

METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
Metsäteknologian tutkimusosasto

1/1971

TUTKIMUKSIA SAHANHAKKEEN OMINAISUUKSISTA  
Keski- ja Pohjois-Suomesta kerätyn aineiston  
ennakkotietoja

Olli Uusvaara

Helsinki 1971



## Sisällysluettelo

	Sivu
1. Tutkimusmenetelmä ja aineisto.....	2
2. Tutkimustulokset.....	4
21. Kuljetuksen aikana syntyvä painuma.....	4
22. Kosteus.....	5
23. Tuorepaino.....	6
24. Kuivapaino.....	7
25. Puuaineen tiheys.....	8
26. Haketiheys.....	10
27. Kuoren määrä.....	10
28. Oksapuumäärä.....	11
29. Hakkeen palakokojakautuma.....	12
291. Hakkeen pituusjakautuma.....	12
292. Hakkeen paksuusjakautuma.....	13
3. Taulukot	

## Alkusanat

Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosasto suoritti kesällä 1967 tutkimuksia eräistä sahanhakkeen määrän ja laadun kannalta tärkeistä ominaisuuksista joillakin Etelä-Suomen sellutehtailla. Tuloksia ei kuitenkaan verraten suppean tutkimusalueen vuoksi voitu yleistää koko maata koskeviksi. Metsäntutkimuslaitoksen, Sahateollisuuden sivutuoteyhdistyksen, Keskuslaboratorio Oy:n ja Valtion Teknillisen tutkimuslaitoksen edustajista muodostetun haketutkimustoimikunnan annettua suunnitelmille lisävirikettä päätettiin tutkimus laajentaa Suomen pohjoispuoliskoja koskevaksi.

Tutkimuksen tärkeimpinä tavoitteina on selvittää hakkeen tilavuusyksikön sisältämä kuiva-ainemäärä ja sen eri tekijöistä aiheutuvat vaihtelut sekä toisaalta eräitä sahanhakkeen käytön kannalta merkityksellisiä laadullisia ominaisuuksia.

Kaikille tutkimuksen läpiviemisen ja onnistumisen puolesta monissa eri teollisuuslaitoksissa sekä hakkeen kuljetuksen parissa toimineille henkilöille haluan tässä yhteydessä lausua parhaat kiitokseni.

Helsingissä huhtikuussa 1971

Olli Uusvaara

## 1. TUTKIMUSMENETELMÄ JA AINEISTO

Tutkimuksen tulokset perustuvat pääasiassa hakkeen auto-  
kuljetuksen yhteydessä suoritettuihin mittauksiin ja punnituksiin.  
Eräiden sahojen hakkeesta otettiin kuitenkin näytteitä myös rautatie-  
vaunuista kosteuden ja puuaineen tiheyden määrittämiseksi. Lisäksi  
pyrittiin vertailemaan sahanhakkeen ja sellutehtaitten tavanomaisen  
paperipuuhakkeen laadullisia eroavuuksia. Paperipuusta valmistetusta  
hakkeesta määritettiin palakokojakautuma, kuoren määrä ja oksapuumää-  
rä.

Tutkimuksia suoritettiin kuudella sellutehtaalla 21 sahan  
autolla kuljetetusta hakkeesta (~~kuva 1~~). Tutkimukseen mukaan tulevien  
sahojen valintaperusteet olivat seuraavat:

- Saha ja sen hankinta-alueet sijaitsivat tutkimuksen maantieteel-  
liseksi etelärajaksi asetetun linjan pohjoispuolella.
- Hakkeen kuljetus tapahtui autolla.
- Hakkeen punnitus oli mahdollista jossakin kuljetuksen vaiheessa.
- Hakkeen toimitukset tehtaalle olivat sahalta riittävän säännöl-  
lisiä ja runsaita tarvittavan minimikuormamäärän saamiseksi.

Näiden vaatimusten puitteissa viidellä tehtaalla lähes kaikki haketta  
autolla toimittavat sahat olivat tutkimuksessa mukana.

Ennen kuljetusta sahalle hakekuorma tasoitettiin laidan  
tasalle, jolloin kuorman lavan mittojen mukainen tilavuus tunnettiin.  
Kuljetuksen jälkeen mitattiin painuma ja kuorma punnittiin jossakin  
kuljetuksen vaiheessa. Näin voitiin laskea hakkeen irtokuutiopaino  
ennen ja jälkeen kuljetuksen. Kuorman purkamisen yhteydessä otettiin  
kosteusnäyte, jonka muodosti vähintään viisi kuorman eri osista  
otettua hake-erää. Tästä hakemäärästä otettiin sekoituksen jälkeen  
yksi litra lopulliseksi näytteeksi, josta kosteuden lisäksi määritet-  
tiin puuaineen tiheys ( $\text{kg/k-m}^3$ ). Näiden perusteella voitiin selvittää  
irtokuution kuivapaino sekä haketiheys ( $\text{k-m}^3/\text{i-m}^3$ ).

Kuormista otettiin lisäksi 16 litran suuruisia seulonta-  
näytteitä, joista tehtiin reikä- ja rakoseulonnat Williams-seulalla,  
sekä yhden litran erästä kuori- ja oksapuumääritykset.

