

**Osmo Simonen**

**RAEKOKOJAKAUMAN MUUTOKSET HYDROSYKLONEILLA**

**Opinnäytetyö  
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Kemiantekniikan koulutusohjelma  
Heinäkuu 2017**

**TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ**

<b>Centria-ammattikorkeakoulu</b>	<b>Aika</b> Heinäkuu 2017	<b>Tekijä/tekijät</b> Osmo Simonen
<b>Koulutusohjelma</b> Kemiantekniikka		
<b>Työn nimi</b> RAEKOKOJAKAUMAN MUUTOKSET HYDROSYKLONEILLA		
<b>Työn ohjaaja</b> Laura Rahikka	<b>Sivumäärä</b> 42 + 30	
<b>Työelämäohjaaja</b> Olli Pere		
<p>Tämä opinnäytetyö toteutettiin Centria-ammattikorkeakoululle, ja työn toimeksiantaja oli Yara Suomi Oy Siilinjärvi. Siilinjärven kaivoksella louhitaan ja rikastetaan apatiittimalmia Särkijärven ja Saarisen louhoksista. Apatiitti jalostetaan fosforihapoksi, ja siitä tehdään fosforia pääasiassa lannoiteteollisuuden tarpeisiin.</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia raekokojakaumaa Jauhimo 2:n sykloneilla erilaisilla alite- ja yliteaukkokombinaatioilla. Sykloni on yleisesti käytössä oleva luokitinlaite, joka jakaa syötevirran karkeaa ainesta sisältävään alitevirtaan ja hienoa ainesta sisältävään ylitevirtaan.</p>		
<b>Asiasanat</b> apatiitti, kaivos, luokitus, raekokojakauma, rikastamo, sykloni		

**ABSTRACT**

<b>Centria University of Applied Sciences</b>	<b>Date</b> July 2017	<b>Author</b> Osmo Simonen
<b>Degree programme</b> Chemical engineering		
<b>Name of thesis</b> CHANGES IN FRACTIONAL DISTRIBUTION WITH HYDROCYCLONES		
<b>Instructor</b> Laura Rahikka	<b>Pages</b> 42 + 30	
<b>Supervisor</b> Olli Pere		
<p>This thesis was made for Centria University of Applied Sciences and the commissioner of the thesis was Yara Suomi Oy Siilinjärvi. The Siilinjärvi mine excavates and enriches apatite ore from the Särkijärvi and Saarinen excavations. Apatite is then refined to phosphoric acid and it will be made to phosphoric mostly for the needs of the fertilizer industry</p> <p>The purpose of thesis was to research the particle size distribution with Grinder 2:s cyclones using several different underflow and overflow aperture combinations. Cyclone is used universally as the classifier device which separates input flow into underflow which contains coarse material and into overflow which contains the fine materials.</p>		

<p><b>Key words</b> Apatite, classification, concentrator plant, cyclone, mining, particle size distribution</p>
--

## **ESIPUHE**

Tämä opinnäytetyö on suoritettu Yara Suomi Oy:n Siilinjärven toimipaikassa kaivoksen rikastamolla. Lähtötilanteessa syklonien ylitteessä olevien kiintoainehiukkasten raekoko oli 90–95 % alle 74 mikrometriä. Jauhimo 2:lla on käytössä 12 kappaletta sykloneita ja syöttötasoa alentamatta yhtäkään sykklonia ei voida sulkea pois esimerkiksi kunnossapidon ajaksi. Työllä haetaan yhtä mahdollista ratkaisua sulkea yksi tai kaksi sykklonia luokituksen kärsimättä ja syöttötasoa alentamatta. Tavoitteena oli löytää sellainen alite- ja yliteaukkoyhdistelmä, jolla ylitteen raekoko olisi 95–100 % alle 74 mikrometriä. Kokeellinen osuus on tehty pääosin elo- ja syyskuussa 2016. Tuloksien pohdintaa ja kirjoitusosuutta on tehty myös osittain syksyllä 2016, mutta pääosin tämä osuus on tapahtunut keväällä 2017.

Haluan esittää kiitokseni Prosessi-insinööri Olli Perelle mielenkiintoisesta ja käytännönläheisestä opinnäytetyöaiheesta. Lisäksi haluan kiittää rikastamon 4-vuoron ohjaamo- ja kenttäoperaattoreita Tuomas Kauppista, Asko Korhosta, Pekka Uddia ja Jorma Uddia, sekä vuoro esimiehinäni toimineita Timo Myöhästä ja Sanna Vasaraista saamastani avusta, hyvistä käytännön neuvoista sekä hyvin positiivisesta suhtautumisesta opinnäytetyöni kokeellisen osuuden tekemiseen työaikana.

**TIIVISTELMÄ**  
**ABSTRACT**  
**SISÄLLYS**  
**ESIPUHE**

<b>1 YARA SUOMI OY SIILINJÄRVI</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Historia</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Nykypäivä</b> .....	<b>1</b>
<b>1.3 Apatiitti</b> .....	<b>2</b>
<b>2 KAIVOSTOIMINNAN KUVAUS</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1 Louhinta</b> .....	<b>3</b>
<b>2.2 Rikastus</b> .....	<b>4</b>
<b>3 LUOKITUS</b> .....	<b>7</b>
<b>3.1 Teoriaa luokituksesta ja luokittimista</b> .....	<b>7</b>
<b>3.2 Hydrosykloni</b> .....	<b>9</b>
<b>4 KOKEELLINEN OSUUS</b> .....	<b>12</b>
<b>4.1 Näytteenottosuunnitelma</b> .....	<b>12</b>
<b>4.2 Työn suoritus</b> .....	<b>14</b>
<b>5 TULOKSET</b> .....	<b>19</b>
<b>6 TULOSTEN TARKASTELU</b> .....	<b>38</b>
<b>7 POHDINTA, YHTEENVETO JA JATKOTOIMENPITEET</b> .....	<b>41</b>
<b>LÄHTEET</b> .....	<b>42</b>
<b>LIITTEET</b>	
LIITE 1 Ensimmäisen näytesarjan laboratoriotulokset	
LIITE 2 Toisen näytesarjan laboratoriotulokset	
LIITE 3 Kolmannen näytesarjan laboratoriotulokset	
LIITE 4 Neljännen näytesarjan laboratoriotulokset	
LIITE 5 Viidennen näytesarjan laboratoriotulokset	
LIITE 6 Kuudennen näytesarjan laboratoriotulokset	
<b>KUVIOT</b>	
KUVIO 1. Ensimmäisen näytesarjan alitteiden kuvaajat ja P 80-läpäisy .....	20
KUVIO 2. Ensimmäisen näytesarjan ylitteiden kuvaajat ja P 80-läpäisy .....	21
KUVIO 3. Ensimmäisen näytesarjan malmisyötteen kuvaajat ja P 80-läpäisy .....	22
KUVIO 4. Toisen näytesarjan alitteiden kuvaajat ja P 80-läpäisy .....	23
KUVIO 5. Toisen näytesarjan ylitteiden kuvaajat ja P 80-läpäisy .....	24
KUVIO 6. Toisen näytesarjan malmisyötteen kuvaajat ja P 80-läpäisy .....	25
KUVIO 7. Kolmannen näytesarjan alitteiden kuvaajat ja P 80-läpäisy .....	26
KUVIO 8. Kolmannen näytesarjan ylitteiden kuvaajat ja P 80-läpäisy .....	27
KUVIO 9. Kolmannen näytesarjan malmisyötteen kuvaajat ja P 80 läpäisy .....	28
KUVIO 10. Neljännen näytesarjan alitteiden kuvaajat ja P 80-läpäisy .....	29

KUVIO 11. Neljännän näytesarjan ylitteiden kuvaajat ja P 80-läpäisy.....	30
KUVIO 12. Neljännän näytesarjan malmisyötteen kuvaajat ja P 80-läpäisy.....	31
KUVIO 13. Viidennen näytesarjan alitteiden kuvaajat ja P 80-läpäisy.....	32
KUVIO 14. Viidennen näytesarjan ylitteiden kuvaajat ja P 80-läpäisy .....	33
KUVIO 15. Viidennen näytesarjan malmisyötteen kuvaajat ja P 80-läpäisy .....	34
KUVIO 16. Kuudennen näytesarjan alitteiden kuvaajat ja P 80-läpäisy .....	35
KUVIO 17. Kuudennen näytesarjan ylitteiden kuvaajat ja P 80-läpäisy.....	36
KUVIO 18. Kuudennen näytesarjan malmisyötteen kuvaajat ja P 80-läpäisy.....	37
KUVIO 19. Yhteenveto ylittevirtauksien 74 µm:n läpäisyprosentista.....	40

## KUVAT

KUVA 1. Ilmakuva Särkijärven louhoksesta .....	3
KUVA 2. Siilinjärven rikastamon rikastusprosessi .....	5
KUVA 3. Pastalaitos .....	6
KUVA 4. Luokituksen erotusraja .....	9
KUVA 5. Hydrosykloni .....	10
KUVA 6. Jauhimo 2:n hydrosyklonipatteristo .....	12
KUVA 7. Rakokauha .....	13
KUVA 8. Alkuperäinen aliteaukko.....	16

## TAULUKOT

TAULUKKO 1. Näytesarja 1 .....	14
TAULUKKO 2. Näytesarja 2.....	15
TAULUKKO 3. Näytesarja 3.....	15
TAULUKKO 4. Näytesarja 4.....	17
TAULUKKO 5. Näytesarja 5.....	17
TAULUKKO 6. Näytesarja 6.....	18
TAULUKKO 7. Ensimmäisen näytesarjan alitteiden keskiarvot.....	19
TAULUKKO 8. Ensimmäisen näytesarjan ylitteiden keskiarvot.....	20
TAULUKKO 9. Ensimmäisen näytesarjan malmisyötetulokset .....	21
TAULUKKO 10. Toisen näytesarjan alitteiden keskiarvot .....	22
TAULUKKO 11. Toisen näytesarjan ylitteiden keskiarvot.....	23
TAULUKKO 12. Toisen näytesarjan malmisyötetulokset .....	24
TAULUKKO 13. Kolmannen näytesarjan alitteiden keskiarvot.....	25
TAULUKKO 14. Kolmannen näytesarjan ylitteiden keskiarvot .....	26
TAULUKKO 15. Kolmannen näytesarjan malmisyötetulokset.....	27
TAULUKKO 16. Neljännän näytesarjan alitteiden keskiarvot.....	28
TAULUKKO 17. Neljännän näytesarjan ylitteiden keskiarvot.....	29
TAULUKKO 18. Neljännän näytesarjan malmisyötetulokset .....	30
TAULUKKO 19. Viidennen näytesarjan alitteiden keskiarvot.....	31
TAULUKKO 20. Viidennen näytesarjan ylitteiden keskiarvot .....	32
TAULUKKO 21. Viidennen näytesarjan malmisyötetulokset.....	33
TAULUKKO 22. Kuudennen näytesarjan alitteiden keskiarvot .....	34
TAULUKKO 23. Kuudennen näytesarjan ylitteiden keskiarvot.....	35
TAULUKKO 24. Kuudennen näytesarjan malmisyötetulokset .....	36
TAULUKKO 25. Näytesarjojen yhteenveto .....	38
TAULUKKO 26. Ensimmäisen näytesarjan P 80-läpäisy .....	38
TAULUKKO 27. Toisen näytesarjan P 80-läpäisy .....	38
TAULUKKO 28. Kolmannen näytesarjan P 80-läpäisy.....	39
TAULUKKO 29. Neljännän näytesarjan P 80-läpäisy .....	39

TAULUKKO 30. Viidennen näytesarjan P 80-läpäisy.....	39
TAULUKKO 31. Kuudennen näytesarjan P 80-läpäisy.....	39

# 1 YARA SUOMI OY SIILINJÄRVI

## 1.1 Historia

Vuonna 1920 perustettiin Valtion Rikkihappo- ja Superfosfaattitehtaat. Vuonna 1961 nimeksi tuli Rikkihappo Oy. Siilinjärvelle tehtaita rakennettiin vuosina 1967–1972. Alueelle tulivat rikkihappo-, fosforihappo-, ammoniumfosfaatti-, typpihappo- ja lannoitetehtas. Lisäksi tehdasalueelle rakennettiin sisävesisatama. (Historia.)

Siilinjärven apatiittiesiintymä on löydetty 1950 junaradan rakennustöiden yhteydessä (Geologian tutkimuskeskus). Apatiittirikasteesta valmistetaan fosforihappoa ja sitä käytetään yhtenä lannoitteiden pääravinteena. Kaivoksen toiminta käynnistyi kymmenen vuotta tehtaiden perustamisen jälkeen vuonna 1979. (Louhosjatkumon ympäristövaikutusten arviointiohjelma 2016, 8.)

Vuonna 1972 yhtiön nimi muuttui jälleen ja siitä tuli Kemira Oy. Vuonna 1994 Kemiran liiketoimintayksiköt yhtiöitettiin ja Siilinjärvellä toimivasta lannoitetoimijasta tuli Kemira Agro. Samalla Kemiran osakkeet listautuivat Helsingin pörssiin. Vuonna 2004 Kemira Agrosta tuli Kemira Growthow, ja samalla tämä yhtiö irtautui Kemira Oyj:sta sekä listautui omana yhtiönään Helsingin pörssiin. Vuonna 2007 norjalainen Yara International ASA osti Suomen valtiolta Kemira Growthow'n osakkeet, ja näin tästä tuli Yara International ASA:n tytäryhtiö, Yara Suomi Oy. (Yara Suomen historia.)

## 1.2 Nykypäivä

Tällä hetkellä Siilinjärven tehtaiden päätuotteita ovat fosforihappo ja lannoitteet. Fosforihappoa tuotetaan vuosittain noin 300000 tonnia. Sitä käytetään lannoitteiden, eläinrehujen ja elintarviketeollisuuden tarpeisiin. Siilinjärvellä valmistettavat lannoitteet käytetään pääosin Suomen peltojen viljelyyn. Lannoitteiden tuotantomäärä vuodessa on noin 500000 tonnia. (Tietoa Yarasta.) Kaivos tuottaa apatiittirikastetta noin miljoona tonnia vuosittain. Tästä määrästä noin 90 % jatkojalostetaan Yara Suomen tehtailla lannoitteiksi ja rehufosfaatiksi. (Manninen 2016.)



Siilinjärvelle on investoitu 410 miljoonaa euroa vuosina 2008–2015. Uusin suurempi investointi on Euroopan suurin rikastushiekan käsittelylaitos, joka on otettu käyttöön alkuvuodesta 2017. Tämän investoinnin kokonaissuuruus on noin 75 miljoonaa euroa. (Manninen 2016.) Yara Suomi on Siilinjärvellä huomattavan suuri työllistäjä. Koko toimipaikka työllistää välittömästi noin 600 henkilöä. Tämän lisäksi Yara Suomi työllistää Siilinjärvellä välillisesti noin 1200 henkilöä. (Cision 2016.)

### 1.3 Apatiitti

Apatiitti  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}_9\text{OH})$  on yleisin luonnon fosforimineraaleista. Sitä on lähes kaikissa kivilajeissa, mutta yleensä sitä on hyvin vähän. Apatiittikiteitä on hyvin monen värisiä, vihertäviä, sinertäviä, ruskeita, punertavia tai valkeita. Vastaavasti viiru on väriltään vaalea tai täysin valkoinen. (Grönholm, Alviola, Kinnunen, Kojonen, Kärkkäinen & Mäkitie 2010, 23.)

Apatiitti on hauras, eikä siinä ole selviä lohkosuuntia ja sen kiilto on lasimainen. Sen kovuus on Mohsin asteikolla 5 ja ominaispaino on 3.1–3.3. Maailman apatiittiesiintymät ovat useimmiten hienorakeisia sedimenttikiviä. (Grönholm ym, 2010, 23.)

Siilinjärvellä louhitaan vuosittain noin 13,9 miljoonaa tonnia malmia ja 16,9 miljoonaa tonnia sivukiveä, ja se onkin Suomen suurin kaivos. Siellä tuotetaan noin miljoona tonnia apatiittirikastetta fosforihapon ja fosforilannoitteiden raaka-aineeksi. (Mine Presentation 2016.)

