

Varastoinnin vaikutus kuitupuuhun ja sen merkitys sellun valmistuksessa

Tiivistelmä

**Markku Mäkelä
Kari Korhonen
Katriina Lipponen
Heikki Öhman**

**Metsätehon raportti 91 A
25.5.2000**

Varastoinnin vaikutus kuitupuuhun ja sen merkitys sellun valmistuksessa

Tiivistelmä

Markku Mäkelä
Kari Korhonen
Katriina Lipponen
Heikki Öhman

Metsätehon raportti 91 A
25.5.2000

Konsortiohanke: Metsäliitto Osuuskunta, Stora Enso Oyj,
UPM-Kymmene Oyj

Asiasanat: puutavaran varastointi, lahopuu, sellunkeitto

© Metsäteho Oy

Helsinki 2000

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	4
2	PUUAINEEEN MUUTTUMINEN VARASTOINNISSA.....	4
	2.1 Toteutus	4
	2.2 Tulokset	5
	2.2.1 Kosteusmuutokset	5
	2.2.2 Kuivatuoretiheyden muutokset.....	5
	2.2.3 Laho- ja väriviat.....	6
	2.2.4 Lahon leviäminen pölkyissä	7
	2.2.5 Lahon määrään vaikuttavat tekijät suomalaisessa kuitupuussa.....	7
	2.2.6 Lahoamisen eteneminen Suomessa ja Baltiassa.....	8
3	VARASTOLAHON KUITUPUUN JALOSTUSARVO SELLUN VALMISTUKSESSA.....	8
	3.1 Toteutus	8
	3.1.1 Näytteenotto.....	8
	3.1.2 Varastoinnin vaikutus sellun valmistukseen	9
	3.1.3 Varastoinnin vaikutus sellun laatuun.....	9
	3.2 Tulokset	9

1 JOHDANTO

Hankkeessa selvitettiin eri kausina hakatussa kuitupuussa tapahtuvia puuainemuutoksia sekä näiden vaikutuksia sellun valmistukseen ja puun käyttöarvoon. Hanke on jatkoa vuonna 1999 valmistuneeseen tutkimukseen Varastolahon, esiintyminen ja vaikutukset. Hanke jakautui kahteen osaan, joista ensimmäisessä tutkittiin puuaineen muuttumista varastoinnin aikana ja toisessa muutoksien vaikutusta sellun valmistuksessa. Tutkimusongelmaa lähestyttiin siten, että tuloksista on mahdollista tuottaa sellutehtaalle tulevan pyöreän puun laadun ja arvon määrittämenetelmä.

Tämä raportti on tiivistelmä koko hankkeen tuloksista. Hankkeen molemmista osa-alueista on julkaistu omat raporttinsa: Varastoinnin vaikutus kuitupuuhun (Metsätehon raportti 91 B) ja Varastolahon kuitupuun jalostusarvo sellun valmistuksessa (UPM-Kymmene Pulp Centerin raportti, tutkimusnumero 19321).

