

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Imatra
Paperitekniikan koulutusohjelma

Teemu Huikko ja Markus Nuopponen

HIONTAKULMAN JA PYÖRIMISNOPEUDEN VAIKUTUS PITKITTÄISPAINEHIONTAAN

Opinnäytetyö 2011

TIIVISTELMÄ

Teemu Huikko ja Markus Nuopponen

Hiontakulman vaikutus pitkittäishionnassa, 59 sivua, 1 liite

Saimaan ammattikorkeakoulu, Imatra

Tekniikka, Paperitekniikan koulutusohjelma

Opinnäytetyö 2011

Ohjaaja: lehtori, DI Jarkko Männynsalo, Saimaan ammattikorkeakoulu

Työn tarkoituksena oli tutkia pitkittäishionnan valmistuksessa käytettävän hiontakulman, paineen ja hiomakiven pyörimisnopeuden vaikutusta paperitekniisiin ominaisuuksiin. Vertailukohtana toimi perinteinen paineistettu poikittaishionta (PGW). Tutkimuksen puulajit olivat kuusi ja haapa.

Mekaaniset massat valmistettiin laboratoriohiomakoneella, jolla pystyi myös valmistamaan paineistettua hioketta. Hionnassa muodostunut hienoaines kerättiin talteen Larox PF 0,1 painesuodattimella. Massoista mitattiin freeness, WRV ja kuituanalyysi Kajaani FS300 laitteella.

Suodatetuista massoista valmistettiin laboratorioarkkeja Rapid-Köthen -arkkimuottilaitteella. Arkeista testattiin vaaleus, opasiteetti, bulkki, ilmanläpäisevyys, repäisylujuus, vetolujuus ja puhkaisulujuus.

Laboratoriotuloksista voitiin havaita, että paineistetulla ja kulmassa hiotulla massalla oli paremmat lujuusominaisuudet referenssiajoon verrattuna. Massojen freeness oli huomattavasti pienempi pitkittäishionnassa.

Asiasanat: Pitkittäishionta, poikittaishionta, hiontakulma, hiontapaine, kuusihioke, haapahioke

ABSTRACT

Teemu Huikko and Markus Nuopponen

Effect of Grinding Angle on Ground Wood Properties, 59 pages, 1 appendix

Saimaa University of Applied Sciences, Imatra

Paper Technology

Final year project 2011

Tutor: Mr. Jarkko Männynsalu, M.Sc., Senior Lecturer. Saimaa UAS

The purpose of this thesis was to study the effect of grinding angle on ground wood pulp and its effects on paper properties. Traditional pressurized crosswise grinding (Pressure ground wood [PGW]) was used as a reference point. Spruce and aspen were the materials in this project.

Ground wood pulp was made with laboratory wood grinding machine which can also produce pressurized pulp. Fines formed in the pulping were recovered using Larox PF 0,1 pressure screen. Pulp was tested for freeness, WRV and fiber analysis with Kajaani FS300 apparatus.

Sheets were made from the screened pulps with Rapid-Köthen sheet form. Sheets were tested for lightness, opacity, bulk, air permeability, tear strength, tensile strength and burst strength.

According to laboratory results, pressurized and angle ground pulp had better strength properties compared to reference. Freeness of the pulp was significantly reduced.

Keywords: Crosswise Grinding, Lengthwise Grinding, Grinding Angle, Grinding Pressure, Spruce Ground Wood, Aspen Ground Wood

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	6
2 MEKAANINEN MASSA.....	7
3 HIOKE.....	8
3.1 Kuidun irtoamisen teoria.....	8
3.2 Veden vaikutus hionnassa.....	10
3.3 Hiontalämpötila.....	10
3.4 Puun kosteus.....	12
3.5 Puulajin vaikutus hiontaan.....	12
3.6 Puun rakenteelliset ominaisuudet.....	13
4 HIONTAPROSESSIT	14
4.1 Kivihionta GW.....	14
4.2 Kuumahionta TGW	15
4.3 Painehionta PGW.....	16
4.4 Superpainehionta PGW-S	17
4.5 Puun pitkittäishionta	17
5 HIOMAKIVI	18
5.1 Hiomakiven rakenne.....	18
5.2 Hiomakivien luokitukset.....	19
5.3 Hiomaraemateriaalit	20
5.4 Raekoko	20
5.5 Hiomakiven kovuus ja huokoisuus	21
5.6 Sideainetyyppi	22
6 HIOKKEEN LAJITTELU.....	22
6.1 Karkea lajittelu.....	23
6.2 Hieno lajittelu.....	23
7 HIOKKEEN SAOSTUS	24
8 HIOKKEEN KÄYTTÖ	25
9 HIOKKEEN LAADUN TUTKIMINEN	26
9.1 Massa-analyysit.....	26
9.1.1 Suotautuvuus.....	26
9.1.2 Tikkupitoisuus	27
9.1.3 Kuitujakauma	27
9.1.4 Vesiretentio	28
9.2 Arkkianalyysit	28
9.2.1 Tiheys ja bulkki	28
9.2.2 Vetolujuus ja venymä.....	29
9.2.3 Repäisylujuus.....	29
9.2.4 Puhkaisulujuus.....	30
9.2.5 Opasiteetti.....	30
9.2.6 Vaaleus.....	30
9.2.7 Ilmanläpäisevyys.....	31
10 TYÖN SUORITUS	31
10.1 Hionta.....	32
10.2 Tikunpoisto	33
10.3 Painesuodatus.....	34
10.4 Massan testaus	35
10.5 Arkitus	36
10.6 Arkkien testaus.....	36

11 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU	38
11.1 Massa-analyysit.....	38
11.1.1 Canadian Standard Freeness	38
11.1.2 Tikkupitoisuus	39
11.1.3 Vesiretentio	40
11.1.4 Keskimääräinen pituuspainotettu kuidunpituus ja hienoaines.....	41
11.1.5 Pituusmassa ja kuidun kiharuus.....	43
11.1.6 Kuusen pituus- ja massapainotettu osuus	45
11.1.7 Haavan pituus- ja massapainotettu osuus	47
11.2 Arkkianalyysit	49
11.2.1 Bulkki	49
11.2.2 ISO-Vaaleus.....	50
11.2.3 Opasiteetti.....	51
11.2.4 Vetoindeksi	52
11.2.5 Repäisyindeksi.....	53
11.2.6 Puhkaisuindeksi	54
11.2.7 Ilmanläpäisevyysindeksi	55
12 YHTEENVETO.....	56
LÄHTEET.....	59

LIITTEET

LIITE 1 Mittauspöytäkirja

1 JOHDANTO

Suomessa käytetään ensisijaisesti kuusta mekaanisen massan raaka-aineena, mutta myös haavan käyttö on mahdollista. Mekaaniselle massalle on ominaista, että kuidut ovat lyhyempiä, rikkonaisempia ja sisältävät enemmän hieno-ainesta kuin kemiallinen massa. Mekaanisen massan lujuus on kuitujen rakenteen vuoksi 20 - 50 % pienempi kuin kemiallisen massan. Mekaaninen massa mahdollistaa hyvät painatusominaisuudet parantuneen pinnan ominaisuuksien ansiosta (sileys, ilmanläpäisevyys). Korkea hienoainepitoisuus johtaa kemialliseen massaan verrattuna korkeisiin optisiin ominaisuuksiin (valonsironta, opasiteetti). (Puusta paperiin M-301, 17.)

Hiottava puu syötetään hiomakoneen kuiluun määrämittäiseksi leikattuna pöleinä poikittain kiven pyörimissuuntaa vasten. Puita painetaan kiveä vasten an-turalla tai kuilun seinän ketjukuljettimilla. Puun kuidut hioutuvat poikittain hion-tasärmien liikesuuntaa vastaan. Tärkeänä osana hiontaprosessia on suihkuvesi, joka säätelee hiontatapahtuman lämpötilaa. Kiven aiheuttama pyörimisliike tuo energiaa kiven pintarakenteesta hiottavan puun kuituihin. (Seppälä, M., Klemet-ti, U., Kortelainen, V-A., Lyytikäinen, J., Siitonen, H., Sironen, R. 2002, 38)

Tutkimuksen tarkoituksena pyritään selvittämään millaisia eri ominaisuuksia saadaan muuttamalla hiontaprosessissa olevia eri parametreja (kiven pyörimis-nopeus, paine, hiontakulma, hiontaorientaatio).

Pitkittäin hionnassa kuidut fibrilloituvat vielä perinteistä poikittaishiontaa enem-män, mikä parantaa pinta- ja lujuusominaisuuksia. Fibrilloituminen tuo esiin enemmän sekä hemi- että selluloosapintoja. Tämä tekee paperista vaaleam-paa.

Pitkittäin hiotun mekaanisen massan käytöllä voidaan vähentää kemiallisen massan määrää valmistettavassa tuotteessa ja siten kemiallisen massan kus-tannuksissa. Pitkittäin hionta kuluttaa kuitenkin enemmän energiaa perinteiseen poikittaishiontaan nähden.

2 MEKAANINEN MASSA

Mekaaninen massa on puun kuidutustapa, jossa ei käytetä kemikaaleja. Poikkeuksena ovat kemimekaaniset massat, joissa käytetään pieniä määriä kemikaaleja kuituuntumisen apuna. Täysin mekaanisissa prosesseissa kuituuntumisen edistämiseksi voidaan käyttää korkeampia lämpötiloja ja ylipainetta sekä näiden yhdistelmää. (Gullichsen, J., Paulapuro, H., Sundholm, J. 1999, 17)

Taloudellisesti ajatellen mekaaniset massat ovat edullisia verrattuna kemiallisiin massoihin. Tämä johtuu yksinkertaisemmasta valmistustekniikasta sekä pienemmistä kemikaalikustannuksista. Kuidutukseen kuluva sähköenergia voi olla 3,5 MW/h tonnilta. (Gullichsen ym. 1999, 20)

Mekaanisen massan raaka-aineina ovat kuusi, mänty, haapa. Puuraaka-aineen laatu vaikuttaa suuresti valmistettavan paperin laatuun. Näistä yleisimmät ovat kuusi ja haapa, joista Suomessa käytetään lähes ainoastaan kuusta. (Puusta paperiin M-301, 17)

Ideaalinen mekaanisesta massasta tuotetussa paperissa on korkea opasiteetti, vaaleus, bulkki ja sileys. Kemiallisiin massoihin verrattuna bulkkisuuden tuoma etu on vähentää raaka-ainetarpeita. Tämän takia massalla tulee olla myös riittävät lujuusominaisuudet. Mekaanisen luonteen vuoksi pitkäkuituista jaetta tulee verraten kemialliseen massaan vähemmän, mikä tekee massasta heikompa. (Gullichsen ym. 1999, 20)

Mekaanisen massan optiset ominaisuudet ovat kemiallista massaa huonommat. Myöskään massan vaaleus ei ole niin stabiili, eikä siitä saada niin vaaleaa. Valkaisua heikentävät lisäksi epäpuhtaudet. (Gullichsen ym. 1999, 20)

3 HIOKE

Hioke on puupölleistä mekaanisesti jauhettua massaa, jossa puut jauhautuvat poikittain pyörivää jauhinkiveä vasten. Hiokkeen saanto hiomatavasta riippuen on yli 98 %, ja kemiallisilla massoilla se on vain 45 - 50 %.

Suuren saannon ansiosta hioke sisältää lähes samassa suhteessa ligniiniä, uutaineita ja kuitukomponentteja kuin käsittelemätön puu. (Gullichsen ym. 1999, 19)

3.1 Kuidun irtoamisen teoria

Mekaanisen massan valmistuksessa puuaineesi altistetaan voimakkuudeltaan ja pituudeltaan erilaisille rasituksille, jotka muokkaavat kuituja paperin valmistukseen soveltuvaksi. Koska puu on viskoelastinen (luonnollinen polymeerinen materiaali), mekaanisen käsittelyyn vaikuttaa suuresti lämpötila, kosteus ja rasituksen alainen aika. Puupolymeerin siirtymälämpötila, eli äkillisen puumateriaalin pehmenemisen lämpötila on tärkeä kuituuntumisen kannalta. (Lönnerberg, B., Haikkala, P., Härkönen, E., Lucander, M. 2009, 36)

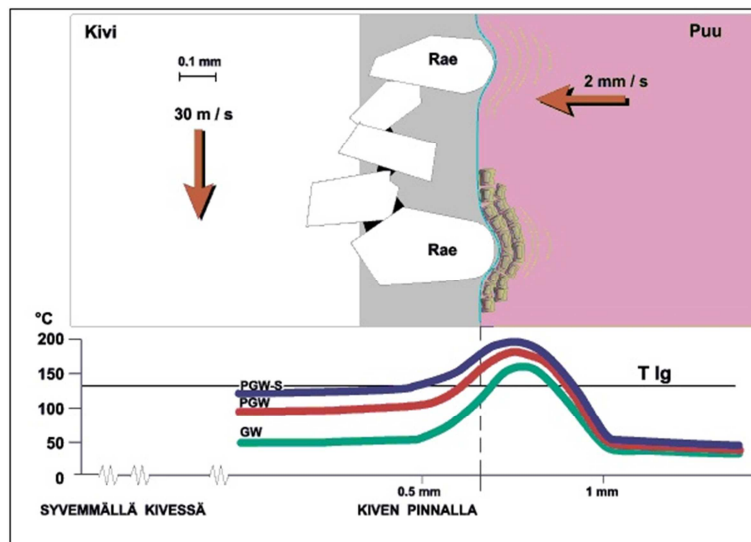
Mekaanisessa massanvalmistusprosessissa puumateriaali sisältää aina enemmän vettä, kuin mikä vastaa täysin kyllästynyttä kuituseinämän kosteutta. Näissä olosuhteissa selluloosa ja hemiselluloosa pehmenee jo 20 °C:ssa, joten ligniinin pehmentämisellä on suurempi rooli mekaanisen massan valmistuksessa. Vedellä kyllästetyn kuusen koko kuiturakenteen pehmeneminen tapahtuu 90 °C:ssa taajuudella 0,5 Hz. Impulssitaajuutta nostamalla ligniinin pehmeneminen siirtyy korkeammille lämpötiloille. (Lönnerberg ym. 2009, 36)

Puun monimutkaisen rakenteen puolesta tulee ottaa huomioon useita kohtia. Puun pehmittäminen ennen kuiduttamista on tärkeää pitkäkuituisen massan saamiseksi. Mitä suurempi on puuhun absorboitunut vesimäärä, sitä pehmeämmäksi puu tulee tietyllä lämpötilalla. (Lönnerberg ym. 2009, 41)

Hionnassa keraamisen kiven hiomarakeet synnyttävät leikkaus- ja puristuspulsseja. Näiden pulssien tulee olla riittävän voimakkaita irrottaakseen kuituja tehokkaasti. Riittämätön voimakkuus ei tuota kuituja väsyttävää impulssia, vaan lämmittää vain puuta turhaan. (Lönnberg ym. 2009, 42)

Hiomakiven pyöriessä sen pinnan kohoumat painavat kuituja kasaan huippujen kohdalla ja ohitettuaan huipun kuidut palaavat entiseen muotoonsa (Kuva 3.1). Tällainen nopea värähtely, jonka taajuus voi olla jopa 40 000 - 50 000 iskua sekunnissa, lämmittää ja heikentää puusta muutaman kymmenen solukerroksen paksuuden. Kuitujen irtaantuminen alkaa kuidun päistä. (Seppälä ym. 2002, 38)

Kitkavoimat jatkavat puun kuitujen irrottamista, ja irronneet kuidunosat taipuvat hiomakiven liikesuuntaan. Lopullisesti irrottuaan kuidut kulkeutuvat hiomakiven pintakoloissa pois. (Seppälä ym. 2002, 38)



Kuva 3.1 Hiontarajapinta (KnowPap 5.0)

Kulkeutuessaan hiomapinnalla kuidut joutuvat varsinkin hiomapinnan loppupuolella mekaanisen käsittelyn alaisiksi, ja käsittely hajottaa irronneita kuitukimppuja ja saa yksittäiset kuidut jauhautumaan. (Seppälä ym. 2002, 38)

3.2 Veden vaikutus hionnassa

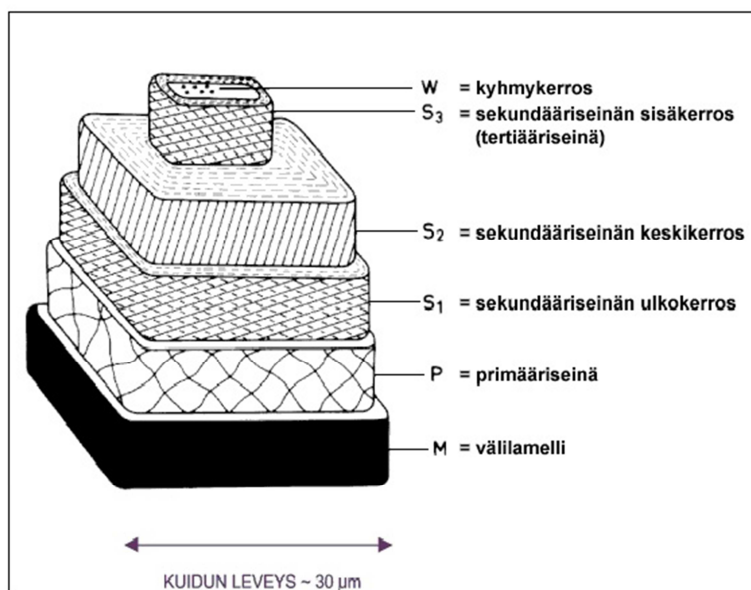
Tärkeänä vaikuttavana tekijänä hiontapinnalla on vesi, joka muodostaa voitelevan kerroksen hiontakiteiden ja puun kuitujen väliin. Vettä suihkutetaan suuttimilla ennen ja jälkeen hiontapintaa, jotta kiven huokokset pysyvät avoimina. Voiteleva vesikerros pienentää kitkaa, kuitenkin välittäen värähtelyt, joita syntyy kiven pinnan kohoumien kulkiessa puun pintaa pitkin. Vesi toimii myös hiontalämpötilaa säätelevänä tekijänä sekä puun että kiven pinnalla estäen puun palamisen. (Seppälä ym. 2002, 38)

Liian alhainen suihkuveden lämpötila heikentää kuitujen pehmenemistä hiontapinnalla aiheuttaen kuitujen katkeilua. Liian suuri lämpötila voi aikaansaada ei-toivottua massan tummenemista. (Lönnberg ym. 2009, 43)

