

Tommi Mäenpää

PAKSUUSSEULAN KÄYTTÖKUSTANNUKSET

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

2011

## PAKSUUSSEULAN KÄYTTÖKUSTANNUKSET

Mäenpää, Tommi  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Toukokuu 2011  
Ohjaaja: Leino, Heikki  
Sivumäärä: 25  
Liitteitä: 1

Asiasanat: Hake, seula, seulonta, paksuusseulonta

---

Tässä työssä oli määrä mitata käytössä olevia paksuusseuloja. Paksuusseulaa käytetään paperitehtailla seulomaan puuhaketta. Mittauksien tarkoituksena oli selvittää paksuusseulojen kulumista niiden elinkaaren aikana. Mittausvälineinä työssä käytettiin rulla- ja työntömittaa lisäksi apuna käytettiin hakkeenkokojakaumaa määrittelevää SCAN-CM- standardia. Mittaukset merkittiin työtä varten suunniteltuun pöytäkirjaan, jota muokattiin vastaamaan insinööriyöni tarpeita. Mittauskohteina oli kolme Suomessa käytössä olevaa seulaa. Kaikista kolmesta paikasta otettiin myös hakenäytteet SCAN-CM-standardia varten. Seulat valittiin iän perusteella niin, että niistä voitiin muodostaa yhtenäinen kymmenen vuoden ajanjakso. Tällä ajanjaksolla verrattiin seulojen kulumisia toisiinsa ja muodostettiin johtopäätökset.

Jo entuudestaan oli tiedossa, mistä ja miten seulat kuluvat. Mittauksien avulla pystyttiin selvittämään seulojen korjaustarpeet kustannuksineen. Seulan kulumisesta johtuen niihin on tehtävä korjauksia, jotka parantavat seulontatuloksia. Korjauksien kustannukset tuovat paksuusseulalle lisää käyttökustannuksia niiden elinkaaren aikana.

Työ toteutettiin Raumaster Oy:n toimesta.

Tätä työtä varten olen selvittänyt kuitulinjalla tapahtuvaa seulontaprosessia sekä kuitulinjan toimintaa haastattelemalla Raumaster Oy:n toimihenkilöitä ja koneiden käyttäjiä. Kirjallisuus työn varsinaisesta aiheesta oli suppea, mutta tutustuin kuitulinjaa käsittelevään kirjallisuuteen.

Lopullisena tavoitteena oli selvittää paksuusseulan korjauksista tilaajalle syntyvät käyttökustannukset kymmenen vuoden ajalta. Lisäksi selvitettiin kyseisten kolmen paksuusseulan nykytilanne ja korjaustarve.

Keskeisiä tuloksia työssä selvisi tähän mennessä vähän, sillä työtä ei ole vielä suoritettu loppuun toimeksiantajalle. Yhtenä huomiona voidaan pitää paksuusseulan kiekkojen huoltovapautta. Itselle on tämän lisäksi kuitenkin selvinnyt monta uutta asiaa seulan käyttäytymisestä ja sen kulumisesta.

## OPERATING COSTS OF THICKNESS SCREEN

Mäenpää, Tommi

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Machine and production engineering

May 2011

Supervisor: Leino, Heikki

Number of pages: 25

Appendices: 1

Keywords: Chip, screen, screening, thickness screening

---

The purpose of this thesis was to measure out existing thickness screens. Thickness screen is used at paper mills to screen woodchips. The idea of measurements was to determine how much screens wear in their lifetime cycle. Measurement tools in this thesis were tape measure and slide gauge. Also there were used size distribution standard SCAN-CM as help for measurements. Measurement results were entered to minute book which was redesigned for this job. There were three existing screens which were measured. From all three places were chip sample taken for SCAN-CM-standard. Screens were chosen by age, so that there could be established ten years period of time. In this period of time were the screens compared to each others and then the conclusions were made.

All ready was known where and how screens wear. With measurements were able to determine screens wear and fixing necessities with expenses. When screens are run out, there must be done fixing, which improve screening result. Fixing expenses increase thickness screens costs at it's lifetime cycle.

Work was done by Raumaster Oy assignment.

For this thesis I have determined the chip screening that happens in the fiberline and the fiberline operation by interviewing Raumaster Oy employee's and screens users. Literature for this subject was concise, but I have become acquainted with literature that contains the fiberline operations.

The final target was to determine buyer's costs that come from thickness screen fixing from ten years period of time. Also were determined present situation and fixing necessities of these three screens.

So far the results have been minimal, because the work is still unfinished for the client. For one big notice can be made, that the discs in screens are service free, although the work is unfinished. I have learned lot of new information about chipscreen wearing and its behaviour.

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
1.1	Työn taustat .....	6
1.2	Toimeksiantaja.....	7
2	SEULONNAN TARKOITUS .....	7
3	SEULONTALAITTEISTOJA .....	8
3.1	Tasoseula .....	9
3.2	Paksusseula.....	10
3.3	Rulla- eli puruseula .....	11
4	HAKE .....	12
5	HAKKEEN VALMISTUS .....	13
5.1	Puiden kuoriminen .....	13
5.2	Haketus.....	14
5.3	Hakkeen jälkikäsitely .....	15
6	SEULAN KULUMINEN .....	16
6.1	Kulumisen estäminen.....	17
6.2	Kulumisen vaikutukset.....	17
6.3	Kiekon geometrinen kuluminen .....	17
7	MITTAUKSET .....	18
7.1	Mittauksen suorittaminen .....	18
7.2	SCAN-CM-standardi.....	19
7.3	Aikaisemmat mittaukset.....	21
7	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	22
	LÄHTEET .....	24
	LIITTEET	

## KÄSITTEET

Akseptihake	Keittoon hyväksyttyä, kokoluokaltaan optimaalista, puuhaketta. Akseptin optimaalinen pituus on 15-30mm ja paksuus 3mm
Ylite	Akseptihaketta suurempi jakeista haketta. Paksuus on ylitteen tärkein dimensio.
Alite	Akseptihaketta hienojakoisempia partikkeleita. Näitä ovat tikku- ja purujakeet.

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn taustat

Tämän työn toimeksiantajana on nykyinen työnantajani, joka valitsi työn aiheen. Työ on aiheena mielenkiintoinen, koska se edellytti käytännönläheistä työtä. Pääsin tehtaalte mittamaan ja tutkimaan kokonaisuuksia, joita yleensä pääsee näkemään vain tietokoneruudulla.

