

Hydrosyklonin ja spiraalierottimen käyttöönotto

Laurila Joonas

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Konetekniikka
Insinööri (AMK)

KEMI 2013

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö tehtiin ammattiopisto Lappian Tornion koulutusyksikön tilauksesta Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun tekniikan yksikössä.

Haluan aluksi kiittää kaikkia, jotka ovat olleet vaikuttamassa työni tekoon. Erityisesti haluan kiittää projektipäällikkö Sami Hietalahtea, joka antoi minulle tämän työn aiheen ja antoi arvokkaita neuvoja ja vinkkejä työn tekemiseen.

Erityiskiitokset myös Niina Vaaralle Outokumpu Chromen Kemin kaivokselta, joka teki mahdolliseksi käyntikierroksen Kemin kaivokselle ja antoi vinkkejä ja tietoa työn tekemistä varten. Näillä tiedoilla suunnittelemani linja saatiin vastaamaan todellista kaivosalan prosessilinjaa.

Erityiskiitokset myös työni ohjaaja Ari Pikkaraiselle, joka opasti minua työni suorittamiseen.

TIIVISTELMÄ

KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU, Tekniikka

Koulutusohjelma:	Konetekniikka
Opinnäytetyön tekijä:	Joonas Laurila
Opinnäytetyön nimi:	Hydrosyklonin ja spiraalierottimen käyttöönotto
Sivuja + liitesivuja:	53 + 11
Päiväys:	24.4.2013
Opinnäytetyön ohjaaja:	Ins.(YAMK) Ari Pikkarainen
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella rikastamisessa käytettävä erotuslinja, jota käytetään kaivosalan koulutuksessa opetuskäyttöön. Ammattiopisto Lappian Tornion koulutusyksikön tiloihin on valmisteilla rikastustekniikan koulutuskeskus (RikasTek), jonka tarkoituksena on opettaa käytännön rikastustekniikkaa kaivosalan oppilaille ja yrityksille.</p> <p>Ammattiopisto Lappialta löytyy spiraalierotin ja hydrosykloni. Opinnäytetyössä näiden kahden laitteen ympärille suunniteltiin suljettu erotinpiiri, jolla voidaan opettaa näiden kahden laitteen toiminta käytännössä.</p> <p>Työssä suunniteltiin tarvittavat hoitotasot, putkistot, pumpput, säiliöt, instrumentointi ja niiden sijainnit. Jotta suunniteltava linja saataisiin mahdollisimman hyvin vastaamaan työelämän olosuhteita, käytiin Outokummun Kemin kaivoksella tutustumassa heidän vastaaviin laitteisiinsa ja toteutuksiinsa. Outokummun Kemin kaivokselta saatua tietoa ja osaamista käytetään suunnitelmassa laitteistoa opinnäytetyöhön.</p> <p>Työn keskeisimmät tavoitteet saavutettiin. Työn tuloksena saatiin suunniteltua linja, joka vastaa oikeassa rikastamossa olevaa linjaa. Työssä käytettiin paljon hyödyksi Outokummun Kemin kaivokselta saatua tietoutta. Työn tuloksena suunnitellusta linjasta pystyttiin valmistamaan tarjouspyyntökuvat rakenteista ja laitteistosta.</p>	
Asiasanat: rikastus, erotusmenetelmät, erotus.	

ABSTRACT

KEMI-TORNIO UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, Technology

Degree programme:	Mechanical and Production Engineering
Author:	Joonas Laurila
Thesis title:	Design of Hydro Cyclone and Spiral Separator System
Pages + appendixes:	53 + 11
Date:	24 April 2013
Thesis instructor:	Ari Pikkarainen, MEng (mech.eng)
<p>The subject of this Bachelor's thesis was to design a separator line for vocational school Lappia. Vocational school Lappia was building concentration technology center (RikasTek) in Tornio.</p> <p>The technology center's idea is to give hands-on teaching of concentration technology to students and companies. Vocational school Lappia already owned a hydro cyclone and a spiral separator. The idea was to design a closed separator line around these two separators.</p> <p>This study includes modeling service platforms, lines, pumps, tanks and instrumentation devices and their positions. Outokumpu Kemi mine was visited for reference so the designed line would be similar to a line in a real working life circumstances. All the information that was collected from Outokumpu Kemi mine was used in this study.</p> <p>The main goals were achieved. The designed line is highly similar to a line in real working life because the designing was based on knowledge of Outokumpu Kemi mine. Local firms were invited to tender for the building contract. Pictures that were used in competitive bidding were made from the CAD models that were designed in this study.</p>	
Keywords: concentration, separation methods, separation.	

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
2 KEMI-TORNIONLAAKSON KOULUTUSKUNTAYHTYMÄ LAPPIA	8
2.1 Ammattiopisto Lappia	8
2.2 Kaivosalan koulutus	9
2.3 Rikastustekniikan koulutuskeskus (RikasTek)	9
3 RIKASTUS.....	11
3.1 Rikastuksen käsitteet	11
3.2 Rikastamisen edellytykset	12
3.2.1 Minerologiset edellytykset	12
3.2.2 Taloudelliset edellytykset.....	12
4 RIKASTUSMENETELMÄT	14
4.1 Vaahdotus	14
4.2 Tiheyseroihin perustuva rikastus	17
4.2.1 Sink float-erotus	18
4.2.2 Hytkytys	23
4.2.3 Tärypöytärikastus	24
4.2.4 Kierukkarikastus.....	25
4.3 Magneettinen rikastus.....	26
4.4 Muita vähemmän käytettyjä rikastusmenetelmiä.....	26
5 PUMPUT JA PUTKISTOT.....	29
5.1 Pumput.....	29
5.1.1 Keskipakopumput	29
5.1.2 Muut pumput	31
5.2 Putkistot	31
6 OPINNÄYTETYÖ OSANA HANKETTA	32
6.1 Opinnäytetyön tarkoitus	32
6.2 Opinnäytetyön suoritus.....	33
7 PILOT-RIKASTAMON EROTINLINJA.....	34
7.1 Pumput.....	34

7.2 Putkistot	34
7.3 Linjan laitteet	35
7.4 Instrumentit, apulaitteet ja linjat ja niiden käyttö	36
7.4.1 Venttiilit	36
7.4.2 Instrumentit	38
7.5 Laitteiston ajo.....	38
7.6 Näytteiden otto.....	39
8 LINJAN RAKENTEET	41
8.1 Altaat	41
8.2 Teräsrakenteet	42
8.2.1 Runko	42
8.2.2 Hoitotaso ja portaat.....	43
8.2.3 Standardit ja lujuuksien tarkastelu teräsrakenteissa.....	45
8.2.4 Muutostyöt olemassa oleviin rakenteisiin	45
8.2.5 Rakenteiden asennus	47
8.2.6 Kannakointi	47
9 CE-MERKINTÄ PILOT-RIKASTAMOLLE.....	49
10 TYÖN TULOKSET	50
11 POHDINTA.....	51
LÄHTEET	52
LIITTEET.....	53

1 JOHDANTO

Rikastustekniikan koulutuskeskus RikasTek on ammattiopisto Lappialle valmistuva EU-rahoitteinen pilot-luokan rikastamo. Hankkeen tarkoituksena on luoda todellisuutta vastaava rikastamo, jonka avulla oppilaille annettu käytännön opetus vastaisi mahdollisimman hyvin työelämää. Oikeaa rikastustapahtumaa vastaavalla opetuksella saadaan oppilaalle pienempi kynnys ja paremmat valmiudet siirtyä suoraan oppilaitoksesta työelämään, koska he tuntevat laitteistoa ja pystyvät hahmottamaan jokaisen tapahtuman, mitä malmille tapahtuu sen muuttuessa kivistä valmiiksi rikasteeksi eli arvomineraaliksi.

Työssä tarkoitus on suunnitella rikastustekniikan keskukseen erotusprosessissa käytetty erotinlinja. Työn alussa on tarkoitus vierailla Outokummun Kemin kaivoksella keräämässä tietoa oikeasta rikastamosta ja suunnitella sen pohjalta vastaavanlainen erotinlinja. Työ sisältää teräsrakenteiden suunnittelua, erotinlinjassa käytettävien laitteiden ja sijaintien suunnittelua, 3D-mallinnusta linjasta sekä virtauskaavion suunnittelua.

Ammattiopisto Lappialla on tällä hetkellä käyttämättömänä spiraalierotin ja hydrosykloni, jotka ovat yleisimpiä rikastamon erotuslaitteita. Näiden kahden laitteen ympärille suunnitellaan tarvittavat laitteet ja rakenteet, että niitä voidaan hyödyntää rikastustekniikan koulutuskeskuksessa.

Kustannukset, laitteiston automatisointi, kunnossapito ja opetusmenetelmät rajataan työstä pois, vaikka suunnittelussa pyritään huomioimaan mahdollisimman helppo kunnossapidettävyyys.

2 KEMI-TORNIONLAAKSON KOULUTUSKUNTAYHTYMÄ LAPPIA

Koulutuskuntayhtymä Lappia on Länsi-Lapissa vuonna 1953 perustettu kuntayhtymä. Sillä oli kahdeksan jäsenkuntaa: Simo, Keminmaa, Tervola, Tornio, Ylitornio, Pello, Kolari ja Muonio. Sen nimi oli pitkään Länsi-Lapin koulutuskuntayhtymä kunnes vuonna 2006 jäsenkunnat hyväksyivät valtuustossaan uuden perussopimuksen, jonka seurauksena Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun kuntayhtymä ja Länsi-Lapin koulutuskuntayhtymä fuusioituivat Lappiaan ja lakkasivat olemasta. Näin syntyi Kemi-Tornionlaakson koulutuskuntayhtymä, joka sai fuusion seurauksena yhdeksännen jäsenkunnan, Kemin. (Kemi-Tornionlaakson koulutuskuntayhtymä Lappian [www-sivut](#), Hakupäivä 12.12.2012.)

Nykyään koulutuskuntayhtymällä on opiskelijoita noin 6400 ja kokoaikaista henkilöstöä noin 700. Kuntayhtymän liikevaihto vuonna 2011 oli 72 miljoonaa euroa. Kuntayhtymä järjestää ammatillista ja muuta toisen asteen koulutusta ja ammattikorkeakoulutusta sekä nuoriso- että aikuiskoulutuksena. Lisäksi kuntayhtymä toteuttaa koulutukseen ja toimialueen elinkeinoelämän ja julkishallinnon kehittämiseen liittyvää tutkimus- ja kehittämistoimintaa sekä työelämän kehittämis- ja palvelutehtäviä alueen kansainväliset erityispiirteet huomioiden ja muuta toimialaansa kuuluvaa maksullista palvelutoimintaa. (Kemi-Tornionlaakson koulutuskuntayhtymä Lappian [www-sivut](#), Hakupäivä 12.12.2012.)

2.1 Ammattiopisto Lappia

Ammattiopisto Lappia tarjoaa ammatillista koulutusta nuorille ja aikuisille. Tutkintoja voi suorittaa viidellä eri koulutusosalalla. Perustutkintoja on tarjolla 30 ja koulutusohjelmia 45. Perustutkintojen lisäksi ammattiopisto järjestää yli 70:een eri tutkintoon johtavaa aikuis- ja oppisopimuskoulutusta. Ammattiopisto Lappia mahdollistaa myös kaksoistutkinnon suorittamisen, joka tehdään yhteistyössä paikallisten lukioden kanssa. Koulutuspaikkoja löytyy Kemistä, Keminmaasta, Muoniosta, Pellosta, Simosta, Tervolasta ja Tornioista. Koulutusalat vaihtelevat paikkakunnittain. (Ammattiopisto Lappian [www-sivut](#), Hakupäivä 12.12.2012.)

Ammattiopisto työllistää noin 420 henkilöä ja opiskelijoita on noin 4000, joista 2700 on nuoriso-opiskelijoita ja 1300 aikuisopiskelijoita. Kansainvälistä rajayhteistyötä Lappia toteuttaa enimmäkseen Ruotsin ja Norjan kanssa. Muu kansainvälinen toiminta painottuu pääasiassa EU-maihin mm. opiskelija- ja asiantuntijavaihdon sekä erilaisten kansainvälisten hankkeiden muodossa. (Ammattiopisto Lappian www-sivut, Hakupäivä 12.12.2012.)

2.2 Kaivosalan koulutus

Kaivosalan koulutusta voi tällä hetkellä opiskella Ammattiopisto Lappiassa Tornion ja Kolarin toimipisteissä. Kaivosalan perustutkinnossa opiskellaan kaivosalan perustaitoja, kuten koneita ja laitteita, kaivossuunnitelmia, malmin tutkimusta ja kairausta, turvallisuus-, ergonomia- ja ympäristötietoutta. Suuntautumisvaihtoehdot ovat joko jalostusprosessit tai louhinta. (Ammattiopisto Lappian www-sivut, Hakupäivä 12.12.2012.)

Kaivosalalla tarvitaan ammattilaisia louhintaan, rikastukseen, kunnossapitoon, käynnissä pitoon sekä automaatioon ja prosessinohjaukseen. Valmistunut opiskelija saa valmiudet työskennellä rikastamoissa, louhoksissa, maanrakennustöissä kaivoksilla sekä muissa alan yrityksissä joissa esiintyy teollisuuden automaatio ja kunnossapitotehtäviä. (Ammattiopisto Lappian www-sivut, Hakupäivä 12.12.2012.)

2.3 Rikastustekniikan koulutuskeskus (RikasTek)

Rikastustekniikan koulutuskeskus RikasTek on käynnistetty vastaamaan kaivosalan ammatillisen perusopetuksen, aikuiskoulutuksen ja insinöörikoulutuksen tarpeisiin. Koulutus on käytännönläheistä ja monipuolista ja sen tarkoitus on antaa parhaat mahdolliset valmiudet kaivosalalla työskentelyyn aina louhinnasta lopputuotteen laadunvalvontaan sekä kunnossapitotehtäviin. (Hietalahti, Sami 2012, 1-3)

RikasTek-projektissa suunnitellaan ja toteutetaan pilot-mittakaavan opetusympäristö, jossa pystytään opettamaan materiaalin hienonnusta, erotus- ja rikastustekniikoita sekä prosessinohjausta ja kunnossapitoa. Koneiden, kuten pyöräkuormaajan ja kaivinkoneen käyttöä tullaan opettamaan simulaattoreilla, joilla materiaalien käsittely sekä lastaus ovat todenmukaisia, turvallisia sekä ympäristöystävällisiä. (Hietalahti 2012, 1-3)

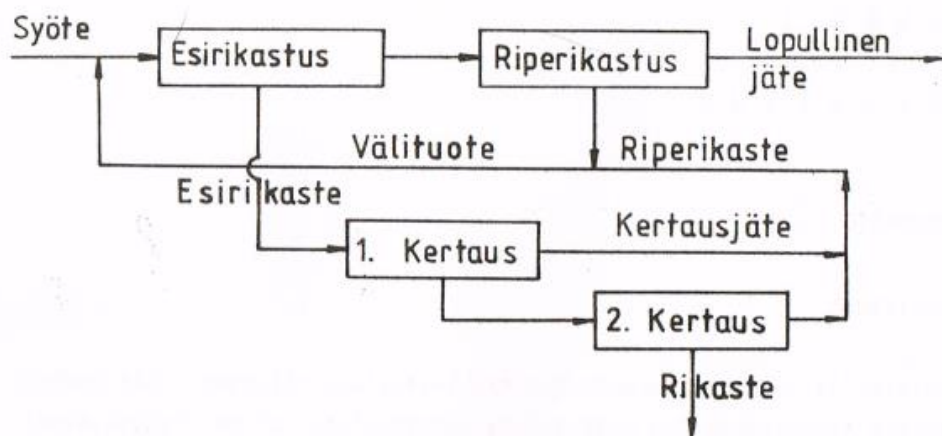
RikasTek hanke on EU-rahoitteinen, mikä tarkoittaa, että EU maksaa 80 % projektin aiheuttamista kuluista. Kaikista menoista tehdään tarkat laskelmat ja koulu maksaa itse kulut, jotka sitten peritään osittain takaisin EU:lta. EU:n rahoittamalla hankkeelle on myös EU:n asettamia säädöksiä. Kaikki hankkeeseen liittyvät ostot täytyy kilpailuttaa vapaalla tarjouspyyntökilpailulla. Toisena ehtona on, että Pilot-rikastamon valmistuttua koulu ei saa tienata sillä yhtään rahaa kahden seuraavan vuoden aikana, eli opetusta tai tuoteanalyysijä ei voida esimerkiksi myydä tänä aikana ulkopuolisille yrityksille. (Hietalahti, 21.3.2013, Opinnäytetyön seurantapalaveri.)

