delta}$  - põlevkivikihi keskmine paksus, m;

$\rho$  - mahukaal, t/m<sup>3</sup>.

Uus-Kiviõli II kaevanduse aastatoodang on 2000 tuh t geoloogilist varu. Aastatoodangu saamiseks kaevise järgi, on vaja arvutada põlevkivikihi tootlus järgmise valemi abil [12]:

$$p_{pk} = h \cdot d = 2,36 \text{ m} \cdot 1,68 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} = 3,96 \frac{\text{t}}{\text{m}^2} \quad (2)$$

kus  $p_{pk}$  – põlevkivikihi tootlus, t/m<sup>2</sup>;

$h$  – kihindi paksus, m;

$d$  – mahumass, t/m<sup>3</sup>.

Kogu kihindi tootluse saamiseks arvestatakse juurde ka kihi  $F_2$ . Kasutades valemit nr 2 saame kogu kihindi tootluse järgmiselt:

$$p_k = h \cdot d = 2,99 \text{ m} \cdot 1,90 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} = 5,68 \frac{\text{t}}{\text{m}^2}$$

kus  $p_k$  – kogu kihindi tootlus, t/m<sup>2</sup>;

Vajaliku aastatoodangu tagamiseks tarvilik kaevise kogus leitakse valemiga [12]:

$$m_k = \frac{p_k \cdot (1 + W) \cdot m_{geo}}{p_{pk}} = \frac{5,68 \frac{\text{t}}{\text{m}^2} \cdot (1 + 0,08) \cdot 2\,000\,000 \text{ t}}{3,96 \frac{\text{t}}{\text{m}^2}} = 3\,195\,104 \text{ t} \quad (3)$$

Põlevkivi looduslik niiskus määratakse võrrandiga [13]:

$$W = 1,27 + 1,55 \cdot Q - 0,058 \cdot Q^2 = 1,27 + 1,55 \cdot 11,10 - 0,058 \cdot 11,10^2 = 11,33 \% \quad (4)$$

kus  $m_k$  – kaevise toodang aastas, t;

$W$  – põlevkivi looduslik niiskus, %;

$m_{geo}$  – geoloogiline varu, t;

$Q$  – põlevkivi kütteväärtus, MJ/kg.

Arvestades, et aastas on 252 tööpäeva, saame kaevanduse ööpäevaseks toodanguks põlevkivi [11]:

$$m_{\text{ööp},geo} = \frac{m_{geo}}{a} = \frac{2000 \text{ tuh t} \cdot 1000}{252} = 7937 \frac{\text{t}}{\text{ööp}} \quad (5)$$

kus  $m_{\text{ööp},geo}$  – kaevanduse ööpäevane toodang (põlevkivi), t/ööp;

$m_a$  – põlevkivi aastatoodang, tuh t;

$a$  – tööpäevade arv aastas.

Ööpäevane toodang kaevise järgi [11]:

$$m_{\text{ööp},k} = \frac{m_k}{a} = \frac{3195 \text{ tuh t} \cdot 1000}{252} = 12\,679 \frac{\text{t}}{\text{ööp}} \quad (6)$$

kus  $m_{\text{ööp},k}$  – kaevanduse ööpäevane toodang (kaevis), t/ööp.

Kaevanduse tööaeg  $T$ , kui kaevandamisel tekkivad kaod moodustavad 25% varust, määratakse järgmise valemi abil [11]:

$$T = \frac{m \cdot k}{m_a} = \frac{68\,323 \text{ tuh t} \cdot 0,75}{2000 \frac{\text{tuh t}}{a}} \approx 26 \text{ a} \quad (7)$$

kus  $T$  – kaevanduse tööiga, a;

$m$  – kaevandatav varu kogus, tuh t;

$k$  – kaod tervikutes, %.

Kaevanduse tööeale arvestatakse juurde kaevanduse avamisele (3 aastat) ja sulgemisele (2 aastat) kuluv aeg, millest tulenevalt on kaevanduse oodatav tööaeg 31 aastat.

#### 4.2.2 Projektvõimsus. Variant 2

Teise variandi puhul on kaevandatav varu kogus 764 tuh t võrra suurem, kuna 30 m laiust tõkketervikut kahe kaevanduse vahele ei jäeta. Sellisel juhul on Uus-Kiviõli II kaevevälja kaevandatav varu kogus 69 087 tuh t. Kuna kaevanduse planeeritud aastatoodang on mõlemal variandil sama ning juurde tulnud varu kogus võrdlemisi väike, on kaevanduse eeldatav tööaeg koos kaevanduse avamisega ja sulgemisega samuti 31 aastat.

### 4.3 Läbindus- ja koristuse vajaliku arvu määramine

Läbindus- ja koristuse maht on esimesel ja teisel variandil sama. Teisel variandil suureneb vähesel määral läbindamise maht, kuna kaevanduste vahele ei jää tõkketervikut.

#### 4.3.1 Läbindusete arvu määramine

Uus-Kiviõli II kaeveväljal on planeeritavate kaeveõõnte kogupikkus 184 791 m. Sirged kaeveõõned, ilma ühenduslõõrideta ja niššideta, moodustavad 80% läbindatavatest kaeveõõntest [11]. Arvestades sirgetele kaeveõõntele juurde ühenduslõõrid ja nišid, on läbindatavate kaeveõõnte kogupikkus 230 989 m. Mäeeraldise piires on aktiivse tarbevaru suurus 68 323 tuh t, kaod moodustavad 25%, millest tulenevalt on kaevandatava varu suurus 51 242 tuh t.

Läbindustööde erimaht 1000 tonni väljatava varu kohta leitakse järgmise valemiga [11]:

$$K = \frac{L}{m_k} = \frac{230\,989 \text{ m}}{51\,242 \text{ tuh t}} = 4,5 \frac{\text{m}}{\text{tuh t}} \quad (8)$$

kus  $K$  – läbindustööde erimaht, m/tuh t;

$L$  – kaeveõõnte kogupikkus, m;

$m_k$  – väljatavate varude kogus, tuh t.

Karstirike ümbritsetakse tervikuga, millest tulenevalt tuleb läbindusööde erimaht võtta suurem [11]:

$$K = 4,7 \frac{m}{tuh\ t}$$

Läbindustööde maht aastas leitakse järgmise võrrandiga [11]:

$$\begin{aligned} K_a &= m_a \cdot K = 2000 \frac{tuh\ t}{a} \cdot 4,7 \frac{m}{tuh\ t} = \\ &= 9416 \frac{m}{a} \end{aligned} \quad (9)$$

kus  $K_a$  – läbindustööde maht aastas, m/a.

Läbindustööde maht kuus [11]:

$$K_k = \frac{K_a}{12} = \frac{9416 \frac{m}{a}}{12} = 785 \frac{m}{kuus} \quad (10)$$

kus  $K_k$  – läbindustööde maht kuus, m/kuus.

Läbindusete vajaliku arvu saamiseks tuleb läbindustööde maht jagada läbindustööde kiirusega [11]:

$$e_l = \frac{K_k}{v} = \frac{785 \frac{m}{kuus}}{320 \frac{m}{kuus}} = 2,5\ ett \approx 3\ ett \quad (11)$$

kus  $e_l$  – läbindusete vajalik arv, tk;

$v$  – läbindustööde kiirus, m/kuus.

Ööpäevane toodang läbindusetes, kui kuus on 21 tööpäeva, määratakse järgmise valemiga [11]:

$$\begin{aligned} m_{\text{ööp},l} &= \frac{e_l \cdot v \cdot l \cdot s}{21} = \frac{3 \cdot 320 \frac{m}{kuus} \cdot 5,75\ m \cdot 3,96 \frac{t}{m^2}}{21} = \\ &= 1040 \frac{t}{\text{ööp}} \end{aligned} \quad (12)$$

kus  $m_{\text{ööp},l}$  – ööpäevane toodang läbindusetes, t/ööp;

$l$  – kaeveõõnte keskmine laius, m;

$s$  – põlevkivikihindi tootlikkus, t/m<sup>2</sup>.



### 4.3.2 Koristuse vajaliku arvu määramine

Koristuse vajaliku arvu määramiseks arvestatakse koristuse ööpäevaseks toodanguks 2200 t põlevkivi. Koristuse ööpäevane toodang valitakse kambriplokis kasutatavate laadurite tootlikkuse järgi, mis on arvatud peatükis 9.3.

Põlevkivi ööpäevane toodang kõigis koristustes leitakse järgmise võrrandiga [11]:

$$\begin{aligned} m_{\ddot{o}p,kr} &= m_{\ddot{o}p,ri} - m_{\ddot{o}p,l} = 7937 \frac{t}{\ddot{o}p} - 1040 \frac{t}{\ddot{o}p} = \\ &= 6897 \frac{t}{\ddot{o}p} \end{aligned} \quad (13)$$

kus  $m_{\ddot{o}p,kr}$  – koristuse ööpäevane toodang, t/ööp.

Koristuse arv leitakse valemiga [11]:

$$e_k = \frac{m_{\ddot{o}p,kr}}{m_{kr}} = \frac{6897 \frac{t}{\ddot{o}p}}{2200 \frac{t}{\ddot{o}p}} = 3,13 \text{ ett} \approx 4 \text{ ett} \quad (14)$$

kus  $e_k$  – koristuse arv, tk;

$m_{kr}$  – ühe koristuse toodang ööpäevas, t/ööp.

### 4.3.3 Kokkuvõte

Kaevanduses vajaliku tootmisvõimsus tagamiseks (2000 tuh t põlevkivi aastas), peab üheaegselt töötama 3 läbindusette, mille läbindamise kiirus on 320 m/kuus ning 4 koristusett, kus ühe koristuse ööpäevane toodang on 2200 t.

## 5 TEENINDUSMAA

Teenindusmaaks nimetatakse maa-ala mäeeraldise ümber või kohal ja ümber, mis määratakse kaevandamise loaga. [14]

Uus-Kiviõli II põhiteenindusmaa on planeeritud kaevevälja idapiirile (vt Graafiline lisa 1) Eesti Vabariigile kuuluvale Uus-Kiviõli kaevandus kinnistule (katastritunnus 43801:001:0126, sihtotstarve 70% maatulundusmaa ja 30% mäetööstusmaa), mille valitsejaks on Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium [4]. Uus-Kiviõli kaevandus kinnistu asub Lügánuse vallas Rebu külas. Abiteenindusmaana kasutatakse Eesti Vabariigile kuuluvat Maidla metskond 5 kinnistut (katastritunnus 44901:003:0830, sihtotstarve 100% maatulundusmaa), mille valitsejaks on Keskkonnaministeerium ja volitatud asutuseks Riigimetsa Majandamise Keskus [4].

Uus-Kiviõli kaevandus kinnistu pindala on 117,91 ha, millest sihtotstarbeliselt on mäetööstusmaana kasutatav ala pindalaga 35,37 ha. Põhiteenindusmaale rajatakse kaevanduse töö korraldamiseks kaldšahtide maapealsed hooned, garaaž, varuosade hoidla ja administratiivhoone töötajatele.

Abiteenindusmaale rajatakse settebasseinid, tuulutusšurfid jm abirajataised, mille paiknemine põhiteenindusmaal ei ole mäetööde eripära tõttu võimalik.

Settebasseinid rajatakse Uus-Kiviõli kaevandus kinnistule (katastritunnus 43801:001:0126) ning Maidla metskond 5 kinnistule (katastritunnus 44901:003:0830). Settebasseini asukohad on kujutatud graafilistel lisadel (vt Graafiline lisa 10 ja 11).

Esimese paneeli tuulutusšurfid asuvad Uus-Kiviõli kaevandus kinnistul (katastritunnus 43801:001:0126), tuulutusšurfide suudmete koordinaadid on toodud peatükis 8.3. Käesolevas töös ei arvutata tuulutust mäetööde hilisemas perioodis, millest tulenevalt ei ole määratud täpset tuulutusšurfide arvu ja paiknemist. Abiteenindusmaa valikul tuleb eelistada Eesti Vabariigile kuuluvaid kinnistuid ning kaevanduse projekteerimisel minimaliseerida rajatavate ehitiste arvu.

## 6 KAEVEVÄLJA AVAMINE

Uus-Kiviõli ja Uus-Kiviõli II kaevevälja avamine toimub Eesti Vabariigile kuuluval Uus-Kiviõli kaevandus kinnistul (katastritunnus 43801:001:0126), mis asub Lüganuse vallas Rebu külas. Kaevevälja avamise asukoha valikul on määravaks asjaoluks kinnisasja kuuluvus, looduskaitsetised, tehnoloogilised ning majanduslikud piirangud.

Esimeses variandis jäetakse Uus-Kiviõli II kaevevälja põhja- ja läänepiirile 30 m laiune tõkketervik. Kaldšahtid ja peastrekid läbindatakse paralleelselt 30 m kauguselt piirist (vt Graafiline lisa 2). Kaldšahtid läbindatakse suunaga ülalt alla  $6,5^\circ$  nurga all, millele järgneb pea- ja paneelstrekide läbindamine [15]. Paneelid läbindatakse peastrekkidega risti, mis võimaldab läbindada karsti vähima pikkusega ehk  $90^\circ$  nurga all [11]. Selline läbindamine võimaldab täpsustada karsti olemasolu ning selle laiust.

Teise variandi puhul toimub kaevevälja avamine analoogselt esimesele variandile. Avamis- ja kapitaalkaeveõõned rajatakse kahe ettevõtte poolt ühiselt. Uus-Kiviõli ja Uus-Kiviõli II piiri ühisosale ei jäeta tõkketervikut (vt Graafiline lisa 3). Kaldšahtid ja peastrekid rajatakse piki Uus-Kiviõli ja Uus-Kiviõli II piiri. Kaevevälja avamine toimub kaldšahtide läbindamisega ülalt alla, millele järgneb pea- ja paneelstrekide läbindamine [15].

## 7 KAEVANDAMISVIIS JA KAEVEVÄLJA ETTEVALMISTUS

### 7.1 Kaevandamisviis

Maavara väljamiseks kasutatakse tulptervikutega kamberkaevandamist, mis on sobilik kaevandamisviis madala ning horisontaalsete või subhorisontaalse lasumusega maardlatele. Kamberkaevandamisel jäetakse lae ülalhoidmiseks põlevkivikihindisse tervikud, mida ümbritseb vaba ruum ehk kamber. Tervikud jäetakse vähima võimaliku suurusega, et minimaliseerida kaevandamise kadu. Tervikud jäetakse tavaliselt süstemaatilises mustris ning kambrite vahetu lae ülalhoidmiseks kasutatakse ankurtoestikku. [16] [17]

Kamberkaevandamisel jagatakse kaeveväli paneelideks ning väljamine toimub kambriplokkides. Plokid jagatakse poolplokkideks, kus kaevisse laadimine toimub ühise kogumisstreki konveieri peale. Kambriploki ettevalmistamiseks läbindatakse kogumisstrekk, kaks külgstreki ning alglöörid. [1]

Tulptervikutega kamberkaevandamisel on maavara kaod 25-30%. Vastavalt „Põlevkivi kasutamise riiklikule arengukavale 2016-2030“ on põlevkivi kasutamise eesmärk vähendada maavara kadusid. Kaevanduse sügavuse suurenedes, suurenevad ka kaod tervikutes. Käesoleval ajal ei ole tagasitõimise tehnoloogia andnud arvestatavaid tulemusi ning sellise kaevandamisega kaasneks põlevkivi kõrge omahind. Lankkaevandamisel, millega varu kättesaadavus on kõrge – 90%, seavad tehnoloogia kasutamisele piirangud maakasutus ja keskkonnakaitse. [2]

### 7.2 Kaevevälja ettevalmistamine

Kaevevälja ettevalmistamistöö on läbindustööd, mille käigus jaotatakse kaevandus pea- ja paneelstrekide abil paneelideks [18]. Kaevevälja ettevalmistamisskeem on koostatud kahes variandis (vt Graafiline lisa 2 ja 3). Kahe skeemi peamine erinevus seisneb selles, et teises variandis ei jäeta kaevanduste piirile tõkketervikut.

Kaevanduse paneelideks ja kambriplokkideks jagamisel peab arvestama karsti paiknemist ja suunda. Karst levib peamiselt Uus-Kiviõli kaevevälja lõunaosas ning on kirde-edelasuunaline. Peastrekid paigutatakse karstiga samas suunas ning paneelstrekid läbindatakse peastrekkidega risti. Karstirikke läbindamine ristisuunaliselt (90° kraadise nurga alt), võimaldab läbindada karstirikkeid vähima pikkusega ning täpsustada karsti ulatust. Kaevevälja jagamisel paneelideks ja kambriplokkideks peab arvestama ka konveierite paiknemist ja kaevanduse üldist transpordiskeemi. Konveierite kasutamisel on kõige optimaalsem kui magistraal-, paneel- ja jaoskonnakonveier paiknevad üksteise suhtes risti.

Kambriploki kogumisstrekk peab olema risti paneelstrekiga, kuna sinna paigaldatakse konveier. Kambriplokid külgstrekid rajatakse üldjuhul kogumisstrekkiga paralleelselt, kuid karstirikke puhul võivad külgstrekid jääda viltu piki karsti kontuuri.

Kambriploki keskmiseks laiuks on valitud 450 m, sõltuvalt karstirikete paiknemisest, on kambriplokkid laiemad või kitsamad. Kambriplokkide laius on valitud laadurite tootlikkuse järgi ning läbindamise mahu järgi. Laiades kambriplokkides on laadurite tootlikkus väike, kuna veokaugus on pikk. Kitsamate kambrite puhul on küll laadurite tootlikkus suurem, kuid sellega suureneb ka läbindamise maht, kuna ettevalmistuskaeveõõnte arv suureneb.

### **7.2.1 Kaevevälja ettevalmistamine. Variant 1**

Kaevevälja ettevalmistamine toimub pea- ja paneelstrekide läbindamisega (vt Graafiline lisa 2). Kirde-edelasuunalised peastrekid jäävad paneelidest põhja. Uus-Kiviõli II kaeveväli on jagatud kuueks paneeliks, mille laius on ca 1100 m. Paneelide pikkus on vahemikus ca 1740 – 4200 m. Paneele eraldavad transpordi- ja tuulutustrekid.

Paneelid on jaotatud plokkideks, kus ploki pikkus on ca 1100 m ning keskmine laius 450 m. Plokkid on paigutatud karsti vahele nii, et ühe ploki poolplokkid oleksid võrdsed. Karsti paiknemise tõttu on plokkide mõõtmed varieeruvad. Plokkide laiused on vahemikus 200 – 540 m. Kogumisstrekki jagab ploki poolplokkideks, ühe paneeli plokkide eraldavad külgstrekid.

### **7.2.2 Kaevevälja ettevalmistamine. Variant 2**

Kaevevälja ettevalmistamine toimub analoogselt esimesele variandile (vt Graafiline lisa 3), kuid kahe kaevanduse vahele ei jäeta tõkkestervikut, mis võimaldab vähendada maavara kadu. Ühiste peastrekkide tõttu on välja toodud ka Uus-Kiviõli kaevevälja lõigustamine paneelideks. Kirde-edelasuunalised kaldšahtid ja peastrekid jäävad kahe mäeeraldise piirile. Paneelid kulgevad peastrekkidega risti nii põhja kui lõuna suunas.

Uus-Kiviõli II kaevevälja paneelide pikkus on ca 2000 - 4240 m, pikemad paneelid on kaevevälja idaosas ning nende pikkus väheneb lääne suunas vastavalt mäeeraldise konfiguratsioonile. Paneelid on jaotatud plokkideks, kus ploki pikkus ca 1100 m ning keskmine laius 450 m. Võrreldes esimese variandiga olulisi muudatusi ei ole.

Uus-Kiviõli kaevevälja lõigustamisel paneelideks on arvestatud lõunapoolse osa ettevalmistusskeemi, kus plokkide laius on ca 1100 m. Sellisel juhul saab jaotada Uus-Kiviõli kaevevälja 11 paneeliks, millest kaheksa paneeli paiknevad peastrekkidest põhja suunda ning kolm väiksemat paneeli jääb peastrekkidest edelasse. Uus-Kiviõli kaevevälja paneelide pikkus on vahemikus ca 500 - 5500 m.

## 8 PEAKAEVEÕÕNED

Peakaeveõõned on peakaldšahtid, peastrekid ning tuulutusšurfid. Tuulutusšurfid on peamised abikaeveõõned. [11]

### 8.1 Peakaldšahtid

Kaldšaht on kaldkaeveõõs, mis suubub maapinnale [20]. Kaldšahtide kalle peab olema sobilik masinatele liikumiseks ning selleks valitakse  $6,5^\circ$  [15] [21]. Kaevanduse avamiseks rajatakse kaks paralleelset kaldšahti. Konveierikaldšaht, mille kaudu toimub kaevisse transport ning autotranspordikaldšaht, mille kaudu toimub inimeste ja materjalide vedu (vt Graafiline lisa 4). Kaldšahtide suudmed paiknevad Uus-Kiviõli kaevandus kinnistul (katastritunnus 43801:001:0126), suudmete telje koordinaadid on toodud tabelis (vt Tabel 4). Kaldšahtide pikkus on ca 240 m.

Tabel 4 Avamiskaeveõõnte telje koordinaadid

Kaldšaht	x	y
<b>Variant 1</b>		
Konveierikaldšaht	675723,322	6576750,795
Autotranspordikaldšaht	675728,492	6576738,868
<b>Variant 2</b>		
Konveierikaldšaht	675705,224	6576792,541
Autotranspordikaldšaht	675710,395	6576780,614

Konveierikaldšaht ja autotranspordikaldšaht läbindatakse paralleelselt. Vastavalt senisele põlevkivikaevandamise kogemusele jäetakse kahe kaeveõõne vahele tervik, mille laius peab olema vähemalt 7 m. Autotranspordikaldšahti ristlõige peab olema toestatult 6 m lai ning 3,2 m kõrge, et tagada piisav ruum ratastranspordile liikumiseks. Konveierikaldšaht on mõõtmetelt väiksem – toestatult peab lae kõrgus olema 2,8 m ning laius 5,5 m. [15]

Kaldšahtide läbindamine toimub ülalt alla. Esmalt toimub kvaternaarisetete eemaldamine ekskavaatoriga, millele järgneb paekivis läbindamine puur-lõhketöödega. [15]

Kaldšahtide toestamine sõltub kivimite püsivusest. Kaldšahtide suudmetes tuleb kasutada raudbetoontoestikku, püsivates kivimites, nagu paekivi, saab kasutada ankurtoestikku, kui paekivi ei ole piisava püsivusega, kasutatakse lisaks metallraame. Kuna kaldšahte kasutatakse kogu kaevanduse eksploatatsioonil, on otstarbekas kasutada täiendavaks toetuseks pritsbetooni, mille paksus võib olla vahemikus 50 – 100 mm. [15]

## 8.2 Peastrekid

Strekk on kaeveõõs, mis on läbindatud ainult maavara kihti [20]. Peastrekkide hulka kuuluvad peaveo-, peakonveier- ja peatuulutustrekk. Mõlemas variandis paiknevad peastrekid Uus-Kiviõli ja Uus-Kiviõli II kaevevälja piiril. Peastrekkide asimuut on 246°33'36" loodesse.

Peastrekkide läbindamine toimub üheaegselt kasutades puur-lõhketöid. Peatuulutustreki laius on 5,5 m, kõrgus 2,8 m [11]. Peakonveierstreki laius on 6 m, kõrgus 2,8 ning peaveostreki laius on 6 m ja kõrgus 3,2 m [11].

## 8.3 Tuulutussurfid

Tuulutussurfid on abikaeveõõned, mida kasutatakse kaevanduse tuulutamiseks. Tuulutussurfe saab jagada värskes ja väljuva õhu surfideks. [11]

Värskes õhu surfide kaudu liigub värskes õhk maa-alla ning nende läbimõõt on 6 m. Surfide läbindamiseks puuritakse esialgu vertikaalne puurauk läbimõõduga ca 0,5 m. Puurauku hakatakse laiendada kasutades puur-lõhketöid kuni saavutatakse vajalik läbimõõt. Läbindamine võib toimuda mõlemas suunas, st ülalt alla või alt üles. Lõhatud materjal laskub raskusjõu mõjul kaeveõõnesse. [11]

Väljuva õhu surfid kaudu juhatakse läbitöötatud õhk maa peale ning nendesse monteeritakse ventilaatorid. Vastavalt põlevkivikaevanduste kogemusele on kõige optimaalsem läbindada väljuva õhu surfid alt ülespoole 38° - 40° nurga all ristküliku kujulise ristlõikega, mõõtmetega 4 x 3 m [11]. Väljuva õhu surfide läbindamiseks kasutatakse puur-lõhketöid ning toestamiseks ankurtoestikku.

Tuulutussurfide suudmed tuleb ümbritseda tõkkega, et takistada nii loomade kui ka inimeste juhuslik kukkumine surfid [11].

Esimese paneeli tuulutussurfide koordinaadid on esitatud tabelis (vt Tabel 5). Kuna käesolevas töös ei koostata tuulutusskeemi mäetööde hilisemas etapis, ei ole toodud teiste tuulutussurfide arvu ja asukohta.

Tabel 5 Tuulutussurfide suudemete koordinaadid

Tuulutussurf	x	y
Šurf nr 1 (värskes õhk)	675786,891	6576719,464
Šurf nr 2 (läbitöötatud õhk)	675809,617	6576747,863

Vähemalt ühte väljuva õhu surfid (kalduuulutussurfid) tuleb rajada varuväljapääs, kuhu tuleb paigutada trepp maapeale väljumiseks. Kaevanduse alguses kasutatakse varuväljapääsuna konveieri- ja autotranspordikaldšahti.

## 9 KAEVANDAMISE TEHNOLOOGILINE SKEEM JA MÄERÕHU JUHTIMINE

### 9.1 Kaevandamise tehnoloogiline skeem kaldšahtide läbindamisel ning läbindusetes

Kaldšahtide ja peastrekkide läbindamine toimub puur-lõhketööde abil. Lõhkeaukude puurimiseks kasutatakse iseliikuvat puurmasinat. Läbindustööde alguses toimub kaevisse laadimine ja transport maapeale laadurveokitega (vt Graafiline lisa 5). Tupikkaeveõõnte tuulutamiseks kasutatakse kohaliku tuulutuse ventilaatoreid ning tuulutustorusid. Transpordikauguse suurenedes võetakse kasutusele kallurid. Kaevisse laadimiseks kalluritele peab laadurveokite kopp olema varustatud väljalükkajaga (vt Graafiline lisa 6).

Kui läbindustöödega on jõutud piisavalt kaugele ning on võimalik paigaldada statsionaarne lintkonveier, saab kaevist transportida konveieri abil maapinnale. Lintkonveieri otsa tuleb paigutada kraapkonveier toitpurustiga. Tööde edasilikumisel tuleb lintkonveierit pikendada ning kraapkonveier koos toitpurustiga ümber paigutada.

### 9.2 Kaevandamise tehnoloogiline skeem koristustöödel

Uus-Kiviõli kaeveväljal kasutatakse tulptervikutega kamberkaevandamist. Kambriploki ettevalmistamiseks on vaja läbindada kogumisstrekk, külgstrekid ning alglõõrid.

Esimestes väljatavates kambriplokkides on soovitatav kasutada 2 meetrist ee-edasinihet, et täpsustada puur-lõhketööde parameetreid. Peale parameetrite täpsustamist tuleb üle minna 4 m ee-edasinihkele. [11]

Koristuse töötsükkel põlevkivikaevandustes koosneb järgmistest protsessidest (vt Graafiline lisa 7) [11] [20]:

1. lae puurimine ja toestamine;
2. algmurdeaukude puurimine ja algmurde puru koristamine;
3. lõhkeaukude puurimine;
4. lõhketööd;
5. tuulutus;
6. kaevisse laadimine ja transport.

Lae puurimine ja toestamine toimub kasutades spetsiaalseid ankrute paigaldamise masinaid. Ankrute paigaldamise skeem on toodud peatükis 9.4.3.2.



Peale lae toestamist puuritakse algmurdeaugud, mille läbimõõt on 280 mm. Algmurdeakude puurimisel tekkinud puurpuru puhastatakse kopplaaduriga. [11]

Lõhkeaukude puurimine toimub kasutades iseliikuvat puurmasinat, puuritavate lõhkeaukude läbimõõt on 35 – 37 mm. Lõhketööd toimuvad vastavalt puur-lõhketööde passis ettenähtud parameetritele. Lõhketöödel kasutatakse emulsioonlõhkeainet, mille laadimiseks kasutatakse mobiilset laadimisseadet. Peale lõhketöid toimub ala tuulutamine. [11]

Kaevise laadimiseks kasutatakse kopplaadureid. Kaevise transporditakse kraapkonveierile, mille otsa on paigaldatud toitpurusti ülegabariidiliste tükide purustamiseks. Purustatud kaevise suunatakse edasi kogumisstreki lintkonveierile, seal paneelstreki konveierile ning lõpuks magistraalkonveierile, mis transpordib kaevise maapeale.

### 9.3 Kambriploki tootlikkuse määramine

Kambriploki koormus määratakse laadurveokite tootlikkuse järgi.

#### 9.3.1 Laadurveoki tootlikkuse määramise meetodika

Laadurveoki tehniline tootlikkus arvutatakse järgmise valemi abil [22]:

$$P_{tehn.i} = \frac{3600 \cdot E}{t_{täit} + 2 \cdot t_{liik} + t_{tühj}} \quad (15)$$

kus  $P_{tehn.i}$  – tehniline tootlikkus, t/h;

$E$  – kaevise mass kopas, t;

$t_{täit}$  – keskmine ammutamisaeg, s;

$t_{liik}$  – masina liikumise aeg ühes suunas, s;

$t_{tühj}$  – kopa tühjendamiseks kulunud aeg, s.

Keskmine tehniline tootlikkus poolplokis määratakse järgmise valemiga [22]:

$$P_{tehn.kesk} = \frac{\sum n_i}{\sum \frac{1}{P_{tehn.i}}} \quad (16)$$

kus  $P_{tehn.kesk}$  – keskmine tehniline tootlikkus, t/h;

$n_i$  – poolplokis väljatavate kambrite arv.

Laaduri tehniline tootlikkus vahetuse jooksul leitakse järgmise võrrandi abil [22]:

$$P_{eksp} = P_{tehn} \cdot T \cdot K_i \quad (17)$$

kus  $P_{eksp}$  – laaduri tehniline tootlikkus vahetuses, t/vahetuses;

$T$  – vahetuse kestvus, h;

$K_i$  – laaduri kasutegur vahetuses kaevise laadimisel ( $K_i = 0,62 - 0,68$ ).

### 9.3.2 Laadurveoki tootlikkus kambriplokis

Kaevanduses kasutatakse erineva kaevise kandevõimega laadurveokeid. Tehniline tootlikkus arvutatakse kahe erineva kandevõimega laaduri kohta. Väiksemaid laadureid, kaevise kandevõimega 8 t, kasutatakse kambrite puhastamiseks puurpurust, mis tekib algmurdepuuraukude puurimisel. Suuremaid laadureid, kaevise kandevõimega 12 t, kasutatakse kaevise laadimiseks konveierile.

Arvutustes on poolploki keskmiseks pikkuseks valitud 225 m (kambriploki laius 450 m). Poolploki pikkusele tuleb juurde arvestada 20-30 m, mis laadurveok läbib manööverdamisel. Laadurveokite tootlikkuse arvutus on esitatud lisas (vt Lisa 1) ning arvutustulemused esitatud tabelis (vt Tabel 6).

Tabel 6 Laadurveokite keskmine tehniline tootlikkus poolplokis

Kaevise mass laadurveoki kopas, t	Laadurveoki keskmine tehniline tootlikkus, t/h	Kopplaaduri tehniline tootlikkus vahetuses, t/h
8	196	1644
12	295	2466

## 9.4 Mäerõhu juhtimine

Mäerõhk on maapinda rajatud kaeveõõsi ümbritseva pingeseisundi üldmõiste. Mäerõhk juhitakse töökohast eemale ning suunatakse tervikutele. [23]

Tervikute ja kambrite mõõtmete määramisel tuleb arvestada, et kambrite mõõtmed peavad olema võimalikult suured. Laiemad kambriid võimaldavad paremini teostada puur-lõhketöid ning masinad saavad kambrites kiiremini ja efektiivsemalt liikuda. Tulptervikute tugevus sõltub nii terviku laiusest kui ka kõrgusest. Tervikud peavad olema võimalikud väikesed, et vähendada maavara kadu, kuid samas piisavalt suured, et tagada vajalik ohutus. [17]

Tervikute arvutus põhineb „Põlevkivi allmaakaevandamisel kambrite, tervikute ja hoidetsoonide mõõtmete arvutamise meetodikal (juhendil)“, mis on avaldatud 1998. aasta Maapõuaseaduse ja selle rakendamise õigusaktides [24]. Arvutused on koostatud ühes variandis, kuna mäendustingimused oluliselt ei muutu kaevälja piires.

## 9.4.1 Kambrite ja tervikute mõõtmete määramise meetodika

### 9.4.1.1 Kambrite mõõtmete määramine

Kamberkaevandamisel määratakse kambrite laius piirava järgi (vt Joonis 3), mis leitakse järgmise valemi abil [24]:

$$l_{l,l} = k_H \cdot k_p \cdot k_o \cdot k_a \cdot \sqrt{\frac{k_t}{n_l}} \cdot (K + M \cdot H_k) \quad (18)$$

kus  $l_{l,l}$  – piirava suurus, m;

$k_H$  – hoitava objekti tähtsust arvestav koefitsient; taluhoonete, metsade, põllumajandusliku maa jm puhul  $k_H = 1,0$ ; II klassi objektide puhul  $k_H = 0,75$ ;

$k_p$  – koefitsient, mis arvestab lae püsivust sõltuvalt kaevandamise mäegeoloogilistest tingimustest;

$k_o$  – koefitsient, mis arvestab lae nõrgenemist karsti mõjul; kui mäetööde kaugus karstissoonist on kuni 60 m, siis  $k_o = 0,8$ , kui üle 60 m, siis  $k_o = 1$ ;

$k_a$  – koefitsient, mis võtab arvesse ankurtoestiku mõju lae püsivusele;

$k_t$  – kivimite tugevuse muutumist ajas iseloomustav koefitsient;

$n_l$  – laekivimite tugevuse varutegur (kui kambrite iga ei ületa 2 kuud, siis  $n_l = 1,8$ );

$K$  – parameeter, mis sõltub kivimi omadustest,  $K = 7 \text{ m}$ ;

$M$  – parameeter, mis sõltub kivimi omadustest,  $M = 0,54$  (kui  $5 \leq H_k \leq 26 \text{ m}$ ); kui  $H_k > 26 \text{ m}$ , siis lähislae lubatud ava on sama suur kui  $H_k = 26 \text{ m}$  puhul.

$H_k$  – karbonaatkivimite paksus, m.

