



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

AMMATTIKORKEAKOULU TEKNIikka

Kouri Jussi

Spiraalikoeajopiirin suunnittelu

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö
Konetekniikka
Kemi 2010



Tämä opinnäytetyö on tehty Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun Tekniikan koulutusyksikköön Outokumpu Chrome Kemin kaivoksen tilauksesta.

Haluan kiittää kaikkia työssä auttaneita tahoja Kemin kaivokselta jotka ovat olleet tavalla tai toisella mukana tämän opinnäytetyön tekemisessä. Erityisesti haluan kiittää työn valvojaa Jarno Kemppaista jolta olen saanut paljon arvokkaita neuvoja ja materiaalia, sekä mahdollisuuden tehdä opinnäytetyötä kaivoksen tiloissa.

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Tekniikan yksikkö	
Koulutusohjelma	Konetekniikka
Opinnäytetyön tekijä	Jussi Kouri
Opinnäytetyön nimi	Spiraalikoerajopiirin suunnittelu
Työn laji	Opinnäytetyö
päiväys	22.11.2010
sivumäärä	67 + 12 liitesivua
Opinnäytetyön ohjaaja	ins.(YAMK), Ari Pikkarainen
Yritys	Outokumpu Chrome Oy
Yrityksen yhteyshenkilö/valvoja	ins.(AMK), Jarno Kempainen

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on ollut suunnitella spiraalikoerikastuspiiri Kemin kaivokselle hienorikastamolle. Outokumpu Chrome tuottaa noin 400 000 tonnia hienorikastetta vuodessa. Hienorikastusprosessin kehittäminen on tärkeää kaivokselle.

Tällä hetkellä Hienorikastamolla on päärikastuslaitteina kartioerottimia ja spiraaleita. Kartioerottimilla tehdään esirikastus ja riperikastus ja spiraalit tekevät lopullista tuotetta eli hienorikastetta. Kartioerottimien käyttöä on puoltanut niiden suuri kapasiteetti. Nykyisin kuitenkin laitetoimittajat ovat kehitelleet suurikapasiteettisia spiraalejakin, joilla voidaan korvata kartioerottimia.

Kartioerottimissa on paljon huoltoa ja puhdistusta vaativaa työtä, jotta ne toimisivat toivotulla tavalla ja lisäksi prosessin seuranta on hankalaa. Spiraaleilla päästään parempiin rikastustuloksiin kuin kartioerottimilla ja niiden huolto ja puhdistus on helpompaa.

Opinnäytetyönä on suunniteltu toimiva spiraalikoerikastuspiiri rikastamolle. Spiraalikoerikastuspiirin tarkoituksena on pystyä tekemään riittävät tutkimukset koeajoilla siitä, millaisella spiraalipiirillä voidaan esirikastuksen ja riperikastuksen kartioerottimet korvata tulevaisuudessa.

Työhön on sisällytetty hoitotason teräsrakennesuunnittelukuvat, rikastuslaitteiden mallinnuskuvat, pumppujen ja putkistojen laskennat sekä mitoitus. Lisäksi työssä on suunniteltu koerikastuspiirin näytteenottaminen. Työturvallisuutta on käsitelty myös opinnäytetyössä, siltä osin kun se liittyy opinnäytetyön aiheeseen. Työstä on jätetty pois investointitarpeet ja kunnossapitoasiat.

Suunnitelman vuoksi jo käytöstä poistetun magneettierottimen joitakin osia puretaan edestä pois, jotta koerikastuspiiri mahtuu suunnitellulle paikalle lamellisakeuttimen viereen.

Asiasanat: rikastus, suunnittelu, erottelu

ABSTRACT

Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology	
Degree Programme	The Unit of Technical Education
Name	Jussi Kouri
Title	Design of Spiral Test Concentration System
Type of Study	Bachelor's Thesis
Date	22 November 2010
Pages	67 + 12 appendices
Instructor	Meng, (mech.eng) Ari Pikkarainen
Company	Outokumpu Chrome Oy
Contact Person/Supervisor from Company	BEng, (mech.eng) Jarno Kemppainen

In this Bachelor's thesis, a spiral test concentration system at the Kemi mine fine concentration plant was designed. The Kemi mine is important manufacturer of the fine concentrate. The annual fine concentration production is around 400 000 t. Developing fine concentration process in the Kemi mine is important.

At the moment there are cone separators and spirals as the main concentration devices at the fine concentration plant. The separator cones make rough concentration and scavenging and spirals make the final product. Using the separator cones was supported because its great capacity. Nowadays however, component manufacturers have developed spirals with great capacity which give the chance to replace the separator cones with spirals.

Separator cones need a lot of service and cleaning work to operate properly. Also the process monitoring is hard. Spirals give better concentration results than cone separators and their service and cleaning is also easier. The aim of the spiral test concentration system to achieve sufficient examinations with what kind of spiral circuit it is possible to replace the separator cones in the future.

This study includes the modeling of service platforms around the testing spirals, the modeling of concentration devices in testing circuit, calculations and measurements of slurry pumps and pipelines. The thesis also includes the design of test sample collection.

Keywords: concentration, mechanical design, separation.

LO

ALKUSANAT	1
TIIVISTELMÄ.....	2
ABSTRACT	3
SISÄLLYSLUETTELO.....	4
1. JOHDANTO.....	6
2. OUTOKUMPU CHROME OY	7
2.1. Yleistä	7
2.2. Kromimalmin rikastusprosessi Kemin kaivoksella.....	8
2.2.1. Louhinta ja murskaus	8
2.2.2. Palarikastus.....	8
2.2.3. Hienorikastus	9
2.2.4. Varastointi ja toimitus	9
3. SPIRAALI ELI KIERUKKARIKASTUSPIIRIN TOIMINTAPERIAATE.....	10
3.1. Yleistä	10
3.2. Spiraalityypit.....	11
3.3. Spiraalien käyttö	14
3.4. Spiraalikoeajopiiri tarkoitus	15
4. PUMPUT JA PUTKISTOT.....	16
4.1. Virtausteoria.....	16
4.2. Pumppauksen teoria.....	17
4.3. Keskipakopumput	20
4.4. Muut lietepumput	20
5. MUUT KOERIKASTUSPIIRIN LAITEET	21
5.1. Sakeutin	21
5.2. Sykloni	22
6. KOEAJOPPIIRIN TERÄSRAKENTEIDEN SUUNNITTELU	23
6.1. Hoitotason materiaalit.....	23
6.2. Lujuuslaskut	23
7. RIKASTUSLAITTEET.....	27
7.1. Koerikastuspiirin spiraalit.....	27
7.2. Koerikastuspiirin sykloni.....	27
7.3. Koerikastuspiirin lamellisakeutin	27
7.4. Koerikastuspiirin pumput	28
7.5. Pumppujen valinta.....	28
7.5.1. 1. Pumppu	29
7.5.2. 2. Pumppu	35
7.5.3. 3. Pumppu	41
7.5.4. 387 Pumppu.....	47
7.5.5. 392 Pumppu.....	54
8. NÄYTTEENOTTOPAikkojen sijoittelu ja suunnittelu.....	61
8.1. Näytteenoton teoria	61
8.2. Koerikastuspiirin näytteenotto.....	61
9. TYÖSSÄ HUOMIOITAVAT TURVALLISUUSASIASAT	62
9.1. Konedirektiivi	62



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

.....asiat.....	63
10. YHTEENVETO.....	65
11. LÄHDELUETTELO.....	66
12. LIITELUETTELO.....	67

Outokumpu Chrome Oy:n Kemin kaivos tuottaa kromimalmista pala- ja hienorikastetta Tornion ferrokromitehtaan tarpeisiin. Kaivos on toiminut vuodesta 1968 lähtien.

Työn alussa oli tarkoitus ottaa selvää yleisesti kaivoksen malmin käsittelystä ja rikastusprosessista sillä opinnäytetyön tekemistä helpotti, kun tiesi prosessista jotakin. Spiraalipiireistä löytyi hyvin tietoa eri lähteistä, joten työhön pääsi käsiksi helposti.

Hienorikastamolla on tällä hetkellä käytössä päärikastuslaitteina kartioerottimet ja spiraalit. Kartioerottimilla tehdään esirikastus ja riperikastus, spiraalit tekevät lopullisen tuotteen. Kartioerottimien käyttöä on puoltanut niiden suuri kapasiteetti. Nykyisin kuitenkin laitetoimittajat ovat kehittäneet suurikapasiteettisia spiraalejakin, joilla voidaan korvata kartioerottimia. Spiraaleilla päästään parempiin rikastustuloksiin ja käyttö sekä varaosakustannukset ovat matalammat. Huolto, puhdistus, ja käytön aikainen seuranta on myös helpompaa.

Opinnäytetyön aihe on spiraalikoajopiirin suunnittelu. Työn tarkoituksena on suunnitella spiraalikoajopiiri, jolla voidaan tehdä riittävät tutkimukset siitä, että millaisella spiraalipiirillä voidaan esirikastuksen ja riperikastuksen kartioerottimet korvata tulevaisuudessa.

Työ sisältää teräsrakenteiden mitoitus- ja layout- suunnittelua sekä rikastuslaitteiden layout-suunnittelua. Lisäksi työssä mitoitetaan tarvittavat pumput ja putkistot ja määritetään niiden sijainti sekä suunnitellaan näytteenottoaikat. Työn sisältöön kuuluu myös turvallisuusasiat siltä osin miten ne liittyvät työn aiheeseen. Kaikki piirustukset tehdään 3D:nä.

Kustannukset, investointitarpeet ja kunnossapitoasiat rajataan pois tästä työstä.

2.1. Yleistä

Outokumpu Chrome Kemin kaivos sai alkunsa, kun Martti Matilainen löysi ensimmäiset kromimalmiesiintymän lohkareet vuonna 1959. Päätös malmin hyödyntämisestä tehtiin vuonna 1964. Rikastetuotanto aloitettiin vuonna 1968. /4/

Outokumpu Chrome Kemin kaivos on osa Outokumpu-konsernia. Toiminnan tarkoitus Kemin kromikaivoksella on tuottaa pala- ja hienorikastetta ensisijaisesti Tornion terästehtaan käyttöön. Kaivoksen toiminta perustuu mittavaan, yhtiön omistamaan malmiesiintymään. Todetut malmivarat ovat 37 miljoonaa tonnia ja lisäksi mineraalivarannot ovat 87 miljoonaa tonnia. /4/

Louhinnan suunnittelu on tarkkaan mietitty, sillä se perustuu malmiesiintymän kromipitoisuuden, rakenteen ja mineralogian tarkkaan ennakkokartoitukseen. Vuonna 2003 aloitettiin maanalainen louhinta ja avolouhinta lopetettiin vuoden 2005 lopulla. Kaivos tuottaa vuositasolla malmia 1 200 000 tonnia. /4/

Louhittu malmi murskataan ja siitä erotetaan ominaispainoerotuksella pararikaste, hienorikastamon syötteeksi menevä välituote sekä palakivi. Palakiveä pyritään ensisijaisesti käyttämään maanalaiseen kaivoskäyttöön, rikastushiekka-altaiden patojen verhoiluun ja maisemointiin. /4/

Murskauksessa syntyvä hieno aines sekä pararikastuksen murskattu välituote jauhetaan, jonka jälkeen materiaalista erotetaan hienorikastemineraalien ominaispainoeroihin perustuvilla rikastusmenetelmillä. Hienorikastuksessa erotettu kivimineraaliaines eli rikastushiekka varastoidaan selkeytysaltaisiin mahdollista myöhemmin tapahtuvaa kromiitin tarkempaa erotusta varten. /4/

Rikastetuotanto on noin 600 000 tonnia vuodessa. Määrästä yksi kolmasosa on pala- ja kaksi kolmasosaa hienorikastetta. Rikasteet käytetään yhtiön ferrokromitehtaan raaka-aineeksi. /4/

Rikastusprosessi Kemin kaivoksella

2.2.1. Louhinta ja murskaus

Maanalainen louhinta aloitettiin vuonna 2003. Sitä ennen on louhittu avolouhusta noin 170 metrin syvyyteen. Maanalaisessa louhoksessa louhinta on aloitettu 500 metrin syvyydestä, josta edetään ylös kohti avolouhoksen pohjaa. Louhintamenetelmä on poikittainen pengertäyttölouhinta, missä ensimmäisen vaiheen louhokset täytetään kovettuvalla sivukivitäytöllä ja toisen vaiheen louhokset pelkällä sivukivellä. /4/

Louhoksista ja peränajokohteista malmi kuljetetaan kuorma-autoilla maanalaisiin kaatonousuihin, joita on kaksi. Kaatonousuista malmi syötetään esimurskaukseen, josta malmi kuljetetaan hihnakuljettimella maanalaisiin esimurskesiiloihin. Esimurskesiiloilta malmi ohjataan edelleen mittataskun kautta nostokappaan. Malmi nostetaan kapassa kuilun kautta 70 metriä korkean nostotornin purkusiiloon, josta se syötetään rikastusprosessiin. Murskaamalla malmi murskataan ja seulotaan jatkoprosesseja varten kappalekokoon 10-100mm. /4/

Maanpinnalla tehtävä toisen vaiheen murskaus tapahtuu kartiomurskaimella. Murskattu malmi seulotaan jatkoprosesseja varten. Seulonnan tuotteet eli kappalekooltaan 10 – 100 mm oleva malmi menee palarikastamon syötteeksi ja hienompi aines hienorikastamon syötteeksi. Välivarastoitu malmi ajetaan leukamurskaimen kautta kartiomurskaimelle ja sieltä edelleen pala- ja hienorikastamon syötteeksi. Samoin voidaan murskata myös maanalaista louhos- tai peränajomalmia. /4/

2.2.2. Palarikastus

Murskatusta ja seulotusta malmista rikastetaan upotus-kellutus prosessilla (sink-float) palarikaste, välituote sekä palakivi. Palarikastuksessa murskattu ja esiseulottu malmi syötetään kahteen perättäiseen rumpuerottimeen, joissa ensimmäisessä malmikivien joukosta erotetaan pois palakivet. Toisessa rumpuerottimessa erotetaan varsinaisen palarikasteen joukosta pois matalapitoisemmat kivet välituotteeksi. Välituote murskataan murskaamalla hienorikastamon syötteeksi. /4/

Erotusrummuissa syöte jaetaan kahteen osaan: kelluvaan ja uponneeseen jakeeseen. Rummuissa on veden ja piiraudan seosta, jonka tiheys on huomattavasti veden tiheyttä korkeampi. Riippuen rumpuun syötettävän malmin tiheydestä, kivi joko kelluu lietteen pinnalla tai uppoaa lietteen läpi rummun pohjalle. Uponnut kivi sisältää enemmän kromia kuin kelluva kivi. /4/

Palarikastamon syöttö on vuositasolla noin 800 000 tonnia, josta palarikastetta noin 200 000 tonnia sekä palakiveä noin 140 000 tonnia. Tuotteiden tyypilliset pitoisuudet ovat keskimäärin palarikasteella 35.5% – $yksCr_2O_3$ ja palakivellä 5.0 – 10.0% – $yksCr_2O_3$. /4/

Murskauksesta syntynyt hienoaines sekä palarikastuksen välituote jauhetaan, jonka jälkeen malmista erotetaan hienorikaste mineraalien ominaispainoeroihin perustuvilla rikastusmenetelmillä. Märkärikastuspiirissä kromiitin ja sivumineraalien erotus tapahtuu Reichert-kartioerottimilla sekä spiraaleilla, joilla rikastetaan n. 0.07/0.7 mm:n kokoiset malmipartikkelit. Hienorikasteesta suodatetaan vesi rumpusuotimella. Rikasteen loppukosteus on alle 5 %. Hienorikastuksessa erotettu kivimineraaliaines eli rikastushiekka pumpataan ja varastoidaan selkeytysaltaisiin. Täyttyneet altaat peitetään ja maisemoidaan. Rikastusprosessissa ei käytetä muita kemikaaleja kuin veden selkeyttämiseen tarvittavaa flokkulanttia. /4/

2.2.4. Varastointi ja toimitus

Rikasteet varastoidaan varastohalleihin tai ulkovarastoalueelle. Varastot ja kasat on merkitty tuote- ja kasatunnuksin. Hieno- ja palarikaste varastoidaan kumpikin omiin varastohalleihin. Hallissa on kaksi homogenisointikasaa. Rikastekasan maksimikoko on noin 18 000 t, joka vastaa noin 2-4 viikon tuotantoa. Homogenisoinnin tarkoituksena on tasata rikasteessa olevia laatuvariaatioita. Tuotannollisista syistä hienorikastetta voidaan myös varastoida ulkovarastoalueelle. Palarikastetta ei saa varastoida ulos normaaliolosuhteissa. Rikasteet toimitetaan rekka-autoilla Tornioon. Varastoissa olevien rikasteiden varastoluetteloa ylläpidetään tuotannon tietojärjestelmän tietokannassa. Liitteenä on prosessikaavio Kemmin kaivoksen koko prosessista /4/

KIERUKKARIKASTUSPIIRIN TOIMINTAPERIAATE

3.1. Yleistä

Spiraalirotin on kenties yksi tehokkaimmista ja yksinkertaisimmista painovoimaerottimista. Yksinkertaisuutensa ja tehokkuutensa ansiosta se on saavuttanut laajalti suosioita ja sitä on otettu käyttöön vaihteleviin laiteyhdistelmiin. Huolimatta siitä, kuinka hyvin kierukkaerottimet on otettu vastaan, tiedetään suhteellisen vähän partikkelien erottumisesta spiraalikaukalossa. Painovoimaerotusmenetelmien uusi tuleminen viime vuosikymmenten aikana on vilkastuttanut tutkimus- ja kehitystyötä ja tulosta onkin syntynyt. /5/

Spiraali on poikkileikkaukseltaan likimain puolipyörän muotoinen kiertelle taivutettu ränni. Rikastettava, 15-45% kiintoainetta sisältävä liete syötetään erillisen syöttölaatikon kautta spiraaliin. Syöttölaatikko vähentää lietteen nopeutta, tasaa syötettä ja saa aikaan oikean suuntakuvion virtaukselle. Lietteen virratessa spiraalia pitkin rakeisiin vaikuttavat seuraavat voimat: maan vetovoima, lietteen ja kourun välinen kitka, lietteen sisäiset leikkausvoimat ja keskipakovoima. /2/

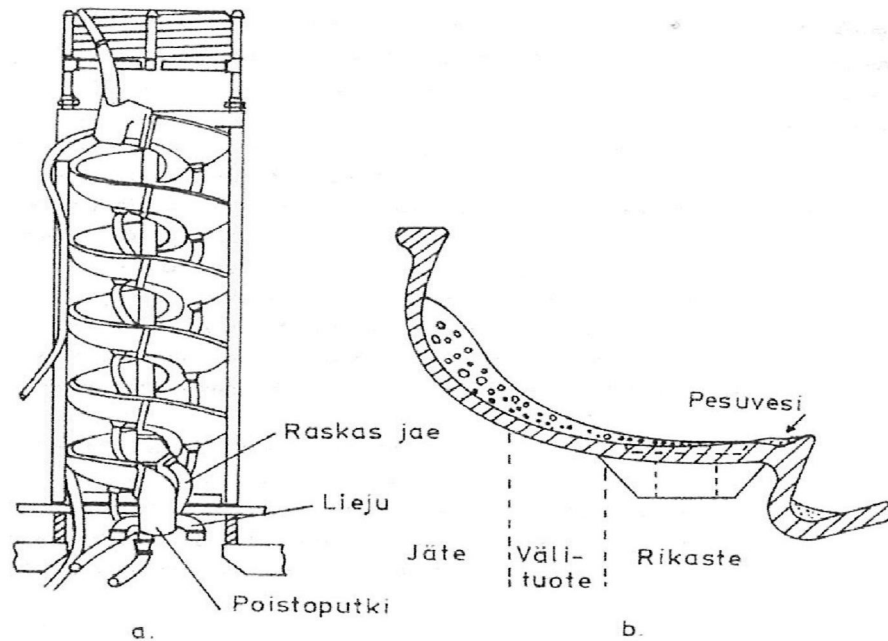
Koerikastuspiraaleitten toimittaja on ottanut nämä asiat huomioon spiraaleita suunniteltaessa, jotta saavutettaisiin riittävä rikastusaste. Spiraalien mitoitukselta on annettu melko hatarat tiedot, joten niiden mallintaminen on melko haastavaa. Tämä johtuu siitä, että he eivät haluaisi spiraaleita koptoitavan tai rakennettavan itse.