Työn aihe on puusta tehdyn hakkeen eli puuhakkeen paksuusseula ja sen kulumisesta syntyvät käyttökustannukset. Se on yksi monista paperitehtaan laitteista hakkeen valmistuslinjastolla eli kuitulinjalla. Paksuuseulan tehtävänä on karsia ylipaksut kappaleet uudelleen käsittelyyn tai muuhun tuotantoon, esimerkiksi polttoon. Selluntuotannossa ylipaksu hake ohjataan uudelleen käsittelyn kautta takaisin keittoon menevän hakkeen joukkoon.

Paksuusseulan kuluman mittauksen aloittamisessa ei ollut mitään ongelmaa. Työssä tarvittiin vain rulla- ja työntömittaa. Mittauksia oli suoritettu aiemmin toimeksiantajan toimesta ja niistä oli tehty mittauspöytäkirja. Mittauspöytäkirjaa käytettiin myös tässä työssä siihen tehtyjen muutosten jälkeen. Työssä käytettiin hyväksi hakepalojen kokojakauman standardia eli SCAN-CM-standardin mukaista hakeanalyysiä.

Paksuusseulan kulumisesta ei ole olemassa dokumentteja. Löytyy vain muutamat mittaukset, joita toimeksiantaja on toteuttanut laitteiden alkutaipaleella. Kyseiset mittaukset on huomioitu opinnäytetyössäni.

Tavoitteena oli mittauksien perusteella vertailla eri-ikäisten paksuusseulojen kulumista sekä kulumisen vaikutusta seulontatulokseen. Näiden tulosten perusteella piti selvittää laitteiden tämänhetkinen korjaustarve. Lopuksi laskettiin paksuusseulan kymmenen vuoden elinkaaren käyttökustannukset korjauksineen.

## 1.2 Toimeksiantaja

Raumaster Oy on Raumalla sijaitseva insinööritoimisto. Se on perustettu vuonna 1984. Tuolloin perustajajäseniä ja työntekijöitä oli neljä. Nykyään Raumaster Oy on yksi maailman johtavista tavarantoimittajista puu- ja energia-alalla. Yhtiössä työskentelee 200 suunnittelijaa, joiden lisäksi käytetään alihankkijoita. Raumasterin toiminta-alaan kuuluvat kaikenlaiset metsäteollisuuden ja energia-alan materiaalinkäsittelylinjastot. Lisäksi Raumaster Oy:n konserniin kuuluu neljä tytäryhtiötä, kolme Raumalla, Ketjurauma, Raumaster Paper ja Veimec sekä yksi Virossa, Rauameister.

Seulontalaitteistoja	Hakekapasiteetti	Korjaukset
Hakkeen laatu	Hakeseulan kuluminen Ja sen mittaaminen	Irtokomponentit
Puuraaka-aine	SCAN-standardi	Mittaustekniikat

Kuva 1. Empiria

## 2 SEULONNAN TARKOITUS

Tasalaatuisen massalaadun edellytyksenä sellua keitetäessä on tasalaatuinen hake. Hakkurista tuleva tavara sisältää kuitenkin hyvän hakkeen lisäksi myös purua, ns. hienomursketta sekä suuria puunkappaleita. Liian suuret lastut jäävät keitossa sisältä koviksi, ja hieno puru sisältää enimmäkseen katkenneita kuituja. (Hägglom & Ranta 1966, 60.)

Seulonta on suoritettava ennen kuin hake menee keittoon. Seula voidaan asettaa kuitulinjan perään, jonka jälkeen hake menee keittoon tai se varastoidaan. Mikäli hake varastoidaan, on toinen vaihtoehto seuloa hake vasta varastoinnin jälkeen. Prosessin kannalta on parempi, että hake seulotaan vasta varastoinnin jälkeen ennen keittoon

menoa. Näin seula seuloa vielä varastoitaessa tulleet epäpuhtaudet pois ennen keittoa. Lisäksi joukosta seuloutuu pois varastoinnissa vaurioitunut hake.

Seulonnassa hakkeesta poistetaan jatkoprosessia haittaavat jakeet. Ylisuuret jakeet voidaan pienentämisen jälkeen palauttaa varsinaiseen hakevirtaan. Kaikesta hienoin eli purujae poistetaan yleensä jatkoprosessista ja ohjataan esim. poltettavaksi kuoren kanssa. Pitää kuitenkin huomioida, ettei seulonnassa voida tehdä huonosta hakkeesta hyvää.

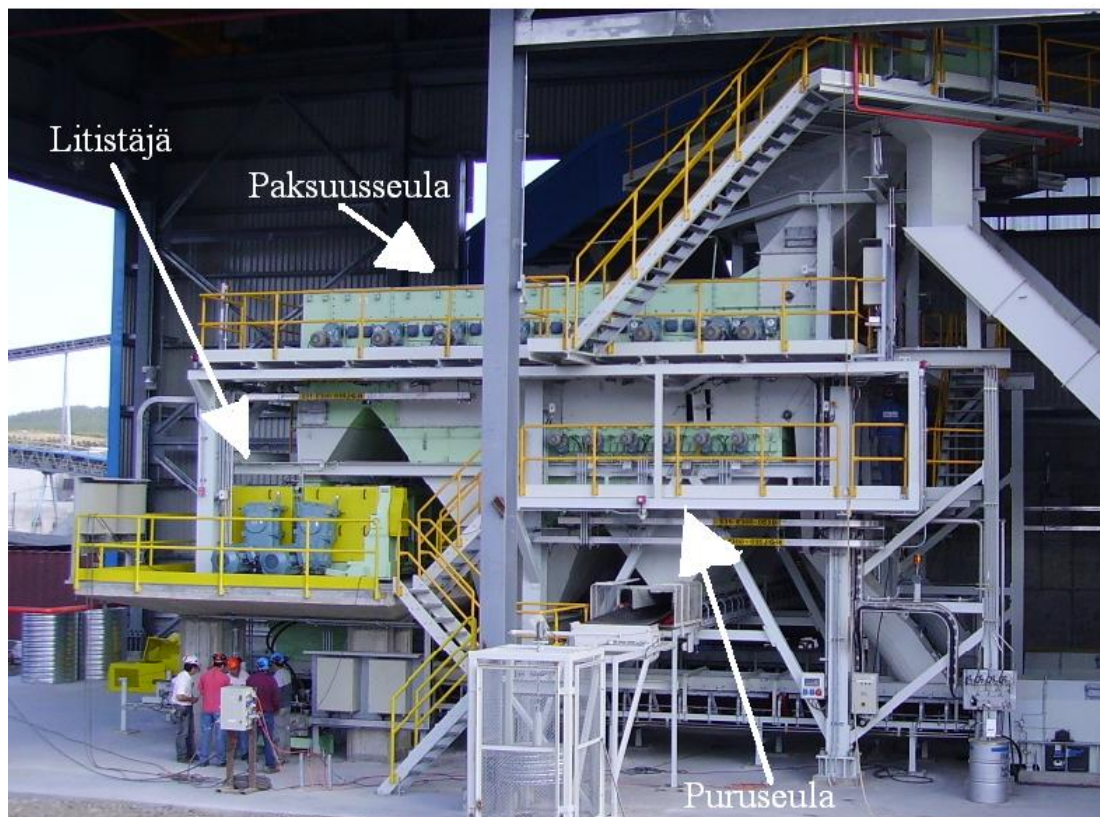
Hakkeen seulonnan tavoitteena on tuottaa jatkoprosessiin mahdollisimman tasalaatuista haketta erottamalla hakkeen ylisuuri jae jatkokäsittelyyn (tikkuhakku tai hakepuristin) ja poistamalla puru hakkeen joukosta.

