



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Virumaa kolledž

Kaevandusvete ärajuhtimise kontroll hüdroteoloogilise uuringu abil

Mine water drainage control by using hydrogeological investigation

Masinaehitus- ja energiatehnoloogia protsesside juhtimine ÕPPEKAVA
LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Sergey Pivovarov

Üliõpilaskood: 182680EDJR

Juhendaja: Tatjana Baraškova,
vanemlektor

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

1. "...." 20.....

2. Autor: Sergey Pivovarov

3. (kuupäev)(allkiri)

4. Töö vastab rakenduskõrgharidusõppe lõputööle/magistritööle esitatud nõuetele "...." 20.....

5. Juhendaja: Tatjana Baraškova

6. / allkiri /

7. Kaitsmisele

lubatud

"...." 20.....

8. Kaitsmiskomisjoni esimees

9. / nimi ja allkiri /

LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS JA REPRODUTSEERIMISEKS

Mina Sergey Pivovarov (sünnikuupäev: 14.11.1977)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Kaevandusvete ärajuhtimise kontrolli hüdrogeoloogilise uuringu abil, mille juhendaja on Tatjana Baraškova,

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

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

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

TalTech Inseneriteaduskond Virumaa kolledž

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Sergey Pivovarov, 182680

Õppekava, peeriala: EDJR16/17 - Masinaehitus- ja energiatehnoloogia protsesside juhtimine, peeriala: mäendus

Juhendaja(d): vanemlektor, Tatjana Baraškova, tatjana.baraskova@taltech.ee

Konsultant: Vladimir Mazin, peatehnoloog

VKG Kaevandused OÜ, +372 3342744 , vladimir.mazin@vkg.ee

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Kaevandusvete ärajuhtimise kontroll hüdrokeoloogilise uuringu abil

(inglise keeles) Mine water drainage control by using hydrogeological investigation

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Kaevandusvete mahude uuring
2. Kaevandusvee arvutusmodeli koostamine

Lõputöö etapid ja ajakava:

| Nr | Ülesande kirjeldus | Tähtaeg |
|----|---|------------|
| 1. | Kaevandusvete ärajuhtimise skeem. Seadmete tehnilisi andmete kogumine | 28.02.2022 |
| 2. | Drenaaži meetodid. Kaevandusvee arvutusmodel | 31.03.2022 |
| 3. | Kaevandusvete ärajuhtimise uuring | 05.05.2022 |
| 4. | Diplomitöö vormistamine | 05.06.2022 |

Töö keel: eesti

Lõputöö esitamise tähtaeg:

“05”06 2022a

Üliõpilane: Sergey Pivovarov

/allkiri/

“.....”..... 20.....a

Juhendaja: Tatjana Baraškova

/allkiri/

“.....”..... 20.....a

Konsultant: Vladimir Mazin

/allkiri/

“.....”..... 20.....a

Programmijuh: Veronika Širokova
/allkiri/

“.....”..... 20.....a

SISSEKORD

| | |
|---|----|
| LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU | 8 |
| SISSEJUHATUS..... | 9 |
| 1.UUS-KIVIÕLI MÄEERALDISE ASUKOHT | 11 |
| 2. MÄEERALDISE GEOLOOGILINE JA HÜDROGEOLOOGILINE ISELOOMUSTUS | 13 |
| 2.1 Hüdrogeoloogia (Kaevandusvete mahude uuring) | 16 |
| 3. VEEKÕRVALDUS | 21 |
| 3.1 Veekõrvalduse tehnoloogia..... | 21 |
| 3.3 Oodatav sissevool projekteeritavatesse kaeveõõntesse | 25 |
| 3.3 UUS-KIVIÕLI kaevanduse veekõrvalduse arvutus | 27 |
| 4.PUMBAJAAM..... | 29 |
| 4.1 Kaevandusvee arvutusmudeli koostamine | 29 |
| 4.2.1 Veekõrvalduspumbajaam nr 1. Üldine informatsioon | 32 |
| 4.2.2. Veekogurite parameetrite määramine | 32 |
| 4.2.3 Pumpade jõudluse ja arvu määramine | 34 |
| 4.2.6. Peamise pumbaseadme valimine..... | 38 |
| 4.2.7. Peamaandurid..... | 40 |
| 4.3. Veekõrvalduspumbajaam nr 2. Üldandmed..... | 40 |
| 4.3.1. Veekogurite parameetrite määramine | 41 |
| 4.3.2. Pumpade jõudluse ja arvu määramine | 42 |
| 4.3.3. Survetorustiku hüdrauliline arvutus | 43 |
| 4.3.4. Survetorustiku parameetrite määramine | 45 |
| 4.3.5. Peamise pumbaseadme valimine..... | 45 |
| 4.3.6. Peamaandurid..... | 46 |
| KOKKUVÕTE..... | 48 |
| SUMMARY | 49 |
| KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU | 50 |
| Lisa 1 Statistika Ojamaa kaevandus..... | 51 |
| Lisa 2 Pumpade andmed | 55 |

EESSÕNA

Lõputöö teema „Kaevandusvete ärajuhtimise kontroll hüdrogeoloogilise uuringu abil“ valisime koos ettevõttepoolse praktikajuhi ja retsensendi Vladimir Mazini ja lõputöö juhendaja Tatjana Baraškovaga. Tingimused veekõrvalduse arvutamiseks esitas Vladimir Mazin. Info kaevanduse kohta ja valemid arvutuste jaoks võtsin mulle kättesaadavaks tehtud Ojamaa kaevanduse dokumentidest. Minu töö võib saada aluseks pumbajaamade rajamisel Uus-Kiviõli kaevanduses. Tahan tänada kõiki kolledži õppejõude omandatud teadmiste eest. Eriline tänu Tatjana Baraškovale ja Vladimir Mazinile abi eest lõputöö kirjutamisel.

Märksõnad: kaevandus, veekõrvaldus, vee sissevool, pumbajaam, Uus-Kiviõli, lõputöö.

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

Q_p – ööpäevane kaevandusvee sissevool

Q_n – pumba jõudlus

$Q_{v.s}$ – pumbajaama arvutuslik jõudlus

n – tööpumpade arv

L – veekoguri, kraavide pikkus

K – filtreerimiskoeffitsient

H – (vee)taseme langus

R – depressiooni raadius kaevandusvälja keskpunktist

r – „suure kaevu“ raadius

α – kaeveõõnte pikkus

H – põhjaveekihi paksus

B – depressiooni raadius

h – veekoguri, kraavi kõrgus

b – veekoguri, kraavi laius

$Q_{min.}$ – orienteeruv vee sissevool

$Q_{max.}$ – maksimaalne ekstremaalne vee sissevool

Q – vee sissevool kaeveõõntesse

F – kaevandatud ala pindala

O2 – Ordoviitsium

O2uh – Uhaku lade

O2id – Idavere lade

O2jh – Jõhvi lade

O2kl – Keila lade

O2on – Oandu lade

O2rk – Rakvere lade

Vk. – vaatluskaevudes

SISSEJUHATUS

Eesti on suur tootja rahvusvahelisel vedelkütuse turul. Plaanis on laiendada põlevkiviõli tootvate tehaste võrku, rakendades tõhusaid ja modernseid tehnoloogiaid põlevkivi töötlemiseks ning uuenduslikke lahendusi keskkonnareostuse vähendamiseks. UUS-KIVIÕLI kaevandus kuulub VKG kontserni kuuluvale VKG Kaevandused OÜ-le ning hakkab kaevandama põlevkivi Ida-Virumaa keskosas. Kaevandusest kaevandatud põlevkivi on väärtuslik energia- ja tooraineallikas piirkonna keemiatööstuse jaoks. Põlevkivitarne stabiilsuse tagamiseks, tootmisohutuse parandamiseks ja kulude minimeerimiseks kaevanduses viidi läbi riskianalüüs. Analüüsi käigus selgus, et kaevanduste üleujutus on ettevõtte jaoks üks suurimaid riske. Üleujutus kujutab endast ohtu inimeste elule ja tervisele, ohtu tööstusseadmetele ning võib seada ohtu põlevkivi kui maavara kaevandamise võimalikkuse.

Diplomitöö „Kaevandusvete ärajuhtimise kontroll hüdroteoloogilise uuringu abil“ hõlmab kaevandusvete mahu uurimist Ida-Virumaal põlevkivilade kaevandamise piirkonnas Altaguse ja Lüganase vallas Ida-Virumaal, kuhu rajatakse uus kaevandus nimetusega „Uus-Kiviõli“. Nende uuringute põhjal on vaja valida vee sissevoolu arvestuse meetod, tuginedes olemasolevale Eesti põlevkivibasseinis põlevkivi kaevandamise kogemusele.

Antud lõputöö aktuaalsus seisneb selles, et kavandatav kaevandus erineb asukoha poolest juba kavandatud kaevandustest, mis mõjutab kaevandamise ja geoloogilisi karakteristikuid.

Käesoleva lõputöö eesmärk on kaevandusvee mahu analüüsi põhjal arvutada kaevandusse sissevoolava vee hulk mitte ainult kaevanduse töötamise algperioodil, vaid ka kaevanduse pikaajalisel käitamisel. Vee sissevoolu arvutuste põhjal on vaja lahendada probleem, milleks on kaeveõõnte üleujutuste vältimine.

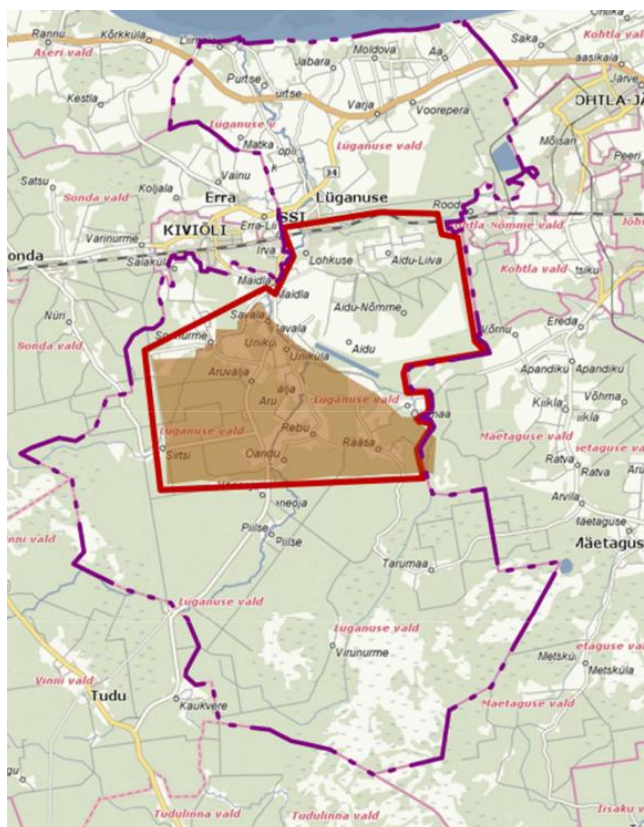
Kaeveõõnte üleujutuse probleemi lahendamiseks on vaja ehitada pumbajaam. Ülesanne pumbajaama ehitamisel:

- 1) Veekoguri mahu arvutus
- 2) Pumbajaama jõudluse arvutus
- 3) Pumpade arvu arvutus
- 4) Survetorustiku hüdrauliline arvutus
- 5) Survetorustiku parameetrite määramine
- 6) Peamise pumbaseadme valimine

Arvutuste põhjal prognoosida ohutuks ja edukaks põlevkivi kaevandamiseks vajalike pumbajaamade arv.

1.UUS-KIVIÕLI MÄEERLISE ASUKOHT

Uus-Kiviõli kaeveväli asub Eesti põlevkivimaardla keskosas. Põhjaosas kulgeb piir mööda endise Kiviõli kaevanduse veega täitunud kaeveõõsi. Lõunas piirneb Oandu, läänes Sonda uuringuväljaga. Ida- ja kirdepiiriks on Purtse mattunud ürgorg. Mäeeraldise üldpindala on 6 206,62 hektarit.[1]



Joonis 1.1 Uus-Kiviõli mäeeraldise asukoht. Planeeringuala (tähistatud punase joonega) paiknemine Lügánuse vallas. Valla piir on tähistatud lilla katkendjoonega, Uus-Kiviõli mäeeraldis pruuni värviga [2]

Mäeeraldisel on teada kaks looduskaitse üksikobjekti – Rääsa kadakas ja Mehide männid (mõlemal kaitsetsoonid raadiusega 50 m), Oandu parkmets, III kategooria kaitsealuse taimede (sõrmkäpa ja käopõlle) kasvukohad ja mõned lindude vääriselupaigad. Mäeeraldise lõuna- ja idapiiri vahetus läheduses on veel teada kaks lindude vääriselupaika. Sirtsu soo kaitseala lähim piir on 1,3 km kaugusel läänes.

Uus-Kiviõli mäeeraldisele jääb kuus muinsuskaitsealust objekti, sealhulgas kolm kalmistut, kaks kultusekivi ning asula- ja rauasulatuskoht.

Selle tulemusena võib öelda kokkuvõtlikult, et mäeeraldisele jääb:

- Halvas kuni heas seisundis liigirikkad niidud ja lammniidud;
- Heas kuni keskmises seisundis siirdesoo- ja rabametsad. Vanad loodusmetsad;
- Loodus- ja linnualad.

Mäeeraldise vahetusse lähedusse jäävad mitmed metsise elupaigad ja looduskaitseala. Teenindusmaal asuvad maaparandussüsteem nr 1106870010020 ja selle eesvoolud nr 1106870010010E ja 1106870010020E, Ojamaa jõgi ja selle kalda piiranguvöönd ning veekaitsevöönd, 110 kV elektriliin nr 08, SAVALA – ARVILA riigimaantee nr 13129 kaitsevöönd ja geodeetiline märk nr 65573. Vastavalt kaevandamise loa eritingimusele nr 9.1.8 tuleb maavara kaevandamisega tagada maaparandussüsteemi toimimine.