Kivimite tugevuse muutumine ajas  $k_t$  määratakse järgmise valemi abil [24]:

$$k_t = \alpha + \beta \cdot \left( \frac{1}{1+t} \right)^m \quad (19)$$

kus  $\alpha, \beta, m$  – kivimite omadusi iseloomustavad empiirilised koefitsiendid  
 $\alpha = 0,44$ ;  $\beta = 0,56$ ;  $m = 0,6$ ;

$t$  – tervikute või kambrite vajalik iga kuudes.

Ankurtoestiku mõju lae püsivusele  $k_a$  leitakse kasutades järgmist võrrandit [24]:

$$k_a = 0,5 \cdot (1 + \sqrt{h_a}) \quad (20)$$

kus  $h_a$  – ankrutega toetatava kihistiku paksus, m.

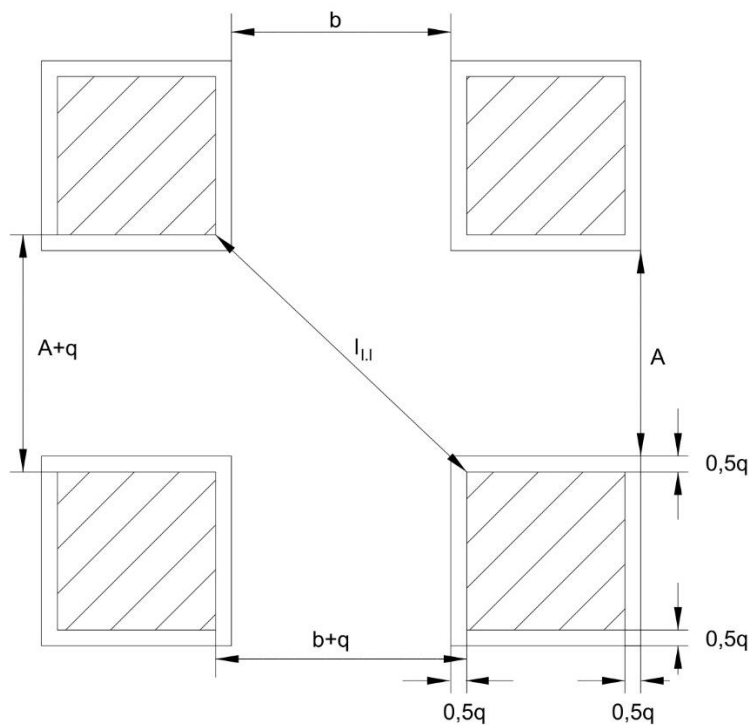
Täisnurkselt lõikuvates ridades paiknevate kambrite mõõtmed arvutatakse võrrandi abil [24]:

$$A = \sqrt{l_{l,l}^2 - (b + q)^2} - q \quad (21)$$

kus  $A$  – põikkambri laius, m;

$b$  – pikikambri laius, m;

$q$  – lõhketööde mõjul tekkinud kambri seinte purunemise summaarne laius, m.



Joonis 3 Skeem kambrite arvutamiseks

#### 9.4.1.2 Kambritevaheliste tervikute arvutus

Kambritevahelised tugitervikud toetavad kaevanduse lage [20]. Kambritevaheliste tervikute laius  $x$  antakse ette ning nende pikkus leitakse järgmise valemiga [24]:

$$y = \frac{nA\gamma H(b + x) + qR_t k_k(x - q)}{R_t k_k(x - q) - n\gamma H(b + x)} \quad (22)$$

kus  $y$  – sammasterviku pikkus, m;

$n$  – tugevuse varutegur;

$\gamma$  – kattekivimite keskmine tihedus ( $\gamma = 2,5 \cdot 10^{-2} \frac{MN}{m^3}$ );

$H$  – kattekivimite paksus, m;

$x$  – antud terviku laius, m;

$b$  – pikikambri laius, m;

$R_t$  – kivimite kestustugevus, MPa;

$k_k$  – terviku kujutegur.

Terviku kujutegur määratakse kasutades järgmist valemit [24]:

$$k_k = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{x - q}{h} \quad (23)$$

kus  $h$  – põlevkivikihi väljatav paksus, m.

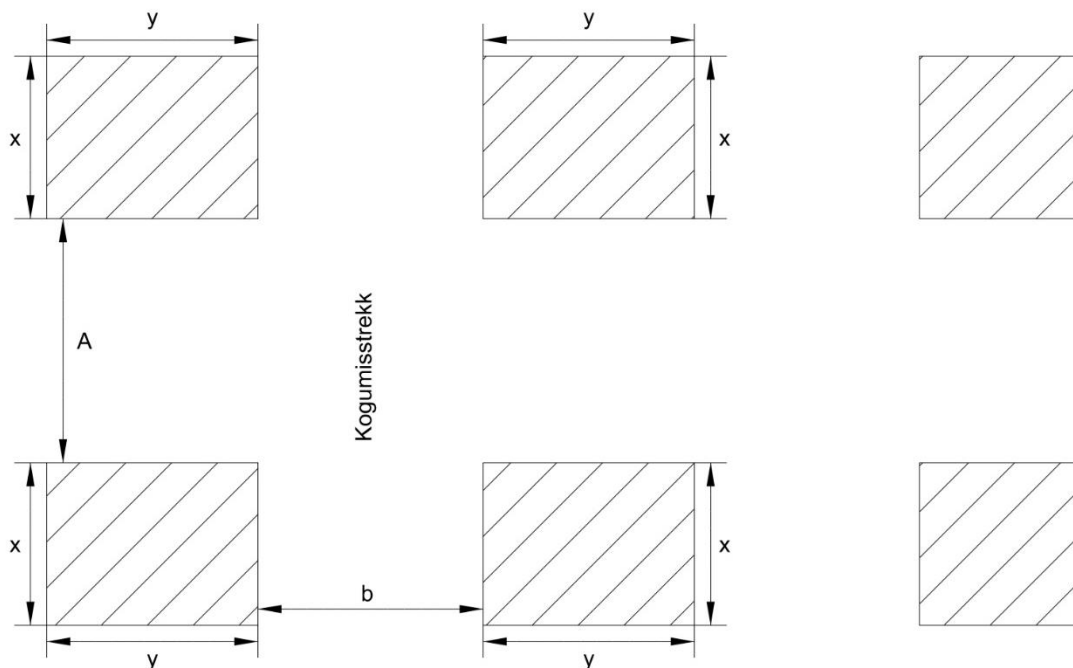
#### 9.4.1.3 Kogumis- ja külgstrekkide äärsete tervikute mõõtmete määramine

Kogumis- ja külgstreki äärset tervikud on kaherealised ning kui nende pikem telgjoon on risti kaitstava tsooniga (vt Joonis 4), siis tervikute pikkus arvutatakse järgmise valemiga [24]:

$$y = \frac{0,5 \cdot n \cdot \gamma \cdot H \cdot [A + (l_0 + H \cdot t \cdot g \cdot \omega) \cdot (0,02 \cdot A + 0,25)] \cdot (x + b) + k_k \cdot q \cdot R_t \cdot (x - q)}{k_k \cdot R_t \cdot (x - q) - n \cdot \gamma \cdot H \cdot (x + b) \cdot [l + 0,02 \cdot (l_0 + H \cdot t \cdot g \cdot \omega)]} \quad (24)$$

Kus  $l_0$  – põhilae järelvajumissamm, m;

$\omega$  – kattekivimite murdenurk, °.



Joonis 4 Kaherealised tõkketervikud, kus pikem telgjoon on risti kaitstava tsooniga

#### 9.4.1.4 Arvutustulemused

Kokkuvõtlikud arvutustulemused on esitatud tabelis (vt Tabel 7). Kogu arvutuskäik on esitatud lisas (vt Lisa 2).

Tabel 7 Tervikute ja kambrite parameetrid

Nimetus	Väärtus	
	Tavatingimused	Karstitsoon
Kihindi väljatav paksus, m	2,8 m; 3,2 m; 3,7 m	
Pikikambri laius, m	7,5	6
Põikkambri laius, m	7,5	6
Tervikute mõõtmed, m	5,4 x 5,4	5,4 x 5,4
Kogumis- ja külgstreki äärsete tervikute mõõtmed, m	5,4 x 7	5,40 x 5,7

#### 9.4.2 Tõkketerviku laius

Tõkketervik on tervik, mis jäetakse kahe kaevanduse piirile, et tõkestada vee sissevool naaberkaevandusest [20].

Tõkketerviku minimaalne laius arvutatakse järgmise valemiga [25] [26]:

$$d_{min} = 0,05 \cdot H + 5 \cdot m + \Delta l = 0,05 \cdot 35 + 5 \cdot 3,2 + 5 = 23 \text{ m} \quad (25)$$

kus  $d_{min}$  – vähim lubatud tõkketerviku laius, m;

$H$  – kattekihi paksus, m;

$m$  – väljatava kihi paksus, m;

$\Delta l$  – varutegur, m.

Kuigi arvutustulemus (vt Lisa 2 Tabel 25) näitab terviku laiuseks 23 m, valime terviku laiuseks 30 m, et tagada tõkketerviku püsivus kaevanduse sulgemiseni.

#### 9.4.3 Ankurtoestiku arvutus

##### 9.4.3.1 Arvutuskäik

Vahetu lae toestamiseks kasutatakse ankurtoestikku. Suurim lubatav ühe ankru poolt ülalhoitav pind arvutatakse järgmise valemi abil [27]:

$$S = \frac{10,2 \cdot R}{\gamma \cdot (1 + K) \cdot (l + \Delta l) - 10} \quad (26)$$

kus  $S$  – ühe ankru poolt ülalhoitav pind, m<sup>2</sup>;

$R$  – ankru pingsus, t;

$\gamma$  – laekivimite keskmine mahukaal, MN/m<sup>3</sup>;

$K$  – lae püsivusest sõltuv lisakoormus tegur;

$l$  – kaeveõõne laius, m;

$\Delta l$  – külgliseintes lõhketööde tagajärjel tekkinud purustustsooni laius, m.

Ankrute paigaldamise suurim lubatud samm arvutatakse järgnevalt [27]:

$$b \leq \frac{S}{a} \quad (27)$$

kus  $b$  – ankrute paigaldamise suurim lubatud samm, m;

$a$  – ette antud ankrute vahekaugus, m.

Ankrute paigaldamise kaugus seinast leitakse järgmiselt [27]:

$$b' \leq b - \frac{q}{2} \quad (28)$$

kus  $b'$  – ankrute paigaldamise kaugus seinast, m;

$q$  – lõhketööde tagajärjel tekkinud purustustsooni laius, m.

#### 9.4.3.2 Arvutustulemused

Kokkuvõtlikult on arvutustulemused esitatud tabelis (vt Tabel 8). Arvutuseks kasutatud parameetrid ning vahetulemused on toodud lisa (vt Lisa 2 Tabel 26). Ankrute paigaldamise vahekauguseks valitakse 1,5 m.

Tabel 8 Ankurtoestiku arvutuse tulemused

Nimetus	Väärtus
	<b>h = 2,80 m, 3,20 m, 3,70 m</b>
Ühe ankrute poolt ülalhoitav pind, m <sup>2</sup>	2,92
Ankrute vahekaugus, m	1,50
Ankrute paigaldamise samm, m <sup>2</sup>	1,50
Ankrute arv reas	4
Ankrute paigaldamise kaugus seinast, m	1,50

Geoloogiliste rikete alal tuleb kasutada lisaankruid kaeveõõnte toestamiseks või ebapüsiva lae korral ankurdada poolpalkidega [28].

## 10 TUULUTUS

Kaevanduse atmosfäär ning töötajate töötingimused sõltuvad peamiselt kaevanduse ventilatsioonist. Tuulutuse peamine eesmärk on varustada töökohti värske õhuga, oluline on luua ka mugav keskkond inimestele töötamiseks. Kaevanduse tuulutuse hõlmab kolme peamist funktsiooni – kvaliteedi, kvantiteedi ja temperatuuri-niiskusesisalduse juhtimine. Kvaliteedi juhtimine seisneb õhu puhastamises ja kahjulike gaaside või tolmu kõrvaldamises. Kvantiteedi juhtimine seisneb õhuhulga ja õhu liikumise reguleerimises. Temperatuur-niiskuse kontroll seisneb Eesti põlevkivikaevandustes peamiselt õhu soojendamises ja niiskusesisalduse vähendamises. [29]

Sarnaselt teistele Eesti põlevkivikaevandustele, kasutatakse Uus-Kiviõli II kaevanduses imituulutust, kus ventilaatorid imevad kaevandusest läbitöötatud õhu välja. Õhu väljajätmisega tekitatakse depressioon, mille tulemusena värske õhk hakkab läbi värske õhu tuulutussurfide liikuma maa-alla. Ventilaatorid paigutatakse tuulutussurfide allmaakäikudesse, mis aitab vähendada ventilaatorite müra ning ehitiste rajamise vajadust maapeal. [30] Õhu soojendamine talvel toimub kaevandatud ala kaudu. Kaevanduse rajamise algusaastatel kasutatakse õhu soojendamiseks kalorifeeri.

Kaevanduses läbitöötatud õhk on kõrge niiskusesisaldusega, sisaldab diiselmootorite heitegaase ning lõhketööde tegemisel tekkinud lõhkeainete plahvatusprodukte. [30]

Tuulutuse arvutus koostatakse ühes variandis kahel erineval mäetööde etapil. Esimeses etapis toimub kaevevälja pea- ja paneelstrekide läbindamine, värske ja läbitöötatud õhu liikumine toimub kaldšahtide kaudu (vt Graafilise lisa 8). Teises etapis töötab kaevandus täisvõimsusel ning tuulutuse toimub esimese paneeli tuulutussurfide kaudu (vt Graafilise lisa 9). Tupikkaeveõõnte tuulutamiseks kasutatakse kohaliku tuulutuse ventilaatoreid ning tuulutustorusid.

Tuulutuse arvutustes arvestatakse, et kaevanduses tuulutatakse ainult neid kaeveõõsi, kus inimesed töötavad, kõik ettevalmistus ja mäetööde protsessid ei toimu üheaegselt. Kuna käesoleva lõputöö käigus ei koostata puur-lõhketööde passe, siis kasutatakse tuulutuste arvutustes Ojamaa kaevanduse vastavaid parameetreid.

Kogu kaevanduse tuulutuse toimub sarnaselt Graafilises lisa 9 tooduga.

Tuulutuse arvutuse mahukuse tõttu on arvutusmetoodika toodud peatükis 10.1 ning arvutustabelid lisades (vt Lisa 3 ja 4).

### 10.1 Tuulutuse arvutuse metoodika

Vajaliku õhuhulga arvutamisel lähtutakse järgmistest andmetest [31] [32]:

- ees töötavate inimeste arvust;
- lõhketöödel eralduvate gaaside kontsentratsioonist;
- diiselaajamiga masinate heitgaaside kontsentratsioonist.



Vajalik õhuhulk arvutatakse eraldi iga ettevalmistus- ja koristuskaeveõõne ning eriotstarbelise kambri jaoks [31].

### 10.1.1 Ettevalmistus- ja koristuskaeveõõntes vajaliku õhuhulga arvutamine

Vajaliku õhuhulga arvutamine ees töötavate inimeste järgi arvutatakse järgmise valemi abil [31] [32]:

$$Q_{esi} = n \cdot q \quad (29)$$

kus  $Q_{esi}$  – vajalik õhuhulk, m<sup>3</sup>/min;

$n$  – üheaegselt ees töötavate inimeste maksimaalne arv;

$q$  – normatiivne õhuhulk ühe inimese kohta, m<sup>3</sup>/min.

Normatiivne õhuhulk ühe inimese jaoks on 6 m<sup>3</sup>/min [33].

Koristuskaeveõõntes arvutatakse õhuhulk lõhketöodel eralduvate gaaside järgi järgmise valemi abil [31] [32]:

$$Q_{esi} = \frac{11,3}{t} \cdot L \cdot \sqrt{B \cdot m} \quad (30)$$

kus  $t$  – koristusee tuulutamiseks vajalik aeg, t = 30 min;

$L$  – koristusee pikkus, kui  $L > 150$ , siis arvutustes  $L = 150$  m;

$B$  – korruga lõhatava lõhkeaine kogus, kg;

$m$  – kihindi väljatav paksus, m.

Läbindusetes arvutatakse õhuhulk lõhketöodel eralduvate gaaside kontsentratsiooni järgi järgmise valemi abil [31] [32]:

$$Q_{esi} = 2,25 \cdot \frac{S}{t} \cdot \sqrt[3]{\frac{B \cdot b \cdot \varphi \cdot l^2}{P^2 \cdot S}} \quad (31)$$

kus  $S$  – tuulutatava kaeveõõne ristlõige, m<sup>2</sup>;

$t$  – kaeveõõne tuulutamiseks vajalik aeg, min;

$B$  – korruga lõhatava lõhkeaine kogus, kg;

$b$  – lõhkeaine gaasisus, l/kg;

$\varphi$  – kaeveõõne vesisust arvestav parandustegur kaeveõõnte jaoks;

$P$  – parandustegur, mis arvestab tuulutustoru pikkust.

Õhuhulga arvutamine diiselajamiga masinate heitgaaside kontsentratsiooni järgi leitakse järgmise valemi abil [31] [32]:

$$Q_{esi} = g \cdot T \quad (32)$$

$$g = V \cdot n \quad (33)$$

$$T = \frac{\sum_{i=1}^n k_i \cdot c_i}{c_{lub}} \quad (34)$$

kus  $g$  – minuti jooksul eralduvate heitgaaside hulk, m<sup>3</sup>/min;

$V$  – diiselajami silindrite maht, m<sup>3</sup>;

$T$  – heitgaaside toksilisus, %;

$k_i$  – kahjuliku gaasi lubatud kontsentratsiooni ümberarvutustegur tinglikule vingugaasi lubatud kontsentratsioonile;

$c_i$  – kahjuliku gaasi kontsentratsioon heitgaasides, %;

$c_{lub}$  – vingugaasi lubatud kontsentratsioon, %.

Tabel 9 CO ja NO<sub>2</sub> gaaside kontsentratsioonid [31]

Komponendi nimetus	Struktuurvalem	$k_i$	$c_i, \%$	
			Kallur	Laadur
Vingugaas	CO	1	0,00161	0,00161
Lämmastikdioksiid	NO <sub>2</sub>	6,5	0,0044	0,0027

Kohaliku tuulutuse ventilaatori jõudlus leitakse järgmise valemi abil [31] [32]:

$$Q_{vent} = P \cdot Q_{evk} \quad (35)$$

kus  $Q_{vent}$  – kohaliku tuulutuse ventilaatori tootlikkus, m<sup>3</sup>/min;

$Q_{evk}$  – õhuhulk, mis tuleb suunata läbindusee juurde, m<sup>3</sup>/min.

Õhuhulk, mis peab tulema kohaliku tuulutuse ventilaatori juurde leitakse järgmiselt [31]:

$$Q_{saab} \geq 1,43 \cdot Q_{vent} \quad (36)$$

kus  $Q_{saab}$  – õhuhulk, mis peab tulema kohaliku tuulutuse ventilaatori juurde, m<sup>3</sup>/min;

Allmaa ladude (Lõhkematerjali- kütuse- ja õlilao) tuulutamiseks vajalik õhuhulk leitakse [31] [32]:

$$Q_{ladu} = 0,07 \cdot V_{ladu} \quad (37)$$

kus  $Q_{ladu}$  – lao tuulutamiseks vajalik õhuhulk, m<sup>3</sup>/min;

$V_{ladu}$  – lao kambrite summaarne maht, m<sup>3</sup>.

Elektrimasinate kambrite tuulutamiseks vajalik õhuhulk leitakse järgmise valemi abil [31] [32]:

$$Q_{ek} = \frac{50 \cdot \sum N \cdot (1 - \eta_i) \cdot k_k}{26 - t_k} \quad (38)$$

kus  $Q_{ek}$  – elektrimasina kambri tuulutamiseks vajalik õhuhulk, m<sup>3</sup>/min;

$\sum N_i$  – üheaegselt töötavate elektriseadmete koguvõimsus, kW;

$\eta_i$  – üheaegselt töötavate elektriseadmete kasutegur;

$k_k$  – ööpäevane koormustegur.

Allmaagaraažide tuulutamiseks vajalik õhuhulk leitakse järgmise võrrandiga [31] [32]:

$$Q_g > 0,17 \cdot V_g \quad (39)$$

kus  $Q_g$  – diiselajamiga masinate jaoks määratud allmaagaraažide õhuhulk, m<sup>3</sup>/min;

$V_g$  – allmaagaraažide maht, m<sup>3</sup>;

### 10.1.2 Tuulutusrajatistes tekkivate õhukadude arvutamine

Paralleelsetes kaeveõõntes esinevad õhukaod leitakse valemiga [31] [32]:

$$Q_{kaod} = \frac{0,01 \cdot n_t \cdot k_t \cdot Q_l}{k_s} \quad (40)$$

kus  $Q_{kaod}$  – paralleelsetes kaeveõõntes tekkivad õhukaod, m<sup>3</sup>/min;

$n_t$  – tuulutustõkete arv paralleelsetes kaeveõõntes;

$k_t$  – tuulutustõketes esinevad suhtelised õhukaod (vt Tabel 10), %;

$Q_l$  – õhuhulk, mis tuleb anda kaeveõõne lõppu, m<sup>3</sup>/min;

$k_s$  – tuulutustõkke ristlõike taandamistegur (vt Tabel 11).

Tabel 10 Suhtelised õhukaod tuulutustõkkes [31]

Tuulutustõkke tüüp	$k_t, \%$
Betoon-, kivi- või šlakkplokkidest tõke	0,7
Puitmaterjalist tõke	1,2

Tabel 11 Tuulutustõkke ristlõike taandamistegur [31]

Tuulutustõkke ristlõige, m <sup>2</sup>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	14	15
$k_s$	1,5	1,25	1,10	1,00	0,90	0,83	0,78	0,73	0,69	0,66	0,60	0,53

Maapeal esinevate õhukaodude arvesse võtmiseks tuleb ventilaatori jõudlus võtta 10% suurem [31] [32]:

$$Q_{vent} = 1,1 \cdot Q_{mtp} \quad (41)$$

kus  $Q_{vent}$  – ventilaatori vajalik jõudlus, m<sup>3</sup>/min;

$Q_{mtp}$  – mäetööde piirkonna tuulutamiseks vajalik õhuhulk, m<sup>3</sup>/min.

Kaevanduse tuulutamiseks vajaliku õhuhulga saamiseks summeeritakse vajalikud õhuhulgad, mis on vaja kaevandusse juhtida [31].

### 10.1.3 Kaeveõõntes tekkivate survekadude arvutus

Kaeveõõntes tekkiv survekadu moodustub üksikute jaoskondade survekadude summast ning määratakse valemiga [32]:

$$H = \frac{\alpha \cdot L \cdot P_B \cdot Q^2}{S^3} \quad (42)$$

kus  $\alpha$  – hõõrdetakistus;

$L$  – kaeveõõne pikkus, m;

$P_B$  – kaeveõõne perimeeter, m;

$S$  – kaeveõõne ristlõige, m<sup>2</sup>;

$Q$  – õhukulu, m<sup>3</sup>/s.

## 10.2 Tuulutus. I etapp

I etapis on kaldšahtid läbindatud ning toimub pea- ja paneelistrekkide, kogumis- ja külgstrekkide ning tuulutusšurfide läbindamine.

I etapis, kui tuulutusšurfe ei ole lõpuni läbindatud, toimub värske- ja läbitöötatud õhu liikumine autotranspordi- ja konveierikaldšahti kaudu. Selle jaoks paigutatakse konveierikaldšahti ja peakonveieristreki kokkupuute kohta maa-alune ajutine ventilaator, mis imeb läbitöötatud õhu maapeale (vt Graafiline lisa 8). Tupikkaeveõõnte tuulutamine toimub kohaliku tuulutuse ventilaatorite ning tuulutustorude abil.

I etapis, kui paralleelselt töötab kolm läbindusbrigaadi, tuleb kaevandusse juhtida 4099 m<sup>3</sup>/min värsket õhku (vt Lisa 3). Läbindatavate kaeveõõnte pikkus on 4386 m ning kaeveõõntes tekkiv survekadu 151 Pa. Ventilaatori valikul tuleb arvestada, et ventilaator tootlikkus ning ventilaatori poolt tekitatav surve peab olema suurem arvutuslikust, et tagada õhu tsirkulatsioon.

## 10.3 Tuulutus. II etapp

II etapis arvestatakse, et läbindatud on tuulutusšurfid 1 ja 2, tuulutusseadmed monteeritud ning kambriplokkides toimuvad koristustööd. Läbindamine toimub edasi pea- ja paneelistrekkides ning kambriploki ettevalmistuskaeveõõntes (vt Graafiline lisa 9).

II etapis töötab kaevandus täisvõimsusel, mil kaevandatakse 2 000 000 t põlevkivi aastas ning korraga töötab 3 läbindusett ja 4 koristusett.

Värske õhk liigub kaevandusse tuulutusšurfist nr 1, läbib kaeveõõned ja koristused. Läbitöötatud õhk imetakse välja tuulutusšurfist nr 2. Arvutuse tulemusena (vt Lisa 4) on vajalik õhuhulk kaevanduse tuulutamiseks 13 727 m<sup>3</sup>/min ning tuulutatavate kaeveõõnte kogupikkus 17 779 m. Kaeveõõntes tekkiv survekadu on 1670 Pa.

## 11 VEEKÕRVALDUS

Kaevanduse veekõrvaldussüsteemi maa-alune osa koosneb vee kogumiskraavidest, mis juhivad vee veekoguritesse ning pumbajaamadest, mis veekoguritesse kogutud vee läbi survetorustiku pumpavad maapealsetesse settebasseinidesse. Maapealne osa koosneb settebasseinidest ning kraavidest, mis settebasseinist puhastud vee juhivad suublasse. [30] [33]

Vee puhastamine hõljumist toimub kahes järgus, kus maa-alustes veekogurites puhastatakse vesi mehaanilistest osakestest ning lõplik setitamine toimub maapealses settebasseinis [30] [33]. Alternatiivse variandina on võimalik rajada settebassein väljatud kambriplokki, heljum setitada maa-all ning maapeale pumbata puhastatud vesi.

Veekõrvaldus arvutatakse kahes erinevas variandis. Esimese variandi puhul toimub kaevandamine ainult Uus-Kiviõli II kaevanduses ning vee sissevool toimub kogu ümbritsevalt alalt. Teise variandi puhul arvestatakse, et kaevandamine toimub paralleelselt Uus-Kiviõli ja Uus-Kiviõli II kaevanduses, millest tulenevalt teises variandis vee sissevool Uus-Kiviõli II kaevandusse väheneb.

Arvutuste mahukuse tõttu on toodud veekõrvalduse arvutusmetoodika peatükis 11.1 ning arvutustulemused lisades (vt Lisa 5 ja 6).

### 11.1 Veekõrvalduse arvutuse metoodika

Veekõrvalduse arvutus koosneb mitmest erinevast etapist. Esmalt arvutatakse vee orienteeruv juurdevool kaeveõõntesse, seejärel määratakse selle järgi allmaa veekogurite mõõtmed ning pumbajaama jõudlus. Pärast pumpade valikut saab määrata survetorude läbimõõdu, mille kaudu vesi pumbatakse maapealsesse settebasseini. Viimasena arvutatakse settebasseini ja äravoolukraavide parameetrid.

#### 11.1.1 Vee oodatav juurdevool

Orienteeruv vee sissevool ümbritsevalt alalt projekteeritavatesse kaeveõõntesse leitakse kasutades valemeid [11]:

$$Q_{min} = 1,36 \cdot K \cdot \frac{H^2}{\lg R - \lg r} \quad (43)$$

$$r = 0,565 \cdot \sqrt{F} \quad (44)$$

kus  $Q_{min}$  – orienteeruv vee sissevool, m<sup>3</sup>/h;

$K$  – filtratsioonitegur, m/ööp;

$H$  – veetaseme langus, m;

$R$  – depressioonilehtri raadius, m;

$F$  – kaevandatud ala pindala, m<sup>2</sup>;

$r$  – kaevanduse tinglik raadius, m.

Maksimaalse vee sissevoolu saab määrata töötavate põlevkivikaevanduste kogemuse järgi [11]:

$$Q_{max} = 6 \cdot Q_{min} \quad (45)$$

kus  $Q_{max}$  – maksimaalne vee sissevool, m<sup>3</sup>/h.

Peastrekkide läbindamise ajal määratakse vee juurdevool valemiga [11]:

$$Q = \frac{K \cdot \alpha \cdot H^2}{2} \cdot \left( \frac{1}{B_1} + \frac{1}{B_1} \right) \quad (46)$$

kus  $Q$  – orienteeruv vee sissevool, m<sup>3</sup>/h;

$K$  – filtratsioonitegur, m/ööp;

$\alpha$  – kaeveõõnte tinglik pikkus, m;

$H$  – veetaseme langus, m;

$B$  – depressioonilehtri raadius, m.

### 11.1.2 Pumpade arvu määramine

Pumpade vajaliku arvu määramiseks tuleb arvestada, et üks pump peab keskmise vee juurdevoolu välja pumpama 20 tunni jooksul, pumbajaama arvutuslik tootlikkus leitakse järgmiselt [34]:

$$Q_{v.s} = \frac{Q_p}{20} \quad (47)$$

kus  $Q_{v.s}$  – pumbajaama arvutuslik tootlikkus, m<sup>3</sup>/h;

$Q_p$  – ööpäevane vee juurdevool kaevandusse, m<sup>3</sup>/h.

Valides pumba tootlikuseks 1000 m<sup>3</sup>/h saame pumpade arvu leida järgmise valemi abil [34]:

$$n = \frac{Q_{v.s}}{Q_n} \quad (48)$$

kus  $n$  – pumpade arv;

$Q_n$  – pumba tootlikkus, m<sup>3</sup>/h.

### 11.1.3 Survetoru diameetri määramine

Vesi pumbatakse läbi survetorustiku maapealsesse settebasseini. Igal pumbal on oma survetorustik. Tegemist on lihttorustikuga, mis ei hargne, mille läbimõõt on kogu ulatuses konstantne nagu ka seda läbiv vooluhulk kogu torustiku pikkusel. Survetoru valikul tuleb leida selle optimaalne läbimõõt. Mida peenem on torustik, seda suurem on survekadu ning pumpamisele kulub palju energiat. Jämedam toru on kallim, kuid energiakulu pumpamisele on väiksem. [35] [36]

Lihttorustiku eritakistus leitakse valemi abil [37]:

$$A = \frac{H}{Q^2 \cdot l \cdot a} \quad (49)$$

kus  $A$  – torustiku eritakistus, mis saadakse toru sisemise läbimõõdu järgi;

$H$  – survekõrgus torustiku ulatuses, m;

$Q$  – vooluhulk, m<sup>3</sup>/s;

$l$  – torustiku pikkus, m;

$a$  – paranduskoefitsient.

Toru läbimõõt valitakse torustiku eritakistuse järgi J. Kurkuse raamatust „Maaparanduse käsiraamat. Maaparanduse alused“ tabelist 5-9.

### 11.1.4 Settebasseini mõõtmete määramine

Settetiigi ristlõige leitakse valemiga [38]:

$$\omega = \frac{Q}{3600 \cdot v} \quad (50)$$

kus  $\omega$  – settetiigi ristlõike pindala, m<sup>2</sup>;

$Q$  – vee sissevool tiiki, m<sup>3</sup>/h;

$v$  – vee kiirus settebasseinis, m/s.

Settetiigi keskmine laius leitakse järgmise võrrandiga [38]:

$$B = \frac{\omega}{h_{teoreetiline}} \quad (51)$$

kus  $B$  – settetiigi keskmine laius, m;

$h_{teor}$  – settebasseini teoreetiline sügavus, m.



Vastavalt tiigi sügavusele tuleb arvutada kui palju suureneb tiigi ülemine laius  $B_{pü}$  ja palju väheneb põhja laius  $B_{põ}$  nõlva kalde arvelt.

Settetiigi pikkus avaldub järgmise valemi abil [38]:

$$L = v \cdot t \cdot k_y \quad (52)$$

kus  $L$  – settetiigi pikkus, m;

$t$  – settimise aeg tiigis, h;

$k_y$  – vee turbulentsust arvestav tegur.

Settiva sette maht leitakse valemiga [38]:

$$W_{oc} = \frac{T_1 \cdot q \cdot (c - m) \cdot r}{\delta} \quad (53)$$

kus  $W_{oc}$  – settiva sette maht, m<sup>3</sup>;

$T_1$  – settimise aeg, a;

$q$  – vee sissevool settetiiki, m<sup>3</sup>/h;

$c$  – heljumi sissevool, mg/l;

$m$  – lubatav heljumi sisaldus settetiigist väljavoolavas vees, mg/l;

$r$  – settetiigi tööaeg aastas, h;

$\sigma$  – kuiva sette mahumass, mg/l.

Sette mahu määramisel tuleb arvestada, et dreneažstreki läbindamise ajal on settiva sette maht suurem. Sette maht tuleb arvutada kahel erineval perioodil, mil on heljumi sissevool tiiki erinev.

Setteruumi ristlõike pindala avaldub järgmiselt [38]:

$$\omega_{oc} = \frac{W_{oc} \cdot k}{L} \quad (54)$$

kus  $\omega_{oc}$  – setteruumi ristlõike pindala, m<sup>2</sup>.

$k$  – settimise ebaühtlust arvestav koefitsient.

Setteruumi kõrgus avaldub vastavalt ristlõikele järgmise valemi abil [38]:

$$h = \frac{B \cdot \tan \alpha}{2} - \sqrt{\frac{(B \cdot \tan 30^\circ)^2}{4} - \omega_{oc} \cdot \tan \alpha} \quad (55)$$

kus  $h$  - setteruumi kõrgus, m.

Settetiigi ehituslik sügavus leitakse võrrandiga [38]:

$$H = h_{teor} + h + h_{varu} \quad (56)$$

kus  $H$  – settetiigi ehituslik sügavus, m;

$h_{varu}$  – vee infiltreerumise vältimiseks paigaldatav tõke, m.

### 11.1.5 Äravoolukraavi ristlõike määramine

Trapetsikujulise äravoolukraavi (vt Joonis 5) mõõtmed peaksid olema sellised, et kraavi profiil kujuneks hüdrauliliselt kõige soodsam ehk millel on kõige suurem läbilaskevõime [37].

Kraavi põhja ja voolu sügavuse optimaalse suhte  $\beta_\Gamma$  leitakse järgmise valemi abil [37]:

$$\beta_\Gamma = 2 \cdot (\sqrt{1 + m^2} - m) \quad (57)$$

kus  $\beta_\Gamma$  – hüdrauliliselt soodsaima voolu kõrguse ja kraavi põhja suhe;

$m$  – nõlvuskoeffitsient.

