



HIONTAPUUN PITUUDEN JA HAKEMÄÄRÄN HALLINTA

Kaarlo Vuorinen

Opinnäytetyö
Maaliskuu 2014
Paperitekniiikan
Koulutusohjelma
Paperitekniiikan suuntautu-
misvaihtoehto

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Paperitekniikan koulutusohjelma
Paperitekniikan suuntautumisvaihtoehto

VUORINEN KAARLO:

Hiontapuun pituuden ja hakemäärän hallinta

Opinnäytetyö 45 sivua, joista liitteitä 0 sivua
Maaliskuu 2014

Työn tavoitteena oli selvittää tehtaalle tulevien uusien kuitupuun mittojen vaikutuksia prosessiin. Teoriaosuudessa kerrotaan mekaanisen massan valmistusmenetelmistä, kuitupuun käsittelystä, hiokkeesta ja hierteestä. Työ tehtiin Sappi Kirkniemen tehtaan masaosastolla.

Työtä varten suoritettiin yksi koeajo, jolloin tehtaalle tilattiin noin 6000 m³ kuitupuuta uusilla mitoilla. Uudet mitat olivat 3100, 4150 ja 5200 mm. Koeajon tavoitteena oli vähentää hiomon jakokuljettimelle päätyviä noin 70 cm mittaisia pätkiä, jotka aiheuttavat ylimääräistä fyysistä rasitusta, sillä hiomon kenttämiehet joutuvat poistamaan vajaamittaiset kuljettimelta käsin ja siirtämään ne pätkälavalle. Lisäksi tavoiteltiin hiontapuun keskipituuden nousua, jolloin hiomakoneiden täyttöasteet kasvaisivat. Toisena tavoitteena pyrittiin parantamaan hakemäärän hallintaa. Nykyisillä mitoilla hakemäärä ei riitä hiertämön jatkuvaan käyntiin, joten hakkeen tuotantoon tavoiteltiin kasvua. Tämän ohella uusilla kuitupuun mitoilla hakkeen määrää voitaisiin paremmin säädellä optisten lajittelijoiden avulla. Kolmanneksi tavoitteeksi asetettiin kuitupuun yhteinen päätevarasto. Nykyisillä mitoilla GW- ja PGW -linjoille on syötetty erimittaista puuta, jolloin myös molemmille linjoille on ollut oma päätevarastonsa. Yhteisellä päätevarastolla pyrittiin parantamaan varaston kiertoa ja hallintaa. Koeajossa pidettiin yhden vuoron ajan manuaalista kirjanpitoa, jossa laskettiin syntyvien vajaamittaisten määrää kolmessa positiossa; katkaisulaitoksella, kuorimon pätkäloukulla ja hiomon jakokuljettimella. Lisäksi materiaalina käytettiin optisten lajittelijoiden keräämää dataa.

Koeajossa hiomon kuljettimelta 70 cm pätkät vähenivät voimakkaasti, jolloin puun kulku jakokuljettimella oli selvästi tasaisempaa ja rauhallisempaa. Puunoton fyysinen kuormitus helpottuu, joka parantaa työturvallisuutta ja työergonomiaa. Lisäksi pätkälavojen tyhjennys tarve vähenee. GW- ja PGW -linjojen hiontapuiden keskipituus nousi, joten myös hiomakoneiden täyttöasteet nousivat. GW -linjalla haketukseen menevien pätkien määrä väheni, jolloin linjalta saatiin vähemmän haketta, mutta myös ruuhkien määrä putosi. PGW -linjan pätkäloukuista poistui erittäin paljon aiempaa pidempiä pätkiä, jotka aiheuttivat lisää ruuhkia hakkuhihnalle. Tämän vuoksi fyysinen kuormitus kuorimolla kasvaa, joka vaikuttaa negatiivisesti työturvallisuuteen ja työergonomiaan. PGW -linjan hakkeen määrä puolestaan kasvoi voimakkaasti. Kokonaisuudessaan hakemäärälle asetettua 11 m³/h tavoitetta ei saavutettu, vaan hakemäärän arvioitiin olleen koeajossa 10,7 m³/h. Koeajossa kuitupuut olivat yhteisessä päätevarastossa, jolloin varaston kierto ja hallinta helpottuu. Lisäksi kuitupuun varastointiin käytettävän kurrottajan ajomäärien katsottiin vähentyneen.

Asiasanat: mekaaninen massa, kuitupuun käsittely

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree programme in Paper Technology
Option of Paper Technology

KAARLO VUORINEN:

Controlling grinding wood measure of length and amount of woodchips

Bachelor's thesis 45 pages, appendices 0 pages
March 2014

The target of this thesis was to find out what effects the fibre wood measures of length have on process. The theory part involves manufacturing methods of mechanical pulp; fibre wood handling, grinding and refining. The work was commissioned by Sappi Kirkniemi.

This thesis was performed with one trial run, when factory ordered fibre wood with new measures of length. New lengths were 3100, 4150 and 5200 mm. The target of trial run was to cut down the amount of 70 cm long undersized grinding wood in the grindery as they cause extra physical strain for the workers who need to remove them by hand. Another goal was to increase the average length of grinding wood so that the filling rates for the grinding machines increased. The second target was to make better controlling amount of woodchips. The amount of woodchips is not enough at the current measures, increasing the production of woodchips was attempted. Besides new measures of fibre wood were better to control with sorter. The third target was to get shared stock to fibre wood. Current measures there were different stock to both lines, GW and PGW. Shared stock would make it easier to handle the stock and speed the stock rotation. During the trial run undersized grinding woods were counted manually in three position; cutting, debarking and grinding. Also were used material from optical sorter.

In the trial run the 70 cm undersized decreased a lot, so the grinding wood goes to grindery more steady and easy. Taking grinding wood to grindery was physically easier which improved work safety and ergonomics. Also undersized container needs to be emptied less often. GW and PGW grinding wood average length grew so the filling degree of the machines increased. GW –line amounts of chips dropped but at the same time there were fewer malfunctions. The amount of chips in PGW –line increased but same happened to malfunctions. Malfunctions causes extra physical strain in debarking which affects work safety and ergonomics negatively. The overall target to amount of chips were 11 m³/h but in trial run the number was 10,7 m³/h so this target were not achieved. In trial run fibre wood were in one shared stock so the stock handling and rotation were easier.

Key words: mechanical pulp, fibre wood handling

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	MEKAANISEN MASSAN VALMISTUS	7
2.1	Mekaaninen massa	7
2.2	Kuitupuun käsittely	7
2.2.1	Kuitupuun vastaanotto	7
2.2.2	Kuitupuun varastointi.....	8
2.2.3	Kuitupuun katkaisu	8
2.2.4	Kuitupuun kuorinta	9
2.2.5	Kuitupuun haketus	9
2.3	Hiokkeen valmistus.....	10
2.3.1	Hiontaprosessit.....	11
2.3.2	Hiomakivet.....	13
2.3.3	Hiokkeen lajittelu	15
2.3.4	Mekaanisen massan valkaisu	18
2.4	Hierteen valmistuksen periaatteet	20
2.4.1	Yleisimmät hiertomenetelmät	20
2.4.2	Hierteen valmistuksen osaprosessit.....	21
3	KUITUPUUN KÄSITTELY KIRKNIEMESSÄ.....	27
3.1	Puun vastaanotto	27
3.2	Kuitupuun varastointi	27
3.3	Kuitupuun katkaisu	28
3.4	Kuitupuun kuorinta	29
4	TULOSTEN KÄSITTELY	30
4.1	Lähtökohdat	30
4.1.1	GW -linjan nykyinen tulevan puun mitta.....	30
4.1.2	PGW – linjan nykyinen tulevan puun mitta.....	31
4.1.3	Hakemäärä.....	32
4.1.4	Kuitupuun varastointi.....	32
5	TULOSTEN KÄSITTELY	33
5.1	Koeajo	33
5.1.1	Koeajon tulokset GW-linja	33
5.1.2	Koeajon tulokset PGW-linja	38
5.1.3	Koeajon tulokset hakemäärän hallinta	40
6	POHDINTA.....	43
	LÄHTEET.....	45

LYHENTEET JA TERMIT

GW	Hioke, mekaanista massaa, jota valmistetaan hiomalla hiontapuuta hiomakiveä vasten. (1 –linja, hiomo)
PGW	Painehioke, mekaanista massaa, jota valmistetaan hiomalla paineen alaisuudessa. (3 –linja, EMT eli erikoismassatehdas)
Hierre	Mekaanista massaa, jota valmistetaan hieromalla haketta teräkiekkojen välissä.
Pätkälava	Hiomon jakokuljettimelta poistetut vajaamittaiset hiontapuut poistetaan pätkälavalle, joka tyhjennetään sen täytyessä.
Pätkäloukku	Kuljettimella oleva mekanismi, jolla erotetaan liian lyhyet puut puuvirrasta.
Puulajittelija	Kuorimolla sijaitsevat optiset puulajittelijat lukevat puuvirtaa, jonka avulla voidaan puita ohjata eri kriteerien perusteella hiomoon tai haketukseen.

1 JOHDANTO

Paperitehtaalla hiontapuuta ja haketta käytetään mekaanisen massan raaka-aineena paperin valmistukseen. Mekaanisen massan valmistuksessa puun kuidut irrotetaan toisistaan käyttämällä mekaanista räsitusta hiomalla tai hiertämällä. Painopapereiden valmistuksessa mekaanista massaa käytetään sen hyvien paino-ominaisuuksien vuoksi.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia tehtaalle tulevan kuitupuun pituusmitan vaikutuksia prosessin eri vaiheissa. Työtä varten tehtiin koeajo, jossa tehtaalle tulevien puiden pituusmittoja muutettiin.

Työn tavoitteena oli vähentää vajaamittaisten puiden määrää hiomon jakokuljettimella, jotka aiheuttavat työntekijöille fyysistä räsitusta. Toiseksi tavoitteeksi asetettiin riittävä, hallittu ja tasainen hakkeen tuotanto hiertämön jatkuvan käynnin takaamiseksi. Lisäksi pyrittiin yhtenäistämään puun päätevarastot GW -linjan ja PGW -linjan osalta, jolla tavoiteltiin varaston nopeampaa kiertoa ja parempaa hallittavuutta.

Työ jakautuu teoriaosaan ja kokeelliseen osaan. Teoriaosassa perehdytään mekaanisen massan valmistusprosesseihin puunkäsittelystä hiomakoneeseen ja hiertämöön. Kokeellisessa osassa suoritettiin koeajo uusilla kuitupuun mitoilla. Aluksi kuvataan työn suoritusta, jonka jälkeen analysoidaan ja havainnollistetaan taulukoiden ja kuvien avulla.

2 MEKAANISEN MASSAN VALMISTUS

2.1 Mekaaninen massa

Mekaanista massaa käytetään paperin valmistuksen raaka-aineena painopapereissa ja kartongin valmistuksessa. Mekaanisen massan valmistuksessa kuituja sitova ligniini pehmennetään mekaanisen rasituksen aikaansaaman lämmön seurauksena, ja kuidut irrotetaan toisistaan kitka- ja leikkausvoimien avulla. Painopapereissa mekaanista massaa käytetään erityisesti sen hyvien paino-ominaisuuksien vuoksi. Suuri hienoainepitoisuus, hyvä sileys, bulkki ja jäykkyys ovat tehneet mekaanisesta massasta painopapereiden valmistuksessa eniten käytetyn raaka-aineen. Lisäksi etuina voidaan pitää korkeaa saantoa (92-98%), jolloin puiden kulutus suhteessa massan määrään on vähäisempää muihin massan valmistus prosesseihin nähden. Mekaanisen massan heikkouksina voidaan pitää suurta energian kulutusta ja alhaisia lujuuksia, jonka vuoksi massa joudutaan sekoittamaan sellua paperikoneen ajettavuuden vuoksi. Käytetyin kuitupuuna on kuusi, mutta jonkin verran käytetään myös mäntyä ja haapaa. Mekaanisen massan valmistuksen osaprosesseja ovat kuitupuun käsittely, hionta ja hierto. (Puusta paperiin M-301, 17)

2.2 Kuitupuun käsittely

Kuitupuun käsittelyllä tarkoitetaan puun valmistamista hiomon tai hiertämön käyttöön. Kuitupuun käsittelyn prosesseja ovat vastaanotto, varastointi, katkaisu, kuorinta ja hakeutus. (Knowpap 15.0 2013, puunkäsittely)

2.2.1 Kuitupuun vastaanotto

Kuitupuun vastaanotto tapahtuu tehtaan vastaanottokeskuksessa. Vastaanottokeskuksen tehtävänä on mitata tehtaalle tulevien puuerien puumäärät ja määrittää niiden laatuluokitus. Laatuluokitukseen kuuluu myös satunnaiset otantamittaukset, joilla tarkastetaan laatumittausten luotettavuus. Mekaanisen massanvalmistuksen kuitupuun laatuvaatimuksina ovat tuoreus, oikeat mitat, suoruuus ja puhtaus. Kuitupuun tuoreus on tärkeää, jotta puut hiertyvät ja hioutuvat hyvin ja saavutetaan riittävät laatutavoitteet. Kuitupuun tulee olla mitoiltaan halutun mittaista soveltuakseen prosessin erivaiheisiin. Yleisesti kuitupuun mitat ovat paksuudeltaan 70-500 mm ja pituudeltaan 2700-5000 mm. Pak-

suudeltaan isommat puut laskevat työturvallisuutta, koska häiriötilanteissa niitä joudutaan poistamaan mekaanisesti käsin. Lyhyet tai pitkät puut puolestaan aiheuttavat materiaalihävikkiä, jos niitä ei voida prosessin eri vaiheissa hyödyntää. Kuitupuiden tulee olla suorina ja oksattomina, jotta ne kuoriutuvat kokonaan eivätkä aiheuta ongelmia prosessin eri vaiheissa esimerkiksi katkaisulaitoksen tasauksessa. Tehtaalle tulevassa kuitupuussa ei myöskään saa olla lahoa, värivikaa, metallia, muovia, kemikaaleja tai muita epäpuhtauksia, jotka prosessiin joutuessaan aiheuttaisivat laitteiden rikkoutumista tai laatupoikkeamia. Lisäksi vastaanottokeskus huolehtii puun riittävydestä tuotannon prosessien tarpeisiin. Puumäärän ja laatuluokituksen jälkeen puut ohjataan varastoon tai suoraan käyttöön. Vastaanottokeskuksen kautta kulkevat usein myös muita tehtaalla tarvittavia kuljetuksia kuten esimerkiksi hakekuormat tai kemikaalit. (Knowpap 15.0 2013, puunkäsittely)

2.2.2 Kuitupuun varastointi

Kuitupuuta varastoidaan tehtaalla puukasoihin, joista se syötetään tuotantoon puunsiirtokoneella eli kurottajalla. Varaston oikea kierto on tärkeää, jotta prosessiin saadaan mahdollisimman tuoretta puuta. Kauan varastossa ollut puu saattaa tummua ja kuivua, joka aiheuttaa vaaleuden laskua ja vaikeuttaa kuoren irtoamista. Kesäisin kuitupuuvarastoa on kasteltava, jotta puun tuoreus säilyy mahdollisimman hyvänä. Tätä varten tehtailla on omat kastelujärjestelmät. Puun varastoinnissa on huomioitava puukasojen huolellinen ja järjestelmällinen pinoaminen, sillä puukasojen kaatuminen tai hajoaminen aiheuttaa huomattavan turvallisuusriskin. (Knowpap 15.0 2013, puunkäsittely)