3 RIKASTUS

3.1 Rikastuksen käsitteet

Rikastamisella tarkoitetaan arvomineraalien erottamista arvottomista mineraalien varsinaista rakennetta muuttamatta. Tavallisimpia rikastettavia tuotteita ovat malmit ja muut mineraaliset raaka-aineet. Erotuksesta saatua arvomineraalia kutsutaan rikasteeksi ja jätteeksi kutsutaan hylkykivijäätettä, joka ei enää sisällä juurikaan mineraaleja. (Lukkarinen 1987, 1)

Laitosta, jossa malmi tai vastaava rikastetaan, kutsutaan rikastamoksi. Rikastamon tarkoitus ei ole pelkästään erottaa arvomineraalit, vaan yleensä samassa laitoksessa raaka-aine myös hienonnetaan ennen rikastusta, eli murskataan. Rikastamisessa käytettävien laitteiden kokonaisuutta sanotaan rikastuspiiriksi (kuvio 1). (Lukkarinen 1987, 1)



Kuvio 1. Yleiskuvanto rikastuspiirin vaiheista. (Lukkarinen 1987, 2)

3.2 Rikastamisen edellytykset

Jotta rikastamiselle olisi tarpeelliset edellytykset, sen täytyy täyttää kaksi ehtoa: sen täytyy olla minerologisesti mahdollista ja taloudellisesti kannattavaa. Jo toisen ehdon puuttuminen aiheuttaa sen, ettei rikastaminen ole järkevää tai se on mahdotonta.

3.2.1 Minerologiset edellytykset

Malmin rikastettavuus riippuu oleellisesti sen koostumuksesta, rakenteesta ja isäntäkiven laadusta. Erikoisen tärkeää on malmin mikrorakenne. Joissain tapauksissa malmi sisältää useampaa arvomineraalia, joiden ominaisuudet ovat niin samankaltaiset, että niiden erottaminen toisistaan on hyvin hankalaa tai lähes mahdotonta. Myös mineraalien rakenteiden keskinäiset suhteet voivat joskus hankaloittaa rikastamista. Silloin mineraalien rakenteissa olevat alkuaineet huonontavat rikastetta. Malmin isäntäkivi voi joskus myös haitata rikastusta. Liian kova isäntäkivi aiheuttaa ongelmia jauhatuksessa ja liian pehmeä kivi aiheuttaa rikastusta haittaavaa liejua. (Lukkarinen 1987, 8-9,13)

3.2.2 Taloudelliset edellytykset

Rikastamisen taloudellisuus muodostuu usein monista pienistä tekijöistä. Yksistään ne näyttävät vähäpätöisiltä, mutta yhdessä ne luovat tärkeän kokonaisuuden lopputuloksen kannalta. Malmin laadun lisäksi maailmanmarkkinoiden hintataso, sekä laitoksen tuotantokustannukset vaikuttavat oleellisesti siihen, kuinka kannattavaa rikastus on. (Lukkarinen 1987, 14)

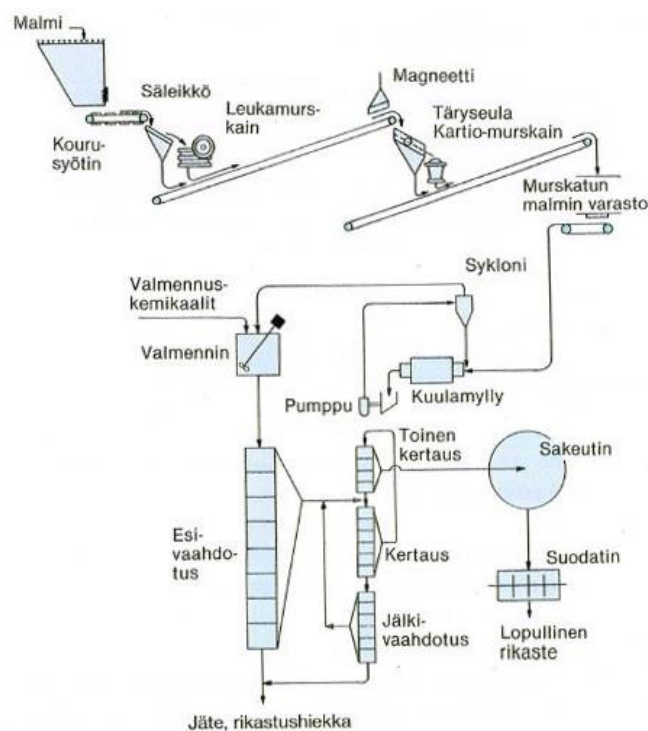
Jos malmi on köyhää, eli se sisältää vain vähän arvomineraaleja, siitä ei mitenkään voi saada taloudellisesti kovin kannattavaa. Maailmantalous vaikuttaa paljon metallin hintaan, joka saattaakin heitellä paikoittain rajusti. Tämä myös vaikuttaa suoranaisesti siihen, kuinka kannattavaa jonkun tietyn malmin rikastaminen on. Tuotantokustannukset pyritään minimoimaan mahdollisimman pieniksi. Tähän vaikuttaa se, kuinka hyvin tehdassuunnittelussa on onnistuttu ja kuinka hyvin

ennakoivassa kunnossapidossa on onnistuttu. Myös laitoksen kapasiteetti vaikuttaa suoraan taloudellisuuteen, koska suurempi kapasiteetisessa tuotantolaitoksessa kiinteät kustannukset ovat pienemmät malmitonnia kohden. (Lukkarinen 1987, 13-14)

4 RIKASTUSMENETELMÄT

4.1 Vaahdotus

Vaahdotuksessa rikastetaan pieniä mineraalirakeita lietteestä. Tietyn mineraalin osat saatetaan kiinnittymään lietteessä synnytettyihin ilmakupliin. Näitä mineraaleja kutsutaan rikasteeksi ja ne kerääntyvät kuplien mukana vaahdon pinnalle ja poistuvat vaahdon mukana. Usein arvottomat mineraalit eivät tartu ilmakupliin ja poistuvat lietteen mukana. Näitä lietteessä olevia mineraaleja kutsutaan jätteeksi tai rikastushiekaksi. Ilmakupliin tarttuvien mineraalien pinta on vettä hylkivä eli hydrofobinen ja lietteeseen jäävien mineraalien pinta on vesihakuinen eli hydrofiilinen. (Lukkarinen 1987, 18-19; Pihkala 2011, 91)



Kuvio 2. Vaahdotusrikastuslaitoksen virtauskaavio. (Pihkala 2011, 95)

Yleensä vaahdotuksessa on pakko käyttää kemikaaleja, joiden tarkoitus on vaikuttaa mineraalienpintoihin ja vaahdon muodostumiseen. Nämä kemikaalit voidaan jakaa kolmeen ryhmään: kokoojat, vaahdotteet ja säännöstelijät. (Lukkarinen 1987, 19)

Kokoojien eli kokoojareagenssien avulla muutetaan mineraalien pinnat riittävässä määrin orgaanisiksi ja ei-polaarisiksi. Kokoojille ominaista on, että niillä on suuri

luontainen taipumus kiinnittyä juuri halutun mineraalin pinnalle, mutta ei samanaikaisesti muiden mineraalien pinnalle. Kokoojareagenssi syrjäyttää riittävästi aikaisemman pintapeitteen ja sen ionit asettuvat syrjäytettyjen tilalle. Tällöin mineraali muuttuu aerofiiliseksi ja se tarttuu helposti pinnalle nouseviin ilmakupliin, tehden mineraalin vaahdotuskelpoiseksi. (Lukkarinen 1987, 18-19; Pihkala 2011, 92-93)

Vaahdotteiden eli vaahdotusreagenssien avulla saadaan aikaan haluttu vaahdonmuodostus. Vaahdotteen tarkoituksena on alentaa veden pintajännitystä ja näin ollen saada aikaan tarpeeksi vahvoja kuplia, jotta ne pysyisivät ehjänä vaahdotekerroksena lietteen pinnalla. Vaahdotekerroksen tarkoituksena on uusiutua koko ajan nousevien kuplien vaikutuksesta ja hajota vasta kun vaahto kuoritaan lietteen pinnalta pois. (Lukkarinen 1987, 18-19; Pihkala 2011, 92-93)

Säännöstelijät eli säännöstelyreagenssit ovat vaahdotuksen ohjaajia. Niiden tarkoitus on joko helpottaa tai estää kokoojan tarttuminen mineraalin pinnalle. Näitä kutsutaan usein myös nimityksillä aktivoijat ja painajat. (Lukkarinen 1987, 19)

Vaahdotusprosessi edellyttää seuraavia asioita:

1. Vain haluttu mineraali peittyy kokoojareagenssiin.
2. Lietteessä on ilmakuplia, joita suojaa vaahdotemolekyyl kerros.
3. Mineraalirae ja ilmakuplat saatetaan toistensa välittömään läheisyyteen esimerkiksi sekoittamalla. Mineraalirae ja ilmakuplat yhtyvät, jolloin kuplat nostavat rakeet pinnalle ja ne muodostavat rikastevaahdon. (Pihkala 2011, 93)

Vaahdotuksessa käytettävät koneet

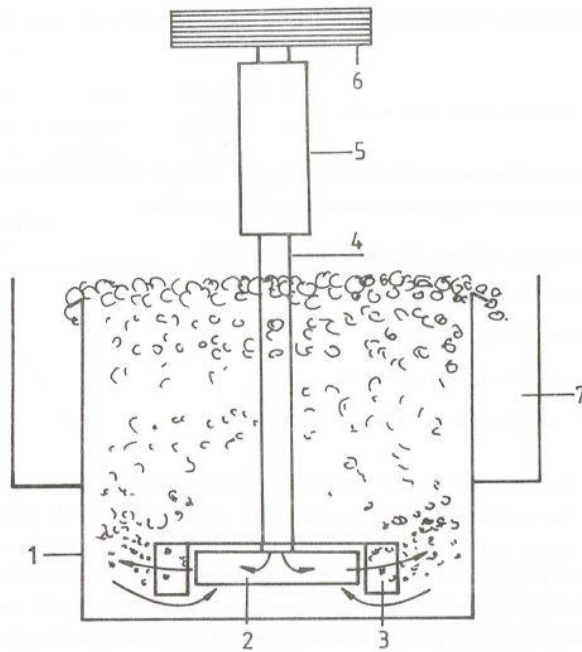
Vaahdotuksessa käytettävät koneet ja laitteet voidaan jakaa kolmeen ryhmään:

1. Vaahdotuskoneet
2. Valmentimet
3. Kemikaalilaitteet

Vaahdotuskoneet eli yleisemmin vaahdotuskennnot ovat laitteita, joissa itse vaahdotus tapahtuu. Ne yleensä jaotellaan kahteen ryhmään: mekaanisiin koneisiin ja

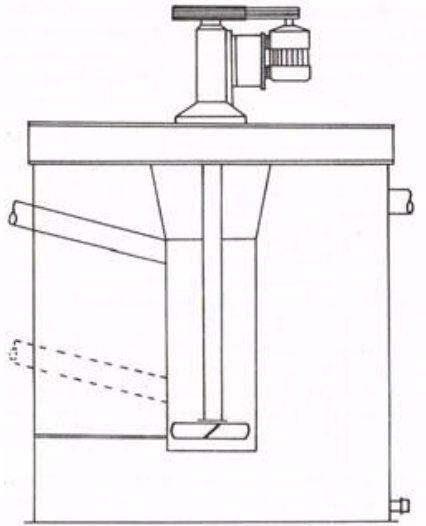
pneumaattisiin. Käytännössä kaikki koneet ovat pneumaattisia, sillä kaikissa vaahdotuskoneissa tarvitaan ilmaa. Näiden erona on ainoastaan se, että mekaaninen kone imee ilman oman mekanismin avulla ja pneumaattisessa koneessa käytetään ulkopuolista puhallinta ilman tuottamiseksi. Vaahdotuskoneen tehtävät ovat:

- pitää mineraalirakeet suspensiona vesilietteessä
- dispergoida, eli sekoittaa riittävästi pienikuplaista ilmaa lietteeseen
- saada ilmakuplat ja rakeet törmäämään toisiinsa
- muodostaa sopivat olosuhteet vaahtokerroksen syntymäalueille
- antaa mahdollisuus poistaa rikaste ja jäte (kuvio 3). (Lukkarinen 1987, 96-99)



Kuvio 3. Vaahdotuskoneen periaatekuva. 1. Allas, 2. Potkuri, 3. Staattori, 4. Akseli, 5. Laakerit, 6. Hihnapyörä, 7. Rikasteränni. (Lukkarinen 1987, 99)

Valmennuksella tarkoitetaan prosessivaihetta, jossa eri reagensseille ja lietteen rakeille luodaan mahdollisimman hyvät olosuhteet mukautua vaahdotukseen, jotta ne tuottaisivat toivotun reaktion vaahdotuksessa. Valmennin on tyypillisesti vain lieriömäinen säiliö, jossa on potkuri (kuvio 4). (Lukkarinen 1987, 119-120)



Kuvio 4. Yleiskuva valmentimesta, kuvan tyyppi Denver. (Lukkarinen 1987, 120)

Kemikaalilaitteet vaahdotuksessa ovat kaikki ne laitteet, joilla käsitellään kemikaaleja, tyypillisiä ovat erilaiset kuljettimet ja annostelijat. Myös kemikaalien varastointiin käytettävät säiliöt luetaan kemikaalilaitteiksi. (Lukkarinen 1987, 122)

4.2 Tiheyseroihin perustuva rikastus

Mineraalien tiheyseroihin perustuva rikastaminen oli ainoa varteenotettava tapa rikastaa arvomineraaleja ennen magneettisen erotuksen ja vaahdotuksen keksimistä. Nykyään tiheyseroihin perustuvaa rikastamista kutsutaan usein myös painovoimaerotukseksi ja veden ollessa väliaineena, myös vesirikastukseksi. (Lukkarinen 1987, 158-159)

Tiheyseroihin perustuva rikastus perustuu mineraalien tiheyksistä johtuvaan käyttäytymiseen, kun lietteeseen kohdistetaan koneen aiheuttama voima tai painovoima. Väliaineena käytetään yleisimmin vettä, mutta myös ilmaa tai kaasua voidaan käyttää väliaineena. Tiheyteen perustuvan rikastuksen etuja on taloudellisuus ja saasteettomuus, koska mitään kemikaaleja ei tarvita erotuksen suorittamiseen. Huonona puolena painovoimaerotuksella on aina ollut heikko tehokkuus, kun mineraalit ovat hienojakoisia. (Lukkarinen 1987, 158-159)

Tiheyseroihin perustuvan rikastuksen onnistumista voidaan arvioida Taggartin kaavalla (kaava 1), jossa käytetään vertailulukua R_{kr} (rikastuskriteeri) määrittämään kuinka karkeilla rakeilla rikastaminen onnistuu. Mainittakoon vielä, että jos vertailuluvuksi

saadaan negatiivinen tulos, rikastukseen ryhtymistä tulisi tarkkaan harkita. (Lukkarinen 1987, 166)

Taggartin kaava: (1)

$$R_{kr} = \frac{\rho_r - \rho_v}{\rho_k - \rho_v}$$

jossa ρ_r = raskaan mineraalin tiheys

ρ_k = kevyen mineraalin tiheys

ρ_v = väliaineen tiheys

Jos R_{kr} on $\geq 2,5$ Rikastaminen on helppo.

Jos $2,5 \geq R_{kr} \geq 1,75$ Rakeet täytyvät olla karkeampia kuin 0,2-0,15 mm.