## 2 KAIVOSTOIMINNAN KUVAUS

### 2.1 Louhinta

Siilinjärvellä on käytössä kaksi avolouhosta. Kuvassa 1 oleva Särkijärven louhos on niin sanottu päälouhos, ja sieltä louhitaan noin 75 % apatiittimalmista. Saarisen satelliittilouhoksesta tulee loppuosa malmista. Näiden kahden louhoksen kokonaislouhintamäärä on ollut viime vuosina noin 30 miljoonaa tonnia. Louhinta molemmilla louhoksilla tapahtuu poraten ja räjäyttäen. Kaivoksella käytetään louhintasuunnittelua. Tämä perustuu 18 kuukauden liukuvaan suunnitelmaan, joka perustuu kaivoksen elinkaarisuunnitelmaan. Näissä suunnitelmissa otetaan huomioon tarve saada rikastamolle tasalaatuista malma. (Louhosjatkumon ympäristövaikutusten arviointiohjelma 2016, 12.)



KUVA 1 Ilmakuva Särkijärven louhoksesta (Louhosjatkumon ympäristövaikutusten arviointiohjelma 2016, 10.)

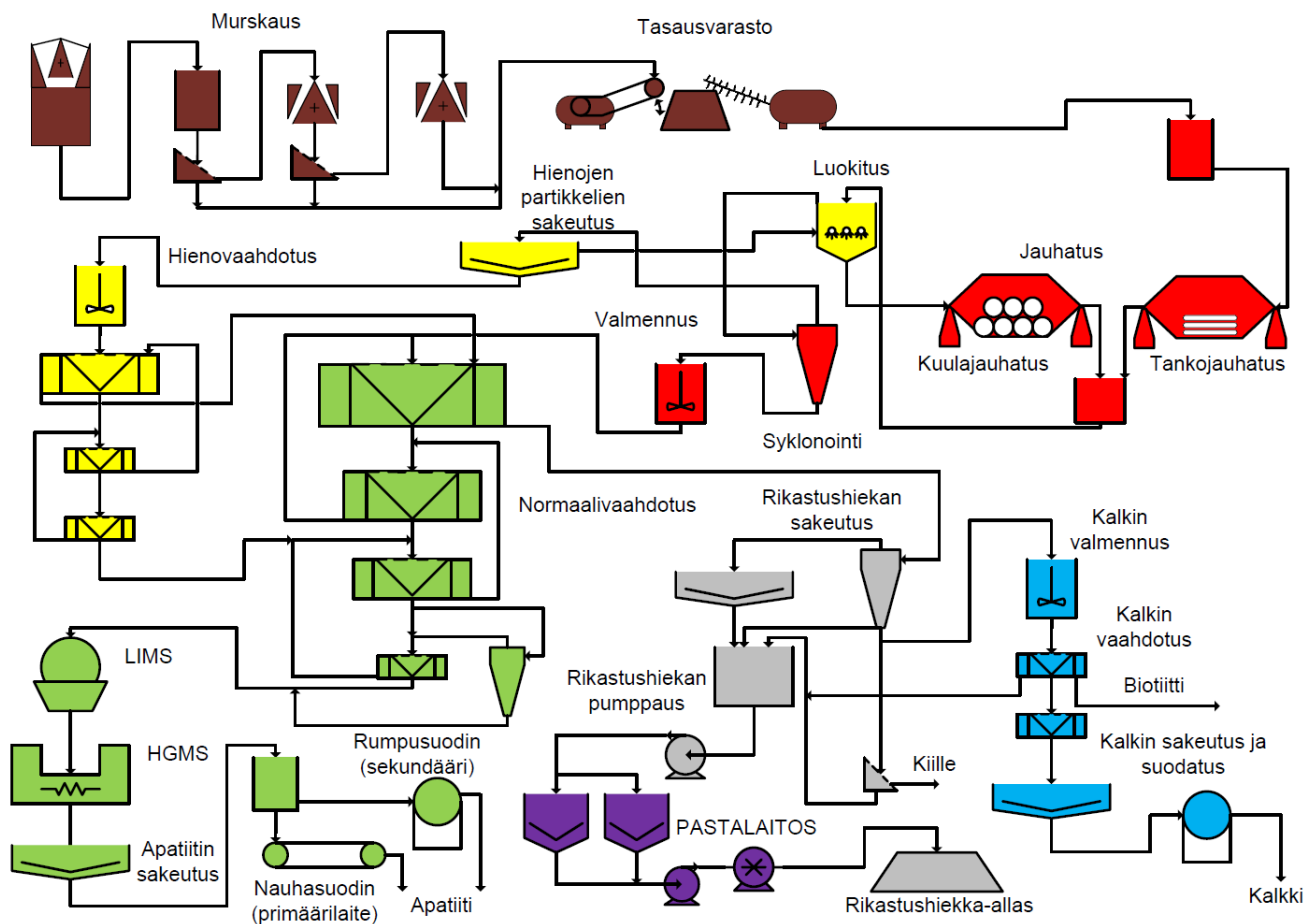
Louhoksilla tapahtuva poraus suoritetaan poravaunuilla. Molemmilla louhoksilla räjäytetään keskimäärin kerran viikossa. Nämä räjäytykset tapahtuvat arkipäivisin. Yara Suomi käyttää räjähdysaineena Yarex-emulsioräjähdysainetta. Se on tehtaan omaa tuotantoa. Yarex panostetaan porareikiin panostusautoilla. Vuosittain räjähdysainetta käytetään noin 10000–15000 tonnia. (Louhosjatkumon ympäristövaikutusten arviointiohjelma 2016, 10.)

Louhoksista irrotettu malmi kuljetetaan louhosautoilla karkeamurskaimiin. Vuosittain kuljetettavan malmin määrä on noin 10–13 miljoonaa tonnia. Tämän lisäksi louhoksilla syntyy myös huomattavat määrät sivukiveä. Kaivoksen toiminta on ympärivuotista. Porausta suoritetaan maanantaista perjantaihin niin sanotussa keskeytyvässä 2-vuorotyössä. (Louhosjatkumon ympäristövaikutusten arviointiohjelma 2016, 11.)

## 2.2 Rikastus

E. Hartikainen Oy:n kalusto kuljettaa malmikuormat louhosautoilla karkeamurskaimelle. (E. Hartikainen Oy 2017.) Kuvassa 2 on esitetty rikastamon koko prosessikuvaus. Karkeamurskaimen jälkeen malmi kuljetetaan hihnoja myöten seulojen kautta välimurskaimille ja sieltä edelleen hihnoja myöten risteysaseman kautta hienomurskaimille. Hienomurskaimilta malmi kuljetetaan tasausvarastolle. Tasausvaraston tarkoitus on homogenisoida malmi tasalaatuiseksi. Tasausvarastolta malmi siirretään hihnoja myöten kahteen eri jauhatuspiiriin. Jauhatuksen kokonaissyöttö on keskimäärin 1000–1300 tonnia tunnissa. Ensimmäisenä vuorossa ovat tankomylllyt. Tässä vaiheessa malmin joukkoon lisätään vettä, eli kyseessä on niin sanottu märkäjauhatus. (Louhosjatkumon ympäristövaikutusten arviointiohjelma 2016, 12.)

Tankomylllyistä lietetty malmi menee syöttökaivon kautta yhdessä jauhatuksen kiertokuormien kanssa Floatex-luokittimille. Floatex-luokittimilta lähtevä karkea alite palautetaan jauhatuspiiriin ja se johdetaan kuulamylllyyn jauhattavaksi. Floatex-luokittimilta lähtevä ylite menee syklonointiin. Syklonoinnista lähtevä alite lähtee apatiittivaahdotuksen valmentimiin ja sitä kautta vaahdotukseen. Syklonien ylite menee kuvan 2 mukaisesti hienovaahdotuksen sakeuttimiin, joista sakeutunut liete johdetaan hienovaahdotuksen kautta apatiittivaahdotukseen. Sakeuttimien ylite käytetään suurimmaksi osaksi Floatex-luokittimien teeter- eli leijutusvetenä (Louhosjatkumon ympäristövaikutusten arviointiohjelma 2016, 12.)



KUVA 2 Siilinjärven rikastamon rikastusprosessi (Louhosjatkumon ympäristövaikutusten arviointiohjelma 2016, 12.)

Vaahdotuksessa erotetaan alitteena lähtevä rikastushiekka ja ylitteenä lähtevä apatiittirikaste. Apatiittirikaste johdetaan magneettierotuksen lävitse apatiittisakeuttimeen ja sieltä alitteena primäärisuotimena toimivalle nauhasuotimelle. Mikäli nauhasuodinta ei voida käyttää, niin sekundäärisuotimena voidaan käyttää rumpusuodinta. Suotimelta apatiittirikaste kuljetetaan hihnoilla tuotevarastoon, josta se kuljetetaan kuorma-autoilla Yaran fosforihappotehtaalle. Rikastushiekka pumpataan sakeutuksen jälkeen kuvassa 3 olevalle tammikuussa 2017 käyttöönotetulle rikastushiekan sakeutus-, eli pastalaitokselle. Siellä rikastushiekasta sakeutetaan vettä pois ja sen kiintoainepitoisuutta nostetaan 45 %:sta noin 65–72 %:iin. (Louhosjatkumon ympäristövaikutusten arviointiohjelma 2016, 12.)



KUVA 3. Pastalaitos (Yara Siilinjärvi 2017)

Siilinjärven rikastamolla tuotetaan myös kiillerikastetta ja biotiittia. Kiillerikastetta tuotetaan noin 30000 tonnia vuodessa. Kiillerikasteen tuotannosta vastaa LKAB Minerals Oy. Toimitilat omistaa Yara Suomi Oy, mutta on vuokrannut ne LKAB Minerals Oy:lle. Tuotannon koneet ja laitteisto ovat puolestaan LKAB Minerals Oy:n omistuksessa. Kiillerikastetta käytetään pääasiassa rakennuslevyissä ja muoveissa. Biotiittia käytetään maanparannusaineena sekä lannoitteiden raaka-aineena. Biotiittituotannosta vastaa Yara Suomi Oy. (Louhosjatkumon ympäristövaikutusten arviointiohjelma 2016, 13.)

### 3 LUOKITUS

#### 3.1 Teoriaa luokituksesta ja luokittimista

Luokitus on hienojakoisen materiaalin lajittelua kahteen tai useampaan jakeeseen. Väliaineena käytetään vettä tai ilmaa. Lajittelu tapahtuu sen mukaan, että kuinka nopeasti rakeet vajoavat väliaineessa. Luokitus jaetaan joko hydrauliseen tai pneumaattiseen luokitukseen. Hydraulisessa luokituksessa käytetään väliaineena nestettä, joka on useimmiten vettä. Pneumaattisessa käytetään väliaineena kaasua, joka on useimmiten ilmaa. Kappaleen vajotessa väliaineessa, tämän väliaineen aiheuttama vastus suurenee vajoamisnopeuden kasvaessa tiettyyn nopeuteen saakka. Tällöin väliaineen aiheuttama vastus on saman suuruinen maan vetovoiman kanssa ja tästä alkaen kappale vajoaa vakionopeudella. (Pihkala 2013, 43.)

Kappaleen vajotessa alaspäin tyhjiössä, sen nopeus kasvaa rajattomasti ja nopeus riippuu ainoastaan putoamismatkasta. Kappaleen nopeus määritetään kaavalla 1 (Pihkala 2013, 44.)

$$v = \sqrt{2gh} \quad (1)$$

Tässä kaavassa ovat seuraavat suureet:

v on kappaleen nopeus

h on putoamismatka, m

g on maan vetovoiman kiihtyvyys, eli  $9.81\text{m/s}^2$

Mikäli vajoaminen tapahtuu väliaineessa, jossa on vähän kiintoainerakeita, se on nopeampaa verrattuna paljon kiintoainerakeita sisältävään väliaineeseen. Kiintoainerakeiden vajoamis- eli laskeutumisnopeuteen väliaineessa vaikuttavat muun muassa kiintoaineen tiheys, rakeiden muoto ja läpimitta sekä väliaineen tiheys ja viskositeetti. Kiintoainerakeen vajoamisnopeus väliaineessa noudattaa Stokesin lakia  $0,063\text{ mm:n}$  raekoosta alaspäin. Laki koskee pallonmuotoista rautaa, mutta se on pätevä myös epäsäännöllisen muotoiselle rakeelle. (Pihkala 2013, 44.)

Stokesin lain mukaan vajoavat rakeet vajoavat laminaarisesti. Jos tutkittavien rakeiden koko kasvaa ja ylittää tietyn raja-arvon, niin vajoaminen muuttuu turbulenttiseksi. Stokesin lakia määrittävän maksimirakeeseen laskemiseen käytetään Reynoldsin lukua. Kokeellisesti on todistettu, että pallonmuotoisilla rakeilla Stokesin laki on pätevä, kun Reynoldsin luku on alle 0.6. Epäsäännöllisillä kappaleilla Reynoldsin luku on oltava alle 0.2. (Hukki 1964, 44.)

Reynoldsin luku määritetään kaavalla 2 (Hukki 1964, 45.)

$$Re = \frac{\rho * v * d}{\mu} \quad (2)$$

missä:

$\rho$  on virtauksen väliaineen tiheys

$v$  on partikkelin laskeutumisnopeus

$d$  on partikkelin koko

$\mu$  on virtauksen väliaineen viskositeetti

Stokesin laki määritetään kaavalla 3 (Pihkala 2013, 44.).

$$v = \frac{s}{t} = \frac{(\rho' - \rho)gx^2}{18\mu} \quad (3)$$

missä:

$v$  on kiintoainerakeen vajoamisen loppunopeus, cm/s

$s$  on vajoamismatka, cm

$t$  on vajoamisaika, s

$\rho'$  on kiintoainerakeen tiheys g/cm<sup>3</sup>

$\rho$  on väliaineen tiheys, g/cm<sup>3</sup>

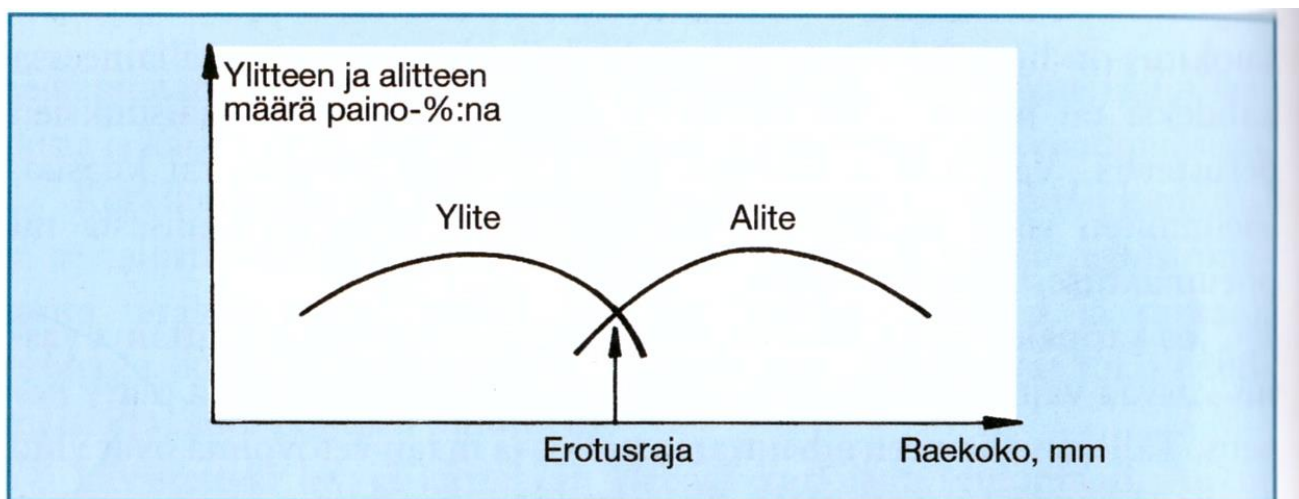
$g$  on maan vetovoiman kiihtyvyys, 981cm/s<sup>2</sup>

$x$  on rakeen läpimitta, cm

$\mu$  on väliaineen viskositeetti, g/cm s (poiseina)

Edellä olevalla kaavalla pystyy laskemaan vajoamisnopeuden, vajoamismatkan tai kiintoainerakeen koon, kun ennalta tunnettu materiaali vajoaa tietyssä väliaineessa tarkoin määrätyn matkan. (Pihkala 2013, 44.)