3.3 Hiontalämpötila

Solujen kasvaessa rungon suuntaisiksi ja pitkänomaisiksi, niistä tulee kuituja. Selluloosaa ja hemiselluloosaa kertyy primääriseinän sisäpuolelle, jolloin soluseinäjä paksuuntuu (kuva 3.2). Samalla alkaa ligniinin kehittyminen. (Isotalo 2004, 24)

Sekundääriseinä muodostaa pääosan soluseinästä. Kerros jaetaan kolmeen osaan, jotka ovat ulkokerros S1, keskikerros S2 ja sisäkerros S3 (Kuva 3.2). Nämä eroavat lähinnä paksuutensa ja mikrofibrillikulmiensa perusteella. Mikro-fibrillit voivat kiertää kuidun pituusakselia oikealle tai vasemmalle. (Jääskeläinen & Sundqvist 2007, 51)



Kuva 3.2 Kuidun rakenne (KnowPap 5.0)

Puun rakenne rikotaan samalla välttämättä kuitujen tarpeeton katkeilu, jolloin hiontalämpötilan on oltava niin korkea, että kuidut eivät ole enää hauraita. Puukuidussa oleva hemiselluloosa ja selluloosakomponentit pehmenevät jo 20 °C:ssa kuidun ollessa kyllästettynä vedellä. Hionta lämpötilan ollessa liian alhainen on puun rakenne jäykkä ja puun rakenneosat hauraita. Hionnassa kuitu irtoaa puurakenteesta pääosin sekundääriseinän ulkokerroksesta ja keskikerroksesta (Kuva 3.2). Hienoainetta syntyy runsaasti, kun kuidut halkeilevat ja katkeilevat irrotessaan. Hiontalämpötilan ollessa riittävän korkea irtoavat kuidut ligniinin pehmenemisen ansiosta helpommin väli lamellin kohdalta. Ehjien kuitujen osuus massasta kasvaa lämpötilan noustessa, ja sekundääriseinän keskikerros alkaa purkautua, ja massa vapautuu vapaita fibrillirakenteita. (Haikkala, P., Karojärvi, R., Liimatainen, H., Lucander, M., Tuovinen, O. 1999, 49)

Kuituja toisiinsa sitova ligniini pehmenee jo 100 °C:n lämpötilassa. Atmosfäärisessä hionnassa hiontapinnan lämpötila on 110 - 150 °C, painehionnassa 130 - 170 °C ja superpainehionnassa 150 - 180 °C. Lämpöä ilon syvyys ulottuu puussa noin 0,5 mm:n syvyyteen ja lämpötilahuippu sijaitsee 0 - 0,25 mm:n syvyydellä. Tällöin osa hiontapinnalla olevasta vedestä on paineen alaisena höyryä. (Seppälä ym. 2002, 38)

3.4 Puun kosteus

Ligniinin pehmenemiseen ja kuitujen irtoamiseen vaikuttaa merkittävästi puun kosteus. Ligniinin pehmenemislämpötila kasvaa puun kuiva-ainepitoisuuden kasvaessa. Kuitujen irrottaminen ennen riittävää pehmentymistä vahingoittaa kuituja helposti. Tällöin saadaan heikkoa lyhytkuituista massaa, jonka hienoainepitoisuus on korkea. Hienoaine on luonteeltaan pölymäistä. Puun kosteuden ollessa alhainen nousee hionnassa puun lämpötila helposti niin korkeaksi, että puu palaa. Paineen kasvaessa veden kiehumispiste kohoaa. Hionnan paineistuksella voidaan estää veden haihtumista hiontapinnalta ja puuaineksesta samalla nostaen hiontakoneeseen tulevien suihkuvesien lämpötilaa. Kuidutuslämpötilan kohotessa ja riittävän kosteuden ansiosta puun ligniini pehmenee paineistetussa hionnassa enemmän kuin perinteisessä paineettomassa hionnassa, jolloin kuidut irtaantuvat puusta helpommin ja ehjempinä. (Puusta paperiin M-301, 18)

3.5 Puulajin vaikutus hiontaan

Suomen puulajeista hiontaan soveltuvat kuusi, mänty ja haapa. Kuusihiokkeella on hyvä vaaleus, hyvät lujuusominaisuudet ja matala uuteainepitoisuus (2 %). Männystä saadaan atmosfäärisessä hionnassa suuremmalla energiankulutuksella noin kolmasosan huonommat lujuusominaisuudet ja korkean uuteainepitoisuuden (5 %) (omaavaa) massaa. Kuusen ja männyn välinen lujuusero painehionnassa on pienempi ja energiankulutus vakio suotautuvuuteen on samaa tasoa. Mäntyä käytetään Suomessa hiokkeena hyvin vähän. (Puusta paperiin M-301, 69)

Havupuukuidut ovat pitkiä (noin 3mm), paksuseinäisiä ja niissä on hyvät lujuusominaisuudet verrattuna lehtipuukuituihin. Lehtipuukuidut antavat massalle hyvän opasiteetin ja paperiin hyvän formaation, joka johtuu kuitujen lyhyydestä (noin 1mm) ja ohutseinäisyydestä. Kovat lehtipuut eivät sovellu erityisen hyvin hiokkeen valmistukseen, mutta haavasta voidaan hioa massaa ilman vaikeuksia. Hiomista voidaan helpottaa kemiallisen käsittelyn avulla samalla parantaen massan ominaisuuksia. (Puusta paperiin M-301, 69)

3.6 Puun rakenteelliset ominaisuudet

Puun rakenteellisiin ominaisuuksiin vaikuttaa puun kasvupaikka ja perintötekijät. Näihin ominaisuuksiin voidaan laskea oksaisuus, tiheys, sydän- ja pintapuun osuus ja kevät- ja kesäpuun osuus. (Puusta paperiin M-301, 69)

Ilmastovyöhyke, kasvupaikka ja puun ikä vaikuttavat saman puulajin eri yksilöiden tiheyteen. Saman rungon sisällä tiheys vaihtelee mm. eri korkeuksissa runkoa. Mitä suurempi on puun tiheys, sitä kovempaa ja lujempaa puu on. Hionnassa energiankulutus kasvaa hiottua tilavuusyksikköä kohti, puun tiheyden kasvaessa. Tuotettua massayksikköä kohti ei energiankulutuksessa ole merkittävää eroa. (Puusta paperiin M-301, 69)

Massan lujuusominaisuuksiin vaikuttaa huomattavasti puun kevät- ja kesäpuun suhde. Nopeasti kasvaneet kevätpuukuidut ovat ohutseinäisempiä, vapautessaan pehmeitä, joustavia ja ne parantavat paperin vetolujuutta. Repäisylujuutta parantavat kesäpuukuidut ovat paksuseinäisiä ja jäykkiä. Suomalaisen männyn kesäpuuosuus on keskimäärin 25 % poikkileikkauksen pinta-alasta, kuusella noin 15 %. (Puusta paperiin M-301, 69)

Sydänpuusta tehty massa on huonompaa kuin pintapuusta valmistettu, koska sydänpuussa on pienempi kosteus ja enemmän pihkaa. Sydänpuuosuus pienee mentäessä ylöspäin pituussuunnassa. Tukkipuussa on enemmän sydänpuuta kuin latvassa, josta kuitupuu tehdään. (Puusta paperiin M-301, 69)

Oksan kuitusuunta poikkeaa rungon kuitusuunnasta, mikä huonontaa hiokkeen laatua. Oksan kohta kuituuntuu päittäishiontana, mikä on epäedullista massan laadun kannalta. Reaktiupuuta, jota kutsutaan havupuilla lylyksi, muodostuu oksan alapinnalle. Reaktiupuusta saatava massa on lyhytkuituista ja tikkuista. Tummat partikkelit, jotka alentavat massan vaaleutta, syntyvät kuivuneista oksantyyngistä. (Puusta paperiin M-301, 70)

4 HIONTAPROSESSIT

Eri hiontaprosesseissa käytetään niille ominaisia paineita ja suihkuveden lämpötiloja (Taulukko 4.1).

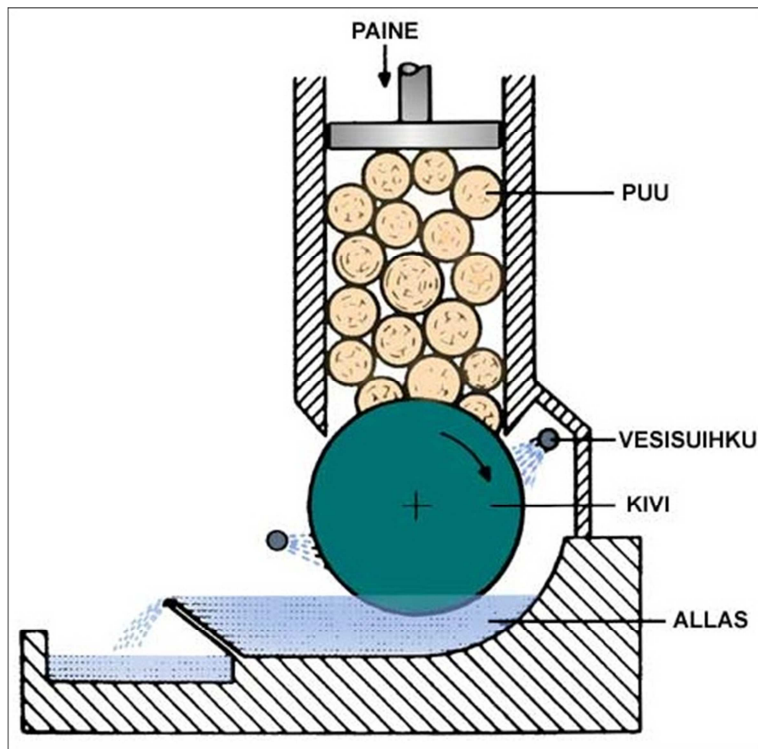
Taulukko 4.1 Hiontamenetelmät päätyypeittäin (Puusta paperiin M-301, 34 - 36; Seppälä ym. 2002, 38 - 39)

Hioke	Paine, Bar	Suihkuvesi, °C	Nimityksiä
GW	0	65 - 75	groundwood, kivi- hioke
TGW	0,02 - 0,03	70 - 80	thermogroundwood, kuumahioke
PGW	2-3	70 - 95	pressure ground- wood, painehioke
PGW-S	4 - 4,5	95 - 120	super pressure groundwood, su- perpainehioke

Hiontaprosessissa veden lämpötilaa voidaan nostaa ylipaineen avulla. Hiontaprosessit voidaan luokitella paineen ja suihkuveden lämpötilan perusteella eri tyyppeihin.

4.1 Kivihionta GW

GW-hionnassa hiomakoneeseen syötetään kuorittua puuta, suihkuvettä ja energiaa (Kuva 5.1). Suihkuveden lämpötila on oltava 65 - 75 °C, jotta ligniiniä saadaan pehmenettyä riittävästi hyvän hiontatuloksen saavuttamiseksi. Massan lämpötilan tulee olla 10 - 25 °C korkeampi kuin suihkuveden lämpötilan, riippuen tavoitteena olevan hiokkeen hienousasteesta ja hiomakiven terävyydestä. (Seppälä ym. 2002, 38 - 39)



Kuva 4.1 Kivihionta (KnowPap 5.0)

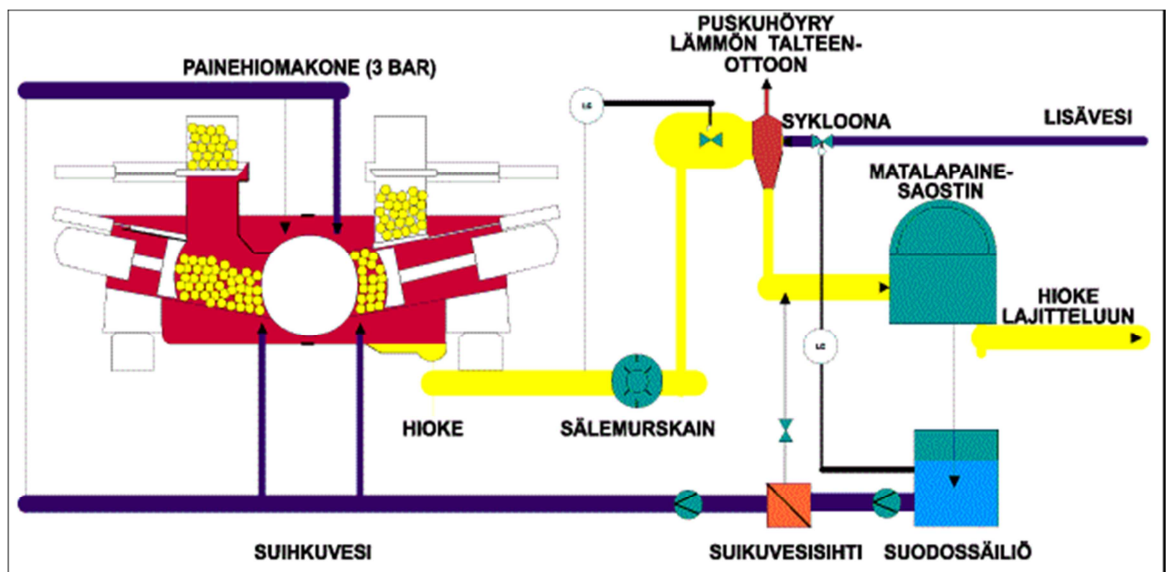
GW-hionta tapahtuu atmosfäärissä ilmanpaineessa. Suihkuveden lämpötilaa valittaessa tulee ottaa huomioon, että lämpötila on kuituuntumisen kannalta riittävän kuuma. Liian korkea suihkuveden lämpötila johtaa riittämättömään kiven jäähtymykseen, puun lämpötilan nousuun ja puun palamiseen. (Seppälä ym. 2002, 38 - 39)

4.2 Kuumahionta TGW

Kuumahionta eroaa kivihionnasta siten, että suihkuveden lämpötila on korkeampi. Voithin 1980-luvun alussa kehitetty kuumahiontamenetelmä soveltuu ketjuhiomakoneille. Jotta lämpötilaa voitaisiin nostaa, on ylipaineen avulla estettävä veden paikalliset höyrystymiset ja puun kuivuminen. Ylipaine saadaan aikaan, kun hiontakammiossa hiomakiven päällä on 20 - 30 cm:n paksuinen vesipatsas. Hiontakammion ja kiven rajakohtien täytyy olla niin tiiviit, että vesipatsas saadaan pysymään hiontapinnalla. Hiontaprosessissa oleva vesi pyrkii kondensoitumaan, ja lämpöhäviöt höyryn muodossa hiontapinnalta pienenevät. (Seppälä ym. 2002, 39)

4.3 Painehionta PGW

Painehionta tapahtuu enintään 3 baarin ylipaineessa ja suihkuvesien lämpötilojen tulee olla 90 - 95 °C, jolloin hiotun massan lämpötila nousee tasolle 105 - 120 °C. Painehionnassa puun syöttö hiomakoneeseen tapahtuu paineistettavan välikammion kautta. Ylipaine välikammioon ja hiontatilaan luodaan paineilman avulla. Painehionnan vaatimien korkeiden suihkuvesilämpötilojen ylläpitäminen on toteutettu kuumakierron avulla. Massa poistetaan hiomakoneesta puskemalla se koneen ylipaineen avulla automaattiventtiilin kautta puskusykloonan. Automaattiventtiili pitää massapinnan vakiona puskuputkessa, jolloin paineilma ei pääse purkautumaan hiomakoneesta. Poistoputkessa on ennen puskuventtiiliä paineenalainen sälemurskain, joka murskaa säleet ja isot tikut. Massa paisutetaan ilmanpaineeseen puskusykloonassa, jolloin vapautuu matalapainehöyryä (Kuva 4.2). (Puusta paperiin M-301, 34; Seppälä ym. 2002, 39 - 40)



Kuva 4.2 Painehionta (KnowPap 5.0)

Noin 100-asteinen painehioke johdetaan sykloonasta painesakeuttimeen, jossa noin 1,5 %:n puskusakeudessa oleva massa saostetaan yli 10 %:n kuiva-ainepitoisuuteen. Erottuva 95–100-asteinen suodos palautuu takaisin suihkuvesikiertoon. Sakea painehioke laimennetaan kiertovedellä 3 - 4 %:n sakeuteen painesaostajan poistoruuvilla, jolloin massa jäähtyy lajitteluun sopivaan lämpötilaan. (Puusta paperiin M-301, 34; Seppälä ym. 2002, 39 - 40)

4.4 Superpainehionta PGW-S

Superpainehiontaprosessissa hiomakoneen ylipaine on nostettu 5 baariin ja suihkuveden lämpötila 120 °C:een. Haluttaessa käyttää yli 100 °C:n suihkuvesilämpötiloja massa tulee puskea kolmessa vaiheessa ennen saostusta tai saostaa korkeapainesaostimella. (Puusta paperiin M-301, 36)

Kolmivaiheisessa puskussa suihkuvesi lämmitetään massasta otetulla lämpöenergialla. Tämä mahdollistaa matalapainesaostimen ja atmosfäärisen suihkuvesisäiliön käytön. Lämmönsiirtojärjestelmässä saostimen suodos lämpenee 120 °C:een ja massa jäähtyy 100 °C:een. (Puusta pap eriin M-301, 36)

4.5 Puun pitkittäishionta

Puun pitkittäishionnassa puun keskilinjaa syötetään ylhäältä päin hiomakiveä vasten niin, että puut ovat vaakatasossa tai pienessä kulmassa vaakatasoon nähden. Puukuidut jauhautuvat voimakkaammin ja vaativat suuremman energian verrattaessa perinteiseen poikittaishiontaan. Tämä johtuu kuitujen orientaatiosta hiomakiven pyörimissuuntaan nähden.

Pitkittäishionta tuottaa pidempiä ja fibrilloituneempia kuituja, kuin poikittaishionta. Nämä ominaisuudet parantavat lujuus- ja optisia ominaisuuksia. Kulman lisäyksellä saadaan nostettua lujuusominaisuuksia.