Jos $1,5 \geq R_{kr} \geq 1,25$ Rakeet täytyvät olla karkeampia kuin 1,7 mm.

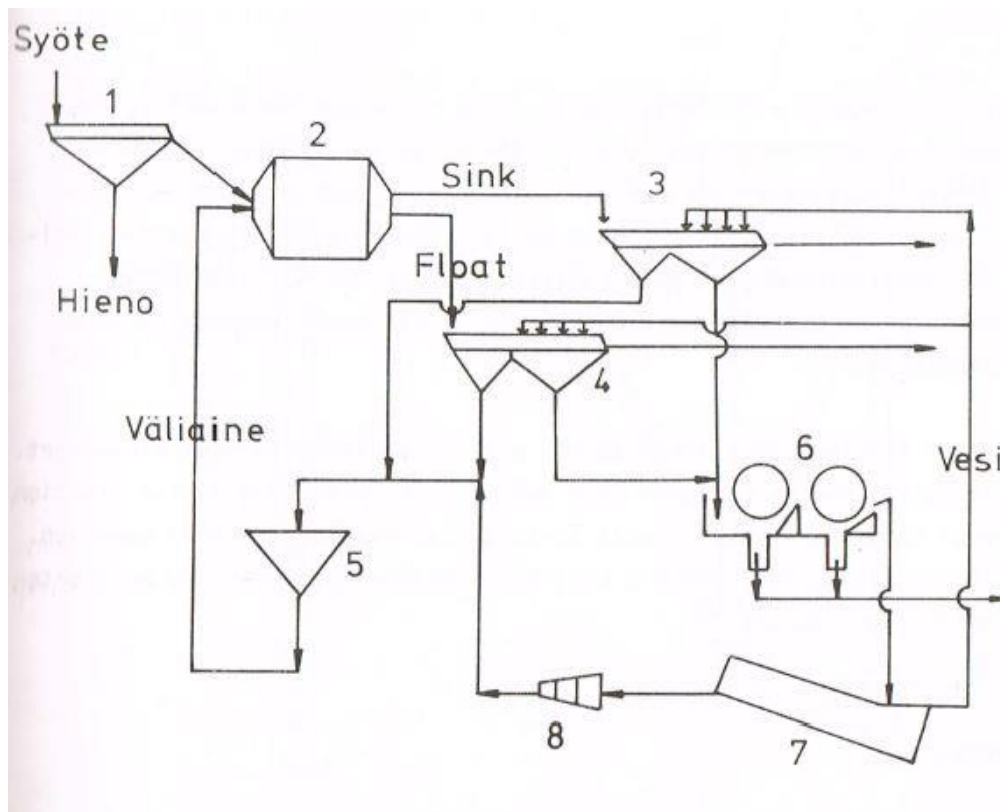
4.2.1 Sink float-erotus

Sink float-erotuksessa on tarkoitus saada mineraali-vesisuspension tiheys arvokkaan ja arvottoman mineraalin välille, jolloin toinen niistä uppoaa ja toinen jää kellumaan pinnalle. Sink float-erotus onnistuu sitä helpommin, mitä suurempi tiheysero vallitsee mineraalien välillä. Parhaimmillaan Sink float-erotuksella saadaan suuri osa jäteaineesta poistettua, jolloin jätteen jauhatus ja varsinainen rikastus jäävät pois. Sink float-erotusta onkin sanottu rikastustekniikan tärkeimmäksi keksinnöksi vaahdotuksen jälkeen. (Lukkarinen 1987, 167-168)

Yleisimmät väliaineet Sink float-erotuksessa ovat piirauta, magnetiitti ja lyijyjohde, koska niillä on eniten etuja muihin mineraaleihin nähden. Yleisin näistä on piirauta, koska se on fysikaalisesti ja kemiallisesti kestävä ja se voidaan kerätä magneetilla talteen uudestaan käytettäväksi. Magnetiitilla on lähes samat ominaisuudet, mutta se on hieman hauraampaa kuin piirauta ja tuottaa lisäksi liejua. Lyijyjohde taas on paljon

käytetty korkean tiheyensä takia, mutta sen huonot puolet ovat helposti liejuuntuminen ja kallis hinta. (Lukkarinen 1987, 168)

Sink-float-erotuksen huonoihin puoliin täytyy laskea tarvittavien laitteiden suuri määrä. Voidaankin puhua jopa kokonaisesta järjestelmästä, eikä pelkästään erillisestä laitteesta. Sink float-erotuksessa tarvittavia laitteita ovat: syötteen puhdistuslaitteet, varsinainen erotin, väliaineen erotuslaitteet tuotteissa, väliaineen puhdistus- ja palautuslaitteet, sekä apulaitteet. (Lukkarinen 1987, 170)

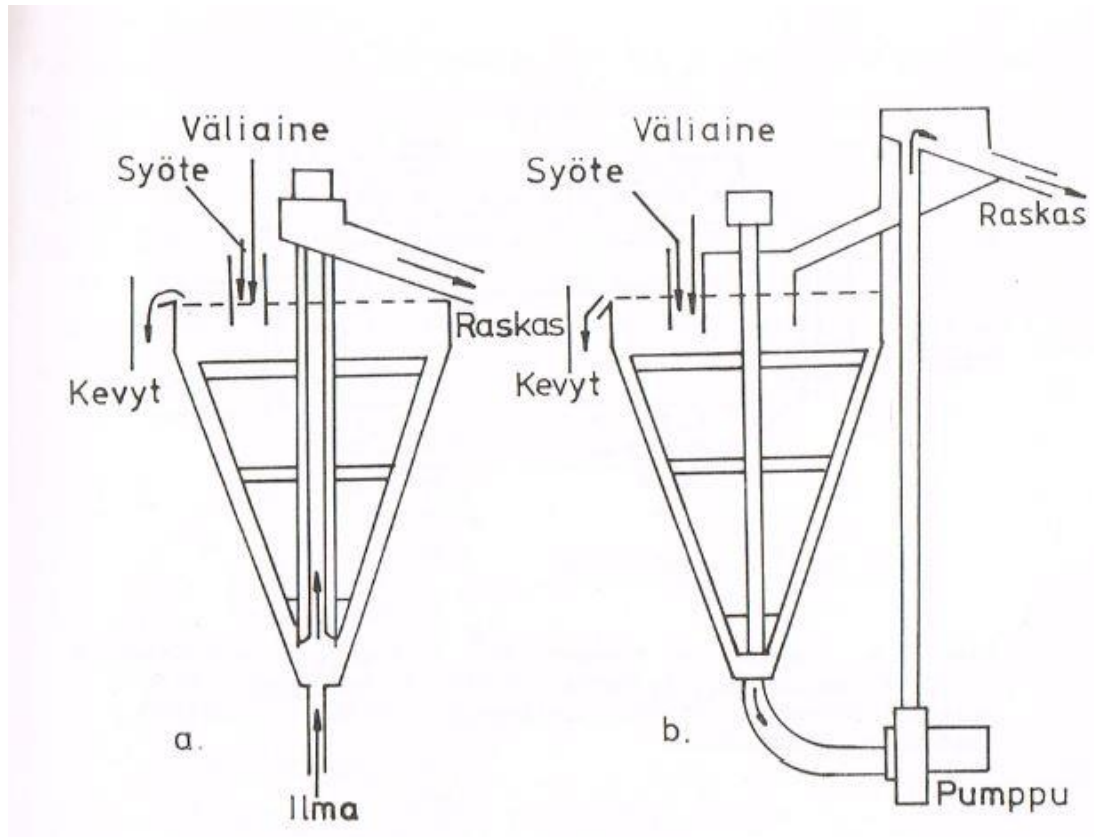


Kuvio 5. Sink-float erotuksen kaavio. 1 Syötteen esiseula, 2. Erotusrumpu, 3. Raskaan tuotteen seula, 4. Kevyen tuotteen seula, 5. Väliainesäiliö, 6. Magneettierotin 7. Spiraalisakeutin, 8 Demagnetointikäämi. (Lukkarinen 1987, 171)

Erottimet Sink float-erotuksessa

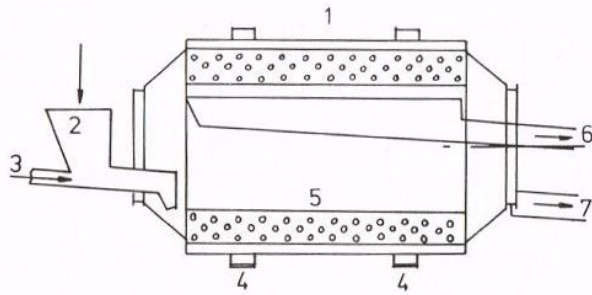
Sink float-erotuksessa käytettäviä erottimia on vuosien saatossa suunniteltu useita kymmeniä. Yleisimpiä niistä ovat kartio-, rumpu-, ruuvierotin ja sykloni. Erottimet voidaan jakaa joko staattisiin tai dynaamisiin erottimiin, joista jälkimmäinen käyttää hyväkseen keskipako voimaa. (Lukkarinen 1987, 171)

Kartioerotin (kuvio 6) on vanhin Sink float-erotin. Sen rakenne on yksinkertainen. syötettä syötetään kartion yläpäästä sisään jolloin raskas jae lähtee valumaan kartion pohjalle ja kevyt jae valuu yli ylitereunan kautta ränniin. Kartion sisällä pyörivien siivekkeiden avulla suspensio pidetään homogeenisenä. Raskas jae poistetaan kartion ala-aukon kautta joko paineilmaa, erillistä pumppua tai elevaattoria käyttäen. (Lukkarinen 1987, 172)

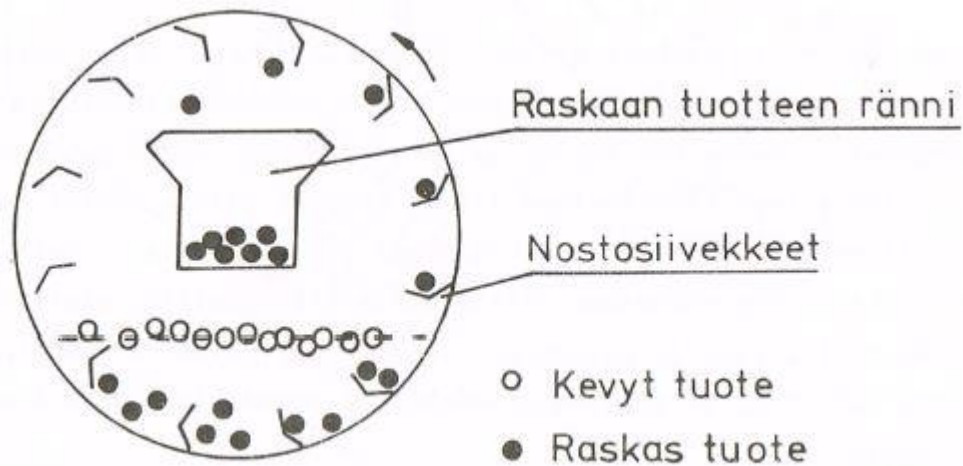


Kuvio 6. Erotuskartioita a. Paineilmanosto; b. Erillinen pumppu (Lukkarinen 1987, 173)

Rumpuerotin voi olla yksiosainen (kuvio 7) tai kaksiosainen rumppu. Yksiosaisessa rummussa saadaan eroteltua erilleen raskas ja kevyt tuote. Kaksiosaisella rummulla pystytään erottamaan myös välituote. Syötettä syötetään rummun syöttöpäädystä sisään. Kevyt tuote virtaa väliaineen kanssa rummun läpi väliaineen erotusseulalle. Raskas tuote uppoaa rummun pohjalle, josta se nostetaan rummussa olevien siivekkeiden avulla rummun yläosaan raskaan tuotteen seulaan johtavalle rännille (kuvio 8). (Lukkarinen 1987, 172)

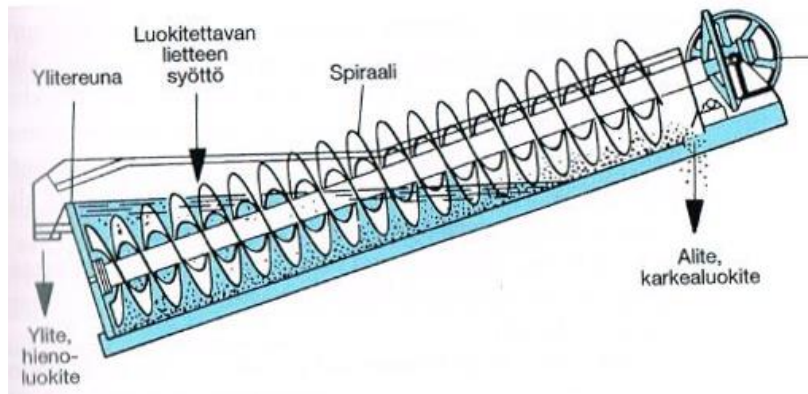


Kuvio 7. Esimerkki rumpuerottimesta, kuvassa yksiosainen rumpuerotin. 1. Rumpu, 2. Syöttösuppilo, 3. Väliaineen lisäys, 4. Kannatuskehät, 5. Raskaan tuotteen nostosiivekkeet, 6. Raskaan tuotteen poisto ränni, 7. Kevyen tuotteen poistoränni. (Lukkarinen 1987, 174)



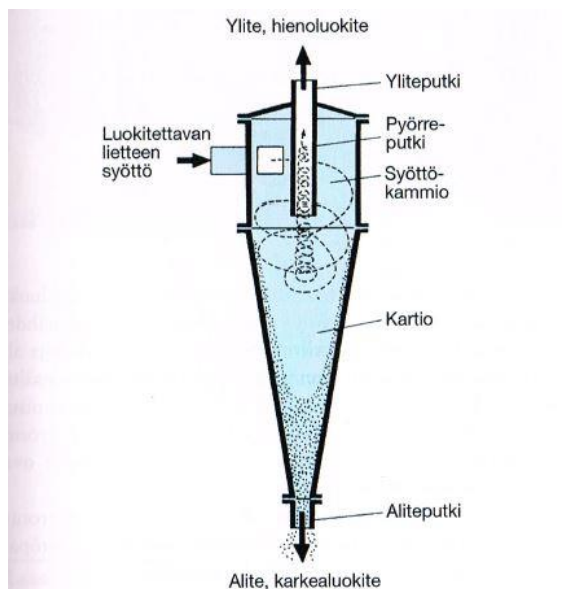
Kuvio 8. Rumpuerottimen toiminta. (Lukkarinen 1987, 175)

Ruuvierotin (kuvio 9) eli akins-luokitin toimii periaatteessa samalla tavalla kuin kartioerotin. Poikkeuksena tähän on, että ruuvierottimessa kairan mallinen ”ruuvi” nostaa altaan pohjalle valuneen raskaan jakeen hiekkareunan yli. Kevyt tuote valuu väliaineen mukana ylitereunan yli. (Lukkarinen 1987, 176)



Kuvio 9. Ruuvierottimen rakenne. (Pihkala 2011, 47)