Luokituksessa käsitellään partikkelikooltaan hienompaa ainetta kuin seulonnassa. Tämän prosessin tavoitteena on erottaa hienot raeluokat karkeista raeluokista paino- ja/tai keskipakovoiman avulla. Luokituksen erotusraja kertoo raekokorajan, jota pienemmät rakeet joutuvat ylitteeseen ja jota suuremmat rakeet joutuvat alitteeseen. Tämä on esitetty kuvassa 4. Luokituksessa käytettäviä laitteita nimitetään luokittimiksi ja luokittimet jaetaan sekä hydraulisiin että pneumaattisiin luokittimiin. Hydraulisia luokittimia ovat raappa- ja spiraaliluokitin sekä hydrosykloni. Pneumaattisia luokittimia ovat sykloni ja mekaaninen ilmaluokitin. (Pihkala 2013, 45.)



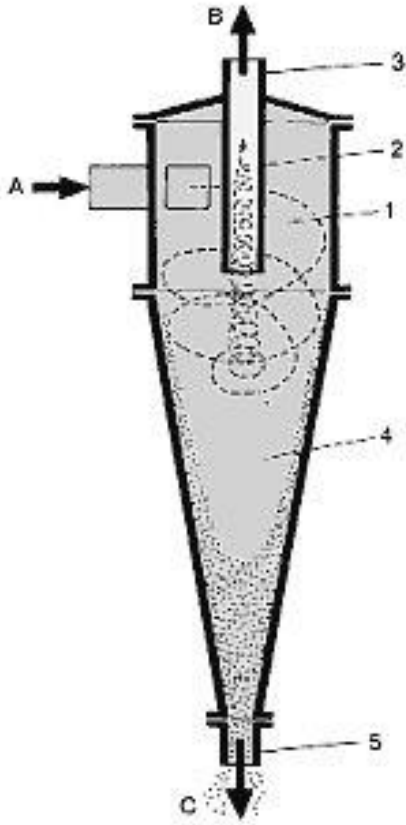
*Luokituksen erotusraja määritetään ylitteen ja alitteen raekokojakautuman avulla.*

KUVA 4. Luokituksen erotusraja (Pihkala 2013, 44.)

### 3.2 Hydrosykloni

Kuvassa 5 on hydrosykloni. Tämä on rakenteeltaan erittäin yksinkertainen luokitinlaite, joka erottaa materiaalivirran (A) ohueen ylitteeseen (B) ja karkeaan alitteeseen (C). Sen osia ovat syöttökammio (1), pyörreputki (2), yliteputki (3), kartio (4) ja aliteputki (5).





KUVA 5 Hydrosykloni (Pihkala 2013, 47.)

Materiaalivirta pumpataan syöttökammioon tangentiaalisesti, jossa se joutuu voimakkaaseen kierto- liikkeeseen. Tämän seurauksena keskipakovoima voittaa painovoiman ja hydrosykloniin muodostuu kaksi lietespiraalia. Spiraalien keskelle muodostuu ilmasydän. Ilmasydämessä voi olla huomattava alipaine. Ulompi spiraali muodostuu karkeammista rakeista, ja se purkautuu aliteputken kautta syklonin alaosasta. Alitevirtaus ei saa olla muodoltaan yhtenäistä virtausta, vaan sen pitää saada purkautua vapaasti alite- laatikkoon. Aliteputkessa olevan aliteaukon halkaisija säättää alitteen kiintoainepitoisuutta. Kun halkai- sija on pienempi, niin sitä pienempi on myös alitteen määrä. Kevyemmät rakeet muodostavat sisemmän spiraalin, ja se purkautuu pyörre- ja yliteputken kautta ylitteenä pois syklonista. Kun pyörreputken hal- kaisijaa pienennetään, niin samalla pienenee myös syklonin kapasiteetti sekä syklonin erotusraja. Näiden lisäksi erotusrajaan vaikuttavat myös sykloniin syötettävän materiaalivirran syöttönopeus ja syklonin erotuskartion huippukulma. (Pihkala 2013, 48.)

Laitteen kokoon verrattuna syklonin kapasiteetti on suuri. Kapasiteetti riippuu materiaalivirran syöttö- aukon halkaisijasta, käytetystä paineesta sekä alite- ja yliteaukkojen halkaisijoista. Syklonin erotusrajaan vaikuttavat materiaalivirran syöttönopeus ja syklonin mitoitus. Materiaalivirran syöttönopeuteen vaikut-

tavat materiaalivirran nesteen suuruus ja syöttöaukon halkaisija. Prosessinvalvonnan kannalta keskeisimmät muuttujat ovat syöttöpaine sekä kiintoainepitoisuus. Kun laiteyksikön koko pienenee, niin sitä pienempi on myös erotusraja ja samalla laitteen kapasiteetti pienenee. Materiaalivirran syöttöpainetta kasvattamalla erotusrajaa edustava raekoko pienenee. (Pihkala 2013, 48.)

Hydrosykloneja on markkinoilla laaja valikoima. Koska laitteen toimintaperiaate on vanha, eri valmistajat ovat pyrkineet patentoimaan laitteen yksityiskohtia sekä erilaisia sykloniyhdistelmiä. Syklonit valmistetaan useimmiten teräslevystä ja niissä käytetään erilaisia kulumissuojauksia. Näitä ovat esimerkiksi kumivuoraus ja keraamisten tuotteiden käyttö. Suurimmassa kulutuksessa ovat syöteputken nielu ja kartion kärki. Tavallisesti syklonit ovat koottu osista, joten kuluneet osat voidaan vaihtaa ilman, että tarvitsee vaihtaa koko sykloni uuteen. (Hukki 1964, 272–273.)

## 4 KOKEELLINEN OSUUS

### 4.1 Näytteenottosuunnitelma

Jauhimo 2:n syklonipatteristossa on 12 kappaletta keskenään samanlaista sykklonia. Jokaisessa syklonissa luokituu saman verran malmilietettä, eli työn kannalta ei ollut merkitystä, minkä syklonin valitsee. Kuvasta 6 ilmenee, että sykloni 1739:n ympärillä ei ollut apulaitteita, eli sen viereen pääsisi helposti ottamaan näytteet, sekä vaihtamaan aliteaukkoja eri kokoisiksi. Tämän lisäksi se oli hyvin vesiletkun ulottuvilla ja näin ympäristön pesu olisi tarvittaessa helppoa. Näytteenottosykloniksi valikoitui näillä perusteilla sykloni numeroltaan 1739. Suunnitelman mukaan ensin otettaisiin näytteet paikoillaan olevilla alite- ja yliteaukoilla. Aliteaukon halkaisija on 120 millimetriä ja yliteaukon halkaisija 195 millimetriä. Vaihtoehtoiset aliteaukot olisivat halkaisijoiltaan 100, 130 ja 140 millimetriä, sekä vaihtoehtoinen yliteaukko olisi 210 millimetriä. Näin saataisiin raekokojakauman tulokset yhteensä kahdeksalla eri kombinaatiolla.



KUVA 6 Jauhimo 2:n hydrosyklonipatteristo

Koetta varten tarvittiin näytteitä malmisyötteestä sekä alite- ja ylitevirrasta. Näytteitä varten haettiin näyteämpäreitä laboratorion laboratorioista. Malmisyötenäytteeseen ei vaadita erillisiä työkaluja tai näytteenottimia. Sen saa otettua helposti hienovaahdotushallin puolella olevasta raekokoanalysointilaitteesta. Alite- ja ylitevirrasta otettaviin näytteisiin tarvitsi kuvan 7 mukaisen rakokauhan. Rikastamon valikoimista löytyy useita erilaisia rakokauhoja, joista valittiin yksi ja sitä käytettäisiin kaikkien näytteiden ottamiseen. Toinen huomioitava asia oli se, että näytteenottajana toimisi aina yksi ja sama henkilö. Tällä tavalla toimiessa saisi mahdollisimman edustavat näytteet ja näytteenoton virhe olisi mahdollisimman pieni.



KUVA 7 Rakokauha

Malmia syötetään rikastamolle tasausvarastolta malmikasoista. Nämä kasat eivät ole raekooltaan homogeenisia, vaan kasan alussa ja lopussa on raekooltaan keskiosaa karkeampaa ainesta, johtuen malmin lajittumisesta kasojen täyttövaiheessa. (Udd 2017.) Tämän vuoksi näytteenotto ajoitettiin siten, että kasan alusta olisi syötetty vähintään 10000 tonnia malmia ja näytteenoton lopetusvaiheessa kasassa oli

vähintään 10000 tonnia malmia jäljellä. Jokaiseen näytesarjaan otettiin malmisyötteestä yksi näyte, alitevirrasta viisi näytettä ja ylitevirrasta kaksi näytettä. Jokainen näyte otettiin omaan sankoonsa, sangot merkittiin huolellisesti maalarinteipillä ja tussilla sekä erilliseen kirjanpitoon merkittiin näytteenottoaika, malmikasan numero ja syöttötaso. Alite- ja ylitevirran peräkkäisten näytteiden aikaväli tuli olla vähintään 15 minuuttia. Näyteämpärit toimitettiin laboratorioon merkittynä ja saatekirjeellä varustettuna. Saatekirjeeseen merkittiin näytteen tunnus ja siitä tutkittavat asiat. Jokaisesta näytteestä tarvitaan kuiva-ainepitoisuus. Tämän lisäksi alitenäytteistä tarvittiin seula-analyysi seulasarjalla numero yksi, ylitenäytteistä seulasarjalla numero viisi ja syötenäytteestä seulasarjalla numero kaksi.

## 4.2 Työn suoritus

Työn varsinainen kokeellinen osuus aloitettiin 27.8.2016 klo 07:10 (TAULUKKO 1). Ensimmäisellä näytesarjalla oli tarkoitus saada selville raekokojakauman lähtötaso alkuperäisillä alite- ja yliteaukoilla. Syötössä oli malmikasa numero 8058. Sen syöttö oli aloitettu klo 02:04 samana aamuna, eli sitä oli kulutettu noin viisi tuntia. Syöttötaso oli näytteenottoaikana tasolla 830 tonnia tunnissa.

TAULUKKO 1. Ensimmäinen näytesarja

Näyte	Näytteenottoaika (h:min)	Näytteen määrä	Kiertokuorma (%)
<b>Alite 1</b>	7:10	1 näyteämpäri	185
<b>Ylite 1</b>	7:15	1 näyteämpäri	185
<b>Malmisyöte</b>	7:20	1 näyteämpäri	180
<b>Alite 2</b>	7:40	1 näyteämpäri	171
<b>Ylite 2</b>	7:48	1 näyteämpäri	157
<b>Alite 3</b>	8:35	1 näyteämpäri	142
<b>Alite 4</b>	8:55	1 näyteämpäri	126
<b>Alite 5</b>	9:13	1 näyteämpäri	140

Toinen näytesarja otettiin 31.8.2016 alkaen klo 01:20 (TAULUKKO 2). Syöttötaso oli näytteenottoaikana 780 tonnia tunnissa ja syötössä oli malmikasa numero 8061. Kasan purku oli alkanut 30.8.2016 klo 12:03. Tähän vaihdettiin halkaisijaltaan 140 millimetrin aliteaukko ja yliteaukko oli edelleen alkuperäinen. Vaihdeettava aliteaukko sijaitsee kuvassa 6 näkyvän syklonin kartio-osan alapuolella olevan harmaan metalliputken sisällä. Aliteaukon vaihtoa varten operaattoria pyydettiin sulkemaan kyseisen syk-

lonin syötevirtaus. Tämän jälkeen irrotettiin harmaan osan alapuolinen metalliosa ja harmaa osa aukkoineen. Harmaata metalliputkea käytettiin korjaamalla prässissä, jonka avulla aliteaukko saatiin painettua irti. Uusi aliteaukko painettiin myös prässillä paikoilleen ja sen jälkeen syklonin osat laitettiin paikoilleen ja operaattoria pyydettiin avaamaan syötevirtaus. Myöhemmät aliteaukkojen vaihdot suoritettiin vastaavalla tavalla. Aikaa vaihdossa kului tapauksesta riippuen puolesta tunnista tuntiin.

TAULUKKO 2. Toinen näytesarja

Näyte	Näytteenottoaika (h:min)	Näytteen määrä	Kiertokuorma (%)
<b>Alite 1</b>	01:20	1 näyteämpäri	190
<b>Malmisyöte</b>	01:25	1 näyteämpäri	214
<b>Ylite 1</b>	01:32	1 näyteämpäri	193
<b>Alite 2</b>	01:42	1 näyteämpäri	206
<b>Ylite 2</b>	01:47	1 näyteämpäri	217
<b>Alite 3</b>	02:42	1 näyteämpäri	217
<b>Alite 4</b>	02:58	1 näyteämpäri	225
<b>Alite 5</b>	03:19	1 näyteämpäri	227

Kolmas näytesarja otettiin 1.9.2016 (TAULUKKO 3). Tässä käytettiin 100 millimetrin aliteaukkoa yliteaukon ollessa edelleen alkuperäinen. Syötössä oli malmikasa numero 8062, kasan purku oli alkanut 31.8.2016 klo 20:48 ja syöttötaso oli 800 tonnia tunnissa.

TAULUKKO 3. Kolmas näytesarja

Näyte	Näytteenottoaika (h:min)	Näytteen määrä	Kiertokuorma (%)
<b>Alite 1</b>	00:59	1 näyteämpäri	190
<b>Malmisyöte</b>	01:03	1 näyteämpäri	179
<b>Ylite 1</b>	01:08	1 näyteämpäri	176
<b>Alite 2</b>	01:23	1 näyteämpäri	173
<b>Ylite 2</b>	01:29	1 näyteämpäri	179
<b>Alite 3</b>	01:39	1 näyteämpäri	162
<b>Alite 4</b>	01:55	1 näyteämpäri	190
<b>Alite 5</b>	02:47	1 näyteämpäri	147

Tässä vaiheessa alkuperäisen aliteaukon halkaisija mitattiin ja se todettiin kuluneen alkuperäistä suuremmaksi. Tämä keraamisella pinnalla oleva aliteaukko on kuvassa 8. Halkaisija oli rullamitalla mitattuna noin 129 millimetriä. Tämä on niin lähellä 130 millimetrin aliteaukkoa, että sillä aliteaukolla näytteenotto todettiin tarpeettomaksi. Seuraavaksi alkuperäinen aliteaukko laitettiin paikoilleen ja näytteenottoa päätettiin jatkaa yliteaukon vaihdon jälkeen.



KUVA 8 Alkuperäinen aliteaukko

10.9.2016 jatkettiin näytesarjojen ottamista. Laboratoriosta oli saatu palautetta näytteiden määrästä. Ylitenäytteiden kiintoainepitoisuus oli ollut niin vähäinen, että niiden analysoinnissa oli ollut pieniä ongelmia. Jatkossa päätettiin ottaa ylitenäytteitä kaksi ämpäriä. Alitenäytettä puolestaan oli ollut niin paljon, että niiden analysointi oli ollut turhan työlästä ja aikaa vievää. Yhteen näyteämpäriin oli laitettu viisi rakokauhallista näytettä, joten se määrä vähennettiin kahteen rakokauhalliseen. Malmisyötteen määrä oli ollut hyvä, joten sitä otettiin edelleen sama määrä. Prosessihuoltajat olivat vaihtaneet yliteaukon: nyt

paikoillaan oleva aukko oli halkaisijaltaan 210 millimetriä. Taulukossa 4 on neljäs näytesarja, jossa aliteaukko oli alkuperäinen. Syötössä oleva malmikasa oli numero 8070 ja syöttötaso oli 830 tonnia tunnissa. Kasan purku oli aloitettu 9.9.2016 klo 23:25.