2. MÄEERALDISE GEOLOOGILINE JA HÜDROGEOLOOGILINE ISELOOMUSTUS

| Stratigraafiline skeem | | | | Kaardistatavad kivimkehad | | |
|------------------------|---|-----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|--|---------------------|
| Ladestik | Lade | Kihistu | Kihistik | | | |
| Kesk-Ordoviitsium | Uhaku | Kõrgekalda (O ₂ kr) | Erra | O ₂ kr | | |
| | | | Pärtloru | | | |
| | | | Koljala | | | |
| | Lasnamäe | Vao (O ₂ vā) | Kostivere | O ₂ vā | | |
| | | | Pae | | | |
| | Aseri | Kandle (O ₂ kr) | Rebala | O ₂ kr | | |
| | | | Ojaküla | | | |
| | Kunda | Loobu (O ₂ lb) | Malla | O ₁₋₂ lb-kr | | O ₂ kr |
| | | | Napa | | | |
| | | | Ubari | | | |
| | | | Valgejõe | | | |
| | | | Nõmmeveski | | | |
| | | | Utria | | | |
| | Volhovi | Sillaoru (O ₂ sl) | Osmussaare | O ₁₋₂ sl-lb | | O ₁₋₂ sl |
| | | | Suurupi | | | |
| Voka | | | | | | |
| Alam-Ordoviitsium | Pakerordi | Pada | Ca ₃ ül-O ₁ kl | | | |
| | | Lahepera | | | | |
| | | Kalvi | | | | |
| | | Telinõmme | | | | |
| | | Künnapõhja | | | | |
| | | Saka | | | | |
| Hunnebergi | Leetse (O ₁ lt) | Päite | O ₁ tr-lt | | | |
| | | Mäeküla | | | | |
| Varangu | Varangu(O ₁ vr) | Joa | O ₁ tr-lt | | | |
| | | Klooga | | | | |
| Pakerordi | Kallavere (Ca ₃ -O ₁ kl) | Turisalu | Ca ₃ ül-O ₁ kl | | | |
| | | Toolse | | | | |
| | | Tabasalu | | | | |
| | | Orasoja | | | | |
| | | Katela | | | | |
| Furong | | Suurjõe | | | | |
| | | Rannu | | | | |
| | | Maardu | | | | |

Joonis 2.1 Alam- ja Kesk-Ordoviitsiumi ladestike Põhja-Eesti struktuur- fatsiaalse võõndi stratigraafiline skeem ja kaardistatavad kivimkehad (Kajak jt, 1992; Raukas & Teedumäe, 1997; alusel). [3]

Uus-Kiviõli mäeeraldisel lasuvad Ordoviitsiumi, Kambriumi ja Hilisproterosoikumi kivimid, mis lasuvad ebatasasel kristalsel aluskorral. Settekivimid on lõunasuunalise kallakusega 11 - 15°. Ordoviitsium(O2) Uus-Kiviõli mäeeraldisel 95% ulatuses lasub keskordoviitsiumi ladestiku settekivimitel. Keskordoviitsiumi ladestik koosneb peamiselt lubjakivist. Dolokivi levik on piiratud. [4]

Uhaku lade (O2uh) on esindatud peenekristalliliste peenedetriidiliste õhukesekihiliste mugulja struktuuriga lubjakividega. Uhaku lademe paksus kõigub 9,75 m kuni 16,38 m, ulatudes keskmiselt 13,9 m. [4]

Põlevkivi tootuskihind lasub põhiliselt Kukruse lademel (O2kk). Kukruse lade koosneb õhukesekristallilistest peenedetriidilisest mugulja struktuuriga lubjakividest, mõnikord ebaühtlaselt kaltsiidistunud faunaga savikast lubjakivist. Kukruse lade väljub settekivimite alla ebaühtlaste laikudena mäeeraldise idaosas (Savala mattunud ürgoru piirkonnas). Lisaks tootuskihindile on Kukruse lademes terve rida rõhtsihis hästi jälgitavaid põlevkivikihte. Nende hulka kuuluvad H ja G kiht ja Idavere kihistik. Kukruse lademe alumine piir ühtib põlevkivikihi põhjaga. Ülemine piir kulgeb mööda püriidistunud katkestuspinda. Kukruse lademe üldpaksus kõigub 12,2 m ... 13,2 m vahel. [4]

Idavere lade (O2id) väljub settekivimite alt mäeeraldise kirde- ja idaosas 0,25 km kuni 1,5 km laiuse ribana ja koosneb lubjakividest, mõnikord kergelt õhukesekihilistest savikatest. Idavere lademe paksus on 4,70 – 5,45 m. Lademe ülemises osas on täheldatud metabentoniidi kihti, mille peal kulgeb piir Jõhvi lademega. [4]

Jõhvi lade (O2jh) väljub settekivimite alt mäeeraldise põhja- ja kirdeosas 0,30...0,35 km laiuse ribana. Lade koosneb savikast õhukesekihilistest lubjakivist. Mööda lademe põhja kulgeb metabentoniit, mis lasub Idavere lademe ülaosas. Jõhvi lademe paksus kõigub 6,80 m...7,40 m. [4]

Keila lade (O2kl) lasub settekivimite all suuremal osal mäeeraldise pindalast, hõlmates kogu kesk- ja lõunaosa. Keila lademe moodustavad savikad peenekristallilised peenedetriidilisest keskmiselt õhukesekihilised lubjakivid. Täheldati fauna jäänuseid. Lademe paksus varieerub 12,05 m...13,10 m. [4]

Oandu lade (O2on) väljub settekivimite alt kitsa 0,17-0,37 km laiuse silmusena välja edelaservas. Lade koosneb rohekashalli värvi savikast lubimerglist rohkete fauna jäänustega. Oandu lademe paksus ulatub 5,2 meetrini. Oandu lademe ülemine piir kulgeb mööda püriidistunud pinna katkestusvööndit. [4]

Ülemordoviitsiumi ladestik (O2) levik on mäeeraldisel piiratud ja on esindatud Rakvere lademe setetega. Rakvere lade (O2rk) väljub settekivimite alla väikesel pindalal. Lade koosneb helehallist peenekristallilisest tihedast dolomiidist. Täheldatakse väikeseid tühikuid, mille pinnal esinevad kvartsiidi kristallid. Alumine ja ülemine piir lähevad mööda püriidistunud pinna katkestusvööndit. Rakvere lademe paksus ulatub 7,1 meetrini. Mäeeraldise kvaternaarse setete paksus kõigub 0,3 m kuni 1,10 m, moodustades keskmiselt 2,5 m. Mattunud ürgoru piirkonnas, mis külgneb mäeeraldise idapiiriga, ulatub kvaternaarse setete paksus 12,7-41,9 m. Settekivimid koosnevad liustikulistest, jääjärvelistest järvesettelistest jõe- ja soosetetest. [4]

Mäeeraldisel kõige enam levinud liustikusetted on esindatud karbonaatse, jämepurdse vähe- ümardunud halli moreeniga. Liustikusetete paksus varieerub 1,10 m ... 10,7 m vahemikus. Järvesetted on samuti küllalt laialdaselt levinud ja lasuvad moreeni peal. Koosnevad aleuriitsetest liivadest, harvem kollakashallidest hästi sorteerunud peenekristallilistest liivadest. Järvesetete paksus kõigub 0,5 m kuni 4,1 m, keskmiselt on 2-3 m. [4]

Nüüdisaegsed kvaternaarsed setted on esindatud jõe- ja soosetetega. Jõesed hõlmavad väheosa pindalast ja levivad Purtse jõe orus. Esindatud on need nähtava sängina, mis koosneb keskmiseteralistest liivadest. Jõesed paksus on 0,5-2,0 m. Soosetted lasuvad järvesetetel, vahel moreenil või otse aluspõhjakiivimitel ja on esindatud sfagnumiturbaga. Turba paksus on 1,2 ... 3,2 m. [4]

Tektooniliselt on Uus-Kiviõli mäeeraldisel suhteliselt rahulik, settekivimite kiht on lõunasuunalise langusega. Kivimite üldist lasumist raskendavad mõnevõrra üksikud lauged kuplikujulised kurrutused. [4]

Välja põhjaosas võib täheldada suhteliselt järsku kivimite tõusu võrreldes üldise languse nurgaga tervikuna. Tõenäoliselt on see väikese kuplikujulise kurrutuse lõunatiib. Samasugust kurrutust, ainult veidi laugemat, võib täheldada välja edelaosas. Nendes kohtades, kus on täheldatud kurrutused, aluspõhjakiivimid ei muutu ja on esindatud tavaliste lubjakividega. Lisaks eelkirjeldatud tõusudele on kaevevälja piires väikesed lauged kuplikujulised kurrud tiibade laiusega 10-20 m. Tiibade kaldenurk on 2...3°. [4]

Mäeeraldisel põhjaosa läbib terve rida lähestikku paiknevaid I ja II klassi anomaaliaid, mis moodustavad koos suhteliselt väikese paksusega ala (kuni 600-800 m). Puurimise andmetel täheldatakse ühes anomaalias kivimite peenendamise ja karstumise ilminguid. Põhjaosas täheldatakse selle piirkonna jätkumist kaevandatud Aidu karjääri alal. [4]

Mäeeraldisel lõunaosa on märksa enam haaratud geofüüsikalistest anomaaliatest. Seda võib vaadelda ühtse laia alana (umbes 4 km) küllalt intensiivsete tektooniliste ja süvakarstidega piirkonnana. Seda kinnitavad rohkearvulised uuringu- ja kontrollpuuraugud. See piirkond levib edasi kirdesuunas ja leidis kinnitust Somp ja Tammiku kaevanduse mäetööde käigus. Edelaosas on see piirkond jälgitav Oandu ja Sonda väljade uuringute aruannetes. [4]

Kaevanduse alal eristuvad selgelt kaks tektooniliste lõhede süsteemi: loode- ja kirdesuunalised. Suurema levikuga on loodesuunalised lõhed (valdavalt asimuudiga 320-330°). Kirdesuunalised lõhed on põhiliselt vertikaalsed ja väga järsu langusega 85-90°.

enamasti suletud, kuid esineb ka avatud lõhesid. Need asetsevad gruppides 50-150 m järel ja moodustades lõhelisi piirkondi. Lõhede pikkus varieerub 10 kuni 500-600 m. [4]

Kirdesuunalised lõhed on väikese levikuga (valdavalt asimuudiga 60-70°). Lõhed on enamasti suletud, avatud lõhed on täitunud liiva-savise materjaliga. Üksikud kirde- ja loodesuunalised lõhed ei avalda põlvkivikihtidele olulist mõju ja kaevandamisele erilist ohtu ei kujuta. Kuid alad, kus on levib lähestikku paiknevate paralleelsete või ristuvate lõhede võõnd, kujutavad endast nõrgenenud piirkondi. Nendel aladel suureneb järsult laekivimite allakukkumise oht. [4]

Mäeeraldise ida külge piirab Savala ürgorg, mis on ligikaudu 40 ... 45 m sügav. Geoloogilised läbilõigetest orust on näha, et orus levivad halvasti vettjuhtivad moreenid (liivsavi, saviliiv, savi), millede paksus ulatub 3,5- 19,0 meetrini. Moreeni all levivad peen- ja keskteralised liivad, maksimaalselt 11,5 m paksuse kihina. Põlvkivikiht avaneb Savala mattunud orgu, lasudes ~16 m sügavusel maapinnast. Ürgorus põlvkivikiht on kulutatud. [4]

2.1 Hüdroteoloogia (Kaevandusvete mahude uuring)

Uus-Kiviõli mäeeraldisel on praeguse stratifikatsiooni järgi levinud järgmised veekompleksid ja veekihtid:

1. kvaternaari veekompleks;
2. ordoviitsiumi veekompleks:
 - Nabala-Rakvere veekiht;
 - Keila-Kukruse veekiht;
 - Lasnamäe-Kunda veekiht;
3. ordoviitsiumi-kambriumi veekompleks;
4. kambriumi-vendi veekompleks:
 - Voronka veekiht;
 - Gdovi veekiht.

Kaeveõõntest väljapumbatav ja ärajuhitud vesi koosneb peamiselt kvaternaari ja ordoviitsiumi veekompleksi veest (Nabala-Rakvere, Keila-Kukruse veekiht ja samuti Lasnamäe-Kunda veekiht). Järgnevalt on toodud nende veekihtide põhjalikum iseloomustus. Kvaternaari veekompleks on esindatud soosetete, jääjärvesetete põhjavee,

jõesetete ja mattunud orgude setete vee, sporaadiliselt veevaeses moreenis lahustunud saviliiva- ja kruusaläätsede ning vahekihtide veega. [5,6]

Soosetete vesi on alal laia levikuga. Suurtes rabades on turbakihi paksus keskmiselt 3,0 m, väikestes rabades 2,0–2,5 m. Turba all lasub jääjärvelise ja järvelise päritoluga liivsavi, savi ja peeneteraline liiv. Pinnaseveetase langeb kevadel kokku maapinnaga, kuival aastaajal alaneb 0,5–1,0 m võrra. Filtratsioonikoefitsient on kuni 1 m/24h. Vesi on ülimage, väga pehme, suure orgaanilise aine sisaldusega ja joogiks kõlbmatu. 2014 viidi Uus-Kiviõli mäeeraldisel ja selle vahetus läheduses läbi ulatuslikud hüdrogeoloogilised uuringud, mille tulemusena võib väita, et veetaseme alandus Keila-Kukruse veekihi võib mõjutada lodustuvate metsade veerežiimi ning Rohukabja sood, samas Oandu soole olulist mõju ei ole oodata. Mäeeraldisest lõunas olevas Kaasiksoos levib mitmeid geoloogilisi setteid, mille filtratsiooniomadused on väga väikesed ning mis moodustavad veepideme, siis Ordoviitsiumi veekompleksi veerežiim ei mõjuta ka Kaasiksoo veerežiimi. [5,6]

Jääjärveliste setete vesi esineb keskmise-, peene- ja pisiteralistes liivades, paksusega 0,5–4,0 m. Veetase on 0,5–2,0 m maapinnast. Kaevude erideebit on mõni sajandik l/s·m, mis on suhteliselt väike veerikkus. [5,6]

Savala mattunud ürgoru maksimaalne sügavus 40-45 m. Ürgorg on täitunud liivasavi, saviliiva ja savi setetega. Levib ka peen- ja keskterise liiva lääts. Ürgorg moodustab loodusliku veetõkke Aidu karjääri ja Uus-Kiviõli kaevanduse vahel. [5,6]

Kolme kontrollitud puurkaevu erideebit oli 0,25–0,5 l/s·m, veejuhtivus 30–70 m²/24h. Maksimaalne filtratsioonikoefitsient on 3,60 m/24h. Veetase lasub 2–3 m sügavusel maapinnast ehk 34,7 ... 42 m absoluutkõrgust, kusjuures alanemine toimub põhja suunas. Orgude vee ja põhjavee vastastikuseid suhteid, samuti selle vee kasutamise võimalusi veevarustuses ei ole põhjalikult uuritud. [5,6]

Saviliiva- ja kruusaläätsede ning vahekihtide vesi, mis on sporaadiliselt levinud veevaeses moreenis. Moreeni vettandev osa ei ole tavaliselt paks – kuni 3 m. Moreen lasub kvaternaarisetete aluspinnases aluspõhjakiivimite peal ning litoloogiliselt koosneb jäme- ja väheümardunud karbonaatomoreenist. Veetase lasub kuni 1,5 m sügavusel maapinnast (44,84 m absoluutkõrgust), kaevude deebit on 0,016 l/s, veetaseme alandusel 0,53 m, filtratsioonikoefitsient 0,2–4,0 m/24h. [5,6]

Kõik kvaternaarisetted akumulatsioonivad sademevett ning avaldavad alumiste veekihtide toitumisele reguleerivat mõju. Ordoviitsiumi veekompleks on jaotatud rohkem või vähem vettapidavate kivimitega mitmeks veekihtiks: [5,6]

1. Nabala-Rakvere veekiht on levinud hinnatava ala äärmises edelaosas. Veekiht on esindatud kuni 7 m paksuste Rakvere lademe lubjakividega. Ülemine veepide puudub, lamamis koosneb veepide savikatest lubjakividest ja õhukeste Oandu lademe savidega merglist ja Keila lademe ülemisest osast. Veekiht voolab välja kohaliku hüdrolaagriavõrku. Loodusliku pinnasevee veetaseme muutumise amplituud aastas ei ületa 2 m, pikaajaline keskmine – 3 m. Filtratsioonitegur on keskmiselt 2-7 m/24h, puuraugu erideebit 0,2-1,1 l/s·m. Hüdrokeemiliselt on vesi hüdrokeemiliselt magneesiumi- kaltsiumi tüüpi vähese mineraalsusega (0,3-0,5 g/l), karedusega 2,5-3 mmol/l. [5,6]

2. Keila-Kukruse veekiht hõlmab Kukruse, Idavere, Jõhvi ja Keila lademe ülemise osa kivimeid ja levib kõikjal, välja arvatud Savala ürgoru keskosas. Vettandvateks kivimiteks on savikad lõhelised lubjakivid, mis on kohati dolomiidistunud, lamamiseks on põlevkivi tootuskiht. Veekihi paksus kõigub 18 m kuni 30 m vahemikus. Keila-Kukruse veekihiil on vettpidav lamam välja edelaosas, kus ta kattub Oandu-Keila veepidemega. Ülejäänud alal avanuvad kivimid settekivimite all. Veepidemeks on tugevalt savikad lubjakivid ja Uhaku lademe merglid, va kitsas riba Savala mattunud ürgoru keskel. [5,6]