5 HIOMAKIVI

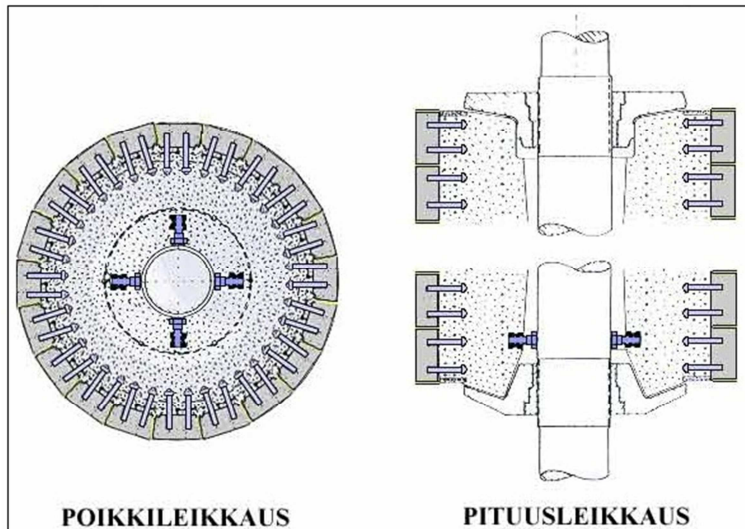
Hiomakiven laatu sekä sen pinnan käsittely vaikuttaa merkittävästi hiokkeen laatuun ja tuotannon määrään. Nykyiset hiomakivet ovat lähes kaikki keraamisia. (Puusta paperiin M-301, 60)

Hiomakivi on kuluva koneen osa ja se vaatii seuranta. Kivelle täytyy tehdä teräys tietyn väliajoin, jotta tuotantomäärät tai hiokkeen laatu eivät huonontuisi. (Puusta paperiin M-301, 60)

5.1 Hiomakiven rakenne

Kivi muodostuu keraamisista segmenteistä, jotka ovat kiinnitettynä teräsbetoni- tai metallirunkoon rautapulteilla tai kiinnitystangoilla (Kuva 5.1). Segmenttien välissä on elastista massaa, jonka segmenttien lämpölaajeneminen puristaa kokoon. (Puusta paperiin M-301, 60)

Segmentit koostuvat kovista rakeista, jotka ovat kiinnitettynä pehmeämpään sidosaineeseen. Hiomarakeiden valmistusmateriaali on joko piikarbidi tai alumiinioksidi. Rakeiden sidosaineena käytetään maasälvästä ja kaoliinista valmistettua lasimassaa. Hiomakiven karakteristiikka määräytyy raemateriaalin, raekoon, raekokojakauman, sidosaineen, sidosaineen kovuuden, huokoisuuden ja rakeiden etäisyyden perusteella. (Puusta paperiin M-301, 60)



Kuva 5.1 Keraaminen segmenttikivi (KnowPap 5.0)

5.2 Hiomakivien luokitukset

Kivien luokitusmerkinnät koostuvat kuudesta osasta. Merkintöjen osat kertovat tietoja kiven rakenteesta esimerkkitaulukon 5.1 mukaisesti. (Gullichsen ym. 1999, 126)

Taulukko 5.1 Hiomakivien luokitusmerkinnät (Gullichsen ym. 1999, 126)

1.	2.	3.	4.	5.	6.
A	601	N	7	V	G

Osa 1: Hiomaraemateriaali

Osa 2: Kaksi ensimmäistä lukua kertoo hiomarakeiden keskikoon ja viimeinen numero jakauman

Osa 3: Hiomakiven kovuus

Osa 4: Hiomakiven huokoisuus

Osa 5: Sideaineen tyyppi

Osa 6: Valmistajan symboli tai erikoispiirre sideaineessa tai joku muu erikoisuus segmentissä

Hiomakivimateriaalien luokittelu perustuu yleisiin keraamisiin luokitussääntöihin. Luokituksessa esiintyy pieniä poikkeamia eri valmistajien kesken. (Gullichsen ym. 1999, 126)

5.3 Hiomaraemateriaalit

Hiomaraakeita on käytössä pääasiassa kolmea eri tyyppiä taulukon 5.2 mukaisesti. (Puusta paperiin M-301, 61)

Taulukko 5.2 Hiomaraemateriaalit (Puusta paperiin M-301, 61)

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

Tavallinen alumiinioksidi (A) on Suomessa yleisimmin käytetty raetyyppi. Puhdalla alumiinioksidilla (38A) on parempi hiomaraakeiden välinen sidoslujus, kuin tavallisella alumiinioksidilla. Korkean keraamisen makrolujuuden ansiosta puhdasta alumiinioksidia suositellaan käytettäväksi painehionnassa. (Puusta paperiin M-301, 61)

Piikarbidirakeet ovat teräväsärmäisempiä, kovempia ja hauraampia verrattuna alumiinioksidirakeisiin. Piikarbidihiomakivi antaa pidempikuituista massaa, mutta samalla energiankulutus kasvaa. (Haikkala ym. 1999, 126)

5.4 Raekoko

Raekoko keramiikassa ilmoitetaan mesheinä, joka kertoo kuinka monta lankaa on ollut tuumalla kyseisen raekoon seulonnassa. Yleisimmät raekoot millimetreinä on esitetty taulukossa 5.3. (Puusta paperiin M-301, 61)

Taulukko 5.3 Mesh-luvun ja hiomarakeen keskihalkaisijan vastaavuus Nortonin mukaan (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 käytetyn raekoon. Merkintä on valmistajakohtainen. Esimerkiksi Nortonin merkintä 703 ilmaisee, että keramiikan keskiraekoko on 70 mesh ja se muodostuu raejakaumasta 60, 70 ja 80 mesh, joita kutakin on noin 33 %. (Puusta paperiin M-301, 61)

5.5 Hiomakiven kovuus ja huokoisuus

Keraamisen segmentin kovuus on voima, jolla sidokset pitävät hiontarakeet kiinni kivessä. Hiomakiven kovuus ei liity hiontarakeiden tai sideaineen kovuuteen. Kovuus ilmoitetaan aakkosjärjestyksessä kirjaimella J...S, missä J on pehmeä ja S on kova. Mitä suurempi on kovuus, sitä pienempi on hiomakiven kuluminen ja vaikeampi kiven teroitus. Jos hiomakivi on liian pehmeä, on sillä taipumus terävöityä itsestään käytössä. Tällöin hiomakivi kuluu käytössä niin nopeasti, että hiomakiven pinnalla on aina uusia hiomarakeita eikä kiveä tarvitse koskaan teroittaa. Tämän kaltainen kuluminen on lähes mahdotonta hallita. (Haikkala ym. 1999, 127)

Hiomakiven huokoisuus kertoo hiomakiven huokosten määrän segmentissä. Numero ilmoittaa hiontarakeiden suhteellisen osuuden tilavuudesta välillä 3...12, jossa 3 minimi ja 12 maksimi. Hiomakiven huokoisuus osaltaan kertoo, kuinka hyvin hiomakivi pystyy kuljettamaan vettä hionta-alueelle. Tosin vaikka

hiomakivi olisi kuinka huokoinen tahansa, tukkeutuu hiomakiven pinta hionta-prosessissa melko nopeasti. (Haikkala ym. 1999, 127)

5.6 Sideainetyyppi

Sideainetyypin kirjainkoodin ensimmäinen kirjain V (=Vitrified) tarkoittaa lasimaista sideainetyyppiä, jota käytetään puuhiomakivissä. Kirjainyhdistelmän loppuosa on vain valmistajan tiedossa ja se kertoo tarkemman kemiallisen koostumuksen. Norton käyttää seuraavia merkintöjä, jotka on esitetty taulukossa 5.4 (Puusta paperiin M-301, 63)

Taulukko 5.4 Sideainetyyppien kirjainkoodit Nortonilla (Puusta paperiin M-301, 63)

VG (Suomessa yleisin)
VB (VG:tä pehmeämpi)
VS (ruskea HAX-sideaine)

6 HIOKKEEN LAJITTELU

Hiomakoneesta tuleva massa ei sellaisenaan sovellu hyvän paperin tai kartongin valmistukseen epäpuhtauksien vuoksi. Puuraaka-aineen mukana tulee kuoriainesta, hiekkaa, kiviä ja muita sinne kuulumattomia aineita. Hiontaprosessin aikana hiomakivestä irtoaa hiomarakeita ja sidosainetta, sekä hiomaton tikkumassa ja säleet vaativat jatkokäsittelyä. Hiomon kiertovedet sisältävät myös haitallisia aineita paperikoneella ajoin, kuten pihka- ja limajakeita. (Seppälä ym. 2002, 49)

Hiokkeen lajittelun tärkein tehtävä on tikkujen ja säleiden poistaminen. Tikut lajitellaan erilleen syötetystä massasta ja ohjataan rejektinkäsittelyyn. Rejektinkäsittely sisältää tikkujauhimia ja rejektilajittimia tehtaan mittakaavan mukaan. (Seppälä ym. 2002, 49)

6.1 Karkea lajittelu

Tärylajittimella tehdään karkea lajittelu, joka poistaa hiokkeesta suuret jakeet, kuten säleet, suuret kuitukimput ja muut isot kappaleet. Lajittimessa on reikälevy, jonka reikien halkaisija on välillä 4 - 8 mm tai rakolevy, jonka rakoväli on 1 - 2 mm. Tikkumurskaimella reikien halkaisija on 20 mm. (Seppälä ym. 2002, 49)

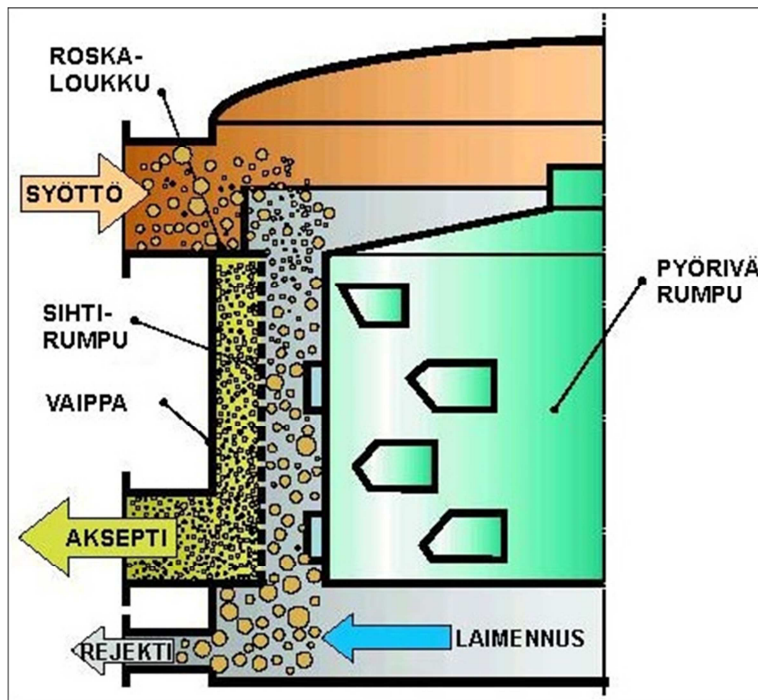
Tärylajittimelle syötettävän massan suuret kappaleet kulkeutuvat reikä- tai rakolevyn ohi, ja aksepti putoaa sen läpi. Lajittelun parantamiseksi ja tukkeutumisen estämiseksi lajitinta ravistetaan. Tästä muodostunut karkea rejekti vietään hienonnuksen. (Seppälä ym. 2002, 49)

6.2 Hieno lajittelu

Hienolajittelussa massasta poistetaan kuitukimput, kuorikappaleet, kivet, hiekka ja muut pienet epäpuhtaudet. Koostumukseltaan erilaiset epäpuhtaudet vaativat useamman lajittimen. Hienossa lajittelussa käytetään paine-eroihin ja keskeisvoimaan perustuvia lajittimia. (Seppälä ym. 2002, 49 - 50)

Hienolajitteluun syötettävä massa laimennetaan kiertovedellä sopivaan syötösakeuteen (0,5 - 2 %). Syötettävän massan sakeus, paine-ero syötön ja akseptin välillä ja rejektisuhde vaikuttavat lajittimen toimintaan. (Seppälä ym. 2002, 49 - 50)

Painelajittelussa hioke syötetään paineenalaiseen sihtiin tangentiaalisesti, jonka lajittelupintana toimii 1 - 2 sihtirumpua. Hyväksytyt jae läpäisee sihtipinnan ja läpäisemätön jae johdetaan ulos painelajittimesta rejektinkäsittelyyn (kuva 6.1). (Seppälä ym. 2002, 50)



Kuva 6.1 Painesihdin toimintaperiaate (KnowPap 5.0)

Reikä- tai rakopintaa käytetään sihtipintana, ja se pidetään puhtaana sykesiivillä tai kyhmypintaisilla rummuilla. Nämä pyöriessään saavat sihtipinnalla aikaan voimakkaan imupainesykkeen. (Seppälä ym. 2002, 50)

7 HIOKKEEN SAOSTUS

Lajittelusta saatavan massan sakeus on hyvin pieni. Hiokkeen varastointia ja mahdollista valkaisu varten, laimea hioke tulee saostaa. Näin ollen hioketta mahtuu enemmän hioketorniin ja mahdollinen valkaisu on tehokkaampaa. Tällöin suuri osa hiomon kiertovedestä pysyy hiomon puolella sekoittumatta kone-vesikiertoon. (Seppälä ym. 2002, 52.)

Mekaaniset massat saostetaan yleensä kiekkosäostimellä. Käytettävä syötösakeus kiekkosäostimillä on 0,5 - 1.2 %. Pinnan viirakangas estää massan pääsyn suoraan segmenttiin. Kiekkosuodin koostuu pyörivästä keskiakselista, johon on kiinnitetty sektoreita kiekoksi. Jokaiselta sektorilta on yhteys keskiakselin kuiluun, jota pitkin suodos virtaa akselin toisessa päässä olevaan suodosventtiiliin. Suodosventtiililtä on pudotus (4 - 8 m), jonka aiheuttama alipaine te-

hostaa suodatusta. Paine- ja superpainehionnassa tulee käyttää paineistettuja saostimia, jotta massan vesifaasi ei kiehuisi paineen alentamisen yhteydessä. Suodos jaetaan saostussovellutuksissa normaalisti kahteen jakeeseen, sameaan ja kirrkaaseen suodokseen. Kiekon pyöriessä segmenttiin muodostunut kuitumatto kohoaa saostimen yläosaan, jossa kevyt suihkuvesi pudottaa sen massakuiluun. Sakeutetun massan konsentraatio on 8 - 15 % suotautuvuudesta riippuen. (Gullichsen ym. 1999, 346)

8 HIOKKEEN KÄYTTÖ

Mekaanista massaa käytetään pääasiassa puupitoisiin painopapereihin. Näillä on hyvä opasiteetti ja painettavuus alhaisilla neliöpainoilla, mutta vähäinen lujuus ja kestävyys verrattuna kemialliseen massaan. Lisäksi hiokkeen tulee olla halpaa suhteessa kemialliseen massaan. (Puusta paperiin M-301, 22)

Tuotantolaitoksen ekonomia ja ekologia paranevat, kun samasta määrästä puuta saadaan tehtyä enemmän paperia kasvattamalla mekaanisen massan osuutta. Mekaanisen massan saanto (97 - 98 %) paljon suurempi verrattaessa kemialliseen massaan (45 - 50 %). (Puusta paperiin M-301, 22)

Mekaanisten massojen tärkeimmät käyttökohteet ovat painopaperit. Näitä ovat muun muassa sanomalehtipaperi, superkalanteroitu täyteainepitoinen SC-paperi ja päällystetty LWC-paperi, joihin käytetään yhteensä noin 90 % tuotetusta mekaanisesta massasta. (Puusta paperiin M-301, 22)

Mekaanista massaa käytetään myös erikoispapereihin (kirjapaperi, jatkolomakepaperi), tiettyihin pehmopaperilaatuihin, revinnäismassaksi ja taivekartonkiin lähinnä runkokerrokseen. Eri lopputuotteet asettavat mekaanisen massan ominaisuuksille erilaisia vaatimuksia. (Puusta paperiin M-301, 22)

9 HIOKKEEN LAADUN TUTKIMINEN

Mekaanisesta massasta määritetään normaalisti suotautuvuus (freeness), vesiretentio, tikkupitoisuus ja kuitujakauma. Valmistetusta paperista mitataan vaaleus, valonsirontakyky, veto-, repäisy- ja puhkaisulujuus.

Hiokkeen laadun tutkiminen on tärkeää muun muassa hiomon toiminnan kannalta. Hiokkeen laadussa tapahtuneet muutokset voivat viitata jonkun laitteen eroavasta toiminnasta tai puuaineksen laadun muutoksista. Paperilaatujen kriteerien vaatimat ominaisuudet ovat keskeisin syy tutkia paperin laatua.

9.1 Massa-analyysit

Massa-analyseillä varmistetaan välittömät kuidutustapahtumaan liittyvät parametrit. Näihin ominaisuuksiin päästään vaikuttamaan lyhyellä viiveellä siksi, että massat voidaan analysoida suoraan hiomakoneelta tulevasta massasta.

9.1.1 Suotautuvuus

Suotautuvuus on massasulpun kyky luovuttaa vettä. Kemiallisille massoille tehdään pääasiassa SR-testi (Schopper-Riegler). Mekaanisille massoille tehdään freeness-testi (CSF, Canadian Standard Freeness), joka on yleisesti käytössä oleva suotautuvuuden mitta. CSF-mittaus on staattinen, eikä siten ole hyvin verrattavissa nykyaikaisten paperikoneiden vedenpoiston kanssa. Useat mekaanisen massan ominaisuuksista korreloivat voimakkaasti CSF:n kanssa. (Puusta paperiin M-301, 23)

Mitä pienempi on massan CSF-arvo, sitä hienompi ja hitaammin suotautuva massa on. Paperin laatuvaatimusten noustessa freeness-tavoite yleensä alenee, eli massalta vaaditaan pienempää suotautuvuustilavuutta. Tyypillisiä CSF-tavoitteita ovat sanomalehtipaperille 80 - 100 ml, SC-paperille 45 - 55 ml ja LWC-paperille 35 - 50 ml. (Puusta paperiin M-301, 23)

9.1.2 Tikkupitoisuus

Tikuksi luokitellaan yleensä kuitukimppu, jossa on 2 - 4 kuitua rinnan. Keskimääräisen kuusikuidun leveys on 0,03 mm. Tikkupitoisuus vaikuttaa paperin ajettavuuteen paperikoneella lisäten ratakatkojen riskiä sekä painettavuuteen pölyävänä kuituaineksena. Tikkupitoisuuden määrittämiseen on useita menetelmiä, muun muassa Somerville, PFI, Pulmac, STFI, PQM. (Puusta paperiin M-301, 23)

Somerville-menetelmä on Pohjoismaissa yleisimmin käytetty menetelmä. Siinä erotellaan rakoseulalevyllä tikut massasulpusta niiden leveyden perusteella. STFI-menetelmässä tikkujen pitoisuus mitataan optisesti, ja tikut luokitellaan 16 eri luokkaan. (Puusta paperiin M-301, 23)

Somerville-menetelmä soveltuu katkoja aiheuttavien kuitukimppujen määrän mittaamiseen, kun STFI-menetelmä soveltuu myös pölyävän tikkuaineksen mittaamiseen. Massojen tiukka laatuvaatimuksien kasvu edellyttää massojen lajittelua alhaiseen tikkupitoisuuteen, jolloin pienten pölyävien tikkujen määrittäminen tulee tarpeelliseksi. Somerville on prosentuaalinen määrä hiotusta puuaineesta, joka jää tärysihdin päälle. (Gullichsen ym. 1999, 405)

9.1.3 Kuitujakauma

Mekaanisen massan valmistuksessa syntyy kolme eroteltavaa kuitujaetta. Nämä jakeet tukevat toinen toistaan, jotta saavutetaan riittävät lujuus- ja pinnan ominaisuudet. Pitkäkuitujae lisää paperin lujuusominaisuuksia ja kokoonpuristuvuutta, mutta voi heikentää paperin pinnan sileyttä ja optisia ominaisuuksia. Suuri hienoainejae lisää massan suotautuvuusvastusta ja parantaa optisia ominaisuuksia. Huonosti sitoutuva hienoaines voi kuitenkin aiheuttaa paperin pölyämistä.

