

**Tyvilahoa sisältävän kuusen määrä,  
laatu ja käyttömahdollisuudet  
sellun raaka-aineena**

**Markku Mäkelä  
Katriina Lipponen  
Mikko Sainio**

**Metsätehon raportti 50  
13.3.1998**



**Tyvilahoa sisältävän kuusen määrä,  
laatu ja käyttömahdollisuudet sellun  
raaka-aineena**

**Markku Mäkelä  
Katriina Lipponen  
Mikko Sainio**

Metsätehon raportti 50  
13.3.1998

Konsortiohanke: A. Ahlström Osakeyhtiö, Aureskoski Oy,  
Enso Oyj, Metsähallitus, Metsäliitto Osuuskunta,  
Metsä-Rauma Oy, Metsäteollisuus ry,  
Sunila Oy, UPM-Kymmene Oyj, Vapo Timber Oy,  
Yksityismetsätalouden Työnantajat ry

Asiasanat: kuusi, lahopuu, sellunkeitto

© Metsäteho Oy

Helsinki 1998

## Sisällys

<b>TIIVISTELMÄ</b> .....	<b>3</b>
<b>1 JOHDANTO</b> .....	<b>5</b>
<b>2 TOTEUTUS</b> .....	<b>6</b>
<b>3 LAHOA SISÄLTÄVÄN KUUSEN MÄÄRÄ JA LAATU</b> .....	<b>6</b>
3.1 Aineisto ja menetelmät .....	6
3.1.1 Lahon määrä .....	6
3.1.2 Lahon laatu .....	7
3.1.3 Lahon puun tiheys .....	10
3.2 Tulokset .....	10
3.2.1 Lahon määrä .....	10
3.2.1.1 Lahon määrä leimikoittain .....	10
3.2.1.2 Lahon määrä kunnittain .....	10
3.2.1.3 Lahon määrä metsäkeskuksittain .....	11
3.2.2 Lahon laatu .....	12
3.2.3 Laskelma eteläsuomalaiselle sellutehtaalle ohjautuvasta lahosta puusta .....	15
3.2.4 Lahon puun tiheys .....	16
<b>4 TYVILAHOVIKAINEN PUU SELLUN RAAKA-AINEENA</b> .....	<b>17</b>
4.1 Koejärjestelyt .....	17
4.1.1 Raaka-aineet .....	17
4.1.2 Keittokokeet .....	21
4.1.3 Valkaisukokeet .....	21
4.2 Tulokset .....	22
4.2.1 Lahovian vaikutus sulfaattikeitossa .....	22
4.2.2 Lahovian vaikutus happikemikaalivalkaisussa .....	24
4.2.3 Lahovian vaikutus sellun lujuusominaisuuksiin .....	25
4.2.3.1 Valkaisemattomat massat .....	25
4.2.3.2 Valkaistut massat .....	26
<b>5 TARKASTELOA</b> .....	<b>27</b>
5.1 Lahon puun määrä .....	27
5.2 Lahon puun laatu .....	27
5.3 Tyvilahovikainen puu sellun raaka-aineena .....	27
<b>KIRJALLISUUTTA</b> .....	<b>29</b>
<b>LIITTEET 1 - 5</b>	

## TIIVISTELMÄ

Tutkimuksessa selvitettiin tyvilahoa sisältävän kuusen määrä sekä vastaanotetun puun määrätalastoista että seurannalla Etelä-Suomessa. Lahon laatu (lahoamisaste ja lahon aiheuttajat) tutkittiin mittaamalla ja luokittelemalla tienvarteen ajettuja, käyttötarkoituksen mukaan lajiteltuja lahoppuupinoja hakkuutyömailla.

Tyvilahoa sisältävää kuusta oli Etelä-Suomessa 4,0 % kaikesta hakatusta puutavarasta ja 6,9 % kuusesta, mikä merkitsee, että esim. vuonna 1996 lahovikaista kuusta hakattiin alueelta runsas 600 000 m<sup>3</sup>. Lahoppuun määräästä runsas 4/5 täytti sellupuun laatuvaatimukset. Lahoppuusuoksissa (lahon osuus kaikesta kuusesta) oli suurta alueittaista vaihtelua. Suhteellisesti eniten lahoa oli etelärannikolla ja vähiten Savossa.

Lahovikaisen järeän kuusen osuus eteläsuomalaisen sellutehtaan luontaisessa raaka-ainevirrassa on tutkimuksen mukaan keskimäärin 17 %. Sellutehtaalle toimitettavaksi lajiteltu lahoppu sisälsi tervettä pintapuuta keskimäärin 59 %, värivikaista puuta 8 %, kovaa lahoa 29 % ja pehmeää lahoa 4 %.

Lahon puun soveltuvuus sulfaattisellun valmistukseen selvitettiin hankkimalla eriasteisesti tyvilahosta kärsineitä kuusipölkyjä. Tyvilahosta valtaosa oli juurikäävän aiheuttamaa. Pölkyt lajiteltiin lahon vaikeusasteen perusteella kolmeen laholuokkaan. Huonoimpaan luokkaan hyväksyttiin pölkyt, joissa pehmeää lahoa oli enintään puolet läpimitasta. Vertailuna käytettiin tuoretta, tervettä kuusta. Vertailuerän pölkyistä puolet oli pienikokoisempaa puuta kuin lahoppupölkyt. Pölkyt kuorittiin ja hakettiin. Hake seulottiin ja keitettiin tehdasmittaisessa eräkeitossa sekä valkaistiin laboratoriossa. Laatuominaisuudet analysoitiin laboratoriossa.

Kaikki tyvilahoa sisältävät pölkyt voitiin käsitellä tehdasmittaisessa kuorinta- ja haketusprosessissa. Kuorinnan puuhukka ja saadun hakkeen palakokojakauma eivät poikenneet terveen puun puuhukasta ja palakokojakaumasta.

Lahon vaikutus näkyi selvästi ja systemaattisesti vasta eniten pehmeää lahoa sisältävän luokan tuloksissa. Sulfaattikeitossa eniten pehmeää lahoa sisältänyt kuusipuu keittyi hitaammin (kappaluvun ero 0,5) kuin terve kuusipuu ja antoi heikomman saannon (ero 0,4 %), viskositeetin (ero 41 ml/g) sekä vaaleuden (ero ISO-% 1,5) ja enemmän rejektiä (ero 0,07 %).

Happidelignifioinnissa lahovikaiset massat käyttäytyivät terveen puun massan tavoin. Otsoni-peroksidivalkaisussa huonoimman laholuokan puista tehty massa ei samoilla valkaisuolosuhteilla saavuttanut samaa vaaleustasoa kuin terveistä tai vähemmän lahoa sisältäneistä puista keitetty massa. Lahovika hidasti delignifointia valkaisussa. Keiton jälkeen havaitut erot viskositeetissa näkyivät myös valkaisun jälkeen (ero loppuvalkaisussa 30 mg/l).

Pitkälle edennyt kuusipuun lahovika aiheutti laatumenetyksiä ja kemikaalikulutuksen lisääntymistä sekä keitossa että valkaisussa. Happidelignifioinnissa NaOH:n kulutus kasvoi 0,7 kg ja kemikaalikulutus valkaisussa 0,6 kg sellutonna kohden.

Tässä tutkimuksessa lahoviasta kärsinyttä puuta oli poikkeuksellisen suuria osuuksia; kaikki pölkkyt sisälsivät lahovikaa, vaikka niissä olikin myös tervettä puuta. Käytännön tilanteessa, jossa lahovikaisia pölkkyjä on huomattavasti vähemmän terveiden pölkkyjen joukossa, lahon vaikutus ei näy yhtä selvästi laadussa tai prosessoitavuudessa.

Puunhankinnassa on aiheellista määrittää lahovikaiselle puulle tervettä matalampi arvo. Vaikka lahovikainen puu toimitetaan prosessiin hallitussa suhteessa terveen puun kanssa, se alentaa koko sellutuotannon laatutasoa. Lisäksi lahovika alentaa puun tiheyttä ja lisää näin puun kulutusta sellutonna kohden. Huippulujuuksia vaativiin sellulaatuihin lahovikaista raaka-ainetta ei pidä annostella.

## 1 JOHDANTO

Tyvilaho on seuraus kasvavan puun saamasta lahottajasienitartunnasta. Tyvilahosta käytetään kuitupuun laatuvaatimuksien yhteydessä myös nimeä "keskilaho". Tyvilaho tulee erottaa varastolahosta, jolla tarkoitetaan puutavaraan varastoinnin aikana levinnyttä lahovikaa.

Etelä- ja Länsi-Suomessa keskimäärin joka kuudes päätehakkuiäkäinen kuusi on lahovikainen, itäisellä Uudellamaalla ja Ahvenanmaalla paikoitellen joka kolmas. On odotettavissa, että lahon puun määrä tulee vielä lisääntymään lähivuosikymmenien aikana, sillä valtaosa järeän kuusen tyvilahosta eteläisen Suomen talousmetsissä on kesähakkuiden seurauksena leviävän juurikäävän (maannouseman) aiheuttamaa. Jo nyt tyvilahosta on laskettu aiheutuvan metsätaloudelle vuosittain noin 100 - 200 miljoonan markan menetykset.

Juurikäpä voi tartuttaa kasvavan puun juuri- ja tyvivaurioiden kautta. Sieni leviää myös rihmaston avulla sairaista puista tai lahoista kannoista juuriyhteyksien ja -kosketusten välityksellä terveisiin puihin. Puun tyvellä juurikäpätartunta näkyy aluksi violetinvärisenä rengasmaisena värivikana (rinkula) sydän- ja mantopuun rajalla. Värivika täyttää renkaan (umpiympyrä), joka vähitellen sienien hajotustoiminnan edetessä muuttuu kovaksi vaaleanruskeaksi lahoksi (kova laho). Myöhemmin laho pehmenee (pehmeä laho). Juurikäpälaho nousee rungossa useita metrejä rajoittuen pääasiassa sydänpuuhun. Laho on tyypiltään ruskehtavaa valkolahoihin kuuluvaa korroosiolahoa. Sieni aloittaa hajotustoimintansa ligniineistä, mutta alkaa pian hajottaa myös hiilihydraatteja.

Juurikäpälaho selittää noin 80 - 90 % kuusen tyvilahon tilavuudesta Etelä-Suomessa (esim. Tamminen 1985). Toinen yleinen tyvilahon aiheuttaja on mesisieni, jonka aiheuttama laho eroaa juurikäpälahosta. Mesisienilaho on tummanruskeaa ja raja terveeseen puuhun on jyrkkä. Lahon läpimitta on pienehkö, eikä laho yleensä nouse metriä korkeammalle puuhun. Pitkälle edenneenä mesisienilaho saa aikaan yleensä alle metrin pituisen kartiomaisen tummareunaisen onkalon.

Havupuilla tyvilahoa esiintyy yleensä vain tukin mitat täyttävillä kuusilla. Saha- ja vaneritukeissa tyvilahoa ei sallita, joten tyvilahovikainen kuusi on ohjattava muihin käyttötarkoituksiin. Kysymys on suurista puumääristä, sillä aikaisemmissa tutkimuksissa sahapuun määrän on todettu vähenevän tyvilahon takia Etelä-Suomessa keskimäärin 8,5 % (Tamminen 1985). Metsäteollisuudessa lahovikaista puuta pystytään laajalti käyttämään vain sellun valmistuksessa. Metsäteollisuuden lahon puun vastaanotossa on yritys- ja tehdaskohtaisia eroja, mikä johtuu siitä, että sellusta on tullut yhä enenevässä määrin asiakkaan tarpeita vastaava erikoistuote, jolloin myös raaka-aine on valittava asiakaskohtaisen reseptin mukaan. Havukuitupuussa voimassa olevien laatuvaatimusten mukaan pehmeää lahoa sallitaan enintään puolet

läpimitasta. Tervettä puuta tulee tällöin kuitenkin olla vähintään minimiläpimitan verran.

Lahopuun käytön suunnittelua vaikeuttaa, että tyvilahon määrissä on suurta alueellista vaihtelua, jota ei riittävästi tunneta. Lahoja sisältävän puun laatusisällöstä ja käyttöarvosta sellun raaka-aineena on myös vähän tietoa ja sekin osittain ristiriitaista.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli hankkia lisätietoa tyvilahoa sisältävän kuusen määrästä, määrien alueellisesta vaihtelusta ja lahopuun laatusisällöstä sekä käyttöarvosta sellun raaka-aineena. Tavoitteena oli saada viitteitä lahovikaisen puun laadun- ja arvonmääritykseen sekä hankintamenetelmien kehittämiseen. Tyvilahoa sisältävän puun käyttömahdollisuuksista energiantuotantoon Länsi-Suomessa on aiemmin valmistunut erillinen selvitys (Metsätehon raportti 40/1998).

## **2 TOTEUTUS**

Tutkimus on jatkoa Metsäntutkimuslaitoksen ja Metsätehon yhteistyössä tekemiin lahoa ja lahon torjuntaa käsitteleviin tutkimuksiin. Tutkimuksen suunnittelussa ja toteutuksessa olivat mukana Enso Oyj, Metsäliitto, Metsä-Rauma Oy, Sunila Oy ja UPM-Kymmene Oyj.

Toteutusvaiheessa aiheen tutkiminen jakautui raaka-aine- ja jalostusosaan. Raaka-aineen määrä- ja ominaisuustutkimukset tehtiin Metsäntutkimuslaitoksen ja Metsätehon yhteistyönä. Jalostusosassa lajittelu-, kuorinta- ja sellunkeittotutkimukset tehtiin Metsä-Rauma Oy:n tehtaalla, sellun valkaisu- ja analysoinnit Lännen Laboratoriot Oy:ssä.

## **3 LAHON SISÄLTÄVÄN KUUSEN MÄÄRÄ JA LAATU**

### **3.1 Aineisto ja menetelmät**

#### **3.1.1 Lahon määrä**

Puunhankinnassa vuosittain kertyvän lahovikaisen puun kokonaismäärä selvitettiin aluksi Länsi-Suomessa Rannikon (Helsinki, länsiosa), Lounais-Suomen, Häme-Uusimaan (läntinen osa) ja Pirkanmaan metsäkeskusten alueilta. Tietoja kerättiin kahdella eri menetelmällä: Enson, Metsäliiton ja UPM-Kymmene Metsän tietojärjestelmistä koottiin laaja aineisto vuosina 1990 – 1995 vastaanotetuista puutavaralajimääristä. Aineistoa täydennettiin syksyllä 1995 tehdyllä, 2 - 3 kuukautta kestäneellä työmaakohtaisella seurannalla. Siinä saatiin tietoa myös hakkuussa metsään jätettyjen lahopölkkyjen määristä. Kuntakohtaiset keskimääräiset lahoprocentit saatiin yhdistämällä puunhankintayritysten tietojärjestelmistä kootut tiedot ja seuranta-jakson tulokset.

Itä-Suomen osalta työmaakohtaiseen seurantaan ei ollut mahdollisuuksia ja lahopuun määrääineisto pohjautui kokonaisuudessaan puunhankintayritysten vastaanotetun puun määrätilastoihin. Alue käsitti Rannikon (Helsinki, itäinen osa), Etelä-Savon, Häme-Uusimaan (itäinen osa) ja Kymen metsäkeskusten alueet. Aineiston suurin osa oli vuosilta 1996 - 1997.