Virtauksen aikana tapahtuu rakeiden hidasteista vajoamista ja keskinäistä pujottelua ja ne pyrkivät kerrostumaan sekä horisontaali- että vertikaalitasossa. Horisontaalitasossa vaikuttaa säteen suuntainen nopeusgradientti, minkä johdosta raskaat rakeet pysyttelevät lähellä kierukan keskiosaa, mutta kevyet kiirehtivät ulkokehälle, suuremman nopeuden alueelle. Vertikaalitasossa tarkasteltaessa havaitaan raskaiden rakeiden liikkuvan lähellä spiraalin pohjaa. Sen sijaan kevyet rakeet sijoittuvat lietteen ylimpään osaan. /2/

Kun keskipakovoima vaikuttaa virran eri komponentteihin, virtaan muodostuu pyörre, joka pyrkii kuljettamaan rakeita virran yläpinnalla kehälle päin, mutta virran pohjalla keskelle päin. Tämä auttaa raskaita rakeita asettumaan kierteen tasaiselle osalle, josta ne joutuvat lähelle sisäreunaa sijoitettuihin rikasteen poistoaukkoihin. Erotuksen tehostamiseksi syötetään spiraalin sisäreunan yli lisävetä, jonka määrää voidaan venttiileillä säätää. Lisäveden tarkoitus on parantaa rikasteen pitoisuutta. Spiraalin toiminta on esitetty kuvassa 1. /5/

Rikasteaukoissa, joiden läpimitta on n.50 mm, on säädettävät siivekkeet. Niiden avulla voidaan rikasteen määrää muuttaa, joskin ne pyritään pitämään likimain vakioasennossa. Tämä on mahdollista, mikäli syötteen määrä ja laatu pysyvät kutakuinkin vakiona. Jäte poistuu kierukan alapäästä ja välituote voidaan erottaa rikasteaukkoja ulompana olevista aukoista. /5/

Koerikastusspiraalien virtausta tullaan säätämään kahtiointilaitteilla, joita asennetaan jokaisen syöttölaatikon päälle. Vain esirikastuspiireille syöttävän laatikon päälle ei asenneta kahtiointilaitetta. Lisäksi heti syklonin jälkeen asennetaan hiukan suurempi kahtiointilaite.



Kuva 1. Periaatekuva spiraalista, a. Kokoonpano, b. Poikkileikkaus ja virrassa oleva pyörre /2/

3.2. Spiraalityypit

Esirikastuspiirissä olevaan spiraaliin kuuluu tavallisesti viisi täyttä kierrettä ja kertauspiirissä kolme. Kierukassa on siipitulppien avulla säädettävät aukot rikasteen ja mahdollisen väliuotteen poistoa varten sekä sisäreunalla vesikouru, josta ränniin johdetaan pesuvesi. Jäte poistuu kierukan alapäästä. /2/

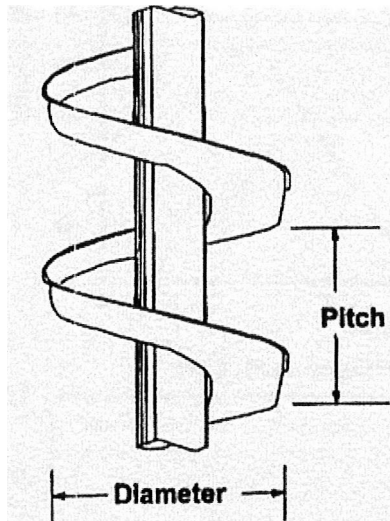
Koerikastuspiireissä on kaikissa kaksi lähtöä yhtä spiraalia kohden. Esi- ja riperikastuspiireissä on viisi täyttä kierrosta ja spiraaleissa jotka tekevät lopullista tuotetta on seitsemän täyttä kierrosta.

Spiraalin rakenteeseen vaikuttavat päätekijät ovat kierteen nousu (pitch), kourun profiili ja kierteen pituus, kuten kuvassa 2 on esitetty. Kaikki nämä suunnitteluparametrit vaikuttavat

en vaikuttaa merkittävästi kokonaistehokkuuteen. Muita suunnitteluun vaikuttavia tekijöitä ovat valmistusmateriaalit ja valmistusmenetelmät, jotka vaikuttavat itse kourun rakenteeseen. /3/

Koerikastuspiirien valmistaja on ilmoittanut, että spiraalit on tehty paloherkstä materiaalista, joten esimerkiksi hitsaaminen, polttoleikkaaminen tai muu tulityö spiraalien lähettävillä on kiellettyä tai spiraalit tulee suojata hyvin kipinöiltä. Spiraalien mallintamiseksi jouduin arvioimaan kierteen nousun, mutta profiili on tehty 3D-kuvien yksinkertaistamiseksi puoliympyrän muotoon.

Nykyisin spiraalien valmistajilta saa monenlaisia spiraaleita jokaiselle käsiteltävälle malmille. Tarjolla on monenlaisia profiileja, kaltevuuksia, pituuksia, leveyksiä ja pinnan karkeuksia takaamaan optimaaliset virtausolosuhteet. Prosessoitavien malmien laadun vaihtelevuuden vuoksi, pyritään löytämään sopivilla ominaisuuksilla varustettu erotuslaitteisto juuri omiin tarpeisiin, jotta päästäisiin mahdollisimman pieniin häviöihin ja suureen saantoon. /5/



Kuva 2. Spiraalin nousu ja halkaisija /3/.

Nykyään kaikkein pisimmälle kehitetyissä saatavilla olevissa spiraalierottimissa on ominaisuus mukautua virtaavan lietteen ominaisuuksien muutoksiin kourun muuntuvan profiilin mukaan. Kehitystyö on tuonut spiraaleihin myös muita ominaisuuksia, kuten eri keinoja välituotteen erottamisen, virran suuntaajia ja uudelleen sekoittajia. /5/

Kun kierukan lisävesi jätetään pois, kierukan ylläpito yksinkertaistuu ja samalla kustannuksissa tulee säästöjä. Lisävedettömät spiraalit ovat profiililtaan matalia. Suuria määriä käsittelemään tarkoitetuissa spiraaleissa sen lisäksi, että rikaste ja välituote erotetaan spiraalin alapäästä, voidaan rikastetta poistaa myös ylempänä olevista aukoista, kun pitoisuus on korkea. Parantunut kierukkaerottimen rakenne tarjoaa entistä tehokkaamman ja taloudellisemman vaihtoehdon Reichert-kartiolle. Kaksois- ja kolmoiskierukat, joissa useampi lähtö on integroituna samaan tilaan, ovat hyvä taloudellinen ratkaisu yksittäisen spiraalinkourun pienen kapasiteetin vuoksi. /5/

Oleellisesti kaikki spiraalit, joista rikastetta poistetaan useasta kohtaa, vaativat pesuvettä koko kierteen pituudelta. Pesuveden tarkoituksena on pestä kevyt materiaali rikasteen pinnalta pois ennen rikasteen poistamista. Kuvassa kolme on esitetty rikasteen poistoratkaisuja spiraalista. Jos pesuvettä ei käytetä, rikasteeseen joutuu liian paljon sivukiveä. Pesuveden tarve riippuu käsiteltävän materiaalin määrästä, spiraalin kuormasta ja syöttölietteen raakoosta. Pesuvettä tarvitaan hieman enemmän karkealle syötölle sekä syöttöille, joissa on suuria määriä painavaa mineraalia ja korkeat kuormat. /3/

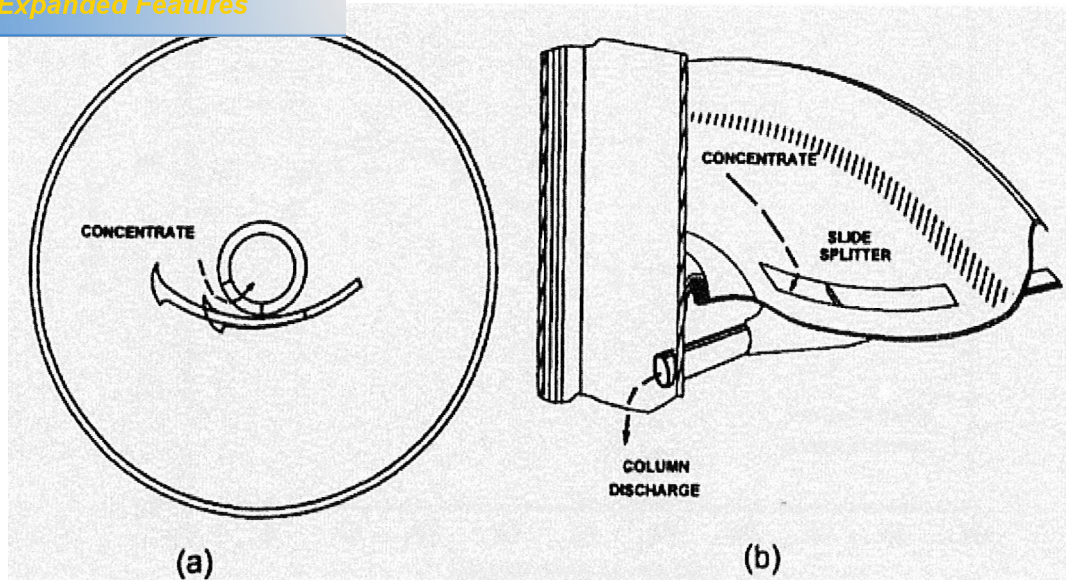
Kierukoiden kapasiteetti lähtöä kohden vaihtelee 1 – 3 t/h. Kierukoita valmistetaan vaihtelevin kaltevuuskulmin kaltevuuskulman vaikuttaessa rikasteen laatuun ja saantoon. Jyrkempiä laskuja käytetään normaaleille raskaille mineraaleille. Kaltevuudeltaan jyrkempiä kierukoita käytetään erottamaan raskaita mineraaleja raskaista jätemineraaleista. Eripituisia kierukoita tulisi käyttää hyväksi eri raekokojen mukaan. Lyhyemmät kierukat ovat tehokkaampia karkeimmille partikkeleille, kun taas pidempiä käytetään hienompia rakeita erottamaan. /5/

Kun rikastaminen spiraalissa on käynnissä ja materiaalia alkaa keräytyä muodostaen patjan sisimmälle alueelle, alkaa patjan viskositeetti kasvaa ja sen nopeus hidastuu. Kun materiaalia kerääntyy yhä enemmän sisäkehälle, patjasta tulee stabiili ja se laajenee myötäillen kourun profiilia. Lopulta tämä ehkäisee kourussa erottumisen tapahtumisen. Siksi spiraalit on useimmiten varustettu erityyppisillä jakajilla, joilla helpotetaan erottuneen kiintoaineen poistumista kierukasta ja näin ehkäistään lietteen puuroutumisesta aiheutuvat ongelmat. /5/

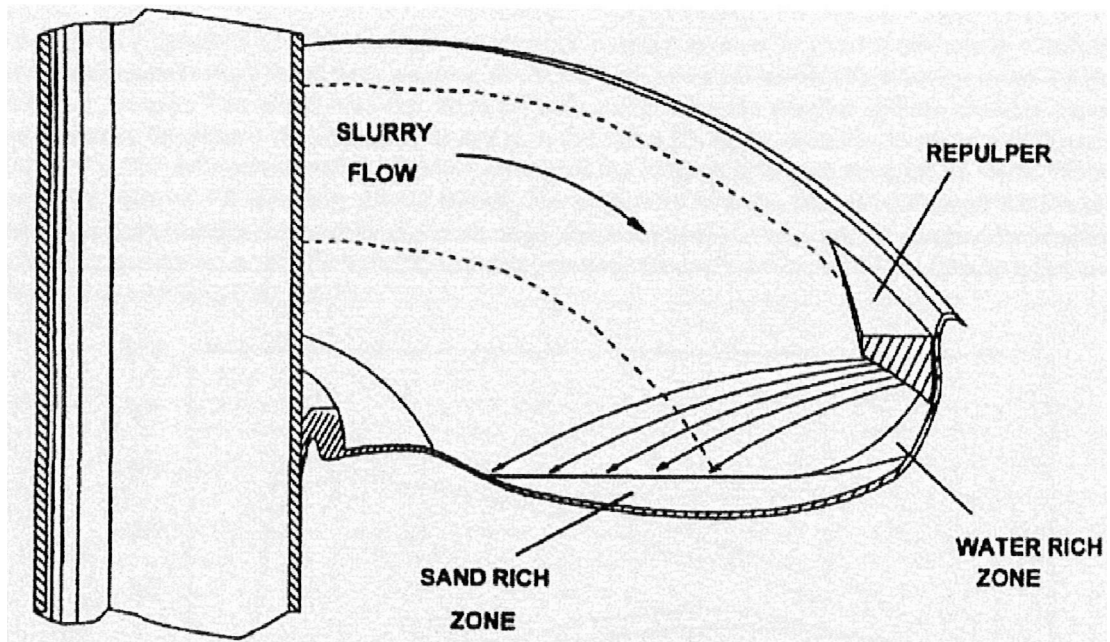
Kun erityisesti lisävedettömissä spiraalierottimissa on erottuminen tullut vaiheeseen, jossa lietteessä oleva fluidi on pääosin linkoutuneena ulkokehälle, on edullista ikään kuin kierrättää uudelleen ulkokehän vetisempää lietettä sisemmille, konsentroituneemmille alueille. Näin palautetaan lietteen juoksevuutta ja tällä keinolla annetaan myös toinen mahdollisuus eksyneille partikkeleille hakueta edullisempiin asemiin. Kuvassa neljä on esitetty uudelleen sekoittajan toimintaa /5/

Kolmessa esirikastuspiirissä on uudelleen sekoittajat, jotka parantavat omalta osaltaan rikastuksen saantia.

[Click Here to upgrade to
 Unlimited Pages and Expanded Features](#)



Kuva 3. Rikasteenotto tyyppejä: a) banaani b) siipitulppa /5/



Kuva 4. Uudelleen sekoittajan toiminta /5/

3.3. Spiraalien käyttö

Lietetiheyden kasvaessa sekä saanti että rikasteen pitoisuus huononevat. Huuhteluveden määrä on kussakin tapauksessa kokeiltava erikseen. Kierukoita voidaan käyttää tuottamaan

stusvaiheessa, kerrattu rikaste ja kertausjäte sekä yhteisrikaste ja lopullinen jäte tai riperikastus jonkin muun prosessin jätteestä. /2/

Lietetiheyden liiallista kasvua ja saannin heikkoutta estämään on koerikastuspiirissä laitettu lisävettä tietyissä prosessin vaiheissa, jolloin vettä pystytään lisäämään tarpeen mukaan.