Koeffitsiendi  $\delta$  leitakse järgmist valemi abil [37]:

$$\delta = 4 \cdot (2 \cdot \sqrt{1 + m^2} - m) \quad (58)$$

kus  $\delta$  – ristlõike nõlva kaldest sõltuv koeffitsient.

Hüdrauliliselt soodsaima voolu sügavuse leidmiseks kasutatakse järgmisi valemeid [37]:

$$h_\Gamma = 2 \cdot \sqrt[2,5+y]{\frac{Q \cdot n}{\delta \cdot \sqrt{i}}} \quad (59)$$

$$N = \frac{Q \cdot n}{\delta \cdot \sqrt{i}} \quad (60)$$

$$\text{Kui } N < 1, \text{ siis } y = 1,5 \cdot \sqrt{n} \quad (61)$$

kus  $h_\Gamma$  – hüdrauliliselt soodsaim voolu sügavus, m;

$Q$  – vooluhulk, m<sup>3</sup>/s;

$y$  – nõlvusest sõltuv koeffitsient;

$n$  – karedusarv;

$i$  – kraavi lang, %.

Hüdrauliliselt soodsaima põhja laiuse määramiseks kasutatakse järgmist valemit [37]:

$$b_{\Gamma} = \beta_{\Gamma} \cdot h_{\Gamma} \quad (62)$$

kus  $b_{\Gamma}$  – hüdrauliliselt soodsaim põhja laius, m.

Voolu laiuse määramiseks kasutatakse järgmist valemit [37]:

$$B = b_{\Gamma} + 2 \cdot m \cdot h_{\Gamma} \quad (63)$$

kus  $B$  – trapetsikujulise voolusängi ülemine laius, m

Voolu elavlõike saab arvutada järgmise valemi abil [37]:

$$\omega = (b_{\Gamma} + m \cdot h_{\Gamma}) \cdot h_{\Gamma} \quad (64)$$

kus  $\omega$  – voolusängi elavlõige, m<sup>2</sup>.

Voolukiirus leitakse järgmise valemiga [37]:

$$v = \frac{Q}{\omega} \quad (65)$$

kus  $v$  – voolukiirus, m/s.

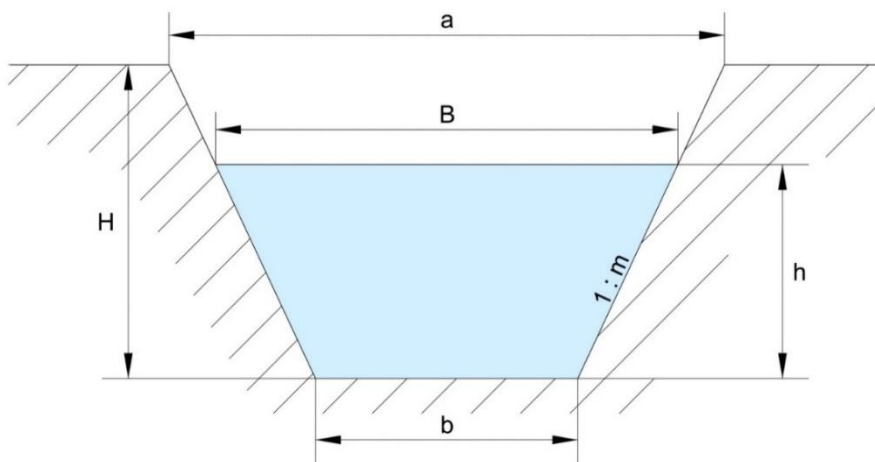
Kraavi tegelik sügavus:

$$H = h_{\Gamma} + h_{\text{varu}} \quad (66)$$

kus  $h_{\text{varu}}$  – jäetav varu, m.

Kraavi laius määratakse kasutades valemit [37]:

$$B = b_{\Gamma} + 2 \cdot m \cdot H \quad (67)$$



Joonis 5 Trapetsikujulise äravoolukraavi arvutamise skeem

## 11.2 Veekõrvalduskeem

Mõlema variandi puhul toimub veekõrvaldus samal põhimõttel.

Kaevanduse avamise etapil, kui läbindatakse kaldšahte ning nendega ühendatud kaeveõõsi, tuleb veekõrvalduseks kasutada eepumpasid. Vesi pumbatakse maapeale kasutades selleks kaldšahti paigutatud torustikku ning puhastatakse settebasseinis.

Arvestades Uus-Kiviõli II kaevevälja suurust ning lamami kallakust, on optimaalne rajada kaks pumbajaama. Esimesena rajatakse pumbajaam peakaldšahtide piirkonda. Mäetööde arengu käigus rajatakse II pumbajaam kolmanda paneeli 29. kambriplokki.

Veekõrvaldus toimub isevoolu teel mööda kraave ja veekõrvaldussooni. Kraavid rajatakse tuulutusstrekidesse [33]. Rajatavate veekõrvalduskraavide laius on 1 m ja sügavus 1,5 – 5 m lamamist ning nende läbindamiseks kasutatakse puur-lõhketöid [11]. Kraavide kalle tuleb teha nii, et vesi liiguks isevoolselt nii I kui II pumbajaama.

Kaevanduse pumbajaam kujutab endast kaeveõõnte kompleksi. Pumbajaam koosneb kolmest paralleelsest kambrist, mis on lõõridega omavahel ühendatud. Äärmistes kambrites paiknevad veekogurid ning keskmises masinaruum, veekoguri sügavus on 6 m ja laius 4 meetrit (vt Graafilise lisa 12). [34]

Pumbajaamast pumbatakse vesi mööda survetorustikku maa peale, sealt edasi settebasseini, kus vesi heljumist puhastatakse.

Settebasseini rajatakse sisse- ja väljavoolu juurde lävi- ja ülevoolupais, mis võimaldab efektiivsemat heljumi setitamist, kui paisudeta juhul. Paisud aitavad saavutada ühtlasema voolukiiruse ning pikilõike parema täitumise (vt Graafilise lisa 13). [39]

Tuletõrje veehoidlaks kasutatakse veekoguri ühte osa, kus on puhastatud kaevandusvesi ning kus minimaalselt töötab 2 pumpa [11].

## 11.3 Veekõrvaldus. Variant 1

Esimeses variandis arvestatakse, et vee sissevool toimub kogu ümbritsevalt alalt.

Pumbajaamade ja settebasseinide paiknemine ning vee juhtimine pumbajaamadesse on esitatud Graafilisel lisal 10.

### 11.3.1 Vee oodatav juurdevool

Vee oodatav juurdevool arvutatakse kolmes erinevas etapis, sest vee juurdevool suureneb kaevandatud ala suurenemisel. Uus-Kiviõli II kaevevälja lamami sügavus on vahemikus 30 – 39 m,

keskmise sügavus 34 m [6]. Arvestades, et veetase on maapinnast 1 – 3 m, valitakse veetaseme languseks 37 m [6].

#### **11.3.1.1 Vee sissevool I, II ja III etapil**

Esimesel etapil, kui väljatud ala pindala on 326 ha, on vee oodatav sissevool kogu ümbritsevalt alalt 1799 m<sup>3</sup>/h. Maksimaalne vee sissevool on 10 870 m<sup>3</sup>/h. Vee oodatav juurdevool peastrekkide läbendamise ajal, kui läbindatavate strekkide pikkus on 2000 m, on 913 m<sup>3</sup>/h.

Teises etapis, kui kaevandatud ala pindala on 1284 ha, on vee sissevool kaevandusse 3161 m<sup>3</sup>/h. Maksimaalne vee juurdevool on 18 968 m<sup>3</sup>/h. Kaevanduse ammendumisel on vee oodatav juurdevool 4294 m<sup>3</sup>/h ning maksimaalne juurdevool 25 764 m<sup>3</sup>/h.

#### **11.3.2 Pumbajaam**

Veekoguri suurus määramisel peab arvestama, et see peab mahutab vähemalt 4-tunnise juurdeoolava vee koguse. [40]

##### **11.3.2.1 I pumbajaam**

I pumbajaam paikneb vahetult kaldšahtide juures ning vee oodatav sissevool veekogurisse on kaevanduse töötamisel 1799 m<sup>3</sup>/h. Veekoguri maht peab kokku olema 7195 m<sup>3</sup>. Valides veekoguri laiuks 4 m ja sügavuseks 6 m, kus veetase on ca 2,4 m, peab veekoguri pikkus olema 375 m (vt Lisa 5 Tabel 46).

Pumpade vajaliku arvu määramiseks tuleb arvestada, et üks pump peab keskmise vee juurdeoolu välja pumpama 20 tunni jooksul [33]. Sellest tulenevalt peab pumbajaama hinnanguline võimsus olema 2159 m<sup>3</sup>/h. Valides pumbad, mille jõudlus on 1000 m<sup>3</sup>/h, läheb vaja kahte pumpa, et kaevandusse sisseoolav vesi välja pumbata (vt Lisa 5 Tabel 46). Vastavalt mäenduse normidele, peab kokku olema 4 pumpa, millest 2 on töös ja 2 reservis [40].

Pumpade valikul tuleb arvestada, et kaevanduse esimestel aastatel on hõljuvosakeste sisaldus vees suurem (400 mg/l), millest tulenevalt tuleb kasutada dreneažipumpasid [38].

Igal pumbal on eraldi survetoru. Lähtuvalt arvutusest (vt Lisa 5 Tabel 46), tuleb vee pumpamiseks valida malmist survetoru, mille läbimõõt on 350 mm ning pikkus 955 m.

##### **11.3.2.2 II pumbajaam**

Kaevanduse ammendumisel on vee oodatav juurdevool 4294 m<sup>3</sup>/h. Kaevandusse sisseoolav vesi juhitakse mõlemasse pumbajaama. II pumbajaama juhitava vee maht on 2495 m<sup>3</sup> ning sellest tulenevalt peab veekoguri maht olema 9981 m<sup>3</sup>. Valides mõlema veekoguri sügavuse ja laiuse samad, mis esimese pumbajaama puhul, peab mõlema veekoguri pikkus olema 520 m (vt Lisa 5 Tabel 47).

II pumbajaama tootlikkus peab olema 2994 m<sup>3</sup>/h. Sellise koguse vee väljapumpamiseks peab olema 3 pumpa, kui pumpade jõudlus on 1000 m<sup>3</sup>/h. Seega peab pumbajaamas olema 5 pumpa, millest 3 on töös ja 2 reservis (vt Lisa 5 Tabel 47) [40].

Pumpamiseks kasutatavate survetorude pikkus on 122 m ja läbimõõt 250 mm (vt Lisa 5 Tabel 47).

### 11.3.3 Settebasseini parameetrite määramine

Settebasseini parameetrite määramisel tuleb arvestada, et heljumi sisaldus vees drenaažstreki läbindamise ajal on 400 mg/l ning drenaažstreki ekspluatatsiooni ajal on see 40 mg/l [38]. Vastavalt Vabariigi Valitsuse määrusele nr 99 „Reovee puhastamise ning heit- ja sademevee suublasse juhtimise kohta esitatavad nõuded, heit- ja sademevee reostusnäitajate piirmäärad ning nende nõuete täitmise kontrollimise meetmed“ (RT I, 16.12.2016,6) on settetiigist väljuva vee lubatud heljumi sisaldus on 15 mg/l [41]. Nõutav settimisaeg on 30 tundi ning maksimaalne lubatud vee voolukiirus on settebasseinis 0,01 m/s. Kuiva sette mahumass on 839 000 mg/l [38].

Settebasseini tehnoloogiline skeem on esitatud Graafilisel lisal 13.

#### 11.3.3.1 Settetiigi mõõtmel I pumpla jaoks

Planeeritav vee sissevool tiiki on 1799 m<sup>3</sup>/h ning settetiigi elueaks on planeeritud 31 aastat. Settetiigi teoreetiliseks sügavuseks valitakse 2,4 m. Kuna settebasseini pikkus sõltub valitud vee voolukiirusest tiigis, valime vee voolukiiruse väiksema, milleks 0,005 m/s, mis aitab optimeerida settebasseini pikkust [38].

Settebasseini mõõtmete arvutuskäik on toodud lisas (vt Lisa 5 Tabel 48).

Heljumi setitamiseks tuleb rajada settetiik, mille mõõtmel on esitatud tabelis (vt Tabel 12).

Tabel 12 I pumbajaama settetiigi parameetrid

Parameeter	Väärtus
Ülemine pikkus, m	871
Põhja pikkus, m	857
Ülemine laius, m	49
Põhja laius, m	35
Settetiigi ehitussügavus, m	4,0
Nõlva kalded, °	30

#### 11.3.3.2 Settetiigi dimensioneerimine II pumpla jaoks

Planeeritav vee sissevool II pumbajaama settetiiki on 2495 m<sup>3</sup>/h ning settetiigi elueaks on planeeritud 17 aastat. Settetiigi teoreetiliseks sügavuseks valitakse 2,4 m ning vee liikumise kiiruseks 0,005 m/s.

Settebasseini parameetrite arvutamine on toodud lisas (vt Lisa 5 Tabel 49). II pumbajaama parameetrid toodud tabelis (vt Tabel 13).

Tabel 13 II pumbajaama settetiigi parameetrid

Parameeter	Väärtus
Ülemine pikkus, m	870
Põhja pikkus, m	858
Ülemine laius, m	64
Põhja laius, m	52
Settetiigi ehitussügavus, m, m	3,7
Nõlva kalded, °	30

### 11.3.4 Äravoolumkraavi mõõtmete määramine ning vee juhtimine suublasse

Äravoolumkraavi mõõtmed määratakse vastavalt peatükis 11.1.5 toodud metoodikale.

#### 11.3.4.1 Äravoolumkraavi parameetrite määramine I settebasseini jaoks ja vee juhtimine suublasse

Lähtuvalt vee hulgast, mis on 1799 m<sup>3</sup>/h, peab trapetsikujulise äravoolumkraavi läbilaskevõime olema vähemalt 0,50 m<sup>3</sup>/s ning kraavi langus minimaalselt 0,05%. Kraavide nõlvad kujundatakse kaldega 26° ehk nõlvusega 1 : 2.

Lähtuvalt eelnevast, on arvutuse käigus saadud (vt Lisa 5 Tabel 50) äravoolumkraavi parameetrid I settebasseini jaoks kokkuvõtvalt esitatud tabelis (vt Tabel 14).

Tabel 14 Äravoolumkraavi parameetrid I settebasseini jaoks

Parameeter	Väärtus
Sügavus, m	1,75
Põhja laius, m	0,40
Kraavi ülemine laius, m	7,39
Nõlvus	1 : 2

Rajatava äravoolumkraavi pikkus on ca 250 m ning selle kaudu juhitakse puhastatud vesi Ojamaa jõkke.

#### 11.3.4.2 Äravoolumkraavi parameetrid II settebasseini jaoks ja vee juhtimine suublasse

Arvestades, et vee voolumhulk on 2495 m<sup>3</sup>/h, peab II settebasseini trapetsikujulise äravoolumkraavi läbilaskevõime olema vähemalt 0,69 m<sup>3</sup>/s ning kraavi langus minimaalselt 0,05%. Kraavide nõlvad tuleb kujundada kaldega 26° ehk nõlvusega 1 : 2. Arvutuse käigus saadud (vt Lisa 5 Tabel 50) äravoolumkraavi parameetrid on kokkuvõtvalt esitatud tabelis (vt Tabel 13).

Tabel 15 Äravoolumkraavi parameetrid II settebasseini jaoks

Parameeter	Väärtus
Sügavus, m	1,85
Põhja laius, m	0,45
Kraavi ülemine laius, m	7,86

Parameeter	Väärtus
Nõlvus	1 : 2

Rajatava äravoolukraavi pikkus on 375 m ja selle kaudu juhitakse puhastatud vesi maaparandussüsteemi RÄÄSA/TP-779 MAIDLA (kood 1106870010020), mis suubub Ojamaa jõkke.

## 11.4 Veekõrvaldus. Variant 2

Teises variandis arvestatakse, et Uus-Kiviõli ja Uus-Kiviõli II kaeveväljal alustatakse paralleelselt kaevandamisega ning kahe kaevanduse vahele tõkketervikut ei jäeta.

Pumbajaamade ja settebasseinide paiknemine ning vee juhtimine pumbajaamadesse on esitatud Graafilisel lisal 11.

### 11.4.1 Vee oodatav juurdevool

II variandi puhul arvutatakse vee sissevool peatükis 11.1 toodud metoodika järgi. Vee oodatav juurdevool arvutatakse kolmes etapis, kuid käesolevas variandis tuleb arvestada, et vee oodatav juurdevool väheneb, kuna teine kaevandaja alustab kaevandamist Uus-Kiviõli kaeveväljal. Tegelik vee juurdevoolu määramiseks arvutatakse esmalt vee sissevool kogu ümbritsevalt alalt, seejärel määratakse protsentides kui suurelt alalt vee sissevoolu ei toimu ning antud vooluhulk arvutatakse maha kogu vee juurdevoolust. Arvutustes võetakse veetaseme keskmiseks languseks 37 m [6].

#### 11.4.1.1 Vee sissevool I, II ja III etapil

Esimeses etapis, kui kaevandatud ala pindala on 334 ha ning vee sissevool toimub perimeetrilt 77% ulatuses, on oodatav vee juurdevool 1388 m<sup>3</sup>/h. Maksimaalne vee sissevool esimeses etapis on 8327 m<sup>3</sup>/h. Peastrekkide läbindamise ajal on vee oodatav sissevool 1141 m<sup>3</sup>/h, kui läbindatavate kaeveõõnte pikkus on 2500 m (vt Lisa 6 Tabel 52).

Teises etapis on kaevandatud ala pindala 1291 ha ning vee juurdevool toimub kogu perimeetrilt 82% ulatuses. Vee juurdevool on 2600 m<sup>3</sup>/h, maksimaalne juurdevool on 15 599 m<sup>3</sup>/h. Kaevandamise lõppedes, kui varu on ammendunud, on kogu väljatud ala suurus 2069 ha ning vee sissevool toimub perimeetrilt 62% ulatuses. Vee oodatav juurdevool on 2683 m<sup>3</sup>/h ning maksimaalne juurdevool 16 101 m<sup>3</sup>/h (vt Lisa 6 Tabel 53 ja Tabel 54).

### 11.4.2 Pumbajaamad

#### 11.4.2.1 I pumbajaam

Vee oodatav juurdevool I pumbajaama on 1388 m<sup>3</sup>/h, millest tulenevalt peab veekoguri maht olema 5551 m<sup>3</sup>. Valides mõlema veekoguri sügavuseks 6 m, veetasemega 2,4 meetrit ning laiussega 4 m, peab mõlema veekoguri pikkus olema 289 m (vt Lisa 6 Tabel 55).



Pumbajaama hinnanguline võimsus peab olema 1665 m<sup>3</sup>/h. Töötavate pumpade arv peab olema 2, kui pumpade jõudlus on 1000 m<sup>3</sup>/h. Vastavalt mäenduse normidele peab pumbajaamas olema 4 pumpa, millest 2 on töös ja 2 reservis (vt Lisa 6 Tabel 55) [40].

Vesi pumbatakse maapealsesse settebasseini kasutades survetorustikku, igal pumbal on oma survetoru. Survetoru pikkus on 614 m ja toru läbimõõt 331 mm (vt Lisa 6 Tabel 55).

#### 11.4.2.2 II pumbajaam

Kaevanduse ammendumisel on vee oodatav juurdevool II pumbajaama 1296 m<sup>3</sup>/h, millest tulenevalt peab veekogurite summaarne maht olema 5183 m<sup>3</sup>. Valides mõlema veekoguri sügavuse ja laiuse samad, mis esimese pumbajaama puhul, peab mõlema veekoguri pikkus olema 270 m (vt Lisa 6 Tabel 56).

II pumbajaama tootlikkus peab olema 1555 m<sup>3</sup>/h. Töötavate pumpade arv peab olema 2, kui pumpade jõudlus on 1000 m<sup>3</sup>/h. Pumbajaamas peab olema 4 pumpa, millest 2 on töös ja 2 reservis (vt Lisa 6 Tabel 56) [40].

Vee pumpamiseks peab survetorude pikkus olema 140 m ning läbimõõt 250 mm (vt Lisa 6 Tabel 56).

#### 11.4.3 Settebassein parameetrite määramine

Settebasseini parameetrite määramisel lähtutakse samasugustest tingimustest nagu toodud peatükis 11.3.3. [38]

##### 11.4.3.1 Settetiigi dimensioneerimine I pumpla jaoks

Planeeritav vee sissevool I pumbajaama settetiiki on 1388 m<sup>3</sup>/h ning settetiigi elueaks on planeeritud 31 aastat. Settetiigi teoreetiliseks sügavuseks valitakse 2,4 m. Vee liikumise kiiruseks valitakse 0,005 m/s.

Arvutuse tulemusena on leitud, et (vt Lisa 6 Tabel 57) I pumbajaama jaoks tuleb rajada settebassein, mille parameetrid on toodud tabelis (vt Tabel 16).

Tabel 16 I pumbajaama settetiigi parameetrid

Parameeter	Väärtus
Ülemine pikkus, m	871
Põhja pikkus, m	857
Ülemine laius, m	39
Põhja laius, m	25
Settetiigi ehitussügavus, m, m	4,0
Nõlva kalded, °	30

### 11.4.3.2 Settetiigi dimensioneerimine II pumbajaaks

Planeeritav vee sissevool II pumbajaama settetiiki on 1296 m<sup>3</sup>/h ning settetiigi elueaks on planeeritud 17 aastat. Settetiigi teoreetiliseks sügavuseks valitakse 2,4 m ning vee liikumise kiiruseks 0,005 m/s.

Arvutuste tulemusena (vt Lisa 6 Tabel 58) tuleb rajada II pumbajaama jaoks settebassein, mille parameetrid on esitatud tabelis (vt Tabel 17).

Tabel 17 II pumbajaama settetiigi parameetrid

Parameeter	Väärtus
Ülemine pikkus, m	870
Põhja pikkus, m	858
Ülemine laius, m	36
Põhja laius, m	24
Settetiigi ehitussügavus, m, m	3,7
Nõlva kalded, °	30

### 11.4.4 Äravoolukraavi mõõtmete määramine ja vee juhtimine suublasse

#### 11.4.4.1 Äravoolukraavi parameetrid I settebasseini jaoks ning vee juhtimine suublasse

Kui vee vooluhulk on 1388 m<sup>3</sup>/h, peab I settebasseini trapetsikujulise äravoolukraavi läbilaskevõime olema minimaalselt 0,39 m<sup>3</sup>/s ning kraavi langus 0,05%. Kraavide nõlvad kujundada kaldega 26° ehk nõlvusega 1 : 2. Arvutuse käigus saadud (vt Lisa 6 Tabel 59) äravoolukraavi parameetrid on esitatud kokkuvõtvalt tabelis (vt Tabel 18).

Tabel 18 Äravoolukraavi parameetrid I settebasseini jaoks

Parameeter	Väärtus
Sügavus, m	1,67
Põhja laius, m	0,36
Kraavi ülemine laius, m	7,06
Nõlvus	1 : 2

Rajatava äravoolukraavi pikkus on 244 m ja selle kaudu juhitakse puhastatud vesi Ojamaa jõkke.

#### 11.4.4.2 Äravoolukraavi parameetrid II settebasseini jaoks ning vee juhtimine suublasse

Arvestades, et voolava vee hulk II settebasseini on 1296 m<sup>3</sup>/h, peab II settebasseini trapetsikujulise äravoolukraavi läbilaskevõime olema vähemalt 0,36 m<sup>3</sup>/s. Kraavi langus on 0,05%. Kraavide nõlvad tuleb kujundada kaldega 26° ehk nõlvusega 1 : 2. Arvutuse käigus saadud (vt Lisa 6 Tabel 60) äravoolukraavi parameetrid on kokkuvõtvalt esitatud tabelis (vt Tabel 19).

Tabel 19 Äravoolukraavi parameetrid II settebasseini jaoks

<b>Parameeter</b>	<b>Väärtus</b>
Sügavus, m	1,65
Põhja laius, m	0,36
Kraavi ülemine laius, m	6,97
Nõlvus	1 : 2

Rajatava äravoolukraavi pikkus on 398 m ja selle kaudu juhitakse puhastatud vesi maaparandussüsteemi RÄÄSA/TP-779 MAIDLA (kood 1106870010020), mis suubub Ojamaa jõkke.

## 12 KAEVANDUSE TRANSPORT

Uus-Kiviõli II kaevanduse transport koosneb maapealsest ning maa-alusest transpordist, mis hõlmab konveier- ja autotransporti. Kaevandustranspordi eesmärk on võimalikult odavalt transportida kaevist [17].

Kaevanduse töötamisel kasutatakse kaevise transportimiseks peamiselt lintkonveierit. Konveieri eeliseks on kõrge automatiseeritus, madal tööjõukulu, madal käitluskulu ning kõrge usaldusväärsus. Konveier on väiksema paindlikkusega ning kallim kui ratastransport, kuid ökonoomsem pikkadel transpordikaugustel ning väiksema käitluskuluga. [16]

### 12.1 Maapealne transport

#### 12.1.1 Autotransport

Autotransporti kasutatakse peamiselt inimeste veoks töökohta ning igasuguste materjalide veoks, nagu varuosad, kütus jne.

Kaevanduse eksploatatsiooni algusaastatel, kui statsionaarset pealmaakonveierit ei ole veel paigaldatud, tuleb kasutada kallureid kaevise transpordiks Ojamaa kaevanduse rikastusvabrikusse.

Kallurite tootlikkuse saamiseks tuleb esmalt määrata kalluri töötsükli  $t_{ts}$  kestus valemiga [22]:

$$t_{ts} = \frac{D}{1000 \cdot v_e \cdot \frac{1}{60}} + \frac{D}{1000 \cdot v_t \cdot \frac{1}{60}} + Z \quad (68)$$

kus  $D$  – transpordikaugus, m;

$v_e$  – täislastiga liikumise kiirus, km/h;

$v_t$  – tühilastiga liikumise kiirus, km/h;

$Z$  – tsükli aeg sõltub manööverdamisskeemist ja laadimistingimustest.

Kui on teada laaduri töötsükli kestus, saame määrata kalluri reise arv tunnis ning arvutada laaduri teenindamiseks vajalik kallurite arvu  $N$  [22]:

$$N = \frac{Q}{M_k \cdot k_k \cdot n_r \cdot E} \quad (69)$$

kus  $Q$  – transporditava kaevise kogus tunnis, t/h;

$M_k$  – kalluri kandevõime, t;

$n_r$  – kalluri reise arv tunnis;

$k_k$  – kalluri koormustegur;

$E$  – töö efektiivsuse tegur.

Kaevanduse ööpäevane tootlikkus kaevisse järgi on 704 t/h. Kui kaevisse veoks kasutatakse kallureid kandeveõimega 25 t ning transporditee pikkus Ojamaa kaevanduse rikastusvabrikusse on ca 4990 m, on vaja kasutada kaevanduse tunnitoodangu transportimiseks minimaalselt 7 kallurit (vt Lisa 7).

Maapealsete rajatiste teenindamiseks, mis jäävad põhiteenindusmaast väljaspoole, kasutatakse olemasolevaid autoteid, sh metsateid. Vajadusel korrastatakse olemasolevaid teid või rajatakse uued teed. Esiialgu tuleb kaevanduse teeninduseks rajada teid pikkusega 1750 m, et tagada ligipääs Uus-Kiviõli kaevandus kinnistule (vt Graafiline lisa 14).

### **12.1.2 Konveiertransport**

Konveiertransporti kasutatakse kaevisse transpordiks Ojamaa kaevanduse rikastusvabrikusse. Konveieri planeeritav pikkus on ca 4500 m. Valdavalt jääb konveieri trass eramaadele (vt Graafiline lisa 14).

Konveieri tootlikkus valitakse samasugune nagu magistraalkonveieri oma, mida kasutatakse ainult Uus-Kiviõli II kaevanduse teenindamiseks (vt peatükk 12.2.2.3.1), konveieri tootlikkus peab seega olema 1500 t/h ning lindi laius vähemalt 1400 mm [42].

## **12.2 Allmaatransport**

### **12.2.1 Ratastransport**

Käesoleval ajal kasutatakse põlevkivikaevandustes tööliste veoks maa-alla selleks spetsiaalselt kohandatud autobusse. Materjalide transport toimub kasutades veoautosid. Valve- ja remondipersonal kasutab maa-all diiselmootoriga autosid, mis vastavad maa-all kasutatavate masinate nõuetele. [11]

Kaevanduse transpordi esimese osa moodustab laadur, mida kasutatakse puur-lõhketöödega kobestatud kaevisse transpordiks [16]. Kaevanduse avamisel, kui vahemaad on lühikesed, kasutatakse laadureid kaevisse transpordiks maa peale. Läbindustööde arenedes ja vahemaade suurenemisel, võetakse kasutusele kallurid (vt Graafiline lisa 5 ja 6) [17]. Hilisemal perioodil, kui on paigaldatud konveierid, võtavad laadurid lõhatud materjali tööest ning laevad selle konveierile, mis transpordib kaevisse maa peale [16].

### **12.2.2 Konveiertransport**

Konveiereid kasutatakse laialdaselt kamberkaevandustes, kus kaevanduse geomeetria ja tehnoloogia tõttu on see kõige efektiivsem ja odavam transpordiviis [16].

Enne kaevis laadimist konveierile, tuleb see purustada sobilikuks fraktsiooniks (<300 mm). Materjal purustatakse toiturpurustis, mis laeb purustatud kaevis lintkonveierile. [16]

Uus-Kiviõli II kaevanduses on ette nähtud magistraalkonveier, mis paikneb peakonveieristrekis, paneelkonveierid, mis asuvad paneelide vahel ja jaoskonna konveier, mis paikneb kambriploki kogumisstrekis.

Kaevis liikumine toimub kambriplokis kraapkonveierilt jaoskonna konveierile, sealt paneelkonveierile ning lõpuks magistraalkonveierile. Magistraalkonveieri abil transporditakse kaevis maa peale. Magistraal-, paneel- ja jaoskonnakonveier paigutatakse üksteise suhtes risti (90° nurga all) (vt Graafiline lisa 2 ja 3) [19].

#### **12.2.2.1 Jaoskonna konveier**

Jaoskonna konveier asub kambriploki kogumisstrekis, millele laaduritega laetakse puur-lõhketöödega kobestatud materjali. Konveieri otsas paikneb kraapkonveier toiturpurustiga, mis ülegabariidilised kivimitükid purustab ja annab kaevis ühtlase tootlikkusega lintkonveierile. Keskmiselt on jaoskonnakonveierite pikkus ca 1100 m.

Ühes kambriplokis töötab maksimaalselt 4 laadurit. Laadurite tootlikkus on arvatud peatükis 9.3.2. Kahe suurema laaduri tootlikkus kambriplokis on 295 t/h. Konveieri valikul tuleb laaduri tootlikkusele juurde arvestades ühtlus- ja varutegur, mis on 1,2 [19]. Tulenevalt eelnevast, peab toiturpurusti ja lintkonveieri tootlikkus olema 700 t/h ning lindi minimaalne laius 800 mm [42].

#### **12.2.2.2 Paneelkonveier**

Jaoskonna konveierilt liigub kaevis paneelkonveierile. Kaeveväli on jagatud kuueks paneeliks ning kahte paneeli teenindab üks lintkonveier, mis on paigaldatud kahe paneeli vahele (vt Graafiline lisa 2 ja 3). Paneelkonveierite pikkused jäävad vahemikku ca 1840 m – 3660 m, sõltuvalt paneelist.

Paneelkonveierile liigub kaevis keskmiselt neljalt jaoskonnakonveierilt. Kaevis laadimine kambriplokis ei ole ühtlane, millest tulenevalt ei arvestata paneelkonveieri valikult kõige nelja jaoskonnakonveieri üheaegset maksimaalset tootlikkust. Paneelkonveieri tootlikkus peab olema ca 50% suurem kui jaoskonnakonveieri tootlikkus, millest tulenevalt on paneelkonveieri tootlikkus 1000 t/h ning lindi laius peab olema vähemalt 1200 mm [42].

#### **12.2.2.3 Magistraalkonveier**

Magistraalkonveier asub peakonveieristrekis ja selle abil transporditakse kaevis maapeale. Magistraalkonveierile liigub materjal paneelkonveierilt. Magistraalkonveieri tootlikkus tuleb määrata kahel erineval tootmisvõimsusel.

Esimeses variandis toimub kaevandamine ainult Uus-Kiviõli II kaeveväljal ning magistraalkonveier valitakse Uus-Kiviõli II tootmisvõimsuse järgi, mis on 2000 tuhat t geoloogilist varu. Teises variandis arvestatakse, et kaevandamine toimub Uus-Kiviõli ja Uus-Kiviõli II kaevandustes paralleelselt ning kahe kaevanduse tootmisvõimsus on kokku 6000 tuhat t aastas ning kaevandused kasutavad ühist magistraalkonveierit kaevis transpordiks.

#### **12.2.2.3.1 Variant 1**

Magistraalkonveieri maksimaalne pikkus on ca 5000 m. Kaevanduses ei toimu kaevise laadimine ja transport ühtlaselt. Arvestades, et paneelkonveierite tootlikkus on 1000 t/h ning kõik paneelikonveierid ei tööta ühtlaselt, peab magistraalkonveieri tootlikkus olema 1500 t/h ning lindi laius vähemalt 1400 mm [42].

#### **12.2.2.3.2 Variant 2**

Teise variandi puhul on magistraalkonveieri maksimaalne pikkus ca 8570 m. Magistraalkonveieri tootlikkus peab olema 4500 t/h ning lindi laiuse peab olema vähemalt 2000 mm [42].

## 13 KAEVISE RIKASTAMINE

Tootsa kihindi keerulise ehituse tõttu, kus põlevkivikihid vahelduvad pae vahekihtidega, ei vasta väljatav kaevis tarbija kvaliteedi nõuetele. Selleks, et tõsta kütteväärtust ja õlisaagist, tuleb kaevis rikastada. [18]

Kaevise rikastamiseks kasutatakse kaevise separeerimist raskes vedelikus. Raskes keskkonnas separeerimine põhineb paekivi ja põlevkivi erinevatel tihedustel. Rikastamine toimub magnetiidi suspensioonis, mille tihedus on väiksem paekivi tihedusest ja suurem põlevkivi tihedusest. Väiksema tihedusega põlevkivi ujub magnetiidi suspensioonis ja paekivi vajub põhja. [20] [43]

Rikastusvabrikust saadakse kaevisest kolm peamist produkti [18]:

- enne rikastamist välja sõelutav peenpõlevkivi (0-25 mm);
- rikastamise tulemusena kontsentraat (25-125 mm);
- lubjakivijäägid (20 -300 mm).

Uus-Kiviõli II kaevanduses väljatud kaevise rikastamine toimub Ojamaa kaevanduse rikastusvabrikus. Kaevis transporditakse Ojamaale lintkonveieri abil, mille pikkus on ca 4500 m. Kaevanduse esimestel tööaastatel, enne pealmaa konveieri paigaldamist, kasutatakse kallureid kaevise transpordiks rikastusvabrikusse.