Näytekuormien otannassa pyrittiin puhtaisiin mänty- tai  
kuusikuormiin, mutta myös puulajisekoituksia jouduttiin hyväksymään.  
Puulajittaisten erojen selvittämiseksi oli kuitenkin tärkeä tietää  
hakelaji mahdollisimman suurella varmuudella. Koska on oletettavissa,

että kylmä vuodenaika vaikuttaa monella tavalla hakkeen valmistukseen ja ominaisuuksiin suoritettiin kokeita sekä kesä- että talviolosuhteissa.

Näytteenotto tehtaitten omasta paperipuuhakkeesta tapahtui kahta tapaa käyttäen. Kuljettimelta varisevasta hakkeesta kerättiin kasa, josta sekoituksen jälkeen otettiin tarvittava hakemäärä. Toisessa menetelmässä kuljetinhihna pysäytettiin määrättyin välein, jolloin tietyltä matkalta kaikki hake kerättiin näytteeksi.

Aineisto koostuu suurimmaksi osaksi mäntyhakekuormista, joskin kuusi- sekä havusekahaketta on aineistossa verrattain runsaasti mukana. Pohjoisimmalle tehtaalle tullut hake oli kaikki mäntyä kun taas muilla tehtailla osa kuormista oli kuusta. Aineisto jakaantuu verrattain tasaisesti eri tehtaitten kesken tehdasta A lukuunottamatta, jolta kertynyttä 50 kuorman näytettä voidaan kuitenkin pitää riittävänä. Taulukossa 1 on veto- ja perävaunut laskettu eri kuormiksi ja kummallekin on hakkeen paino määritetty erikseen. Kuormien yhteismäärä on 680, kun molempien lavojen yhteistilavuus katsotaan autokuormaksi.

Koekuormista 154 oli punnitsemattomia. Näistä suoritettiin painuman, kosteuden, puuaineen tiheyden, kuori- ja oksamäärän sekä palakokojakautuman määrityksiä. Osa kuormista oli lisäksi jo lähtiessä tasaamattomia, joten hakemäärää ei tunnettu. Tällöin jäivät sekä hakkeen paino että painuma määrittämättä.

Tavanomaisen kesäsahanhakkeen ohella otettiin yhdeltä sahalta näytteitä pelkkasievistyshakkeesta. Koska tämä hake kuljetettiin tehtaalle kesäsahanhakkeeseen sekoitettuna tehtiin puhtaasta pelkkahakkeesta vain koeseulontoja.

Hakkeen kuljetusmatka vaihteli kokeiden aikana 300 metrillä 255 kilometriin, aritmeettisen keskikuljetusmatkan ollessa 79 kilometriä.

## 2. TUTKIMUSTULOKSET

### 21. Kuljetuksen aikana syntyvä painuma

Tehtaan hankkiman hakkeen arvo riippuu kahdesta päätekijästä: hakkeen laadusta ja irtokuution sisältämästä todellisesta kuiva-ainemäärästä. Laatuominaisuuksiin, mm. hakepalojen pituus- ja paksuusjakautumaan, kuoripitoisuuteen sekä tikkuisuuteen vaikuttavat haketettavan

raaka-aineen laatu, koneet ja laitteet sekä sääolosuhteet. Itse kuiva-ainesisällön määräävät puuaineen tiheys ja hakkeen tiheys, joka on suoraan riippuva painumasta. Hakkeen kuljetuksen aikana tapahtuu kuormassa painuma, joka vaikuttaa hakkeen kiintomitan ja irtomitan väliseen suhteeseen. Painuman suuruus riippuu monista tekijöistä mm. vuodenajasta, kuorman lastaustavasta, hakkeen laadusta, kuljetusmatkasta ym. Useiden näiden tekijöiden vaikutus on nähtävissä taulukosta 2.

Matkan vaikutus painuman suuruuteen on selvästi havaittavissa, joskin tien laadulla on samanaikaisesti oma vaikutuksensa. Tuloksista ilmenee myös, että suurin osa painumaa saattaa syntyä jo ensimmäisten kilometrien tai ensimmäisten satojen metrien aikana varsinkin, jos tie on kuoppaista tai kuorma on lastatessa jäänyt löyhäksi. Esimerkkejä tällaisista tapauksista ovat mm. sahat B4, D1 ja F1. Perävaunussa on painuma yleensä suurempi kuin vetovaunussa. Tästä yleisestä säännöstä eroavat poikkeukset johtunevat auton alustan rakenteen, jousituksen ja lavan eroista.

Talviaikana hake jäätyy ja paakkuuntuu kuormassa sitä enemmän mitä kosteampaa se on, jolloin vajoama jää pienemmäksi kuin lämpimänä vuodenaikana. Muita tekijöitä joiden on havaittu vaikuttavan painuman suuruuteen ovat mm. lavan korkeus sekä puulaji.