Hakkeen seulontasysteemi määräytyy toisaalta seulontaan tulevan hakkeen ja toisaalta jatkoprosessiin edellyttämän hakkeen laadun perusteella. Tarvittavan laitteiston investointikustannukset, seulonnan käyttökustannukset sekä menetetyt raaka-aineen aiheuttamat kustannukset asettavat rajat ylisuuren jakeen muokkaamiselle. Seulonnan jälkeinen hakkeen laatu määräytyy sekä massanvalmistusprosessin vaatimusten että seulonnan kustannusten pohjalta. (Knowpulpin www-sivut 2011.)

### 3 SEULONTALAITTEISTOJA

Seulontalaitteistoja on monia erilaisia eri puutavaran seulontoja varten. On olemassa karkeaseula isoimpien tikkujen ja kivien seulomista varten. Karkeaseulaa käytetään yleensä ennen varsinaista hakkeen seulontaa. Hakeseulan jälkeen on yleensä puruseula, joka seuloa hakkeen seasta pois alitteen eli liian pienet partikkelit, esim. purun. Tämä on useimmissa tehtaissa käytetty järjestys, lisäksi on olemassa näiden kaikkien erilaisia yhdistelmiä. Kuvassa 2 on yleisin seulontajärjestys. Tässä tutustutaan muutamaa hakkeen seulontalaitteisiin.





Kuva 2. Paksuusseulan ja puruseulan yhdistelmä

### 3.1 Tasoseula

Tavallisessa tasoseulassa on päällekkäin yleensä kolme seulalevyä 5-10°:n kulmassa vaakatasoon nähden. Hake syötetään ylimmälle levyille, jolloin seulan edestakainen liike saa varsinaisen hakkeen putoamaan rei'istä alemmille seulalevyille. Ylisuuret jakeet jäävät yläseulalle, ja kahdelta alemmalta levyiltä saadaan hyväksytty jae (aksepti). Puru puolestaan kerääntyy seulan pohjalle. Välilevyn tehtävänä on keventää ala- eli purutason kuormitusta, jotta päästään tehokkaampaan purunerotukseen. Tasoseulan suurimpana heikkoutena on se, että sillä ei pysty erottamaan ylipaksua jaitta, joka jää yleensä ra'aksi keitossa lisäten rejektin määrää. (Vantaa 2006, 11.)

Tasoseula on yleisimmin varustettu kolmella seulontatasolla. Ylisuuri jae poistetaan ylätason päältä normaalisti tikkuhakuun, josta se palautetaan uudelleen seulontaan. Ylätason reikäkoko on tavallisesti halkaisijaltaan 45-55 mm.

Välitaso keventää ala- eli purutason kuormitusta, jotta päästään tehokkaampaan purunerotukseen. Väli- ja alatasolta hake johdetaan akseptikuljettimelle. Alatason reikäkoot ovat yleisimmin halkaisijaltaan 6-8 mm. Alatason alite kerätään purukuljettimelle. Tasoseula on yksinkertainen, varmatoiminen laite, jolla päästään kohtalaisiin seulontatuloksiin. (Knowpulpin www-sivut 2011.)

### 3.2 Paksuusseula

Paksuusseulontalaitteita on tehty 1970-luvun lopulta saakka. Alkujaan ne olivat hyvin monimutkaisia ja vaativat jatkuvaa huoltoa ja kunnossapitoa tulosten jäädessä keskinkertaisiksi. Paksuusseulontalaitteet ovat kehittyneet hyvin voimakkaasti viime vuosien aikana. Tänä päivänä ne ovat parhaimmillaan varmatoimisia ja pitkäikäisiä laitteita. Paksuusseulassa on vierekkäisille akseleille sijoitettuja kiekkoja niin, että lomittain olevien kiekkojen väliin jää oikean kokoinen aukko, joka on yleensä n. 7 mm. Akselit pyörivät samaan suuntaan, jolloin lomitusraossa kiekot pyörivät vastakkaisiin suuntiin ja rako pysyy puhtaana. Hake syötetään toiseen päähän, josta se etenee kiekkojen siirtämänä eteenpäin. Tällöin rakoa ohuemmat jakeet läpäisevät seulan ja ylipaksu jae kulkeutuu seulan yli jatkokäsittelyyn. (Knowpulpin www-sivut 2011.)

Paksuusseula tehdään lohkoista, joissa akselit ovat kiinni. Lohkojen määrä riippuu seulan pituudesta. Akseleilla on kiekkoja tietty määrä riippuen seulan leveydestä. Kiekot ovat aina kolmen ryhmässä: on isoin, keskikokoinen ja pienin kiekko. Näin pyritään saamaan hakevirtaan aaltoilevaa liikettä poikittaissuunnassa. Tämän ansios- ta akseptihakkeita putoaa helpommin hakepatjan seasta seulan läpi. Muuten akseptihake saattaisi kulkeutua hakepatjan välissä koko seulan ohi ja turhaan jatkokäsittelyyn.