Lahoa sisältävän puun osuus vaihtelee alueellisesti, kasvupaikoittain ja metsikön käsittelyhistorian perusteella. Tutkimuksessa ei pyritty selvittämään leimikoittaiseen lahopuusuuteen vaikuttavia tekijöitä. Seuranta-aineiston keräyksessä kysyttiin kuitenkin kentällä toimivilta metsätoimihenkilöiltä havaintoja lahon esiintymisestä Länsi-Suomessa. Tiedusteluun tuli 106 vastausta, joista osa oli useamman henkilön havainnoista koottuja "tiimivastauksia".

### 3.1.2 Lahon laatu

Lahoa sisältävän puun laatuluokittelun kehittäminen edellyttää tietoa lahopuun laatusisällöstä. Yhdistämällä tällainen tieto ja sellunkeittokokeiden tulokset voidaan tarvittaessa kehittää käytännössä toimivat lahoa sisältävän puun hankinta- ja käyttöohjeet.

Laatusisältö selvitettiin mittaamalla 22 lahopuupinoa etelä- ja länsisuomalaisella hakkuutyömaalla. Tienvarteen ajetuista pinoista mitattiin 200 - 250 pölkyn läpimitat. Lisäksi mitattiin värivikaa sisältävän osan sekä kovan ja pehmeän laho-osan läpimitat laho-osuuksien tilavuuksien laskemista varten. Pölkyt luokiteltiin pahimman vian mukaan seuraavasti:

- terve, ei väri- tai lahovikaa (tarkastelupäässä)
- värivika-rinkula (violetinvärinen)
- värivika-umpiympyrä (violetinvärinen)
- kovaa (tummaa) lahoa (juurikäpä)
- pehmeää lahoa (juurikäpä)
- alkavaa mesisienilahoa
- mesisienilahoa, muodostunut jo onkalo
- muuta lahoa (aiheuttaja tuntematon)
- vauriosta lähtenyt lahoa
- lylyä
- juurikäävän ja mesisienen yhdessä aiheuttamaa lahoa
- pystyynkuivanutta puuta

Suurimmalla osalla leimikoista oli mitattavissa myös erillinen pino teollisuudelle kelpaamatonta hylkypuuta.



Esimerkkejä  
eri laho-  
luokkien  
lajitelluista  
pölkkyfinoista.  
Valokuvat  
Metsäteho Oy

Laho 1



Laho 2



Laho 3



Esimerkkejä  
eri laho-  
luokkien  
pölkkyistä

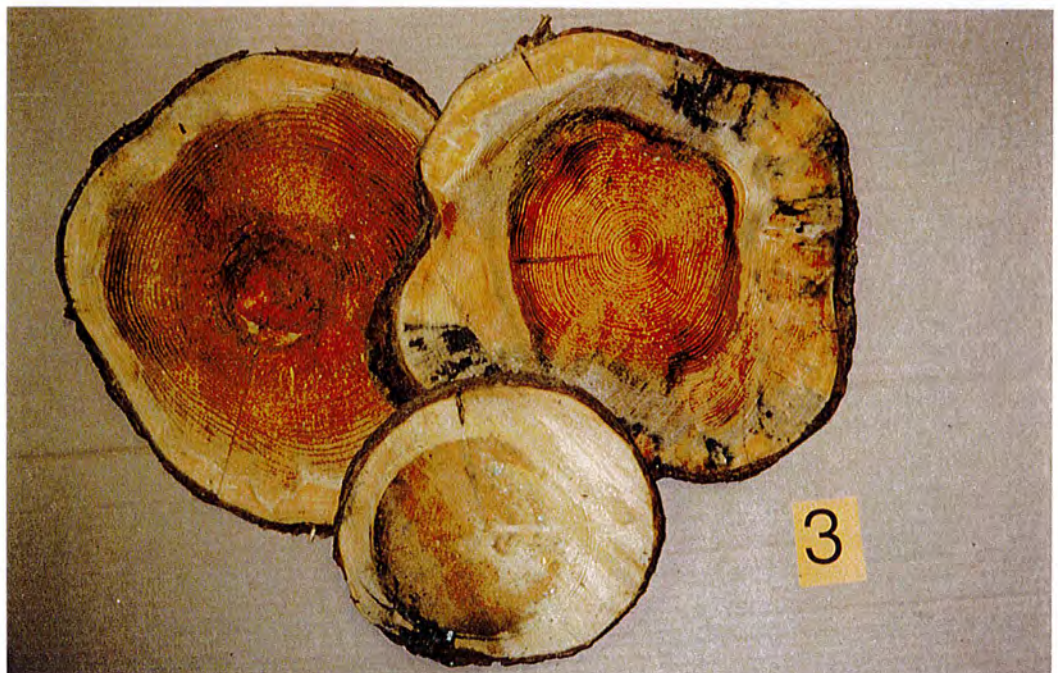
Laho 1



Laho 2



Laho 3



### **3.1.3 Lahon puun tiheys**

Laholuokkien tuore- ja kuivatiheydet määritettiin Mittaportti Oy:n punnitsemien laholuokittaisten puumäärien ja Lännen Laboratoriot Oy:n määrittämien hakkeiden kosteuksien kautta.

## **3.2 Tulokset**

### **3.2.1 Lahon määrä**

#### **3.2.1.1 Lahon määrä leimikoittain**

Hakatun kuusipuun määrästä lasketut lahopuuprosentit vaihtelivat mitatuilla 22 leimikolla 3,3:sta 29,8:aan prosenttiin. Leimikoittaiset lahopuumäärät jakautuivat seuranta-aineiston perusteella siten, että teollisuudelle jalostettavaksi kelpasi lahopuun kokonaismäärästä 82 % loppujen 18 %:n jäädessä energia- tai vastaavaan käyttöön.

Metsätoimihenkilöille kohdistetun tiedustelun tuloksista ilmeni, että tyvilahoa on Länsi-Suomessa paljon varsinkin puhtaissa, vanhoissa kuusikoissa. Sekametsissä sitä on enemmän kuusi-mänty- kuin kuusi-koivu- tai kuusi-koivu-mäntysekametsissä (yli 70 % vastauksista). Havaintoa selittänee ainakin osittain se, että juurikäävän leviämismahdollisuuksia lisäävä kesäaikainen puunkorjuu on todennäköisesti ollut maaston kantavuudesta johtuen kuusi-mäntysekametsissä yleisempää kuin kosteammilla kasvupaikoilla kasvavissa sekametsissä. Ajoittainen kuivuus voi myös altistaa kuusia tyvilaholle kuusi-mäntysekametsissä kuivahkoilla kasvupaikoilla.

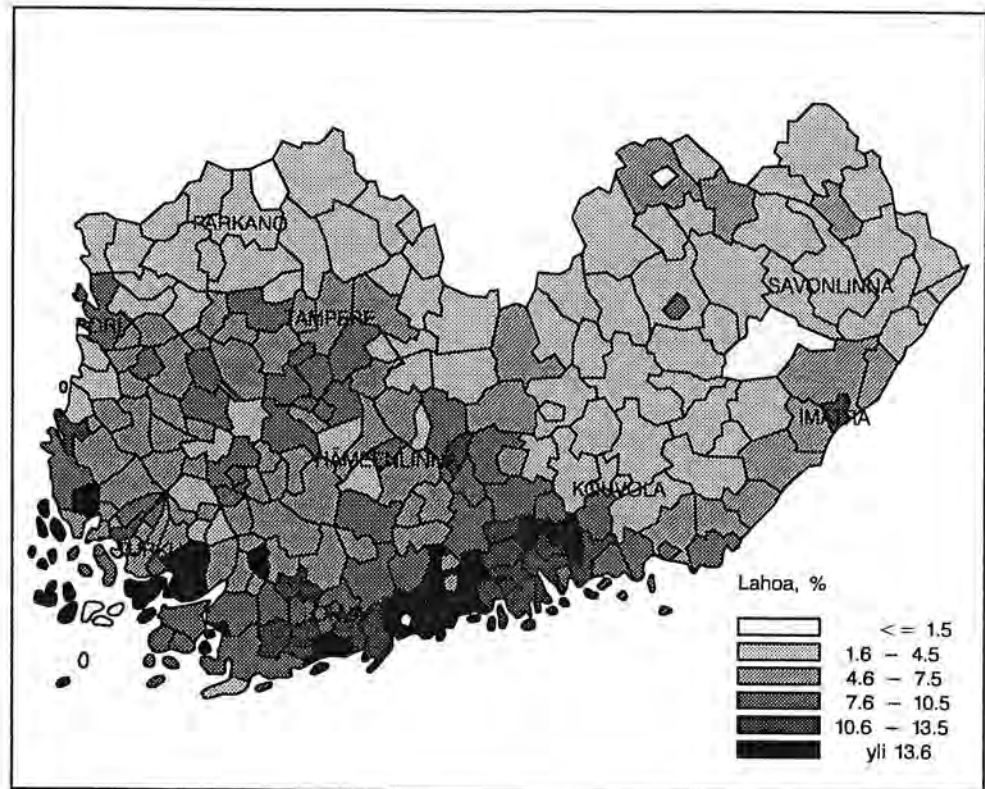
Turvemailla ja istutusmetsiköissä tyvilahoa on metsätoimihenkilöiden vastausten (yli 80 %) perusteella vähemmän kuin havaintoalueella keskimäärin. Tyvilahoa näyttää toistaiseksi esiintyvän Länsi-Suomessa vähän myös entsillä pelloilla, vaikka niillä juurikäävän leviämiskahva on todettu suureksi esim. Ruotsissa.

Metsikön sisällä tyvilahovikaiset kuuset löytyvät varmimmin rinteiltä (80 % vastauksista), erityisesti pohjoisrinteiltä. Tiiviillä hiesu-savimailla tyvilahopesäkkeet ovat havaintojen mukaan yleisempiä notkelmissa kuin rinteillä tai mäkien päällä.

Aikaisempien tutkimusten mukaan tyvilahoa on yleisintä Etelä-Suomessa lähellä merenpinnan tasoa sijaitsevissa, viljavien ja soistumattomien kasvupaikkojen vanhoissa kuusikoissa (Tamminen 1985).

#### **3.2.1.2 Lahon määrä kunnittain**

Kuvassa 1 on esitetty kuntakohtaiset lahopuuosuudet kuusen kokonaishakkuumäärästä. Kuntakohtaisina hakkuumäärinä käytettiin Metsäteollisuus ry:n hakkuutilastoista saatuja vuosien 1990 - 1995 keskimääräismääriä.



**Kuva 1.** Kuntakohtaiset lahopuuprosentit Etelä-Suomessa.

Lahoa oli eniten etelärannikolla ja vähiten Savossa. Teollisuuspaikkakuntien ympäristökunnissa tyvilahoa esiintyy keskimääräistä runsaammin. Lahon runsas esiintyminen asutuskeskusten lähialueilla ilmeni myös metsätoimihenkilöiden vastauksista.

Tulokset vahvistavat aikaisemmin esitettyjä tuloksia (Tamminen 1985), joiden mukaan lahoa on eniten eteläisellä rannikkoalueella.

### 3.2.1.3 Lahon määrä metsäkeskuksittain

Vuotuiset hakkuumäärät ja hakkuiden rakenne vaihtelevat melkoisesti eri suhdannevaiheissa. Metsäkeskuskohtaiset lahon puun määrät laskettiin vuoden 1996 puukauppamääristä. Kaikkiaan ko. metsäkeskusten alueella ostettiin 15,3 milj. kuutiometriä puuta mainittuna vuonna. Määrästä oli kuusta 57 ja mäntyä 33 prosenttia. Taulukon 1 tulokset on laskettu kuntakohtaisista kuusen ja lahon puun hakkuumääristä.

TAULUKKO 1 Hakkuissa vuosittain kertyvät lahopuumäärät ja lahopuun osuudet

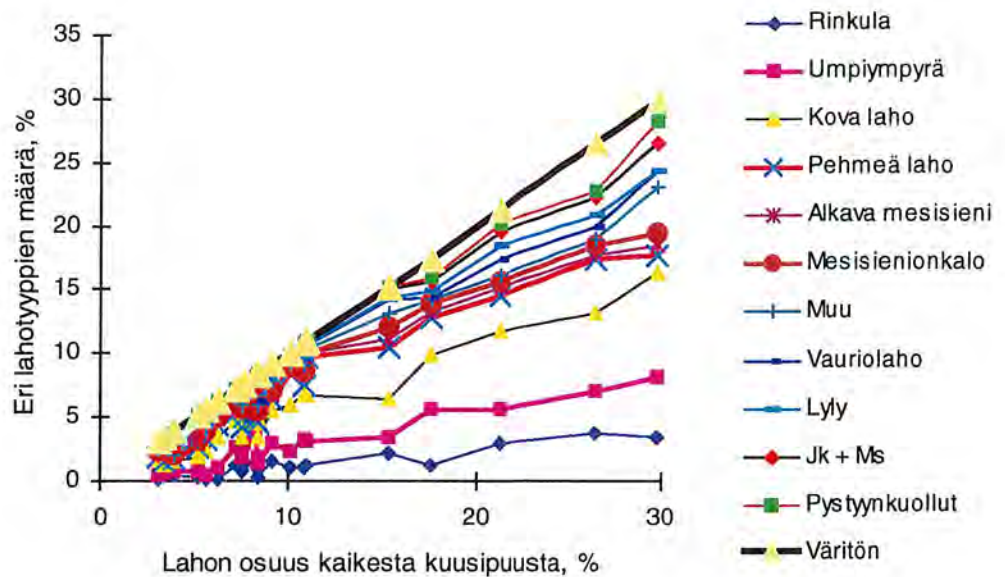
Metsäkeskus	Lahoa puuta, 1 000 m <sup>3</sup> kelpaa jalostukseen	Lahoa puuta, 1 000 m <sup>3</sup> ei kelpaa jalostukseen	Lahoa, *)% kuusesta
Rannikko, Helsinki	53,1	9,6	12,8
Lounais-Suomi	96,0	17,3	6,6
Häme-Uusimaa	141,8	25,5	6,6
Kymi	62,6	11,3	5,4
Pirkanmaa	95,3	17,2	5,3
Etelä-Savo	68,1	12,3	3,6
Yhteensä	516,9	93,1	5,8

\*) teollisuudelle kelpaavaa

Kuuden eteläisimmän metsäkeskuksen alueella kaikesta hakatusta kuusi-puusta lasketuksi puumäärillä painotetuksi lahopuuosuudeksi saatiin teollisuudelle kelpaavalle laholle puulle 5,8 % ja kaikelle laholle puulle 6,9 %. Kokonaishakkuumäärästä lasketut vastaavat prosentit olivat 3,4 ja 4,0 ja kuitupuun kokonaismäärästä lasketut osuudet 7,3 ja 8,6 %. Hylkypuun osuus oli Länsi-Suomesta kootun seuranta-aineiston perusteella kuusi-valtaisten leimikoiden kokonaishakkuumäärästä keskimäärin 1,2 %.