2 PUUAINEEEN MUUTTUMINEN VARASTOINNISSA

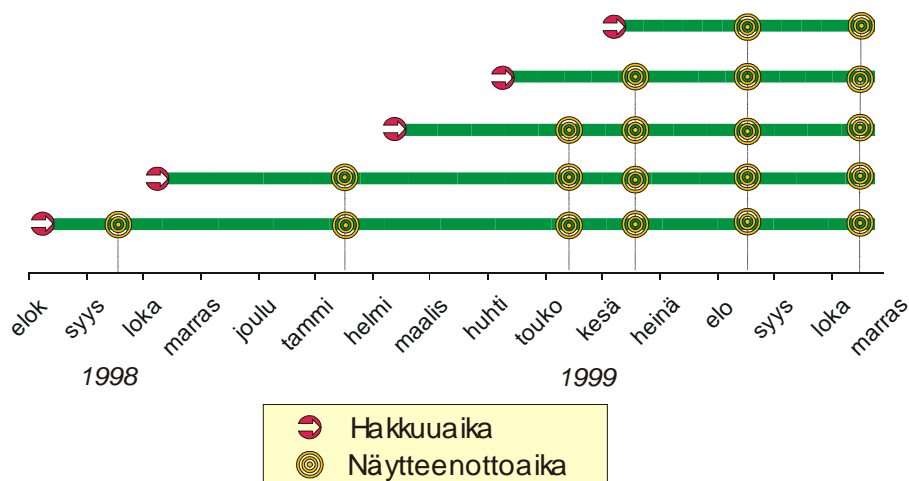
2.1 Toteutus

Tutkimuksen toteutukseen osallistuivat Suomessa Metsäteho Oy, Metsäntutkimuslaitos, Metsäliitto Osuuskunta, Stora Enso Metsä, Sunila Oy sekä UPM-Kymmene Metsä ja UPM-Kymmene Pulp Center. Virossa mukana oli Stora Enso Mets ja Latviassa Stora Enso Mezs. Tutkimukseen saatiin osarahoitusta TEKESiltä.

Suomeen (Iitti), Viroon (Pärnu) ja Latviaan (Riika) perustettiin tutkimusvarastot, joissa säilytettiin eri vuodenaikoina pääosin päätehakuista koneella hakattua kuitupuuta. Varastopinojen tavoitekoko oli Suomessa 50 - 60 m³ ja Baltiassa 25 - 30 m³.

Suomessa varastoitiin viitenä ajankohtana hakattua koivu-, kuusi- ja mäntykuitupuuta. Puut hakattiin elo- ja lokakuussa 1998 sekä helmi-, huhti- ja kesäkuussa 1999. Varastointi jatkui lokakuun 1999 puoliväliin. Pisimmät varastointiajat olivat näin noin 14 kuukautta ja lyhimät neljä kuukautta. Virossa ja Latviassa varastoitiin elo-syyskuussa 1998 ja talvella 1999 hakattua koivu- ja mäntykuitua (talvella hakattu mänty puuttui Latviasta). Varastointi jatkui Baltiassa marras-joulukuun vaihteeseen 1999, joten varastointiaikojen pituudet olivat noin 15 tai yhdeksän kuukautta.

Suomen pinot tutkittiin kuutena ajankohtana: syyskuussa 1998 sekä tammi-, touko-, kesä-, elo- ja lokakuussa 1999 (kuva seur. sivulla). Baltian pinot tutkittiin kolme kertaa: joulukuussa 1998 sekä kesä- ja marraskuussa 1999.



2.2 Tulokset

2.2.1 Kosteusmuutokset

Kaikkien puulajien kuivuminen oli hakkuuajankohdasta riippumatta nopeinta alkukesän aikana. Kuivinta puutavara oli elokuussa, minkä jälkeen kosteus alkoi hitaasti lisääntyä syksyä kohti. Havupuilla kosteus aleni toukokuun loppupuolen ja elokuun puolenvälin välisenä ajanjaksona noin 20 %-yksikköä. Koivulla vastaava aleneminen oli runsaat 10 %-yksikköä. Kaikkien puulajien loppukosteus oli syksyllä lähes samalla tasolla, 30 - 32 %.

Viron ja Latvian koivu- ja mäntypölkkyjen alku- ja loppukosteudet eivät poikenneet juurikaan Suomessa varastoitujen pölkkyjen kosteuksista. Eri aikoina hakattujen puuerin välillä ei myöskään ollut suuria eroja. Sekä koivu- että mäntypinoissa loppukosteus vaihteli hakkuuajankohdasta riippuen välillä 27 - 33 %.

2.2.2 Kuivatuoretiheyden muutokset

Suomessa kuivatuoretiheyden muutoksia seurattiin samoista pölkkyistä, Baltiassa eri pölkkyistä. Tutkimuksessa mitatut kuivatuoretiheydet olivat kuitupuulle melko korkeita vastaten lähinnä sahanhakkeen tiheyksiä. Kuivatuoretiheyden aleneminen puolen vuoden tarkkailujakson aikana oli puulajista riippuen Suomessa 0 - 6 % ja Baltiassa 1 - 8 %.

2.2.3 Laho- ja väriviat

Koivu

Varastoiduissa koivupölkyissä näkyi ensiksi vaaleanruskeaa värivikaa, joka erottui yleensä selvärajaisena vaaleammasta terveestä puusta. Lahottajasienirintama eteni jonkin matkaa värivian takana.

Elokuussa hakatussa koivuerässä värivika alkoi edetä jo samana syksynä. Osa kovasta lahosta alkoi muuttua pehmeäksi jo heti kesän alusta alkaen ja muutos nopeutui loppukesällä.

