

**KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU  
TEKNIIKAN KOULUTUSYKSIKÖ**

**Regenerointilaitos 3:n kiteytyksen liuoskierron  
suolatasapainon hallinta**

Seppänen Heikki

Teknologiaosaamisen johtamisen koulutusohjelman opinnäytetyö  
Insinööri (ylempi AMK)

KEMI 2011

## ALKUSANAT

Tämän työn tarkoituksena on kehittää Outokumpu Stainless Oy:n Regenerointilaitos 3:n kiteytyksen liuskierron virtausten ja sulfaattisuolatasapainon hallintaa. Tämän työn pohjalta tehtävien muutosten tulisi parantaa prosessin tehokkuutta sekä alentaa kunnossapitokustannuksia vähentyneen lämmönvaihtimien kulumisen myötä.

Tätä tekstiä kirjoitettaessa on työssä esitettyjen kiteytyksen liuskierron muutokset hyväksytyt investoitavaksi ja muutokset ovat tällä hetkellä suunnitellussa sekä jo joitakin prosessin osia on valmistuksessa. Muutosten asennus tapahtuu näillä näkymin vuosihuollossa elo-syyskuussa 2010.

Työn ohjaajana toimii Neutralointi- ja Regenerointilaitosten käyttöinsinööri Jussi Tilus Outokumpu Stainless Oy:stä. Työn valvojana toimii tutkijayliopettaja Timo Kauppi Kemi-Tornion ammattikorkeakoulusta.

Kiitän Outokumpu Stainless Oy:tä tästä mahdollisuudesta kehittää osaamistani työn ohella ja saamastani tuesta. Työn ohjaajia ja valvojia kiitän saamastani neuvoista ja ohjauksesta työn edetessä. Lisäksi haluan kiittää työkavereita pitkistä ja välillä kiihkeistäkin, mutta erittäin hedelmällisistä keskusteluista, kuinka prosessia tulisi todella ohjata.

Keminmaalla 21.7.2010

Heikki Seppänen

## TIIVISTELMÄ

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Tekniikan ala	
Koulutusohjelma	Teknologiaosaamisen johtaminen
Opinnäytetyön tekijä	Ins. Heikki Seppänen
Opinnäytetyön nimi	Regenerointilaitos 3:n kiteytyksen liuoskierron suolatasapainon hallinta
Työn laji	Opinnäytetyö
Päiväys	11.01.2011
Sivumäärä	45 + 3 liitesivua
Opinnäytetyön ohjaaja	TkL Timo Kauppi
Yritys	Outokumpu Stainless Oy
Yrityksen yhteyshenkilö/valvoja	DI Jussi Tilus

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli etsiä uusia menetelmiä ja toimintatapoja Outokumpu Stainless Oy:n peittaushappojen regenerointiprosessi 3:n kiteytyskierron sulfaattitasapainon hallintaan. Prosessia tutkittiin kiteytyksen liuoskierron optimoimisen ja suolan suodatuksen kannalta.

Kirjallisuusosassa kuvattiin Tornio Worksin materiaalivirtojen kulkureittiä läpi prosessin kaivokselta asiakkaalle. Lisäksi perehdyttiin tarkemmin hehkutuspeittauserojen toimintaan ja regenerointiprosessin toimintaan.

Työosassa perehdyttiin kiteytyskierron hallinnan nykyisiin ongelmiin ja niistä johtuviin seurauksiin. Tehtävänä oli suunnitella, miten kiteytyskierron liuosvirrat saataisiin optimaaliselle tasolle. Tutkimusten perusteella voitiin todeta, että kiteytyskierron nykyinen osittain tuplattu kierto olisi järkevintä erottaa toisistaan kahdeksi täysin itsenäiseksi kiteytyskierroksi. Lisäksi tehtävänä oli miettiä, miten sulfaattisuolan suodatus prosessia voitaisiin kehittää siten, että sulfaattisuolan pitoisuus pysyisi prosessissa halutulla tasolla ja mahdollisimman vakaana. Tulosten perusteella tehtiin kaksi eri toimintatapaa suodatuksen hallintaan.

Asiasanat: regenerointi, happo, kiteytys, suodatus.

## ABSTRACT

Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology	
Degree programme	Technology Management
Name	Heikki Seppänen, BEng
Title	Acid recovery plant 3, controlling the sulphate balance in crystallization process
Type of Study	Master's Thesis
Date	21.7.2010
Pages	45 + 3 appendixes
Instructor	Timo Kauppi, MSs, LicSc (Tech)
Company	Outokumpu Stainless
Supervisor from company	Jussi Tilus, MSc, Eng

The aim of this Master's thesis was to find better ways and methods to control sulphate balance of Outokumpu Stainless acid recovery<sup>3</sup> process. Main focus was on the crystallization process flows and sulphate filtering frequency optimization.

In the theory part of this thesis are described the material flow of Tornio Works from the Kemi mine all the way to the customer. Also the annealing and pickling line and the acid recovery process principals are described in detail.

In the practical part of this thesis, the first thing was to isolate the problems in crystallization liquid flow and the problems what occur from it. The object was to design ways and methods which would keep the liquid flow in optimal level. Results of the study suggest that the partially doubled crystallization process would be best to divide in to two totally separate crystallization processes. Also one part was to think how sulphate filtering would be best to handle, so that sulphate concentration in the liquid would be as stable and as close to the desired limits as possible.

By these results, two possible methods to operate the pressure filtering were designed.

Keywords: regeneration, acid, crystallization, filtering.

## SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT.....	I
TIIVISTELMÄ.....	II
ABSTRACT.....	III
SISÄLLYSLUETTELO.....	IV
KÄYTETYT LYHENTEET.....	VI
1. JOHDANTO.....	1
2. PROSESSI.....	2
2.1. Tornio Worksin prosessi.....	2
2.2. Kylmävalssaamon prosessi.....	4
2.3. Hehkutus- ja peittasulinjojen toiminta.....	5
2.3.1. Aukikelaus ja hitsaus.....	5
2.3.2. Hehkutus.....	6
2.3.3. Kuulapuhallus.....	7
2.3.4. Elektrolyytti- ja sekahappopeittaus.....	8
2.3.5. Loppukäsittely.....	10
2.4. Regenerointiprosessi.....	11
2.4.1. Haihdutus.....	11
2.4.2. Kiteytys.....	14
2.4.3. Sakeutus.....	15
2.4.4. Suodatus.....	17
3. KITEYTYSKIERRON HALLINTA.....	18
3.1. Ongelman kuvaus.....	18
3.1.1. Nykytilanteen kuvaus.....	19
3.1.2. Vanha toimintakuvaus.....	20
3.1.2.1. FICA-017 RE3 sakeuttimen 4 syötön määrä.....	20
3.1.2.2. FICA-018 RE3 sakeuttimen 5 syötön määrä.....	20
3.1.2.3. LICS-009-MV RE3 palautushapposäiliön pinta.....	20
3.1.3. Muutokset.....	21
3.1.4. Tilanne muutosten jälkeen.....	21
3.1.5. Uusi toimintakuvaus.....	22

3.1.5.1.	FICA-017 RE3 sakeuttimen 4 syötön määrä.....	22
3.1.5.2.	FICA-018 RE3 sakeuttimen 5 syötön määrä.....	23
3.1.5.3.	LICS-009 RE3 palautushapposäiliön 4 pinta .....	23
3.1.5.4.	LICS-??? RE3 palautushapposäiliön 5 pinta .....	23
4.	SUODATUKSEN HALLINTA .....	24
4.1.	Ongelman kuvaus.....	24
4.2.	Regenerointiprosessin liuoskierron koostumus.....	26
4.3.	Suodatettavan metallisulfaattisuolan koostumus .....	27
4.4.	Suodatettimen kapasiteetin määrittäminen .....	28
4.5.	Suodatettavan suolan määrän määrittäminen.....	28
4.6.	Suodatuksen tiheyden määrittäminen.....	30
4.7.	Suodatuksen väliajan asettelu .....	33
4.8.	Suodatettava määrä kun haihduttimien sekahapon syöttö on pois päältä .....	34
5.	YHTEENVETO .....	35
5.1.	Kiteytyskierto .....	35
5.2.	Suodatus .....	36
6.	LÄHDELUETTELO .....	37
7.	LIITELUETTELO .....	38

## LIITTEET

**KÄYTETYT LYHENTEET**

Kyva	Kylmävalssaamo
Re ja Rege	Regenerointilaitos
Ne	Neutralointi
NeRe	Yleisnimi Neutralointi- ja Regenerointilaitosten alueelle
HP	Hekutus- ja peittäuslinja
Suola	Kiteytyskierrossa muodostuvaa sulfaattisuolaa

Numero lyhenteen perässä tarkoittaa laitoksen tai linjan numeroa.

## 1. JOHDANTO

Outokummun pääliiketoiminta-alue on ruostumaton teräs. Torniossa ja Keminmaalla toimivat Outokumpu Stainless Oy ja Outokumpu Chrome Oy kuuluvat Outokumpukonsernin General Stainless -liiketoiminta-alueeseen. Nämä tuotantolaitokset ovat merkittävin osa Outokummun liiketoiminnasta.

Tornio Works käsittää Elijärven kaivoksen, ferrokromisulaton ja terästehtaan. Tornion laitokset muodostavat maailman suurimman, yhtenäisen ruostumattoman teräksen tuotantoketjun. Kylmävalssattujen ja kirkkaiden kuumavalssattujen nauhojen tuotantokapasiteetti on noin 1,2 milj. tonnia/vuosi. Outokummun visio on olla tulevaisuudessa nro1 ruostumattoman teräksen teollisuudessa.

Neutralointi-2, Regenerointi-2, Regenerointi-3, jäähdytysvesilaitos-1 ja jäähdytysvesilaitos-2 muodostavat oman osastonsa; Neutralointi- ja regenerointilaitoksen eli NeRe. Osasto sijaitsee kylmävalssaamo 1:llä. Osaston tarkoitus on käsitellä hehkutus- ja peittaus 1, 2, 3, 4 ja RAP5 -linjoilta tulevat, hapot, happamat vedet, pelkistettävät vedet ja öljypitoiset vedet. Lisäksi osastolla ovat jäähdytysvesilaitokset 1 ja 2, jotka palvelevat kylmävalssaamoja 1 ja 2.

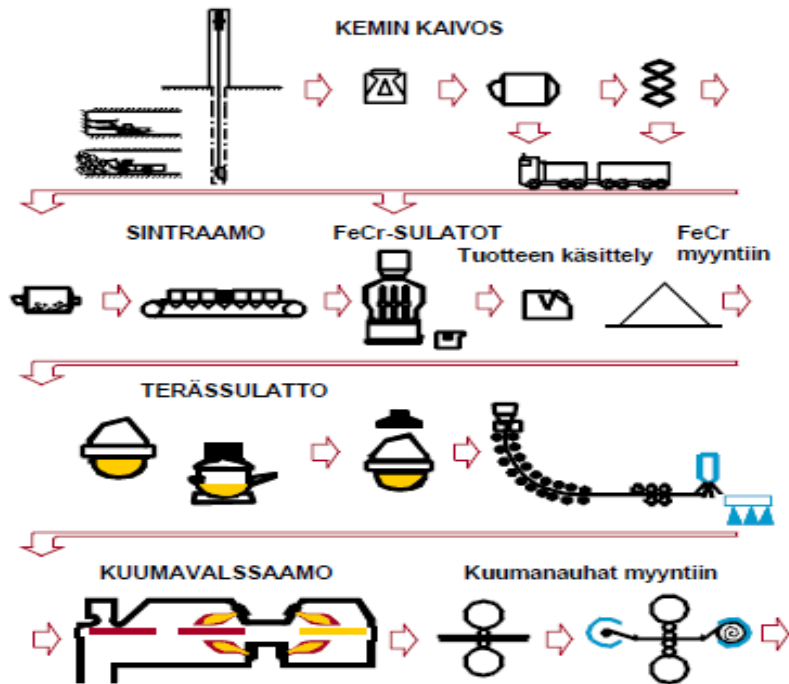
Työssä keskitytään regenerointilaitos-3 kiteytyksen liuoskierron suolatasapainon hallintaan. Tavoitteena on luoda laskuri, jonka avulla voidaan asettaa optimaalinen suodatusten väliaika. Lisäksi tavoitteena on optimoida kiteytyksen liuoksen virtausnopeus.

Suolan optimaalinen määrä on prosessille tärkeä. Liian alhainen suolapitoisuus heikentää kiteytymistä, kun taas liian korkea pitoisuus alkaa aiheuttamaan tukkeutumisia prosessissa ja kulumista lämmönvaihtimissa.