## 14 KAEVANDUSE RAJAMISE MÕJU KESKKONNALE

Kaevandamisel tekkiv keskkonnamõju sõltub peamiselt kasutatavast tehnoloogiast, geoloogilistes ja hüdrogeoloogilistest tingimustest ning ümbritsevast looduskeskkonnast [3].

Kaevandamise käigus tekkivad peamised keskkonnamõjud on järgmised [3]:

- mõju pinna- ja põhjaveele;
- mõju maastikule;
- mõju taimestikule ning loomastikule;
- müra, õhusaaste ja vibratsioon;
- jäätmed.

Peamine kaevandamisest tulenev mõju pinnaveele on olemasolevate vooluveekogude veerežiimi muutmine tehislikuks, mis tekib kaevandusvee juhtimisel vooluveekodusse. Kaevandusvees sisalduva heljumi vähendamiseks, toimub vee puhastamine, enne looduslikku suublasse juhtimist, settebasseinides. Kaevandusvee pumpamisel muudetakse ka vee keemilist koostist, suurenev sulfaatide sisaldust, mis tekib karbonaatkivimites leiduva püriidi oksüdeerumisel. Kaevandamisel tekkiva negatiivse mõju leevendamiseks pinnaveele, tuleb kasutada eelsetitamist kaevanduskäikudes ning heitvee juhtimiseks suublasse on vaja vee erikasutusluba, millega saab sätestada kaevandajale vee seire tingimused ning vajalikud leevendusmeetmed. [3]

Kaevandamise käigus pumbatakse põhjavett kaevandusest välja, mille tulemusena looduslik põhjaveetaseme alaneb ning tekib alanduslehter. Põhjaveetaseme alandamisel jäävad kuivaks piirkonna puur- ja salvkaevud. Kaevanduse sulgemisel on kaevandamise tulemusena tekkinud veejuhtimise kasv, mis suurendab põhjavee reostustundlikkust. Peale kaevanduse sulgemist looduslik põhjavee tase ja keemiline koostis taastub. Keskkonnamõju leevendamiseks tuleb rajada puurkaevud ja/või veetrassid enne kaevanduse rajamist. [3]

Põlevkivi kaevandamise mõju maastikul on väike, sest kaevanduse lage jäetakse ülal hoidma tulptervikud, mis on projekteeritud piisava suurusega [3].

Põlevkivi kaevandamisel mõjutatakse metsa- ja põllumaad peamiselt reljeefi või veerežiimi muutmise kaudu. Kaevandusest vee väljapumpamisel kuivendatakse liigniiskeid muldasid. Liigniiskete muldade liigid asenduvad kuivemate alade liikidega. Uus-Kiviõli kaeveväli on käesoleval ajal osaliselt juba kuivendusala piirkonnas ning muutused nendel aladel ei ole väga suured. [3]

Kaevandustegevus mõjutab negatiivselt piirkonna loomastikku, kuna alal suureneb valgusreostus, müratase, liiklusedus, vibratsioon jne. Samas on seniste kaevanduste kogemus näidanud, et loomastik kohaneb kiiresti uute keskkonnatingimustega. [3]

Põlevkivi kaevandamisel on peamised müra allikad põlevkivi maha- ja pealelaadimistööd, lõhketööd, ventilaatorite ja pumpade töötamine ning transpordivoog [3]. Müra normtasemed on reguleeritud Sotsiaalministri 04.03.2002 määrusega nr 42 „Müra normtasemed elu- ja puhkealal, elamutes ning ühiskasutusega hoonetes ja mürataseme mõõtmise meetodid“ (RT I, 08.02.2017,4). Määrusega on kehtestatud müra normtasemed elamute ja ühiskasutusega hoonete sees, hoonete välisterritooriumil ning mürataseme mõõtmise meetodid [44]. Müra vähendamiseks tuleb paigutada tuulutusšurfid asustuseta piirkonda, tuulutusventilaatorid paigaldada maa-alla, teetrassid rajada inimasustusest võimalikult eemale ning vajadusel rajada tõkked müra häiringu vähendamiseks [3].

Kaevandamise käigus tekivad õhusaaste on peamiselt seotud rikastusvabriku, tuulutusšurfide, lõhkamiste ja kaevandust teenindava transpordiga. Lõhkamisel tekivad tolmu settid valdavalt kaeveõõntes enne õhu väljumist tuulutusšurdist. Niiske keskkond suurendab osakeste settimist kaeveõõntes. Negatiivse mõju leevendamiseks tuleb tuulutusšurfid paigutada vähese inimasustusega piirkonda. Transpordivoogu suurenemisega suureneb transpordist tulenev õhusaaste, konveieri kasutuselevõtt aitab saastet vähendada. [3]

Vibratsioon tekib lõhketööde käigus ning võnkumise levik ja ulatus sõltub võnkekeskkonnast. Lõhketööde negatiivse mõju leevendamiseks tuleb ehitiste läheduses kasutada väiksemaid lõhkeaine laenguid ning tööd teostada vastavalt puur-lõhketööde passis toodule. [3]

Kaevandamise käigus tekib palju eritüüpi jäätmeid – aheraine, ohtlike ainete jäätmed, segaolmejäätmed, biolagunevad jäätmed jne. Jäätmeid tuleb koguda kokku, sorteerida ning käidelda vastavalt seadusandlusele. Jäätmed antakse üle jäätmekäitlejatele, kes omandavad vastavat tegevusluba. Aheraine taaskasutatakse võimalikult suures ulatuses. [3]

## KOKKUVÕTE

Eesti põlevkivimaardla Uus-Kiviõli kaeveväli on tehnoloogiliselt ja keskkonnavalaselt optimaalseim koht kaevandamiseks. Uus-Kiviõli kaeveväli jaotatakse kaheks osaks – põhjapoolseks osaks nimega Uus-Kiviõli ja lõunapoolseks osaks nimega Uus-Kiviõli II. Käesoleva magistritöö käigus koostati eelprojekt Uus-Kiviõli II põlevkivikaevanduse rajamiseks.

Tulevikus hakkab kogu kaeveväljal kaevandama kaks ettevõtet, millest tulenevalt arvestati töö koostamisel kahte erinevat situatsiooni. Esimesel juhul toimub kaevandamine ainult Uus-Kiviõli II kaeveväljal, teisel juhul toimub kaevandamine paralleelselt nii Uus-Kiviõlis kui ka Uus-Kiviõli II-s ning kaevandused kasutavad ühiseid avamis- ja kapitaalkaeveõõsi.

Magistritöö tulemusena on esitatud tehnoloogiline skeem kaevanduse avamiseks ja eksploatatsiooniks kahel erineval situatsioonil. Arvutati välja tervikute ja kambrite mõõtmed mäerõhu juhtimiseks. Koostati tuulutuse skeem ning arvutati vajalik õhuhulk kaeveõõnte tuulutamiseks. Määrati vee sissevool kaevandusse, millel põhineb veekõrvalduseks vajalik rajatiste parameetrite arvutamine.

Optimaalne on rajada kaks kaevandust kasutades ühiseid avamis- ja kapitaalkaeveõõsi. Maavara kasutaks sel juhul säästlikumalt, sest tõkketervikut ei jäeta. Samuti on majanduslikult tasuvam rajada avamis- ja kapitaalkaeveõõned ühiselt. Seejuures on oluline, et ettevõtted suudavad leida sellise lahenduse, mis rahuldab mõlemaid osapooli.

Kuigi eelprojekt koostati Uus-Kiviõli II põlevkivikaevanduse jaoks, on tehnilised lahendused rakendatavad ka Uus-Kiviõli kaeveväljal. Käesolevat eelprojekti on kasutatav Uus-Kiviõli II kaevanduse tööprojekti koostamiseks. Tööprojektide koostamisel tuleb optimeerida käesolevas töös pakutud lahendusi.

Käesoleva magistritöö valmimisele kaasa aitamises soovin tänada oma juhendajaid, Tauno Tammeojat ja Tõnu Tombergi. OÜ VKG Kaevandused töötajat, Vladimir Mazinit, ning oma kolleege OÜ-st Inseneribüroo STEIGER, Kaja Paati ja Marge Uppinit.

## KASUTATUD KIRJANDUS

- [1] Cumulus Consulting OÜ. 2009. Uus-Kiviõli kaevanduse sotsiaalmajandusliku mõju analüüs.
- [2] Keskkonnaministeerium. 2015. Põlevkivi kasutamise riiklik arengukava 2016-2030. Tallinn.
- [3] Uri, U., Rooma, A., Kull, G. 2010. Eesti Energia Kaevandused AS kavandatava Uus-Kiviõli kaevanduse rajamise keskkonnamõju hindamise aruanne. Tartu.
- [4] Maa-amet. 2018. Maa-ameti geoportaal. Maardlate rakendus [Võrgumaterjal].  
[http://xgis.maaamet.ee/xGIS/XGis?app\\_id=UU213&user\\_id=at&bbox=644198.158454412,6563950.12154563,689674.846283302,6587008.16098084&LANG=1](http://xgis.maaamet.ee/xGIS/XGis?app_id=UU213&user_id=at&bbox=644198.158454412,6563950.12154563,689674.846283302,6587008.16098084&LANG=1) (14.03.2019).
- [5] Maa-amet. 2019. Keskkonnaregistri maardla nimistu maardla registrikaart nr 11: Eesti Uus-Kiviõli uuringuväli.
- [6] Rüütel, C., Vaganova, M. 2004. OÜ Merko Kaevandused Uus-Kiviõli põlevkivikaevanduse maavara kaevandamise loa taotlus. Tallinn: OÜ Järva Paas Inseneribüroo STEIGER.
- [7] Rammo, M., Klein, V. 2007. Eesti põlevkivimaardla Uus-Kiviõli uuringuvälja registrikaardi (0011) täpsustamine. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus.
- [8] Maa-amet. 2018. Maardlate register: Maardla detailandmed [Võrgumaterjal].  
<http://xgis.maaamet.ee/xGIS/bronx/maardlad/showdata.aspx?registrikaart=11> (27.05.2019).
- [9] Kattai, V., Kattai, T., Lakk, U. 1995. Eesti põlevkivimaardla varu ümberhindamine (seisuga 01.01.1995. a): Uus-Kiviõli uuringuväli. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus.
- [10] Savitski, L., Savva, V. 2009. Hüdrogeoloogiliste muutuste prognoosid seoses Uus-Kiviõli kaevanduse avamise ja Aidu karjääri sulgemisega. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus
- [11] Undusk, V. 2009. Ojamaa kaevevälja ja Sompaa kaevevälja lõunaosa kaevandamise korrigeeritud projekt. Kohtla-Järve: VKG Kaevandused OÜ.
- [12] Reinsalu, E. 2013. *Eesti Mäendus II*. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool.
- [13] Jürs, E., Reinsalu, E. 2015. *Eesti põlevkivi töötlemine*. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool.
- [14] Maapõueseadus. RT I, 12.12.2018, 53.
- [15] Žalinov, S., Mazin, V., Sokman, K., Nikitin, O. 2009. Ojamaa kaevanduse peakaldšahtid. Jõhvi: AS Eesti Põlevkivi.
- [16] Darling, P., ed. 2011. *SME Mining Engineering Handbook*. 3rd ed. n.p.: Society of Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc
- [17] Hustrulid, W. A., Bullock, R. L., ed. 2001. *Underground Mining Methods: Engineering Fundamentals and International Case Studies*. Colorado: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc.
- [18] Kattai, V., Saarde, T., Savitski, L. 2000. *Eesti põlevkivi: geoloogia, resurss, kaevandamistingimused*. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus.

- [19] Shakhmeister, L. G., Dimitriyev, V. D. 1978. *Teorija i rastšet lentotšnõh konveijerov*. Moskva: Mašinostrojenije (Шахmeister, Л. Г., Дмитриев, В. Д. 1978. *Теория и расчет ленточных конвейеров*. Москва: Машиностроение).
- [20] Reinsalu, E. 2011. *Eesti Mäendus*. Tallinn: TTÜ Kirjastus.
- [21] Lowrie, R. L., ed. 2002. *SME Mining Reference Handbook*. Colorado: Society of Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc.
- [22] Rzhnevskiy, V. V. 1985. *Okrõtõje gornije rabotõ: Tšast 1*. Moskva: Nedra (Ржевский, В. В. 1985. *Открытые горные работы: Часть 1*. Москва: Недра).
- [23] Tomberg, T. 2017. *Allmaakaevandamine. Loengumaterjalid*. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool.
- [24] Keskkonna- ja majandusministeerium. 1998. *Maapõueseadus ja selle rakendamise õigusaktid II*. Tallinn.
- [25] Normativnõje dokumentõ po voprosam ohranõ nedr i geologo-markšeiderskovo kontrolja. 2002 (Нормативные документы по вопросам охраны недр и геолого-маркшейдерского контроля. 2002) [Võrgumaterjal]. <http://aquagroup.ru/normdocs/13135> (26.04.2019).
- [26] Borisov, A. A. 1980. *Mekhanika gornõh porod i massivov*. Moskva: Nedra (Борисов, А. А. 1980. *Механика горных пород и массивов*. Москва: Недра).
- [27] VKG Kaevandused OÜ. 2017. *Kiilmuhv-ankurtoestiku kasutamisjuhend põlevkivi kaevandamisel*.
- [28] Vohta, A. 2015. *Ojamaa kaevanduse kambriploki püsivusanalüüs*. Bakalaureusetõõ. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool.
- [29] Hartman, H. L., Mutmansky, J. M., Ramani, R. V., Wang, Y. J. 1997. *Mine Ventilation and Air Conditioning*. 3rd ed. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- [30] Rätsep, A., Toomik, A., Liblik, V. 2003. *OÜ VKG Aidu Oil poolt kavandatava Ojamaa põlevkivikaevanduse rajamise ja põlevkivi kaevandamisega kaasneva keskkonnamõju hindamine*. Jõhvi: TPÜ ökoloogia Instituut.
- [31] Hallik, M., Šalašinski, V., Loko, M. 2004. *Põlevkivikaevanduse tuulutuskava koostamise juhend*. Jõhvi: AS Eesti põlevkivi.
- [32] Tšupik, V. 2018. *Tuulutuspiaani koostamise juhend*. Kohtla-Järve: VKG Kaevandused OÜ.
- [33] Tomberg, T. 2017. *Kaevanduskeskkond ja ohutus. Loengukonspekt*. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool.
- [34] Mazin, V., Jefimov, S., Borokov, A. 2011. *Ojamaa kaevanduse põhja pumbajaama projekt*. Kohtla-Järve: VKG Kaevandused OÜ.
- [35] Maastik, A., Haldre, H., Koppel, T., Paal, L. 1995. *Hüdraulika ja pumbad*. Tartu: Greif.
- [36] Tepaks, L. 1967. *Hüdraulika*. Tallinn: Valgus.
- [37] Kurkus, J. 1962. *Maaparanduse käsiraamat: Maaparanduse alused*. Tallinn: Eesti Riiklik Kirjastus.
- [38] Kõpp, V., Niitlaan, E. 2008. *Ojamaa põlevkivi kaevanduse veekõrvaldussüsteemi maapealse osa projekt*. Tallinn: OÜ Inseneribüroo STEIGER.

- [39] Soovik, E., Köpp, V., Niitlaan, E. 2009. Ojamaa põlevkivikaevanduse põhjaosa veekõrvaldussüsteemi maapealse osa tööprojekt. Tallinn: OÜ Inseneribüroo STEIGER.
- [40] Ministerstvo ugolnoja promõšlennosti SSSR. 1986. *Pravila bezopasnosti v ugolnõh i slantsevõh šahtah*. Moskva: Nedra (Министерство Угольная Промышленности СССР. 1986. *Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах*. Москва: Недра).
- [41] Reovee puhastamise ning heit- ja sademevee suublasse juhtimise kohta esitatavad nõuded, heit- ja sademevee reostusnäitajate piirmäärad ning nende nõuete täitmise kontrollimise meetmed. RT I, 6.12.2016, 6.
- [42] Tammeoja, T. 2019. Konveieri arvutus. Exceli tööleht. VKG Kaevandused OÜ.
- [43] Gupta, A., Yan, D. S. 2006. *Mineral Processing Design and Operations: An Introduction*. Amsterdam: Elsevier B. V.
- [44] Mõra normtasemed elu- ja puhkealal, elamutes ning ühiskasutusega hoonetes ja mürataseme mõõtmise meetodid. RT I, 08.02.2017, 4.

## LISAD

### Lisa 1. Laaduri tootlikkuse arvutus

Tabel 20 8 tonnise kaevis kandevoimega laaduri tootlikkus

Nimetus	Tähis	Väärtus
<b>Laadurveoki tehniline tootlikkus (poolplok)</b>		
Kaevis keskmine mass kopas, t	E	8
Keskmine ammutamise aeg, s	$t_{\text{täit}}$	32,1
Masina liikumise aeg ühes suunas, s	$t_{\text{liik}}$	69,1
Keskmine kopa tühjendamiseks kulunud aeg, s	$t_{\text{tühj}}$	25,2
Laadurveoki tehniline tootlikkus, t/h	$P_{\text{tehn}}$	147
<b>Laadurveoki keskmine tehniline tootlikkus (poolplok)</b>		
Poolplokis väljatavate pikikambrite arv, tk	$n_i$	17
Laadurveoki tehniline tootlikkus kokku, t/h	$\sum P_{\text{tehn}}$	3339
Keskmine tehniline tootlikkus, t/h	$P_{\text{tehn,kesk}}$	196
<b>Laaduri tehniline tootlikkus vahetuses (poolplok)</b>		
Laadurveoki tehniline tootlikkus, t/h	$P_{\text{tehn}}$	147,3
Töötundide arv ööpäevas, h	T	18
Kopplaaduri kasutegur kaevis laadimisel vahetuse jooksul	$K_i$	0,62
Kopplaaduri tehnoloogiline tootlikkus, t/ööp	$P_{\text{eksp}}$	1644

Tabel 21 12 tonnise kaevis kandevoimega laaduri tehniline tootlikkus poolplokis

Nimetus	Tähis	Väärtus
<b>Laadurveoki tehniline tootlikkus (poolplok)</b>		
Kaevis keskmine mass kopas, t	E	12
Keskmine ammutamise aeg, s	$t_{\text{täit}}$	32,1
Masina liikumise aeg ühes suunas, s	$t_{\text{liik}}$	69,1
Keskmine kopa tühjendamiseks kulunud aeg, s	$t_{\text{tühj}}$	25,2
Laadurveoki tehniline tootlikkus, t/h	$P_{\text{tehn}}$	221
<b>Laadurveoki keskmine tehniline tootlikkus (poolplok)</b>		
Poolplokis väljatavate pikikambrite arv, tk	$n_i$	17
Laadurveoki tehniline tootlikkus kokku, t/h	$\sum P_{\text{tehn}}$	5009
Keskmine tehniline tootlikkus, t/h	$P_{\text{tehn,kesk}}$	295
<b>Kopplaaduri tehnoloogiline tootlikkus poolplokis</b>		
Laadurveoki tehniline tootlikkus, t/h	$P_{\text{tehn}}$	221
Töötundide arv ööpäevas, h	T	18
Kopplaaduri kasutegur kaevis laadimisel vahetuse jooksul	$K_i$	0,62
Kopplaaduri tehnoloogiline tootlikkus, t/ööp	$P_{\text{eksp}}$	2466

## Lisa 2. Kambrite ja tervikute arvutus

Tabel 22 Piiirava lubatud suurus

Nimetus	Tähis	Väärtused			
		Tavatingimustes			Karstitsoon
Põlevkivikihi väljatav paksus, m	h	2,80	3,20	3,70	3,70
Kaitstava objekti tähtsust arvestav koefitsient	$k_H$	1,00			1,00
Koefitsient, mis arvestab lae püsivust	$k_p$	0,85			0,85
Koefitsient, mis arvestab lae nõrgenemist karsti mõjul	$k_0$	1,00			0,80
Laekivimite tugevuse varutegur	$n_l$	1,80			1,80
Parameeter, mis sõltub kivimite omadusest, m	K	7,00			7,00
Parameeter, mis sõltub kivimite omadusest	M	0,54			0,54
Karbonaatsete kivimite paksus, m	$H_k$	26,00			26,00
Kivimite omadusi iseloomustav empiiriline koefitsient	$\alpha$	0,44			0,44
Kivimite omadusi iseloomustav empiiriline koefitsient	$\beta$	0,56			0,56
Kivimite omadusi iseloomustav empiiriline koefitsient	m	0,60			0,60
Kambrite vajalik iga kuudes	t	2,00			2,00
Kivimite tugevuse muutumist ajas iseloomustav koefitsient	$k_t$	0,73			0,73
Ankrutega toetatava kihistiku paksus, m	$h_a$	1,60	1,60	1,20	1,20
Koefitsient, mis arvestab ankurtoestiku mõju lae püsivusele	$k_a$	1,13	1,13	1,05	1,05
Lähislae lubatud ava suurus, m	$l_{l,1}$	12,89	12,89	11,93	9,54
Kambrite seinte purunemise summaarne laius lõhketööde mõjul, m	q	0,60			0,60
Antud pikikambri laius, m	b	7,50	7,50	7,50	7,50
Arvutuslik põikkambri laius, m	A	9,43	9,43	8,16	6,15
Valitud põikkambri maksimaalne laius, m	A	7,50	7,5	7,50	6,00

Tabel 23 Kambritevaheliste tervikute mõõtmete määramine

Nimetus	Tähis	Väärtused			
		Tavatingimused			Karstitsoon
Põlevkivikihi väljatav paksus, m	h	2,80	3,20	3,70	3,70
Põikkambri laius, m	A	7,50	7,50	7,50	6,00
Pikikambri laius, m	b	7,50	7,50	7,50	6,00



Nimetus	Tähis	Väärtused			
		Tavatingimused			Karstisoon
Tervikute tugevuse varutegur	n	1,30			1,40
Kambrite seinte purunemise summaarne laius lõhketööde mõjul, m	q	0,60			0,60
Katte kivimite keskmine tihedus, MN/m <sup>3</sup>	γ	0,025			0,03
Katte kivimite paksus, m	H	40,00	39,60	39,10	39,10
Tervikute arvutuslik (ette antud) iga, a	t	∞			
Kivimite survetugevus ajahetkel $T = \infty$ , MPa	R <sub>t</sub>	6,60			6,60
Terviku kujutegur	k <sub>k</sub>	1,21	1,15	1,09	1,09
<b>Kambritevahelised tervikud</b>					
Antud terviku laius (piki kogumisstrekki), m	x	5,40	5,40	5,40	5,40
Arvutuslik terviku pikkus (risti kogumisstrekkiga), m	y	6,86	7,38	7,93	6,05
Valitud terviku pikkus (risti kogumisstrekkiga), m	y	5,40	5,40	5,40	5,40
Pindala, m <sup>2</sup>	S	29,16	29,16	29,16	29,16

Tabel 24 Kogumis- ja külgstreki äärsete tervikute mõõtmete määramine

Nimetus	Tähis	Väärtus	
		Tavatingimused	Karst
Põlevkivikihi väljatav paksus, m	h	2,80	2,80
Kogumisstreki ja külgstrekkide laius, m	A	5,50	5,50
Reas olevaid tervikuid lahutavate kambrite laius, m	b	7,50	6,00
Kambrite seinte purunemise summaarne laius lõhketööde mõjul, m	q	0,60	
Tervikute tugevuse varutegur	n	1,30	
Katte kivimite keskmine tihedus, MN/m <sup>3</sup>	γ	0,025	
Katte kivimite paksus, m	H	35,00	
Tervikute arvutuslik (ette antud iga), a	t	∞	
Katte kivimite murdumisnurk, °	ω	19,00	
Kivimite survetugevus ajahetkel $T = \infty$ , MPa	R <sub>t</sub>	6,60	
Katte kivimite murdumissamm, m	l <sub>0</sub>	11,00	
Kujutegur	k <sub>k</sub>	1,21	0,96
tgω	tgω	0,34	0,34
<b>Kogumis ja külgstreki äärsed tervikud</b>			
Antud terviku laius, m	x	5,40	5,40
Arvutuslik pikkus, m	y	7,30	5,76
Tegelik pikkus, m	y	7,00	5,70
Tervikute pindala, m <sup>2</sup>	S	37,80	30,78

Tabel 25 Tõkketerviku laiuse määramine

Nimetus	Tähis	Väärtus
Kattekihi paksus, m	H	35
Väljatava kihi paksus, m	m	3,2
Varutegur, m	$\Delta l$	5
Tõkketerviku laius, m	d	23
Valitud barjäärterviku laius, m	d	30

Tabel 26 Ankurtoestiku arvutus

Nimetus	Tähis	Väärtus		
Põlevkivikihi väljatav paksus, m	h	2,80	3,20	3,70
Ankru pingsus (antu ette), t	R	3,00	3,00	3,00
Laekivimite keskmine mahukaal, t/m <sup>3</sup>	$\gamma$	2,30	2,30	2,30
Lae püsivusest sõltuv lisakoormustegur	K	0,10	0,10	0,10
Kaeveõõne laius, m	l	7,50	7,50	7,50
Lõhketööde tagajärjel tekkinud purustustsooni laius, m	q	0,60	0,60	1,00
Ühe ankru poolt ülalhoitav pind, m <sup>2</sup>	S	2,92	2,92	2,66
Antud ankrute vahekaugus, m	a	1,50	1,50	1,50
Arvutuslik ankrute paigaldamise samm, m	b	1,94	1,94	1,77
Valitud ankrute paigaldamise samm, m	b	1,50	1,50	1,50
Ankrute arv reas, tk	n	4	4	4
Ankrute paigaldamise kaugus seinast, m	b'	1,2	1,2	1,00
Valitud ankrute paigaldamise kaugus seinast, m	b'	1,50	1,50	1,50

### Lisa 3. Tuulutuse arvutus. I etapp

Tabel 27 Peatuulutusstreki tuulutamiseks vajaliku õhuhulga arvutus

Nimetus	Tähis	Väärtus
<b>Õhuhulga arvutamine ees töötavate inimeste arvu järgi</b>		
Üheaegselt ees töötavate inimeste arv	n	4
Normatiivne õhuhulk ühe inimese kohta, m <sup>3</sup> /min	q	6
Vajalik õhuhulk, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>esi</sub>	24
<b>Õhuhulga arvutamine lõhketöödel eralduvate gaaside järgi</b>		
Ettevalmistuskaevõõne tuulutamiseks vajalik aeg, min	t	30
Korruga lõhatava lõhkeaine kogus, kg	B	50
Tuulutatava kaeveõõne ristlõige, m <sup>2</sup>	S	17,6
Lõhkeaine gaasisus, l/kg	b	41,7
Tuulutustoru pikkus, m	l	300
Kaeveõõne vesisust arvestav parandustegur	φ	0,6
Parandustegur, mis arvestab tuulutustoru pikkusega l esinevaid õhukadusid	P	1,22
Vajalik õhuhulk, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>esi</sub>	215
<b>Õhuhulga arvutamine diiselajamiga masinate heitgaaside järgi (laadur)</b>		
Diiselajami silindrite maht, m <sup>3</sup>	V	0,01037
Diiselajami pöörete arv töökäigul, p/min	n	2200
Minutis eralduvate heitgaaside hulk, m <sup>3</sup> /min	g	23
Heitgaaside toksilisus	T	16
Vajalik õhuhulk, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>esi</sub>	355
Kohaliku tuulutuse ventilaatori vajalik jõudlus, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>vent</sub>	433
Õhuhulk, mis peab tulema ventilaatori imemiskohta, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>saab</sub>	619

Tabel 28 Peakonveier- ja peatranspordistreki tuulutamiseks vajaliku õhuhulga arvutus

Nimetus	Tähis	Väärtus
<b>Õhuhulga arvutamine ees töötavate inimeste arvu järgi</b>		
Üheaegselt ees töötavate inimeste arv	n	4
Normatiivne õhuhulk ühe inimese kohta, m <sup>3</sup> /min	q	6
Vajalik õhuhulk, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>esi</sub>	24
<b>Õhuhulga arvutamine lõhketöödel eralduvate gaaside järgi</b>		
Ettevalmistuskaevõõne tuulutamiseks vajalik aeg, min	t	30
Korruga lõhatava lõhkeaine kogus, kg	B	50
Tuulutatava kaeveõõne ristlõige, m <sup>2</sup>	S	19,2
Lõhkeaine gaasisus, l/kg	b	41,7
Tuulutustoru pikkus, m	l	300
Kaeveõõne vesisust arvestav parandustegur	φ	0,6

Nimetus	Tähis	Väärtus
Parandustegur, mis arvestab tuulutustoru pikkusega l esinevaid õhukadusid	P	1,22
Vajalik õhuhulk, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>esi</sub>	227
<b>Õhuhulga arvutamine diiselajamiga masinate heitgaaside järgi (laadur)</b>		
Diiselajami silindrite maht, m <sup>3</sup>	V	0,01037
Diiselajami pöörete arv töökäigul, p/min	n	2200
Minutis eralduvate heitgaaside hulk, m <sup>3</sup> /min	g	23
Heitgaaside toksilisus	T	16
Vajalik õhuhulk, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>esi</sub>	355
Kohaliku tuulutuse ventilaatori vajalik jõudlus, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>vent</sub>	433
Õhuhulk, mis peab tulema ventilaatori imemiskohta, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>saab</sub>	619
<b>Õhuhulga arvutamine diiselajamiga masinate heitgaaside järgi (kallur)</b>		
Diiselajami silindrite maht, m <sup>3</sup>	V	0,0043
Diiselajami pöörete arv töökäigul, p/min	n	2200
Minutis eralduvate heitgaaside hulk, m <sup>3</sup> /min	g	9
Heitgaaside toksilisus	T	15
Vajalik õhuhulk, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>esi</sub>	138

Tabel 29 Alglõõride tuulutamiseks vajaliku õhuhulga arvutus

Nimetus	Tähis	Väärtus
<b>Õhuhulga arvutamine ees töötavate inimeste arvu järgi</b>		
Üheaegselt ees töötavate inimeste arv	n	4
Normatiivne õhuhulk ühe inimese kohta, m <sup>3</sup> /min	q	6
Vajalik õhuhulk, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>esi</sub>	24
<b>Õhuhulga arvutamine lõhketöödel eralduvate gaaside järgi</b>		
Ettevalmistuskaevevõõne tuulutamiseks vajalik aeg, min	t	30
Korruga lõhatava lõhkeaine kogus, kg	B	50
Tuulutatava kaeveõõne ristlõige, m <sup>2</sup>	S	17,6
Lõhkeaine gaasisus, l/kg	b	41,7
Tuulutustoru pikkus, m	l	600
Kaeveõõne vesisust arvestav parandustegur	φ	0,6
Parandustegur, mis arvestab tuulutustoru pikkusega l esinevaid õhukadusid	P	1,54
Vajalik õhuhulk, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>esi</sub>	292
<b>Õhuhulga arvutamine diiselajamiga masinate heitgaaside järgi (laadur)</b>		
Diiselajami silindrite maht, m <sup>3</sup>	V	0,01037
Diiselajami pöörete arv töökäigul, p/min	n	2200
Minutis eralduvate heitgaaside hulk, m <sup>3</sup> /min	g	23
Heitgaaside toksilisus	T	16
Vajalik õhuhulk, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>esi</sub>	355
Kohaliku tuulutuse ventilaatori vajalik jõudlus, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>vent</sub>	547

Nimetus	Tähis	Väärtus
Õhuhulk, mis peab tulema ventilaatori imemiskohta, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>saab</sub>	782

Tabel 30 Külgstrekkide tuulutamiseks vajaliku õhuhulga arvutus

Nimetus	Tähis	Väärtus
<b>Õhuhulga arvutamine ees töötavate inimeste arvu järgi</b>		
Üheaegselt ees töötavate inimeste arv	n	4
Normatiivne õhuhulk ühe inimese kohta, m <sup>3</sup> /min	q	6
Vajalik õhuhulk, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>esi</sub>	24
<b>Õhuhulga arvutamine lõhketöödel eralduvate gaaside järgi</b>		
Ettevalmistuskaevõõne tuulutamiseks vajalik aeg, min	t	30
Korruga lõhatava lõhkeaine kogus, kg	B	50
Tuulutatava kaeveõõne ristlõige, m <sup>2</sup>	S	13,5
Lõhkeaine gaasisus, l/kg	b	41,7
Tuulutustoru pikkus, m	l	600
Kaeveõõne vesisust arvestav parandustegur	φ	0,6
Parandustegur, mis arvestab tuulutustoru pikkusega l esinevaid õhukadusid	P	1,54
Vajalik õhuhulk m <sup>3</sup> /min	Q <sub>esi</sub>	244
<b>Õhuhulga arvutamine diiselajamiga masinate heitgaaside järgi (laadur)</b>		
Diiselajami silindrite maht, m <sup>3</sup>	V	0,01037
Diiselajami pöörete arv töökäigul, p/min	n	2200
Minutis eralduvate heitgaaside hulk, m <sup>3</sup> /min	g	23
Heitgaaside toksilisus	T	16
Vajalik õhuhulk, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>esi</sub>	355
Kohaliku tuulutuse ventilaatori vajalik jõudlus, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>vent</sub>	547
Õhuhulk, mis peab tulema ventilaatori imemiskohta, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>saab</sub>	782
<b>Õhuhulga arvutamine diiselajamiga masinate heitgaaside järgi (kallur)</b>		
Diiselajami silindrite maht, m <sup>3</sup>	V	0,0043
Diiselajami pöörete arv töökäigul, p/min	n	2200
Minutis eralduvate heitgaaside hulk, m <sup>3</sup> /min	g	9
Heitgaaside toksilisus	T	15
Vajalik õhuhulk, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>esi</sub>	138
Kohaliku tuulutuse ventilaatori vajalik jõudlus, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>vent</sub>	213
Õhuhulk, mis peab tulema ventilaatori imemiskohta, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>saab</sub>	305

Tabel 31 Kogumistreki tuulutamiseks vajaliku õhuhulga arvutus

Nimetus	Tähis	Väärtus
Üheaegselt ees töötavate inimeste arv	n	4
Normatiivne õhuhulk ühe inimese kohta, m <sup>3</sup> /min	q	6
Vajalik õhuhulk, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>esi</sub>	24