Loka- ja helmikuussa hakatuissa erissä värivika alkoi edetä erittäin nopeasti alkukesällä, mutta pysähtyi myöhemmin. Kovan lahon osuus lisääntyi nopeasti alkukesällä hidastuen syksyä kohti. Pehmeää lahoa alkoi kehittyä kesäkuusta lähtien.

Huhtikuussa hakatussa puuerässä lahovika eteni nopeasti ja tasaisesti koko kesän. Laho ei kuitenkaan ehtinyt muuttua pehmeäksi lokakuuhun mennessä.

Kesäkuussa hakatuissa koivupinoissa oli lähinnä vain värivikaa ja sen eteneminen oli nopeaa.

Pärnussa ja Riikassa varastoiduissa koivuissa värivian ja kovan lahon eteneminen oli jokseenkin samanlaista kuin Suomessa, mutta pehmeän lahon osuus lisääntyi loppukesällä selvästi nopeammin kuin vastaavissa suomalaisissa pinoissa.

Kuusi

Elo- ja lokakuussa hakattu kuusi säilyi lähes terveenä toukokuun puoliväliin asti.

Helmikuussa hakattu kuusi säilyi hyvin kesäkuun puoliväliin. Sen jälkeen laho ja sinistymä alkoivat levitä mutta - päinvastoin kuin männynsä - aluksi verrattain hitaasti ja nopeutuen syksyä kohti.

Huhtikuussa hakattuun kuuseen ilmaantui sinistymää ja kovaa lahoa kesäkuun puolenvälin jälkeen. Ne levisivät kesän aikana verrattain hitaasti.

Kesäkuussa hakattu erä sai sinistymää ja lahovikaa pian hakkuun jälkeen. Syksyä kohti sekä sinistymä että lahovika levisivät kesäkuussa hakatussa kuudessa hiukan nopeammin kuin huhtikuussa hakatussa.

Pärnussa ja Riikassa ei kuusipinoja tutkittu.

Mänty

Elokuussa, lokakuussa ja talvella hakatuissa mäntyerissä oli toukokuun puolivälissä hieman sinistymää ja erittäin vähän kovaa lahoa. Tämän jälkeen sinistymä levisi nopeasti, kunnes tasaantui elokuussa. Kova laho levisi hiukan sinistymää hitaammin. Pehmeää lahoa ei esiintynyt.

Huhtikuussa hakattuun mäntyyn ilmaantui merkittäviä vikoja vasta kesäkuun puolenvälin jälkeen: Sinistymä ja kova laho levisivät puissa lokakuulle asti, sinistymä nopeammin kuin laho.

Kesäkuussa hakattuun mäntyyn kehittyi hiukan enemmän lahoa kuin huhtikuussa hakattuun.

Pärnussa ja Riikassa varastoitu mänty ei lahonnut nopeammin kuin suomalainen.

2.2.4 Lahon leviäminen pölkyissä

Syksyllä ja talvella hakatuissa koivuissa laho lähti nopeasti leviämään pölkkyjen päistä ja hitaammin kyljistä. Keväällä ja kesällä hakatuissa koivuissa laho alkoi levitä nopeasti myös kyljistä, ilmeisesti voimakkaan kuoriutumisen takia. Havupuupölkyissä laho levisi melko tasaisesti päistä ja kyljistä hakkuuajankohdasta riippumatta.

2.2.5 Lahon määrään vaikuttavat tekijät suomalaisessa kuitupuussa

Hakkuuaika

Hakkuuajankohta ja varastointiajan pituus vaikuttivat eniten lahomäärän kehitykseen. Lahon määrä lisääntyi varastointiajan pidentyessä. Poikkeuksen muodostivat havupuilla keväällä ennen puun elintoimintojen alkamista (huhtikuussa) hakatut erät, jotka säilyivät paremmin kuin myöhemmin kesäkuussa hakatut puut.

Pölkyn järeys, pituus ja kartiokkuus

Havupuilla pölkyn järeytyminen vähensi lahon kokonaismäärää. Koivulla järeyden vaikutus oli päinvastainen.

Havupuilla lyhyet pölkkyt lahosivat nopeammin kuin pitkät pölkkyt, koivulla päinvastoin.