Kierukoiden käyttö on joustavaa ja niiden hankintahinta on halpa, mutta vastapainona on vaatimaton kapasiteetti. Nykypäivänä kuitenkin laitteiden valmistajat ovat kehittäneet suurikapasiteettisia spiraaleita. /2/

Kaikille painovoimaerottimille on yhteistä, että syöte tulee valmistella huolella, jolloin jauhatus, seulonta, sulkeiset piirit ja mahdollisesti luokitus ovat huomion kohteena. Vaikka sulkeisten piirien avulla pyritään pitämään erotinten syöttö tasaisena, se lisää erittäin pienien partikkelien muodostumista, jotka taas ovat erotusprosessille haitallisia. Erottimet ovat erityisen herkkiä näille hyvin pienille partikkeleille, jotka kasvattavat lietteen viskositeettia, pienentävät erotusterävyyttä ja heikentävät lietevirran optista arviointia. /5/

Kun oikeanlainen spiraali on valittu ja asennettu paikoilleen, on sen käyttäminen hyvin yksinkertaista. Käyttöhenkilöstölle jää tehtäväksi vain pyrkiä takaamaan, että syöte täyttää mahdollisimman hyvin kyseen omaisen kierukan vaatimukset ja huolehtimaan, että mekaanisesti yksiköt toimivat tyydyttävästi eikä niihin kerry epäpuhtauksia, jotka häiritsevät virtausta. /5/

3.4. Spiraalikoerajopiirin tarkoitus

Tällä hetkellä Kemin kromikaivoksella käytetään kartioerottimia esirikastus- ja riperikastuslaitteina hienorikastamolla. Spiraalikoerikastuspiirin suunnittelulla ja myöhemmin sen rakentamisella on se tarkoitus, että saataisiin kokeiltua testiajoilla onko myöhemmin kannattavaa korvata kartioerottimet spiraaleilla, ja minkälaiset spiraalit kannattaisi hankkia. Tässä vaiheessa voidaan jo todeta, että huolto ja varaosakustannukset ovat matalammat spiraaleissa kuin kartioerottimissa. Lisäksi käytönaikainen seuranta tulisi olemaan helpompaa.

Spiraalikoerikastuspiiri tulee sijaitsemaan hienorikastamolla sakeuttimen vieressä. Paikalta puretaan vanhoja magneettierottimen osia koska magneettierotin ei ole enää käytössä. Magneettierottimen kaksi pumppukaivoa otetaan käyttöön tässä työssä

TKISTOT

4.1. Virtausteoria

Nesteen peruslaki tunnetaan nimellä Bernoullin laki, joka liittyy nesteen ja kaasun virtauksiin. Lain mukaisesti putkessa virtaavan fluidin nopeus suurenee ja paine pienenee, kun putki kapenee. Suljetussa putkessa virtauksen kokonaisenergia on vakio. Energia esiintyy potentiaalienergiana, joka riippuu staattisesta paineesta, ja liike-energiana, joka riippuu aineen liikkeestä, dynaamisesta paineesta. Koska kokonaisenergia on vakio, kineettisen energian kasvua seuraa staattisen paineen lasku ja päinvastoin. Virtauksen staattisen ja dynaamisen paineen summa on vakio. /2/

$$\rho_1 gh + p + \frac{\rho_1 v^2}{2} = \text{vakio}, \quad (1)$$

Jossa, $\rho_1 =$ nesteen tiheys, $\frac{kg}{m^3}$

$g =$ maan vetovoiman kiihtyvyys $\frac{m}{s^2}$

$h =$ nesteen poikkileikkauspinnan etäisyys tietystä perustasosta, m

$p =$ nesteen paine, Pa

$v =$ nesteen virtausnopeus, $\frac{m}{s}$

Edellisen kaavan vasen puoli ilmaisee virtauksen aikaansaamiseksi tarvittavan tai yhtä hyvin sen tuottaman energian. Tätä varten kaava voidaan kirjoittaa muotoon

$$E = h + \frac{p}{g\rho_1} + \frac{v^2}{2g} \quad (2)$$

Tämä ja edellinen kaava pätevät kitkattomissa olosuhteissa ja käytännön oloja varten on lisättävä termi h_f , jolloin se saa muodon:

$$E = h + \frac{p}{g\rho_1} + \frac{v^2}{2g} + h_f \quad (3)$$

Virtaus on mahdollista vain, jos on olemassa energiagradientti eli energia muuttuu virtauksen kestäessä. Jos systeemiin lisätään pumppu, se saa aikaan hyppäyksen virtausmäärässä. /2/

Liete eroaa nesteestä sisältämänsä suspensionä olevan kiintoaineen vuoksi. Lietteestä oleva kiintoaine ei voi absorboida, varastoida eikä siirtää paine-energiaa, vaan se on pelkästään

ti johdon seiniin kohdistuva paine johtuu nestemolekyylien iskuista. Lietettä täynnä olevassa johdossa sen yläpäässä olevalla kiintoainemassalla on sama potentiaalienergia kuin samankokoisella nestemassalla. Putken alapäässä kiintoaine laskeutuu pohjalle eikä sillä enää ole putken kannalta potentiaalienergiaa, joka virtauksen aikana on muuttunut mm. lämmöksi. Putken pohjalla olevalla nesteellä on tietty paine-energia, joka on sama kuin potentiaalienergia putken suulla. Kiviaines on siis itse virtaustapahtuman kannalta katsottuna menettänyt energiansa. /2/

Jos putkessa olevan lietteen tiheys on esimerkiksi 1,3, on paine putken alapäässä 1,3 kertaa vedenpaine, sillä tämä paine on tarpeen, jotta vesi pystyisi kannattamaan siinä suspensiona olevan kiintoaineen. /2/

Lietteen virratessa rännissä tai putkessa tarvitaan veden virtaukseen verrattuna lisäenergiaa voittamaan kiintoaineen ja veden välinen kitka eli lietteen viskositeetin vaikutus. Toinen kitkatekijä syntyy kiintoaineen hangatessa johdon sisäpintaa. Lisäksi tarvitaan energiaa pitämään johdossa yllä niin suuri nopeus, että kiintoaine pysyy suspensiona. Tämän nopeuden raja-arvoa sanotaan kriittiseksi nopeudeksi. /2/

Lisäenergia riippuu kiviaineen määrästä, tiheydestä, raekoosta ja muodosta. Veden virtauksen kaavoilla saadaan minimivaatimukset selville, mutta optimijohdon laskeminen lietteelle onkin jo vaikeampi ja monitahoisempi asia. Kriittisen nopeuden laskemiseksi on olemassa useita kaavoja. /2/

Litteitä pumpattaessa nopeudet vaihtelevat tapauskohtaisesti ja niiden kitkahäviöt kasvavat. Samalla myös nopeus kasvaa putken poikkipinta-alan pientyessä. Jos pumpun moottorin teho riittää, putki pysyy auki. Jossakin tulee kuitenkin raja, jolloin putki menee tukkoon. /2/

Liian suuren nopeuden haittana on turha energiankulutus ja putken nopea kuluminen. Hyvin ohut pohjalle laskeutunut kerros suojaa putkea eikä vielä aiheuta suuria häviöitä. /2/

4.2. Pumppauksen teoria

Pumpun nostokorkeus voidaan jakaa kolmeen osaan /2/:

- Staattinen nostokorkeus H_s on suora nostokorkeus pumppukaivon lietepinnan ja pumpun paineputken yläpinnan välillä. Tätä voidaan sanoa myös geodeettiseksi nostokorkeudeksi.
- Dynaaminen nostokorkeus H_d on sama kuin putken virtaushäviöt ja siihen on kiinnitettävä erikoista huomiota pitkien linjojen ollessa kyseessä.
- Nopeuskorkeus, H_n vastaa Bernoullin lain termiä $\frac{v^2}{2g}$. Sen merkitys on yleensä vähäinen.

Kokonaisnostokorkeus, H on näiden kolmen summa eli

$$H = H_s + H_d + H_n \quad (4)$$

Pumpun nostokorkeus on riippumaton nostettavan nesteen tiheydestä, mutta paineputkiston paine on sama kuin veden aiheuttama paine kerrottuna pumpattavan nesteen tai lietteen tiheydellä. /3/

Pumpun hyötysuhde, η on:

$$\eta = \frac{\rho_1 g H Q}{P}, \quad (5)$$

missä,

$$\rho_1 = \text{pumpattavan nesteen tiheys, } \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$g = \text{maan vetovoiman kiihtyvyys, } \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

H = nostokorkeus, m

$$Q = \text{pumpattava nestemäärä, } \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$P = \text{tehontarve, } w = \frac{\text{kgm}^2}{\text{s}^3}$$

Pumpun kapasiteetti ilmoitetaan vaihtelevasti $\frac{\text{m}^3}{\text{h}}$; $\frac{\text{m}^3}{\text{min}}$; $\frac{\text{m}^3}{\text{s}}$ tai $\frac{1}{\text{min}}$

Keskipakopumpun ottama teho saadaan kaavasta

$$P = \frac{1000 \rho_1 Q H}{60 * 102 n_1 n_2} \text{ kW}, \quad (6)$$

missä,

P = tehonotto, kW

$$Q = \text{lietemäärä, } \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

$$\rho_1 = \text{lietteen tiheys } \frac{\text{t}}{\text{m}^3}$$

H = kokonaisnostokorkeus, m

n_1 = pumpun hyötysuhde, yleensä n. 0,35-0,7

n_2 = moottorin hyötysuhde, n. 0,9

$$1 \text{ kW} = 102 \frac{\text{kgm}}{\text{s}}$$

Keskipakopumpun kohdalla ovat voimassa seuraavat säännöt:

- Pumpun kapasiteetti on suoraan verrannollinen sen nopeuteen.
- Pumpun nostokorkeus on suoraan verrannollinen nopeuden neliöön
- Pumpun tehonotto on suoraan verrannollinen nopeuden kuutioon.

Näistä vain tehonotto on riippuvainen nostettavan nesteen tai lietteen tiheydestä.

Pumppujen valmistaja ilmoittaa pumppujen ominaisuudet vettä pumpattaessa ns. ominaiskäyrien avulla. Ne ovat H-Q-käyriä, joihin on merkitty pumpun nopeudet ja usein myös tehonotot. Käyrästöjen avulla pumpun valinta on helppo. /2/

Pumpun ominaiskäyrän kanssa samaan akselistoon voidaan piirtää myös virtausvastus, joka on pumpattavan ainemäärän mukaan kasvava, jos putken läpimitta pysyy samana. Ominais- ja vastuskäyrien leikkauspiste on pumpun toimintapiste. /2/

Jos tarvittava nostokorkeus on suurempi kuin pumpun nostokorkeus, on asennettava sarjaan tarvittava määrä pumppuja. Kokonaisnostokorkeus on sarjassa olevien pumppujen nostokorkeuksien summa. Ensimmäisen pumpun paineputki yhdistetään toisen imupuolelle jne. /2/

Jos pumpattava lietemäärä vaihtelee, kuten rikastamo-oloissa on tavallista, on hyvä turvautua pumpun nopeuden säätöön. Se voidaan toteuttaa monella eri tavalla, kuten esimerkiksi nestekytkimen avulla, mekaanisella variaattorilla, moottorin tyristorisäädöllä tai kommutaattorimoottorilla. /2/

Myös pumpun painepuolen kuristus pienentää pumpun tuottoa, mutta se on epätaloudellista. Imupuolen kuristaminen aiheuttaa kavitaatiota ja se taas pumpun kulumista. Pumppua valittaessa olisi kiinnitettävä huomiota sen hyötysuhteeseen, sillä jatkuvasti pyörivänä koneena huono hyötysuhteen omaavaa pumppua kannata ottaa ilmaiseksikaan, jos parempia on saatavilla. /2/

Lietteiden pumppauksessa käytetään pääasiassa seuraavia pumppuja:

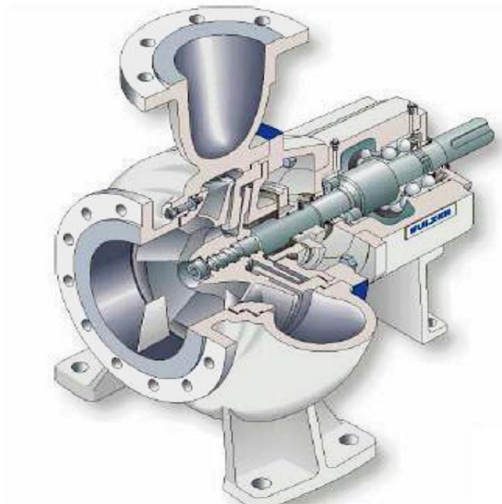
- keskipakopumput
- kalvopumput
- mäntäpumput.

Käytettävä pumppu määräytyy käyttötarkoituksen mukaan. Sen koon määrää tarvittava kapasiteetti, ja se yhdessä nostokorkeuden kanssa sanelee pumpun nopeuden. Vaakasuorassa asennossa olevat keskipakopumput soveltuvat kaikkiin rikastamossa esiintyviin pumppaustehtäviin. Pystypumppuissa on itse pumppuun kuuluvana pumppukaivo, ja niiden erikoisala on vaahtoavien lietteiden käsittely. Kuoppapumpun käyttö selviää jo nimestä. Sen voi asentaa talteenottokaivoon tai pienen pumpun vaikkapa vaahtotuskoneen rikasteränniin. /2/

Vaaka-asentoisen keskipakopumpun rakenne on esitetty kuvassa 6. Pumpun kulumisosat voidaan valmistaa kovametallivaluseoksesta tai valuraudasta, luonnonkumista tai keinoikumista. Kahdessa viimeksi mainitussa tapauksessa osan tukena on tarvittaessa teräsrunko. Kestävintä näistä on luonnonkumi, mutta se ei siedä kovia lämpötiloja rajan ollessa $+60^{\circ}\text{C}$. Myös rasvat aiheuttavat vahinkoa kumille. Keinoikumi kestää sekä rasvoja että kuumaa liettä. Jos lietteestä on karkeitä rakeita, käytetään Ni-hard-valusta tehtyjä kulumisosia. /2/

Keskipakopumpuille joilla pumpataan liettä, juoksupyörä, pesä ja sivulevyt sekä imuholkki ovat kulumiselle alttiita. Kumista tehtynä kulumisosia on vain neljä: juoksupyörä, pesänvuoraukset, joista toinen imupuolella ja toinen poksien puolella sekä neljäntenä imuholkki. /2/

Pumpun valinta tapahtuu käytännössä valmistajan esitteiden perusteella, kun oma tarve on ensin selvitetty. Viimeksi mainitusta on putkivastusten määrittäminen hankalin toimenpide. Sen helpottamiseksi on kehitetty erilaisia nomogrammeja. Putkistojen eri osilla on erilaisia vastusarvoja joitten avulla määritellään käyrästä eli nomogrammi. /2/



Kuva 6. Keskipakopumpun rakenne. /8/

4.4. Muut lietepumput

Kalvopumput ja mäntäpumput ovat meidän oloissamme harvinaisia. Edelliset ovat vanhanaikaisia ja jälkimmäisiä ei tarvita, koska käyttötarkoitus ei ole riittävän vaativa. Kalvopumput on korvattu keskipakopumpuilla. Tätä puolta keskipakopumppujen tehokkuus ja se, että ne ovat varmempia käynniltään. Mäntäpumppu soveltuu suurien lietemäärien ja pitkien matkojen, kymmenien tai satojen kilometrien pituisten pumppauslinjojen pumpuksi. /2/

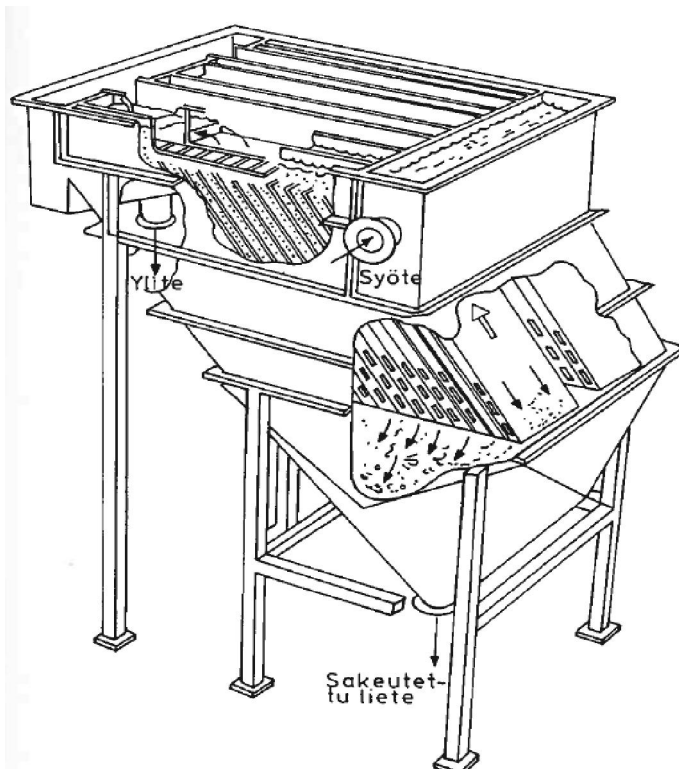
KASTUSPIIRIN LAITEET

5.1. Sakeutin

Sakeuttimen toiminta perustuu joko maanvetovoimaan tai keskipakovoimaan. Edellisiä ovat varsinaiset sakeutussammiot ja lamellisakeuttimet, jälkimmäisiin kuuluvat syklonit ja sentrifugit./2/

Koerikastuspiirissä käytetään lamellisakeutinta. Sakeutussammion toiminta perustuu kiintoaineen laskeutumiseen laaja-alaisen laitteen pohjalle, josta hara vetää sen poistolieriöön. Syötettä johdetaan jatkuvasti sammion keskelle ja samoin poistetaan alitetta ja ylitettä. Lamellisakeutin koostuu 45–55 asteen kaltevuuteen asennetuista levyistä. Levypakan alapuolella on suppilomainen tai sylinterimäinen laskeutuneen tuotteen kokoomaosa. Lamellisakeutin on mallinnettu koerikastuspiraalien ja sitä ympäröivien hoitotasojen viereen./2/

Syöte voidaan johtaa ylhäältä levyjen puolivälin paikkeille niiden väliin tai levypakan kummallekin sivulle, josta se pääsee menemään levyjen väleihin. Ylite virtaa levyjen yläreunojen yli ja joutuu ylitteen poistoputkeen. Sakeutettu liete painuu laitteen pohjakartioon, josta se poistetaan venttiileillä varustetun putken tai ruuvikuljettimen avulla./2/