Nimetus	Tähis	Väärtus
<b>Õhuhulga arvutamine lõhketöödel eralduvate gaaside järgi</b>		
Ettevalmistuskaevevõõne tuulutamiseks vajalik aeg, min	t	30
Korruga lõhatava lõhkeaine kogus, kg	B	50
Tuulutatava kaevevõõne ristlõige, m <sup>2</sup>	S	17,6
Lõhkeaine gaasisus, l/kg	b	41,7
Tuulutustoru pikkus, m	l	600
Kaevevõõne vesisust arvestav parandustegur	φ	0,6
Parandustegur, mis arvestab tuulutustoru pikkusega l esinevaid õhukadusid	P	1,54
Vajalik õhuhulk, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>esi</sub>	292
<b>Õhuhulga arvutamine diiselajamiga masinate heitgaaside järgi (laadur)</b>		
Diiselajami silindrite maht, m <sup>3</sup>	V	0,01037
Diiselajami pöörete arv töökäigul, p/min	n	2200
Minutis eralduvate heitgaaside hulk, m <sup>3</sup> /min	g	23
Heitgaaside toksilisus	T	16
Vajalik õhuhulk, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>esi</sub>	355
Kohaliku tuulutuse ventilaatori vajalik jõudlus, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>vent</sub>	547
Õhuhulk, mis peab tulema ventilaatori imemiskohta, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>saab</sub>	782
<b>Õhuhulga arvutamine diiselajamiga masinate heitgaaside järgi (kallur)</b>		
Diiselajami silindrite maht, m <sup>3</sup>	V	0,0043
Diiselajami pöörete arv töökäigul, p/min	n	2200
Minutis eralduvate heitgaaside hulk, m <sup>3</sup> /min	g	9
Heitgaaside toksilisus	T	15
Vajalik õhuhulk, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>esi</sub>	138
Kohaliku tuulutuse ventilaatori vajalik jõudlus, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>vent</sub>	213
Õhuhulk, mis peab tulema ventilaatori imemiskohta, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>saab</sub>	305

Tabel 32 Paneeltuulutusstreki tuulutamiseks vajaliku õhuhulga arvutus

Nimetus	Tähis	Väärtus
<b>Õhuhulga arvutamine ees töötavate inimeste arvu järgi</b>		
Üheaegselt ees töötavate inimeste arv	n	4
Normatiivne õhuhulk ühe inimese kohta, m <sup>3</sup> /min	q	6
Vajalik õhuhulk, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>esi</sub>	24
<b>Õhuhulga arvutamine lõhketöödel eralduvate gaaside järgi</b>		
Ettevalmistuskaevevõõne tuulutamiseks vajalik aeg, min	t	30
Korruga lõhatava lõhkeaine kogus, kg	B	50
Tuulutatava kaevevõõne ristlõige, m <sup>2</sup>	S	17,6
Lõhkeaine gaasisus, l/kg	b	41,7
Tuulutustoru pikkus, m	l	400
Kaevevõõne vesisust arvestav parandustegur	φ	0,6

Nimetus	Tähis	Väärtus
Parandustegur, mis arvestab õhukadusid	P	1,32
Vajalik õhuhulk, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>esi</sub>	247
<b>Õhuhulga arvutamine diiselajamiga masinate heitgaaside järgi (laadur)</b>		
Diiselajami silindrite maht, m <sup>3</sup>	V	0,01037
Diiselajami pöörete arv töökäigul, p/min	n	2200
Minutis eralduvate heitgaaside hulk, m <sup>3</sup> /min	g	23
Heitgaaside toksilisus	T	16
Vajalik õhuhulk, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>esi</sub>	355
Kohaliku tuulutuse ventilaatori vajalik jõudlus, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>vent</sub>	469
Õhuhulk, mis peab tulema ventilaatori imemiskohta, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>saab</sub>	670

Tabel 33 Paneelkonveieri- ja transpordistreki tuulutamiseks vajaliku õhuhulga arvutus

Nimetus	Tähis	Väärtus
<b>Õhuhulga arvutamine ees töötavate inimeste arvu järgi</b>		
Üheaegselt ees töötavate inimeste arv	n	4
Normatiivne õhuhulk ühe inimese kohta, m <sup>3</sup> /min	q	6
Vajalik õhuhulk, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>esi</sub>	24
<b>Õhuhulga arvutamine lõhketööl eralduvate gaaside järgi</b>		
Ettevalmistuskaevõõne tuulutamiseks vajalik aeg, min	t	30
Korruga lõhatava lõhkeaine kogus, kg	B	50
Tuulutatava kaeveõõne ristlõige, m <sup>2</sup>	S	19,2
Lõhkeaine gaasisus, l/kg	b	41,7
Tuulutustoru pikkus, m	l	400
Kaeveõõne vesisust arvestav parandustegur	φ	0,6
Parandustegur, mis arvestab tuulutustoru pikkusega l esinevaid õhukadusid	P	1,32
Vajalik õhuhulk, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>esi</sub>	261
<b>Õhuhulga arvutamine diiselajamiga masinate heitgaaside järgi</b>		
Diiselajami silindrite maht, m <sup>3</sup>	V	0,01037
Diiselajami pöörete arv töökäigul, p/min	n	2200
Minutis eralduvate heitgaaside hulk, m <sup>3</sup> /min	g	23
Heitgaaside toksilisus	T	16
Vajalik õhuhulk, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>esi</sub>	355
Kohaliku tuulutuse ventilaatori vajalik jõudlus, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>vent</sub>	469
Õhuhulk, mis peab tulema ventilaatori imemiskohta, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>saab</sub>	670
<b>Õhuhulga arvutamine diiselajamiga masinate heitgaaside järgi (kallur) ATEGO</b>		
Diiselajami silindrite maht, m <sup>3</sup>	V	0,0043
Diiselajami pöörete arv töökäigul, p/min	n	2200
Minutis eralduvate heitgaaside hulk, m <sup>3</sup> /min	g	9
Heitgaaside toksilisus	T	15

Nimetus	Tähis	Väärtus
Vajalik õhuhulk, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>esi</sub>	138

Tabel 34 Tuulutusrajatistes tekkivad õhukaod

Nimetus	Tähis	Väärtus
<b>Brigaad 1 ja 2</b>		
Tuulutustõkete arv paralleelsetes kaeveõõntes (tinglik)	n	5
Tuulutustõketes esinevad suhtelised õhukaod	k <sub>t</sub>	0,7
Õhuhulk, mis tuleb anda kaeveõõne lõppu, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>l</sub>	1085
Tuulutustõkke ristlõike taandamistegur	k <sub>s</sub>	0,53
Kaeveõõntes esinevad õhukaod, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>kaod</sub>	72
<b>Brigaad 3</b>		
Tuulutustõkete arv paralleelsetes kaeveõõntes (tinglik)	n	4
Tuulutustõketes esinevad suhtelised õhukaod	k <sub>t</sub>	0,7
Õhuhulk, mis tuleb anda kaeveõõne lõppu, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>l</sub>	1696
Tuulutustõkke ristlõike taandamistegur	k <sub>s</sub>	0,53
Kaeveõõntes esinevad õhukaod, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>kaod</sub>	90

Tabel 35 Kaeveõõnte tuulutamiseks vajalik õhuhulk

Nimetus	Tähis	Väärtus
Peastrekkide läbindamine, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>esi</sub>	1085
Paneelstrekkide läbindamine, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>esi</sub>	1085
Koristuskaeveõõnte ettevalmistamine, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>esi</sub>	1696
Kaod, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>kaod</sub>	234
<b>Kokku, m<sup>3</sup>/min</b>	Q <sub>kokku</sub>	4099

Tabel 36 Kaeveõõntes tekkiva survekao arvutus

Kaeveõõne nimetus	$\alpha \cdot 10^4, H^*s^2/m^4$	Perimeeter, m	Pikkus, m	Ristlõige, m <sup>2</sup>	Õhukulu, m <sup>3</sup> /s	Depressioon, Pa	Õhu kiirus, m/s
<b>Värske õhk</b>							
Autotranspordikaldšaht	91	18,4	240	19,2	68,31	26,5	3,56
Peaautotranspordistrekk	91	18,4	669	19,2	19,28	5,9	1,00
Paneeliautotranspordistrekk	91	18,4	732	19,2	19,28	6,4	1,00
Autotranspordistrekk	91	18,4	634	19,2	29,75	13,3	1,55
<b>Kasutatud õhk</b>							
Konveierikaldšaht	91	16,6	240	15,4	68,31	46,33	4,44
Peatuulutustrekk	122	17,4	669	17,6	19,52	9,93	1,11



Kaeveõõne nimetus	$\alpha \cdot 10^4, \text{H}^* \cdot \text{s}^2 / \text{m}^4$	Perimeeter, m	Pikkus, m	Ristiõõge, m <sup>2</sup>	Õhukulu, m <sup>3</sup> /s	Depressioon, Pa	Õhu kiirus, m/s
Paneelituulustusstrek	122	17,4	732	17,6	19,52	10,86	1,11
Tuulustusstrek	122	15,4	470	13,5	29,75	31,78	2,20
		<b>Kokku</b>	<b>4386</b>		<b>Kokku</b>	<b>150,98</b>	

## Lisa 4. Tuulutuse arvutus. II etapp

Tabel 37 Koristuse te tuulutamiseks vajaliku õhuhulga arvutus

Nimetus	Tähis	Väärtus
<b>Õhuhulga arvutamine ees töötavate inimeste arvu järgi</b>		
Üheaegselt ees töötavate inimeste arv	n	9
Normatiivne õhuhulk ühe inimese kohta, m <sup>3</sup> /min	q	6
Vajalik õhuhulk, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>esi</sub>	54
<b>Õhuhulga arvutamine lõhketöödel eralduvate gaaside järgi</b>		
Koristuse te tuulutuseks vajalik aeg, min	t	30
Koristuse te pikkus, m	L	150
Korruga lõhatava lõhkeaine kogus, kg	B	100
Kihindi väljatav paksus, m	m	2,8
Vajalik õhuhulk, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>esi</sub>	945
<b>Õhuhulga arvutamine diiselajamiga masinate heitgaaside järgi</b>		
Diiselajami silindrite maht, m <sup>3</sup>	V	0,015953
Diiselajami pöörete arv töökäigul, p/min	n	2200
Minutis eralduvate heitgaaside hulk, m <sup>3</sup> /min	g	35
Heitgaaside toksilisus	T	26
Vajalik õhuhulk, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>esi</sub>	906
Vajalik õhuhulk kambriploki jaoks, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>kamber</sub>	1813

Tabel 38 Ettevalmistuskaeveõõnte tuulutamiseks vajaliku õhuhulga arvutus

Nimetus	Tähis	Väärtus
<b>Õhuhulga arvutamine ees töötavate inimeste arvu järgi</b>		
Üheaegselt ees töötavate inimeste arv	n	4
Normatiivne õhuhulk ühe inimese kohta, m <sup>3</sup> /min	q	6
Vajalik õhuhulk, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>esi</sub>	24
<b>Õhuhulga arvutamine lõhketöödel eralduvate gaaside järgi</b>		
Ettevalmistuskaeveõõne tuulutamiseks vajalik aeg, min	t	30
Korruga lõhatava lõhkeaine kogus, kg	B	50
Tuulutatava kaeveõõne ristlõige, m <sup>2</sup>	S	15,12
Lõhkeaine gaasisus, l/kg	b	41,7
Kaeveõõne pikkus, m	l	600
Kaeveõõne vesisust arvestav parandustegur	φ	0,6
Parandustegur, mis arvestab tuulutustoru pikkusega l esinevaid õhukadusid	P	1,54
Kriitiline kaugus, m	L <sub>kr</sub>	343
Vajalik õhuhulk, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>esi</sub>	181
<b>Õhuhulga arvutamine diiselajamiga masinate heitgaaside järgi (laadur)</b>		
Diiselajami silindrite maht, m <sup>3</sup> /min	V	0,01037

Nimetus	Tähis	Väärtus
Diiselaajami pöörete arv töökäigul, p/min	n	2200
Minutis eralduvate heitgaaside hulk, m <sup>3</sup> /min	g	23
Heitgaaside toksilisus	T	16
Vajalik õhuhulk, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>esi</sub>	355
Kohaliku tuulutuse ventilaatori jõudlus, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>vent</sub>	547
Õhuhulk, mis saabub kohaliku tuulutuse ventilaatori juurde, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>saab</sub>	782
<b>Õhuhulga arvutamine diiselaajamiga masinate heitgaaside järgi (kallur)</b>		
Diiselaajami silindrite maht, m <sup>3</sup>	V	0,0043
Diiselaajami pöörete arv töökäigul, p/min	n	2200
Minutis eralduvate heitgaaside hulk, m <sup>3</sup> /min	g	9
Heitgaaside toksilisus	T	15
Vajalik õhuhulk, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>esi</sub>	138
<b>Vajalik õhuhulk masinate koostöötamisel</b>		
Laadur + kallur, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>esi1</sub>	493
Laadur + 2kallur, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>esi2</sub>	632
Laadur + 3kallur, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>esi3</sub>	770
<b>Kohaliku tuulutuse ventilaatori tootlikkus</b>		
Laadur + kallur, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>vent1</sub>	760
Laadur + 2kallur, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>vent2</sub>	973
Laadur + 3kallur, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>vent3</sub>	1186
<b>Õhuhulk, mis peab tulema kohaliku tuulutuse ventilaatori imemiskohta</b>		
Laadur, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>saab</sub>	782
Laadur + kallur, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>saab1</sub>	1086
Laadur + 2kallur, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>saab2</sub>	1391
Laadur + 3kallur, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>saab3</sub>	1696

Tabel 39 Eriotstarbeliste kaeveõõnte tuulutamiseks vajaliku õhuhulga arvutus

Nimetus	Tähis	Väärtus
<b>Allmaa lõhkematerjali, kütuse- ja õlilao tuulutamiseks vajaliku õhuhulga arvutamine</b>		
Lao kambrite summaarne maht, m <sup>3</sup>	V <sub>ladu</sub>	700
Lao tuulutamiseks vajalik õhuhulk, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>ladu</sub>	49
<b>Elektrimasinate kambrite tuulutamiseks vajaliku õhuhulga arvutamine</b>		
Üheaegselt töötavate elektriseadmete koguvõimsus, kW	∑N	1890
Üheaegselt töötavate elektriseadmete kasutegur	η <sub>i</sub>	0,75
Ööpäevane koormustegur	k <sub>k</sub>	0,75
Kambrisse suunduva õhu temperatuur aasta kõige palavamal kuul, °C	t <sub>k</sub>	14
Elektrimasinate kambri tuulutamiseks vajalik õhuhulk, m <sup>3</sup> /min	Q <sub>EK</sub>	1867

Tabel 40 Tuulutusrajatistes tekkivad õhukaod

Nimetus	Tähis	Väärtus
<b>Peastrekk</b>		
Tuulutustõkete arv paralleelsetes kaeveõõntes	$n_t$	15
Tuulutustõketes esinevad suhtelised õhukaod, %	$k_t$	0,7
Tuulutustõkke ristlõike taandamistegur	$k_s$	0,53
Õhuhulk, mis tuleb anda kaeveõõne lõppu, m <sup>3</sup> /min	$Q_l$	1197
Õhukaod, m <sup>3</sup> /min	$Q_{kaod}$	237
<b>Paneelstrekk</b>		
Tuulutustõkete arv paralleelsetes kaeveõõntes	$n_t$	9
Tuulutustõketes esinevad suhtelised õhukaod, %	$k_t$	0,7
Tuulutustõkke ristlõike taandamistegur	$k_s$	0,53
Õhuhulk, mis tuleb anda kaeveõõne lõppu, m <sup>3</sup> /min	$Q_l$	1197
Õhukaod, m <sup>3</sup> /min	$Q_{kaod}$	142
<b>Läbindusesi</b>		
Tuulutustõkete arv paralleelsetes kaeveõõntes	$n_t$	4
Tuulutustõketes esinevad suhtelised õhukaod, %	$k_t$	0,7
Tuulutustõkke ristlõike taandamistegur	$k_s$	0,53
Õhuhulk, mis tuleb anda kaeveõõne lõppu, m <sup>3</sup> /min	$Q_l$	1696
Õhukaod, m <sup>3</sup> /min	$Q_{kaod}$	90

Tabel 41 Kaevanduse tuulutamiseks vajaliku õhuhulga arvutus

Nimetus	Tähis	Väärtus
Mäetööde piirkonna tuulutamiseks vajalik õhuhulk, m <sup>3</sup> /min	$Q_{toodang}$	11342
Lao tuulutamiseks vajalik õhuhulk, m <sup>3</sup> /min	$Q_{ladu}$	49
Elektrimasinade kambrite tuulutamiseks vajalik õhuhulk, m <sup>3</sup> /min	$Q_{EK}$	1867
Õhukaod, m <sup>3</sup> /min	$Q_{kaod}$	469
Kogu kaevanduse tuulutuseks vajalik õhuhulk, m <sup>3</sup> /min	$Q_{kaev}$	13727

Tabel 42 Kaeveõõntes tekkiva survekao arvutus

Kaeveõõne nimetus	$\alpha \cdot 10^4, H^*s^2/m^4$	Perimeeter, m	Pikkus, m	Ristlõige, m <sup>2</sup>	Õhukulu, m <sup>3</sup> /s	Depressioon, Pa	Õhu kiirus, m/s
<b>Värske õhk</b>							
Tuulutussurf	122	18,8	30	28,27	229,00	15,93	8,09
Autotranspordistrekk 1	91	18,4	275	19,2	172,95	194,59	9,01
Kogumisstrekk	215	17,4	422	17,6	60,43	105,76	3,43

Kaeveõõne nimetus	$\alpha \cdot 10^4, \text{H}^* \text{s}^2 / \text{m}^4$	Perimeeter, m	Pikkus, m	Ristlõige, $\text{m}^2$	Õhukulu, $\text{m}^3 / \text{s}$	Depressioon, Pa	Õhu kiirus, $\text{m} / \text{s}$
(1 kambriplokk)							
Kogumisstrekk (2 kambriplokk)	215	17,4	1148	17,6	30,22	71,93	1,72
Autotranspordistrekk 2	91	18,4	517	19,2	112,52	154,84	5,86
Kogumisstrekk (3 kambriplokk)	215	17,4	639	17,6	82,75	300,25	4,70
Kogumisstrekk (4 kambriplokk)	215	17,4	1148	17,6	30,22	71,93	1,72
Autotranspordistrekk 3	91	18,4	433	19,2	29,77	9,08	1,55
Paneeliautotranspordistrekk	91	18,4	931	19,2	22,32	10,97	1,16
Autotranspordistrekk 3	91	18,4	22	19,2	55,83	1,59	2,91
Peaautotranspordistrekk	91	18,4	2193	19,2	23,90	29,63	1,24
<b>Kasutatud õhk</b>							
Peatuulustusstrekk 1	122	17,4	1687	17,6	23,90	37,52	1,36
Külgstrekk 2	91	15,4	674	13,5	15,10	8,75	1,12
Peatuulustusstrekk 2	122	17,4	476	17,6	39,00	28,19	2,22
Külgstrekk 2-4	91	15,4	1136	13,5	30,22	59,08	2,24
Külgstrekk 4	91	15,4	1136	13,5	15,10	14,75	1,12
Paneelituulustusstrekk 1	122	17,4	976	17,6	22,32	18,93	1,27
Paneelituulustusstrekk 2	122	17,4	301	17,6	37,42	16,41	2,13
Paneelituulustusstrekk 3	122	17,4	406	17,6	67,63	72,31	3,84
Peatuulustusstrekk 3	122	17,4	361	17,6	106,63	159,83	6,06
Külgstrekk 3-5	91	15,4	746	13,5	15,10	9,69	1,12
Külgstrekk 1-3	91	15,4	547	13,5	30,22	28,45	2,24
Külgstrekk 1	91	15,4	309	13,5	15,10	4,01	1,12
Tuulustusstrekk 1	122	17,4	689	17,6	44,87	54,01	2,55
Tuulustusstrekk 2	122	17,4	527	17,6	75,08	115,68	4,27
Tuulutusšurf	91	17,4	50	17,6	229,00	75,99	13,00
<b>Kokku</b>			<b>17779</b>			<b>1670,10</b>	

## Lisa 5. Veekõrvalduse arvutus. Variant 1

Tabel 43 Vee oodatav juurdevool I etapil

Nimetus	Tähis	Väärtus
Filtratsioonitegur, m/ööp	K	16
Veetaseme langus, m	H	37
Depressioonilehtri raadius, m	R	5 000
Väljatud ala pindala, m <sup>2</sup>	F	3 264 272
Kaevanduse tinglik raadius, m	r	1 021
Kaeveõõnte pikkus, m	α	3 000
Depressiooni raadius, m	B	2 000
Orienteeruv vee juurdevool projekteeritavatesse kaeveõõntesse, m <sup>3</sup> /h	Q <sub>min</sub>	1 799
Maksimaalne vee juurdevool, m <sup>3</sup> /h	Q <sub>max</sub>	10 793
Vee juurdevool peastrekkide läbindamise ajal, m <sup>3</sup> /h	Q <sub>strekid</sub>	1 369

Tabel 44 Vee oodatav juurdevool II etapil

Nimetus	Tähis	Väärtus
Filtratsioonitegur, m/ööp	K	16
Veetaseme langus, m	H	37
Depressioonilehtri raadius, m	R	5 000
Väljatud ala pindala, m <sup>2</sup>	F	12 841 048
Kaevanduse tinglik raadius, m	r	2 025
Orienteeruv vee juurdevool projekteeritavatesse kaeveõõntesse, m <sup>3</sup> /h	Q <sub>min</sub>	3 161
Maksimaalne vee juurdevool, m <sup>3</sup> /h	Q <sub>max</sub>	18 968

Tabel 45 Vee oodatav juurdevool III etapil

Nimetus	Tähis	Väärtus
Filtratsioonitegur, m/ööp	K	16
Veetaseme langus, m	H	37
Depressioonilehtri raadius, m	R	5 000
Väljatud ala pindala, m <sup>2</sup>	F	20 688 643
Kaevanduse tinglik raadius, m <sup>2</sup>	r	2 570
Orienteeruv vee juurdevool projekteeritavatesse kaeveõõntesse, m <sup>3</sup> /h	Q <sub>min</sub>	4 294
Maksimaalne vee juurdevool, m <sup>3</sup> /h	Q <sub>max</sub>	25 764

Tabel 46 I Pumbajaama parameetrite määramine

Nimetus	Tähis	Väärtus
<b>Veekoguri parameetrite valik</b>		
Vee sissevool peastrekkide läbindamise ajal, m <sup>3</sup> /h	Q <sub>min</sub>	913
Vee sissevool kaevanduse töötamise ajal, m <sup>3</sup> /h	Q <sub>kesk</sub>	1 799
Veekoguri nõutud maht kaevanduse esimestel aastatel, m <sup>3</sup>	V <sub>min</sub>	3 651
Veekoguri nõutud maht kaevanduse töötamisel, m <sup>3</sup>	V <sub>kesk</sub>	7 195
Veekogurite arv, tk	n	2
Veekoguri laius, m	a	4
Veekoguri veetase, m	h	2,4
Veekoguri pikkus kaevanduse esimestel aastatel, m	L	190
Veekoguri pikkus kaevanduse töötamisel, m	L	375
<b>Jõudlus ja pumpade arv</b>		
Kaevanduse vee sissevool, m <sup>3</sup> /h	Q <sub>p</sub>	1799
Pumbajaama hinnanguline võimsus, m <sup>3</sup> /h	Q <sub>v.s</sub>	2159
Pumba jõudlus, m <sup>3</sup> /h	Q <sub>n</sub>	1000
Töötavate pumpade arv, tk	n	2
Vee pumpamiseks mõeldud pumpade koguarv, tk	n	4
<b>Vee pumpamine maapinnale</b>		
Vee väljapumpamiseks mõeldud torude arv, tk	N	4
Vooluhulk, m <sup>3</sup> /s	Q	0,28
Toru pikkus, m	l	955
Survekõrgus, m	H	37
Torustiku eritakistus, m	A	0,502
Survetoru läbimõõt (esialgne prognoos), mm	d	350
Voolu kiirus, m/s	V	2,9
Torustiku eritakistus (täpsustatud), m <sup>3</sup> /s	A	0,50
Valitud survetoru läbimõõt, mm	d	350

Tabel 47 II pumbajaama parameetrite määramine

Nimetus	Tähis	Väärtus
<b>Veekoguri parameetrite valik</b>		
Vee sissevool kaevanduse töötamise ajal, m <sup>3</sup> /h	Q <sub>kesk</sub>	2 495
Veekoguri nõutud maht kaevanduse töötamisel, m <sup>3</sup>	V <sub>kesk</sub>	9 981
Veekogurite arv, tk	n	2
Veekoguri laius, m	a	4
Veekoguri veetase, m	h	2,4
Veekoguri pikkus kaevanduse töötamisel, m	L	520
<b>Jõudlus ja pumpade arv</b>		
Kaevanduse vee sissevool, m <sup>3</sup> /h	Q <sub>p</sub>	2495

Nimetus	Tähis	Väärtus
<b>Veekoguri parameetrite valik</b>		
Pumbajaama hinnanguline võimsus, m <sup>3</sup> /h	Q <sub>v.s</sub>	2994
Töötavate pumpade arv, tk	n	3
Pumba jõudlus, m <sup>3</sup> /h	Q <sub>n</sub>	1000
Vee pumpamiseks mõeldud pumpade koguarv, tk	n	5
<b>Vee pumpamine maapinnale</b>		
Vee väljapumpamiseks mõeldud torude arv, tk	N	5
Vooluhulk, m <sup>3</sup> /s	Q	0,3
Toru pikkus, m	l	122
Survekõrgus, m	H	37
Torustiku eritakistus, m <sup>3</sup> /s	A	3,37
Survetoru läbimõõt (esialgne prognoos), mm	d	250
Voolu kiirus, m/s	V	6,2
Torustiku eritakistus (täpsustatud), m <sup>3</sup> /s	A	3,04
Valitud survetoru läbimõõt, mm	d	250

Tabel 48 I settebasseini parameetrite määramine

Nimetus	Tähis	Väärtus
Vee oodatav sissevool kaevanduse töötamise ajal, m <sup>3</sup> /h	Q	1799
Sette mahumass 55% liigniiskuse juures, t/m <sup>3</sup>	γ	1,3-1,4
Nõutav settimise aeg tiigis, h	t	30
Maksimaalne voolukiirus settebasseinis, m/s	v	0,005
Kaevandusest väljapumbatava vee heljumisisaldus (esimestel aastatel), mg/l	C <sub>1</sub>	400
Kaevandusest väljapumbatava vee heljumisisaldus (kaevanduse töötamise ajal), mg/l	C <sub>2</sub>	40
Suublasse juhitas vee heljumi sisaldus, mg/l	m	15
Absoluutselt kuiva sette mahumass, mg/l	δ	839000
Settetiigi eluiga, a	T	31
Settetiigi tööaeg aastas, h	r	8760
Settimise ebaühtlust arvestav koefitsient	k	1,3
Vee turbulentsust arvestav tegur	k <sub>y</sub>	1,6
Settebasseini teoreetiline sügavus, m	h <sub>teor</sub>	2,4
Settetiigi ristlõige, m <sup>2</sup>	ω	100
Keskmine settetiigi laius, m	B	42
Settetiigi pikkus, m	L	864
Teoreetiline settetiigi nõlvus, °	α	30
Elavlõike vähenemine/suurenemine nõlva arvelt, m	n <sub>teor</sub>	4,2
Settetiigi elav ristlõike põhja laius, m	B <sub>põ</sub>	37



Settetiigi elav ristlõike arvutuslik ülemine laius, m	$B_{pe}$	46
Sette maht esimestel aastatel, m <sup>3</sup>	$W_{oc1}$	14462
Sette maht kaevanduse töötamis ajal, m <sup>3</sup>	$W_{oc2}$	13616
Summaarne setteruumi vajalik maht, m <sup>3</sup>	$W_{oc}$	28078
Setteruumi ristlõige, m <sup>2</sup>	$\omega_{oc}$	42
Setteruumi kõrgus, m	$h$	1,1
Settetiigi ehituslik sügavus, m	$H$	4,0
Tegelik elavlõike vähenemine/suurenemine nõlva arvelt, m	$n_{tegelik}$	6,9

Tabel 49 II settebasseini parameetrite määramine

Nimetus	Tähis	Väärtus
Vee oodatav sissevool kaevanduse töötamise ajal, m <sup>3</sup> /h	$Q$	2495
Sette mahumass 55% liigniiskuse juures, t/m <sup>3</sup>	$\gamma$	1,3-1,4
Nõutav settimise aeg tiigis, h	$t$	30
Maksimaalne voolukiirus settebasseinis, m/s	$v$	0,005
Kaevandusest väljapumbatava vee heljumisisaldus (esimestel aastatel), mg/l	$C_1$	400
Kaevandusest väljapumbatava vee heljumisisaldus (kaevanduse töötamise ajal), mg/l	$C_2$	40
Suublasse juhitud vees heljumi sisaldus, mg/l	$m$	15
Absoluutselt kuiva sette mahumass, mg/l	$\delta$	839000
Settetiigi eluiga, a	$T$	31
Settetiigi tööaeg aastas, h	$r$	8760
Settimise ebaühtlust arvestav koefitsient	$k$	1,3
Vee turbulentsust arvestav tegur	$k_y$	1,6
Settebasseini teoreetiline sügavus, m	$h_{teor}$	2,4
Settetiigi ristlõige, m <sup>2</sup>	$\omega$	139
Keskmine settetiigi laius, m	$B$	58
Settetiigi pikkus, m	$L$	864
Teoreetiline settetiigi nõlvus, °	$\alpha$	30
Elavlõike vähenemine/suurenemine nõlva arvelt, m	$n_{teor}$	4,2
Settetiigi elav ristlõike põhja laius, m	$B_{põ}$	54
Settetiigi elav ristlõike arvutuslik ülemine laius, m	$B_{pe}$	62
Sette maht esimestel aastatel, m <sup>3</sup>	$W_{oc1}$	20061
Sette maht kaevanduse töötamis ajal, m <sup>3</sup>	$W_{oc2}$	9770
Summaarne setteruumi vajalik maht, m <sup>3</sup>	$W_{oc}$	29831
Setteruumi ristlõige, m <sup>2</sup>	$\omega_{oc}$	45
Setteruumi kõrgus, m	$h$	0,8
Settetiigi ehituslik sügavus, m	$H$	3,7
Tegelik elavlõike vähenemine/suurenemine nõlva arvelt, m	$n_{tegelik}$	6,4

Tabel 50 I settebasseini äravoolukraavi parameetrite määramine

Nimetus	Tähis	Väärtus
Äravoolukraavi läbilaskevõime, m <sup>3</sup> /s	Q	0,50
Äravoolukraavi pikkus, m	L	250
Kraavi lang, %	i	0,05
Kraavi nõlvus, °	α	26
Nõlvuskoefitsient	m	2
Karedusarv	n	0,04
Hüdrauliliselt soodsaim profiil	β <sub>Γ</sub>	0,47
Ristlõike nõlva kaldest sõltuv koefitsient	δ	9,89
Juuritav N väärtus	N	0,090
Astendaja väärtus	γ	2,8
Soodsaim voolu sügavus, m	h <sub>Γ</sub>	0,85
Kraavi soodsaim põhja laius, m	b <sub>Γ</sub>	0,40
Voolu ülemine laius, m	B	3,79
Elavlõige, m <sup>2</sup>	ω	1,78
Voolukiirus, m/s	v	0,3
Kraavi tegelik sügavus, m	H	1,75
Kraavi ülemine laius, m	a	7,39

Tabel 51 II settebasseini äravoolukraavi parameetrite määramine

Nimetus	Tähis	Väärtus
Äravoolukraavi läbilaskevõime, m <sup>3</sup> /s	Q	0,69
Äravoolukraavi pikkus, m	L	375
Kraavi lang, %	i	0,05
Kraavi nõlvus, °	α	26
Nõlvuskoefitsient	m	2
Karedusarv	n	0,04
Hüdrauliliselt soodsaim profiil	β <sub>Γ</sub>	0,47
Ristlõike nõlva kaldest sõltuv koefitsient	δ	9,89
Juuritav N väärtus	N	0,125
Astendaja väärtus	γ	2,8
Soodsaim voolu sügavus, m	h <sub>Γ</sub>	0,95
Kraavi soodsaim põhja laius, m	b <sub>Γ</sub>	0,45
Voolu ülemine laius, m	B	4,26
Elavlõige, m <sup>2</sup>	ω	2,24
Voolukiirus, m/s	v	0,3
Kraavi tegelik sügavus, m	H	1,85
Kraavi ülemine laius, m	a	7,86

## Lisa 6. Veekõrvalduse arvutus. Variant 2

Tabel 52 Vee oodatav juurdevool I etapil

Nimetus	Tähis	Väärtus
Filtratsioonitegur, m/ööp	K	16
Veetaseme langus, m	H	37
Depressioonilehtri raadius, m	R	5 000
Väljatud ala pindala, m <sup>2</sup>	F	3 338 815
Kaevanduse tinglik raadius, m	r	1 032,4
Orienteeruv vee juurdevool projekteeritavatesse kaeveõõntesse, m <sup>3</sup> /h	Q <sub>min</sub>	1 812
Väljatud ala perimeeter, m	C	10 573
Kaevanduste vahelise terviku pikkus vastavalt kaevandatud alale, m	L	2 474
Vee sissevool perimeetrilt, %	p	77
Tegelik vee sissevool, m <sup>3</sup> /h	Q <sub>tegelik</sub>	1 388
Maksimaalne vee juurdevool, m <sup>3</sup> /h	Q <sub>max</sub>	8 327
Vee juurdevool peastrekkide läbindamise ajal, m <sup>3</sup> /h	Q <sub>strekki</sub>	1 141

Tabel 53 Vee oodatav juurdevool II etapil

Nimetus	Tähis	Väärtus
Filtratsioonitegur, m/ööp	K	16
Veetaseme langus, m	H	37
Depressioonilehtri raadius, m	R	5 000
Väljatud ala pindala, m <sup>2</sup>	F	12 919 793
Kaevanduse tinglik raadius, m	r	2 031
Orienteeruv vee juurdevool projekteeritavatesse kaeveõõntesse, m <sup>3</sup> /h	Q <sub>min</sub>	3 172
Väljatud ala perimeeter, m	C	14 433
Kaevanduste vahelise terviku pikkus vastavalt kaevandatud alale, m	L	2 604
Vee sissevool perimeetrilt, %	p	82
Tegelik vee sissevool, m <sup>3</sup> /h	Q <sub>tegelik</sub>	2 600
Maksimaalne vee juurdevool, m <sup>3</sup> /h	Q <sub>max</sub>	15 599

Tabel 54 Vee oodatav juurdevool III etapil

Nimetus	Tähis	Väärtus
Filtratsioonitegur, m/ööp	K	16
Veetaseme langus, m	H	37
Depressioonilehtri raadius, m	R	5 000
Väljatud ala pindala, m <sup>2</sup>	F	20 688 643
Kaevanduse tinglik raadius, m	r	2 570

Nimetus	Tähis	Väärtus
Orienteeruv vee juurdevool projekteeritavatesse kaeveõõntesse, m <sup>3</sup> /h	Q <sub>min</sub>	4 294
Väljatud ala perimeeter, m	C	20 326
Kaevanduste vahelise terviku pikkus vastavalt kaevandatud alale, m	L	7 624
Vee sissevool perimeetrilt, %	p	62
Tegelik vee sissevool, m <sup>3</sup> /h	Q <sub>tegelik</sub>	2 683
Maksimaalne vee juurdevool, m <sup>3</sup> /h	Q <sub>max</sub>	16 101