Põhjavee tase lasub olenevalt maapinna reljeefist tavaliselt 0,2 ... 5,5 m sügavusel. Veekihi väljavool on Purtse jõe suunas. Veekihi üldine drenimine on põhjasuunas. [5,6]

Veekihi veerohkust on uuritud arvukates uuringupuuraukudes ja kaevudes ja see on küllaldane ja üsna ebaühtlane. Veerohkus sõltub otseselt kivimite lõhelisusest ja peenendamisest. Kaeveõõntega on kindlaks tehtud valdavalt kahesuunalised lõhede vööndid: kirdesuunalised 60-70° ja loodesuunalised 320-330°. Lisaks neile esinevad kihindumise lõhed jm. Kivimite monoliitsust rikuvad lisaks pinna- ja süvakarsti ilmingud. Pinnakarsti ilmingud väljenduvad üksikute lehtritena, süvakarst avatud ja saviga täitunud tühimikes, mis on fikseeritud 10-15 cm läbivajumisega. [5,6]

Kõige veerikkam on veekihi ülaosa. Proovipumpamine näitas, et Keila-Idavere veekihi filtratsioonitegur on kaks korda suurem, kui Keila-Kukruse veekihiil. Puurkaevude deebit jääb 0,5-8,4 l/s·m vahele, erideebit $q = 0,12 - 3,66$ l/s·m, filtratsioonikoefitsient 0,70-143 m/24h. Kõige iseloomulikum erideebit jääb 0,95-2,1 l/s·m vahele, filtratsioonikoefitsient 14-26 m/24h. Uhaku lademe lubjakivide filtratsioonikoefitsient on reeglina <1 m/24h, kusjuures juurdevool on põhiliselt pärit põlevkivi tootsa kihindi alumisest osast. Erandiks on vk. 38, kus põlevkivi lamami kivimite filtratsioonikoefitsient on 52,5 m/24h, aga lasumis 64,5 m/24h, mis näitab kivimite monoliitsust rikuvate protsesside ühtsust. [5,6]

Keila-Kukruse veekihi keskmine kaalutud filtratsioonikoefitsient on 16 m/24h. Peab ära märkima vk. 39-g suurt veerikkust ($k = 143$ m/24h) ja vk. 37-g veevaesust ($k = 0,7$

m/24h). Tihti esineb allikaid, mis toituvad selle veekihi põhjaveest, vooluhulgaga 0,3– 0,6 l/s. Põhiliselt toitub Keila–Kukruse veekiht sademeveest. Toitumisaeg on reeglina kevadel ja sügisel. Kevadel tõuseb veetaseme märtsi II dekaadis ning alaneb aprilli III dekaadis. Sügisene veetaseme tõus sõltub sademetest – oktoobrist kuni novembri lõpuni. Aastane veetaseme muutuste amplituud ulatub 1,0–1,8 m, pikaajaline keskmine kuni 2,7 meetrini. Veekihi põhjavesi voolab välja hüdrograafiavõrku, kuivendussüsteemi ja likvideeritud Kiviõli kaevandusse. [5,6]

Keemiliselt koostiselt on põhjavesi HCO₃-Ca-tüüpi, kuivjäägiga 0,3–0,4 g/l, üldkaredusega 2,5–3 mmol/l. Veekihi põhjavett kasutatakse ulatuslikult veevarustuses. [5,6]

3. Lasnamäe-Kunda veekiht levib keskordoviitsiumi Lasnamäe ja Uhaku lademes ja alamordoviitsiumi Kunda lademes. Vettandvateks kivimiteks on lubjakivi ja dolomiidistunud lubjakivi. Ülemiseks veepidemeks on savikad lubjakivid ja Uhaku lademe mergel paksusega 12-15 m. Paljud andmed kinnitavad Uhaku lademe veepidavust. Kaevanduses veekogumiskraavide läbindamisel kuni 6 m sügavusele ei ole põhjast veesurvet täheldatud. [5,6]

Vettpidavaks lasumiks on Volhovo ja Leetse kihistu savikas glaukoniitlubjakivi ja –liivakivi, samuti Pakerordi lademe diktüoneemakilt üldpaksusega 3 m. Nii alumine kui ka ülemine veepide on suhteline. [5,6]

Keskmine veekihi paksus on 20 m. Veekiht on surveiline, surve tugevus on 30-60 m, surve suureneb lõuna suunas. Piesomeetiline tase langeb vaatluste andmetel põhja suunas Soome lahe poole. [5,6]

Kihi veerohkus on tagasihoidlik. Paksuse järgi kaalutud keskmine filtratsioonitegur on 1,2 m/24h. Puuraukude erideebit muutub suures vahemikus (0,4 l/s·m kuni 0,9 l/s·m vastavalt alanemisel 4,1 m ja 6,0 m), territooriumi lõunaosas esinesid mõõdistamisel praktiliselt kuivad puuraugud. Kihi lõunasuunalisel langusel selle veerohkus väheneb, nagu ka Keila-Kukruse veekihil. [5,6]

Vee keemilist koostist iseloomustab vähene mineraalsus, mis ei ületa enamasti 0,4 g/l, hüdrokeemiliselt tüübilt on enamasti hüdrokearbonaatne, kaltsiumi- magneesiumi ja kloorhüdrokearbonaatne kaltsiumi- magneesiumi-naatriumi tüüpi. Vesi on kerge karedusega (kuni 4,0 mmol/l). Hooajalist vee keemilise koostise muutust ei täheldata. [5,6]

Ordoviitsiumi veekompleksi vesi on kaeveõõntesse juurdevoolava vee peamine allikas ja sama ajal ka põhiline veevarustusallikas. [5,6]

Tabel 2.1 andmed veekiht

| | Nabala-Rakvere veekiht | Keila-Kukruse veekiht | Lasnamäe-Kunda veekiht |
|--------------------------|------------------------|---|------------------------|
| filtratsioonikoefitsient | 2-7 m/24h | 0,7–143 m/24h 52,5 m/24h (põlevkivi) | 1,2 m/ 24h |
| kaevude deebit | 0,2–1,1 l/s·m | 0,5–8,4 l/s·m | 0,4 - 0,9 l/s·m |
| kareduse | 2,5–3 mmol/l | 2,5–3 mmol/l | kuni 4,0 mmol/l |
| mineraalsus | 0,3-0,5 g/l | 0,3–0,4 g/l | 0,4 g/l |



Joonis 2.2 Vee sissevool (Ojamaa kaevandus)

3. VEEKÕRVALDUS

Veekõrvaldus (ingl. k. water pumping, water drainage; sks. k. Wasserhaltung; pr. k. exhaure; hisp. k. desagüe) – kaevandus- ja karjäärivee kõrvaldamine kaeveõhnest. Allveekaevandamisel eristatakse peamist veekõrvaldust, mis on mõeldud kaevanduse üldise vee sissevoolu väljapumpamiseks, ja lokaalset veekõrvaldust – vee ümberpumpamiseks kaevanduse üksikutelt aladelt peamise veekõrvalduse veekoguritesse (harvemini otse maapinnale). Harvadel juhtudel kasutatakse keskset veekõrvaldust, kui mitmel kaevandusel on ühine veekõrvaldussüsteem, ja regionaalset, mis tagab kogu piirkonna veekõrvalduse.[7]

Käesolevas lõputöös projekteeritakse Uus-Kiviõli kaevanduse peamine veekõrvaldus.



Joonis 3.1 lokaalne veekõrvaldus (Ojamaa kaevanduse kamberploki nr 22 külgstrekk)

3.1 Veekõrvalduse tehnoloogia

Veekõrvaldus jaguneb pinnale vee väljapumpamise skeemi põhjal otsejooneliseks, kui vesi pumbatakse peamisest veekogurist kohe pinnale, ja astmeliseks, kui vett pumbatakse alumistest kihtidest läbi šahtide (harvemini puuraukude) kõrgemal olevate kihtide vaheveekoguritesse ja seejärel maapinnale. Kuna Uus-Kiviõli kaevandus ei ole sügav (sügavus 33m) ja tuleb veekõrvaldus otsejooneline. [7]

Harvemini kasutatakse teisi veekõrvaldusskeeme, näiteks vee ülekandmisega ülalpool (šahti lähedal) asuvasse pumbakambrisse, vee ülevoolamisega kõrgemal asuvast kihist jm. Kaevanduse veekõrvaldussüsteemi kuuluvad: kaevandusesisese äravoolu reguleerimise seadmed (äravoolurennid, torustikud, ümberpumpamispuhastid), veekogurid, pumbajaamad veekaevude ja veekõrvaldusseadmetega, imi- ja survetorustikuga. Kaevandusesisese vee äravoolu reguleerimise seadmed hõlmavad torustikke ja renne vee suunamiseks piirkondlikesse ja peamistesse veekoguritesse.[7]



Joonis 3.2 Veekõrvalduskraav (Ojamaa kaevandus)

Kaevanduse veekogurid ja pumbakambrid paigutatakse võttes arvesse maavarade alumise osa hüpsomeetriat, kivimite koostist, avamisskeeme ning muid kaevandamis- ja geoloogilisi ning kaevandustehnilisi tingimusi. Pumbakamber veekõrvaldusseadmetega asetatakse veekoguri juurde ja ühendatakse sellega koos kaevandusega. Kui vee sissevool on üle 50 m³/h, koosneb peamine veekõrvaldusseade 3 identsest pumbast (töötav, reserv ja remondis olev), kus iga pump peab tavalise vee sissevoolu välja pumpama 20 tunni jooksul. Iga pumba imitoru lastakse kuni 100 m³/h vee sissevoolu puhul ühte ühisesse veekaevu ja sissevoolu puhul üle 100 m³/h eraldi kaevudesse. Kaevandustes kasutatakse peamise veekõrvalduse jaoks peamiselt horisontaalseid mitmeastmelisi tsentrifugaalseid sektsioonpumpasid, mis lubavad mehaaniliste lisandite sisaldust vees (osakesed kuni 0,1-0,2 mm) kuni 0,1-0,2%. [7]

Pumpade kasutegur muutub 68-78% piires. Happekindlaid pumpasid kasutatakse siis, kui vee pH on alla 5 mg/l või kui see sisaldab vaba väävelhapet üle 100 mg/l ning neid saab ühendada paralleelselt ja järjestikku täite- ja võimenduspumpadega. Kaevandustes kasutatakse lokaalseks veekõrvalduseks lisaks mitmeastmelistele tsentrifugaalpumpadele ka tsentrifugaalseid konsool-, monoblokk- ja abipumpasid (turbopumbad, ühe kruviga elektrikumbad, horisontaalsed üheastmelised tsentrifugaalpumbad, horisontaalsed tsentrifugaalsed konsoolpumbad). Puhastamata kaevandusvete (kuni 20 mm suuruste tahkete lisanditega) väljapumpamiseks, veekogurite puhastamiseks mudast ja lokaalseks veekõrvalduseks kasutatakse mudapumpasid (vertikaal-, suspensioon-, magnetiitmudapumbad jne). Vee transportimiseks pinnale paigaldatakse kaevandusšahti vähemalt kaks survetorude komplekti – üks töö- ja üks reserv; kahe samaaegselt töötava pumba korral paigaldatakse kolm torude komplekti. Iga komplekt arvutatakse tavapärase päevase sissevoolu transportimiseks mitte rohkem kui 20 tunni jooksul; suuremate sissevoolumahtude korral kasutatakse kõiki komplekte.[7]

Veekõrvaldusseadmed varustatakse automatiseerimis-, kontroll- ja kaitseseadmetega. Automatiseerimisseadmed võimaldavad pumpade automaatset täitmist, käivitamist ja seiskamist sõltuvalt veetasemest veekoguris, pumpade järjestikust töötamist, reservpumpade automaatset sisselülitamist veekoguri veetaseme ohtliku tõusu korral ja töötava pumba rikke korral, kaugjuhtimist ja veetaseme signaliseerimist veekoguris. Sõekaevandustes, mis on gaasi ja tolmu tõttu ohtlikud, kasutatakse automatiseerimisseadmeid, mis on valmistatud plahvatus- ja tolmukindlana. Hüdrauliliste näitajate kontrollseadmetena kasutatakse manomeetreid ja kulumõõtureid. Pumpade kaitsmiseks hüdrauliliste löökide eest seiskamisel kasutatakse spetsiaalseid löögisummutajaid. Peamised võimalused veekõrvalduse edasiseks täiustamiseks kaevandustes: veekoguri mahu vähendamine ja konstruktsiooni lihtsustamine või kambriteta veekõrvalduse kasutamine vertikaalsete sukelpumpade ja aeroliftidega; veekõrvaldusvahendite täiustamine saastunud vee väljapumpamiseks pinnale; seadmete transportimise, pumpamisseadmete ja torustike paigalduse, veekogurite puhastamise jne täielik mehhaniseerimine.[7]

Avakaevandamisel koosneb veekõrvaldussüsteem karjäärisesese äravoolu reguleerimise seadmest, veekoguritest, pumbajaamadest veekõrvaldusseadmetega ja survetorustikust. Karjäärisesese äravoolu reguleerimise seadmed hõlmavad ballaste kobedate kivimite deformeerumise vältimiseks põhjavee imbumiskohtades kallakutel, äravoolukraave või

torusid vee kogumiseks kõigil astangutel ja kaevandatud aladel ja vee ärajuhtmiseks lokaalsete ning seejärel peamiste veekogurite juurde.

Olenevalt peamiste veekogurite asukohast jaguneb karjääri veekõrvaldus avatuks, maa-aluseks ja kombineerituks, mis sisaldab avatud ja maa-aluse elemente.[7]

Avatud veekõrvalduse korral paigutatakse veekogurid pumbajaamadega karjääri kõige madalamatesse punktidesse. Peamise veekõrvalduse veekogurid ehitatakse kui vee sissevool on üle 50 m³/h ja need arvestatakse võtma vastu mitte rohkem kui 3-tunnine normaalne vee sissevool. Pumbajaamad ehitatakse veekogurite juurde ja varustatakse veekõrvaldusseadmetega, mille jõudlus peab tagama maksimaalse ööpäevase vee sissevoolu väljapumpamise 20 tunni jooksul; lisaks on ette nähtud reservpumbad. Piirkondades, kus vihmavee sissevool võib mitmekordselt ületada normaalset hulka, teostatakse peamiste veekõrvalduste pumbad ujuvatena.[7]

Avatud veekõrvalduse korral üleujutatud karjäärides kasutatakse peamiselt suure jõudlusega madalsurvepumpasid. Survetorustik rajatakse karjääride mittekaevandatavatesse äärtesse. Talvisel ajal kaitstakse veekõrvaldusseadmed, survetorustik ning äravoolukraavid läbikülmumise eest. Maa-aluse veekõrvalduse korral karjääris pumbatakse vesi ümber või juhitakse spetsiaalsetesse dreanaži-äravoolu kaeveõõntesse (strekkidesse), mis on läbindatud kaldega pumbakambriga veekoguri poole, kust see pumbatakse pumpade abil punnale veekõrvaldusšahtide või puuraukude kaudu pinnapealsetesse veevooludesse või veekogudesse. Seejuures kasutatakse peamiselt samu pumpasid, mida kaevanduse veekõrvalduse korral. Šahtide ja tranšeede läbindamisel kasutatakse abipumpasid (tsentrifugaalsed spiraal-, sektsioon-, konsool-, turbopumbad jne) jõudlusega 5-130 m³/h ja survega 30-100 m.[7]

3.2 Veesoonte soonimine

Põlevkivi kihindi kuivendamiseks ja vee ära juhtimise veesoonte kaudu kasutatakse soonurit Ural-33. Töid tehakse väljamisemasina (soonuri) masinisti järgi.