Paljon kapenevat pölkkyt ovat yleensä peräisin rungon runsasoksisista osista. Niissä lahoa esiintyi normaalia enemmän.

Kosteus ja kuivatuoretiheyspaino

Koivulla paljon tervettä puuta sisältäneet pölkkyt olivat kosteampia ja painavampia kuin vähän tervettä puuta sisältävä puu. Pehmeän lahon lisääntymisen alensi merkittävästi sekä kuivatuore- että tuoretiheyttä.

Havupuilla paljon tervettä puuta sisältäneet pölkkyt olivat kuivempia kuin vähän tervettä puuta sisältäneet. Mäntypölkkyistä runsaasti kovaa lahoa sisältäneet olivat kosteampia kuin vähän kovaa lahoa sisältäneet pölkkyt. Mäntyllä runsaasti tervettä puuta sisältäneiden pölkkyjen kuivatuoretiheys oli alhaisempi kuin paljon sinistymää sisältäneiden.

2.2.6 Lahoamisen eteneminen Suomessa ja Baltiassa

Kerätyistä aineistoista lasketuilla malleilla määritettiin muutokset hakkuuajankohdilta vertailukelpoisissa varastopinoissa. Koivulla kesän alussa pehmeän lahon määrä oli jokseenkin samalla tasolla Suomessa ja Baltiassa. Kesän ja syksyn aikana pehmeä laho lisääntyi Baltiassa huomattavasti nopeammin kuin Suomessa. Mäntykuidulla varastopaikkojen välillä ei ollut johdonmukaista eroa.

3 VARASTOLAHON KUITUPUUN JALOSTUSARVO SELLUN VALMISTUKSESSA

3.1 Toteutus

3.1.1 Näytteenotto

Sellun valmistusosuuteen tutkimuspölkkyt otettiin Iitin ja Riikan varastoista. Suomalaisissa kuitupuissa (mänty, kuusi ja koivu) laholuokka 1:n puut oli kaadettu kevättalvella 1999 (helmikuu). Laholuokka 2:n puut oli kaadettu lokakuussa 1998, jolloin lahottajasiementen itiöt olivat päässeet puihin ennen talvikautta. Puut varastoitiin pinoissa elokuun 1999 lopulle asti. Tällöin valittiin näytepölkkyt ja ne kuljetettiin Pietarsaareen. Pölkkyjä säilytettiin ulkona parisen viikkoa syyskuussa ennen kuorintaa ja hakettamista. Hakemuotoon saatetut näytteet pakastettiin ennen laboratoriokeittojen aloittamista.

Riikan kuitupuissa (mänty ja koivu) laholuokka 1 oli kaadettu kevättalvella 1999 ja laholuokka 2 elo-syyskuussa 1998. Pölkkyt oli varastoitu pinoissa lokakuun puoliväliin saakka, jolloin näytepölkkyt valittiin. Ne tuotiin laivalla Kemiin ja edelleen autolla Pietarsaareen. Pölkkyt kuorittiin ja hakettiin lokakuun lopussa. Hakemuotoon saatetut näytteet pakastettiin.

3.1.2 Varastoinnin vaikutus sellun valmistukseen

Näytemäärän pienuudesta johtuen kaikki vaiheet tehtiin laboratoriomittakaavassa. Pölkyt kuorittiin kuorimaraudalla samalla kun yritettiin arvioida kuorinnan vaikeusastetta. Haketus tehtiin pienellä laikkahakkurilla, jonka jälkeen hake seulottiin pienellä tasoseulalla. Hakkeen palakokojakauma määritettiin SCAN-standardia jäljittävällä Gradex-seulalla. Keitot tehtiin laboratoriokeittimellä käyttämällä konventionaalisen eräkeiton reseptiä. Keitetystä massasta poistettiin seulomalla oksat ja rejekti. Sen jälkeen massa valkaistiin käyttämällä normaalia tehdasvalkaisureseptiä (sekvenssi O - D - EO - D - EP - D).

Lahon vaikutus sellun valmistukseen esitetään valmistuskustannusten eroina. Referenssinä on tuore kuitupuu, josta pölkkynäytteet otettiin varastopinojen perustamisvaiheessa. Puun ja kemikaalien yksikköhinnat vastaavat vuoden 1999 hintatasoa.