### 3.2.2 Lahon laatu

Kuvassa 2 esitetään lahovikaisiksi luokiteltujen pölkkyjen määräjakauma mitatuilla työmailla. Pölkkyt luokiteltiin niissä olleen pahimman vian mukaan. Eniten oli kovaa lahoa. Jos yhdistetään kaikki väri-vikainen puu (rinkula, umpiympyrä) yhdeksi luokaksi, väri-vian osuus oli suurin melkein kaikilla työmailla. Pehmeää lahoa sisältäviä pölkkyjä oli myös melko runsaasti. Muita laho- ja vikalajeja oli selvästi mainittuja vähemmän. Eri-tyyppisten lahojen määrät lisääntyivät työmaan lahoprocentin (lahovikaisen puun osuus kaikesta kuusipuusta) kasvaessa melko suoraviivaisesti.



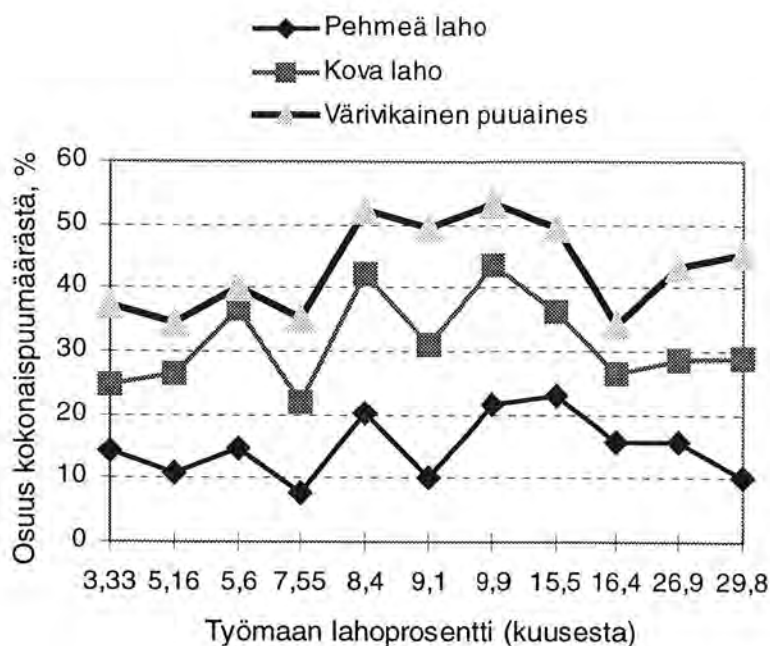
**Kuva 2.** Laholuokkien määrän riippuvuus leimikon lahopuuosuuksista (kumulatiivinen tarkastelu).

Jalostusta ajatellen selvitettiin erikseen, kuinka paljon sellukäyttöön tarkoitetuissa ja hylkypuuksi jäävissä erissä oli pahinta eli pehmeää lahoa (pehmeä laho, mesisienionkalo sekä mesisieni ja juurikäpäh yhdessä). Selluun lajitelluissa lahopuupinoissa pehmeää lahoa sisältäviä pölkkyjen määrä vaihteli 2 %:sta 20 %:iin koko ko. lahopuuerän puuainemäärästä. Hylkyksi luokitelluissa erissä pehmeää lahoa sisältäviä pölkkyjä oli 11 - 49 % kokonaispuumäärästä. Sellun raaka-aineksi kelpaavassa lahopuussa eri laholaajien osuudet eivät merkittävästi poikenneet leimikon keskimääräisestä laho-jakaumasta. Hylkypuuksi luokitelluissa lahopuuerissä oli lievää värivikaa vähemmän, kovaa ja pehmeää lahoa sekä mesisienilahoja selvästi enemmän kuin sellupuuerissä.

Kun leimikoiden metsäteollisuudelle kelpaava ja hylkypuu yhdistettiin, mitatut pölkkyt jakaantuivat laholuokkiin seuraavasti:

- värivikaa 25 %
- kovaa lahoa 40 %
- pehmeää lahoa 20 %
- muuta lahoa 15 %.

Mittausaineistosta laskettiin myös pölkkyjen sisällä olleen terveen ja eriasteisesti lahovikaisen puun määräosuudet. Lahoa sisältävän puun osuudet olivat 35 - 55 % työmailla lahoksi ja hylkyksi määritetystä puumäärästä lopun ollessa tervettä puuainesta (kuva 3). Eniten oli kovaa lahoa (kova laho, alkava mesisieni, muu laho, vauriolaho), 20 - 30 % kokonaispuumäärästä. Pehmeää lahoa oli 10 - 20 % ja erilaisia värivikoja 20 - 30 %. Muiden tekijöiden aiheuttamien vikojen osuudet olivat yleisemmin alle viisi prosenttia.

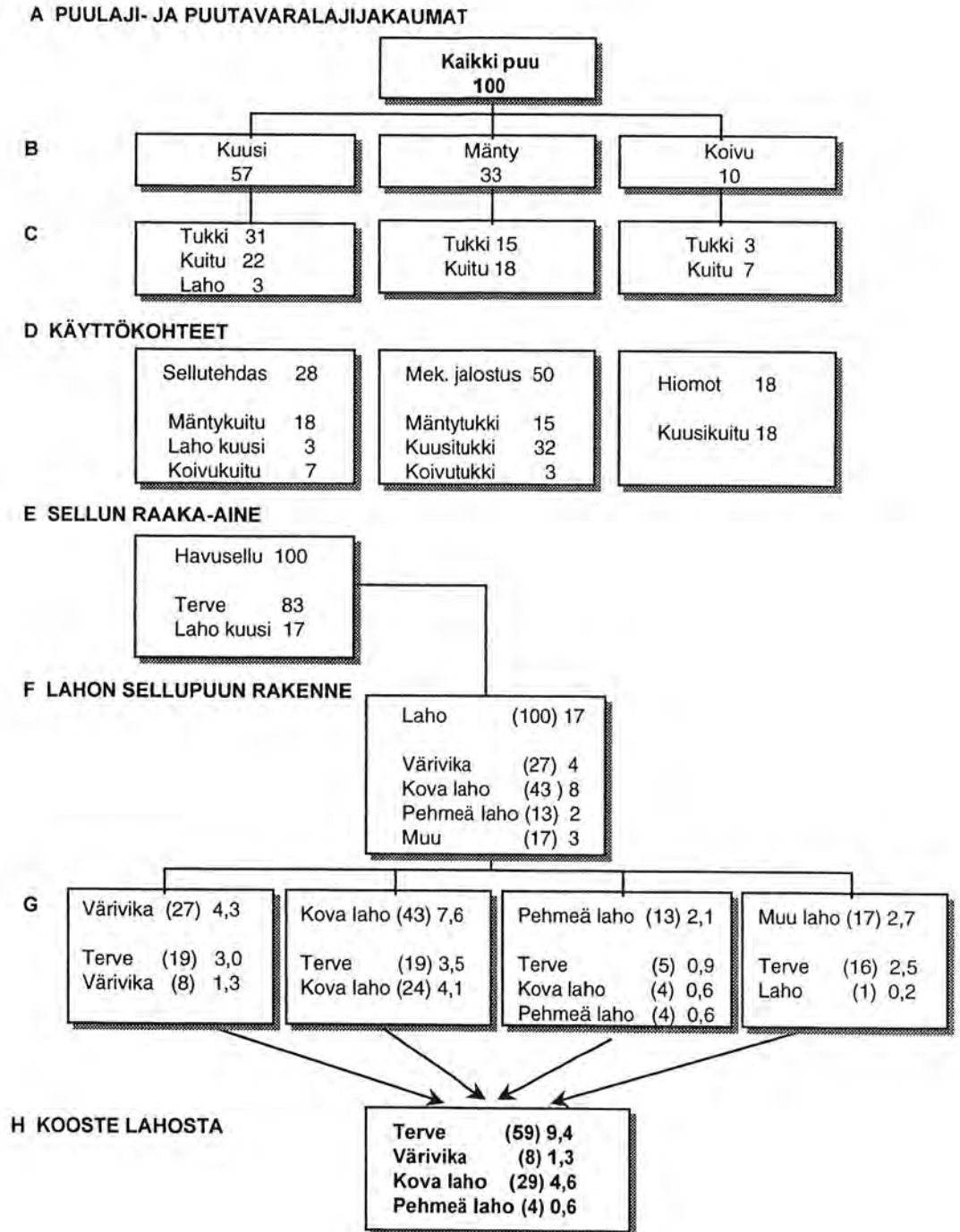


**Kuva 3.** Erilaisen lahon puun osuudet lahoksi luokitellusta puuaineesta (kumulatiivinen tarkastelu).

Terveen puun osuus oli keskimäärin kovaa lahoa sisältävissä pölkyissä 55 % pölkyn tilavuudesta, lopun 45 % ollessa kovaa lahoa. Pehmeää lahoa sisältävissä pölkyissä varsinaista pehmeää lahoa oli 30 % tilavuudesta ja tervettä puuainesta sekä kovaa lahoa kumpaakin 35 %.

Noin puolet lahosta puuraaka-aineesta oli tervettä puuraaka-ainetta. Leimikon lahovikaisuuden määrä ei merkittävästi vaikuttanut eri laholaatujen osuuksiin. Muutokset lahon lajitteluohjeissa ja lajittelun toteutustavassa vaikuttavat laholajien jakautumiin.

### 3.2.3 Laskelma eteläsuomalaiselle sellutehtaalle ohjautuvasta lahosta puusta



**Kuva 4.** Lahon puun määrä ja rakenne (sellupuun).



Kuvassa 4 havainnollistetaan erilaisen puun ohjautuminen käyttökohteisiin sekä lahon puun määrä ja sisältö selluteollisuuden raaka-ainevirrassa. Puutavaralajeittaiset hakkuumäärät perustuvat kyseisen alueen vuoden 1996 puunostotilastoihin. Vuotuisten hakkuiden puulaji- ja tavaralajijakaumat on kuvattu kohdissa A - C. Kohdassa D esitetään määrien jakautuminen eri käyttökohteisiin. Havusellua valmistavan tehtaan raaka-ainejakauma on kohdassa E. Kohdissa F - H on lahoa sisältävän puuaineksen rakenne.

Jos lahon puun määräosuus lasketaan sellutehtaan luontaisesta raaka-aineesta, mäntykuitupuun määrästä, saadaan selluun nykylokituksella kelpaavan tyvilahon kuusen osuudeksi 17 %. Mikäli mukaan otetaan nykyisin metsäteollisuudelle kelpaamaton lahoppu, nousee lahokuusen osuus 20 %:iin (ei kuvassa).

Kohdissa F - H on kunkin laholajin kohdalla kaksi lukua; suluissa on osuus lahosta puusta ja ilman sulkua osuus sellutehtaalte tulevasta kokonaispuumäärästä. Kun lahoa sisältävä puu jaetaan aiheuttajittain, on siitä selvästi suurin osuus kovaa lahoa sisältäviä pölkkyjä (43 % lahosta). Seuraavaksi eniten on lahon aiheuttamaa väriä (27 %).

Kohdassa H on laholajit jaettu pölkkytasolla terveeseen ja lahoa sisältävään osuuteen. Tervettä puuainesta on yli puolet lahovikaisena tehtaalle toimitettavasta puusta. Kovaa lahoa on vajaa kolmannes ja prosessin kannalta haitallisinta pehmeää lahoa 4 %. Olennaisinta prosessin kannalta on, että pehmeän lahon osuus tehtaalla käyttämästä kokonaispuumäärästä on nykyisen lajittelemuksen mukaisessa puuvirrassa keskimäärin 0,6 %.

Alueellisesti lahon puun osuudet vaihtelevat melkoisesti. Suurimpia osuudet ovat rannikon läheisyydessä ja vanhojen teollisuuspaikkakuntien ympäristössä. Teollisuudelle kelpaavan tyvilahon kuusen osuus oli koko tutkimusalueella 5,8 %. Sellutehtaan luontaisessa puunhankinnassa tämä tietää 17 %:n osuutta tehtaiden raaka-ainevirrasta

### 3.2.4 Lahon puun tiheys

Tuoretilavuudet osoittivat lahoa sisältävän puun olleen vertailupuuta kuivempaa (taulukko 2). Tämä johtuu luultavasti siitä, että lajiteltua lahoppuuta varastoidaan ennen toimitusta tehtaalle monesti kauemmin kuin muuta puuta. Kuivatiheydet olivat pahimmassa laholuokassa jonkun verran alhaisemmat kuin muissa laholuokissa, ollen kuitenkin korkeampia kuin kuitupuukokoisella vertailuerällä. Suurin tiheys oli tukkikokoisella vertailupuulla. Tosin tämä erä oli hakattu eriosasta Suomea kuin muut erät, mikä saattoi vaikuttaa sen kuivatiheyteen.

TAULUKKO 2 Eri laholuokkien tuore- ja kuivatilavuuspainot  
(Halonen 1997)

	Tuoretiheys, kg / m <sup>3</sup>	Kuiva- ainepitoisuus, %	Kuivatiheys, kg / m <sup>3</sup>
Terve kuusi, tukki	800	55	440
Terve kuusi, kuitupuu	860	47	404
Laho 1	760	57	429
Laho 2	760	56	429
Laho 3	714	59	418

## 4 TYVILAHOVIKAINEN PUU SELLUN RAAKA-AINEENA

### 4.1 Koejärjestelyt

#### 4.1.1 Raaka-aineet

Metsä-Rauman sellunkeittokokeessa oli kolme eriasteista lahoa sisältävää keittoerää. Vertailuerinä käytettiin kuusta, jonka puumäärästä puolet oli kuitupuukokoisia eli selvästi lahovikaisia pölkkyjä nuorempia ja pienempiä loppujen ollessa tukkikokoisia.

Pölkkyt lajiteltiin seuraavasti:

- Vertailuerä: tervettä kuusipuuta (puolet tukkia, puolet kuitupuuta)
- Laho 1: värivikaa; rinkulaa tai umpiympyrää rajattomasti
- Laho 2: pehmeää lahoa korkeintaan 1/3 läpimitasta, kovaa lahoa rajattomasti
- Laho 3: pehmeää lahoa (juurikäpä) korkeintaan 1/2 läpimitasta, kovaa lahoa ja onkaloita (mesisieni) rajattomasti

Lajittelu tehtiin Metsä-Rauman tehtaalle tulevasta puuvirrasta marraskuussa kaivukonealustaisella kuormaajalla. Syksyinen varastointi oli tummentanut pölkkyjen päitä melkoisesti, mikä hidasti lajittelua sekä huononsi sen tulosta. Sateinen sää ja lyhyt valoisa aika päivällä vaikeuttivat myös laholuokkien erottamista.

Lajitelluista pölkkyistä mitattiin sekä lahovikaisten pölkkyjen tilavuusosuudet lahotyypeittäin että lahoa ja tervettä sisältävän puun osuudet. Juurikäpä ja mesisieni vaurioittavat puuta ytimeä alkaen, joten lahovikaisen rungon ulkovaipassa oli lähes aina myös tervettä puuta. Tämä selittää terveen puun suuren osuuden, vaikka lähes kaikki pölkkyt voitiin luokitella lahovikaisiksi. Pölkkyjen mittaustulokset esitetään taulukossa 3.



Lahon puun lajittelua Metsä-Rauman tehtaalla.



Laho 3:n pölkkyjä kuorinnan jälkeen.