2.2.3 Kuitupuun katkaisu

Hiontaan menevä kuitupuuta on katkaistava hiomakoneelle sopivaan mittaan. Katkaisu tapahtuu katkaisulaitoksella. Yleisesti hiontapuun pituus on 1,0 tai 1,5 m. Hiontapuuta syötetään vastaanottopöydille, josta se siirretään välikiramoiden avulla sahauskuljettimelle. Välikiramoiden tarkoituksena on hajottaa vastaanottopöydille syötetyt puuniput yksittäisiksi kuitupuiksi, jotta sahauskuljettimella tapahtuva tasaus onnistuisi mahdollisimman hyvin eikä katkaisuterät kuormittuisi liikaa. Katkaisulaitoksen kuljettimien alla kulkee roskakuljetin, jossa poistetaan puunippujen hajotessa esiin tulleet epäpuhtaudet. Katkaisulaitokselta hionta pituuteen katkaistut kuitupuut siirretään sulatuskuljettimella kuorimarumpuun tasaisena jatkuvana puuvirtana. Hierrekuitupuut syötetään kuorima-

rumpuun pitkinä eli niitä ei katkaista. Sulatuskuljettimen tarkoituksena on puhdistaa ja sulattaa kuorintaan menevät puut, joka helpottaa kuoren irtoamista. Tämä on tärkeää etenkin talviaikaan, jolloin puut ovat usein jäätyneet varastoinnissa. (Seppälä, Klemetti, Kortelainen, Lyytikäinen, Siitonen & Sironen, 1999, 23)

2.2.4 Kuitupuun kuorinta

Kuorimarummun tarkoituksena on kuoria puut puhtaiksi ja erottaa poistettu kuori puuvirrasta. Lisäksi kuorinnassa poistetaan vielä prosessissa olevia epäpuhtauksia, kuten hiekkaa tai kiviä. Suurin osa kuoresta poistuu rummussa olevista raoista rummun alla olevalle kuljettimelle, jolla se siirretään kuoren käsittelyyn. Kuoren käsittelyssä kuori revitään kuorenrepijällä kappaleiksi, puristetaan kuoripuristimella kuivaksi ja lopulta siirretään polttoprosessiin. Kuorimarummun toimintaperiaatteena on kohdistaa puihin mekaanista rasitusta puiden hankautuessa rummun seinää ja toisiaan vasten kuoren irtoamiseksi. Kuorinnan onnistumiseen vaikuttavat puun tuoreus, puun lämpötila, puulaji, rummun täyttöaste ja kuorinta-aika. Tavoitteena on saada puista täysin kuorettomia, mutta pyrkiä minimoimaan tuotantoon menevän kuitupuun puuhävikki. Tähän tavoitteeseen pyrkiessä voidaan säädellä sulatuskuljettimen syöttönopeutta, rummun pyörimisnopeutta ja ulostuloportin asentoa. Kuorimarummun jälkeen puut siirtyvät pesu- ja esilajittelurullastolle. Näillä rullastoilla kuorimarummussa irronnut kuori ja muut epäpuhtaudet poistuvat lopullisesti puun pinnalta ja kivet poistuvat kiviloukkuun. Rullastoilla voi olla myös metallin ilmaisimet. Esilajittelurullastolla puu pätvät erotellaan pätväloukuilla haketukseseen tai hiomoon menevästä kuitupuusta. Pätvien haketukseseen käytetään omaa hakkuu. Hiomalinjalla pätvien erotuksen lisäksi voidaan käyttää myös optista lajittelijaa, joka tunnistaa linjalla kulkevat puut ja ohjaa ne mekaanisen läpän avulla hakkuun tai hiontaan. (Seppälä ym. 1999, 23-30; Knowpap 15.0, 2013, puun käsittely)

2.2.5 Kuitupuun haketus

Kuitupuun haketuksessa tarkoituksena on tuottaa laadukasta ja oikean kokoista haketta hiertämön käyttöön. Kuitupuun haketuksessa prosessivaiheina on puun syöttö hakkuuriin, haketus hakkurilla, hakkeen seulonta, ylisuuren hakkeen murskaus ja varastointi. Hakelastujen kokoon vaikuttaa massasta halutut ominaisuudet ja valmistusprosessi. Yleisesti hakelastujen pituus on 4-7 cm ja paksuus 4-6 mm. Eniten käytössä oleva hakkuri on kiekkohakkuri. Kiekkohakkurissa on kaksi osaa, pyörivä teräkietto, jossa ovat

leikkaavat terät ja vastaterä, jota vasten puu leikkautuu. Hakkurin toimintaan voidaan vaikuttaa säätämällä teräkiekon ja leikkausterän etäisyyttä, leikkausterän kulmaa ja kierrosnopeutta. Hakkurin jälkeen hake seulotaan. Hakkeen seulonnassa pyritään erottelemaan hakelastut pituuden ja paksuuden perusteella ja rejektoida ylisuuri hakejake sekä puru- ja tikkujake. Ylisuuri hakejake murskataan ja ohjataan uudelleen seulontaan. Hakkeen seulontamenetelminä käytetään paksuus- eli kiekoseulontaa, taso- eli täryseulontaa ja puruseulontaa. Yleisin seulonta tyyppi on täryttäminen tasoseulalla, josta voidaan erottaa kolme seulontatasoa: seula liian suurelle hakkeelle, rakoseula ja reikäseula liian pienen hakkeen eli purun ja tikkujen seulontaan. Hakkeen laatua tarkkaillaan kosteuden, kuoripitoisuuden ja palakokojakauman perusteella. (Knowpap 15.0, 2013, puunkäsittely)

2.3 Hiokkeen valmistus

Hiokkeen valmistuksessa kuoritut hiontapuut asetetaan hiomakiven akselin suuntaisesti hiomakoneen uuniin, jonka jälkeen hiomakoneen antura painaa puita pyörivää kiveä vasten. Kivi pyörii kohtisuorassa hiontapuun ja kuidun pituussuuntaan nähden. Hiomakiven pinnalla on hiomarakkeita, jotka kiven pyöriessä kohdistavat hiontapuuhun suuren määrän iskuja (puristus, laajentuminen ja vapautuminen) eli energiaa. Näitä iskuja puun yksittäisessä pisteessä on yli 50 000 sekunnissa. Puun pinnalle kohdistettu energia muuttuu lämmöksi ja puun sisäinen lämpötila nousee. Tämän lämpötilan nousun johdosta ligniini pehmenee, joka heikentää kuitujen välisiä sidoksia. Kuitupuun heikennyttä riittävästi puusta irtaantuu yksittäisiä kuituja ja kuitukimppuja. Lopullisesti irrottuun kuituun kulkeutuvat hiomakiven pintaraoissa eteenpäin. (Puusta paperiin M-301, 17)

Kuitujen irtaantumisen ja ligniinin pehmentymisen välinen tasapainotila määrää kuitujen laadun. Puun kosteudella on tässä suuri merkitys, sillä puun kuiva-ainepitoisuuden noustessa ligniinin pehmenemislämpötila kasvaa. Mikäli kuitut irrotetaan ennen riittävästi pehmentymistä, ne vahingoittuvat helposti. Tällöin saadaan lyhytkuituista massaa, jonka hienoainepitoisuus on korkea ja lujuusominaisuudet heikot. Puun kosteuden ollessa liian alhainen saattaa puu ”palaa” eli sen väri muuttuu. Kuitujen laatuun vaikuttaa myös hiomakiven pinta ja hiontapaine. Kuidutustapahtumaa voidaan muokata myös paineella tai kemikaaleilla. (Puusta paperiin M-301, 18)

Hiontaprosessissa tärkeänä tekijänä toimivat suihkuvedet, joilla saadaan voiteleva vaikutus hiomakiven pinnan ja puun kuitujen väliin. Vettä suihkutetaan suuttimilla ennen ja jälkeen hiontapintaa, jotta kiven pinta pysyisi avoimena. Veden tarkoitus on myös säädellä hiontalämpötilaa, jotta puu ei pala. Lisäksi vesi pienentää hiomakiven ja puun välistä kitkaa estämättä kuitenkaan hiontaperiaatteen mukaisia värähtelyjä ja iskuja välittymästä hiomakivestä puun pinnalle. Suihkuvesien oikean lämpötilan säätäminen on massan laadun kannalta tärkeää. Liian kuuma suihkuvesi saattaa aiheuttaa massan tummenemista ja liian kylmä puolestaan heikentää kuitujen pehmenemistä hiontatapahtumassa ja aiheuttaa kuitujen katkeilua. (Puusta paperiin M-301, 18)

2.3.1 Hiontaprosessit

Hiontaprosessit voidaan jaotella hiontatilan ylipaineen, suihkuvesien lämpötilan tai hiomakonetyypin mukaan kivihiontaan (GW), painehiontaan (PGW), kuumahiontaan (TGW) ja superpainehiontaan (PGW-S) (taulukko 1). Kemiallista käsittelyä on mahdollista käyttää jokaisessa hiontatyyppissä. (Puusta paperiin M-301, 26)

TAULUKKO 1. Hiokkeiden päätyypit hiontatilan ylipaineen ja suihkuvesien lämpötilan mukaan jaoteltuna (Puusta paperiin M-301, 21)

Hioke	Ylipaine (bar)	Suihkuveden lämpötila (°C)	Hiomakonetyyppi	Nimityksiä
GW	0	65-75	uuni, ketju	kivihioke
PGW	2-3	70-97	uuni	painehioke
TGW	0,02-0,03	70-80	ketju	kuumahioke
PGW-S	4-4,5	95-125	uuni	superpainehioke

Kivihionta eli GW-hionta on vanhin hiontaprosesseista. GW-hionnassa hiomakoneeseen syötetään kuoritut kuitupuut, suihkuvesi ja käytetään energiaa. Suihkuvesien lämpötilat ovat 65-75 °C. Tällä lämpötilalla varmistetaan, että ligniini pehmenee riittävästi hyvän hiontatuloksen saavuttamiseksi. Massan lämpötilan on oltava 10-25 °C korkeampi kuin suihkuveden lämpötila, riippuen tavoitteena olevasta hiokkeen hienousasteesta ja hiomakiven terävyydestä. Valittaessa sopivaa suihkuveden lämpötilaa on otettava huomioon, että lämpötila on riittävän korkea kuituuntumisen kannalta, mutta riittävän alhainen kiven jäähtymiseen estämään puun palamista. (Puusta paperiin M-301, 26)

Painehionta eli PGW-hionta eroaa GW-hionnasta siten, että hionta tapahtuu enintään 3 baarin ylipaineessa. Painehionnassa puun syöttö hiomakoneeseen tapahtuu paineistetavan välikammion kautta. Ylipaine välikammioon ja hiontatilaan saadaan paineilman avulla. PGW-hionnassa suihkuvesien lämpötilat ovat 90-95 °C, jolloin myös poistuvan massan lämpötila nousee 10-20 °C. Korkeiden suihkuvesien lämpötilojen ylläpitämiseksi painehionta vaatii kuumakierron. Hiomakoneesta massa poistetaan ylipaineen avulla puskeamalla sykloonaan. Pusku tapahtuu automaattiventtiilin kautta, joka pitää massapinnan vakiona puskuputkessa, jolloin paineilma ei pääse purkautumaan hiomakoneesta. Poistoputkeen on ennen puskuventtiiliä sijoitettu paineenalainen sälemurskain, joka murskaa hiomakoneesta tulevat säleet ja tikut. Sykloonassa massa paisutetaan ilmanpaineeseen, jolloin vapautuu matalapainehöyryä. Sykloonasta johdetaan kuuma painehioke painesakeuttimeen, jossa noin 1,5 %:n massa saostetaan yli 10 %: kuivaainepitoisuuteen. Tästä erottuva kuuma suodos palautuu takaisin hiomakoneiden suihkuvesikiertoon. Sakea painehioke laimennetaan kiertovedellä 3-4 %:n sakeuteen painesaostajan poistoruuvilla, jolloin massa jäähtyy lajitteluun sopivaan lämpötilaan. (Puusta paperiin M-301, 34)

Kuumahionta eli TGW-hionta on korotetussa suihkuveden lämpötilassa tapahtuvaa kivihiontaa. Lämpötilan nostamiseksi on ylipaineen avulla estettävä veden haihtuminen ja puun kuivuminen. TGW-menetelmässä syntyy lievä ylipaine, kun hiontakammiossa hiomakiven päällä on 20-30 cm paksuinen vesipatsas, joka tiivistää hiontakammion. Lisäksi höyryä kondensoituu ja lämpöhäviöt pienenevät. TGW-hiontaa käytetään ketjuhiomakoneissa. (Puusta paperiin M-301, 27)

Superpainehionta eli PGW-S-hionta on painehionnan kaltainen hiontamenetelmä, jossa ylipaine on nostettu lähelle 5 baria ja suihkuvesien lämpötila on 95-125 °C. Käytettäessä yli 100 °C suihkuvesiä massa pusketaan kolmessa vaiheessa ennen saostusta tai saostetaan korkeapainesaostimella. Kolmivaiheiseen puskuun liittyy lämmönsiirtojärjestelmä, jonka avulla suihkuvesi lämmitetään massasta otetulla lämpöenergialla. Lämmönsiirtojärjestelmä mahdollistaa matalapainesaostimen ja atmosfäärisen suihkuvesisäiliön käytön. Lämmönsiirtojärjestelmässä lisävesi ja saostimen suodos lämmitetään 120 °C lämpötilaan, ja massa jäähtyy 100 °C:een. (Puusta paperiin M-301, 36)

2.3.2 Hiomakivet

Hiokkeen laatuun ja tuotantoon on hiomakivellä sekä sen pinnan käsittelyllä erittäin suuri vaikutus. Tuotannon aikana hiomakiviä on tarkkailtava, sillä hionnassa kiven pinnasta irtoilee hiomahiukkasia ja kivi tylsyy. Kiven tylsyminen aiheuttaa tuotantomääräen laskua ja muutoksia paperiteknisissä ominaisuuksissa. Tällöin kiven pinta on terättävä, jotta se saadaan tuottamaan halutun laatuista hioketta. (Seppälä ym. 1999, 47)

Hiomakivet valmistetaan keraamisista segmenteistä, jotka kiinnitetään teräsvahvisteiseen betoni- tai metalli runkoon kiinnitystangoilla tai rautapulteilla. Segmenttien välissä on elastista massaa, jonka segmenttien lämpölaajeneminen puristaa kokoon. Segmentit koostuvat kovista rakeista, jotka ovat kiinnitettynä pehmeämpään sidosaineeseen. Hiomarakeet valmistetaan yleisesti piikarbidista tai alumiinioksidista. Rakeiden sidosaine on lasimassaa, joka syntyy kuumennettaessa kaoliinin ja maasälvän seosta. Hiomakivien ominaisuudet määräytyvät hiovien hiukkasten raemateriaalin, raekoon, rakeiden kokojakauman, sideaineen kovuuden ja huokoisuuden ja rakeiden keskinäisen etäisyyden perusteella. (Puusta paperiin M-301, 60)

Hiomakivimateriaalien luokitus perustuu yleisiin keraamisiin luokitusääntöihin. Hiomakiven luokitusmerkinnät jaotellaan neljään osaan oheisen esimerkkitaulukon (taulukko 2) mukaisesti. Luokituksissa voi olla eroavaisuuksia valmistajasta riippuen. (Puusta paperiin M-301, 61)

TAULUKKO 2. Hiomakivimateriaalien luokitus merkinnät. (Puusta paperiin M-301, 61)

1.	2.	3.	4.
38A	601	N7	VG

1: Hiomarakeiden materiaalityyppi

2: Hiomarakeiden keskikoko (2 ensimmäistä numeroa) ja jakauma (3. numero)