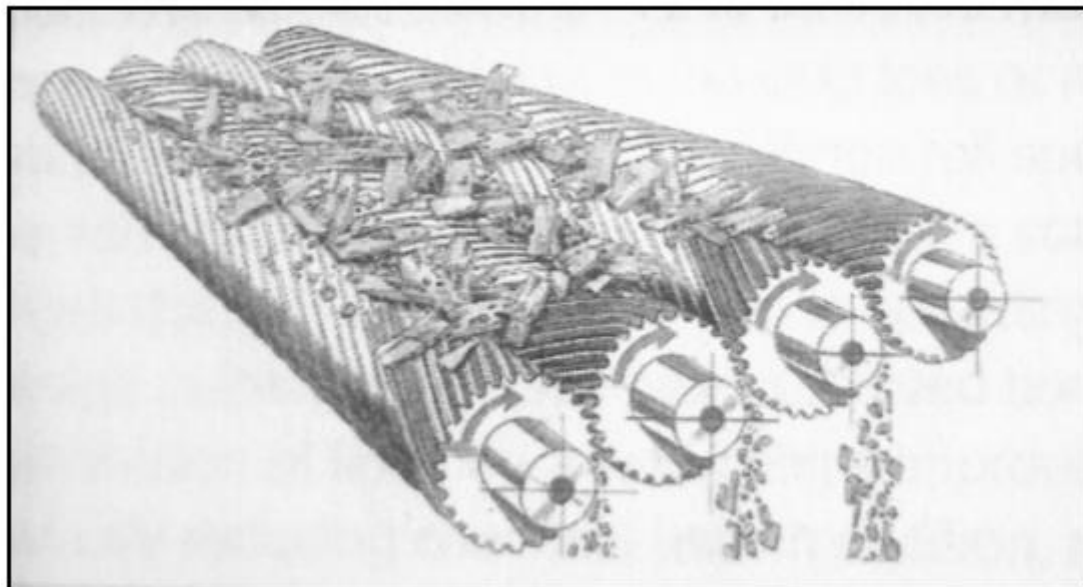


Kuva 3. Paksuusseula.

### 3.3 Rulla- eli puruseula

Yksi tehokas tapa erottaa puru hakkeen joukosta ja samanaikaisesti säästää arvokasta kuitua on rullatyyppinen toissijainen seula. Tämän seulan käyttö antaa maksimaalisen purun poiston ja minimaalisen akseptihakkeen häviön. Seulan nopeudella on suuri vaikutus seulonnan tulokseen. Näin ollen seula tarjoaa useita eri mahdollisuuksia nopeutta muuttamalla. Seulan nopeutta on mahdollista muuttaa seulan ollessa toiminnassa.

Rullaseulassa hake kulkee läpi lukuisien vierekkäisten kovakromattujen akselien, jotka pyörivät samaan suuntaan. Timanttikuvioisten rullien pyöriessä puru putoaa akseleiden välisistä aukoista seulan läpi jatkokäsittelyyn. Akseptihake kulkee seulan akseleiden lävitse ulos seulan päädyistä kuljettimelle, joka vie hakkeen keittoon. (Gullichsen & Fagerholm 2000, 401.)



Kuva 4. Rullaseula. (Gullichsen & Fagerholm 2000, 401)

#### 4 HAKE

Hake on puusta pilkottuja neliönmallisia kappaleita, joita voidaan käyttää useisiin käyttötarkoituksiin. Paperiteollisuudessa hake on yksi erittäin tärkeä osa selluvalmistuksessa. Hakkeen tuottaminen on pakollista sillä sitä tarvitaan sekä kemiallisessa, että mekaanisessa sellunvalmistuksessa. Niissä erotellaan hakkeesta puun kuituja, jotka ovat sekä tärkeitä että haitallisia sellunvalmistuksessa. Valmistuksen pääraaka-aine selluloosa on tärkein hakkeesta irroitettava puukuitu. Samalla pyritään pääsemään eroon puukuituja sitovasta lingniinistä, joka aiheuttaa selluun alemmaa vaaleutta. Kemiallisessa menetelmässä hake keitetään sellukattilassa yhdessä kemiallisten nesteiden kanssa. Mekaanisessa menetelmässä puun kuidut revitään mekaanisesti irti toisistaan.

Hake on myös yksi tärkeä uusiutuvan energian polttoainemuodoista. Hake onkin muodostunut erittäin suosituksi lämmitysjärjestelmä vaihtoehdoksi. Muiden lämmityskustannusten noustessa on hakelämmityksen hinta pysynyt ennallaan.

## 5 HAKKEEN VALMISTUS

Haketuksen tavoitteena tuottaa tasakokoista haketta, jossa tikku- ja purujaemäärät ovat pieniä. Haketta täytyy tuottaa riittävällä kapasiteetilla käytettävissä olevasta ja usein vaihtelevanlaatuisesta puuraaka-aineesta. (Knowpulpin www-sivut 2011)

Sellua ja kemimekaanista massaa valmistettaessa kuoritut puut hakataan pieniksi 15 x 30 mm:n pituisiksi lastuiksi eli hakkeeksi, jotta keittoneste tunkeutuisi tasaisesti ja perusteellisesti koko keitettävän puumäärään ja saataisiin mahdollisimman hyvä sel-lutulos. (Hägglom & Ranta 1966, 52.)

Hakkeen tasainen palakoko on erittäin tärkeä ominaisuus tasaisen sellun aikaan saa-miseksi. Kuitulinjan tulee olla kunnossa ja hyvin suunniteltu tasaisen palakoon saa-vuttamiseksi. Seuraavaksi käsittelen hieman yleistä kuitulinjaa.

### 5.1 Puiden kuoriminen

Puiden kuoriminen on välttämätöntä kuitulinjan muiden prosessien toiminnan sekä massan ja paperin laadun varmistamisen kannalta.

Puut täytyy kuoria, sillä kuoren sisältämä pihka saattaa saostua ja tukkia keittimen osia. Lisäksi kuori lisää massanvalmistuksessa keitto- ja valkaisukemikaalien kulu-tusta. Kuoren mukana prosesseihin pääsee hiekkaa ja muita epäpuhtauksia, jotka ai-heuttavat laitteiden kulumista ja lisäävät sellun roskalukua. (Isokangas 2003, 5.)