Esimerkkejä  
eri laho-  
luokkien  
pölyistä  
tehdystä  
hakkeesta

Laho 1



Laho 2



Laho 3



TAULUKKO 3 Luokkien laho-osuudet ja lahon jakautuminen tyypeittäin

	Laho 1	Laho 2	Laho 3
Tervettä puuta, %	72	69	57
Lahopuuta, %	28	31	43
Lahotyypit			
väritöntä tai värivikaa, %	39	27	16
kovaa lahoa, %	43	50	33
pehmeää lahoa, %	6	10	37
lylyä, tunnistamatonta lahoa, %	12	13	14

Pölkkyt kuorittiin ja hakettiin Metsä-Rauman puunkäsittelyssä lahoerittäin. Kuorinta toteutettiin lajipuhdaina erinä eli lahoa puuta oli kerrallaan rummussa selvästi tavanomaista enemmän. Puun lahoisuus ei aiheuttanut ongelmia kuorinnassa eikä haketuksessa. Hake oli hyvää, eikä lahopuun puuhukka kuorinnassa poikennut terveen puun puuhäviöstä.

Keittoihin otetut näytteet kerättiin hakkurin ja seulonnan väliseltä hihnakuljettimelta koko hihna näytekohdalta tyhjentäen. Yksittäisiä näytteitä kerättiin kustakin lahoerästä 20 kpl, joista koottiin keittokokeisiin käytetyt erät. Hake-erät seulottiin, palakokojakauma määritettiin sekä 7 ja 13 mm reikäseulojen päälle jääneet jakeet otettiin talteen keittokokeita varten. Suuret ja pienet hakejakeet poistettiin keitoista satunnaisvaihteluiden suodattamiseksi. Hakeseulontatulokset esitetään taulukossa 4.

TAULUKKO 4 Koehakkeiden palakokojakauma

	Ø 45	// 8	Ø 13	Ø 7	Ø 3	Puru
Vertailuerä	1,3	5,4	72,1	16,5	3,9	0,8
Laho 1	0,9	4,6	78,0	13,9	1,5	1,1
Laho 2	0,9	4,1	74,1	16,0	3,9	1,0
Laho 3	1,2	6,8	79,0	11,2	1,0	0,8

Lahojen pölkkyjen lahovika ei ole aiheuttanut hakkeen palakokojakaumaan mitään muutosta.

#### 4.1.2 Keittokokeet

Keittokokeita varten kustakin hake-erästä punnittiin 1 000 gramman annoksia (kuivapaino) hakekoriin annosteltavaksi. Keitot tehtiin ns. korikeittoina eli yksi annos kutakin lahoerää annosteltiin viirakoriin ja neljä kappaletta näitä suljettiin suurempaan teräskoriin, joka ripustettiin tehdaskeittimen sisään normaalin tuotantokeiton ajaksi. Tällä tavoin saatiin tarkkaan määritellystä hake-erästä tehdaskeittimessä, teollisessa sellukeitossa valmistettu massanäyte. Tällaisia koreja ripustettiin yhteen keittoon kolme kappaletta, eli jokaista lahoerää keitettiin kerralla kolme näytettä. Korit olivat keittimessä eri korkeuksilla, yksi suunnilleen keskellä keitintä, toinen noin neljänneksen keittimen korkeudesta huipusta alaspäin ja kolmas neljänneksen korkeudesta pohjasta ylöspäin.

Koekeittoja tehtiin kolme kappaletta, eli yksittäisiä massanäytteitä oli 36 kpl, 9 kpl kustakin lahoerästä. Kustakin näytteestä analysoitiin kokonaissaanto eli massan kuivapainon suhde käytetyn hakkeen kuivapainoon sekä kappaluku. Tämän jälkeen näytteet seostettiin lahoerittäin ja seokset lajiteltiin 0,25 mm tasolajittimella. Lajittimen päälle jääneestä osasta massaa laskettiin rejektipitoisuus puuta kohti (rejektin kuivapainon suhde käytetyn hakkeen kuivapainoon). Lajitelluista massoista määritettiin kappaluku, viskositeetti, ISO-vaaleus ja kuidunpituus Kajaani FS-200 -mittarilla. Lisäksi ne jauhettiin laboratoriossa PFI-jauhimella, valmistettiin käsiarkeiksi ja testattiin lujuusominaisuuksiltaan. Lajittelemattomien massojen kappaluista ja kokonaissaannoista laskettiin keskiarvot.

#### 4.1.3 Valkaisukokeet

Lajitellut massat valkaistiin vakioiduilla valkaisuolosuhteilla valkaistavuuserojen selvittämiseksi. Käytetty valkaisuusekvenssi oli kaksivaiheisella happidelignifioinnilla alkava otsoni-peroksidivalkaisu, O-O-ZQ-OP-ZQ-OP. Valkaisuvaiheiden välillä massa pestiin, paitsi otsoni- (Z) ja kelatointivaiheiden (Q) välillä. OP on hapella paineistettu peroksidivalkaisuvaihe. Happi- ja paineelliset peroksidivaiheet tehtiin teflonoidussa, teräsrakenteisessa ja sähkölämmitteisessä reaktorissa. Otsonivaiheet suoritettiin paineettomassa pleksirakenteisessa reaktorissa. Molemmissa reaktoreissa oli jatkuva sekoitus. Kelatointivaiheet tehtiin muovipusseissa vesihautella. Valkaisuvaiheiden jälkeen analysoitiin kappaluku, viskositeetti ja ISO-vaaleus. Valkaistut massat jauhettiin laboratoriossa PFI-jauhimella, valmistettiin käsiarkeiksi ja testattiin lujuusominaisuuksiltaan.

## 4.2 Tulokset

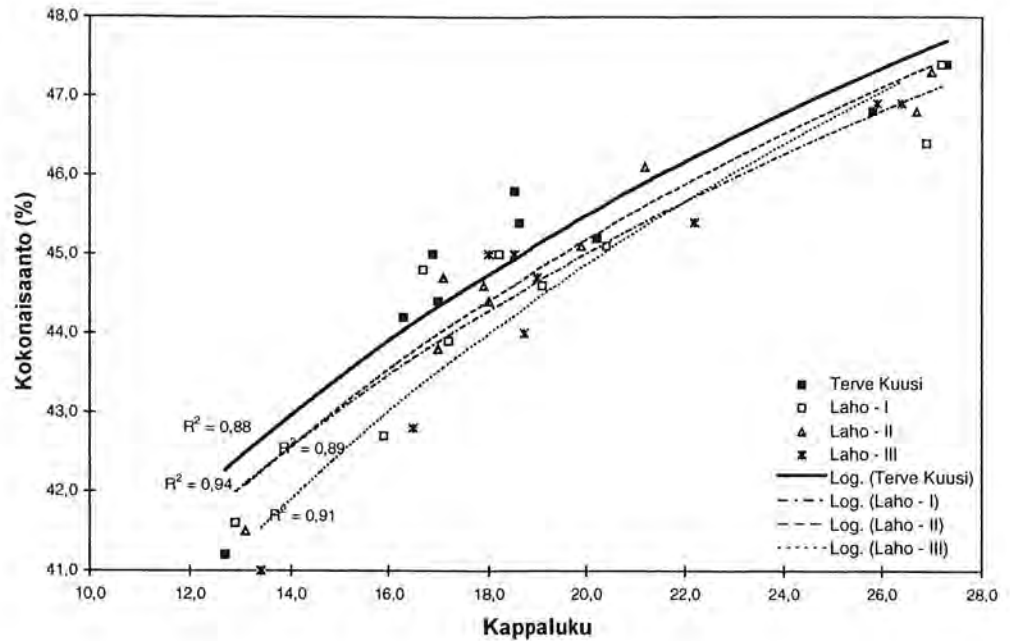
### 4.2.1 Lahovian vaikutus sulfaattikeitossa

Korikeittojen yksittäisten massanäytteiden kappa- ja saantotulokset esitetään liitteessä 1. Yksittäisten näytteiden tuloksista voidaan lähinnä arvioida keittimen sisäistä keittymisen tasaisuutta keittoastian korkeussuunnassa. Lahoerien välisiä eroja on tarkasteltava yksittäisten näytteiden keskiarvoista ja seosmassojen analyysituloksista. Nämä esitetään taulukossa 5.

TAULUKKO 5 Korikeittomassojen keskiarvotulokset ja seosmassojen analyysitulokset

Puulaatu	Keskiarvot		Massaseokset				
	Kappa	Kokonais-saanto	Rejekti, %	Kappa	Visko-siteetti, ml/g	ISO-vaaleus, %	Kuidunpituus, mm
Vertailuerä	19,3	45,0	0,09	18,7	981	29,4	2,31
Laho 1	19,4	44,6	0,13	19,0	934	28,3	2,46
Laho 2	19,8	44,9	0,12	19,5	951	28,2	2,40
Laho 3	19,8	44,6	0,16	19,6	940	27,9	2,37

Lahoa sisältävien puiden keitto näytti tuottavan keskimäärin terveen puun keittoa korkeamman kappaluvun. Keitto oli siis lahovikaisella puulla tervettä puuta hitaampaa samoilla keitto-olosuhteilla. Erot olivat pieniä, mutta näkyivät systemaattisesti sekä keskiarvotuloksissa että seosmassojen analyyseissa. Saanto lahovikaista puuta keitettäessä vaikutti hieman pienemmältä terveeseen puuhun verrattuna. Tämä ilmenee taulukosta 4 ja myös kuvasta 5, jossa yksittäisten korimassojen saanto esitetään lahoerittäin kappaluvun funktiona. Pistejoukkojen hajonta vaikeuttaa eron havaitsemista, mutta sovitettujen käyrien selitysaste on tasolla 90 %.



**Kuva 5.** Yksittäisten korikeittojen kokonaissaantotulokset kappaluvun suhteen.

Raaka-aineesta johtuvaa saannon vaihtelua aiheuttaa ainakin kasvunopeus, johon kasvupaikka vaikuttaa merkittävästi. Puun ikä tai runkotiheys eivät sitä vastoin ole saannon kannalta kovin merkittäviä tekijöitä (Yngvesson 1993). Tämän tutkimuksen raaka-aineiden historiasta ei ole kovin tarkkaa tietoa. Pääosa pölkyistä oli peräisin Satakunnasta, osa vertailuerän pölkyistä Hämeestä. Kasvupaikkojen suhteen voidaan kuitenkin olettaa, että erien sisällä eri kasvupaikoilta olevat pölkyt olivat melko tasaisesti sekoittuneet, eikä kasvupaikasta johtuvaa saannon vaihtelua esiintynyt.

Edellisen perusteella pahimmin lahosta kärsinyt erä on keitossa tervettä puuta huonompi raaka-aine. Kappalukuero korostaa saantoeroa, sillä tasalaatuista puuta keitetessä korkeampi kappaluku johtaa myös korkeampaan saantoon. Lahovikaisten puiden tapauksessa suuntaus oli lievästi päinvastainen terveeseen puuhun verrattuna. Tässä suhteessa vertailuerän osin nuorempi puuaines ei selitä tuloksia, sillä keittymisnopeudessa ei ole havaittu eri ikäisten kuusten välillä eroja. Jos eri-ikäisten kuusten välillä on eroa saannossa, sen on havaittu olevan pikemminkin nuoremman puun tappioksi (Luhtanen 1995).

Muut seosmassojen analyysitulokset tukivat päätelmää lahon haitallisesta vaikutuksesta keitossa. Keitossa kuituuntumatonta puuta, rejektiä, muodostui hieman enemmän, viskositeetti oli hieman matalampi, samoin keiton jälkeinen vaaleus. Viskositeetilla kuvataan kuidun muodostavien hiilihydraattipolymeerien keskimääräistä polymerisaatioastetta ja vaaleudella voidaan arvioida massan vastetta valkaisulle. Vaikka ei tunneta tarkkaan meka-



nismia, jolla valkolahottaja vaikuttaa puun hiilihydraatteihin, sen voidaan olettaa aiheuttavan muutoksia hiilihydraattipolymeereissa, ehkä jopa selluloosapolymeerien kiteisillä alueilla, joiden seurauksena hiilihydraatit ovat tervettä puuta alttiimpia alkaliselle päätepilkkoutumiselle keiton aikana. Tämä selittäisi matalamman viskositeetin. Heikompi vaaleus voi johtua yksinkertaisesti lahon kehittämistä värillisistä yhdisteistä, mutta myös valkolahottajan takia muuntuneesta ligniinin rakenteesta.

Kuidunpituuksissa vertailuerän muita pienempi tulos ei vaikuttanut loogiselta. Syy oli erilainen raaka-ainepohja; vertailuerän pölkyistä noin puolet oli nuorta puuta, jossa kuidunpituus keskimäärin on vanhoja puuta pienempi (Kärenlampi ym. 1993). Referenssipuiden pienempi läpimitta vaikuttaa koetuloksiin myös tiheys- ja ligniinipitoisuuseron kautta. Lahovikaisten erien kesken lahovian lisääntyminen vaikutti laskevan kuidunpituutta. Ero oli suurimmillaan kymmenesosamillin luokkaa. Valkaistujen sellujen kuidunpituustulokset (liitteenä olevissa jauhatusraporteissa) muuttuivat samalla tavoin valkaisuolosuhteiden kanssa. Kuidunpituus on merkittävä sellun lujuusominaisuuksiin vaikuttava suure, sen laskeminen alentaa saavutettavissa olevaa lujuustasoa.

#### 4.2.2 Lahovian vaikutus happikemikaalivalkaisussa

Valkaisuolosuhteet esitetään koottuna liitteissä 2 ja 3. Kaikki valkaisuolosuhteet tehtiin samoilla kemikaaliannoksilla ja reaktio-olosuhteilla. Mahdolliset erot valkaisuolosuhteiden vaikutuksissa kuvaavat siis lahovikaisten puiden erilaista vastetta valkaisuun. Happidelignifioinnin tulokset ja valkaisuolosuhteet esitetään koottuna taulukossa 6.

TAULUKKO 6 Korikeittomassojen seosten happidelignifioinnin ja valkaisuolosuhteiden tuloksia

	Vertailuerä	Laho 1	Laho 2	Laho 3
Happidelignifiointi				
Kappa	7,5	7,6	7,6	7,6
Viskositeetti, ml/g	845	802	788	770
ISO-vaaleus, %	42,6	41,7	42,4	42,2
Saanto, %	97,6	97,1	97,2	97,2
Loppuvalkaisu				
Kappa	0,4	0,7	0,7	0,6
Viskositeetti, ml/g	566	528	518	536
ISO-vaaleus, %	90,4	90,5	90,1	89,1
Saanto, %	91,7	92,0	92,0	91,7

Happidelignifiointi toimi eri massoille samalla tavoin. Kappaluvuissa ja vaaleuksissa ei ollut käytännössä eroa näytteiden välillä. Viskositeetissa lahovikaisten massojen keiton jälkeinen matalampi taso näkyi myös happidelignifioinnin jälkeen. Happidelignifioinnin saanto oli kaikilla lahovikaissilla massoilla tervettä puuta matalampi.

Loppuvalkaisussa massanäytteiden välille muodostui joitakin eroja. Kappaluku oli lahovikaissilla massoilla systemaattisesti terveen puun massaa korkeampi, eli otsoni tai peroksidi tai molemmat eivät delignifioineet lahovikaissia massoja aivan yhtä tehokkaasti kuin terveen puun massaa. Tämä trendi näkyi myös valkaisun välituloksissa, joka vahvistaa lopputuloksesta tehdyn päätelmän.