3: Hiomakiven huokoisuus ja kovuus

4: Hiomarakeiden sideaineen tyyppi

Hiomarakeita on käytössä pääasiassa kolmea eri tyyppiä (taulukko 3), joista yleisin suomessa käytetty raetyyppi on A eli puhdas alumiinioksidi (harmaa). Puhdas alumiini-

oksidi 38A antaa paremman hiomarakeiden välisen sidoslujuuden juuri puhtautensa ansiosta, jolloin keramiikan makrolujuus paranee ja teroitussvälit pitenevät. Lujuutensa vuoksi 38A-kiviä suositellaan erityisesti painehiontaan. Piikarbidirakeet ovat terävä-
väsärmäisempiä ja kovempia, mutta hauraampia kuin alumiinioksidirakeet. Ne tuottavat pitempikuituista massaa, mutta kuluttavat 10-20% enemmän energiaa hionnassa. (Puusta paperiin M-301, 61)

TAULUKKO 3. Hiomaraemateriaalit (Puusta paperiin M-301, 61)

A	tavallinen alumiinioksidi (harmaa)
38A	puhdas alumiinioksidi (valkoinen)
37C	piikarbidi (kimaltava)

Keramiikassa raekoko ilmoitetaan mesheinä eli montako lankaa tuumalla on ollut ko. raekoon seulonnassa. Taulukossa 4 on esitetty yleisimpien raekokojen halkaisija millimetreinä. (Puusta paperiin M-301, 61)

TAULUKKO 4. Mesh-luvun ja hiomarakeen keskihalkaisijan vastaavuus (Puusta paperiin M-301, 61)

Mesh-luku	Halkaisija, mm
36	0,710
46	0,508
54	0,430
60	0,406
70	0,328
80	0,266

Raekoko ilmoitetaan kolmella numerolla, joista kaksi ensimmäistä numeroa ilmaisevat pääsääntöisesti keskimääräisen mesh-luvun ja kolmas numero ilmaisee käytettyä raekoot. Merkinnoissa on kuitenkin valmistajakohtaisia eroja. Esimerkiksi Nortonin merkintä 703 kertoo, että keramiikan keskiraekoko on 70 mesh ja se muodostuu raejakaumasta 60, 70 ja 80 Mesh, joita kutakin on noin 33 %. Kivivalinta tehdään yleensä paperilajin perusteella. Tavoiteltaessa hienoa massaa valintaan pienirakenteinen kivi ja valmistettaessa kartonkimassaa valitaan isorakeinen kivi. Eri mesh-lukujen yhdistelmil-

lä on kuitenkin vaikutusta hiokkeen laatuun ja tuotantoon. Tyypilliset mesh-luvut paperilajeittain on esitelty taulukossa 5. (Puusta paperiin M-301, 61)

TAULUKKO 5. Yleisimmät hiomakivien raekoot eri hiokelaaduilla (Puusta paperiin M-301, 62)

	Valmiin massan CSF, ml	Raekoko, mesh
Kartonkihioke	250-350	36-54
Sanomalehtihioke	80-120	53-80
SC- ja LWC-hioke	40-60	80-80

Keramiikan huokoisuus ja tiheys vaikuttavat hiomakiven kovuuteen. Keramiikan huokostilavuus ilmoitetaan kirjaimilla I...S 1,5 % välein ja hiomarakoiden osuus tilavuudesta numeroilla 0...12 2 % välein. Loput kiven tilavuudesta on sideainetta. Kiven kovuus kasvaa mitä enemmän sideainetta se sisältää. Mitä suurempi kovuus, sitä pienempi on kiven kuluminen ja terääminen vaikeampi. Kiven kovuuden valinnassa on huomioitava, että kovan kiven täräysväli on pitkä ja sen tylsyminen hidasta, jolloin on varottava kiven teräämistä liian teräväksi. Liian pehmeästä kivistä paljastuu jatkuvasti uusia kiteitä eikä freenes laske koskaan sille tasolle, että teroitusta tarvittaisiin. Pehmeällä kivellä freeneksien ohjaus on vaikeaa. Kiven huokostilavuus vaikuttaa kovuuteen, mutta myös veden kulkuun hiontavälikkeelle ja massan kulkuun sieltä pois. On kuitenkin huomioitava, että korkea huokoisenkin hiomakiven pinta tukkeutuu hiomakoneessa varsin nopeasti puusta irtoavan ligniinin ja uuteaineiden vaikutuksesta. (Puusta paperiin M-301, 62)

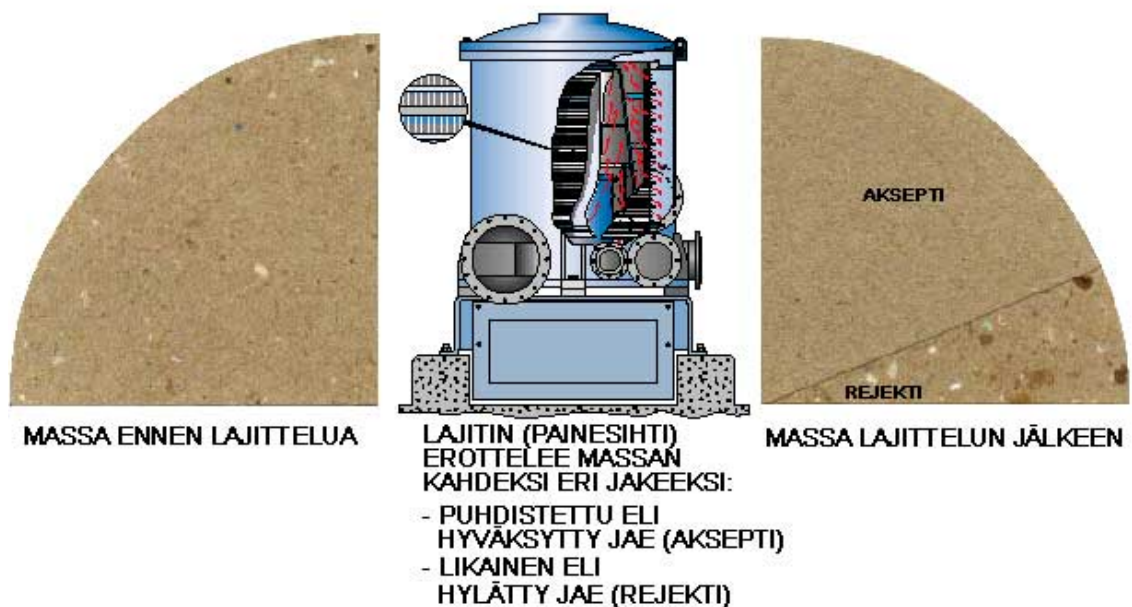
Tuottaakseen laadukasta massaa on hiomakiven pintaa käsiteltävä. Käsitelytapoja ovat sorvaus, teräys ja tylsytys. Keraamisen kiven teroitussväli on yhdestä neljään viikkoa ja sorvaus tehdään tarvittaessa (yleensä puolen vuoden välein). Kivikäsitelyt suoritetaan käyttämällä teräyskonetta. (Puusta paperiin M-301, 62)

2.3.3 Hiokkeen lajittelu

Lajittelun tärkein tehtävä on tikkumassan erottaminen, sen jauhatus tai murskaus sälemurskaimilla pienemmäksi sekä palautus lajitteluun. Lajittelussa massa erotellaan hy-

väksytyyn jakeeseen eli akseptiin ja hylättyyn jakeeseen eli rejektiin (kuvio 1). Tikkujen murskauksen jälkeen osa tikuista kulkeutuu uudelleenlajittelussa hyväksytyyn jakeen joukkoon. Hiomakoneesta tuleva hiokemassa sisältää epäpuhtauksia, jotka eivät sovellu lopullisen tuotteen, paperin tai kartongin valmistukseen heikentämättä laatua. Hiontaprosessin aikana hiomakivestä irtoaa sidosainetta ja hiomarakeita, joten massa vaatii jatkokäsittelyä. Lisäksi hiontapuun mukana prosessiin kulkeutuu kuorikappaleita, hiekkaa, kiviä ja muita vieraita aineita. Hiomon kiertovedet sisältävät myös pihka- ja limajakeita, jotka vaikuttavat paperikoneen ajettavuuteen. Lajittelun laitevalinnat vaihtelevat tehtaittain massan käyttötarkoituksen ja vaadittavan puhtausasteen mukaan. (Seppälä ym. 1999, 49)

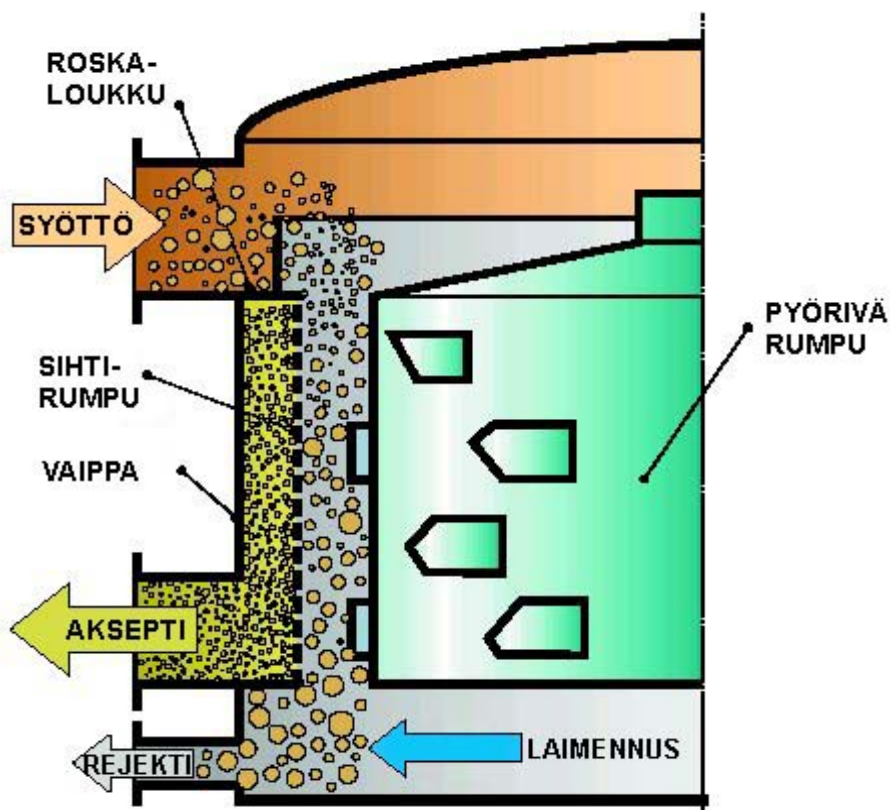
LAJITTELUN PERIAATE



KUVIO 1. Lajittelun periaate (Knowpap 15.0 2013, Hiokkeen lajittelu)

Massan karkea lajittelu tehdään tärylajittimella, jonka tarkoituksena on poistaa massasta suuret jakeet, kuten puiden ja kuorten jätteet, pitkät säleet ja suuret kuitukimput. Lajitinpintana on reikälevy, jonka reikien halkaisija on 4 – 6 mm, tai rakolevy, jolla reikien halkaisija on 1 - 2 mm. Karkeassa lajittelussa massa syötetään lajittelupinnalle, jota ravistetaan voimakkaasti, jolloin aksepti putoaa lajittelupinnan läpi ja rejekti putoaa sen reunoilta. Seulan jälkeen rejektiä pestään ja ohjataan hienonnuksen. (Seppälä ym. 1999, 49)

Hienolajittelussa massasta poistetaan eri tyyppisiä epäpuhtauksia, kuten kuitukimppuja, kuorenkappaleita, hiekkaa ja kiviä. Hienolajittelussa on oltava monta vaihetta ja lajitinta poistettavien kappaleiden monimuotoisuuden vuoksi. Hienolajittelun toimintaan vaikuttaa syötettävän massan sakeus, paine-ero syötön ja akseptin välillä ja rejektisuhde. Massaa laimennetaan ennen hienolajittelua kiertovedellä lajittimelle sopivaan syöttösakeuteen joka vaihtelee 0,5 – 2 %. Hienolajittelussa yleisimmät lajitintyytit ovat painelajitin (kuvio 2) ja pyörrepuhdistus. PAINELAJITTELUSSA massa syötetään paineistettuun sihtiin tangentiaalisesti. Lajittelupintana toimii yksi tai kaksi sihtirumpua. Sihtipinta pidetään puhtaana sykesiivillä tai kyhmypintaisilla rummuilla, jotka pyöriessään saavat aikaan voimakkaan imupainesykkeen. Aksepti läpäisee sihdin ja rejekti ohjataan painelajittelusta rejektinkäsittelyyn. Pyörrepuhdistuksessa tiheydeltään erilaiset jakeet erottuvat keskipakovoiman vaikutuksesta. (Seppälä ym. 1999, 49-50)



KUVIO 2. Painelajittimen toimintaperiaate (Knowpap 15.0 2013, hiokkeen lajittelu)

Lajittelussa hylätystä rejektistä pyritään saamaan mahdollisimman paljon arvokasta puuraaka-ainetta hienonnuksen ja uudelleen lajittelun jälkeen käyttökelpoiseksi massaksi. Karkea lajittelusta saatavat suuret tikut ja säleät jauhetaan levy- tai kartiojauhimilla. Jauhituksen jälkeen hioke lajitellaan uudestaan painelajittimissa ja

aksepti palautetaan hyväksytyyn päämassavirtaan. Rejekti palautetaan uudelleen jauhatukseen. Haluttu paperilaji ratkaisee rejektisysteemin rakenteen matasakeusjauhatuksen (alle 5 %) ja suursakeusjauhatuksen (yli 20 %) välillä. (Seppälä ym. 1999, 51-52, Knowpap 15.0 2013, Hiokkeen lajittelu)

Lajittelusta tulevan massan sakeus on hyvin pieni, joten sakeutta on nostettava valkaisun vaatimalle tasolle (4 – 12 %). Tämä mahdollistaa myös suuremman massan varastointi määrän pienempään tilaan, kun massa on sakeampaa. Lisäksi estetään suuri osa hiomon kiertoveden siirtymisestä konevesikiertoon. Yleisimmin massan saostukseen käytetään kiekkosaostinta. Kiekkosaostajassa saostaminen tapahtuu kiekkoilla, jotka pyörivät massa-ammeessa. Massa saostetaan kiekkojen pinnalla imun avulla, joka synnytetään imujaloilla. Kiekkosaostuksesta saadaan sameaa ja kirkasta suodosvettä, joita käytetään lajittelun laimennuksiin ja jauhimien ja suotimien suihkuvesiin. (Seppälä ym. 1999, 52, Knowpap 15.0 2013, hiokkeen lajittelu)