Puut tulevat kuorintalaitteelle erillisellä syöttökuljettimella, jota yleensä kutsutaan myös sulatuskuljettimeksi. Sulatusta suoritetaan etenkin Suomessa, koska puut ovat usein jäässä Suomen talvessa. Puun sulattamisella saavutetaan pienempi tehon tarve puuta kuorittaessa. Puun kuorimisessa on ollut useita eri menetelmiä, mutta suosituin ja pisimpään käytössä ollut on hankausmenetelmällä toimiva kuorinta. Hankausme-netelmässä puita ladataan kerralla pyörivään kuorimeen paljon, jolloin ne pyöries-sään hankaavat toisiinsa ja näin kuorivat toisiaan.

Yleisin kuorintamenetelmä on hankausmenetelmää käyttävä rumpukuorinta. Rumpukuorinnassa puita syötetään isoon keskimäärin 5 m halkaisijaltaan olevaan rumpuun. Rumpu pyörii koko ajan akselinsa ympäri samalla pyörittäen puita rummussa ja näin saaden puissa aikaan hankausta toisiaan vasten. Rummussa on myös pieniä puunnostimia rummun sisäpinnassa, ja ne auttavat kuoren irtoamista puun iskeytyessä niihin. Rumpu viettää yleensä hieman alaspäin, ja siksi puut purkautuvat riittävällä nopeudella ulos rummusta ja jatkokäsittelyyn.

## 5.2 Haketus

Hakku on puunkäsittelyn tärkein massan laatuun vaikuttava yksittäinen prosessilaite. Hyvällä hakulla on mahdollista tuottaa haketta, joka on ennen seulontaa parempaa kuin huonolla hakulla tuotettu seulonnan jälkeen. Hakun tuottamaa ylisuurta ja ylipaksua jaetta on mahdollista jälkikäsitellä siten, että pääosa saadaan ns. hyväksytyyn hakkeen joukkoon. (Knowpulpin [www-sivut 2011.](#))

Hakut ovat kaikessa yksinkertaisuudessaan isoja kiekkoja, joissa on kiinni eri määrä teriä eri tarpeisiin. Hakku leikkaa siihen tulevista puukappaleista pieniä hakkeen palasia. Hakkuun puut tulevat esikäsiteltynä kuorittuina ja pestyinä. Puut tulevat joko erillisellä syöttökuljettimella tai kuljettimen kautta syöttösuppilolla. Hakkeen muodostumista hakussa on kuvattu kuvassa 5. Hakepalan pituus määräytyy leikkuuterän ja vastalevyn pituuden eli leikon mukaan. Hakun kapasiteetti määrittää koko kuitulinjan nopeuden. Sillä puiden on tultava tietyllä nopeudella ja kapasiteetilla hakuille. Nopeus määrittää hakkeen tasalaatuisuuden, hakun leikkauskapasiteetin ollessa vakio.

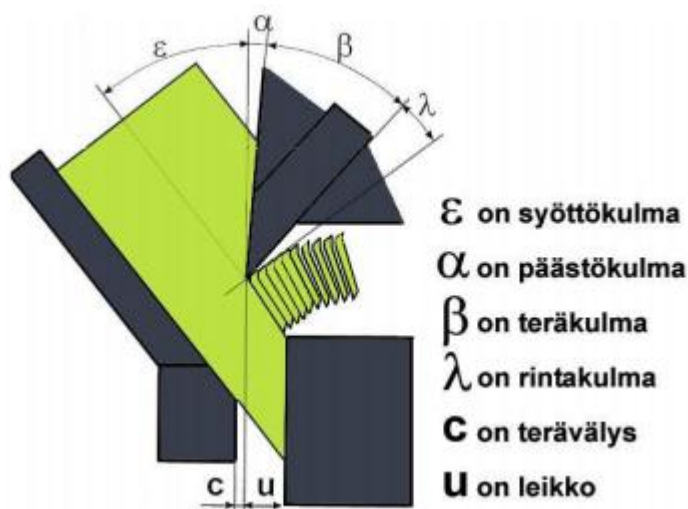
Hakulta tullut hake on yleensä keittoon valmista haketta, joka täytyy enää vain seuloa. Nykyajan hakku tuottaa hyvin vähän ylitteitä, alitteita eli purua ja muita epäpuhauksia kuten tikkuja.

Kiekkohakku on yleisin hakkutyyppe selluhakkeen tuottamisessa. Hake muodostetaan leikkaamalla viistoon puiden päistä ellipsimäisiä kappaleita, jotka irti leikkauksessaan samalla halkeavat leikkausvoiman vaikutuksesta hakkeeksi. Haketustapah-



tuma on hyvin nopea ilmiö: esim. hakussa, jossa on 15 leikkuuterää, ja joka pyörii nopeudella 270 r/min, jokaisesta hakun syöttökidassa olevasta pöllistä muodostuu noin 70 kiekkoista kappaletta sekunnissa.

Hakepalan koko ja muoto määräytyvät nimellishakepituuden, hakun tyyppin, leikkugeometrian ja hakettavan puun ominaisuuksien mukaisesti. Yksittäisen hakepalan dimensiot ovat aina jossakin määrin satunnaisia. Parhaiten tavoitteet täyttyvät hakepituuden osalta. (Knowpulpin www-sivut 2011.)



Kuva 5. (Vähäkangas 2010, 9.) Hakkeen muodostuminen.

### 5.3 Hakkeen jälkikäsittely

Seulonnan jälkeen hake menee useasti jälkikäsittelyyn, jossa ylisuuri hake muokataan uudelleen sellun keittoa varten. Jälkikäsittelyssä hake pienennetään takaisin keittoon sopiviin mittoihin. Käsittelytapoja on kaksi: tikkuhakku tai litistäjä. Tikkuhakussa ylisuuret hakkeet leikataan pienemmiksi kappaleiksi. Se toimii aivan kuten aikaisemmin mainittu hakku. Tikkuhakku on vain kooltaan huomattavasti normaalia hakkua pienempi.

Litistäjässä ylisuuret hakkeet menevät kahden mankelitelan lävitse. Litistäjän vaikutus perustuu hakkeen rakenteen rikkomiseen, jolloin keittoneste imeytyy paremmin hakkeeseen, ja näin hake ei jää raa'aksi. Litistäjä on ominaisuuksiltaan parempi kuin

tikkuhakku ainakin, jos kyseessä on kemiallinen sellunkeitto. Hyvänä puolena litistäjässä ei synny läheskään niin paljon tikkua ja pientä silppua kuin hakussa.