Pitkäkuitujakauma koostuu pitkistä, suoraviivaisista ja eheistä puukuiduista. Kivihiokkeesta saadaan tyypillisesti alle 20 % pitkäkuituista jaetta fraktiorajasta riippuen. Pitkäkuitujae antaa mekaaniselle massalle paremman repäisyjuu-

den. Vähäisesti fibrilloitunut pitkäkuitujae ei muodosta sitoutunutta kuituverkkoa ilman keski- ja hienoainesjaetta.

Kuitujakauman mittaus tapahtuu nykyään kuituanalysointilaitteilla, jotka ovat pitkälle automatisoituja. Esimerkiksi Kajaani Elektronikan FS-sarja määrittää kuitufraktiot ja -pituudet kuvaamalla erittäin laimeaa massaa CCD-kameralla. (Puusta paperiin M-301, 23 - 24)

9.1.4 Vesiretentio

WRV osoittaa käytännöllisesti, miten tiukasti kuiturakenne pidättää vettä. Vesiretentio määritetään pääasiassa kemiallisista massoista hyvän toistettavuuden takia, mutta joissain tapauksissa myös mekaanisista massoista. Määrityksen pääperiaate on sentrifugoida märkää massaa määrätty aika. Sentrifugoitu massa punnitaan ja kuivatetaan uunissa. Tämän kuivatetun massan erotuksen avulla määritetään vesiretentioarvot. (Gullichsen ym. 1999, 403; Karlsson 2006, 44)

Vesiretentio kertoo paremmin veden poistosta puristinosalla kuin Canadian Standard Freeness tai Schopper-Riegler. WRV:hen vaikuttavat myös suolapitoisuus, pH ja lämpötila. (Hiltunen & Levlin 1999, 46)

9.2 Arkkianalyysit

Mekaanisilta massoilta vaaditaan yleensä hyviä lujuusominaisuuksia, joiden yleisiä käyttökohteita ovat monikerroskartonkien runkokerrokset, SC-paperi, LWC-paperi sekä sanomalehtipaperi. Lisäksi mekaanisen massan hyvä lujuus antaa mahdollisuuden alentaa kemiallisen massan osuutta seoksessa, joka vähentää kustannuksia.

Arkkianalyysit tehdään standardin mukaisissa olosuhteissa. Saadut tulokset suhteutetaan neliöpainoon, toisin sanoen tulokset ilmoitetaan indekseinä.

9.2.1 Tiheys ja bulkki

Tiheys ja bulkki ovat rakenteellisia ominaisuuksia, jotka voidaan laskea paksuudesta ja neliömassasta. Bulkki on tiheyden käänteisluku, eli tilavuuden suhde painoon. Tiheys lasketaan jakamalla neliömassa paksuudella. Yksiköinä käytetään kg/m^2 ja m^2/kg . Paperille pyritään saamaan hyvä bulkki, joka korreloi hyvän opasiteetin, repäisylujuuden ja kokoonpuristuvuuden kanssa. Tavoiteltaessa parempia pinnan ominaisuuksia ja vetolujuutta joudutaan yleensä tyytymään pienempään bulkkiin. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 83)

9.2.2 Vetolujuus ja venymä

Vetolujuus on tärkeä tekijä ajettavuuden kannalta paperikoneella aina kuivausrhymästä rullaimelle asti. Vetolujuutta vaaditaan myös pituusleikkurilla ja arkki-leikkurilla. Painokoneella paperirataan kohdistuu vetoa ja kiihdytyksiä eri painotelojen välillä. Vetolujuus on riippuvainen kuitupituudesta ja sidosten muodostuskyvystä. Kuitujen sidostuneisuus on näistä merkittävin tekijä, mutta vetolujuus määräytyy osittain yksittäisten kuitujen vahvuudesta. Testiolosuhteet vaikuttavat myös testituloksiin. Kuormitusnopeuden lisääminen kasvattaa mitattua vetolujuutta. Paperin kosteuden lisääntyessä vetolujuus pienenee, mutta venymä kasvaa. Eri suunnissa leikatuilla suikaleilla voidaan tutkia myös paperin kuituorientaatiota, koska vetolujuus on hyvin riippuvainen kuitujen suuntautuvuudesta. (Puusta paperiin M-301, 24; Hiltunen & Levlin 1999, 143 - 144)

Venymä on suhteellinen matka, jonka testiliuska kestää katkeamatta verrattuna liuskan alkuperäiseen pituuteen. Suurella osalla papereista venymä on luokkaa (1 - 5) %, mutta yli 20 %:n arvoja voi löytyä tietyiltä paperilaaduilta, kuten pehmpapereilta. Vetolujuus ilmoitetaan vetoindeksinä ($N \times \text{m/g}$) ja venymä prosentteina. (Hiltunen & Levlin 1999, 142)

9.2.3 Repäisylujuus

Repäisylujuus tai sisäinen revintävastus on voima, joka riittää pitämään yllä repeytymistä. Repäisylujuusmittaus tehdään esirevitylle testiarkille, joko kone- tai poikkisuunnassa. Repäisylujuus on tärkeä ominaisuus muun muassa pakkaus-kartongeilla ja säkkipapereilla. (Hiltunen & Levlin 1999, 145)

Vahvemmat ja pidemmät kuidut kasvattavat repäisylujuutta. Kuitujen orientaatiolla ja sidosten vahvuudella on myös merkittävä vaikutus. Parhaaseen repäisylujuuteen päästään kuituorientaation ollessa kohtisuoraa repeämää vasten. Repäisylujuuden yksikkö on Newton (N) tai millinewton (mN), joka muutetaan repäisyindeksiin ($\text{mN} \times \text{m}^2/\text{g}$). (Hiltunen & Levlin 1999, 146)

9.2.4 Puhkaisulujuus

Puhkaisulujuus on suurin paine minkä paperi kestää hajoamatta, kun paine on kohtisuoraan paperin pintaa vasten. Mittaus on luonteeltaan empiirinen eikä sitä ole määritetty fysikaalisin termein. (Hiltunen & Levlin 1999, 144)

Puhkaisulujuus viittaa luonteeltaan vetolujuuteen ja venymään. Puhkaisuun tarvittava paine on lujuuden mitta, joka ilmoitetaan puhkaisuindeksinä yksikkönä ($\text{kPa} \times \text{m}^2/\text{g}$). (Hiltunen & Levlin 1999, 144)

9.2.5 Opasiteetti

Opasiteetti on kuvastaa materiaalin kykyä estää valon kulkua. Painettua tekstiä sisältävällä paperilla on tärkeä olla riittävä opasiteetti, jotta teksti ei näy paperin kääntöpuolella.

Määrityksen mukaan täysin läpinäkymättömän paperin opasiteetti on 100. Painopapereilla arvo on yleensä vähintään 85. (Hiltunen & Levlin 1999, 175)

9.2.6 Vaaleus

Vaaleutta mitataan optisella analysaattorilla, joka antaa monenlaisia mittaustuloksia. ISO-vaaleus (R_{457}) mitataan aallonpituudella 457 nm spektrin ollessa varsin kapea (44 nm). ISO-vaaleus ei ole hyvä vaaleuden vaikutelman mitta, koska se jättää suuren osan spektristä huomioimatta. (Hiltunen & Levlin 1999, 173)

ISO-vaaleus ei kuvasta parhaimmalla tavalla ihmissilmän näkemää vaaleutta. Tähän soveltuu paremmin Y-arvo, jonka spektri ulottuu (400 - 700) nanometrin alueelle painottuen aallonpituudelle 557 nanometriä. Molemmat vaaleudet ilmoitetaan prosentteina. Mustan heijastamattoman materiaalin ISO-vaaleus on 0 % ja täysin heijastavan materiaalin 100 %. (Hiltunen & Levlin 1999, 173 - 174)

9.2.7 Ilmanläpäisevyys

Paperi koostuu pääasiassa kuitumateriaalista, joka muodostaa verkoston kuitujen välisillä sidoksilla ja kuitujen väliset tilat muodostavat huokosverkoston. Paperin ilmanläpäisevyyskyky riippuu ratkaisevasti huokoisuudesta ja huokoskoon jakautumisesta.

Ilmanläpäisevyyden avulla voidaan ennustaa nesteiden tunkeutumista paperiin. Painoväriin tunkeutuminen päällystämättömien paperien sisään ja läpi korreloi ilmanläpäisevyyden kanssa. Pienellä ilmanläpäisevyydellä on tärkeä vaikutus Syväpainossa painettavalle SC-paperille.

Bendtsen-menetelmää käytetään yleisesti mittaamaan ilmanläpäisevyys, jossa mitataan paperin läpi menevä ilmavirtaus (ml/min) tietyllä mittapäällä käytettäessä paine-eroa 0,74 kPa tai 1,47 kPa. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 88 - 89)

10 TYÖN SUORITUS

Työ aloitettiin sahaamalla tuoreet haapa- ja kuusipöllit noin 4,7 cm:n paksuisiksi kiekkoiksi. Pitkittäin hiottavat lajit sahattiin 15 asteen kulmassa puun poikkipintaa nähden. Tämän jälkeen kiekot sirkkeloitiin kuutioiksi, joiden kantti oli 4,7 cm. Leikatut kuutiot lajiteltiin erilleen lajin ja kulman mukaan, jonka jälkeen ne varastoitettiin pakastimeen.

10.1 Hionta

Hiomakivenä toimi Norton 32A46-KVBE. Rakeiden kideaine koostui alumiinioksidista, jonka keskimääräinen halkaisija on 508 mikronia (Kuva 10.1).



Kuva 10.1 Norton 32A46-KVBE hiomakivi.

Hionnassa vaihtuvat muuttujat olivat puulaji, hiontapaine, kiven kierrosnopeus ja hiontakulma taulukon 10.1 mukaan.

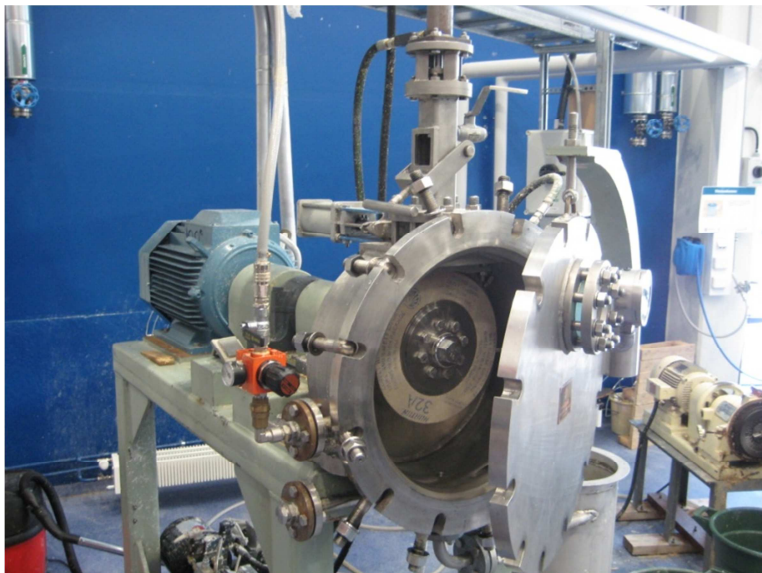
Taulukko 10.1 Kuusen ja haavan hiontaparametrit

	Paine	Kierrosluku	Hiontakulma	Orientaatio
Puulaji	Atmosfäärinen	1500	15	Pitkittäin
Puulaji	2 Bar	1500	0 (referenssi)	Poikittain
Puulaji	2 Bar	1500	0	Pitkittäin
Puulaji	2 Bar	1500	15	Pitkittäin
Puulaji	2 Bar	500	0	Pitkittäin
Puulaji	2 Bar	500	15	Pitkittäin

Mekaaninen massa valmistettiin laboratoriohiomakoneella (Kuva 10.2). Ennen hiontaa pakastettuja puukuutioita keitettiin 10 minuuttia. Hiomakoneen kunto tarkistettiin, ja se esilämmitettiin kiven suihkuveden avulla 55 °C:een. Hiomakoneesta (kuva 10.2) ajettiin yksi puukuutio läpi vieraan kuituaineksen poistami-

seksi ja samalla säädettiin koneen pyörimisnopeus rasituksessa ajettavan lajin mukaan. Nämä toimenpiteet toistettiin aina ennen uuden lajin ajoa.

Hionta aloitettiin haavan atmosfäärillä ajolla, jossa kuidut olivat pitkittäin 15 asteen kulmassa. Hiomakoneesta juoksutettiin kivenalusmassaa niin kauan, kunnes ulos tuleva virta oli pelkästään vettä. Kutakin massatyyppiä varten hiottiin kaksi pesällistä puukuutioita (8 kuutiota). Paineistetuissa ajoissa hiontakammioon kytkettiin paineilma. Painesäätimellä asetettiin lukemaksi 2 baaria. Hiomakoneen poistoputken venttiiliä suljettiin hieman, jottei paine laskisi. Muut paineistetut ajot suoritettiin samalla tavalla säätäen kierrosnopeus ja paine sopiviksi.



Kuva 10.2 Laboratoriohiomakone

Hiottaessa 500 rpm:n nopeudella hiomakivi pysähtyi moottorin väännön puutteesta. Tämä ratkaistiin antamalla hydraulisynterille pieniä sykäyksiä. Paineetomassa hionnassa jouduttiin avaamaan hiomakoneen poistoaukko siihen tukkeutuneiden tikkujen ja lastujen takia.

10.2 Tikunpoisto

Hionnan jälkeen massoista poistettiin tikut ja lastut Somerville-menetelmällä. Tärysihdin rakoväli oli 0,2 mm (kuva 10.3). Rejeki kerättiin talteen ja sitä kuiva-

tettiin kuivauskaapissa kaksi vuorokautta, jonka jälkeen pystyttiin laskemaan tikkujen osuus kuidutetusta massasta.



Kuva 10.3 Somerville-tärysihti

Aksepti ja hienoaines laskettiin saaveihin. Suuren tikkupitoisuuden (omaaviin) massoihin täytyi lisätä vettä, jotta tärysihti ei tukkeutunut.

10.3 Painesuodatus

Painesuodatus toteutettiin Larox PF 0,1 H 2-painesuodattimella, tikkujen poiston jälkeen (Kuva 10.4). Suodatinkankaana käytettiin Tamfeltin S2200-L1. Saatua suodosta kierrätettiin painesuodattimen läpi, kunnes suodos oli kirkasta.



Kuva 10.4 Larox PF 0,1 H 2-painesuodatin

Kuidut muodostuivat suodatinkankaan päälle kakuksi, joka kerättiin talteen sarkoihin varastointia varten. Ennen kakun irrotusta sen läpi ajettiin paineilmaa ylimääräisen veden poistamiseksi. Jokaisesta kakusta määritettiin kuiva-ainepitoisuus.

10.4 Massan testaus

Ennen massan testausta kuidut pulperoitettiin ionivaihdettuun veteen. Pulperoidusta massasta määritettiin kuiva-ainepitoisuus pikakuivaimella. Sulpusta testattiin kolme kertaa CSF (Canadian Standard Freeness) Lorenzen & Wettresin valmistamalla laitteella. Laite kostutettiin ensin vedellä ajamalla nollostesti. Laitteen osia lämpötilaa mittaamalla ja veden lämpötilaa säätämällä saatiin laite standardin SCAN-C 21:65 mukaiseen kuntoon. Mittaukset suoritettiin myös standardin mukaisesti.

Massasta määritettiin kuitupituus ja - jakauma. Määrittämiseen käytettiin Metson valmistamaa KajaaniFS300-kuituanalysointilaitetta.

WRV-testiä varten pulperoidusta massasta määritettiin kuiva-ainepitoisuus. WRV-määrittämistä varten jokaista massaa mitattiin 1 g ilmakeivana, ja massa kaadettiin imusuodatuksen avustamana viirakuppiin. Viirakupissa käytettiin 120

mesh viiraa. Viirakuppeja sentrifugoitiin 10 minuuttia 4300 kierroksessa minuuttissa. Sentrifugoidut massat punnittiin, jonka jälkeen ne laitettiin kuivauskaappiin kuivumaan vuorokaudeksi. Absoluuttisen kuivat massat punnittiin. Punnitusten erotuksien arvosta saatiin määritettyä vesiretentioarvot.

10.5 Arkitus

Massoista valmistettiin 144 arkkia Estanit, Edelstahl- und Gußtechnikin valmistamalla Rapid Köthen-arkkimuotilla (Kuva 10.5). Arkkien valmistuksessa käytettiin nollavesikiertoa hienoaineksen retention parantamiseen. Viirakoko arkki-
muotissa oli 150/160 mesh.



Kuva 10.5 Estanit, Edelstahl- und Gußtechnikin valmistama Rapid Köthen-arkkimuotilaite

Laitteella arkitettiin keskimäärin 3 kertaa, ennen kuin lopullinen neliömassa saavutettiin. Kiertoveden lämpötilaksi asetettiin 60 °C. Märät arkit kuivatettiin arkkimuotilaitteistoon integroidulla alipaineuivaimella.