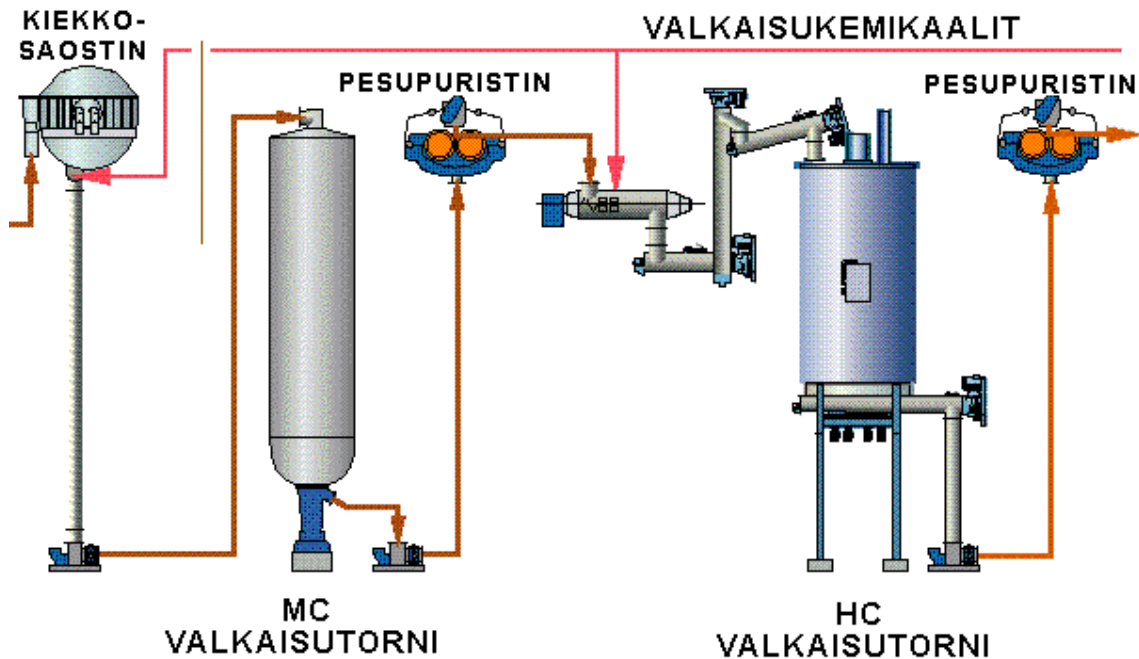
2.3.4 Mekaanisen massan valkaisu

Mekaanisen massan valkaisun tavoitteena on saada massan vaaleus ja puhtaus paperikoneen vaatimalle tasolle. Vaaleuden vaihtelut mekaanisella massalla vaihtelevat vuodenaikojen, kiertovesien lämpötilan, puuraaka-aineen ja hiontaolosuhteiden mukaan. Massaa pyritään valkaisuemaan vain sen verran kuin lopputuote edellyttää, jolloin saadaan kustannussäästöjä. (Seppälä ym. 1999, 53, Knowpap 15.0, Valkaisu)

Mekaanisen massan valkaisu eroaa kemiallisen massan valkaisusta siten, että lingniiniä ei tarkoituksellisesti poisteta vaan se pyritään muuttamaan värittömään muotoon. Valkaisu tapahtuu joko hapettavilla (peroksidivalkaisu) tai pelkistävillä (ditioniittivalkaisu) kemikaaleilla. Yleisimmät valkaisukemikaalit ovat natriumditioniitti ja vetyperoksidi. Valkaisukemikaalien valinta perustuu yleensä haluttuun vaaleuden tason nousuun. Peroksidivalkaisulla päästään jopa 20 yksikön nousuun, kun ditioniittivalkaisulla vastaava nousu on n. 10 yksikköä. (Seppälä ym. 1999, 53, Knowpap 15.0, Valkaisu)

Peroksidivalkaisussa hioke valkaistaan tavallisesti 12 – 30 % sakeudessa alkalisissa olosuhteissa. Peroksidivalkaisuliuos valmistetaan vetyperoksidista, vedestä, lipeästä, natriumsilikaatista (vesilasi) ja kompleksimuodostajasta (EDTA, DTPA).

Peroksidivalkaisulaitteisto koostuu sakeuttimesta, kemikaalisekoittimesta, valkaisu tornista, hapotuslaitteistosta ja kemikaalien varastointi- ja annostelulaitteistosta (kuvio 3). Saostimina käytetään kiekkosuotimia, imusuotimia, ruuvipuristimia, telapuristimia ja kaksoisviirapuristimia. Viive peroksidivalkaisussa on tavallisesti yhdestä kolmeen tuntiä ja valkaisu lämpötila yleensä 50 – 70 °C. (Knowpap 15.0 2013, Valkaisu)



KUVIO 3. Peroksidivalkaisu (Knowpap 15.0, 2013, Valkaisu)

Ditioniitivalkaisuun pääperiaate on pyrkiä muuttamaan mekaanisen massan värilliset yhdisteen värittömiksi. Ditioniitivalkaisussa massan sakeus on 3 – 5 %, jolloin vältytään ilman häiritsevältä vaikutukselta. Korkeammassa sakeudessa MC-pumpun käyttö mahdollistaa ilman poiston, jolloin myös valkaisu tulos paranee. Natriumditioniittijauhe liuotetaan valkaisuä varten veteen n. 10-prosenttisena. Tavallisimmin ditioniitivalkaisu suoritetaan tornivalkaisuna, jolloin annostelun säädön automatisointi on helppoa ja vaaleustasoa pystytään kontrolloimaan paremmin. Viive tornissa on yleensä 40 – 60 min ja valkaisu lämpötila 60 – 80 °C. (Seppälä ym. 1999, 55, Knowpap 15.0 Valkaisu)

2.4 Hierteen valmistuksen periaatteet

Hierrettä valmistetaan hiertämällä, jossa hiomon tapaan puun kuidut irroitetaan toisistaan mekaanisen rasituksen avulla. Hierrossa kuorittu ja haketettu puuraaka-aine syötetään levyjauhimen teräkiekkojen väliin. Puuraaka-aineena käytetään yleensä havupuita, joista suosituin on kuusi. Hierreprosessissa osa mekaanisesta työstä muuttuu kitkavoimien välityksellä lämmöksi, joka vaikuttaa puukuituja toisiinsa sitovan ligniinin pehmenemiseen ja kuitujen välisten sidosten irtoamiseen. Valmistusprosessissa syntyy höyryä, jota käytetään ligniinin pehmenemisen nopeuttamiseen. Valmis hierre sisältää puun ligniinin, minkä ansiosta massaa saadaan hierrossa kaksinkertainen määrä sellunvalmistukseen verrattuna. Hierteen valmistuksen apuna voidaan käyttää ligniiniä pehmentäviä kemikaaleja ja lämmitystä. (Knowpap 15.0, 2013 Hierteen valmistus)

Hierrettä käytetään erityisesti puupitoisten painopapereiden valmistukseen painatusteknisten ominaisuuksien ansoista, mutta myös sen kustannukset ovat alhaisemman selluun verrattuna. Hierteen lujuusominaisuudet ovat hioketta paremmat, jolloin sellun käyttötarve pienenee. Tavallisimpia hierteen käyttökohteita ovat sanomalehti-, SC- ja LWC –paperi. Hierteen vaaleustaso harvoin riittää lopputuotteille, joten hierre on valkaistava. Hierteen valmistuksen ominaispiirre on sen valmistuksen vaatima suuri energiatarve, sillä energian kulutus on 2-4 MWh/t massatonna kohti. Hierreprosessin energiataloutta pyritään parantamaan lämmöntalteenotto- ja kierrätysjärjestelmillä. Yleisimmät hiertomenetelmät ovat RMP (kylmähierre), TMP (kuumahierre), CMP (kemihierre) ja CTMP (kemikuumahierre). (Seppälä ym. 1999, 57; Knowpap 15.0, Hierteen valmistus)

2.4.1 Yleisimmät hiertomenetelmät

Kylmähierre eli RMP on atmosfäärinen hieto.

Kuumahierre eli TMP, jolle ominaista on hakkeen esilämmitys ja hierto ylipaineessa.

Kemihierre eli CMP, jossa hakkeen kemikaalikäsittely ennen hiertoa.

Kemikuumahierre eli CTMP, jolle tyypillistä on lievä kemikaalikäsittely ennen hiertoa ylipaineessa. (Seppälä ym. 1999, 57)

Kylmähierre eli RMP (refiner mechanical pulp) on yksinkertaisin hiertomenetelmä sekä laitteistoltaan, että toiminnaltaan ja lähinnä toista mekaanisen massanvalmistuksen tapaa, hiomista. Pestyt lastut syötetään jauhimeen ja kulkeutuessaan terien murskaus- ja jauhatusvuohykkeiden lävitse puukuidut irtoavat toisistaan ja syntynyt hierre poistuu jauhinkammion alaosan kautta kuljetusruuville ja edelleen jauhatukseen ja lajitteluun. (Puusta paperiin M-302, 21)

Kuumahierteen eli TMP:n (Termo mechanical pulp) valmistuksessa haketta lämmitetään ennen hiertämistä. Lämmityksen tarkoituksena on pehmentää ligniiniä, jolloin kuidut irtautuvat toisistaan helpommin ja säilyvät pidempinä ja ehjempinä. Hakkeen höyrystämisellä ja lämmityksellä tasoitetaan hakkeen kosteuseroja. Haketta lämmitetään prosessissa syntyvällä höyryllä paineen alaisessa tai atmosfäärissä astiassa. Paineenalaisessa esilämmityksessä lämpötila on 105 – 120 °C ja atmosfäärissä 80 - 95 °C. Esilämmityksen jälkeen hake syötetään ensimmäisen vaiheen jauhimelle, jossa on 3 – 5 barin ylipaine ja lämpötila n. 150 °C. Ensimmäisen vaiheen jälkeen massasta otetaan talteen lämpö ja se syötetään toisen vaiheen jauhimelle, jonka lämpötila ja paine ovat samalla tasolla ensimmäisen vaiheen kanssa. Toisen vaiheen jälkeen otetaan lämpö talteen ja hierre johdetaan latenssin poistoon, lajitteluun, sakeutukseen ja valkaisuun ennen paperikonetta. Kuumahierrettä käytetään tavallisesti sanomalehtipaperin, SC- ja LWC- papereiden sekä kartonkien valmistukseen. (Seppälä ym. 1999, 58)

Kemihierre eli CMP (chemi mechanical pulp) ja Kemikumahierre CTMP (chemi termo mechanical pulp) ovat nimensä mukaisesti hiertomenetelmiä, joissa käytetään kemikaaleja hakkeen pehmentämiseksi ennen jauhatusta. Kemikaalikäsittely vähentää jauhatuksen energiatarvetta. Hakkeen lämpö- ja kemikaalikäsittely mahdollistavat usean erityyppisen hierremassan valmistuksen. Kemikaaleina käytetään yleisesti natriumsulfiittia. Kemihierteitä käytetään eniten kartongin ja pehmopaperin valmistukseen. (Seppälä ym. 1999, 58)

2.4.2 Hierteen valmistuksen osaprosessit

Kuoritun puun haketus on ensimmäinen osaprosessi, jossa vaikutetaan merkittävästi tulevan massan laatuun. Pieni ja ohut lastu kostuu ja lämpenee esikäsittelyssä nopeasti, kun taas liian suuret hakepalaset poistetaan prosessista. Tasalaatuinen hake on siis edullisinta hiertoprosessin kannalta. Hakkeen varastointiaika on hyvä pitää

mahdollisimman lyhyenä, sillä kuorittu ja haketettu puu kuivuu nopeasti. Lisäksi hakekasan sisällä lämpö nousee korkealle, joka aiheuttaa puun tummumista ja lahoamista. (Seppälä ym. 1999, 60, Knowpap 15.0 2013, Hierteen valmistus)

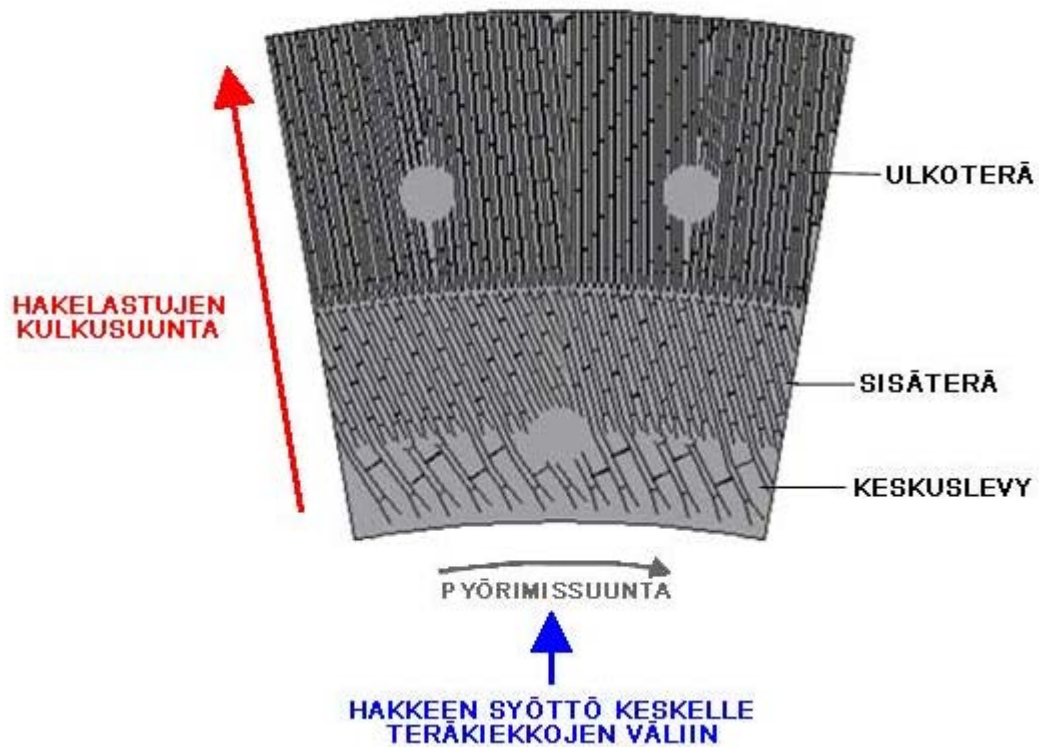
Hakkeen pesu on välttämätöntä ennen hiertämistä. Puun mukana kulkeutuva hiekka, metallinkappaleet tai muu materiaali pilaavat jauhimen terät. Pesussa erotetaan myös purujae, joka on tullut hakkeen mukana. Hakkeen pesuun käytetään kiertovettä ja ylimääräinen vesi poistetaan vielä ennen esilämmitystä ja hierontaa. Pesulaitteistossa haketta sekoitetaan voimakkaasti veden kanssa, jolloin epäpuhtaudet irtoavat hakkeesta. Hakkeen pesuvettä lämmitetään prosessista saatavalla energialla, jolla lisätään ja tasoitetaan hakepalasten kosteutta. (Seppälä ym. 1999, 60; Knowpap 15.0, 2013, Hierteen valmistus)

Pesun jälkeen hake höyrykäsitetään, joka kostuttaa ja lämmittää hakepalasia pehmentääkseen kuitujen välissä olevan ligniinin. Höyrykäsittelyllä tasataan myös hakkeen välisiä kosteuseroja. Höyrykäsittelyssä hakepalat syötetään paineettomaan tai paineelliseen esilämmittimen yläosaan, jossa hakepalaset viipuvat noin 1 – 3 minuuttia. Esilämmittimen paine on tavallisesti 100 – 200 kPa, joka vastaa 100 – 120 °C:n lämpötilaa. Esilämmittimen arvot pyritään säätämään optimaaliseksi, jotta saadaan mahdollisimman hyvät optiset- ja lujuusominaisuudet. Höyry hakkeen kuumennukseen saadaan jauhimesta syntyvästä höyrystä tai käyttämällä tuorehöyryä. (Seppälä ym. 1999, 60; Knowpap 15.0, 2013, Hierteen valmistus)

Hiertoprosessissa pestystä hakkeesta valmistetaan hierremassaa. Hiertämisessä hake syötetään kahden teräkiekon väliseen tilaan, jossa hake lastut joutuvat värähtelevän puristusvoiman alaisiksi. Aluksi syötettäessä lastuja teräkiekon väliin nämä pilkkoutuvat tikkumaisiksi kappaleiksi tai karkeiksi kuitukimpuiksi. Edelleen nämä syntyneet tikkumaiset kappaleet pienenevät voimakkaasti siirtyessään teräosassa suurempaan säteeseen päin ja lopulta fibrilloituvat. Hiertämisen edistyessä teräkiekkojen keskustasta kehää kohti massapartikkelien lukumäärä kasvaa (kuvio 4) Hiertämistapahtumassa kuidut puristuvat lujasti toisiaan vasten, jolloin muodostuu leikkausvoimia, jotka pyrkivät erottamaan kuitukerrokset toisistaan. Kun voimat ovat riittävän suuret lastut pilkkoutuvat terien suunnassa tai niitä vasten. Hiertämisessä kuitujen irtoaminen perustuu useisiin rasisuspulsseihin. Nämä rasisuspulsit saavat aikaan puristus- ja leikkausvoimarasituksia puuaineksessa, jolloin kuidut irtoavat. Nämä rasisuspulsit aiheuttavat puuaineksen voima-