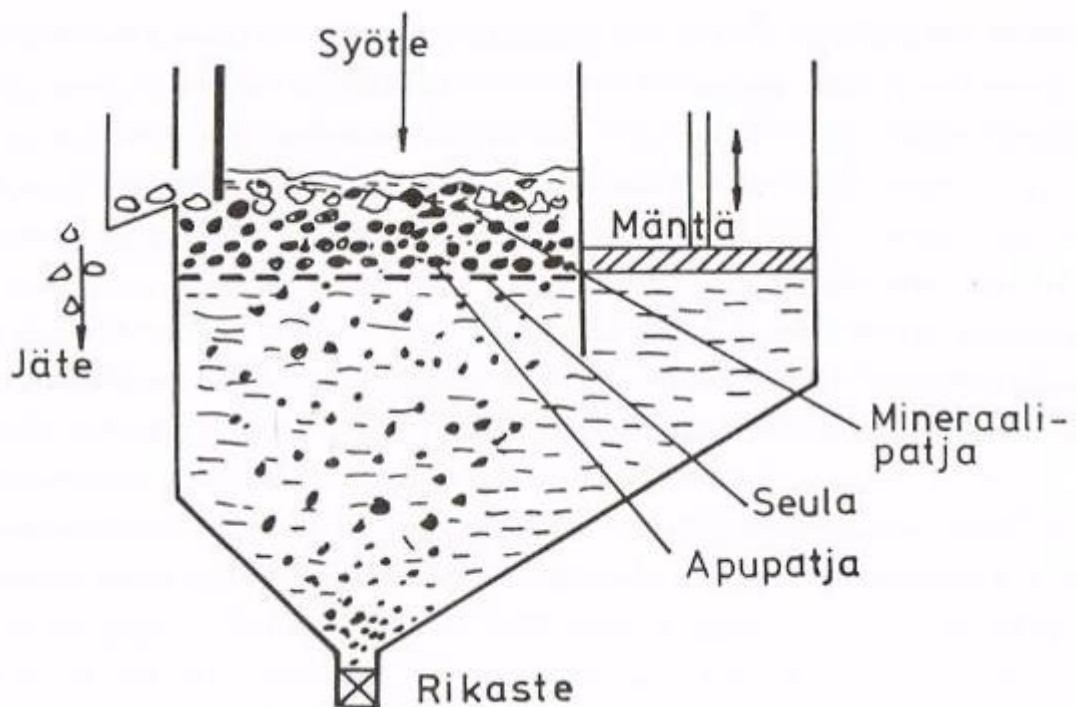
Sykloni on yksi suosituimmista erottimista sen helppokäyttöisyyden ja kapasiteetin takia. Syöte johdetaan tangentiaalisesti syklonin syöteputkesta sisään suurella paineella. Syklonin kartiomaisen muodon ja tangentiaalisen liikkeen ansiosta syötteeseen tulee keskipakovoima, joka pakottaa raskaan jakeen pyörimään syklonin seinämiä pitkin syklonin pohjalle ja sieltä raskaanjakeen putkesta ulos. Kevyt jae taas jää keskelle pyörimään, josta se nousee yliteputkea pitkin pois. Sink float-erotuksessa ollessaan sykloni asetetaan poiketen yleisestä vaakasuoraan ja syöte johdetaan siihen ylhäältä päin. Sykloni soveltuu myös kaasujen erotukseen. Syklonin nimessä saattaa nähdä myös paikoin lisäliitteitä, esimerkiksi hydrosykloni (kuvio 10). Etuliite tällöin yleensä viittaa käytettävään väliaineeseen, kuten myös esimerkissä. Väliaineena tällöin toimisi vesi. (Lukkarinen 1987, 176)



Kuvio 10. Hydrosyklonin rakenne ja toiminta. (Pihkala 2011, 47)

4.2.2 Hytkytys

Hytkytys on raskaiden ja kevyiden rakeiden erottamista väliaineen avulla, kun väliaine saatetaan sykkivään liikkeeseen, jonka avulla rakeita kuljetetaan mineraalipatjan läpi (kuvio 11). Väliaineen hytkytyksessä voi toimia vesi tai ilma, joten voidaan puhua joko hydraulisesta tai pneumaattisesta hytkytyksestä. Väliaineena toimii yleensä vesi edellisistä vaihtoehdoista. Hytkytyksessä seuralle syötetty malmi saatetaan männän mukaiseen liikkeeseen vuorotellen ylös ja alas. Mineraalipatjan läpi kulkiessaan kevyet rakeet liikkuvat patjassa helpommin ja ne nousevat ylemmäksi, kuin raskaat rakeet. Raskaiden rakeiden pysähtyessä kevyet rakeet jatkavat vielä ylöspäin, joka muodostaa rakeiden välille eroa, jolloin syntyy tiheyteen perustuvia kerrostumia niin, että kevyin fraktio on ylimpänä ja raskain alimpana. Männän noustessa ylös sen aiheuttama imu auttaa raskaita pieniä rakeita vajoamaan vielä nopeammin. Sykettä toistettaessa rakeet kerrostuvat vähitellen tiheyksiensä mukaisiin kerroksiin. (Lukkarinen 1987, 185-187)



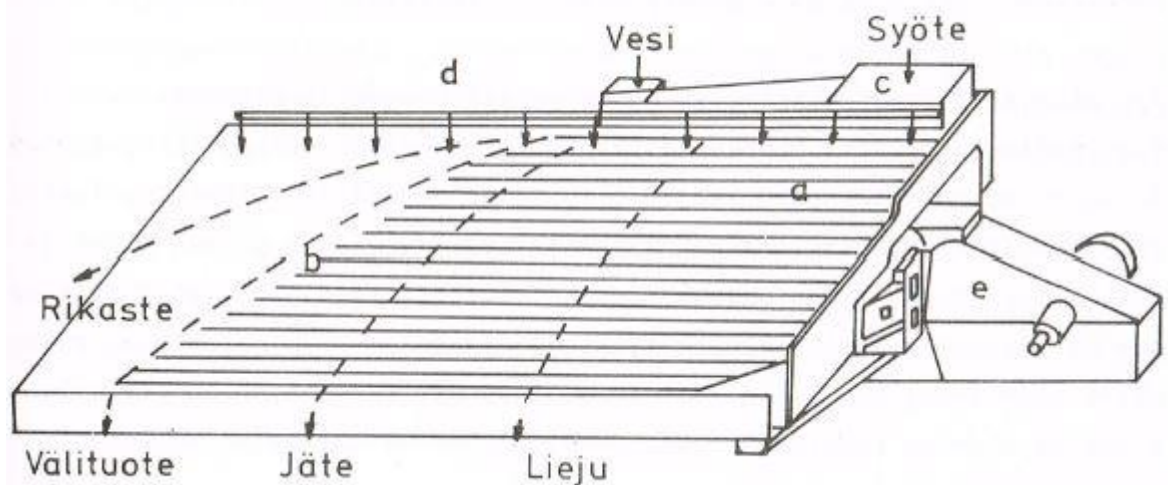
Kuvio 11. Hytkyttimen toiminta periaate. (Lukkarinen 1987, 186)

Hytkytykselle ei ole vielä tänäkään päivänä pystytty kehittämään yleispätevää teoriaa ja siihen tuskin koskaan pystytään, koska monen ilmiön mittaaminen tarkasti hytkytyksessä on käytännössä mahdotonta. Myös monien ilmiöiden matemaattinen

tarkastelu on hytkeyksessä täysin mahdotonta. Kaikille hytkeykseen liittyville selityksille on yhteistä se, että mikään niistä ei voi yksin ratkaista hytkeyttimen toimintaa. Täten teoriaa ei kannata alkaa tekemään, koska sitä ei pystytä luotettavasti todistamaan. (Lukkarinen 1987, 189)

4.2.3 Tärpöytärikästus

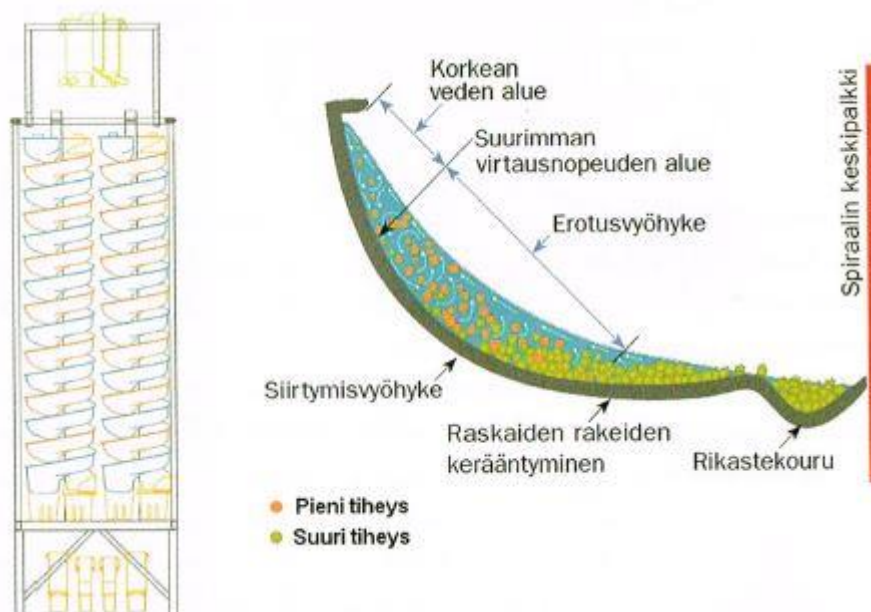
Tärpöytä on kalteva, pituussuuntaisesti uritettu pinta, joka saatetaan pituussuuntaiseen edestakaiseen iskuliikkeeseen (kuvio 12). Pöydän päällä ja urissa liikkuvat rakeet erotetaan ilman tai veden avulla niiden tiheyksiin ja painoon perustuviin jakeisiin. Rakeiden ja veden muodostama liete liikkuu siis edestakaisin tärpöydällä. Lietteeseen vaikuttavat pöydän kaltevuus, lietteen paksuus sekä lietteessä olevien rakeiden ominaisuudet. Uritettu pinta ja epäsymmetrinen iskuliike saavat osan vedestä kulkemaan urien ylitse kun taas osa törmää uriin. Tämä aiheuttaa urien väliin vastavirtapyörteen, jonka avulla raskaat rakeet vajoavat uriin ja kulkeutuvat poistopäätä kohden, kun taas kevyet rakeet kulkeutuvat helposti urien yli. (Lukkarinen 1987, 200-205)



Kuvio 12. Tärpöydän toiminta periaate. (Lukkarinen 1987, 203)

4.2.4 Kierukkarikastus

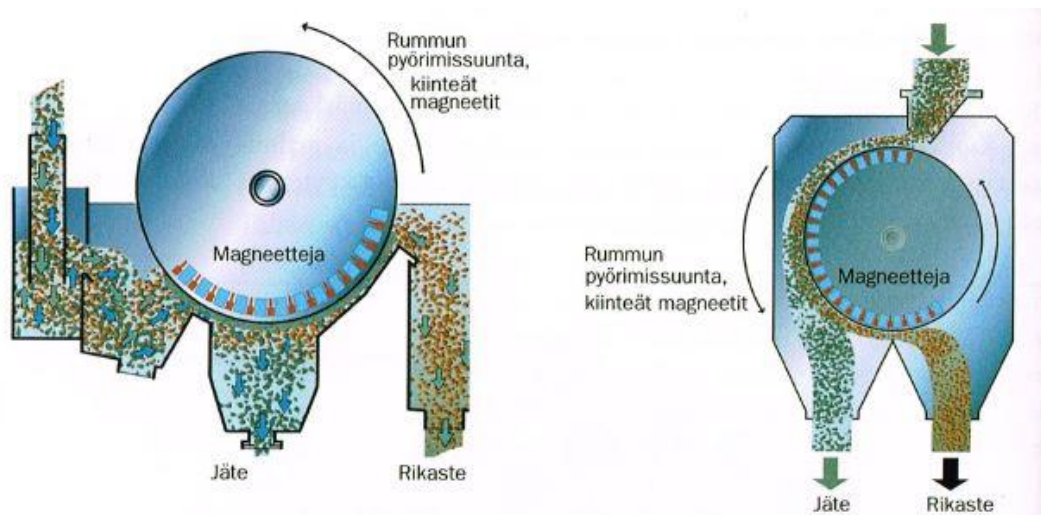
Kierukkarikastus tai toisin sanoen spiraalierotus toteutetaan niin, että kiintoainetta noin 15 – 45 % sisältävä liete johdetaan spiraalin muotoiseen kierteelle taivutetun rännin yläpäähän. Maan vetovoima saa lietteen valumaan alaspäin ja rännin muodon takia lietteeseen alkaa vaikuttaa keskipakovoima, jotka saavat lietteessä olevat rakenteet jakautumaan horisontaalisesti ja vertikaalisesti. Myös nesteen viskositeetti ja rännin ja nesteen välinen kitka vaikuttavat erotustapahtumaan. Jakeet jakautuvat näistä voimista niin, että itse rikaste jää kulkemaan kourun sisälaitaa kun taas kevyemmät rakeet kulkeutuvat kehän ulkolaidalle ja niiden väliin jää niin sanottu välituote joka sisältää molempia rakeita. Erotuksen tehostamiseksi saatetaan spiraaliin johtaa myös lisävetä. Spiraalin loppupäässä olevilla kiilalevyillä jakeet erotetaan kaikki erillisiin säiliöihin jatkokäsittelyä varten. Yleensä välituote kierrätetään uudestaan spiraalille takaisin tai se johdetaan seuraavalle spiraalille niin kauan kuin sen erottaminen on järkevää. Erotuksen tehokkuus määritellään sen perusteella, kuinka monta kierrosta spiraalissa on. Kapasiteettiä voidaan kasvattaa lisäämällä useampi spiraali laitteistoon. (Lukkarinen 1987 , 212-214)



Kuvio 13. Spiraalierotin. (Pihkala 2011, 100)

4.3 Magneettinen rikastus

Magneettinen rikastus perustuu nimensä mukaisesti arvomineraalien magneettisuuteen, jolloin ne voidaan erottaa muista ei-magneettisista mineraaleista. Magneettinen rikastus voidaan jakaa kahteen pääryhmään: heikkomagneettinen erotus ja vahvamagneettinen erotus. Voimakkaasti magneettiset aineet voidaan erottaa niin sanotulla heikkomagneettisella erottimella ja heikosti magneettiset aineet taas vahvamagneettisella erottimella. Molemmista erottaminen voidaan tehdä joko kuiva- tai märkär rikastuksena. Magneettinen erotus tapahtuu erottimien magneettisessa kentässä. Kentän tulee olla epähomogeeninen, jotta magneettinen kappale liikkuu siihen suuntaan jossa voimaviivatiheys kasvaa. Tällöin saadaan kohdistumaan vetovoima malmin magneettisiin mineraaleihin ja erottaminen onnistuu. (Lukkarinen 1987, 237; Pihkala 2011, 96-97)



Kuvio 14. Magneettinen erotin, vasemmalla märkä- ja oikealla kuivaerotin. (Pihkala 2011, 98)

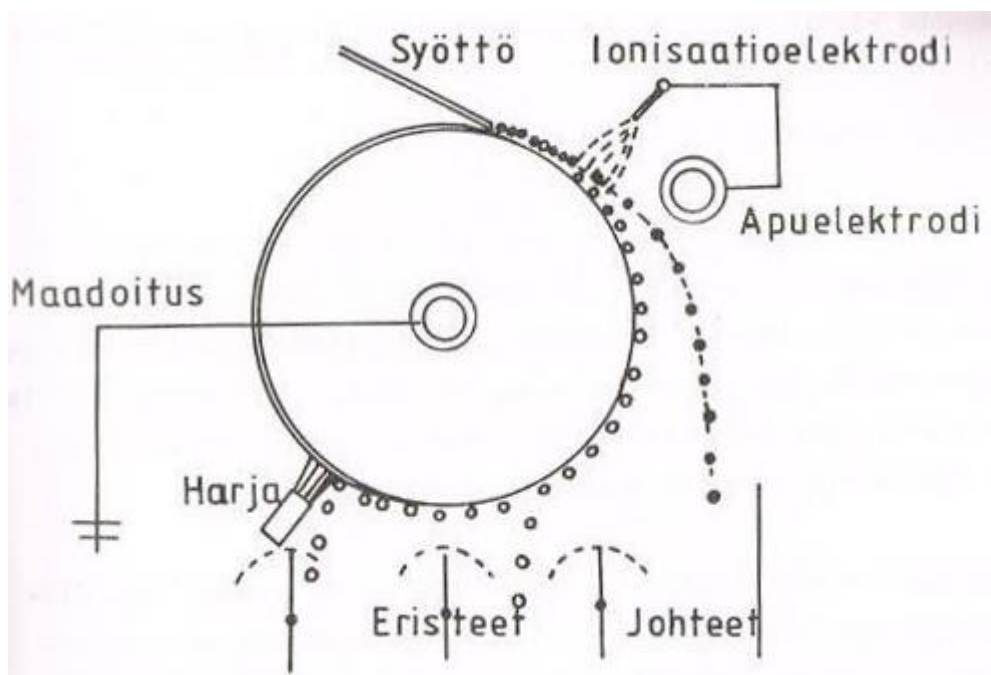
4.4 Muita vähemmän käytettyjä rikastusmenetelmiä

On olemassa myös muita nykyaikana vähemmän käytettyjä erotusmenetelmiä. Niistä kaksi mainitsemisen arvoista on sähköstaattinen rikastus ja poiminta. Niiden käytön vähyyteen vaikuttaa yleensä joko taloudellisuus, huono erotuskyky tai pieni määrä mineraaleja, joilla erotus onnistuu.