Enne soonimise algust on vaja kontrollida kaeveõõne toetust, pingutada lödvenenud ankrupoldid, puhastada kaeveõõne lagi, seinad ja põhi, masin üle vaadata ja määrada, paigaldada või vahetada kulunud lõikehambad. [8]

Veesoone soonimisprotsess koosneb järgmistest operatsioonidest:

- vajaliku pikkusega veotrossi mahakerimine ettenihketrumlilt,
- veotrossi kinnitamine tugiposti või metallvaia abil,
- lõikeorgani käivitamine ja baari juhtimine kaeveõõne põhja või vanasse veesoonde,
- baari tööasendi fikseerimine kinnituspoldiga,
- soonimine,
- masina peatamine vähemalt 6 m kaugusel tugipostist (vähemalt 3 m enne metallvaia),
- veotrossi lõdvendamine, tugiposti (vaia) eemaldamine.[8]



Joonis 3.3 Ural-33

3.3 Oodatav sissevool projekteeritavatesse kaeveõõntesse

Kaeveõõne kuivendamine eksploatatsiooniperioodil teostatakse kaevandatava kihi alumise osani ja veekõrvalduskraavidega 2-5 meetrit sellest allapoole. Kuna põhjavee tase asub

samuti 1-3 meetri sügavusel maapinnast, siis on veetaseme languse suurusjärg vördne ülemise kivimikihi paksusega, s.o 33 m.



Joonis 3.4 Üleujutatud kaeveõõs

Arvutame orienteeruva vee sissevoolu projekteeritud kaevandustesse „suure kaevu“ meetodil (Dupuis valem) kaevandamistöõde täieliku käivitamise perioodiks, kui kaevandatud ala on umbes 1000 hektarit. [9]

$$Q_{min} = 1,36 \times K \frac{H^2}{24 \times \lg R - \lg r} \text{ m}^3/\text{h}, \quad (3.1)$$

kus

K – filtreerimiskoeffitsient, 12,8 m/24h;

H – taseme langus, 33 m;

R – depressiooniraadius kaevandusvälja keskpunktist, kasutame 5000 m toimivate šahtide faktiliste andmete järgi, m;

r – „suure kaevu“ raadius, m,

$$r = 0,565\sqrt{F} \quad (3.2)$$

kus

r – „suure kaevu“ raadius, m;

F – väljatud ala pindala, m²,

$$r = 0,565\sqrt{10000000} \approx 1787 \text{ m.}$$

$$Q_{min} = \frac{1,36 \times 12,8 \times 33^2}{24 \times (\lg 5000 - \lg 1787)} \approx 1755 \text{ m}^3/\text{h}$$

Maksimaalse ekstremaalse vee sissevoolu projekteeritavatesse kaeveõntesse võib arvutada toimivate šahtide kogemuse põhjal, võttes vee sissevoolu hooajalise ebaühtluse koefitsiendiks 6: [9]

$$Q_{max} = 1755 \times 6 = 10530 \text{ m}^3/\text{h}$$

Alperioodil, pärast kaevandusvälja avamist peamiste kaldšahtidega, esimese kolme kambriploki peamiste magistraal- ja ettevalmistuskaeveõnte läbindamisel määrame kahepoolse sissevoolu kaeveõntesse Dupuis valemi abil surveta põhjaveekihi tingimuste jaoks: [9]

$$Q = \frac{K \times \alpha \times H^2}{2} \times \left(\frac{1}{B_1} + \frac{1}{B_2} \right), \quad (3.3)$$

где:

K – filtreerimiskoefitsient, 12,8 m/h;

α – kaeveõnte pikkus, 2500 m;

H – põhjaveekihi paksus, 33 m;

B – depressiooni raadius, 2000 m;

$$Q = \frac{12,8 \times 2500 \times 33^2}{2} \times \frac{2}{2000} = 17424 \text{ m}^3/24\text{h} = 726 \text{ m}^3/\text{h}$$

3.3 UUS-KIVIÕLI kaevanduse veekõrvalduse arvutus

Allmaakaeveõnte kuivendamiseks on kavas kasutada tavalist skeemi, mille puhul veekõrvaldus toimub laekivimite loodusliku dreneaži arvel ning pinna- ja põhjavesi koguneb kaeveõntesse. Kaevandusse kogunev vesi kogutakse veesoontesse ja juhitakse edasi veekraavi. Veekraavid rajatakse peatuulutus- ja paneeli tuulutusstrekkidesse. Kraavide kalle rajatakse nii, et vesi koguneb isevoolsena peapumbajaama veekogujasse. Vesi pumbatakse mööda survetorustikku maa peale.

Kõikidel pumpadel on oma veetoru, mis paigaldatakse konveierišahti. Maa peal pumbatakse kaevandusvesi mööda kraavi settebasseini, kus toimub vee puhastamine heljumist. Puhastatud kaevandusvesi looduslikku eesvoolu. Settebasseini arvutust käesolevas projektis ei käsitleta.

Põlevkivi tootuskihindi languse esialgse analüüsi ja Eesti Geoloogiakeskuse hüdrogeoloogilise prognoosi järgi võib kinnitada, et ehitada on vaja vähemalt kaks alalist pumbajaama. Pumbajaam nr 1 on kavas rajada kaldšahtide üleminekukohta peastrekkideks. Teine pumbajaam rajatakse esimesest umbes 3,5 km kaugusele peastrekkide ühinemiskohta 7. paneelstrekiga. Teise pumbajaama rajamisel on

alternatiiviks maa-alune settetiik. Lisaks neile kahele pumbajaamale võib olla vajadus olla rajada ka kolmas settetiik, mäeeraldise lõunatiivas.

4.PUMBAJAAM

Käesolevas projektis on kavas maa-alune pumbajaam rajada kolme omavahel paralleelsete lõõridega ühendatud kambrisse. Keskmise on masinaruumi kamber, äärmised kambrid – kaks eraldi veekogujat. Pumbajaam on ühendatud peastrekkidega kahe ustega suletava lõõri abil.

Hüdrogeoloogilise prognoosi järgi on oodatav juurdevool kolmandal tööaastal 1755 m³/h. Veekogur peab kehtivate normide järgi mahutama vähemalt neljatunnise juurdevoolava vee koguse. Sellest lähtudes peab veekoguja maht olema 10530 m³. Kuna pumbakambri läbindamise ajal ei ole maa all piisavalt vaba ruumi veekogurist väljavõetavate kivimite ladestamiseks ja majanduslikult ei ole otstarbekas neid maa peale vedada, siis on otsustatud esimeste kambrite lõigustamisel läbindada veekoguja ainult osaliselt. Pärast esimeste kambriplokkide läbindamist, kui tekib vaba kaevandatud ala, jätkatakse veekogumiskambrite läbindamist. Nende kambrite täpne asukoht selgub ehitustööde käigus ja käesolevas projektis neid ei käsitleta.

Kahesektsioonilise veekoguja maht kolme esimese tööaasta ettevalmistustööde ajal on 10620 m³. Veekoguja sügavus on 5 m.

4.1 Kaevandusvee arvutusmudeli koostamine

Ojamaa kaevanduses kasutatakse väljapumbatava vee arvestuseks instrumentaalset ja arvutuslikku meetodit.

Instrumentaalne meetod seisneb veemõõturite näitude lugemises arvestusperioodi alguses ja lõpus.

Arvutuslik meetod seisneb selles, et andmed arvutatakse vastavalt pumpade määratud jõudlusele ja nende tööajale arvestusperioodil.

Pumpade jõudlus määratakse nende tehniliste näitajate alusel (kui pump on uus) või mõõteriistade abil, mille alusel koostatakse vastav protokoll.

Tööaega loeb elektriseadmetele paigaldatud kell.

Väljapumbatava vee kogus mäartakse pumba jõudluse ja pumbaseadme arvestusperioodi tööaja korrutisega.[10]

Exceli tarkvaras on koostatud programmid vee sissevoolu arvestuseks. Esimene programm võtab arvesse vee hulka kaevanduse esimeses tööetapis. Teine programm võtab arvesse vee hulka kaevanduse teises tööetapis, kui meil töötab kaks pumbajaama.

Book3 - Excel

File Home Insert Page Layout Formulas Data New Tab Review View ABBYY FineReader 12 Power Pivot Tell me what you want to do... Sign in Share

AD35 =AC35/70

1 luesvi Pumpla vooluvee väljaarutamise tabel nr 1 kaevanduse algsel tööperioodil

| pump | pumbad VIPOM 220056 | | | | pumbad FLYGT 2670.190 HT | | | | | | Reserv | Q, m ³ /h | Reserv | Q, m ³ /h | Töetundi de | Vee sissevoo keskmine | m ³ /h | | | | | |
|------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|-------------|-----------------------|-------------------|------|------|--------|--------|-----|
| | Q, m ³ /h | Q, m ³ /h | Q, m ³ /h | Q, m ³ /h | Q, m ³ /h | Q, m ³ /h | Q, m ³ /h | Q, m ³ /h | Q, m ³ /h | Q, m ³ /h | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 648 | 648 | 648 | 648 | 648 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| 6 | 648 | 648 | 648 | 648 | 648 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| 7 | 648 | 648 | 648 | 648 | 648 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| 8 | 648 | 648 | 648 | 648 | 648 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| 9 | 648 | 648 | 648 | 648 | 648 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| 10 | 648 | 648 | 648 | 648 | 648 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| 11 | 648 | 648 | 648 | 648 | 648 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| 12 | 648 | 648 | 648 | 648 | 648 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| 13 | 648 | 648 | 648 | 648 | 648 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| 14 | 648 | 648 | 648 | 648 | 648 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| 15 | 648 | 648 | 648 | 648 | 648 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| 16 | 648 | 648 | 648 | 648 | 648 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| 17 | 648 | 648 | 648 | 648 | 648 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| 18 | 648 | 648 | 648 | 648 | 648 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| 19 | 0 | 648 | 180 | 648 | 2 | 648 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 365 | 86.4 | 364 | 86.4 | 365 | 86.4 | 365 | 86.4 | 1641 | 243994 | 678 | |
| 20 | 648 | 648 | 648 | 648 | 648 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 0 | 0 | | |
| 21 | 648 | 648 | 648 | 648 | 648 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 0 | 0 | | |
| 22 | 648 | 648 | 648 | 648 | 648 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 0 | 0 | | |
| 23 | 648 | 648 | 648 | 648 | 648 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 0 | 0 | | |
| 24 | 648 | 648 | 648 | 648 | 648 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 0 | 0 | | |
| 25 | 648 | 648 | 648 | 648 | 648 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 0 | 0 | | |
| 26 | 648 | 648 | 648 | 648 | 648 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 0 | 0 | | |
| 27 | 648 | 648 | 648 | 648 | 648 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 0 | 0 | | |
| 28 | 648 | 648 | 648 | 648 | 648 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 0 | 0 | | |
| 29 | 0 | 648 | 38 | 648 | 11 | 648 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 215 | 86.4 | 215 | 86.4 | 233 | 86.4 | 214 | 86.4 | 86.4 | 926 | 107525 | 448 |
| 30 | 5 | 648 | 0 | 648 | 0 | 648 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 28 | 86.4 | 28 | 86.4 | 29 | 86.4 | 29 | 86.4 | 86.4 | 123 | 15682 | 560 |
| 31 | 3 | 648 | 0 | 648 | 0 | 648 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 21 | 86.4 | 21 | 86.4 | 21 | 86.4 | 21 | 86.4 | 86.4 | 87 | 9202 | 438 |
| 32 | 1 | 648 | 0 | 648 | 5 | 648 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 27 | 86.4 | 27 | 86.4 | 27 | 86.4 | 26 | 86.4 | 86.4 | 113 | 13132 | 486 |
| 33 | 0 | 648 | 0 | 648 | 4 | 648 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 22 | 86.4 | 22 | 86.4 | 22 | 86.4 | 23 | 86.4 | 86.4 | 84 | 10388 | 451 |
| 34 | 0 | 648 | 0 | 648 | 0 | 648 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 0 | 0 | 0 |
| 35 | 0 | 648 | 0 | 648 | 0 | 648 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 70 | 86.4 | 70 | 86.4 | 70 | 86.4 | 70 | 86.4 | 86.4 | 290 | 30672 | 438 |
| 36 | 9 | 218 | 0 | 32 | 0 | 0 | 0 | 748 | 0 | 748 | 767 | 748 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 0 | 86.4 | 3274 | 430574 | | |
| 37 | Kokku | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Joonis 4.1 Pumbajaama nr 1 vee sissevoolu arvutustabel kaevanduse algsel tööperioodil

совместная таблица - Excel

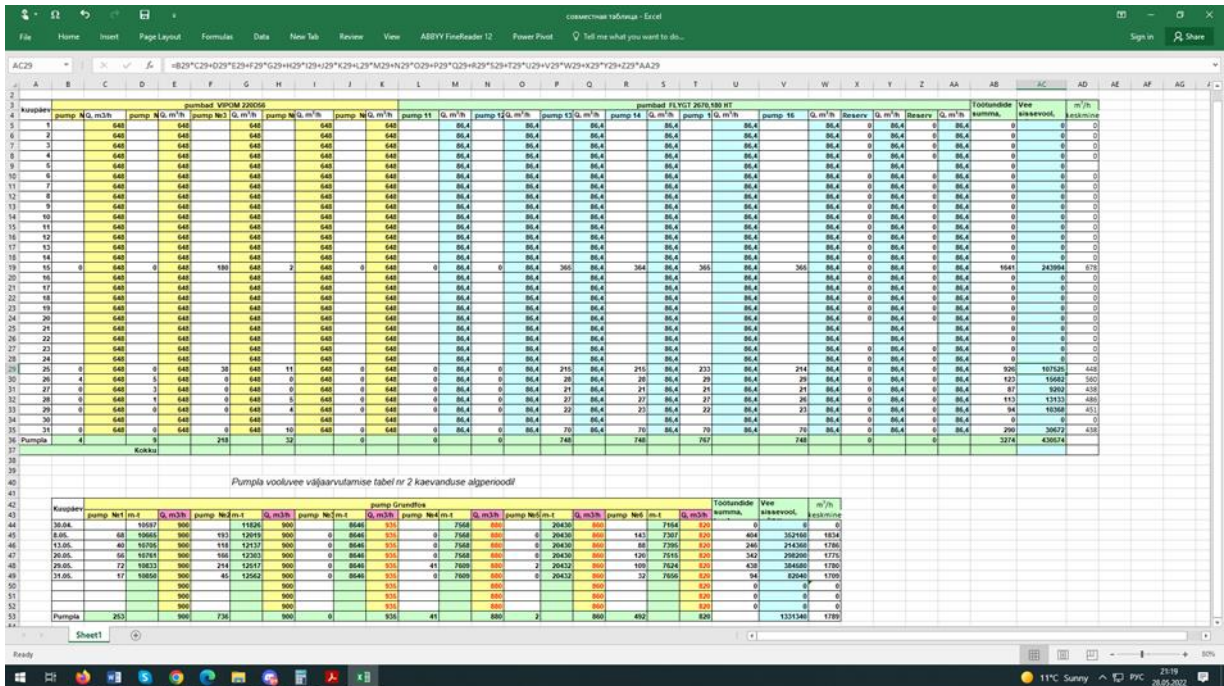
File Home Insert Page Layout Formulas Data New Tab Review View ABBYY FineReader 12 Power Pivot Tell me what you want to do... Sign in Share