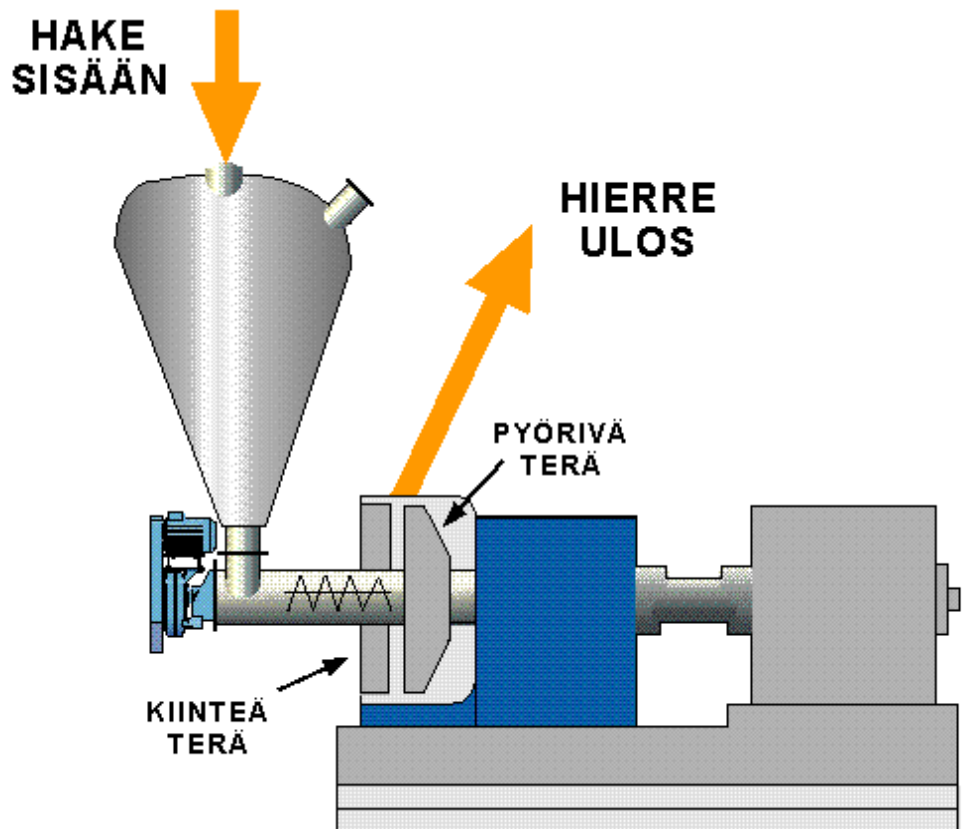
kasta lämpenemistä, sillä puuainekseen tehty työ muuttuu suurelta osin lämmöksi, jolloin hakepalasissa oleva vesi kiehuu ja höyrystyy. (Seppälä ym. 1999, 60; Knowpap 15.0, 2013, Hierteen valmistus)

JAUHINTERÄ



KUVIO 4. Hakelastujen kulkusuunta jauhinterällä (Knowpap 15.0, 2013, Hierteen valmistus)

Hierteen jauhatukseen käytetään levyjauhimia, joissa on kaksi teräkiettoa. Jauhimien teräkiettojen pinnat valmistetaan valetuista segmenttipaloista. Jauhatuksessa jauhimen terään kohdistuu suuria voimia, jotka edellyttävät akselilta, laakereilta ja rungolta vahvaa rakennetta. Jauhimien rakennemateriaalina käytetään ruostumattomia ja haponkestäviä teräksiä. Jauhimien terien välistä terävää pystytään säätämään, joten vähintään toinen teräkietto liikkuu akselinsa suuntaan. Pyörivien teräkiettojen mukaan jauhinta luokitellaan yksiekkojauhimeksi (kuviokuva 5), jossa vain toinen teräkietto pyörii ja toinen on kiinteä tai kaksiekkojauhimeksi, jossa molemmat teräkietot on akseloitu ja ne pyörivät vastakkain suuntiin. Kummankin jauhintyyppin hake syötetään jauhinterien keskusta, josta se kulkeutuu hierron aikana teräkieton kehälle. Muita jauhintyyppejä ovat levy-kartiojauhin, kaksirakojauhin ja kartiojauhin. (Seppälä ym. 1999, 60 – 61; Knowpap 15.0, hierteen valmistus)



KUVIO 5. Yksiekkojauhin (Knowpap 15.0, 2013, Hierteen valmistus)

Jauhatuksessa pyritään vakioimaan siihen vaikuttavat tekijät. Vakioimattomia muutoksia mitataan ja hoidetaan säätötoimenpitein. Näillä prosessin säätötoimenpiteille edellytyksenä on tietää massan laatuun vaikuttavat tekijät ja muutokset, joten tiedot esimerkiksi puuraaka-aineesta, terien kunnosta, jauhatussakeudesta ja energian ominaiskulutuksesta ovat tärkeitä onnistuneeseen jauhatustulokseen ja sen hallintaan. Jauhatuksen päämuuttujat ovat kuitu, jauhatustapa, jauhatuksen määrä ja prosessiolosuhteet. Hyvälaatuinen ja tuore hake on hyvälaatuisen hierteen lähtökohta. Puuraaka-aineen ja hakkeen laadun on pysyttävä mahdollisimman vakiona syötettäessä jauhimeen laadukasta massaa saadakseen. Syötettävän hakkeen laatusuureita ovat tasainen noin 50 % kosteus, oikea koko ja lämpötila sekä vähäinen puun tiheysvaihtelu. (Knowpap 15.0, 2013, Hierteen valmistus)

Jauhatuksen määrään vaikuttaa jauhimen läpi syötetty tuotanto ja moottorien teho. Jauhatuksen määrää eri jauhatusvaiheissa säädetään muuttamalla terärakoa, jolla tavoitellaan haluttua energian ominaiskulutusta. Hakevirta annostellaan ensimmäiseen jauhatusvaiheeseen esilämmittimen puskuruuvien avulla, jonka pyörimisnopeuden säätö

määrittää jauhinlinjan tuotantovauhdin. Jauhatuksen määrään vaikuttaa myös käytetty jauhatustapa. Jauhatustapa vaikuttaa oleellisesti saatavaan kuitumateriaaliin. Jauhatustapaan vaikuttavat tekijät ovat jauhatuksen määrä, terämalli sekä prosessiolosuhteet. Jauhatustapaa kuvataan intensiteetillä. Siihen vaikuttaa eniten teräraon suuruus. Korkealla intensiteetillä tarkoitetaan rajua jauhatusta, jossa massaa on pienessä terävälissä vähän ja säteen suuntainen virtausnopeus suuri. Matalalla intensiteetillä tarkoitetaan kevyttä jauhatusta, jossa suuressa terävälissä on paljon massaa ja säteensuuntainen virtausnopeus on pieni. Korkea intensiteettinen pienen terävälän jauhatusta alentaa energiakulutusta ja tikkupitoisuutta, mutta samalla kuidun pituus ja repäisylujuus laskevat jauhatuksen muuttuessa kuitua kehittävästä kuitua katkovaksi. Intensiteetin nousua valvotaan kuidun pituus mittauksilla. (Seppälä ym. 1999, 62 – 63; Knowpap 15.0, 2013, Hierteen valmistus)

Jauhatuksen sakeutta säädellään laimennusvedellä. Jauhatusvyöhykkeeltä sakeutta ei voida mitata, mutta se voidaan laskea hakevirrasta, energiankulutuksesta ja laimennusvedenmäärästä. Sakeus vaikuttaa merkittävästi höyryn muodostukseen jauhatuksessa. Jauhatusvyöhykkeen sakeus on tavallisesti noin 40 % ensimmäisessä vaiheessa ja toisessa vaiheessa noin 5 % pienempi. Sakeuden alarajana on pidetty 25 %:a, jolloin tikkupitoisuus lisääntyy ja massan lujuuDET alkavat laskea. (Seppälä ym. 1999, 62 – 63; Knowpap 15.0, 2013, Hierteen valmistus)

Jauhinterillä on suuri vaikutus jauhimien toimintaan ja jauhetun massan laatuun. Jauhinteriä käytetään hiertämässä jauhatuksen lisäksi myös rejektijauhimilla. Hiomon rejektinjauhatuksessa käytetään samanlaisia jauhinteriä. Terät muodostetaan erikseen kinnitettävistä segmenteistä. Terät ovat useimmissa jauhimissa kiinnitetty kiinnityskiekoille tai segmenteissä olevista reijistä pulteilla jauhimeen. Jauhinterillä pyritään vaikuttamaan höyryn ja massan virtauksiin terävälissä sekä kuitujen kuituuntumis- ja jauhatustapahtumaan. Terien suunnittelulla voidaan vaikuttaa jauhimien ajettavuuteen, jauhatuksen energiakulutukseen ja massan laatuun. Jauhinterien suunnittelussa on kuitujen jauhatuksen lisäksi huomioitava massan syöttöön ja jauhimessa syntyneen höyryn poistoon terävälissä. Jauhinterät valmistetaan valamalla teräksestä. Terän pinta muodostuu teräharjoista ja –urista. Harjojen välisissä urissa on virtausesteitä, jotka sulkevat urat estäen virtausta. Virtausesteiden määrällä ohjataan massan ja höyryn virtausta teräpinnalla. (Seppälä ym. 1999, 63 – 64; Knowpap 15.0, 2013, Hierteen valmistus)

Hierteen lajittelu eroaa hiokkeen lajittelusta siten, että karkealajittelua ei tarvita, sillä hierre ei sisällä suuria tikkuja eikä säleitä. Hierre lajitellaan painelajittimilla. Haluttu massatyyppe ja puhtausaste määrittävät painelajittimen rakolevyn rakokoon. Hierteessä on tyypillisesti paljon karkeita ja pitkiä kuituja, jonka vuoksi rejektisuhteet ovat suurempia ja rejektiä jauhetaan enemmän. Painelajittimen toiminta on hiokkeen lajittelussa käytetyn kaltainen. Painelajittelusta saatava rejekti käsitellään ja ohjataan lopulta päälinjan akseptin joukkoon. (Seppälä ym. 1999, 63 – 64; Knowpap 15.0, 2013, Hierteen valmistus)

3 KUITUPUUN KÄSITTELY KIRKNIEMESSÄ

Puunkäsittelyllä tarkoitetaan kuituraaka-aineen vastaanottoa, varastointia, katkaisua, kuorintaa ja toimitusta prosessissa eteenpäin hiomolle, erikoismassatehtaalle ja hiertämöön. Puunkäsittelyn lajittelussa pyritään karsimaan prosessiin sopimattomat hionta-puut ennen niiden siirtymistä eteenpäin. Näin pyritään takaamaan riittävästi laadukasta ja oikean mittaista kuitupuuta hiomon ja erikoismassatehtaan käyttöön. Samalla pyritään saamaan lajittelussa rejektoidusta puusta tasainen hakkeen tuotanto hiertämön jatkuvaan käyntiin. Kirkniemen puunkäsittelyssä on omat linjansa hiomoon ja erikoismassatehtaalle.

3.1 Puun vastaanotto

Tullessaan tehtaalle puu vastaanotetaan vastaanottokeskuksessa, jota kutsutaan myös mitta-asemaksi. Mitta-asemalla puut saapuvat rekoilla, jossa ne tunnistetaan ja kuormalle tehdään Modus mittaus. Modus mittaus on laserskannausta hyväksi käyttäen tehtävä kehyskuvamittaus, jolla saadaan puumäärään tilavuus laskettua. Tämän ohella rekan kuorma voidaan myös mitata punnitsemalla. Tilavuuden ohella mitta-asemalla määritetään puukuorman laatu ABC-laatumenettelällä. Kuormista otetaan myös satunnaisesti otantoja, joilla varmistetaan modusmittauksen toimivuus. Suurin osa tehtaalle tulevasta puuvirrasta tulee rekoilla, mutta puuta voidaan toimittaa myös junalla. Junalla toimitettavien puiden määrä mitataan punnitsemalla. Puun vastaanoton jälkeen rekat jatkavat matkaansa puukentälle odottamaan kuorman purkamista.

3.2 Kuitupuun varastointi

Kuitupuun varastointiin kuuluu puukuormien purkaminen rekasta tai junasta puunvarastoalueella. Puut puretaan puuvarastoon kastelulaitteiden ulottamalle alueelle tai tarpeen vaatiessa suoraan käyttöön. Puun purkamien varastoon tai käyttöön suoritetaan kurottajalla. Lisäksi kuitupuun varastoinnissa huolehditaan varaston ylläpidosta. Kuitupuun varastointia ja sen ylläpitoa hoitavat kurottajan kuljettajat.

Puukentän varastokiertoa pyritään hallitsemaan siten, että pisimpään varastossa ollut puu otetaan seuraavana käyttöön. Tällä ehkäistään puun tummumista ja kuoren helpompaa irtoamista puun ollessa mahdollisimman tuoretta prosessiin päätyessään. Kesäai-

kaan puuta kastellaan kastelulaitteilla. Kastelulla pyritään estämään puun kuivuminen ja näin ollen takaamaan puun kuoren irtoaminen kuorimolla.

Kuitupuun varastoinnissa tulee ottaa huomioon pinojen oikea koko ja laatu. Liian korkeat pinot aiheuttavat puiden putoamisriskin, kun kurottajalla joudutaan ajamaan liian lähelle pinoja. Puupinojen väliin on myös jätettävä riittävän suuri väli, jotta kurottajalla nostettaessa puut eivät ota toisiinsa kiinni. Lisäksi pinot on kasattava mahdollisimman suoraan ja tasaisesti, jotta pinoja purettaessa puut eivät pääse putoamaan kurottajan päälle.

Prosessiin katkaisulaitokselle syötettävät puut asetetaan vastaanottokuljettimelle tasaisesti siihen reunaan, johon katkaisulaitoksella puut tasataan sahausta varten. Puita syötettäessä on huomioitava, että liian suuri määrä puita vastaanottokuljettimelle voi aiheuttaa puiden putoamisen.

3.3 Kuitupuun katkaisu

Kuitupuun katkaisussa vastaanottopöydille syötetyt erimittaiset kuitupuut katkaistaan hiomon ja erikoismassatehtaan käyttämään pituuteen. Katkaisulaitoksen vastaanottopöydille kurottajan nostamien puunippujen kuitupuut erkanevat toisistaan ja ne järjestellään vastaanottokuljettimen ja välikiramoiden avulla sahauskuljettimelle. Kuljettimien nopeuksien tulee olla mahdollisimman sopivat, jotta puuvirta sahauskuljettimelle on mahdollisimman tasaista ja kuljettimien kolien välissä olisi vain yksi kuitupuu kerrallaan. Tasaisen puuvirran avulla sahauskuljettimellä oleva sivusiirto- eli tasausrullasto toimii parhaiten. Sivusiirtorullastolla kolien välissä olevat puut ohjataan reunatasaimia päin sahauskuljettimen reunaan. Sivusiirtorullaston pyörimissuuntaa vaihdetaan säännöllisin väliajoin, jotta katkaisuprosessiin kuuluvien laitteiden kuluminen olisi tasaista. Sivusiirtorullaston kunto ja toiminta on tärkeää oikean mittaisen hiontapuun tuottamiseksi hiomakoneille.

