

Jenni Vehkalahti

NÄYTTEENOTTOPROSESSIN KEHITTÄMINEN

Insinöörityö
Kajaanin ammattikorkeakoulu
Tekniikan ja liikenteen ala
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Kevät 2008



**Kajaanin
ammattikorkeakoulu**

OPINNÄYTETYÖ TIIVISTELMÄ

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Tekijä(t) Jenni Vehkalahti	
Työn nimi Näytteenottoprosessin kehittäminen	
Vaihtoehtoiset ammattipinnot Virtuaalitekniikka Kunnossapito	Ohjaaja(t) Niilo Härkönen
	Toimeksiantaja Tommi Kähkönen, Mondo Minerals Oy
Aika 11.04.2008	Sivumäärä ja liitteet 62+4
<p>Tämä työ tehtiin Mondo Minerals Oy:n Sotkamon tuotantolaitokselle talvella 2007–2008. Työn tarkoituksena oli selvittää nykyisten näytteenottimien ja näytteenkäsittelymenetelmän luotettavuutta sekä kartoittaa markkinoilla olevia näytteenottimia ja niiden soveltuvuutta tehtaan tuotantoprosesseille ja kuivan talkkijauheen näytteenotolle.</p> <p>Työ aloitettiin perehtymällä näytteenoton teoriaan perusteellisesti, mikä oli myös tämän työn haastavin osio. Tämän jälkeen suunniteltiin, miten näytteenottimien ja näytteenkäsittelymenetelmän luotettavuutta mitattaisiin ja miten mittaukset toteutettaisiin.</p> <p>Mittaustulosten perusteella voitiin tehdä johtopäätöksiä siitä, minkä prosessin näytteenottoa kannattaisi kehittää. Yhdessä Mondo Minerals Oy:n henkilökunnan kanssa päätettiin, minkälainen näytteenotin tilattaisiin ja mihin prosessiin. Eri näytteenottimien valmistajia ja edustajia kartoitettiin, mutta pitkien toimitusaikojen vuoksi näytteenotin tilattiin paikalliselta metallipajalta mittatilaustyönä.</p> <p>Uusi näytteenotin asennettiin paikoilleen, jolloin sitä päästiin testaamaan. Tulokset näytteenottimesta olivat lupaavia, joten näytteenottimen valinnassa onnistuttiin.</p> <p>Tämän työn tuloksena saatiin yhteen tehtaan prosesseista asennettua uusi ja toimiva näytteenotin. Tämä työ myös selvitti nykyisten näytteenottimien ja näytteenkäsittelymenetelmän luotettavuutta ja etsi keinoja sen parantamiseen.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	Näytteenotto, talkki, jauhe
Säilytyspaikka	<input type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun Kaktus-tietokanta <input type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto

School School of Engineering	Degree Programme Mechanical and Production Engineering
Author(s) Jenni Vehkalahti	
Title Developing a Sampling Process	
Optional Professional Studies Maintenance Virtual Technology	Instructor(s) Niilo Härkönen
	Commissioned by Tommi Kähkönen, Mondo Minerals Oy
Date 11 April 2008	Total Number of Pages and Appendices 62 plus 4 appendices
<p>This Bachelor's thesis was made for Mondo Minerals Oy's factory in Sotkamo in winter 2007–2008. In Sotkamo's production unit it had been invested in new machines the samplers of which had not been tested yet. That was the main reason why this thesis was made.</p> <p>Sampling should be reliable because a sample tells the quality of a product and a process is calibrated according to the sample, even if sometimes on the basis of the samples the product is accepted or rejected. That is why sampling is of great importance to production.</p> <p>The goal of this thesis was to find out how reliable the existing samplers and the sample handling system are and to make improvement proposals to improve the reliability. Another goal was to find a new sampler to one of the factory's processes and to locate it to the right place in the process.</p> <p>The thesis was started by finding information about the sampling of powder, which was the hardest part of the thesis. After the theory was written, the method how to measure the reliability of the samplers was studied. When the method was found, sampling from each process was started.</p> <p>After the measurements were done, the standard deviations to the samples were calculated. On the basis of the standard deviations the samplers could be compared to each other and the conclusions about the reliability of the sampling process could be drawn. After this the new sampler, which would be ordered, and its location were decided together with the staff.</p> <p>As the result of this thesis the new sampler was ordered to the one of the factory's processes and the reliability of the existing samplers and the sample handling system were found out.</p>	
Language of Thesis Finnish	
Keywords	Talc, sampling, powder
Deposited at	<input type="checkbox"/> Kaktus Database at Kajaani University of Applied Sciences <input type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 TALKKI	2
2.1 Ominaisuudet ja kiderakenne	2
2.2 Käyttökohteet	3
3 SOTKAMON TEHTAAN TUOTANTOPROSESSI	5
3.1 Louhinta	5
3.2 Rikastusprosessi	5
3.3 Lopputuotteet	7
4 MIKROTALKKITEHDAS	8
4.1 Tuotteet	8
4.2 Myllyt	9
4.2.1 Mekaaniset myllyt	9
4.2.2 Ei-mekaaniset myllyt	12
4.3 Luokittimet	14
5 PRIMAARINÄYTTEENOTTO	18
5.1 Teoriaa	18
5.2 Näytteenotto liikkuvasta materiaalivirrasta	19
5.3 Näytteenotto paikallaan olevasta materiaalista	20
5.4 Näytteenoton virheet	20
6 NÄYTTEENOTTOTAVAT JA NÄYTTEENOTTIMET	22
6.1 Manuaalinen näytteenotto	22
6.2 Automaattinen näytteenotto	25
7 NÄYTTEENKÄSITTELY	32
7.1 Keon puolitus	32
7.2 Puolituslaite	33
7.3 Pyörivä jakolaite	34
7.4 Käsinnäytteenotto	35
7.5 Näytteenjakomenetelmien vertailu	35

8 NÄYTTEENOTTO SOTKAMON TEHTAALLA	36
8.1 Näytteen määrä	36
8.2 Näytteenottimet ja niiden sijainnit	36
8.3 Näytteiden analysointi	44
9 NÄYTTEENOTTIMIEN JA NÄYTTEENKÄSITTELYMENETELMÄN LUOTETTAVUUDEN MITTAUS	46
9.1 Keskihajonta	46
9.2 Näytteenottimien luotettavuuden testaus	47
9.3 Näytteenkäsittelymenetelmä testaus	49
10 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU	50
10.1 Mittausten tarkoitus	50
10.2 Tulosten tarkastelu	50
10.3 Virheet	52
11 UUDEN NÄYTTEENOTTIMEN VALINTA JA TESTAUS	53
11.1 Näytteenottimen valinta	53
11.2 Näytteenottimen testaus	55
11.3 Näytteenottimen tulosten analysointi	55
12 MUITA PARANNUSEHDOTUKSIA JA KEHITTÄMISIDEOITA	57
13 YHTEENVETO	59
LÄHTEET	60
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tämä työ tehtiin Mondo Minerals Oy:n Sotkamon tuotantolaitokselle. Mondo Minerals Oy on suomalainen talkin ja talkkituotteiden valmistaja ja toimittaja. Sen valmistamia tuotteita ovat kuivat bulk-tuotteet sekä rakeistettu tai lietetty talkki. Sivutuotteena rikastusprosessista saadaan nikkeliä. Suomessa Sotkamon tehtaan lisäksi Mondo Minerals Oy:llä on tuotantolaitokset Vuonoksessa ja Kaavilla.

Sotkamon kaivos avattiin vuonna 1969, jolloin kaivoksen omisti Suomen Talkki Oy. Tämän jälkeen yhtiössä on tapahtunut useita omistajan ja nimen vaihdoksia. Nykyisen nimensä, Mondo Minerals Oy:n, yhtiö sai vuonna 1998. Tuorein omistajanvaihdos tapahtui marraskuussa 2007, kun Omya AG myi Mondo Minerals Oy:n Lontoossa toimivalle pääomasijoitusyhtiölle HgCapitalille. [1.][2.]

Mondo Minerals Oy on Euroopan toiseksi suurin talkin tuottaja ja maailman markkinoista sen osuus on noin 6–10 prosenttia. Yhtiön liikevaihto oli vuonna 2006 129 miljoonaa euroa, josta Sotkamon yksikkö teki noin puolet, yli 50 miljoonaa euroa. Sotkamon tuotantolaitoksen nykyinen tuotanto on noin 380 000 tonnia vuodessa, joka on yli puolet Suomen tehtaiden tuotantokapasiteetista. Tällä hetkellä Mondo Minerals Oy:öön kuuluu noin 235 työntekijää, joista Sotkamon tehtaalla työskentelee 85, Vuonoksen 37 ja Kaavin 18 työntekijää. Helsingin konttorissa työskentelee kuusi työntekijää. [1.] [3.]

Insinööriyön tarkoituksena oli selvittää Sotkamon tehtaan kuivan talkkijauheen näytteenottoprosessin luotettavuus sekä etsiä keinoja luotettavuuden parantamiseen. Vaatimuksena näytteenottoprosessille olisi päästä niin sanottuun nollatoleranssiin. Tämä edellyttäisi virheetöntä näytteenottoa ja näytteenkäsittelyä. Työn tarkoituksena oli myös kartoittaa markkinoilla olevia näytteenottimia ja niiden soveltuvuutta kuivan talkkijauheen näytteenottoon ja juuri Sotkamon tehtaan tuotantoprosesseihin. Tavoitteeksi työlle asetettiin uuden näytteenottimen tilaus johonkin mikrotalkkitehtaan prosesseista.

2 TALKKI

2.1 Ominaisuudet ja kiderakenne

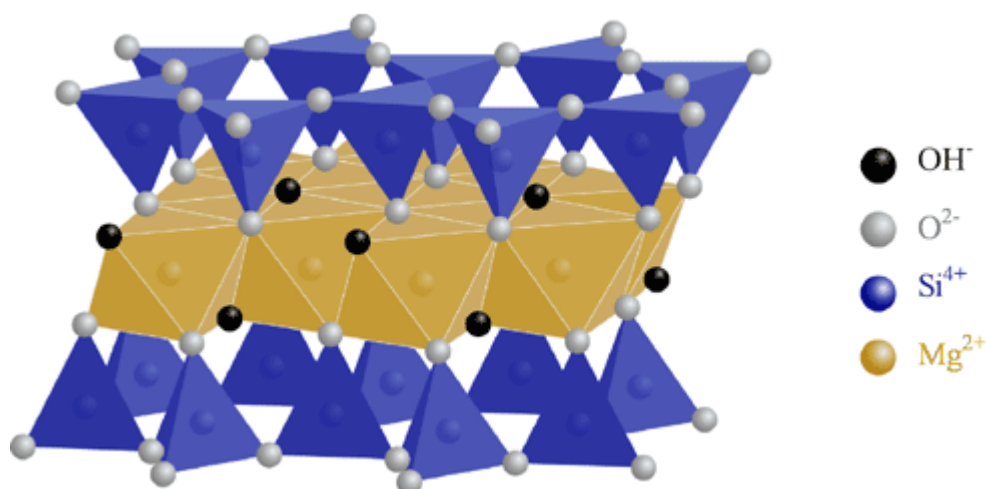
Talkki on tavallisesti massamainen tai hienokiteinen ja juonissa karkeakiteinen kiillemineraali. Suomet ovat taipuisia mutta eivät kimmoisia. Väriltään talkki on yleensä vaaleanvihreä tai valkea ja läpikuultava, mutta jauheena talkki on kuitenkin erittäin puhtaan valkoista (kuva 1). [4.][5.]

Talkki on mineraaleista pehmeintä, sillä sen kovuus Mohsin asteikolla on 1. Talkin kemiallinen kaava on $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$. [4.]



Kuva 1. Vihertävä talkkikivi Sotkamon Lahnaslammelta. [5.]

Talkin alkuainekerros koostuu magnesium-happi- tai magnesium-hydroksidioktaedreistä eli kahdeksantahkoisista kappaleista. Tämän kerroksen molemmiin puoliin on pii-happi-tetrahedrat eli nelitahokaskerrokset (kuva 2). [6.]



Kuva 2. Talkin kiderakenne [4.]

Piikerrokset ovat kiinnittyneet toisiinsa heikkojen Van der Waal -voimien avulla, jonka vuoksi piikerrokset liukuvat toistensa ohi ja näin ollen saavat aikaan talkille liukkaan pinnan. [4.]

2.2 Käyttökohteet

Talkki on yksi arvokkaimmista ja monipuolisimmista mineraaleista teollisuudessa. Suomessa sitä tuotetaan noin 600 000 tonnia vuodessa, jonka vuoksi Suomi on Euroopan suurin talkintuottaja, ja koko maailman neljänneksi suurin. [7.]

Suomessa tuotetusta talkista 75 % menee paperiteollisuudelle, joka käyttää talkkia täyte- ja päällysteaineena sekä pihkan poistossa. Täyteaineena talkilla korvataan arvokasta puukuitua. Liuskamaisen muotonsa ansiosta talkki sopii hyvin paperin pinnoitusmateriaaliksi, koska se antaa paperille kiiltoa ja sileyttä sekä parantaa paperin paino-ominaisuuksia. Pihkantorjunnassa talkki kapseloi pihkapartikkelit ja estää niiden aiheuttamat ongelmat paperintuotannossa. [7.][8.]

Maaliteollisuudelle talkkia menee täyteaineeksi noin 20 %. Maaliteollisuuden sovelluksissa talkkia käytetään pääasiassa koristemaaleissa funktionaalisenä täytteenä, jonka tehtävä on estää halkeamista sekä parantaa painaumakestävyyttä, pestävyyttä, säänkestävyyttä ja adheesiota. [7.][8.][9.]

Loppuosa eli noin 5 % prosenttia Suomessa tuotetusta talkista menee muovi-, lannoite- ja muulle teollisuudelle. Muoviteollisuuden sovelluksissa talkkia käytetään pääasiassa polypropyleenissä. Lisäksi pieniä määriä talkkia käytetään polyeteenissä, polyamidissa ja tyydyttämättömässä polyesterissä. Talkki parantaa muovien jäykkyyttä, lämmönkestoa ja iskunkestävyyttä sekä poistaa vääntymiä ja vähentää kutistumaa ja virumista. [3.][8.]

Talkkia käytetään myös lääke- ja kosmetiikkateollisuudessa. Suomalaista talkkia ei kuitenkaan voida käyttää näillä teollisuusaloilla, koska talkin puhtaus ei ole riittävä. [3.]

3 SOTKAMON TEHTAAN TUOTANTOPROSESSI

3.1 Louhinta

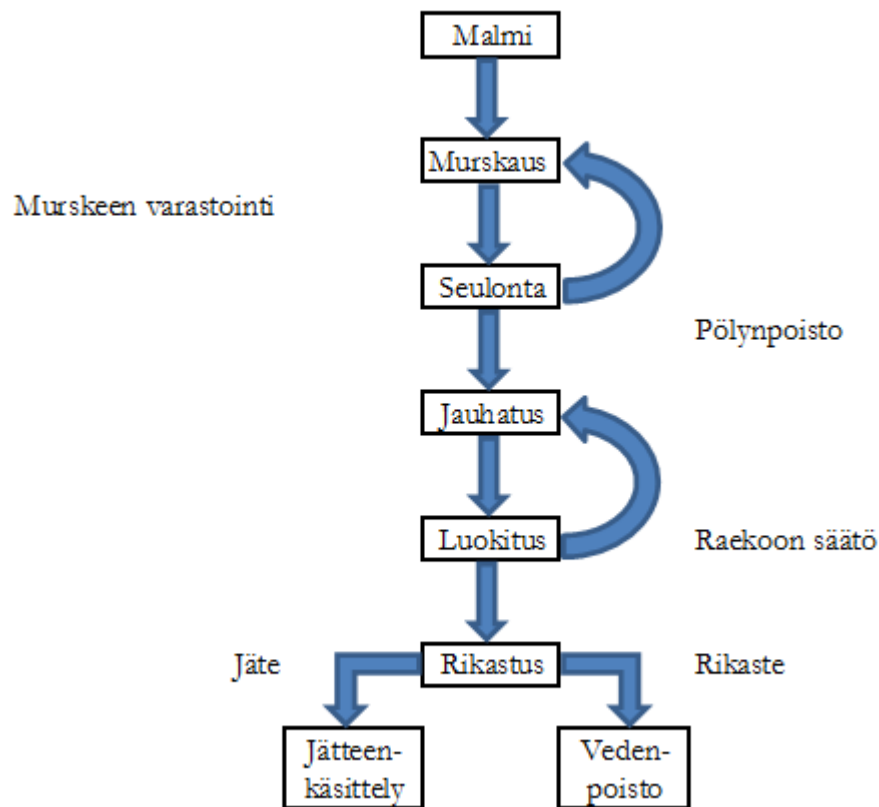
Talkkimalmi louhitaan tehtaan lähistöllä sijaitsevista Lahnaslammen ja Uutelan avolouhoksista. Alueella on myös uusi avolouhos, Punasuon avolouhos, joka on tarkoitus ottaa mukaan tuotantoon tammikuussa 2009.

Talkkimalmin talkkipitoisuus louhoksesta tullessaan on noin 50 %. Malmin louhinnasta vastaa ulkopuolinen urakoitsija, joka myös vastaa malmin kuljetuksesta murskaamoon.

3.2 Rikastusprosessi

Sotkamon tehtaalla on kaksi talkkipiiriä, joista vanhempi on ollut käytössä aina vuodesta 1969 lähtien, tosin muutoksia piiriin on tehty. Uudempi piiri otettiin tuotantoon mukaan marraskuussa 2006. Piirit poikkeavat hieman toisistaan mutta periaate molemmissa on kuitenkin sama. Piirien tuottaman talkkirikasteen talkkipitoisuus piireissä on noin 98 % ja rae-
koko noin 80-prosenttisesti alle 40 μm .

Kuvassa 3 on esitetty rikastamon prosessi pääpiirteittäin kiven murskauksesta talkin suodattukseen.



Kuva 3. Mineraalitekniset yksikköprosessit [9.]

Louhokselta tullut malmi murskataan ensin leukamurskaimella ja sitten hienomurskaimella. Kun kivi on murskautunut tarpeeksi pieneksi, se syötetään jauhettavaksi kuulamylylle, jossa jauhatusta tapahtuu märkäjauhatuksena. Kuulamylyn jauhinkappaleet ovat teräskuulia.

Myllyn tuote ohjataan syklonointiin, jonka alite menee takaisin kuulamylyyn ja ylite vaahdotukseen. Vaahdotus aloitetaan valmentimesta, josta liete pumpataan esivaahdotukseen. Esivaahdotuksen esirikaste syötetään hienojauhatusmylylle, jossa jauhinkappaleet ovat myös teräskuulia. Esivaahdotuksen jäte pumpataan nikkelipiirille. Hienojauhatusmylyn tuote vaahdotetaan vielä kolme kertaa ennen kuin se on valmis sakeuttimelle. Tuotesakeuttimessa rikaste laskeutetaan, joka sitten suodatetaan ja kuivatetaan. Sivutuotteena talkkimalmista saatu nikkeli jalostetaan nikkelirikasteeksi ja kuljetetaan jauheena eteenpäin. [10.]

3.3 Lopputuotteet

Kuiva talkkijauhe kuljetetaan pneumaattista linjaa pitkin joko rikastesiiloon tai mikrotalkkitehtaalte, jossa talkista valmistetaan lopputuotteita. Mikrotalkkitehtaan prosessista kerrotaan tarkemmin luvussa 4.

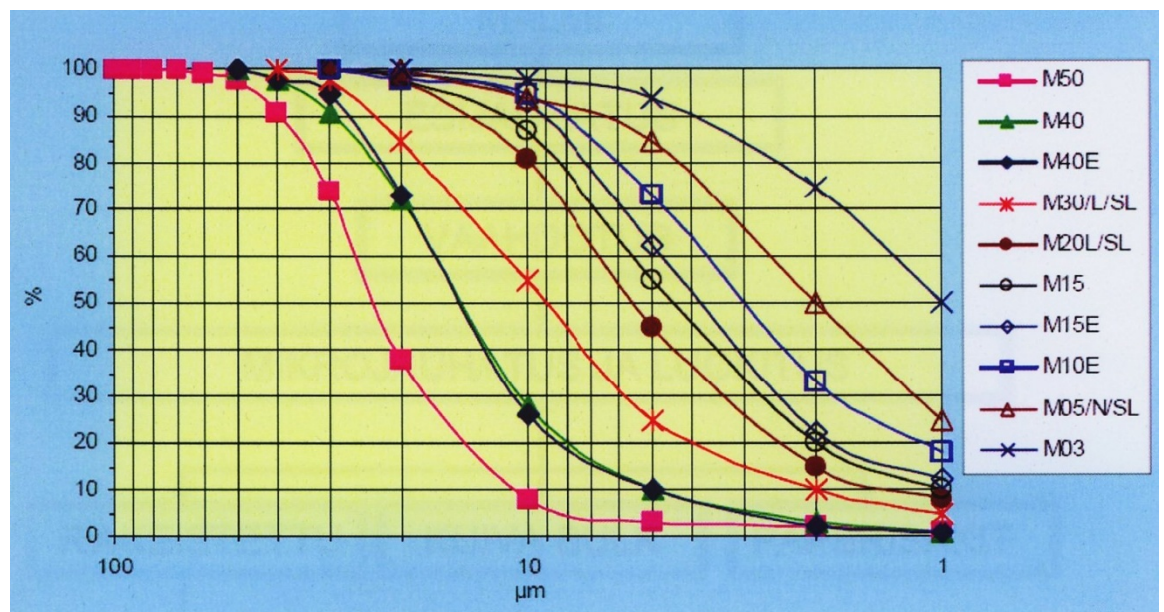
Lopputuotteeksi jauhettu talkki voidaan toimittaa asiakkaalle sellaisenaan, tai se voidaan säkittää, liettää tai rakeistaa. Säkitys tapahtuu tehtaan omalla säkityslinjalla, jossa talkki säkitetään 10–15 kg:n painoisin paperisäkkeihin. Rakeistus tapahtuu tehtaan omassa rakeistamossa, jossa on tällä hetkellä käytössä 6 rakeistuskonetta. Liete voidaan toimittaa asiakkaalle vesitai kemikaalilietteenä, jotka valmistetaan tehtaan liettämössä.

4 MIKROTALKKITEHDAS

Rikastamon talkkirikaste kuljetetaan mikrotalkkitehtaan syötesiloihin, joista se kuljetetaan pneumaattisia linjoja pitkin myllyille. Myllyt jauhavat syöttestä joko välituotetta tai suoraan lopputuotetta, ja luokittimet jauhavat välituotteesta lopputuotetta.

4.1 Tuotteet

Lopputuotteita on yhteensä 14 ja välituotteita 4 kappaletta. Jokaiselle tuotteelle on määritetty tarkat toleranssiarvot, joihin raekokojakaumien tulee sijoittua, jotta tuote on myyntikelpoista. Lopputuotteiden raekokojakaumat on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4. Tuotteiden raekokojakaumat [5.]

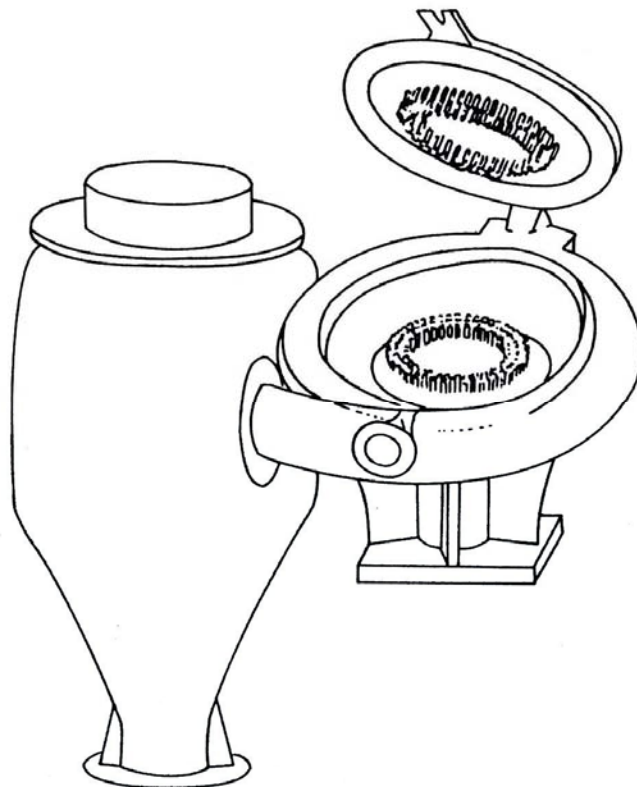
4.2 Myllyt

Myllyjen tehtävänä on jauhaa tasalaatuista tuotetta noudattaen tuotteelle määritettyjä partikkelikokoarvoja. Myllyt voidaan jakaa mekaanisiin ja ei-mekaanisiin myllyihin jauhatustekniikkansa perusteella.

4.2.1 Mekaaniset myllyt

Sotkamon tuotantolaitoksella on kahdentyyppisiä iskumyllyjä, jotka jaotellaan jauhatustekniikkansa perusteella tappi- ja vasaramyllyihin. Sotkamon tehtaalla tappimyllyjä on kuusi ja vasaramyllyjä neljä kappaletta. Myllyjen toiminta perustuu nimensä mukaisesti mekaanisesti tapahtuvaan jauhatukseen.

Tappimyllyn (kuva 5) toimivan osan muodostaa yksi tai kaksi tapeilla varustettua kiekkoa. Jauhettava materiaali syötetään myllyn kannen läpi jauhintilan keskelle. [11.]



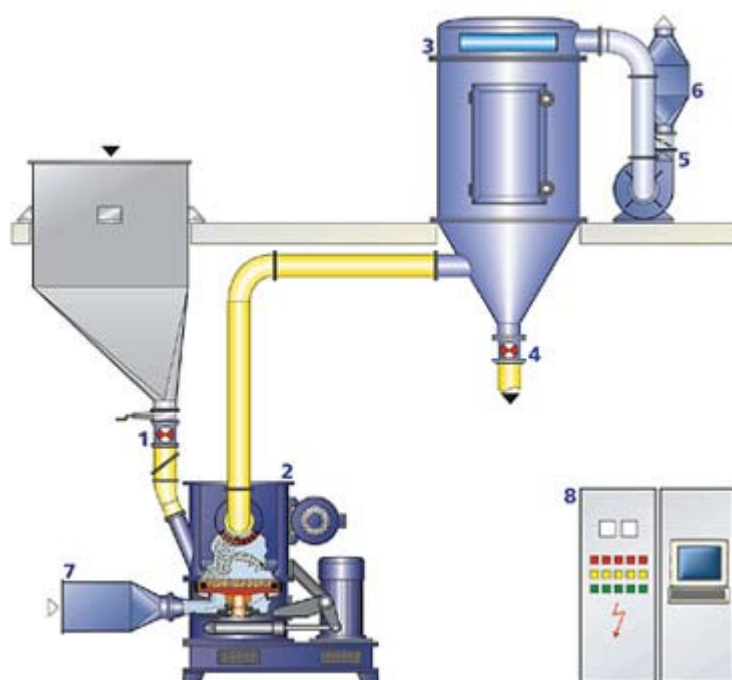
Kuva 5. Tappimylly varustettuna sykloniluokittimella [11.]

Materiaali iskeytyy ensijauhimmille, missä niiden partikkelikoko pienenee. Keskipakovoima ja ilmavirtaus siirtävät materiaalin jauhatuskammion ulkokehälle, missä jauhatus tapahtuu. Pääjauhimet liikkuvat suurella nopeudella iskien materiaalipartikkeleja ja tuottaen suuren turbulenssin, jolloin partikkelit pienenevät ja jauhautuvat iskujen ja kitkan vaikutuksesta. Ilmavirtaus siirtää jauhetun materiaalin jauhatuskammion läpi ja luokitinsiipien ulkopuolelle luokitinkammioon. Ilman mukana liikkuva materiaali siirtyy säteittäin sisäänpäin, kunnes se kohtaa luokittimen siivet. Luokitus tapahtuu näillä siivillä. Siiville tuleviin partikkeleihin vaikuttaa kaksi voimaa. Säteittäin virtaava ilma kantaa partikkelit mukanaan. Samanaikaisesti pyörimisestä aiheutuva keskipakovoima pyrkii heittämään partikkelit takaisin luokitinkammioon. [12.]