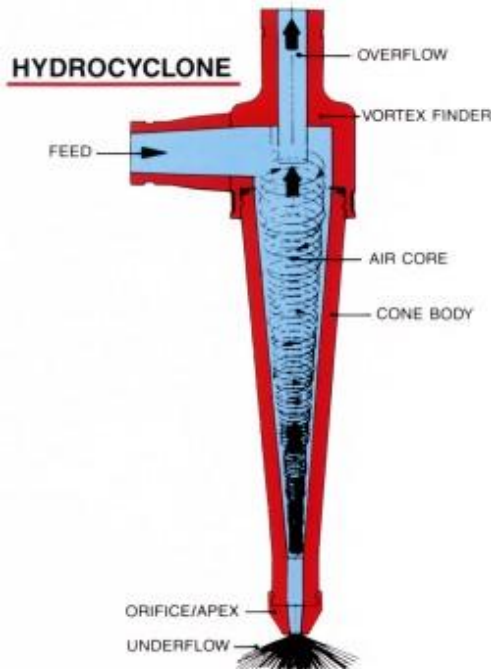
Kuva 7. Lamellisakeuttimen kokoonpano. /2/

5.2. Sykloni

Sykloni on hyvin suosittu erotin, sillä se on helppo asentaa ja kokoonsa nähden sillä on suuri kapasiteetti. Kun käsiteltävä materiaali on suhteellisen karkeaa, muodostuu syklonin kuluminen ongelmaksi ja sen vuoksi on kiinnitettävä huomiota syklonin vuoraukseen erikoisesti aliteaukon osalta. /2/

Erottimen muodostaa horisontaalitasoon nähden 15–45 asteen kulmaan asennettu putki, jonka yläpäässä on putki syötettä ja alapäässä kevyttä tuotetta varten. Väliaine syötetään tangentiaalisesti putken alaosaan ja raskas tuote erotetaan samoin tangentiaalisesti putken yläosasta. Syöte johdetaan putken yläpään n. 1–2 metrin painekorkeudelta. /2/

Tangentiaalisesti syötetty väliaine kiertää putken seinämää ylöspäin ja muodostaa putken keskelle ilmatilan. Väliainevirtaa vastaan tuleva, syötteessä oleva raskas aines tempautuu erottimen seinälle ja joutuu poistoputkeen miltei välittömästi laitteeseen tultuaan. Hienoaines jatkaa matkaa laitteen keskiosan öilmakanavassa ylöspäin, kunnes poistuu yläpäässä olevan poistoputken kautta. Tiheydeltään keskivälin rakeet liikkuvat väliaineen joukossa, kunnes joutuvat poistoaukkoon. /2/



Kuva 8 Syklonin toimintaperiaate. /1/

6. KOEAJOPPIIRIN TERÄSRAKENTEIDEN SUUNNITTELU

Koerikastuspiirin hoitotasot sijoitetaan spiraalikoerikastuspiirin ympärille. Hoitotasot rakennetaan siten, että vanhojen hoitotasojen kohdalta rakennetaan jatkoa siten, että hoitotasot ylettyvät spiraalien ympärille. Hoitotasoja tulee olemaan kaksi. Ylemmältä tasolta päästään käsiksi kahtiointilaitteisiin ja syöttölaatikoihin ja sieltä pystytään mahdollisesti säätämään ja huoltamaan laitteita.

Alemmalta tasolta spiraaleille on tehty myös reitti mahdollisia huoltoja ja puhdistuksia varten, vaikkakin spiraalien huollontarve on yleensä melko vähäistä. Opinnäytetyössä suunnitellut hoitotasot ja niiden teräsrakenteet on suunniteltu Outokummun tehdasstandardien mukaan.

Hoitotason runko on yhdistetty spiraalien rungon kanssa neliöpalkeilla ja potkulistoilla. Tällä on pyritty vähentämään ylimääräisiä rakenteita ja näin ollen hoitotason ja spiraalien aiheuttamaa kokonaisuutta. Ylempi hoitotaso on tuettu spiraalien rungon yläosaan ja erilliset tukipalkit ylemmältä hoitotasolta lattiaan on voitu näin ollen jättää pois. Spiraalien rungon ja hoitotason putkipalkkien rakentamisessa tullaan osittain käyttämään materiaaleja joita saadaan purettaessa vanhoja magneettierottimen osia hoitotason tieltä pois.

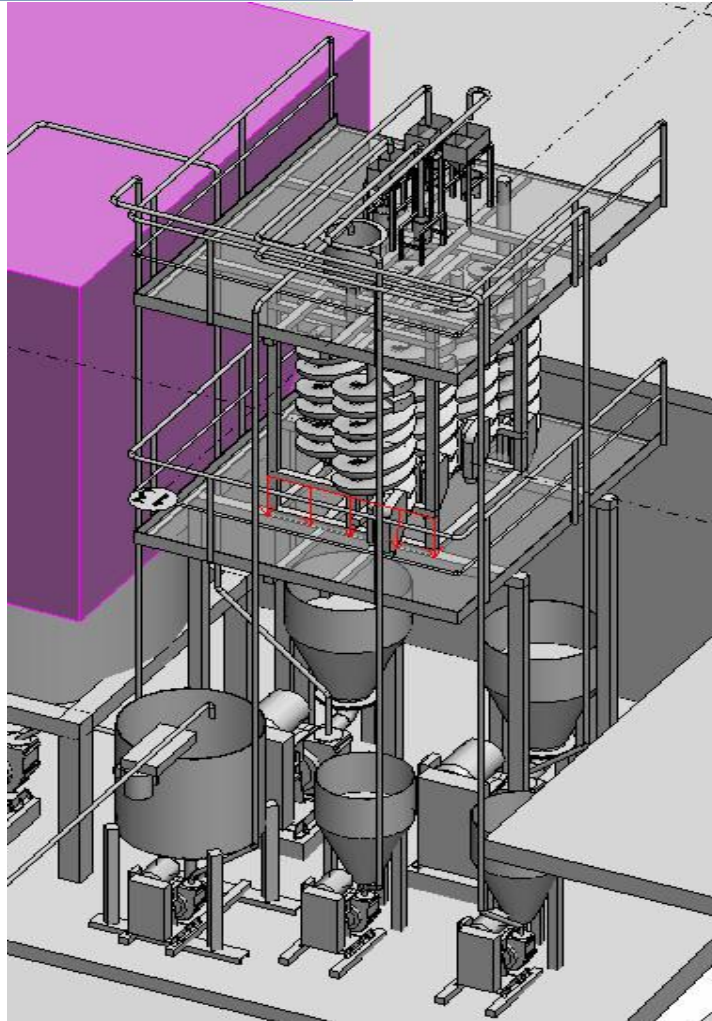
6.1. Hoitotason materiaalit

Koerikastuspiirin spiraalien ympärille rakennetaan piirustusten mukaisesti hoitotasot kahteen kerrokseen spiraalien pesemistä, huoltamista ja käytön tarkkailua varten. Alla on esitetty materiaalit, mitä hoitotasot ja spiraaleille tarkoitettu runko vaatii:

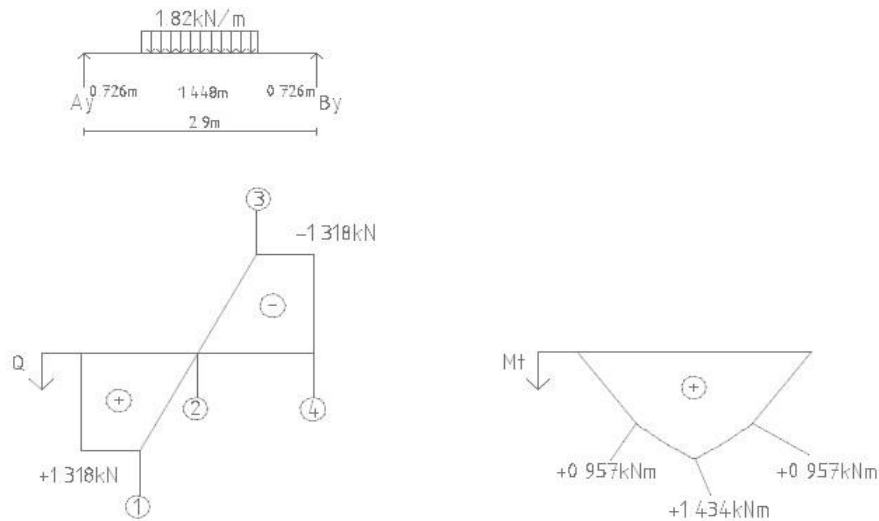
- kuumavalssattu kulmatanko 150x75x9, 18.6m x 15.3 kg/m \approx 285 kg
- putkipalkki 120x120x3, 14.4m x 20.75 kg/m \approx 298.8 kg
- putkipalkki 80x80x4, 33m x 9.22kg/m \approx 304.3 kg
- ainesputki \varnothing 42.4x4, 35.4m x 3.81kg/m \approx 134.9 kg
- ainesputki \varnothing 26.9x4, 19.2m x 2.28kg/m \approx 43.8 kg
- finnrasti-tasoritilä 6x1000mm x 1690mm \approx 348 kg.

6.2. Lujuuslaskut

Lujuuslaskut on tarkasteltu kuvan 9 mukaisesti, kohdasta, johon tässä tapauksessa on oletettu tulevan suurin kuormitus. Hoitotaso on lähes symmetrinen, joten oletetaan, että kuormitus on tasaisesti jakautunut molemmille vaakapalkeille.



Kuva 9. Hoitotason rungossa suurin kuormitus.



Kuva 10. Vk-kuva, Q- ja Mt-kuvio kuormitus tilanteesta

$$\text{Momentti A:n ympäri } -1.82\text{kN/m} \cdot 1.448\text{m} \cdot 1.45\text{m} + B_y \cdot 2.9\text{m} = 0 \Rightarrow B_y = \frac{3.82\text{kNm}}{2.9\text{m}}$$

$$B_y = 1.32\text{kN}$$

$$\uparrow A_y - 1.82\text{kN/m} \cdot 1.448\text{m} + 1.32\text{kN} = 0 \Rightarrow A_y = 1.318\text{kN}$$

Q-kuviosta katsotaan:

$$\text{Momentti 1 kohdan ympäri: } 1.32\text{kN} \cdot 0.726\text{m} = 0.958\text{kNm}$$

$$\text{Momentti 2 kohdan ympäri: } 0.957\text{kNm} + 1/2 \cdot 1.32\text{kN} \cdot 0.724\text{m} = 1.435\text{kNm} \quad M_{t_{\max}} !$$

$$\text{Momentti 3 kohdan ympäri: } 1.435\text{kNm} - 1/2 \cdot 1.32\text{kN} \cdot 0.724\text{m} = 0.957\text{kNm}$$

$$\text{Momentti 4 kohdan ympäri: } 0.957\text{kNm} - 1.32\text{kN} \cdot 0.726\text{m} = 0$$

Iz taulukkoarvo on 120x120x3 neliöpalkille

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{t_{\max}}}{I_z} \cdot b \Rightarrow \frac{1.435 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{312.35 \cdot 10^4 \text{ mm}^4} \cdot 60\text{mm} = 27.565 \text{ N/mm}^2 \approx 27.6 \text{ N/mm}^2 \quad (7)$$

$$S_z = 120 \cdot 120 \cdot 60 - 114 \cdot 117 \cdot 117 / 2 = 83727 \text{ mm}^3$$

$$\tau_{\max} = \frac{V}{b * I_z} \Rightarrow \frac{83727 \text{ mm}^3}{2 * 3 \text{ mm} * 312.35 * 10^4 \text{ mm}^4} = 5.888 \text{ N / mm}^2 \quad (8)$$

$$ReI \Rightarrow s \leq 16 \text{ mm} \Rightarrow 235 \text{ N / mm}^2 - 20 = 215 \text{ N / mm}^2$$

varmuus $n = 3$

$$\sigma_{\max} = 27.6 \text{ N / mm}^2$$

$$\sigma_{sall} = \frac{ReI}{n} \Rightarrow \frac{215 \text{ N / mm}^2}{3} = 71.67 \text{ N / mm}^2 \geq \sigma_{\max} \quad (9)$$

σ_{\max} on pienempi kuin σ_{sall} joten tulos on ok.

TEET

7.1. Koerikastuspiirin spiraalit

Spiraalikoerikastuspiirissä on rikastuslaitteina seitsemän spiraalia. Kolmella MG 6.2 Twinstart óspiraalilla tehdään esirikastus jonka jälkeen 3 VHG Twinstart óspiraalilla tehdään lopullinen rikastus ja yhdellä MG 6.2 Twinstart óspiraalilla riperikastus. Kolmannen vaiheen spiraali on hankittu siltä varalta, että jos rikastustulokset eivät ole tyydyttäviä, spiraali voidaan ottaa testikäyttöön. Kolmannen vaiheen spiraali tuottaa myös lopullista tuotetta.

Kaikki koerikastuspiirissä olevat spiraalit ovat kaksilähtöisiä. Kolmen lopputuotespiraalin päällä on kahtiointilaitteet. Spiraalien päällä on kolme kappaletta syöttölaatikoita, joihin liete syötetään. Kahtiointilaitteitten avulla pystytään säätämään lietteen virtaus halutunlaiseksi syöttölaatikkoon. Kahtiointilaitteesta haluttu virtausmäärä ohjataan spiraaliin ja ylimääräinen osa pois prosessista. Syöttölaatikoissa yhdessä on kuusi lähtöä spiraaleille ja kaikissa muissa syöttölaatikoissa kaksi lähtöä.

Spiraaleitten alapuolelta lähtevät jäte, välituote ja rikasteputket on jätetty 3D-kuvista selkeyden vuoksi pois. Putkilinjojen reitit näkyvät kuitenkin PI-kaaviosta.

7.2. Koerikastuspiirin sykloni

Koerikastuspiirin alkuun sijoitetaan Warman Cavex 400CVX10 Sykloni. Sykloni on laite, jolla erotetaan kevyempi aines painavasta. Kevyt aines poistuu yliteputkesta ja raskas aliteaukosta. Aliteaukosta tuleva tavara menee kahtiointilaitteen läpi sekoitinkaivoon ja tästä edelleen eteenpäin koerikastusprosessissa.

7.3. Koerikastuspiirin lamellisakeutin

Sakeuttimena koerikastuspiirissä käytetään lamellisakeutinta. Lamellisakeuttimen pohjalieriöstä liete pumpataan keskipakopumpulla prosessissa eteenpäin. Lamellisakeuttimen avulla pystytään erottamaan alite ja ohjaamaan se eteenpäin keskipakopumpun avulla prosessissa.

pumput

Työssä materiaalin siirtoon eli tässä tapauksessa veden ja lietteen seokseen käytetään keskipakopumppuja. Hienorikastamolla on magneettierottimen käytöstä luovuttu joten kaksi pumppua, jotka ovat jääneet vaille käyttöä, otetaan koerikastuspiirissä käyttöön pienin muutoksin. Nämä on merkitty PI -kaaviossa numeroilla 387 ja 390

311-pumppu otetaan myös käyttöön tätä rikastuspiiriä varten. Tällä pumpulla pumpataan lietettä syklonille tarpeelliseksi katsottu määrä, joten pumppausarvoja ei ole laskettu. Sakeutin ei ole käytössä tällä hetkellä hienorikastamolla, joten se otetaan käyttöön koerikastuspiiriä varten. Lisäksi otetaan käyttöön sakeuttimelta lähtevä pumppu 392. Myös koekäytössä ollutta siirrettävää pumppua ja sekoitinkaivoa käytetään tässä opinnäytetyössä. Työ vaatii kolme uutta kaivoa ja pumppua.

Putkilinjat rakennetaan polyeteeniputkesta. Pumppujen ja putkistojen mitoitus on laskettu kuitenkin kapasiteetin mukaan, jolloin pienistä pumpattavan aineen määristä johtuen pumpuista tulee melko pieniä. Todellisuudessa kuitenkin tullaan käyttämään osin jo olemassa olevia pumppuja ja taajuusmuuttajalla säädetään sähkömoottorin pyörimisnopeutta muuttaen lietteen virtausmäärät halutunlaisiksi.

7.5. Pumppujen valinta

Pumppujen valinnassa käytän tässä opinnäytetyössä apuna Weir Warmannin keskipakopumppuista tekemää käsikirjaa. Kemin kaivoksella on käytössä suurimmalta osin Warmannin keskipakopumppuja ja niitä tullaan käyttämään myös tässä opinnäytetyössä.

Käsikirjassa on opastettu hyvin selkeästi pumpun valintaan vaikuttavat tekijät. Käsikirjan lisäksi tulen käyttämään pumppujen valinnassa apuna Excel-pohjaista taulukkolaskentaohjelmaa, joka käytännössä laskee ja kertoo, mikä pumppu on sopivin kuhunkin käyttökohteeseen, kun siihen syöttää vain pumppausprosessin vaatimat alkutiedot. Tulokset ovat myös käsin laskettavissa ja tarkistettavissa. Asian selkeyttämiseksi pumppujen laskut on laskettu käsin tässä opinnäytetyössä.

Pumpun numerot viittaavat prosessista tehtyyn PI-kaavion numeroihin. Pumput on mitoitettu ja laskettu kapasiteetin mukaan. Pumppujen fyysinen koko on melko pieni sillä kyseessä on koerikastuspiiri, jonka kiintoainekapasiteetit ovat melko pieniä, joten lietteen pumppaamiseen riittää pienemmät pumput.

7.5.1. 1. Pumppu

Tämän pumpun tarkoituksena on pumpata lietettä ensimmäiseltä sekoituskaivolta toiselle sekoituskaivolle PI- kaavion mukaisesti. Pumpattavan lietteen määrällä ei tässä vaiheessa ole suurta merkitystä rikastuksen onnistumisen kannalta, koska lietettä pumpataan vain kaivosta toiseen kaivoon, eikä sitä pyritä rikastamaan vielä tässä vaiheessa. Sekoitinkaivojen tarkoitus on pitää liete tasalaatuisena jotta saavutettaisiin myöhemmässä prosessin vaiheessa hyvät rikastustulokset.