## 2. PROSESSI

### 2.1. Tornio Worksin prosessi



**Kuva1.** Kaivos -> Kuumavalssaamo materiaalivirta /7/

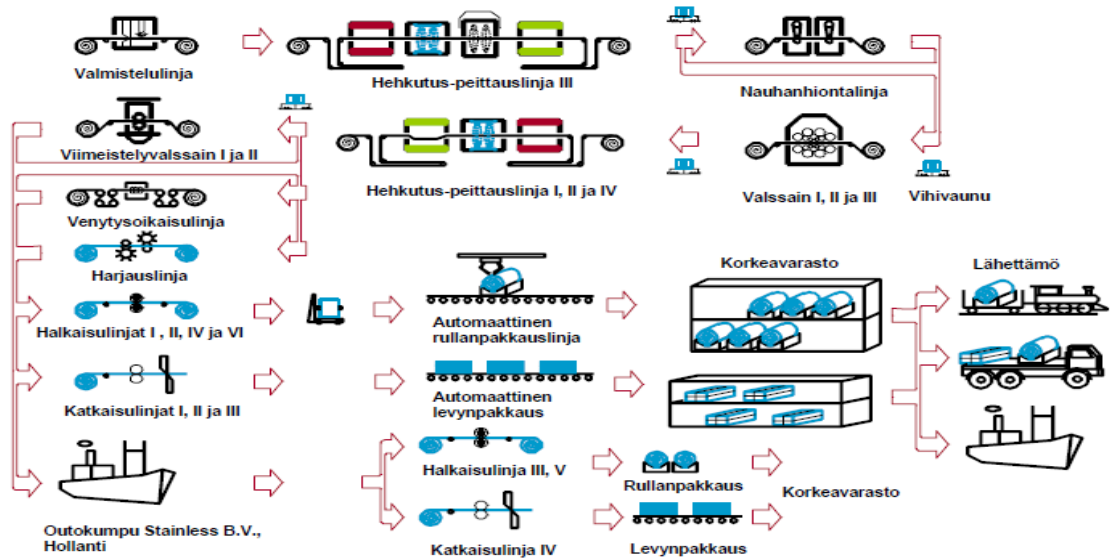
Karkeasti esitettynä Tornio Worksin materiaalivirta ennen kylmävalssaamaa on seuraavanlainen (kuva 1. kappale 2.1. s. 2). Ensin kromimalmi louhitaan Elijärven kaivoksen maanalaisista tunneleista. Maan alla suoritetaan myös malmin esimurskaus ennen maan päällä oleviin prosesseihin nostamista. Maan päällä malmi rikastetaan pala- ja hienorikasteeksi. Palarikastuksessa murskatusta malmista erotetaan palarikaste, välituote sekä palakivi. Hienorikastuksessa murskauksesta syntyneestä hienoaineksesta sekä välituotteesta erotetaan hienorikaste. Tämän jälkeen rikaste kuljetetaan Tornion Kromitehtaalte seuraavaan käsittelyyn. Kromitehtaan sintraamalla rikaste ensiksi jauhetaan ja sen jälkeen jauhe lietetään. Tämän jälkeen liete pelletoidaan noin 12 mm halkaisijaltaan oleviksi pyöreiksi pelleteiksi. Seuraavaksi pelletit syötetään sintrausuuniin. Sintrauksen jälkeen pelletit syötetään silloihin odottamaan sulatusta.

Sulatuksessa tapahtuu palarikasteen ja sintrattujen pellettien sisältämän kromin ja raudan oksidien pelkistyminen metalliseksi ferrokromiksi koksen ja hiilen avulla. Sula ferrokromi toimitetaan terässulatolle tai valetaan valuojaan, josta jäähtynyt ferrokromi paloitellaan ja varastoidaan odottamaan jatkokäyttöä. /7/

Terässulaton tärkeimmät raaka-aineet ovat ferrokromi, teräsromu ja nikkeli. Ferrokromitehtaalta saatava sula ferrokromi kuljetetaan terässulatolle kromikonvertertiin. Romupihalla teräsromu lastataan romukoriin ja kuljetetaan valokaariuunille. Valokaariuunissa teräsromu ja osa seosaineista sulatetaan. Sen jälkeen sula kaadetaan siirtosenkkaan ja lisätään sekaan sulaa ferrokromia kromikonvertterista. Tämän jälkeen siirtosenkkasula kaadetaan senkasta AOD-konvertertiin. AOD-prosessin tehtävänä on poistaa sulasta hiiltä ja samalla tehdään myös tarvittavat seosainelisäykset. AOD-prosessin jälkeen sula kaadetaan valusenkkaan ja siirretään senkkakäsittelyyn. Senkkakäsittelyn tehtävä on viimeistellä teräksen koostumus ja säätää sulan lämpötila valua varten. Sula teräs valetaan laattamaisiksi aihioiksi jatkuvavalukoneella. Valtaosa aihioista ovat sellaisenaan valmiita valssaukseen ja kuljetukseen suoraan kuumavalssaamolle. /7/

Kuumavalssaamalla ahiot panostetaan askelpalkkiuuneihin, jossa niiden lämpötila nostetaan 1260 C° asteeseen. Uunista ahiot nostetaan rullaradalle, jota pitkin ne kuljetetaan etuvalssaimelle. Etuvalssaimella 130 - 210 mm:n paksuiset ahiot valssataan 20 - 25 mm:n paksuuteen viidellä/seitsemällä edestakaisella pistolla. Pystyvalssain pitää aihion leveyden haluttuna. Etuvalssaimella aihio siirtyy rullarataa pitkin nauhavalssainalueelle, joka koostuu Steckel-valssaimesta ja kolmesta lisävalssituolista. Nauhavalssaamalla nauha saadaan loppupaksuuteen 1,9 - 12,7 mm. Nauhavalssauksen viimeisen piston jälkeen nauha etenee rullarataa pitkin nauhakelaimelle. Nauhavalssauksen jälkeen rullat jäähdytetään vesialtaassa. Jäähdytysaika on 8 - 14 tuntia. Tämän jälkeen teräsnauharullat viedään jatkojalostettavaksi kylmävalssaamolle. /7/

## 2.2. Kylmävalssaamon prosessi



**Kuva 2.** Kylmävalssaamon materiaalivirta /7/

Kuvassa 2 (kappale 2.2. s. 4) kuumavalssaamolta tullut musta kuumanauha valmistellaan valmistelulinjalla tai se otetaan suoraan kuumanauhahehkutukseen ja -peittaukseen. Ensimmäisen peittauskierroksen jälkeen nauhasta tulee kirkas kuumanauha. Riippuen asiakkaan tilaamasta toimitustilasta ja pinnanlaadusta nauha menee seuraavaksi joko leikattavaksi asiakasmittoihin sekä pakattavaksi tai kylmävalssaukseen. Kylmävalssauksessa nauha valssataan asiakkaan haluamaan paksuuteen Sendzimir-valssaimella. Valssauksessa teräs lujittuu ja vaaditaan uusi nauhan hehkutus ja peittaus, jotta teräksen muokattavuus palautuisi normaalille tasolle. Valssausprosessin jälkeen nauhan tila on lujitettu kylmänauha. Mikäli asiakas ei halua lujitettua terästä, nauha menee seuraavaksi loppuhehkutukseen ja -peittaukseen. Tässä prosessissa nauhan muokattavuus palautuu ja pinnasta tulee kirkas. Tällöin nauhan tilaksi tulee kirkas kylmänauha. Seuraavaksi nauha menee joko viimeistelyvalssaukseen, venytysoikaisuun, hiontaan tai harjaukseen riippuen asiakkaan haluamasta pinnanlaadusta. Viimeisenä varsinaisen käsittelyprosessina nauha leikataan asiakkaan haluamiksi rulliksi tai levyiksi leikkauslinjoilla. Tämän jälkeen valmis tuote pakataan joko käsin tai automaattipakkaamoissa ja lähetetään maailmalle asiakkaiden käytettäväksi. /7/

## 2.3. Hehkutus- ja peittäuslinjan toiminta

### 2.3.1. Aukikelaus ja hitsaus

Hehkutus- ja peittäuslinjat ovat jatkuvatoimisia linjoja. Linjan hehkutus- ja peittäusprosesseja ei pysäytetä uuden teräsnauhan linjaan asettamisen tai poisottamisen takia. Linjan alkupäässä on kaksi kappaletta aukikelaimia (kuva 3. kappale 2.3.1. s. 5) ja loppupäässä yksi päällekelain. Linjan molemmissa päissä ovat myös nauhavarajat, joita käytetään linjan omana puskurivarastona. Nauhat liitetään alkupäässä hitsauskoneella päistään toisiinsa kiinni ja näin nauhat kulkevat yhdessä jonossa prosessin läpi. Hitsaus tehdään joko Mig- tai kiekkohitsauskoneella. Kun hitsaus on suoritettu, aletaan nauhaa syöttää uudelleen varaajaan. HP 2- ja 4-linjoilla nauha menee varaajan jälkeen rasvanpoiston läpi, jossa nauhan pinnasta pestään pois kylmävalssauksesta jäänyt öljy. /7/



**Kuva 3.** HP3:n aukikelaus

### 2.3.2. Hehkutus

Hehkutuksessa (kuva 4. kappale 2.3.2. s. 6) nauha esikuumennetaan noin 400 – 500 C° esikuumennusuunissa varsinaisten hehkutusuunien hukkalämmön avulla. Esikuumennuksen jälkeen nauha menee varsinaiseen hehkutusuuniin, jossa sitä hehkutetaan 1050 – 1150 C° lämpötilassa. /7/

Tässä työvaiheessa kuuma ja kylmämuokkauksessa lujittunut teräs elpyy ja sen mekaaniset ominaisuudet palautuvat muokkausta edeltäneeseen tilaan. Unien polttoaineena ovat nestekaasu ja HP3-linjalla lisäksi hiilimonoksidi. Hehkutuksen jälkeen nauha menee jäähdytysvyöhykkeelle, jossa se jäähdytetään vesisuihkun ja ilmapuhalluksen avulla. Jäähdytyksen täytyy tapahtua nopeasti korroosiokestävyyden saavuttamiseksi. /7/



**Kuva 4.** HP2:n hehkutus- ja jäähdytysvyöhyke



### 2.3.3. Kuulapuhallus

Hehkutuksen jälkeen nauha menee HP 1- ja 3-linjoilla kuulapuhallukseen (kuva5. kappale 2.3.3. s. 7), jossa hehkutuksessa nauhan pintaan muodostunut hilse poistetaan mekaanisesti. Muodostunut hilse on oksidikerros, jonka alle syntyy kromiköyhä alue. Riittävän korroosiokestävyyden ja myös ulkonäönkin takia hilse täytyy poistaa. Hilse poistetaan linkoamalla pieniä teräskuulia suurella nopeudella nauhan pintaan. HP3-linjalla kuulapuhallusyksiköjä on kolme peräkkäin ja HP1-linjalla yksi kappale. Tämä johtuu siitä, että HP3-linja on tarkoitettu ainoastaan kuumanauhan ajamiseen, kun taas HP1-linja on tarkoitettu pääsääntöisesti kylmänauhan ajamiseen. HP 2- ja 4-linjoilla kuulapuhallusta ei ole ollenkaan, koska näillä linjoilla ajetaan ainoastaan kylmänauhaa. /7/

Kuulapuhalluksessa syntyvä metallioksidipöly imetään linjan yhteydessä toimivaan pölynkäsittelylaitokseen, jossa pölyinen ilma suodatetaan ja suodatettu pöly siirretään pölykonttiin ja sieltä edelleen jatkokäsiteltäväksi. /7/



**Kuva 5.** HP1:n kuulapuhallus

### 2.3.4. Elektrolyytti- ja sekahappopeittaus

Kuulapuhalluksen jälkeen nauha menee elektrolyyttipeittaukseen (kuva 6. kappale 2.3.4. s. 8), jossa hehkutuksessa nauhan pintaan muodostunutta oksidikerrosta poistetaan sähkökemiallisella peittauksella, elektrolyyttipeittauksella. Elektrolyytinä käytetään natriumsulfaatin ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) vesiliuosta. Elektrolyyttiä kierrätetään jatkuvasti pumppaamalla sitä peittausaltaan ja kierrätysväiliöiden välillä. Tämä kierto on suljettu. Kierrätysväiliöstä takaisin altaaseen pumpatessa elektrolyytti menee lämmönvaihtimen läpi, jossa se lämmitetään  $60 - 80 \text{ C}^\circ$ . Kierrätettävän elektrolyytin pH pyritään pitämään neutraalina lisäämällä siihen säännöllisin väliajoin pieniä määriä natriumhydroksidia eli lipeää ( $\text{NaOH}$ ), koska elektrolyytillä on taipumus happamoitua elektrolyyttipeittauksessa tapahtuvien sähkökemiallisten reaktioiden seurauksena. Elektrolyyttipeittausaltaassa teräsnauhan peittaus perustuu niin sanottuun epäsuoraan polarisaatioon. Teräsnauhan molemmilla puolilla olevien anodi- ja katodiparien (virtakiskot) väliin johdetaan tasavirta, jolloin teräs polarisoituu. Altaassa liikkuva teräsnauha kulkee vuorotellen anodi- ja katodivyöhykkeiden ohi ollen vuorotellen katodisessa ja anodisessa polarisaatiossa. Varsinainen peittautuminen tapahtuu teräksen anodivaiheessa, jolloin oksidit liukenevat. Elektrolyyttipeittauksen jälkeen teräsnauhan pinta pestään vedellä ja puhdistetaan harjaamalla välihuuhdelussa. /7/



**Kuva 6.** HP4:n peittausaltaat

Välihuuhdelun jälkeen teräsnauha menee sekahappopeittaukseen, jossa nauha upotetaan lämpimään vesi- ja happoliuokseen. Hapon koostumus riippuu ajettavasta materiaalista. Austenniittisilla teräksillä liuos koostuu fluorivetyhapon (HF), typpihapon ( $\text{HNO}_3$ ) ja rikkihapon ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) vesiliuoksesta. Ferriittisillä laaduilla liuos koostuu typpihapon ( $\text{HNO}_3$ ) vesiliuoksesta. Dublex-laaduilla liuos koostuu typpihapon ( $\text{HNO}_3$ ), rikkihapon ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) ja korkean fluorivetyhapon (HF) vesiliuoksesta. Peittaushappoa kierrätetään peittaushappoaltaiden ja kierrätys säiliöiden välillä saman periaatteen mukaisesti kuin elektrolyyttiä. Sekahappopeittauksessa lämmin sekahappo liuottaa teräsnauhaan jääneen lopun oksidikerroksen sekä kromiköyhän vyöhykkeen. Sekahappokylpyyn liuenneiden metallien vuoksi kylpyjä väkevöidään säännöllisesti siten, että osa käytössä olevasta kylvystä pumpataan regenerointilaitokseen ja pois pumpattu tilavuus korvataan regeneroidulla hapolla tai tuorehapoilla ja vedellä. /7/