Ylisuuret partikkelit, joihin kohdistuu suhteellisen suuri keskipakovoima ilmanvastukseen verrattuna, lentävät takaisin luokitinkammioon. Ne tulevat luokitinjäännösaukolle, kulkevat säätöpellin läpi luokitinjäännösten paluulaitteelle ja palaavat takaisin jauhatuskammioon, jossa ne aloittavat uudelleen jauhatus- ja luokitinjakson. [12.]

Tappimyllyissä on sykloniluokitin, jonka vuoksi lopputuotteesta saadaan tasalaatuinen, kun ylisuuret partikkelit palautuvat luokittimelta takaisin jauhatukseen, kunnes ne ovat riittävän pieniä. Luokittimen avulla voidaan lisäksi vaikuttaa lopputuotteen katkaisukokoon sekä rakekokojakaumaan. Lopputuotteen hienontaminen tapahtuu yksinkertaisesti säätämällä luokitinpyörän kierroksia. [13.]

Luokittelevista tappimyllyistä uusin, Zirkoplex Classifier Mill ZPS (kuva 6), soveltuu erityisen hyvin tavoiteltaessa hienoa partikkelikokoa, matalaa jauhatuslämpötilaa ja tuotantoparametrien muunneltavuutta. [13.]

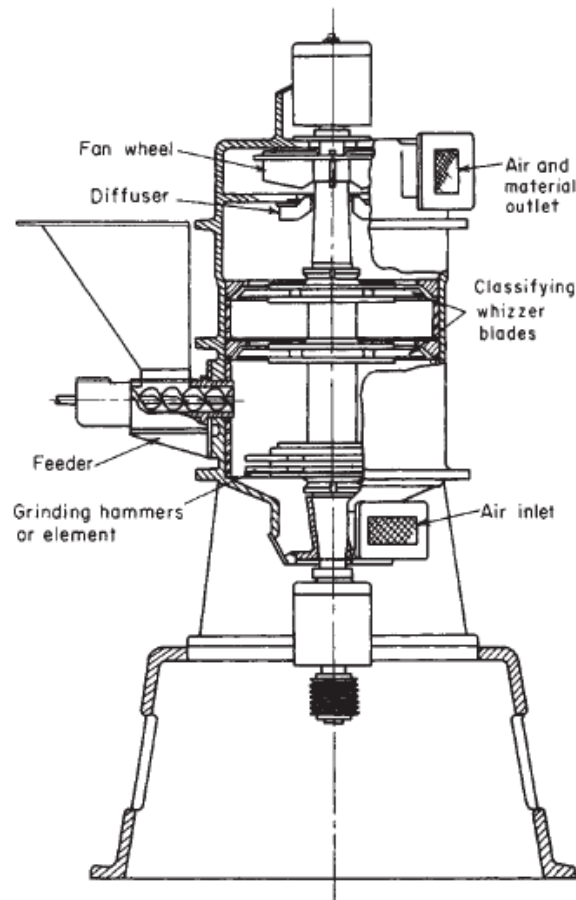


Kuva 6. ZPS – myllyn rakenne. 1. Syötön kiertventtiili, 2. Zirkoplex classifier mill ZPS, 3. Automaattisuodatin, 4. Kiertventtiili, 5. Puhallin, 6. Poistoputken vaimennin, 7. Imuputken vaimennin, 8. Laitteen hallinta. [14.]

Näitä uudenlaisia tappimyllyjä Sotkamon tehtaalla on kaksi kappaletta, joista käytetään nimitystä ZPS1 ja ZPS2. Vanhemmista tappimyllyistä käytetään nimitystä PC1, PC2, PC5 ja PC6. Tappimyllyt käyttävät syötteenä joko rikastetta, ja valmistavat sekä väli- että lopputuotteita.

Tehtaalla on käytössä kuvan 7 mukaisia vasaramyllyjä, joiden virallinen nimi on Raymond Vertical Mill. Tehtaalla näistä myllyistä käytetään nimitystä mikromyllyt. Näitä myllyjä tehtaalla on yhteensä neljä kappaletta.

Vasaramyllyn runko koostuu yhdestä vertikaaliakselista, johon on kiinnitetty kaikki pyörivät osat. Jauhettava materiaali syötetään ruuvikuljettimella myllyn keskiosaan, josta se putoaa vasaroille. Ilmavirta syötetään myllyn yläosaan sijoitetusta puhaltimesta. Alapuolella on kaksi siipeä, jotka hoitavat luokituksen. Näillä siivillä on keskipakoinen vaikutus, jolloin karkeat partikkelit iskeytyvät kammion seinämään, missä alhaisempi ilman virtausnopeuden reunakerros pakottaa ne laskeutumaan takaisin jauhatustilaan, kunnes niiden partikkelikoko on tarpeeksi pieni. Siipien alapuolella ovat vasarat tai kiihdytyslementit, jotka jauhavat materiaalin. Ilma, joka syötetään alapuolelta, kuljettaa hienotuotteen ylös ja sen jälkeen sykloniin. [15.][16.]



Kuva 7. The Raymond vertical mill – vasaramylly. [16.]

Vasaramyllyillä voidaan valmistaa tuotteita joiden raekoko on 95–99-prosenttisesti hienompaa kuin 15–20 μm . [17.]

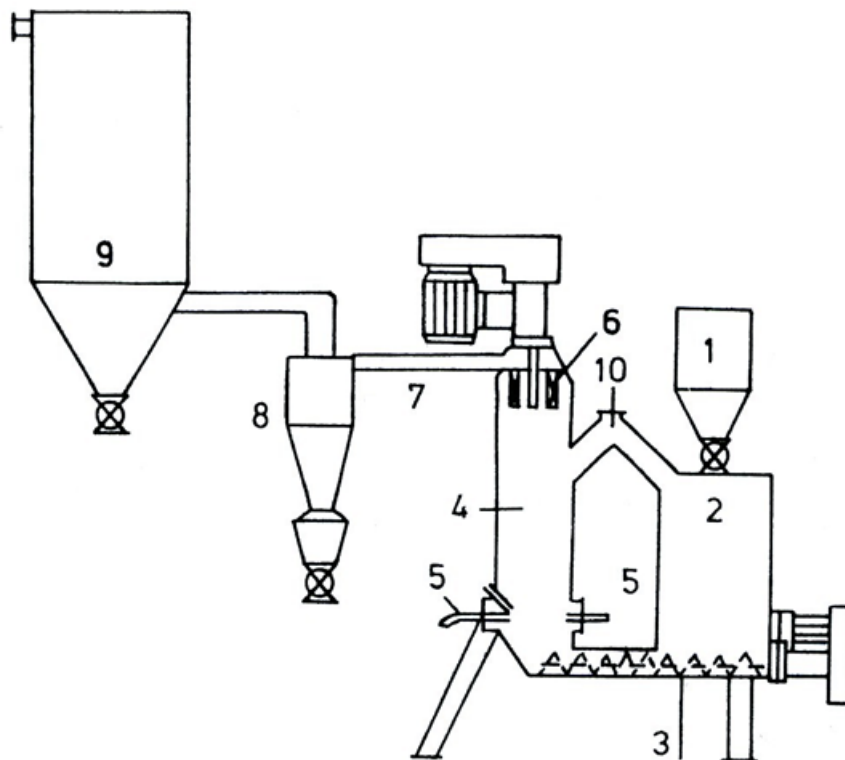
Myllyt käyttävät syötteenä välituotetta ja jauhavat lopputuotetta, jonka partikkelikoko on alle 20 μm .

4.2.2 Ei-mekaaniset myllyt

Suihkumyllyt ovat ei-mekaanisia myllyjä. Niitä tehtaalla on yhteensä yhdeksän kappaletta, joista kuusi myllyä toimii höyryn avulla ja kolme paineilmalla. Näissä molemmissa myllyissä on myllyn lisäksi myös luokitus. Höyry saadaan myllyille tehtaan vieressä sijaitsevasta höyryvoimalasta. Suihkumyllyt käyttävät syötteenä joko rikastamolta tullutta syötettä tai välituotetta ja valmistavat joko loppu- tai välituotetta.

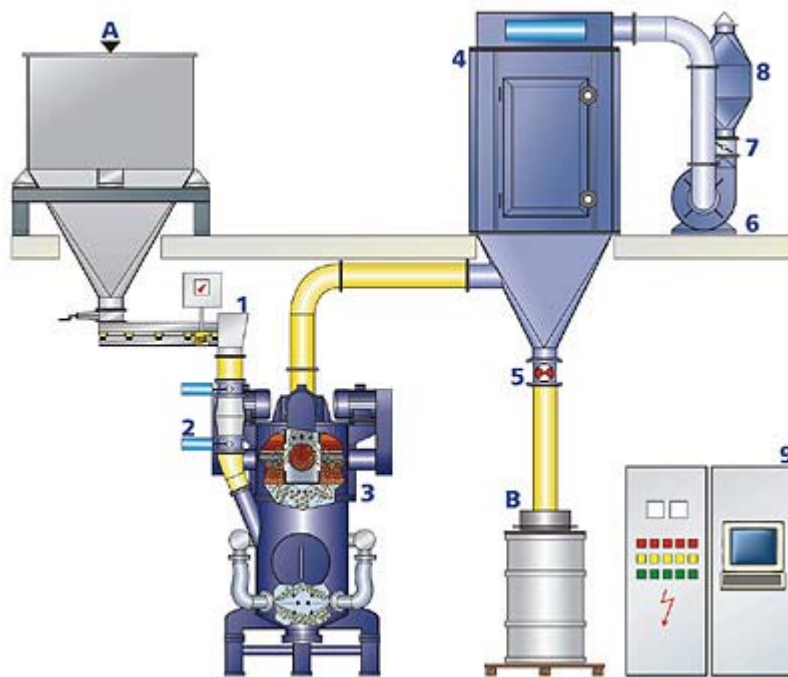
Tyypillistä suihkumyllyille on, että jauhattava aine syötetään ruuvilla jauhatustilan alaosaan. Sinne johdetaan höyry vähintään kolmen suuttimen kautta, jotka on sijoitettu jauhatustilan ympärille. Ilma muodostaa tilan alaosaan leijukerroksen. Ilmasuihkujen törmäyskohdassa rakeet törmäävät vastakkain ja hienontuvat. Ylöspäin pyrkivä ilma vie raemassan luokittimeen, josta karkea aines kiertyy jauhatustilan seiniä myöten sen alaosaan. Hieno jae erotetaan ilmastta syklonilla ja letkusuodattimilla. [11.]

Höyryllä toimivat suihkumyllyt ovat Alpine AG:n valmistamia leijukerrossuihkumyllyjä, joiden laitteisto on esitetty kuvassa 8. Näistä myllyistä käytetään myös nimitystä höyrymyllyt. Tehtaalla ne on numeroitu ykkösestä kuutoseen.



Kuva 8. Alpine AFG:n höyryllä toimiva leijukerrossuihkumylly. 1. Syöttösuppilo, 2. Välisäiliö, 3. Syöttöruuvi, 4. Jauhatustila, 5. Paineilman suuttimet, 6. Luokitin, 7. Hienon tuotteen poisto, 8. Syklonierotin, 9. Suodatin, 10. Paineen tasausputki. [11.]

Paineilmalla toimivia suihkumyllyjä (kuva 9) tehtaalla on 3 kappaletta, jotka ovat nimeltään AFG1, AFG2 ja AFG3.



Kuva 9. Alpine AFG:n paineilmatoimisen suihkumyllyn rakenne. 1. Hihnan vaaka, 2. Läppäventtiili, 3. Leijukuljetus - vastakkaissuihkumylly AFG, 4. Automaattinen vastakkaissuihku suodatin, 5. Kääntöventtiili, 6. Puhallin, 7. Kuristin, 8. Poistoputken vaimennin, 9. Laitteen hallinta, A. Materiaalin syöttö, B. Lopputuote. [18.]

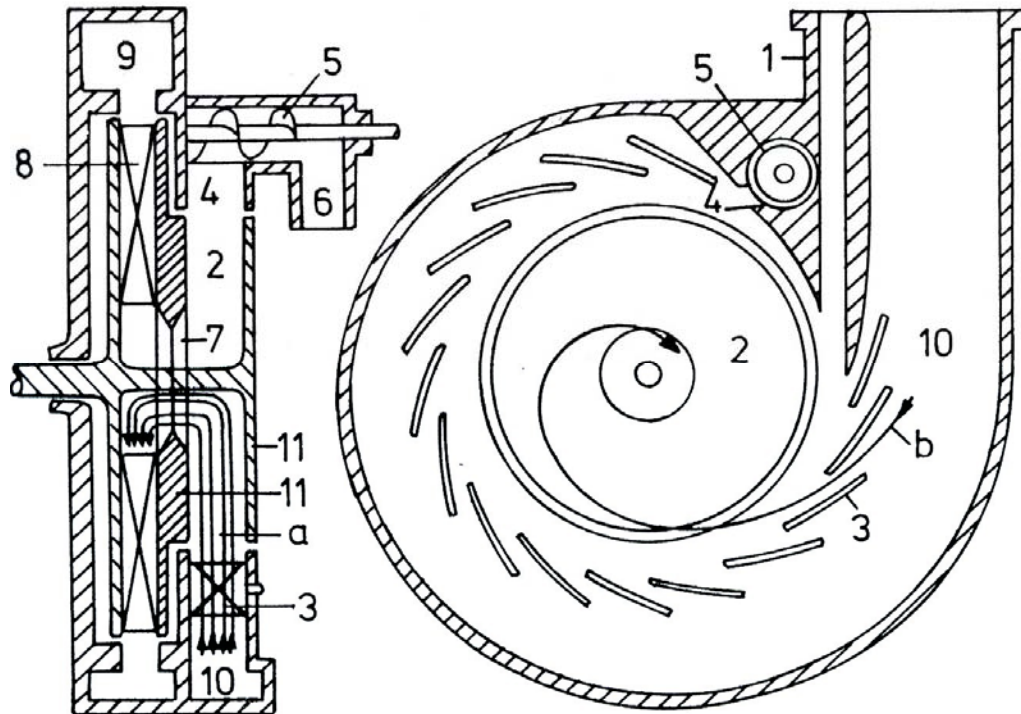
Paineilmalla toimivaan AFG-suihkumyllyyn voidaan integroida jopa kuusi luokitinta, riippuen tuotteelle asetetuista vaatimuksista, joita tyypillisesti ovat pieni partikkelikoko, jyrkkä partikkelikokojakauma sekä terävä katkaisukoko. Ilmasuihkumyllyjen avulla voidaan valmistaa erittäin puhtaita ja hienoja pulvereita, joiden hienous on välillä 5–200 μm . [13.]

4.3 Luokittimet

Luokituksella tarkoitetaan menetelmää, jonka avulla hienojakoinen mineraaliseos lajitellaan kahteen tai useampaan jakeeseen sen nopeuden perusteella, millä rakeet vajoavat ilmassa. Menetelmästä käytetään myös nimitystä pneumaattinen luokitus. [11.]

Luokittimet luokittavat välituotteen karkeaksi ja hienoksi jauheeksi partikkelikokonsa mukaan, jonka jälkeen toinen näistä on lopputuotetta ja toinen menee joko uudelleen jauhettavaksi tai syötesiloon.

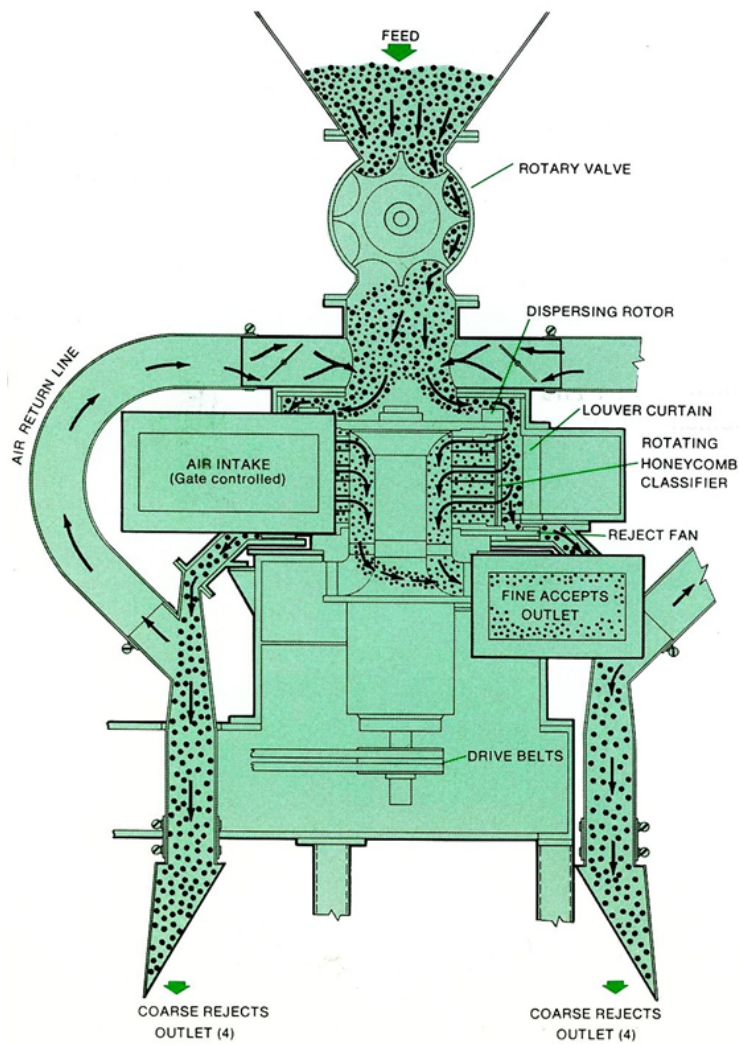
Luokittimia Sotkamon tehtaalla on kolme kappaletta. Alpine (kuva 10) on hienotuoteluokitin, jonka valmistamien tuotteiden maksimirakko on alle 20 µm.



Kuva 10. Alpine, pneumaattinen spiraaliluokitin. 1. Syöttöputki, 2. Luokitustila, 3. Ohjaussiivekkeet, 4. Leikkaussärmä, 5. Karkean tuotteen ruuvikuljetin, 6. Poistoaukko, 7. Keskiaukko, 8. Puhallin, 9. Spiraalilita, 10. Erotusilman tulokanava, 11. Pyörivä luokitustilan seinä. [11.]

Syöte johdetaan pystysuoraa syöttöputkea (1) pitkin luokitustilaan (2). Ohjaussiivekkeet (3) ohjaavat karkean fraktion leikkaussärmän (4) kautta karkean tavaran poistokuljettimeen (5) ja poistoaukkoon (6). Hieno tuote joutuu keskiaukkoon (7) ja siitä tuulettimeen (8) sekä spiraalilitaan (9) ja sieltä pois. [11.]

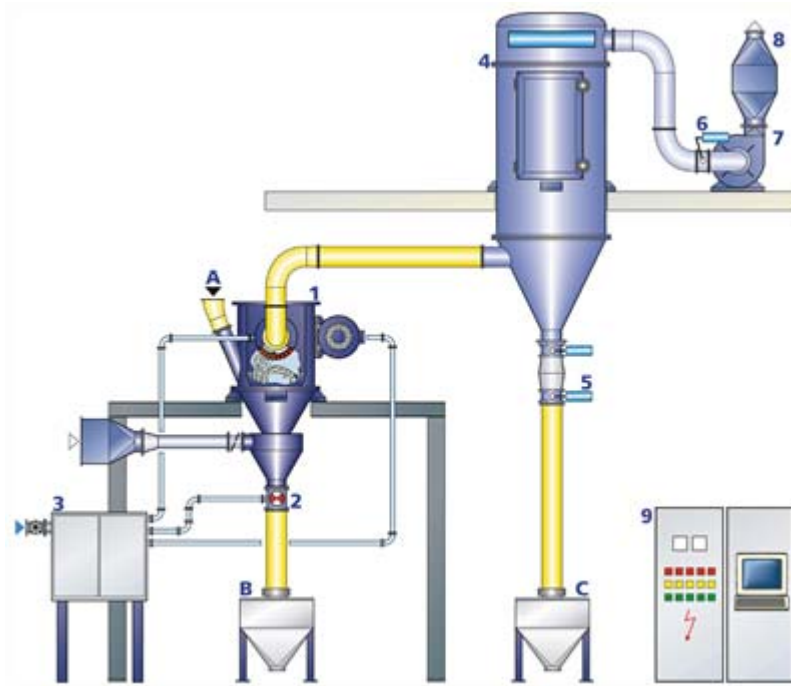
Bauerin valmistama Centri-Sonic Classifier (kuva 11) on alun perin hienotuoteluokitin, mutta se on modifioitu tehtaalla karkeatuoteluokittimeksi, jolla valmistetaan vain karkeita tuotteita. Luokitin on ollut käytössä tehtaan perustamisvuosilta lähtien. Tämän vuoksi laitteeseen ei ole enää saatavilla varaosia, joten sen käyttö lopetetaan lähitulevaisuudessa.



Kuva 11. Materiaalin kulku Bauer-hienotuoteluokittimessa [19.]

Kuten yllä olevassa kuvassa on esitetty, materiaali syötetään luokittimeen sen yläosasta. Ilma sekoittuu talkkiin ennen luokitusvyöhykkeelle saapumista. Luokittimen yläosassa sijaitseva roottori jauhaa tulevan materiaalin täydellisesti, ennen kuin se kulkeutuu luokitinkammioon. Hienot talkkipartikkelit kulkeutuvat luokitinelementin pyörivän sihtirummun läpi ja edelleen ulos hienojakeen purkausaukosta. Luokitin hylkää hienojen talkkipartikkelien muodostamat kasautumat ylisuurina partikkeleina. [19.]

Uusin hienotuoteluokitin, kauppanimeltään Turboplex Ultrafine Classifier ATP (kuva 12), on otettu käyttöön vuonna 2007. Sillä voidaan valmistaa sekä karkeita että superhienoja tuotteita.



Kuva 12. ATP-luokittimen rakenne. 1. Turboplex classifier ATP, 2. Kiertoventtiili, 3. Huuh-
teluilman jakaja, 4. Automaattisuodatin, 5. Lämpäventtiili, 6. Perhosventtiili, 7. Puhallin, 8.
Äänenvaimennin, 9. Laitteen hallinta, A. Materiaalin syöttö, B. Karkea tuote, C. Hieno tuote.
[20.]

ATP-hienotuoteluokitin on niin sanottu dynaaminen luokitin, joka lajittelee partikkelit luoki-
tinpyörän ja ilmavirtauksen avulla. Laitteen alaosaan on integroitu staattinen karkean tuot-
teen luokitin, jolla tuotteen katkaisukokoa saadaan kasvatettua. [18.]

5 PRIMAARINÄYTTEENOTTO

5.1 Teoriaa

Näytteenottoprosessin ensimmäisestä vaiheesta, jossa näyte otetaan suoraan materiaalivirtauksesta tai paikallaan olevasta suuresta materiaalierästä, käytetään nimitystä primaarinäytteenotto.

Näytteenotolla on suuri merkitys tuotantoon, koska näytteen analysoinnista saadut arvot kertovat, minkälaista tuotetta prosessi tekee ja mikä on tuotteen kokonaislaatu. Tuotantoerät usein myös hyväksytään tai hylätään siitä tehtyjen näytteiden perusteella. Tämän vuoksi näytteenoton täytyy siis olla luotettavaa, jotta tuotteen laadusta saataisiin kokonaisvaltainen ja oikeanlainen kuva.

Prosessien seuranta perustuu siitä otettujen näytteiden analyysihin. Jotta analysoinnista saadaan luotettava tulos, on näytteenotto prosessista tehtävä oikein. Riippumatta siitä miten huolellinen, täydellinen ja tarkka analyysitoimitus muuten on, tulos voi kuvata prosessia korkeintaan niin hyvin kuin näyte edustaa sitä. Lisäksi näytteen on vastattava jollakin sovitulla tilastollisella todennäköisyydellä peruskokonaisuutta, esimerkiksi raekokojakaumaa. [9.]

Näytteenotto on puhtaasti matemaattinen ongelma, mutta miten se saadaan käytännössä toteutettua, on aivan eri asia.

Näytteenottimet ja analysoitavat näytteet ovat erilaisia, mutta kokonaisuudessaan näytteenotolle voidaan esittää yleiset niin sanotut kultaiset säännöt: [21.]

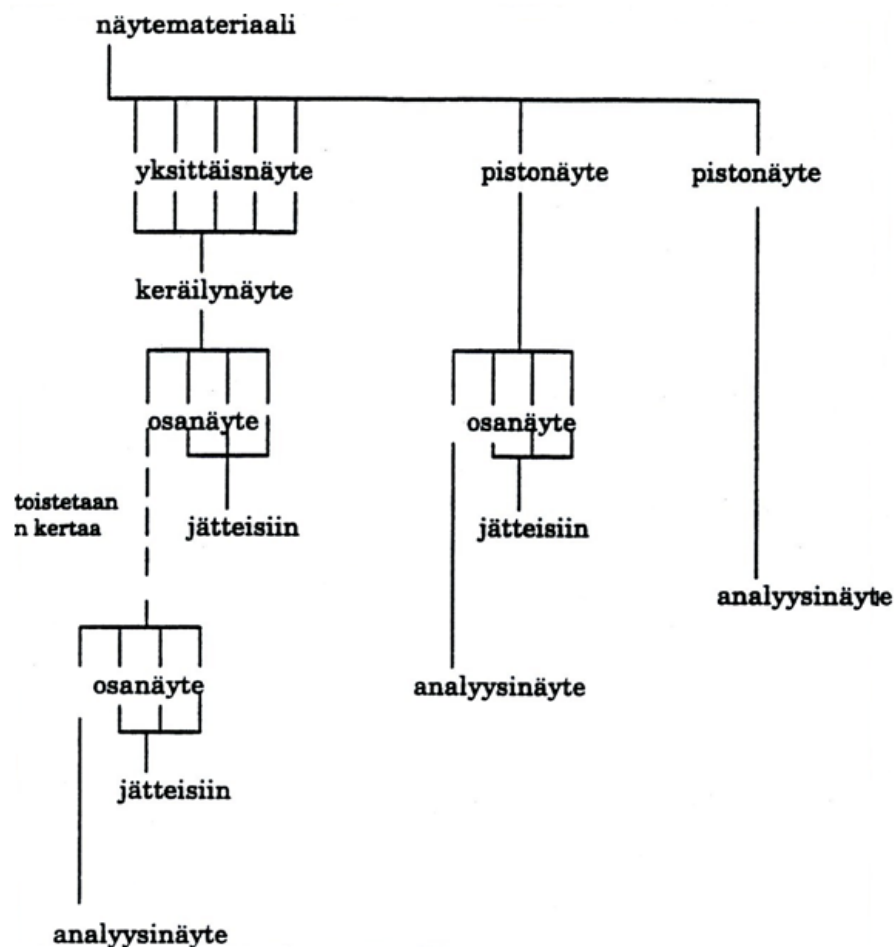
1. Näyte on otettava liikkuvasta materiaalivirrasta.
2. Jauheen kokonaisvirtauksesta tulee ottaa pieniä näytteitä pitkältä aikaväliltä, mieluummin kuin osa virtauksesta ohjattaisiin koko ajan näytteenottimeen.

Lisäksi luotettavasta näytteenotosta voidaan todeta myös näin: [9.]

1. Näytteenotto on järjestettävä siten, että kaikenkokoisilla materiaalivirrassa olevilla partikkeleilla on oltava yhtäläinen mahdollisuus päästä näytteeseen.

2. Massavirta on katkaistava näytettä otettaessa kohtisuoraan virtaa vastaan.
3. Näytteenotto on toistettava ennalta määrätyin aikavälein, riittävän usein ja näyte on suojattava kontaminoitumiselta ennen analysointia.