Viskositeetissa keiton ja happidelignifioinnin jälkeinen lahovikaisten massojen alempi taso näkyi edelleen loppuvalkaisun jälkeen, joskaan ei aivan yhtä voimakkaana. Loppuvalkaisun saannoissa ei ollut eroja näytteiden välillä.

Koska valkaisun olosuhteet oli vakioitu, kertoi loppuvaaleus suoraan massojen valkaistavuudesta, eli vasteesta tiettyyn kemikaalin annostukseen. Vertailuerä ja Laho 1 olivat vaaleudessa identtiset. Laho 2 oli hieman, mutta ei merkittävästi matalampi, mutta Laho 3 oli selkeästi muita alemmalla tasolla. Ero loppuvaaleudessa oli hieman yli yksi vaaleusyksikkö. Eniten lahosta kärsinyt erä vaatii samaan loppuvaaleuteen pääsemiseksi siis suuremman valkaisukemikaaliannostuksen kuin muut lahoerät.

#### 4.2.3 Lahovian vaikutus sellun lujuusominaisuuksiin

##### 4.2.3.1 Valkaisemattomat massat

Näytteiden jauhatusraportit esitetään liitteessä 4. Muutamia avainsuureita on kerätty taulukkoon 7.

TAULUKKO 7 Valkaisemattomien massojen lujuustestaustuloksia

	Vertailuerä	Laho 1	Laho 2	Laho 3
Repäisyindeksi vetolujuudessa 70 Nm/g	23,8	22,5	23,1	22,5
Repäisyindeksi vetolujuudessa 90 Nm/g	17,2	18,1	18,4	16,4
PFI-kierrokset vetolujuuteen 70 Nm/g	400	1 019	498	612

Repäisyindekseillä vakiovetolujuudessa kuvataan yleisesti massan lujuuspotentiaalia paperinvalmistuksessa. Yleisesti tarkastellaan tasoa 70, toisinaan myös tasoa 90. Terveen vertailuerän repäisyindeksi oli kaikkia lahopuueriä parempi vakiovetolujuustasolla 70 Nm/g. Tasolla 90 Nm/g lahoerät 1 ja 2 olivat tervettä puuta korkeammalla tasolla. Puolet vertailuerän

pölkyistä oli lahoeriä nuorempaa, mikä vaikeuttaa vertailun tekemistä. Puuden järeysero vaikutti todennäköisesti vertailuerän jauhautuvuuteen varsinkin intensiivisemmällä jauhatuksella (enemmän PFI-kierroksia), sillä nuoren puun kuidut ovat keskimäärin lyhyempiä ja niillä on matalampi pituusmassa kuin vanhemman puun kuiduilla

PFI-kierroksilla vakiovetolujuuteen kuvataan massan jauhautuvuutta, eli kuinka nopeasti se jauhettaessa kehittää tietyn vetolujuustason. Valkaisemattomien massojen välillä ei tässä suhteessa löytynyt kovin merkittäviä eroja. Vertailuerän muita nopeampi jauhautuneisuus, myös suotautuvuusmielessä (SR), johtunee nuoren puun suuresta osuudesta erässä.

#### 4.2.3.2 Valkaistut massat

Varsinainen lujuuspotentiaalin arviointi oli tässä tapauksessa järkevää tehdä valkaistujen massojen tuloksista, koska ne edustavat lähinnä sitä tuotetta, joka sellutehtaalta lähtee paperinvalmistukseen. Valkaistujen massojen testaustuloksia on koottu taulukkoon 8 ja liitteeseen 5.

TAULUKKO 8 Valkaistujen massojen lujuustestaustuloksia

	Vertailuerä	Laho 1	Laho 2	Laho 3
Repäisyindeksi vetolujuudessa 70 Nm/g	17,2	15,7	16,4	16,1
PFI-kierrokset vetolujuuteen 70 Nm/g	2 370	2 483	2 003	2 854

Valkaistuilla massoilla erot repäisyindekseissä tulivat esiin selkeämmin kuin valkaisemattomia massoilla. Terveen puun massa oli keskimäärin yhden repäisy-yksikön korkeammalla kuin kaikki lahovikaiset massat. Tämä oli jo selkeä ero. Jauhautuvuudessa ei tässäkään tapauksessa ollut merkittäviä eroja.

Pientä epävarmuutta jauhatustulosten päätelmiin aiheutti vertailuerässä osana käytetty nuorempi puu. Vertailuerä osoitti pienempää kuidunpituutta sekä valkaistuilla että valkaisemattomilla massoilla. Toisaalta nuorempi kuitu on ohutseinäisempää ja sillä on matalampi pituusmassa, jonka ansiosta se on mukautuvampaa kuituverkostossa kuin vanhempi kuitu. Kuituverkoston lujuuden muodostuminen on siis useiden tekijöiden summa, jota kuidun lahovika kuitenkin selkeästi näyttää heikentävän.

## **5 TARKASTELUA**

### **5.1 Lahon puun määrä**

Tyvilahovikaisen puun määrä on varsin huomattava rannikkojen ja vanhojen teollisuuspaikkakuntien ympäristöissä. Ennustusten mukaan tyvilahon määrä tulee lisääntymään lähivuosisikymmenien aikana. Lahovika muuttaa puutavaran käyttötarkoitusta. Järeää kuusta siirtyy sahateollisuudesta ja pienikoista kuusta mekaanisesta kuidutuksesta sellun raaka-aineeksi. Tällöin sellutehtaat tulevat saamaan järeää kuusta raaka-aineeseen mikä vastaavasti vähentää sahateollisuuden kuusitukkimäärää.

Eteläsuomalaisen sellutehtaan raaka-ainevirrassa lahoa sisältävä puuraaka-aine näyttelee merkittävää osaa, vajaata viidennestä. Lahopölkkyistä suurin osa on kuitenkin tervettä, pitkäkuituista pintapuuta. Ongelmallisinta osaa, pehmeää lahoa, on 1/25 lahopuun kokonaismäärästä.

### **5.2 Lahon puun laatu**

Tyvilahoa sisältäviä pinoja tarkasteltaessa niiden rakenteesta saa helposti huonon käsityksen. Muutama pinossa oleva runsaasti lahoa sisältävä pölky huonontaa koko pinon kokonaiskuvaa. Tällaisia ovat erityisesti isot mesisien aiheuttamat onkalopölkkyt, joissa onkalo ei kuitenkaan yleensä jatku metriä syvemmälle. Pölkkyistä on myös vaikea hahmottaa terveen vaippakerroksen tilavuutta verrattuna lahoa sisältävään ydinosaan. Voidaan siis yleisittää, että lahoppuupinot näyttävät huonolaatuisemmalta, kuin mitä ne ovat raaka-ainesisällöltään.

### **5.3 Tyvilahovikainen puu sellun raaka-aineena**

Tutkimuksessa kaikki, huonoimpaankin laholuokkaan luokitellut, pölkkyt voitiin prosessoida tehdasmittaisessa kuorinta- ja haketusprosessissa. Tämä johtunee siitä, että tyvilahoisissa pölkkyissä on aina ulkovaippa tervettä, pitkäkuituista puuta, jota laatuvaatimusten mukaan on oltava vähintään minimiläpimitan verran. Terve ulkovaippa pitää puun koossa kuorinnassa. Lahopuusta tehdyn hakkeen palakokojakauma ja kuorinnan puuhukka ei poikennut terveen puun palakokojakaumasta ja puuhukasta.

Sulfaattikeitossa eniten pehmeää lahoa sisältänyt kuusipuu keittyi hitaammin kuin terve puu ja antoi heikomman saannon, viskositeetin ja vaaleuden sekä enemmän rejektiä. Happidelignifioinnissa lahovikaiset massat käyttäytyivät kuten terveen puun massa. Otsoni-peroksidivalkaisussa runsaasti pehmeää lahoa sisältäneestä puusta tehty massa ei samoilla valkaisuolosuhteilla saavuttanut samaa vaaleustasoa kuin terveestä tai vähemmän lahoa sisältäneestä puusta tehty massa. Lahovika hidasti myös delignifiointia valkaisuissa, kuten keitossakin havaittiin. Keiton jälkeen havaitut erot viskositeetissa näkyivät myös valkaisuun jälkeen.

Tutkimuksessa käytetystä vertailuerästä oli puolet pienempikokoista puuta kuin lahopuuerät, mikä vaikeuttaa terveen ja lahovikaisen raaka-aineiden vertailua. Toisaalta on muistettava, että perinteinen sellun raaka-aine on pienikokoinen mäntykuitupuu.

Saannon osalta vertailuraaka-aineen poikkeavuudella ei todennäköisesti ole suurta merkitystä, sillä Yngvessonin (1993) mukaan puun ikä ja runkotiheys eivät ole saannon vaihtelun kannalta kovin merkittäviä tekijöitä. Eniten osittain nuoremmista puista peräisin ollut vertailuerä on todennäköisesti vaikuttanut lujuusominaisuuksiin ja kuidunpituustuloksiin, sillä nuorilla puilla kuidunpituus on keskimäärin vanhoja puita pienempi (Luhtanen 1995).

Merkittävä kuusipuun lahovika aiheutti laatumenetyksiä ja kemikaalikulutuksen lisääntymistä sekä keitossa että valkaisussa. Havaitut erot olivat melko pieniä, mutta selkeitä ja systemaattisia. On kuitenkin huomattava, että käytetyissä raaka-aineissa lahoviasta kärsinyttä puuta oli melko suuria osuuksia; kaikki pölkyt olivat viallisia, vaikka sisälsivätkin myös tervettä puuta. Pienemmissä osuuksissa lahovika ei todennäköisesti näy käytännön tilanteessa niin selvästi laadussa tai prosessoitavuudessa. Toisaalta lahovika pienentää puun tilavuuspainoa ja lisää näin puun kulutusta sellun valmistuksessa.

Tässä tutkimuksessa lahoviasta kärsinyttä puuta prosessoitiin normaaleissa käyttöolosuhteissa, joten tulokset ovat sovellettavissa sellaisenaan arvioitaessa lahon puun jalostusarvoa. Lahovikaiselle puulle on aiheellista määrittää tervettä puuta matalampi arvo puunhankinnassa ja huolehtia siitä, että sitä toimitetaan prosessoitavaksi ainakin jollain tavoin hallitussa suhteessa terveeseen puuhun nähden. Huippulujuuksia vaativiin sellulaatuihin lahovikaista raaka-ainetta ei pidä annostella.

## KIRJALLISUUTTA

- Halonen, M.** 1997. Lahon kuusipuun soveltuvuus sulfaattiselluloosa-prosessin ja metsäteollisuuden raaka-aineeksi. Pro Gradu-tutkimus, Jyväskylän yliopisto, Kemian laitos, Soveltavan kemian osasto, Luonnos, Moniste 30.4.1997
- Kärenlampi, P., Retulainen, E., Kolehmainen, H.** 1993. Nordic softwood alternatives for kraft pulps, XI International Paper Making Conference, Lodz, Poland 26. - 30.9.1993, SPP Progress 1993, Vol.2, s. 77 - 93.
- Luhtanen, M.** 1995. Havuraaka-aineen morfologian ja hakepaksuuden merkitys SuperBatch-eräkeitossa, diplomityö, Teknillinen korkeakoulu, Puunjalostustekniikan laitos, Selluloosatekniikan laboratorio, Espoo 1995, s. 102.
- Tamminen, P.** 1985. Butt-rot in Norway spruce in Southern Finland. Abstract: Kuusen tyvilahoisuus Etelä-Suomessa. Comm. Inst. For. Fenn 127, 52 pp.
- Yngvesson, M.** 1993. Kraft pulp from Norway spruce (*Picea abies*) thinned at 30 years age, Tappi Pulping conference, Atlanta USA 1. - 3.10.1993, TAPPI Press, 1993, Book 1, s. 87 - 94.

METSÄ-RAUMA SuperBatch  
Basket Cooking trials 16.-18.12.1996

Basket Cook nr	Armour position	Wood quality	Kappa Number	Total yield %
K334	Upper	0	16,9	45,0
		I	16,7	44,8
		II	17,1	44,7
	Middle	III	18,0	45,0
		0	18,5	45,8
		I	18,2	45,0
	Bottom	II	17,9	44,6
		III	18,5	45,0
		0	25,8	46,8
		I	27,2	47,4
		II	26,7	46,8
		III	25,9	46,9
K335	Upper	0	18,6	45,4
		I	19,1	44,6
		II	19,9	45,1
	Middle	III	19,0	44,7
		0	27,3	47,4
		I	26,9	46,4
	Bottom	II	27,0	47,3
		III	26,4	46,9
		0	17,0	44,4
		I	17,2	43,9
		II	18,0	44,4
		III	18,7	44,0
K336	Upper	0	20,2	45,2
		I	20,4	45,1
		II	21,2	46,1
	Middle	III	22,2	45,4
		0	16,3	44,2
		I	15,9	42,7
	Bottom	II	17,0	43,8
		III	16,5	42,8
		0	12,7	41,2
		I	12,9	41,6
		II	13,1	41,5
		III	13,4	41,0

Wood quality	Average Ref. kappa	Average yield	Pulp Mixture			
			Reject %	Kappa	Viscosity ml/g	Brightness ISO-%
0	19,3	45,0	0,09	18,7	981	29,4
I	19,4	44,6	0,13	19,0	934	28,3
II	19,8	44,9	0,12	19,5	951	28,2
III	19,8	44,6	0,16	19,6	940	27,9

**Summary of oxygen delignification results**  
**Experiments conducted at Western Laboratories**  
**Unbleached softwood mill SuperBatch pulp, basket cooks**

**Initial pulp properties**

	Sample 0	Sample 1	Sample 2	Sample 3
Kappa	18,7	19,0	19,5	19,6
Viscosity, ml/g	981	934	951	940
Brightness, % ISO	29,4	28,3	28,2	27,9

**O1**

Temperature, °C	100	100	100	100
Time, min	45	45	45	45
Consistency, %	10	10	10	10
NaOH charge, kg/t	15,0	15,0	15,0	15,0
NaOH cons., kg/t	11,3	11,7	11,5	11,5
MgSO <sub>4</sub> , kg/t	2,0	2,0	2,0	2,0
pH	11,2	10,8	11,2	10,9
O <sub>2</sub> , bar	6	6	6	6

**Washing and centrifuging****O2**

Temperature, °C	100	100	100	100
Time, min	45	45	45	45
Consistency, %	10	10	10	10
NaOH charge, kg/t	10,0	10,0	10,0	10,0
NaOH cons., kg/t	5,2	5,1	5,5	5,7
MgSO <sub>4</sub> , kg/t	2,0	2,0	2,0	2,0
pH	11,4	11,8	11,5	11,2
O <sub>2</sub> , bar	6	6	6	6

**Final pulp properties**

Kappa	7,5	7,6	7,6	7,6
Viscosity, ml/g	845	802	788	770
Brightness, % ISO	42,6	41,7	42,4	42,2
dKappa	11,2	11,4	11,9	12,0
Kappa red., %	59,9	60,0	61,0	61,2
NaOH/red.	0,274	0,280	0,279	0,281
NaOH/dKappa	1,46	1,47	1,43	1,43
Yield, %	97,6	97,1	97,2	97,2



**Summary of TCF bleaching results**  
 Experiments conducted at Western Laboratories  
 Unbleached softwood mill SuperBatch pulp, basket cooks