W12 =V12/34/2

1 Pumpla vooluvee väljaarutamise tabel nr 2 kaevanduse algsel tööperioodil

| Kuupäev | pump Grundfos | | | | Töetundi de | Vee sissevoo keskmine | m ³ /h | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|-------------|-----------------------|-------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|-------|-----|---------|-------|-----|-----|--------|------|-----|--------|------|
| | pump N ^o m-t | Q, m ³ /h | pump N ^o m-t | Q, m ³ /h | | | | pump N ^o m-t | Q, m ³ /h | pump N ^o m-t | Q, m ³ /h | | | | | | | | | | | |
| 7 | 30.04. | 10597 | 900 | 11826 | 900 | 8646 | 935 | 0 | 7568 | 880 | 0 | 20430 | 860 | 143 | 7307 | 820 | 404 | 352160 | 1834 | | | |
| 8 | 8.05. | 68 | 10665 | 900 | 193 | 12019 | 900 | 0 | 8646 | 935 | 0 | 7568 | 880 | 0 | 20430 | 860 | 88 | 7395 | 820 | 246 | 214360 | 1786 |
| 9 | 13.05. | 40 | 10705 | 900 | 118 | 12137 | 900 | 0 | 8646 | 935 | 0 | 7568 | 880 | 0 | 20430 | 860 | 120 | 7515 | 820 | 342 | 298200 | 1775 |
| 10 | 20.05. | 56 | 10781 | 900 | 166 | 12303 | 900 | 0 | 8646 | 935 | 0 | 7568 | 880 | 0 | 20430 | 860 | 120 | 7515 | 820 | 342 | 298200 | 1775 |
| 11 | 29.05. | 72 | 10833 | 900 | 214 | 12517 | 900 | 0 | 8646 | 935 | 41 | 7609 | 880 | 2 | 20432 | 860 | 109 | 7624 | 820 | 438 | 384580 | 1780 |
| 12 | 31.05. | 17 | 10850 | 900 | 45 | 12562 | 900 | 0 | 8646 | 935 | 0 | 7609 | 880 | 0 | 20432 | 860 | 32 | 7656 | 820 | 94 | 82040 | 1709 |
| 13 | | | 900 | | | 900 | | | 935 | | | 880 | | | 860 | | | | 820 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | | | 900 | | | 900 | | | 935 | | | 880 | | | 860 | | | | 820 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | | | 900 | | | 900 | | | 935 | | | 880 | | | 860 | | | | 820 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | Pumpla | 253 | 900 | 736 | 900 | 0 | 935 | 41 | 880 | 2 | 860 | 492 | 820 | 1331340 | 1789 | | | | | | | |

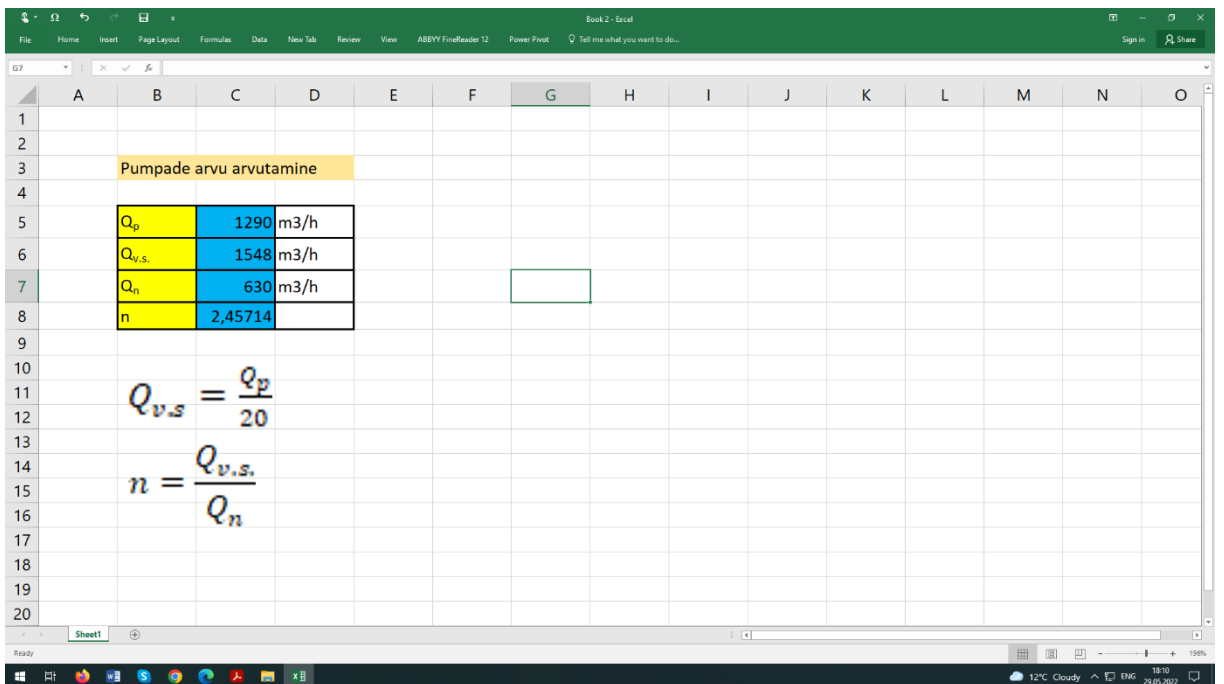
Joonis 4.2 Pumbajaama nr 2 vee sissevoolu arvutustabel



Joonis 4.3 Ühine vee sissevoolu arvutustabel

4.2 Pumpade arvutus pumbajaamas

Pumbajaama pumpade arvu arvutamiseks koostati tarkvaras Excelis



4.4 Pumpade arvu arvutus

4.2.1 Veekõrvalduspumbajaam nr 1. Üldine informatsioon

Veekõrvalduspumbajaama kamber paigutatakse spetsiaalsetesse kambritesse, mis on läbindatud kaevanduse hoovi läheduses.

Kasutatakse kolme paralleelset kambrit, mis on omavahel lõõridega ühendatud.

Keskkambris on masinaruum, käivituseadmete ruum ja torustik.

Külgkambrites asuvad veekogurid ja on paigaldatud pumbad. Lademe karsti piirkonnas lähevad avatud tüüpi veekogurid üle tunnelitüüpi veekoguriteks.

Pumbajaam on ühendatud peamise kaeveõõnega varustatud läbipääsu ja sissesõiduga, mis on varustatud ustega. Läbipääs on avariiväljapääsuks.

Pumbajaama tuulutamine teostatakse peamise tuulutuse ventilaatori depressiooni abil.



Joonis 4.5 pumbajaam Ojamaa kaevandus

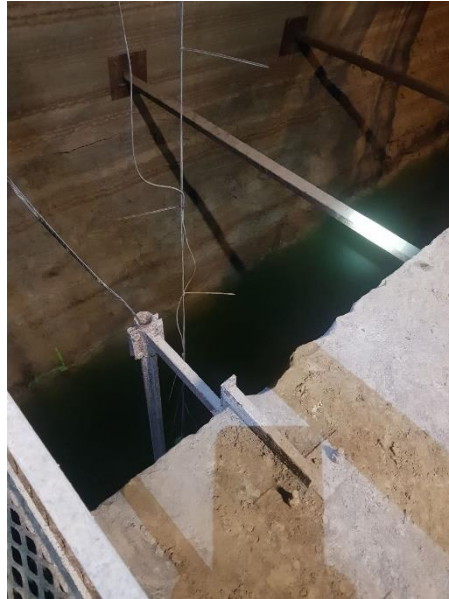
4.2.2. Veekogurite parameetrite määramine

Veekogurite paigutus on teostatud selliselt, et see võimaldab vajadusel puhastada iga veekogurit eraldi, peatamata kogu veekõrvalduspumbajaama tööd. Selleks varustatakse juurdevoolu veekõrvalduskraavid šandooridega.

Pumbajaama veekoguri maht moodustub veekogurite mahtudest ja veekõrvalduskraavide mahtudest.

Iga veekoguri laius on 4,0 meetrit.

Veekõrvalduskraavide laius on 1,0 meetrit.



Joonis 4.6 veekõrvalduskraav Ojamaa kaevandus

Veekõrvalduse töökindluse tagamiseks on veekogurite minimaalseks veetasemeks määratud 5,0 m, maksimaalne – 3,0 m (lade pinnast allpool). Seega on alumise ja ülemise veetaseme vahe veekogurites 2 m.

Arvutame veekogurites oleva vee mahu:

$$V = L \times h \times b = 170 \times 2 \times 4 = 1360 \text{ m}^3, \quad (4.1)$$

kus

L – veekoguri pikkus (m)

b – veekoguri laius (m)

h – pumbatava vee kõrgus (m)

Veekogur nr 1 (L=170 m) – 1360 m³

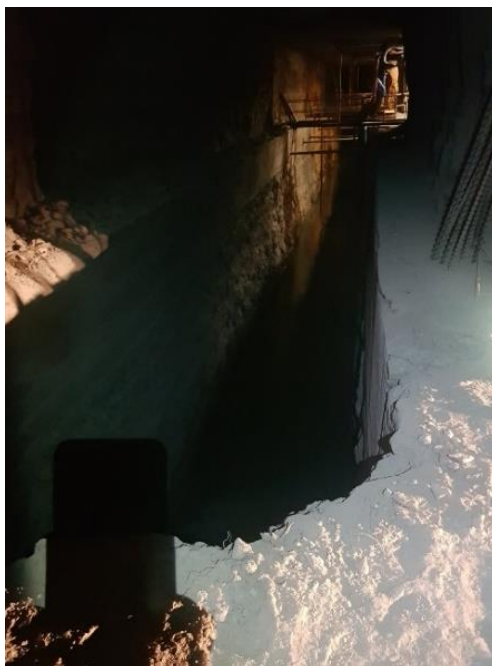
Veekogur nr 2 (L=170 m) – 1360 m³

Vee maht kraavis mööda peamist ventilatsioonistreki valemi (4.1) järgi (L=950m)

$$V = 1900 \text{ m}^3,$$

Vee maht kraavis mööda ida ventilatsioonistreki valemi (4.1) järgi (L=1500m)

$$V = 3000 \text{ m}^3,$$



Joonis 4.7 veekogur Ojamaa kaevandus

Vee maht kraavis mööda lääne ventilatsioonistrekki valemi (4.1) järgi ($L=1500$ m)

$$V = 3000 \text{ m}^3 ,$$

Vastavalt arendusprojekti olevale kaevanduse vee sissevoolu prognoosile on minimaalne vee sissevool veekoguritesse: algperioodil (peamiste strekkide läbindamisel) – kuni 726 m^3 tunnis,

kaevandustegevuse arendamisel kaevandusvälja esimesel poolel – kuni 1755 m^3 tunnis.

Algperioodil, peamiste strekkide läbindamisel, moodustab veekogurite maht (koos kraaviga piki peastrekki) 4620 m^3 ($4620 : 726 = 6,36$ tunni varu).

Pärast mäetööde vormistamist on vee maht pumbajaama veekogurites koos kraavidega 10620 m^3 ($10620 : 1755 = 6,05$ tunni varu) .

4.2.3 Pumpade jõudluse ja arvu määramine

Veekõrvaldusjaam nr 1 tuleb varustada pumpadega, mis tagavad vee pumpamise mahus, mis on võrdne vähemalt poolega prognoositavast kaevandusse sissevoolavast veest. Keskmiseks ööpäevaseks vee juurdevooluks Ojamaa kaevanduse statistika alusel võtame projekti raames $2580 \text{ m}^3/\text{h}$.

Siis peaks pumbajaama kavandatav jõudlus olema $1290 \text{ m}^3/\text{h}$, kuna pumbajaam hakkab teenindama kaevandust algsel tööperioodil.

Selle pumbajaama jaoks vajaliku pumbaseadmete arvu määramiseks eeldame, et üks pumbaseade peab 20 tunni jooksul välja pumpama keskmise ööpäevase sissevoolu. Seega on pumbajaama arvutuslik jõudlus:[9].

$$Q_{v.s} = \frac{Q_p}{20}, \text{ m}^3/\text{h}, \quad (4.2)$$

Kus

$Q_{v.s}$ – pumbajaama arvutuslik jõudlus

Q_p – ööpäevane kaevandusvee sissevool

võtame kaevandusvälja põhja osa tunniseks juurdevooluks 1290 m³/tunnis,. [6]

$$Q_{v.s} = \frac{1290 \times 24}{20} = 1548 \text{ m}^3/\text{h}$$

Arvutame töötavate pumpade arvu:

$$n = \frac{Q_{v.s.}}{Q_n}, \quad (4.3)$$

kus

Q_n – pumba jõudlus

Võtame ühe pumbaseadme tootlikkuseks 630 m³/h.

Siis on töötavate pumpade arv:[9].

$$n = \frac{1548}{630} \approx 2,46 \quad (4.4)$$

Mäenduses kehtivate normide kohaselt on vee pumpamiseks vajalik pumpade koguarv:

töös – 2;

reservis – 2;

remondis – 1;

kokku – 5.

Pumbajaama esimesel tööperioodil on hõljuvosakeste sisaldus kaevandusvees suhteliselt kõrge, mistõttu on selle väljapumpamiseks vaja drenaažipumpasid.

4.2.4. Survetorustiku hüdrauliline arvutus

Survetorustiku hüdraulilise arvutuse jaoks andis Ojamaa kaevanduse peatehnoloog V. Mazin mulle tarkvara Gradient.