### 2.3.5. Loppukäsittely

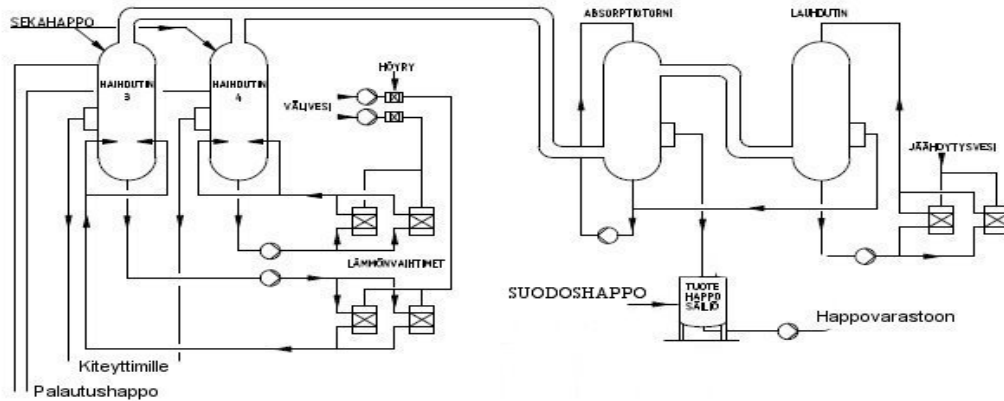
Sekahappopeittauksen jälkeen nauha vielä huuhdellaan vedellä ja harjataan puhtaaksi loppuhuuhteluyksikössä. Loppuhuuhtelun jälkeen sen pinta vielä kuivataan ilmapuhalluksella. Kuivauksen jälkeen nauha menee varaajaan ja sieltä tarkastuspisteelle, jossa käyttökoneisto tarkastaa nauhan pinnan visuaalisesti ja kirjaa siinä mahdollisesti esiintyneet pintavirheet rullatietoihin. Viimeiseksi nauha menee päällekelaimelle (kuva 7. kappale 2.3.5. s. 10), jossa se kelataan takaisin rullaksi ja sidotaan sekä lähetetään seuraavaan prosessiin käsiteltäväksi. /7/



**Kuva 7.** HP4:n päällekelaus

## 2.4. Regenerointiprosessi

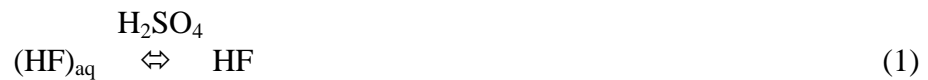
### 2.4.1. Haihdutus



**Kuva 8.** Haihdutuksen PI-kaavio /3/

Kuvassa 8 (kappale 2.4.1. s. 11) on esitetty haihdutuskierron periaatteellinen kaavio. Hekutus- ja peittauslinjoilla käytetyt peittaus eli sekahapot pumpataan Neutralointi 1 (NE1) laitoksessa sijaitsevien happoselkeyttimien kautta ylivuotona sekahapposäiliöihin happovarastoon odottamaan käsittelyä regenerointiprosessissa. Happoselkeyttimillä raskain kiintoaine laskeutuu selkeyttimien pohjalle, josta se ohjataan panosneutralointialtaan kautta neutraloitavaksi Neutralointi 2 (NE2) -laitokselle. Varastosäiliöistä sekahappoa pumpataan 2,5 m<sup>3</sup>/h vakuumihaihduttimeen, joita regenerointilaitos 3:lla (RE3) on kaksi kappaletta. Haihduttimiin (kuva 9. kappale 2.4.1. s. 13) pumpataan samanaikaisesti kiteytyskierrosta palautushappoa, joka sisältää noin 60 % rikkihappoa. Haihduttimen riittävää lämpötilaa pidetään yllä kierrättämällä haihduttimessa olevaa happoliuosta lämmönvaihtimien läpi. Haihduttimen pohjasta otetaan happoliuosta, joka pumpataan levylämmönvaihtimien läpi ja lämmitetään noin 88 °C. Lämmönsiirto tapahtuu niin sanotulla välivesijärjestelmällä. Eli höyryllä lämmitetään välivettä ja välivedellä lämmitetään sitten happoliuos. Tämä sen takia, että jos happupuolen lämmönvaihdin alkaa vuotaa, ei happoliuos pääse höyryn lauhteen mukana leviämään putkistoon, vaan se jää välivesisäiliöön. Välivesijärjestelmä on suljettu kierto, jolloin mahdolliset vuodot voidaan helposti hallita eikä pääse syntymään päästöä.

Lämmityksen jälkeen happoliuos pumpataan takaisin haihduttimen kyljestä, vaakatasossa haihduttimen kyljen suuntaisesti suurella nopeudella. Tämä siksi, että tällöin haihduttimen nestepinta muodostuu kartiomaiseksi ja haihtumispinta-ala kasvaa ja näin haihtuminen tehostuu. Haihduttimessa ylläpidetään alipainetta lauhduttimen alipainepumpulla. Alipaine tehostaa haihtumista ja saa aikaan happohöyryjen virtauksen absorptiotornia ja lauhdutinta kohden. Riittävän lämpötilan ja alipaineen avulla rikkihappo voimakkaampana happona vapauttaa metalleihin sitoutuneet fluoridit ja nitraatit happoina, jotka yhdessä vapaan fluorivety- ja typpihapon kanssa höyrystyvät. Typpihappo, fluorivetyhappo ja vesi höyrystyvät haihduttimessa, josta ne menevät hönkäputken kautta absorptiotorniin. Metallit jäävät rikkihappoliuokseen sulfaatteina ja menevät ylivuotona haihduttimen ylivuotolinjan kautta viivekitytytimeen. Kaavoissa 1-5 on koottuna regeneroinnin haihdutuksessa tapahtuvat kemialliset reaktiot. /1/, /2/, /6/



Höyrystyneet hapot johdetaan hönkäputkea pitkin absorptiotornin alaosaan, jossa suurin osa haihduttimesta tulleesta höyrystä tiivistyy absorptiotornin keskellä oleviin täytekalusteisiin. Tätä syntynyttä nestettä kutsutaan tuotehapoksi. Tuotehappo tässä vaiheessa sisältää fluorivetyhappoa, typpihappoa ja vettä. Tuotehappo menee ylivuotona absorptiotornista tuotehapposäiliöön. Absorptiotornin pohjalta otetaan nesteytettyä tuotehappoa ja sitä pumpataan tornin yläosaan. Tornin yläosassa happo suihkutetaan alaspäin viuhkamaisena sumuna, jotta nesteytymätön höyry nesteytyisi suihkutettuihin pisaroihin. /1/, /2/, /6/

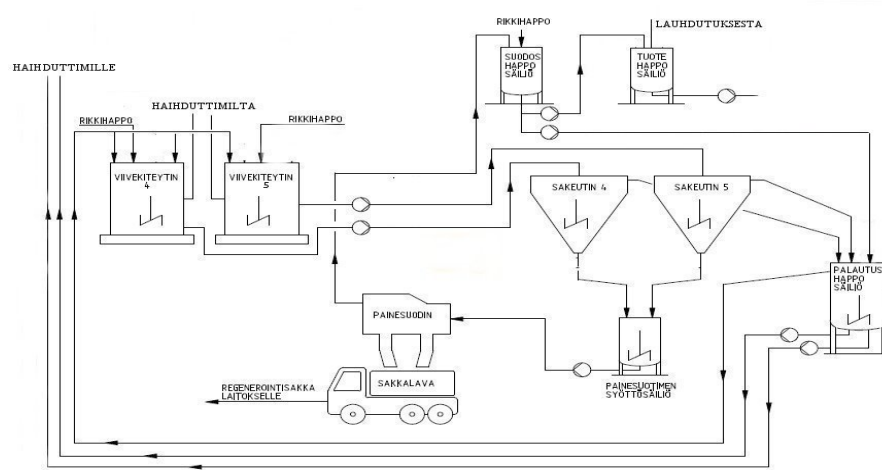
Absorptiotornissa tiivistymätön happohöyry johdetaan tornin yläosasta hönkäputkea pitkin lauhduttimeen alaosaan, jossa loput höyryt nesteytetään jäähdytetyllä tuotehapolla. Periaate on sama kuin absorptiotornissa, paitsi että lauhduttimen yläosaan menevä happo jäähdytetään ensin levylämmönvaihtimella ennen suihkutusta. Lauhduttimessa nesteytynyt tuotehappo johdetaan ylivuotona absorptiotornin pohjalta otettavaan suihkutettavaan happoon absorptiotorniin suihkutettavan hapon lämpötilan laskemiseksi ja nesteytyksen tehostamiseksi. Tuotehapposäiliöstä hapot pumpataan happovarastoon regeneroidun hapon varastosäiliöihin, joista happoja pumpataan takaisin HP-linjoille. /1/, /2/, /6/

Haihdutusprosessin kannalta tärkeimpiä asioita ovat haihdutinpiirin alipaine, haihduttimen kierron lämpötila ja riittävä jäähdytys lauhduttimen kierrossa. Jos näistä jokin asia ei ole kohdallaan, aiheuttaa se häiriöitä haihdutusprosessissa. /1/, /2/, /6/



**Kuva 9.** RE3 haihdutin 4

## 2.4.2. Kiteytys



**Kuva 10.** Kiteytyksen PI-kaavio /3/

Kuvassa 10 (kappale 2.4.2. s. 14) on esitetty kiteytyksen liuoskierron kaavio. Haihduttimesta ylivuotona viivekiteyttimeen (kuva 11. kappale 2.4.2. s. 15) ohjattava liuos sisältää rikkihappoa ja liuennete metalleja. Viivekiteyttimeen tarkoituksena on saada liuenneet metallit kiteytymään kiinteään olomuotoon. Tähän tarvitaan kolme tekijää. Kiteyttimeen lämpötila tulee olla mahdollisimman korkea. Kiteytyminen tehostuu mitä korkeampi lämpötila on. Tällä hetkellä kiteyttimeen lämpötila pysyy noin 80 C°. Kiteytintä ei lämmitetä erikseen, vaan lämpö siirtyy kiteyttimeen haihduttimen ylivuodosta tulevan liuoksen mukana. Kiteytin on kuitenkin eristetty jäähtymisen minimoimiseksi. Toinen tekijä on riittävä viipymäaika. Liuennete metallit tarvitsevat mahdollisimman pitkän ajan viivekiteyttimeessä, jotta metallit ehtivät kiteytyä. Lisäksi metallit kiteytyvät jo valmiiksi kiteyttimeissä oleviin kideytimiin, kun niille annetaan riittävästi aikaa. Tämän takia kiteyttimeen sulfaattisuolapitoisuutta pidetään tasolla 500-600 g/l. Liian alhainen suolamäärä hankaloittaa kiteytymistä, kun kideytimiä ei ole riittävästi tarjolla.

Kolmantena kiteytyminen tarvitsee rikkihappoa. Viivekiteyttimeen syötetään raakaa rikkihappoa (96 %) korvaamaan haihdutusreaktioissa kulunutta rikkihappoa ja suodoksen mukana prosessista poistuvaa rikkihappoa. Rikkihapon tavoitepitoisuutena pidetään 1200 g/l. Rikkihappo toimii ajavana voima kiteytymisessä. Korkea rikkihappopitoisuus estää myös sulfaattisuolan liukenemistä tehokkaasti.

Kiteyttimiä sekoitetaan kiteytymisen edistämiseksi. Kiteytyminen tehostuu kun liuos liikkuu kiteyttimessä sopivan rauhallisesti. Sekoituksen tulee olla juuri sopivan voimakasta. Liian suurella sekoitusnopeudella kiteet hakkautuvat sekoittajan lapoihin ja kiteet hajoavat. Liian hidas sekoitus ei taas edistä kiteytymistä tarpeeksi tehokkaasti. /1/, /2/, /6/



**Kuva 11.** RE3 viivekiteytin 5

### 2.4.3. Sakeutus

Viivekiteyttimiltä liuos pumpataan sakeuttimille (kuva 12. kappale 2.4.3. s. 16). Sakeuttimilla raskain sulfaattisuola laskeutuu kartiomallisen sakeuttimen pohjalle. Sakeuttimessa liuos pidetään liikkeellä sekoittajalla. Sekoitinta pyöritetään mahdollisimman hitaasti, jotta suola pääsisi laskeutumaan rauhassa pohjalle eikä enää lähtisi uudelleen nousemaan pohjalta ylöspäin. Sekoitusta on kuitenkin pakko tehdä hieman sen takia, että suola ei pääsisi tiivistymään sakeuttimen pohjalle ja näin tukkisi sakeuttimen pohjakartiota. Pohjakartiosta suolaa tiputellaan määräajoin painesuodattimen syöttösäiliöön odottamaan suodatusta. Lisäksi suolaa myös tiputetaan pohjakartiosta takaisin viivekiteyttimiin kideytimiksi kiteytystä tehostamaan. /2/, /6/

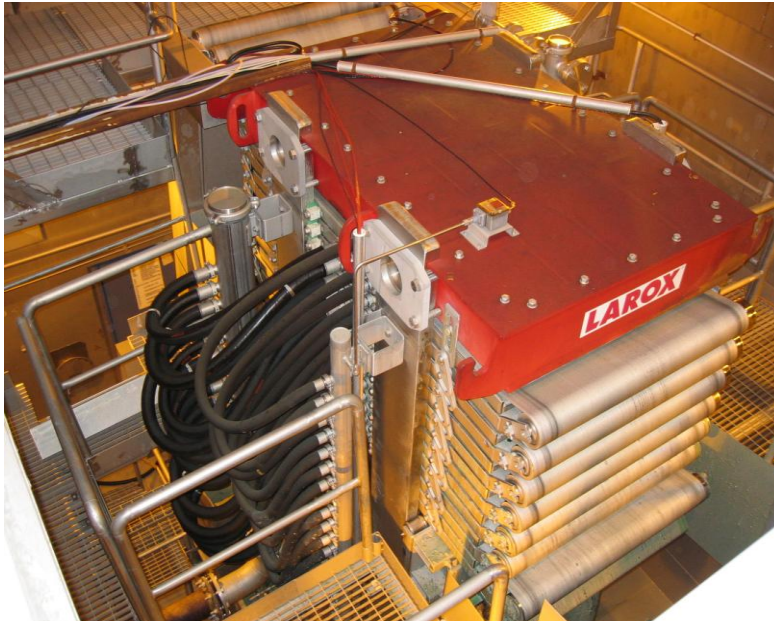


Sakeutinta pyritään pitämään kokoajan ylivuodolla, josta liuos menee palautushapposäiliöön. Ylivuodon määrän tulee olla juuri oikea, jotta palautushapposäilö ei menisi ylivuotoon. Palautushapposäiliön ylivuoto menee viivekityttimille ja näin prosessi olisi niin sanotussa hullunkierro-tilassa. Palautushapposäiliöstä liuos pumpataan takaisin haihdutinkiertoon ja tällä varmistetaan rikkihapon riittävyys haihdutusprosessissa. /2/, /6/