10.6 Arkkien testaus

Arkkien annettiin ilmastoitua standardin mukaisissa olosuhteissa vuorokauden, olosuhteissa 22,5 °C ja rH 47,2 %.

Neliöpainon ja bulkin määrittämisessä paperin paksuutta mitattiin Lorenzen & Wettressin Micrometer 51-laitteella. Arkkit punnittiin järjestyksessä tarkalla vaa'alla merkiten samalla massat muistiin. Samaisessa järjestyksessä suoritettiin paksuusmittaus. Näin ollen jokaiselle arkille voitiin määrittää bulkki.

Vaaleus ja opasiteetti mitattiin jokaisen massan kuudesta arkista Lorenzen & Wettressin ELREPHO-laitteella. Arkkien ilmanläpäiseväisyys mitattiin Messmer Büchelin Bendtsenin v 3,7b-laitteella käyttäen 0,74 kPa ilmanpainetta. Ilmanläpäisevyydestä toteutettiin 8 arkin otannalla, ja mittauksessa arkin viirapuoli oli alaspäin.

Repäisytestiä varten jokaisesta arkista leikattiin kolme kappaletta 62 cm x 50 cm kokoisia näytekappaleita. Laitteena toimi Messmer Büchelin Digi-Tear. Näytekappaleita asetettiin kolme vierekkäin pystysuunnassa testilaitteen pihteihin ja ne lukittiin. Laitteen heilurin vapautus repäisi koepalat kahtia ilmoittaen repäisytestin millinewtoneina. Sama testi suoritettiin vaihtamalla koepalan viirapuoli toiseen suuntaan.

Vetoluusmittauksia varten arkeista leikattiin 15 mm leveitä suikaleita. Mittauksessa käytettiin Testometric Micro 350-laitetta. Jokaisesta arkista otettiin kahdeksan arkin otanta. Kunkin massan koepalat kiinnitettiin mittauspään yläkiinnikkeeseen. Suikaleita kiinnitettiin yksi kerrallaan alakiinnikkeeseen ja suoritettiin mittaus.

Puhkaisulujuus mitattiin ilmanpainekäyttöisellä Lorenzen & Wettressin Burst-O-Matic-laitteella. Puhkaisutesti suoritettiin kolme kertaa yhdelle arkille, ja tuloksista otettiin keskiarvo. Puhkaisupaineena käytettiin 1606 kPa.

11 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELO

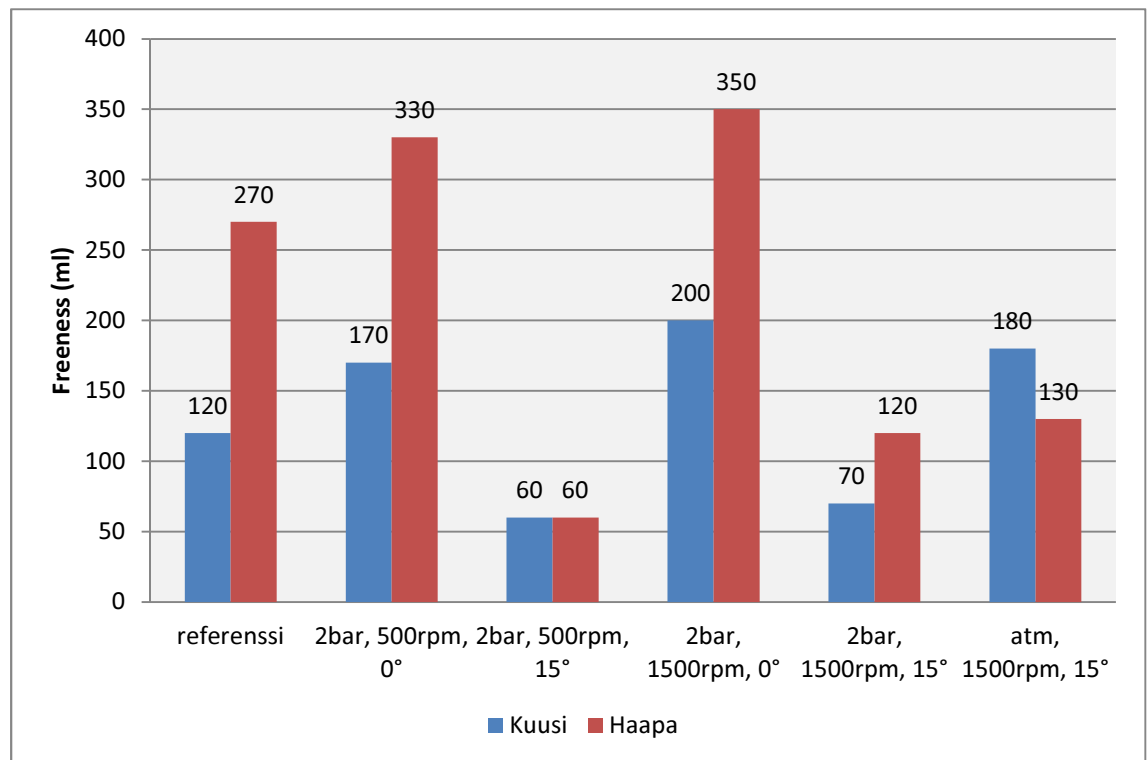
Tuloksissa tarkasteltiin lähinnä paineen, kierrosnopeuden ja hiontakulman vaikutuksia referenssiin. Kuusi ja haapa asetettiin samoihin taulukoihin, jotta hiontaparametrien vaikutusta voitiin vertailla keskenään.

11.1 Massa-analyysit

Massa-analyysien tulokset ja tulosten käsittely tarkastellaan graafisesti. Massa-analyseissä tarkastellaan massan ja yksittäisten kuitujen ominaisuuksia.

11.1.1 Canadian Standard Freeness

Testitulosten mukaan havaittiin, että 15°:een hiontakulmalla freeness pieneni alle puoleen molemmilla puulajeilla (Kuvio 11.1). Paineistuksella ei ollut suurta vaikutusta suotautuvuuteen.

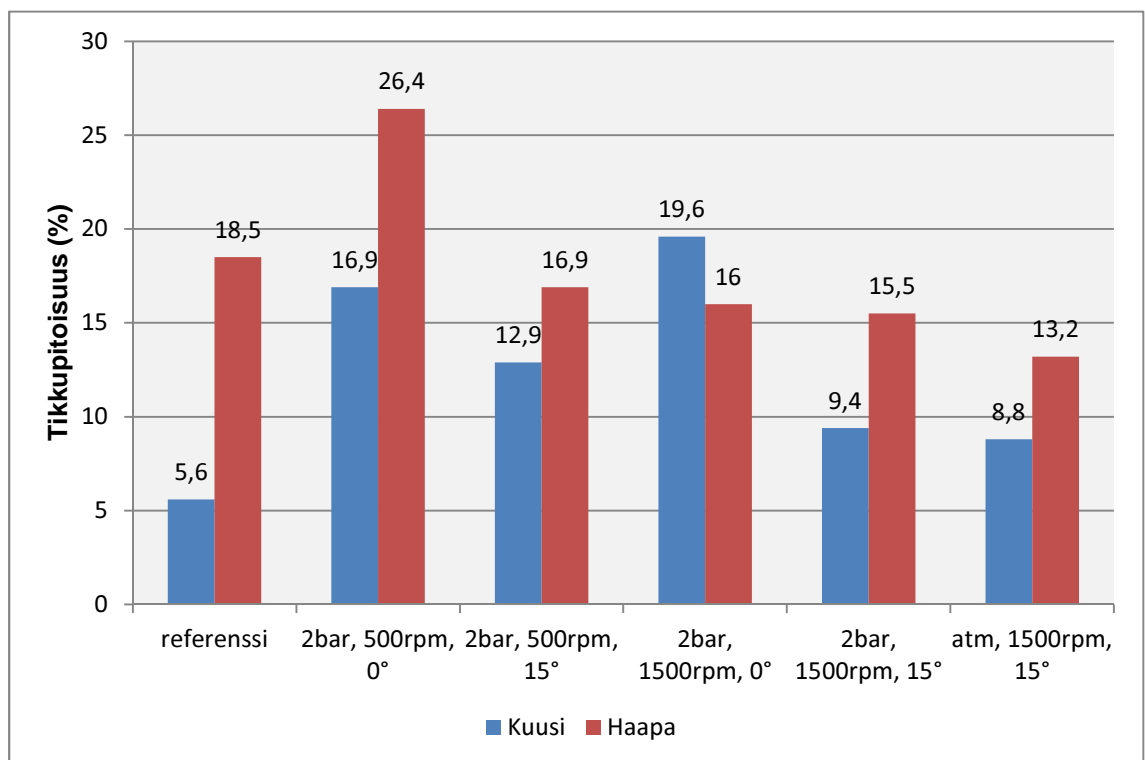


Kuvio 11.1 Freeness.

Tuloksista voidaan havaita, että 15°:een kulmassa hiotun massan kuidut ovat rikkonaisempia ja hienoainesmäärä suurempi. Tämän seurauksena freeness on pienempi.

11.1.2 Tikkupitoisuus

Pitkittäishionnassa tikkupitoisuus kasvaa molemmilla puulajeilla verrattuna referenssiajioon (Kuvio 11.2). Paineistuksella ei ollut merkitystä tikkupitoisuuteen. Pitkittäishionnassa 0°-kulmasta siirryttäessä 15°:k ulmaan tikkupitoisuus pieneni.

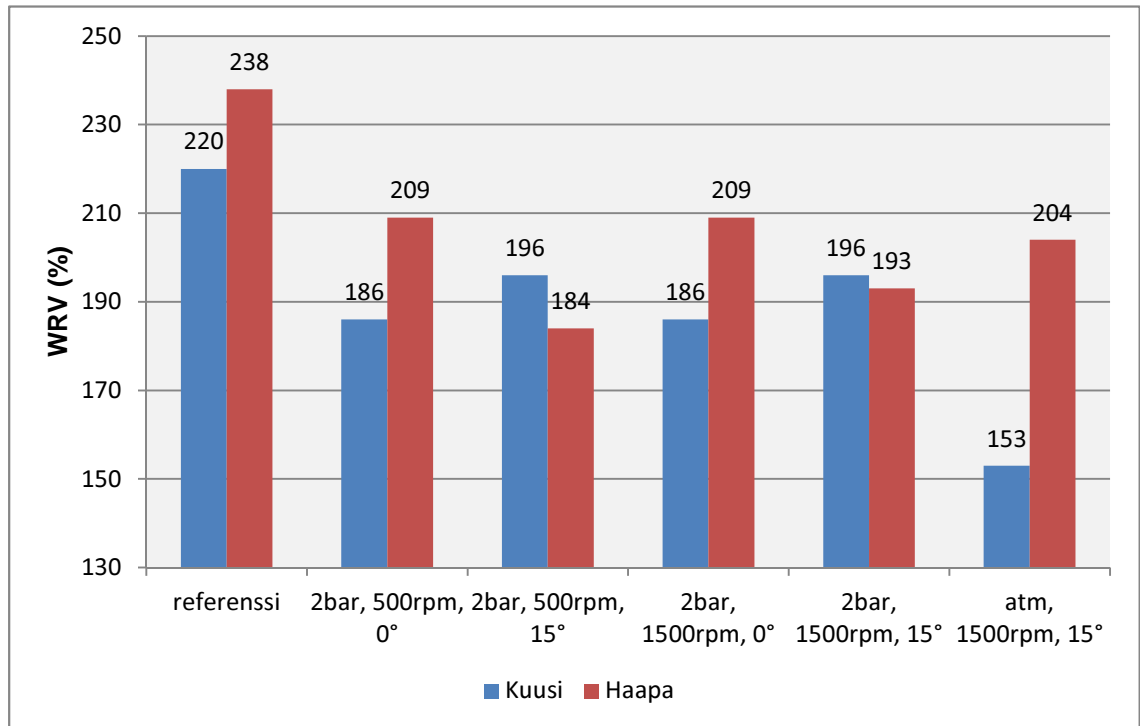


Kuvio 11.2 Tikkupitoisuus

Pitkittäishionnassa syntyy enemmän jauhaantumattomia kuitukimppuja, jotka eivät läpäise rakosihtiä. Paineistuksella ei ollut hyötyä, koska suihkuveden lämpötilaa ei saatu nostettua yli 55 °C:n.

11.1.3 Vesiretentio

Kuviosta 11.3 havaitaan vedenpidätyskyvyn pienenevän pitkittäishionnassa verrattuna referenssiin.

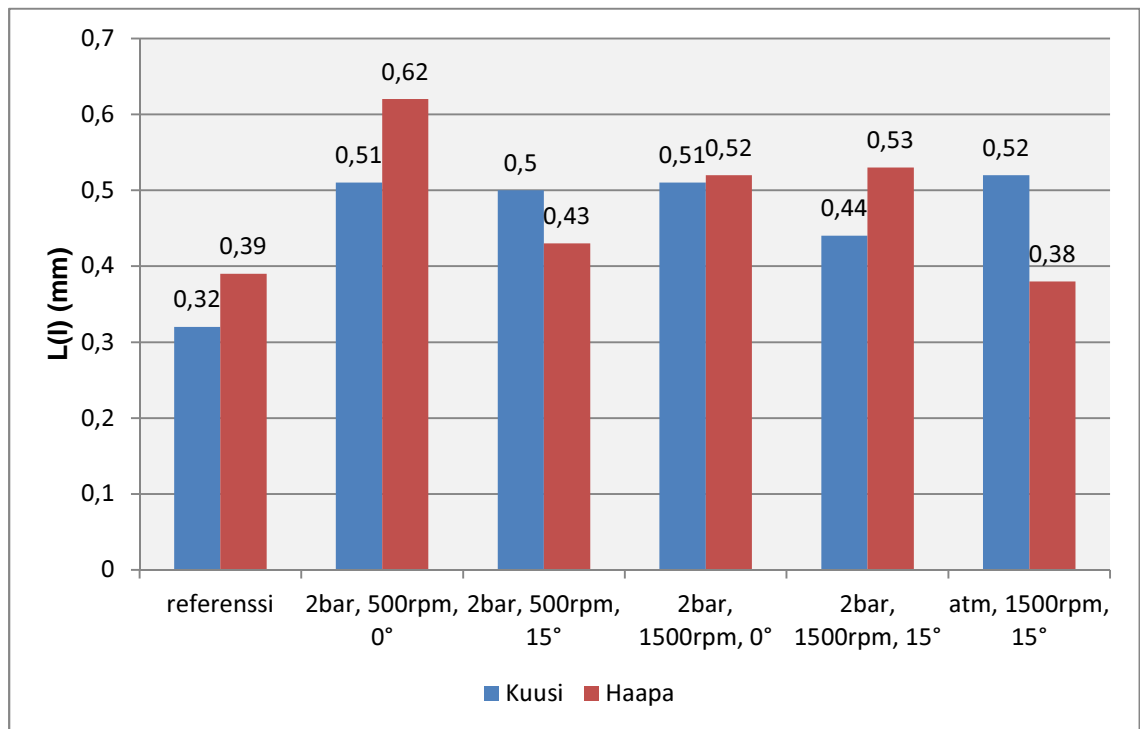


Kuvio 12.3 Vesiretentioarvot

Haavalla vesiretentio pieneni ja kuusella suureni, kun hiotakulmaa kasvatettiin.

11.1.4 Keskimääräinen pituuspainotettu kuidunpituus ja hienoaines

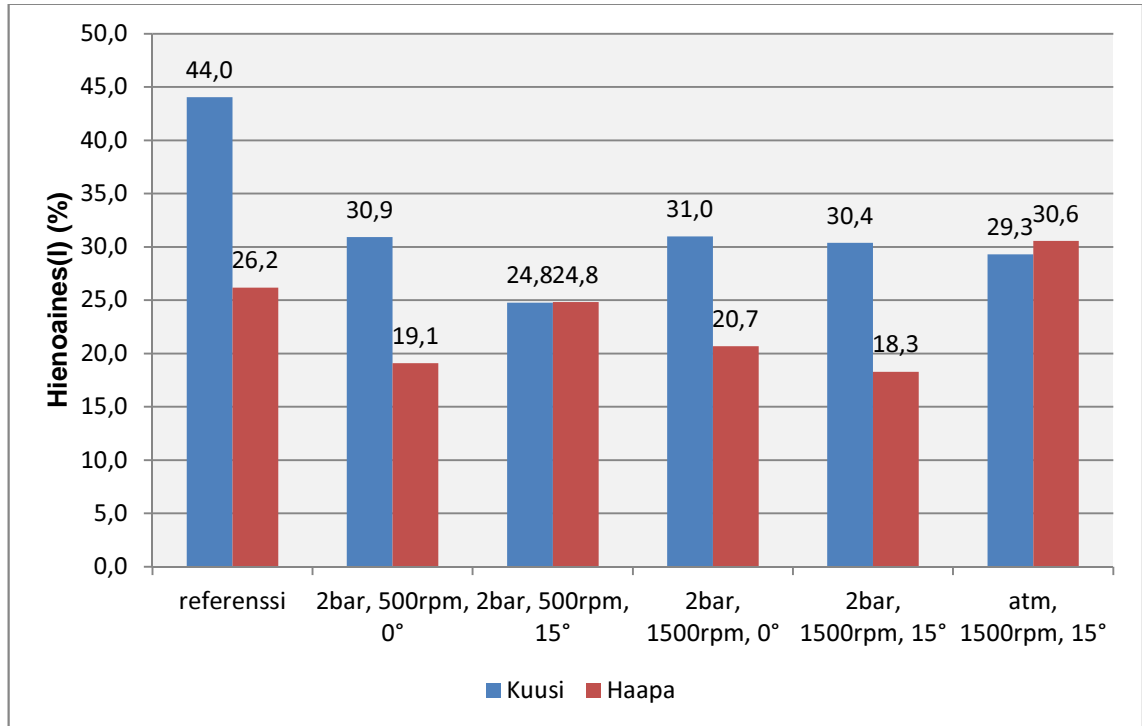
Kuidun pituuspainotettu keskimääräinen pituus kasvaa referenssistä pitkittäishionnassa. Myös hiontakulma vaikuttaa pituuspainotetun pituuden kasvuun (Kuvio 11.4).



Kuvio 11.4 Keskimääräinen kuidunpituus

Pituuspainotetun pituuden muutokset ovat molemmilla puulajeilla hyvin samankaltaiset.