Sähköstaattinen rikastus perustuu mineraalien erilaiseen sähköiseen konduktanssiin. Onnistumiseen vaikuttaa mineraalin permittiivisyys, tiheys, raekoko ja niin edelleen. Mineraalit voidaan jakaa karkeasti kolmeen ryhmään konduktanssinsa perusteella:

1. Johteet
2. Puolijohteet
3. Eristeet

Nämä kaikki saavat sähköisessä kentässä erilaisen varauksen, jolloin ne erottuvat toisistaan. Yleisimpiä sähköstaattisia erottimia ovat: Kontaktierotin, influenssierotin ja ionisaatioerotin (kuvio 15). Sähköstaattisen rikastuksen heikkous on muun muassa mineraaleissa esiintyvät epäpuhtaudet, jotka voivat sekoittaa mineraalien konduktanssi järjestystä. (Lukkarinen 1987, 262-263)

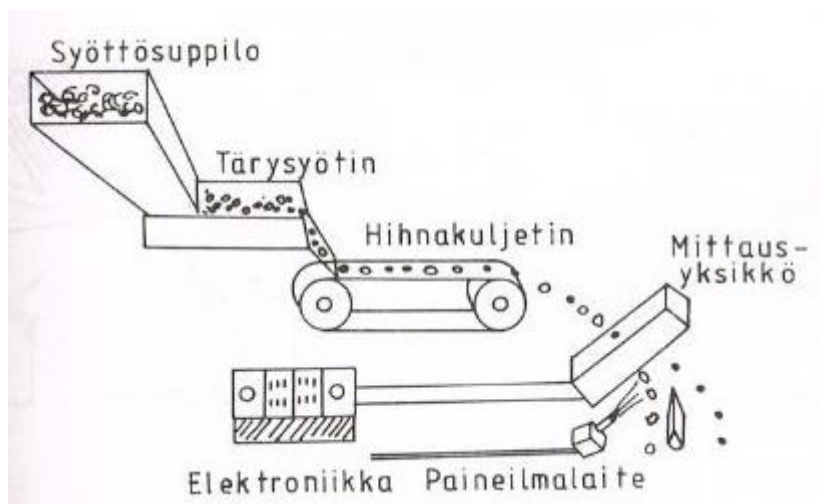


Kuvio 15. Yleiskuva sähköstaattisesta erottimesta, kuvassa ionisaatio- ja staattistakenttää käyttävä erotin. (Lukkarinen 1987, 271)

Poiminta on taas nimensä mukaista, eli arvomineraaleja poimitaan arvottomien seasta. Poimintaa on kahta eri tyyppiä: käsinlajittelu ja konepoiminta. Käsini poimintaa esiintyy nykymaailmassa vain maissa, missä työvoima on halpaa. Tämäkin vain silloin, kun arvo- ja hylkymineraalit ovat selvästi ulkonäöllisesti eroteltavissa. Tämän huonoja puolia ovat inhimilliset erottajat ja lohcareiden rajoitettu alue. Vertauskuvana liian

suurta lohkareta ei käsin voi siirtää ja liian pientä ei ihmissilmällä erota. (Lukkarinen 1987, 276-277)

Koneellinen poiminta perustuu käytännössä samaan kuin käsin lajittelu. Poimuri tunnistaa sen lävitse menevät materiaalit ja erottelee ne sen mukaan. Ainoana erona käsin lajitteluun on se, että poimurit erottavat myös mineraalien pitoisuuksia ja säteilyä sen ulkonäön lisäksi. Poimuriyksikköön (kuvio 16) kuuluu tavallisesti syöttölaitteisto, mitta-anturi, poikkeutusmekanismi ja tietokoneyksikkö. Syöttölaitteisto syöttää poimuriin kivet, mitta-anturi arvioi mineraalien pitoisuutta ja antaa tarpeellisen tiedon poikkeuttajalle. Poikkeutusmekanismi on tämän järjestelmän erottaja joka paikantaa kiven ja toteuttaa erotuksen. Tietokone yksikkö taas mahdollistaa edellisten toiminnan, eli ohjaa koko tapahtumaa. (Lukkarinen 1987, 277,281)



Kuva 16. Koneellisen poimijan periaate. (Lukkarinen 1987, 281)

5 PUMPUT JA PUTKISTOT

5.1 Pumput

Käytettävä pumppu määräytyy käyttötarkoituksen mukaan. Tarvittava kapasiteetti määrää pumpun koon ja sen nopeuden määrää kapasiteetin kanssa tarvittava nostokorkeus. Lietteiden pumppauksessa käytetään pääsääntöisesti kolmea eri pumppu tyyppiä:

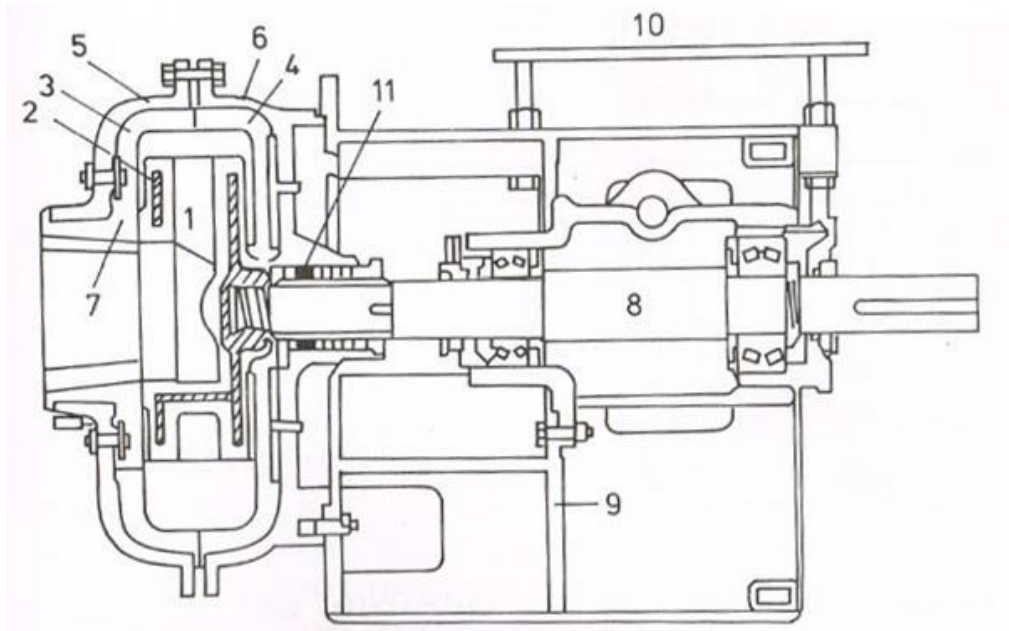
1. Keskipakopumput
2. Kalvopumput
3. Mäntäpumput (Lukkarinen 1987, 375-376)

5.1.1 Keskipakopumput

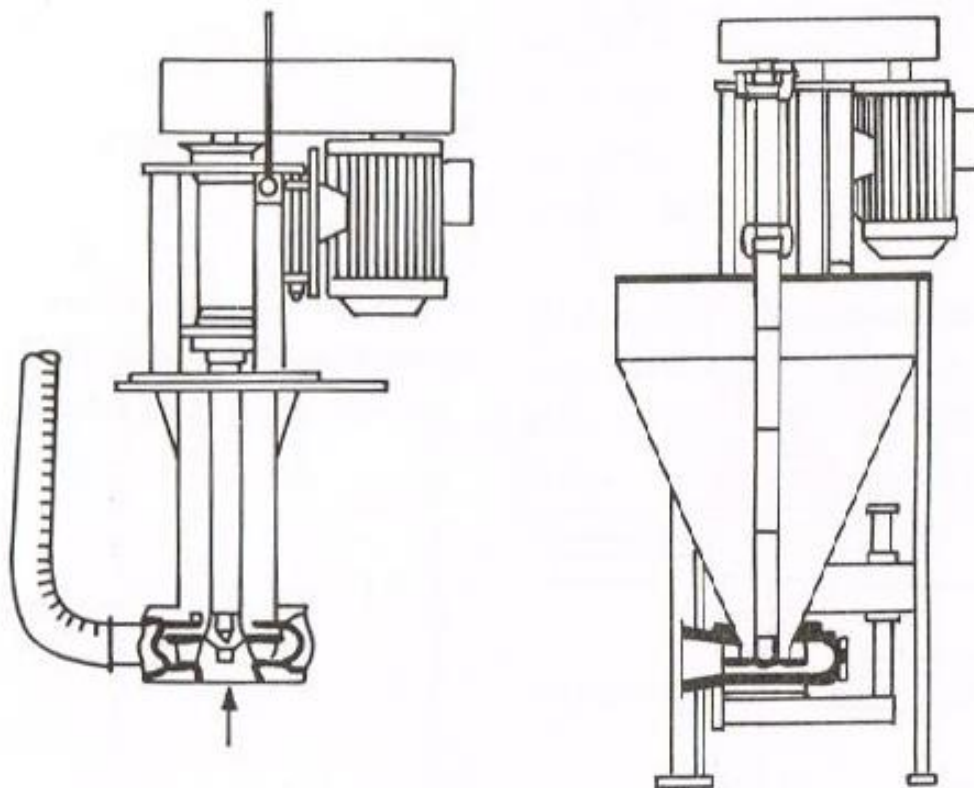
Keskipakopumput ovat kaikkein yleisimpiä rikastamoiden pumppuja niiden hyvän soveltuvuuden vuoksi. Keskipakopumppuja on kolmea eri perustyyppiä:

1. Vaaka-asentoiset pumput
2. Pystypumput
3. Kuoppapumput

Vaaka-asentoiset keskipakopumput (kuvio 17) soveltuvat kaikkeen rikastamoissa oleviin pumppaustehtäviin. Pystypumppu (kuvio 18) on taas erikoistunut vaahtoavien aineiden pumppaukseen. Siinä on pumpun mukaan kuuluva erillinen pumppukaivo. Kuoppapumppu on nimensä mukainen, eli esimerkiksi lattiakaivoon tai lietesäiliöön sijoitettava pumppu. Kuoppapumppu (kuvio 18) soveltuu myös väliaikaiseen pumppaukseen hyvin, koska sitä on helppo liikutella. (Lukkarinen 1987, 376)



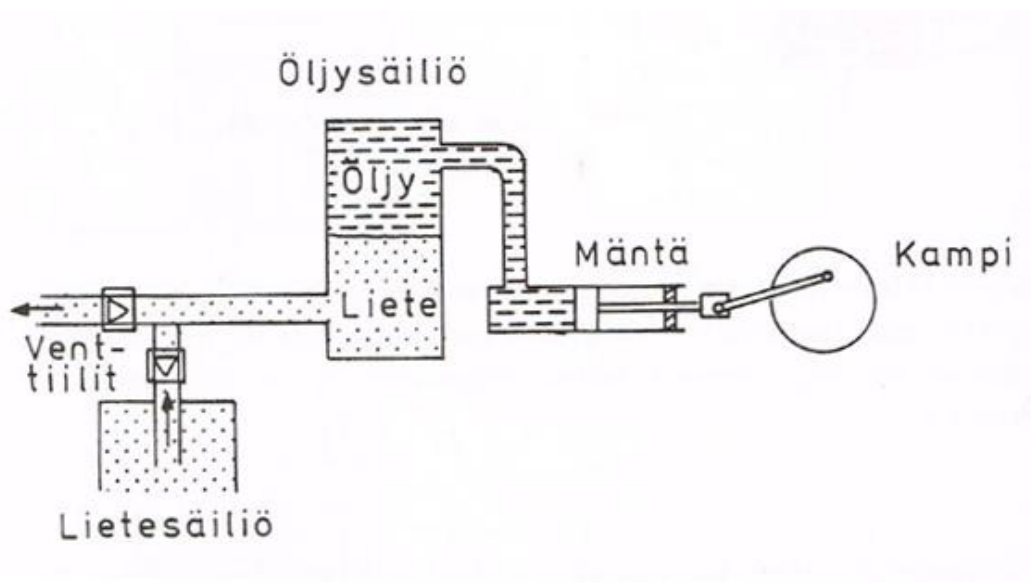
Kuvio 17. Keskipakopumppu. 1. Juoksupyörä, 2. Juoksupyörän teräsrunko, 3. Pesän vuori imupuolella, 4. Pesän vuori poksen puolella, 5. Pesän imupuoli, 6. Pesän poksen puoli, 7. Imukappale, 8. Akseli, 9. Runko, 10. Moottorin teline, 11. Vesitiivistys. (Lukkarinen 1987, 377)



Kuvio 18. Esimerkkejä keskipakopumpuista, vasemmalla kuoppapumppu; oikealla pystypumppu. (Lukkarinen 1987, 378-379)

5.1.2 Muut pumpput

Kalvopumpput ja mäntäpumpput ovat meillä harvinaisia. Kalvopumpput ovat liian vanhanaikaisia ja ne on nykyään korvattu keskipakopumpuilla, jotka ovat luotettavempia ja tehokkaampia. Mäntäpumppuja (kuvio 19) ei taas tarvita, koska niille ei löydy riittävän vaativaa käyttöä. Ne soveltuisivat parhaiten suurten lietemäärien pitkiin siirtoihin, kymmeniä tai jopa satoja kilometrejä pitkien linjojen pumppaukseen. (Lukkarinen 1987, 380)



Kuvio 19. Mäntäpumpun toiminta. (Lukkarinen 1987, 380)

5.2 Putkistot

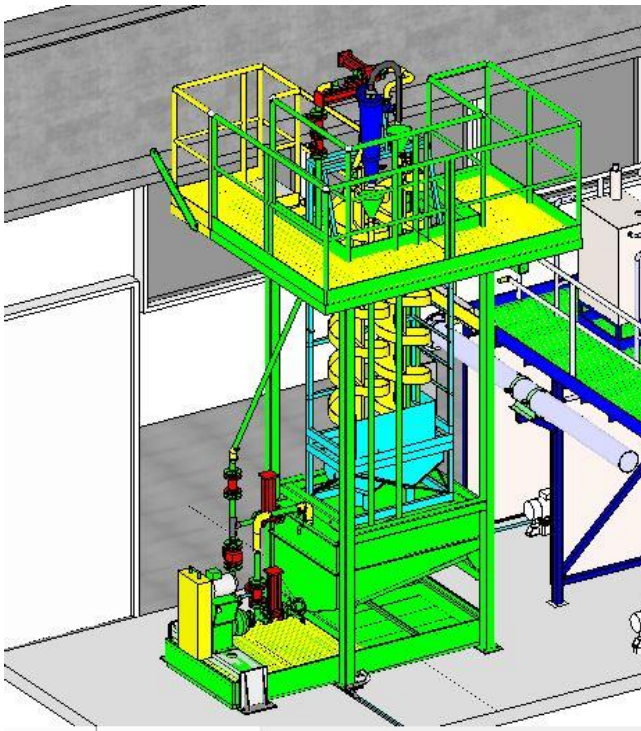
Lietteen siirtämiseen käytetyt linjat voidaan jakaa periaatteessa lieteputkiin ja lieteränneihin. Lietteen virratessa näissä tarvitaan energiaa pitämään liete kriittisessä nopeudessa, että liete pysyy suspensiona, eikä sakkaudu putken tai rännin pohjaan. Lietteen liikkumista vastustaa lietteensisäinen kitka, eli aineen viskositeetti sekä linjan ja nesteen välinen kitka. Lietteputket eivät ole riippuvaisia siitä, millä lietteen virtaus tuotetaan. Lieterännissä virtaus tuotetaan yleensä asettamalla ränni tiettyyn kulmaan. Rikastamon sisäiset putkistot ovat yleensä niin lyhyitä, ettei niitten kohdalla välttämättä tarvitse olla niin tarkkana laskuissa koskien virtausta ja kriittistä nopeutta. (Lukkarinen 1987, 367-370)

6 OPINNÄYTETYÖ OSANA HANKETTA

6.1 Opinnäytetyön tarkoitus

Työn tarkoituksena on suunnitella erotinlinja (kuvio 20), joka on osa pilot-rikastamohanketta. Työn avulla saadaan valmiuksia tuottaa rikastajan ammattitutkinto opiskelijalle. Työ antaa valmiuden opetella yleisten rikastamoissa käytettyjen erottimien, sekä niihin liittyvien laitteiden ja mittareiden toimintaa, sekä niiden huoltoa.