## 6 SEULAN KULUMINEN

Kuluminen on materiaalin vähittäistä irtoamista kiinteästä pinnasta toisen pinnan liikkeen ansioista. Kitka aiheuttaa kulumista.

(Wikipedia 2011.)

Seulan kuluminen on mekaanista. Paksuusseulassa kuluvia osia ovat akselit, laakerit ja välitysmekanismit sekä akseleilla sijaitsevat kiekot. Kaikkien näiden edellä mainittujen kuluminen vaikuttaa seulan toimintaan. Seulontatulokseen vaikuttaa erityisesti seulan akseleilla sijaitsevien kiekkojen kuluminen. Kiekoissa kulumista aiheuttaa hakevirta, joka kulkee seulan lävitse aiheuttaen kitkaa kiekon ja hakkeen välille. Alkupään kiekot kuluvat enemmän, sillä suurin osa hakevirrasta läpäisee seulan heti alussa. Seulan lävitse kulkevat vain ylipaksut jakeet, joita on yleensä vain muutamia. Suurin kuluttava tekijä ovat hakevirran mukana tuomat epäpuhtaudet, kuten kivet, tikut ja metalli. Varastoinnilla on suuri merkitys. Mikäli hake varastoidaan ulos kasalle soran päälle, soraa tulee hakevirran mukaan haketta uudelleen varastosta noudettaessa. Hakevirrassa on myös ylipaksuja jakeita, jotka jäävät kiekkojen väliin tiukemmin kiinni. Ylipaksut jakeet vaativat kiekoilta enemmän voimaa irrotukseen. Tästä syntyy isompi kiekkoja kuluttava kitkavoima. Kiekot eivät ole täysin pyöreitä. Niissä on hakevirtaa eteenpäin vievä ”hainevältä” näyttävä geometria. Kiekko kuluu hainevän kohdalta.

Tehtaan tarvitsemalla hakekapasiteetilla on myös suuri merkitys seulan kiekkojen kulumisessa. Kulumisen ollessa mekaanista kiekot eivät kulu, mikäli seulan läpi ei virtaa haketta. Näin ollen eri tehtaissa paksuusseulat kuluvat eri tahtia. Tämän takia kulumisen tutkiminen on sidottava seulan läpi ajettavan hakkeen määrään eikä aikaan.



Hakkeen puuraaka-aineella on merkitystä seulan kulumiseen. Eri puuaineksilla on erilaisia kovuuksia, jotka vaikuttavat huomattavasti seulan kulumiseen. Esimerkkinä on eucalyptus, joka on huomattavasti kovempaa kuin suomalaiset lehtipuut. Raaka-aineissa on myös kivennäisaine-eroja. Tämä johtuu puun kasvunopeudesta, jolloin pahimmassa tapauksessa puu sisältää hiekkaa.

### 6.1 Kulumisen estäminen

Kulumista voidaan vähentää parantamalla hakkeen laatua, esimerkiksi tekemällä pidempiä ja parempia kuitulinjoja sekä parantamalla tai korjaamalla hakkuu. Kuitulinjalle tulisi hankkia magneetti, joka ilmoittaa haitallisista metalleista sisältävistä puista. Nämä tulee poistaa ennen puun haketusta hakun kunnon ylläpitämiseksi. Hakkuu on suurin laatutekijä hakkeen tuotannossa, joten sen on aina oltava kunnossa. Huonolla hakulla syntyy paksuusseulaakin kuluttavia epäpuhtauksia sekä keitossa haitallisia partikkeleita.

### 6.2 Kulumisen vaikutukset

Kiekkojen geometrian kulumisen seurauksena kiekot eivät enää kuljeta haketta sujuvasti seulassa eteenpäin. Tämä johtaa siihen, että hake jää patjaksi seulan päälle ja kasautuu seulan alkupäähän. Tämä vähentää seulan kapasiteettia, kun hakevirtaa tulee pienentää. Myös seulotun hakkeen laatu kärsii hakkeen kasautuessa patjaksi seulan päälle. Patjan ollessa liian suuri kulkee akseptia haketta seulan ylitse jatkokäsittelyyn ja akseptihakkeesta tulee liian pientä ollakseen enää hyvää keittoainesta.

### 6.3 Kiekon geometrinen kuluminen

Kiekot kuluvat merkittävästi vain yhdestä kohdasta. Jokaisessa kiekoissa on pykälä, joka näyttää ”hainevältä” sivusta päin katsottuna. Näistä kohdista kiekko kuluu. Pykälät on tehty kiekkoihin kuljettamaan seulalle tulevaa hakevirtaa. Näitä pykälä on kiekkoissa kymmenen, ja ne näkyvät kuvassa 6.