Yleensä prosessista otetaan useita näytteitä, jotka kootaan yhteen ja analysoidaan siitä vain murto-osa. Kuvassa 13 on havainnollistettu analyysinäytteen ottamista materiaalivirrasta: yksittäisnäyte, pistonäyte, keräilynäyte, osanäyte ja analyysinäyte. [9.]



Kuva 13. Näytteenotto materiaalivirrasta [9.]

5.2 Näytteenotto liikkuvasta materiaalivirrasta

Yleinen sääntö kaikkiin näytteenottoihin on se, että aina kun on mahdollista, niin näyte otetaan liikkuvasta materiaalivirrasta. [22.]

Otettaessa näytettä liikkuvasta materiaalivirrasta on otettava huomioon materiaalin lajittuminen, jonka pääasiallisena aiheuttajana voidaan pitää raekokoa. Mitä karkeampi ja mitä suurempi raekokojakauma materiaalilla on, sitä enemmän se on lajittunut. Esimerkiksi hihnakuljettimella, johon materiaali on syötetty hihnan keskelle, hienorakeisempi aines tiivistyy hihnan keskelle ja karkeammat rakeet vierivät ulkoreunoille. [21.] [22.]

Lajittumisesta johtuen tulisi koko näytevirta leikata lyhyin aikavälein, eikä osaa näytevirrasta koko ajan. Lisäksi suositeltavinta on ottaa näyte putoavasta virtauksesta, esimerkiksi hihnakuljettimen päästä. [21.][22.]

5.3 Näytteenotto paikallaan olevasta materiaalista

Näytteenottoa paikallaan olevasta materiaalista tulisi välttää, aina kun se on mahdollista. Esimerkiksi kasasta otetusta näytteestä on käytännössä mahdotonta saada edustavaa näytettä, sillä materiaali on yleensä jakautunut siten että hienompi aines on keskellä ja yläosissa, kun taas karkeampi on reunoilla ja kasan alaosissa.[22.]

Joissakin tapauksissa ei kuinkaan ole muuta mahdollisuutta näytteenottoon kuin ottaa näyte paikallaan olevasta materiaalista. Tällöin olisi kuitenkin syytä suhtautua kriittisesti näytteen antamaan tulokseen. [23.]

5.4 Näytteenoton virheet

Virheetöntä näytteenottoa heterogeenisistä näytteistä on mahdotonta toteuttaa, sillä jauheen epäjatkovasta luonteesta johtuen näytteenotto säilyttää satunnaisuutensa, vaikka näytteenotto suoritettaisiin ideaaliolosuhteissa ideaalimenetelmällä. [22.]

Näytteenottoon kokonaisuudessaan liittyvät virheet koostuvat itse näytteenottovirheistä ja näytteenkäsittelyvaiheessa ilmenevistä virheistä. Näytteenottovirheet voidaan jakaa niiden luonteen perusteella satunnaisiin ja systemaattisiin virheisiin. Näiden erona on se, että satunnaisvirheiden hajonta lähestyy nollaa näytekoon kasvaessa, kun taas systemaattisen virheen hajonta pysyy samana. [22.]

Satunnaisvirheitä syntyy, vaikka näytteenotto olisi ideaalinen. Nämä virheet yleensä johtuvat pääasiallisesti näytteen heterogeenisyydestä ja lajittumisesta, eikä näihin virheisiin voida vaikuttaa. [24.]

Systemaattisia virheitä ovat ne virheet, jotka esiintyvät mittauksissa koko ajan. Nämä virheet johtuvat yleensä joko näytteenotosta tai näytteenottimesta tai näistä molemmista. Näihin virheisiin voidaan vaikuttaa näytteenoton ja näytteenottimien huolellisella suunnittelulla. [22.]

6 NÄYTTEENOTTOTAVAT JA NÄYTTEENOTTIMET

Primäärinäytteenotin on yksi tärkeimmistä näytteenottoon vaikuttavista tekijöistä, sillä sen ottaman näytteen edustavuus määrää pitkälti koko näytteenoton luotettavuuden. Tämän vuoksi on tärkeää kiinnittää erityistä huomiota näytteenottimen muodon, koon ja liikeradan huolelliseen suunnitteluun. [23.]

Näytteenottimen koko vaikuttaa näytteen edustavuuteen. Kyse on varsinkin siitä, että materiaalin erikokoisilla partikkeleilla on yhtäläinen mahdollisuus päästä näytteenottimeen. Asiaan vaikuttavat ratkaisevasti näytteenottimen rakenne ja sijoitus virtaukseen nähden. Näytteenottimen sijoituksessa tulisi myös ottaa huomioon tilavat ja järkevät työskentelyolosuhteet. [24.]

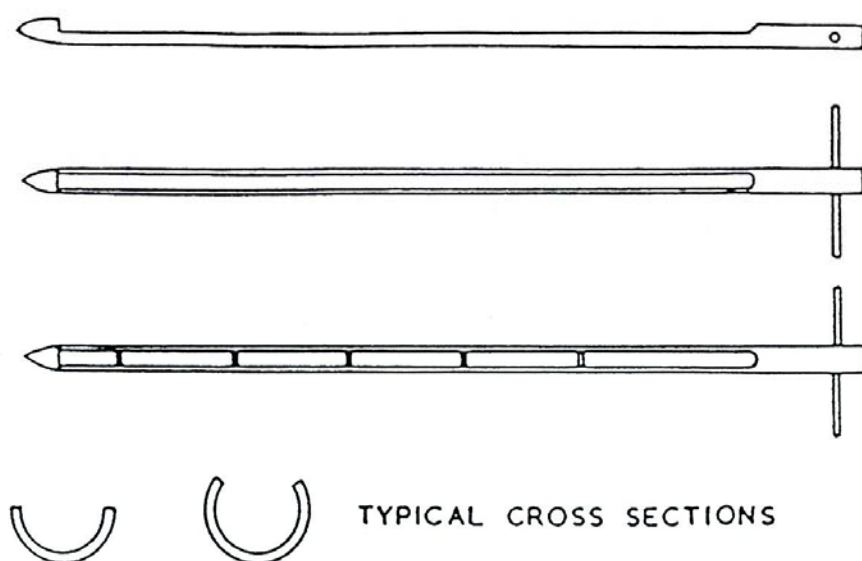
6.1 Manuaalinen näytteenotto

Käsinäytteenottoa tulisi välttää aina kun se vain on mahdollista. Esimerkiksi kauhan liikerataa on vaikea saada aivan suoraviivaiseksi tai kaarevaksi, jolloin kauhan suuaukko pystyttäisiin muotoilemaan liikeradan mukaan. Käsinäytteenotolla otetusta näytteestä ei voida koskaan varmuudella sanoa, onko näyte edustava vai ei. Tästä huolimatta näytteitä otetaan edelleen manuaalisesti. [22.]

Käsinäytteenottimet

Kaira- ja putkinäytteenottimia on olemassa useita erimuotoisia ja rakenteeltaan poikkeavia malleja. Niiden valinta näytteenottimeksi perustuu pitkälti materiaalin juoksevuusominaisuuksista, mutta sopivissakaan olosuhteissa niillä saatu tulos ei ole kovin tarkka. [23.]

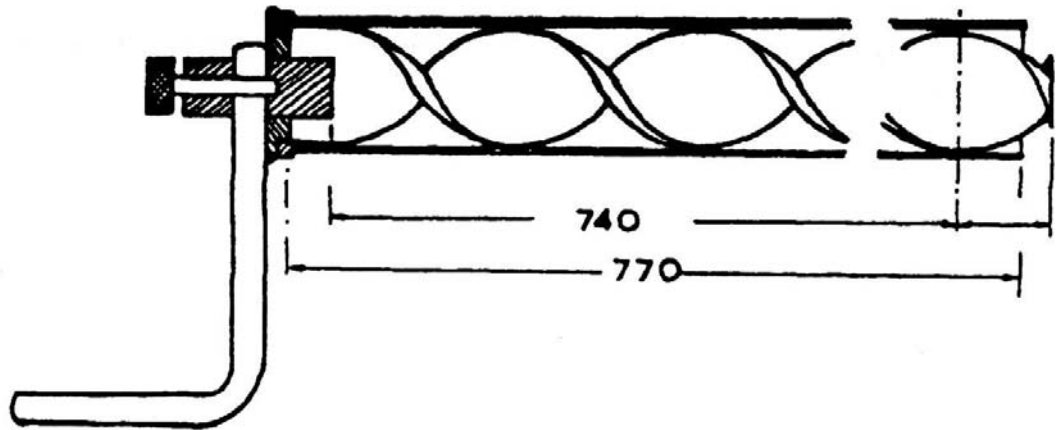
Putkinäytteenotinta käytetään, kun näyte otetaan paikallaan olevasta materiaalista, kuten esimerkiksi siilosta, vaunusta tai säkistä. Se antaa edustavimman näytteen keskikohesiivisistä, vähän lajittuvista jauheista. Se ei siis sovellu helposti lajittuvan jauheen näytteenottoon, koska se ei ota karkeampia partikkeleita kunnolla näytteeseen ja näin ollen aiheuttaa voimakkaan systemaattisen virheen tulokseen. Vapaasti virtaavista jauheista sillä on vaikea ottaa edustavaa näytettä, koska materiaali ei tahdo pysyä siinä. Tässä tapauksessa voidaan käyttää joko loke-roitua (kuva 14) tai kannellista näytteenotinta. [23.]



Kuva 14. Avoin ja lokeroitu näytteenotin [22.]

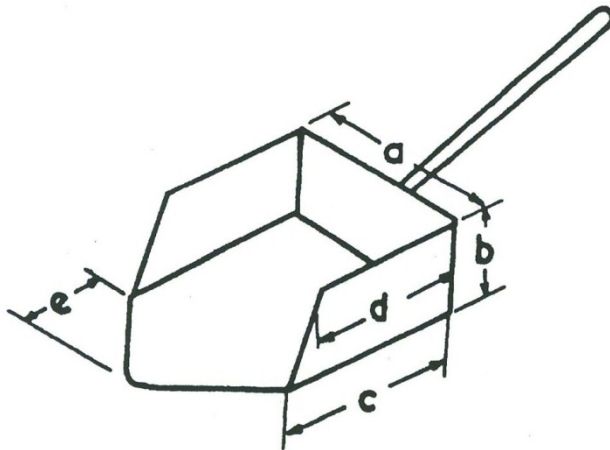
Lokeroiden tarkoituksena on pitää valuva jauhe paikoillaan. Kannellinen näytteenotin työnnetään suljettuna kansi aukon päällä jauheeseen, jonka jälkeen kierretään kansi auki ja putkea kierretään 180° . Kansi suljetaan ja putki vedetään ulos. Näytteenotin sopii vapaasti valuvien jauheiden näytteenottoon sellaisenaan, mutta jos sitä muotoillaan niin, että kääntösuuntaan syntyy leikkaava terä, voidaan sitä käyttää myös kohesiivisten näytteiden ottoon. [23.]

Kairoja (kuva 15) käytetään yleensä hienon materiaalin näytteenottoon esimerkiksi vaunusta tai säkistä. Kaira asetetaan kohtisuoraan näytepintaa vastaan ja kairataan samalla, kun painetaan sitä näytteen sisään. Kairaa pitäisi pyörittää juuri sen verran, että se tilavuus, jonka kaira painuu, tulisi myös pois. Tämä menetelmä vaatii hieman harjoittelua, sillä kairauksen ja painamisen suhde pitäisi saada tasapainoon. [23.]



Kuva 15. Näytekaikra [23.]

Kauhat (kuva 16) ja lapiot ovat yleisimpiä satunnaiseen näytteenottoon käytettyjä laitteita. Niiden käyttö on yksinkertaista, ja niiden käyttöön kaikki ovat tottuneet, joten hyvin harvoin niiden käyttöä opetellaan näytteenoton kannalta. Niiden toiminta siis perustuu näytteen kahmaamiseen liikkuvasta materiaaliveirrasta tai paikallaan olevasta materiaalista. Saatua näytettä tosin on suurella todennäköisyydellä epäedustava. Kuvassa on esitelty näytekauha, jonka mittoihin on olemassa standardeja, joilla näytteen edustavuutta voidaan parantaa. [23.]



Kuva 16. Näytekauha [23.]

Edustavan näytteen saaminen liikkuvasta virtauksesta käsinäytteenotolla vaatii taitoa, eikä sitä suositella, jos hihnan nopeus on yli 1,5 m/s, materiaalikerroksen paksuus yli 0,2 m tai virtausmäärä ylittää 200 t/h. [22.]

6.2 Automaattinen näytteenotto

Luotettavimmat näytteenottotulokset saadaan ottamalla näyte automaattisesti virtaavasta materiaalista. Seuraavassa on koottu joitakin automaattisen näytteenoton tarjoamia etuja verrattuna käsinäytteenottoon: [22.]

- Saavutetaan valmistusprosessien kehittyneen teknologian ja automaation vaatimaa parempaa laadunvalvontaa.
- Näytteenottomenetelmien luotettavuutta saadaan parannettua vastamaan kehittyneitä analyysimenetelmiä.
- Inhimilliset erehdykset saadaan eliminoidua.
- Voidaan ottaa suurempi näytemäärä suuremmalla frekvenssillä, jolloin päästään parempaan näytetarkkuuteen.
- Näytteenottomenetelmät voidaan yhtenäistää.
- Samanaikaisen näytteenotto eri kohdista mahdollistuu.
- Aikaa säästyy.

Vaatimukset tarkalle automaattiselle näytteenotolle: [23.]

- Näyte tulee ottaa materiaalivirrasta lyhyinä ajanjaksoina.
- Materiaalivirtauksen kaikilla osilla tulee olla sama näytteenottosuhde, eli näytekauhan on liikuttava samalla nopeudella kaikkialla leikkauspinnassa.
- Ajat näytteenottojen välillä tulee olla tarkkoja.
- Näytekauhan aukon tulee olla vähintään kolme kertaa suurimpien partikkeleiden halkaisija, eikä mielellään alle 10 mm.
- Näytteenottimen nopeuden tulee olla riittävän hidas, ettei karkeimpia kappaleita menetetä törmäyksessä leikkuuterään. Yleisenä sääntönä pidetään, että näytteenottimen leikatessa materiaalivirtaa sen nopeuden pitäisi olla yli 0,40 m/s.

- Pyörivien leikkureiden nopeus tulisi olla sellainen, ettei keskipakovoima heitä partikkeleita pois. Leikkurin syvyyden tulee olla niin suuri, etteivät partikkelit kimpoa pois siitä.
- Materiaalin syötön näytteenottimelle pitäisi olla vakio.
- Materiaalivirran tulisi olla mahdollisimman kapea, jotta näytteenotin leikkaa mahdollisimman kohtisuoraan kaikki virtauksen osat.
- Näytekauha tulee suunnitella siten, että otettu näyte johdetaan nopeasti ja täydellisesti näyteastiaan; karkeita pintoja ja teräviä kulmia tulee välttää.
- Näyteastian tulisi olla hyvin tiivistetty pölytappioiden estämiseksi.
- Näytteenottosysteemit, joissa hygienia on tärkeää, tulisi suunnitella niin, että pöly jää näyteastiaan.
- Jos näyte otetaan avoimelta hihnalta, on hihna pidettävä puhtaana.

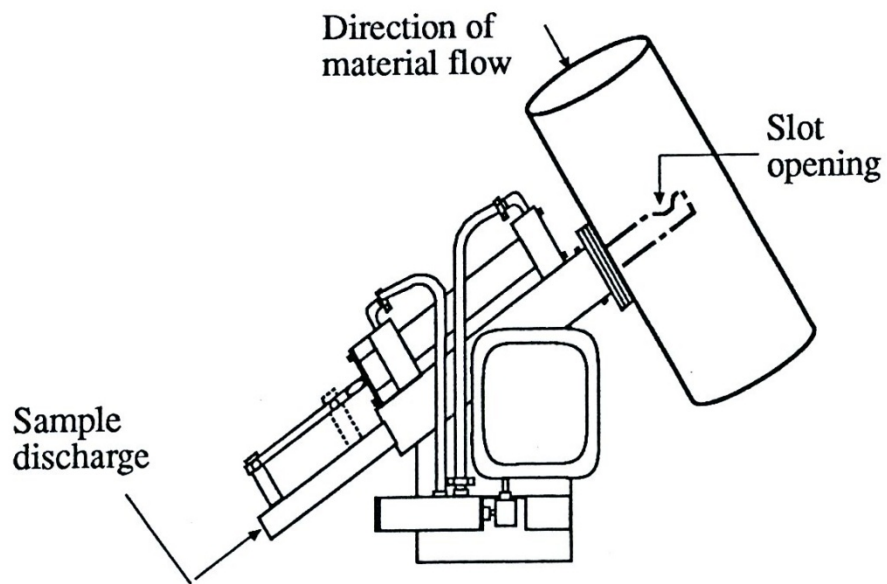
Automaattiset näytteenottimet

Tässä työssä keskitytään ainoastaan niihin automaattisiin näytteenottimiin, joita on mahdollisuus käyttää kuivan talkkijauheen näytteenotossa ja juuri Sotkamon tehtaan prosesseissa.

Näytteenottotyyppinä ja niiden sovelluksina on tarjolla runsaasti, joten alla esitettyihin malleihin saattaa liittyä valmistajasta riippuen eroavaisuuksia. Peruseräite laitteissa on kuitenkin lähes sama.

Kiinteät näytteenottimet soveltuvat suljettuihin putkisysteemeihin, joista haastavin on epäjatkuvan pneumaattisen kuljetuksen näytteenotto. Kuvassa 17 on näytteenotin, joka soveltuu pneumaattisen linjan näytteenottoon. Sen asento sisäänmenovaiheessa on sellainen, että se ei ota näytettä. Vasta kun näytekauha on kokonaan putken sisällä, se pyöriähtää näytteenotto-asentoon. [23.]

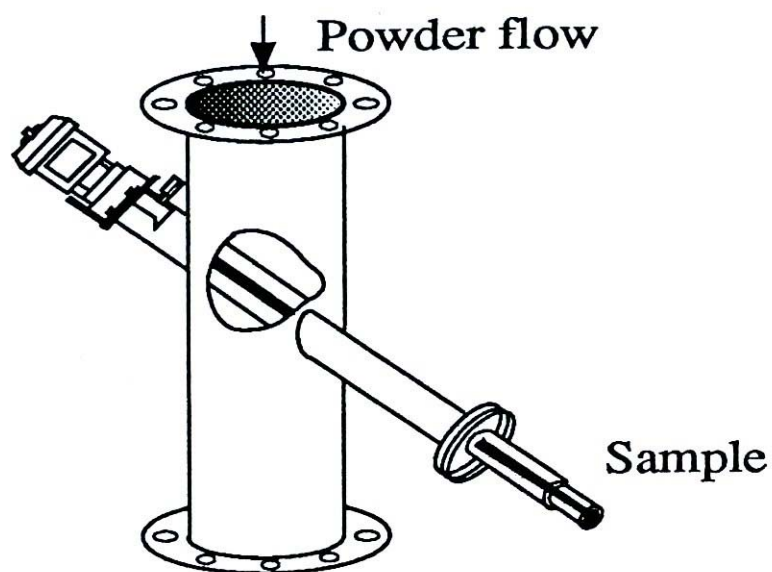
Virhemarginaalin tässä näytteenottimessa aiheuttaa se, että materiaalivirtauksesta otetaan vain osa eikä leikata koko virtausta, kuten kultainen sääntö edellyttää.



Kuva 17. Pistonäytteenotin [21.]

Allenin kirjan mukaan kuvan 17 tyyppinen näytteenotin ei anna edustavaa näytettä heterogeenisestä virtauksesta. [21.]

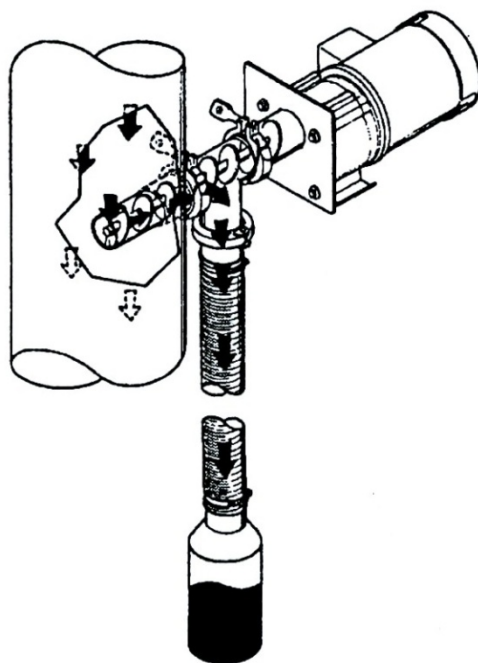
Kuvassa 18 esitetty kairanäytteenotin leikkaa materiaalivirran kokonaan ja näyte kulkeutuu näytteenkerääjään painovoiman avulla. Näytteenotin voidaan ohjelmoida ottamaan näyte halutuin väliajoin. Näytteenotin soveltuu vapaasti putoavaan virtaukseen putkessa sekä matalapaineiseen pneumaattiseen kuljetukseen. [23.]



Kuva 18. Kairanäytteenotin [21.]

Allenin mukaan kuvan 18 tyyppinen näytteenotin soveltuu ainoastaan silloin, kun materiaalivirtaus on homogeenista. Lisäksi näytteenottimesta on haittaa putkessa, sillä se tukkii virtausta. [21.]

Toisentyyppinen kairanäytteenotin, joka on esitetty kuvassa 19, on vain osittain putken sisässä.



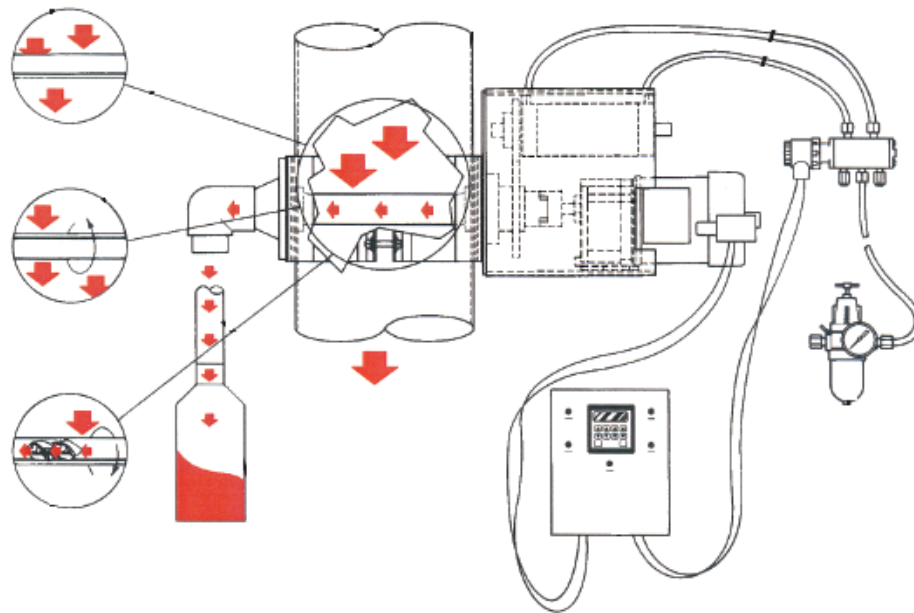
Kuva 19. Automaattinen kairanäytteenotin [23.]

Kaira voidaan ohjelmoida pyörimään haluttu aika halutuun väliajoin, tai se voi ottaa näytettä koko ajan. Tämäntyyppinen näytteenotin sopii matalapaineiseen pneumaattiseen linjaan tai vapaasti putoavaan virtaukseen. Tämä näytteenotin on kuitenkin vastaan näytteenoton kul-
taisia sääntöjä, sillä se leikkaa materiaalivirran vain osittain. [21.][23.]

Näytteenotin on koko ajan putken sisässä, eikä sitä voida välillä tyhjentää. Tämän vuoksi näytteenottoon saattaa putken pohjalle jäädä vanhaa näytettä, jolloin näytteenottoon syntyy virhettä.

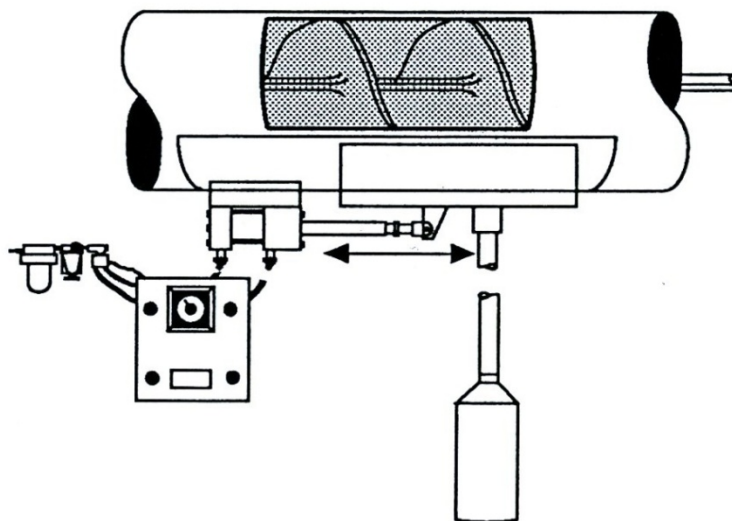
Kuvassa 20 on automaattinen kairanäytteenotin, jossa kaira on suojattu kotelolla. Kun näytettä otetaan, kotelo pyöriähtää 180 astetta, jolloin näytettä tulee kairaan, joka kuljettaa näytteen näytteenkerääjään. Erona edelliseen kairanäytteenottoon (kuva 19) on se, että kaira

ottaa näytteen koko putken leveydeltä ja kairaa suojaa suojakotelo. Näiden molempien ominaisuuksien vuoksi näytteenotto on luotettavampaa.



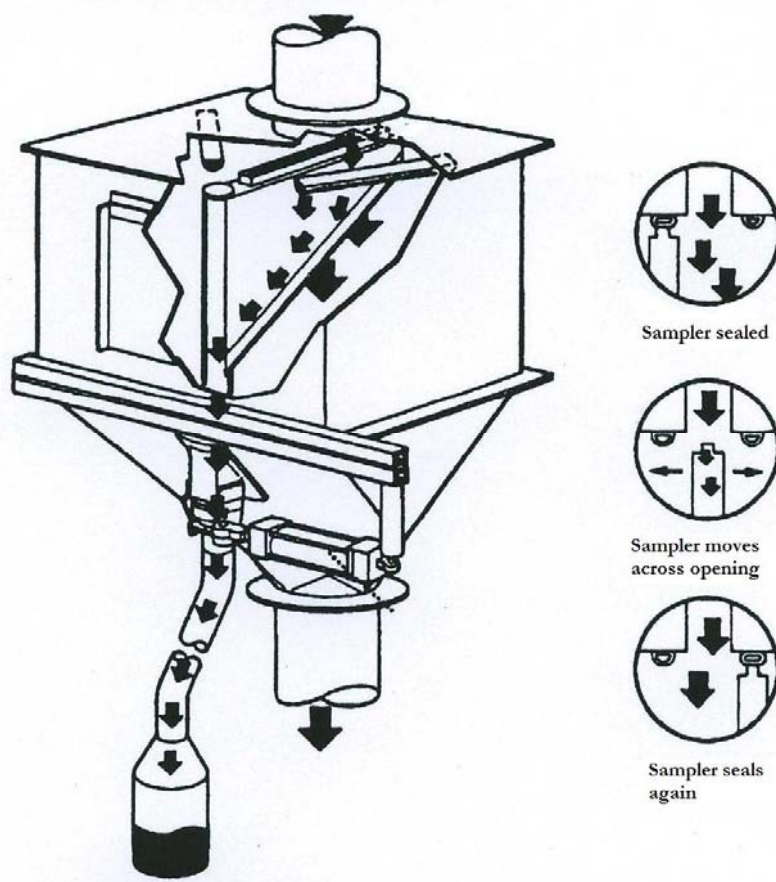
Kuva 20. Automaattinen kairanäytteenotin [25.]