TAULUKKO 4. Neljäs näytesarja

Näyte	Näytteenottoaika (h:min)	Näytteen määrä	Kiertokuorma (%)
<b>Alite 1</b>	02:10	2 rakokauhaa	170
<b>Malmisyöte</b>	02:13	1 näyteämpäri	165
<b>Ylite 1</b>	02:19	2 näyteämpäriä	154
<b>Alite 2</b>	02:29	2 rakokauhaa	168
<b>Ylite 2</b>	02:39	2 näyteämpäriä	154
<b>Alite 3</b>	02:49	2 rakokauhaa	180
<b>Alite 4</b>	03:07	2 rakokauhaa	164
<b>Alite 5</b>	03:23	2 rakokauhaa	146

Näytteidenottoa jatkettiin samana iltana yövuorossa alkaen klo 22:49 näytesarjalla viisi. (TAULUKKO 5). Yliteaukko oli edelleen halkaisijaltaan 210 millimetriä, aliteaukoksi vaihdettiin 140 millimetrin aukko ja syötössä oli sama malmikasa, kuin näytesarjassa neljä.

TAULUKKO 5. Viides näytesarja

Näyte	Näytteenottoaika (h:min)	Näytteen määrä	Kiertokuorma (%)
<b>Alite 1</b>	22:49	2 rakokauhaa	146
<b>Malmisyöte</b>	22:54	1 näyteämpäri	166
<b>Ylite 1</b>	23:04	2 näyteämpäriä	172
<b>Alite 2</b>	23:10	2 rakokauhaa	183
<b>Ylite 2</b>	23:22	2 näyteämpäriä	162
<b>Alite 3</b>	23:27	2 rakokauhaa	171
<b>Alite 4</b>	23:44	2 rakokauhaa	175
<b>Alite 5</b>	23:59	2 rakokauhaa	185



Viimeinen näytesarja otettiin 11.9.2016 iltavuorossa. Taulukossa 6 ilmenevät näytesarjan tiedot edellisten näytesarjojen tapaan. Syötössä oli malmikasa numero 8071, sen purku oli aloitettu 11.9.2016 klo 2:59 ja syöttötaso oli 810 tonnia tunnissa. Aliteaukkona oli halkaisijaltaan 100 millimetrin aukko ja yliteaukkona toimi edelleen 210 millimetrin yliteaukko.

TAULUKKO 6. Kuudes näytesarja

<b>Näyte</b>	<b>Näytteenottoaika (h:min)</b>	<b>Näytteen määrä</b>	<b>Kiertokuorma (%)</b>
<b>Alite 1</b>	14:42	2 rakokauhaa	179
<b>Malmisyöte</b>	14:45	1 näyteämpäri	182
<b>Ylite 1</b>	14:53	2 näyteämpäriä	174
<b>Alite 2</b>	15:03	2 rakokauhaa	193
<b>Ylite 2</b>	15:11	2 näyteämpäriä	186
<b>Alite 3</b>	15:26	2 rakokauhaa	162
<b>Alite 4</b>	15:45	2 rakokauhaa	162
<b>Alite 5</b>	16:01	2 rakokauhaa	160

Näytesarjan ottamisen jälkeen alkuperäinen aliteaukko laitettiin paikoilleen ja näytteiden ottaminen päätettiin tähän.

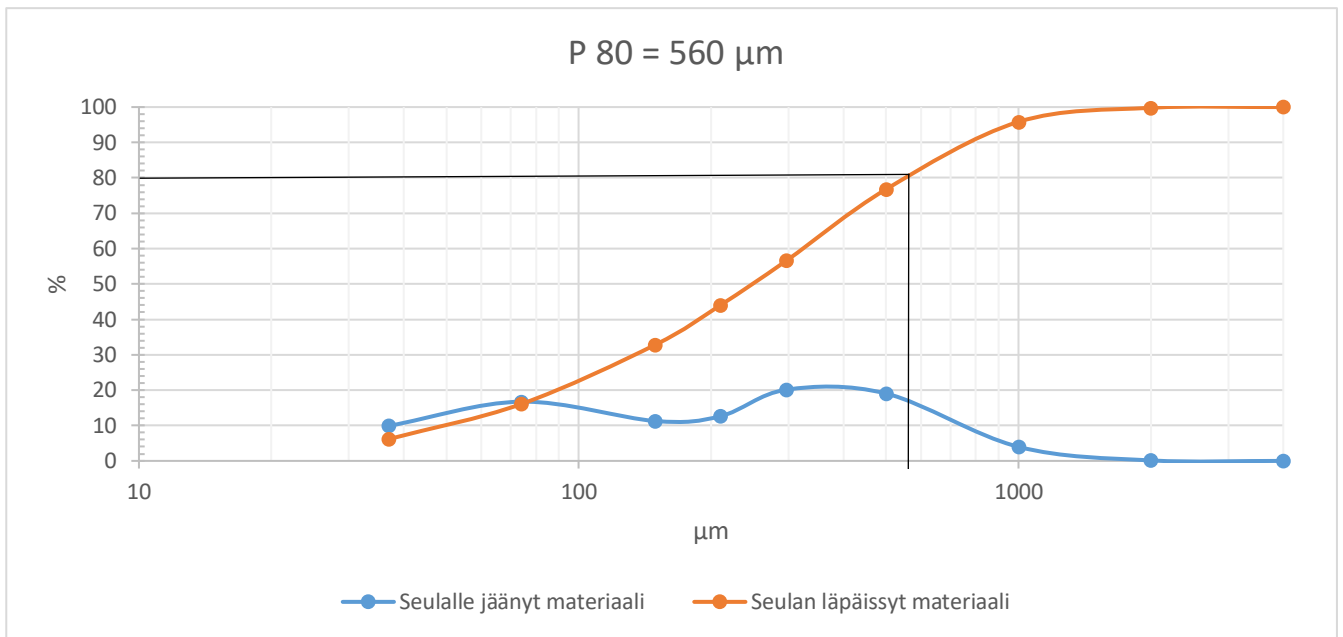
## 5 TULOKSET

Laboratoriosta saatiin 20.9.2016 tulokset kaikista näytesarjoista (LIITE 1–6). Jokaisesta näytteestä on otettu kiintoainepitoisuus prosentteina. Lisäksi alitenäytteistä on otettu seula-analyysi seulasarjalla numero 1, ylitenäytteistä otettu seula-analyysi on tehty seulasarjalla numero 5 ja malmisyötenäytteestä otettu seula-analyysi on tehty seulasarjalla numero 2. Seula-analyysi on raekoon määritysmenetelmä. Käytettyjen seulasarjojen seula-aukkojen koko mikrometreinä ( $\mu\text{m}$ ) ilmenee taulukoista 7–24, joissa esitetään näytteiden raekokojakaumat. Alimpana olevan seulan (-37) tulos tarkoittaa 37 mikrometrin seulasta läpäisyyttä materiaalia. Samoista taulukoista ilmenee seulan läpäisseen näytteen määrä prosentteina (-%) ja seulalle jäänyt näyte prosentteina (+%).

Kuvioissa 1–18 on esitetty seula-analyysit graafisesti seulakuvaajien avulla ja merkitty kuvioihin P 80–läpäisy. P 80–läpäisy tarkoittaa raekoon 80 %:n läpäisyä tietyssä koossa. Kuvioissa x-akselille on merkitty logaritmisesti raekoot ja y-akselille rakeiden prosenttiosuudet. Seulan läpäissyt materiaali kuvataan integraalikuvaajalla ja seulalle jäänyt materiaali differentiaalikuvaajalla.

TAULUKKO 7. Ensimmäisen näytesarjan alitteiden keskiarvot

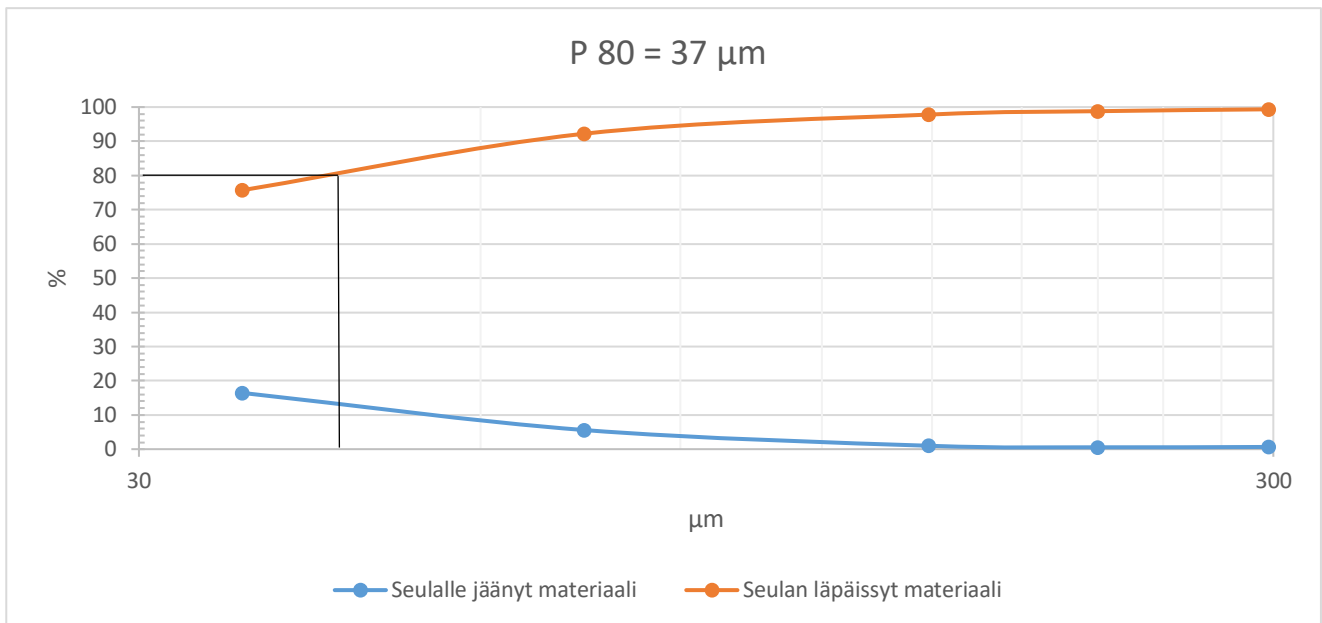
<b>Kiintoainepitoisuus 58,64 %</b>		
<b>Aliteaukko <math>\varnothing</math> 129 mm/yliteaukko <math>\varnothing</math> 195 mm</b>		
<b>Seula (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>+%</b>	<b>-%</b>
4000	0	100
2000	0,14	99,8
1000	3,98	95,82
500	19,04	76,77
297	20,14	56,64
210	12,62	44,02
149	11,28	32,77
74	16,74	16,07
37	9,9	6,17
-37	6,18	



KUVIO 1. Ensimmäisen näytesarjan alitteiden kuvaajat ja P 80-läpäisy

TAULUKKO 8. Ensimmäisen näytesarjan ylitteiden keskiarvot

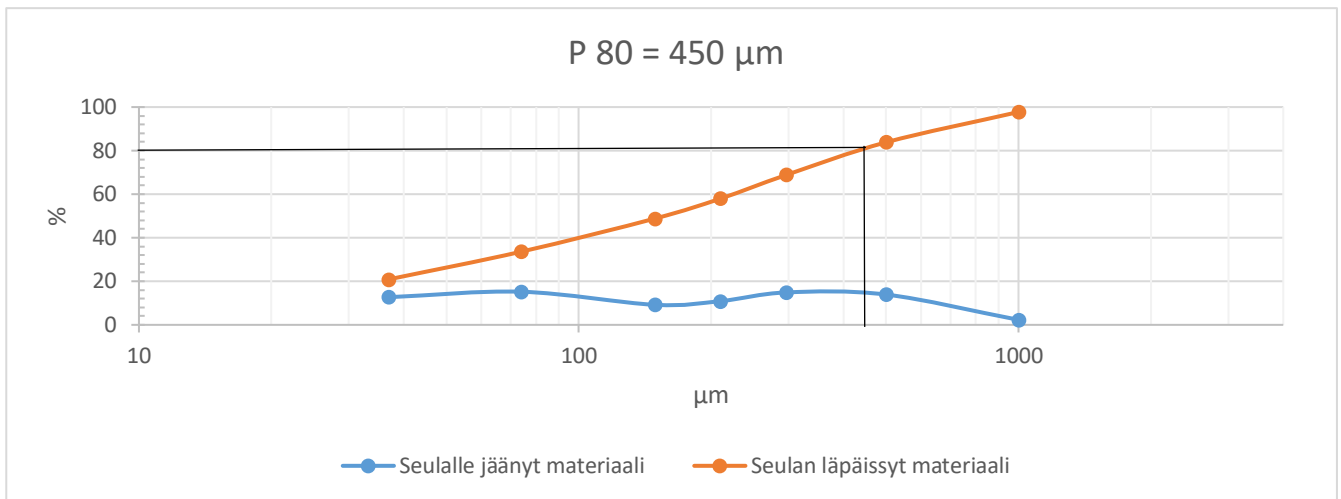
Kiintoainepitoisuus 5,65 %		
Aliteaukko $\varnothing$ 129 mm/yliteaukko $\varnothing$ 195 mm		
Seula ( $\mu\text{m}$ )	+%	-%
297	0,65	99,35
210	0,55	98,8
149	1	97,8
74	5,6	92,2
37	16,45	75,7
-37	75,7	



KUVIO 2. Ensimmäisen näytesarjan ylitteiden kuvaajat ja P 80-läpäisy

TAULUKKO 9. Ensimmäisen näytesarjan malmisyötetulokset

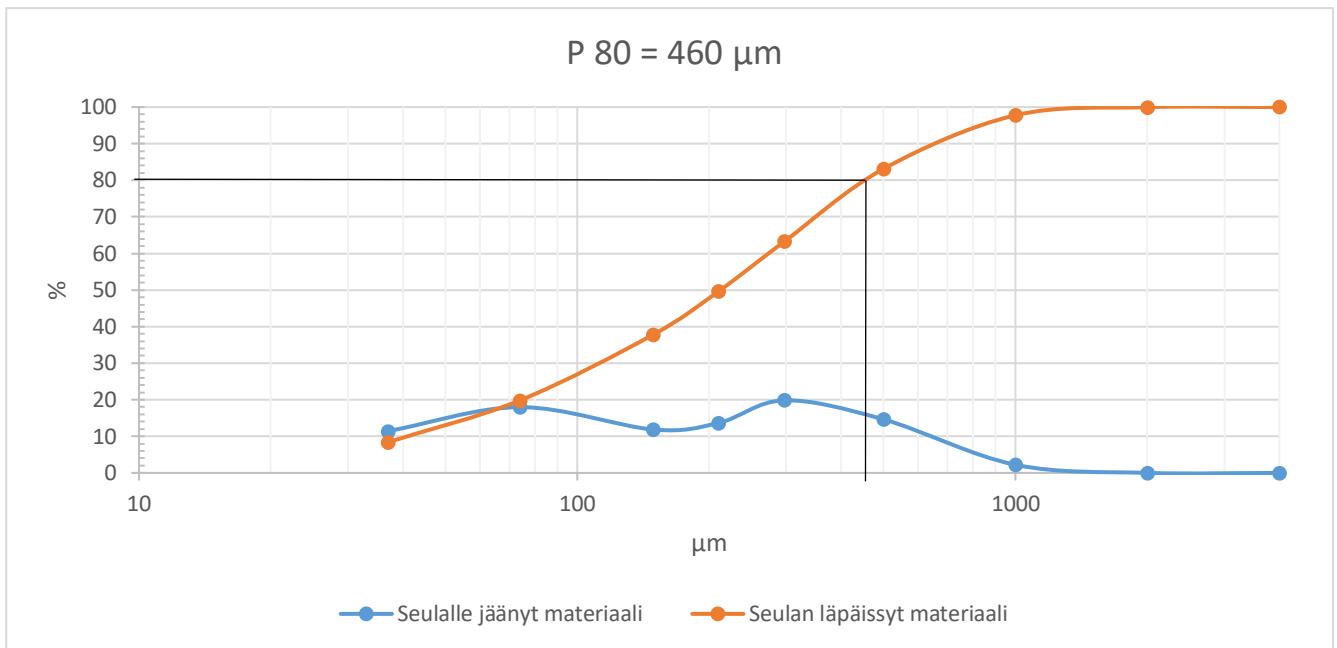
Kiintoainepitoisuus 20,7 %		
Aliteaukko $\varnothing$ 129 mm/yliteaukko $\varnothing$ 195 mm		
Seula (µm)	+%	-%
1000	2,3	97,73
500	13,9	83,83
297	14,9	68,89
210	10,9	57,96
149	9,2	48,81
74	15,2	33,6
37	12,7	20,9
-37	20,9	