**Kuva 12.** RE3 sakeutin 4

#### 2.4.4. Suodatus



**Kuva 13.** RE3 Larox 4 painesuodatin

Painesuodatuksessa (kuva 13. kappale 2.4.4. s. 17) sulfaattisuola ja muu mahdollinen kiintoaine erotetaan Larox-painesuodattimella haposta. Suodatuksessa erottuvaa nestettä kutsutaan suodoshapoksi. Suodoshappo pumpataan tuotehapposäiliöön ja sekoitetaan haihdutinpiiristä tulevaan happoon. Suodoshapolla voidaan korvata rikkihappoa tuotehapon väkevöimiseen pienenee käytännössä nollaan. Suodatuksessa erotettu kiintoaine eli regesuola (kuva 14. kappale 2.4.4. s. 17) tiputetaan suodattimen alla olevalle vaihtolavalle. Lava käydään tyhjentämässä kuorma-autolla Resa-laitokselle jatkokäsittelyä varten. /2/, /6/



**Kuva 14.** Suodatettua regesuolaa



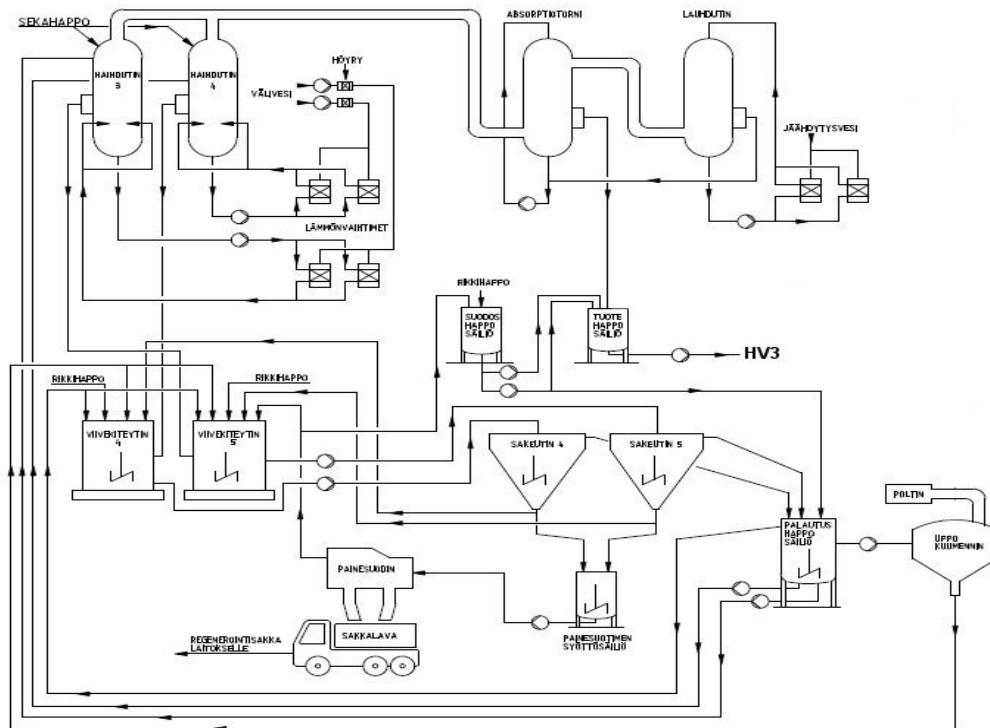
### 3. KITEYTYSKIERRON HALLINTA

#### 3.1. Ongelman kuvaus

Regenerointi 3:n kiteytyskierrossa oleva liuos sisältää rikkihappoa, vettä ja metalleja liuenneessa muodossa (kromia, nikkeliä ja rautaa). Kiteytyskierron tarkoituksena on saada liuenneet metallit kiteytymään kiinteään olomuotoon, jolloin ne voidaan poistaa liuoskierrosta Larox-painesuodatinta käyttäen. Jos metalleja ei eroteta liuoksesta, alkaa liuos metallien määrän kertyessä muuttua liisterimäiseksi. Tämä aiheuttaa prosessin putkien, pumppujen ja säiliöiden tukkeutumisen, eli prosessi tukkeutuu ja pysähtyy. Jotta metallit alkaisivat kiteytyä, pitää liuoksen olla yltäkylläinen rikkihaposta (noin 1200 g/l). Liuoksella tulee myös olla mahdollisimman pitkä viipymäaika viivekiteyttimessä, sekä viivekiteyttimen lämpötila tulee olla riittävä (yli 80 °C). Ongelmana on kiteytyskierron liuoksen liian nopea kierto prosessissa, jonka johdosta kiintoaine ei ehdi laskeutua sakeuttimella ja tällöin kiintoainetta pääsee menemään liiallisesti takaisin haihdutinkiertoon. Haihdutinkierrossa kiintoaine aiheuttaa lämmönvaihtimien liiallista kulumista, josta aiheutuu merkittäviä taloudellisia menetyksiä. Tärkeimpänä on miettiä tehokkain tapa, jolla suolatasapaino saada pidettyä hallinnassa.

### 3.1.1. Nykytilanteen kuvaus

Kuvassa 15 (kappale 3.1.1. s. 19) on kuvattu regenerointiprosessin nykyinen toiminta. Viivekityttimiltä pumpataan liuosta sakeuttimille ja sakeuttimen ylivuotolinjat menevät palautushapposäiliöön. Palautushapposäiliön ylivuoto taas menee takaisin viivekityttimiin. Tällä hetkellä viivekityttimen ja sakeuttimen välistä pumppausta ohjaa sakeuttimen pinnanmittaus. Pinnanmittauksen toiminta-alue on erittäin lyhyt johtuen sakeuttimen kartiomaisesta muodosta. Tämän takia sakeuttimen ylivuoto on liian runsasta ja liuosta menee ylivuodon kautta liian paljon palautushapposäiliöön. Palautushapposäiliöstä liuosta pumpataan takaisin haihdutinkiertoon 4,5 m<sup>3</sup>/h, mutta tämä määrä ei riitä pitämään palautushapposäiliön pintaa riittävän alhaalla, vaan palautushapposäiliö on jatkuvassa ylivuodossa takaisin kiteyttimeen. Eli koko kiteytyskierto on niin sanotusti hullunkierrolla. Kun sakeuttimella on liian nopea ja voimakas ylivuoto, niin kiintoaine ei ehdi laskeutua kartion pohjalle ja tällöin kiintoainetta pääsee ylivuodon mukana menemään palautushapposäiliöön. Palautushapposäiliöstä pumpataan liuosta takaisin haihdutuskierto, jolloin myös kiintoainetta pääsee haihdutinkierto, joka aiheuttaa levylämmönvaihtimien liiallista kulumista.



**Kuva 15.** Regenerointi 3 vanha PI-kaavio /3/

### **3.1.2. Vanha toimintakuvaus**

#### **3.1.2.1. FICA-017 RE3 sakeuttimen 4 syötön määrä**

FICA-017 on RE3 sakeuttimen 4 syötön määrän säätöpiiri. Mittausalue on 0-15 m<sup>3</sup>/h.

Säätö tehdään taajuusmuuttajakäyttöisellä pumpulla 200750/105A01(sakeuttimen 4 syöttöpumppu). Säätöpiiri on toiminnassa ainoastaan silloin, kun pumppu 200750/105A01 käy. FICA-017 vähentää taajuusmuuttajan kierroksia, kun LICS-017 (sakeuttimen4 pinta) pinnankorkeus menee yli asetusarvon. Kun mittaus alittaa käyttäjän valitseman hälytysrajan pumpun käydessä, annetaan näytön objektikuvaan teksti ja äänihälytys FA-017 (RE3 sakeuttimen 4 syötön määrä alhainen). /3/

#### **3.1.2.2. FICA-018 RE3 sakeuttimen 5 syötön määrä**

FICA-018 on RE3 sakeuttimen 5 syötön määrän säätöpiiri. Mittausalue on 0-15 m<sup>3</sup>/h.

Säätö tehdään taajuusmuuttajakäyttöisellä pumpulla 200850/107A01 (sakeuttimen 5 syöttöpumppu). Säätöpiiri on toiminnassa ainoastaan silloin, kun pumppu 200850/107A01 käy. FICA-018 vähentää taajuusmuuttajan kierroksia, LICS-018 (sakeuttimen5 pinta) pinnankorkeus menee yli asetusarvon. Kun mittaus alittaa käyttäjän valitseman hälytysrajan pumpun käydessä, annetaan näytön objektikuvaan teksti ja äänihälytys FA-018 (RE3 sakeuttimen 5 syötön määrä alhainen). /3/

#### **3.1.2.3. LICS-009-MV RE3 palautushapposäiliön pinta**

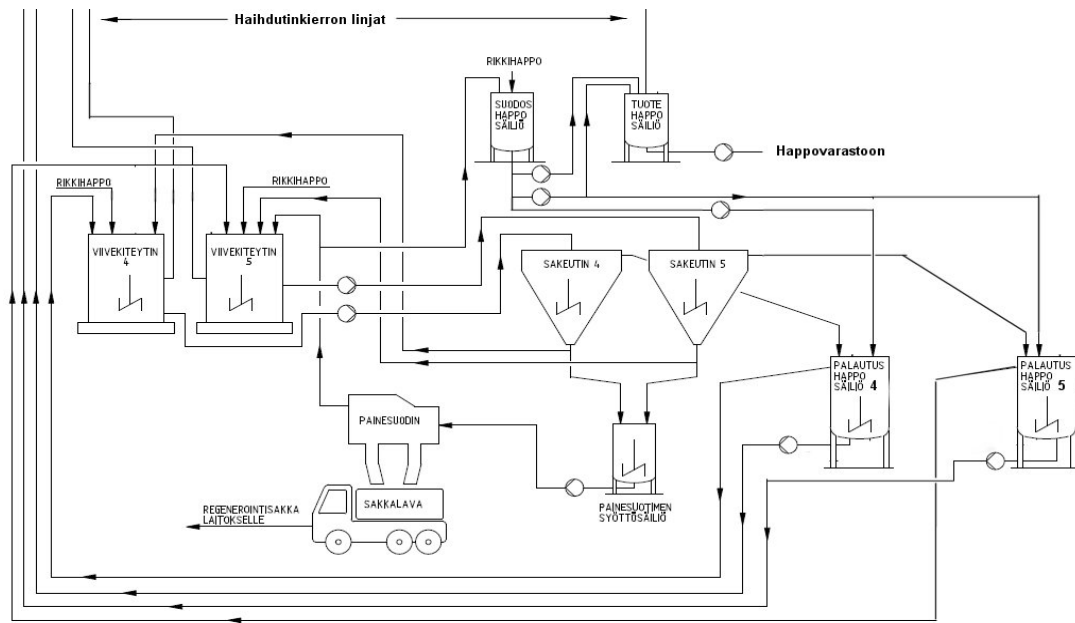
LICS-009-MV on RE3 palautushapposäiliön pinnankorkeuden mittaus. Mittausalue on 0-100 %. Mittauksesta tehdään yksi toimintaraja: 30 %, jonka alitus pysäyttää pumput 201160/ 110A02 palautushappopumppu 1 ja 201170/ 110A03 palautushappopumppu 2. Samalla annetaan näytön objektikuvaan teksti LA-009 (RE3 palautushapposäiliön pinta alhainen, haihd.3 ja 4 pumppu pysäytetty). Käyttäjä voi asettaa kaksi normaalia hälytysrajaa toimintarajan lisäksi. /3/

### 3.1.3. Muutokset

Suurimpana muutoksena tulisi olla kiteytyskiertojen eriyttäminen toisistaan. Aikaisemmin molemmilla kiteyttimillä ja sakeuttimilla oli yksi yhteinen palautushapposäiliö, johon molempien sakeuttimien ylivuodot tulivat. Vanhan toiminnan mukaisesti sakeuttimiin pumpataan liuosta kiteyttimiltä ja niiden pintaa yritetään hallita sakeuttimen pinnan mittauksen avulla. Tämä mittaus ei kuitenkaan ole riittävän tarkka johtuen liian lyhyestä mittausalueesta. Sakeuttimet olivat jatkuvasti liian suurella ylivuodolla, jonka johdosta myös palautushapposäiliö meni ylivuodolle, jota se ei saisi tehdä. Nyt olisi järkevintä pumppausten ja kierron nopeuden hallinnan kannalta laittaa molemmille sakeutin- ja kiteytinpareille omat palautushapposäiliöt. Tällöin palautushapposäiliön pintaa voitaisiin hallita sakeuttimen syöttöpumpulla. Eli palautushapposäiliö ei enää menisi ylivuodolle.

### 3.1.4. Tilanne muutosten jälkeen

Kuvassa 16 (kappale 3.1.4. s. 22) on kuvattu regenerointiprosessin kiteytyskierron toiminta muutosten jälkeen. Sakeuttimen syöttöpumpun nopeutta/käyntitietoa ohjattaisiin palautushapposäiliön pinnanmittauksella. Kun palautushapposäiliön pinta laskee alas, alkaa sakeuttimen syöttöpumppu pumpata nopeammin liuosta viivekiteyttimeltä sakeuttimeen, josta liuos menee ylivuotona palautushapposäiliöön. Taas vastaavasti, kun palautushapposäiliön pinta nousee tarpeeksi ylös, alkaa sakeuttimen syöttöpumppu hidastaa pumppausnopeutta ja näin palautushapposäiliö ei enää menisi ylivuodolle. Näillä toimenpiteillä kiteytinkierto ei enää olisi ”hullunkierrolla”, vaan liuos virtaisi kiteytinkierrossa mahdollisimman hitaasti.