Työn tarkoituksena on myös, että ammattiopisto Lappia voi tulevaisuudessa myydä esimerkiksi analyysejä yrityksille jostain tietystä malmista. Tehtävä pilot-rikastamo on EU-rahoitteinen, minkä takia sen valmistumisesta kahden seuraavan vuoden aikana sillä ei saa tehdä voittoa. Tämän ajanjakson jälkeen Lappialla on tarkoitus alkaa myydä opetusta pilot-rikastamolla koulutusta tarvitseville yrityksille. Rikastamon etuna tulee olemaan se, että koulutus voidaan räätälöidä täysin vastaamaan asiakkaan tarpeita. Työssä suunniteltavan linjaan saadaan myös vaihdettua esimerkiksi erotettava mineraali ja siinä voidaan ajaa muutamalla eri variaatiolla linjaa.



Kuvio 20. Isometrinen kuva työssä suunnitellusta valmiista linjasta.

6.2 Opinnäytetyön suoritus

Ensimmäiseksi työssä tarkasteltiin, mitä työn tilaaja haluaa siltä. Tämän selvittyä tarkasteltiin, mitä laitteita työhön tulee ja minkälaisia rajoitteita työssä tulee. Sen jälkeen käytiin tutustumassa Kemin kaivoksella oikeaan työelämän rikastamoon ja kerättiin heiltä tietoa, minkälaisia järjestelmiä heillä on ja mitä tulisi välttää, että saataisiin mahdollisimman hyvin kierrettyä kaikki kompastuskivet suunnittelussa ja saataisiin mahdollisimman todellinen linja, joka vastaisi oikeaa rikastamoa.

Analysoituamme kaikki kaivokselta saadut tiedot alettiin hahmotella ensimmäisiä virtauskaavioita. Ensimmäisten kaavioiden jälkeen todettiin, että linjan tulee olla mahdollisimman yksinkertainen ja vähän laitteita sisältävä, koska rikastamolle varattu tila oli rajallinen ja kaikki laitteet eivät olisi mahtuneet tilaan sisälle. Samalla huomattiin, että tilassa oli paljon korkeutta mitä olisi syytä käyttää hyväksi. Kun lopullinen virtauskaavio saatiin tehtyä, niin linjaa alettiin suunnitella kolmiulotteisesti Microstation ohjelmalla.

3D-mallin valmistuttua ammattiopisto Lappian suunnittelija tekee tarvittavista laitteista ja rakenteista tarjouskilpailukuvat, jotka kilpailutetaan julkisesti.

7 PILOT-RIKASTAMON EROTINLINJA

7.1 Pumput

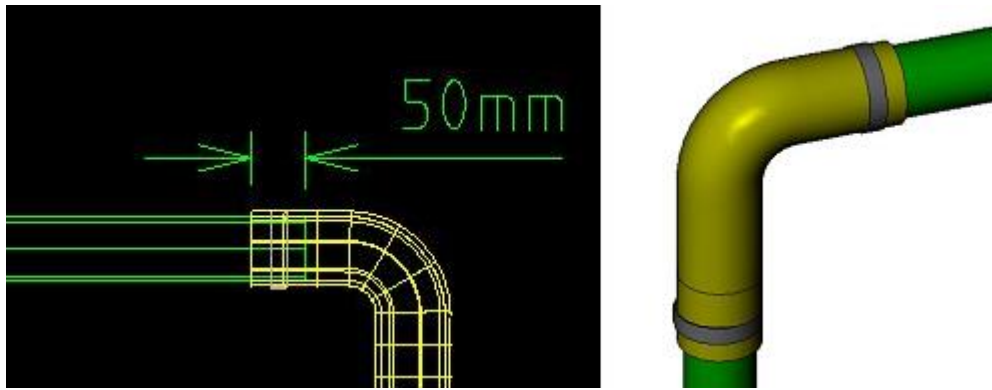
Työssä käytettiin vain yhtä pumppua, koska tilaa ei riittänyt useammalle pumpulle. Alussa työhön hahmoteltiin letkupumppua linjan pumpuksi, sen hyvän kestävyys- ja tehokkuuden ansiosta. Vaaka-asentoinen keskipakopumppu korvasi kuitenkin letkupumpun, koska letkupumppu olisi tuottanut virtauksen sykäyksittäin, joka taas olisi haitannut hydrosyklonin toimintaa, joka tarvitsee tasaisen virtauksen.

Pumpun kokoluokkaan tai valmistajaan työssä ei pääse vaikuttamaan kahdesta syystä: se pitää kilpailuttaa julkisesti ja tuotteiden valinta on nykyään valmistajalla. He pyytävät virtauskaavion ja päämitat, kuten putkistojen halkaisijat, nostokorkeudet ja halutun virtausnopeuden ja kertovat tilaajalle tarjouksen tehdessään, mikä pumppu siihen kannattaa valita ja mitä kokoluokkaa sen tulisi olla.

7.2 Putkistot

Outokummun kaivokselta saatujen ohjeiden mukaisesti linjassa pyritään välttämään 90° asteen mutkia, koska lietteen kuluttava ominaisuus puhkaisee jyrkät kulmat nopeasti. Työssä käytetään putkistoissa ja mutkissa samaa materiaalia kuin Kemin kaivoksella.

Putkiosien materiaaliksi käytetään DN 40 PN10 luokan PEH-putkea sen keveyden ja hyvän kestävyytensä ansiosta. Laitteille ja mittareille tuleviin putkiin hitsataan kaulus, jonka taakse asennetaan irtolaippa, johon mittariputket kiinnitetään. Mutkien tekoon käytetään polyuretaanikappaleita sen hyvän kestävyys- ja helpon muokattavuuden ansiosta. Kiinnitys putkien välille tehdään niin, että polyuretaanikappale pingotetaan putkien päiden päälle noin 50mm matkalta. Liitos tiivistetään/varmistetaan vielä letkukiristimellä (kuvio 21). Letkukiristimet otetaan kiinnitystavaksi siksi, että mutkat ovat ensimmäisiä osia, jonka liete tulee puhkaisemaan. Tällä kiinnitystavalla saadaan helppo huollettavuus linjan heikoimpiin kohtiin.



Kuvio 21. Mutkakohtien liitokset, kuvissa PEH-putket vihreällä ja polyuretaanimutkat keltaisella.

7.3 Linjan laitteet

Linjassa käytetään kahta päälaitetta, eli kahta erottavaa laitetta. Nämä molemmat laitteet löytyivät jo ammattiopisto Lappialta. Toisena erotinlaitteena tulee toimimaan Outokummun lahjoittama vanha kaksoisspiraalierotin (kuva 1). Spiraalierottimesta ei löytynyt mitään tietoja ja sen valmistajaksi epäiltiin Multiserv Oy:tä.



Kuva 1. Linjassa käytettävä spiraalierotin.

Toisena laitteena tulee olemaan Weir Mineralsin valmistama Cavex 100 CVX hydrosykloni (kuva 2). Se on ihan tyypillinen kaivosteollisuudessa käytettävä

hydrosykloni, jonka väliaineena toimii vesi. Hydrosyklonista ei löytynyt minkäänlaista tietoa työn alussa. Weir Mineralsin Suomen myyntikonttorista saatiin varaosaluettelo, käyttöohjeet, huolto-ohjeet, sekä asennukseen tarvittavat tiedot.



Kuva 2. Linjassa käytettävä hydrosykloni.

7.4 Instrumentit, apulaitteet ja linjat ja niiden käyttö

7.4.1 Venttiilit

Erotilinja pitää sisällään kahta eri venttiilityyppiä: letkuventtiilejä ja palloventtiilejä. Niiden päätehtävät ovat sulkea ja avata linjassa erilaisia reittejä. Letkuventtiileitä voidaan myös tarvittaessa käyttää virtauksen säätelyyn. Venttiilien nimityksissä viitataan liitteeseen 1 (1), virtauskaavioon.

HV1 on puhdistuslinjan sulkuventtiili, jonka tarkoituksena on sulkea/avata tie paineilmalle jolla paikat saadaan puhallettua auki jos ne ovat sakkautuneet tukkoon lietteestä. Paineilma johdetaan kanavaan kynsiliittimellä HV1 venttiilin jälkeen putken päästä. HV1 valitaan käsikäyttöinen palloventtiili lukittavalla kahvalla.

HV2 on huuhteluvesilinjan sulkuventtiili. Siihen valitaan myös käsikäyttöinen laipallinen palloventtiili lukittavalla kahvalla. Huuhteluvesilinjan tarkoituksena on pestä laitteisto oppituntien jälkeen, ettei laitteisto jää likaiseksi. Huuhteluvesi otetaan lietealtaasta. Tämän ideana on se, ettei puhdasta vettä jouduta lisäämään laitteistoon aina puhdistettaessa, koska liete lasketaan ongelmajätteeksi. Järjestelmän toiminta on ajateltu niin, että siinä käytetään hyväksi lietteen nopeaa sakkautumista, eli kun laitteiston liike pysäytetään, lietteessä olevat mineraalit painuvat pohjaan muutamassa minuutissa. Näin ollen altaan pinnalle muodostuu puhdas kerros vettä, joka imetään huuhteluvesilinjaan puhdistusvedeksi.

HV3 tulee olemaan putkeen kiinnitettävä näytteenottoventtiili. Venttiili sijaitsee pääputkistossa ennen päälaitteita. Venttiilin tarkoituksena on saada otettua näyte lietteestä, jota ollaan erottamassa. Tällä tavoin voidaan laskea kuinka tehokasta erottaminen on ollut, kun verrataan sitä lopputuotteeseen. Näytteen olisi voinut myös ottaa suoraan lietealtaasta, mutta näytteenottimella pyritään saamaan tilanne todellisuutta vastaavaksi, jolloin näyte olisi otettava hyvinkin todennäköisesti venttiilin kautta linjasta.

HV4 on lietealtaan sulku venttiili. sillä lietettä saadaan päästettyä linjaan. Venttiilin sulkemalla kaikki linjastossa oleva liete voidaan ajaa takaisin lietealtaaseen. Tämän tarkoituksena on myös, että altaasta saadaan tarvittaessa vaihdettua eroteltava liete. Kun liete on saatu kerättyä kaikki altaaseen, se voidaan järjestelmän pumppua hyväksi käyttäen pumpata vaikkapa erilliseen säiliöön, jonka jälkeen tilalle voidaan vaihtaa toista arvomineraalia sisältävä liete.

V PU1 1.1 ja 1.2 ovat molemmat automaattisia letkuventtiileitä joiden halkaisija on 40mm ja paineluokka on PN10. Näiden venttiilien tarkoitus on erottaa pumppu linjasta huollon ajaksi.

XV1, XV2.1 ja XV2.2 ovat PN10 paineluokan automaattisia letkuventtiileitä. Nämä ovat linjan ajotavan pääventtiilit. XV1 on sekoitusventtiili. Tämän venttiilin ollessa auki pumppu pumppaa lietteen takaisin lietealtaaseen. kierron ansiosta liete sekoittuu tasaiseksi suspensioksi, jotta erotukseen saadaan mahdollisimman tasalaatuista lietettä. XV2.1 ja XV2.2 valitsevat kummalle erottimelle liete ajetaan. Vain toinen näistä on kerrallaan auki, jolloin liete menee joko spiraalille tai hydrosyklonille.

7.4.2 Instrumentit

Instrumenttien nimityksissä viitataan liitteeseen 1 (1), virtauskaavioon.

FIC-1 on magneettinen virtausventtiili. Tämän mittarin tarkoituksena on valvoa lietteen tilavuusvirtaa. Sen avulla voidaan säätää pumppu halutulle ajonopeudelle. Tulevaisuudessa sen tarkoituksena on toimia myös hätä-seis-anturina, jolloin se katkaisee pumpulta virran, jos se havaitsee, ettei lietettä virtaa putkistossa. Tämä voi tapahtua esimerkiksi tukoksen takia tai jonkun linjassa sijaitsevan venttiilin hajotessa. Tyypinä käytetään putkeen sijoitettua magneettista virtausmittaria.

QI-1 mittari mittaa lietteen pH:ta. sitä ei alustavasti laiteta ollenkaan putkistoon, vaan pH mitataan suoraan lietealtaasta. Putkistoon tehdään kuitenkin paikka mihin pH-mittari saadaan tarvittaessa kiinnitettyä, jos tarve tulee joskus muuttaa järjestelmää tai testata heittävätkö pH-mittarit toisistaan. putkistoon on varattu sopivan kokoinen pätkä laipoitetulla putkella jonka tilalle voidaan asentaa esimerkiksi Metso E&H yhtiön agnico eagle-mittari läpivirtauskammiolla.

DI-1 on tiheysmittari. Sen avulla saadaan selvitettyä lietteen tiheys jolloin tiedetään kuinka paljon kiintoainetta on vedessä. Kaaviosta poiketen tiheys tullaan mittaamaan suoraan lietealtaasta.

PI-1 on painemittari, jolla voidaan tarkkailla putkiston painetta. Sille tehdään laipallinen 200mm pitkä putki, johon se kiinnitetään. Painemittarit ovat standardisoituja mittareita, joiden kiinnitys vaihtelee mittarin mukaan. Mittarin kierteen kokoa ei voitu määrittää ennen mittareiden valintaa, joten ne mallinnettiin mielivaltaisesti käyttäen summittaisesti jonkun valmistajan mittarin mittoja. Tarkemmat kuvat niistä piirretään vasta mittareiden selvittyä.

7.5 Laitteiston ajo

Laitteistossa on kolme eri tapaa ajaa erotustapahtumaa (Liite 1 (2-3)). joko niin, että lietettä erotetaan vain hydrosyklonilla tai lietettä erotetaan vain spiraalierottimella tai

niin, että liete kulkee ensin hydrosyklonin läpi, josta sen raskasjake kulkee vielä spiraalin läpi.

Viimeinen vaihtoehtoista on lähimpänä todellista rikastamon tilannetta. Viimeiseen vaihtoehtoon ei löytynyt oikein hyvää ratkaisua, joten se toteutettiin niin, että hydrosyklonin raskaan jakeen poistosuppilon päähän on laitettu pätkä polyuretaaniletkua joka on liitetty Kamlok-liittimellä poistoputkeen. Haluttaessa ajaa hydrosyklonia ja spiraalia sarjassa, Kamlok-liitin irrotetaan poistoputkesta ja siirretään se spiraalin laidalle, jolloin hydrosyklonin raskas jake siirtyy letkun kautta spiraalille.