Kuviosta 11.5 voidaan todeta hienoaines määrän pienevän pitkittäishionnassa verrattuna referenssiin. Kuusella hienoaineen määrä pienenee noin kolmanneksen, mutta haavalla hienoaineen määrä ei muutu huomattavasti.

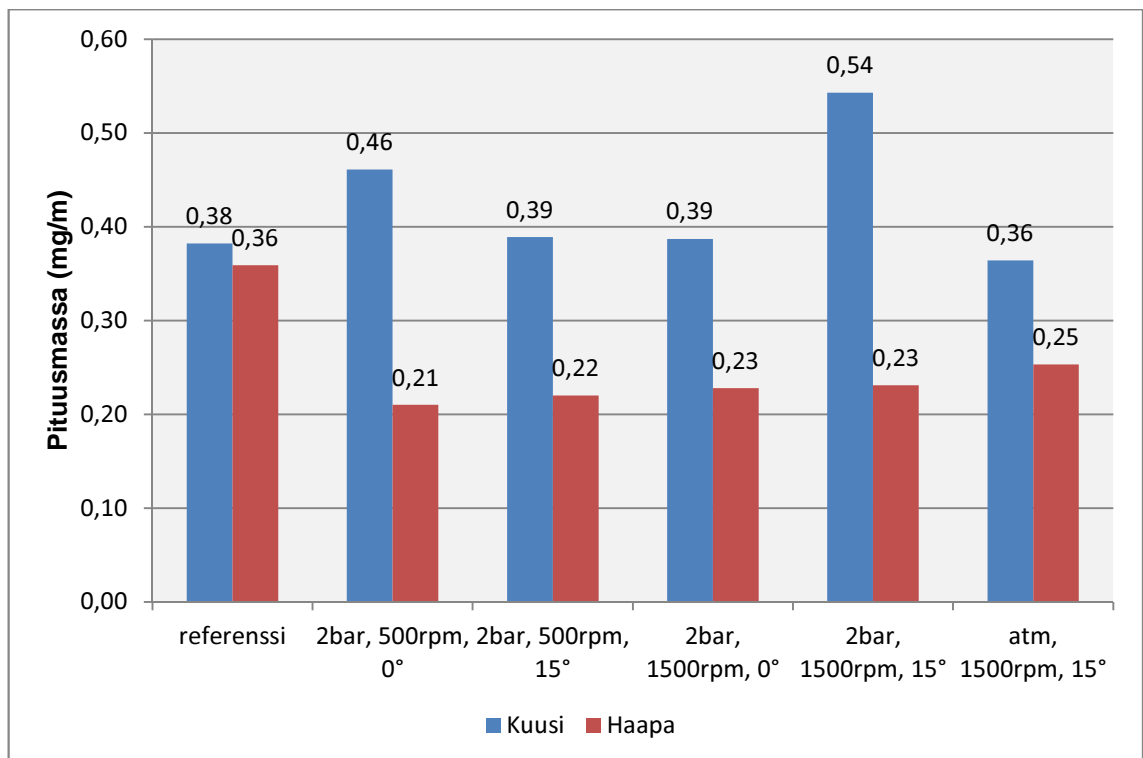


Kuvio 11.5 Hienoainesosuus

Pitkittäishionta ja hiontakulma saavat aikaan yhdessä paineen kanssa kuitutiuden kasvun ja samalla hienoaineen määrän pienenemisen.

11.1.5 Pituusmassa ja kuidun kiharuus

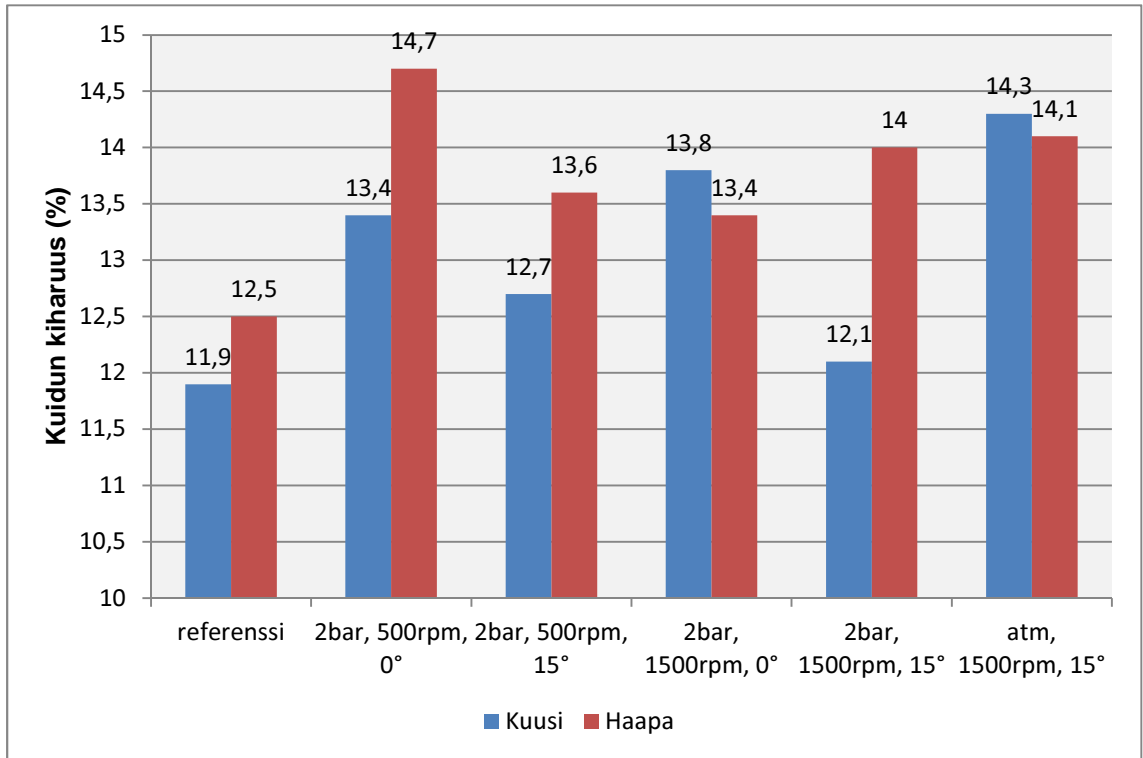
Haavalla pitkittäishionnassa pituusmassa pieneni referenssiin verrattuna. Pitkittäishionnan parametreja muuttamalla pituusmassa pysyi lähes muuttumattomana (Kuvio 11.6).



Kuvio 11.6 Pituusmassa

Kuviosta 11.6 voidaan todeta, että paineistettu pitkittäishionta korostaa kuusen ja haavan välisiä lajille ominaisia rakenteellisia eroja. Referenssiajossa paineistuksella ei ollut vaikutusta pituusmassaan.

Pitkittäishionta lisää kuidun kiharuutta verrattuna referenssiin. Suurempi hiontakulma paineistetussa pitkittäishionnassa vähentää kuidun kihartumista (Kuvio 11.7).

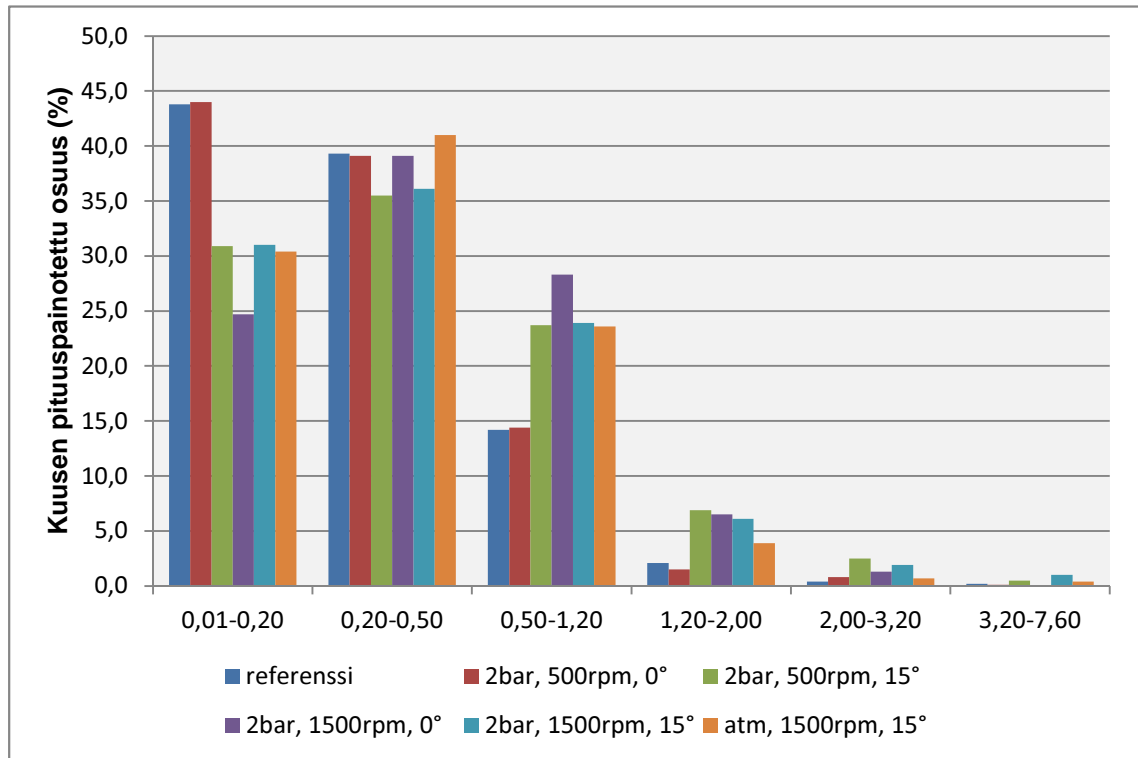


Kuvio 11.7 Kuidun kiharuus

Kuidun kiharuus kasvaa pitkittäishionnassa, sillä kuidut jauhaantuvat kohtisuorassa hiomakiveä vasten. Kohtisuorasti jauhaantuvat kuidut kihartuvat hiomakiven pyörimisliikkeen vaikutuksesta.

11.1.6 Kuusen pituus- ja massapainotettu osuus

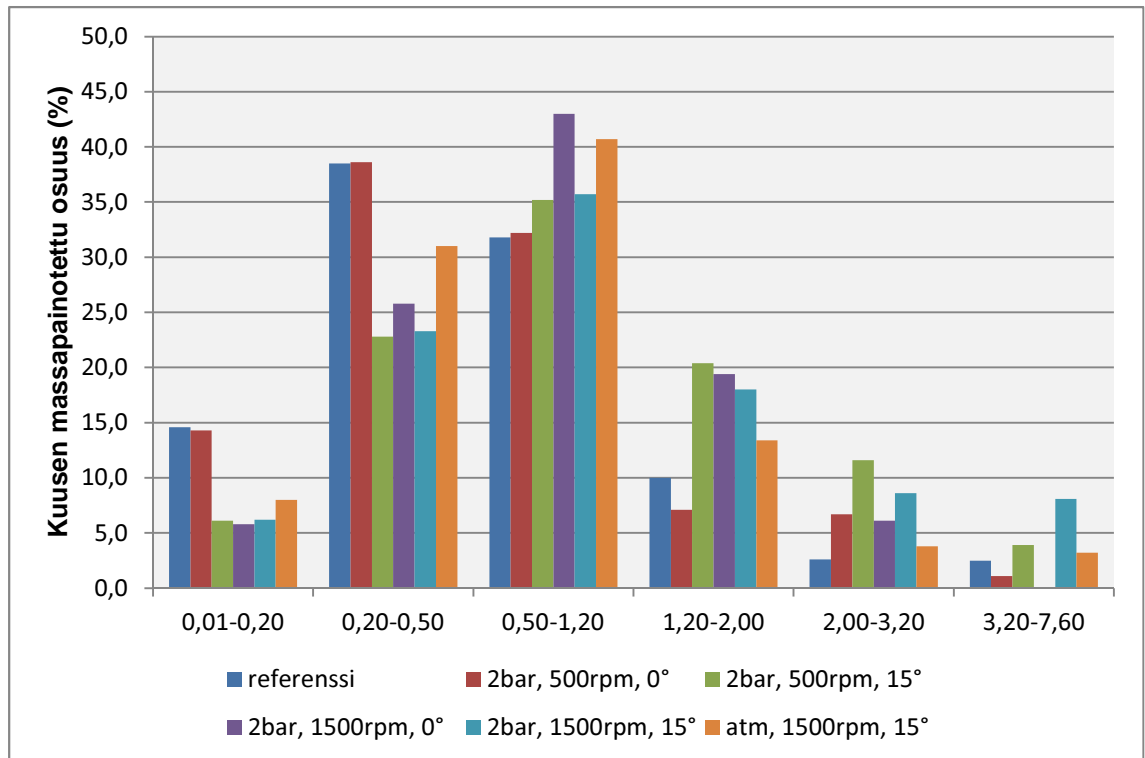
Suurin kuusen pituuspainotettu osuus sijoittuu välille 0,20 - 0,50 (Kuvio 11.8). Suurempi hiontakulma lisää kuitupituutta pitkittäishionnassa.



Kuvio 11.8 Kuusen pituuspainotetut osuudet

Referenssiajossa muodostuu eniten hienoainesta (0,01 - 0,20 mm) ja lyhyitä kuituja.

Kuviosta 11.9 voidaan havaita, että kuusella suurin massapainotettu osuus referenssillä on välillä 0,20 - 0,50 ja pitkittäishionnassa välillä 0,50 - 1,20.

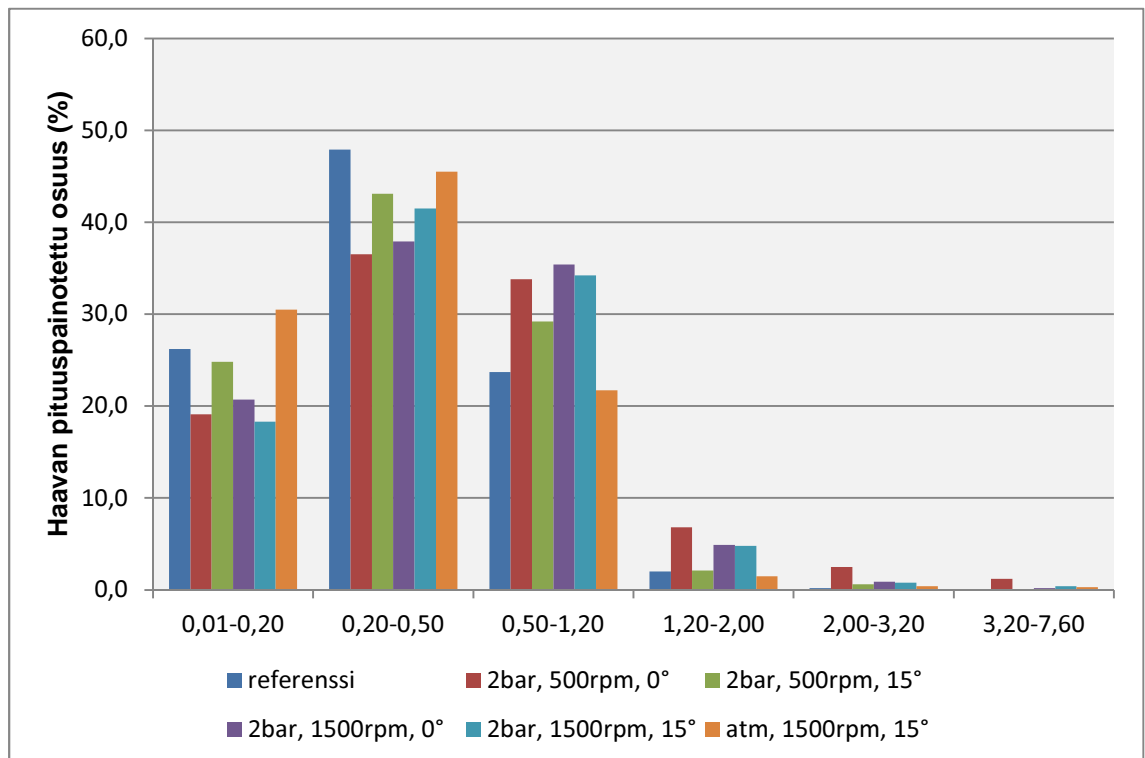


Kuvio 11.9 Kuusen massapainotetut osuudet

Pitkäkuituista massaa saa parhaiten 15°:n kulmassa hiotuilla massoilla.

11.1.7 Haavan pituus- ja massapainotettu osuus

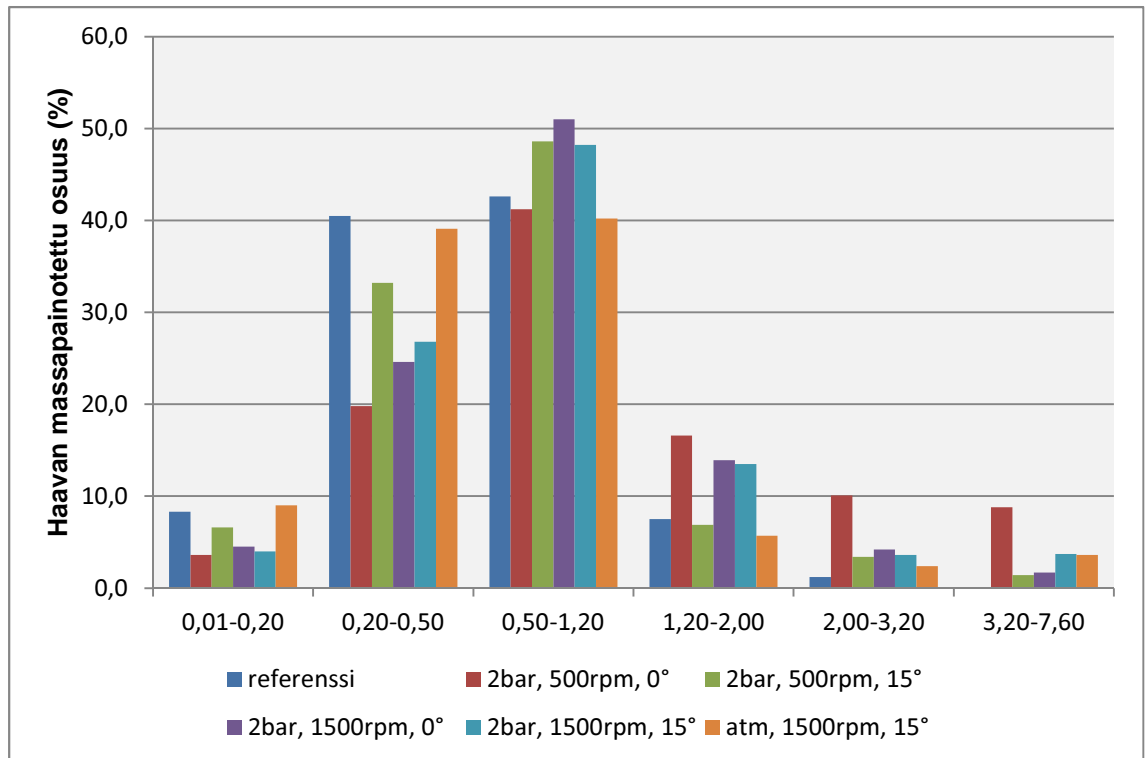
Suurin haavan pituuspainotettu osuus sijoittuu välille 0,20 - 0,50 (Kuvio 11.10). Hiontakulma vaikuttaa positiivisesti haavan pituuspainotettuihin osuuksiin lisäämällä kuitupituutta.