Sahauskuljettimella sen reunaan ohjatut puut siirtyvät katkaisuterille, jossa ne katkaistaan sahaamalla. GW –linjalla hiomoon menevien hiontapuiden haluttu mitta on 1,0 m, joten terävälit ovat määritetty tämän mukaisesti. GW – linjalla katkaisuteriä on yhteensä seitsemän. PGW –linjalla erikoismassatehtaalle hiontaan haluttu mitta on 1,5 m ja katkaisuteriä on viisi. Katkaisulaitoksen terät ovat vaihdettavia ja niitä vaihdetaan tar-

peen vaatiessa. Katkaisulaitoksen kuljettimien alla pyörii roskien keräyskuljetin eli raappa, joka kerää syntyvän purujätteen ajaen sen katkaisulaitoksen sivulla olevaan purukasaan.

Katkaisun jälkeen sahauskuljettimelta puut siirtyvät sulatuskuljettimelle. Sulatuskuljettimen tarkoituksena on kuljettaa puut kuorimarumpuun tasaisena virtana. Kuljetuksen aikana puita puhdistetaan ja sulatetaan suihkuttamalla kuumaa vettä. Puiden sulatus on tärkeää etenkin talviaikaan, jotta kuori sulaa ja pehmenee irrotakseen kuorimarummissa.

3.4 Kuitupuun kuorinta

Kuitupuun kuorinnan tarkoituksena on kuoria puut kuorettomiksi ja poistaa epäpuhtaudet hiomon ja erikoismassatehtaan hiokkeen valmistusta varten. Puiden kuorinta tapahtuu pyörivässä kuorimarummissa, johon puut kulkeutuvat sulatuskuljetinta pitkin tasaisena virtana. Kuorimarummun pyöriessä puiden pintaan kohdistuu mekaanista räsitusta, kun puut saavat iskuja ja hankautuvat kuorimarummun seiniin ja toisiaan vasten irroitetaan kuoren puun pinnasta. Rummussa olevista raoista kuori poistuu rummun alla olevalle kuljettimelle, jolla se siirretään kuorenkäsittelyyn. Kuorimarummun päässä on säädettävä portti, jolla ohjataan rummusta tulevaa puuvirtaa niin, että se riittää tasaisesti hiomon tarvitsevan puumäärän ylläpitämiseksi.

Kuorimarummun jälkeen puut siirtyvät esilajittelurullastoille, jossa puista huuhdotaan jäljelle jäänyt kuori ja muut epäpuhtaudet. Esilajittelurullastolla on pätkäloukut, joista selvästi lyhyet kuitupuut eli pätkät putoavat kuljettimille, jotka ohjaavat ne hakkuun hakettavaksi. Pätkäloukun ohittavat kuitupuut jatkavat optiselle lajittelijalle, joka mittaa luokittelee ja lajittelee kuitupuut asetettujen rajojen perusteella. Lajittelijoiden datasta selviää tuotantomäärä (tuleva, hyväksytty ja rejektoitu), dimensiot (pituus, halkaisija, käyryys ja kartiokkuus), puhtausaste eli kuoripitoisuus ja puun tummuus. Lajittelijoiden avulla voidaan säädellä hiontaan menevän ja hakkeeksi päätyvän kuitupuun määrää. Lajittelijoita voidaan ajaa myös manuaalilla, jolloin kaikki lajittelijalle päätyvät puut ohjataan joko hiontaan tai hakkeeksi.

4 TULOSTEN KÄSITTELY

4.1 Lähtökohdat

Sappi Kirkniemen paperitehtaan massaosasto valmistaa hioketta kahdella linjalla; hiomo eli GW -linja ja erikoismassatehdas eli PGW -linja. Hiomon ja EMT:n hiomauunit eroavat toisistaan, joten linjoilla käytetään erimittaista hiontapuuta. Lisäksi tehtaalle tulevasta kuitupuusta valmistetaan haketta hiertämön käyttöön. Hakkeen raaka-aineena käytetään hiontaan päätymättömistä kuitupuista. Tästä johtuen tehtaalle toimitetaan useaa eri kuitupuunmittaa. Molempien linjojen puut varastoidaan omaan päätevarastoonsa puukentälle. Turvallisen, ergonomisen, tehokkaan ja tasaisen massan tuotannon saavuttamiseksi tulisi tehtaalle tulevan puun olla mahdollisimman hyvin prosessiin sopivaa.

4.1.1 GW -linjan nykyinen tulevan puun mitta

GW -linjan hiomauunin syvyys on 100 cm. GW -linjalla tulevan kuitupuun mitat ovat 290, 390 ja 490 cm. Tämä puun mitta tuottaa 70 - 80 cm vajaamittaisia katkaisulaitoksella (kuvio 6). Hiomon jakokuljettimelle tullessaan lyhyemmät puut vaikuttavat kirkon epätasaiseen toimintaan, jonka seurauksena puut kääntyvät helpommin pitkittäin, kun hiomakoneen täyttämistä varten puiden tulisi olla jakokuljettimella poikittain. Tästä aiheutuu ylimääräistä fyysistä rasitusta, sillä puunottaja joutuu oikomaan puut manuaalisesti jakokuljettimella (kuva 1). Lisäksi hiomakoneeseen menevällä puunipulla on huomattavasti suurempi riski kaatua ja aiheuttaa hiomakoneen toimintahäiriöitä eli pysty- tai vinouuneja, kun puunipussa on erimittaisia puita. Nämä toimintahäiriöt on poistettava mekaanisesti käsin, joka vaikuttaa negatiivisesti työhyvinvointiin ja -ergonomiaan. Tämän ohella kyseisestä hiomauunista ei saada tuotantoa häiriönpurkamisen ajalta. Vajaamittaiset puut vähentävät hiomakoneen täyttöastetta, jolloin koko tuotantokapasiteettia ei voida hyödyntää.

2900	1061		1008		791			
3900	1061		1008		1010		756	
4900	1061		1008		1010		1010	721

KUVIO 6. GW -linjan katkaisulaitoksen terävälit ja katkaisun seurauksena syntyvien puiden pituusmitat (arvot mm)



KUVA 1. Puu jakokuljettimella pitkittäin aiheuttaa fyysistä räsitusta

Hiomon jakokuljettimelta poistettavat vajaamittaiset toimitetaan pätkälavalle. Vajaamittaiset puut poistuvat pätkälavalle pätkäloukuista ennen jakokuljetinta, mutta jakokuljettimelle päätyessä ne joudutaan poistamaan mekaanisesti, joka aiheuttaa ylimääräistä fyysistä räsitusta työntekijöille. Pätkälava joudutaan tyhjentämään noin kahden vuorokauden välein. Pätkälavaa tyhjennettäessä ei puunotto hiomon jakokuljettimelle voi olla mm. turvallisuus syistä päällä, joten on mahdollista hiomakivien joutuminen vesiajolle puupulasta johtuen. Pätkälavojen tyhjentämisestä aiheutuu kustannuksia niin kuljetuksista, kuin tehtaalle erikseen tilattavasta hakkuristakin, joka hakettaa puut energiakäyttöön. Lisäksi materiaalihävikkiä tulee hiontaan kelpaamattomista vajaamittaisista puista, jotka muuten ovat hiontakelpoisia.

4.1.2 PGW – linjan nykyinen tulevan puun mitta

PGW –linjalla hiomauuniin haluttu hiontapuunpituus on 150 cm. Tulevan kuitupuun mitat ovat 290 ja 440 cm. Tästä mitasta syntyy noin 130 cm vajaamittaisia katkaisulaitoksella (kuva 4.) Tämä 130cm mitta ei aiheuta merkittäviä ongelmia EMT:n jakokuljettimella, mutta alentaa hiomakoneiden täyttöastetta ja jättää näin ollen tuotantokapasiteettia käyttämättä. Vajaamittaiset puut voidaan ohjata hakkuun optisen lajittelijan avulla, mutta tällöin on vaarana hiontapuuvirran riittämättömyys EMT:n hiomakiville.

2900	1555		1330	
4400	1555		1498	1307

KUVIO 7. PGW –linjan katkaisulaitoksen terävälit ja katkaisun seurauksena syntyvien puiden pituusmitat (arvot mm)

4.1.3 Hakemäärä

Hierteen käytön lisääntyminen paperikoneiden annostelussa on johtanut hiertämön käyntiasteen nousuun Kirkniemessä. Tästä johtuen myös hakkeen tarve on kasvanut. Haketta ei toimiteta tehtaan ulkopuolelta vaan kaikki hake valmistetaan kuorimon pät-kähakkureilla. Kuitupuu hakkuihin saadaan hiontaan kelpaamattomista, vajaamittaisista hiontapuista kuorimon pät-käloukuista ja optisilta lajittelijoilta. Nykyisillä kuitupuun mitoilla tasaisella tuotannolla syntyvä hakemäärä ei ole riittävä hiertämön tarpeisiin, vaan sitä joudutaan erikseen valmistamaan hakettamalla, jolloin kaikki hiontapuut ohjataan optisen lajittelijan avulla hakkureihin.

4.1.4 Kuitupuun varastointi

Tehtaalle tuleva kuitupuu on nykyisellään varastoitu linjoittain (GW ja PGW) omiin päätevarastoihinsa. Kahden päätevaraston hallitseminen on aiheuttanut ajoittain haasteita, sillä linjojen kuitupuun kulutukseen vaikuttaa massan kulutus. Paperikoneiden seisokit vähentävät massan tarvetta, jolloin puun kulutus vähenee. Puun toimitusketjun pituuden vuoksi tehtaalle tulevaan puumäärään on hankala reagoida nopeasti. Tämän vuoksi tehtaan rajallinen varastokapasiteetti linjoittain täyttyy kulutuksen pienentyessä. Lisäksi on vaarana toisen linjan kuitupuun väheneminen tai loppuminen, jolloin on käytettävä toisen linjan kuitupuuta. Tämä ei ole prosessin kannalta optimaalista. Näiden ohella puun kasaamiseen ja varastointiin käytettävän kurottajan on nostettava puut omiin päätevarastoihinsa, jolloin ajettava matka ja nostot lisääntyvät. Puurekasta suoraan prosessiin syötettäessä ei puuta voi samasta rekasta syöttää molemmille linjoille, vaan toisen linjan puunippu on haettava erikseen päätevarastosta.

5 TULOSTEN KÄSITTELY

5.1 Koeajo

Koeajo ajettiin 4.11.2013 n.klo.14.00 alkaen. Koeajoa varten oli varattu 6000 m³ kuitupuuta. Koeajopuun tavoite mitat olivat 310, 415 ja 520 cm. Koeajo ajettiin samaan aikaan molemmille linjoille ja vaihto tapahtui liukuvasti eli kuorimarumpuja ei tyhjennetty vanhasta puusta ennen koeajoa. Koeajon aikana tuotantoa ajettiin normaalien tuotantoarvojen ja laatutavoitteiden mukaisesti. Koeajo päättyi 7.11.2013 n. klo. 20.00.

Koeajossa pidettiin 8 tunnin ajan manuaalista kirjanpitoa, jossa laskettiin syntyvien vajaamittaisten määrää kolmessa positiossa; katkaisulaitoksella, kuorimon pätkäloukulla ja hiomon jakokuljettimella. Lisäksi materiaalina käytettiin kuorimon Logscan lajittelijoiden keräämää dataa.

Koeajolle asetettiin kolme päätavoitetta: hiontapuun pituusmitan hallinta, hakemäärän hallinta ja yhteinen kuitupuun päätevarasto molemmille linjoille.

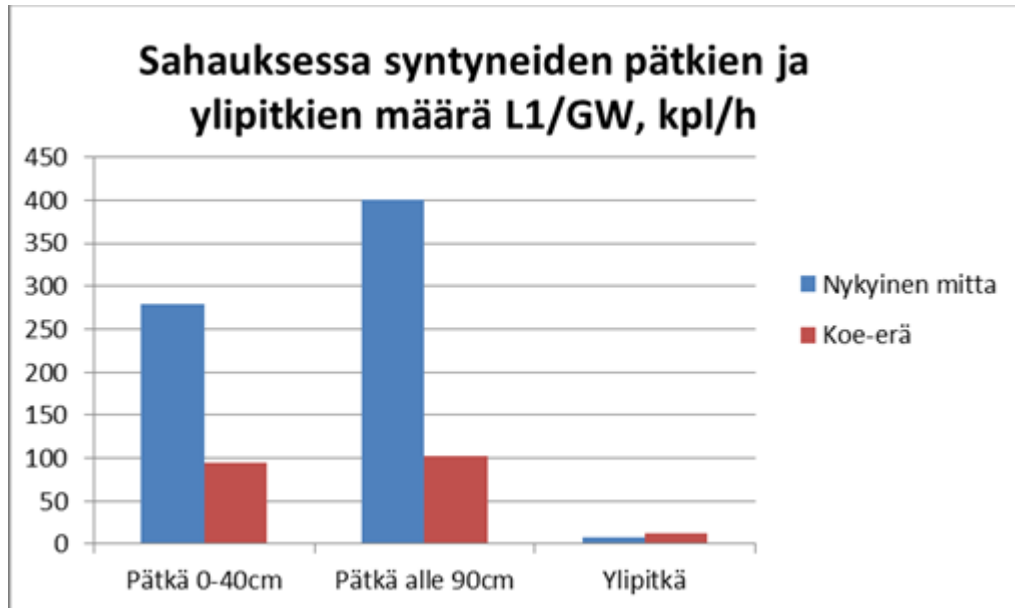
5.1.1 Koeajon tulokset GW-linja

Koeajon tehtaalle tulevien kuitupuun mitoista 310, 415 ja 520 cm olettamana oli GW-linjan pätkien voimakas väheneminen, joka selviää alla olevasta kuvioista 8. Näin ollen myös hakkuun poistettavien pätkien määrän oletettiin vähentyvän.

3100	1061		1008		991				
4150	1061		1008		1010		1006		
5200	1061		1008		1010		1010		1021

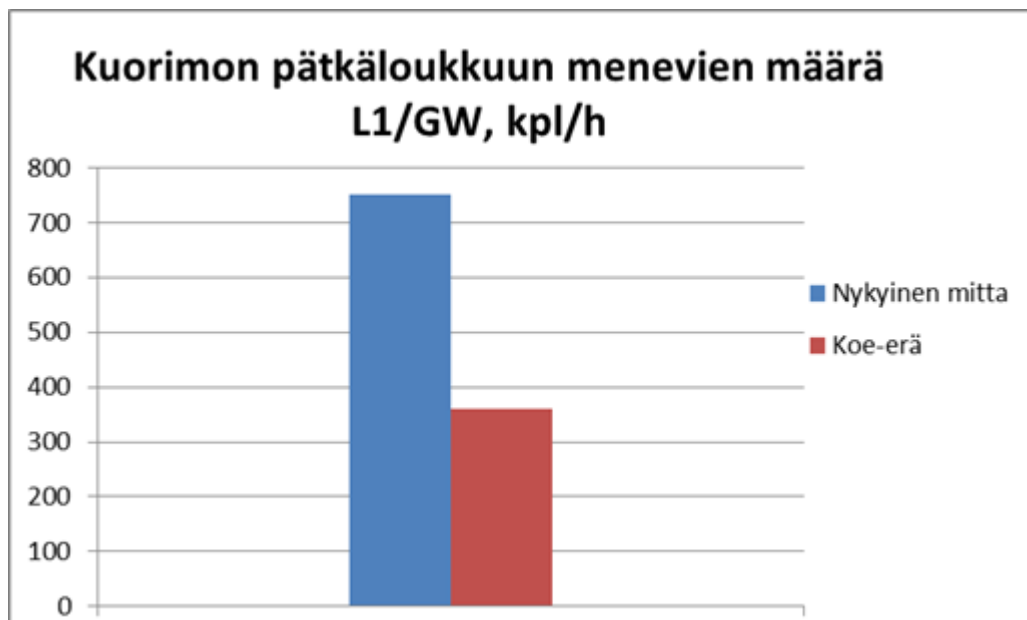
KUVIO 8. GW –linjan katkaisulaitoksen terävälit ja koeajon kuitupuun mitoilla katkaisun seurauksena syntyvien puiden pituusmitat (arvot mm)

GW-linjalla katkaisulaitoksella olleessa manuaalisessa kirjanpidossa laskettiin 0 – 40 cm pätkiä ja 40 – 90 cm pätkiä (kuvio 9). Lisäksi laskettiin ylipitkien määrää. Saadut tulokset todistavat pätkien määrän vähentyneen merkittävästi jo sahauksessa. Alle 40 cm pätkät vähenivät lähes kolmasosaan ja 40 – 90 cm pätkät neljäsosaan. Kaikkiaan pätkät vähentyivät lähtötilanteen 680 kappaleesta 196 kappaleeseen. Kappalemäärät ovat ilmoitettu tunnissa menevien kappaleiden määrään.