7.5.1.1. 1. Pumpun laskut

Laskut PEH 50x4.6mm 321 l/min 5.4 l/s

$$\begin{array}{lll} S = 321 \text{ l / min} & d_{50} = 200 \mu\text{m} & Z_d = 2 \text{ m} \\ Z_s = 1.0 \text{ m} & d = 40.8 \text{ mm} & D = 0.0408 \text{ m} \\ C_w = 35\% & L_{\text{putkisto}} = 45 \text{ m} & S_m = 1.34 \text{ kg / dm}^3 \end{array}$$

Kiintoaineen määrä:

$$M = (S * 60 \text{ min}) * S_m * \left(\frac{C_w}{100}\right) / 1000 \quad (10)$$

$$M = (321 \text{ l / min} * 60 \text{ min}) * 1.34 \text{ kg / dm}^3 * \left(\frac{35\%}{100}\right) / 1000 = 9.03 \text{ t / h}$$

Putkilinjojen materiaalit= kumi
Putkilinjojen pituudet= 45m
Putkikoot (mm)= 50mm
Seinämävahvuudet (mm)= 4.6mm
Putkikäyrien määrät =12 kpl

Tarvittavan pumppauksen määrän määrittäminen:

$$\text{Kiintoaineen määrä (m}^3\text{)} M_k = \frac{9.03 \text{ t / h}}{3.2 \text{ t / m}^3} = 2.8 \text{ m}^3 \quad (11)$$

Veden määrä lietteessä C_w pitoisuudella (m^3):

$$M_w = (M * (100 - C_w) / C_w) \quad (12)$$

$$M_w = (9.03 \text{ t / h} * (100 - 35\%) / 35\%) = 16.77 \approx 16.8 \text{ m}^3$$

Lietteen kokonaismäärä:

$$Q = M_k + M_w \quad (13)$$

$$Q = 2.8m^3 + 16.8m^3 = 19.6m^3$$

Lietteen kokonaispaino:

$$M + M_w \quad (14)$$

$$9.03t / h + 16.8m^3 = 25.83t$$

Kiintoaineen määrä tilavuusprosenttina:

$$C_v (\%) = (100 / M_{kok}) * M_k \quad (15)$$

$$C_v (\%) = (100 / 19.6m^3) * 2.8m^3 = 14.3\%$$

Lietteen määrä:

$$Q = 19.6m^3 / h \Rightarrow (dm^3 / s)$$

$$\frac{(Q * 1000m)}{3600s} \Rightarrow \frac{(19.6m^3 / h * 1000m)}{3600s} = 5.4dm^3 / s$$

Putkilinjojen määrittäminen:

putken sisähalkaisija (mm) D=40.8mm

putken virtausnopeus:

$$V = \frac{Q * 1273}{d^2} \Rightarrow \frac{5.4dm^3 / s * 1273}{(40.8mm)^2} = 4.13m / s \quad (16)$$

Laskeutumisnopeus putkessa Durrantøn kaavan mukaan:

FL arvo löytyy taulukosta (Figure 4-5-2)

D= putken sisähalkaisija metreinä

$$VL = FL \sqrt{2gD \left(\frac{S - SI}{SI} \right)} \quad (17)$$

$$VL = 1.02 \sqrt{2 * 9.81 \text{ m/s}^2 * 0.0408 \text{ m} \left(\frac{3.2-1}{1} \right)} = 1.35 \text{ m/s}$$

Putkiston painehäviöt: (Figures 4-4-3 ja 4-4-4)

Putkistosta aiheutuva painehäviö:

Putkilinjojen pituus = 45m

Putkikäyrien/kaarien aiheuttamat painehäviöt:

$$\Rightarrow 12 * 90^\circ \text{ käyrää} * 1.07 = 12.84 \text{ m}$$

Putkilinjojen kokonaispituus = L_{putkisto} + kaarien aiheuttama painehäviö \Rightarrow

$$45 \text{ m} + 12.84 \text{ m} = 57.84 \text{ m}$$

$$\text{Putkistosta aiheutuva painehäviö: } H_f = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g} \quad \text{missä,} \quad (18)$$

L = putken pituus (m)

f = taulukko arvo (Figures 4-3-2)

D = putken halkaisija (m)

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$

$$H_f = (0.0205 * \left(\frac{57.8 \text{ m}}{0.0408 \text{ m}} \right) * \frac{(4.16 \text{ m/s})^2}{2 * 9.81 \text{ m/s}^2}) = 25.67 \text{ m}$$

Muunnoskappaleista aiheutuvat painehäviöt:

Virtausnopeus V_1 40.8mm putkessa (m/s)

$$V_1 = \frac{Q * 1273}{d^2} = \frac{5.4 \text{ dm}^3 / \text{s} * 1273}{(40.8 \text{ mm})^2} = 4.16 \text{ m/s} \quad (19)$$

Pumpun paineputken painehäviöt (lietettä)

$$\Rightarrow \frac{V^2}{2g} = \frac{(4.16)^2}{2 * 9.81 \text{ m/s}^2} = 0.88 \text{ m} \approx 0.9 \text{ m} \quad (20)$$

Imuputkessa aiheutuvat painehäviöt (Figures 4-4-4)

$$0.5 * \frac{V^2}{2g} \Rightarrow 0.5 * \frac{(4.16 \text{ m/s})^2}{2 * 9.81 \text{ m/s}^2} = 0.4 \text{ m} \quad (21)$$

Nostokorkeus:

Määrittäminen lietteelle (Hm):

Kokonaisnostokorkeus (lietettä) (m)

Z_d = staattinen nostokorkeus

Z_s = kaivon pinnankorkeus

$$H_m = Z + H_f, \quad Z = Z_d - Z_s$$

$$H_m = Z_d - Z_s + H_f \Rightarrow 2m + 1m + 25.67m + 0.9m + 0.4m = 28.0m$$

Kokonaisnostokorkeus vesipatsaana (Hw)

HR/ER (Figures 2-3)

$$H_w = \frac{H_m}{HR} \Rightarrow \frac{28.0m}{0.85} = 32.94m \quad (22)$$

Pumpun valinta:

Pumpun hyötysuhde (%) 30.0 %

Pumpun pyörimisnopeus 2300 r/min

Pumpun hyötysuhde=em

Pumpun laskennallinen tehontarve (kW)

$$P_L = \frac{Q * H_w * S_m}{1.02 * em} \Rightarrow \frac{5.4dm/s^3 * 32.94m * 1.34kg/dm^3}{(1.02 * 30)} = 7.9kW \quad (23)$$

Lopullinen tehontarpeen määrittäminen:

$$P_{kok} = 1.3 * P_L \Rightarrow 1.3 * 7.9kW = 10.2kW \quad (24)$$

Sähkömoottorin valinta:

Sähkömoottorin nimellisyörimisnopeus 1500 r/min

Kuormituksen aiheuttama momentti:

9550N arvo on katsottu sähkömoottorin valintaan liittyvästä aputaulukosta

$$M_T = \frac{9550N * 10.2kW}{1500r/min} = 64.99Nm \quad (25)$$

Sähkömoottorin tahtinopeus 1500 r/min

$$\text{Suhteellinen nopeus} = \frac{2300r/min}{1500r/min} = 1.533 \quad (26)$$

ks.taulukosta kuormitettavuus

$$T_{N,nim} = (\text{vaadittava vähimmäismomentti}) \frac{64.99Nm}{0.67} = 97Nm \quad (27)$$

$$P_{N,nim} = (\text{vaadittava vähimmäisteho}) 15.24kW$$

Sähkömoottorin valinta taulukosta : valitaan

Tyyppi:	200L4A
P_N	30kW
I_N	53A
T_N	194Nm
cos	0.88
	92.2%
n_N	1470 r/min

Taajuusmuuttajan valinta:

$$\text{Moottorin virta } I_N * \left(\frac{M_T}{T_N}\right) \text{ missä, } M_T = \text{kuormituksen aiheuttama momentti} \quad (28)$$

$$53A * \left(\frac{64.99Nm}{194Nm}\right) = 17.76A$$

Taajuusmuuttajan valinta taulukosta:

Tyyppi	ACS800-11-0050-3
I_N	65A
$P_{N,HD}$	30kW

Hihnakäytön valinta

Lähtötietoja:

Tehonsiirron tarve (1kW=1000 Nm/s)

$$P_N * 1000Nm/s \Rightarrow 30kW * 1000Nm/s = 30000Nm/s \quad (29)$$

Sähkömoottorin pyörimisnopeus	1470 r/min
Pumpun pyörimisnopeus	2300 r/min
Säteiskuormitus (Fn)	2900N
Käyttökerroin (Kk)	1.2
Käyttävän pyörän laskeminen:	

$$\text{Halkaisija : } \left(\frac{1000Nm/s}{\pi * (1470r/min/60s) * Fn} \right) * 1000 = 242mm \quad (30)$$

Valitaan seuraava standardikoon pyörä 250mm.

Näissä laskuissa on käytetty taulukoita, jotka löytyvät lähteestä /9/.

$$\text{Välityssuhde } i = \frac{\text{säh.moot.pyör.nop.}}{\text{pump.pyör.nop.}} \Rightarrow \frac{1470r/min}{2300r/min} = 0.639 \quad (31)$$

Akseliväli:

E_1	2.85
$\sin \beta_2$	0.99
κ_β	0.97

Akseliväli

$$E_1 * \text{standardikoon pyörä} \Rightarrow 2.85 * 250mm = 712.5mm \quad (32)$$

Hihnan pituus

$$L_1 = 10$$

$$\text{Hihnanpituus } L = L_1 * \text{standardikoon pyörä} \quad (33)$$

$$10 * 250mm = 2500mm$$

⇒ valittava hihnan pituus (standardi) 2650mm

Hihnojen määrä:

Käyttökerroin (Kt)	1.2
Ympäristökerroin (Ko)	1.3
Pituuskerroin (K_L)	0.94

Pumpun laskennallinen tehontarve 30kW

Tehontarve hihnaa kohden (P_0) 19kW

⇒ Hihnan tyyppi SPB

Hihnojen lukumäärä:

$$(z) = \frac{P_L * K_k * K_t * K_0}{P_0 * \kappa_\beta * K_L} \Rightarrow \frac{30kW * 1.2 * 1.2 * 1.3}{19kW * 0.97 * 0.94} = 3 \quad (34)$$

Pumpuksi valitaan tulosten perusteella Warman 3/2 AH Gland Sealed Pump.

7.5.2. 2. Pumppu

2. pumpun tarkoituksena on pumpata liete toisen sekoitinkaivon jälkeen kolmannelle esirikastuspiirille. Pumpun mitoituksessa on huomioitava halutut arvot joilla liete syötetään esirikastuspiireihin:

- kiintoainetta = 9 t/h
- kiintoainetta p% = 35%
- kiintoaineen tiheys = 3.55 kg/dm³
- Cr203 pitoisuus = 30%.

7.5.2.1. 2. Pumpun laskut

Laskut PEH 50x4.6mm 321 l/min 5.4 l/s

$$\begin{array}{lll}
 S = 321 \text{ l / min} & d_{50} = 200 \mu\text{m} & Z_d = 2\text{m} \\
 Z_s = 1.0\text{m} & d = 40.8\text{mm} & D = 0.0408\text{m} \\
 C_w = 35\% & L_{\text{putkisto}} = 45\text{m} & S_m = 1.34\text{kg / dm}^3
 \end{array}$$

Kiintoaineen määrä:

$$M = (S * 60 \text{ min}) * S_m * \left(\frac{C_w}{100}\right) / 1000 \quad (10)$$

$$M = (321 \text{ l / min} * 60 \text{ min}) * 1.34\text{kg / dm}^3 * \left(\frac{35\%}{100}\right) / 1000 = 9.03\text{t / h}$$

Putkilinjojen materiaalit= Kumi

Putkilinjojen pituudet= 9.5m

Putkikoot (mm)= 50mm

Seinämänvahvuudet (mm)= 4.6mm

Putkikäyrien määrät= 4 kpl

Tarvittavan pumppauksen määrän määrittäminen:

$$\text{Kiintoaineen määrä (m}^3\text{)} M_k = \frac{9.03\text{t / h}}{3.2\text{t / m}^3} = 2.8\text{m}^3 \quad (11)$$

Veden määrä lietteessä C_w pitoisuudella (m^3):

$$M_w = (M * (100 - C_w) / C_w) \quad (12)$$

$$M_w = (9.03t / h * (100 - 35\%) / 35\%) = 16.77 \approx 16.8m^3$$

Lietteen kokonaismäärä:

$$Q = M_k + M_w \quad (13)$$

$$Q = 2.8m^3 + 16.8m^3 = 19.6m^3$$

Lietteen kokonaispaino:

$$M + M_w \quad (14)$$

$$9.03t / h + 16.8m^3 = 25.83t$$

Kiintoaineen määrä tilavuusprosenttina:

$$C_v (\%) = (100 / M_{kok}) * M_k \quad (15)$$

$$C_v (\%) = (100 / 19.6m^3) * 2.8m^3 = 14.3\%$$

Lietteen määrä:

$$Q = 19.6m^3 / h \Rightarrow (dm^3 / s)$$

$$\frac{(Q * 1000m)}{3600s} \Rightarrow \frac{(19.6m^3 / h * 1000m)}{3600s} = 5.4dm^3 / s$$

Putkilinjojen määrittäminen:

putken sisähalkaisija (mm) D=40.8mm

putken virtausnopeus:

$$V = \frac{Q * 1273}{d^2} \Rightarrow \frac{5.4dm^3 / s * 1273}{(40.8mm)^2} = 4.13m / s \quad (16)$$

Laskeutumisnopeus putkessa Durantin kaavan mukaan:

FL arvo löytyy taulukosta (Figure 4-5-2)

D= putken sisähalkaisija metreinä

$$VL = FL\sqrt{2gD\left(\frac{S-SI}{SI}\right)} \quad (17)$$

$$VL = 1.02\sqrt{2 * 9.81m/s^2 * 0.0408m\left(\frac{3.2-1}{1}\right)} = 1.35m/s$$

Putkiston painehäviöt: (Figures 4-4-3 ja 4-4-4)

Putkistosta aiheutuva painehäviö:

Putkilinjojen pituus =9.5m

Putkikäyrien/kaarien aiheuttamat painehäviöt:

$$\Rightarrow 4 * 90^\circ \text{käyrää} * 1.07 = 4.28m \approx 4.3m$$

Putkilinjojen kokonaispituus = $L_{putkisto}$ + kaarien aiheuttama painehäviö \Rightarrow

$$9.5m + 4.28m = 13.78m \approx 13.8m$$

Putkistosta aiheutuva painehäviö: $H_f = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g}$,missä (18)

L = putken pituus (m)

f = taulukko arvo (Figures 4-3-2)

D = putken halkaisija (m)

$g = 9.81m/s^2$

$$H_f = (0.0205 * \left(\frac{13.8m}{0.0408m}\right) * \frac{(4.15m/s)^2}{2 * 9.81m/s^2}) = 6.07m$$

Muunnoskappaleista aiheutuvat painehäviöt:

Virtausnopeus V_1 40.8mm putkessa (m/s)

$$V_1 = \frac{Q * 1273}{d^2} = \frac{5.4dm^3/s * 1273}{(40.8mm)^2} = 4.15m/s \quad (19)$$

Pumpun paineputken painehäviöt (lietettä)

$$\Rightarrow \frac{V^2}{2g} = \frac{(4.16 \text{ m/s})^2}{2 * 9.81 \text{ m/s}^2} = 0.88 \text{ m} \approx 0.9 \text{ m} \quad (20)$$

Imuputkessa aiheutuvat painehäviöt (Figures 4-4-4)

$$0.5 * \frac{V^2}{2g} \Rightarrow 0.5 * \frac{(4.16 \text{ m/s})^2}{2 * 9.81 \text{ m/s}^2} = 0.4 \text{ m} \quad (21)$$

Nostokorkeus:

Kokonaisnostokorkeuden määrittäminen lietteelle (H_m):

kokonaisnostokorkeus (lietettä) (m)

Z_d = staattinen nostokorkeus

Z_s = kaivon pinnankorkeus

$$H_m = Z + H_f, \quad Z = Z_d - Z_s$$

$$H_m = (Z_d - Z_s) + H_f \Rightarrow 6.3 \text{ m} - 1 \text{ m} + 6.07 \text{ m} + 0.9 \text{ m} + 0.4 \text{ m} = 12.67 \text{ m}$$

Kokonaisnostokorkeus vesipatsaana (H_w)

HR/ER (Figures 2-3)

$$H_w = \frac{H_m}{HR} \Rightarrow \frac{12.67 \text{ m}}{0.98} = 12.93 \text{ m} \quad (22)$$

Pumpun valinta:

Pumpun hyötysuhde (%) 55.5 %

Pumpun pyörimisnopeus 2000 r/min

Pumpun hyötysuhde=em

Pumpun laskennallinen tehontarve (kW)

$$P_L = \frac{Q * H_w * S_m}{1.02 * em} \Rightarrow \frac{5.4 \text{ dm}^3/\text{s} * 12.93 \text{ m} * 1.34 \text{ kg/dm}^3}{(1.02 * 55.5)} = 1.65 \approx 1.7 \text{ kW} \quad (23)$$

Lopullinen tehontarpeen määrittäminen:

$$P_{kok} = 1.3 * P_L \Rightarrow 1.3 * 1.7 \text{ kW} = 2.2 \text{ kW} \quad (24)$$

Sähkömoottorin valinta:

Sähkömoottorin nimellisyörimisnopeus 1500 r/min

Kuormituksen aiheuttama momentti:

9550N arvo on katsottu sähkömoottorin valintaan liittyvästä aputaulukosta

$$M_T = \frac{14.00 Nm}{1500 r / \text{min}} = 14.00 Nm \quad (25)$$

Sähkömoottorin tahtinopeus 1500 r/min

$$\text{Suhteellinen nopeus} = \frac{2000 r / \text{min}}{1500 r / \text{min}} = 1.333 \approx 1.3 \quad (26)$$

ks.taulukosta kuormitettavuus

$$T_{N,nim} = (\text{vaadittava vähimmäismomentti}) \frac{13.78 Nm}{1} = 13.78 Nm \quad (27)$$

$$P_{N,nim} = \frac{T_{N,nim} * 1500 r / \text{min}}{9550 N} \Rightarrow \frac{13.78 Nm * 1500 r / \text{min}}{9550 N} = 2.164 \approx 2.16 kW$$

$$P_{N,nim} = (\text{vaadittava vähimmäisteho}) 2.16 kW$$

Sähkömoottorin valinta taulukosta : valitaan

Tyyppi:	132M4A
P_N	7.5 kW
I_N	14.4 A
T_N	49.74 Nm
cos	0.85
	88.5 %
n_N	1440 r/min

Taajuusmuuttajan valinta:

M_K = kuormituksen aiheuttama momentti

$$M_K = \frac{9550 N * P_{kok}}{1500 r / \text{min}} \Rightarrow \frac{9550 N * 2.2 kW}{1500 r / \text{min}} = 14.0 Nm$$

$$\text{Moottorin virta} \quad I_N * \left(\frac{M_T}{T_N} \right) \Rightarrow 14.4 A * \left(\frac{14.0 Nm}{49.74 Nm} \right) = 4.05 A \quad (28)$$

Taajuusmuuttajan valinta taulukosta:

Tyyppi	ACS800-11-0016-3
I_N	32 A
$P_{N,HD}$	15 kW

Hihnakäytön valinta

Lähtötietoja:

Tehonsiirron tarve (1kW=1000 Nm/s)

$$P_N * 1000Nm/s \Rightarrow 7.5kW * 1000Nm/s = 7500Nm/s \quad (29)$$

Sähkömoottorin pyörimisnopeus 1440 r/min

Pumpun pyörimisnopeus 2000 r/min

Säteiskuormitus (Fn) 1200N

Käyttökerroin (Kk) 1.4

Käyttävän pyörän laskeminen:

Halkaisija :

$$\left(\frac{1.5 * (Kk * 7500Nm/s)}{\pi * (1440r/min/60s) * Fn} \right) * 1000 \Rightarrow \left(\frac{1.5 * (1.4 * 7500Nm/s)}{\pi * (1440r/min/60s) * 1200N} \right) * 1000 = 174mm \quad (30)$$

Valitaan seuraava standardikoon pyörä 180mm.