**Initial pulp properties**

	Sample 0	Sample 1	Sample 2	Sample 3
Kappa	7,5	7,6	7,6	7,6
Viscosity, ml/g	845	802	788	770
Brightness, % ISO	42,6	41,7	42,4	42,2
<b>Z1</b>				
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/t	5,8	4,7	5,5	5,8
O <sub>3</sub> charge, kg/t	3,0	3,0	3,0	3,0
O <sub>3</sub> consumed, kg/t	2,9	3,0	3,0	2,9
pH, start	3,0	3,0	3,0	3,0
pH, end	3,0	3,0	3,0	3,1
Temp., °C	47/64	51/68	47/62	48/63
Time, min	8,2	8,2	8,1	8,3
<b>Q1</b>				
EDTA, kg/t	2,0	2,0	2,0	2,0
NaOH, kg/t	3,6	3,3	3,6	3,3
pH, start	5,4	5,5	5,3	5,4
pH, end	5,4	5,4	5,3	5,3
Temp., °C	55	55	55	55
Time, min	30	30	30	30
Kappa	4,8	5,3	5,2	5,5
Viscosity, ml/g	756	733	722	696
Brightness, % ISO	53,0	51,5	51,4	49,8
Yield, %	99,4	99,0	99,0	99,0
<b>OP1</b>				
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> charge, kg/t	9,0	9,0	9,0	9,0
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> residual, kg/t	7,2	7,7	7,5	7,3
MgSO <sub>4</sub> , kg/t	2,0	2,0	2,0	2,0
NaOH charge, kg/t	15,0	15,0	15,0	15,0
NaOH cons., kg/t	11,8	12,1	11,9	11,8
pH, start	11,6	11,5	11,8	11,6
pH, end	10,9	11,1	10,8	10,9
Temp., °C	100	100	100	100
Time, min	45+30	45+30	45+30	45+30
O <sub>2</sub> , bar	6/0	6/0	6/0	6/0
Kappa	2,3	2,6	2,3	2,6
Viscosity, ml/g	674	631	652	675
Brightness, % ISO	79,4	78,5	79,5	77,8
Yield, %	96,7	97,9	97,9	97,3

	Sample 0	Sample 1	Sample 2	Sample 3
<b>Z2</b>				
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/t	2,5	4,6	2,9	2,7
NaOH, kg/t	0	1,0	0,4	0
O <sub>3</sub> charge, kg/t	2,0	2,0	2,0	2,0
O <sub>3</sub> consumed, kg/t	1,9	1,9	1,9	1,9
pH, start	2,9	2,8	3,1	3,0
pH, end	3,0	2,8	3,0	2,9
Temp., °C	51/61	48/55	47/58	47/58
Time, min	6,1	6,0	6,5	5,9
<b>Q2</b>				
EDTA, kg/t	2,0	2,0	2,0	2,0
NaOH, kg/t	2,7	3,4	3,0	2,9
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , kg/t	0	0	0,4	0,2
pH, start	5,5	5,6	5,5	5,4
pH, end	5,6	5,6	5,5	5,4
Temp., °C	70	70	70	70
Time, min	30	30	30	30
Kappa	1,0	1,2	1,1	1,1
Viscosity, ml/g	603	593	612	627
Brightness, % ISO	84,0	82,2	83,1	82,6
Yield, %	99,8	99,4	99,2	99,6
<b>OP2</b>				
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> charge, kg/t	9,0	9,0	9,0	9,0
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> residual, kg/t	5,5	5,5	5,9	5,3
MgSO <sub>4</sub> , kg/t	2,0	2,0	2,0	2,0
NaOH charge, kg/t	12,0	12,0	12,0	12,0
NaOH cons., kg/t	8,8	9,0	8,8	9,3
pH, start	11,5	11,4	11,5	11,6
pH, end	10,9	11,0	11,0	10,9
Temp., °C	100	100	100	100
Time, min	90	90	90	90
O <sub>2</sub> , bar	6	6	6	6
OP2 yield, %	97,9	98,4	98,4	98,3
<b>Acidification</b>				
Temp., °C	25	25	25	25
Time, min	10	10	10	10
pH	5	5	5	5
<b>Final pulp properties</b>				
Kappa	0,4	0,7	0,7	0,6
Viscosity, ml/g	566	528	518	536
Brightness, % ISO	90,4	90,5	90,1	89,1
Total yield, %	91,7	92,0	92,0	91,7

# Western Laboratories Inc.

## REPORT ON TESTING OF PULP

PFI Nr. PFI - 60  
Project Nr. 3648  
Date 3.2.97

PFI-beating Sample: METSÄ - RAUMA KORIKEITOT  
HAKE 0, MIX

Beating revs	SR number	CSF ml	Tens. ind. Nm/g	Tear ind. mNm <sup>2</sup> /g	Burst ind. kPa m <sup>2</sup> /g	Stretch %	Light scatt. m <sup>2</sup> /kg	Abs. coeff. m <sup>2</sup> /kg	Opacity %	Brightness % ISO	Air res. Gurleys	Density kg/m <sup>3</sup>	Grammage g/m <sup>2</sup>
0	13,0	735	39,6	25,1		2,3					0,9	591	65,3
250	13,5	725	65,2	25,4		2,6					1,6	632	65,0
1000	14,5	695	89,3	17,3		3,1					2,7	670	65,4
2500	16,5	640	110,5	13,6		3,0					5,9	710	68,1
6000	23,0	470	120,2	11,9		3,1					23,3	745	66,0
102	13,2	731	50	25,2		2,4					1,2	608	
400	13,7	719	70	23,8		2,7					1,8	640	
1047	14,6	693	90	17,2		3,1					2,8	672	
4385	20	548	115,7	12,7		3,0					15,2	729	

### Chemical properties:

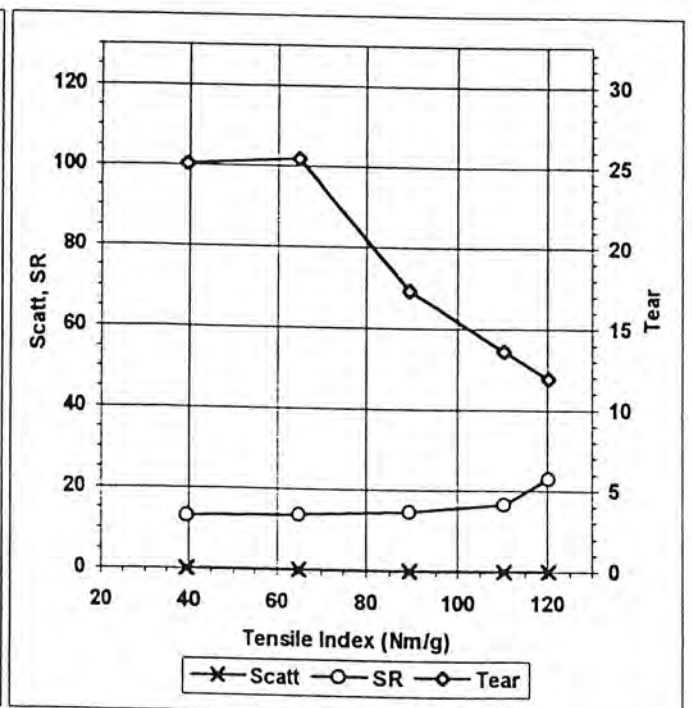
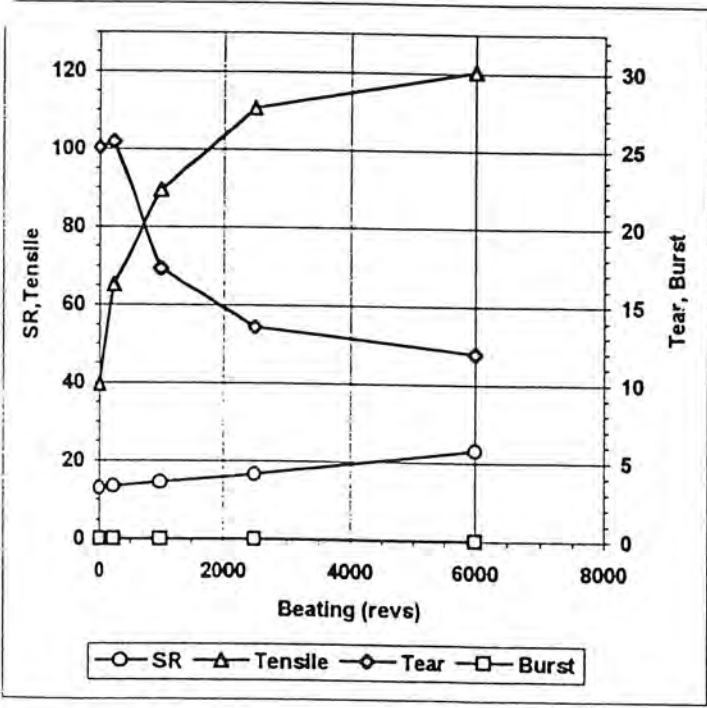
Kappa SCAN-C 1:77  
Viscosity SCAN-CM 15:88 (ml/g)  
Brightness SCAN-C 11:75 (ISO %)  
Alk.sol. S5 SCAN-C 2:61 (%)  
pH  
DCM extract SCAN-C 7:62 (%)  
Ethanol-benzene extract (%)  
Acetone extract (%)

### Fiber properties:

18,7 Pine (%)  
981 Spruce (%)  
29,4 Hardw. (%)  
Kajaani FS-200:  
L.weighted av. (mm) 2,31  
Coarseness (mg/m)

### Testing methods:

Valley-beating SCAN-C 25:76  
PFI-beating SCAN-C 24:67  
Canadian freeness SCAN-C 21:65  
Schopper-Riegler SCAN-C 19:65  
Laboratory sheets SCAN-C 26:76  
Fiber composition SCAN-G 3:90



# Western Laboratories Inc.

## REPORT ON TESTING OF PULP

PFI Nr. PFI - 86  
Project Nr. 3648  
Date 17.2.97

PFI-beating Sample: METSÄ - RAUMA KORIKEITOT  
HAKE 1

Beating revs	SR number	CSF ml	Tens. ind. Nm/g	Tear ind. mNm <sup>2</sup> /g	Burst ind. kPa m <sup>2</sup> /g	Stretch %	Light scatt. m <sup>2</sup> /kg	Abs. coeff. m <sup>2</sup> /kg	Opacity %	Brightness % ISO	Air res. Gurleys	Density kg/m <sup>3</sup>	Grammage g/m <sup>2</sup>
0	11,5	750	32,8	22,9		1,9					0,6	598	67,8
250	12,5	730	48,9	23,4		2,3					1,0	629	65,4
1000	13,5	710	69,7	22,5		2,5					1,6	658	66,6
2500	15,5	65	92,1	17,6		2,8					2,9	684	66,2
6000	21,5	475	109,6	14,0		3,0					13,2	727	66,7
288	12,6	729	50	23,4		2,3					1,0	631	
1019	13,5	702	70	22,5		2,5					1,6	658	
2361	15,3	125	90	18,1		2,8					2,8	681	
5125	20	373	105,2	14,9		3,0					10,6	716	

### Chemical properties:

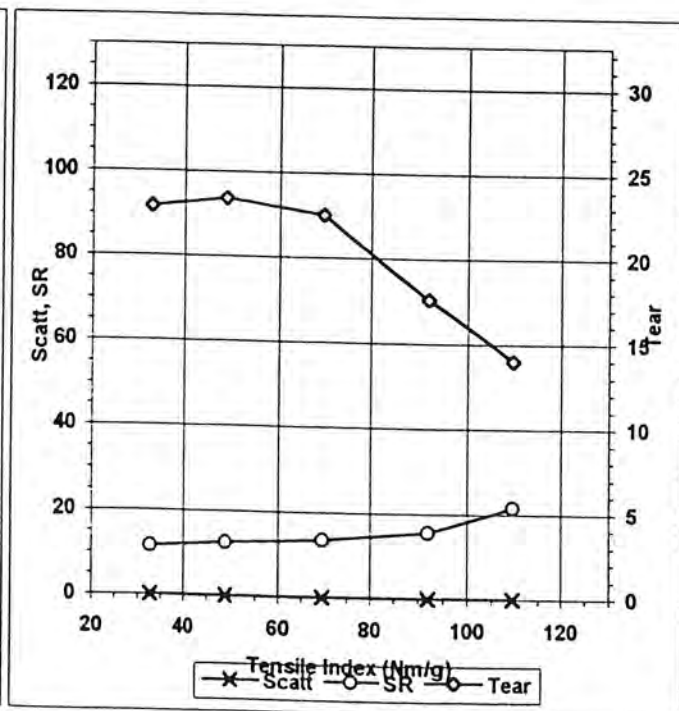
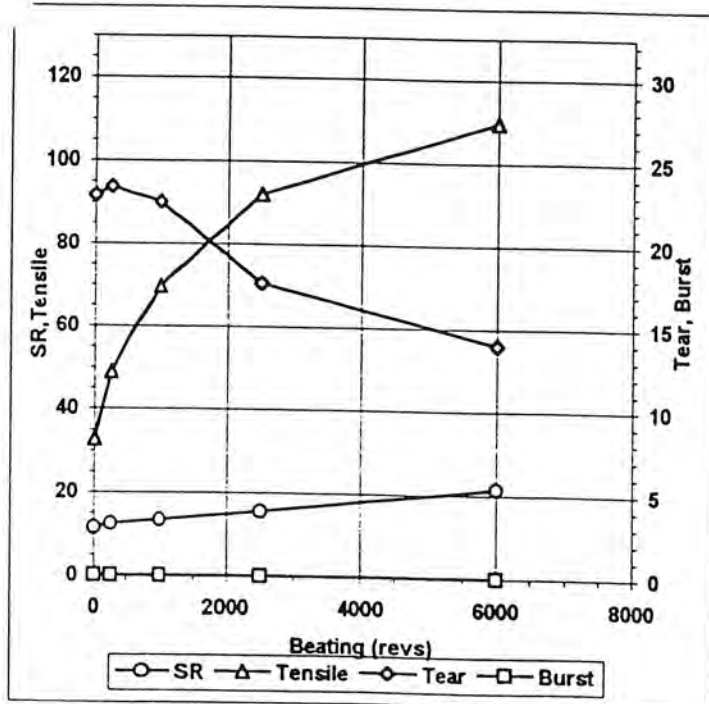
Kappa SCAN-C 1:77  
Viscosity SCAN-CM 15:88 (ml/g)  
Brightness SCAN-C 11:75 (ISO %)  
Alk.sol. S5 SCAN-C 2:61 (%)  
pH  
DCM extract SCAN-C 7:62 (%)  
Ethanol-benzene extract (%)  
Acetone extract (%)

### Fiber properties:

19,0 Pine (%)  
934 Spruce (%)  
28,3 Hardw. (%)  
Kajaani FS-200:  
L.weighted av. (mm) 2,46  
Coarseness (mg/m)

### Testing methods:

Valley-beating SCAN-C 25:76  
PFI-beating SCAN-C 24:67  
Canadian freeness SCAN-C 21:65  
Schopper-Riegler SCAN-C 19:65  
Laboratory sheets SCAN-C 26:76  
Fiber composition SCAN-G 3:90