3.1.3 Varastoinnin vaikutus sellun laatuun

Laboratoriomittakaavassa keitetyt ja valkaistut massat jauhettiin PFI-jauhimella. Massojen laatuominaisuudet määritettiin normaalisti käytössä olevilla standardimenetelmillä (akkreditoitu laboratorio).

Lahon vaikutus sellun laatuun esitetään laatuindeksin avulla. Laatuindeksin laskennassa käytettiin tärkeimpiä laatusuureita (lujuus, kuitudimensiot ja optiset ominaisuudet).

Laatuindeksin lisäksi tässä tutkimuksessa on esitetty jalostusarvoindeksi, joka on valmistuskustannusindeksin ja laatuindeksin tulo. Tarkoitus on, että yhdellä luvulla voidaan osoittaa raaka-aineen arvo sellutehtaalla. Jalostusarvoindeksin käyttö on yksinkertainen tapa tehdä vertailuja ja arvioida esimerkiksi varastolahon vaikutuksia. Indeksien laskennassa on tehty joukko oletuksia ja yksinkertaistuksia, jotka pätevät normaaleja sellulaatuja valmistaviin tehtaisiin. Erikoislaatuja tekevien tehtaiden kannattanee tutkia tuloksia yksityiskohtaisemmin.

3.2 Tulokset

Tutkimuksen tulokset tukevat Metsätehon koordinoimaa aikaisempaa tutkimusta Varastolaho, esiintyminen ja vaikutukset (raportti nro 71, 22.4.1999).

Varastolaho etenee nopeasti, kun olosuhteet ovat otollisia (itiöt, lämpö, kosteus). Tillolan näytepölkyistä Metlan laskemat laho-osuudet ovat olleet:

		Kovalaho, %	Pehmeälaho, %
Mänty	LL 1	19,4	0
	LL 2	39,8	5,2
Kuusi	LL 1	5,0	0
	LL 2	12,6	0
Koivu	LL 1	28,7	3,6
	LL 2	42,4	4,6

Värivian osuutta Metla ei määrittänyt näytepölkkyistä, mutta haketuksen jälkeen tehtyjen havaintojen perusteella kuusen värivian osuus oli huomattavan suuri (hake kauttaaltaan sinisen harmaata).

Koivukuitupuun pinovarastoinnissa jalostusarvoindeksi laskee yhden kesän aikana 15 - 20 %. Porttihintaan kohdistettuna tämä tarkoittaa arvon alenemaa, joka on 35 - 45 mk/m³. Puolet alenemasta tulee valmistuskustannusten noususta. Toinen puoli alenemasta selittyy huonommalla laadulla (opasiteetti ja repäisylujuus). Lämpimämpi ilmasto (Baltian olosuhteet) lisää lahoisuutta ja alentaa jalostusarvoa.

Havupuiden varastointi alentaa jalostusarvoa yhden kesän aikana yli 20 %. Valtaosa alenemasta tulee laadun (armeerauskyvyn) huononemisesta. Mäntyn jalostusarvon alenemaa lisäävät lämpimämmät ilmasto-olosuhteet ja tehokkaammin alkukosteutta haihduttava varastopaikka (Baltian laholuokka 2:n olosuhteet). Tuore kuusi on laatua arvostavalle tehtaalte hyvä raaka-aine. Pintapuuhun iskevä varastolaho pilaa kuusen hyvät lujuusominaisuudet yhden kesän varastoinnin aikana. Tutkittavista lahovikaisista kuusikuitupuista tehdyn sellun armeerauskyky on laskenut peräti neljänneksellä. Tähän tulokseen on suhtauduttava varauksella, sillä selittäjänä alhaisiin lujuuksiin on myös näytepölkkyjen suuri kasvunopeus (jälleen alhainen ikä). Porttihintoihin kohdistettuna arvon alenema mäntykuitupuulla on 40 - 60 mk/m³. Kuusikuitupuulla jalostusarvon alenema on vieläkin suurempi, koska värivian ilmaannuttua kuusikuitupuusta ei enää ole mekaanisen massan raaka-aineeksi. Tämän jälkeen varastolaho pudottaa kuusen arvoa myös sellupuu-
na noin 60 mk/m³, jolloin kokonaisvaikutus on peräti noin 95 mk/m³.