Ruuvikuljettimiin voidaan käyttää kuvan 21 tyyppistä näytteenotinta. Ruuvikuljettimen pohjassa on aukko, jonka aukaisua säätelee venttiili. Osa materiaalivirtauksesta putoaa näytteenkerääjään. Näytteenotin voidaan ohjelmoida ottamaan halutun kokoinen näyte halutuin väliajoin.



Kuva 21. Näytteenotin ruuvikuljettimeen [21.]

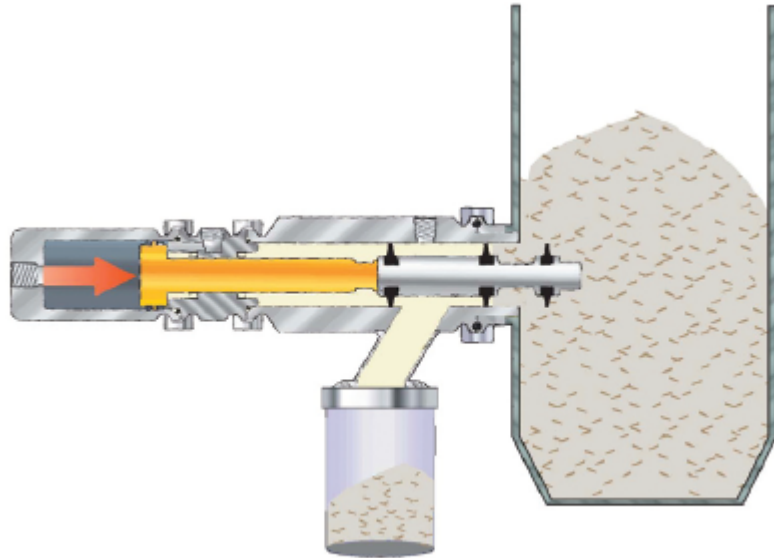
Kuvassa 22 on esitetty kaarevaa rataa leikkaava näytteenotin, jonka sovelluksista käytetään mm. nimityksiä Vezin näytteenotin ja pelikaanileikkuri. Näyteleikkuri on V:n muotoinen kolmiulotteinen säiliö, jonka pohjakulma on 45 astetta. Näyteleikkuri kulkee tuotevirran läpi niin, että se ottaa materiaalivirrasta läpileikkausnäytteen. Tämän näytteenottimen ongelma on sen kiinteä näytteenottosuhde. Suuremmalla nopeudella saadaan lisää inkrementtejä, mutta se ei lisää näytteen määrää. Ainoa mahdollisuus saada suurempi näyte on suurentaa leikkauskauhan kokoa. Rajoituksena tälle näytteenottimelle on myös sen vaikea ja kallis uudistaminen sen olemassa olevassa kohteessa. [21.]



Kuva 22. Kaarevaa rataa leikkaava näytteenotin [23.]

Muita rajoituksia tälle näytteenottimelle on sen vaatima tila. Se vaatii huomattavasti suuremman tilan kuin yksikään edellä esitellyistä näytteenottimista. Sen kotelon on oltava riittävän suuri, jotta leikkuri mahtuu asennuskohteeseen, esimerkiksi putkeen jossa tuote virtaa. Eli kotelon täytyy olla vähintään kaksi kertaa leveämpi kuin itse tuoteputki. [26.]

Markkinoilta löytyy myös automaattinen näytteenotin paikallaan olevasta materiaalista. Kuvan 23 mukaista näytteenotinta käytetään esimerkiksi siilosta tehtävään näytteenottoon. Näytteenotin työntyy kasaan, josta se tuo paluuliikkeen tehdessään näytteen näytteenkerääjään.



Kuva 23. Automaattinen näytteenotin paikallaan olevasta materiaalista [27.]

Näytteenottimen tulokseen tulisi kuitenkin suhtautua kriittisesti, sillä paikallaan olevasta materiaalista näytteenotto ei ole kovin luotettavaa. Mutta jos materiaali on homogeenista, tämä näytteenottotapa voi olla hyödyllinen. Tätä näytteenottotapaa ei kuitenkaan suositella helposti lajittuville tuotteille, koska esimerkiksi talkin karkeat ja hienot partikkelit ovat jakautuneita ollessaan kasassa.

7 NÄYTTEENKÄSITTELY

Keräily- ja pistonäytteet ovat analyysiä varten yleensä liian suuria, joten niiden kokoa on pienennettävä. Näytteen jakamiseksi pienempiin osiin on useita menetelmiä, joissa kaikissa pyritään jakamaan näyte siten, että sen homogeenisuus säilyy. Näytteen jakamisen aiheuttama virhe on suhteellisen pieni verrattuna ensimmäisen yksittäis- tai pistonäytteiden ottamisessa tulleisiin virheisiin. [9.]

7.1 Keon puolitus

Hienojakoisen rakeisen materiaalin jakamiseen voidaan käyttää keon puolitusta (kuva 24), jossa materiaali kootaan kartioksi, painetaan kevyesti keskeltä ja jaetaan keko neljään osaan ristinmuotoisella veitsellä. Kaksi vastakkaista osaa yhdistetään yhdeksi kokonaisuudeksi, joka vielä tarvittaessa uudelleen neliöidään. Näin tehdään niin kauan, kunnes näyte on halutun kokoinen. [9.][23.]

Menetelmästä voidaan käyttää myös nimeä kartiointi tai neliöinti.

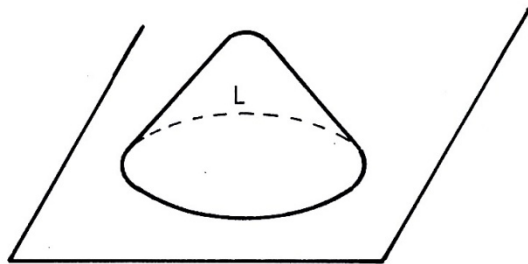


Fig. 24.1. Coning and quartering -
First step : coning and mixing

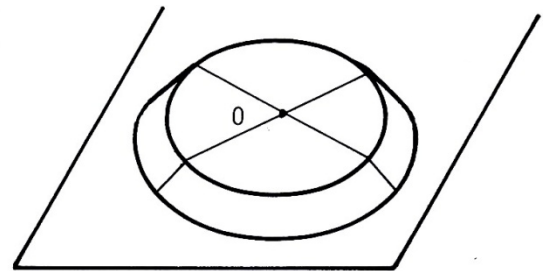
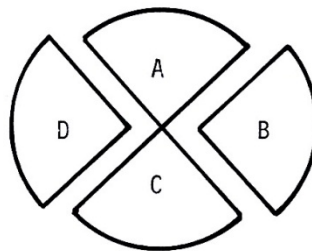


Fig. 24.2. Coning and quartering -
Second step : flattening

Potential samples :

A + C

B + D

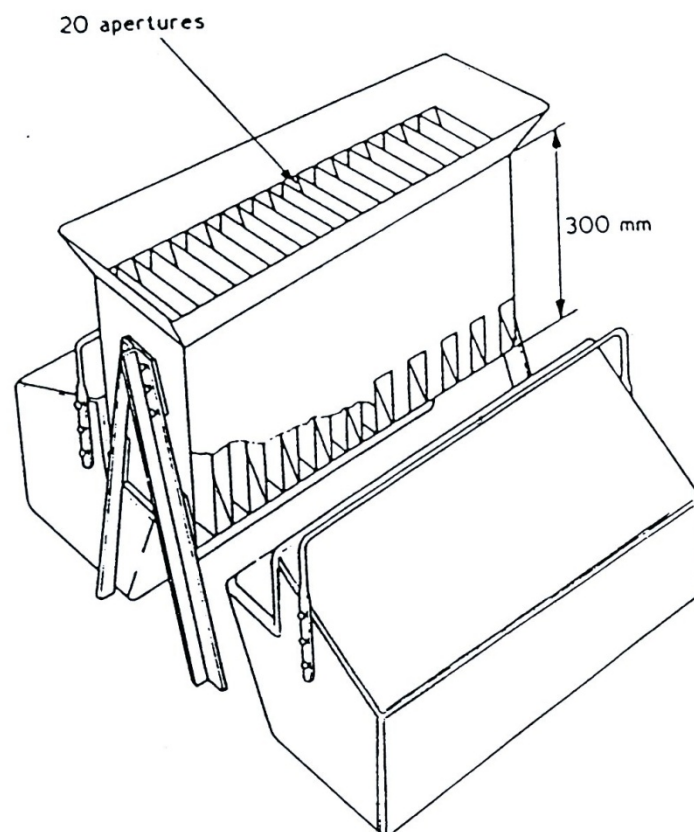


Kuva 24. Keon puolitusmenetelmä [28.]

Teoreettisesti menetelmä antaa hyvän tuloksen olettaen, että kasa on symmetrinen ja jako toimitetaan pohjaan saakka. Jaon on tapahduttava symmetriaviivoja pitkin, toisin sanoen ristiveitsen on mentävä kasakeskipisteen kautta. Menetelmää ei suositella käytettäväksi, koska puolituksen suorittamiseen vaikuttaa näytteenottajan huolellisuus sekä tarkkuus. Menetelmä on myös arka pölytappioille ja kontaminaatioille. [23.]

7.2 Puolituslaite

Näytteiden puolituslaite on kuvan 25 mukainen. Puolituslaitteella näyte jaetaan ensin kahteen osaan, joista toinen jaetaan tarpeen mukaan vielä kahtia. Laitteissa on yleensä 12–20 kourua, jotka ovat 45°:n kulmassa. [22.]



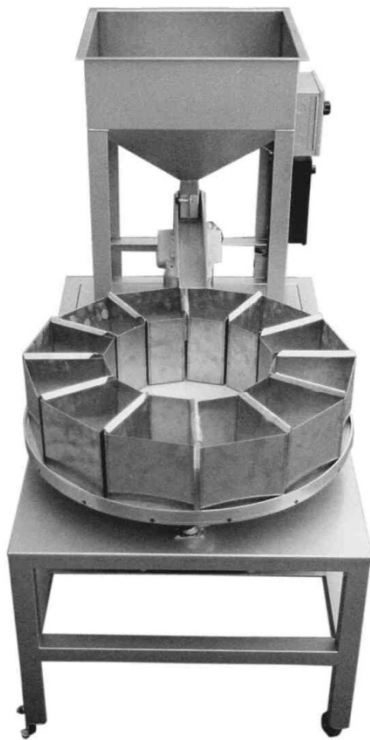
Kuva 25. Puolituslaite. [22.]

Tämän menetelmän tarkkuus on riippuvainen näytteenottajan tarkkuudesta, huolellisuudesta ja taidosta. Yleisimmät virheet tätä menetelmää käytettäessä aiheutuvat materiaalin lajittumisesta ennen kaatamista, materiaalin pölyämisestä ja materiaalin kiinnittymisestä jakajaan. [23.]

7.3 Pyörivä jakolaite

Suosittelavin jakolaite on kuvan 26 tyyppinen pyörivä jakolaite, sillä sen on todettu varsin yleisesti antavan ylivoimaisesti luotettavimman tuloksen ja se toteuttaa näytteenoton kultaiset säännöt. Laitteeseen kuuluu syöttösuppilo, josta materiaali syötetään joko suoraan tai tärysyöttimen kautta pyörivälle levyille, joka jakaa näytteen. [22.][29.]

Näytettä otettaessa virtausnopeuden ja pyörivän pöydän nopeuden tulee olla suhteessa toisiinsa sellaiset, että pöytä pyörii vähintään 30 kertaa ympäri sinä aikana, kun näyte liikkuu. Suurin nopeus, joka voi olla niin suuri kuin 300 kierrosta minuutissa, antaa parhaimman tuloksen. Näyte kerätään joka toisesta astiasta, jonka jälkeen näytteet yhdistetään. Jakoa jatketaan, kunnes saavutetaan halutun kokoinen näyte. Jos tämä tuntuu liian työläältä, voidaan näytteet ottaa loppuvaiheessa joka neljännessä astiasta tai vain yhdestä näyteastiasta. Jos otetaan vain yhdestä näyteastiasta, on pöydän pyörittävä vähintään sata kertaa. [23.][29.]



Kuva 26. Pyörivä jakolaite [30.]

7.4 Käsinäytteenotto

Käsinäytteenotto tapahtuu yleensä lusikalla tai kauhalla purkista näyteanalysaattoriin. Tätä ei kuitenkaan pidetä kovin luotettavana tapana, koska se aiheuttaa suurimman virheen näytteenottoon.

Kun kyseessä on rackokoanalyysi, voidaan sanoa, että kaikki se suurikin vaiva, mikä on nähty siihen mennessä näytteitä otettaessa, on mennyt hukkaan, jos lopussa tehdään käsinäyte. Ainoastaan silloin, kun materiaali on hyvin hienoa ja kohesiivista, käsinäytteenotto voidaan sallia. [23.]

Luvussa 6.1 esitetyn kuvan 16 mukaista näytekauhaa voidaan käyttää sekundäärinäytteenottoon, mutta kauhan pitää olla tylppä eli $e=0$. [23.]

7.5 Näytteenjakomenetelmien vertailu

Näytteenjakomenetelmissä eli niin sanotussa sekundäärinäytteenotoissa esiintyy myös virheitä, mutta ne ovat pieniä suhteessa primäärinäytteenoton virheisiin. Tavoiteltaessa kuitenkin virheetöntä näytteenottoprosessia on myös näytteenkäsittelyllä merkitystä.

Taulukossa 1 on esitetty eri näytteenkäsittelymenetelmien aiheuttamia virheitä näytteenotossa.

Taulukko 1. Näytteenjakomenetelmien virheitä. [23.]

Menetelmä	Hajonta (s)	Suurin havaittu virhe
Lusikka-näytteenotto	6,31 %	21,00 %
Keon puolitus	5,76 %	19,20 %
Näytteen puolittaja	1,10 %	3,70 %
Pyörivä näytteenotin	0,27 %	0,92 %

8 NÄYTTEENOTTO SOTKAMON TEHTAALLA

Näytteenoton Sotkamon tehtaalla suorittavat prosessinhoitajat. Näytteet otetaan myllyistä ja luokittimista 4 tunnin välein lukuun ottamatta vasaramyllyjä, joista näytteet otetaan 8 tunnin välein. Prosessinhoitajat vastaavat myös näytteiden analysoinnista, joka tapahtuu mikrotalkkitehtaalla sijaitsevassa näytteenottohuoneessa. Näiden näytteiden tarkoituksena on seurata tuotteiden raekokojakaumaa. Jos näyte ei täytä tuotteelle asetettuja toleranssiarvoja, säädetään myllyä tai luokitinta tarpeen mukaan. Jokaisesta pistonäytteestä osa laitetaan sille kirjatun vuorokausinäytepurkkiin, joka analysoidaan tarkemmin tehtaan omassa laboratoriossa aina aamuisin. Joka aamuvuorossa, myös viikonloppuisin, viedään pistonäytteet myllyjen ja luokittimien lopputuotteista myös laboratorioon analysoitavaksi. Poikkeuksena laboratorioon viedään näyte silloin, kun myllylle tai luokittimille on vaihdettu tuote. Laboratoriossa tehdään näytteille tarkemmat analyysit, kuten esimerkiksi mitataan niiden vaaleudet, raekokojakaumat ja maksimiraekoot. Välituotteita ei viedä laboratorioon analysoitavaksi, vaan ne analysoidaan pelkästään mikrotalkkitehtaan laseranalysaattorilla.

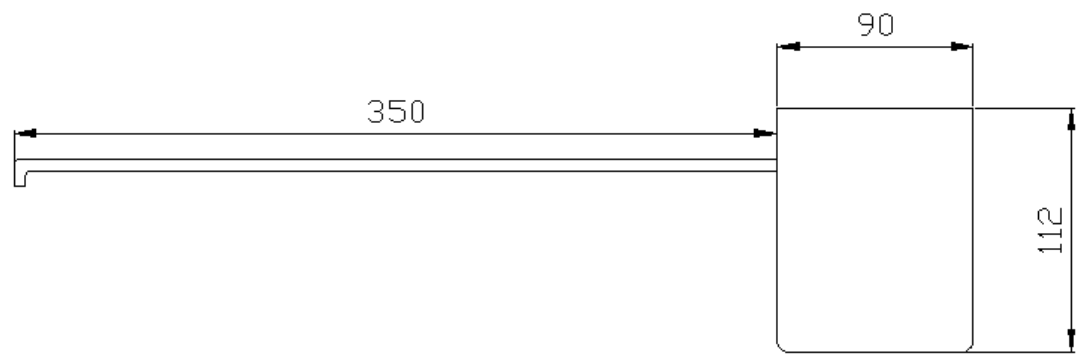
8.1 Näytteen määrä

Näyte otetaan 1 litran kokoiseen muoviseen kannettomaan astiaan. Näytettä otetaan noin 100–500 g riippuen siitä, onko näyte karkeaa vai hienoa. Näytteen määrä riippuu myös näytteenottajasta ja siitä, onko kyseessä manuaalinen vai automaattinen näytteenotin.

8.2 Näytteenottimet ja niiden sijainnit

Näytteenotto tehtaalla tapahtuu joko näytteenottokauhalla (kuva 27), rakokauhalla tai automaattisesti keräävällä näytteenottimella. Poikkeuksena edellä mainituista näytteenottomenettelmistä ATP-luokittimessa on hana-näytteenotin.

Näytteenottokauha on esitetty kuvassa 27 mittoineen, mutta suurin osa kauhoista on menetänyt alkuperäiset mittansa vääntyilyn vuoksi.



Kuva 27. Näytteenottokauhan mitoitus

Höyryllä toimivista suihkumyllyistä 1,3,4 ja 5 näyte otetaan kauhalla syklonin alta heti lokeron jälkeen putoavasta virrasta (kuva 28).



Näytteenotto-
luukku

Kuva 28. Höyrymylly 1:n näytteenottoluukku

Suihkumylly 2:sta näyte otetaan kauhalla suotimen alta lokeron jälkeen sijaitsevasta luukusta (kuva 29).



Näytteenottoluukku

Näytteenottokauha

Kuva 29. Suihkumylly 2:n näytteenotto lokeron alta siiloon menevästä virrasta

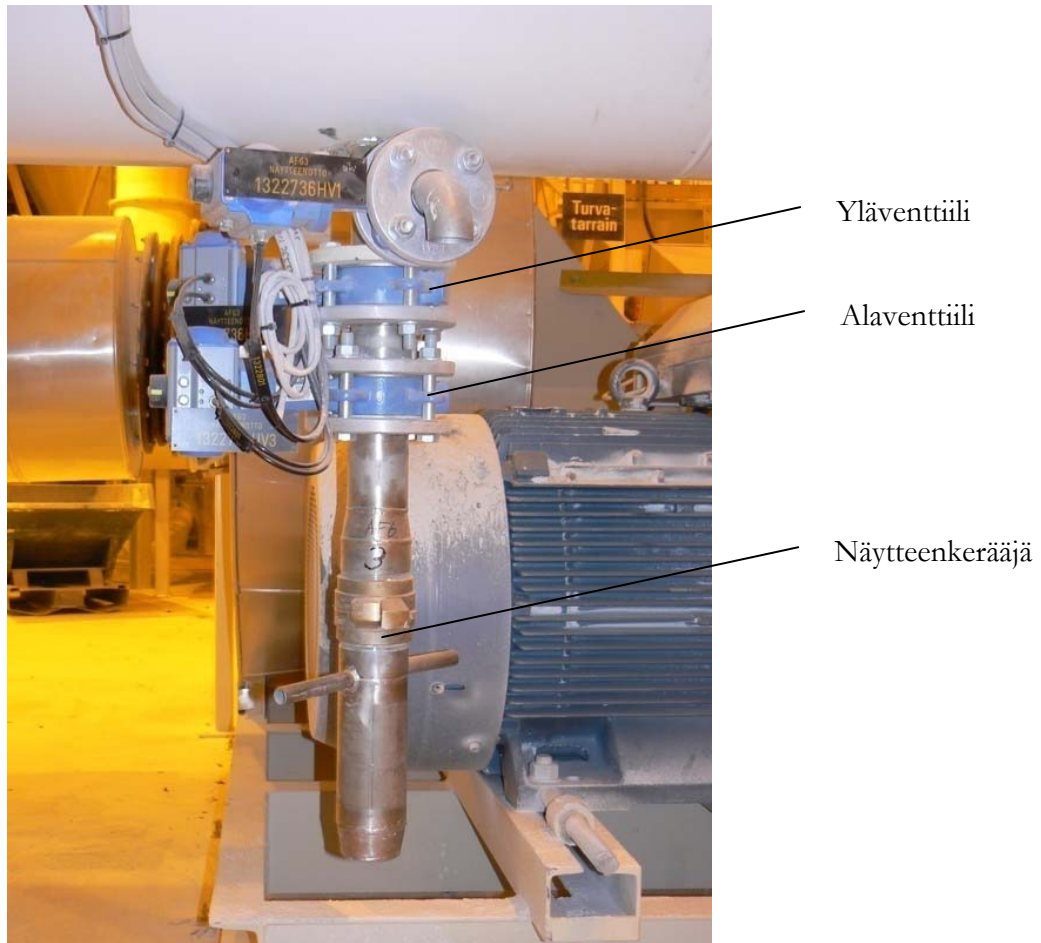
Suihkumylly 6:sta näyte otetaan syklonin alta lokeron jälkeen rakokauhalla (kuva 30). Putki tyhjennetään ennen näytteenottoa paineilmalla, jonka jälkeen aukaistaan venttiili ja annetaan näytteen valua purkkiin.



Kuva 30. Höyrymylly 6:n näytteenotto rakokauhalla syklonin alta

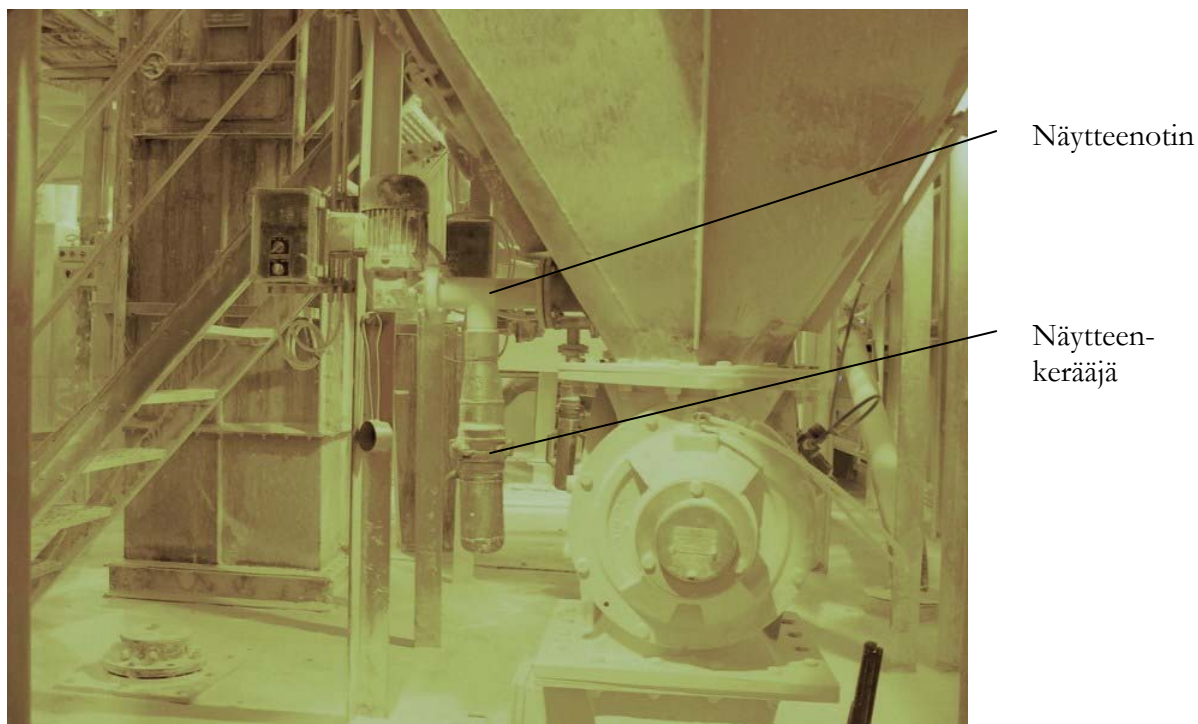
Pneumaattisesti toimivissa suihkumyllyissä AFG1, AFG2 ja AFG3 on toimintaperiaatteen mukaan kuvan 21 mukaiset näytteenottimet, mutta poikkeavat rakenteeltaan siitä. Näytteenottimet ovat automaattisia kerääviä näytteenottimia, mutta niillä pystytään myös ottamaan pistonäytteitä. Näytteenottimessa on 2 magneettiventtiiliä, jotka on sijoitettu tuoteruuvista tulevaan putkeen päällekkäin. Ne on ohjelmoitu toimimaan siten, että näytettä otettaessa ylempi venttiili aukeaa ja näyte tipahtaa alemman venttiilin ohjaamaan sulkijaan asti. Tämän jälkeen ylempi venttiili sulkeutuu ja alempi aukeaa, jolloin näyte valuu kerääjään. Venttiileiden eriaikainen toiminta perustuu siihen, että näytteenkerääjä ei täyty heti, vaan näytettä voidaan annostella sopiva määrä tippuvaksi kerrallaan.

Näytteenottimet on sijoitettu suotimen alla olevaan ruuvikuljettimeen syöttölokeroon yläpuolella. Kuvassa 31 on esitetty toiminnassa oleva kyseinen näytteenotin omalla paikallaan ruuvikuljettimen pohjalla.



Kuva 31. Automaattinen keräävä näytteenotin tuoteruuvien pohjalla

Vasaramyllyissä on kuvan 32 mukaiset automaattiset keräävät ruuvinäytteenottimet, jotka on sijoitettu suotimen alaosaan ennen syöttölokeroa. Myllyjen 1 ja 3 sekä 2 ja 4 näytteet otetaan samasta virrasta. Näytteenottimet muistuttavat toimintaperiaatteeltaan luvussa 6.2 esitettyä kuvan 19 näytteenotinta. Ne on ohjelmoitu ottamaan tietyin väliajoin materiaalivirrasta näytteen, jonka kaira kuljettaa näytteenkerääjään.



Kuva 32. Vasaramyllyjen automaattinen keräävä kaira näytteenotin

Tappimyllyissä on käytössä samanlaiset keräävät näytteenottimet (kuva 31) kuin pneumaattisissa suihkumyllyissä. Ne sijaitsevat tuotesuotimen alla olevassa tuoteruuvissa ennen syöttölokeroa.

Tappimyllyissä PC1, PC5 ja ZPS2 on automaattisen näytteenottimen lisäksi myös rakokauhat (kuva 33), jotka sijaitsevat tuotesuotimen alapuolella olevan syöttölokeron alla. Eli myllyistä on mahdollisuus ottaa näyte kahdesta paikasta. Molempia näytteenottimia käytetään, riippuen siitä kuka, näytteen ottaa. Osa prosessinhoitajista suosii automaattista näytteenotinta ja osa taas rakokauhaa.