Kuvio 11.10 Haavan pituuspainotetut osuudet

Paineistettu hionta lisää pitkäkuituisen osuuden saantoa. Normaalissa ilmanpaineessa toteutettu pitkittäishionta tuottaa suhteessa enemmän hienoainesta kuin paineistettu ajo.

Kuviosta 11.11 voidaan todeta, että haavan suurin massapainotettu osuus referenssillä ja pitkittäishionnalla on välillä 0,50 - 1,20.



Kuvio 11.11 Haavan massapainotetut osuudet

Paineistettu hionta 0-kulmassa 500 rpm kerrosnopeudella tuottaa enemmän pitkäkuituisempaa massaa.

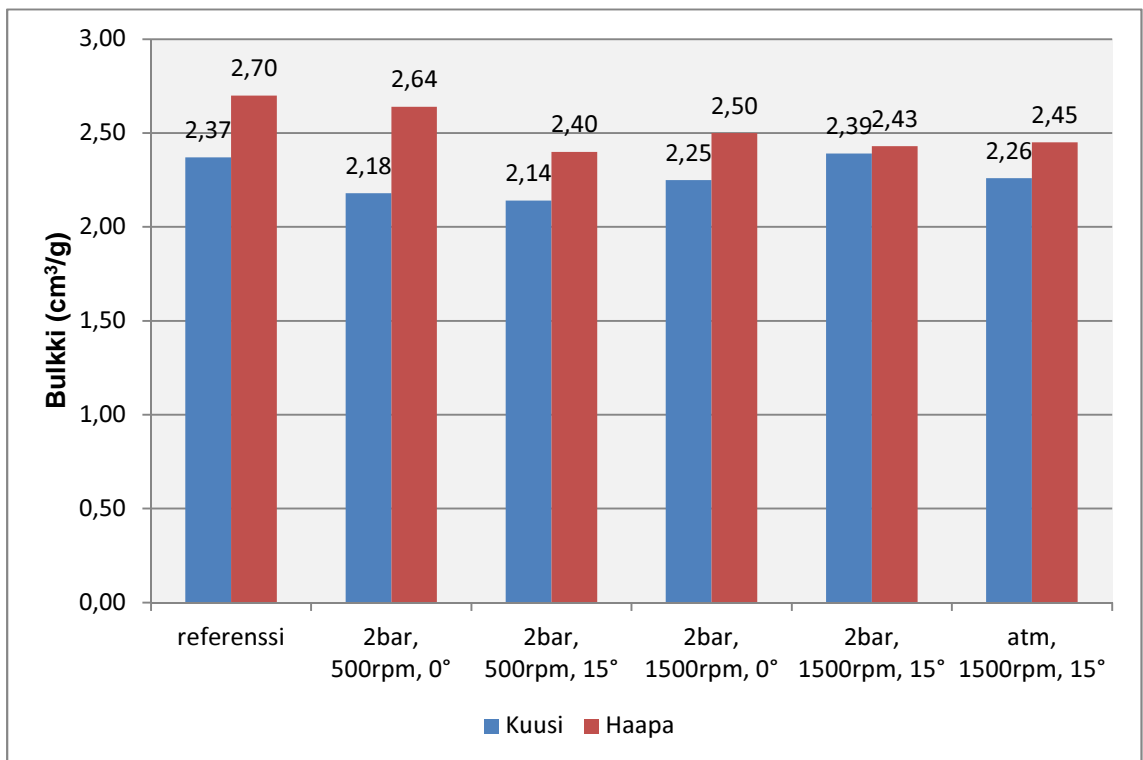
11.2 Arkkianalyysit

Arkkianalyysien tulokset ja tulosten käsittely tarkastellaan graafisesti. Arkkianalyysissa tarkastellaan paperin fyysisiä ja optisia ominaisuuksia.

Arkkianalyysillä tutkitaan paperille parhaiten sopivat käyttökohteet. Tulokset antavat tietoa paperin lopullisesta laadusta.

11.2.1 Bulkki

Mittaustulosten perusteella bulkki pienenee hieman verrattuna poikittaishiontaan. Paineistuksella, hiontakulmalla tai kierrosnopeudella ei ole merkittävää vaikutusta bulkkiin pitkittäishionnassa (Kuvio 11.12).

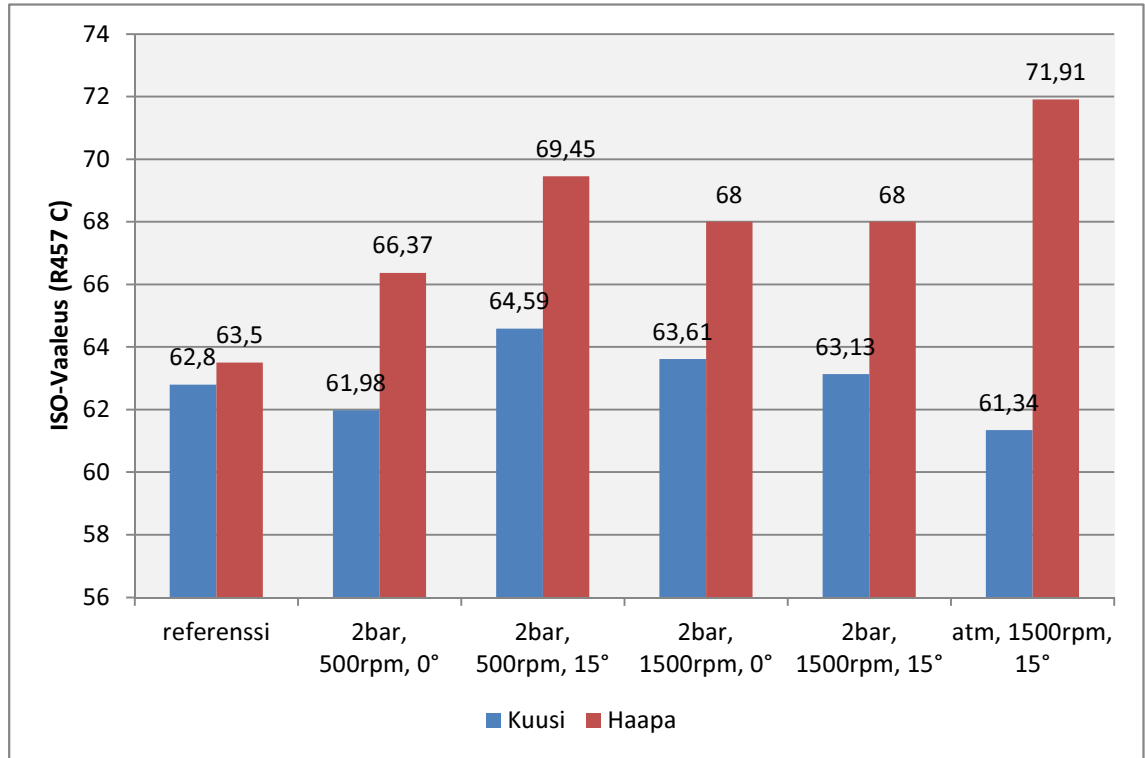


Kuvio 11.12 Bulkki

Bulkin pienentyminen pitkittäishionnassa on kuitenkin hyvin vähäistä.

11.2.2 ISO-Vaaleus

Kuvion 11.13 perusteella pitkittäishionta parantaa haavalla vaaleutta. Kuusella pitkittäishionnan vaikutus oli huomattavissa määrin pienempi.

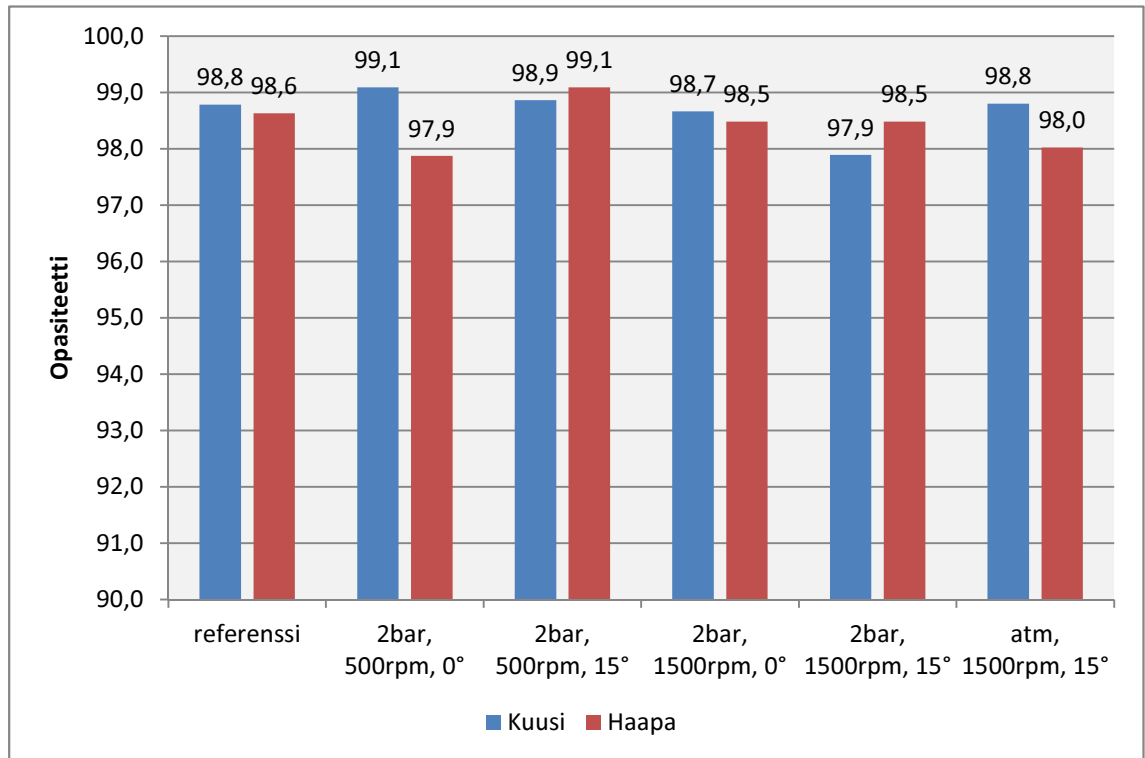


Kuvio 11.13 ISO-Vaaleus

Haavan vaaleus on yleisesti korkeampi kuuseen nähden.

11.2.3 Opasiteetti

Hiontaparametreilla ei havaita suuria vaihteluita. Opasiteetti pysyy keskimäärin 98 ± 1 molemmilla puulajeilla.

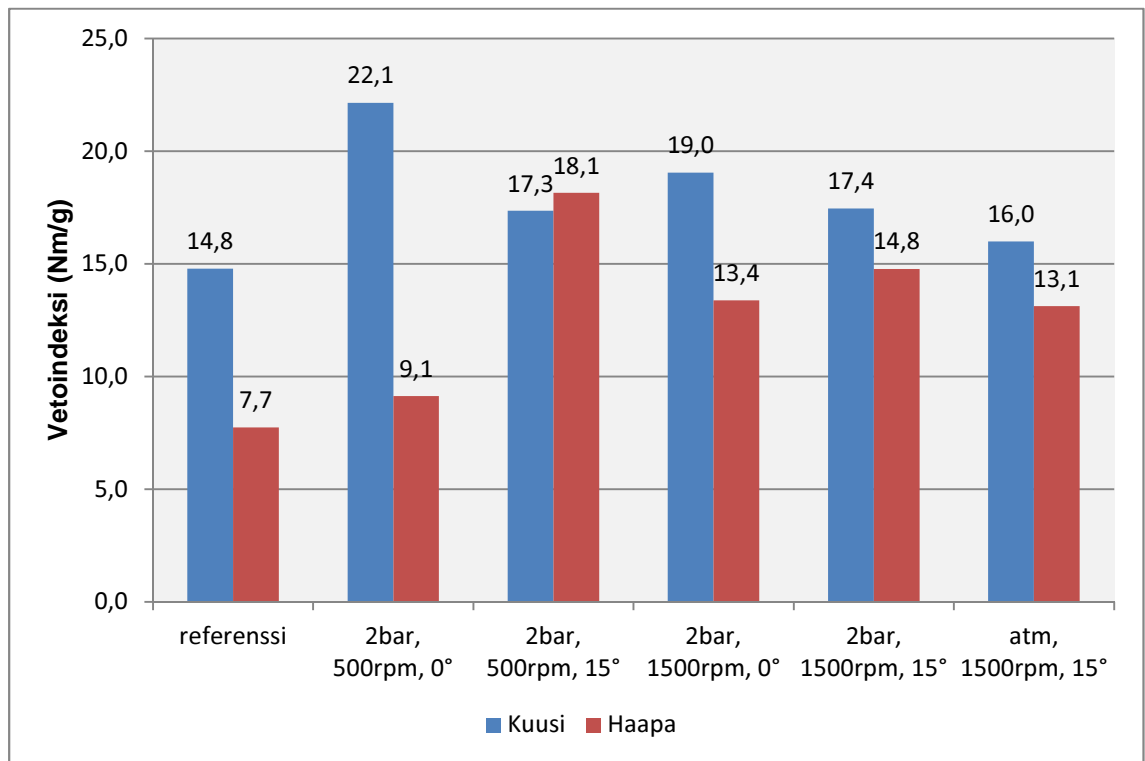


Kuvio 11.14 Opasiteetti

Valonläpäisykyky ei juurikaan muutu eri hiontaparametreilla.

11.2.4 Vetoindeksi

Molemmilla puulajeilla vetoindeksi parani pitkittäishionnassa (Kuvio 12.15). Kuusen vetoindeksi nousi viidenneksen ja haavan keskimäärin yli kolmanneksen.

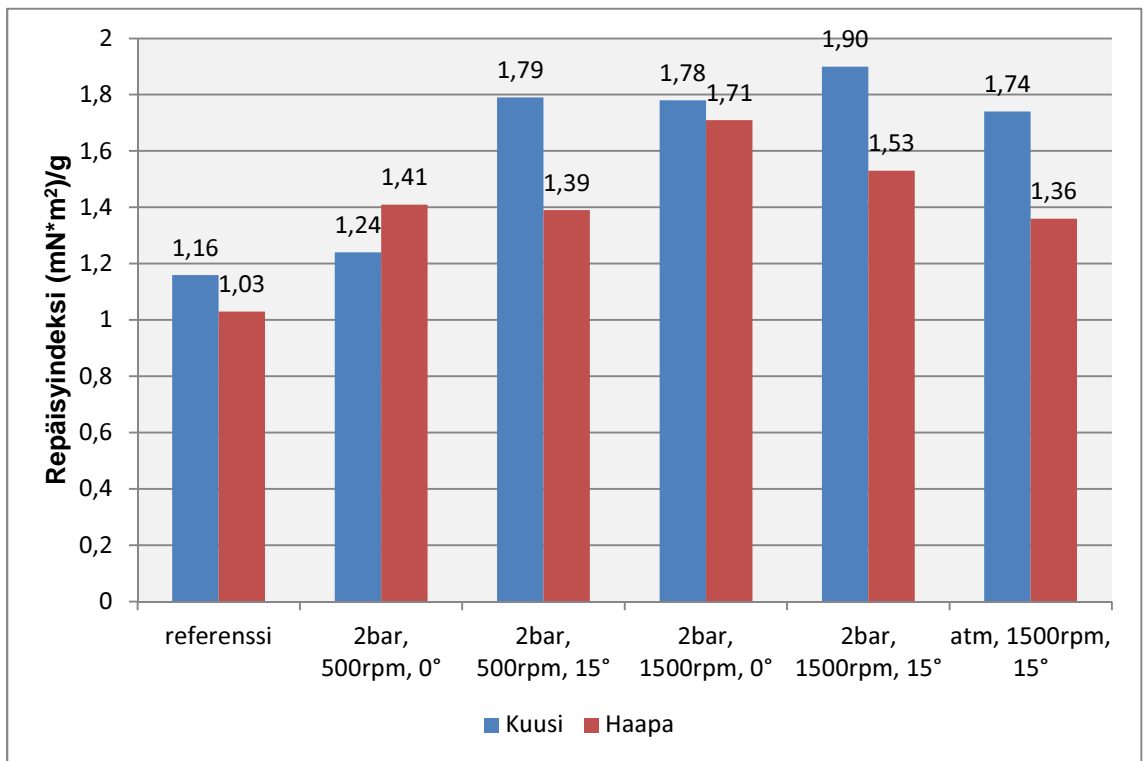


Kuvio 11.15 Vetoindeksi

Pitkittäishionnan aikaansaama pitkäkuituisempi osuus kasvattaa vetolujuutta. Vetolujuus kasvaa paineistetussa pitkittäishionnassa keskimäärin 10 %.

11.2.5 Repäisyindeksi

Kuviosta 11.16 nähdään, että pitkittäishionta parantaa repäisylujuutta haavalla ja kuusella keskimäärin noin 30 prosenttiyksikköä. Pitkittäin hiotulla massalla kierrosluku, suurempi hiontakulma ja paineen nosto parantavat repäisylujuutta.