KUVIO 9. GW –linjalla sahauksessa syntyneiden pätkien ja ylipitkien määrä

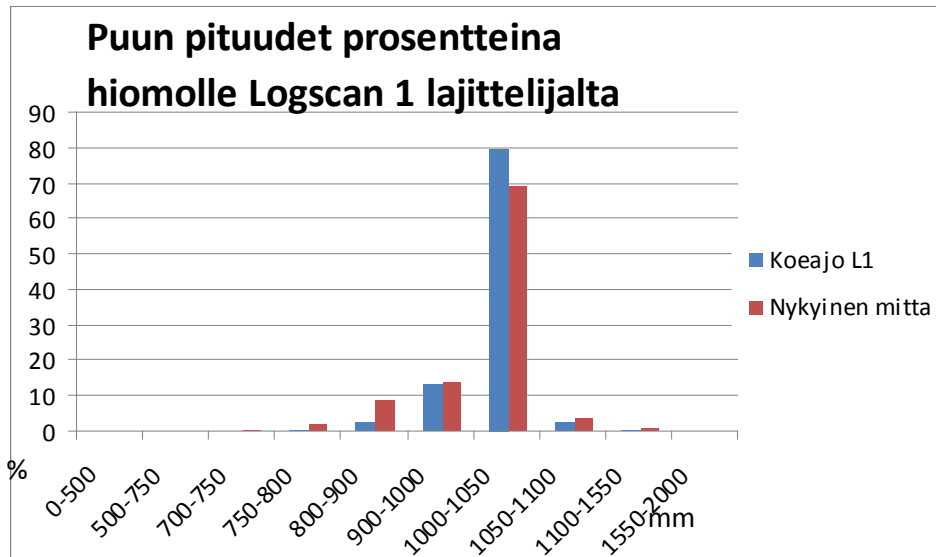
Kuorimolla manuaalisessa kirjanpidossa laskettiin vain pätkäloukkuun menevien pätkien määrää (kuvio 10). Pätkien määrän odotettiin putoavan merkittävästi. Tuloksista nähtiin kuorimon pätkäloukkuun menevien pätkien määrän puolittuneen. Kokonaisuudessaan pätkät vähentyivät 752 kappaleesta 360 kappaleeseen.



KUVIO 10. Kuorimon pätkäloukkuun menevien määrä GW-linjalla

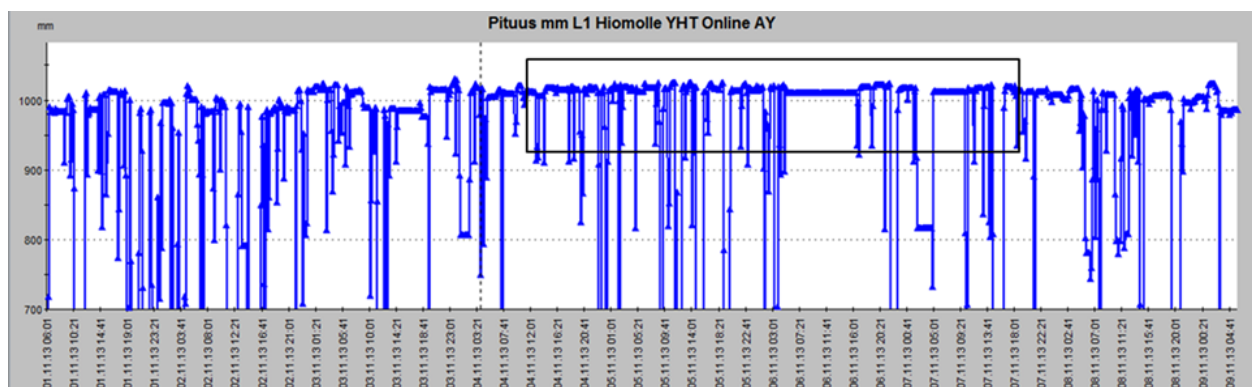
GW-linjalla hiontaan menevien puiden joukosta odotettiin 70 cm pätkien määrän putoavan. Samalla oletettiin hiomoon menevän hiontapuun keskipituuden ja hiomakoneen

täyttöasteen nousevan. Hiomon menevien puiden pituuksien tulokset saatiin Logscan 1 optiselta lajittelijalta saadusta datasta (kuvio 11). Tuloksista voidaan nähdä selkeä yli 10 % nousu tärkeimmässä eli 100 – 105 cm luokassa. Lisäksi ylimääräistä työtä hiomon kuljettimella aiheuttavat alle 90 cm hiontapuut ovat vähentyneet merkittävästi.



KUVIO 11. Hiontapuun pituusjakauma hiomolle prosentteina logscan lajittelijan datasta

Hiontapuun keskipituuden nousu näkyy selvästi myös lajittelijalta otetusta trendistä (kuvio 12). Trendissä koeajo näkyy selvästi 1000 mm päällä olevana tasaisempana sarjana. Lajittelijan mukaan keskipituus nousi 997,8 mm:stä 1016,1 mm:n eli 18,3 mm. Keskipituus nousi siis n. 1,8 cm, joka tarkoittaa 1,8 % nousua hiomakoneen täyttöasteessa (99,78 %:sta 101,61 %:n). Hiomon kuljettimelta suoritettujen manuaalisten otanta mittaukset tukivat tätä.



KUVIO 12. GW –linjan hiontapuun keskipituuden nousu (koeajo merkitty suorakulmilla)

Hiomolla laskettiin myös ylimääräistä työtä aiheuttavien vajaamittaisten hiontapuiden määrää. Nykyisellä mitalla pätkiä tuli 143 kpl/h ja koeajossa vain 39 kpl/h. Tulokset ovat suuntaa antavia, koska riippuvat vajaamittaisten laskijasta. Pudotus on kuitenkin yli 100 kpl/h, joten voidaan olettaa vajaamittaisten vähentyneen voimakkaasti. Yhtenä mittarina käytettiin hiomon ja EMT:n pätkälavoille päätyvien vajaamittaisten määrää. Vajaamittaisia hiontapuita poistuu pätkälavalle ennen jakokuljetinta ja kiramoaa olevasta pätkäloukusta, mutta myös hiomon kenttämiehet poistavat prosessiin sopimattomia puita jakokuljettimelta mekaanisesti käsin. Pätkälavojen tyhjennysväleistä pidetään tilastoja, mutta koeajon ollessa vain hieman yli kolmen vuorokauden mittainen ei tyhjennysvälistä saada luotettavaa tietoa. Lisäksi tyhjennystarpeeseen vaikuttaa tuotannon määrä ja kekoarastosta ajo, jolloin vajaamittaisia syntyy huomattavasti enemmän. Nykyisellä puunmitalla ajovuorokausia kertyi hiomon puolella 1,6 ja EMT:n puolella 2,5 yhtä tyhjennyskertaa kohti. Parhaiten pätkälavojen tyhjennystarpeen vähenemistä hiomon puolella kuvaa kaksi koeajon aikana otettua kuvaa (KUVA 3 ja KUVA 4), joista huomaa pätkälavalle päätyvän erittäin vähän puita. Kuvien välissä on kaksi vuorokautta koeajo kuitupuunmitalla ajettua tuotantoa. EMT:n puolella pätkälavoille päätyvien määrässä ei huomattu merkittävää muutosta.



KUVA 3: Hiomon pätkälava koeajon aikana 5.11.2013



KUVA 4: Hiomon pätkälava koeajon aikana 7.11.2013

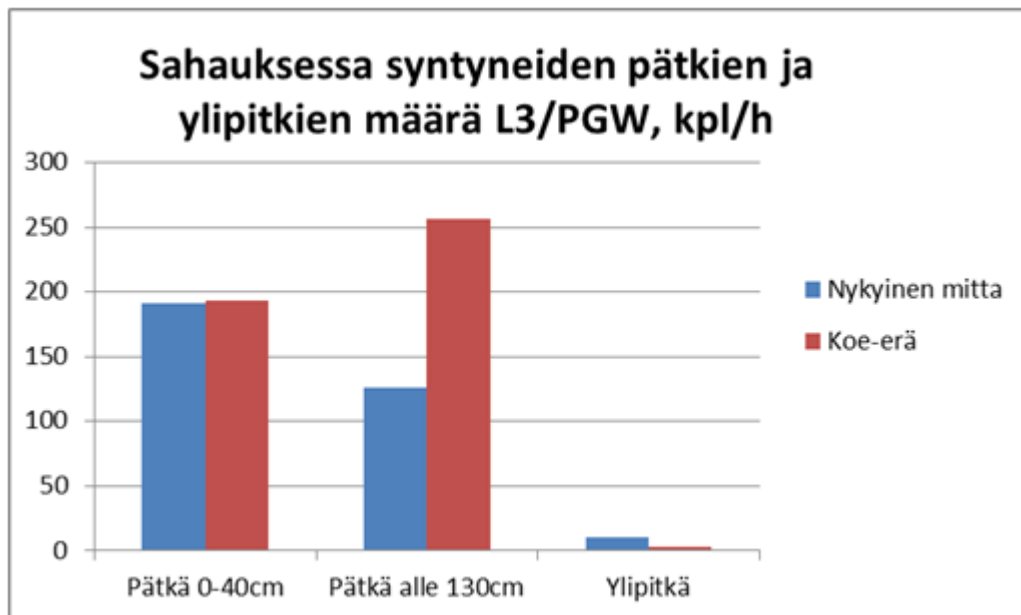
5.1.2 Koeajon tulokset PGW-linja

PGW-linjalla vajaamittaisten pätkien määrän oletettiin lisääntyvän ja näin ollen hake-
tuksen siirtyvän GW-linjalta PGW-linjalle (kuvio 13).

3100	1555		1498		7		
4150	1555		1498		1057		
5200	1555		1498		1498		584

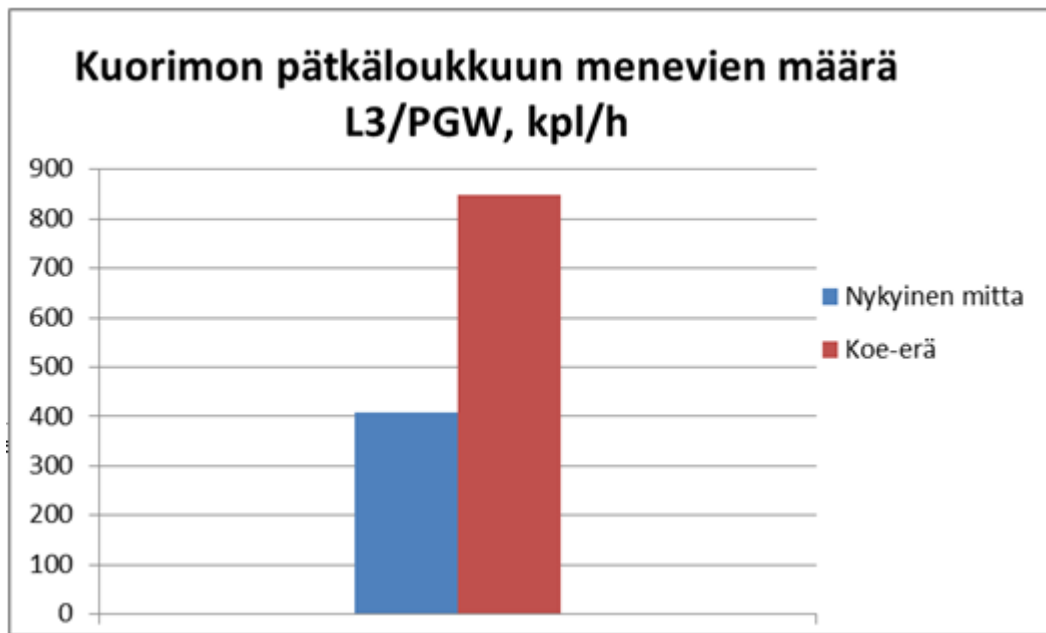
KUVIO 13. PGW –linjan katkaisulaitoksen terävälit ja koeajon kuitupuun mitoilla kat-
kaisun seurauksena syntyvien puiden pituusmitat (arvot mm)

PGW-linjalla katkaisulaitoksella pidetystä manuaalisesta kirjanpidossa laskettiin pätki-
en määrää luokissa alle 40 cm ja 40 – 130 cm (kuvio 14) Pätkien määrän ja erityisesti
55 – 110 cm vajaamittaisten odotettiin lisääntyvän. Tuloksista nähdään alle 40 cm mää-
rän pysyneen samana ja 40 – 130 cm määrän tuplaantuneen. Kappalemäärinä lisäystä
tuli 133 kpl/h.



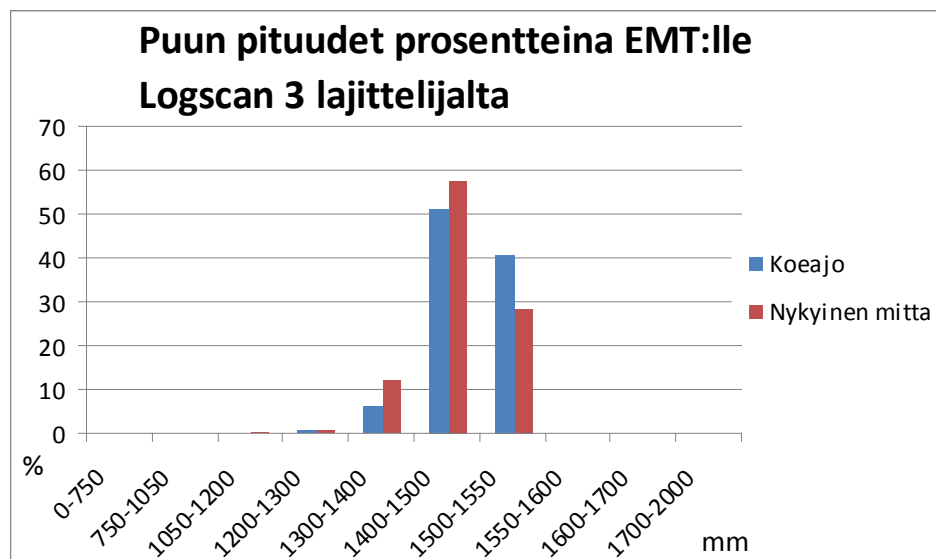
KUVIO 14. PGW –linjalla sahauksessa syntyneiden pätkien ja ylipitkien määrä

PGW-linjalla kuorimolla laskettiin vain pätkäloukkuun meneviä pätkiä (kuvio 15). Pät-
kien määrän oletettiin nousevan voimakkaasti. Tuloksista nähdään pätkien määrän yli
kaksinkertaistuneen. Kokonaisuudessaan pätkiä tuli koeajossa 850 kpl/h, kun nykyisellä
puunmitalla vastaava määrä oli 407 kpl/h. Lisäystä tuli siis lähes 450 kpl/h.