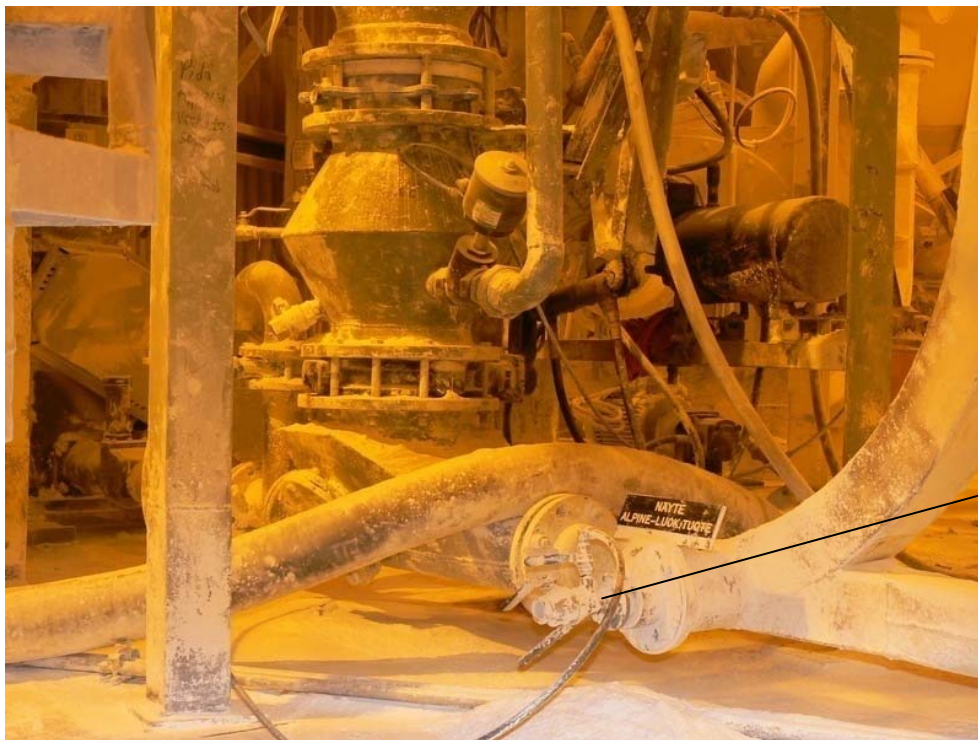


Automaattinen
näytteenotin

Rakokauha

Kuva 33. Automaattinen näytteenotin ja rakokauha

Alpine AFG:n luokittimesta näytteenotto tapahtuu suotimen jälkeen lokeron alta lähtevästä vaakasuorasta putkesta rakokauhalla (kuva 34).



Rakokauha

Kuva 34. Alpine-luokittimen näytteenotin

Bauerin luokittimen näyte otetaan kauhalla karkeasta jauheesta kartion (kuva 35) pohjalta ennen syöttölokeroa. Lokero pysäytetään ja odotetaan hetken aikaa, että näytettä on kertynyt tarpeeksi kartion pohjalle. Näyte kahmaistaan pitkävartisella kauhalla kartion pohjalta. Tämän jälkeen lokero käynnistetään uudelleen.



Kuva 35. Bauerin näytteenotto

ATP:n karkean tuotteen näytteenotto suoritetaan luokittimen jälkeen ennen lokeroa sijaitsevan kartion pohjassa olevasta ”hanasta” (kuva 36). Lokero pysäytetään noin 15 sekunniksi, jolloin näytettä on kertynyt tarpeeksi kartion pohjalle. Hana puhalletaan paineilmalla puhtaaksi, jonka jälkeen avataan hana ja annetaan näytteen valua näytepurkkiin. Hienotuotteen näyte otetaan tuotesuotimen alta lokeron jälkeen vaakasuorasta putkesta rakokauhalla.



Näytteenotto-
hana

Kuva 36. ATP:n karkean tuotteen näytteenottohana kartion pohjalla

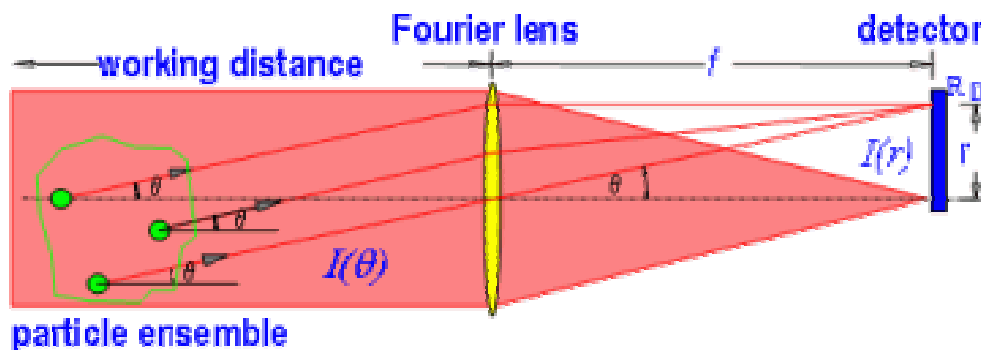
8.3 Näytteiden analysointi

Näytteiden analysointiin prosessinhoitajat käyttävät Sotkamon tehtaalla Sympatec GmbH:n valmistamaa HELOS-raekokoanalysaattoria (kuva 37).



Kuva 37. Sympatec GmbH:n HELOS-raekokoanalysaattori ja VIBRI-tärinäsyötin. [31.]

Laitteen toiminta perustuu laserdiffraktoon, jonka periaate on esitetty kuvassa 38.



Kuva 38. Laserdiffraktio [32.]

Laserdiffraktio perustuu valon kulkuun sen osuessa partikkelin pintaan. Valonlähteenä toimii HeNe-laser, jonka aallonpituus on 632,8 nm. Säte vahvistetaan usealla optisella komponentilla, jonka jälkeen vahvistunut ja kohdistettu säde heijastaa partikkeleiden sironnan. Partikkeleista heijastuneet valonsäteet kulkevat samassa kulmassa linssille, jossa ne Fourier-muunnetaan paikasta riippuvan intensiteetin muotoon. Eri intensiteetit havaitaan moniosaisella valoanturilla. Anturilta tuleva valosähkövirta sittemmin käsitellään ja muutetaan digitaaliseen muotoon, joka muodostaa kuvion virtauksen voimakkuudesta. Tietokoneen ohjelmisto käyttää hyväksi tarkoituksenmukaisia heijastusteorioita, joiden avulla virtausarvot muunnetaan vastaamaan partikkelin kokoja. [33.]

Näytettä annostellaan laser-analysaattoriin teräksisellä ruokalusikalla. Muovisesta näytepurkista otetaan näytettä 1 lusikallinen hienoista tuotteista ja karkeista 1,5 lusikallista.

Tietokone laskee siihen asennetun WINDOX 5 -ohjelman avulla jokaiselle näytteelle raekokojakauman partikkelikokoille 1, 2, 5, 10, 20,30 ja 40 μm . Vaaka-akselilla on eksponentiaalisesti kasvava raekoko ja pystyakselilla kumulatiivisesti kasvava prosenttiosuus. Eli käyrä ilmoittaa, kuinka monta prosenttia näytteestä on partikkeleita alle 1 μm , 2 μm , 5 μm jne.

9 NÄYTTEENOTTIMIEN JA NÄYTTEENKÄSITTELYMENETELMÄN LUOTETTAVUUDEN MITTAUS

Näytteenottimien luotettavuutta päätettiin mitata ottamalla tuotteesta 15 näytettä minuutin välein. Näytteet analysoitiin mikrotalkkitehtaan näytteenottohuoneessa, ja niistä saadut tulokset löytyvät liitteistä 1 ja 2. Lusikka-näytteenkäsittelymenetelmän luotettavuutta mitattiin ottamalla samasta purkista 15 näytettä talkkia. Näytteiden tulokset löytyvät liitteestä 3. Molempien näytteiden tuloksien luotettavuuden mittariksi otettiin näytteiden keskihajonta.

9.1 Keskihajonta

Keskihajonta on tunnusluku, joka huomioi aineiston kaikkien havaintoarvojen keskinäisen sijainnin. Se kuvaa havaintoarvojen ryhmittymistä keskiarvonsa ympärille. Mitä lähemmäs keskiarvoa ja siis myös toisiaan havaintoarvot ovat ryhmittyneet, sitä pienempi on keskihajonta. Hajallaan sijaitsevien eli keskenään kovin eri suurien lukujen keskihajonta on iso.[34.]

Keskihajonta on muuttujan arvojen keskimääräinen poikkeama keskiarvosta.

Keskihajonta lasketaan kaavalla: [35.]

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad , \quad (1)$$

missä

x_1, x_2, \dots, x_n = muuttujasta tehtyjä havaintoja

\bar{x} = havaintojen keskiarvo

n = on havaintojen lukumäärä.

9.2 Näytteenottimien luotettavuuden testaus

Näytteenottimien luotettavuutta testattiin tuotantolaitoksella prosessista otettujen näytteiden avulla. Näytteet otettiin kaikista luokittimista ja höyrymylly 2:sta ja 6:sta, vasaramylly 1-3:sta, AFG 2:sta ja 3:sta, tappimyllyistä PC 1:stä, PC 2:sta ja ZPS 1:stä.

Näytteitä otettiin jokaisesta tuotteesta 15 kappaletta minuutin välein. Näytteenottomenettely ei poikkea normaalista prosessinhoitajien tekemästä näytteenotosta.

Näytettä otettiin noin 300–500 g jokaisesta tuotteesta. Näyte kerättiin litran muoviasiaan, josta otettiin analysoitavaksi hienoista tuotteista noin 1,5 ruokalusikallista ja karkeista noin 1 ruokalusikallista. Näytteet analysoitiin mikrotalkkitehtaan laser-analysaattorilla (kuva 35). Raekokoanalyysin tulokset ja niistä tehdyt raekokojakaumakäyrät löytyvät liitteistä 1 ja 2.

Näytteenottimien luotettavuuden mittariksi laskettiin näytesarjojen keskihajonnat jokaiselle partikkelikoolle 1, 2, 5, 10, 20,30 ja 40 µm.

Alla on esitetty AFG 1-myllyn tuotteen F08:n 5 µm:n raekoon keskihajonnan laskeminen kaavan (1) mukaan

$$\sigma = \sqrt{\frac{2 \cdot (13,4 - 13,6)^2 + 5 \cdot (13,5 - 13,6)^2 + 5 \cdot (13,6 - 13,6)^2 + (13,7 - 13,6)^2 + 2 \cdot (14 - 13,6)^2}{15}}$$

$$= 0,181$$

Taulukkoihin 2–4 on koottu kaikkien myllyjen ja luokittimien näytteiden keskihajonnat liitteistä 1 ja 2 löytyvien mittaustulosten perusteella.

Taulukko 2. Suihkumyllyjen näytteiden keskihajonnat prosenttiyksikköinä

Raekoko [µm]	HM1 C10 (Kauha)	HM2 M05N (Kauha)	HM6 C10 (Rakokauha)	HM6 M03 (Rakokauha)	AFG1 F08 (Automaatt. näytteenotin)	AFG2 F08 (Automaatt. näytteenotin)
1	0,141	0,128	0,177	0,549	0,074	0,050
2	0,560	0,445	0,622	0,900	0,181	0,122
5	1,396	0,980	1,636	1,600	0,279	0,182
10	0,952	0,690	1,272	0,578	0,149	0,088
20	0,083	0,098	0,160	0	0,041	0,035
30	0	0	0	-	0	0
40	-	-	-	-	-	-

Taulukko 3. Tappi- ja vasaramyllyjen näytteiden keskihajonnat

Raekoko [µm]	PC1 VT2 (Automaatt. näytteenotin)	PC1 VT2 (Rakokauha)	PC2 F15 (Automaatt. näytteenotin)	ZPS 1 M30 (Automaatt. näytteenotin)	MM 1+3 M15 (Kaira- näytteenotin)
1	0,059	0,052	0,059	0,072	0,048
2	0,150	0,092	0,128	0,124	0,074
5	0,438	0,282	0,217	0,278	0,124
10	0,721	0,515	0,256	0,486	0,234
20	0,599	0,702	0,214	0,720	0,246
30	0,386	0,564	0,139	0,592	0,231
40	0,220	0,374	0,074	0,407	-

Taulukko 4. Luokittimien näytteiden keskihajonnat

Raekoko [µm]	ATP M50 (Hana)	Bauer M40 (Kauha)	Alpine M15E (Rakokauha)
1	0,052	0,052	0
2	0,080	0,059	0,051
5	0,279	0,228	0,118
10	0,572	0,450	0,192
20	0,775	0,676	0,080
30	0,746	0,572	0
40	0,576	0,372	-

9.3 Näytteenkäsittelymenetelmä testaus

Lusikka-näytteenoton testaus tehtiin ottamalla n. 500 g karkeaa ja hienoa näytettä omiin purkkeihinsa. Näistä näytepurkeista ajettiin 12 raekokoanalyysiä. Mittaustulokset ja niistä laaditut käyrät löytyvät liitteestä 3.

Näytteistä laskettiin jokaiselle raekoolle 1, 2, 5, 10, 20, 30 ja 40 μm keskihajonta. Alla on esitetty lusikka-näytteenoton keskihajonnan laskeminen tuotteen M05N 10 μm raekoolle kaavan (1) mukaan

$$\sigma = \sqrt{\frac{6 \cdot (92,1 - 92,15)^2 + 6 \cdot (92,2 - 92,15)^2}{12}}$$

$$= 0,052$$

Taulukossa 5 on esitetty hienon ja karkean tuotteen kaikkien raekokojen keskihajonnat.

Taulukko 5. Hienon ja karkean tuotteen näytteiden keskihajonnat

Raekoko [μm]	HM2 M05N	ATP M40H
1	0,039	0
2	0,049	0,039
5	0,043	0,051
10	0,052	0,065
20	0	0,100
30	-	0,123
40	-	0,094

10 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

10.1 Mittausten tarkoitus

Mittausten tarkoituksena oli selvittää näytteenottimien tarkkuus prosesseista otettujen näytteiden avulla. Jos näytteiden hajonta on suuri, näytteenotin tai näytteenottotapa ei ole luotettava.

Lusikka-näytteenoton vertailu haluttiin tehdä siksi, että saataisiin selville sen aiheuttamat virheet koko näytteenottoprosessiin. Vertailu tehtiin hienolle ja karkealle tuotteelle sen vuoksi, että nähtäisiin, vaikuttaako lusikalla näytteen ottaminen purkista niihin eri tavalla.

Muiden näytteenkäsittelymenetelmien testaaminen ei ollut mahdollista, koska tehtaalla ei ollut muita näytteenkäsittelyyn tarvittavia välineitä eikä laitteita. Mutta lusikka-näytteenoton vertailu riitti antamaan niin hyvän suunnan näytteenottomenetelmän tarkkuudesta, että muita näytteenkäsittelymenetelmiä ei olisi ollutkaan välttämätöntä suorittaa.

10.2 Tulosten tarkastelu

Yllätyksenä näytteenottimien antamien näytteiden hajonnoissa oli höyrymylly 6:n näytteiden suuri hajonta. Edes käsinäytteenotto kauhalla höyrymyllyistä 1 ja 2 ei antanut niin suuria hajontoja kuin näytteenotto rakokauhalla. Näiden mittausten avulla voitiin siis olla melko varmoja, että näytteenotto höyrymylly 6:sta ei ole luotettavaa tällä näytteenottomenetelmällä. Tehtaalla on kuitenkin tiedossa, että juuri tämä kyseinen mylly jauhaa epätasaisesti tuotetta, joten näytteiden suureen hajontaan voi kuitenkin yhtenä merkittävänä syynä olla myllyn toiminta eikä näytteenottimen toiminta.

Suuria hajontoja näytteenotossa tuli siis myös kauhalla suoritettavassa käsinäytteenotossa, jotka tehtiin höyrymyllyille 1 ja 2. Vaikka näyte otettiin virtaavasta materiaa livirrasta, hajontaa syntyi. Suurimmat hajonnat tapahtuivat partikkelijakauman keskiosissa 2, 5 ja 10 μm . Syynä suureen hajontaan voidaan pitää materiaa livirtauksen suurta nopeutta, sillä näytettä tulee niin kovalla virtauksella että osa näytteestä tulvii ulos kauhasta vaikka näytteen yrittäisi kauhaista mahdollisimman nopeasti.

Ehkä yllättävintä oli kuitenkin Bauer -luokittimesta tehtyjen näytteiden tulokset. Näytteet otettiin kasasta kauhalla. Näiden näytteiden keskihajonnat olivat keskimäärin puolet pienempiä verrattuna höyrymyllyistä kauhalla otettuihin näytteisiin. Vaikka toisaalta näitä on vaikea verrata keskenään, koska Bauerin valmistama tuote on karkeaa ja höyrymyllyjen hienoa.

Tappimyllyssä PC1 päästiin vertaamaan rakokauhan ja automaattisen näytteenottimen antamia tuloksia. Näytteiden ottojen välissä oli tunti aikaa, joten se saattoi aiheuttaa virheitä näiden näytteenottimien vertailuun. Säättöjä myllyihin ei kuitenkaan tuona aikana tehty. Molemmilla näytteenottimella otettujen näytteiden keskihajonnat olivat suuria raako'illa 5–30 μm . Lähes samanlaiset tulokset antoivat myös ZPS1:stä otetut näytteet, joissa keskihajonnat olivat myös suuria raako'illa 5–30 μm .

Tappimyllyn PC2 automaattisen näytteenottimen antamien näytteiden keskihajonnat olivat huomattavasti pienemmät jokaisella raakoolla verrattuna esimerkiksi PC1:n näytteisiin. Näiden tulosten perusteella PC2:n näytteenotto oli kaikista tappimyllyistä luotettavinta. Samaa luokkaa PC2:n keskihajontojen kanssa olivat Mikromyllyjen 1+3:sta otetut näytteet. Suurimmat hajonnat sillä olivat partikkeliko'illa 10, 20 ja 30 μm .

Suihkumyllyistä AFG1 ja AFG2 otettujen näytteiden keskihajonnat olivat kaikista automaattisista näytteenottimista pienimmät. Suihkumyllyllä AFG1 hajonta oli kuitenkin hieman suurempaa kuin AFG2:lla. Suurimmat hajonnat myllyillä olivat partikkeliko'illa 2, 5 ja 10 μm .

Alpinesta tehtyjen näytteiden keskihajonnat olivat kaikista näytteenottimista pienimmät. Tällä vertailulla saatiin siis todisteita siitä, että rakokauhan sijoittamisella oikeaan paikkaan saadaan luotettava näyte.

Luokittimista kaikkein huonoimmat arvot saatiin ATP:n näytteenotosta, joka oli keskihajontojen kannalta katsottuna melkein höyrymyllyjen luokkaa. Suurimmat hajonnat luokittimen näytteenotossa saatiin raako'illa 10–40 μm .

Taulukosta 5 huomataan, että lusikka-näytteenotolla oli suurempi vaikutus karkeampaan tuotteeseen kuin hienoon. Tosin laser-analysaattorin osuutta virheisiin ei voida tietää. Mahdollista on, että analysaattori oli tarkempi hienojen partikkeleiden mittauksessa kuin karkeampien. Lusikka-näytteenoton vaikutus näytteenottoprosessiin oli kuitenkin luultua pienempi, koska siitä aiheutuvat virheet suhteessa primäärinäytteenotosta aiheutuviin virheisiin olivat pieniä.

10.3 Virheet

Ei voida varmasti sanoa, vaikka kaikki 15 näytettä kulkisivat samaa linjaa, että näytteenotin olisi luotettava. Mahdollista on, että näytteenotin on luokitteleva, jolloin se jättää kaikista näytteistä esimerkiksi karkeat partikkelit pois. Tämän vuoksi paras menetelmä olisi verrata näytteitä näytteeseen, jonka tiedettäisiin olevan täysin virheetön. Tämä ei kuitenkaan työssä ollut mahdollista, koska käytössä ei ollut täysin virheetöntä näytteenotinta eikä näytteenkäsittelylaitetta. Mutta tulokset, jotka näytteistä saatiin, ovat kuitenkin suuntaa antavia näytteenottimien ja näytteenkäsittelymenetelmän luotettavuudesta.

Mahdollisia virheitä näytteenottoon tuovat laser-analysaattori, jonka aiheuttamat virheet näytteenottoon eivät ole tiedossa. Oletettavasti juuri laser-analysaattorista saattoi johtua näytesarjassa jotkin poikkeavat tulokset. Ja luultavasti, kuten lusikka-näytteenoton testaustuloksetkin kertovat taulukossa 5, laser-analysaattori ei ole tarkka karkeilla partikkeleilla. Mahdollisesti pieniä virheitä toi myös se, että laser-analysaattorin syöttösuppilon ja kuljettimelle jää pieniä määriä talkkia, joka vaikuttaa aina seuraavan näytteen tuloksiin varsinkin silloin, kun hienon tuotteen perään ajetaan karkeaa tuotetta ja päinvastoin.

Kun näytteenotto suoritetaan käsin, on selvää, että virheitä syntyy väistämättä, ja ne ovat täysin riippuvaisia näytteenottajasta. Mahdolliset poikkeamat näytesarjoissa voivat johtua myös myllyjen ja luokittimien toiminnoista. Lisäksi näytteisiin vaikuttavat talkkikiven laatu, mutta oletettavasti näytteiden oton aikana suuria muutoksia kiveen ei ole tapahtunut, koska näytteet olivat jotakuinkin tasalaatuisia. Pieniä virheitä voi myös tulla kontaminaatioista, sillä näytempurkkeja ei suojata kansilla kuljetuksien aikana. Nämä virheet ovat kuitenkin lopputuloksen kannalta erittäin pieniä.

Näytteenkäsittelymenetelmä eli lusikka-näytteenotto purkista aiheuttaa vain vähän virhettä näytteenottoprosessiin, joten sillä ei ole suurta merkitystä näytteiden lopputulokseen. Suurin virhe näytteenotossa tehdään kuitenkin primäärinäytteenotossa.

Nämä kaikki edellä esitetyt virheet ovat systemaattisia virheitä, jotka siis johtuvat joko näytteenottajasta tai näytteenottoon liittyvistä laitteista tai näistä molemmista.

Satunnaisia virheitä mittauksiin aiheuttivat materiaalin heterogeenisuus ja lajittuminen. Näihin virheisiin ei voitu kuitenkaan vaikuttaa, koska ne ovat näytteenottajasta ja näytteenottimesta riippumattomia.

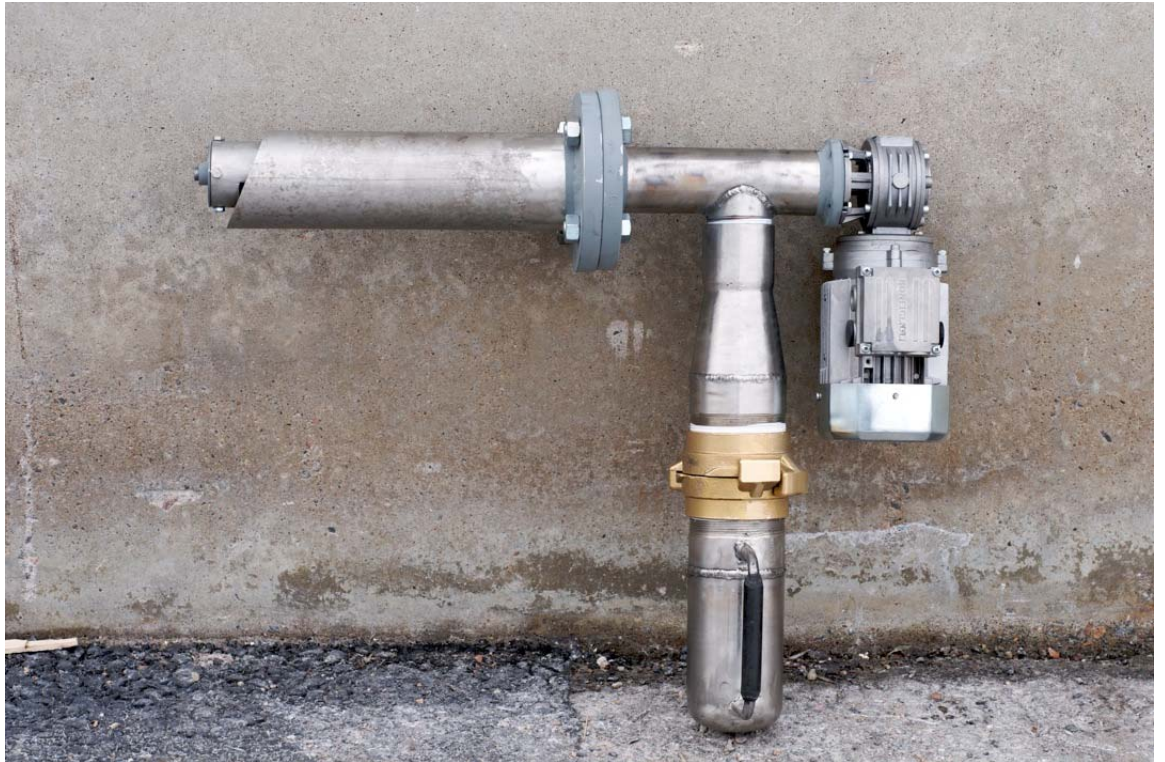
11 UUDEN NÄYTTEENOTTIMEN VALINTA JA TESTAUS

Yhdessä Mondo Minerals Oy:n henkilökunnan kanssa päätettiin, minkälainen näytteenotin tilattaisiin ja mihin prosessiin. Järkevimmäksi kehityskohteeksi valittiin ATP:n karkean tuotteen näytteenotto, jonka näytteiden keskihajonnat olivat mittauksissa suhteellisen suuria. ATP on uusi laite tehtaalla, ja sen tuotantopanosta kasvatetaan tulevaisuudessa entisestään muiden luokittimien jäädessä pois. Tämän vuoksi oli myös erittäin tärkeää että näytteenotto saataisiin luotettavaksi.

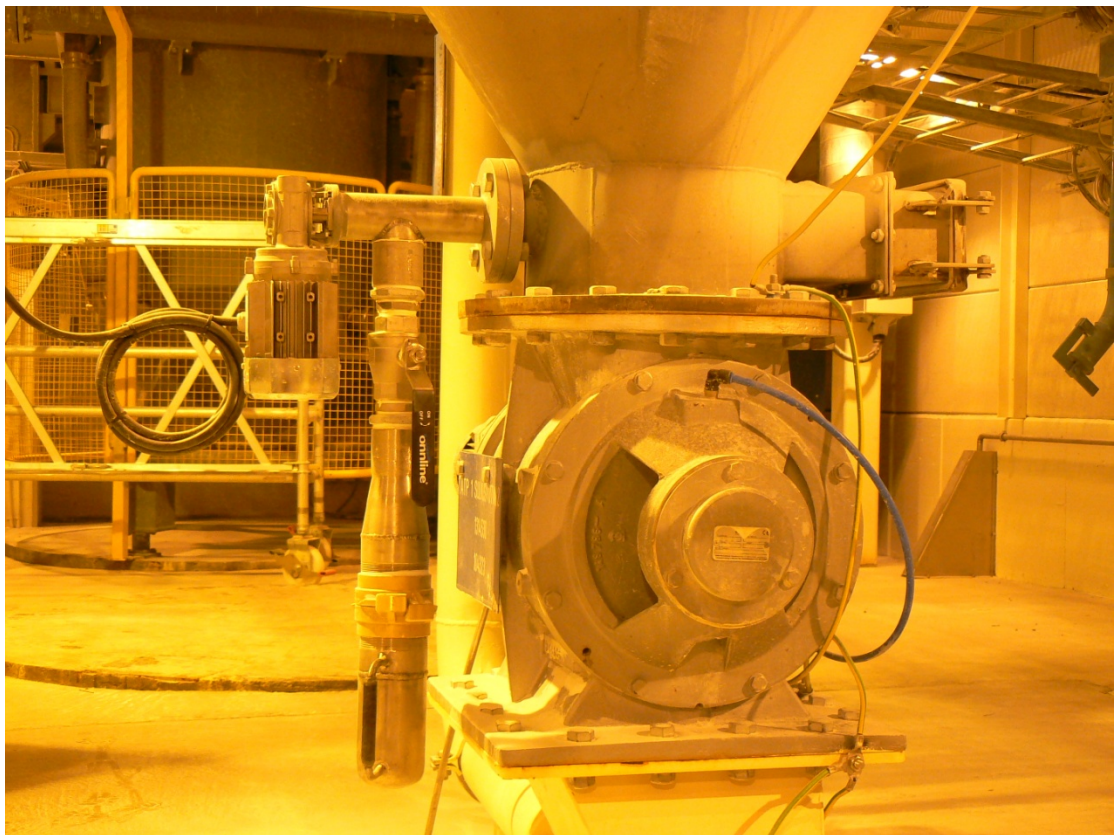
11.1 Näytteenottimen valinta

Ennen näytteenottimen valintaa tuli miettiä järkevin paikka näytteenotolle. Kun vaihtoehdot näytteenottimen sijainnille olivat löytyneet, kartoitettiin näytteenottimia ja niiden valmistajia. Näytteenottimen malliksi valittiin kuvan 19 mukainen näytteenotin. Näytteenottimen paikaksi valittiin sama, jossa myös aikaisempi hana-näytteenotin sijaitsi (kuva 36).