Tabel 55 | Pumbajaama parameetrite määramine

Nimetus	Tähis	Väärtus
<b>Veekoguri parameetrite valik</b>		
Vee sissevool peastrekkide läbindamise ajal, m <sup>3</sup> /h	Q <sub>min</sub>	1141
Vee sissevool kaevanduse töötamise ajal, m <sup>3</sup> /h	Q <sub>kesk</sub>	1388
Veekoguri nõutud maht kaevanduse esimestel aastatel, m <sup>3</sup>	V <sub>min</sub>	4563
Veekoguri nõutud maht kaevanduse töötamisel, m <sup>3</sup>	V <sub>kesk</sub>	5551
Veekogurite arv, tk	n	2
Veekoguri laius, m	a	4
Veekoguri veetase, m	h	2,4
Veekoguri pikkus kaevanduse esimestel aastatel, m	L	238
Veekoguri pikkus kaevanduse töötamisel, m	L	289
<b>Jõudlus ja pumpade arv</b>		
Kaevanduse vee sissevool, m <sup>3</sup> /h	Q <sub>p</sub>	1388
Pumbajaama hinnanguline võimsus, m <sup>3</sup> /h	Q <sub>v.s</sub>	1665
Pumba jõudlus, m <sup>3</sup> /h	Q <sub>n</sub>	1000
Töötavate pumpade arv, tk	n	2
Vee pumpamiseks mõeldud pumpade koguarv, tk	n	4
<b>Vee pumpamine maapinnale</b>		
Vee väljapumpamiseks mõeldud torude arv, tk	N	4
Vooluhulk, m <sup>3</sup> /s	Q	0,28
Toru pikkus, m	l	614
Survekõrgus, m	H	37
Torustiku eritakistus, m	A	0,781
Survetoru läbimõõt (esialgne prognoos), mm	d	331
Voolu kiirus, m/s	V	3,2
Torustiku eritakistus (täpsustatud), m <sup>3</sup> /s	A	0,78
Valitud survetoru läbimõõt, mm	d	331

Tabel 56 II pumbajaama parameetrite määramine

Nimetus	Tähis	Väärtus
<b>Veekoguri parameetrite valik</b>		
Vee sissevool kaevanduse töötamise ajal, m <sup>3</sup> /h	Q <sub>kesk</sub>	1296
Veekoguri nõutud maht kaevanduse töötamisel, m <sup>3</sup>	V <sub>kesk</sub>	5183
Veekogurite arv, tk	n	2
Veekoguri laius, m	a	4
Veekoguri veetase, m	h	2,4
Veekoguri pikkus kaevanduse töötamisel, m	L	270
<b>Jõudlus ja pumpade arv</b>		
Kaevanduse vee sissevool, m <sup>3</sup> /h	Q <sub>p</sub>	1296
Pumbajaama hinnanguline võimsus, m <sup>3</sup> /h	Q <sub>v.s</sub>	1555
Töötavate pumpade arv, tk	n	2
Pumba jõudlus, m <sup>3</sup> /h	Q <sub>n</sub>	1000
Vee pumpamiseks mõeldud pumpade koguarv, tk	n	4
<b>Vee pumpamine maapinnale</b>		
Vee väljapumpamiseks mõeldud torude arv, tk	N	4
Vooluhulk, m <sup>3</sup> /s	Q	0,28
Toru pikkus, m	l	140
Survekõrgus, m	H	37
Torustiku eritakistus, m <sup>3</sup> /s	A	2,94
Survetoru läbimõõt (esialgne prognoos), mm	d	250
Voolu kiirus, m/s	V	6,2
Torustiku eritakistus (täpsustatud), m <sup>3</sup> /s	A	2,94
Valitud survetoru läbimõõt, mm	d	250

Tabel 57 I settebasseini parameetrite määramine

Nimetus	Tähis	Väärtus
Vee oodatav sissevool kaevanduse töötamise ajal, m <sup>3</sup> /h	Q	1388
Sette mahumass 55% liigniiskuse juures, t/m <sup>3</sup>	γ	1,3-1,4
Nõutav settimise aeg tiigis, h	t	30
Maksimaalne voolukiirus settebasseinis, m/s	v	0,005
Kaevandusest väljapumbatava vee heljumisisaldus (esimestel aastatel), mg/l	C <sub>1</sub>	400
Kaevandusest väljapumbatava vee heljumisisaldus (kaevanduse töötamise ajal), mg/l	C <sub>2</sub>	40
Suublasse juhitava vee heljumi sisaldus, mg/l	m	15
Absoluutselt kuiva sette mahumass, mg/l	δ	839000
Settetiigi eluiga, a	T	31
Settetiigi tööaeg aastas, h	r	8760

Nimetus	Tähis	Väärtus
Settimise ebaühtlust arvestav koefitsient	k	1,3
Vee turbulentsust arvestav tegur	$k_y$	1,6
Settebasseini teoreetiline sügavus, m	$h_{teor}$	2,4
Settetiigi ristlõige, m <sup>2</sup>	$\omega$	77
Keskmine settetiigi laius, m	B	32
Settetiigi pikkus, m	L	864
Teoreetiline settetiigi nõlvus, °	$\alpha$	30
Elavlõike vähenemine/suurenemine nõlva arvelt, m	$n_{teor}$	4,2
Settetiigi elav ristlõike põhja laius, m	$B_{põ}$	28
Settetiigi elav ristlõike arvutuslik ülemine laius, m	$B_{pe}$	36
Sette maht esimestel aastatel, m <sup>3</sup>	$W_{oc1}$	11157
Sette maht kaevanduse töötamis ajal, m <sup>3</sup>	$W_{oc2}$	10505
Summaarne setteruumi vajalik maht, m <sup>3</sup>	$W_{oc}$	21662
Setteruumi ristlõige, m <sup>2</sup>	$\omega_{oc}$	33
Setteruumi kõrgus, m	h	1,1
Settetiigi ehituslik sügavus, m	H	4,0
Tegelik elavlõike vähenemine/suurenemine nõlva arvelt, m	$n_{tegelik}$	6,9

Tabel 58 II settebasseini parameetrite määramine

Nimetus	Tähis	Väärtus
Vee oodatav sissevool kaevanduse töötamise ajal, m <sup>3</sup> /h	Q	1296
Sette mahumass 55% liigniiskuse juures, t/m <sup>3</sup>	$\gamma$	1,3-1,4
Nõutav settimise aeg tiigis, h	t	30
Maksimaalne voolukiirus settebasseinis, m/s	v	0,005
Kaevandusest väljapumbatava vee heljumisisaldus (esimestel aastatel), mg/l	$C_1$	400
Kaevandusest väljapumbatava vee heljumisisaldus (kaevanduse töötamise ajal), mg/l	$C_2$	40
Suublasse juhitas vees heljumi sisaldus, mg/l	m	15
Absoluutselt kuiva sette mahumass, mg/l	$\delta$	839000
Settetiigi eluiga, a	T	17
Settetiigi tööaeg aastas, h	r	8760
Settimise ebaühtlust arvestav koefitsient	k	1,3
Vee turbulentsust arvestav tegur	$k_y$	1,6
Settebasseini teoreetiline sügavus, m	$h_{teor}$	2,4
Settetiigi ristlõige, m <sup>2</sup>	$\omega$	72
Keskmine settetiigi laius, m	B	30
Settetiigi pikkus, m	L	864
Teoreetiline settetiigi nõlvus, °	$\alpha$	30

Nimetus	Tähis	Väärtus
Elavlõike vähenemine/suurenemine nõlva arvelt, m	$n_{\text{teor}}$	4,2
Settetiigi elav ristlõike põhja laius, m	$B_{p\phi}$	26
Settetiigi elav ristlõike arvutuslik ülemine laius, m	$B_{pe}$	34
Sette maht esimestel aastatel, m <sup>3</sup>	$W_{oc1}$	10417
Sette maht kaevanduse töötamis ajal, m <sup>3</sup>	$W_{oc2}$	5073
Summaarne setteruumi vajalik maht, m <sup>3</sup>	$W_{oc}$	15490
Setteruumi ristlõige, m <sup>2</sup>	$\omega_{oc}$	23
Setteruumi kõrgus, m	$h$	0,8
Settetiigi ehituslik sügavus, m	$H$	3,7
Tegelik elavlõike vähenemine/suurenemine nõlva arvelt, m	$n_{\text{tegelik}}$	6,4

Tabel 59 I settebasseini äravoolukraavi parameetrid

Nimetus	Tähis	Väärtus
Äravoolukraavi läbilaskevõime, m <sup>3</sup> /s	$Q$	0,39
Äravoolukraavi pikkus, m	$L$	244
Kraavi lang, %	$i$	0,05
Kraavi nõlvus, °	$\alpha$	26
Nõlvuskoefitsient	$m$	2
Karedusarv	$n$	0,04
Hüdrauliliselt soodsaim profiil	$\beta_{\Gamma}$	0,47
Ristlõike nõlva kaldest sõltuv koefitsient	$\delta$	9,89
Juuritav N väärtus	$N$	0,07
Astendaja väärtus	$\gamma$	2,8
Soodsaim voolu sügavus, m	$h_{\Gamma}$	0,77
Kraavi soodsaim põhja laius, m	$b_{\Gamma}$	0,36
Voolu ülemine laius, m	$B$	3,46
Elavlõige, m <sup>2</sup>	$\omega$	1,48
Voolukiirus, m/s	$v$	0,3
Kraavi tegelik sügavus, m	$H$	1,67
Kraavi ülemine laius, m	$a$	7,06

Tabel 60 II settebasseini äravoolukraavi parameetrid

Nimetus	Tähis	Väärtus
Äravoolukraavi läbilaskevõime, m <sup>3</sup> /s	$Q$	0,36
Äravoolukraavi pikkus, m	$L$	398
Kraavi lang, %	$i$	0,05
Kraavi nõlvus, °	$\alpha$	26
Nõlvuskoefitsient	$m$	2
Karedusarv	$n$	0,04

<b>Nimetus</b>	<b>Tähis</b>	<b>Väärtus</b>
Hüdrauliliselt soodsaim profiil	$\beta_{\Gamma}$	0,47
Ristlõike nõlva kaldest sõltuv koefitsient	$\delta$	9,89
Juuritav N väärtus	N	0,0651
Astendaja väärtus	$\gamma$	2,8
Soodsaim voolu sügavus, m	$h_{\Gamma}$	0,75
Kraavi soodsaim põhja laius, m	$b_{\Gamma}$	0,36
Voolu ülemine laius, m	B	3,37
Elavlõige, m <sup>2</sup>	$\omega$	1,41
Voolukiirus, m/s	v	0,3
Kraavi tegelik sügavus, m	H	1,65
Kraavi ülemine laius, m	a	6,97



## Lisa 7. Kallurite tootlikkuse ja vajaliku arvu määramine kaevise transpordiks

Tabel 61 Kallurite vajaliku arvu määramine kaevise transpordiks

Nimetus	Tähis	Väärtus
<b>Vajalike kallurite arv kaevanduse teenindamiseks</b>		
Transporditava kaevise kogus, t/h	Q	704
Kalluri kandevõime, t/h	M	25
Kalluri reise arv tunnis	$n_r$	5,7
Kalluri koormustegur	$k_k$	0,9
Töö efektiivsuse tegur	E	0,83
Vajalik kallurite arv, tk	N	6,6
<b>Töösükli kestus</b>		
Transpordikaugus, m	D	4991
Täis kastiga liikumise kiirus, km/h	$V_e$	65
Tühja kastiga liikumise kiirus, km/h	$V_t$	70
Tsükli aeg, min	Z	1,6
Töösükli kestus, min	$t_{ts}$	10,49
Töösükklite arv tunnis	$t_{ts.h}$	5,7

## **GRAAFILISED LISAD**

**Graafiline lisa 1. Uus-Kiviõli kaevevälja plaan**

**Graafiline lisa 2. Kaevevälja ettevalmistamine. Variant 1**

**Graafiline lisa 3. Kaevevälja ettevalmistamine. Variant 2**

**Graafiline lisa 4. Kaldšahtide skeem**

**Graafiline lisa 5. Läbindamise tehnoloogiline skeem laadurveokiga**

**Graafiline lisa 6. Läbindamise tehnoloogiline skeem kopplaadurite ja kalluritega**

**Graafiline lisa 7. Koristustööde tehnoloogiline skeem**

**Graafiline lisa 8. Tuulutusskeem. I etapp**

**Graafiline lisa 9. Tuulutusskeem. II etapp**

**Graafiline lisa 10. Veekõrvalduse skeem. Variant 1**

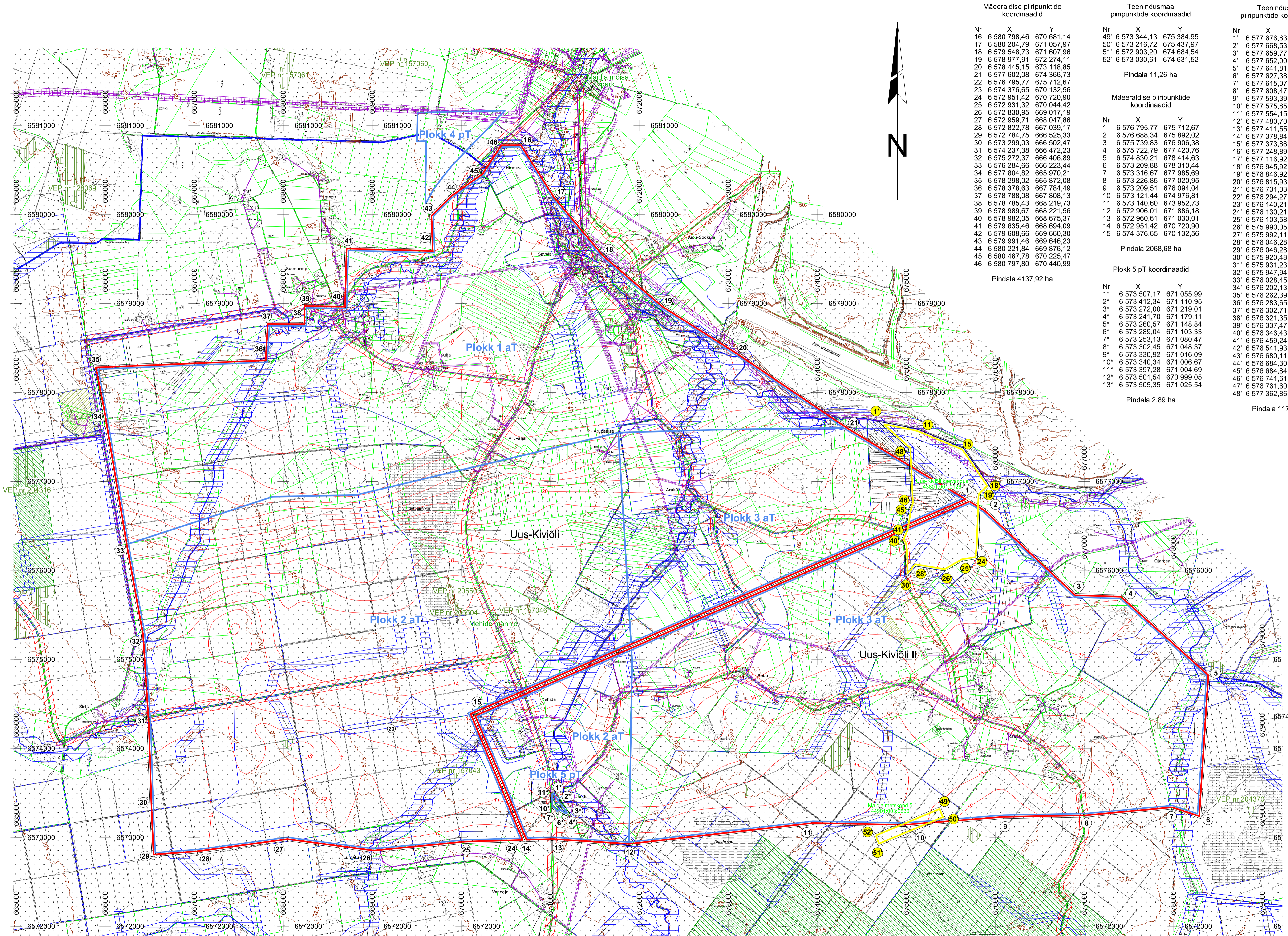
**Graafiline lisa 11. Veekõrvalduse skeem. Variant 2**

**Graafiline lisa 12. Pumbajaama plaan**

**Graafiline lisa 13. Settetiigi tehnoloogiline joonis**

**Graafiline lisa 14. Konveieri trassi ja rajatavate teede plaan**





Mäeeraldise piiripunkti koordinaadid

Nr	X	Y
16	6 580 798,46	6 707 681,14
17	6 580 204,79	6 701 057,97
18	6 579 548,73	6 711 607,96
19	6 578 977,91	6 712 274,11
20	6 578 445,15	6 713 118,85
21	6 577 602,08	6 714 366,73
22	6 576 795,77	6 715 712,67
23	6 574 376,65	6 710 132,56
24	6 572 951,42	6 710 720,90
25	6 572 931,32	6 710 044,42
26	6 572 830,95	6 669 017,19
27	6 572 959,71	6 668 047,86
28	6 572 822,78	6 667 039,17
29	6 572 784,75	6 666 525,33
30	6 573 299,03	6 666 502,47
31	6 574 237,38	6 666 472,23
32	6 575 272,37	6 666 406,89
33	6 576 284,06	6 666 223,44
34	6 577 804,82	6 665 970,21
35	6 578 298,02	6 665 872,08
36	6 578 378,63	6 667 784,49
37	6 578 788,08	6 667 808,13
38	6 578 785,43	6 668 219,73
39	6 578 989,67	6 668 221,56
40	6 578 982,05	6 668 675,37
41	6 579 635,46	6 668 904,09
42	6 579 608,66	6 669 660,30
43	6 579 991,46	6 669 646,23
44	6 580 221,84	6 669 876,12
45	6 580 467,78	6 670 225,47
46	6 580 797,80	6 670 440,99

Pindala 4137,92 ha

Mäeeraldise piiripunkti koordinaadid

Nr	X	Y
49	6 573 344,13	6 715 384,95
50	6 573 216,72	6 715 437,97
51	6 572 903,20	6 714 684,54
52	6 573 030,61	6 714 631,52

Teenindusmaa piiripunkti koordinaadid

Nr	X	Y
1	6 576 795,77	6 715 712,67
2	6 576 688,34	6 715 892,02
3	6 575 739,83	6 716 906,38
4	6 575 722,79	6 717 420,76
5	6 574 830,21	6 718 414,63
6	6 573 209,88	6 718 310,44
7	6 573 316,67	6 717 985,69
8	6 573 228,85	6 717 020,95
9	6 573 209,51	6 716 094,04
10	6 573 121,44	6 714 976,81
11	6 573 140,60	6 713 952,73
12	6 572 906,01	6 711 886,18
13	6 572 980,61	6 711 030,01
14	6 572 951,42	6 710 720,90
15	6 574 376,65	6 710 132,56

Pindala 2,89 ha

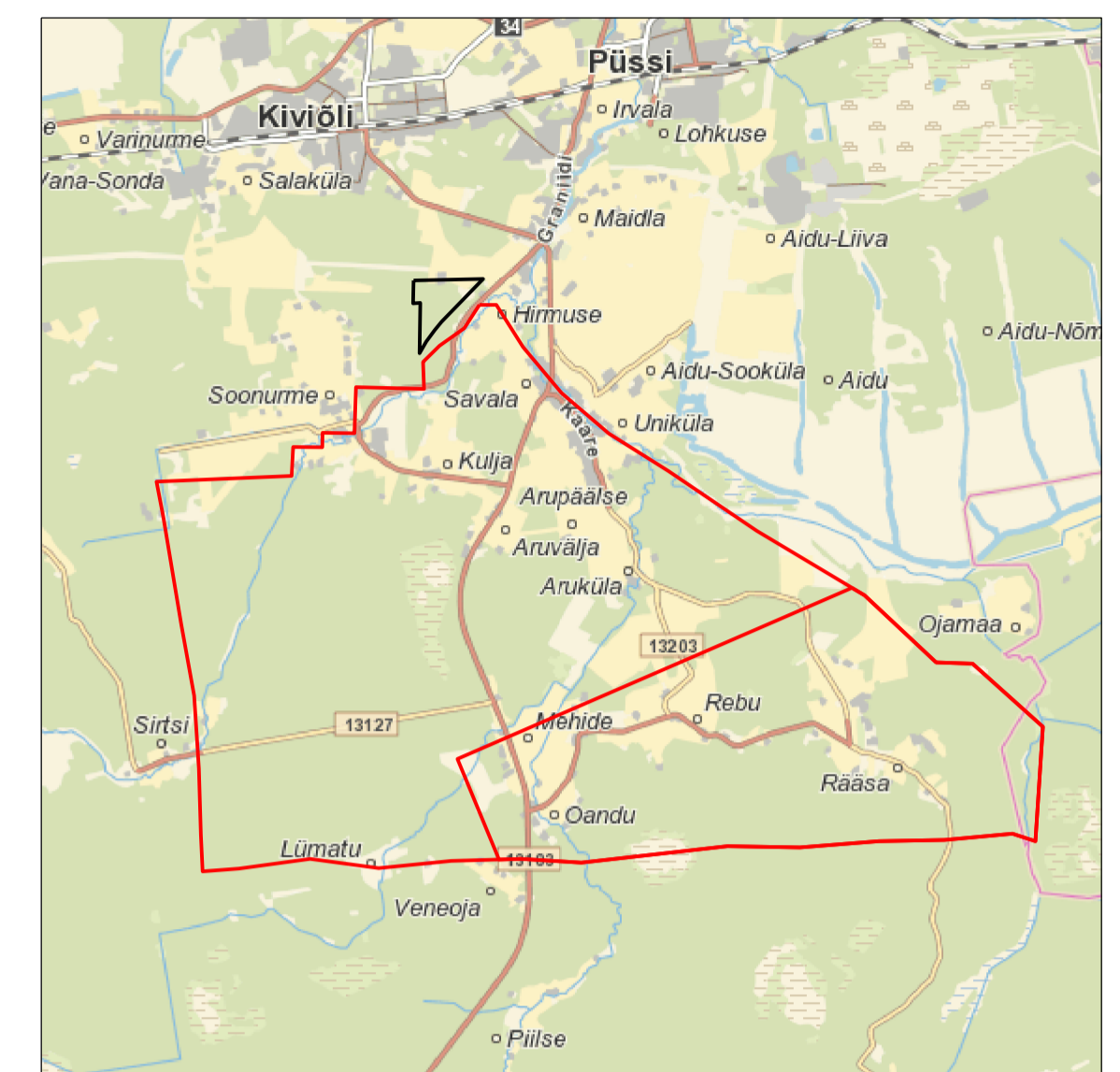
Plokk 5 pT koordinaadid

Nr	X	Y
1*	6 573 507,17	6 711 055,99
2*	6 573 412,34	6 711 110,95
3*	6 573 272,00	6 711 219,01
4*	6 573 241,70	6 711 179,11
5*	6 573 280,57	6 711 148,84
6*	6 573 389,04	6 711 103,33
7*	6 573 253,13	6 711 080,47
8*	6 573 302,45	6 711 048,37
9*	6 573 330,92	6 711 016,09
10*	6 573 340,34	6 711 006,67
11*	6 573 397,28	6 711 004,69
12*	6 573 501,54	6 710 999,05
13*	6 573 505,35	6 711 025,54

Teenindusmaa piiripunkti koordinaadid

Nr	X	Y
1'	6 577 676,63	6 714 678,59
2'	6 577 688,53	6 714 718,10
3'	6 577 659,77	6 714 753,45
4'	6 577 652,00	6 714 800,23
5'	6 577 641,81	6 714 857,48
6'	6 577 637,38	6 714 925,15
7'	6 577 615,07	6 714 987,56
8'	6 577 608,47	6 715 028,44
9'	6 577 593,39	6 715 100,06
10'	6 577 575,85	6 715 155,50
11'	6 577 554,15	6 715 206,70
12'	6 577 490,50	6 715 383,05
13'	6 577 411,58	6 715 553,11
14'	6 577 378,84	6 715 633,56
15'	6 577 373,86	6 715 642,03
16'	6 577 248,89	6 715 730,39
17'	6 577 116,92	6 715 820,28
18'	6 576 945,92	6 715 935,80
19'	6 576 846,92	6 715 934,53
20'	6 576 815,93	6 715 831,37
21'	6 576 731,03	6 715 828,15
22'	6 576 294,27	6 715 812,78
23'	6 576 140,21	6 715 798,53
24'	6 576 130,21	6 715 791,81
25'	6 576 103,58	6 715 631,57
26'	6 575 980,05	6 715 433,00
27'	6 575 992,11	6 715 428,50
28'	6 576 046,28	6 715 108,51
29'	6 576 046,28	6 715 108,51
30'	6 575 920,48	6 715 002,76
31'	6 575 931,23	6 715 000,39
32'	6 575 947,94	6 714 998,05
33'	6 576 028,45	6 714 994,52
34'	6 576 202,13	6 714 989,56
35'	6 576 282,39	6 714 984,96
36'	6 576 283,65	6 714 981,10
37'	6 576 302,71	6 714 975,45
38'	6 576 321,35	6 714 966,17
39'	6 576 337,47	6 714 955,25
40'	6 576 346,43	6 714 948,79
41'	6 576 459,24	6 714 956,88
42'	6 576 541,93	6 715 010,82
43'	6 576 680,11	6 715 033,38
44'	6 576 684,30	6 715 034,06
45'	6 576 684,84	6 715 024,34
46'	6 576 741,61	6 715 052,11
47'	6 576 761,60	6 715 055,50
48'	6 577 362,86	6 715 027,44

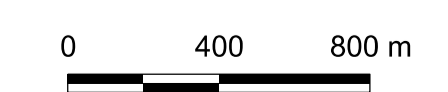
**ASENDIPLAAN**  
M 1 : 100 000



Kaardileht nr 644 Kohtla-Järve

- 1' Teenindusmaa piir, piiripunkt ja piiripunkti number
- 1 Mäeeraldise piir, piiripunkt ja piiripunkti number
- Ploki piir (aT - aktiivne tarbevaru, pT - passiivne tarbevaru)
- Katastriüksuse piir
- Maapinna samakõrgusjoon, m
- Lamami samakõrgusjoon, m
- Vääriselupaik, tunnus
- Kaitseobjekti piiranguvöönd
- III kategooria kaitsealune liik
- Ranna või kalda piiranguvöönd
- Teekaitsevöönd
- Elektripaigaldise kaitsevöönd

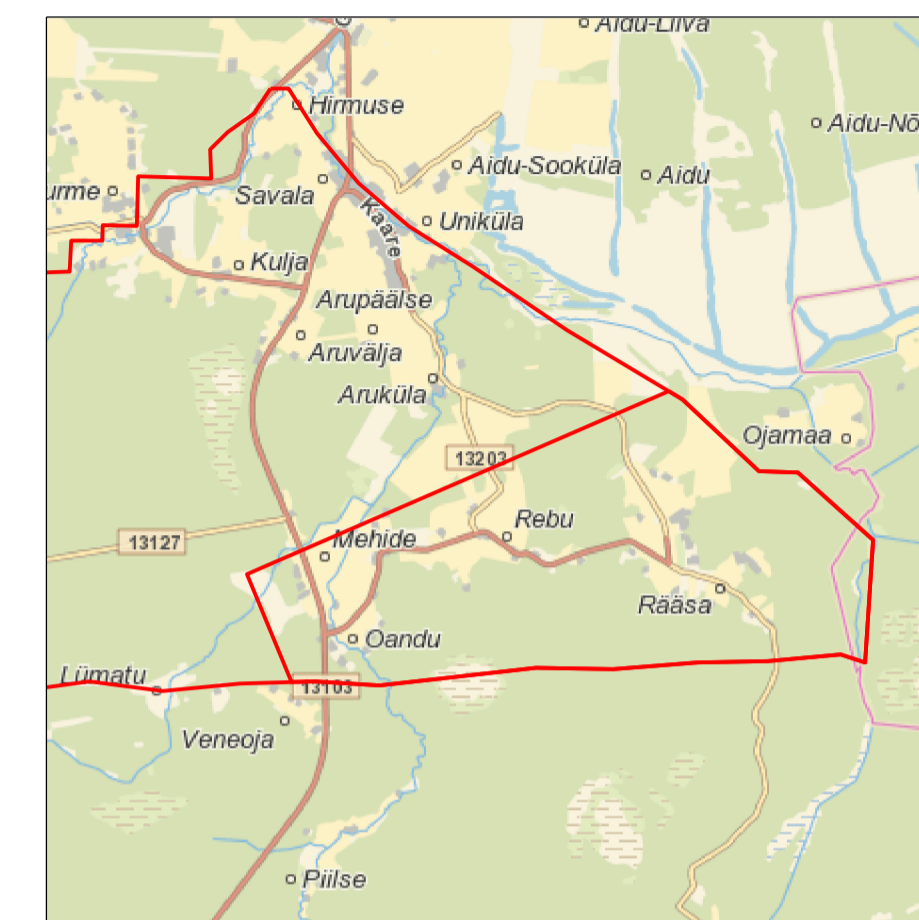
- Märkused:
- Koordinaadid L-Est 97 süsteemis, kõrgused EH2000 süsteemis.
  - Asendiplaan: Maa-ameti X-GIS kaardirakendus.
  - Plaan koostamisel on kasutatud:
    - Maa-ameti väljastatud katastriüksuste piirandmeid (seisuga 16.03.2019);
    - Maa-ameti aluskaartide avalikku WMS-teenust (must-valge pikaart, kitsenduste andmed seisuga 23.03.2019).
  - Kasutatud tarkvara: Bentley PowerCivil for Baltics V8i (litsents: 70000661800020).



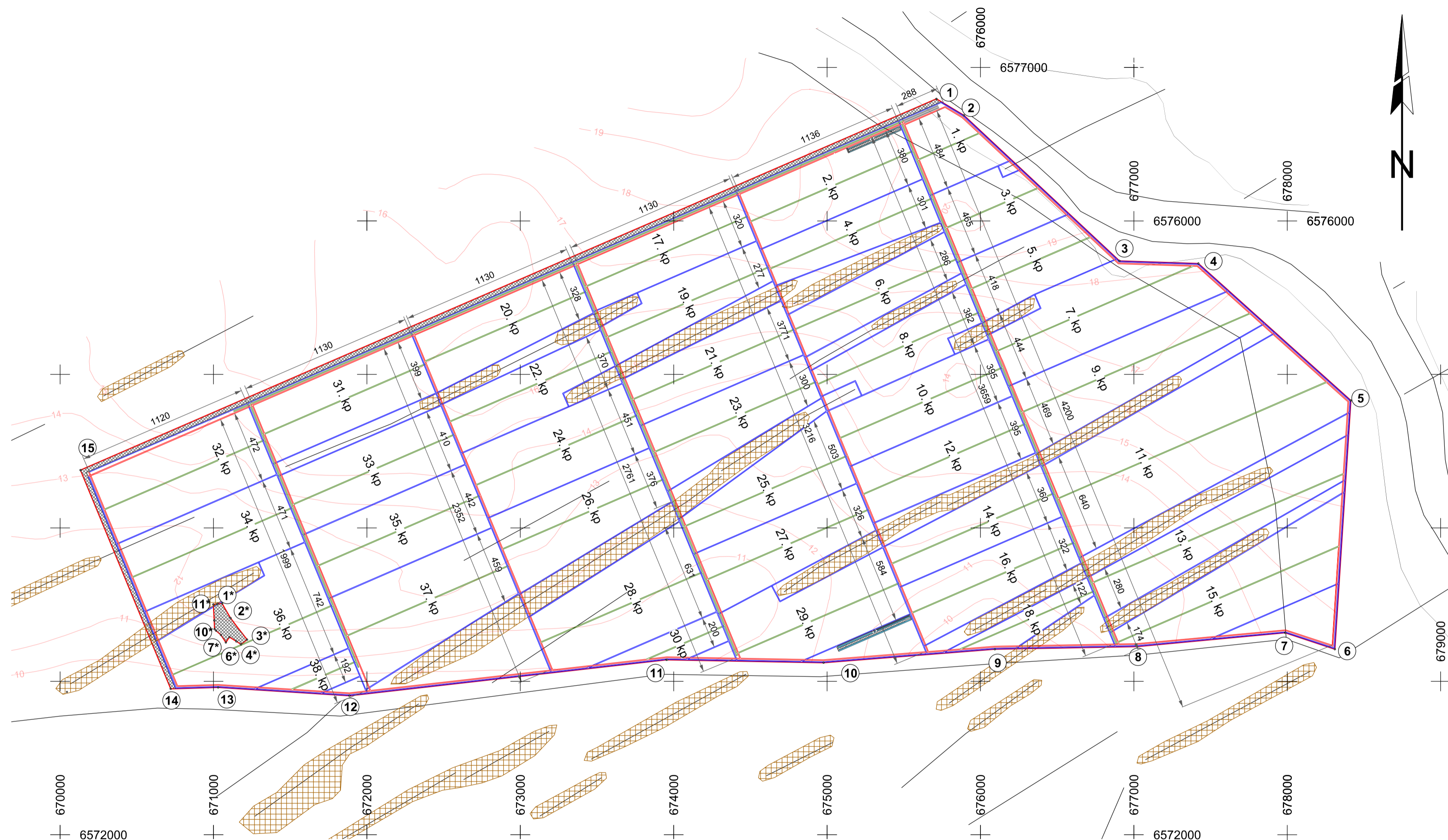
Magistritöö teema	Joonise sts	Graafiline lisa 1
Uus-Kiviõli II põlevkivikaevanduse eelprojekt	Uus-Kiviõli kaevandaja plaan	Mõõtkaava 1 : 20 000
<b>TAL TECH</b> Tallinna Tehnikaülikool Geoloogia Instituut Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn	Üllõpilane Kristel Veersalu Juhendaja Tauno Tammeoja Tõnu Tomberg	Matrikl nr 176799YAEM Kuupäev 20.05.2019



# ASENDIPLAAN M 1 : 100 000



Kaardileht nr 644 Kohtla-Järve



Mäeeraldise piiripunkide koordinaadid			Plokk 5 pT koordinaadid		
Nr	X	Y	Nr	X	Y
1	6 576 795,77	675 712,67	1*	6 573 507,17	671 055,99
2	6 576 688,34	675 892,02	2*	6 573 412,34	671 110,95
3	6 575 739,83	676 906,38	3*	6 573 272,00	671 219,01
4	6 575 722,79	677 420,76	4*	6 573 241,70	671 179,11
5	6 574 830,21	678 414,63	5*	6 573 260,57	671 148,84
6	6 573 209,88	678 310,44	6*	6 573 289,04	671 103,33
7	6 573 316,67	677 985,69	7*	6 573 253,13	671 080,47
8	6 573 226,85	677 020,95	8*	6 573 302,45	671 048,37
9	6 573 209,51	676 094,04	9*	6 573 330,92	671 016,09
10	6 573 121,44	674 976,81	10*	6 573 340,34	671 006,67
11	6 573 140,60	673 952,73	11*	6 573 397,28	671 004,69
12	6 572 906,01	671 886,18	12*	6 573 501,54	670 999,05
13	6 572 960,61	671 030,01	13*	6 573 505,35	671 025,54
14	6 572 951,42	670 720,90			
15	6 574 376,65	670 132,56			

Pindala 2,89 ha

Pindala 2068,68 ha

Märkused:

1. Koordinaadid L-Est 97 süsteemis, kõrgused EH2000 süsteemis.
2. Asendiplaan: Maa-ameti X-GIS kaardirakendus.
3. Kasutatud tarkvara: Bentley PowerCivl for Baltics V8i (litsents: 70000661800020).