KUVIO 3. Ensimmäisen näytesarjan malmisyötteen kuvaajat ja P 80-läpäisy

TAULUKKO 10. Toisen näytesarjan alitteiden keskiarvot

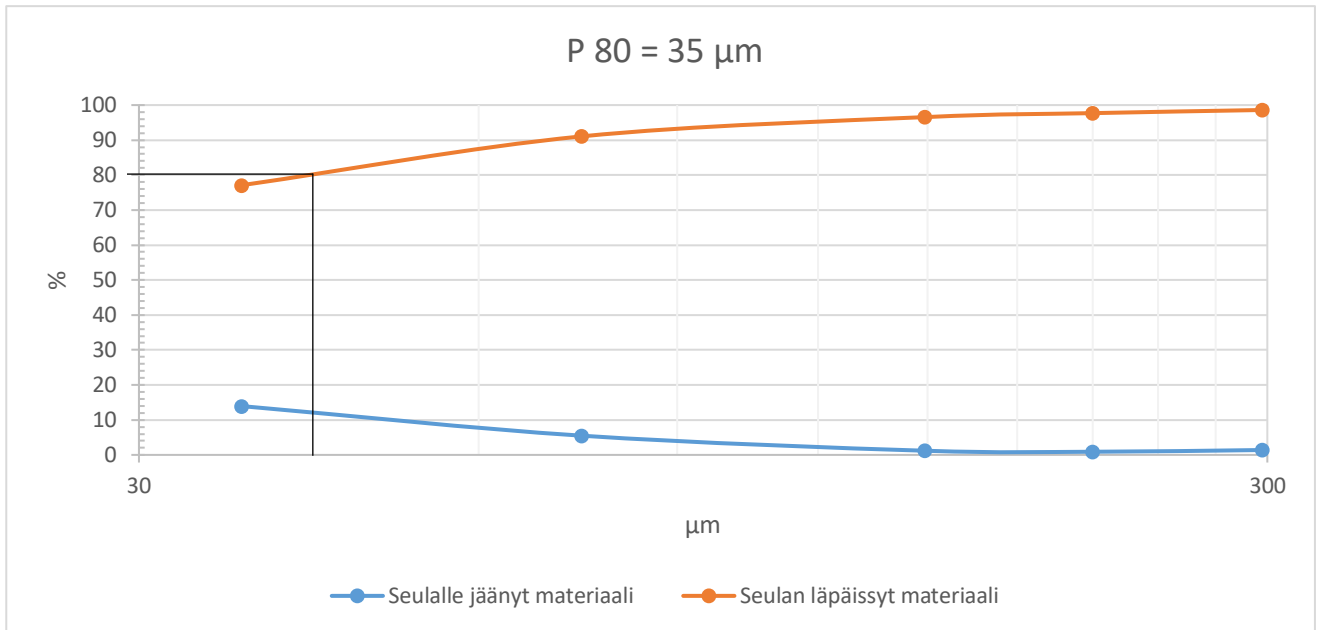
Kiintoainepitoisuus 45,36 %		
Aliteaukko $\varnothing$ 140 mm/yliteaukko $\varnothing$ 195 mm		
Seula (µm)	+%	-%
4000	0	100
2000	0	99,97
1000	2,22	97,76
500	14,64	83,11
297	19,84	63,25
210	13,64	49,61
149	11,86	37,78
74	17,98	19,82
37	11,42	8,39
-37	8,4	



KUVIO 4. Toisen näytesarjan alitteiden kuvaajat ja P 80-läpäisy

TAULUKKO 11. Toisen näytesarjan ylitteiden keskiarvot

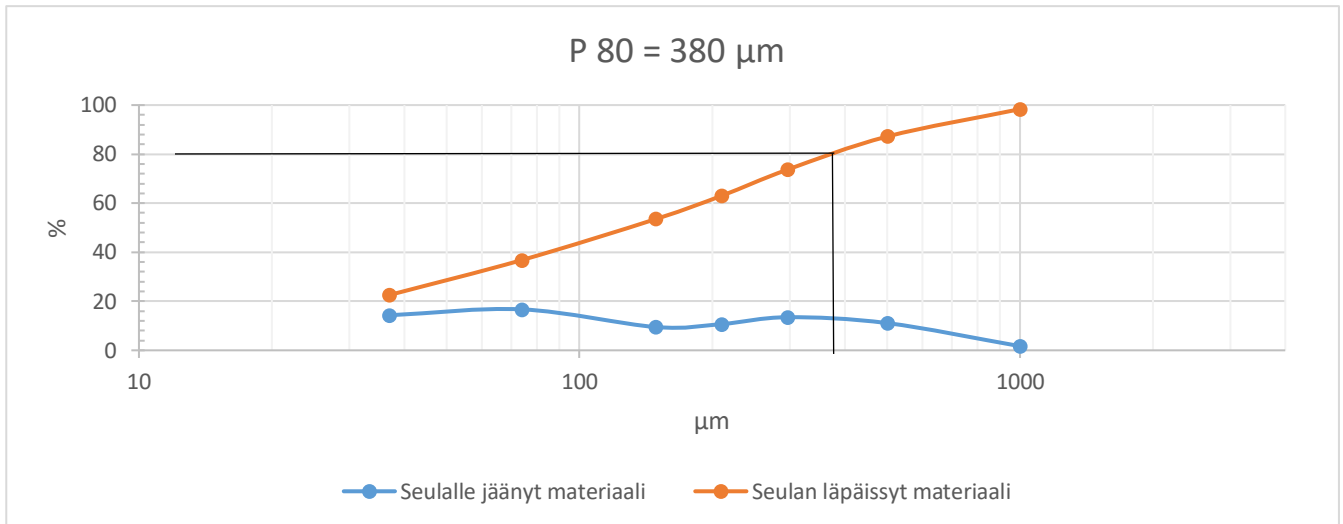
<b>Kiintoainepitoisuus 4,85 %</b>		
<b>Aliteaukko <math>\varnothing</math> 140 mm/yliteaukko <math>\varnothing</math> 195 mm</b>		
<b>Seula (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>+%</b>	<b>-%</b>
297	1,4	98,6
210	0,9	97,7
149	1,2	96,55
74	5,5	91,05
37	13,95	77,1
-37	77,1	



KUVIO 5. Toisen näytesarjan ylitteiden kuvaajat ja P 80-läpäisy

TAULUKKO 12. Toisen näytesarjan malmisyötetulokset

Kiintoainepitoisuus 17,0 %		
Aliteaukko $\varnothing$ 140 mm/yliteaukko $\varnothing$ 195 mm		
Seula (µm)	+%	-%
1000	1,7	98,35
500	11,1	87,2
297	13,5	73,72
210	10,7	63
149	9,5	53,52
74	16,7	36,81
37	14,3	22,54
-37	22,5	

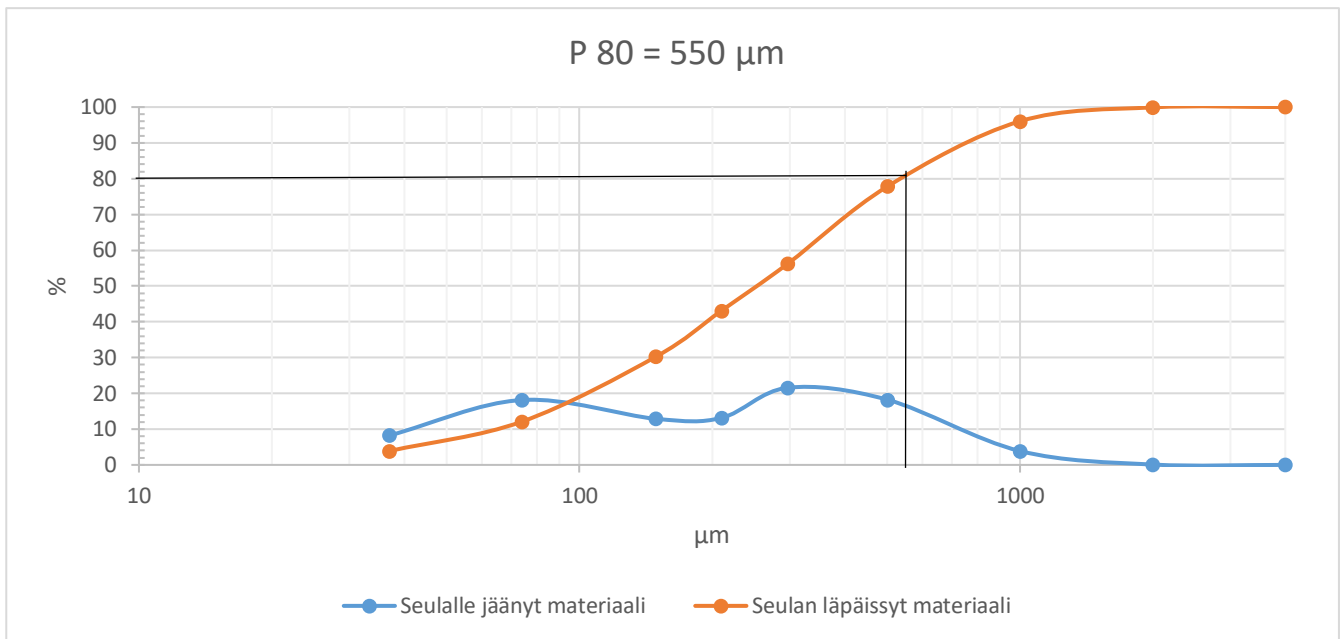


KUVIO 6. Toisen näytesarjan malmisyötekuvaajat ja P 80-läpäisy

TAULUKKO 13. Kolmannen näytesarjan alitteiden keskiarvot

Kiintoainepitoisuus 63,1 %		
Aliteaukko $\varnothing$ 100 mm/yliteaukko $\varnothing$ 195 mm		
Seula ( $\mu\text{m}$ )	+%	-%
4000	0	100
2000	0,1	99,92
1000	3,88	96,04
500	18,22	77,81
297	21,56	56,23
210	13,14	43,09
149	12,88	30,22
74	18,14	12,09
37	8,22	3,87
-37	3,86	

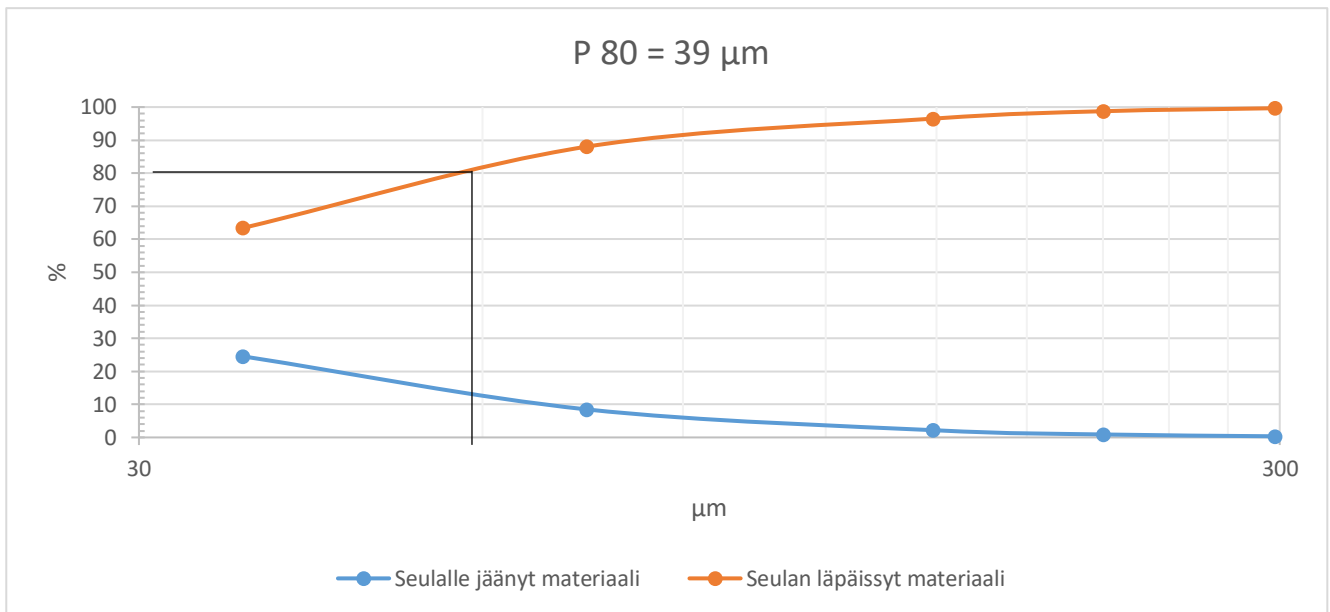




KUVIO 7. Kolmannen näytesarjan alitteiden kuvaajat ja P 80-läpäisy

TAULUKKO 14. Kolmannen näytesarjan ylitteiden keskiarvot

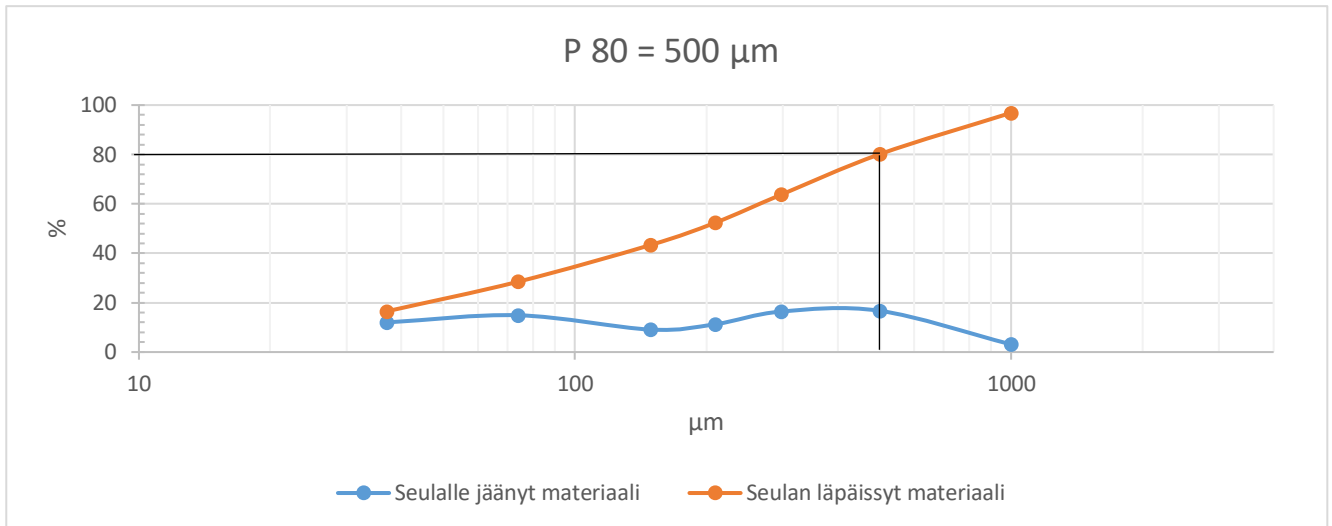
Kiintoainepitoisuus 6,05 %		
Aliteaukko $\varnothing$ 100 mm/yliteaukko $\varnothing$ 195 mm		
Seula ( $\mu\text{m}$ )	+%	-%
297	0,35	99,65
210	0,9	98,75
149	2,2	96,5
74	8,5	88
37	24,55	63,4
-37	63,4	