Suomesta löytyi muutamia eri näytteenotinvalmistajien edustajia, mutta yhtään varteenotettavaa suomalaista valmistajaa ei kuitenkaan löytynyt. Tarjouspyyntö tehtiin yhdelle ulkomaiselle valmistajalle, mutta näytteenottimen toimittamiseen olisi kulunut liian paljon aikaa, minkä vuoksi tämä vaihtoehto jouduttiin jättämään. Näytteenottimen toimittajassa kuitenkin päädyttiin ratkaisuun, jossa Ykkösmetalli Oy:lle tehtiin tilaus näytteenottimesta, joka saataisiin valmistettua mittatilaustyönä lyhyellä toimitusajalla. Kuvassa 39 on Ykkösmetalli Oy:n valmistama näytteenotin ennen asennusta ja kuvassa 40 näytteenotin kiinnitettynä kartioon.



Kuva 39. ATP:n uusi näytteenotin



Kuva 40. Näytteenotin kiinnitettynä kartioon

Näytteenotin toimii siten, että ruuvien työntyessä esiin sen asento on sellainen, että se ei ota näytettä. Ruuvi pyörii aluksi 5 sekuntia itsensä tyhjäksi, jonka jälkeen se pyörähtää näytteenottoasentoon, vaihtaa pyörimissuuntaansa ja kerää näytettä 9 sekuntia. Yhdellä näytteenotolla näytettä tulee kerääjään noin 40 grammaa. Näytteenottoväliksi valittiin 30 minuuttia. Tällä näytteenottovälillä näytettä kertyy näytteenkerääjään noin 320 grammaa, kun näytteet kerätään neljän tunnin välein. Näytteenottimen viereen on myös sijoitettu käsikytin, jota voidaan käyttää esimerkiksi pistonäytteiden ottamiseen. Yhdellä kytkimen painalluksella saadaan näytteenotin pyörimään yhden näytteenottokerran verran.

11.2 Näytteenottimen testaus

Näytteenotinta testattiin ottamalla näytteitä 15 kappaletta kahden minuutin välein. Näytteet analysoitiin mikrotalkkitekhaan näytteenottohuoneessa laser-analysaattorilla. Taulukossa 6 on laskettu keskihajonnat näytteiden raeko'ille. Liitteestä 4 löytyvät näytteiden yksityiskohtaiset tulokset ja niistä tehdyt käyrät.

Taulukko 6. ATP-luokittimen uuden ruuvinäytteenottimen näytteiden keskihajonnat

Raekoko [μm]	ATP M50 (Ruuvinäytteenotin)
1	0
2	0,049
5	0,090
10	0,152
20	0,178
30	0,197
40	0,209

11.3 Näytteenottimen tulosten analysointi

Keskihajonnat olivat tuotteen merkittävimmillä raeko'illa 20, 30 ja 40 μm lähes samat, joten mikään raekoko ei poikkea merkittävästi muista. Kun verrataan näitä keskihajontoja taulukon 4 vanhalla näytteenottimella ATP-luokittimesta tehtyihin keskihajontoihin, voidaan huomata että tulokset ovat parantuneet huomattavasti. Karkeasti sanottuna näytteiden keskihajonnat

ovat pudonneet kolmanneeseen uudella näytteenottimella. Yhteenvedona uuden näytteenottimen hankinnasta voidaan todeta, että näytteenottimen valinnassa onnistuttiin.

12 MUTTA PARANNUSEHDOTUKSIA JA KEHITTÄMISIDEOITA

Ideaalitilanne näytteenottimelle olisi sen sijoittaminen paikkaan, josta näyte voitaisiin ottaa vapaasti putoavasta virrasta ja materiaalivirta saataisiin leikattua kokonaan. Näytteenottimen tulisi olla keräävä, jolla pystyttäisiin ottamaan myös pistonäytteitä. Tämä sen vuoksi, että myllyjen ja luokittimien säätöjä voitaisiin tarkkailla pistonäytteiden avulla. Tämä ideaalitilanne ei läheskään aina ole mahdollista, kuten tämä työ myös sen opetti. Jälkeenpäin tehtävä näytteenottimen valinta ja sijoitus on haastavaa, sillä usein prosessia ei jälkeenpäin ryhdytä muuttamaan yhden näytteenottimen vuoksi, vaan näytteenottimen tulee sopeutua olemassa olevaan prosessiin. Usein tällaisissa tilanteissa ei voida valita parasta näytteenotinta, vaan joudutaan valitsemaan paras mahdollinen näytteenotin niistä, jotka voidaan asentaa prosessiin.

Näytteenottimia on tarjolla markkinoilla useita vaihtoehtoja moniin erilaisiin prosesseihin. Vaikeutena on kuitenkin se, että materiaalille täydellisesti sopivaa näytteenotinta ei voida läheskään aina asentaa prosessiin joko sen vaatiman tilan vuoksi tai sille ei löydy sopivaa tai järkevää paikkaa prosessista. Niinpä näytteenottimen paikka tulisi suunnitella prosessiin jo sen suunnitteluvaiheessa. Tähän ongelmaan törmättiin myös tässä työssä. Partikkelikoon mittaukseen markkinoilla olisi ollut yksi näytteenotin ylitse muiden; materiaalivirran pysytysuoraan leikkaava näytteenotin eli niin sanottu pelikaanileikkuri, jonka toiminta on esitetty kuvassa 22. Tämän käyttö kuitenkin Sotkamon tehtaan prosesseihin oli vaikeaa sen vaatiman tilan vuoksi. Tällaisen näytteenottimen sijoitus prosessiin tulisi miettiä jo prosessin suunnitteluvaiheessa. Esimerkiksi ATP-luokittimeen kyseinen näytteenotin olisi ollut paras mahdollinen vaihtoehto.

Sotkamon tehtaalla olisi mahdollista ottaa näyte myös tuotesiloista, mutta se ei kuitenkaan poistaisi prosesseista tehtävää näytteenottoa. Yhteen siloon menee yleensä useiden prosessien tuotetta, joten näytteenottimella ei voitaisi tällöin seurata yhden prosessin toimintaa. Jos jokin prosessi tekee huonoa laatua, ei voitaisi tietää, mikä sen tekee. Myllyjä ja luokittimia ei voida myöskään tarkasti säätää, jos näytteenottimet ovat pelkästään siloissa. Tämän vuoksi näytteenottimet on sijoitettava prosessiin. Jos laatu on huonoa, prosessia on päästävä säätämään mahdollisimman pian, että huonoa tuotetta ei pääsisi menemään siloon hyvän laadun sekaan.

Kriittisimmät laitteet tehtaalla ovat ATP-luokitin, AFG-myllyt sekä PC- ja ZPS-myllyt, joten näiden prosessien näytteenottoon tulisi panostaa. ATP-luokittimeen saatiin tilattua tämän työn tuloksena uusi näytteenotin. Mikrotalkkitehtaalla prosessit kuitenkin ovat erilaisia, joten ATP:n uutta näytteenotinta ei voitu soveltaa muihin prosesseihin.

AFG-, PC- ja ZPS-myllyihin näytteenottimen voi sijoittaa vain tuoteruuvien pohjaan tai pneumaattiseen linjaan ilman suuria erityisjärjestelyjä prosessissa. Ruuvinäytteenotin tuoteruuvien pohjassa on hyvä vaihtoehto, mutta sen huono puoli on se, että ruuvien pohjaa ei saada puhdistettua ennen näytteenottoa, joten pohjalla saattaa olla vielä ”vanhaa” tuotetta, joka vääristää näytteenottoa. Pneumaattisessa linjassa on taas niin suuri paine, että näytteenottimen sijoitus saattaa aiheuttaa näytteenottoon partikkeleiden lajittumista. Useissa teoksissa myös sanottiin, että mitattaessa partikkelikokoa, näytteenotto pneumaattisesta linjasta ei ole luotettavaa ainakaan nykyisillä näytteenottimilla. Näistä näytteenotinvaihtoehdoista ruuvinäytteenotin on luotettavampi, mutta luotettavan näytteen saaminen kestää sen aikaa, että tuoteruuvissa ”vanha” näyte on kokonaan poistunut.

Kaikissa höyrymyllyissä tulisi olla keräävä näytteenotin, sillä se kertoisi parhaiten tuotteen keskimääräisen raekokojakauman. Erityisesti keräävä näytteenotin pitäisi olla höyrymylly 6:ssä, sillä sen tiedetään tekevän tuotetta erittäin epätasaisesti. Näiden myllyjen näytteenottimiin ei ole kuitenkaan tarvetta panostaa, koska höyrymyllyt poistetaan lähitulevaisuudessa. Luokittimista Alpine ja Bauer ovat myös poistumasta tuotannosta, koska ne ovat vanhoja ja kuluneita laitteita eikä niihin ole enää varaosia saatavilla. Näiden laitteiden näytteenottimien kehittämiseen ei ole myöskään syytä paneutua sen tarkemmin.

Näytteenkäsittelymenetelmä eli lusikalla näytteen ottaminen antaa vain pienen virheen näytteenoton kokonaisprosessiin. Koska tehtaalla on oma laboratorio näytteiden tarkempia mittausta varten, on mikrotalkkitehtaan nykyinen näytteenkäsittelymenetelmä riittävän tarkka luotettavan tuloksen saamiseen. Suurin virhe näytteenottoon aiheutuu kuitenkin primaarinäytteenotosta. Jos kuitenkin halutaan päästä nollatoleranssiin mikrotalkkitehtaan näytteenotossa, kannattaisi näytteenkäsittelymenetelmäksi harkita kuvan 26 mukaista pyörivää näytteenkäsittelypöytää.

13 YHTEENVETO

Mondo Minerals Oy:n Sotkamon tehtaalle oli investoitu uusia laitteita, joiden näytteenottimia ei ollut vielä testattu. Tämän työn tarkoituksena oli selvittää niin uusien kuin vanhojenkin näytteenottimien luotettavuus sekä näytteenkäsittelymenetelmän luotettavuus. Erityistä huomiota haluttiin kiinnittää juuri uusien laitteiden näytteenottimiin, sillä niiden kapasiteettia lisätään tulevaisuudessa, jonka vuoksi myös niiden painoarvo nousee.

Työ aloitettiin perehtymällä näytteenoton teoriaan perusteellisesti, mikä oli myös tämän työn haastavin ja aikaa vievin osio. Ilman syvällistä perehtymistä näytteenottoon ja erityisesti jauhemaisten aineiden näytteenottoon olisi ollut vaikeaa ymmärtää näytteenottoa kokonaisuutena ja sitä myöten olisi ollut vaikea kehittää näytteenottoprosessia.

Kun näytteenoton teoria oli hallussa, mietittiin miten näytteenottimien ja näytteenkäsittelymenetelmän luotettavuutta mitattaisiin. Päädyttiin ratkaisuun, jossa näytteenottimia testattaisiin ottamalla jokaisesta näytteenottomesta useita näytteitä lyhyin väliajoin ja näytteenkäsittelymenetelmää testattaisiin ottamalla samasta purkista useita näytteitä. Näytesarjoille laskettiin keskihajonnat, jolloin saatiin selkeä kuva näytteiden poikkeavuudesta. Keskihajontoja vertaamalla pystyttiin tekemään johtopäätöksiä näytteenottimien ja näytteenkäsittelymenetelmän luotettavuudesta.

Mittausten perusteella voitiin tehdä johtopäätöksiä siitä, minkä prosessin näytteenottoa kannattaisi kehittää. Yhdessä Mondo Minerals Oy:n henkilökunnan kanssa päätettiin, minkälainen näytteenotin tilattaisiin ja mihin prosessiin. Järkevimmäksi kehityskohteeksi valittiin ATP:n karkean tuotteen näytteenotto, jonka näytteiden keskihajonnat olivat mittauksissa suhteellisen suuria. ATP on uusi laite tehtaalla, ja sen tuotantopanosta kasvatetaan tulevaisuudessa entisestään muiden luokittimien jäädessä pois. Tämän vuoksi oli myös erittäin tärkeää että näytteenotto saataisiin luotettavaksi.

Tämän työn tuloksena saatiin siis asennettua uusi näytteenotin tehtaan uusimpaan luokittimeen. Näytteenottomelle tehty näytesarja antoi hyvän kuvan näytteenottimen luotettavuudesta, joten voidaan sanoa että näytteenottimen valinta onnistui. Tämä työ myös selvitti nykyisten näytteenottimien ja näytteenkäsittelymenetelmän luotettavuutta ja etsi keinoja sen parantamiseen, joista yritykselle on varmasti tulevaisuudessa hyötyä.

LÄHTEET

1. Mondo Mineralsin myynti englantilaisille varmistui. Lehtiartikkeli. Kainuun Sanomat 2.11.2007
2. Mondo Minerals Oy:llä Vuonoksessa investoidaan tulevaisuutta. [www-dokumentti], luettu 18.10.2007
<http://www.outokummunseutu.fi/tarkennus.php?id=852&lehti=189>
3. Korhonen, A. Säkityslinjojen nykyinen kapasiteetti ja toimenpiteet sen lisäämiseksi. Insinööriyö. Kajaanin ammattikorkeakoulu. Kevät 2007.
4. Mineralogy. [www-dokumentti], luettu 17.10.2007
<http://www.mondominerals.com/mineralogy.asp>
5. Geologian tutkimuskeskus. [www-dokumentti], luettu 7.12.2007
<http://www.gtk.fi/aineistot/kiviopas/talkki.htm>
6. Talc mineralogy. [www-dokumentti], luettu 20.10.2007
http://www.luzenac.com/talc_the_mineral.htm
7. Teollisuusmineraalit ja -kivet. [www-dokumentti], luettu 17.10.2007
<http://fi.gtk.fi/luonnonvarat/teolmin/index.html>
8. Yrityskaupan hyväksyminen; Omya AG/Mondo Minerals Oy. [www-dokumentti], luettu 6.12.2007
<http://www.kilpailuvirasto.fi/cgi-bin/tulosta.cgi?sivu=ratk%2Fr-2001-81-0099&luku=>
9. Pöllänen, E., Kuopanportti, H., Nordman, T. Mekaaninen prosessitekniikka I. Luentomoniste. Oulun yliopisto, Oulu 1995. 187 s.
10. Mäkinen, H. Näytteenotto- ja näytteenkäsittelyjärjestelmät. Diplomityö. Oulun yliopisto, Prosessitekniikan osasto. 1995.
11. Lukkarinen, T. Mineraalitekniikka, OSA I, Mineraalien hienonnus. Insinööritieto Oy. 1984. 330 s.
12. Bebex Corporation. Istallation & Maintenance. Käyttöohje- ja huoltokirja.

13. Insinööritoimisto J. Poutanen, Tuotteet. [www-dokumentti], luettu 3.11.2008
<http://www.iip.fi/tuotteet.htm>
14. Processing of Thickening Agents. [www-dokumentti], luettu 3.11.2007
<http://www.alpinehosokawa.com/engl/02powder/exempl/lifescie/food/thickening.htm>
15. Process equipment. Tuote-esite. Raymond Air Swept Hammermills.
16. Snow, R. H., Allen, T., Ennis, B.J., Litster, J.D. Size reduction and size enlargement. [www-dokumentti], luettu 9.1.2008
<http://www.file4ever.com/uploads/BOOKS/perry/CHAP20.PDF>
17. Pulverizing Materials in the Extreme Fineness Range. [www-dokumentti], luettu 27.11.2007
<http://www.airpreheatercompany.com/Products/Category.aspx?cat=4&subcat=17>
18. Talc. [www-dokumentti], luettu 2.11.2007
<http://www.alpineag.com/engl/02powder/exempl/minerals/talc/talc.htm>
19. The Bauer Bros. co. Tuote-esite. Bauer, Centri-Sonic™ Classifier.
20. Classification of zinc oxide. [www-dokumentti], luettu 3.11.2007
<http://www.alpineag.com/engl/02powder/exempl/minerals/zincoxide/zincoxide.htm>
21. Allen, T. Particle size measurement, Volume 1, Powder sampling and particle size measurement. Fifth edition 1997. 525 s.
22. Niemelä, O. Näytteenotto jauheista, kirjallisuusosa. Vuorimiesyhdistys-Bergsmannaföreningen r.y., 1989. 60 s.
23. Heiskanen, Kari. Näytteenotto jauheista ja rakeista. Näytteenoton suunnittelu, tekniikka ja luotettavuus. 26.–27.5.2005 AEL, Helsinki.
24. Toimikunta: Hietala, M., Tirkkonen, J., Turkkila, E., Silván, H. Näytteetotetekniikka. Insko 149–83, Insinööritieto Oy, painos 60, Helsinki, 1983.
25. Model D2, Automatic sampler. [www-dokumentti], luettu 23.1.2008
<http://www.sentry-equip.com/Public/BrochuresandDataShee/BulkSolidsD2.pdf>
26. Sentry Equipment Corp. Guide to bulk solids samplers –esite.

27. Isolok® Series Sak, bulk solids sampler. [www-dokumentti], luettu 23.1.2008
<http://www.sentry-equip.com/Public/BrochuresandDataShee/BulkSolidsSAK18.1.15.pdf>
28. Gy, Pierre M. Sampling on particulate materials theory and practice. 1979. 431 s.
29. Gotoh, K., Masuda, H., Higashitani, K. Powder Technology Handbook, Second Edition, Revised and Expanded. New York, 1997. 944 s.
30. Pyörivä jakolaite. [www-dokumentti], luettu 6.12.2007
<http://www.lavallab.com/images/spinning-riffler-040j001.jpg>
31. Rodos. [www-dokumentti], luettu 14.12.2007
<http://www.sympatec.com/LaserDiffraction/RODOS.html>
32. Laser Diffraction. [www-dokumentti], luettu 1.12.2007
<http://www.sympatec.com/LaserDiffraction/LaserDiffraction.html>
33. Laser Diffraction. [www-dokumentti], luettu 1.12.2007
http://www.beckmancoulter.com/coultercounter/homepage_tech_laserdiff.jsp?id=frombec&source=301redirect
34. Keskihajonta -määrittely. [www-dokumentti], luettu 3.1.2008
http://www.edu.fi/oppimateriaalit/tilastomatikka/haj_5.html
35. Merikoski, J., Sankilampi, T., Oinas-Kukkonen, H. Matematiikan Taito 9, Tilastotiede ja todennäköisyyslaskenta. Porvoo 1996. 150 s.

LIITTEIDEN LUETTELO

LIITE 1 MYLLYJEN NÄYTTEIDEN KESKIHAJONNAT

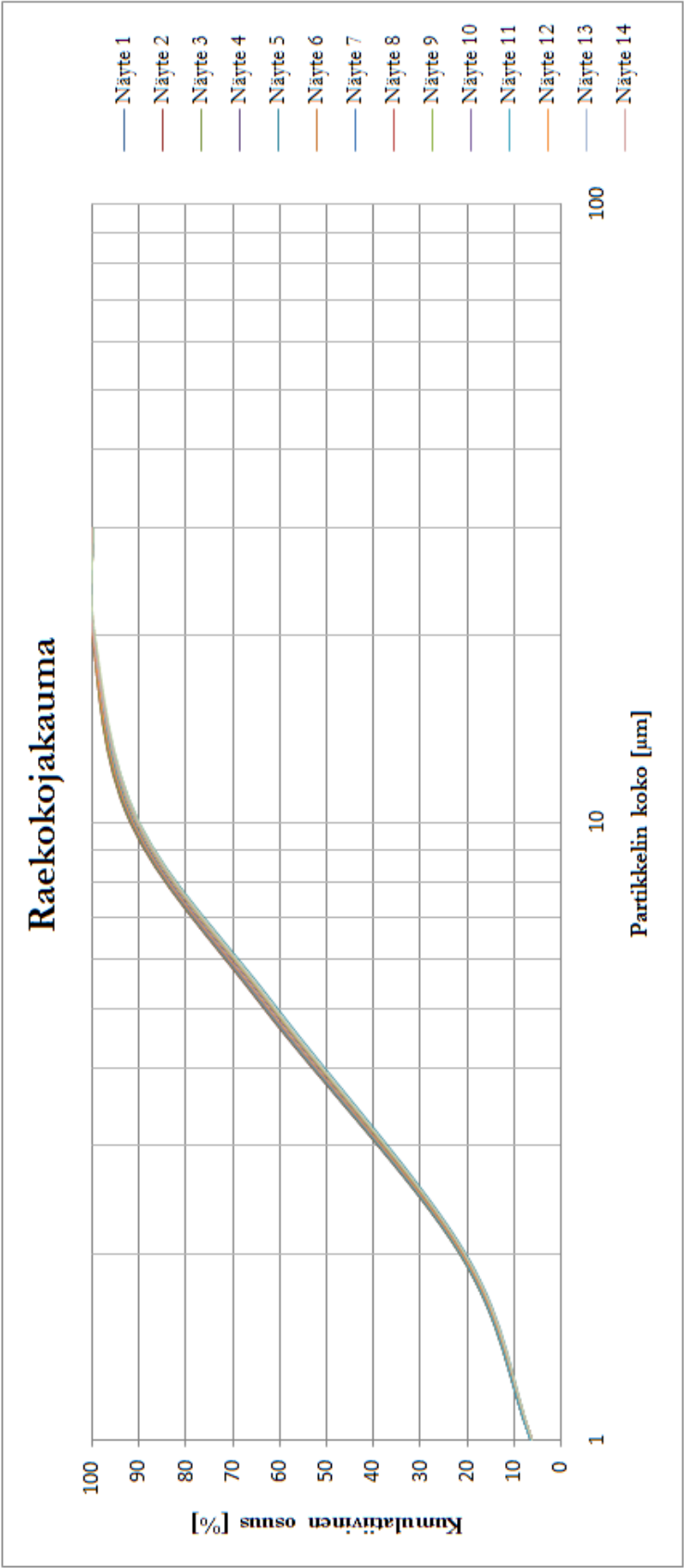
LIITE 2 LUOKITTIMIEN NÄYTTEIDEN KESKIHAJONNAT

LIITE 3 LUSIKKA-NÄYTTEENOTON KESKIHAJONNAT

LIITE 4 UUDEN NÄYTTEENOTTIMEN KESKIHAJONNAT

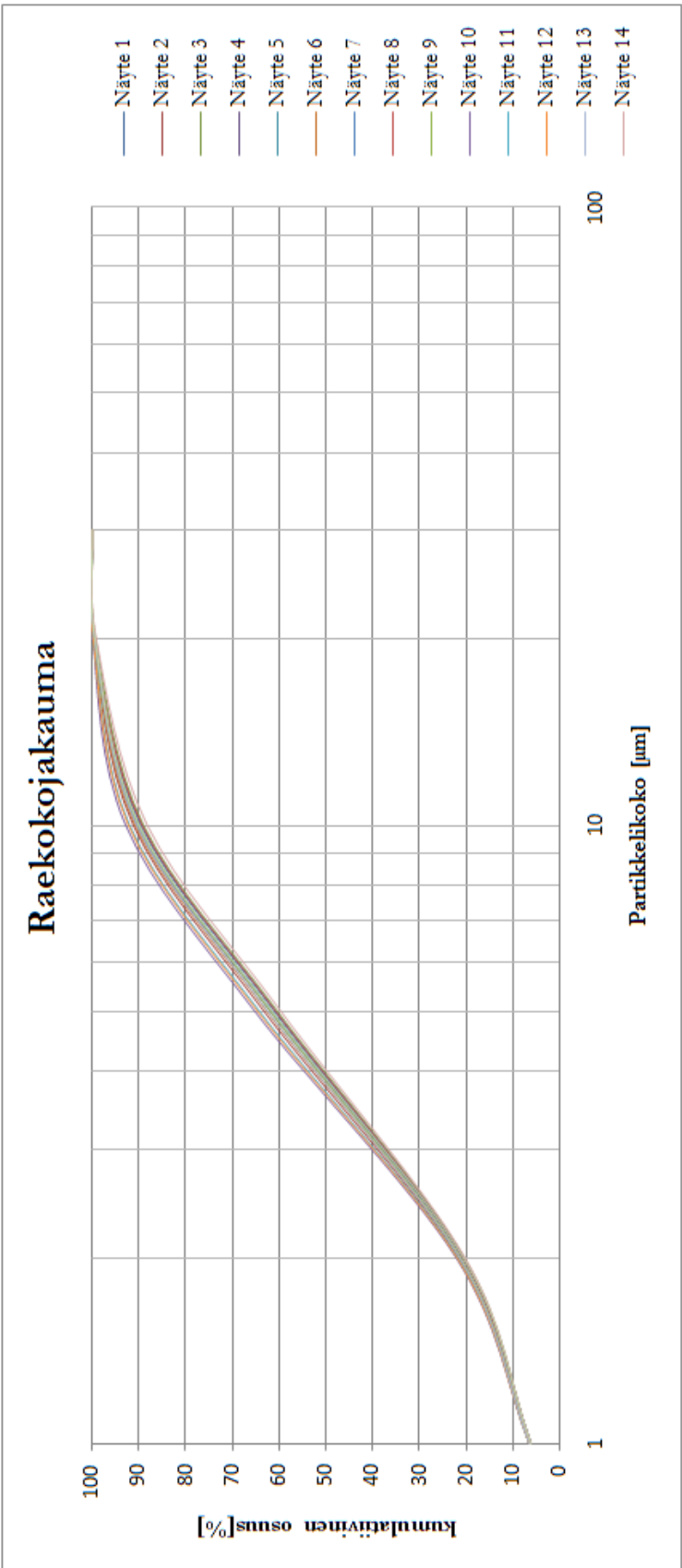
Myyli: HM2 Tuote: M05N Näytteet otettu 11.11.07 Klo 14.00
Raekoko

[µm]	Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3	Näyte 4	Näyte 5	Näyte 6	Näyte 7	Näyte 8	Näyte 9	Näyte 10	Näyte 11	Näyte 12	Näyte 13	Näyte 14	Näyte 15
1	6,4	6,5	6,4	6,2	6,1	6,2	6,4	6,3	6,2	6,3	6,4	6,3	6,1	6,1	6,2
2	21,6	21,6	21,5	20,9	20,2	20,8	21,4	21,3	20,8	21,2	21,3	21,2	20,5	20,5	20,6
5	63,5	63,4	63,2	62	60,4	61,8	63,1	62,9	61,5	62,5	62,7	62,5	61	61,2	61,1
10	92	91,9	91,8	91	89,9	90,8	91,7	91,6	90,5	91,2	91,4	91,3	90,3	90,3	90,2
20	99,9	99,9	99,9	99,8	99,6	99,7	99,8	99,8	99,7	99,8	99,8	99,8	99,7	99,7	99,6
30	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100