**Kuva 16.** Regenerointi 3 kiteytyskierron uusi PI-kaavio

### 3.1.5. Uusi toimintakuvaus

Seuraavissa kappaleissa on kuvattu yksityiskohtaisesti uusien säätöpiirien toiminta. Uusien jo olemassa olevien mittauksien lisäksi tulevien mittausten positionumeroita ei ole kirjattu toimintakuvauksiin, koska ko numerot määritellään vasta ohjelmaa tehtäessä. Numerot ovat kuvattu kolmella perättäisellä kysymysmerkillä.

#### 3.1.5.1. FICA-017 RE3 sakeuttimen 4 syötön määrä

FICA-017 on RE3 sakeuttimen 4 syötön määrän säätöpiiri. Mittausalue on 0-15 m<sup>3</sup>/h. Säätö tehdään taajuusmuuttajakäyttöisellä pumpulla 200750/105A01(sakeuttimen 4 syöttöpumppu). Säätöpiiri on toiminnassa ainoastaan silloin, kun pumppu 200750/105A01 käy. Säätöpiiri on orjasäätö Kaskadi-säätöpiirille LICS-009 (palautushapposäiliön 4 pinta). Orjasäätö FIC-017 vähentää taajuusmuuttajan kierroksia, kun pääsädön pinnankorkeus menee yli asetusarvon. Säätö on käännteinen, hidas PI-säätö. Kun mittaus alittaa käyttäjän valitseman hälytysrajan pumpun käydessä, annetaan näytön objektikuvaan teksti ja äänihälytys FA-017 (RE3 sakeuttimen 4 syötön määrä alhainen).

### **3.1.5.2. FICA-018 RE3 sakeuttimen 5 syötön määrä**

FICA-018 on RE3 sakeuttimen 5 syötön määrän säätöpiiri. Mittausalue on 0-15 m<sup>3</sup>/h. Säätö tehdään taajuusmuuttajakäyttöisellä pumpulla 200850/107A01 (sakeuttimen 5 syöttöpumppu). Säätöpiiri on toiminnassa ainoastaan silloin, kun pumppu 200850/107A01 käy. Säätöpiiri on orjasäätö Kaskadi-säätöpiirille LICS-??? (palautushapposäiliön 5 pinta). Orjasäätö FIC-018 vähentää taajuusmuuttajan kierroksia, kun pääsädön pinnankorkeus menee yli asetusarvon. Säätö on käänteinen, hidas PI-säätö. Kun mittaus alittaa käyttäjän valitseman hälytysrajan pumpun käydessä, annetaan näytön objektikuvaan teksti ja äänihälytys FA-018 (RE3 sakeuttimen 5 syötön määrä alhainen).

### **3.1.5.3. LICS-009 RE3 palautushapposäiliön 4 pinta**

LICS-009 on RE3 palautushapposäiliön 4 pinnankorkeuden säätöpiiri, jonka mittausalue on 0-100 %. Tämä säätöpiiri toimii pääsäättäjänä (Kaskadi) virtaussäädölle FICS-017. Orjasäätöpiiri on käänteinen. Mittauksesta tehdään yksi toimintaraja: 30 %, jonka alitus pysäyttää pumpun 201160/ 110A02 palautushappopumppu 1. Samalla annetaan näytön objektikuvaan teksti LA-009 (RE3 palautushapposäiliön 4 pinta alhainen, haihd.3 pumppu pysäytetty). Käyttäjä voi asetella kaksi normaalia hälytysrajaa toimintarajan lisäksi.

### **3.1.5.4. LICS-??? RE3 palautushapposäiliö 5 pinta**

LICS-??? on RE3 palautushapposäiliön 5 pinnankorkeuden säätöpiiri, jonka mittausalue on 0-100 %. Tämä säätöpiiri toimii pääsäättäjänä (Kaskadi) virtaussäädölle FICS-018. Orjasäätöpiiri on käänteinen. Mittauksesta tehdään yksi toimintaraja: 30 %, jonka alitus pysäyttää pumpun 201170/ 110A03 palautushappopumppu 2. Samalla annetaan näytön objektikuvaan teksti LA-??? (RE3 palautushapposäiliön 5 pinta alhainen, haihd.4 pumppu pysäytetty). Käyttäjä voi asetella kaksi normaalia hälytysrajaa toimintarajan lisäksi.

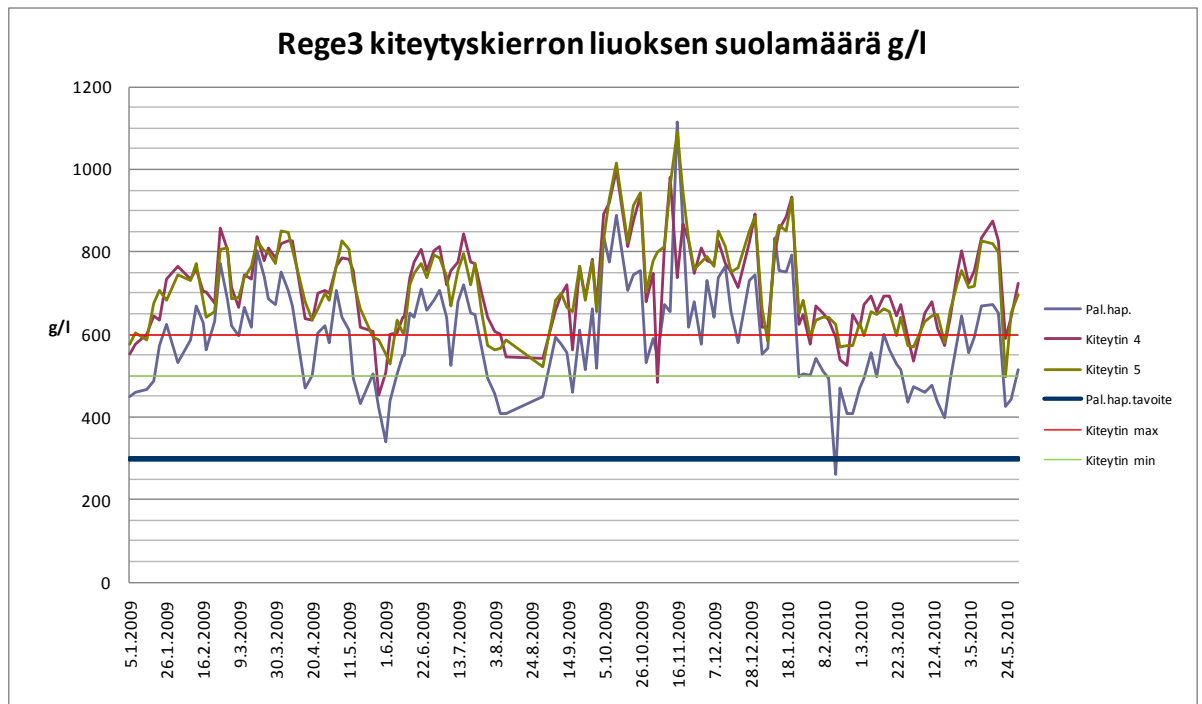
## 4. SUODATUKSEN HALLINTA

### 4.1. Ongelman kuvaus

Nyt kun kiteytyksen liuoskierto on saatu kunnolla hallintaan, seuraavana ongelmana on suolan oikean määrän suodattaminen pois kiteytyksen liuoskierrosta. Prosessin toimivuuden kannalta liuoskierrosta tulisi saada suodatettua suolaa pois sopivassa määrin. Jos liuoskierrosta suodatettaisiin kaikki suola pois, vaikeutuisi haihdutuspiiristä tulevien uusien metallien saattaminen suodatettavaan muotoon huomattavasti. Kiteytys tarvitsee jo olemassa olevaa suolaa kideytymiseksi liuenneille metalleille. Liuenneet metallit kiteytyvät kiinteään muotoon huomattavasti helpommin, jos niillä on jokin kideydin mihin tarttua. Mitä suurempia kiteitä saadaan muodostettua kiteyttimessä, sitä helpommin ne laskeutuvat sakeuttimen pohjalle ja sitä kautta päätyvät suodattimelle.

Tähän mennessä suodatuksen määrän määrittäminen on tapahtunut täysin operaattoreiden parhaan tietämyksen ja kokemuksen mukaan. Ainoa mittaustulos, mikä operaattoreilla on ollut apunaan, on kaksi kertaa viikossa saadut laboratorioanalyysit, joista on käynyt ilmi kiteyttimien ja palautushapposäiliön sulfaattisuolan määrät g/l. Tavoitearvot kiteyttimille ovat 500-600 g/l ja palautushapposäiliölle 300 g/l. Analyysien perusteella operaattorit ovat sitten säätäneet suodattimen suodatusnopeutta oman arvionsa mukaan.

Nyt tehtävänä on kehittää jokin työkalu tai menetelmä, millä suodatustahti voitaisiin määritellä tarkemmin. Kuvassa 17 (kappale 4.1. s. 25) on esitetty vuoden 2009 suolamäärän vaihtelut prosessissa.

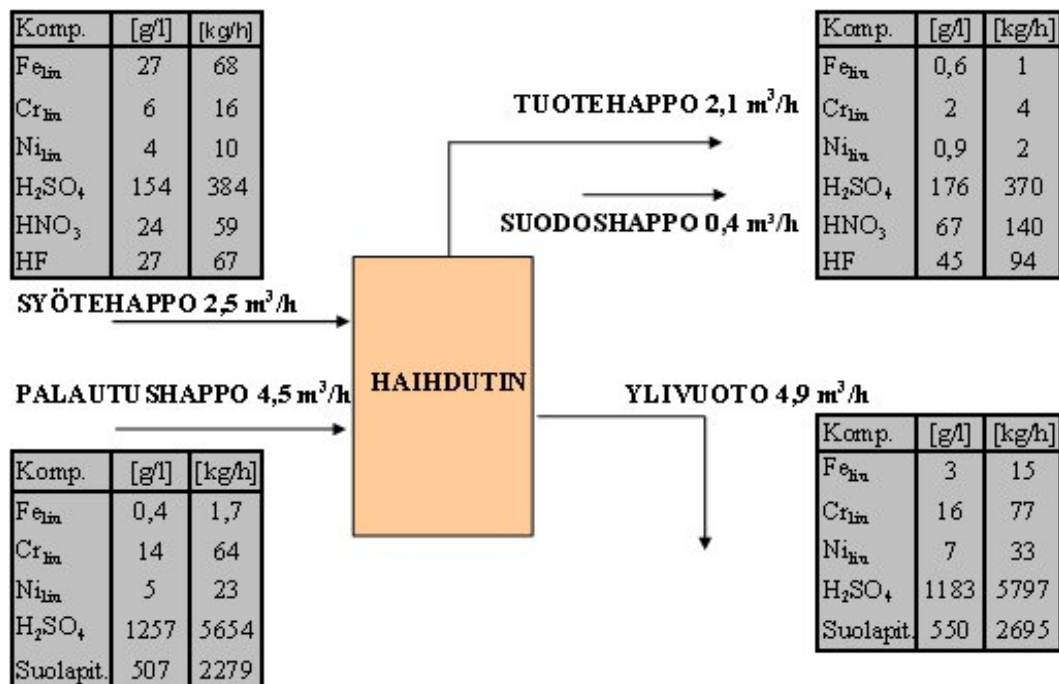


**Kuva 17.** Regenerointi 3 kiteytyskierron suolatasapaino 1.1.2009 – 31.5.2010



#### 4.2. Regenerointiprosessin liuoskierron koostumus

Kuvassa 18 (kappale 4.2. s. 26) on esitetty liuoskierron koostumus. Koostumus on määritetty liitteessä 1 esitetystä analyysituloksista. Regenerointiprosessia ajetaan lähes poikkeuksetta ”kaasu pohjassa”. Kokemus on osoittanut, että prosessin täydellä vauhdilla ajaminen tuottaa parhaan tuloksen niin prosessin ”hyvinvoinnin” kuin tuotetun tuotehapon laadun kannaltakin. Tästä syystä kaikkia määriä laskettaessa käytetään prosessin syöttönopeutena 2,5 m<sup>3</sup>/h haihdutinta kohden. Kuvassa 18 (kappale 4.2. s.26) esitettyjen koostumusten perusteella voidaan laskea, paljonko kiteytyksen liuoskierrosta tulee suodattaa metalleja pois. /5/

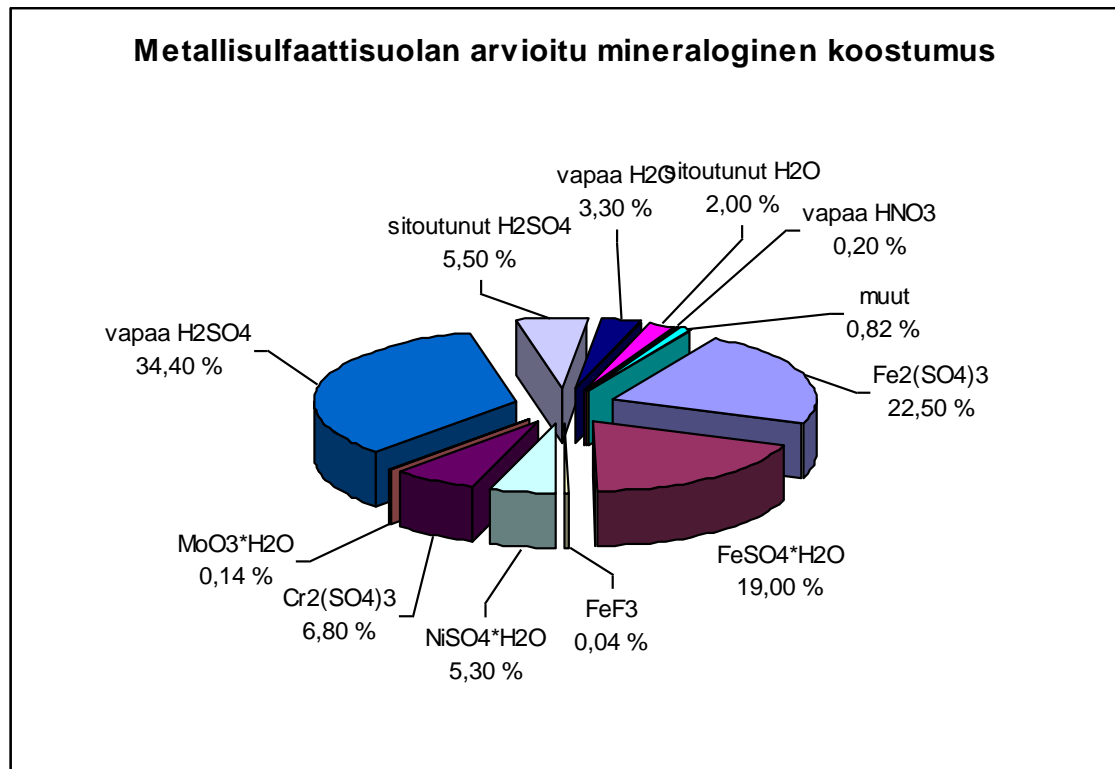


**Kuva 18.** Regenerointiprosessin liuoskierron koostumus /5/

### 4.3. Suodatettavan metallisulfaattisuolan koostumus

Regenerointiprosessin kiteytyskierrossa muodostuva metallisulfaattisuola on pastamaista, löyhää mineraalista suolaa. Suodatettu suola sisältää suurimmaksi osaksi kromia, nikkeliä, rautaa ja rikkihappoa.