# Western Laboratories Inc.

## REPORT ON TESTING OF PULP

PFI Nr. PFI-109  
 Project Nr. 3648  
 Date 26.2.97

PFI-beating Sample: METSÄ-RAUMA KORIKEITOT  
 HAKE 2

Beating revs	SR number	CSF ml	Tens. ind. Nm/g	Tear ind. mNm <sup>2</sup> /g	Burst ind. kPa m <sup>2</sup> /g	Stretch %	Light scatt. m <sup>2</sup> /kg	Abs. coeff. m <sup>2</sup> /kg	Opacity %	Brightness % ISO	Air res. Gurleys	Density kg/m <sup>3</sup>	Grammage g/m <sup>2</sup>
0	12,5	730	38,0	25,3		2,3					0,9	589	68,7
250	13,0	720	61,9	24,9		3,0					1,6	625	65,9
1000	14,0	690	86,5	19,5		3,2					2,2	661	66,1
2500	15,0	650	99,9	15,2		3,1					3,5	693	65,1
6000	20,0	490	112,4	14,2		3,1					15,9	591	65,5
126	12,8	725	50	25,1		2,7					1,2	607	
498	13,3	710	70	23,1		3,1					1,8	637	
1393	14,3	680	90	18,4		3,2					2,6	669	
6000	20	490	112,4	14,2		3,1					15,9	591	

### Chemical properties:

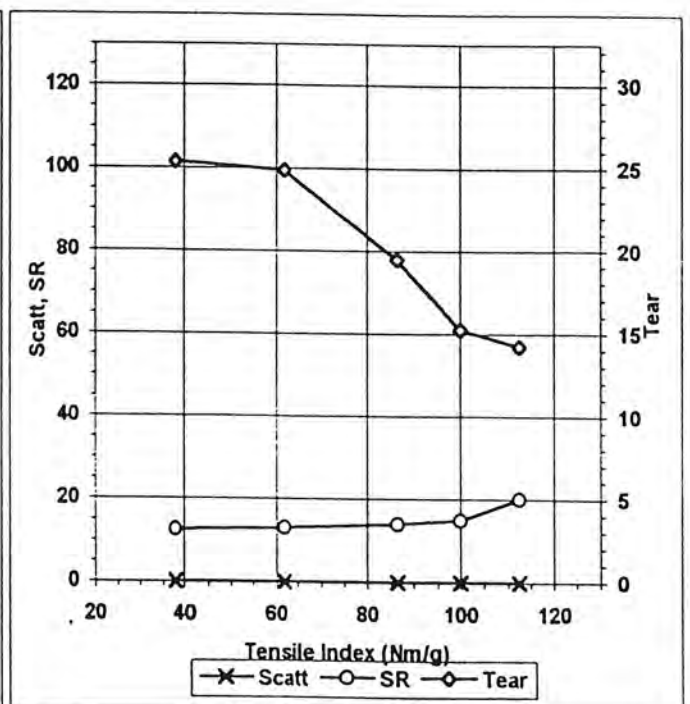
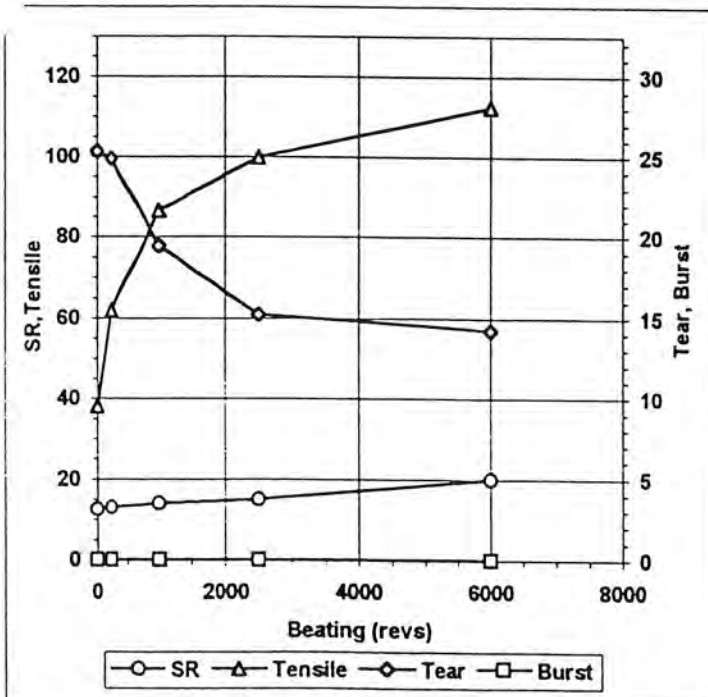
Kappa SCAN-C 1:77  
 Viscosity SCAN-CM 15:88 (ml/g)  
 Brightness SCAN-C 11:75 (ISO %)  
 Alk.sol. S5 SCAN-C 2:61 (%)  
 pH  
 DCM extract SCAN-C 7:62 (%)  
 Ethanol-benzene extract (%)  
 Acetone extract (%)

### Fiber properties:

19,5 Pine (%)  
 951 Spruce (%)  
 28,2 Hardw. (%)  
 Kajaani FS-200:  
 L.weighted av. (mm) 2,40  
 Coarseness (mg/m)

### Testing methods:

Valley-beating SCAN-C 25:76  
 PFI-beating SCAN-C 24:67  
 Canadian freeness SCAN-C 21:65  
 Schopper-Riegler SCAN-C 19:65  
 Laboratory sheets SCAN-C 26:76  
 Fiber composition SCAN-G 3:90



# Western Laboratories Inc.

## REPORT ON TESTING OF PULP

PFI Nr. PFI-110  
Project Nr. 3648  
Date 27.2.97

PFI-beating Sample: METSÄ-RAUMA KORIKEITOT  
HAKE 3

Beating revs	SR number	CSF ml	Tens. ind. Nm/g	Tear ind. mNm <sup>2</sup> /g	Burst ind. kPa m <sup>2</sup> /g	Stretch %	Light scatt. m <sup>2</sup> /kg	Abs. coeff. m <sup>2</sup> /kg	Opacity %	Brightness % ISO	Air res. Gurleys	Density kg/m <sup>3</sup>	Grammage g/m <sup>2</sup>
0	12,0	740	40,0	22,9		2,5					0,9	612	65,9
250	13,0	720	60,6	25,9		2,7					1,6	649	66,8
1000	13,5	695	80,1	18,8		3,0					2,9	682	66,2
2500	14,5	660	96,2	14,9		3,2					4,9	715	65,1
6000	21,5	480	107,1	12,7		3,0					24,3	756	64,6
121	12,5	730	50	24,3		2,6					1,3	630	
612	13,2	708	70	22,5		2,9					2,2	665	
1926	14,1	673	90	16,4		3,1					4,1	702	
5250	20	519	104,7	13,2		3,0					20,1	747	

### Chemical properties:

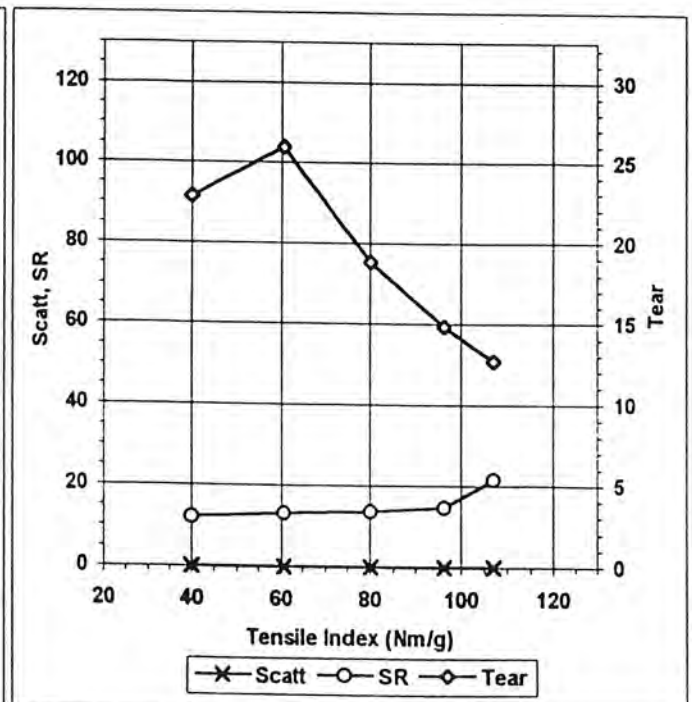
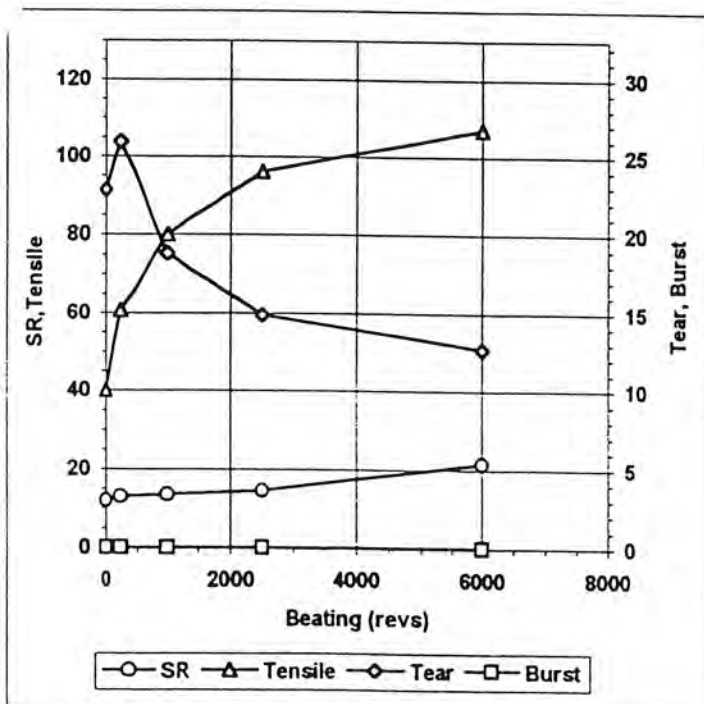
Kappa SCAN-C 1:77  
Viscosity SCAN-CM 15:88 (ml/g)  
Brightness SCAN-C 11:75 (ISO %)  
Alk.sol. S5 SCAN-C 2:61 (%)  
pH  
DCM extract SCAN-C 7:62 (%)  
Ethanol-benzene extract (%)  
Acetone extract (%)

### Fiber properties:

19,6 Pine (%)  
940 Spruce (%)  
27,9 Hardw. (%)  
Kajaani FS-200:  
L.weighted av. (mm) 2,37  
Coarseness (mg/m)

### Testing methods:

Valley-beating SCAN-C 25:76  
PFI-beating SCAN-C 24:67  
Canadian freeness SCAN-C 21:65  
Schopper-Riegler SCAN-C 19:65  
Laboratory sheets SCAN-C 26:76  
Fiber composition SCAN-G 3:90



# Western Laboratories Inc.

## REPORT ON TESTING OF PULP

PFI Nr. PFI-111  
Project Nr. 3648  
Date 27.2.97

PFI-beating Sample: METSÄ-RAUMA KORIKEITOT  
HAKE O VALKAISTU

Beating revs	SR number	CSF ml	Tens. ind. Nm/g	Tear ind. mNm <sup>2</sup> /g	Burst ind. kPa m <sup>2</sup> /g	Stretch %	Light scatt. m <sup>2</sup> /kg	Abs. coeff. m <sup>2</sup> /kg	Opacity %	Brightness % ISO	Air res. Gurleys	Density kg/m <sup>3</sup>	Grammage g/m <sup>2</sup>
0	14,0	655	30,9	23,4		3,8	27,9	0,05	69,3		0,6	728	67,6
250	15,0	620	41,0	25,6		4,1	26,3	0,03	66,5		0,8	636	66,5
1000	18,0	560	55,5	25,9		3,9	24,1	0,03	64,0		1,5	663	65,5
2500	25,0	420	71,4	16,3		3,8	22,4	0,03	62,1		6,3	703	64,5
6000	54,0	180	94,3	12,5		3,6	22,1	0,03	61,8		158,9	758	64,3
715	16,9	583	50	25,8		4,0	24,9	0,03	65,0		1,2	653	
2370	24,4	432	70	17,2		3,8	22,6	0,03	62,3		5,9	700	
5342	48,5	225	90	13,3		3,7	22,1	0,03	61,9		130,2	748	
1429	20	520	60,0	23,2		3,9	23,6	0,03	63,5		2,9	675	
3103	30	379	75,3	15,7		3,8	22,3	0,03	62,0		32,6	713	
5517	50	213	91,1	13,1		3,6	22,1	0,03	61,8		137,9	751	

### Chemical properties:

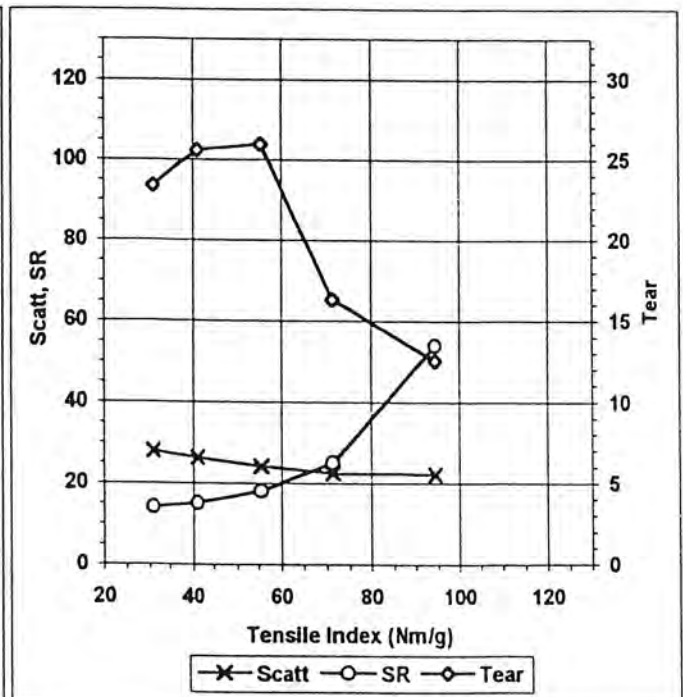
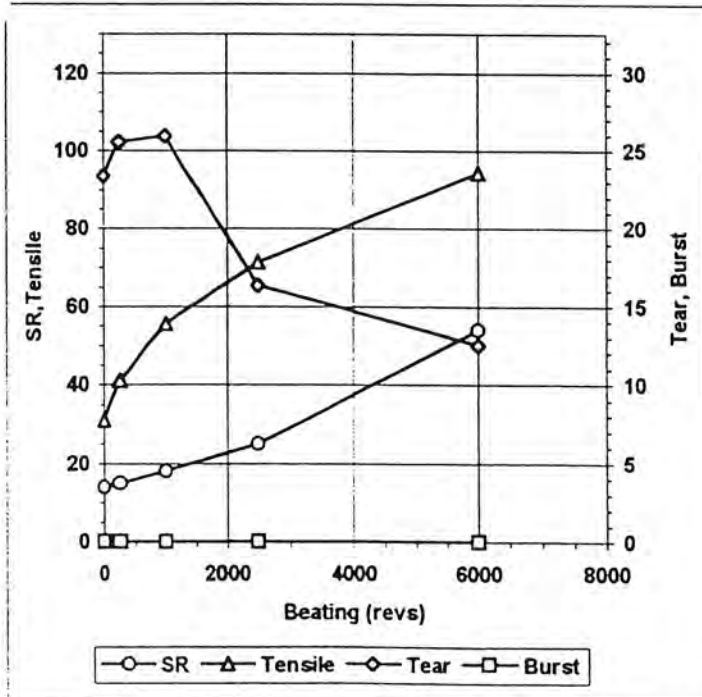
Kappa SCAN-C 1:77  
Viscosity SCAN-CM 15:88 (ml/g)  
Brightness SCAN-C 11:75 (ISO %)  
Alk.sol. S5 SCAN-C 2:61 (%)  
pH  
DCM extract SCAN-C 7:62 (%)  
Ethanol-benzene extract (%)  
Acetone extract (%)