Hüdrauliline arvutus on teostatud tarkvaras Gradient:

Гидравлический расчет напорных трубопроводов

Тип 1 | Тип 2 | Тип 3 | Тип 4 | Тип 5 | Тип 6 | Тип 7 | Тип 8 | Тип 9 | Тип 10 | Тип 11 | About

Пластмассовые

Расчет потерь напора

Исходные данные

Расчетный расход q , л/с: 175

Наружный диаметр трубы D_n , мм: 315

Толщина стенки трубы s , мм: 18,7

Исходные данные

Длина трубопровода L , м: 300

Коэффициент, учитывающий потери напора на местные сопротивления: 1,15

Геометрическая высота, м: 37

Гидравлический уклон: Clear

Потери напора, м:

Результаты расчета

Внутренний диаметр трубы D , мм: 277,6

Скорость v , м/с: 2,891

Удельные потери 1000i: 21,676

в трубопроводе - 7,48

на местные сопротивления - 0,975

по длине - 6,5

Напор в начале трубопровода - 44,48 м

Версия 5.1.0 от 22.06.2005 | НПФ "Водные технологии" | КАПКС

Joonis 4.8 tarkvara Gradient (plasttorude PN10 arvutus)

Гидравлический расчет напорных трубопроводов

Тип 1 | Тип 2 | Тип 3 | Тип 4 | Тип 5 | Тип 6 | Тип 7 | Тип 8 | Тип 9 | Тип 10 | Тип 11 | About

Пластмассовые

Расчет потерь напора

Исходные данные

Расчетный расход q , л/с: 175

Наружный диаметр трубы D_n , мм: 315

Толщина стенки трубы s , мм: 7,7

Исходные данные

Длина трубопровода L , м: 300

Коэффициент, учитывающий потери напора на местные сопротивления: 1,15

Геометрическая высота, м: 1

Гидравлический уклон: Clear

Потери напора, м:

Результаты расчета

Внутренний диаметр трубы D , мм: 299,6

Скорость v , м/с: 2,482

Удельные потери 1000i: 15,061

в трубопроводе - 5,2

на местные сопротивления - 0,678

по длине - 4,52

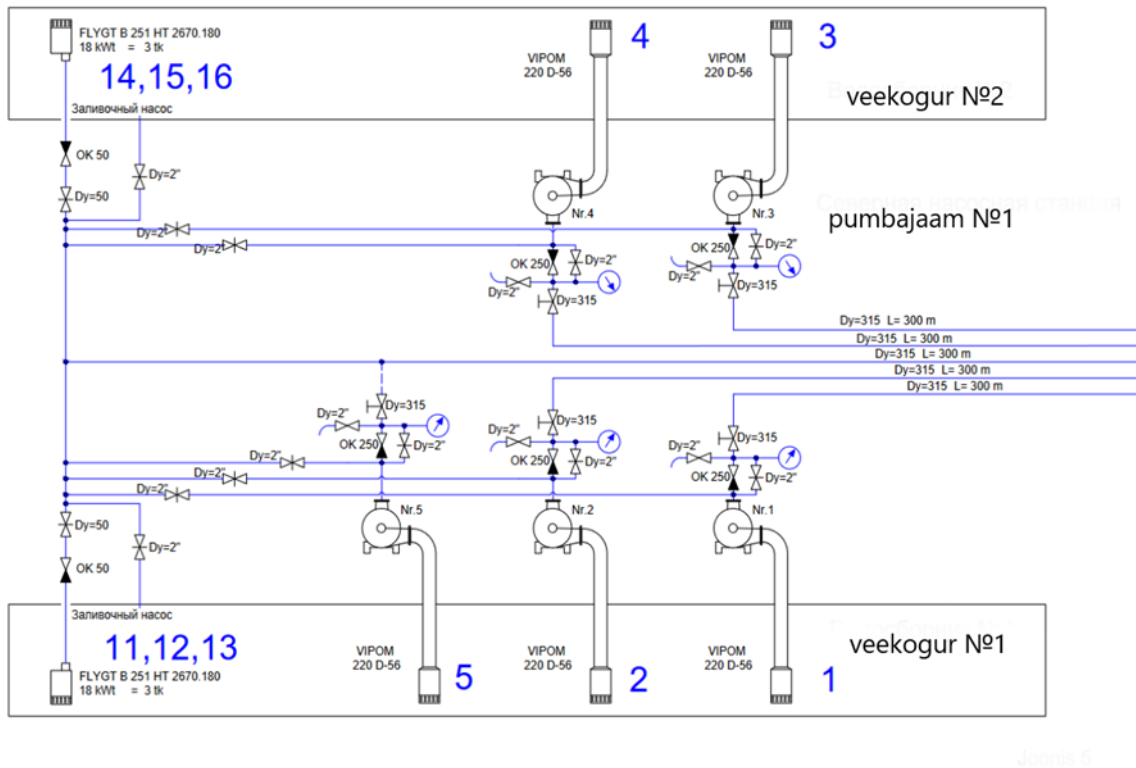
Напор в начале трубопровода - 6,2 м

Версия 5.1.0 от 22.06.2005 | НПФ "Водные технологии" | КАПКС

Joonis 4.9 tarkvara Gradient (plasttorude PN6 arvutus)

Iga torustik on võimeline läbi laskma 175 l/s (630 m³/h) vett.

5 torust koosneva süsteemi koguläbilaskevõime on 3150 m³/h.



Joonis 4.10 Hüdrauliline skeem pumbajaam nr 1

4.2.5. Survetorustiku parameetrite määramine

Kaevandusvesi juhitakse läbi torustiku, mis on paigaldatud konveieršahdis, maapinnale settebasseini-tiiki.

Igal pumbal on oma torustik.

Kaldšahti torustike paigutamise võimaluse tingimusel võeti plasttoru välisläbimõõduga 315 mm. Torustiku materjal - torujuhtme alumises osas PN-10, ülemises osas PN-6. Torustiku kinnitus šahdis on jäik, toetusel, mis kinnitatakse kaeveõõne seina külge või toetuse raamidele, säilitades samal ajal lubatud kaugust konveierini.

Vastavalt Sn 550-82 lisale 2 „Juhised plasttorudest tehnoloogiliste torustike projekteerimiseks“ on plasttorustiku tugede vaheliseks kauguseks võetud 3,5 m.

Torustike arv on 5, vastavalt peamiste pumbaseadmete arvule.

Arvutuste jaoks võtame iga torujuhtme geomeetriliseks pikkuseks 300 meetrit.

4.2.6. Peamise pumbaseadme valimine

Peamise pumbaseadmena pakutakse kasutada firma VIPOM üheastmelist tsentrifugaalpumpa 220D56. Pumba jõudlus torustiku antud parameetrite puhul on 630 m³/tunnis.



Joonis 4.11 VIPOM 220D56/410 [11]



Joonis 4.12 Tsentrifugaalpump Ojamaa kaevandus

Lisaks nendele pumpadele paigaldatakse veekõrvalduspumbajaama nr 1 algsel tööperioodil pumbajaama sukeldrenaažipumbad FLYGT jõudlusega 100 m³/h. Drenaažipumpasid

loodetakse samuti kasutada mudaosakestega vee väljapumpamiseks veekogurite puhastamise perioodil.



Joonis 4.13 FLYGT B 251 HT 2670.180 [12].

Kavandatav pumpade arv ja nende tehnilised andmed on toodud tabelis 2.

Tabel 4.1 Pumpade parameetrid kaevanduse veekõrvaldusjaamas nr 1 [11,12]

| Nr | Nimetus | Pumba bränd | |
|----|-----------------------------|------------------|-------------------------|
| | | VIPOM 220D56/410 | FLYGT B 251 HT 2670.180 |
| 1 | Jõudlus, m ³ /h | 630 | 100 |
| 2 | Surve, m | 50 | 50 |
| 3 | Mootori võimsus, kW | 132 | 18 |
| 4 | Toitepinge, V | 690 | 690 |
| 5 | Survetorustiku läbimõõt, mm | 315 | 315 |
| 6 | Pumpade arv | 5 | 6 |

Tabel 4.2 PN10 torustiku parameetrid veekõrvaldusjaamas nr 1

| Nr | Nimetus | Mõõteühik | Väärtus |
|----|-------------------------|-----------|---------|
| 1 | Torustiku materjal | plast | PN10 |
| 2 | Välisläbimõõt | mm | 315 |
| 3 | Seina paksus (PN10) | mm | 18,7 |
| 4 | Iga torustiku pikkus | m | 300 |
| 5 | Geomeetriline kõrgus | mm | 37 |
| 6 | Surve torustiku alguses | m | 44,5 |

Tabel 4.3 PN6 torustiku parameetrid veekõrvaldusjaamas nr 1

| Nr | Nimetus | Mõõteühik | Väärtus |
|----|--------------------|-----------|---------|
| 1 | Torustiku materjal | plast | PN6 |
| 2 | Välisläbimõõt | mm | 315 |
| 3 | Seina paksus (PN6) | mm | 7,7 |

| | | | |
|---|-------------------------|----|-----|
| 4 | Iga torustiku pikkus | m | 300 |
| 5 | Geomeetriline kõrgus | mm | 1 |
| 6 | Surve torustiku alguses | m | 6,2 |

4.2.7. Peamaandurid

Pumbajaama veekogureid nr 1 ja nr 2 kasutatakse, et paigutada nendesse peamaandurid. Igasse veekogurisse paigaldatakse üks maandur.

Iga maandur kujutab endast teraslehte, mille paksus on 10 mm ja mõõtmed on 1500 mm x 3000 mm.

Peamine maandur asub veekoguri kõige sügavamas osas ja see kinnitatakse veekoguri seinale külge ankurduspoltidega läbi teraslehe nurkadesse puuritud 45 mm läbimõõduga aukude.

Mõlemad peamaandurid on omavahel ühendatud kahe vähemalt 100 mm² ristlõikega tsingitud terasribaga (maandussiinid), mis juhatakse kihindi pinna peale.

Peamaandurid on ühendatud maandussiini abil kaevanduse peaelektrilajaama maandusahelaga ja kaevanduse hoovi elektromehaaniliste kambrite maandusahelaga.

Maandussiinide ühendamine maanduritega teostatakse keevitamise abil.

4.3. Veekõrvalduspumbajaam nr 2. Üldandmed

Veekõrvalduspumbajaama nr 2 kamber paigutatakse spetsiaalsetesse kambritesse kaevandusvälja keskosas.

Keskambrit kasutatakse läbisõiduks ja kommunikatsioonide ja torustike paigaldamiseks.

Külgkambrites asuvad veekogurid ja on paigaldatud pumbad.

Pumbajaama kambrid on ühendatud transpordikaevetõntega läbikäikude ja sissesõitude abil, mis on varustatud ustega ja millel on kaks väljapääsu.

Pumbajaama nr 2 tuulutamine teostatakse kaevanduse depressiooni abil.



Joonis 4.15 pumbajaam Ojamaa kaevandus

4.3.1. Veekogurite parameetrite määramine

Vaja on läbindada kaks veekogurit.

Iga veekoguri sügavus on 6,5 meetrit. Iga veekoguri laius on 4,0 meetrit. Veekõrvalduskraavide laius on 1,0 meeter.

Veekõrvalduse töökindluse tagamiseks on veekogurite minimaalseks veetasemeks määratud 6,5 m, maksimaalne – 0,5 m (lade pinnast allpool). Seega on alumise ja ülemise veetaseme vahe veekogurites 6 m.

Arvutame veekogurites oleva vee mahu valemi (4.1) järgi:

$$\text{Veekogur nr 1 (L=40 m) } V = 960 \text{ m}^3$$

$$\text{Veekogur nr 2 (L=91 m) } V = 2184 \text{ m}^3$$



Joonis 4.16 veekogur Ojamaa kaevandus

4.3.2. Pumpade jõudluse ja arvu määramine

Pumbajaama kaheseksioonilise veekoguri kogumaht tuleb 3144 m^3 . Veekoguri mahu suurendamine on võimalik kaevandustööde käigus.

Pumbajaama arvutuslik jõudlus valemi (4.2) järgi on [6]

Ojamaa kaevanduse statistiliste andmete alusel ja arvestades, et tegemist on teise pumbajaamaga, võtame tunni sissevooluks $1700 \text{ m}^3/\text{h}$,

$$Q_{v.s} = \frac{1700 \times 24}{20} = 2040 \text{ m}^3/\text{h}$$

Töötavate pumpade arvu arvutame valemi (4.3) järgi:

Eeldame, et ühe pumbaseadme tootlikkus on $900 \text{ m}^3/\text{h}$. Siis on töötavate pumpade arv: [6]

$$n = \frac{2040}{900} \approx 2,3$$

Vee pumpamiseks mõeldud pumpade koguarv on:

töös - 3;

reservis - 2;

remondis - 1;

4.3.3. Survetorustiku hüdrauliline arvutus

Hüdrauliline arvutus on teostatud tarkvaras Gradient:

Гидравлический расчет напорных трубопроводов

Тип 1 | Тип 2 | Тип 3 | Тип 4 | Тип 5 | Тип 6 | Тип 7 | Тип 8 | Тип 9 | Тип 10 | Тип 11 | About

Новые стальные без внутреннего защитного покрытия или с битумным защитным покрытием

Расчет потерь напора

Исходные данные

| | |
|-----------------------------------|-----|
| Расчетный расход q , л/с | 250 |
| Наружный диаметр трубы D_n , мм | 425 |
| Толщина стенки трубы s , мм | 6,0 |

Исходные данные

| | |
|---|------|
| Длина трубопровода L , м | 60 |
| Коэффициент, учитывающий потери напора на местные сопротивления | 1,10 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Геометрическая высота, м | 39,3 |

Гидравлический уклон | Clear

Потери напора, м :

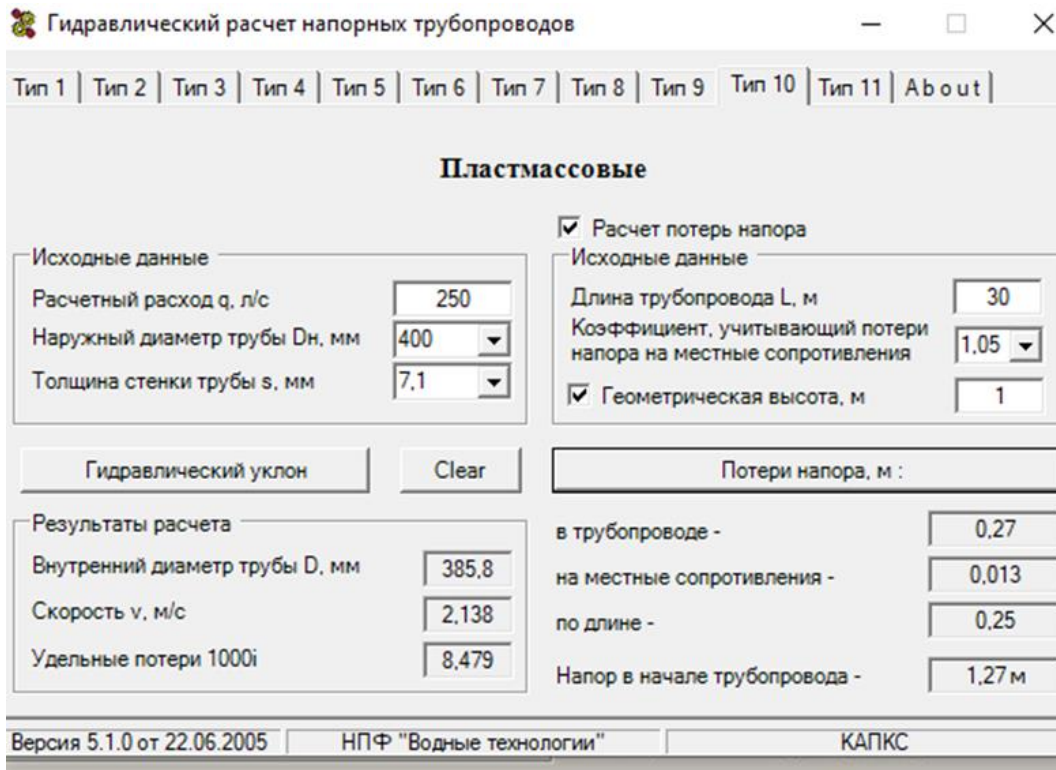
Результаты расчета

| | |
|-----------------------------------|-------|
| Внутренний диаметр трубы D , мм | 413 |
| Скорость v , м/с | 1,866 |
| Удельные потери 1000i | 8,953 |

| | |
|-------------------------------|---------|
| в трубопроводе - | 0,59 |
| на местные сопротивления - | 0,054 |
| по длине - | 0,54 |
| Напор в начале трубопровода - | 39,89 м |

Версия 5.1.0 от 22.06.2005 | НПФ "Водные технологии" | КАПКС

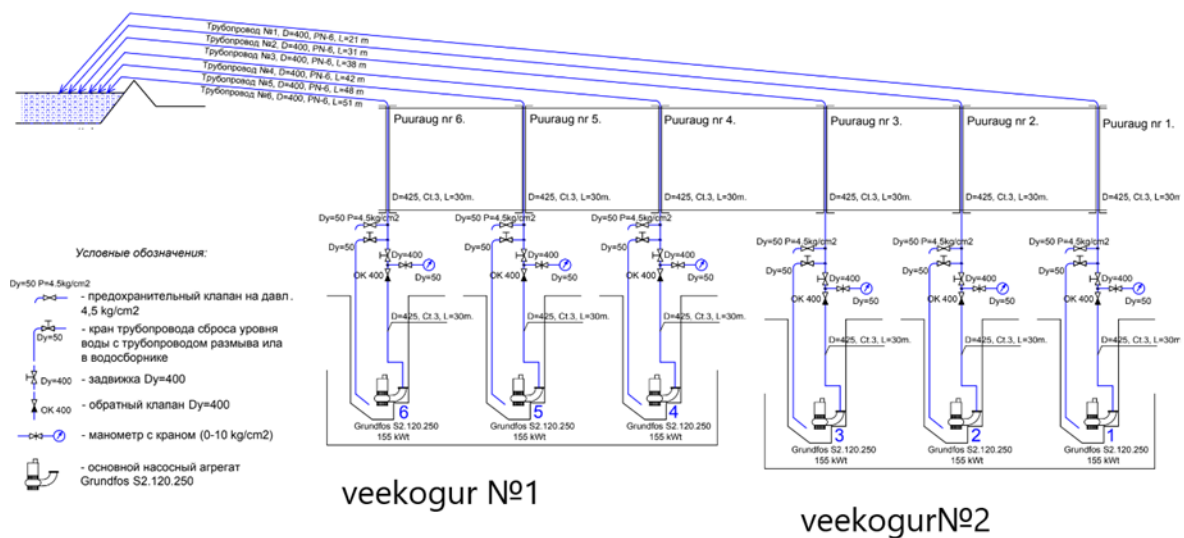
Joonis 4.17 tarkvara Gradient (terastorude arvutus)



Joonis 4.18 tarkvara Gradient (plasttorude arvutus)

Iga torustik on võimeline läbi laskma 250 l/s (900 m³/h) vett.