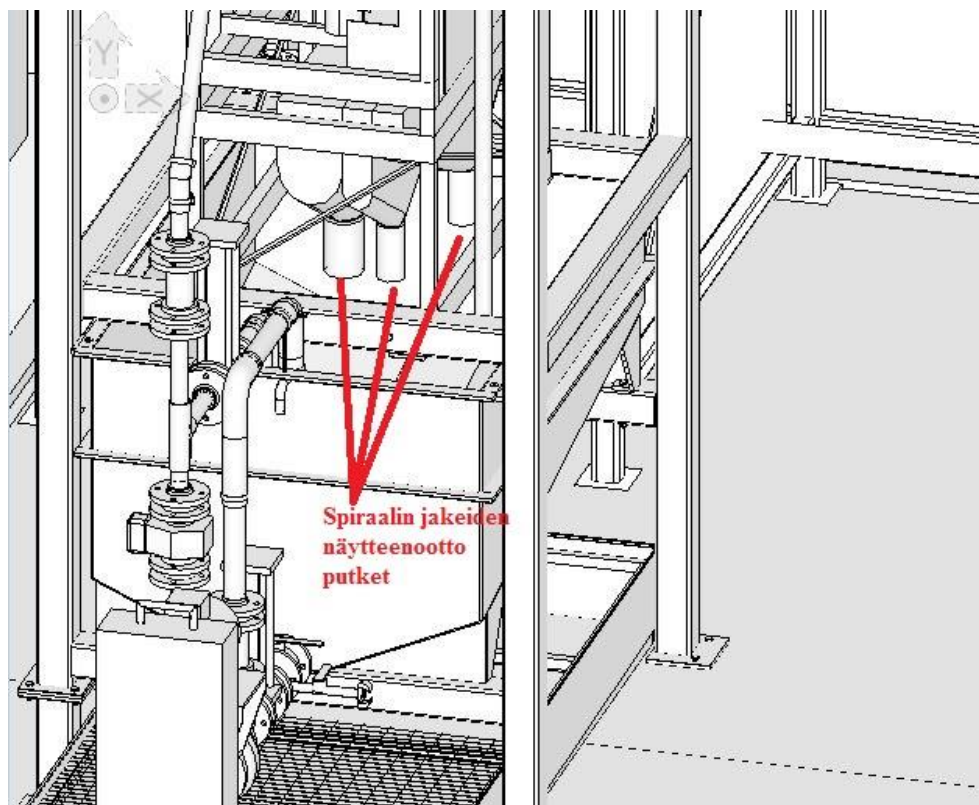
7.6 Näytteiden otto

Näytteiden otto tapahtuu aina liikkuvasta materiavirrasta. Näytteet otetaan noin litran vetoisella astialla, niille tarkoitetuista paikoista. Linjastossa on opetuksen kannalta kolme tärkeää kohtaa mistä näyte tulisi ottaa:

1. Ensimmäinen näyte otetaan hoitotasolla olevasta näytteenottoventtiilistä (kuvio 22). Siitä saadaan näyte millaista lietettä erottimille menee.
2. Hydrosyklonin molemmat jakeet putoavat vapaasti ilmaan, joiden alle on asennettu suppilot. Suppiloiden ja hydrosyklonin välistä saadaan otettua näytteet kevyestä ja raskaasta jakeesta (kuvio 22).
3. Spiraalin jakeet jakaantuvat kolmeen välisäiliöön. Säiliöiden pohjassa on putket, joista jakeet tippuvat takaisin lietealtaaseen. Spiraalin jakeiden näytteet saadaan otettua välisäiliöiden alapuolelta (kuvio 23).



Kuvio 22. Näytteenottoapaikkojen havainnollistaminen.

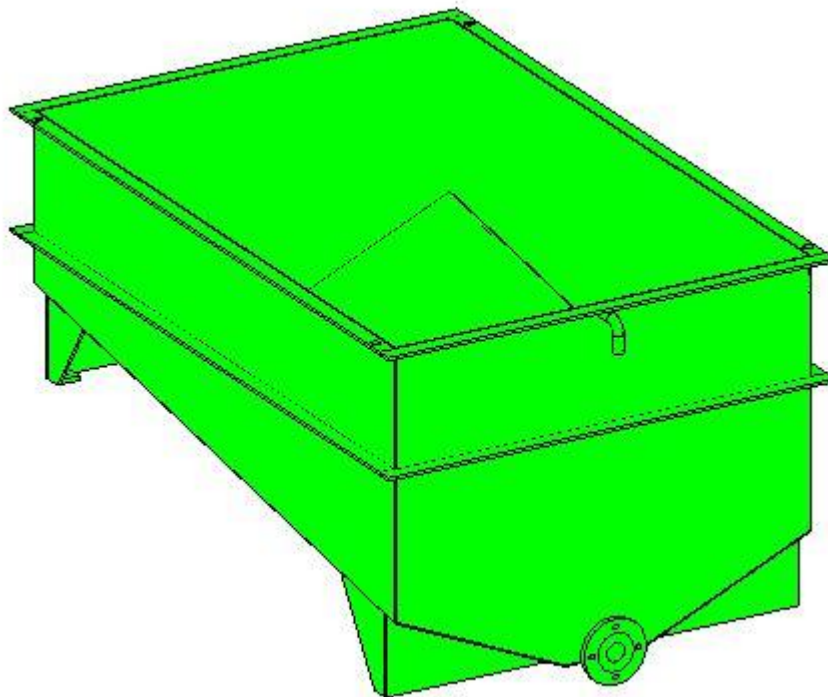


Kuvio 23. Näytteenottoapaikan havainnollistaminen.

8 LINJAN RAKENTEET

8.1 Altaat

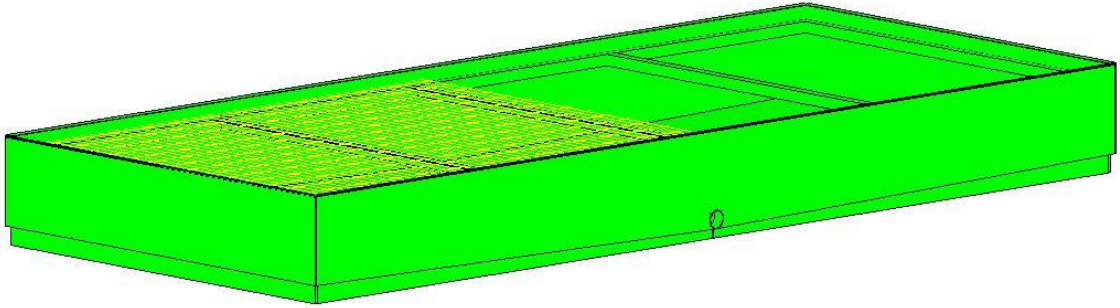
Suunniteltavassa linjassa tarvitaan kaksi allasta. Toinen altaista on itse pääsäiliö lietteelle, jossa on lietteen alku- ja loppusijoitus. Lieteallas (kuvio 24) valmistetaan ruostumattomasta teräksestä suunnitellun mallin mukaisesti. Altaaseen laitetaan noin 800 litraa lietettä kerrallaan.



Kuvio 24. Lieteallas

Toinen allas on valuma-allas (kuvio 25), joka sijaitsee koko linjan alapuolella. Sen tarkoitus on olla hätäsuojana häiriötilanteessa. Koko linja sijaitsee siis tämän altaan yläpuolella. Jonkin osan pettäessä liete valuu ainakin suurimmaksi osaksi valuma-altaaseen, eikä pääse viemäriverkostoon, koska lietettä on käsiteltävä ongelmajätteenä. Tämäkin allas valmistetaan mallin mukaisesti ruostumattomasta teräksestä. Valuma-altaaseen sijoitetaan vielä PN10 paineluokan poistoputki, mikä alustavasti sokeoidaan tai siihen laitetaan sulkuventtiili. Ylitsevuodon tapahtuessa voidaan pumppu liittää

altaan poistoputkeen ja imeä liete sieltä takaisin pääsäiliöön. Valuma-altaan tilavuus on myös noin 800 litraa. Lietettä lisätessä pääsäiliöön onkin tärkeää huomioida, että lietteen määrä ei ylitä valuma-altaan tilavuutta.

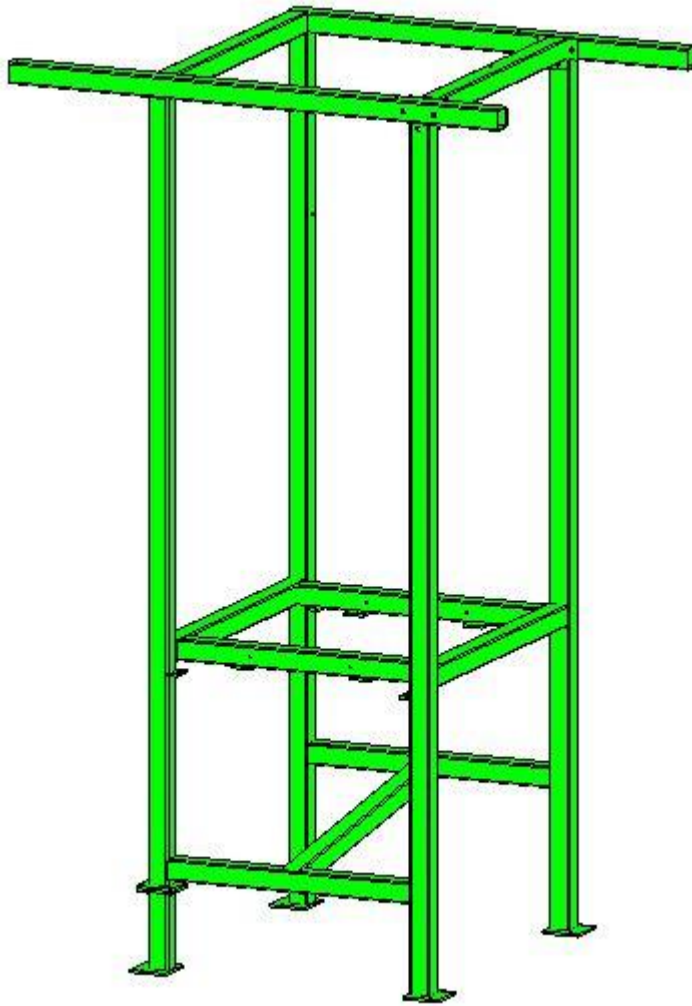


Kuvio 25. Valuma-allas.

8.2 Teräsrakenteet

8.2.1 Runko

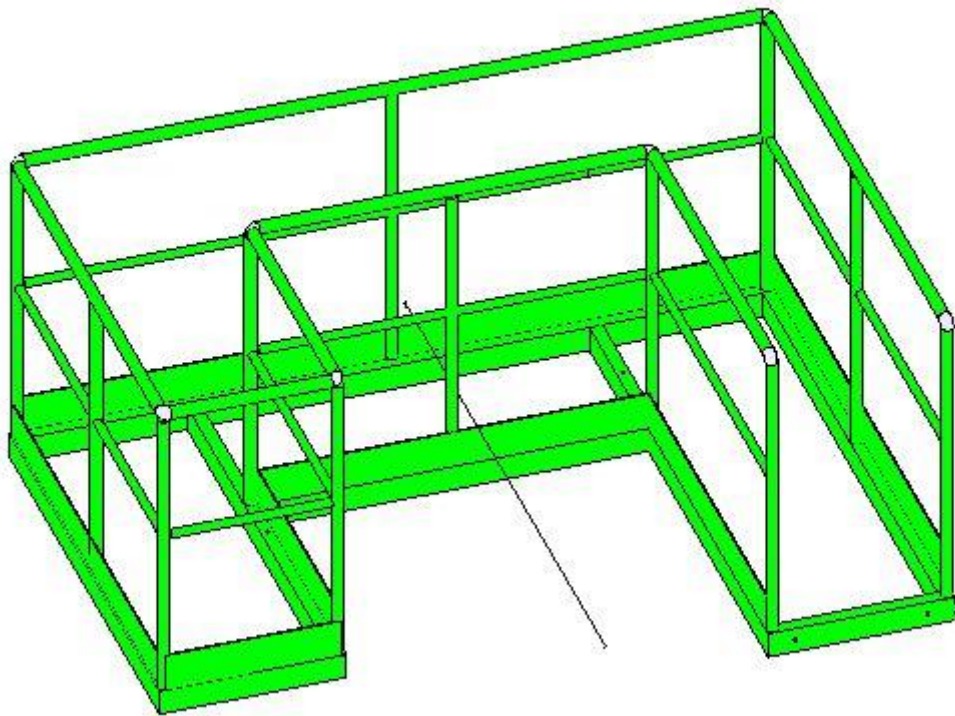
Spiraali-erottimelle rakennetaan runko 100mm x 100mm x 5mm putkipalkista (kuvio 26). Tämä runko kannattelee myös altaan pääsäiliötä, hoitotasoa ja portaiden yläpäättä. Spiraali ja säiliö kiinnitetään siihen pulttiliitoksella. Yksi rungon kyljistä kiinnitetään myös pulttiliitoksella, jotta spiraali saadaan nostettua rungon sisään asennusvaiheessa.



Kuvio 26. Runko.

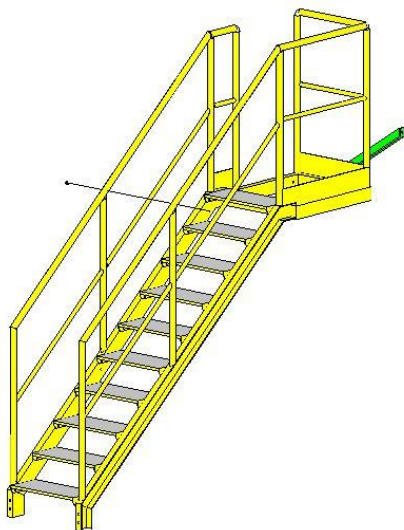
8.2.2 Hoitotaso ja portaat

Hoitotasoksi suunniteltiin u-kirjaimen muotoinen profiili mikä nostetaan rungon päälle (kuvio 27). Sen kiinnitys runkoon tapahtuu hitsaamalla. Tarvittaessa hoitotaso hitsataan myös spiraalin rakenteisiin kiinni, vaikkei se ole välttämätöntä. Hoitotason tarkoituksena on päästä seuraamaan spiraalierottimen käyttäytymistä rikastustilanteessa. Ensimmäisen näytteen ottaminen on sijoitettu tehtäväksi hoitotasolta. Myös painemittarin lukeminen tapahtuu hoitotasolta. Muita hoitotasolta tapahtuvia tehtäviä ovat spiraalin huolto ja pesu, hydrosyklonin huolto ja hydrosyklonin jakeiden näytteenotto.



Kuvio 27. Hoitotason profiili.

Hoitotasolle kulku tapahtuu portaiden kautta (kuvio 28). Portaat on suunniteltu lähteväksi jo olemassa olevalta tasolta. Portaiden alapää kiinnitetään pulttiliitoksella olemassa olevaan tasoon kiinni. Portaiden yläpää asettuu rungossa olevan orren päälle. Portaat hitsataan orteen kiinni. Porrasrakenne tuetaan vielä seinään, joka poistaa sivusuuntaisen liikkeen. Portaat ja hoitotaso liitetään toisiinsa pulttiliitoksella asennuksen yhteydessä.



Kuvio 28. Hoitotasolle johtavat portaavat.

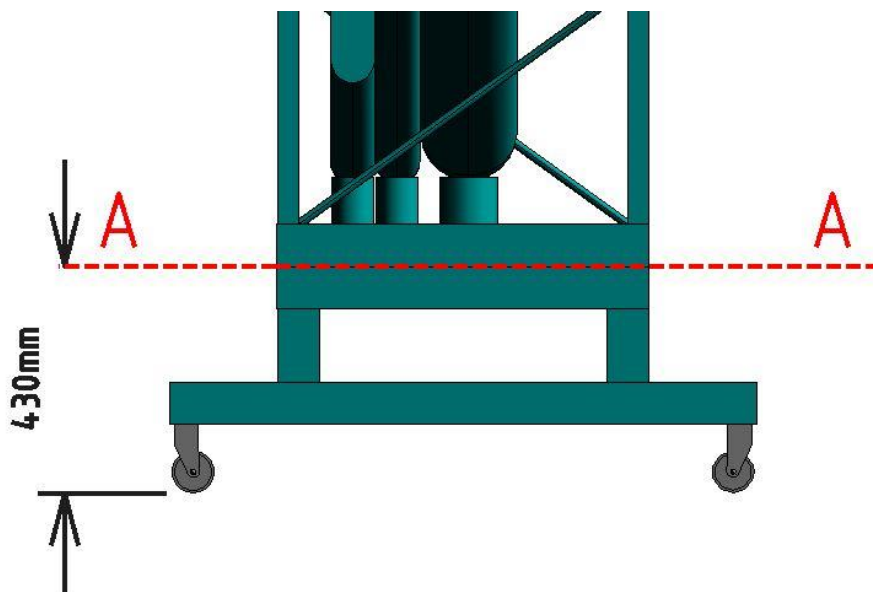
8.2.3 Standardit ja lujuuksien tarkastelu teräsrakenteissa

Hoitotason ja sille kulkevien portaiden suunnittelu on tehty SFS-EN ISO 14122, (osat 1-4) standardin mukaisesti. Tämän standardin noudattaminen suunnittelussa takaa turvalliset kulku- ja työskentelytasot.