### Fiber properties:

0,4 Pine (%)  
556 Spruce (%)  
90,4 Hardw. (%)  
Kajaani FS-200:  
L.weighted av. (mm) 2,13  
Coarseness (mg/m)

### Testing methods:

Valley-beating SCAN-C 25:76  
PFI-beating SCAN-C 24:67  
Canadian freeness SCAN-C 21:65  
Schopper-Riegler SCAN-C 19:65  
Laboratory sheets SCAN-C 26:76  
Fiber composition SCAN-G 3:90



# Western Laboratories Inc.

## REPORT ON TESTING OF PULP

PFI Nr. PFI-112

Project Nr. 3648

Date 27.2.97

PFI-beating

Sample: METSÄ-RAUMA KORIKEITOT  
HAKE 1, VALKAISTU

Beating revs	SR number	CSF ml	Tens. ind. Nm/g	Tear ind. mNm <sup>2</sup> /g	Burst ind. kPa m <sup>2</sup> /g	Stretch %	Light scatt. m <sup>2</sup> /kg	Abs. coeff. m <sup>2</sup> /kg	Opacity %	Brightness % ISO	Air res. Gurleys	Density kg/m <sup>3</sup>	Grammage g/m <sup>2</sup>
0	13,5	685	28,0	22,2		3,9	26,0	0,03	66,0		0,5	595	66,0
250	14,0	645	39,6	24,7		4,3	24,9	0,03	65,1		0,6	628	66,2
1000	16,5	585	52,3	21,8		4,2	23,2	0,03	63,2		1,3	660	65,3
2500	23,5	435	70,2	15,6		4,1	22,0	0,03	61,3		5,2	698	63,8
6000	55,0	165	89,2	11,8		3,9	21,1	0,03	60,0		181,8	764	63,3
864	16,0	596	50	22,3		4,2	23,5	0,03	63,6		1,1	654	
2483	23,4	437	70	15,7		4,1	22,0	0,03	61,3		5,1	698	
1750	20	510	61,3	18,7		4,1	22,6	0,03	62,3		3,2	679	
3222	30	379	74,1	14,8		4,1	21,8	0,03	61,0		41,6	712	
5444	50	208	86,2	12,4		3,9	21,2	0,03	60,2		153,8	754	

### Chemical properties:

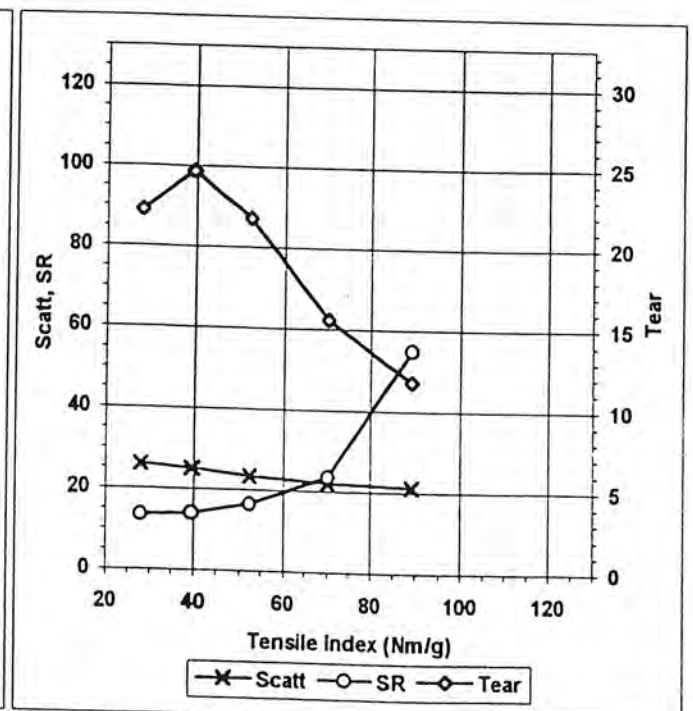
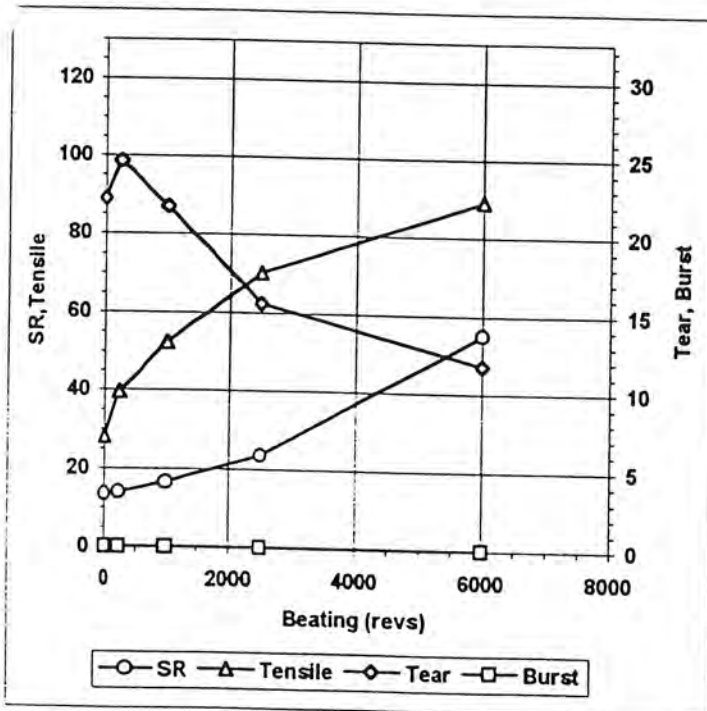
Kappa SCAN-C 1:77  
 Viscosity SCAN-CM 15:88 (ml/g)  
 Brightness SCAN-C 11:75 (ISO %)  
 Alk.sol. S5 SCAN-C 2:61 (%)  
 pH  
 DCM extract SCAN-C 7:62 (%)  
 Ethanol-benzene extract (%)  
 Acetone extract (%)

### Fiber properties:

0,7 Pine (%)  
 528 Spruce (%)  
 90,5 Hardw. (%)  
 Kajaani FS-200:  
 L.weighted av. (mm) 2,29  
 Coarseness (mg/m)

### Testing methods:

Valley-beating SCAN-C 25:76  
 PFI-beating SCAN-C 24:67  
 Canadian freeness SCAN-C 21:65  
 Schopper-Riegler SCAN-C 19:65  
 Laboratory sheets SCAN-C 26:76  
 Fiber composition SCAN-G 3:90





# Western Laboratories Inc.

## REPORT ON TESTING OF PULP

PFI Nr. PFI - 113  
Project Nr. 3648  
Date 27.2.97

PFI-beating Sample: METSÄ - RAUMA KORIKEITOT  
HAKE 2, VALKAISTU

Beating revs	SR number	CSF ml	Tens. ind. Nm/g	Tear ind. mNm <sup>2</sup> /g	Burst ind. kPa m <sup>2</sup> /g	Stretch %	Light scatt. m <sup>2</sup> /kg	Abs. coeff. m <sup>2</sup> /kg	Opacity %	Brightness % ISO	Air res. Gurleys	Density kg/m <sup>3</sup>	Grammage g/m <sup>2</sup>
0	13,0	670	30,5	17,7		3,5	26,7	0,03	67,0		0,6	610	66,4
250	14,5	630	43,4	23,7		4,0	25,5	0,03	66,9		1,0	645	69,3
1000	16,5	575	58,8	20,6		4,3	23,1	0,03	63,3		1,7	672	65,8
2500	24,5	440	75,6	14,4		4,0	22,3	0,03	62,7		7,1	708	66,2
6000	53,5	165	82,7	11,3		3,0	21,3	0,03	60,5		205,1	773	63,8
571	15,4	606	50	22,3		4,1	24,5	0,03	65,4		1,3	657	
2003	21,8	485	70	16,4		4,1	22,6	0,03	62,9		5,3	696	
1656	20	516	66,1	17,9		4,1	22,8	0,03	63,0		4,1	688	
3164	30	388	76,9	13,8		3,8	22,1	0,03	62,3		44,7	720	
5578	50	198	81,8	11,7		3,1	21,4	0,03	60,8		181,2	765	

### Chemical properties:

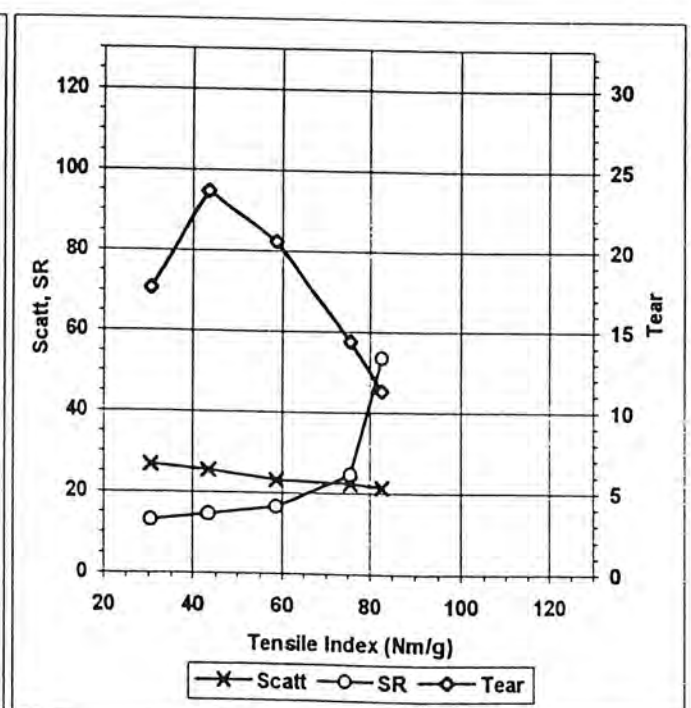
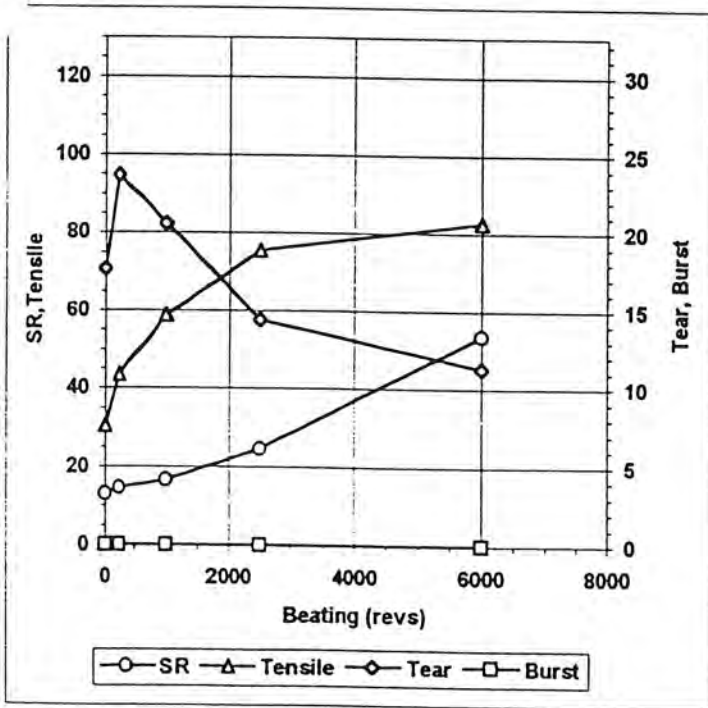
Kappa SCAN-C 1:77  
Viscosity SCAN-CM 15:88 (m/g)  
Brightness SCAN-C 11:75 (ISO %)  
Alk.sol. S5 SCAN-C 2:61 (%)  
pH  
DCM extract SCAN-C 7:62 (%)  
Ethanol-benzene extract (%)  
Acetone extract (%)

### Fiber properties:

0,7 Pine (%)  
518 Spruce (%)  
90,1 Hardw. (%)  
Kajaani FS-200:  
L.weighted av. (mm) 2,21  
Coarseness (mg/m)

### Testing methods:

Valley-beating SCAN-C 25:76  
PFI-beating SCAN-C 24:67  
Canadian freeness SCAN-C 21:65  
Schopper-Riegler SCAN-C 19:65  
Laboratory sheets SCAN-C 26:76  
Fiber composition SCAN-G 3:90



# Western Laboratories Inc.

## REPORT ON TESTING OF PULP

PFI Nr. PFI - 119  
Project Nr. 3648  
Date 3.3.97

PFI-beating Sample: METSÄ - RAUMA KORIKEITOT  
HAKE 3, VALKAISTU

Beating revs	SR number	CSF ml	Tens. ind. Nm/g	Tear ind. mNm <sup>2</sup> /g	Burst ind. kPa m <sup>2</sup> /g	Stretch %	Light scatt. m <sup>2</sup> /kg	Abs. coeff. m <sup>2</sup> /kg	Opacity %	Brightness % ISO	Air res. Gurleys	Density kg/m <sup>3</sup>	Grammage g/m <sup>2</sup>
0	13,5	670	28,7	21,8		3,6	27,0	0,03	67,1		0,6	606	66,4
250	15,0	630	40,4	22,8		4,1	25,6	0,03	66,2		0,8	631	67,1
1000	17,5	570	53,5	22,9		4,2	24,1	0,03	64,2		1,6	657	65,6
2500	23,0	440	68,5	16,6		4,1	22,7	0,03	62,4		5,4	694	64,4
6000	50,5	175	83,7	11,7		3,6	21,6	0,03	61,0		157,1	759	64,2
801	16,8	586	50	22,8		4,2	24,5	0,03	64,7		1,4	650	
2854	25,8	413	70	16,1		4,0	22,6	0,03	62,3		20,8	701	
1682	20	511	60,3	20,0		4,2	23,4	0,03	63,4		3,3	674	
3391	30	373	72,3	15,3		4,0	22,4	0,03	62,0		44,0	711	
5936	50	180	83,5	11,8		3,6	21,6	0,03	61,0		154,3	758	

### Chemical properties:

Kappa SCAN-C 1:77  
Viscosity SCAN-CM 15:88 (m/g)  
Brightness SCAN-C 11:75 (ISO %)  
Alk.sol. S5 SCAN-C 2:61 (%)  
pH  
DCM extract SCAN-C 7:62 (%)  
Ethanol-benzene extract (%)  
Acetone extract (%)

### Fiber properties:

Pine (%)  
Spruce (%)  
Hardw. (%)

Kajaani FS-200:

L.weighted av. (mm)

Coarseness (mg/m)

### Testing methods:

Valley-beating SCAN-C 25:76  
PFI-beating SCAN-C 24:67  
Canadian freeness SCAN-C 21:65  
Schopper-Riegler SCAN-C 19:65  
Laboratory sheets SCAN-C 26:76  
Fiber composition SCAN-G 3:90