6 torust koosneva süsteemi koguläbilaskevõime on 5400 m³/h.



Joonis 4.19 Hüdrauliline skeem pumbajaam nr 2

4.3.4. Survetorustiku parameetrite määramine

Kaevandusvesi juhitakse läbi torustiku, mis on paigaldatud puuraukudes, maapinnale settebasseini-tiiki.

Igal pumbal on oma torustik.

Puuraukudes paigaldamiseks kasutatakse metalltoru välisläbimõõduga 425 mm. Torustiku kinnitamine puuraukudes toimub toru ümbritseva ruumi tsementeerimise teel, torustiku kinnitamine allmaakaevaõõntes toimub tugevate kinnitamisega kaeveõõne lae ja seinte külge, mis kinnitatakse ankurduspoltidega.

Maapinnal paigaldamiseks kasutatakse 400 mm läbimõõduga plasttoru PN 6.

Arvutuste jaoks võtame:

- iga torustiku pikkus puuraugus ja kaeveõõntes – 60 meetrit;
- veetõusu geomeetiline kõrgus terastorudes – 39,3 meetrit;
- iga plasttorustiku keskmine pikkus maapinnal – 30 meetrit;
- pinnatrassi tõusu geomeetiline kõrgus – 1,0 meetrit.

Torustike arv on 6, igale pumbaseadme jaoks on ette nähtud eraldi torustik.

4.3.5. Peamise pumbaseadme valimine

Peamiseks pumbaseadmeks on valitud Grundfosi sukelpump S2.120.250 jõudlusega 900 m³/h.



Joonis 4.20 Grundfos S2.120.250 [13]

Kavandatav pumpade arv ja nende tehnilised andmed on toodud allpool tabelis 4.4.

Tabel 4.4 Kaevanduse veekõrvaldusjaamas nr 2 paigaldatavate pumpade lühiülevaade [13]

| Nr | Nimetus | Pumba bränd Grundfos S2.120.250 |
|----|-----------------------------|---------------------------------------|
| 1 | Jõudlus, m ³ /h | 900 |
| 2 | Surve, m | 41,0 |
| 3 | Mootori võimsus, kW | 155 |
| 4 | Toitepinge, V | 690 |
| 5 | Survetorustiku läbimõõt, mm | 425 |
| 6 | Pumpade arv | 6 |

Tabel 4.5 Kaevanduse torustiku parameetrite tabel

| Nr | Nimetus | Mõõteühik | Väärtus |
|----|----------------------------|-----------|---------|
| 1 | Torustiku materjal | | teras |
| 2 | Välisläbimõõt | mm | 425 |
| 3 | Seina paksus | mm | 6 |
| 4 | Torustiku pikkus | m | 60 |
| 5 | Tõusu geomeetriline kõrgus | m | 39,3 |
| 6 | Surve torustiku alguses | m | 39,88 |

Tabel 4.6 Pinnapealse torustiku parameetrite tabel

| Nr | Nimetus | Mõõteühik | Väärtus |
|----|----------------------------------|-----------|------------|
| 1 | Torustiku materjal | | PN6 PEN100 |
| 2 | Välisläbimõõt | mm | 400 |
| 3 | Seina paksus | mm | 7,1 |
| 4 | Torustiku pikkus | m | 30 |
| 5 | Tõusu geomeetriline kõrgus | m | 1,0 |
| 6 | Surve torustiku alguses | m | 1,27 |
| 7 | Surve pumba väljalaskeava juures | m | 41,15 |

4.3.6. Peamaandurid

Pumbajaama nr 2 veekogureid kasutatakse, et paigutada nendesse peamaandurid.

Igasse veekogurisse paigaldatakse üks maandur.

Iga maandur kujutab endast teraslehte, mille paksus on 10 mm ja mõõtmed on 1500 mm x 3000 mm.

Peamine maandur asub veekoguri kõige sügavamas osas ja see kinnitatakse veekoguri seinaga külge ankurduspoltidega läbi teraslehe nurkadesse puuritud 45 mm läbimõõduga aukude.

Mõlemad peamaandurid on omavahel ühendatud kahe vähemalt 100 mm² ristlõikega tsingitud terasribaga (maandussiinid), mis juhitakse kihistu pinna peale.

Peamaandurid on ühendatud maandussiini abil kaevanduse peaelektrilajaama maandusahelaga ja pumbajaama nr 2 elektromehaaniliste kambrite maandusahelaga.

Maandussiinide ühendamise maanduritega teostakse keevitamise abil.

KOKKUVÕTE

23.12.2021 alustas VKG Kaevandused OÜ Uus-Kiviõli kaevanduse ehitamist, mis ajendas mind koos Vladimir Mazini (praktikajuht) ja Tatjana Baraškovaga (lõputöö juhendaja) analüüsima Uus-Kiviõli kaevanduse vee sissevoolu, samuti töötama välja mudelit kaevandusse sissevoolava vee arvutamiseks.

Käesolevas töös teostatud analüüsi põhjal tehti kahele pumbajaamale arvutus veekõrvalduse ohutuks toimimiseks Uus-Kiviõli kaevanduse kaevandamis- ja geoloogilistes tingimustes, mis sisaldab:

- 1) Veekoguri mahu arvutus
- 2) Pumbajaama jõudluse arvutus
- 3) Pumpade arvu arvutus
- 4) Survetorustiku hüdrauliline arvutus
- 5) Survetorustiku parameetrite määramine
- 6) Peamise pumbaseadme valimine

Esimese pumbajaama projekt on teostatud tootmise algetappi arvesse võttes, teise pumbajaama projekt on teostatud võttes arvesse tootmise arendamist, mäetööde ja kaeveõõnte laiendamist, vee sissevoolu suurenemist, samuti kaeveõõnte eemaldamist esimesest pumbajaamast.

Pumbajaamade projektis kasutati erinevat tüüpi pumпасid. See võimaldab olenevalt majanduslikest tingimustest valida pumпасid, mis sobivad kasutamiseks antud ajahetkel.

Selleks, et näidata pumbaseadmete praktilist rakendust esimese pumbajaama projektis, on kasutatud tsentrifugaalpumпасid. Peamise pumbaseadmena pakutakse kasutada firma VIPOM üheastmelist tsentrifugaalpumpa 220D56, mille jõudlus on 630 m³/h.

Teise pumbajaama projektis kasutatakse sukelpumпасid. Peamiseks pumbaseadmeks on valitud Grundfosi sukelpump S2.120.250 jõudlusega 900 m³/h.

Me arvame, et need kaks pumbajaamade projekti võivad olla aluseks veekõrvaldamise probleemi lahendamisel põlevkivikihi kaevandamisel Uus-Kiviõli kaevandusvälja tingimustes.

SUMMARY

On December 23, 2021 VKG Kaevandused OÜ started the construction of the Uus-Kiviõm mine, which prompted me, together with Vladimir Mazin (head of practice) and Tatyana Barashkova (the head of the final work), to analyze the water inflow of the Uus-Kiviõli mine, as well as to develop a model to calculate the incoming water in the mine workings.

Based on the analysis, in this work a calculation was made for two pumping stations for the safe operation of drainage in the mining and geological conditions of the Uus-Kiviõli mine, which includes:

- 1) Calculation of the volume of the water collector.
- 2) Calculation of the performance of the pumping station.
- 3) Calculation of the number of pumps.
- 4) Hydraulic calculation of the pressure pipeline.
- 5) Selection of pipeline parameters.
- 6) Selection of the main pumping unit.

The design of the first pumping station was made taking into account the initial stage of production, and the design of the second pumping station was made taking into account the development of production, the expansion of mining operations and mine workings, the increase in water inflow, as well as the removal of mine workings from the first pumping station.

Different types of pumps were used for the project of pumping stations. This allows, depending on economic conditions, to select pumps that are appropriate for use at a given time.

In order to show the practical application of pumping units centrifugal pumps were chosen for use in the project of the first pumping station. As the main pumping unit, it is proposed to use a single-stage centrifugal pump 220D56 with a capacity of 630 m³/hour from VIPOM.

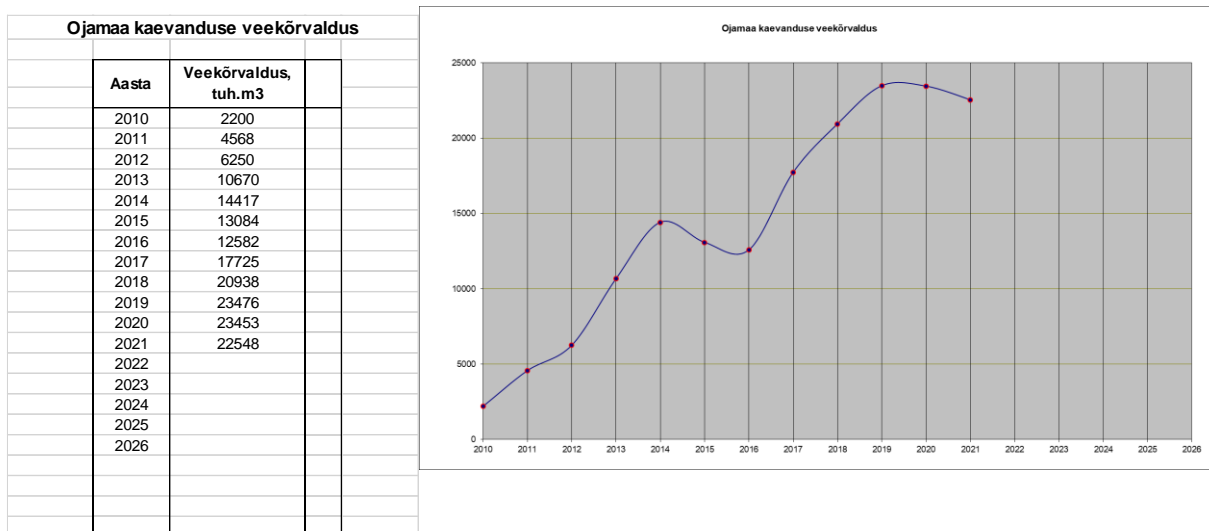
Submersible pumps are used in the project of the second pumping station. A submersible pump S2.120.250 with a capacity of 900 m³/h from Grundfos was chosen as the main pumping unit.

We believe that these two projects of pumping stations can serve as a basis for solving the problem of water disposal in the development of a shale formation in the conditions of the Uus-Kiviõli mine field.

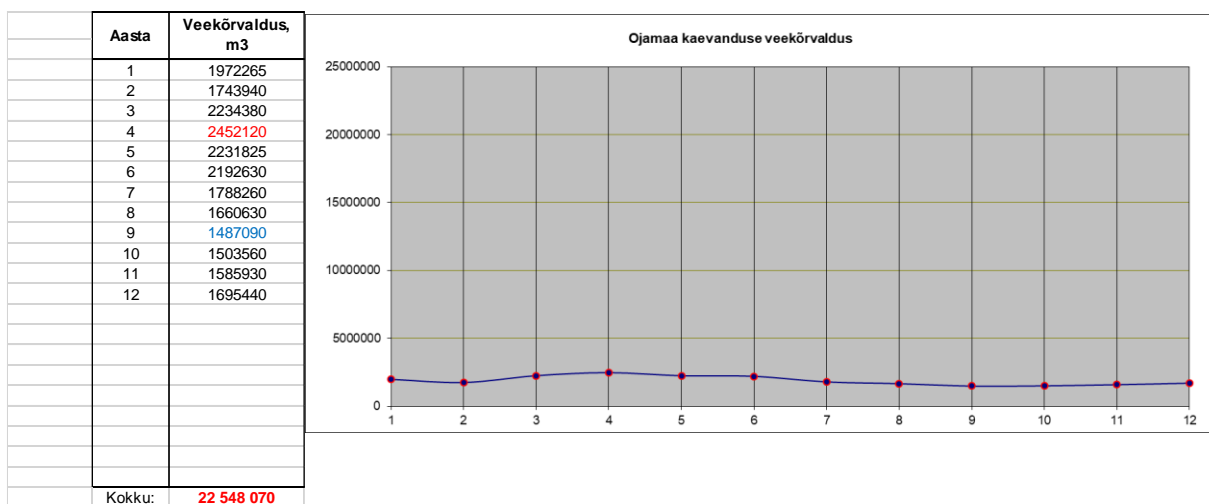
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

1. Rammo, M., Klein, V. 2007. Eesti põlevkivimaardla Uus-Kiviõli uuringuvälja registrikaardi (0011) täpsustamine. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus.
2. Eike Riis, Raimo Pajula, Kristiina Ehapalu, Vivika Väizene 2017-07-17. Uus-Kiviõli kaevanduse tehnilise taristu objektide teemaplaneering keskkonnamõju strateegilise hindamise (KSH) aruanne
3. [WWW]<https://docplayer.ee/200755029-Maa-amet-estigeooloogilise%20digitaalkaardistamise-m%C3%B5%C3%B5tkavas-1-juhendi-seletuskiri-juhendi-versioon-2-3.html> (10.05.2022)
4. Geoloogilise uuringu aruanded Eesti põlevkivimaardla Kiviõli kaevevälja varu ümberarvutuse aruanne 1965 a konditsioonide järgi (A. Filatova, vene k) 1968
5. Uri, U., Rooma, A., Kull, G. 2010. Eesti Energia Kaevandused AS kavandatava Uus-Kiviõli kaevanduse rajamise keskkonnamõju hindamise aruanne. Tartu
6. Savitski, L., Savva, V. 2009. Hüdrogeoloogiliste muutuste prognoosid seoses Uus-Kiviõli kaevanduse avamise ja Aidu karjääri sulgemisega. Tallinn: Eesti Geoloogiakeskus
7. [WWW].Горная энциклопедия [http://www.miningenc.ru/v/vodootliv/\(28.04.2022\)](http://www.miningenc.ru/v/vodootliv/(28.04.2022))
8. . Н.Малышев. Инструкция № 660-10 по охране труда при работе и обслуживанию врубовой машины «Урал-33» (или аналог). VKG Kaevandused OÜ Ojamaa kaevandus
9. Undusk, V. 2009. Ojamaa kaevevälja ja Sompka kaevevälja lõunaosa kaevandamise korrigeeritud projekt. Kohtla-Järve: VKG Kaevandused OÜ.
10. VKG Kaevandused OÜ Ojamaa kaevandus. Порядок учета водопользования
11. [WWW] <http://vipomtrade.ru/production/tsentrobeznyenanosy-dvukhstoronnego-vkhoda-d-dv/220d56-vd800-56/> (28.04.2022)
12. [WWW] <https://nasos-m.ru/p/pogruzhnye-drenazhnye-nanosy-flygt-2670.html> (28.04.2022)
13. [WWW] <https://product-selection.grundfos.com/ru/products/s/range-70-155-kw/s21202501600470ls402gnd511-95112918?tab=variant-curves&pumpsystemid=1553511512> (28.04.2022)