KUVIO 8. Kolmannen näytesarjan ylitteiden kuvaajat ja P 80-läpäisy

TAULUKKO 15. Kolmannen näytesarjan malmisyötetulokset

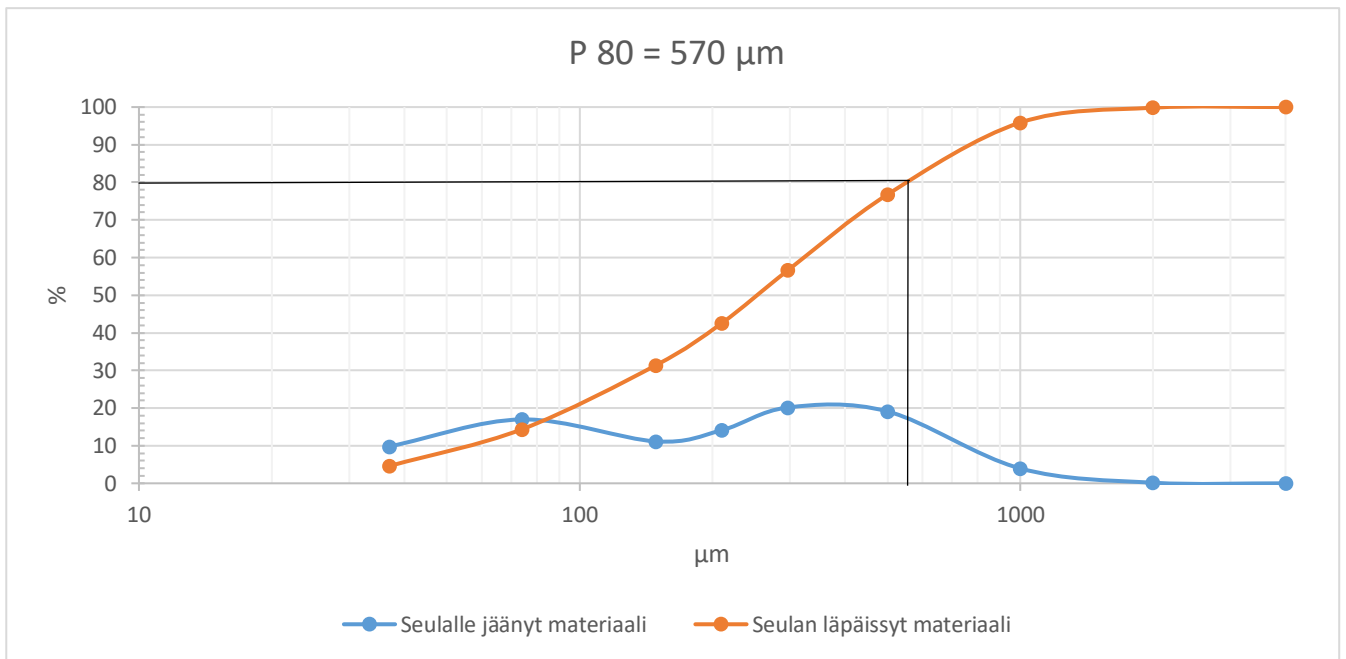
Kiintoainepitoisuus 20,1 %		
Aliteaukko $\varnothing$ 100 mm/yliteaukko $\varnothing$ 195 mm		
Seula (μm)	+%	-%
1000	3,1	96,86
500	16,7	80,13
297	16,4	63,73
210	11,3	52,43
149	9,1	43,35
74	14,9	28,47
37	12	16,49
-37	16,5	



KUVIO 9. Kolmannen näytesarjan malmisyötteen kuvaajat ja P 80-läpäisy

TAULUKKO 16. Neljännen näytesarjan alitteiden keskiarvot

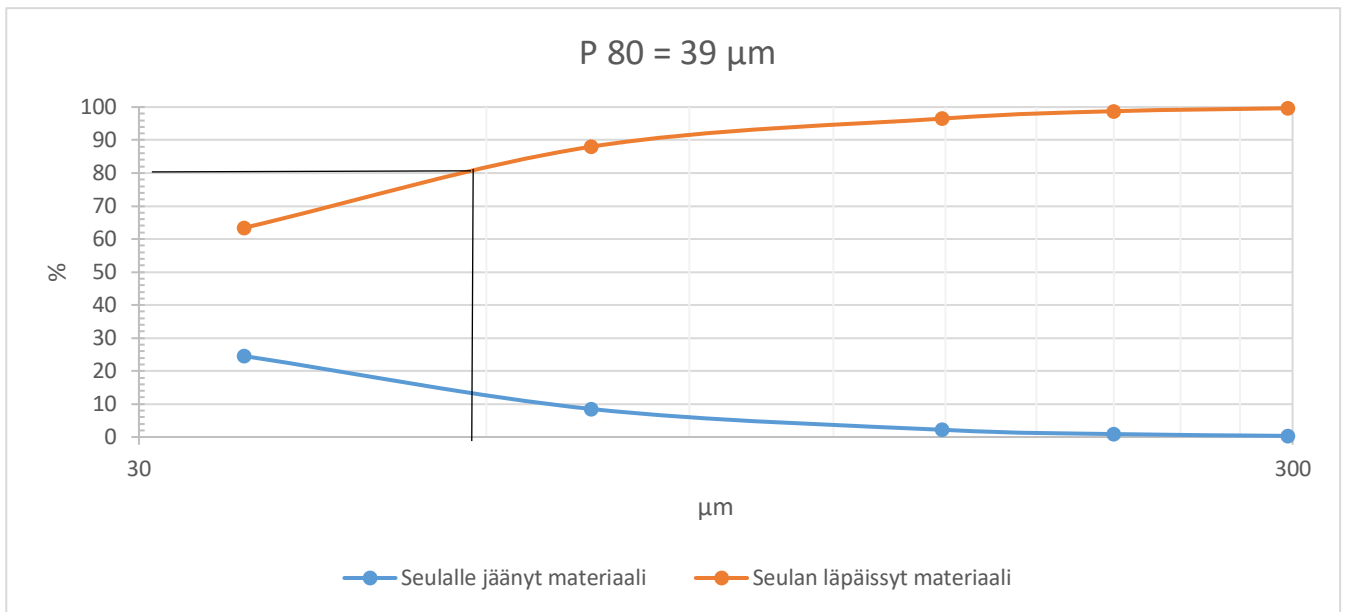
Kiintoainepitoisuus 60,38 %		
Aliteaukko $\varnothing$ 129 mm/yliteaukko $\varnothing$ 210 mm		
Seula ( $\mu\text{m}$ )	+%	-%
4000	0	100
2000	0,16	99,83
1000	3,96	95,88
500	19,1	76,77
297	20,16	56,62
210	14,1	42,53
149	11,14	31,38
74	16,98	14,37
37	9,8	4,59
-37	4,6	



KUVIO 10. Neljännen näytesarjan alitteiden kuvaajat ja P 80-läpäisy

TAULUKKO 17. Neljännen näytesarjan ylitteiden keskiarvot

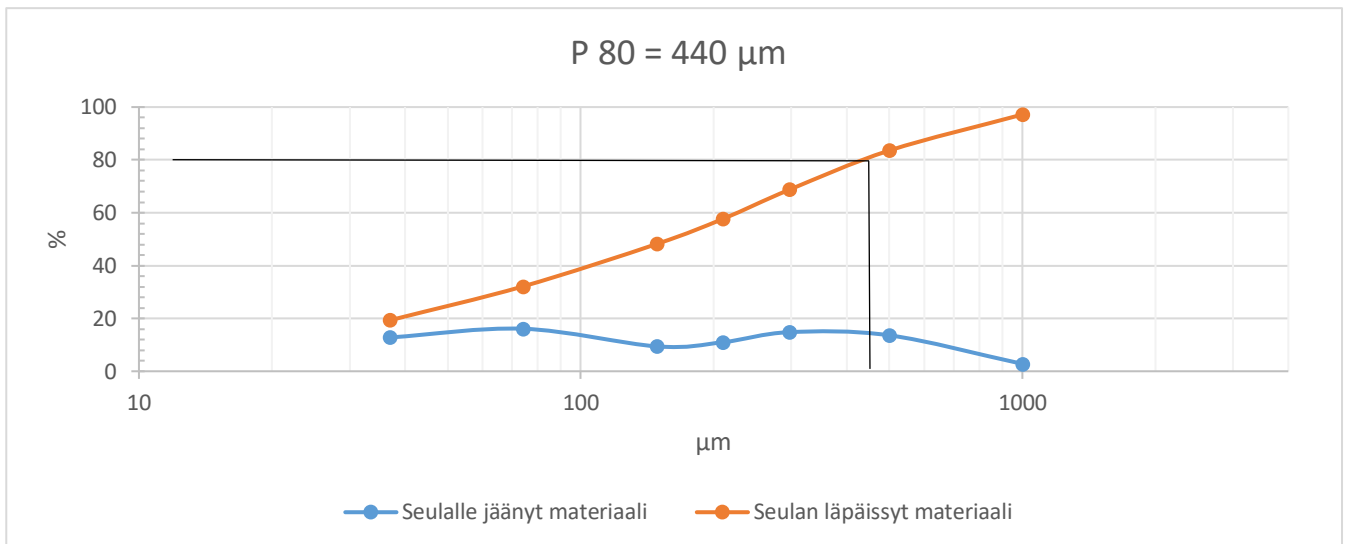
<b>Kiintoainepitoisuus 6,05 %</b>		
<b>Aliteaukko <math>\varnothing</math> 129 mm/yliteaukko <math>\varnothing</math> 210 mm</b>		
<b>Seula (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>+%</b>	<b>-%</b>
297	0,35	99,65
210	0,9	98,75
149	2,2	96,5
74	8,5	88
37	24,55	63,4
-37	63,4	



KUVIO 11 Neljännen näytesarjan ylitteiden kuvaajat ja P 80-läpäisy

TAULUKKO 18. Neljännen näytesarjan malmisyötetulokset

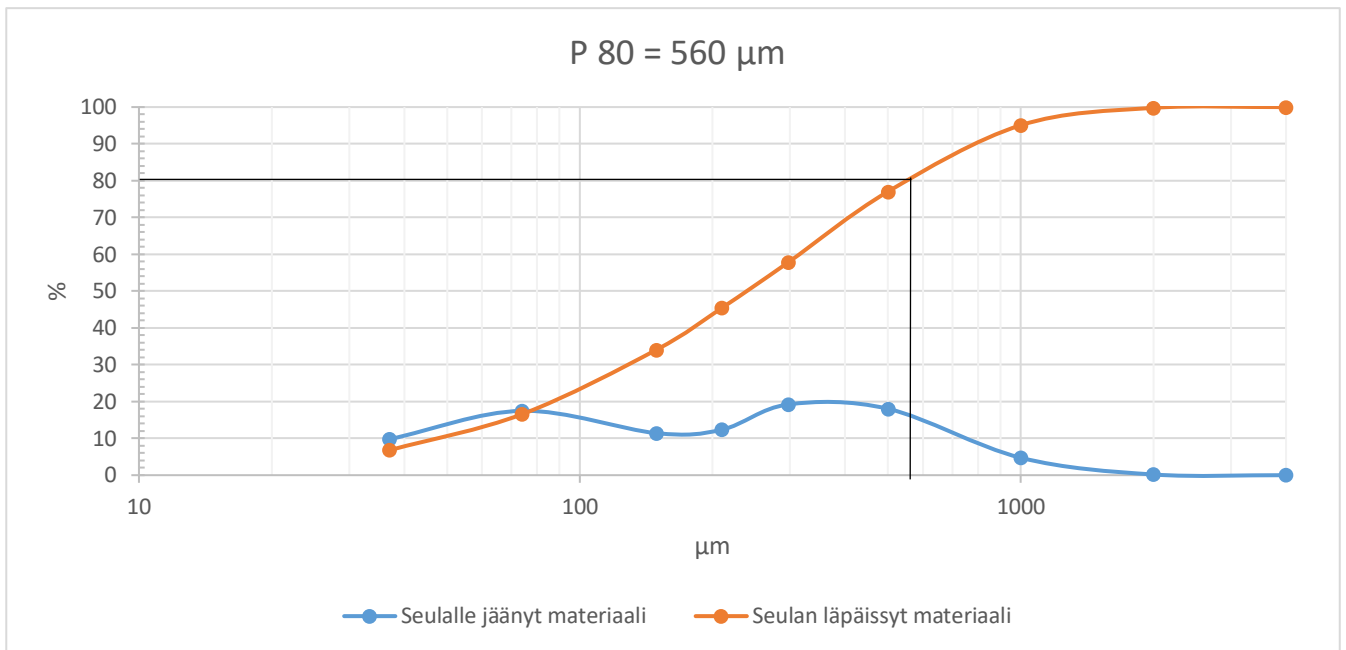
<b>Kiintoainepitoisuus 18,3 %</b>		
<b>Aliteaukko <math>\approx</math> 129 mm/yliteaukko <math>\approx</math> 210 mm</b>		
<b>Seula (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>+%</b>	<b>-%</b>
1000	2,8	97,18
500	13,6	83,57
297	14,8	68,74
210	11	57,69
149	9,4	48,24
74	16,1	32,11
37	12,8	19,31
-37	19,3	



KUVIO 12. Neljännen näytesarjan malmisyötekuvaajat ja P 80-läpäisy

TAULUKKO 19. Viidennen näytesarjan alitetuloksien keskiarvot

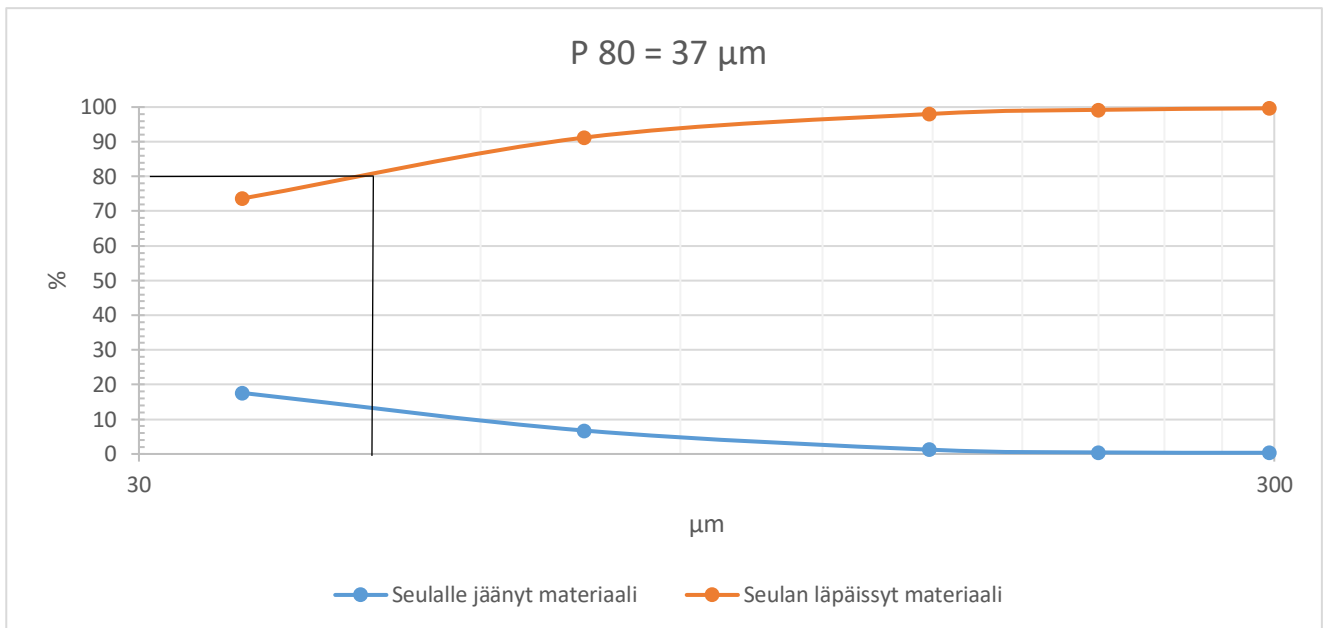
<b>Kiintoainepitoisuus 48,34 %</b>		
<b>Aliteaukko <math>\approx</math> 140 mm/yliteaukko <math>\approx</math> 210 mm</b>		
<b>Seula (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>+%</b>	<b>-%</b>
4000	0	99,99
2000	0,18	99,79
1000	4,74	95,06
500	18,04	77,03
297	19,22	57,81
210	12,36	45,44
149	11,42	34,03
74	17,48	16,57
37	9,78	6,78
-37	6,8	