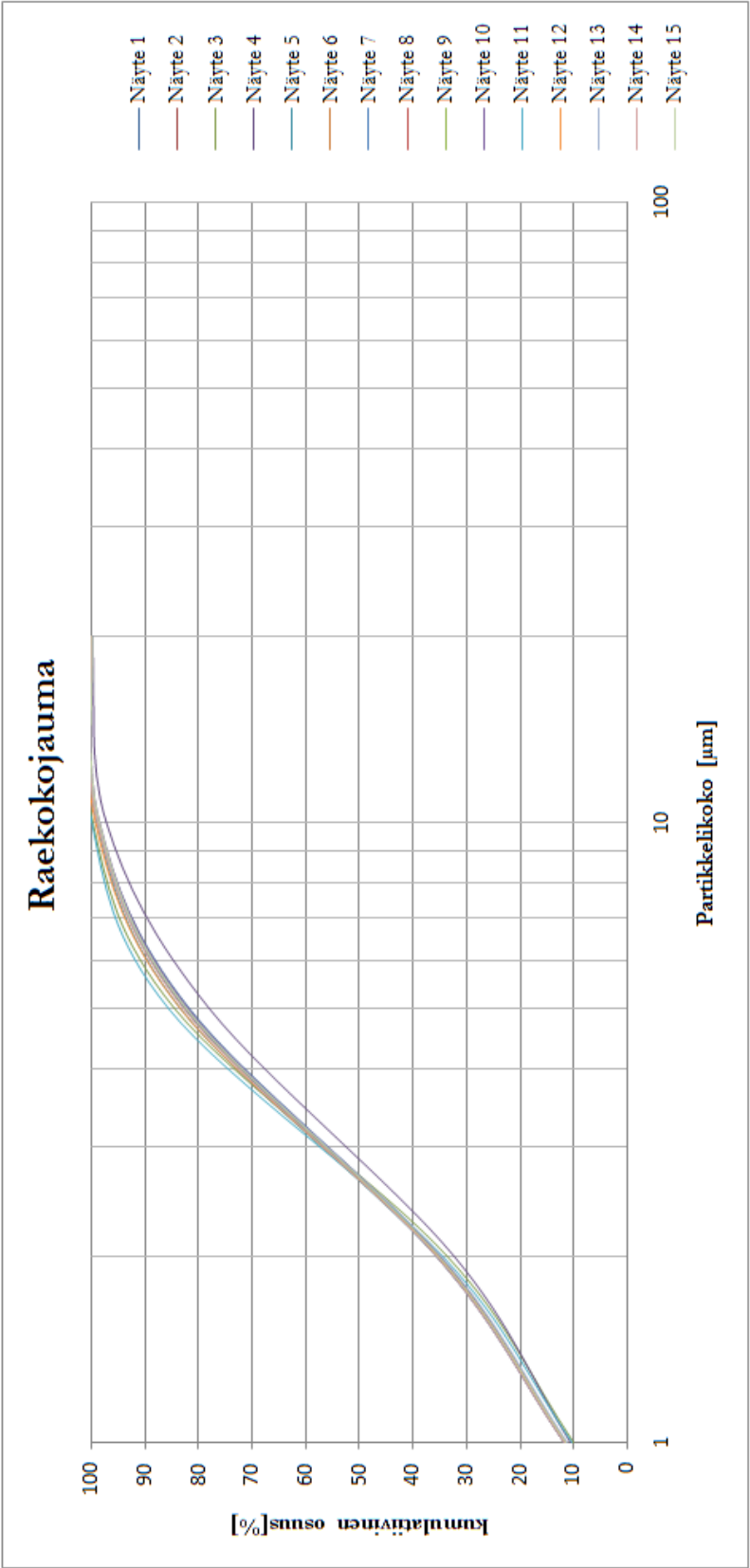
Myyli: HM6 Tuote: C10 Näytteet otettu 11.11.07 Klo 16.00

Raekoko		Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3	Näyte 4	Näyte 5	Näyte 6	Näyte 7	Näyte 8	Näyte 9	Näyte 10	Näyte 11	Näyte 12	Näyte 13	Näyte 14	Näyte 15
[µm]																
1		6,2	6,4	6,2	6,2	6,2	6,4	6,2	6,3	6,4	6,6	6,5	6,6	6,4	6	6,1
2		20,7	21,6	20,5	20,9	20,8	21,3	20,7	20,8	21,2	22,3	21,9	22,1	21,4	20,2	20,6
5		60,9	63,3	60,5	62	61,6	62,7	60,8	60,8	61,8	65,3	64,3	64,7	62,5	59,7	61,6
10		89,5	91,3	89,2	90,6	90,3	91	89,4	89,3	90	92,9	92,1	92,3	90,6	88,4	90,1
20		99,5	99,7	99,4	99,6	99,6	99,7	99,5	99,5	99,6	99,9	99,8	99,8	99,6	99,3	99,5
30		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100



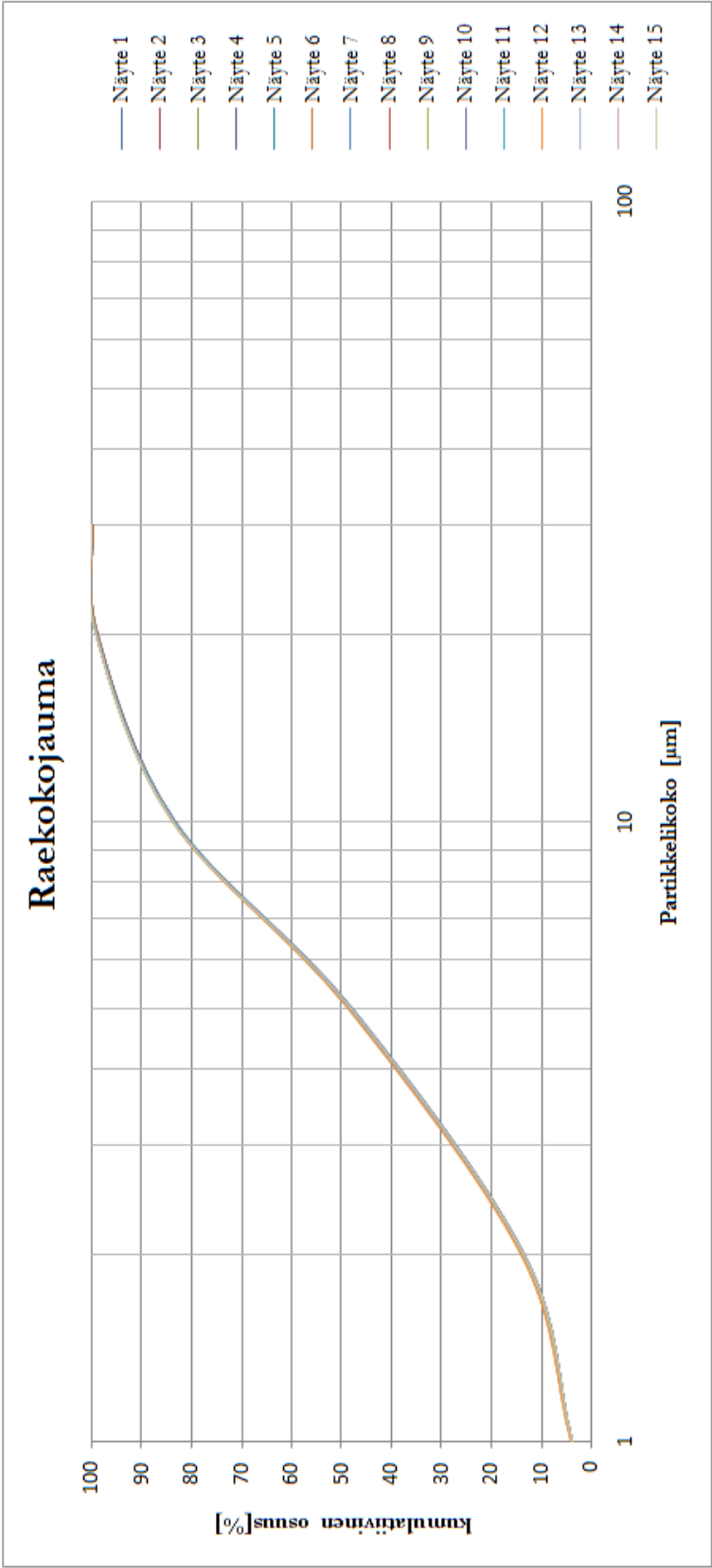
Mäylly: HM6 Tuote: M03 Näytteet otettu 3.12.07 Klo 17.00

Raekoko		Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3	Näyte 4	Näyte 5	Näyte 6	Näyte 7	Näyte 8	Näyte 9	Näyte 10	Näyte 11	Näyte 12	Näyte 13	Näyte 14	Näyte 15
[µm]																
1		11,6	11,9	10,2	10,6	11,7	11,6	11,8	11,5	11,7	11,5	10,3	11,6	11,4	11,8	11,6
2		35,1	35,7	33,8	32,4	35,9	35,3	35,7	35,1	35,3	35,1	34,5	35,5	35	35,7	35,4
5		81,6	82,5	84,4	78	83,5	82,4	82,5	82,2	82,3	82	85,5	83,3	82,3	82,7	82,3
10		98,6	98,8	99,7	97,3	99,2	98,9	98,9	98,8	98,8	98,6	99,9	99,2	98,9	98,8	98,6
20		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100



Mylly: AFG1 Tuote: F08 Näytteet otettu 17.11.07 Klo 12.00

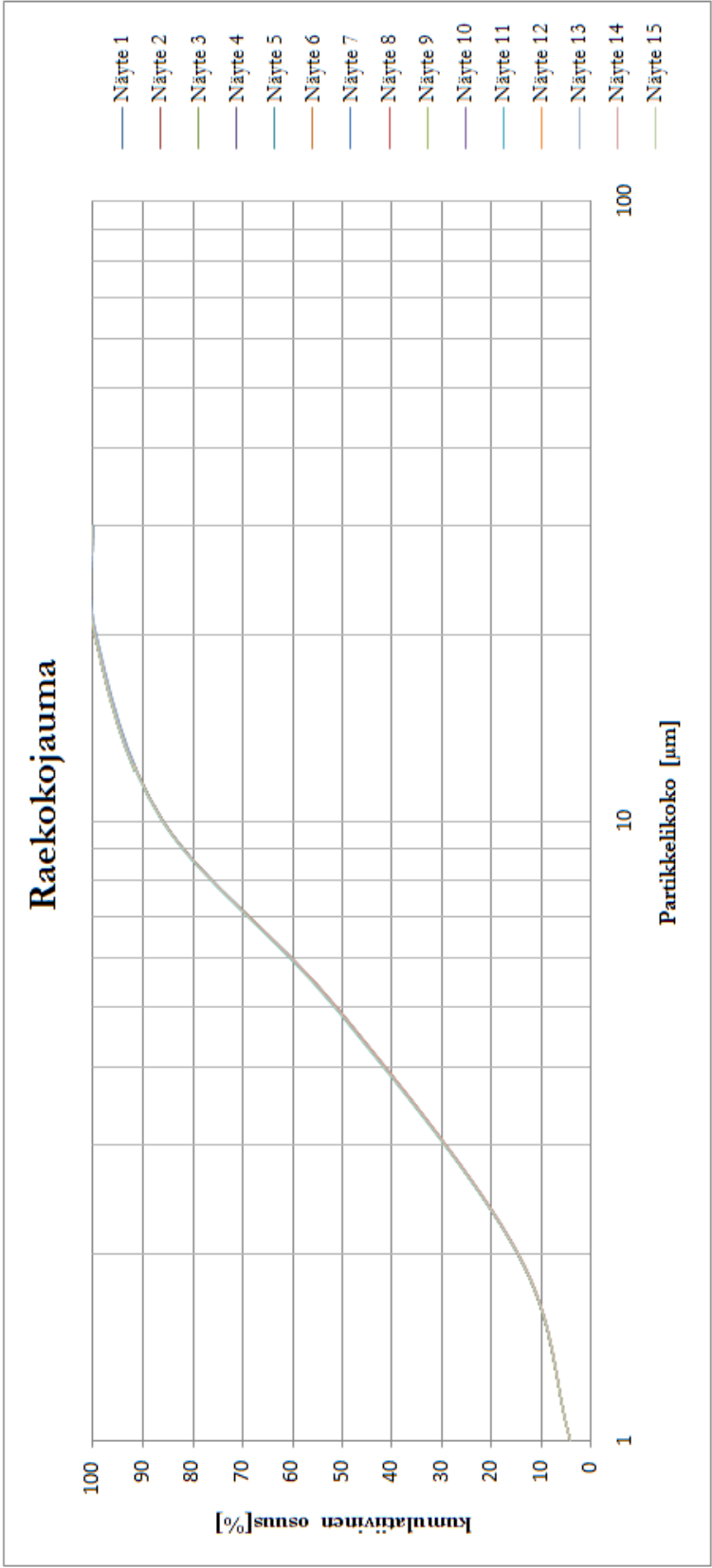
Raekoko		Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3	Näyte 4	Näyte 5	Näyte 6	Näyte 7	Näyte 8	Näyte 9	Näyte 10	Näyte 11	Näyte 12	Näyte 13	Näyte 14	Näyte 15
[µm]																
1	3,9	3,8	3,8	3,8	3,9	3,9	4	3,8	3,8	3,9	3,8	3,9	4	3,8	3,8	3,8
2	13,6	13,6	13,5	13,4	13,7	14	14	13,6	13,5	13,5	13,4	13,6	14	13,5	13,5	13,6
5	48,3	48,4	48,2	48	48,6	48,9	48,9	48,4	48,2	48,1	48,1	48	48,8	48,1	48,1	48,4
10	83,6	83,7	83,6	83,5	83,9	84	84	83,8	83,7	83,6	83,6	83,5	83,9	83,7	83,7	83,8
20	99	99,1	99	99	99,1	99,1	99,1	99,1	99,1	99,1	99,1	99,1	99,1	99,1	99,1	99,1
30	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100



Mäly: AFG2 Tuote: F08 Näytteet otettu 17.11.07 Klo 13.00

Raekoko

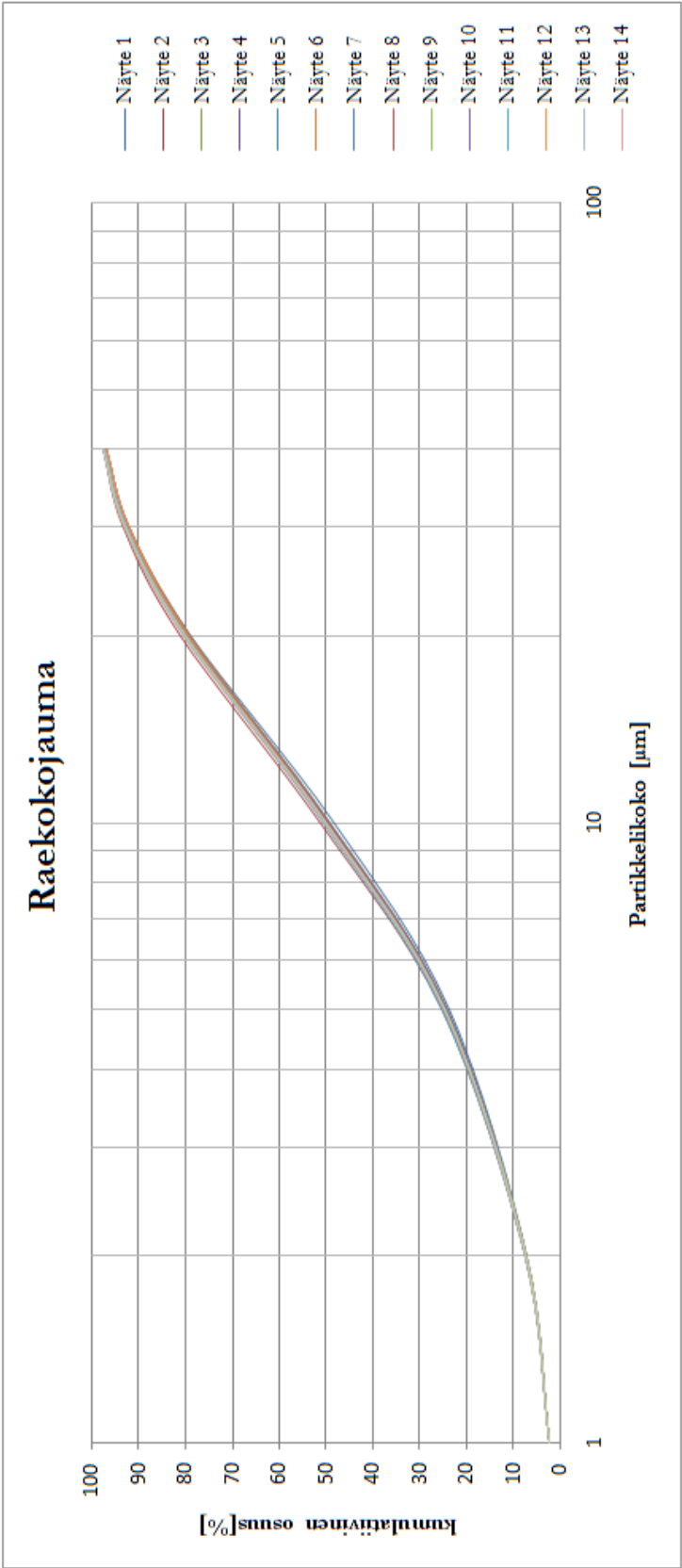
[µm]	Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3	Näyte 4	Näyte 5	Näyte 6	Näyte 7	Näyte 8	Näyte 9	Näyte 10	Näyte 11	Näyte 12	Näyte 13	Näyte 14	Näyte 15
1	4,2	4,1	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,1	4,2	4,1	4,2	4,1	4,1	4,1	4,2
2	14,6	14,7	14,8	14,8	14,7	14,7	14,8	14,7	14,7	14,5	14,8	14,5	14,5	14,5	14,8
5	51	51,2	51,3	51,3	51,3	51,2	51,4	51,2	51,1	51	51,6	51	51,1	51,1	51,5
10	85,9	86,1	86,1	86,1	86,1	86,1	86,2	86,1	86,1	86,1	86,3	86,1	86	86,1	86,2
20	99,4	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5	99,4	99,5	99,5
30	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100



Mäly: PC1 Tuote: VT2 Näytteet otettu 11.11.07 Klo 18.00 automaattinen näytteenotin

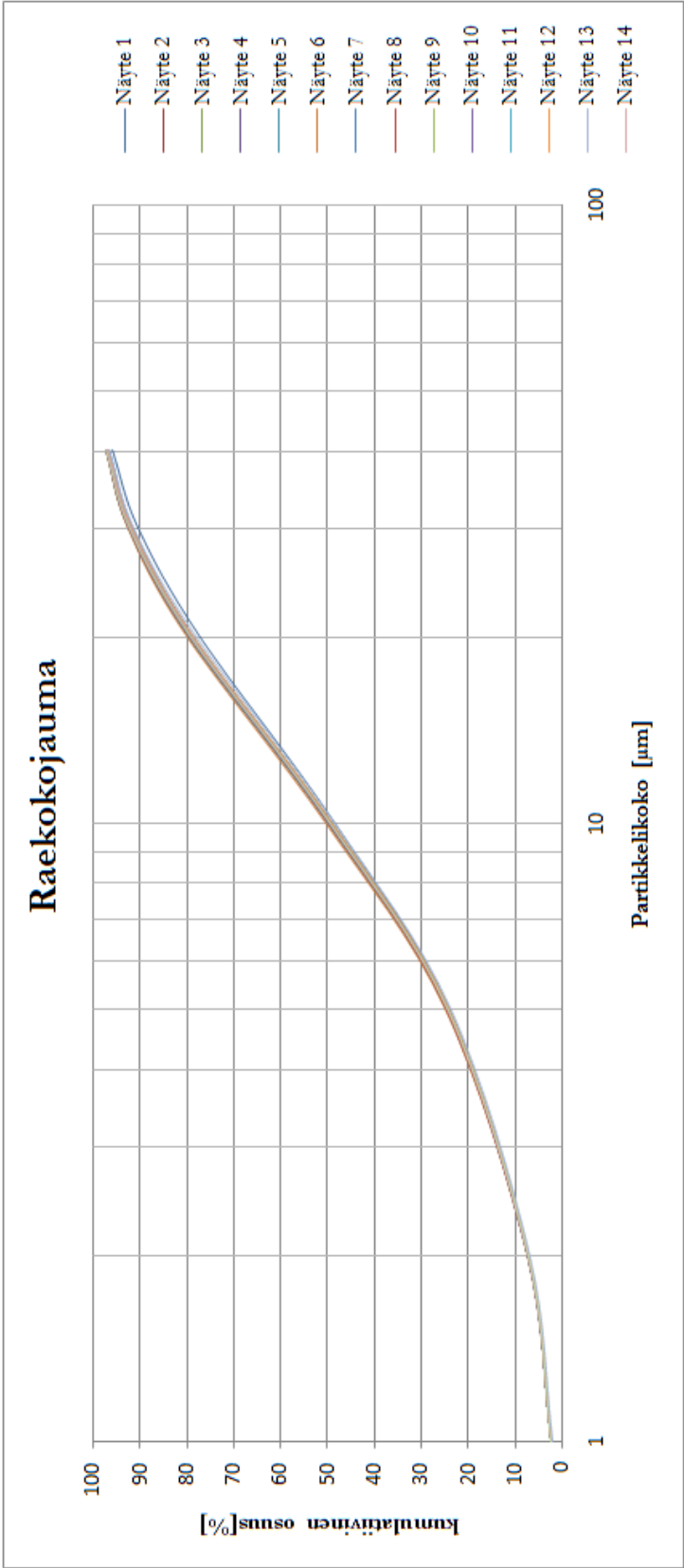
Raekoko

[µm]	Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3	Näyte 4	Näyte 5	Näyte 6	Näyte 7	Näyte 8	Näyte 9	Näyte 10	Näyte 11	Näyte 12	Näyte 13	Näyte 14	Näyte 15
1	2,2	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,5	2,4	2,4	2,4	2,4
2	7,1	7,6	7,5	7,4	7,3	7,4	7,5	7,4	7,3	7,4	7,7	7,6	7,6	7,4	7,4
5	23,7	25,4	24,8	24,6	24,4	24,5	24,9	24,4	24,3	24,3	25,4	24,9	24,9	24,9	24,7
10	48,4	51,4	50,1	49,8	49,5	49,5	50,3	49,5	49,3	49,4	50,8	50	50,3	50,6	50,1
20	79	81,2	79,8	79,5	79,5	79,2	80,2	79,4	79,3	79,3	80,2	79,5	80,1	80,6	80,1
30	92,2	93,4	92,6	92,3	92,4	92,3	93	92,4	92,4	92,3	92,9	92,2	92,8	93,2	92,9
40	97	97,6	97,3	97,2	97,1	97,1	97,5	97,2	97,2	97,2	97,5	96,9	97,4	97,6	97,5



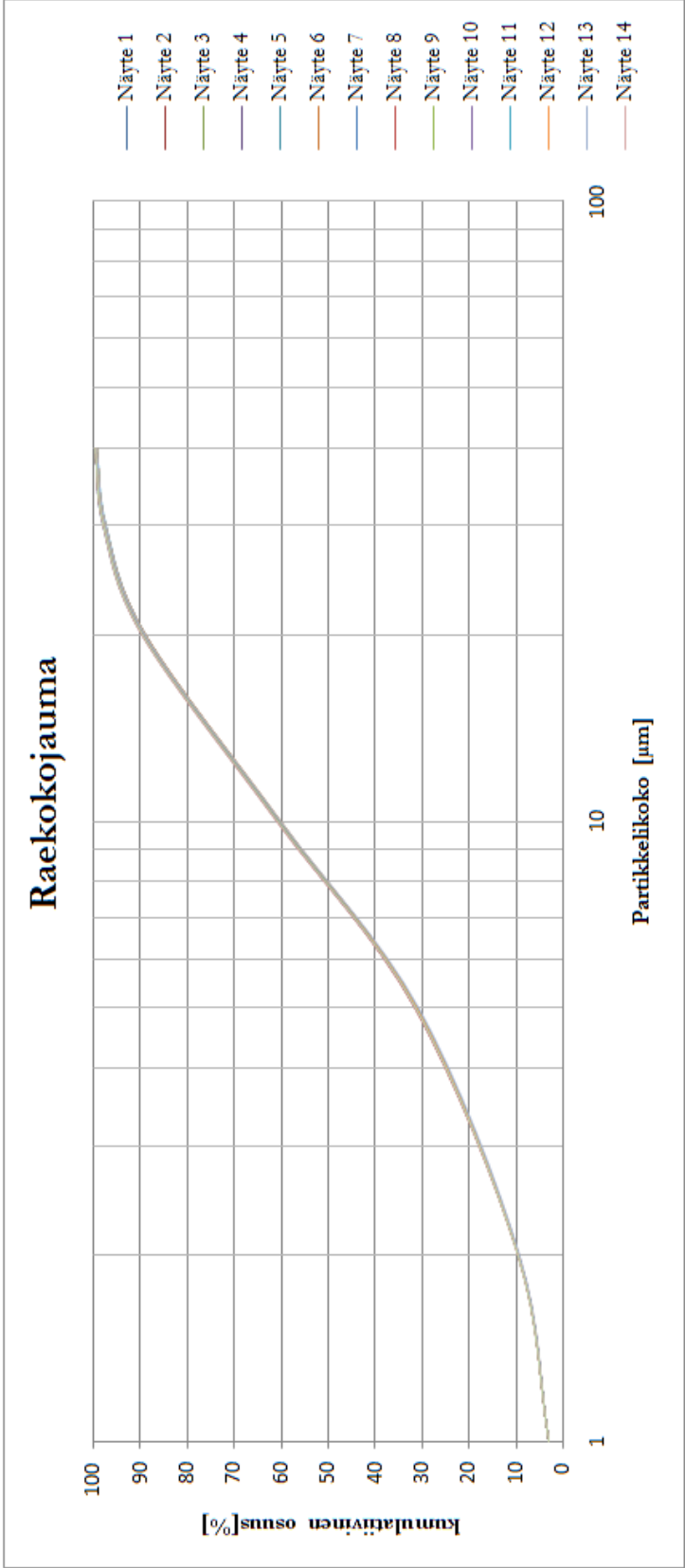
Myyli: PC1 Tuote: VT2 Näytteet otettu 11.11.07 Klo 19.00 rakokauhalla lokeron alta

Raekoko		Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3	Näyte 4	Näyte 5	Näyte 6	Näyte 7	Näyte 8	Näyte 9	Näyte 10	Näyte 11	Näyte 12	Näyte 13	Näyte 14	Näyte 15
[µm]																
1		2,3	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,3	2,3	2,3	2,4	2,3	2,3	2,2	2,3	2,3
2		7,2	7,4	7,3	7,3	7,4	7,4	7,3	7,3	7,3	7,4	7,2	7,2	7,1	7,3	7,2
5		24,1	24,8	24,5	24,4	24,7	25	24,4	24,6	24,3	24,6	24,2	24,2	23,9	24,5	24,4
10		48,6	50,1	49,8	49,5	50	50,6	49,3	49,7	49,4	49,8	49,2	49,2	48,7	49,6	49,6
20		77,4	79,7	79,7	79,2	79,8	80,2	78,8	79,4	79,2	79,6	78,9	78,8	78,1	79,1	79,3
30		90,6	92,6	92,6	92,2	92,6	92,8	91,7	92,3	92,2	92,5	92	91,9	91,4	92,2	92,3
40		96	97,3	97,3	97,1	97,3	97,4	96,7	97,2	97,1	97,3	97	97	96,5	97,1	97,2



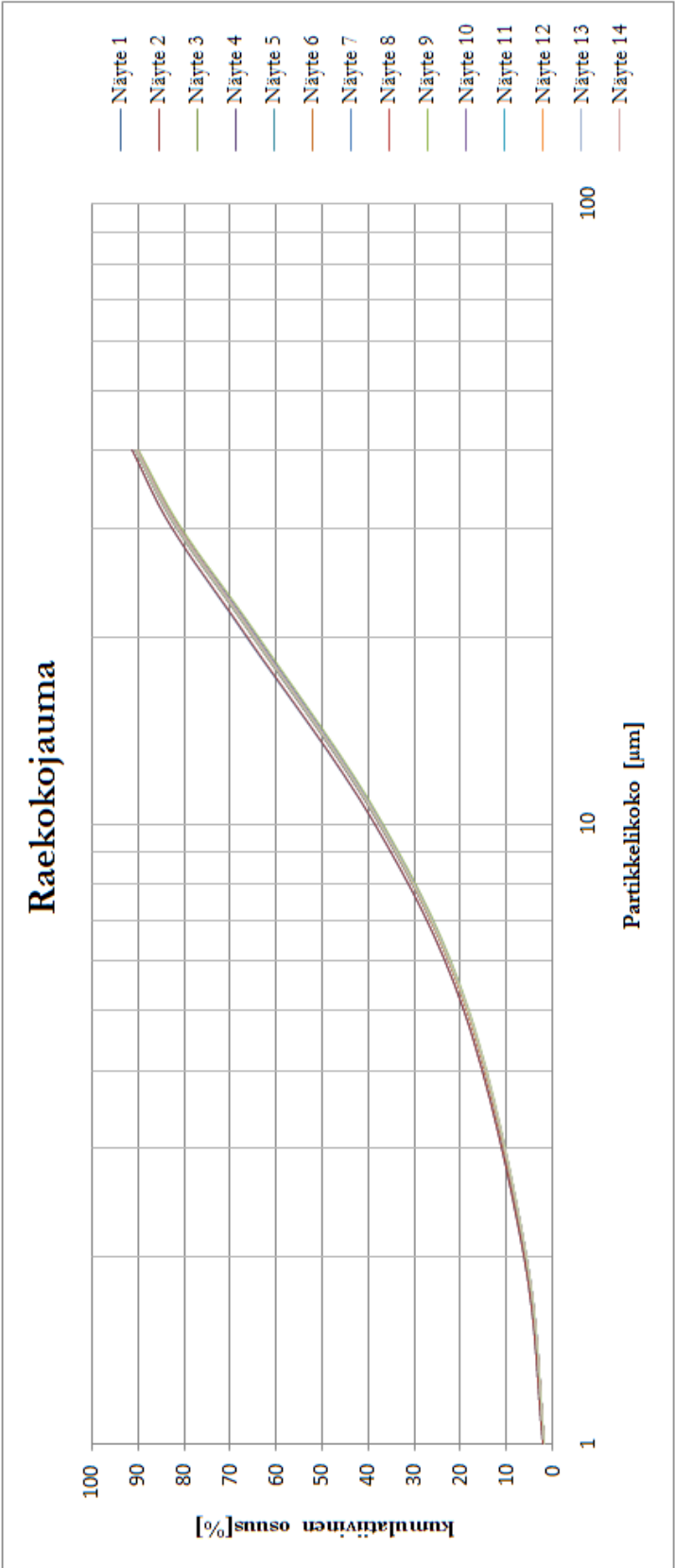
Mäylä: PC2 Tuote: F15 Näytteet otettu 17.11.07 Klo 14.00