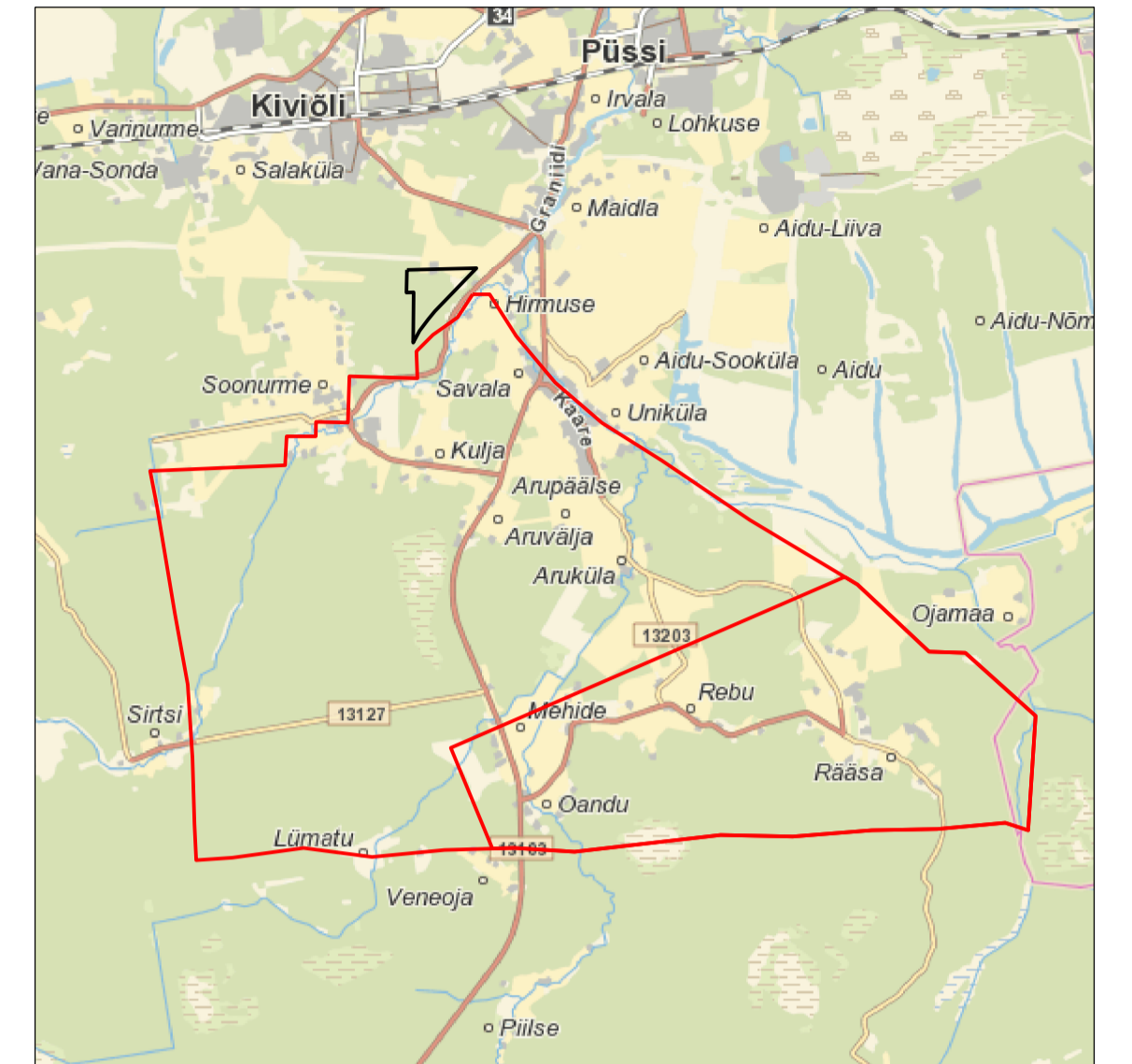
	Mäeeraldise piir, piiripunkt ja piiripunkti number		Holde - või barjäärtervik
	Konveerikaevõõned		Karstunud ala
	Transpordikaevõõned		
	Tuulutuskaevõõned		
	Lamami samakõrgusjoon, m		
			kp - kambriplakk



Magistritöö teema	Joonise sisu	Graafiline lisa 2
Uus-Kiviõli II põlevkivikaevanduse eelprojekt	Kaevvälja ettevalmistamine Variant 1	Mõõtkava 1 : 20 000
<b>TAL TECH</b> Tallinna Tehnikaülikool Geoloogia Instituut Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn	Üliõpilane Kristel Veersalu Juhendaja Tauno Tammeoja Tõnu Tomberg	Matrikli nr 176799YAEM Kuupäev 20.05.2019

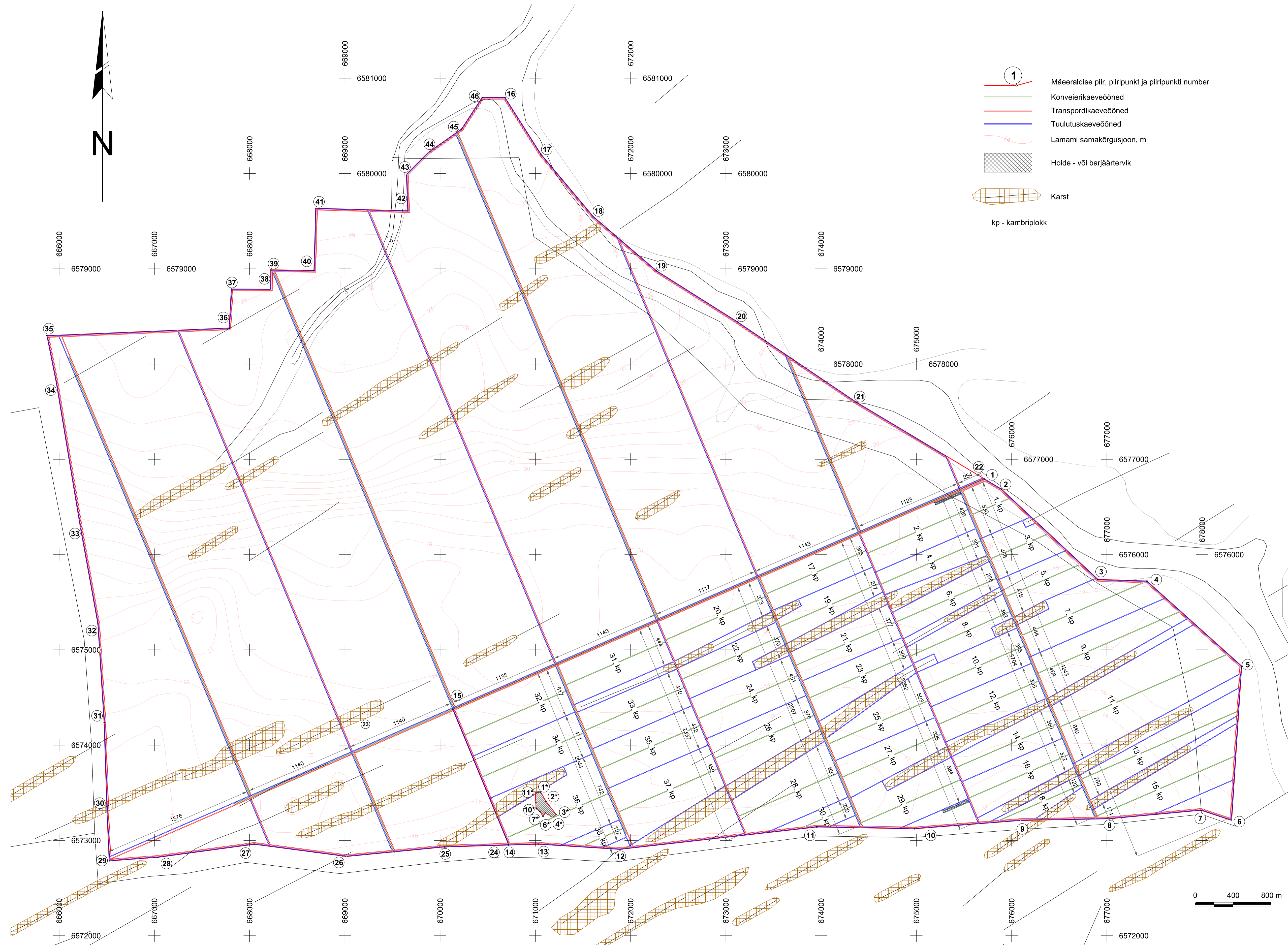


ASENDIPLAAN  
M 1 : 100 000



Kaardileht nr 644 Kohtla-Järve

- ① Mäeeraldise piir, piiripunkt ja piiripunkti number
- Konveierikaevöödned
- Transpordikaevöödned
- Tuulutuskaevöödned
- Lamami samakõrgusjoon, m
- Hoide - või barjäärtervik
- Karst
- kp - kambriplakk



Mäeeraldise piiripunkti koordinaadid			Mäeeraldise piiripunkti koordinaadid		
Nr	X	Y	Nr	X	Y
16	6 580 798,46	670 681,14	1	6 576 795,77	675 712,67
17	6 580 204,79	671 057,97	2	6 576 688,34	675 892,02
18	6 579 548,73	671 607,96	3	6 575 739,83	676 906,38
19	6 578 977,91	672 274,11	4	6 575 722,79	677 420,76
20	6 578 445,15	673 118,85	5	6 574 830,21	678 414,63
21	6 577 602,08	674 366,73	6	6 573 209,88	678 310,44
22	6 576 795,77	675 712,67	7	6 573 316,67	677 985,69
23	6 574 376,65	670 132,56	8	6 573 226,85	677 020,95
24	6 572 951,42	670 720,90	9	6 573 209,51	676 094,04
25	6 572 931,32	670 044,42	10	6 573 121,44	674 976,81
26	6 572 830,95	669 017,19	11	6 573 140,60	673 952,73
27	6 572 959,71	668 047,86	12	6 572 906,01	671 886,18
28	6 572 822,78	667 039,17	13	6 572 960,61	671 030,01
29	6 572 784,75	666 525,33	14	6 572 951,42	670 720,90
30	6 573 299,03	666 502,47	15	6 574 376,65	670 132,56
31	6 574 237,38	666 472,23	Pindala 2068,68 ha		
32	6 575 272,37	666 406,89	Plokk 5 pT koordinaadid		
33	6 576 284,66	666 223,44	Nr	X	Y
34	6 577 804,82	665 970,21	1*	6 573 507,17	671 055,99
35	6 578 298,02	665 872,08	2*	6 573 412,34	671 110,95
36	6 578 378,63	667 784,49	3*	6 573 272,00	671 219,01
37	6 578 788,08	667 808,13	4*	6 573 241,70	671 179,11
38	6 578 785,43	668 219,73	5*	6 573 260,57	671 148,84
39	6 578 989,67	668 221,56	6*	6 573 289,04	671 103,33
40	6 578 982,05	668 675,37	7*	6 573 253,13	671 080,47
41	6 579 635,46	668 694,09	8*	6 573 302,45	671 048,37
42	6 579 608,66	669 660,30	9*	6 573 330,92	671 016,09
43	6 579 991,46	669 646,23	10*	6 573 340,34	671 006,67
44	6 580 221,84	669 876,12	11*	6 573 397,28	671 004,69
45	6 580 467,78	670 225,47	12*	6 573 501,54	670 999,05
46	6 580 797,80	670 440,99	13*	6 573 505,35	671 025,54
Pindala 4137,92 ha			Pindala 2,89 ha		

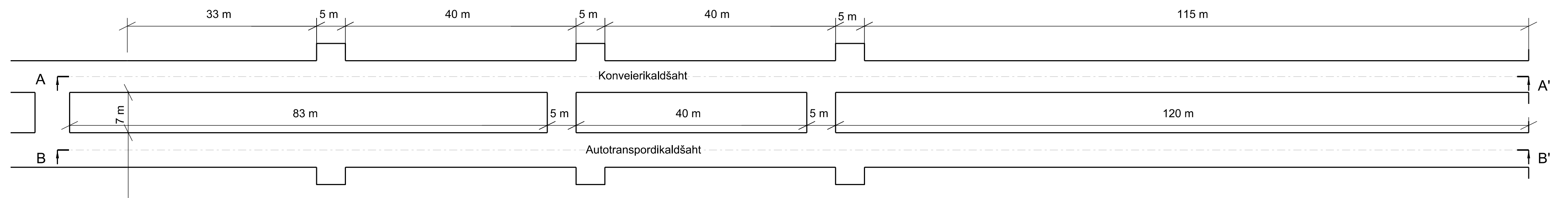
Märkused:

- Koordinaadid L-Est 97 süsteemis, kõrgused EH2000 süsteemis.
- Asendiplaan: Maa-ameti X-GIS kaardirakendus.
- Kasutatud tarkvara: Bentley PowerCivil for Baltics V8i (litsents: 70000661800020).

0 400 800 m

Magistritöö teema	Joonise sisu	Graafilise lisa 3
Uus-Kiviõli II põlevkivikaevanduse eelprojekt	Kaevvälja ettevalmistamine Variant 2	Möötkava 1 : 20 000
TALTECH Tallinna Tehnikaülikool Geoloogia Instituut	Üliõpilane Kristel Veersalu	Matrikuli nr 176799YAEM
Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn	Juhendaja Tauno Tammeoja Tõnu Tomberg	Kuupäev 20.05.2019

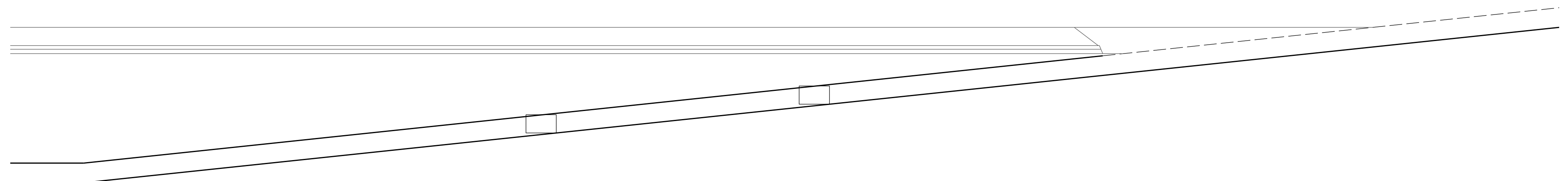




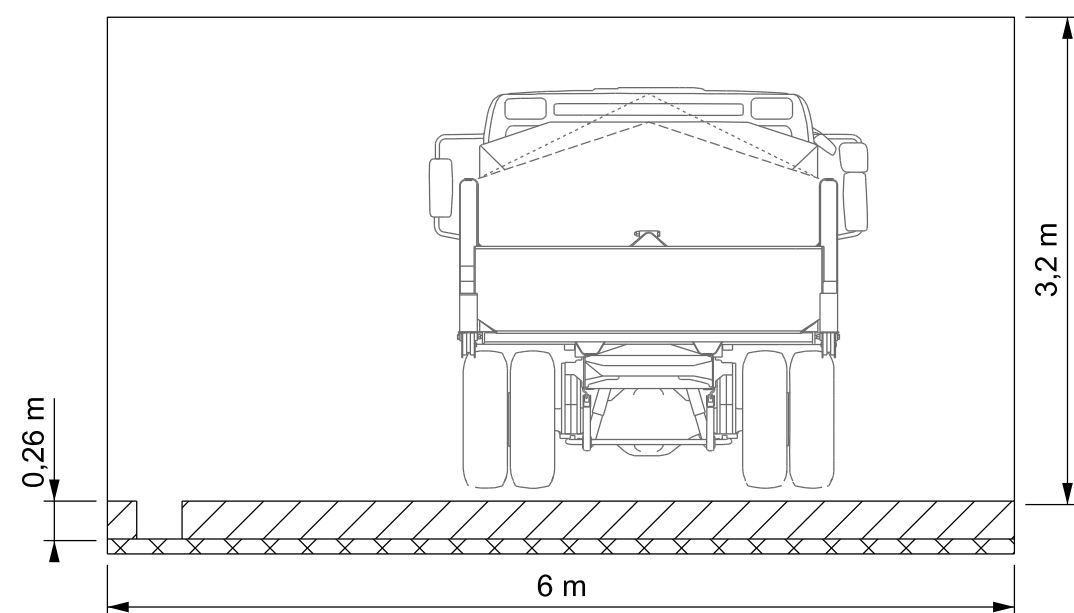
Läbilõige A - A'



Läbilõige B - B'

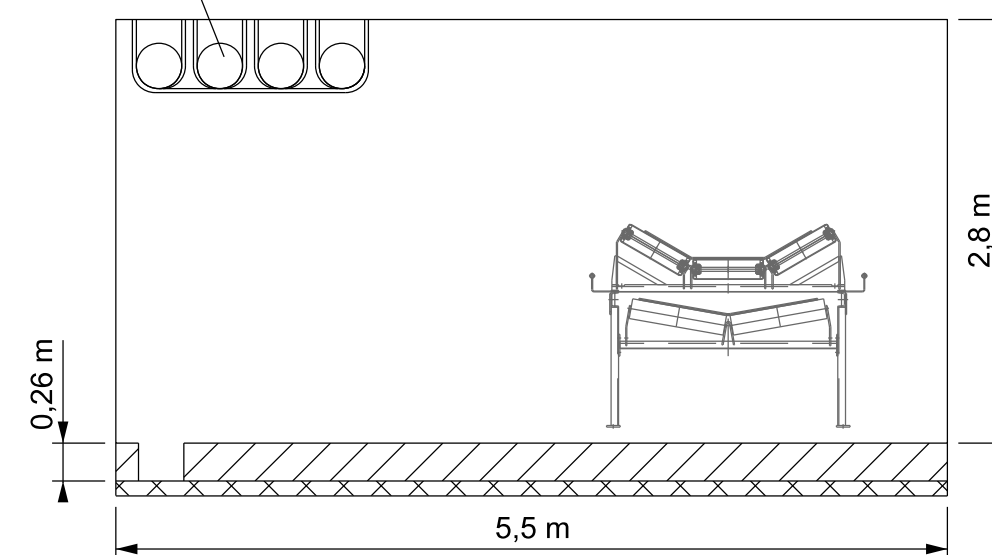


Autotranspordikaldšaht  
M 1 : 500



Konveierikaldšaht  
M 1 : 500

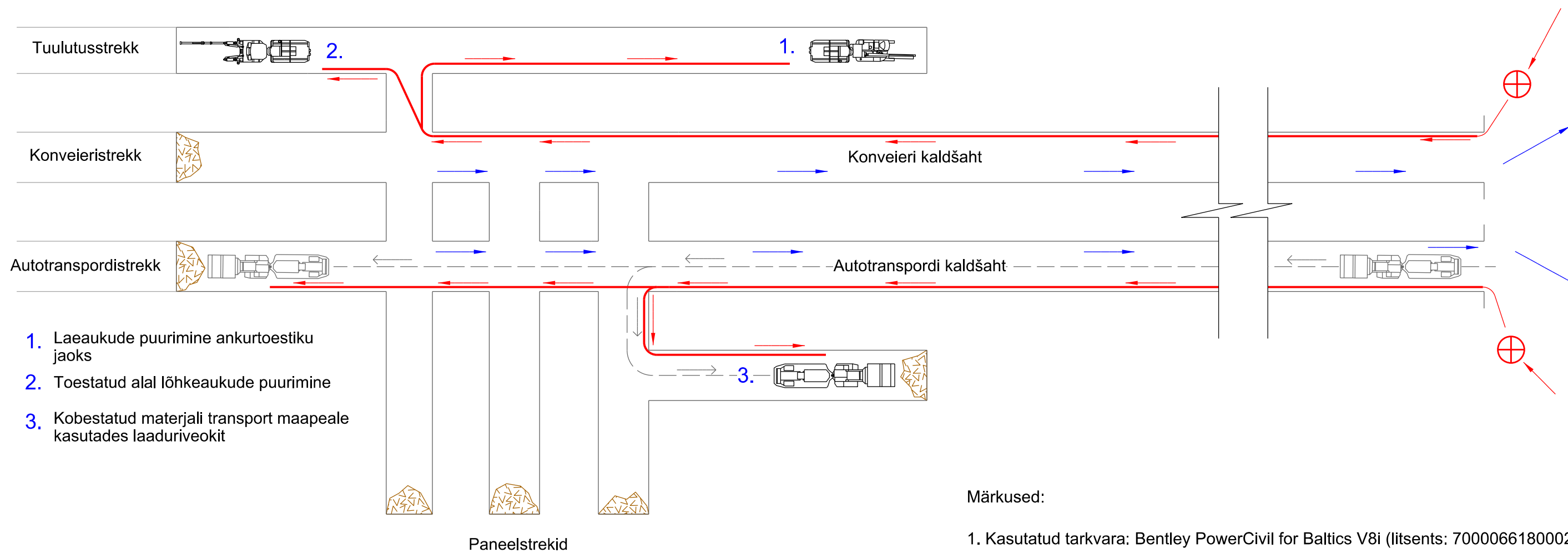
Survetorud vee pumpamiseks



Märkused:

- Jooniste koostamisel on kasutatud:
  - Ojamaa kaevanduse peakaldšahtid projekti (AS Eesti Põlevkivi, 2009, K. Sokman, O. Nikitin)
  - 2. Kasutatud tarkvara: Bentley PowerCivil for Baltics V8i (litsents: 70000661800020).

Magistritöö teema	Joonise sisu	Graafiline lisa 4
Uus-Kiviõli II põlevkivikaevanduse eelprojekt	Kaldšahtide skeem	Mõõtkava 1 : 500
<b>TAL TECH</b> Tallinna Tehnikaülikool Geoloogia Instituut Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn	Üliõpilane Kristel Veersalu Juhendaja Tauno Tammeoja Tõnu Tomberg	Matrikli nr 176799YAEM Kuupäev 21.05.2019

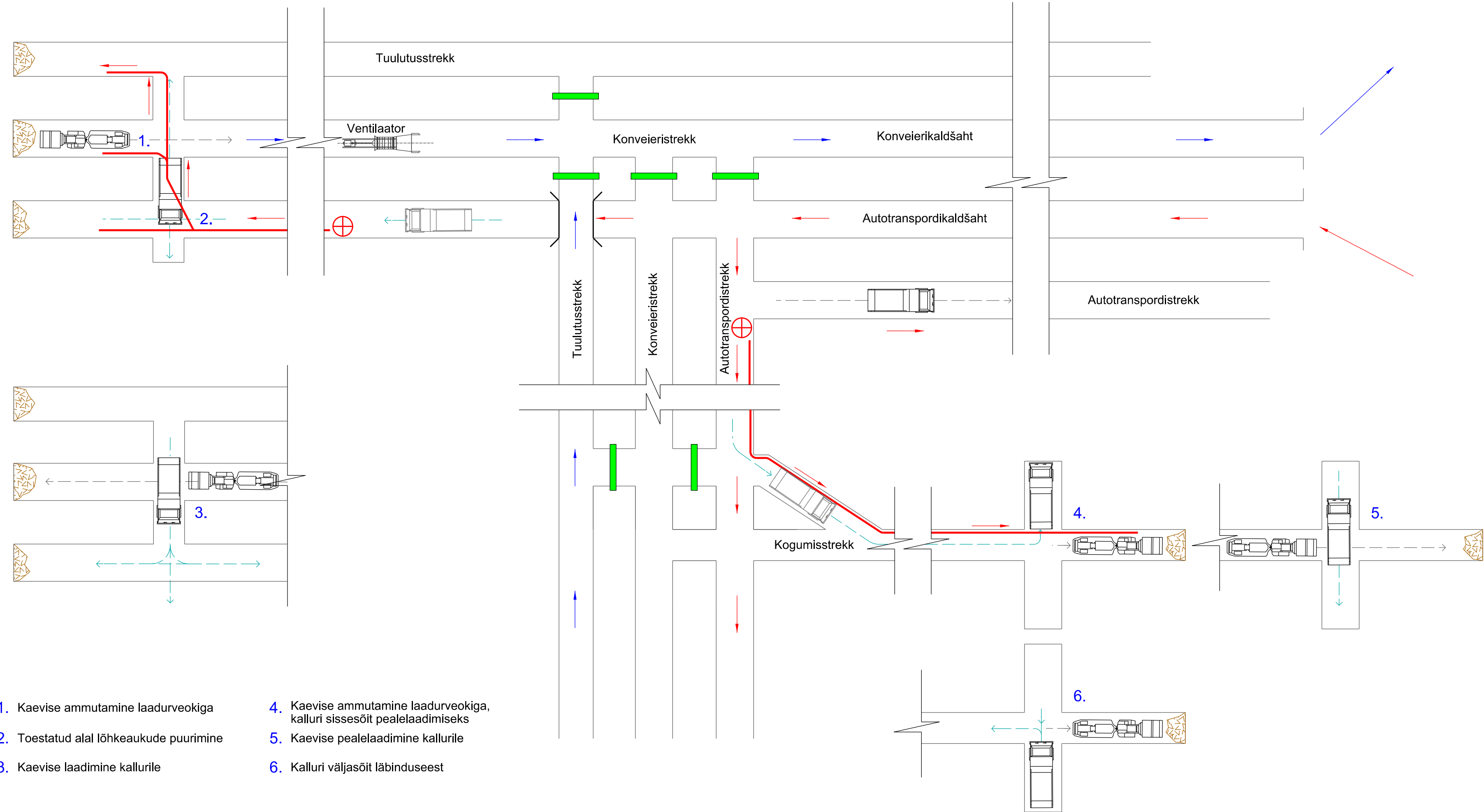


- Laadurveokite marsruut
- Läbitöötatud õhu juga
- Värske õhu juga
- Tuulutustoru
- Kohaliku tuulutuse ventilaator

Märkused:

1. Kasutatud tarkvara: Bentley PowerCivil for Baltics V8i (litsents: 70000661800020).

Magistritöö teema	Joonise sisu	Graafiline lisa 5
Uus-Kiviõli II põlevkivikaevanduse eelprojekt	Läbindamise tehnoloogiline skeem laadurveokiga	
<b>Tallinna Tehnikaülikool</b> <b>Geoloogia Instituut</b> Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn	Üliõpilane	Kristel Veersalu
	Juhendaja	Tauno Tammeoja Tõnu Tomberg
		Matrikli nr 176799YAEM
		Kuupäev 22.05.2019



- 1. Kaeise ammutamine laadurveokiga
- 2. Toestatud alal lõhkeaukude puurimine
- 3. Kaeise laadimine kallurile
- 4. Kaeise ammutamine laadurveokiga, kalluri sissesõit pealelaadimiseks
- 5. Kaeise pealelaadimine kallurile
- 6. Kalluri väljasõit läbinduseest

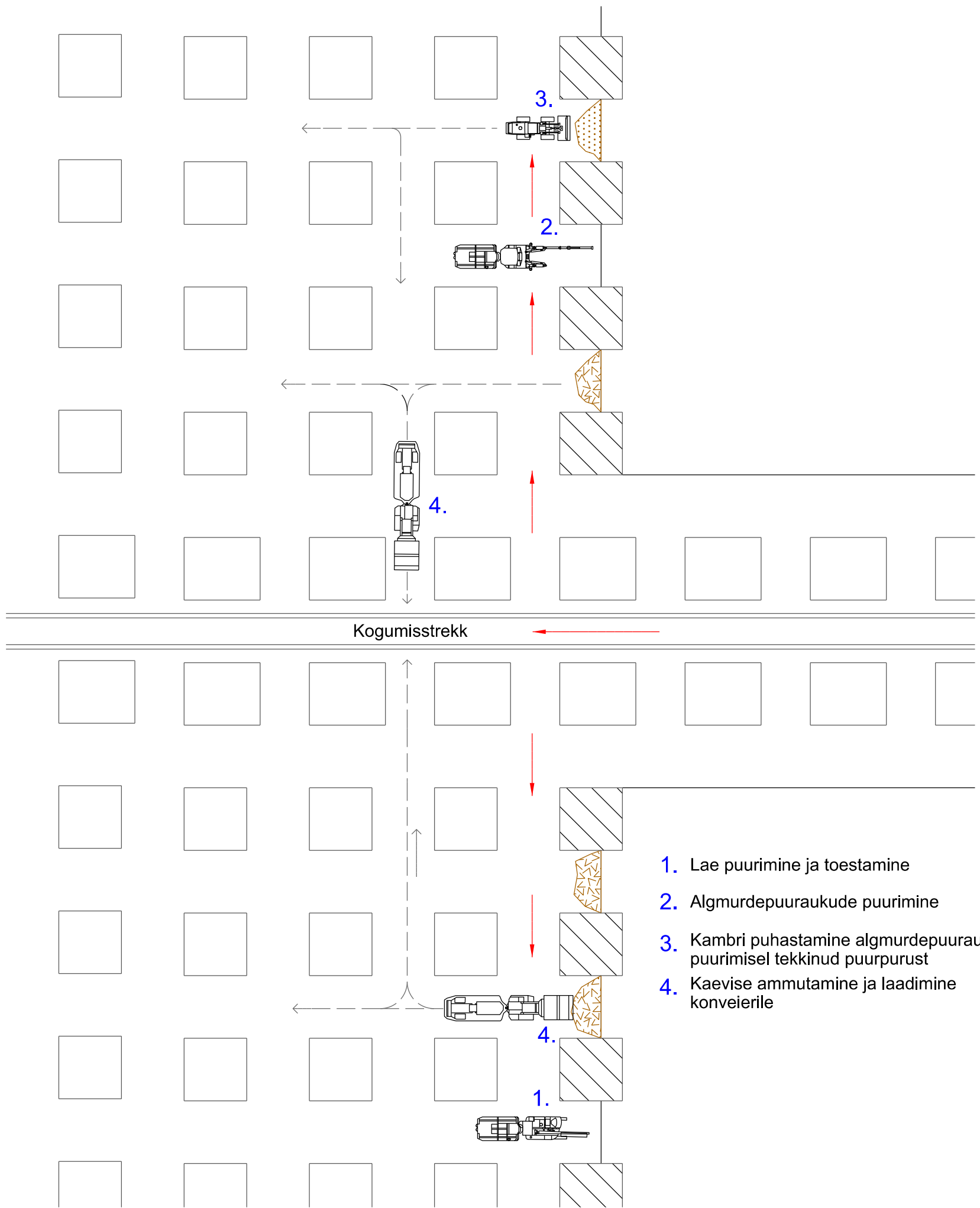
Märkused:

1. Kasutatud tarkvara: Bentley PowerCivil for Baltics V8i (litsents: 70000661800020).

- Kallurite marsruut
- Laadurveokite marsruut
- Läbitõtatud õhu juga
- Värske õhu juga
- Tuulutustoru
- Tuulutustõke
- Kohaliku tuulutuse ventilaator

<p>Magistritöö teema</p> <p><b>Uus-Kiviõli II põlevkivikaevanduse eelprojekt</b></p>	<p>Joonise sisu</p> <p><b>Läbindamise tehnoloogiline skeem kopplaadurite ja kalluritega</b></p>	<p>Graafiline lisa 6</p>
<p><b>TAL TECH</b> Geoloogia Instituut</p> <p>Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn</p>	<p>Üliõpilane Kristel Veersalu</p> <p>Juhendaja Tauno Tammeoja Tõnu Tomberg</p>	<p>Matriikli nr 176799YAEM</p> <p>Kuupäev 23.05.2019</p>

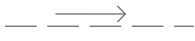





1. Lae puurimine ja toestamine
2. Algmurdepuuraukude puurimine
3. Kambri puhastamine algmurdepuuraukude puurimisel tekkinud puurpurust
4. Kaevise ammutamine ja laadimine konveierile

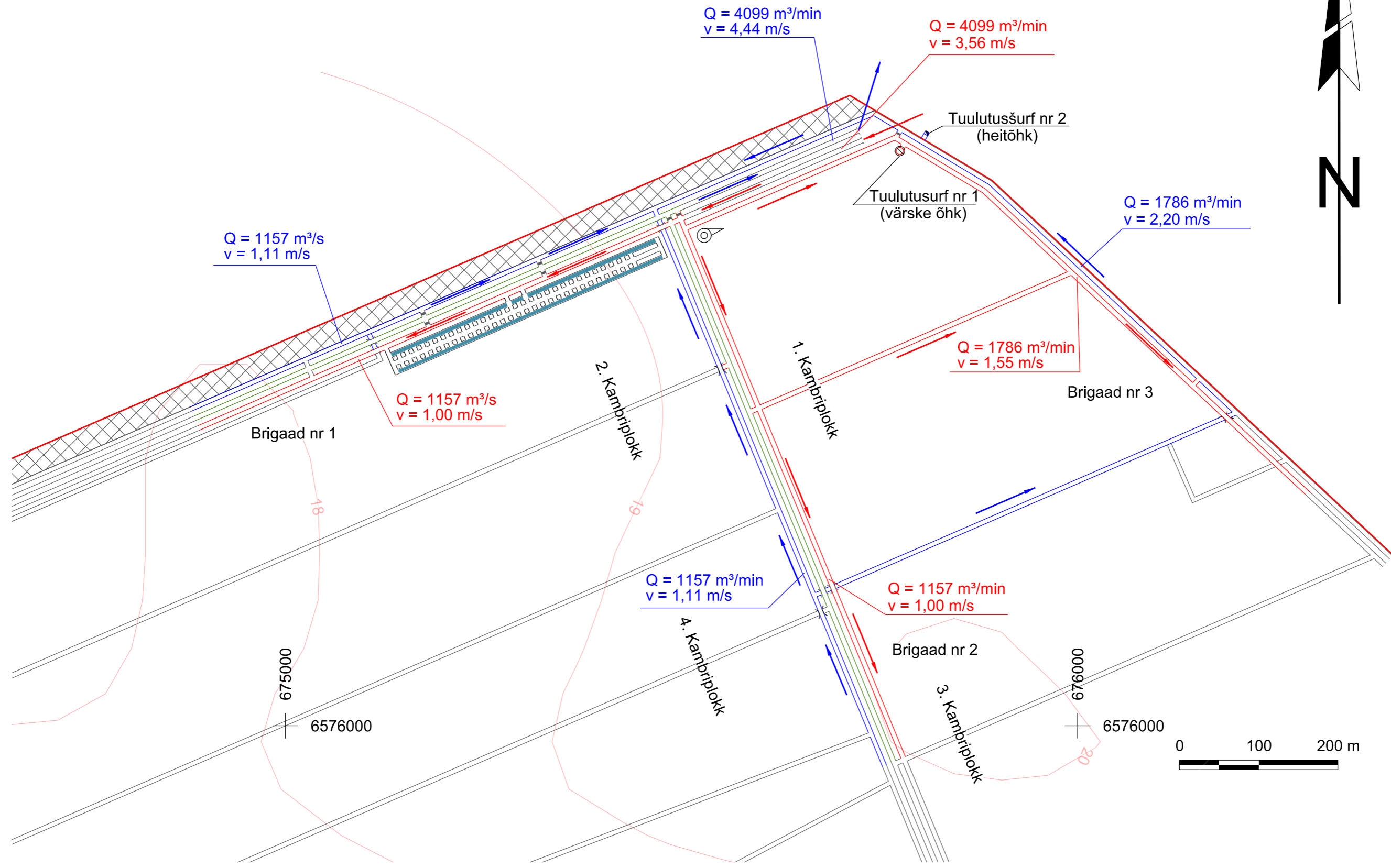
Märkused:

1. Kasutatud tarkvara: Bentley PowerCivil for Baltics V8i (litsents: 7000661800020).

 Masinate marsruut  
 Värske õhu juga

Magistritöö teema	Joonise sisu	Graafiline lisa 9
Uus-Kiviõli II põlevkivikaevanduse eelprojekt	Koristustööde tehnoloogiline skeem	
 <b>Tallinna Tehnikaülikool Geoloogia Instituut</b> Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn	Üliõpilane	Kristel Veersalu
	Juhendaja	Tauno Tammeoja Tõnu Tomberg
		Matrikli nr 176799YAEM
		Kuupäev 22.05.2019

6577000



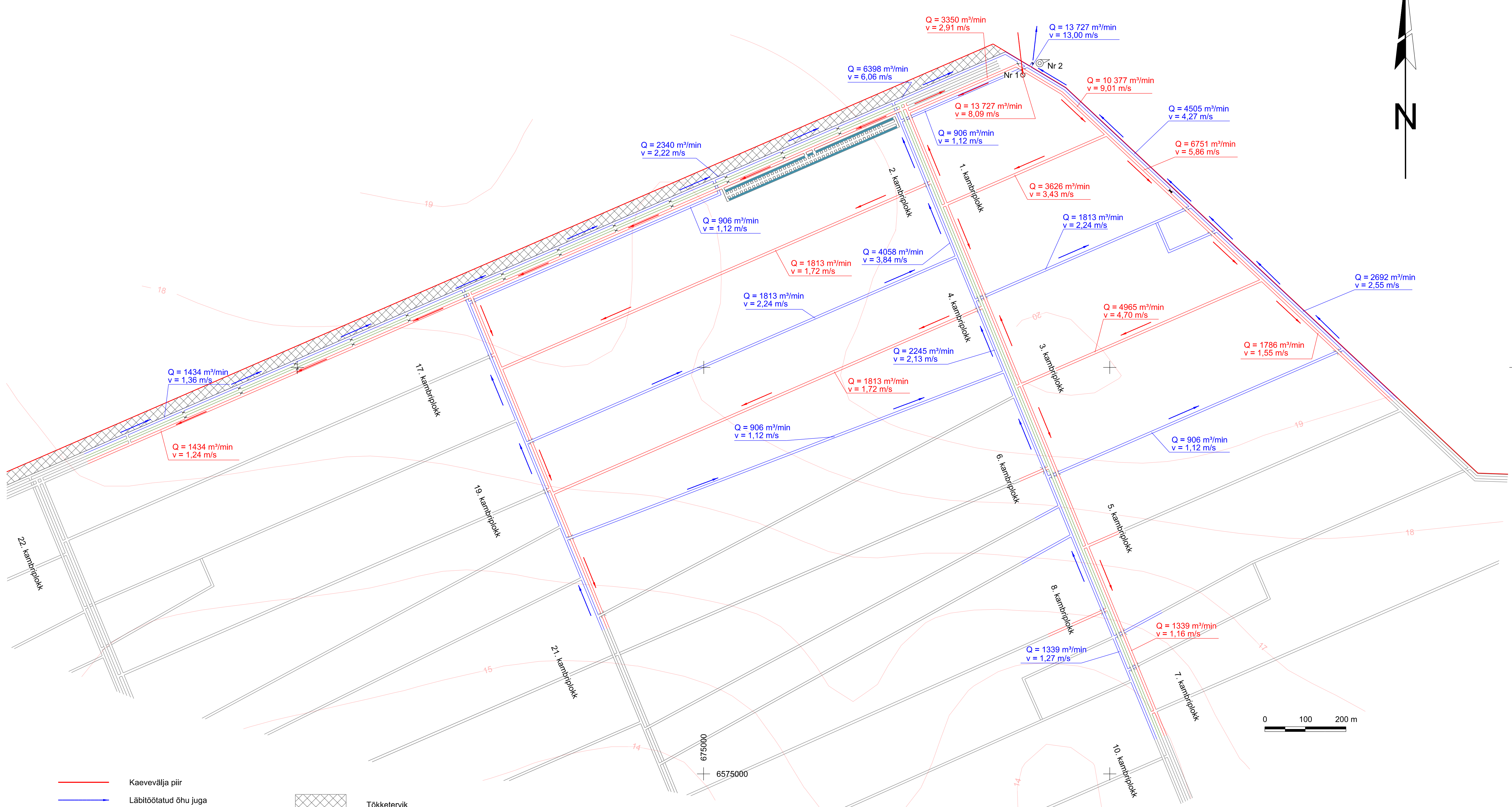
- Kaevevälja piir
- Labitõetatud õhu juga
- Värske õhu juga
- Q = 1786 m³/min  
v = 1,55 m/s Õhu maht  
Õhujoa kiirus
- Ventilator
- 14 Lamami samakõrgusjoon, m
- Tõkketervik

Märkused:

1. Koordinaadid L-Est 97 süsteemis.
2. Kasutatud tarkvara: Bentley PowerCivil for Baltics V8i (litsents: 70000661800020).

Magistritöö teema	Joonise sisu	Graafiline lisa 8
<b>Uus-Kiviõli II põlevkivikaevanduse eelprojekt</b>	<b>Tuulutusskeem I etapp</b>	Mõõtkava 1 : 5 000
<b>Tallinna Tehnikaülikool Geoloogia Instituut</b> Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn	Üliõpilane Kristel Veersalu Juhendaja Tauno Tammeoja Tõnu Tomberg	Matrikli nr 176799YAEM Kuupäev 21.05.2019

6577000



677000

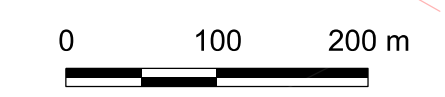
6576000

- Kaevevälja piir
- Läbitöötatud õhu juga
- Värske õhu juga
- Q = 1808 m³/min  
v = 1,57 m/s Õhu maht  
Õhujoo kiirus
- Ventilaator
- Lamami samakõrgusjoon, m



Märkused:

1. Koordinaadid L-Est 97 süsteemis.
2. Kasutatud tarkvara: Bentley PowerCivil for Baltics V8i (litsents: 70000661800020).



Magistritöö teema	Joonise sisu	Graafiline lisa 9
Uus-Kiviõli II põlevkivikaevanduse eelprojekt	Tuulutuskeem II etapp	Möötkava 1 : 5 000
<b>TAL TECH</b>	Tallinna Tehnikaülikool Geoloogia Instituut	Ülitöpilane Kristel Veersalu
Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn	Juhendaja Tauno Tammeoja Tõnu Tomberg	Matriklil nr 176799YAEM
		Kuupäev 22.05.2019



Mäeeraldise piiripunktide koordinaadid

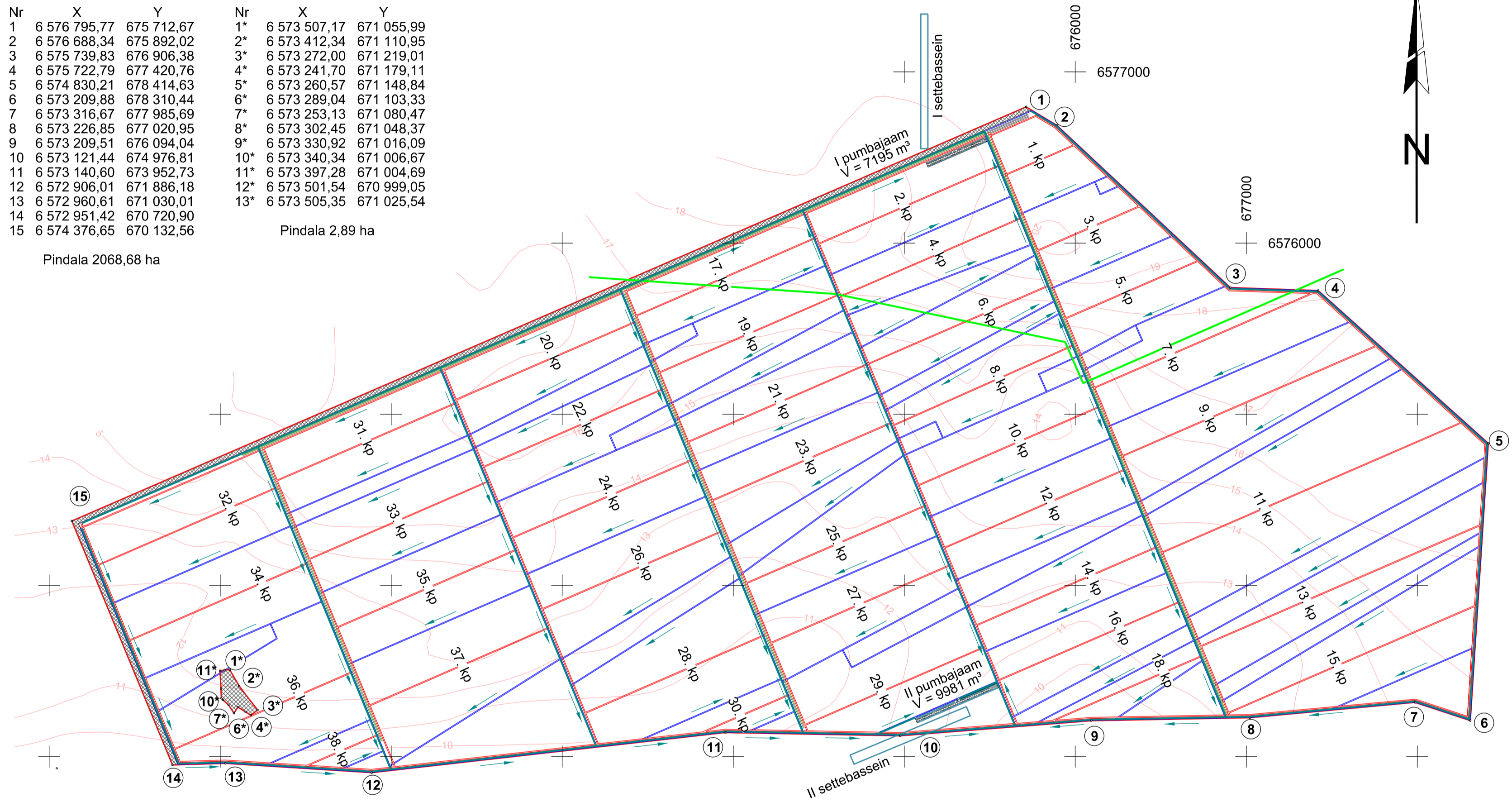
Nr	X	Y
1	6 576 795,77	675 712,67
2	6 576 688,34	675 892,02
3	6 575 739,83	676 906,38
4	6 575 722,79	677 420,76
5	6 574 830,21	678 414,63
6	6 573 209,88	678 310,44
7	6 573 316,67	677 985,69
8	6 573 226,85	677 020,95
9	6 573 209,51	676 094,04
10	6 573 121,44	674 976,81
11	6 573 140,60	673 952,73
12	6 572 906,01	671 886,18
13	6 572 960,61	671 030,01
14	6 572 951,42	670 720,90
15	6 574 376,65	670 132,56





Pindala 2068,68 ha






Plokk 5 pT koordinaadid

Nr	X	Y
1*	6 573 507,17	671 055,99
2*	6 573 412,34	671 110,95
3*	6 573 272,00	671 219,01
4*	6 573 241,70	671 179,11
5*	6 573 260,57	671 148,84
6*	6 573 289,04	671 103,33
7*	6 573 253,13	671 080,47
8*	6 573 302,45	671 048,37
9*	6 573 330,92	671 016,09
10*	6 573 340,34	671 006,67
11*	6 573 397,28	671 004,69
12*	6 573 501,54	670 999,05
13*	6 573 505,35	671 025,54

Pindala 2,89 ha



-  Mäeeraldise piir, piiripunkt ja piiripunkti number
-  Transpordikaeveõõned
-  Tuulutuskaeveõõned
-  Konveierikaeveõõned

-  Hoide - või tökketervik
-  Lamami samakõrgusjoon, m
-  Vee voolamise suund
-  Vee kogunemisala piir
-  Kraav

Märkused:

- Koordinaadid L-Est 97 süsteemis.
- Kasutatud tarkvara: Bentley PowerCivil for Baltics V8i (litsents: 70000661800020).

Magistritöö teema	Joonise sisu	Graafiline lisa 10
Uus-Kiviõli II põlevkivikaevanduse eelprojekt	Veekõrvalduse skeem Variant 1	Mõõtkava 1 : 20 000
 <b>Tallinna Tehnikaülikool Geoloogia Instituut</b> Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn	Üliõpilane Kristel Veersalu	Matrikli nr 176799YAEM
	Juhendaja Tauno Tammeoja Tõnu Tomberg	Kuupäev 23.05.2019

Mäeeraldise piiripunktide koordinaadid

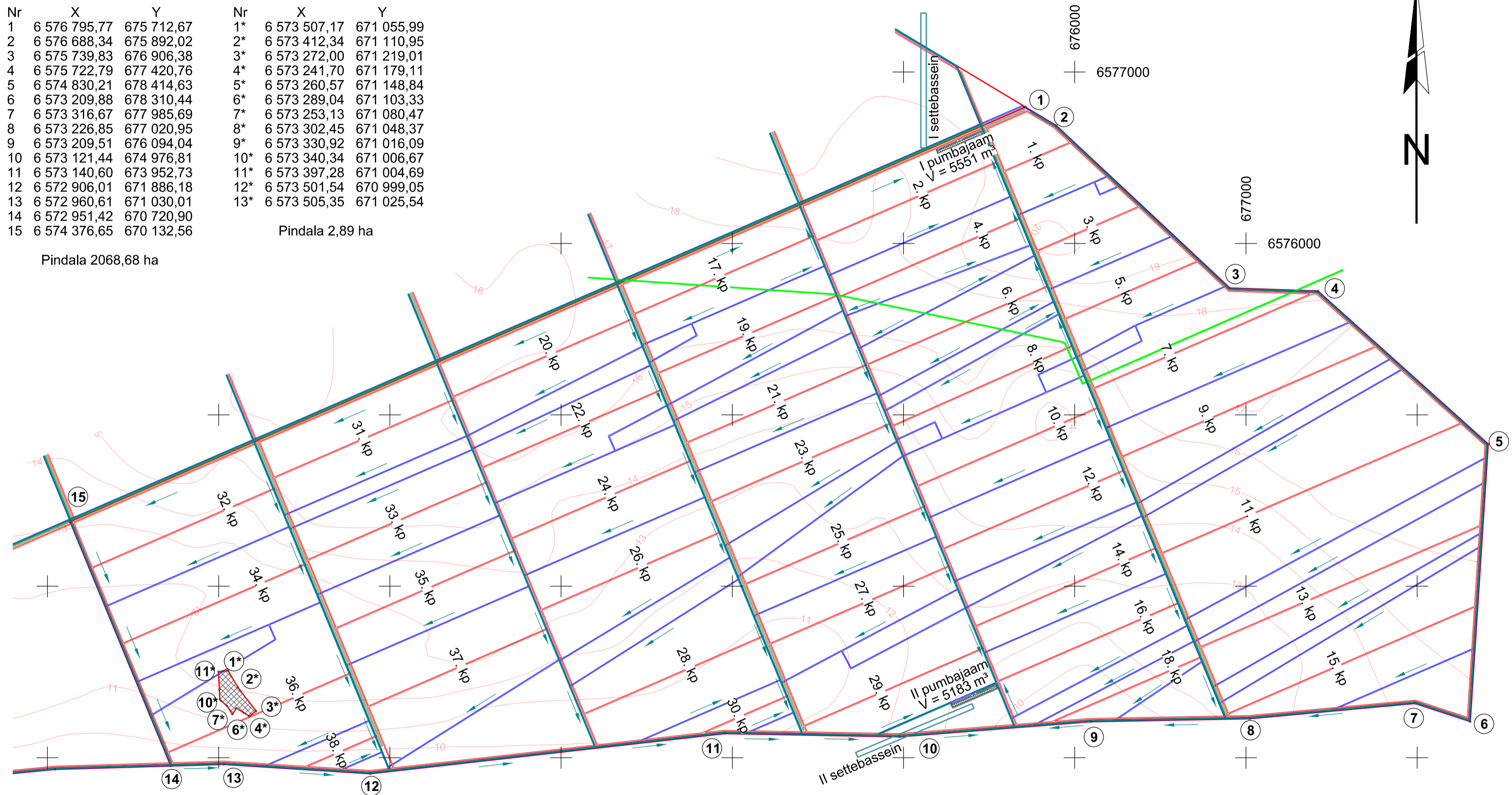
Nr	X	Y
1	6 576 795,77	675 712,67
2	6 576 688,34	675 892,02
3	6 575 739,83	676 906,38
4	6 575 722,79	677 420,76
5	6 574 830,21	678 414,63
6	6 573 209,88	678 310,44
7	6 573 316,67	677 985,69
8	6 573 226,85	677 020,95
9	6 573 209,51	676 094,04
10	6 573 121,44	674 976,81
11	6 573 140,60	673 952,73
12	6 572 906,01	671 886,18
13	6 572 960,61	671 030,01
14	6 572 951,42	670 720,90
15	6 574 376,65	670 132,56










Pindala 2068,68 ha

Plokk 5 pT koordinaadid


Nr	X	Y
1*	6 573 507,17	671 055,99
2*	6 573 412,34	671 110,95
3*	6 573 272,00	671 219,01
4*	6 573 241,70	671 179,11
5*	6 573 260,57	671 148,84
6*	6 573 289,04	671 103,33
7*	6 573 253,13	671 080,47
8*	6 573 302,45	671 048,37
9*	6 573 330,92	671 016,09
10*	6 573 340,34	671 006,67
11*	6 573 397,28	671 004,69
12*	6 573 501,54	670 999,05
13*	6 573 505,35	671 025,54

Pindala 2,89 ha

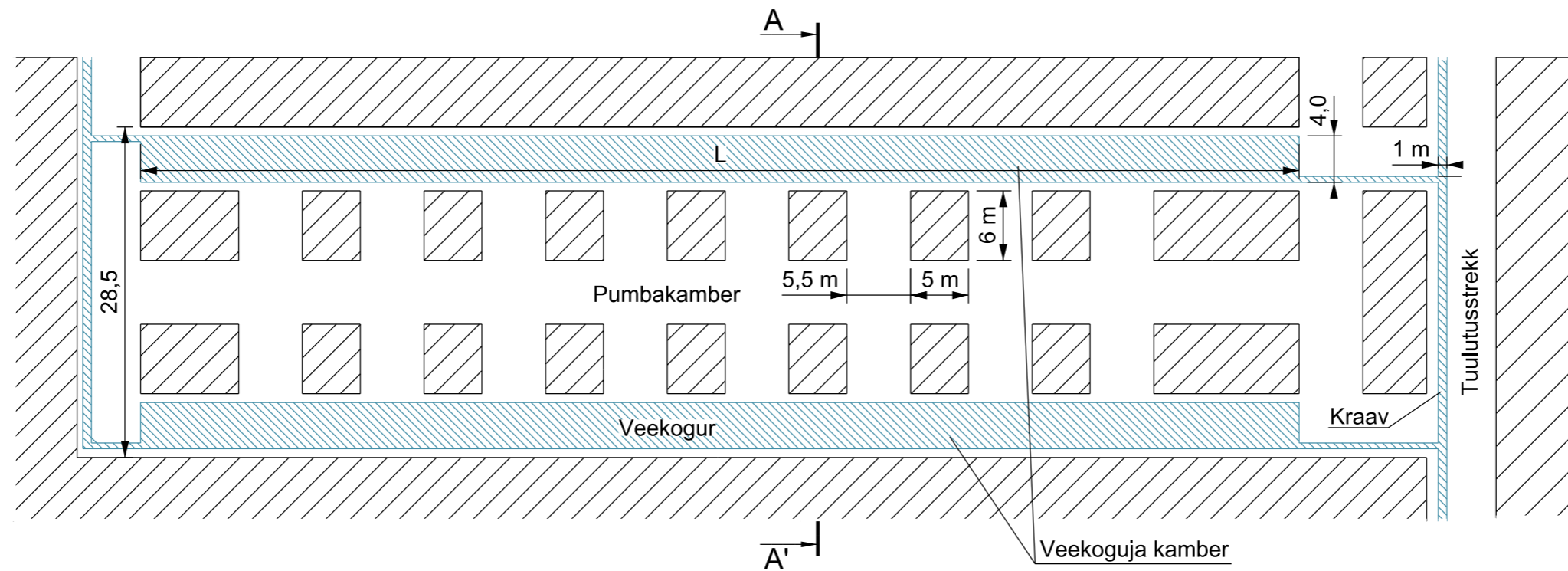


-  Mäeeraldise piir, piiripunkt ja piiripunkti number
-  Transpordikaevetõõned
-  Tuulutuskäevetõõned
-  Konveierikäevetõõned
-  Hoide - või tõkketervik
-  Lamami samakõrgusjoon, m
-  Vee voolamise suund
-  Vee kogunemisala piir
-  Kraav

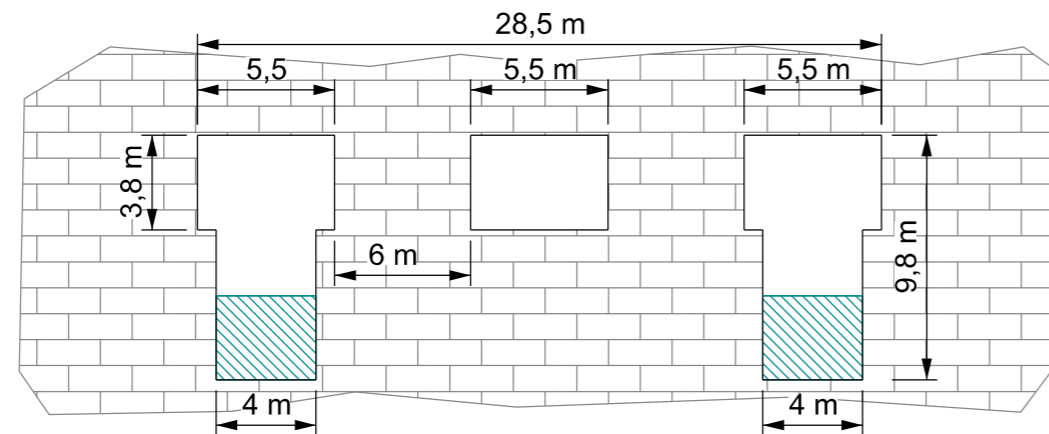
Märkused:  
 1. Koordinaadid L-Est 97 süsteemis.  
 3. Kasutatud tarkvara: Bentley PowerCivil for Baltics V8i (litsents: 70000661800020).

Magistritöö teema	Joonise sisu	Graafiline lisa 11
Uus-Kiviõli II põlevkivikaevanduse eelprojekt	Veekõrvalduse skeem Variant 2	Mõõtkava 1 : 20 000
 <b>Tallinna Tehnikaülikool Geoloogia Instituut</b> Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn	Üliõpilane	Kristel Veersalu
	Juhendaja	Tauno Tammeoja Tõnu Tomberg
		Matrikli nr 176799YAEM
		Kuupäev 24.05.2019





Läbilõige A - A'




Tervik

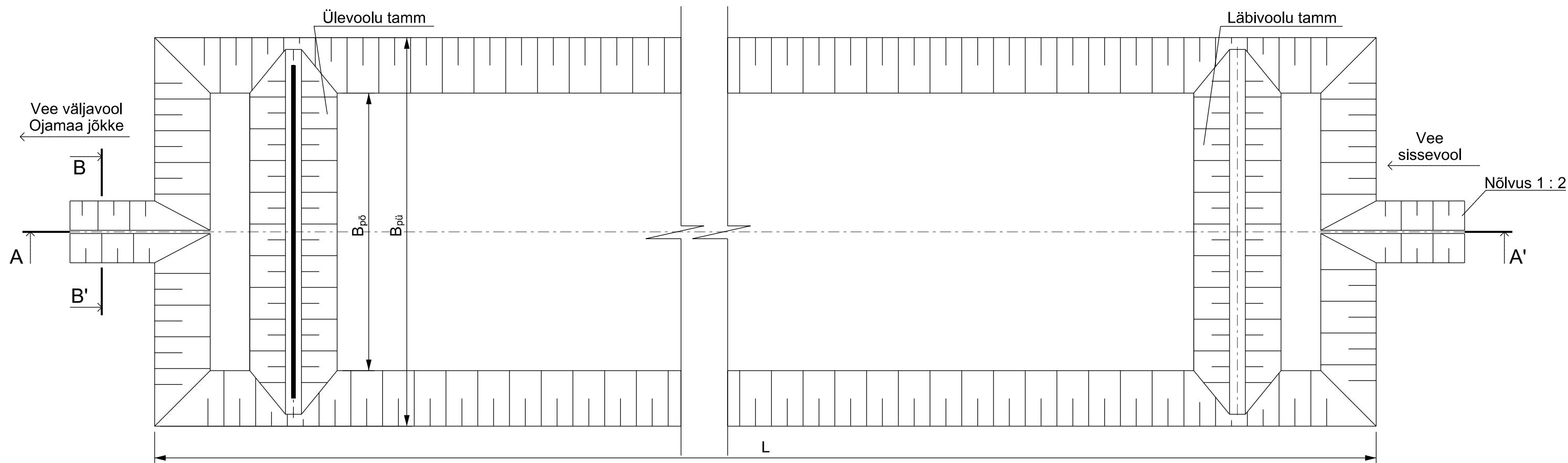


Veekõrvaldussüsteem

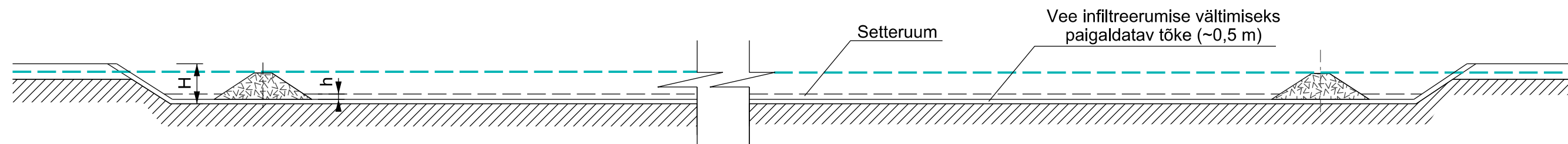
Märkused:

1. Kasutatud tarkvara: Bentley PowerCivil for Baltics V8i (litsents: 70000661800020).

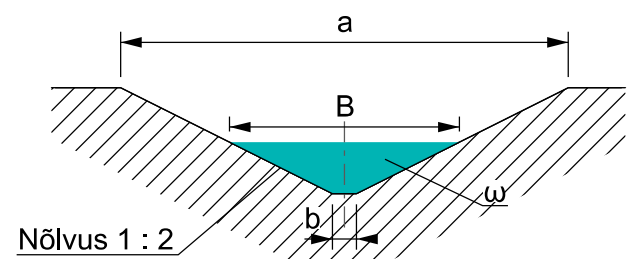
Magistritöö teema	Joonise sisu	Graafiline lisa 12
Uus-Kiviõli II põlevkivikaevanduse eelprojekt	Pumbajaama plaan	
 <b>Tallinna Tehnikaülikool Geoloogia Instituut</b> Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn	Üliõpilane	Kristel Veersalu
	Juhendaja	Tauno Tammeoja Tõnu Tomberg
		Matrikli nr 176799YAEM
		Kuupäev 24.05.2019



Läbilõige A - A'



Läbilõige B - B'

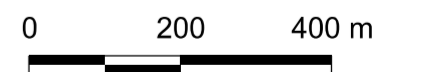
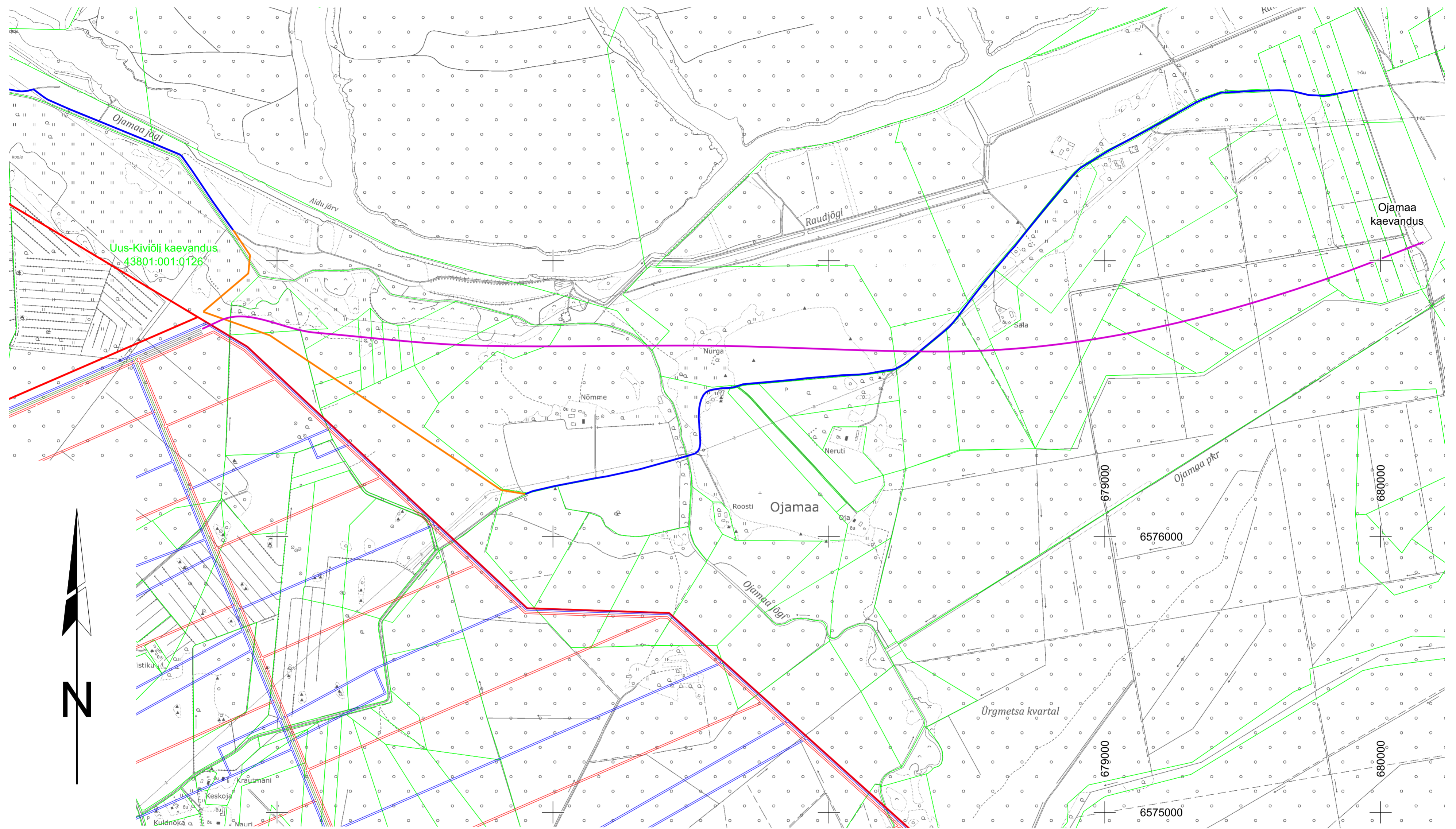











--- Veetase

Märkused:

- Joonise koostamiseks on kasutatud:
  - Ojamaa põlevkivikaevanduse veekõrvaldussüsteemi maapealse osa projekti (OÜ Inseneribüroo STEIGER, 2008, V. Köpp, E. Niitlaan)
- Kasutatud tarkvara: Bentley PowerCivil for Baltics V8i (litsents: 70000661800020).

Magistritöö teema	Joonise sisu	Graafiline lisa 13
Uus-Kiviõli II põlevkivikaevanduse eelprojekt	Settetiigi tehnoloogiline joonis	
 <b>Tallinna Tehnikaülikool Geoloogia Instituut</b> Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn	Üliõpilane	Kristel Veersalu
	Juhendaja	Tauno Tammeoja Tõnu Tomberg
		Matrikli nr 176799YAEM
		Kuupäev 24.05.2019



- |   |   |   |                                     |
|---|---|---|-------------------------------------|
|  | Mäeeraldise piir  |  | Transpordikaevetõõned               |
|  | Konveieri trass (pikkus ~4500 m)  |  | Tuulutuskaevetõõned                 |
|  | Rajatav tee (pikkus ~1750 m)  |  | Konveierikaevetõõned                |
|  | Olemasolev tee  |  | Kaldsäht                            |
|   |  |   | Katastriüksuse nimi, piir ja tunnus |

Märkused:

- Joonise koostamiseks on kasutatud:
  - Maa-ameti põhikaarti (seisuga 23.03.2019);
  - Maa-ameti katastriüksuste piirandmeid (seisuga 29.03.2019).
- Kasutatud tarkvara: Bentley PowerCivil for Baltics V8i (litsents: 70000661800020).

Magistritöö teema		Joonise sisu	Graafiline lisa 14
Uus-Kiviõli II põlevkivikaevanduse eelprojekt		Konveieri trassi ja rajatavate teede plaan	Mõõtkaava 1 : 10 000
 <b>Tallinna Tehnikaülikool Geoloogia Instituut</b> Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn	Üliõpilane	Kristel Veersalu	Matriikli nr 176799YAEM
	Juhendaja	Tauno Tammeoja Tõnu Tomberg	Kuupäev 24.05.2019