Näissä laskuissa on käytetty taulukoita, jotka löytyvät lähteestä /9/

$$\text{Välityssuhde } i = \frac{\text{säh.moot.pyör.nop.}}{\text{pump.pyör.nop.}} \Rightarrow \frac{1440r/min}{2000r/min} = 0.72 \quad (31)$$

Akseliväli:

$$E_1 \quad 2.25$$

$$\sin \beta_2 \quad 1$$

$$\kappa_\beta \quad 1$$

Akseliväli

$$E_1 * \text{standardikoon pyörä} \Rightarrow 2.25 * 180mm = 405mm \quad (32)$$

Hihnan pituus

$$L_1 = 8$$

$$\text{Hihnanpituus } L = L_1 * \text{standardikoon pyörä} \quad (33)$$

$$8 * 180mm = 1440mm$$

\(\Rightarrow\) valittava hihnan pituus (standardi) 1457mm

Hihnojen määrä:

Käyttökerroin (Kt) 1.2
 Ympäristökerroin (Ko) 1.3
 Pituuskerroin (K_L) 0.93
 Pumpun laskennallinen tehontarve 7.5kW
 Tehontarve hihnaa kohden (P_0) 8.25kW

⇒ Hihnan tyyppi SPA

Hihnojen lukumäärä:

$$(z) = \frac{P_L * K_k * K_t * K_0}{P_0 * \kappa_\beta * K_L} \Rightarrow \frac{7.5kW * 1.2 * 1.2 * 1.3}{8.25kW * 0.97 * 0.93} = 2 \quad (34)$$

Pumpuksi valitaan tulosten perusteella Warman 1.5/1 AH Gland Sealed Pump.

7.5.3. 3. Pumppu

3. pumpun tarkoituksena on pumpata toisen vaiheen spiraalipiirille lietettä jonka tarkoituksena on tehdä lopullista tuotetta. Arvot joita pumpulta odotetaan:

- kiintoainetta = 3 t/h
- kiintoainetta p% = 35%
- kiintoaineen tiheys = 3.99 kg/dm³
- Cr203 pitoisuus = 44%.

7.5.3.1. 3. Pumpun laskut

Laskut PEH 50x4.6mm 102 l/min 1.7 l/s

$$\begin{array}{lll} S = 102l / \text{min} & d_{50} = 200\mu\text{m} & Z_d = 2m \\ Z_s = 1.0m & d = 40.8\text{mm} & D = 0.0408m \\ C_w = 35\% & L_{\text{putkisto}} = 45m & S_m = 1.40kg / \text{dm}^3 \end{array}$$

Kiintoaineen määrä:

$$M = (S * 60 \text{ min}) * S_m * \left(\frac{C_w}{100}\right) / 1000 \quad (10)$$

$$M = (102l / \text{min} * 60 \text{ min}) * 1.40kg / \text{dm}^3 * \left(\frac{35\%}{100}\right) / 1000 = 3.00t / h$$

Putkilinjojen materiaalit= kumi

Putkilinjojen pituudet= 15m

Seinämänvahvuudet (mm)= 4.6mm

Putkikäyrien määrät= 5 kpl

Tarvittavan pumppauksen määrän määrittäminen:

$$\text{Kiintoaineen määrä } (m^3)M_k = \frac{3.00t/h}{4.0t/m^3} = 0.75 \approx 0.8m^3 \quad (11)$$

Veden määrä lietteessä C_w pitoisuudella (m^3):

$$M_w = (M * (100 - C_w) / C_w) \quad (12)$$

$$M_w = (3.0t/h * (100 - 35\%) / 35\%) = 5.6m^3$$

Lietteen kokonaismäärä:

$$Q = M_k + M_w \quad (13)$$

$$Q = 0.8m^3 + 5.6m^3 = 6.4m^3$$

Lietteen kokonaispaino:

$$M + M_w$$

$$3.0t/h + 5.6m^3 = 8.6t \quad (14)$$

Kiintoaineen määrä tilavuusprosenttina:

$$C_v(\%) = (100/Q) * M_k$$

$$C_v(\%) = (100 / 6.4t) * 0.8m^3 = 12.7\% \quad (15)$$

Lietteen määrä:

$$Q = 6.4m^3/h \Rightarrow (dm^3/s)$$

$$\frac{(Q * 1000m)}{3600s} \Rightarrow \frac{(6.4m^3/h * 1000m)}{3600s} = 1.77 \approx 1.8dm^3/s$$

Putkilinjojen määrittäminen:

Putken sisähalkaisija (mm) D=40.8mm.

Putken virtausnopeus:

$$V = \frac{Q * 1273}{d^2} \Rightarrow \frac{1.8 dm^3 / s * 1273}{(40.8 mm)^2} = 1.376 \approx 1.38 m / s \quad (16)$$

Laskeutumisnopeus putkessa Durantøn kaavan mukaan:

FL arvo löytyy taulukosta (Figure 4-5-2)

D= putken sisähalkaisija metreinä

$$VL = FL \sqrt{2gD \left(\frac{S - SI}{SI} \right)} \quad (17)$$

$$VL = 1.02 \sqrt{2 * 9.81 m / s^2 * 0.0408 m \left(\frac{4.0 - 1}{1} \right)} = 1.58 m / s$$

Putkiston painehäviöt: (Figures 4-4-3 ja 4-4-4)

Putkistosta aiheutuva painehäviö:

Putkilinjojen pituus = 15m

Putkikäyrien/kaarien aiheuttamat painehäviöt:

$$\Rightarrow 5 * 90^\circ \text{käyrää} * 1.07 = 5.35 \approx 5.4 m$$

Putkilinjojen kokonaispituus = L_{putkisto} + kaarien aiheuttama painehäviö \Rightarrow

$$15m + 5.4m = 20.4m$$

$$\text{Putkistosta aiheutuva painehäviö: } H_f = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g} \text{ ,missä} \quad (18)$$

L = putken pituus (m)

f = taulukko arvo (Figures 4-3-2)

D = putken halkaisija (m)

$g = 9.81 m / s^2$

$$H_f = (0.0205 * \left(\frac{20.4m}{0.0408m} \right) * \frac{(1.38m / s)^2}{2 * 9.81m / s^2}) = 0.99 \approx 1m$$

Muunnoskappaleista aiheutuvat painehäviöt:

utkessa (m/s)

$$V_1 = \frac{Q * 1273}{d^2} = \frac{1.8 \text{ dm}^3 / \text{s} * 1273}{(40.8 \text{ mm})^2} = 1.377 \approx 1.38 \text{ m/s} \quad (19)$$

Pumpun paineputken painehäviöt (lietettä)

$$\Rightarrow \frac{V^2}{2g} = \frac{(1.38)^2}{2 * 9.81 \text{ m/s}^2} = 0.097 \text{ m} \approx 0.1 \text{ m} \quad (20)$$

Imuputkessa aiheutuvat painehäviöt (Figures 4-4-4)

$$0.5 * \frac{V^2}{2g} \Rightarrow 0.5 * \frac{(1.38 \text{ m/s})^2}{2 * 9.81 \text{ m/s}^2} = 0.0485 \approx 0.05 \text{ m} \quad (21)$$

Nostokorkeus:

Kokonaisnostokorkeuden määrittäminen lietteelle (H_m):

Kokonaisnostokorkeus (lietettä) (m)

Z_d = staattinen nostokorkeus

Z_s = kaivon pinnankorkeus

$$H_m = Z + H_f, \quad Z = Z_d - Z_s$$

$$H_m = (Z_d - Z_s) + H_f \Rightarrow 7.5 \text{ m} - 1 \text{ m} + 0.94 \text{ m} + 0.1 \text{ m} = 7.54 \text{ m}$$

Kokonaisnostokorkeus vesipatsaana (H_w)

HR/ER (Figures 2-3)

$$H_w = \frac{H_m}{HR} \Rightarrow \frac{7.54 \text{ m}}{0.96} = 7.895 \approx 7.9 \text{ m} \quad (22)$$

Pumpun valinta:

Pumpun hyötysuhde (%) 44 %

Pumpun pyörimisnopeus 1390 r/min

Pumpun hyötysuhde = em

Pumpun laskennallinen tehontarve (kW)

$$P_L = \frac{Q * H_w * S_m}{1.02 * em} \Rightarrow \frac{1.8 \text{ dm}^3 / \text{s} * 7.9 \text{ m} * 1.40 \text{ kg} / \text{dm}^3}{(1.02 * 44)} = 0.44 \approx 0.4 \text{ kW} \quad (23)$$

Lopullinen tehontarpeen määrittäminen:

$$P_{kok} = 1.3 * P_L \Rightarrow 1.3 * 0.4 \text{ kW} = 0.52 \approx 0.5 \text{ kW} \quad (24)$$

Sähkömoottorin nimellisyörimisnopeus 1500 r/min

Kuormituksen aiheuttama momentti:

9550N arvo on katsottu sähkömoottorin valintaan liittyvästä aputaulukosta

$$M_T = \frac{9550N * 0.5kW}{1500r / min} = 3.18Nm \quad (25)$$

Sähkömoottorin tahtinopeus 1500 r/min

$$\text{Suhteellinen nopeus} = \frac{1390r / min}{1500r / min} = 0.926 \approx 0.93 \quad (26)$$

ks.taulukosta kuormitettavuus

$$T_{N,nim} = (\text{vaadittava vähimmäismomentti}) \frac{3.18Nm}{0.97} = 3.278 \approx 3.3Nm \quad (27)$$

$$P_{N,nim} = \frac{T_{N,nim} * 1500r / min}{9550N} \Rightarrow \frac{3.3Nm * 1500r / min}{9550N} = 0.515 \approx 0.52kW$$

$$P_{N,nim} = (\text{vaadittava vähimmäisteho}) 0.52kW$$

Sähkömoottorin valinta taulukosta : valitaan

Tyyppi:	70L4A
P_N	1.5 kW
I_N	3.5 A
T_N	10.31Nm
cos	0.79
	79.2 %
n_N	1390 r/min

Taajuusmuuttajan valinta:

M_K = kuormituksen aiheuttama momentti

$$M_K = \frac{9550N * P_{kok}}{1500r / min} \Rightarrow \frac{9550N * 0.52kW}{1500r / min} = 3.278 \approx 3.28Nm$$

Moottorin virta $I_N * \left(\frac{M_T}{T_N}\right) \Rightarrow 3.5A * \left(\frac{3.28Nm}{10.31Nm}\right) = 1.11 \approx 1.1A$ (28)

Taajuusmuuttajan valinta taulukosta:

Tyyppi	ACS800-11-0116-3
I_N	11A
$P_{N,HD}$	1.5kW

Hihnakäytön valinta

Lähtötietoja:

Tehonsiirron tarve (1kW=1000 Nm/s)
 $P_N * 1000Nm / s \Rightarrow 1.5kW * 1000Nm / s = 1500Nm / s$ (29)

Sähkömoottorin pyörimisnopeus	1390 r/min
Pumpun pyörimisnopeus	1390 r/min
Säteiskuormitus (Fn)	725N
Käyttökerroin (Kk)	1.2

Käyttävän pyörän laskeminen:

Halkaisija :
 $\left(\frac{1.5 * (Kk * 7500Nm / s)}{\pi * (1440r / min / 60s) * Fn}\right) * 1000 \Rightarrow \left(\frac{1.5 * (1.2 * 1500Nm / s)}{\pi * (1390r / min / 60s) * 725N}\right) * 1000 = 51.2mm$
(30)

Valitaan seuraava standardikoon pyörä 56mm.

Näissä laskuissa on käytetty taulukoita, jotka löytyvät lähteestä /9/

Välityssuhde $i = \frac{säh.moot.pyör.nop.}{pump.pyör.nop.} \Rightarrow \frac{1390r / min}{1390r / min} = 1$ (31)

Akseliväli:

E_1	2.4
$\sin \beta 2$	1
κ_β	1

Akseliväli

$E_1 * \text{standardikoon pyörä} \Rightarrow 2.4 * 56mm = 134.4mm$ (32)

$$L_1 = 8$$

$$\text{Hihnanpituus } L = L_1 * \text{standardikoon pyörä} \quad (33)$$

$$8 * 56 \text{mm} = 448 \text{mm}$$

⇒ valittava hihnan pituus (standardi) 450mm

Hihnojen määrä:

$$\text{Käyttökerroin (Kt)} \quad 1.2$$

$$\text{Ympäristökerroin (K_o)} \quad 1.3$$

$$\text{Pituuskerroin (K_L)} \quad 0.82$$

Pumpun laskennallinen tehontarve 1.5kW

Tehontarve hihnaa kohden (P₀) 1kW

⇒ Hihnan tyyppi SPZ

Hihnojen lukumäärä:

$$(z) = \frac{P_L * K_k * K_t * K_o}{P_0 * \kappa_\beta * K_L} \Rightarrow \frac{1.5 \text{ kW} * 1.2 * 1.2 * 1.3}{1 \text{ kW} * 1 * 0.82} = 3.4 \approx 3 \quad (34)$$

käytetään 3 hihnaa

Pumpuksi valitaan tulosten perusteella Warman 1.5/1 AH Gland Sealed Pump.

7.5.4. 387. Pumppu

Tässä prosessin vaiheessa on laskettu minkälainen pumppu olisi ideaalinen tähän kohtaan prosessia, mutta todellisuudessa tullaan käyttämään pumppua jonka prosessinumero on 387. 387-pumpun tarkoituksena on pumpata ensimmäisen vaiheen spiraalipiirille lietettä, jonka tarkoituksena on tehdä lopullista tuotetta. Pumpulta vaaditut arvot:

- kiintoainetta = 6t/h
- kiintoainetta p% = 35%
- kiintoaineen tiheys = 3.8kg/dm
- Cr203 pitoisuus = 38%.