Lisa 1 Statistika Ojamaa kaevandus

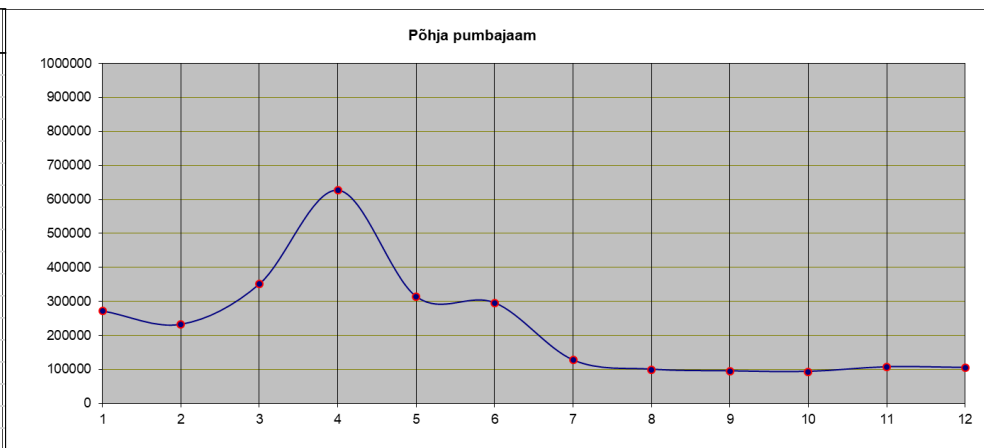


Joonis 1.1 Ojamaa kaevanduse veekõrvalduse statistika 2010-2021



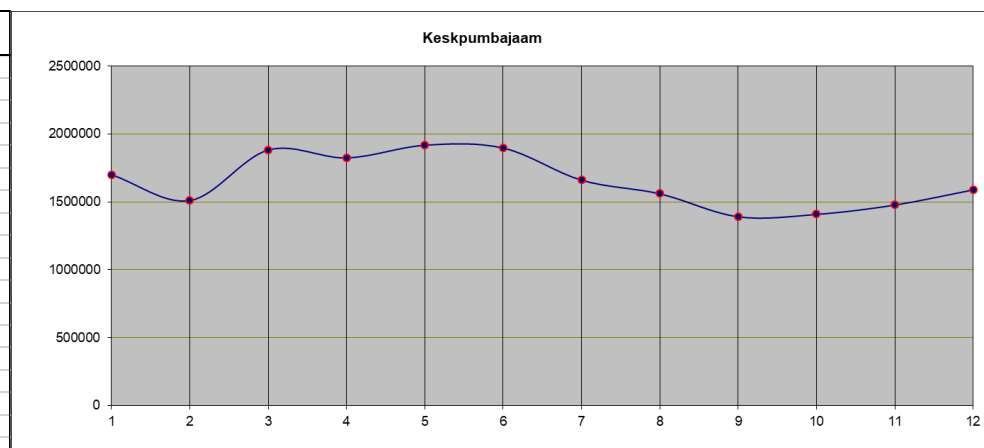
Joonis 1.2 Ojamaa kaevanduse veekõrvalduse statistika 2021

| Aasta | Veekõrvaldus, m3 |
|--------|------------------|
| 1 | 271350 |
| 2 | 232160 |
| 3 | 351125 |
| 4 | 626925 |
| 5 | 313375 |
| 6 | 295370 |
| 7 | 127040 |
| 8 | 99855 |
| 9 | 95155 |
| 10 | 93500 |
| 11 | 107110 |
| 12 | 105060 |
| Kokku: | 2 718 025 |



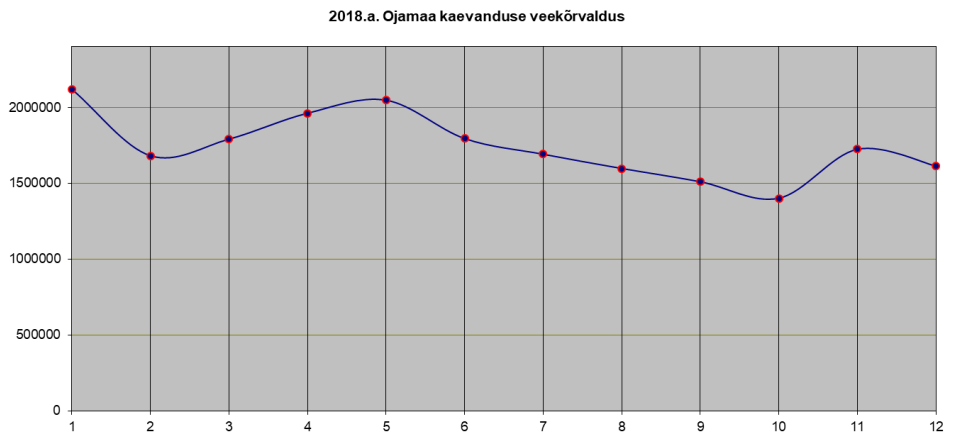
Joonis 1.3 Ojamaa kaevanduse Põhja pumbajaama statistika 2021

| Aasta | Veekõrvaldus, m3 |
|--------|------------------|
| 1 | 1700915 |
| 2 | 1511780 |
| 3 | 1883255 |
| 4 | 1825195 |
| 5 | 1918450 |
| 6 | 1897260 |
| 7 | 1661220 |
| 8 | 1560775 |
| 9 | 1391935 |
| 10 | 1410060 |
| 11 | 1478820 |
| 12 | 1590380 |
| Kokku: | 19 830 045 |



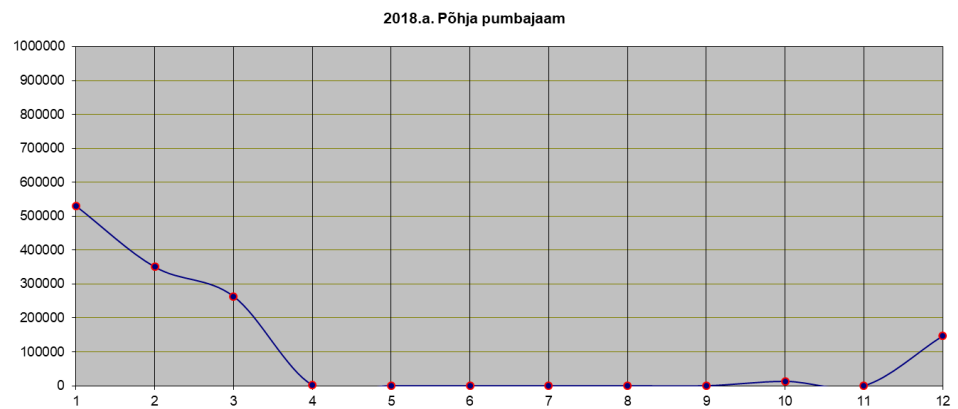
Joonis 1.4 Ojamaa Keskpumbajaama statistika 2021

| Aasta | Veekõrvaldus, m3 |
|------------------------|------------------|
| 1 | 2120155 |
| 2 | 1681615 |
| 3 | 1791646 |
| 4 | 1962505 |
| 5 | 2048390 |
| 6 | 1795350 |
| 7 | 1691675 |
| 8 | 1597475 |
| 9 | 1510040 |
| 10 | 1401025 |
| 11 | 1724345 |
| 12 | 1613785 |
| Kokku: 20938006 | |



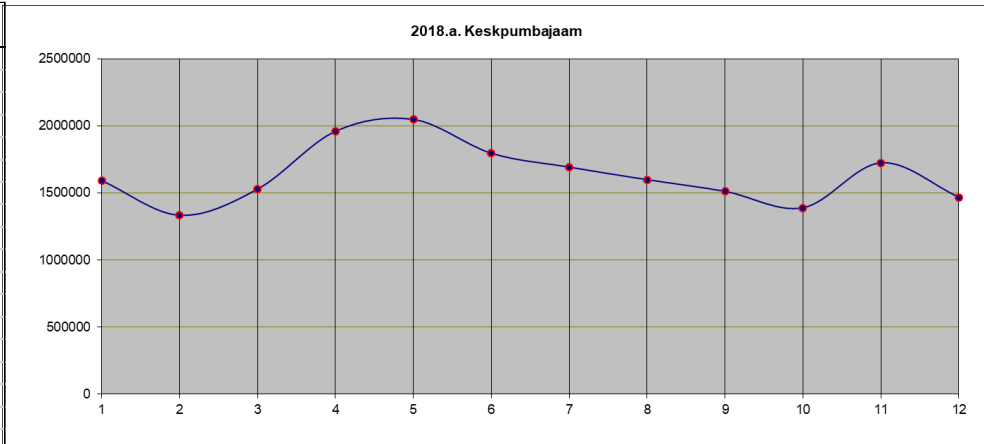
Joonis 1.5 Ojamaa kaevanduse veekõrvalduse statistika 2018

| Aasta | Veekõrvaldus, m3 |
|-----------------------|------------------|
| 1 | 530375 |
| 2 | 350350 |
| 3 | 263660 |
| 4 | 1965 |
| 5 | 0 |
| 6 | 0 |
| 7 | 0 |
| 8 | 0 |
| 9 | 0 |
| 10 | 13090 |
| 11 | 0 |
| 12 | 146875 |
| Kokku: 1306315 | |



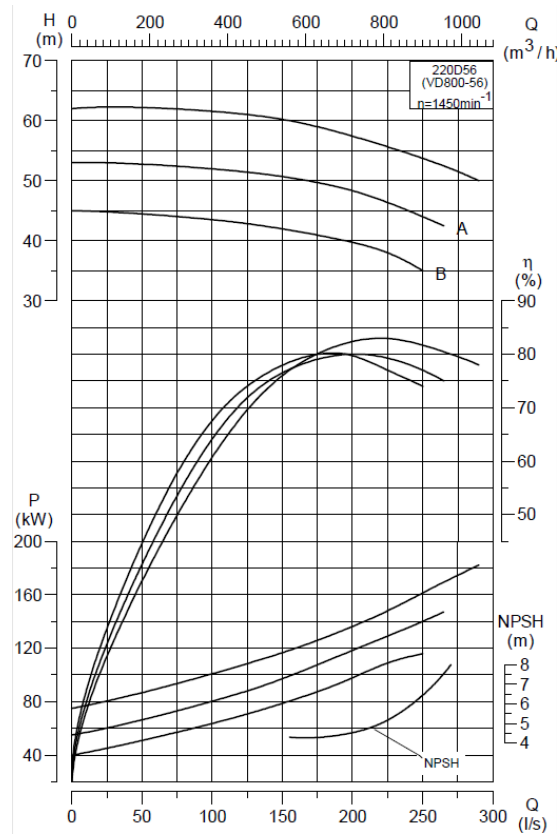
Joonis 1.6 Ojamaa kaevanduse Põhja pumbajaama statistika 2018

| Aasta | Veekõrvaldus, m3 |
|------------------------|------------------|
| 1 | 1589780 |
| 2 | 1331265 |
| 3 | 1527986 |
| 4 | 1960540 |
| 5 | 2048390 |
| 6 | 1795350 |
| 7 | 1691675 |
| 8 | 1597475 |
| 9 | 1510040 |
| 10 | 1387935 |
| 11 | 1724345 |
| 12 | 1466910 |
| Kokku: 19631691 | |

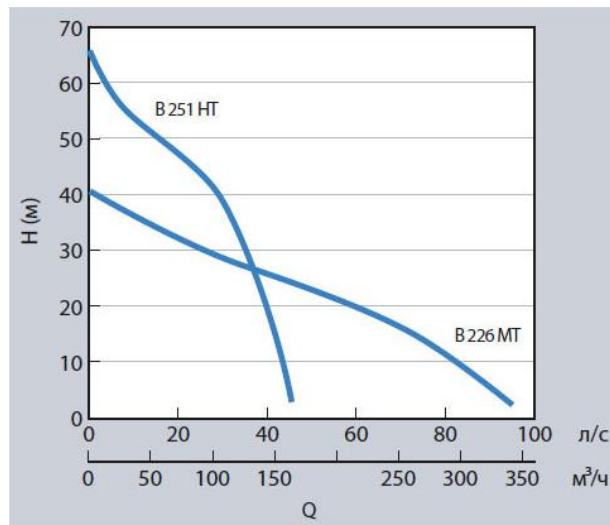


Joonis 1.7 Ojamaa Keskpumbajaama statistika 2018

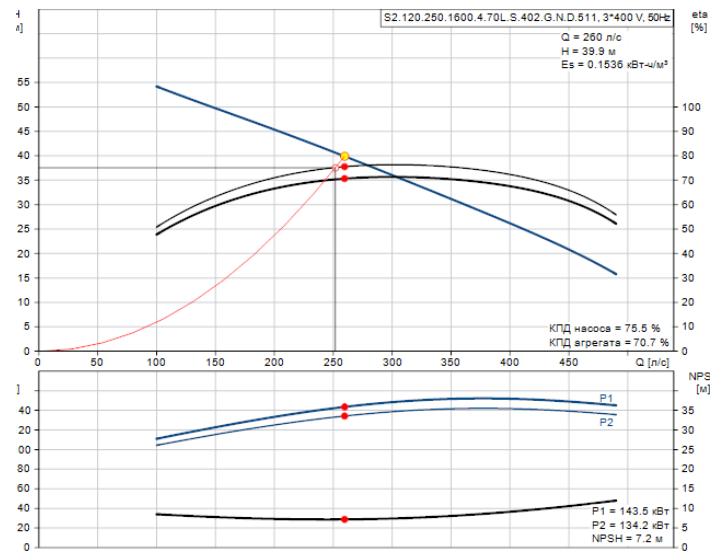
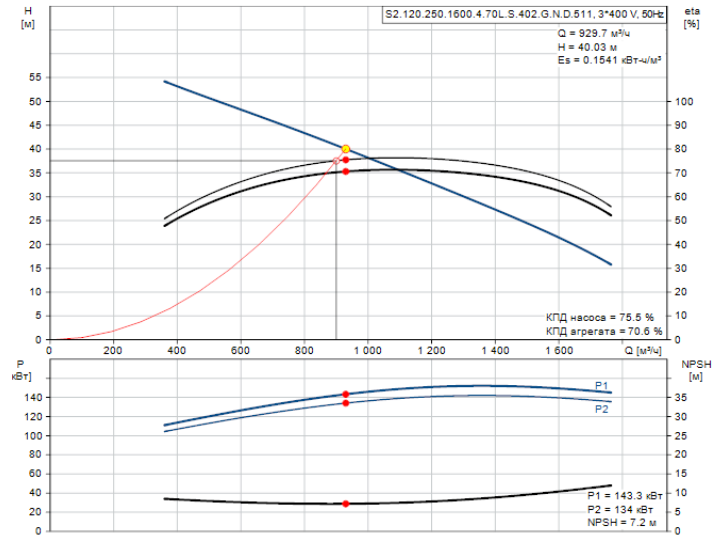
Lisa 2 Pumpade andmed



Joonis 2.1 Pumba VIPOM 220D56/410 omadused.[11]



Joonis 2.3 Pumba FLYGT B 251 HT 2670.180 omadused [12]



Joonis 2.4 Pumba Grundfos S2.120.250 omadused [13]