KUVIO 13. Viidennen näytesarjan alitteiden kuvaajat ja P 80-läpäisy

TAULUKKO 20. Viidennen näytesarjan ylitteiden keskiarvot

Kiintoainepitoisuus 4,95 %		
Aliteaukko $\varnothing$ 129 mm/yliteaukko $\varnothing$ 210 mm		
Seula ( $\mu\text{m}$ )	+%	-%
297	0,35	99,65
210	0,45	99,2
149	1,25	98
74	6,75	91,2
37	17,6	73,65
-37	73,65	

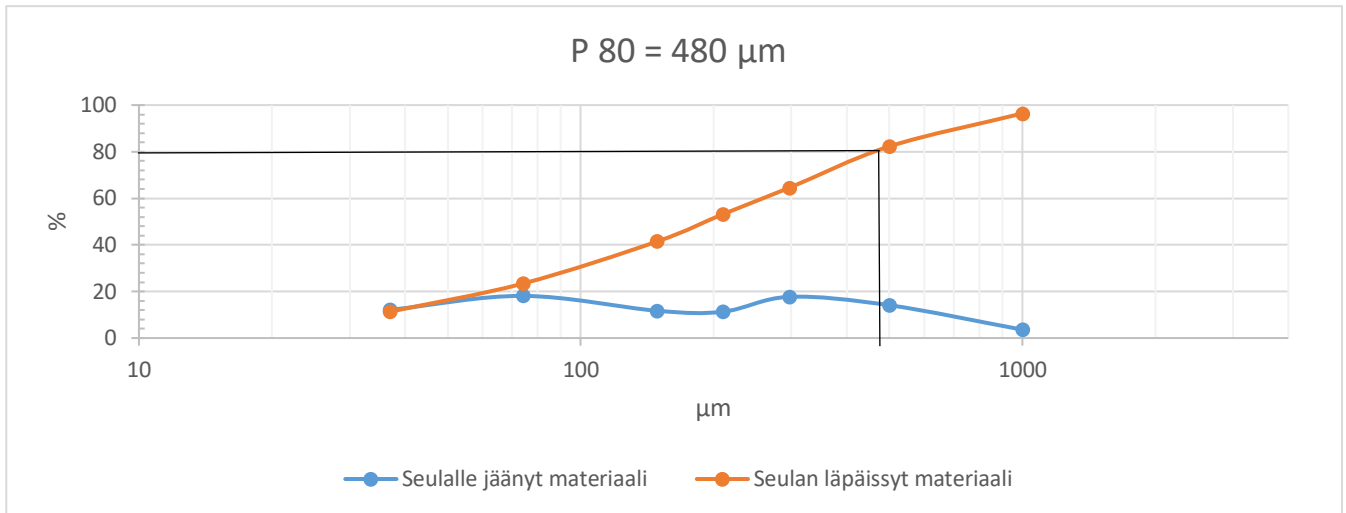


KUVIO 14. Viidennen näytesarjan ylitteiden kuvaajat ja P 80-läpäisy

TAULUKKO 21. Viidennen näytesarjan malmisyötetulokset

<b>Kiintoainepitoisuus 17,7 %</b>		
<b>Aliteaukko ≈ 140 mm/yliteaukko ≈ 210 mm</b>		
<b>Seula (µm)</b>	<b>+%</b>	<b>-%</b>
1000	3,6	96,4
500	14,1	82,26
297	17,7	64,53
210	11,3	53,18
149	11,7	41,46
74	18,1	23,38
37	12,1	11,3
-37	11,3	

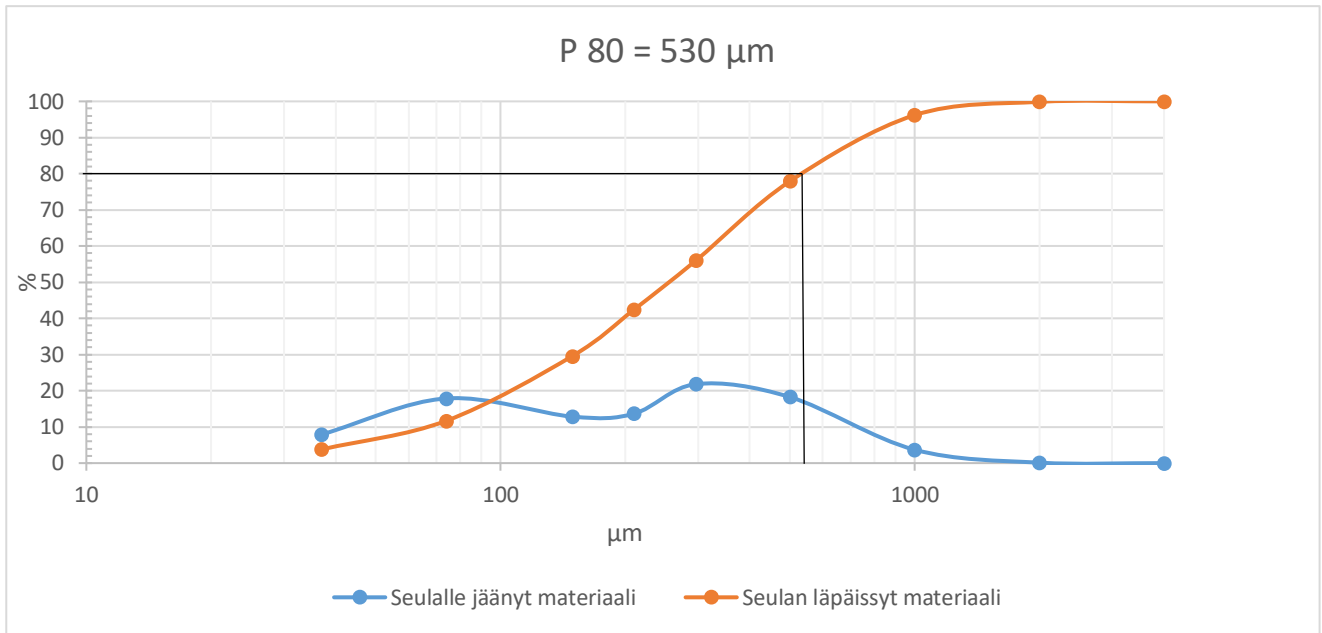




KUVIO 15. Viidennen näytesarjan malmisyötteen kuvaajat ja P 80-läpäisy

TAULUKKO 22. Kuudennen näytesarjan alitteiden keskiarvot

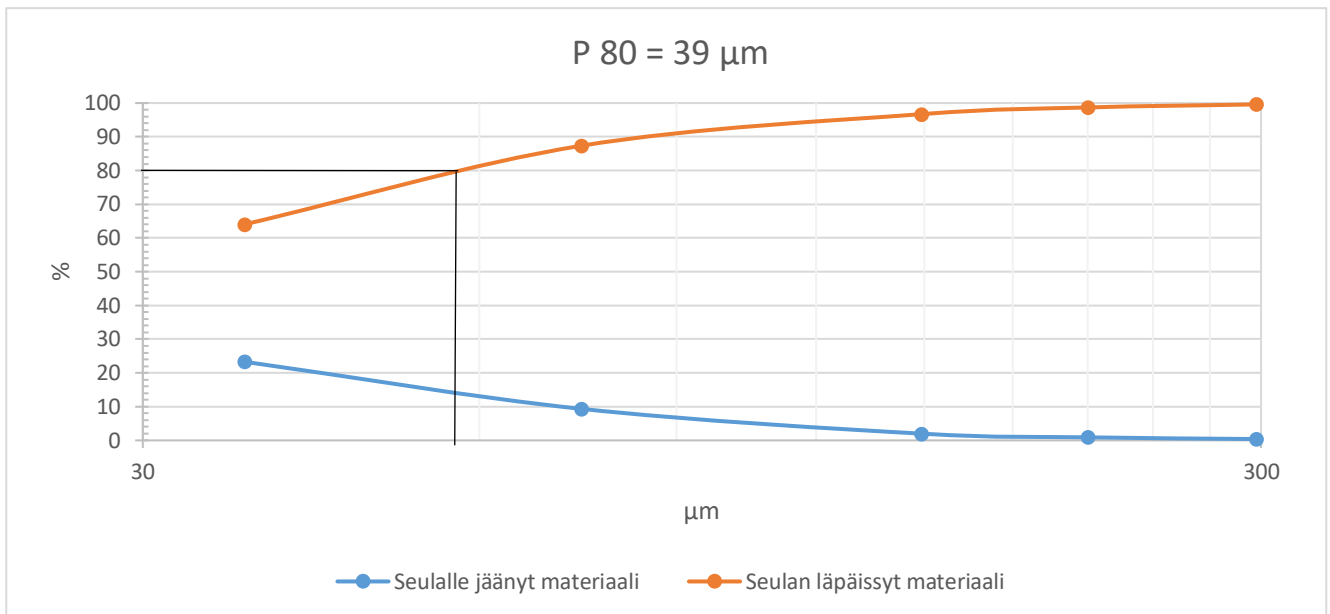
<b>Kiintoainepitoisuus 63,34 %</b>		
<b>Aliteaukko <math>\approx</math> 100 mm/yliteaukko <math>\approx</math> 210 mm</b>		
<b>Seula (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>+%</b>	<b>-%</b>
4000	0	100
2000	0,12	99,87
1000	3,7	96,19
500	18,26	77,93
297	21,84	56,09
210	13,66	42,42
149	12,84	29,57
74	17,88	11,7
37	7,92	3,78
-37	3,78	



KUVIO 16. Kuudennen näytesarjan alitteiden kuvaajat ja P 80-läpäisy

TAULUKKO 23. Kuudennen näytesarjan ylitteiden keskiarvot

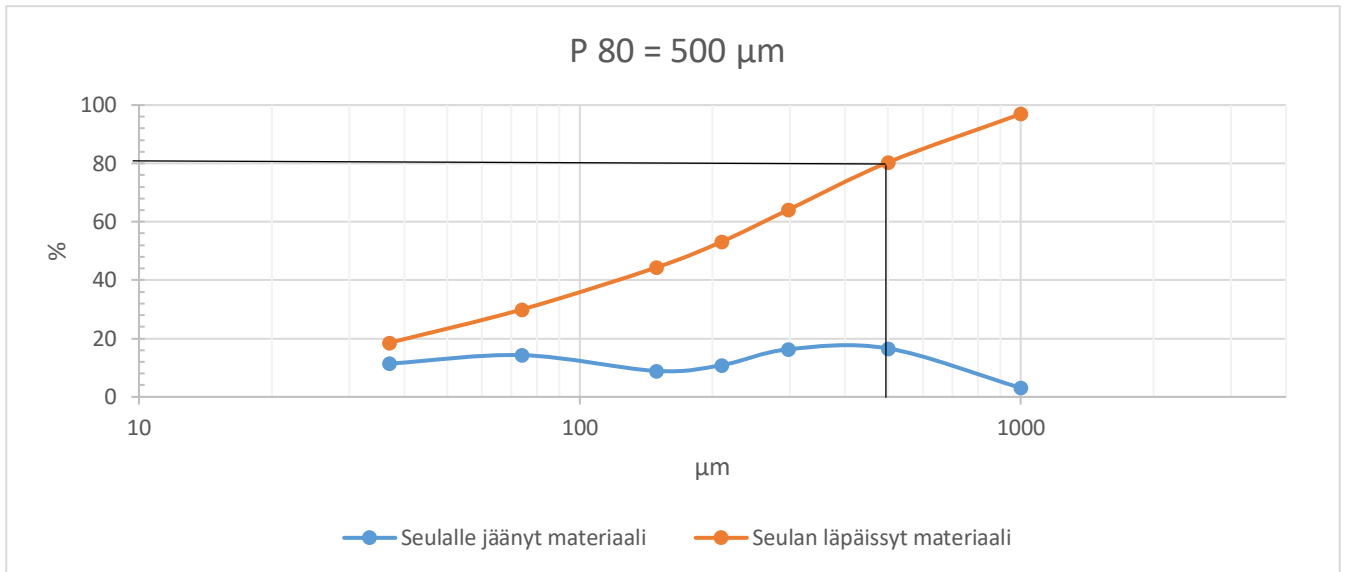
Kiintoainepitoisuus 6,50 %		
Aliteaukko $\varnothing$ 100 mm/yliteaukko $\varnothing$ 210 mm		
Seula ( $\mu\text{m}$ )	+%	-%
297	0,4	99,6
210	0,9	98,7
149	2	96,7
74	9,35	87,35
37	23,3	64,05
-37	64,05	



KUVIO 17. Kuudennen näytesarjan ylitteiden kuvaajat ja P 80-läpäisy

TAULUKKO 24. Kuudennen näytesarjan malmisyötteen tulokset

<b>Kiintoainepitoisuus 20,0 %</b>		
<b>Aliteaukko ≈ 100 mm/yliteaukko ≈ 210 mm</b>		
<b>Seula (µm)</b>	<b>+%</b>	<b>-%</b>
1000	3,1	96,92
500	16,6	80,36
297	16,3	64,1
210	10,9	53,21
149	8,9	44,33
74	14,3	29,99
37	11,4	18,54
-37	18,5	



KUVIO 18 Kuudennen näytesarjan malmisyötteen kuvaajat ja P 80-läpäisy

## 6 TULOSTEN TARKASTELU

Tämä opinnäytetyö aloitettiin analysoimalla raekokojakauma lähtötasolla. Tulosten tarkastelussa täytyy ottaa huomioon se, että alkuperäinen aliteaukko ei ollut enää halkaisijaltaan 120 mm, vaan se oli kulunut 9 mm suuremmaksi. Tulosten tarkastelun aluksi tehtiin yhteenveto näytesarjoissa käytetyistä aukko yhdistelmistä, syöttötasosta ja syklonipatteriston painevälistä (Taulukko 25).

TAULUKKO 25. Näytesarjojen yhteenveto

Näytesarja	Aliteaukko (mm)	Yliteaukko (mm)	Syöttötaso (tn/h)	Paineväli (kPa)
1.	129	195	830	90
2.	140	195	780	85 - 92
3.	100	195	800	90
4.	129	210	830	92
5.	140	210	830	87 - 90
6.	100	210	810 - 820	85 - 91

Yhteenvedosta voidaan havaita, ettei syöttötasoissa eikä syklonipatterin paineväleissä ole huomattavia eroja. Tämän vuoksi saatuja tuloksia voidaan pitää melko luotettavina ja vertailukelpoisina. Taulukoihin 26–31 on yhteenvedot P 80-läpäisyistä malmisyötteessä sekä alite- ja ylitevirroista.