Lujuuksien tarkastelu ei ollut pääsuunnittelijan mielestä tarpeellista, koska rakenteet ovat niin jäykkiä ja kestävät moninkertaisen painon tässä työssä esiintyviin kuormituksiin nähden. Alkuperäisestä mallista poistettiin vielä pääsuunnittelijan toimesta vinot tuet rungosta, koska sivuttaisliike poistetaan tukemalla rakenteet toisiinsa ja tästä edespäin seinään.

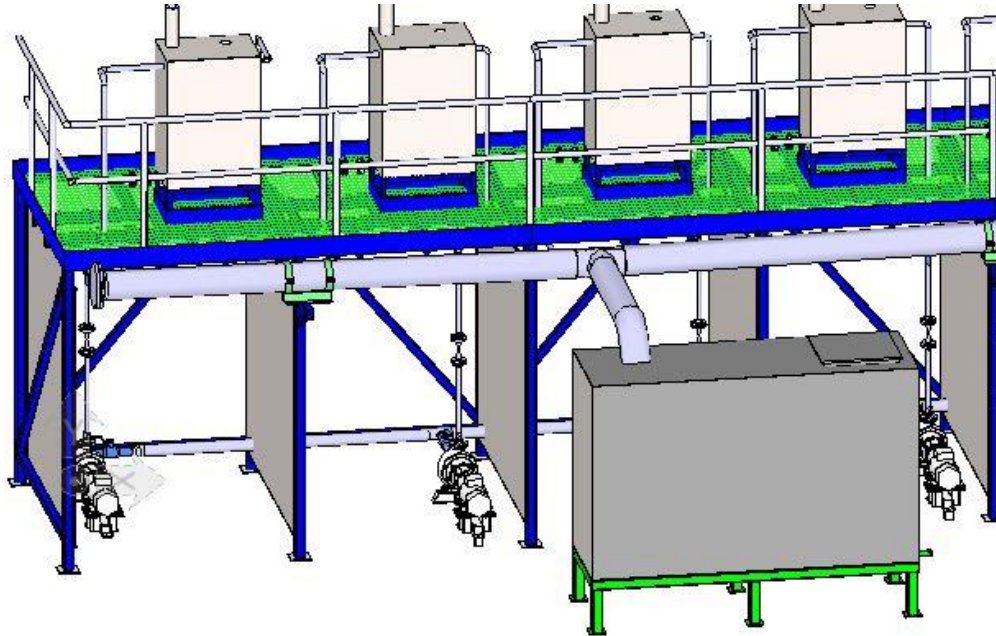
8.2.4 Muutostyöt olemassa oleviin rakenteisiin

Jotta linja saataisiin tehtyä, täytyy jo olemassa oleviin rakenteisiin tehdä muutama muutos. Spiraalierotin on tällä hetkellä rakennettu renkaiden päälle, jotta sitä voitaisiin liikutella. Tulevassa linjassa spiraali muuttuu kiinteäksi rakenteeksi, joten kaikki kuvassa oleva materiaali poistetaan leikkauksen A alapuolelta (kuvio 29).

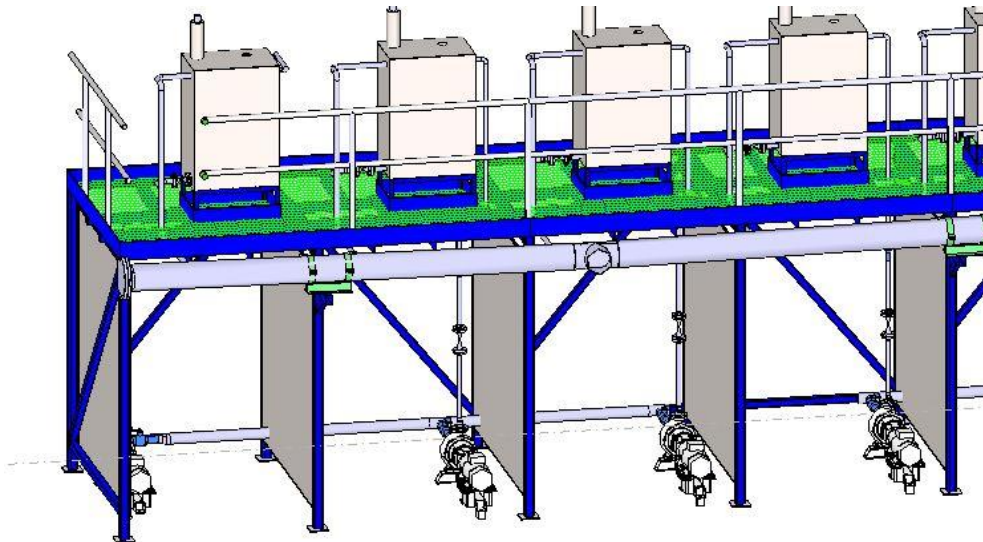


Kuvio 29. Spiraalierottimelle tehtävä muutostyö.

Myös olemassa olevaan hoitotasoon täytyy puhkaista reikä suojakaiteeseen, mistä tulee kulkutie spiraalin hoitotasolle. Samoin hallin lattialla oleva vesisäiliö siirretään edestä katsottuna aivan oikeaan laitaan, jotta kaikki linjan rakenteet mahtuvat halliin (kuva 30a ja 30b).



Kuva 30a. Tila ennen muutostyötä.



Kuvio 30b. Tila muutostyön jälkeen.

8.2.5 Rakenteiden asennus

Rakenteiden asennus alkaa siitä, että runko asennetaan oikealle paikalleen ja pultataan lattiaan kiinni. Myös lieteallas voidaan asentaa rungon yhteydessä tuomaan painoa mahdollisimman lähelle lattiaa rungossa. Sen jälkeen portaot nostetaan oikealle paikalleen ja hitsataan kiinni runkoon. Samalla tuetaan portaot seinästä. seuraavaksi aukaistaan rungosta toinen pääty ja spiraali nostetaan paikalleen. Runko laitetaan kiinni ja spiraali kiinnitetään pulttiliitoksella runkoon. Spiraalin ja rungon väliin tehtävät reiät suositellaan poraamaan magneettiporalla asennuksen yhteydessä, jotta ne tulevat linjaan toisiinsa nähden. Viimeisenä rakenteena nostetaan hoitotaso paikalleen ja se liitetään pulteilla porraskanteeseen ja hitsataan tarvittaessa runkoon.

Kun kaikki teräsrakenteet on saatu asennettua paikalleen, alkaa itse linjaston rakennus. Ensimmäisenä asennetaan valuma-allas paikalleen jonka jälkeen linjaa aletaan rakentaa virtauskaavion mukaisesti. Laitteet ja putkistot asennetaan kaaviosta luettuna niin, että säiliö on alkupiste, jota pitkin linjaa lähdetään seuraamaan niin kauan, että linjaa palaa takaisin samaan säiliöön, eli päätepisteeseen.

8.2.6 Kannakointi

Koska linjassa käytetyt materiaalit ovat pääosin muovia/kumia, ei ole järkevää alkaa suunnittelemaan kannakointia tarkemmin. Työssä suositellaan käyttämään normaaleja putkipitimiä (kuvassa 33), jotka liitetään hitsaamalla runkoon asennuksen yhteydessä. Putken ja kannakkeen väliin suositellaan asennettavaksi korkeakitkaista kumieristettä, jolloin kannattimiin kohdistuva värinä vähenee, eikä putkisto pääse liukumaan kannakoinnista.

Myös hydrosykloni kiinnitetään alapäästä normaalilla putkenpidikkeellä. Pidike hitsataan hoitotason suojakaiteeseen kiinni käyttämällä metallisia orsia välillä. Tarpeen tullen hydrosyklonille käytetään toista, hieman isompaa putkipidintä yläpäähän, jos itse putkisto ja alapään kannatin ei jaksaa pidätellä hydrosyklonin painoa.



Kuva 3. Malli esimerkki putkenpidikkeestä. (Prisma 2013. Hakupäivä 21.4.2013)

9 CE-MERKINTÄ PILOT-RIKASTAMOLLE

Ce-merkinnän saaminen kokonaiselle tehtaalle vaatii, että se on ihmiselle turvallinen työskennellä ja kaikki koneet ovat konedirektiivin mukaisia. Kaikki laitteet ja rakenteet tulisi suunnitella niin, että niissä ei tarvittaisi mitään suojalaitteita. Turvallisuuden pitäisi syntyä lähtökohtaisesti suunnittelussa tehdyistä ratkaisuista. Jos vaaraa ei pystytä poistamaan, on se suojattava tarpeeksi hyvin, että riskitekijät saadaan mahdollisimman pieniksi.

Koneiden turvallisuudesta vastaa pääosin valmistaja, mutta työnantajan (tässä tapauksessa viitataan oppilaitokseen) velvoitteena on valvoa niiden käyttöä ja, että laitteistoa huolletaan säännöllisin väliajoin.

Pilot-rikastamolle tullaan varmasti hakemaan CE-merkintää turvallisena työympäristönä. Tässä työssä käsitellään vain suunniteltavan linjan aiheuttamia riskejä. Ammattiopisto Lappian tulee ennen linjan käyttöönottoa valvoa, että kaikki laitteiston asennukset on suoritettu oikein ja, että laitteistoa on turvallinen käyttää. Testaamisen saa suorittaa vain siihen tarpeeksi pätevä henkilö. Tarvittaessa tässä tulee käyttää ulkopuolista asiantuntemusta.

Linja on pyritty suunnittelemaan kaikkia mahdollisia standardeja noudattaen niin, että sillä olisi turvallista työskennellä. Riskejä on turhaa analysoida pelkästään suunnitelmien pohjalta, mutta voidaan arvioida joitakin riskejä, joita olisi syytä tarkastella CE-merkintää rikastamolle hakiessa. Riskit on listattu alapuolelle:

- laitteistosta aiheutuva melu
- kiintoaineesta irtoava pöly
- pumpun liikkuvat osat ja niiden kotelointi
- putoamisvaara hoitotasolla työskenneltäessä
- esineen putoaminen hoitotasolta ja sen aiheuttamat vaarat
- laitteistossa oleva paine ja sen aiheuttamat vaarat ongelmatilanteissa
- kompastumisen vaara
- roiskeet ja päästöt
- kosteuden ja hiovan aineen aiheuttama korroosio metallisissa rakenteissa ja niiden tuomat riskit.

10 TYÖN TULOKSET

Työssä saatiin suunniteltua erotinlinjalle virtauskaavio, joka toteutettiin mallintamalla se oikeassa mittasuhteessa Microstation-ohjelmalla. Työssä suunnitelluista mallinnuksista kyettiin toteamaan, että suunniteltu linja mahtuu sille varattuun tilaan ja mallien pohjalta pystytään tekemään tarjouskyselykuvat, joilla julkinen kilpailutus toteutetaan (liitteet 2-6).

Työssä saatiin selvitettyä, mitä kaikkia laitteita tiheyteen perustuvassa rikastamisessa tarvitaan ja mitä rikastajan tulisi niistä tietää. Työn perusteella suunniteltu linja tullaan toteuttamaan ja sitä tullaan hyödyntämään ammattiopisto Lappialla kaivosalan koulutuksessa.

Työn tuloksena saatiin kerättyä informaatiota oikeasta työelämän rikastamosta, jota pystyttiin hyödyntämään pilot-rikastamon suunnittelussa. Työssä suunniteltu linja antaa yhä todellisemman käsitteen rikastajan työstä ja antaa paremmat valmiudet siirtyä koulusta suoraan työelämään, koska se vastaa oikean rikastamon olosuhteita.

11 POHDINTA

Opinnäytetyössäni ajattelin pohtia työhöni liittyviä ongelmia ja niihin liittyviä ratkaisuja ja mitä olen oppinut tätä työtä tehdessä.

Suurin ongelma minusta oli, ettei kenelläkään tähän työhön osallistuneella ollut suurempaa tietämystä kaivosalasta ja rikastamisesta yleensä. Ilman perustietoutta kun lähtee aiheeseen perehtymään, tulee hirveästi tietoa, joka pitäisi hetkessä omaksua. Kaivosalan termistö on pääpiirteittäin teknistä termistöä ja tosi vaikealukuista lukijalle.

Työtä hankaloitti myös lähteiden kerääminen, koska minulla ei ollut tarkkaa käsitystä, millä nimikkeillä minun olisi pitänyt niitä etsiä. Kaivosalan kirjallisuutta ole juurikaan saatavilla, koska kyseiset menetelmät ovat pysyneet samoina jo satoja vuosia, joten kirjallisuutta niistä ei ole ollut tarpeen uusia.

Palkitsevinta työssä oli tieto, että suunnitteluni pohjalta tehty linja tullaan oikeasti toteuttamaan. Palkitsevaa oli myös projektipäällikön kanssa pidetyt palaverit. Ne loivat intoa ja aina pääsin askeleen lähemmäksi mitä kokonaisuus tulee olemaan. Työn loppuvaiheilla projektiin palkattu pääsuunnittelija oli myös isona apuna työni suunnittelussa. Hänen kokemuksellaan sain mielestäni ihan hyvät rakenteet suunniteltua. Kaikkia suunnitteluun liittyviä asioita ei pystytty toteuttamaan samassa linjassa. Tästä johtuen jouduin korjaamaan suunnitelmia tai malleja monta kertaa.

Outokummun Kemin kaivoksella tehty vierailu oli myös antoisa. Siinä vaiheessa rikastamisen tietämykseni oli vähäistä. Heiltä saaduilta tiedoilla pystyin suunnittelemaan lähelle oikean elämän olosuhteita vastaavan linjaston.

Opinnäytetyöstäni opin yleisimpiä rikastusmenetelmiä ja niiden laitteistoa. Suunnittelusta opin sen, että työt pysyvät pitkään sirpaleisena, eikä kokonaisuutta pysty hahmottamaan helposti. Itselleni kokonaisuus alkoi hahmottua saatuaani suunniteltua lopullisen virtauskaavion.

LÄHTEET

Ammattiopisto Lappian www-sivut, hakupäivä 12.12.2012.

<http://www.lappia.fi/suomeksi/etusivu.iw3>

Hietalahti, Sami 2012. Rikastustekniikan koulutuskeskus (RikasTek) esite.

Hietalahti, Sami, Projektipäällikkö, Ammattiopisto Lappia. Opinnäytetyön seurantapalaveri 21.3.2013.

Kemi-Tornionlaakson koulutuskuntayhtymä Lappian www-sivut, hakupäivä 12.12.2012.

<http://www.kkylappia.fi/Suomeksi/Etusivu.iw3>

Lukkarinen, Toimi 1987. Mineraalitekniikka OSA 2, Mineraalien rikastus.

Toimi Lukkarinen ja Insinööritieto Oy.

Pihkala, Juhani 2011. Prosessitekniikka, Prosessiteollisuuden yksikkö- ja tuotantoprosessit. Juhani Pihkala ja Opetushallitus. Tampere

Prisma. Jpg-kuva. Hakupäivä 21.4.2012

<http://www.prisma.fi/tuotekuvat//large/84/bya0xnj1z0lb0juz.jpg>

LIITTEET

Liite 1 (6). Prosessin toimintakuvaus.

Liite 2. Tarjouspyyntökuva, valuma-allas.

Liite 3. Tarjouspyyntökuva, runko.

Liite 4. Tarjouspyyntökuva, portaati.

Liite 5. Tarjouspyyntökuva, hoitotaso.

Liite 6. Tarjouspyyntökuva, lieteallas.