Kuvassa 19 (kappale 4.3. s. 27) on esitettyä metallisulfaattisuolan mineraloginen koostumus. Koostumus on laskettu vuonna 2005 tehtyjen pasutuskokeiden tulosten perusteella. /4/



**Kuva 19.** Suodatetun suolan mineraloginen koostumus /4/

#### 4.4. Suodattimen kapasiteetti

Helmi- maaliskuun vaihteessa 2010 tehtiin koeajo, jossa selvitettiin, paljonko Larox4-suodattimella saadaan suolaa suodatettua pois kiteytyskierrosta yhdellä suodatuskerralla. Suodatuskerrat kirjattiin ylös ja suodatetun suolan paino punnittiin. Kokeen aikana kiteyttimen suolamäärä oli lähes ideaalisella tasolla (600 g/l). Taulukossa 1 (kappale 4.4. s. 28) on esitetty kokeen mittaustulokset. Mittaustuloksissa erot olivat riittävän pienellä tasolla, joten tuloksia voidaan pitää riittävän tarkkoina suodattimen kapasiteettia määrittäessä. Kokeen perusteella voidaan todeta, että suodattimella saadaan poistettua suolaa liuoskierrosta keskimäärin 460 kg yhdellä suodatuksella.

**Taulukko 1.** Larox-4 suodattimen kapasiteettikokeen tulokset

<b>LAROX 4 kapasiteetti</b>			
Koe nro.	Suodatukset (kpl)	Paino (t)	t/suod.
1	25	11,46	0,46
2	10	4,74	0,47
3	28	11,86	0,42
4	26	10,92	0,42
5	25	10,36	0,41
6	24	11,22	0,47
7	25	11,06	0,44
8	21	11,42	0,54
<b>KA:</b>			<b>0,46</b>

#### 4.5. Suodatettavan suolan määrän määrittäminen

Seuraavaksi oli selvitettävä, paljonko suodatettu suola sisältää puhtaita metalleja.

Ensin oli selvitettävä, mitä kaikkea suola todellisuudessa sisältää. Tämä kävi ilmi aikaisemmin esitetystä kuvasta 19 (kappale 4.3. s. 27), jossa on kuvattu vuonna 2005 tehtyjen pasutuskokeiden tulokset. Tämän tiedon perusteella laskettiin jokaisen kuvassa olevan yhdisteen metallien moolimassat, jotta saadaan selville, mikä on metallien todellinen osuus suolassa. Tulokseksi sain 16,23 % suolan kokonaismassasta.

Taulukossa 2 (kappale 4.5. s. 29) on esitetty eri yhdisteiden moolimassat ja niiden osuus kokonaissuolasta. Jokaisesta yhdisteestä on laskettu metallien massan osuus. Tämä osuus on seuraavaksi suhteutettu yhdisteen osuuteen sulfaattisuolasta. Nämä osuudet on sitten laskettu yhteen ja näin saadaan selville puhtaiden metallien osuus sulfaattisuolassa.

**Taulukko 2.** Suolan metallien massojen määrittäminen

Osuus suolassa	Yhdiste	Fe	S	O	H	Ni	Cr	Mo	F	Moolimassa	Osuus % moolimassasta			
		55,85	32,07	16,00	1,01	58,69	52,00	95,94	19,00		Fe	Cr	Ni	Mo
22,50 %	Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	111,69	96,20	191,99						399,88	27,93	0,00	0,00	0,00
19 %	FeSO <sub>4</sub> *H <sub>2</sub> O	55,85	32,07	80,00	2,02					169,92	32,86	0,00	0,00	0,00
0,04 %	FeF <sub>3</sub>	55,85							57,00	112,84	49,49	0,00	0,00	0,00
5,30 %	NiSO <sub>4</sub> *H <sub>2</sub> O		32,07	80,00	2,02	58,69				172,77	0,00	0,00	33,97	0,00
6,80 %	Cr <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>		96,20	191,99			103,99			392,18	0,00	26,52	0,00	0,00
0,14 %	MoO <sub>3</sub> *H <sub>2</sub> O			64,00	2,02			95,94		161,95	0,00	0,00	0,00	59,24

Suodatetussa suolassa olevat metalli kokonaispainosta (%)

Fe	Cr	Ni	Mo	YHT:
12,55	1,80	1,80	0,08	<b>16,23</b>

Tämän jälkeen on laskettu kierron suolamäärät eri suolatasapainoilla. Tulokset on esitetty taulukossa 3 (kappale 4.5. s. 29).

**Taulukko 3.** Suolan kokonaismassa prosessissa eri suolapitoisuuksilla

<b>Min:</b>		Suolan		
	m <sup>3</sup>	Suolan määrä g/l	Josta metalleja g/l	kokonaismäärä (t)
Haihdutinkierto + putkisto	50	140	23	7
Viivekitytin 4 (80%)	72	300	49	22
Viivekitytin 5 (80%)	72	300	49	22
Sakeutin 4	70	300	49	21
Sakeutin 5	70	300	49	21
Palautushapposäiliö	20	100	16	2
<b>Total:</b>	<b>354</b>			<b>94</b>

<b>Tavoite:</b>		Suolan		
	m <sup>3</sup>	Suolan määrä g/l	Josta metalleja g/l	kokonaismäärä (t)
Haihdutinkierto + putkisto	50	340	55	17
Viivekitytin 4 (80%)	72	550	89	40
Viivekitytin 5 (80%)	72	550	89	40
Sakeutin 4	70	550	89	39
Sakeutin 5	70	550	89	39
Palautushapposäiliö	20	300	49	6
<b>Total:</b>	<b>354</b>			<b>179</b>

<b>Max:</b>		Suolan		
	m <sup>3</sup>	Suolan määrä g/l	Josta metalleja g/l	kokonaismäärä (t)
Haihdutinkierto + putkisto	50	840	136	42
Viivekitytin 4 (80%)	72	1050	170	76
Viivekitytin 5 (80%)	72	1050	170	76
Sakeutin 4	70	1050	170	74
Sakeutin 5	70	1050	170	74
Palautushapposäiliö	20	800	130	16
<b>Total:</b>	<b>354</b>			<b>356</b>

Seuraavaksi määritettiin suodatustahti/-määrä prosessin eri suolapitoisuuksille.

Kun prosessissa ovat syötöt päällä, tulee haihdutuskiertoon uutta metallia syötehapon mukana noin 188 kg/h. Yhdellä suodatuksella saadaan poistettu keskimäärin 460 kg suolaa liuoskierrosta. Lisäksi kierrosta poistuu metalleja suodoshapon mukana noin 14 kg/h. Näistä arvoista laskettiin, paljonko suolaa tulee suodattaa pois liuoskierrosta, jotta tilanne pysyisi ennallaan. Tämän jälkeen määritettiin vuorokautiset suodatusmäärät eri suolapitoisuuksille. Tavoitteena on, että suolapitoisuudet saadaan palautettua tavoite tasolle viiden vuorokauden kuluessa.

Taulukossa 4 (kappale 4.5. s. 30) on esitetty kyseessä olevan laskennan tulokset.

#### Taulukko 4. Suodatustahdin määrittäminen

Suodatusmäärän/-tahdin määrittely							
	Min		Tav.				Max.
Kierron suolan kokonais määrä (t)	94	137	179	223	268	312	356
Kiteyttimen suola määrä g/l	300	425	550	675	800	925	1050
Suodatettava määrä (t) /vrk	9	17	26	35	43	52	61
Suodatuskerrat / vrk	19	37	56	75	94	114	133

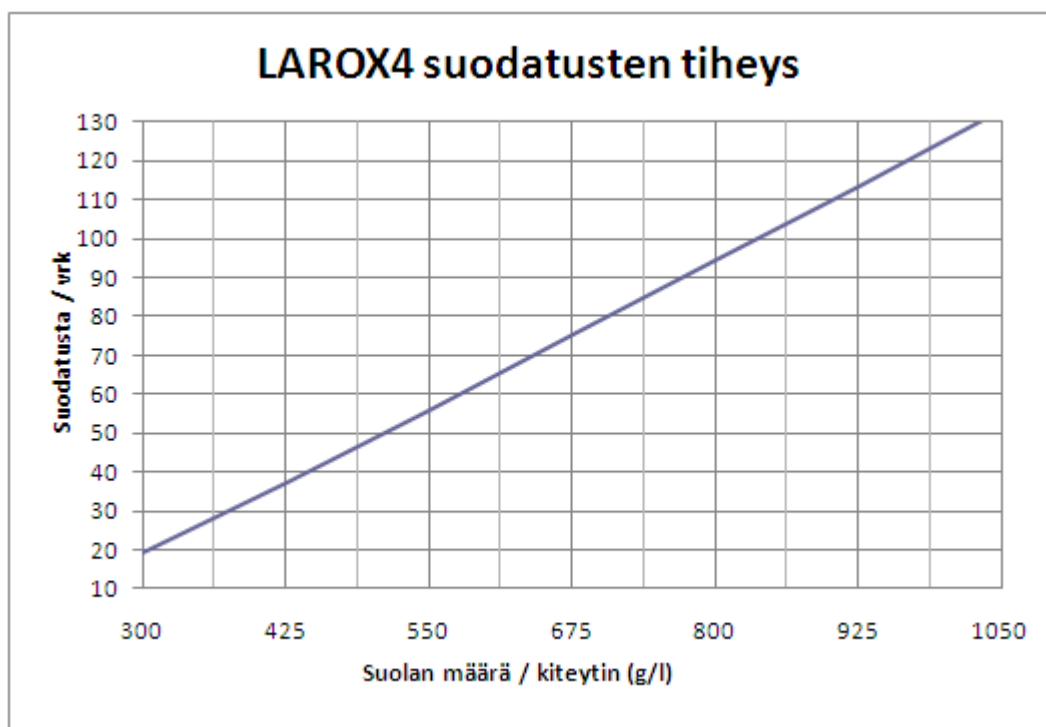
#### 4.6. Suodatuksen tiheyden määrittäminen

Käytännössä on kaksi vaihtoehtoa määrittää suodatustahti. Ensimmäinen tapa on kertoihin perustuva. Taulukossa 5 (kappale 4.6. s. 31) on esitetty suodatuskertojen lukumäärä suhteutettuna kiteyttimien suolapitoisuuteen. Kun kiteyttimien suolapitoisuus on tasolla 550 g/l, suodatetaan ainoastaan sen verran, mitä prosessiin tulee uutta metallia syötehapon mukana. Suolapitoisuuden laskiessa laskee myös suodatuskertojen lukumäärä siten, että viiden vuorokauden kuluttua oltaisiin taas takaisin tavoitetasolla 550 g/l. Eli suodatetaan vähemmän kuin mitä prosessiin tulee uusia metalleja syötehapon. Vastaavasti kiteyttimien suolapitoisuuden kasvaessa yli tavoitetason lisätään suodatuskertojen määrää siten, että suodatetaan syötehapon mukana tulevat uudet metallit ja lisäksi kiteyttimissä oleva ylimääräinen suola viidelle vuorokaudelle jaettuna. Ongelma tässä tavassa on se, että se ei ota huomioon suodattimen toiminnallista kuntoa eikä suodattimeen syötetyn liuoksen koostumusta.

Jos esimerkiksi suodatin ei toimi aivan halutulla tavalla, suodattimeen ei saada syötettyä joka kerta samaa määrää liuosta suodatettavaksi. Lisäksi menetelmä ei ota huomioon syötteen koostumuksen muutoksia.

Jos suodattimeen syötetty liuos on normaalia laihempaa, ei siitä tietenkään saada suodatettua samaa määrää suolaa kuin normaalisti. Tämän menetelmä laskennassa on oletettu, että suodattimeen syötettävä liuos on aina vakiolaatuista.