7.5.4.1. 387. Pumpun laskut

Laskut PEH 50x4.6mm 199 l/min 3.3 l/s

$$\begin{array}{lll}
 S = 199l / \text{min} & d_{50} = 200\mu\text{m} & Z_d = 6.8\text{m} \\
 Z_s = 1.0\text{m} & d = 40.8\text{mm} & D = 0.0408\text{m} \\
 C_w = 35\% & L_{\text{putkisto}} = 14.5\text{m} & S_m = 1.44\text{kg} / \text{dm}^3
 \end{array}$$

Kiintoaineen määrä:

$$\begin{aligned}
 M &= (S * 60 \text{ min}) * S_m * \left(\frac{C_w}{100}\right) / 1000 \\
 M &= (199l / \text{min} * 60 \text{ min}) * 1.44\text{kg} / \text{dm}^3 * \left(\frac{35\%}{100}\right) / 1000 = 6.01\text{t} / \text{h}
 \end{aligned} \tag{10}$$

Putkilinjojen materiaalit= kumi
 Putkilinjojen pituudet= 14.5m
 Putkikoot (mm)= 50mm
 Seinämänvahvuudet (mm)= 4.6mm
 Putkikäyrien määrät= 6 kpl

Tarvittavan pumppauksen määrän määrittäminen:

$$\text{Kiintoaineen määrä } (m^3) M_k = \frac{6.01\text{t} / \text{h}}{3.8\text{t} / m^3} = 1.58 \approx 1.6m^3 \tag{11}$$

Veden määrä lietteessä C_w pitoisuudella (m^3):

$$M_w = (M * (100 - C_w) / C_w) \tag{12}$$

$$M_w = (3.0\text{t} / \text{h} * (100 - 35\%) / 35\%) = 11.14 \approx 11.1m^3$$

Lietteen kokonaismäärä:

$$Q = M_k + M_w \tag{13}$$

$$Q = 1.6m^3 + 11.1m^3 = 12.7m^3$$

Lietteen kokonaispaino:

$$M + M_w \tag{14}$$

$$6.0\text{t} / \text{h} + 11.2m^3 = 17.2\text{t}$$

Kiintoaineen määrä tilavuusprosenttina:

(15)

$$C_v (\%) = (100 / 12.7t) * 1.6m^3 = 12.59 \approx 12.6\%$$

Lietteen määrä:

$$Q = 12.7m^3 / h \Rightarrow (dm^3 / s)$$

$$\frac{(Q * 1000m)}{3600s} \Rightarrow \frac{(12.7m^3 / h * 1000m)}{3600s} = 3.527 \approx 3.5dm^3 / s$$

Putkilinjojen määrittäminen:

Putken sisähalkaisija (mm) D=40.8mm lietteen määrä ilmoitettu dm^3 / s

Putken virtausnopeus:

$$V = \frac{Q * 1273}{d^2} \Rightarrow \frac{3.5dm^3 / s * 1273}{(40.8mm)^2} = 2.6765 \approx 2.7m / s \quad (16)$$

Laskeutumisnopeus putkessa Durantøn kaavan mukaan:

FL arvo löytyy taulukosta (Figures 4-5-2)

D= putken sisähalkaisija metreinä

$$VL = FL \sqrt{2gD \left(\frac{S - SI}{SI} \right)} \quad (17)$$

$$VL = 1.02 \sqrt{2 * 9.81m / s^2 * 0.0408m \left(\frac{3.8 - 1}{1} \right)} = 1.527 \approx 1.53m / s$$

Putkiston painehäviöt: (Figures 4-4-3 ja 4-4-4)

Putkistosta aiheutuva painehäviö:

Putkilinjojen pituus =14.5m

Putkikäyrien/kaarien aiheuttamat painehäviöt:

$$\Rightarrow 6 * 90^\circ \text{käyrä} * 1.07 = 6.42 \approx 6.4m$$

Putkilinjojen kokonaispituus = $L_{putkisto}$ + kaarien aiheuttama painehäviö \Rightarrow

$$14.5\text{m} + 6.4\text{m} = 20.9\text{m}$$

Putkistosta aiheutuva painehäviö: $H_f = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g}$ missä, (18)

L = putken pituus (m) f = taulukko arvo (Figures 4-3-2)

D = putken halkaisija (m) $g = 9.81\text{m} / \text{s}^2$

$$H_f = (0.0205 * (\frac{20.9\text{m}}{0.0408\text{m}}) * \frac{(2.7\text{m} / \text{s})^2}{2 * 9.81\text{m} / \text{s}^2}) = 3.90 \approx 3.9\text{m}$$

Muunnoskappaleista aiheutuvat painehäviöt:

Virtausnopeus V_1 40.8mm putkessa (m/s)

$$V_1 = \frac{Q * 1273}{d^2} = \frac{3.5\text{dm}^3 / \text{s} * 1273}{(40.8\text{mm})^2} = 2.67 \approx 2.7\text{m} / \text{s} \quad (19)$$

Pumpun paineputken painehäviöt (lietettä)

$$\Rightarrow \frac{V^2}{2g} = \frac{(2.7\text{m} / \text{s})^2}{2 * 9.81\text{m} / \text{s}^2} = 0.37\text{m} \approx 0.4\text{m} \quad (20)$$

Imuputkessa aiheutuvat painehäviöt (Figures 4-4-4)

$$0.5 * \frac{V^2}{2g} \Rightarrow 0.5 * \frac{(2.7\text{m} / \text{s})^2}{2 * 9.81\text{m} / \text{s}^2} = 0.185 \approx 0.2\text{m} \quad (21)$$

Nostokorkeus:

Kokonaisnostokorkeuden määrittäminen lietteelle (Hm):

kokonaisnostokorkeus (lietettä) (m)

Z_d = staattinen nostokorkeus

Z_s = kaivon pinnankorkeus

$$H_m = Z + H_f, \quad Z = Z_d - Z_s$$

$$H_m = (Z_d - Z_s) + H_f \Rightarrow 6.8\text{m} - 1\text{m} + 3.92\text{m} + 0.4\text{m} + 0.2\text{m} = 10.32\text{m}$$

Kokonaisnostokorkeus vesipatsaana (H_w)

HR/ER (Figures 2-3)

$$H_w = \frac{H_m}{HR} \Rightarrow \frac{10.32\text{m}}{0.90} = 11.466 \approx 11.47\text{m} \quad (22)$$

Pumpun valinta:

Pumpun hyötysuhde (%) 53 %
Pumpun pyörimisnopeus 1650 r/min
Pumpun hyötysuhde= η

Pumpun laskennallinen tehontarve (kW)

$$P_L = \frac{Q * H_w * S_m}{1.02 * \eta} \Rightarrow \frac{3.5 dm^3 / s * 11.47 m * 1.44 kg / dm^3}{(1.02 * 53)} = 1.069 \approx 1.1 kW \quad (23)$$

Lopullinen tehontarpeen määrittäminen:

$$P_{kok} = 1.3 * P_L \Rightarrow 1.3 * 1.1 kW = 1.43 \approx 1.4 kW \quad (24)$$

Sähkömoottorin valinta:

Sähkömoottorin nimellispyörimisnopeus 1500 r/min

Kuormituksen aiheuttama momentti:

9550N arvo on katsottu sähkömoottorin valintaan liittyvästä aputaulukosta

$$M_T = \frac{9550 N * 1.4 kW}{1500 r / min} = 8.91 Nm \quad (25)$$

Sähkömoottorin tahtinopeus 1500 r/min

$$\text{Suhteellinen nopeus} = \frac{1650 r / min}{1500 r / min} = 1.1 \quad (26)$$

ks.taulukosta kuormitettavuus

$$T_{N,nim} = (\text{vaadittava vähimmäismomentti}) \frac{8.91 Nm}{0.97} = 9.185 \approx 9.19 Nm \quad (27)$$

$$P_{N,nim} = \frac{T_{N,nim} * 1500 r / min}{9550 N} \Rightarrow \frac{9.19 Nm * 1500 r / min}{9550 N} = 1.44 \approx 1.443 kW$$

$P_{N,nim}$ =(vaadittava vähimmäisteho) 1.44kW

Sähkömoottorin valinta taulukosta : valitaan

Tyyppi: 112M4A
 P_N 4 kW

T_N	426.71Nm
cos	0.82
	85 %
n_N	1430 r/min

Moottorin virta
$$I_N * \left(\frac{M_T}{T_N}\right) \Rightarrow 8.29A * \left(\frac{8.91Nm}{426.71Nm}\right) = 0.173 \approx 0.17A \quad (28)$$

Taajuusmuuttajan valinta taulukosta:

Tyyppi	ACS800-11-0116-3
I_N	26A
$P_{N,HD}$	11kW

Hinnakäytön valinta

Lähtötietoja:

Tehonsiirron tarve (1kW=1000 Nm/s)

$$P_N * 1000Nm/s \Rightarrow 4kW * 1000Nm/s = 4000Nm/s \quad (29)$$

Sähkömoottorin pyörimisnopeus	1500 r/min
Pumpun pyörimisnopeus	1650 r/min
Säteiskuormitus (Fn)	1200N
Käyttökerroin (Kk)	1.3

Käyttävän pyörän laskeminen:

Halkaisija :

$$\left(\frac{1.5 * (Kk * 4000Nm/s)}{\pi * (1430r/min/60s) * Fn}\right) * 1000 \Rightarrow \left(\frac{1.5 * (1.3 * 4000Nm/s)}{\pi * (1430r/min/60s) * 1200N}\right) * 1000 = 86.81mm \quad (30)$$

Valitaan seuraava standardikoon pyörä 90mm.

Näissä laskuissa on käytetty taulukoita jotka löytyvät lähteestä /9/.

$$\text{valityssuhte} \iota = \frac{\text{pyör.nop.}}{\text{pump.pyör.nop.}} \Rightarrow \frac{1430r / \text{min}}{1650r / \text{min}} = 0.8666 \approx 0.87 \quad (31)$$

Akseliväli:

$$\begin{aligned} E_1 & 2.7 \\ \sin \beta & 1 \\ \kappa_\beta & 0.98 \end{aligned}$$

Akseliväli

$$E_1 * \text{standardikoon pyörä} \Rightarrow 2.7 * 90\text{mm} = 243\text{mm} \quad (32)$$

Hihnan pituus

$$\begin{aligned} L_1 & = 9 \\ \text{Hihnanpituus } L & = L_1 * \text{standardikoon pyörä} \end{aligned} \quad (33)$$

$$\begin{aligned} 9 * 90\text{mm} & = 810\text{mm} \\ \Rightarrow \text{valittava hihnan pituus (standardi)} & 812\text{mm} \end{aligned}$$

Hihnojen määrä:

$$\begin{aligned} \text{Käyttökerroin (Kt)} & 1.2 \\ \text{Ympäristökerroin (Ko)} & 1.3 \\ \text{Pituuskerroin (K}_L\text{)} & 0.87 \\ \text{Pumpun laskennallinen tehontarve} & 4\text{kW} \\ \text{Tehontarve hihnaa kohden (P}_0\text{)} & 2.2\text{kW} \end{aligned}$$

\Rightarrow Hihnan tyyppi SPZ

Hihnojen lukumäärä:

$$(z) = \frac{P_L * K_k * K_t * K_0}{P_0 * \kappa_\beta * K_L} \Rightarrow \frac{4\text{kW} * 1.3 * 1.2 * 1.3}{2.2\text{kW} * 0.98 * 0.87} = 4.32 \approx 4 \quad (34)$$

käytetään 4 hihnaa

Pumpuksi valitaan tulosten perusteella Warman 1.5/1 AH Gland Sealed Pump.

Pumpulla 392 on tarkoitus pumpata sakeuttimen alitteena tullutta lietettä riparikastuspiiriin. Pumpulta vaaditut arvot:

- kiintoainetta = 3 t/h
- kiintoainetta p% = 35%
- kiintoaineen tiheys = 3.22 kg/dm³
- Cr203 pitoisuus = 18%.

7.5.5.1. 392. Pumpun laskut

Laskut PEH 50x4.6mm 109 l/min 1.8 l/s

$$\begin{array}{lll}
 S = 109l / \text{min} & d_{50} = 200\mu\text{m} & Z_d = 7.0m \\
 Z_s = 1.0m & d = 40.8\text{mm} & D = 0.0408m \\
 C_w = 35\% & L_{\text{putkisto}} = 13.5m & S_m = 1.32\text{kg} / \text{dm}^3
 \end{array}$$

Kiintoaineen määrä:

$$M = (S * 60 \text{ min}) * S_m * \left(\frac{C_w}{100}\right) / 1000 \quad (10)$$

$$M = (109l / \text{min} * 60 \text{ min}) * 1.32\text{kg} / \text{dm}^3 * \left(\frac{35\%}{100}\right) / 1000 = 3.02\text{t} / \text{h}$$

Putkilinjojen materiaalit= kumi

Putkilinjojen pituudet= 13.5m

Putkikoot (mm)= 50mm

Seinämänvahvuudet (mm)= 4.6mm

Putkikäyrien määrät= 6 kpl

Tarvittavan pumppauksen määrän määrittäminen:

$$\text{Kiintoaineen määrä } (m^3) M_k = \frac{3.02\text{t} / \text{h}}{3.2\text{t} / m^3} = 0.94 \approx 0.9m^3 \quad (11)$$

Veden määrä lietteessä C_w pitoisuudella (m^3):

$$M_w = (M * (100 - C_w) / C_w) \quad (12)$$

$$M_w = (3.02\text{t} / \text{h} * (100 - 35\%) / 35\%) = 5.608 \approx 5.61m^3$$

Lietteen kokonaismäärä:

(13)

$$Q = 0.9m^3 + 5.61m^3 = 6.51m^3$$

Lietteen kokonaispaino:

$$M + M_w \tag{14}$$

$$3.02t / h + 5.61m^3 = 8.63t$$

Kiintoaineen määrä tilavuusprosenttina:

$$C_v(\%) = (100 / Q) * M_k \tag{15}$$

$$C_v(\%) = (100 / 6.5t) * 0.9m^3 = 12.59 \approx 13.85\%$$

Lietteen määrä:

$$Q = 6.51m^3 / h \Rightarrow (dm^3 / s)$$

$$\frac{(Q * 1000m)}{3600s} \Rightarrow \frac{(6.51m^3 / h * 1000m)}{3600s} = 1.81 \approx 1.8dm^3 / s$$

Putkilinjojen määrittäminen:

Putken sisähalkaisija (mm) D=40.8mm lietteen määrä ilmoitettu dm^3 / s .

Putken virtausnopeus:

$$V = \frac{Q * 1273}{d^2} \Rightarrow \frac{1.8dm^3 / s * 1273}{(40.8mm)^2} = 1.376 \approx 1.38m / s \tag{16}$$

Laskeutumisnopeus putkessa Durantonin kaavan mukaan:

FL arvo löytyy taulukosta (Figure 4-5-2)

D= putken sisähalkaisija metreinä

$$VL = FL \sqrt{2gD \left(\frac{S - SI}{SI} \right)} \tag{17}$$

$$VL = 1.03 \sqrt{2 * 9.81 \text{ m/s}^2 * 0.0408 \text{ m} \left(\frac{3.2-1}{1} \right)} = 1.366 \approx 1.37 \text{ m/s}$$

Putkiston painehäviöt: (Figures 4-4-3 ja 4-4-4)

Putkistosta aiheutuva painehäviö:

Putkilinjojen pituus = 13.5m

Putkikäyrien/kaarien aiheuttamat painehäviöt:

$$\Rightarrow 6 * 90^\circ \text{ käyrä} * 1.07 = 6.42 \approx 6.4 \text{ m}$$

Putkilinjojen kokonaispituus = L_{putkisto} + kaarien aiheuttama painehäviö \Rightarrow

$$13.5 \text{ m} + 6.4 \text{ m} = 19.9 \text{ m}$$

$$\text{Putkistosta aiheutuva painehäviö: } H_f = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g}, \text{ missä} \quad (18)$$

L = putken pituus (m)

f = taulukko arvo (Figures 4-3-2)

D = putken halkaisija (m)

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$

$$H_f = (0.0205 * \left(\frac{19.9 \text{ m}}{0.0408 \text{ m}} \right) * \frac{(1.38 \text{ m/s})^2}{2 * 9.81 \text{ m/s}^2}) = 0.97 \text{ m}$$

Muunnoskappaleista aiheutuvat painehäviöt:

Virtausnopeus V_1 40.8mm putkessa (m/s)

$$V_1 = \frac{Q * 1273}{d^2} = \frac{1.8 \text{ dm}^3 / \text{s} * 1273}{(40.8 \text{ mm})^2} = 1.376 \approx 1.38 \text{ m/s} \quad (19)$$

Pumpun paineputken painehäviöt (lietettä)

$$\Rightarrow \frac{V^2}{2g} = \frac{(1.38 \text{ m/s})^2}{2 * 9.81 \text{ m/s}^2} = 0.0965 \text{ m} \approx 0.1 \text{ m} \quad (20)$$

Imuputkessa aiheutuvat painehäviöt (Figures 4-4-4)

$$0.5 * \frac{V^2}{2g} \Rightarrow 0.5 * \frac{(1.38 \text{ m/s})^2}{2 * 9.81 \text{ m/s}^2} = 0.185 \approx 0.2 \text{ m} \quad (21)$$

Nostokorkeus:

määritys lietteelle (Hm):

kokonaisnostokorkeus (lietettä) (m)

Z_d = staattinen nostokorkeus

Z_s = kaivon pinnankorkeus

$$H_m = Z + H_f, \quad Z = Z_d - Z_s$$

$$H_m = (Z_d - Z_s) + H_f \Rightarrow 7m - 1m + 0.96m + 0.1m = 7.06m$$

Kokonaisnostokorkeus vesipatsaana (Hw)

HR/ER (Figures 2-3)

$$H_w = \frac{H_m}{HR} \Rightarrow \frac{7.06m}{0.97} = 7.278 \approx 7.3m \quad (22)$$

Pumpun valinta:

pumpun hyötysuhde (%) 45 %

pumpun pyörimisnopeus 1300 r/min

η_m = pumpun hyötysuhde

Pumpun laskennallinen tehontarve (kW)

$$P_L = \frac{Q * H_w * S_m}{1.02 * \eta_m} \Rightarrow \frac{1.8dm^3/s * 7.3m * 1.32kg/dm^3}{(1.02 * 53)} = 0.32 \approx 0.3kW \quad (23)$$

Lopullinen tehontarpeen määritys:

$$P_{kok} = 1.3 * P_L \Rightarrow 1.3 * 0.3kW = 0.39 \approx 0.4kW \quad (24)$$

Sähkömoottorin valinta:

Sähkömoottorin nimellisyörimisnopeus 1500 r/min

Kuormituksen aiheuttama momentti:

9550N arvo on katsottu sähkömoottorin valintaan liittyvästä aputaulukosta

$$M_T = \frac{9550N * 0.4kW}{1500r/min} = 2.55Nm \quad (25)$$

Sähkömoottorin tahtinopeus 1500 r/min

$$\text{Suhteellinen nopeus} = \frac{1300r/min}{1500r/min} = 0.8666 \approx 0.87 \quad (26)$$

ks. taulukosta kuormitettavuus

$$T_{N,nim} = (\text{vaadittava vähimmäismomentti}) \frac{2.55Nm}{0.98} = 2.60Nm \quad (27)$$

$$P_{N,nim} = \frac{T_{N,nim} * 1500r / \text{min}}{9550N} \Rightarrow \frac{2.60Nm * 1500r / \text{min}}{9550N} = 0.408kW$$

$$P_{N,nim} = (\text{vaadittava vähimmäisteho}) 0.41kW$$

Sähkömoottorin valinta taulukosta : valitaan

Tyyppi:	M2QA 100 L4B
P_N	2.2 kW
I_N	4.85A
T_N	14.16Nm
cos	0.81
	81.5%
n_N	1430 r/min

$$\text{Moottorin virta} \quad I_N * \left(\frac{M_T}{T_N}\right) \Rightarrow 4.85A * \left(\frac{2.55Nm}{14.16Nm}\right) = 0.873 \approx 0.87A \quad (28)$$

Taajuusmuuttajan valinta taulukosta:

Tyyppi	ACS800-11-0116-3
I_N	26A
$P_{N,HD}$	11kW

Hinnakäytön valinta

Lähtötietoja:

Tehonsiirron tarve (1kW=1000 Nm/s)

$$P_N * 1000Nm / s \Rightarrow 2.2kW * 1000Nm / s = 2200Nm / s \quad (29)$$

Sähkömoottorin pyörimisnopeus	1430 r/min
Pumpun pyörimisnopeus	1300 r/min
Säteiskuormitus (Fn)	1200N
Käyttökerroin (Kk)	1.3

Käyttävän pyörän laskeminen:

Halkaisija :

$$\left(\frac{1.5 * (Kk * 4000Nm / s)}{\pi * (1430r / min / 60s) * Fn} \right) * 1000 \Rightarrow \left(\frac{1.5 * (1.3 * 2200Nm / s)}{\pi * (1430r / min / 60s) * 1200N} \right) * 1000 = 47.7mm$$

(30)

Valitaan seuraava standardikoon pyörä 50mm.