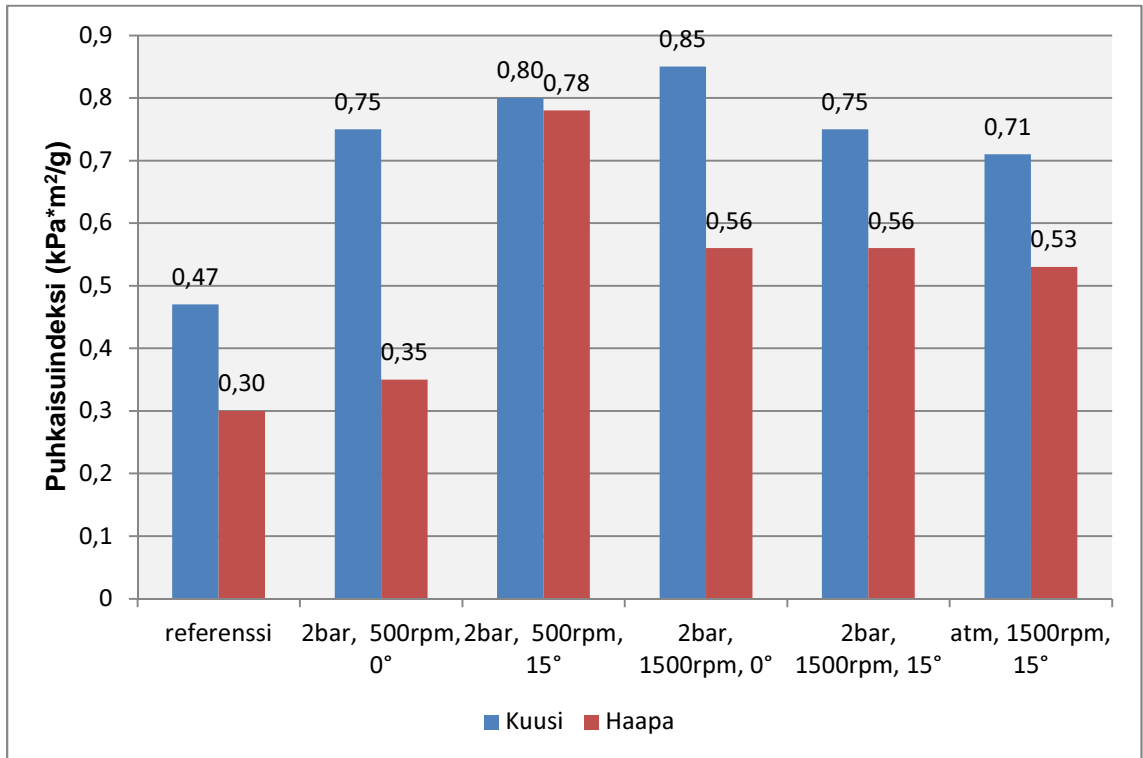


Kuvio 11.16 Repäisyindeksi

Pitkien kuitujen rakenteelliset ominaisuudet ovat sekä havupuu- että lehtipuumassalle suotuisia parantamaan repäisylujuutta.

11.2.6 Puhkaisuindeksi

Pitkittäishionta parantaa puhkaisulujuutta referenssiin nähden keskimäärin noin 40 %. Paineen korotus pitkittäishionnassa lisää puhkaisulujuutta noin 5 % (Kuvio 11.17).

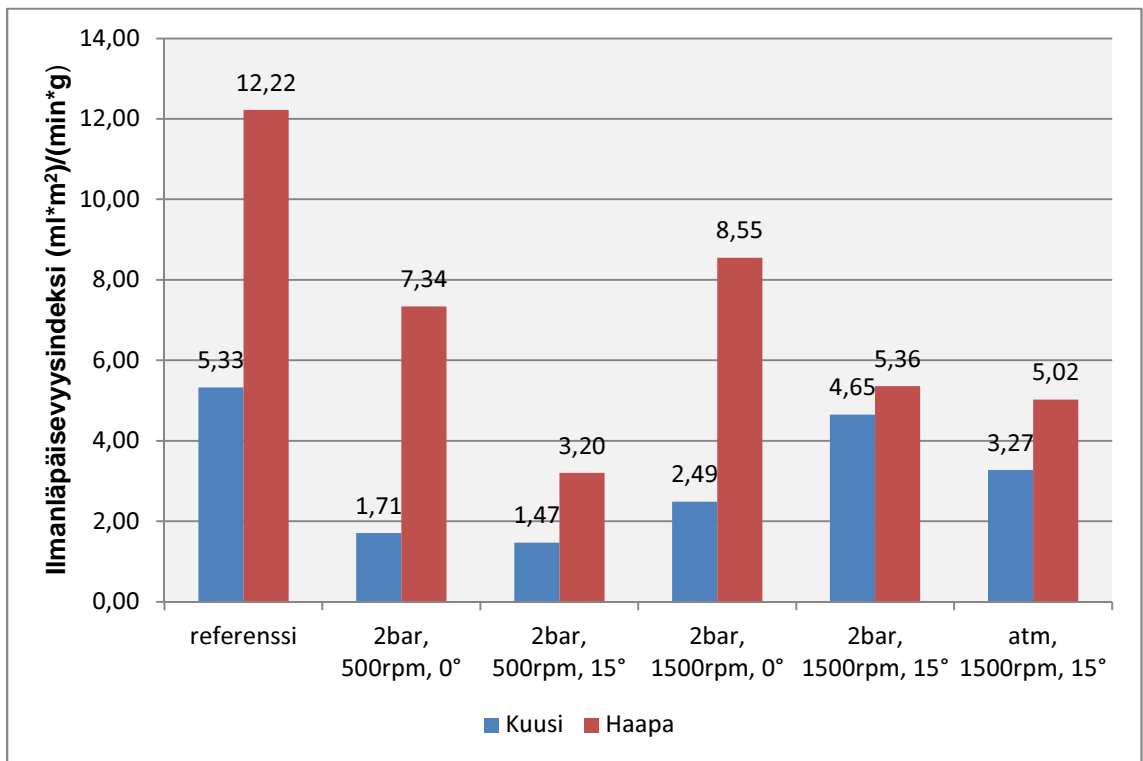


Kuvio 11.17 Puhkaisuindeksi

Pitkäkuituisemmat fraktiot lisäävät puhkaisulujuutta. Testiarkkien kuitusuunnan jakautuessa tasaisesti eri suuntiin, puhkaisulujuus pystyy kasvamaan.

11.2.7 Ilmanläpäisevyysindeksi

Kuviosta 11.18 havaitaan pitkittäishiionnan laskevan ilmanläpäisevyyttä. Suurempi hiontakulma ja hitaampi kiven pyörimisnopeus vähentää ilman kulkua paperin lävitse.



Kuvio 11.18 Ilmanläpäisevyysindeksi

Pitkittäishiionnan vähentynyt bulkki estää hieman ilmanläpäisevyyttä. Lisäksi enemmän fibrilloituneet kuidut muodostavat tiiviimmän verkoston ilmanläpäisevyyttä estäen.

12 YHTEENVETO

Opinnäytetyön päätarkoituksena oli vertailla, miten pitkittäishionta, paineistus ja hiontakulman muutos vaikuttavat massan ja paperin ominaisuuksiin verrattuna perinteiseen poikittaiseen hiontaan. Tutkimuksen puulajeina olivat kuusi ja haapa, joista ominaisuuksia mitattiin.

Työ toteutettiin Saimaan ammattikorkeakoulun laboratorion painehiomakoneella. Hiontamuuttujina toimivat hiontakulma, pyörimisnopeus, paine ja hiontaorientaatio. Hionnan koko saanto otettiin talteen poistamalla ensin tikut ja tämän jälkeen keräämällä hienoaines talteen Larox PF 0,1 -painesuodattimella. Massoista valmistettiin laboratorioarkkeja Estanit, Edelstahl- und Gußtechnikin valmistamalla Rapid Köthen -arkkimuottilaitteella, jossa käytettiin 0-vesikiertoa hienoaineen säilyttämiseksi prosessissa.

Massoista testattiin freeness, WRV ja kuituanalyysi KajaaniFS300 -laitteella. Arkeista testattiin ISO-vaaleus, opasiteetti, bulkki, ilmanläpäisevyys, veto-, repäisy- ja puhkaisulujuus.

Pitkittäishionta paransi lujuuksia ja pinnan ominaisuuksia, mutta huononsi hieinan bulkkisuutta ja kasvatti tikkupitoisuutta. Hienoainemäärä väheni molemmilla puulajeilla pitkittäishionnassa joissakin määrin. Suurempi paine ja hiontakulma kasvattivat pitkäkuituisemman kuitufraktion osuutta. Suotautuvuus pieneni suuremmalla hiontakulmalla ja suureni 0-hiontakulmalla verrattuna referenssiin. Ilmanläpäisevyys pienenee molemmilla puulajeilla huomattavasti referenssiin nähden.

Teoreettisina käyttökohteina voisivat olla tuotteet, joissa kemiallisen massan osuutta voitaisiin pienentää käyttämällä pitkittäin kulmassa hiottua massaa. Pitkittäin kulmassa hiottua massaa voitaisiin käyttää tuotteissa, joissa vaaditaan hyviä pinnan ominaisuuksia ja suurta mekaanisen rasituksen kestoa. Suurempaa energian kulutusta ja muita taloudellisia kustannuksia tutkimalla pitkittäishionnalla voisi olla mahdollisuuksia mekaanisen massan tuotannossa.

KUVAT

Kuva 3.1 Hiontarajapinta, s. 8

Kuva 3.2 Kuidun rakenne, s. 10

Kuva 4.1 Kivihionta, s. 15

Kuva 4.2 Painehionta, s. 16

Kuva 5.1 Keraaminen segmenttikivi, s. 18

Kuva 6.1 Painesihdin toimintaperiaate, s. 23

Kuva 10.1 Norton 32A46-KVBE hiomakivi, s. 31

Kuva 10.2 Laboratoriohiomakone, s. 32

Kuva 10.3 Somerville tärysihti, s. 33

Kuva 10.4 Larox PF 0,1 H 2-painesuodatin, s. 34

Kuva 10.5 Estanit, Edelstahl- und Gußtechnikin valmistama Rapid Köthen-
arkkimuottilaite, s. 35

KUVIOT

Kuvio 11.1 Freeness, s. 37

Kuvio 11.2 Tikkupitoisuus, s. 38

Kuvio 11.3 Vesiretentioarvot, s. 39

Kuvio 11.4 Keskimääräinen kuidunpituus, s. 40

Kuvio 11.5 Hienoainesosuus, s. 41

Kuvio 11.6 Pituusmassa, s. 42

Kuvio 11.7 Kuidun kiharuus, s. 43

Kuvio 11.8 Kuusen pituuspainotetut osuudet, s. 44

Kuvio 11.9 Kuusen massapainotetut osuudet, s. 45

Kuvio 11.10 Haavan pituuspainotetut osuudet, s. 46

Kuvio 11.11 Haavan massapainotetut osuudet, s. 47

Kuvio 11.12 Bulkki, s. 48

Kuvio 11.13 ISO-Vaaleus, s. 49

Kuvio 11.14 Opasiteetti, s. 50

Kuvio 11.15 Vetoindeksi, s. 51

Kuvio 11.16 Repäisyindeksi, s. 52

Kuvio 11.17 Puhkaisuindeksi, s. 53

Kuvio 11.18 Ilmanläpäisevyysindeksi, s. 54

TAULUKOT

Taulukko 4.1 Hiontamenetelmät päätyypeittäin, s. 14

Taulukko 5.1 Hiomakivien luokitusmerkinnät, s. 18

Taulukko 5.2 Hiomaraemateriaalit, s. 19

Taulukko 5.3 Mesh-luvun ja hiomarakeen keskihalkaisijan vastaavuus, s. 19

Taulukko 5.4 Sideainetyyppien kirjainkoodit Nortonilla, s. 21

Taulukko 10.1 Kuusen ja haavan hiontaparametrit, s. 31

LÄHTEET

Gullichsen, J., Paulapuro, H., Sundholm, J. 1999. Papermaking Science and Technology, Mechanical Pulping. Book 5. Jyväskylä: Fapet Oy.

Hiltunen, E., Levlin, J-E. 1999. Papermaking Science and Technology, Pulp and Paper Testing. Book 17. Jyväskylä: Fapet Oy.

Hägglom-Ahnger, U., Komulainen, P. 2003. Paperin ja kartongin valmistus. 5. painos. Jyväskylä: Opetushallitus.

Isotalo, K. 2004. Puu- ja sellukemia. 3. uudistettu painos. Helsinki: Opetushallitus.

Jääskeläinen, A-S., Sundqvist, H. 2007. Puun rakenne ja kemia. Helsinki: Ota-tieto.

Karlsson, H. 2006. Fibre Guide, Fibre analysis and process applications in the pulp and paper industry. Elanders Tofters: AB Lorentzen & Wettre.

KnowPap 5.0

Lönnerberg, B., Haikkala, P., Härkönen, E., Lucander, M. 2009. Papermaking Science and Technology, Mechanical Pulping. 2. painos. Book 5. Jyväskylä: Paperi ja Puu Oy.

Puusta paperiin M-301. Hiokkeen valmistus. Metlas Ky. Anjalankoski.
Seppälä, M., Klemetti, U., Kortelainen, V-A., Lyytikäinen, J., Siitonen, H., Siironen, R. 2005. Paperimassan valmistus. 2-3 painos. Saarijärvi: Opetushallitus.

MITTAUSPÖYTÄKIRJA

OPTISET OMINAISUUDET

Haapa

Taulukko 1 Haavan optiset ominaisuudet

	Vaaleus (R457)	Opasiteetti (%)
referenssi	63,50	98,63
2bar, 500 rpm, 0°	66,37	97,87
2bar, 500 rpm, 15°	69,45	99,09
2bar, 1500 rpm, 0°	68,00	98,48
2bar, 1500 rpm, 15°	68,00	98,48
atm, 1500 rpm, 15°	71,91	98,02

Kuusi

Taulukko 2 Kuusen optiset ominaisuudet

	Vaaleus (R457)	Opasiteetti (%)
referenssi	62,80	98,78
2bar, 500 rpm, 0°	61,98	99,09
2bar, 500 rpm, 15°	64,59	98,86
2bar, 1500 rpm, 0°	63,61	98,66
2bar, 1500 rpm, 15°	63,13	97,89
atm, 1500 rpm, 15°	61,34	98,80

MASSAN OMINAISUUDET**Haapa**

Taulukko 3 Haavan massaominaisuudet

	Hienoaines (%)	Keskim. Kuidunpituus. (mm)	Pituusmassa (mg/m)	Kuidun kiharus (%)
referenssi	26,18	0,39	0,359	12,50
2bar, 500 rpm, 0°	19,08	0,62	0,210	14,70
2bar, 500 rpm, 15°	24,82	0,43	0,220	13,60
2bar, 1500 rpm, 0°	20,68	0,52	0,228	13,40
2bar, 1500 rpm, 15°	18,28	0,53	0,231	14,00
atm, 1500 rpm, 15°	30,55	0,38	0,253	14,10

Kuusi

Taulukko 4 Kuusen massaominaisuudet

	Hienoaines (%)	Keskim. Kuidunpituus. (mm)	Pituusmassa (mg/m)	Kuidun kiharus (%)
referenssi	44,04	0,32	0,382	11,90
2bar, 500 rpm, 0°	30,92	0,51	0,461	13,40
2bar, 500 rpm, 15°	24,75	0,50	0,389	12,70
2bar, 1500 rpm, 0°	30,97	0,51	0,387	13,80
2bar, 1500 rpm, 15°	30,37	0,44	0,543	12,10
atm, 1500 rpm, 15°	29,29	0,52	0,364	14,30

Massa- ja pituuspainotetut osuudet**Haapa**

Taulukko 5 Haavan massapainotetut osuudet (%)

	(0,01-0,20) mm	(0,20-0,50) mm	(0,50-1,20) mm	(1,20-2,00) mm	(2,00-3,20) mm	(3,20-7,60) mm
referenssi	8,3	40,5	42,6	7,5	1,2	0,0
2bar, 500 rpm, 0°	3,6	19,8	41,2	16,6	10,1	8,8
2bar, 500 rpm, 15°	6,6	33,2	48,6	6,9	3,4	1,4
2bar, 1500 rpm, 0°	4,5	24,6	51,0	13,9	4,2	1,7
2bar, 1500 rpm, 15°	4,0	26,8	48,2	13,5	3,6	3,7
atm, 1500 rpm, 15°	9,0	39,1	40,2	5,7	2,4	3,6

Taulukko 6 Haavan pituuspainotetut osuudet (%)

	(0,01-0,20) mm	(0,20-0,50) mm	(0,50-1,20) mm	(1,20-2,00) mm	(2,00-3,20) mm	(3,20-7,60) mm
referenssi	26,2	47,9	23,7	2,0	0,2	0,0
2bar, 500 rpm, 0°	19,1	36,5	33,8	6,8	2,5	1,2
2bar, 500 rpm, 15°	24,8	43,1	29,2	2,1	0,6	0,1
2bar, 1500 rpm, 0°	20,7	37,9	35,4	4,9	0,9	0,2
2bar, 1500 rpm, 15°	18,3	41,5	34,2	4,8	0,8	0,4
atm, 1500 rpm, 15°	30,5	45,5	21,7	1,5	0,4	0,3

Kuusi

Taulukko 7 Kuusen massapainotetut osuudet (%)

	(0,01-0,20) mm	(0,20-0,50) mm	(0,50-1,20) mm	(1,20-2,00) mm	(2,00-3,20) mm	(3,20-7,60) mm
referenssi	14,6	38,5	31,8	10,0	2,6	2,5
2bar, 500 rpm, 0°	14,3	38,6	32,2	7,1	6,7	1,1
2bar, 500 rpm, 15°	6,1	22,8	35,2	20,4	11,6	3,9
2bar, 1500 rpm, 0°	5,8	25,8	43,0	19,4	6,1	0,0
2bar, 1500 rpm, 15°	6,2	23,3	35,7	18,0	8,6	8,1
atm, 1500 rpm, 15°	8,0	31,0	40,7	13,4	3,8	3,2

Taulukko 8 Kuusen pituuspainotetut osuudet (%)

	(0,01-0,20) mm	(0,20-0,50) mm	(0,50-1,20) mm	(1,20-2,00) mm	(2,00-3,20) mm	(3,20-7,60) mm
referenssi	43,8	39,3	14,2	2,1	0,4	0,2
2bar, 500 rpm, 0°	44,0	39,1	14,4	1,5	0,8	0,1
2bar, 500 rpm, 15°	30,9	35,5	23,7	6,9	2,5	0,5
2bar, 1500 rpm, 0°	24,7	39,1	28,3	6,5	1,3	0,0
2bar, 1500 rpm, 15°	31,0	36,1	23,9	6,1	1,9	1,0
atm, 1500 rpm, 15°	30,4	41,0	23,6	3,9	0,7	0,4