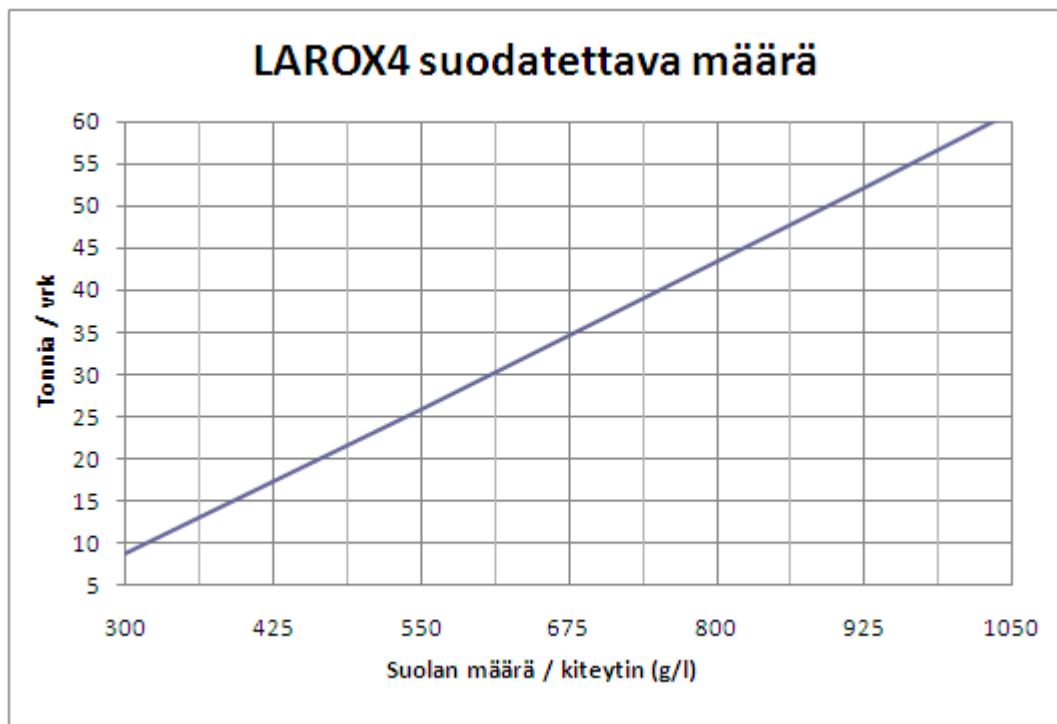
**Taulukko 5.** Suodatuskerrat vuorokaudessa suhteutettuna kiteyttimen suolapitoisuuteen



Toinen tapa säätää suodatus, on suodatetun suolan painon perusteella laskettava. Tällä menetelmällä suolaa suodatettaisiin tietty tonnimäärä joka vuorokausi. Taulukossa 6 (kappale 4.6. s. 32) on esitetty kuinka monta tonnia vuorokautta kohden pitäisi suolaa suodattaa suhteutettuna kiteyttimien suolapitoisuuteen nähden. Periaate on tässäkin sama kuin kertaperusteisessa suodatuksessa. Eli tavoitetasolla 550 g/l suodatetaan ainoastaan sen verran kuin prosessiin tulee uutta metallia syötehapon mukana. Tässä menetelmässä ongelmaksi muodostuu suodatetun suolan painon saaminen vasta suodatusten jälkeen. Suodatetun suolan paino saadaan vasta sitten autovaa'alta, kun kuorma-auto käy tyhjentämässä sakkalavan Resa laitokselle jatkokäsittelyyn.

Yhtenä vaihtoehtona harkittiin, olisiko mahdollista asentaa lavatelineeseen kiinteä vaaka, jotta paino saataisiin näkyviin prosessinäytölle jatkuvana mittauksena. Tästä ajatuksesta luovuttiin, koska ympäristö lavatilassa on niin vaativa (laimeaa rikkihappoa pinnoilla), että vaa'at eivät tulisi kestäämään kyseessä olevassa tilassa. Tässä menetelmässä hyvänä puolena on se, että suodattimeen syötetyn liuoksen laadun heittelyt eivät näy suodatetun suolan määrässä. Vaikka syötetty liuos olisikin suolan osalta laihempaa, näkyy suodatetun suolan määrä kuitenkin oikeana, kun mitataan vain suolan painoa eikä suodatuskertoja. Ongelmana on myös se, että jos suodattimessa on esimerkiksi kalvovuoto, suolan mukana pääsee ylimääräistä nestettä lavalle ja painon mukainen suodatus ei tällöin enää tietenkään toimi. Avainasemassa tässä menetelmässä on operaattorien jatkuva suodattimen toiminnan ja kunnan tarkkailu esimerkiksi kameran avulla.

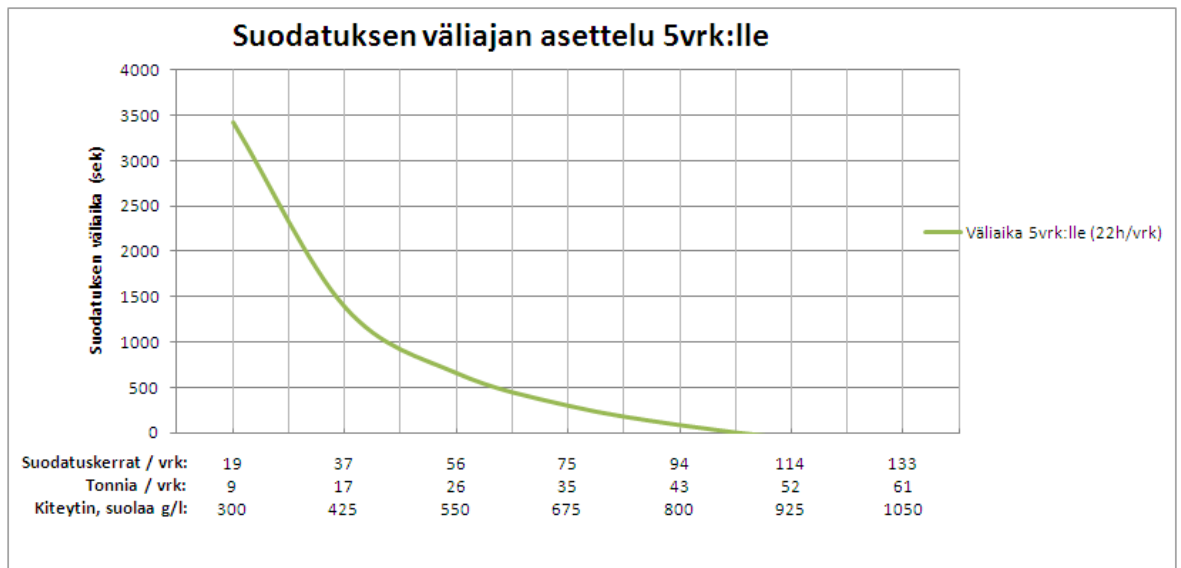
**Taulukko 6.** Suodatusmäärä vuorokaudessa suhteutettuna kiteyttimen suolapitoisuuteen



#### 4.7. Suodatuksen väliajan asettelu

Suodatuksen tahtia säädetään väliaikaa muuttamalla. Itse suodatustapahtuma on aina samanpituisen ajallisesti (750 sek/suodatus). Suodatussekvenssiin annetaan eripituisia väliaikoja sekunteina, jolloin suodatuksen tahti vuorokaudta kohden aikaa lisättäessä hiljenee ja vastaavasti aikaa lyhennettäessä kiihtyy. Taulukossa 7 (kappale 4.7. s. 33) on esitetty väliajan asettelu. Väliajan laskennassa on käytetty oletusta, että suodatin on käynnissä 22 h vuorokaudessa. Tämä johtuu siitä, että suodattimen sakkalava täytyy tyhjentää aina noin 25 suodatuksen jälkeen. Näin ollen väliajan asettelukäyrä, joka kuvaa tilannetta kun suodatin on ajolla 22 h/vrk, vastaa todellisuutta.

**Taulukko 7.** Suodattimen väliajan asattelun määrittäminen

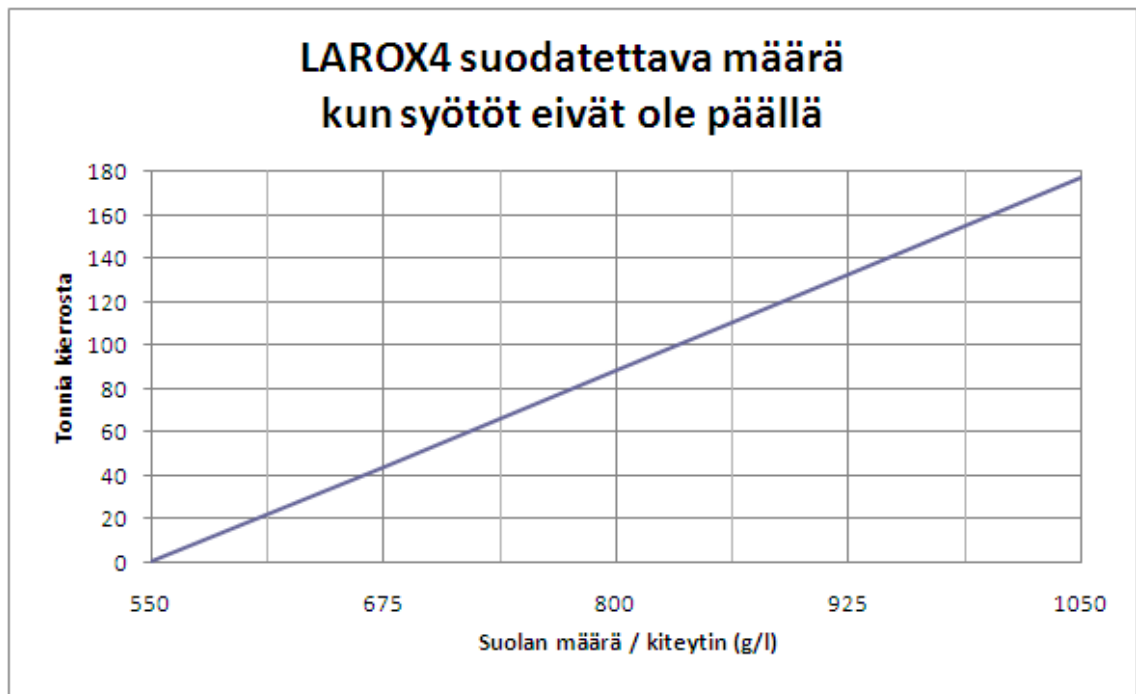




#### 4.8. Suodatettava määrä kun haihduttimien sekahapon syöttö on pois päältä

Kun haihduttimiin ei syötetä uutta syötehappoa, voidaan liian suuri suolapitoisuus kiteytyskierrosta laskea helposti tavoitetasolle jatkamalla suodatusta. Taulukossa 8 (kappale 4.8. s. 34) on esitetty, kuinka monta tonnia suolaa tulee suodattaa kiteytyskierrosta pois, kun uusia metalleja ei tule kiertoon syötehapon mukana. Taulukon laskennan perusteena on käytetty prosessin tilavuutta ja eri prosessin osien mitattua suolapitoisuutta.

**Taulukko 8.** Suodatettava määrä haihduttimen syöttöjen ollessa 0 m<sup>3</sup>/h



## 5. YHTEENVETO

### 5.1. Kiteytyskierto

Kiteytyksen liuoskierron nykyistä parempaan hallintaan on tässä työssä esitetty tehtäväksi kaksi täysin erillistä kiteytyskiertoa nykyisen osittain erotetun kiteytyskierron tilalle.

Jo aikaisemmin on viivekiteyttimet korvattu isommilla kiteyttimillä, jotta liuos saisi tarvittavan viipymääjan kiteyttimessä. Tämä muutos ei kuitenkaan ole ollut riittävä. Kiteytyminen on kyllä tehostunut huomattavasti, mutta liuoskierto on ollut edelleen liian nopeaa, minkä takia suolaa on päässyt liiallisesti palautushappoon ja sitä kautta haihdutinkiertoon. Kiteytyksen pääprosessilaitteisto koostuu kahdesta viivekiteyttimestä, kahdesta sakeuttimesta ja yhdestä palautushapposäiliöstä. Molemmista viivekiteyttimistä ovat pumppauslinjat omille sakeuttimille, mutta molemmista sakeuttimista on ylivuodot ohjattu palautushapposäiliöön. Palautushapposäiliön ylivuoto on taas ohjattu takaisin viivekiteyttimille. Sakeuttimien tulee olla aina ylivuodossa, jotta palautushapposäiliössä riittäisi pumpattavaa liuosta haihdutusprosessia varten. Jos sakeuttimien ylivuoto on suurempi kuin palautushapposäiliöstä haihdutusprosessiin pumpattava määrä, menee palautushapposäiliö ylivuotoon. Tällöin liuoksen kiertonopeus on liian suurta ja sulfaattisuola ei ehdi laskeutua sakeuttimilla, jolloin sakeuttimilta karkaa liikaa sulfaattisuolaa ylivuodon mukana palautushapposäiliöön. Liiallinen sulfaattisuola aiheuttaa kulumista lämmönvaihtimissa. Järkevintä olisi lisätä prosessiin toinen palautushapposäiliö. Tällöin reitti olisi viivekiteytin, sakeutin ja sitten palautushapposäiliö. Sakeuttimen syöttöä on helppo hallita palautushapposäiliön pinnan mukaan. Sakeuttimen syötön pumppaus pysäytetään, jos palautushapposäiliön pinta on tarpeeksi korkealla ja vastaavasti käynnistetään kun pinta on tarpeeksi alhaalla. Näin toimimalla liuosta pumpataan prosessin läpi mahdollisimman vähän ja sulfaattisuolat ehtivät laskeutua sakeuttimella eivätkä jatka enää matkaa haihdutuksierto.

## 5.2. Suodatus

Suodatuksen tarkoituksena on poistaa liuenneet metallit sekahaposta. Kiteytyskierrossa liuenneet metallit kiteytyvät sulfaattisuolaksi. Kiteytymien sulfaattisuolan tavoite pitoisuus on 500-600 g/l.

Suodatus tapahtuu tällä hetkellä ajomiehen oman kokemuksen mukaan. Ajomies katsoo kiteytymissä olevan sulfaattisuolan määrän kaksi kertaa viikossa tulevan laboratorioanalyysin mukaan. Tämän analyysin tulosten ja oman kokemuksen perusteella ajomies asettelee suodatustiheyden Larox4-painesuodattimelle.