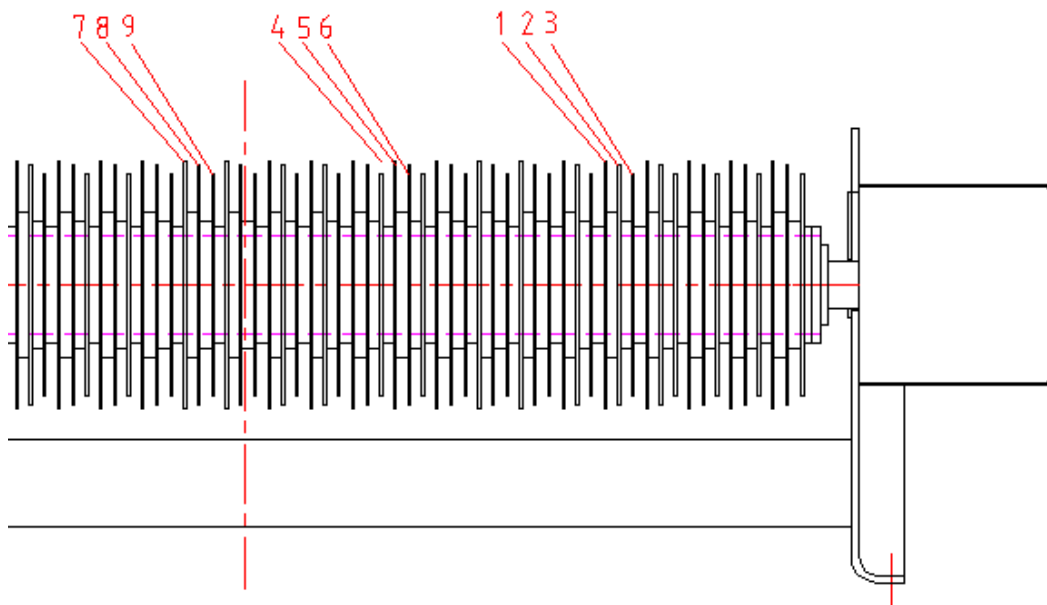
Kuva 6. Kiekon geometria

## 7 MITTAUKSET

Mittaukset suoritettiin kolmessa kohteessa, Kaskisissa, Raumalla ja Äänekoskella. Näissä kohteissa ovat samanlaiset paksuusseulat. Ne ovat eri-ikäisiä mikä olikin työn tekemisen kannalta tärkeää. Mittaukset tuli suorittaa tehtaan seisokin aikaan. Kuluvia mitattavia osia löytyy laitteesta moniakin, mutta tässä työssä otettiin huomioon vain kiekkojen kuluminen. Kiekkojen kuluminen vaikuttaa paljon seulan kapasiteettiin.

### 7.1 Mittauksen suorittaminen

Itse mittauksen suorittaminen paikan päällä ei ollut monimutkaista. Ennalta määritelly pöytäkirja, jossa olivat valmiina mittauskohdat ja mittausmäärät, helpotti työn aloittamista. Mittauskohtia oli kolme jokaisella mitattavalla akselilla. Kuvassa 7 on esitetty akseleiden mittauskohdat. Oletettiin kiekkojen kuluvan tasaisesti kummaltakin puolelta akselia. Mittausmäärä tarkoittaa mittauskohdasta mitattavia kolmea erikokoista kiekkoa eli yhdeksän kappaletta akselia kohden.



Kuva 7. Akselien mittauskohdat.

Mittauksissa tarvittiin rulla- ja työntömitta. Muita käytettäviä mittalaitteita olisivat voineet olla mikrometri tai jonkinlainen kiekkotulkki. Nämä kuitenkin hylättiin jo ennen työn aloittamista käyttövaikeuksien vuoksi ja koska aikaisemmissa mittauksissakin on käytetty työntömittaa. Rullamitalla etsittiin mittauskohta, josta kolme kiekkoa mitattiin. Työntömitalla mitattiin kiekkojen geometriaa.

Mittaukset keskittyivät ainoastaan paksuusseulan kiekkoihin ja niiden geometriapoikkeamiin. Geometrisilla poikkeamilla tarkoitetaan kohtia, jossa kiekon pyöreään muotoon tulee ”hainevän” tyyppinen pykälä. Sen kohdalta mitattiin kiekon paksuutta sekä pykälän korkeutta. Kummastakin mittauskohdasta otettiin kolme mittaustulosta. Pyöräyttämällä akselia saatiin kolme eri kohtaa kiekosta mitattua. Näistä kolmesta muodostettiin keskiarvo, jotta mittaustulokset olisivat tarkempia.

## 7.2 SCAN-CM- standardi

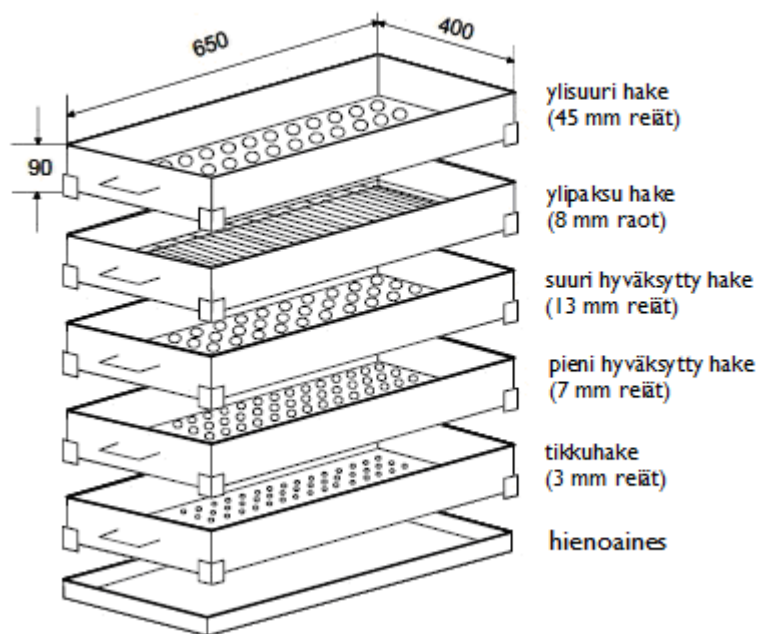
Standardi SCAN-CM 40:01 on Scandinavian Pulp, Paper and Board testing Committeeen julkaisema menetelmä massanvalmistukseen käytettävän puuhakkeen kokoja-kauman määrittämiseen. Se on kehitetty sekä kemialliseen että mekaniseen massanvalmistukseen. Menetelmä sopii hakkeen laadun määrittämiseen, hakekoon ja hieno-

aineen perusteella. Menetelmä luokittelee hakkeen kuuteen eri luokkaan: ylisuuri hake, ylipaksu hake, suuri hyväksytty hake, pieni hyväksytty hake, tikkuhake ja hienoaines.

Hakeluokittelija koostuu viidestä seulatasosta ja umpinaisesta hienoainetasosta. Standardissa on tarkkaan määrätty, millaisia jokaisen tason tulee olla.

Menetelmässä seulalevyt järjestetään pinoksi ja pino kiinnitetään täristyskehykseen. Noin 10 litran hakenäyte asetetaan ylimmälle seulalle. Seulalevyjä sisältävä pino pidetään edestakaisin liikkeessä tietyllä taajuudella ja iskunpituudella. Tietyn ajan eli noin 10 minuutin kuluttua seulonta pysäytetään. Jokaiselle seulontatasolle jäänyt aines punnitaan erikseen. Jokaisen luokan koko on sen massa ilmaistuna prosentteina kaikkien kuuden luokan kokonaismassasta.

Ylisuuri hake jää ylimmälle tasolle, joka on 45 reikiä sisältävä seulalevy. Ylipaksu hake läpäisee ensimmäisen seulalevyn, mutta jää 8 mm:n rakoja sisältävälle rakoseulalle. Suurin hyväksytty hake läpäisee nämä kaksi seulalevyä, mutta jää kolmannelle hakeseulalle, joka sisältää 13 mm:n reikiä. Pienin hyväksytty hake läpäisee aikaisemmat seulalevyt jääden neljännelle 7 mm:n reikälevyseulalle. Tikkuhake pääsee viidennelle 3 mm:n reikiä sisältävälle seulalevyille. Hienoaines päätyy alimpana olevaan umpinaiseen tasoon. (SCAN-CM 40:01 2001, 1-3.)