Näissä laskuissa on käytetty taulukoita jotka löytyvät lähteestä /9/

$$\text{Välityssuhde } i = \frac{\text{säh.moot.pyör.nop.}}{\text{pump.pyör.nop.}} \Rightarrow \frac{1430r / min}{1300r / min} = 1.1$$

(31)

Akseliväli:

E_1	2.3
$\sin \beta_2$	1
κ_β	0.99

Akseliväli

$$E_1 * \text{standardikoon pyörä} \Rightarrow 2.3 * 50mm = 115mm$$

(32)

Hihnan pituus

$$L_1 = 8$$

$$\text{Hihnanpituus } L = L_1 * \text{standardikoon pyörä}$$

(33)

$$8 * 50mm = 400mm$$

⇒ valittava hihnan pituus (standardi) 487mm

Hihnojen määrä:

Käyttökerroin (Kt)	1.2
Ympäristökerroin (Ko)	1.3
Pituuskerroin (K_L)	0.82
Pumpun laskennallinen tehontarve	2.2kW
Tehontarve hihnaa kohden (P_0)	0.95kW

⇒ Hihnan tyyppi SPZ

Hihnojen lukumäärä:

$$(z) = \frac{P_L * K_k * K_t * K_0}{P_0 * \kappa_\beta * K_L} \Rightarrow \frac{2.2kW * 1.3 * 1.2 * 1.3}{0.95kW * 0.99 * 0.82} = 5.78 \approx 6 \quad (34)$$

käytetään 6 hihnaa

Pumpuksi valitaan tulosten perusteella Warman 1.5/1 AH Gland Sealed Pump.

OPAIKKOJEN SJOITTELU JA SUUNNITTELU

8.1. Näytteenoton teoria

Näytteiden osalta on yhteistä vain luotettavuuden vaatimus. Epätarkasta näytteestä tehty analyysi on arvoton. Näyte on otettava liikkuvasta materiaalivirrasta, olipa virta kuivaa tavaraa tai lietettä. Massavirta on katkaistava näytettä otettaessa kokonaisuudessaan ja kohtisuoraan virtaa vastaan. Kaiken kokoisilla lietteessä olevilla rakeilla on oltava yhtäläinen mahdollisuus päästä näytteeseen. Näytteenotto on toistettava ennalta määrättyin aikaväleihin ja riittävän usein. Otettu näyte on suojattava ösaastumiselta ö ennen analysointia /2/

Näytteenoton teorian ideaalimallissa oletetaan ottomenetelmä virheettömäksi, jolloin näytteeseen jää vain materiaalin heterogeenisyydestä aiheutuva virhe. Ideaalimallissa edellytetään, että näyte otetaan hyvin lyhyen ajan, Δt , kuluessa ja näytteenoton olevan jatkuva, jolloin n näyte-erää antaa koko näytteen. Ajatellaan, että komponentin A pitoisuudeksi saadaan a_E . Jos todellinen pitoisuus on a_{tot} , on virhe $a_e - a_{tot}$. Virheen arvo jää kuitenkin tietämättä, sillä näytehän edustaa näytteenottopaikan kautta kulkenutta massavirtaa. Ainoa tapa saada jonkinlainen kontrolli on ottaa useita eri näytteitä samasta massavirrasta aikaintervallin vaihdellessa ja verrata tuloksia keskenään. /2/

8.2. Koerikastuspiirin näytteenotto

Koerikastuspiiristä tullaan ottamaan näytteitä spiraalien syötteistä ja spiraalien lopputuotteista eli rikasteesta, välituotteesta ja jätteestä. Syötteen näytteenotto tapahtuu ennen kuin liete syötetään spiraalille. Näyte otetaan liikkuvasta lietevirrasta näytteenottokauhalla.

Lopputuotteista otettavat näytteet otetaan samalla tavalla ennen kaivoa putken päästä liikkuvasta lietevirrasta näytteenottokauhalla. Kaivojen näytteenottoa varten pitää rakentaa siirrettävät telineet, koska kiinteitten hoitotasojen rakentaminen kaivojen ympärille on mahdotonta rajallisen tilan vuoksi. 387- ja 392-kaivojen takana on pieni hoitotaso, jota voidaan käyttää näytteenottoon kyseisistä kaivoista.

VOITAVAT TURVALLISUUSASIAT

9.1. Konedirektiivi

Opinnäytetyön kaikki osat ja laitteistot on suunniteltu siten, että ne noudattavat konedirektiiviä. Sen velvoitteet on pääosin suunnattu koneitten valmistajille mutta työturvallisuuslaki ja käyttöasetus velvoittavat työnantajia varmistamaan, että hankittavat koneet ovat konedirektiivin vaatimusten mukaisia. Sitä kautta velvoitteet kohdistuvat myös työnantajiin. Asetus koskee kaikkia 1994 jälkeen hankittuja koneita. /7/

Koneen perusratkaisuissa on pyrittävä turvallisuuteen. Valtioneuvoston koneturvallisuusasetuksen liitteen 1 mukaan kone pitäisi alkujaan suunnitella turvalliseksi niin, että mitään suojuksia tai turvalaitteita ei tarvita. Käytännössä joudutaan kuitenkin käyttämään rakenteellisten ratkaisujen lisäksi suojuksia ja turvalaitteita, joiden avulla koneen riskit saadaan riittävän pieniksi. Suojuksilla ja turvalaitteilla on pyrittävä erottamaan vaaralliset koneet mahdollisimman hyvin ihmisistä. /7/

Pumppujen hihnakäytöt on suojattu kotelorakenteella jotta hihnojen ja kiilahihnapyörien väliin ei pääsisi työkaluja tai henkilöiden kehon osia.

Koneen saamiseksi nykyisten turvallisuusvaatimusten tasolle on riittävä turvallisuus saatava aikaan henkilökohtaisten suojaimien, sovittujen turvallisten työmenetelmien, varoitusmerkintöjen ja muiden vastaavien keinojen avulla. /7/

Tehtaalla, mihin koerikastuspiiri sijoittuu yleiset määräykset velvoittavat siellä liikkuvat henkilöt pitämään henkilösuojaimia kuten silmäsuojaimia, kypärää, kuulosuojaimia, turvajalkineita sekä suojavaatetusta. Tehtaalla pidetään erillinen turvallisuuskoulutus sinne työskentelemään tuleville urakoitsijoille. Lisäksi tehtaan alueella olevilla henkilöillä tulee olla voimassa tulityö- ja työturvallisuuskortti.

Käyttöasetuksessa on kaikkia koneita koskeva velvoite, jonka mukaan koneet on säännöllisesti huollolla ja kunnossapidolla pidettävä turvallisena koko niiden käyttöajan. Lisäksi koneen oikea asennus ja turvallinen toimintakunto on erityisesti selvitettävä ennen käyttöönottoa ja turvallisuuteen vaikuttavan muutoksen jälkeen /7/

Työnantajan on jatkuvasti seurattava koneen toimintakuntoa tarkastuksilla, testauksilla, mittauksilla ja muilla sopivilla keinoilla. Koneen toimintakunnon varmistamiseksi tehtävän tarkastuksen ja testauksen saa tehdä koneen rakenteeseen ja käyttöön perehtynyt pätevä henkilö. Tarvittaessa on käytettävä ulkopuolista asiantuntijaa. Uusia koneita käyttöön ottaessa on varmistettava, että koneet ovat riittävän turvallisia ja muutenkin niitä koskevien määräysten mukaisia. Varmistaminen edellyttää vähintään jonkin tasoisen tarkastuksen teettämistä tai tekemistä. /7/

ettu Outokummun tehdasstandardien mukaan. Tällä on varmistettu työ- ja kulkutasojen riittävä turvallisuus.

9.2. Yleiset turvallisuusasiat

Outokummulla on viime vuosina panostettu suuresti työturvallisuuteen ja saavutettu hyviä tuloksia, mutta paljon on myös vielä parannettavaa. Outokummulla on käytössä esimerkiksi turvallisuushavaintojärjestelmä, johon työntekijä voi käydä tekemässä havainnon turvallisuuspuutteesta tai laiminlyönnistä sekä läheltä piti-ilmoituksen. Lisäksi työntekijöille järjestetään turvavartteja, jossa esitellään edelliskuukauden työtapaturmat jos niitä on sattunut, ja todetaan miten ne olisi voitu välttää. Samassa tilaisuudessa käsitellään myös ajankohtaisia turvallisuuteen liittyviä asioita, joita on tuotu esille. Lisäksi kannustetaan turvalliseen työskentelyyn työpaikalla.

Outokummun tehtailla tehdään myös turvakierroksia, joiden yhteydessä tehdään turvallisuushavaintoja. Kaikki nämä turvallisuusasiat vaikuttavat omalta osaltaan Outokummun kuukautiseen tuottavuuspalkkioon. Kun työtapaturmia ei ole sattunut ja turvallisuushavaintoja on tehty riittävä määrä, niin ne vaikuttavat positiivisesti tulospalkkioon.

Koneiden turvallisuus perustuu vaarojen tunnistamiseen sekä vaaratekijöistä aiheutuvien riskien arviointiin ja hallintaan. Valmistajan on varmistettava, että koneen suunnittelun yhteydessä tehdään riskien arviointi, jotta koneeseen sovellettavat terveys- ja turvallisuusvaatimukset voidaan määrittää. Kone on sen jälkeen suunniteltava ja rakennettava huomioon ottaen riskien arvioinnin tulokset. /7/

Litteenä on työturvallisuus arviointilomake, toimintavirhe arviointilomake, työympäristöriskien arviointilomake sekä työympäristöriskit tarkistuslista, joiden perusteella rikastuspiirin laitteiden turvallisuus on määriteltä.

Riskien tunnistamisessa ja arvioinnissa on aluksi tunnistettava mahdolliset vaaraa aiheuttavat koneen tai prosessin osat ja ominaisuudet. Samalla on arvioitava pahimman mahdollisen tapahtuman eniten vahinkoa aiheuttavat seuraukset. /7/

Toisaalta on otettava huomioon vaaratekijään liittyvän terveyshaittoja aiheuttavan tapahtuman todennäköisyys. Laitteita ja prosesseja arvioitaessa on otettava huomioon niiden normaalin toiminnan lisäksi myös vikaantuminen ja erilaisten vikaantumisien todennäköisyys. Todennäköisyyteen vaikuttaa laitteiden ja prosessien lisäksi ihmisten oma toiminta. Siksi koneen ominaisuuksien ohella on otettava huomioon ihmisten inhimillisuus, joka tekee käyttäytymisen ennustamisen vaikeaksi. /7/

Kaikki riskien arviointi perustuu mahdollisten seurausten vakavuuden ja seurausten toteutumisen todennäköisyyden arvioimiseen. Standardeissa, käsikirjoissa ja Internetissä julkaistuissa erilaisissa menetelmissä pyritään auttamaan arvioinnin tekijää jakamalla seuraukset ja todennäköisyys sopiviin luokkiin. Eri menetelmissä painotetaan myös erilaisia



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

pyritään selvittämään ihmisten tekemien virheiden vaikutusta,
kun taas toisilla menetelmissä päähuomio painottuu vikaantumisesta aiheutuviin riskeihin.

/7/

Spiraalikoeajopiirin suunnittelu oli haastava tehtävä, sillä työskentelyn aikana piti tutustua niin moneen uuteen asiaan, joihin en ollut aiemmin törmännyt. Aluksi piti miettiä fyysinen paikka spiraaleille mitoittaen paikka siten, että spiraalit mahtuisivat parhaiten suhteellisen pieneen niille tarkoitettuun tilaan.

Spiraalien ympärille tulevat hoitotasot suunniteltiin siten, että ne asettuivat samalle tasolle jo olemassa olevien pienempien hoitotasojen kanssa, jotta ylimääräisten portaitten tai tikkaitten rakentamiselta säästyttäisiin. Hoitotasojen 3D-suunnittelussa käytin microstationin v8i ohjelmaa, joka on hiukan uudistunut versio v8:sta, jota olen tottunut käyttämään, mutta uudet ominaisuudet tulivat nopeasti tutuiksi.

Työssä pumppukaivot on suurimmaksi osaksi skaalattu valmiista pumppukaivoista ja sijoitettu itse suunnitelluille paikoille. Sekoitinkaivon mallinsin itse. Kuulamyly on valmiiksi mallinnettu hienorikastamon ympäristöön. Sykloni on taas valmiiksi mallinnettu, mutta syklonin sijoituspaikka on määritelty ja tukikehikko, jolle sykloni sijoitetaan, on mallinnettu itse.

Lietepumppujen valinta ja niiden laskeminen oli ongelmallista aluksi, sillä aikaisemmissa opinnoissa näitä asioita ei ole käsitelty. Hyvänä apuna pumppujen mitoittamiselle oli kuitenkin pumppujen Excel -pohjainen laskentaohjelma sekä Warmanin tuotekansio, jossa pumppujen mitoituksen suorittaminen on selvitetty seikkaperäisesti.

Pumpattavan lietteen pienet määrät aiheuttivat sen, että mitoitetuista pumpuista tuli varsin pieniä. Putkistojen vetämisen suunnittelu aiheutti myös hiukan pään vaivaa, sillä piti varmistaa, että putket ovat sijoitettu järkevästi ja eivät ole muitten rakenteitten tai laitteiden edessä tai kulkuväylillä. Siirrettävien pumppukaivojen sijoittaminen lähelle itse spiraaleita oli ainoa järkeenkäyvä paikka. Tätä puolustaa se, että putkilinjoista saatiin suhteellisen lyhyet ja muualta kuin suunnitellulta paikalta hienorikastamolla olisi ollut haasteellista löytää näille kolmelle kaivolle tilaa.

Työssä onnistuttiin samaan toimiva pumppausjärjestelmä mahdollisimman vähillä pumpuilla. Käytönaikainen seuranta koerikastuspiirille tulee olemaan myös helppoa juuri sen takia, että kaivot ja spiraalit ovat kootusti suhteellisen pienellä alueella.

Työn aikana sain tutustua moneen sellaiseen laitteeseen, joita käytetään rikastusprosessissa ja joiden toimintaperiaatteesta tai käyttötarkoituksesta en joko tiennyt tai oli hatarat tiedot. Lisäksi spiraalien toimintaperiaate tuli hyvinkin tutuksi työn etenemisen aikana.

Toivon, että koerikastuspiiristä tulee olemaan arvokasta hyötyä Kemin kaivokselle ja että sillä saadaan toivottavia rikastustuloksia.

ELO

- /1/ Jiangxi Gandong [WWW-dokumentti]
<<http://www.xkjsb.com/images/cp/hydrocyclone2.jpg>> 30.4.2010
- /2/ Lukkarinen Toimi, Mineraalitekniikka OSA 2, Mineraalien rikastus, 1. Painos, Insinööritieto Oy, 1987.
- /3/ Oja Marja, Spiraalit, Teknillinen Korkeakoulu, Materiaali- ja Kalliotekniikan osasto, Mekaaninen prosessi- ja kierrätystekniikka, 2005.
- /4/ Outokummun Intranet <http://www.myoutokumpu.com/pages/Page____23564.aspx/> 9.3.2010.
- /5/ Peltoniemi Satu, Kirjallisuustyö: Kierukkarikastus, Oulun yliopisto, julkaisuja 1, Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto, 2004.
- /6/ Pyy Seppo ym., Koneenelimet ja mekanismit, Painos 1-3, Edita Helsinki, 1999.
- /7/ Siirilä Tapio, Koneturvallisuus, EU-määräysten mukainen koneiden turvallisuus, 2.uudistettu painos. Inspecta Koulutus Oy, Otavan Kirjapaino Oy, 2008.
- /8/ Sulzer pumps [WWW-dokumentti]
<http://www.sulzerpumps.com/desktopdefault.aspx/tabid-169/231_read-1226/> 15.3.2010.
- /9/ Warman Tuotekansio, 1996.

LO

Liite 1. Outokumpu Chrome Kemin kaivoksen prosessikaavio.

Liite 2. Kiilahihnapyörien valintataulukko.

Liite 3. Kiilahihnojen valintataulukko.

Liite 4. Spiraalikoerikastuspiirin PI-kaavio.

Liite 5/3. Spiraalikoerikastuspiirin layout-piirustukset.

Liite 6. Sähkömoottorin ja taajuusmuuttajan valintataulukko.

Liite 7/4. Spiraalien valmistajan kuvat.

Liite 8. Työturvallisuus arviointilomake.

Liite 9. Toimintavirhearviointilomake.

Liite 10. Työympäristöriskit tarkistuslista.

Liite 11. Työympäristöriskienarviointi lomakepohja.

Liite 12. Outokummun tehdasstandardi TTS 20550