KUVIO 15. Kuorimon pätkäloukkuun menevien määrä PGW-linjalla

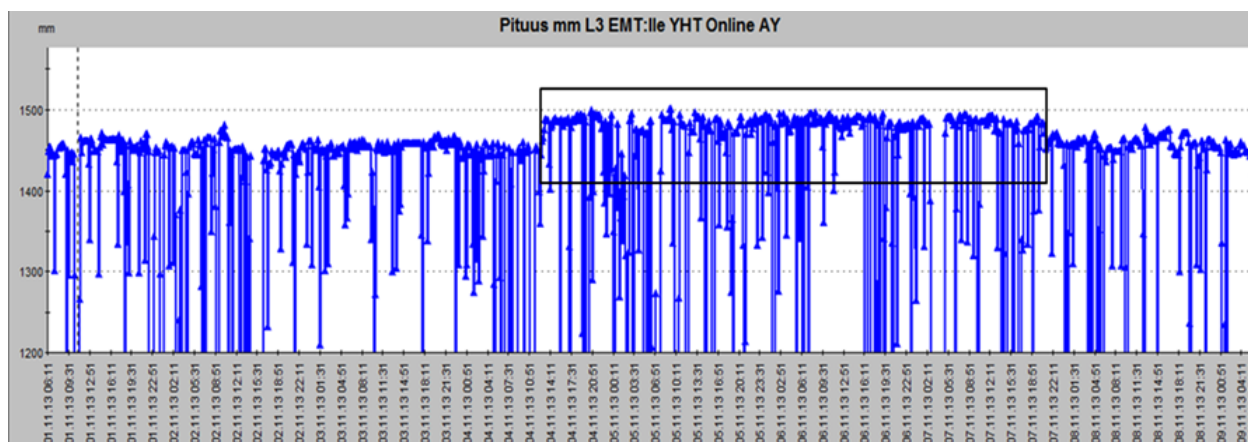
PGW-linjalla hiontaan erikoismassatehtaalle menevän hiontapuun pituudet saatiin Logscan 3-lajittelijan datasta (kuvio 16). Koeajopuulla hiontaan menevien puiden määrä kasvoi pisimmässä luokassa 150 – 155 cm hieman yli 10 %:lla. Muissa luokissa koeajo puiden määrät olivat hieman pienempiä.



KUVIO 16. Hiontapuun pituusjakauma EMT:lle prosentteina logscan lajittelijan datasta

PGW-linjalla hiontaan menevän hiontapuun keskipituuden nousu näkyy selvästi lajittelijalta otetusta trendistä lähempänä 150 cm rajaa olevana sarjana. Lajittelijan datan mukaan hiontapuun keskipituus nousi 1453,08 mm:stä 1483,95mm:n. Nousua keskipituu-

nessa tuli siis n. 3 cm, joka tarkoittaa 2,19 % nousua hiomakoneen täyttöasteessa (96,87 %:sta 99,06 %:n). Erikoismassatehtaan kuljettimelta suoritettut manuaaliset otanta mittauksset tukivat tätä.



KUVIO 17. PGW –linjan hiontapuun keskipituuden nousu (koeajo merkitty suorakulmiolla)

5.1.3 Koeajon tulokset hakemäärän hallinta

Koeajon aikana oli odotettavissa haketuksen voimakas siirtyminen PGW –linjan puolelle. GW – linjan hakemäärän uskottiin vähenevän merkittävästi. Hakemäärät laskettiin lajittelijoiden hakkuun ohjaamasta määrästä sekä pätkäloukun poistamista pätkeistä. Lajittelijoiden datasta saatiin haketusprosentti, joka kerrottiin käytetyllä puumäärällä. Pätkäloukun poistamien pätkien pituus saatiin manuaalisesti mittaamalla hakkuhihnalla.

Lajittelijoilta saatiin GW –linjan haketusprosentiksi koeajon aikana 4,7 % ja PGW –linjan 2,1 %. Puun käyttömääräksi valittiin GW –linjalla 850 m³ ja PGW –linjalla 1150 m³. Määrät on arvioitu normaalin tuotantopäivän keskiarvo määriksi, kun koko tehdas on tuotannolla. Lajittelijoilta tuleva hakemäärä linjoittain on esitelty taulukossa 6.

TAULUKKO 6. Lajittelijoilta tuleva hakemäärä linjoittain

Linja	Puumäärä m ³	Haketusprosentti	Haketta m ³ /d	Haketta m ³ /h
GW	850	4,7	39,95	1,66
PGW	1150	2,1	24,15	1,01

Pätkäloukuista hakkuihin päätyvää hakemäärää laskettaessa mitattiin manuaalisesti hakkuhihnalla olevia puita. Mittaukset hakkuhihnalla tehtiin tuotannon pysäytyessä tai

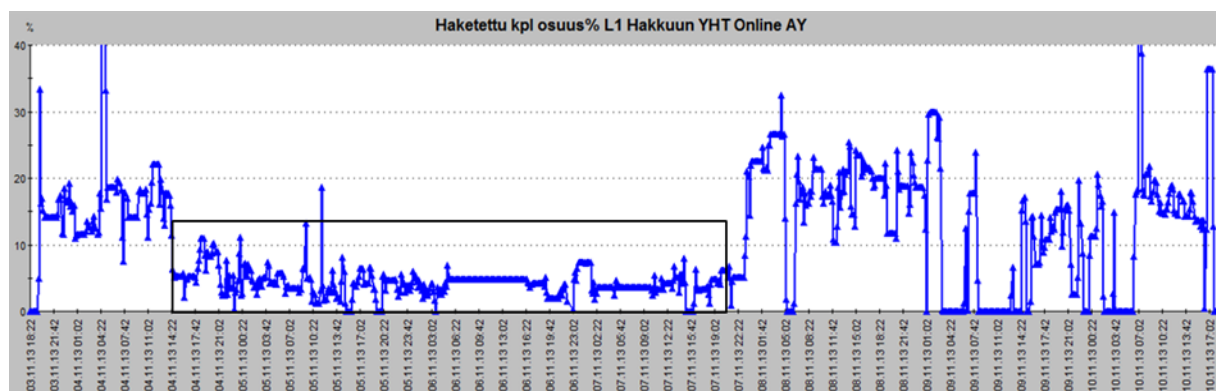
ruuhkanpurun yhteydessä. Mitattuja pätkiä GW –linjalla oli 90 kpl ja PGW –linjalla 168 kpl. Hakkuun päätyvien puiden pituuden keskiarvoksi GW –linjalla saatiin 320 mm ja PGW –linjalla 610 mm. Hakkuihin päätyvien pätkien määrä saatiin manuaalisesta mitausdatasta, joista saatiin pätkien määräksi saatiin GW –linjalla 360 kpl/h ja PGW –linjalla 850 kpl/h. Halkaisijana käytettiin lajittelijoiden datasta saatua keskiarvoa, joka oli 127 mm. Pätkäloukuilta tuleva hakemäärä linjoittain selviää taulukosta 7.

TAULUKKO 7. Pätkäloukuilta tuleva hakemäärä linjoittain

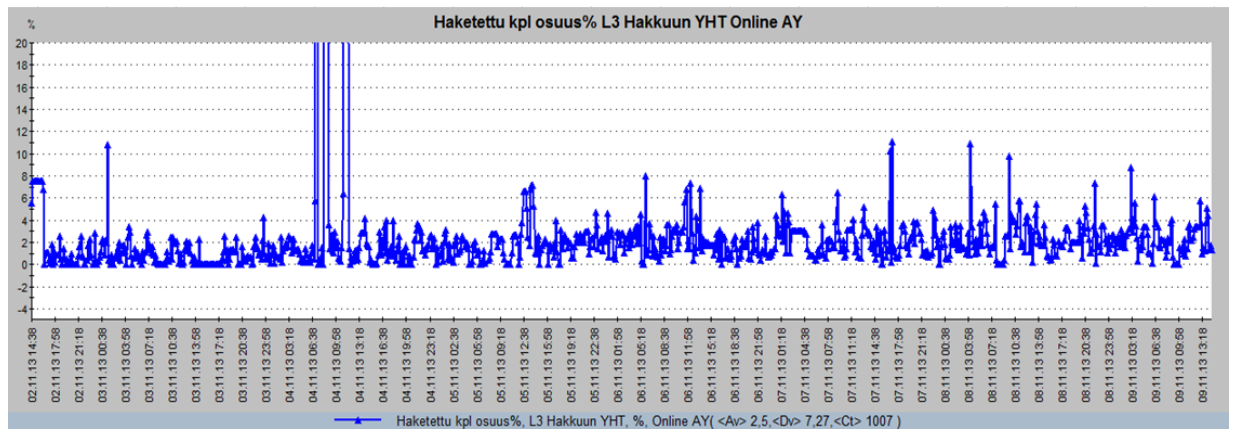
Linja	Puumäärä kpl/h	Keskipituus mm	Haketta m ³ /h
GW	360	320	1,46
PGW	850	620	6,57

Yhteensä haketta lajittelijoilta ja pätkäloukuista saadaan 10,7 m³/h. Hakemäärää laskettaessa ei ole huomioitu puun kuoripitoisuutta, kuoren puupitoisuutta ja näiden tuomaa kuorinnan puuhäviötä, vaan hakemäärä on laskettu kuorimattomasta puusta. Kuorinnan puuhäviö täydellä tuotannolla vähentää haketta n. 0,2 – 0,3 m³/h molemmilla linjoilla. Lisäksi lajittelijoilta tulevasta hakemäärästä ei ole otettu huomioon hakkuun ohjattavan puun olevan keskimääräisesti hieman lyhyempää (n. 10 – 100 mm) kuin hiomoon menevä puu. Tämä luku vaihtelee päivittäin sillä lajittelija ohjaa puita hakkuun usean muunkin kriteerin perusteella, kuin vain pituuden (mm. ylipitkä ja halkaisija).

Haketuksen väheneminen GW –linjalla näkyy selkeästi lajittelijan datasta hakkuun menevässä puuvirrassa (kuvio 17), josta huomaa haketusprosentin pienentyneen n. 10%. PGW –linjalla koeajon aikana lajittelijan hakkuun ohjaamassa määrässä ei näy suuria eroja, vaan se on alle prosentin luokkaa (kuvio 18).



KUVIO 17. GW -linjan haketuksen väheneminen koeajossa lajittelijalla (koeajo merkitty suorakulmiolla)



KUVIO 18. PGW -linjan haketuksessa ei suurta muutosta lajittelijalla

6 POHDINTA

Koeajo suoritettiin Kirkniemen tehtaan massaosastolla. Koeajoa varten tehtaalle varattiin noin 6000 m³ kuitupuuta, jonka tavoite mitat olivat 310, 415 ja 520 cm., joilla ajettiin hieman yli kolme vuorokautta kestänyt koeajo. Koeajossa tuotantoa ajettiin normaalien tuotanto- ja laatutavoitteiden mukaisesti.

Koeajon ensimmäiseksi tavoitteeksi asetettu hiontapuun pituusmitan hallinta toteutui odotusten mukaisesti. Vajaamittaiset 70 cm hiontapuut hävisivät hiomon kuljettimelta lähes kokonaan. Tämän ansiosta puun kulku kiramosta hiomon jakokuljettimelle oli tasaisempaa, joten puiden oikominen helpottaa fyysistä räsitusta hiomon kenttämiehillä. Lisäksi hiontapuita tarvitsee poistaa aiempaa vähemmän jakokuljettimelta pätkälavalle, joten pätkälavojen tyhjennysväli pitenee. Uuden kuitupuun mittojen ansiosta hiontapuun keskipituus jakokuljettimella nousi 1,8 cm, joka tarkoittaa 1,8 % nousua hiomakoneiden täyttöasteissa.

Erikoismassatehtaalla uudet kuitupuunmitat eivät aiheuttaneet ongelmia jakokuljettimella. Hiontapuiden keskipituus nousi noin 3 cm, joka tarkoittaa 2,19% nousua hiomakoneiden täyttöasteissa. Erikoismassatehtaan pätkälavalla ei havaittu suurta eroa aikaisempaan kuitupuun mittaan.

Toisena tavoitteena olleeseen hakemäärän hallintaan ei arviointia pystytty tekemään suoraan lajittelijoiden datasta, vaan mittauksia ja laskelmia tehtiin manuaalisesti. Tämän vuoksi tarkkoja lukuja hakemäärästä ei ole saatavilla ja ne vaihtelevat päivittäin. Hakemäärän tavoite määräksi asetettiin 11 m³/h. Koeajon aikana tehdyistä laskelmissa saatiin hakemääräksi 10,7 m³/h, joten tavoitteen ei katsota täyttyneen. Koeajossa haketus siirtyi GW –linjalta erittäin voimakkaasti PGW –linjalle, joka oli odotettua. Yli puolet hakeesta syntyi PGW –linjan pätkäloukusta, jolloin hakkeen määrää ei voida kontrolloida, sillä kuitupuut eivät päädy lajittelijalle asti, jolla hakkuun ja hiomoon menevää virtaa voidaan kontrolloida. Suurimpana ongelmana uusilla kuitupuun mitoilla oli 520 cm mittaisesta kuitupuusta tuleva hieman yli 50 cm pätkä, joka hakkuun poikittain päätyessään on juuri sopivan mittainen aiheuttaakseen ruuhkan hakun nieluun. Tästä aiheutuu fyysistä räsitusta hiomon hoitajalle, joka joutuu purkamaan ruuhkan joko mekaanisesti käsin tai nosturia apuna käyttäen.

Korjausehdotuksena hakemäärälle, sen hallinnalle ja ruuhkien vähentämiselle olisi kuitupuun mittojen maltillinen kasvattaminen. Hieman pidemmällä kuitupuunmitoilla hakemäärää saataisiin kasvatettua tavoitemäärään. Keskimmäisen mitan nostaminen synnyttäisi katkaisulaitoksella hieman pidemmän vajaamittaisen, joista suurin osa ylittäisi pätkäloukun ja voitaisiin ohjata lajittelijan rajoja säätelämällä hakkuun tai hiomoon. Ruuhkia PGW –linjan hakun nieluun aiheuttavan 520 cm mitan nostamisella noin 50 cm vajaamittaisia tulisi vähemmän. Tämä kuitupuunmitta on jo itsessäänkin varsin pitkä, joten pituuden edelleen kasvattaminen voisi aiheuttaa uusia haasteita esimerkiksi kuitupuunvarastoinnissa ja sen käsittelyssä kurottajalla.

Kolmantena tavoitteena koeajossa ollut yhteinen kuitupuun varastointi toteutui odotetusti. Kuitupuun varastoinnin ollessa yhdessä päätevarastossa voidaan katsoa kuitupuun varastoinnin ja varastonkierron olevan paremmin hallittavissa, kun puuta voidaan syöttää molemmille linjoille samasta päätevarastosta. Lisäksi kurottajan ajomäärät laskevat, kun puuta voidaan varastoida ja ottaa käyttöön yhdestä päätevarastosta.

LÄHTEET

Puusta paperiin M-301. Hiokkeen valmistus. Metlas Ky. Anjalankoski.

Puusta paperiin M-301. Hiokkeen valmistus. Metsäteollisuuden työnantajaliitto. Myllykoski.

Puusta paperiin M-302. Hierteen valmistus. Metsäteollisuuden työnantajaliitto. Lappeenranta.

Klemetti, U., Kortelainen, V., Lyytikäinen, J., Seppälä, M., Siitonen, H., Sironen, R., Paperimassan valmistus, 1999, Helsinki: Hakapaino Oy. 23 – 30, 47, 49 – 53, 55, 57 – 58, 60 – 63

VTT/Proledge Oy, 2013. KnowPap Versio 15.0 (12/2013) [Online]