Raekoko		Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3	Näyte 4	Näyte 5	Näyte 6	Näyte 7	Näyte 8	Näyte 9	Näyte 10	Näyte 11	Näyte 12	Näyte 13	Näyte 14	Näyte 15
[µm]		3	3	3	3	3	3	3	3,1	3,1	3,1	3	3	2,9	3,1	3,1
1		3	3	3	3	3	3	3	3,1	3,1	3,1	3	3	2,9	3,1	3,1
2		9,5	9,4	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,7	9,6	9,6	9,5	9,5	9,2	9,7	9,7
5		31,4	31,1	31,1	31,3	31,2	31,2	31,3	31,6	31,3	31,4	31,1	31,1	30,7	31,5	31,4
10		60,8	60,3	60,4	60,7	60,5	60,5	60,6	60,9	60,6	60,7	60,2	60,2	60,2	61	60,7
20		89,6	89	89,2	89,4	89,2	89,3	89,3	89,6	89,3	89,4	89	89,1	89,2	89,7	89,5
30		97,9	97,5	97,7	97,8	97,7	97,7	97,7	97,8	97,7	97,8	97,4	97,6	97,6	97,9	97,8
40		99,6	99,4	99,5	99,6	99,6	99,6	99,6	99,6	99,6	99,6	99,4	99,5	99,5	99,6	99,6



Mäily: ZPS 1 Tuote: M30 Näytteet otettu 17.11.07 Klo 15.00

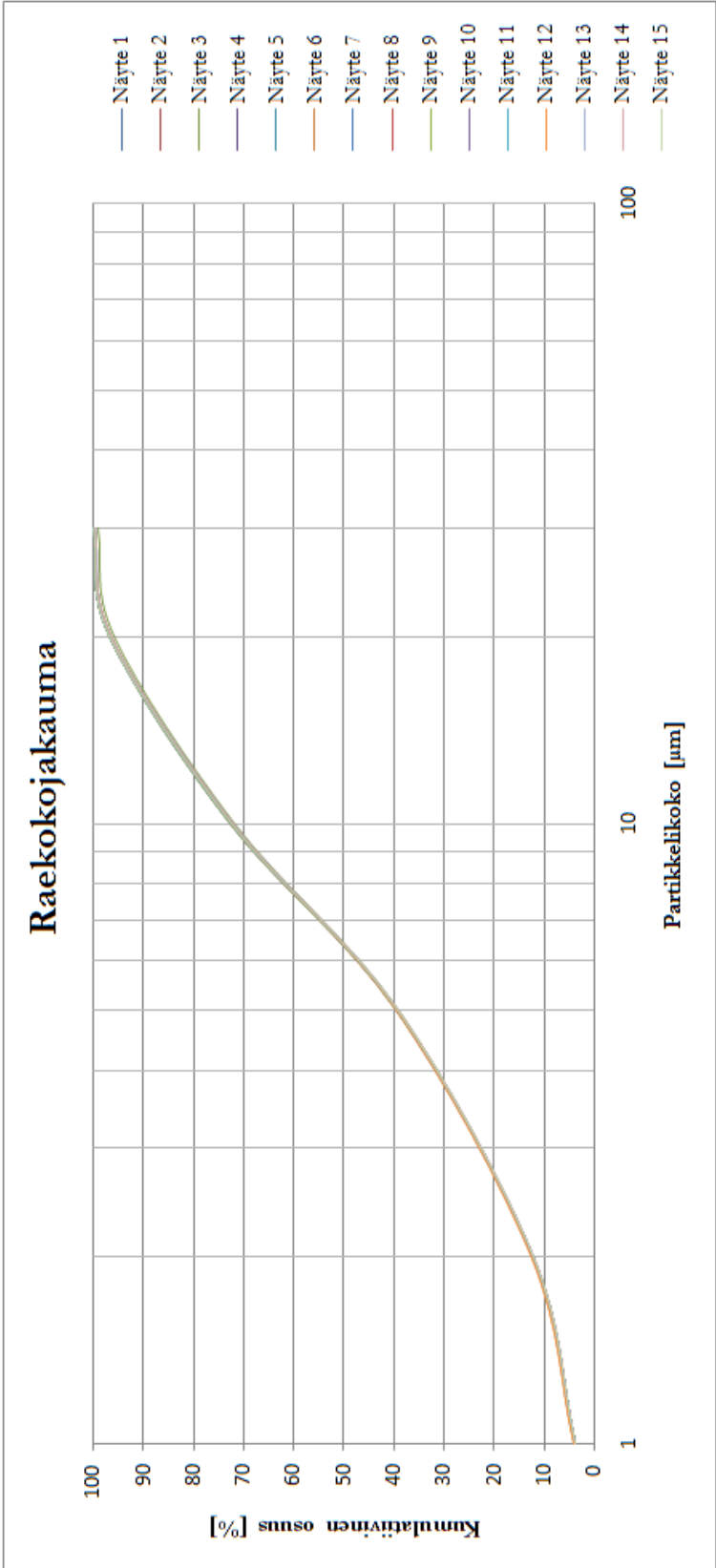
Raekoko		Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3	Näyte 4	Näyte 5	Näyte 6	Näyte 7	Näyte 8	Näyte 9	Näyte 10	Näyte 11	Näyte 12	Näyte 13	Näyte 14	Näyte 15
[µm]																
1		2,1	2,1	2	2	1,9	1,9	2	1,9	1,9	1,9	1,9	2	1,9	2	2
2		6,2	6,2	6	6	5,9	5,9	5,9	5,9	5,8	5,8	5,9	6	5,8	5,9	5,9
5		19,3	19,3	18,8	18,8	18,6	18,6	18,7	18,6	18,3	18,5	18,5	18,8	18,5	18,6	18,6
10		38,8	38,7	37,9	37,9	37,5	37,5	37,6	37,4	37	37,3	37,4	37,7	37,4	37,6	37,7
20		66,6	66,4	65,3	65,2	64,7	64,6	64,6	64,4	64	64,3	64,5	64,8	64,7	64,9	65,1
30		82,9	82,8	81,9	81,8	81,5	81,2	81,3	81,1	80,8	81,1	81,2	81,4	81,4	81,5	81,7
40		91,4	91,4	90,7	90,6	90,4	90,3	90,3	90,2	90	90,2	90,2	90,4	90,4	90,4	90,6



Mylly: MM 1+3 Tuote: M15 Näytteet otettu 11.11.07 Klo 17.00

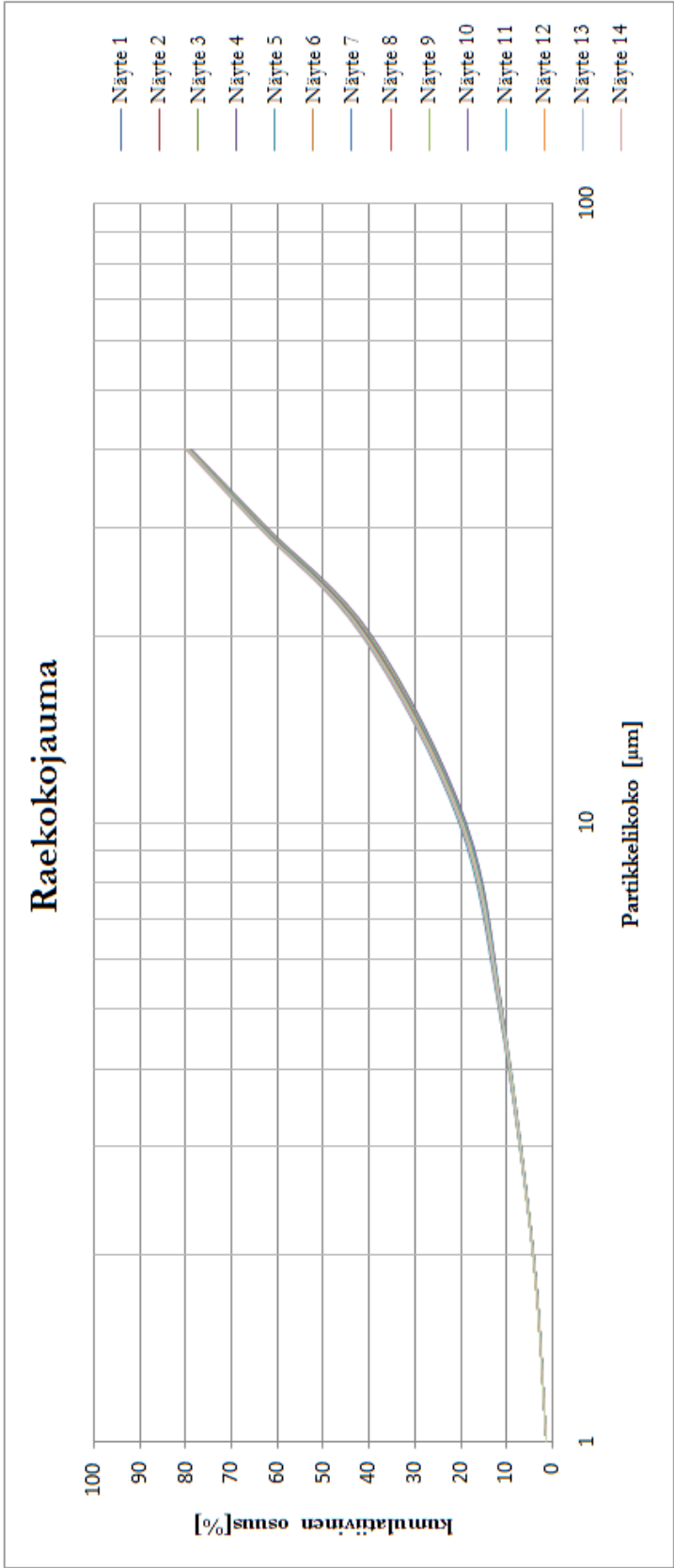
Raekoko

[µm]	Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3	Näyte 4	Näyte 5	Näyte 6	Näyte 7	Näyte 8	Näyte 9	Näyte 10	Näyte 11	Näyte 12	Näyte 13	Näyte 14	Näyte 15
1	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	4	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	4	3,9	3,9	3,8
2	12,3	12,3	12,3	12,3	12,3	12,4	12,3	12,4	12,3	12,3	12,3	12,5	12,3	12,2	12,2
5	39,4	39,4	39,1	39,3	39,3	39,5	39,5	39,5	39,5	39,4	39,4	39,4	39,3	39,2	39,2
10	72,5	72,5	71,8	72,4	72,2	72,5	72,7	72,7	72,7	72,4	72,5	72,3	72,3	72,2	72,4
20	96,6	96,7	95,7	96,6	96,5	96,6	96,7	96,7	96,7	96,5	96,6	96,4	96,5	96,5	96,6
30	99,9	99,9	99	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,8	99,9	99,8	99,8	99,9	99,9



Luokitin: Bauer Tuote: M40 Näytteet otettu 3.12.07 Klo 13.45

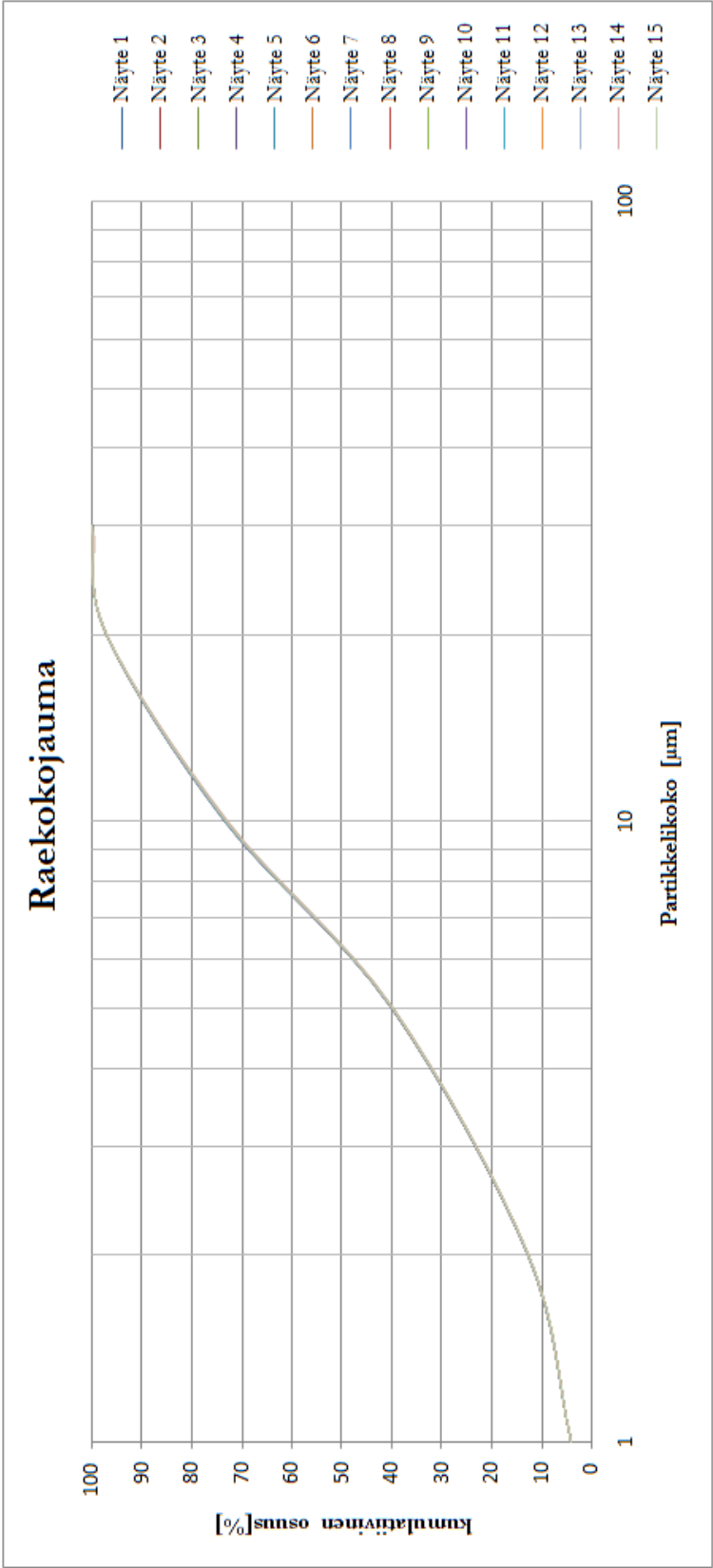
Raekoko		Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3	Näyte 4	Näyte 5	Näyte 6	Näyte 7	Näyte 8	Näyte 9	Näyte 10	Näyte 11	Näyte 12	Näyte 13	Näyte 14	Näyte 15
[µm]																
1		1,5	1,4	1,4	1,5	1,5	1,4	1,5	1,5	1,4	1,4	1,5	1,4	1,4	1,5	1,4
2		4,4	4,3	4,3	4,3	4,4	4,3	4,3	4,3	4,2	4,2	4,3	4,3	4,3	4,4	4,3
5		11,7	11,2	11,4	11,4	11,9	11,2	11,4	11,5	11,1	11,1	11,3	11,4	11,5	11,7	11,3
10		20,1	19,4	19,7	19,7	20,6	19,3	19,8	19,8	19	19	19,4	19,7	20,1	20,3	19,8
20		41,3	40,3	40,6	40,7	41,7	40	40,8	40,6	39,6	39,5	40,2	40,8	41,3	41,7	41
30		64,2	63,3	63,4	63,5	64,3	62,9	63,7	63,6	62,7	62,6	63,2	63,9	64,2	64,4	63,8
40		79,9	79,3	79,3	79,4	79,9	79	79,6	79,6	79	78,9	79,3	79,8	79,9	80,1	79,5



Luokitin: Alpine Tuote: M15E Näytteet otettu 17.11.07 Klo 11.00

Raekoko

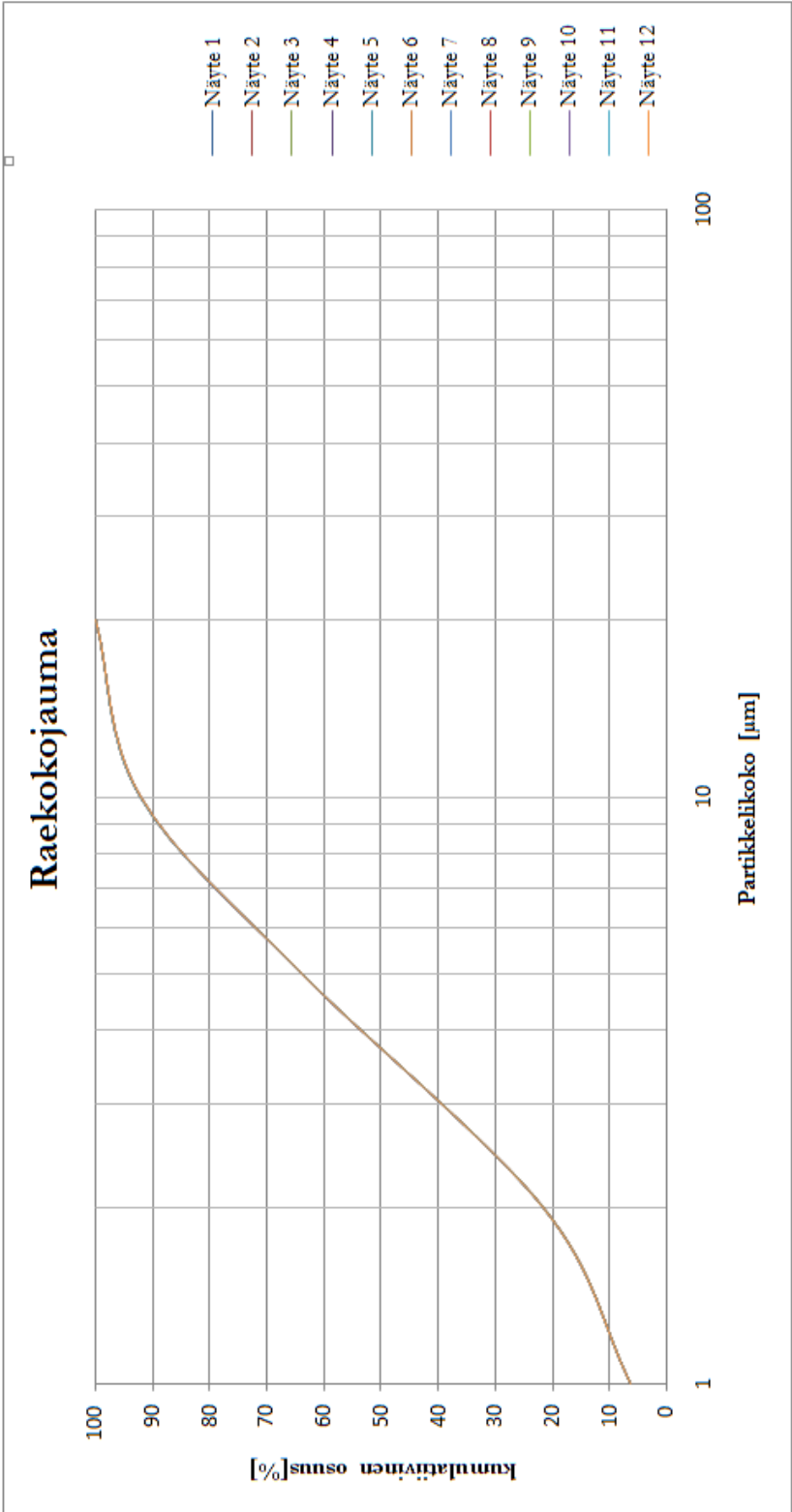
[µm]	Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3	Näyte 4	Näyte 5	Näyte 6	Näyte 7	Näyte 8	Näyte 9	Näyte 10	Näyte 11	Näyte 12	Näyte 13	Näyte 14	Näyte 15
1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1
2	12,8	12,7	12,7	12,8	12,7	12,7	12,8	12,8	12,7	12,8	12,8	12,7	12,7	12,7	12,7
5	40,1	40	39,8	40,1	40	39,9	40,1	40,1	40	39,9	40	39,9	39,9	39,7	39,9
10	73,4	73,2	73	73,6	73,3	73,2	73,4	73,4	73,3	73,2	73,4	73,2	73,2	72,8	73,1
20	97,2	97,2	97,1	97,3	97,2	97,2	97,2	97,3	97,2	97,2	97,2	97,1	97,1	97	97,1
30	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100



Lusikkänäytteenotto

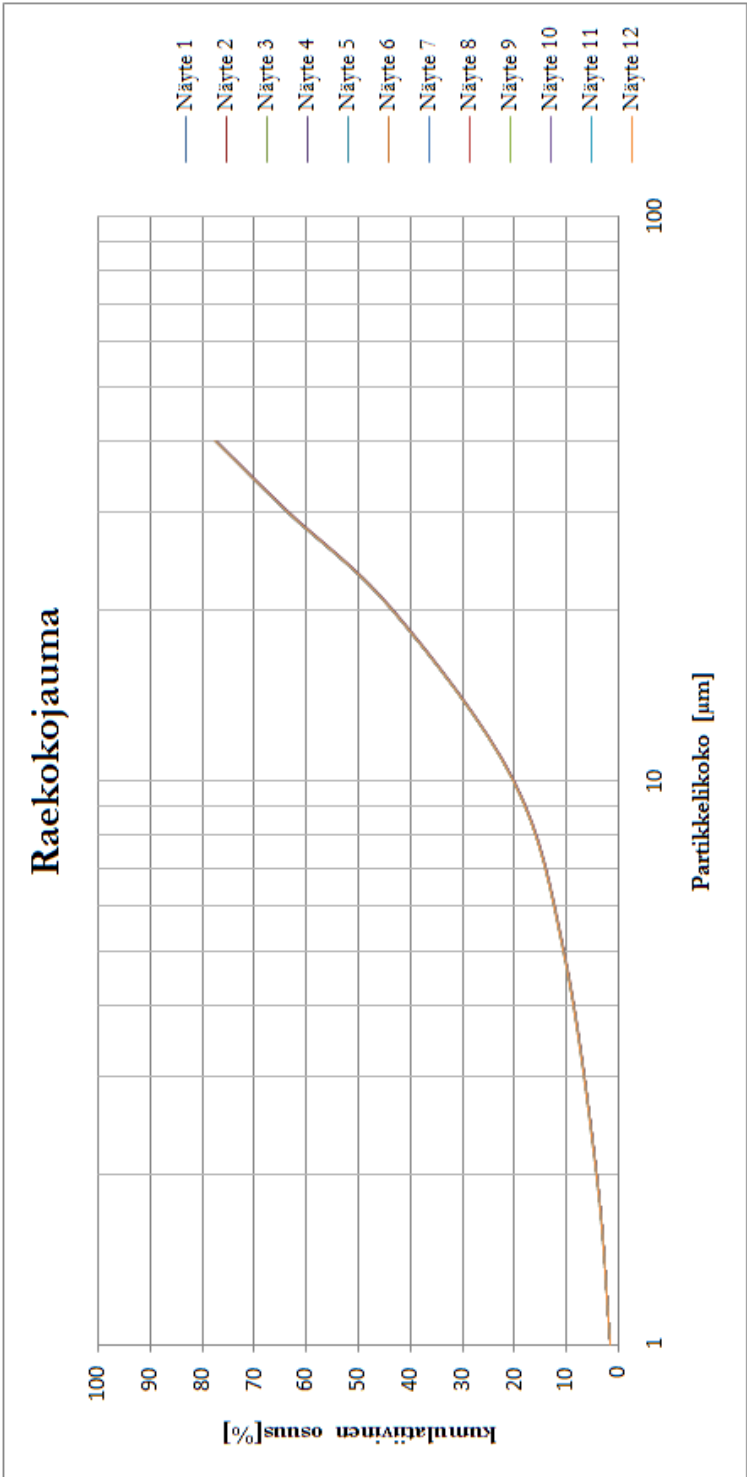
Mylly: HM2 Tuote: M05N Näytteet otettu 15.12.07 Klo 11.30

Raekoko[µm]	Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3	Näyte 4	Näyte 5	Näyte 6	Näyte 7	Näyte 8	Näyte 9	Näyte 10	Näyte 11	Näyte 12
1	6,5	6,5	6,4	6,5	6,5	6,5	6,4	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
2	21,9	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	21,9	21,9	21,9
5	64	64	64	64	64	64	63,9	64	64	64,1	64	64
10	92,1	92,1	92,1	92,2	92,2	92,1	92,1	92,2	92,2	92,2	92,2	92,1
20	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9



Lusikkanäytteenotto
Luokitin: ATP Tuote: M40H Näytteet otettu 15.12.07 Klo 11.00

Raekoko[µm]	Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3	Näyte 4	Näyte 5	Näyte 6	Näyte 7	Näyte 8	Näyte 9	Näyte 10	Näyte 11	Näyte 12
1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
2	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,2	4,2
5	10,5	10,4	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,6	10,6
10	20,2	20	20,1	20,1	20,1	20,2	20,1	20,1	20,2	20,1	20,2	20,2
20	43,4	43,1	43,3	43,2	43,3	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4
30	63,8	63,5	63,7	63,6	63,7	63,8	63,9	63,8	63,9	63,9	63,8	63,8
40	77,5	77,3	77,5	77,4	77,5	77,5	77,6	77,6	77,6	77,6	77,5	77,6



Luokitin: ATP Tuote: M50 Näytteet otettu 28.03.08 Klo 9.00

Raekoko [µm]	Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3	Näyte 4	Näyte 5	Näyte 6	Näyte 7	Näyte 8	Näyte 9	Näyte 10	Näyte 11	Näyte 12	Näyte 13	Näyte 14	Näyte 15
1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
2	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,6	3,5	3,6	3,6	3,5	3,6	3,5	3,5	3,6	3,5
5	9,7	9,9	9,8	9,7	9,8	9,8	9,9	9,9	9,9	9,8	10	9,7	9,9	9,9	9,8
10	16,8	17,2	17,1	16,8	17	17,1	17,2	17,2	17,2	17,1	17,3	16,9	17,1	17,2	17
20	30	30,5	30,2	30	30,2	30,3	30,3	30,3	30,3	30,1	30,3	29,8	30,1	30,3	30
30	45,7	46,2	45,8	45,8	45,9	45,8	45,9	46	45,8	45,7	45,7	45,4	45,6	45,9	45,5
40	61,2	61,4	61,1	61,2	61,2	61	61,2	61,3	61,1	61	60,9	60,7	60,8	61,1	60,7

Raekokojauma