Kuva 8. (SCAN-CM 40:01, 2.) Hakeluokittelija.

Standardia käytettiin tässä työssä, sillä sen mittaustuloksista selviää tarkemmin seulan läpi tulevan hakkeen laatu. Tällä tiedolla on suurin merkitys paksuusseulan kulumisen seurannan kannalta. Standardin mukainen näytteenotto suoritetaan keittoon menevää haketta vievältä hinnakuljettimelta. Se voidaan myös suorittaa hinnakuljettimelle tavaraa pudottavasta suppilosta. Näin hakepalakokojakaumassa näkyvät kaikki keittoon menevät hakekoot. Liitteessä 1 on kuvattu standardin antama tulos taulukon muodossa.

Standardi ei anna yksiselitteistä tulosta paksuusseulan kulumisesta, koska näytteessä on jälkikäsiteltyä haketta.

Standardin näyte otetaan juuri ennen keittoa hakkeesta, joka on käynyt kaikki seulonnan ja jälkikäsitteletyt läpi.

### 7.3 Aikaisemmat mittaukset

Raumaster Oy:ssä on jo aikaisemminkin seurattu paksuusseulan kulumista mittaamalla kiekkoja. Tämä oli tapahtunut aivan laitteen alkutaipaleella, joten mittaustu-

lokset ovat jääneet vajaiksi kulumiseen vertaamisessa. Tässä työssä on hyödynnetty vertailukohtana näitä mittaustuloksia.

Aikaisempia mittauksia varten on tehty mittauspöytäkirja, jossa on jo valmiiksi määriteltä mittauskohdat ja mittausmäärät. Tätä muokattiin heti työn alussa vastaamaan tämän työn tarpeita. Mittauksia tehtiin enemmän kuin aikaisemmin ja pöytäkirjaa muutettiin tämä huomioiden. Aikaisemmassa pöytäkirjassa jokaisesta kiekosta mitattiin vain yksi pykälä. Uudessa pöytäkirjassa mittauksia lisättiin niin, että niitä oli kolme kappaletta kiekkoa kohden. Näin mittauksista saatiin keskiarvo tarkempia tuloksia varten.

Mittausmäärän muutos oli pieni. Mitattavia akseleita oli nyt toteutetussa mittauksessa yksi enemmän kuin aikaisemmin suoritetuissa mittauksissa.

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä työssä on tutkittu paksuusseulan toimintaa sekä sen kulumista. Paperin valmistuksen kannalta on tärkeää, että seula on kunnossa. Seulan kulumisen vaikutukset ovat suuria paperin valmistuksen kannalta. Siksi on hyvä saada tietoa paksuusseulojen kulumisesta, jotta voidaan ennakoida ja ajoittaa korjaukset tuotannon vuosihuoltojen aikoihin. Tämä on tehtaille rahan säästämistä. Koneita ei siis enää tarvitse pysäyttää kesken tuotannon seulan vuotaessa liikaa.

Tämän takia tätä työtä lähdettiin tekemään. Tulevaisuudessa näistä mittaustuloksista muodostuu yhtenäinen seulan käyttökustannusten ja ennakoivaa huoltoa sisältävä paketti.

Työn tavoitteeksi oli määritetty ongelma, kuinka paljon syntyy seulan käyttökustannuksia sen elinkaaren aikana. Siihen ei tässä vaiheessa työtä saada täydellistä vastausta yhden paikan mittauksien puuttuessa.

Kahden paikan mittausten jälkeen voi todeta, että paksuusseulan kiekkoja ei tarvitse huoltaa ainakaan ensimmäisten 60 miljoonan haketonnin aikana. Ensimmäinen huolto tulee tehdä heti seuraavassa vuosihuollossa, kun lukemat ovat täyttäneet tai sopivan seisokin yhteydessä.

## LÄHTEET

Gullichsen, J. & Fagerholm, C.J. 2000. Paper making Science and Technology book 6A. Helsinki: Fapet Oy.

Hägglom, I. & Ranta, V. 1966. Sellun valmistus. Porvoo: WSOY.

Isokangas, A., Juuso, E. & Leiviskä, K. 2003, Kuorintaprosessin analyysi ja mallintaminen. Oulu: Oulun Yliopisto.

Knowpulpin www-sivut 2011. Sellutekniikan ja automation oppimisympäristö. Viitattu 10.4.2011. <http://www.knowpulp.com/suomi/>

Scandinavian Pulp, Paper and Board Testing Committee: SCAN-CM 40:01.

Vantaa, M. 2006. Paksuusseulan toiminnan optimointi. Kaskinen: Tampereen Ammattikorkeakoulu.

Vähäkangas, H., 2010. Kuva-analyysiin perustuva hakkeen dimensioiden ja värin arviointi. Oulu: Oulun Yliopisto

Wikipedia 2011, Kuluminen, Viitattu 10.04.2011.  
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Kuluminen>



Esimerkki SCAN-CM-standardin antamasta tuloksesta.

## HAKKEEN KOESEULONTA-ANALYYSI

Asiakas:	<u>Paksusseula</u>
Näytteiden kuvaus:	<u>Näyte otettu hihnakuljettimen syöttösuppilolta</u>
Näytteenottopäivä:	<u>7.4.2011</u>
Näytteen ottaja:	<u>Tommi Mäenpää</u>
Koeseulontapäivä:	<u>21.4.2011</u>
Koeseuloja:	<u>Tommi Mäenpää</u>
Seulontastandardi:	<u>SCAN-CM 40:01</u>

Näyte		Jakeen osuus [paino-%]					
Nro	Kuvaus	>Ø45	>Ø8	>Ø13	>Ø7	>Ø3	<Ø3
1		0.0 %	4.1 %	58.4 %	25.6 %	9.5 %	2.3 %
2		0.2 %	4.9 %	56.5 %	24.2 %	11.7 %	2.5 %
3		0.0 %	11.9 %	49.9 %	28.8 %	8.5 %	0.8 %
4		0.0 %	2.6 %	65.9 %	23.1 %	7.0 %	1.4 %