Ensimmäiseksi määritettiin suodattimen kapasiteetti. Yhdellä suodatuksella saadaan poistettu 0,46 t suolaa kiteytyskierrosta. Tämän jälkeen laskettiin, paljonko metallien osuus on suodatetusta suolasta. Tähän tulokseksi saatiin 16 % suolan kokonaispainosta. Seuraavaksi luotiin taulukko, josta käy ilmi suodatustahti, eli suodatusten väliaika viivekiteyttimien eri suolapitoisuuksilla. Tässä ongelmaksi muodostuu se, että suodattimen suodatuskapasiteetti vaihtelee liuoksen koostumuksen ja suodattimen kunnon mukaan. Tarkemmaksi vaihtoehdoksi havaittiin suolan painon perusteella suodattaminen. Luotiin taulukko, mistä selviää, montako tonnia suolaa pitää suodattaa pois kierrosta vuorokauden aikana. Viivekiteyttimistä suodatetaan suolaa pois ensin mainitun taulukon mukaan siihen saakka, kunnes saadaan raportti suodatetun suolan painosta autovaa'alta. Tämän jälkeen voidaan suodattimen suodatustahtia korjata tarvittavaan suuntaan, jotta vuorokautinen suodatusmäärä täytyisi.

## 6. LÄHDELUETTELO

- /1/ Alaraasakka M. Regenerointilaitoksen kiteytyksen prosessianalyysi. Oulun yliopisto. Diplomityö. 1994.
- /2/ Leinonen J. Neutralointi ja regenerointilaitosten toiminta. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. 2001.
- /3/ Outokumpu Stainless, Regenerointilaitos3 toimintakuvaus.
- /4/ Outokumpu Stainless, Pasutuskokeet, 2005.
- /5/ Talvensaari H. Regenerointilaitos 3:n kapasiteettitarkastelu ja haihdutusprosessin optimointi. Oulun yliopisto. Diplomityö. 2009
- /6/ Tilus J. Sulfaattitasapainon hallinta peittaushappojen regeneroinnissa. Oulun yliopisto. Diplomityö. 2006.
- /7/ Tornio Works Intranet, Osastojen esittely. <http://myoutokumpu.com/pages/MenuPage76195.aspx?mode=DefaultFramework> 20.5.2010.

## 7. LIITELUETTELO

- Liite 1      Regenerointi 3 liuoskierron analyysitulokset 5.11.-9.12.2008  
Liite 2      Regenerointi 3 kiteytyskierron suolatasapainon vaihtelut 5.1.2009-31.5.2010

Analyysitulokset 5.11.-9.12.2008.

**5.11.2008**

F <sub>in</sub>	Fe <sub>liu</sub> [g/l]	Cr <sub>liu</sub> [g/l]	Ni <sub>liu</sub> [g/l]	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> [g/l]	HNO <sub>3</sub> [g/l]	HF [g/l]	SO <sub>4</sub> [g/l]	Kiint.aine [g/l]
SYÖTEHAPPO	30	6,8	4,6	163	7	27	160	1,9
PALAUTUSHAPPO	0,5	15	5,5	1249				529
F <sub>out</sub>	Fe <sub>liu</sub> [g/l]	Cr <sub>liu</sub> [g/l]	Ni <sub>liu</sub> [g/l]	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> [g/l]	HNO <sub>3</sub> [g/l]	HF [g/l]	SO <sub>4</sub> [g/l]	Kiint.aine [g/l]
TUOTEHAPPO	0,8	2,0	1,2	161	50	49	158	0,2
H3 YLIVUOTO	3,3	16	6,8	1170				583
H4 YLIVUOTO	3,9	16	6,7	1141				544

**10.11.2008**

F <sub>in</sub>	Fe <sub>liu</sub> [g/l]	Cr <sub>liu</sub> [g/l]	Ni <sub>liu</sub> [g/l]	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> [g/l]	HNO <sub>3</sub> [g/l]	HF [g/l]	SO <sub>4</sub> [g/l]	Kiint.aine [g/l]
SYÖTEHAPPO	27	6,3	4,3	156	26	27	153	0,7
PALAUTUSHAPPO	0,3	14	5,2	1243				492
F <sub>out</sub>	Fe <sub>liu</sub> [g/l]	Cr <sub>liu</sub> [g/l]	Ni <sub>liu</sub> [g/l]	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> [g/l]	HNO <sub>3</sub> [g/l]	HF [g/l]	SO <sub>4</sub> [g/l]	Kiint.aine [g/l]
TUOTEHAPPO	0,5	2,1	0,7	176	67	43	172	0,0
H3 YLIVUOTO	2,9	15	6,2	1176				484
H4 YLIVUOTO	3,0	15	6,2	1176				507

**13.11.2008**

F <sub>in</sub>	Fe <sub>liu</sub> [g/l]	Cr <sub>liu</sub> [g/l]	Ni <sub>liu</sub> [g/l]	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> [g/l]	HNO <sub>3</sub> [g/l]	HF [g/l]	SO <sub>4</sub> [g/l]	Kiint.aine [g/l]
SYÖTEHAPPO	26	6,0	4,1	157	27	27	154	1,1
PALAUTUSHAPPO	0,3	14	5,0	1274				472
F <sub>out</sub>	Fe <sub>liu</sub> [g/l]	Cr <sub>liu</sub> [g/l]	Ni <sub>liu</sub> [g/l]	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> [g/l]	HNO <sub>3</sub> [g/l]	HF [g/l]	SO <sub>4</sub> [g/l]	Kiint.aine [g/l]
TUOTEHAPPO	0,5	2,1	0,8	186	64	43	182	0,2
H3 YLIVUOTO	2,8	14	6,0	1188				509
H4 YLIVUOTO	3,0	14	6,0	1172				517

**17.11.2008**

F <sub>in</sub>	Fe <sub>liu</sub> [g/l]	Cr <sub>liu</sub> [g/l]	Ni <sub>liu</sub> [g/l]	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> [g/l]	HNO <sub>3</sub> [g/l]	HF [g/l]	SO <sub>4</sub> [g/l]	Kiint.aine [g/l]
SYÖTEHAPPO	25	5,6	3,6	139	35	26	136	0,8
PALAUTUSHAPPO	0,4	14	4,6	1260				533
F <sub>out</sub>	Fe <sub>liu</sub> [g/l]	Cr <sub>liu</sub> [g/l]	Ni <sub>liu</sub> [g/l]	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> [g/l]	HNO <sub>3</sub> [g/l]	HF [g/l]	SO <sub>4</sub> [g/l]	Kiint.aine [g/l]
TUOTEHAPPO	0,5	1,5	0,6	182	85	44	178	0,3
H3 YLIVUOTO	2,6	15	5,8	1192				553
H4 YLIVUOTO	3,1	15	5,9	1166				573

**8.12.2008**

F <sub>out</sub>	Fe <sub>liu</sub> [g/l]	Cr <sub>liu</sub> [g/l]	Ni <sub>liu</sub> [g/l]	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> [g/l]	HNO <sub>3</sub> [g/l]	HF [g/l]	SO <sub>4</sub> [g/l]	Kiint.aine [g/l]
H3 YLIVUOTO	3,7	17,0	8,0	1189				589
H4 YLIVUOTO	3,7	16,7	7,9	1170				577

**9.12.2008**

F <sub>out</sub>	Fe <sub>liu</sub> [g/l]	Cr <sub>liu</sub> [g/l]	Ni <sub>liu</sub> [g/l]	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> [g/l]	HNO <sub>3</sub> [g/l]	HF [g/l]	SO <sub>4</sub> [g/l]	Kiint.aine [g/l]
H3 YLIVUOTO	2,8	18	7,7	1180				583
H4 YLIVUOTO	3,0	18	7,9	1190				655

**KESKIARVO**

$F_{in}$	Fe <sub>iiu</sub> [g/l]	Cr <sub>iiu</sub> [g/l]	Ni <sub>iiu</sub> [g/l]	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> [g/l]	HNO <sub>3</sub> [g/l]	HF [g/l]	SO <sub>4</sub> [g/l]	Kiint.aine [g/l]
SYÖTEHAPPO	27	6,2	4,2	154	24	27	151	1,1
PALAUTUSHAPPO	0,4	14,3	5,1	1257				507
$F_{out}$	Fe <sub>iiu</sub> [g/l]	Cr <sub>iiu</sub> [g/l]	Ni <sub>iiu</sub> [g/l]	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> [g/l]	HNO <sub>3</sub> [g/l]	HF [g/l]	SO <sub>4</sub> [g/l]	Kiint.aine [g/l]
TUOTEHAPPO	0,6	1,9	0,8	176	67	45	173	0,2
H3 YLIVUOTO	3,0	15,8	6,8	1183				550
H4 YLIVUOTO	3,3	15,7	6,8	1169				562

**MASSATASE [KG/H]**

$F_{in}$	Fe <sub>iiu</sub> [kg/h]	Cr <sub>iiu</sub> [kg/h]	Ni <sub>iiu</sub> [kg/h]	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> [kg/h]	HNO <sub>3</sub> [kg/h]	HF [kg/h]	Suolapit. [kg/h]
SYÖTEHAPPO	68	16	10	384	59	67	
PALAUTUSHAPPO	2	64	23	5654			2279
$F_{out}$	Fe <sub>iiu</sub> [kg/h]	Cr <sub>iiu</sub> [kg/h]	Ni <sub>iiu</sub> [kg/h]	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> [kg/h]	HNO <sub>3</sub> [kg/h]	HF [kg/h]	Suolapit. [kg/h]
TUOTEHAPPO	1	4	2	370	140	94	
H3 YLIVUOTO	15	77	33	5797			2695
H4 YLIVUOTO	16	77	33	5728			2754

<b>Rege3 kiteytyskierron suolat</b>							
Tavoite:	300g/l	500-600g/l	500-600g/l	300g/l	500-600g/l	500-600g/l	
PVM	Pal.hap.	Kiteytin 4	Kiteytin 5	PVM	Pal.hap.	Kiteytin 4	Kiteytin 5
5.1.2009	449	552	577	1.10.2009	518	668	657
8.1.2009	459	576	604	5.10.2009	837	892	830
15.1.2009	466	599	587	8.10.2009	775	919	928
19.1.2009	487	644	675	12.10.2009	888	999	1016
22.1.2009	573	635	708	19.10.2009	706	812	824
26.1.2009	623	733	682	22.10.2009	746	876	914
2.2.2009	533	764	743	26.10.2009	755	935	943
9.2.2009	586	734	729	29.10.2009	531	680	703
12.2.2009	670	759	771	2.11.2009	591	749	780
16.2.2009	629	702	680	5.11.2009	548	483	799
18.2.2009	563	704	641	9.11.2009	674	815	813
23.2.2009	633	675	656	12.11.2009	657	981	960
26.2.2009	773	859	807	16.11.2009	1115	739	1089
2.3.2009	686	806	811	19.11.2009	869	869	948
5.3.2009	621	712	687	23.11.2009	618	825	831
9.3.2009	597	665	690	26.11.2009	680	749	758
12.3.2009	666	745	736	30.11.2009	575	811	775
16.3.2009	616	733	764	3.12.2009	732	778	789
19.3.2009	803	836	827	7.12.2009	643	772	765
23.3.2009	742	779	804	10.12.2009	736	827	851
26.3.2009	686	811	800	14.12.2009	766	772	813
30.3.2009	672	784	772	17.12.2009	657	750	751
2.4.2009	751	820	850	21.12.2009	581	714	763
6.4.2009	708	828	846	28.12.2009	732	823	849
9.4.2009	670	828	805	31.12.2009	746	893	886
16.4.2009	469	638	680	4.1.2010	554	619	662
20.4.2009	500	634	635	7.1.2010	565	616	582
23.4.2009	604	699	662	11.1.2010	834	797	819
27.4.2009	621	708	700	14.1.2010	756	855	863
30.4.2009	580	700	682	18.1.2010	752	883	851
4.5.2009	705	766	766	21.1.2010	791	934	930
7.5.2009	641	786	826	25.1.2010	498	623	653
11.5.2009	612	781	806	28.1.2010	504	648	683
14.5.2009	493	756	732	1.2.2010	502	577	593
18.5.2009	431	619	661	4.2.2010	543	668	634
25.5.2009	504	609	595	8.2.2010	512	650	641
28.5.2009	423	452	587	11.2.2010	494	635	641
1.6.2009	341	508	554	15.2.2010	260	595	625
4.6.2009	440	601	528	18.2.2010	469	539	571
8.6.2009	504	604	636	22.2.2010	408	525	572
11.6.2009	549	643	604	25.2.2010	408	648	572
12.6.2009	549	643	604	1.3.2010	471	618	627
15.6.2009	652	736	721	4.3.2010	494	671	599
18.6.2009	640	774	747	8.3.2010	556	693	656
22.6.2009	709	805	771	11.3.2010	498	657	647
25.6.2009	659	754	736	15.3.2010	601	693	662
29.6.2009	682	804	794	18.3.2010	564	694	655
2.7.2009	707	812	784	22.3.2010	527	644	596
6.7.2009	641	720	741	25.3.2010	516	671	643
9.7.2009	525	756	670	29.3.2010	434	592	574
13.7.2009	678	775	755	1.4.2010	474	536	571
16.7.2009	720	844	797	8.4.2010	461	651	632
20.7.2009	651	775	722	12.4.2010	477	680	645
23.7.2009	648	772	773	15.4.2010	437	616	647
27.7.2009	564	698	647	19.4.2010	398	574	578
30.7.2009	494	642	572	22.4.2010	492	642	660
3.8.2009	457	607	564	26.4.2010	587	751	725
6.8.2009	409	600	567	29.4.2010	644	804	755
10.8.2009	408	544	587	3.5.2010	556	723	713
31.8.2009	450	543	520	6.5.2010	592	754	718
7.9.2009	593	659	681	10.5.2010	669	834	828
10.9.2009	577	696	701	17.5.2010	672	874	820
14.9.2009	556	720	666	20.5.2010	652	826	801
17.9.2009	461	562	655	24.5.2010	426	591	499
21.9.2009	612	766	764	27.5.2010	442	643	651
24.9.2009	515	688	682	31.5.2010	513	725	697
28.9.2009	661	781	778	<b>KA:</b>	<b>594</b>	<b>717</b>	<b>718</b>