TAULUKKO 26. Ensimmäisen näytesarjan P 80-läpäisy

Ensimmäinen näytesarja	P 80
Näyte	µm
malmisyöte	450
alite	560
ylite	37

TAULUKKO 27. Toisen näytesarjan P 80-läpäisy

Toinen näytesarja	P 80
Näyte	µm
malmisyöte	380
alite	460
ylite	35

TAULUKKO 28. Kolmannen näytesarjan P 80-läpäisy

<b>Kolmas näytesarja</b>	<b>P 80</b>
<b>Näyte</b>	<b>µm</b>
malmisyöte	500
alite	550
ylite	39

TAULUKKO 29. Neljännen näytesarjan P 80-läpäisy

<b>Neljäs näytesarja</b>	<b>P 80</b>
<b>Näyte</b>	<b>µm</b>
malmisyöte	440
alite	570
ylite	39

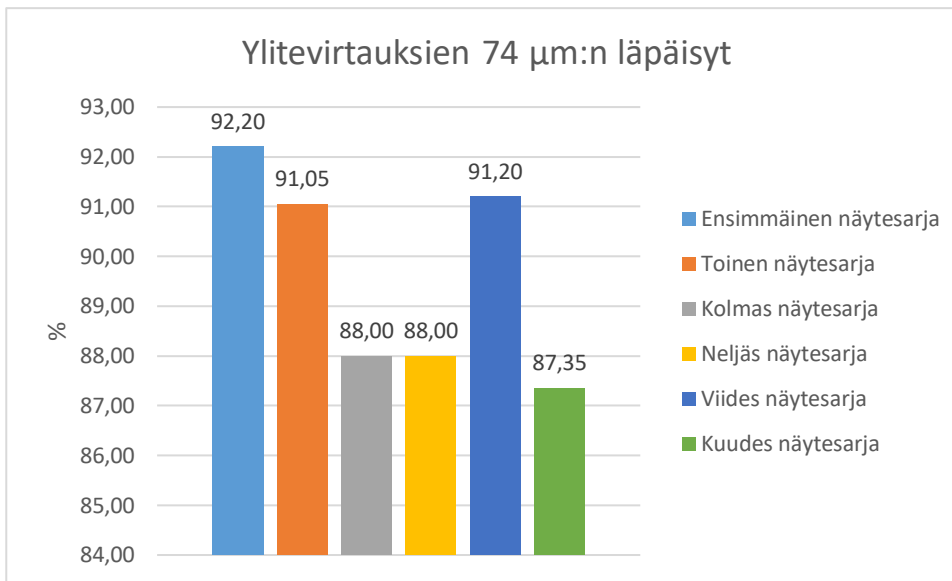
TAULUKKO 30. Viidennen näytesarjan P 80-läpäisy

<b>Viides näytesarja</b>	<b>P 80</b>
<b>Näyte</b>	<b>µm</b>
malmisyöte	480
alite	560
ylite	37

TAULUKKO 31. Kuudennen näytesarjan P 80-läpäisy

<b>Kuudes näytesarja</b>	<b>P 80</b>
<b>Näyte</b>	<b>µm</b>
malmisyöte	500
alite	530
ylite	39

Työn tavoitteena oli löytää ratkaisu, jossa ylittevirtauksen raekoko olisi 95–100 % alle 74 µm. Näillä vaihtoehdoilla tavoitteeseen ei aivan päästy (KUVIO 19), mutta toisen näytesarjan aukkoyhdistelmällä saatiin raekokojakaumaltaan hienointa ylitettä, P 80-läpäisy oli 35 µm. Tuloksia voidaan pitää kohtuullisen luotettavina, koska näytteenotossa toimi koko ajan sama henkilö, käytettiin samaa rakokauhaa ja laboratoriosta saatiin jokaisesta näytteestä onnistunut analysointi. Suunnitelman mukaisesti näytteet otettiin kasan keskeltä, jossa malmin lajittuminen oli vähäisempää.



KUVIO 19. Yhteenveto ylitevirtauksien 74 µm:n läpäisyprosentteista

## 7 POHDINTA, YHTEENVETO JA JATKOTOIMENPITEET

Tämän työn kokeellinen osuus onnistui varsin nopealla aikataululla, 27.8.2016–11.9.2016. Työn kirjallisen suorituksen osuus puolestaan venyi tarpeettoman pitkäksi opiskelujen loppuvaiheiden, vuorotyön ja henkilökohtaisten esteiden vuoksi. Siitä huolimatta, että työskentelyssä olisi ollut parannettavaakin, lopputulokseen ollaan tyytyväisiä. Jos tämä työ haluttaisiin tehdä toisin, niin ensin näytteenottosuunnitelma ja kokeellinen osuus sekä kirjoitusosuus heti perään. Lisäksi työhön keskityttäisiin koko ajan täysipäiväisesti.

Työtä aloitettaessa huomattiin alkuperäisten aliteaukkojen kuluneen. Jatkotoimenpiteenä suositellaan, että kuluvat aliteaukot tarkistettaisiin syysseisokissa ja niitä vaihdettaisiin uusiin tarpeen mukaan. Yliteaukoissa vastaavaa kulumista ei juurikaan tapahdu. Tämä johtuu ylitevirtauksen kiintoaineen huomattavasti pienemmästä raekoosta. Malmisyötteen P 80-läpäisystä huomaa, että malmi vaihtelee jonkin verran. Tulevaisuudessa mahdollisesti avattavien uusien louhosten malmista ei myöskään ole vielä tietoa, joten sekin on vielä tässä vaiheessa arvoitus. Mikäli halutaan tehdä lisää kokeita, suositellaan syklonin kanteen asennettavaa painemittaria. Nyt tehdyillä kokeilla saatiin selville koko syklonipatteriston paineväli, mutta ei vaihtoehtoisilla aukoilla olevan yksittäisen syklonin paineväliä.

Saatujen tulosten perusteella suositellaan asentamaan Jauhimo 2:n syklonipatteristoon näytesarjan 2 mukaiset aukot, eli 140 millimetrin aliteaukot ja 195 millimetrin yliteaukot. Samalla tulisi kokeilla, että voidaanko sulkea yksi sykloni ilman syöttötason alentamista ja raekokojakauman merkittävää muuttumista. Mikäli tämä ei onnistu, niin toisena vaihtoehtona esitetään kokonaan uutta syklonipatteristoa, jossa olisi useampi sykloni. Arvion mukaan nykyisen patteriston paikalle mahtuisi 14 – 15 syklonin patteristo. Näin yhden syklonin sulkeminen ei aiheuttaisi yhtä suurta muutosta kuin 12 syklonin patteristossa. Jälkimmäinen vaihtoehto olisi luonnollisesti kalliimpi ja aiheuttaisi lisää kokeita sekä suunnittelutyötä. Mikäli päädytään jälkimmäiseen vaihtoehtoon, sykloniksi suositellaan esimerkiksi Weir Cavex:a tai FLSmidth Krebs gMAX:a.



## LÄHTEET

- E.Hartikainen Oy. Nykyiset urakat. Saatavissa: <http://www.hartikainen.com/maarakennus/nykyiset-urakat/>. Viitattu 20.2.2017.
- Grönholm, S., Alviola, R., Kinnunen, K., Kojonen, K., Kärkkäinen, N & Mäkitie, H. 2010. Retkeilijän kiviopas. 3. painos. Helsinki: Mainostoimisto Avenue Oy.
- Geologian tutkimuskeskus. Pohjois-Savo–Apatiitti. Saatavissa: [www.gtk.fi/geologia/kiviharrastus/maakuntakivet/pohjois-savo.html](http://www.gtk.fi/geologia/kiviharrastus/maakuntakivet/pohjois-savo.html). Viitattu 11.02.2017.
- Historia. Kemiran vaiheita 1920–1994. Saatavissa: [www.kemira.com/fi/konserni/historia/sivut/default.aspx](http://www.kemira.com/fi/konserni/historia/sivut/default.aspx). Viitattu 10.02.2017.
- Hukki, R. 1964. Mineraalien hienonnus ja rikastus. Keuruu: Kustannusosakeyhtiö Otavan kirjapaino.
- Manninen, K. 2016. Yara investoi Suomeen: Euroopan isoin ”pastalaitos” Savoan. Saatavissa: [www.savonanomat.fi/talous/Yara-investoi-Suomeen-Euroopan-isoin-pastalaitos-Savoan/773999](http://www.savonanomat.fi/talous/Yara-investoi-Suomeen-Euroopan-isoin-pastalaitos-Savoan/773999). Viitattu 19.1.2017.
- Pihkala, J. 2013. Prosessitekniikka. Prosessiteollisuuden yksikkö- ja tuotantoprosessit. Tampere: Suomen Yliopistopaino Oy–Juvenes Print.
- Tietoa Yarasta. Saatavissa: [www.yara.fi/tietoa-yarasta/about-yara-local/](http://www.yara.fi/tietoa-yarasta/about-yara-local/). Viitattu 16.2.2017.
- Udd, P. 2017. Yara Suomi Oy:n Siilinjärven rikastamon prosessinohjaaja. Henkilökohtainen keskustelu. 15.4.2017.
- Yaran rikastehiekan käsittelylaitosinvestoinnilla merkittävä työllisyysvaikutus. 2016. Saatavissa: [news.cision.com/yara-suomi-oy/r/yaran-rikastushiekan-kasittelylaitosinvestoinnilla-merkittava-tyollisyysvaikutus,c2014611](http://news.cision.com/yara-suomi-oy/r/yaran-rikastushiekan-kasittelylaitosinvestoinnilla-merkittava-tyollisyysvaikutus,c2014611). Viitattu 16.2.2017.
- Yara Siilinjärvi. Facebook-sivu. Saatavissa <https://www.facebook.com/YaraSiilinjarvi/posts/989026211227668>. Viitattu 21.2.2017.
- Yara Suomen historia. Saatavissa: [www.yara.fi/tietoa-yarasta/about-yara-local/historia.aspx](http://www.yara.fi/tietoa-yarasta/about-yara-local/historia.aspx). Viitattu 12.1.2017.
- Yara Suomi Oy. 2016. Louhosjatkumon ympäristövaikutusten arviointiohjelma. Saatavissa: [www.ymparisto.fi/download/noname/%7B524F8CA8-42A7-4751-9F9D-3CFA142AA3DD%7D/122445](http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B524F8CA8-42A7-4751-9F9D-3CFA142AA3DD%7D/122445). Viitattu 09.02.2017.
- Yara Suomi Oy. 2016. Mine Presentation 2016, Yara Suomi Oy. Viitattu 9.2.2017.

























OTSAKE													
NÄYTE ALITE 3													
pvm 1.9.2016													
klo 2:42													
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	CO <sub>2</sub> %	SEULA µm	m , g	SEULA µm	+%	-%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> jak.-%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> läp.-%	CO <sub>2</sub> %	CO <sub>2</sub> jak.-%	CO <sub>2</sub> läp.-%	
		4000	0,0	4000	0,0	100,00	0,00	#####	#####	0,0	#####	#####	
		2000	0,1	2000	0,1	99,93	0,00	#####	#####	0,0	#####	#####	
		1000	7,7	1000	3,9	95,99	0,00	#####	#####	0,0	#####	#####	
		500	36,4	500	18,6	77,38	0,00	#####	#####	0,0	#####	#####	
		297	42,6	297	21,8	55,59	0,00	#####	#####	0,0	#####	#####	
		210	25,7	210	13,1	42,45	0,00	#####	#####	0,0	#####	#####	
		149	24,9	149	12,7	29,73	0,00	#####	#####	0,0	#####	#####	
		74	34,9	74	17,8	11,91	0,00	#####	#####	0,0	#####	#####	
		37	15,8	37	8,1	3,82	0,00	#####	#####	0,0	#####	#####	
		pohja	3,0	-37	3,8		0,00	#####		0,00	#####		
		liete	4,48		100,0		0,00	#####		0,00	#####		
			195,66										
Ro-Tap (total)			2638	leisnäyte P2O5%:									
Liete (total)			61,85										
Sanko+näyte			4426	Kiintoaine-%:			63,4						
Sanko			168,1										
OTSAKE													
NÄYTE ALITE 4													
pvm 1.9.2016													
klo 2:58													
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	CO <sub>2</sub> %	SEULA µm	m , g	SEULA µm	+%	-%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> jak.-%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> läp.-%	CO <sub>2</sub> %	CO <sub>2</sub> jak.-%	CO <sub>2</sub> läp.-%	
		4000	0,0	4000	0,0	100,00	0,00	#####	#####	0,0	#####	#####	
		2000	0,1	2000	0,1	99,95	0,00	#####	#####	0,0	#####	#####	
		1000	5,7	1000	3,6	96,37	0,00	#####	#####	0,0	#####	#####	
		500	27,3	500	17,2	79,13	0,00	#####	#####	0,0	#####	#####	
		297	33,8	297	21,3	57,80	0,00	#####	#####	0,0	#####	#####	
		210	21,2	210	13,4	44,43	0,00	#####	#####	0,0	#####	#####	
		149	21,0	149	13,3	31,15	0,00	#####	#####	0,0	#####	#####	
		74	29,7	74	18,8	12,38	0,00	#####	#####	0,0	#####	#####	
		37	13,4	37	8,5	3,92	0,00	#####	#####	0,0	#####	#####	
		pohja	2,5	-37	3,9		0,00	#####		0,00	#####		
		liete	3,67		100,0		0,00	#####		0,00	#####		
			158,24										
Ro-Tap (total)			2622	leisnäyte P2O5%:									
Liete (total)			62,17										
Sanko+näyte			4436	Kiintoaine-%:			62,9						
Sanko			167,1										

































OTSAKE													
NÄYTE ALITE 3													
pvm 11.9.2016													
klo 15:26													
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	CO <sub>2</sub> %	SEULA µm	m , g	SEULA µm	+%	-%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> jak.-%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> läp.-%	CO <sub>2</sub> %	CO <sub>2</sub> jak.-%	CO <sub>2</sub> läp.-%	
		4000	0,0	4000	0,0	100,00	0,00	#####	#####	0,0	#####	#####	
		2000	0,2	2000	0,1	99,86	0,00	#####	#####	0,0	#####	#####	
		1000	5,7	1000	3,7	96,19	0,00	#####	#####	0,0	#####	#####	
		500	26,6	500	17,2	79,00	0,00	#####	#####	0,0	#####	#####	
		297	34,3	297	22,1	56,87	0,00	#####	#####	0,0	#####	#####	
		210	21,4	210	13,8	43,03	0,00	#####	#####	0,0	#####	#####	
		149	20,7	149	13,4	29,65	0,00	#####	#####	0,0	#####	#####	
		74	28,1	74	18,2	11,50	0,00	#####	#####	0,0	#####	#####	
		37	11,9	37	7,7	3,81	0,00	#####	#####	0,0	#####	#####	
		pohja	2,5	-37	3,8		0,00	#####		0,00	#####		
		liete	3,40		100,0		0,00	#####		0,00	#####		
			154,80										
Ro-Tap (total)			1067	leisnäyte P2O5%:									
Liete (total)			24										
Sanko+näyte			1889	Kiintoaine-%:			63,4						
Sanko			167,4										
OTSAKE													
NÄYTE ALITE 4													
pvm 11.9.2016													
klo 15:45													
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	CO <sub>2</sub> %	SEULA µm	m , g	SEULA µm	+%	-%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> jak.-%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> läp.-%	CO <sub>2</sub> %	CO <sub>2</sub> jak.-%	CO <sub>2</sub> läp.-%	
		4000	0,0	4000	0,0	100,00	0,00	#####	#####	0,0	#####	#####	
		2000	0,3	2000	0,2	99,79	0,00	#####	#####	0,0	#####	#####	
		1000	5,9	1000	4,3	95,49	0,00	#####	#####	0,0	#####	#####	
		500	26,4	500	19,3	76,19	0,00	#####	#####	0,0	#####	#####	
		297	30,8	297	22,6	53,63	0,00	#####	#####	0,0	#####	#####	
		210	18,1	210	13,2	40,41	0,00	#####	#####	0,0	#####	#####	
		149	17,1	149	12,5	27,87	0,00	#####	#####	0,0	#####	#####	
		74	23,1	74	16,9	11,01	0,00	#####	#####	0,0	#####	#####	
		37	9,9	37	7,3	3,75	0,00	#####	#####	0,0	#####	#####	
		pohja	2,1	-37	3,8		0,00	#####		0,00	#####		
		liete	3,01		100,0		0,00	#####		0,00	#####		
			136,69										
Ro-Tap (total)			1078	leisnäyte P2O5%:									
Liete (total)			24,27										
Sanko+näyte			1906	Kiintoaine-%:			63,4						
Sanko			167,3										