Hakkeen kuljetuksen ja toimitetun hakemäärän määrittämisen kannalta tuottavat suurimpia hankaluuksia pitkien matkojen kuljetukset ja kuljetukset huonoilla teillä. Varsinkin perävaunuihin saattaa olla vaikea laittaa niin suurta kuormaa, että se perillä täyttäisi kuorman tilan mitat. Suurimmat vajaukset voivat olla tutkimuksen mukaan toistakymmentä prosenttia.

## 22. Kosteus

Sahanhakkeen kosteus riippuu sahattujen tukkien kosteudesta, ellei haketta valmistuksen jälkeen säilytetä pidempää aikaa varastoituna. Sahatukkien kosteuteen vaikuttaa pääasiassa varastoimistapa, varastointiajan pituus sekä kuorinnan järjestely. Käsillä olevassa selvityksessä aineisto jaettiin varastoimistavan mukaan kolmeen osaan: vesivarastointi, vesi-maavarastointi ja maavarastointi. Ensimmäiseen ryhmään luettiin tukit, jotka olivat vedessä säilytettynä vähintään kolme viikkoa ja viimeksimainittuun maakuljetuspuit, jotka eivät

missään vaiheessa joutuneet vedessä säilytettäväksi. Vesi-maavarastoryhmään kuuluvat tukit, jotka olivat 1-3 viikkoa vedessä tai joihin kuului osaksi maakuljetuspuita osaksi vesipuita. Asettelu eri ryhmiin ei kuitenkaan aina ollut helppoa, koska tukkien käsittelyssä ja säilytyksessä esiintyi erilaista käytäntöä. Esimerkiksi vesipuita voitiin säilyttää kuorittuina maalla useita viikkoja tai osa maapuista oli vesivarastossa vaihtelevia aikoja ennen sahausta. Useilla sahoilla varastoimistapa myös vaihteli eri vuodenaikoina.

Taulukossa 3 esitetään hakkeen kosteus sahoittain ja eri varastotapojen mukaan ryhmiteltynä. Suurimmat vaihtelut esiintyvät luonnollisesti keskimmäisessä vesi-maavarastoryhmässä, jossa vaihteluväli on 58.3-183.6 %:in. Myös maalla varastoitujen sahatukkien kosteudessa on suuria eroja, koska tukit joskus käytetään välittömästi kaadon jälkeen käyttöön, ja joskus säilytetään kuorittuina kentällä useita viikkoja. Tällaista raaka-ainetta käytettiin mm. sahoilla A3 ja D2 kesäaikana. Sahan B1 vesivarastoidusta puusta valmistetun hakkeen joukossa oli myös kuivia katkaisupätkiä. Sahan F2 kuormia taas kasteltiin sekä kesällä että talvella.

Tuoreesta vasta kaadetusta puusta valmistetun hakkeen kosteus vaihtelee myös siksi, että elävän puun kosteudessa on eroja eri vuodenaikoina. Talviaikana kosteus on korkeampi kuin kesällä, jolloin haihtumistapahtuma alentaa rungon kosteutta.

Aikaisemmin Etelä-Suomessa tehdyssä tutkimuksessa saadut vastaavat kosteudet olivat: (U u s v a a r a 1969<sup>1)</sup>)

Tukit vesivarastossa	153.0 %
Tukit vesi-maavarastossa	130.1 %
Tukit maavarastossa	104.0 %

Käsillä olevassa tutkimuksessa tulokset ovat varsin samankaltaisia. Pohjois-Suomessa vaikuttanee vesivarastoidun mäntypuun alhaisempaan kosteuteen osittain maan eteläosaa suurempi sydänpuuosuus.

### 23. Tuorepaino

Hakkeen tilavuusyksikön tuorepaino riippuu ensisijassa puun kosteudesta ja lisäksi puulajista sekä hakkeen tiheydestä. Taulukoissa 4 ja 5 on laskettu irtokuutiopainot kesä- ja talviaikana

1) U u s v a a r a, O. 1969. Sahanhakkeen tiheys ja paino.



eri varastoimistapojen mukaan ryhmiteltyinä. Puulajeittaisia keskiarvoja tarkasteltaessa havaitaan painojen talviaikana olevan kesäajan painoja suurempia. Tämä johtuu vesivarastoinnin laajemmasta käytöstä talvella ja kuorittujen tukkien kosteuden alenemisesta kesällä kenttävarastoinnissa. Jäätymisen vaikutus irtokuutiopainoihin näkyy selvästi verrattaessa lähtö- ja tulomittauksen mukaista irtokuutiopainon eroa joka kesällä on keskimäärin  $21 \text{ kg/i-m}^3$  ja talvella  $14 \text{ kg/i-m}^3$ . Sahan A3 kohdalla on syytä painottaa, etteivät sen irtokuutiopainot anna todellista kuvaa koivuhakkeen painosta, sillä tutkittu hoke oli peräisin edellisenä talvena kaadetuista ja kesän yli kenttävarastossa säilytetyistä puista (vrt. myös taulukko 6). Normaalia poikkeavia painoja aiheuttaa myös alhainen kosteus sahalla D2. Sahoilla A1 ja C3 tapahtui hakkeen kuormaus ainakin osittain kentältä kauhakuormajalla ja sahalla F1 kuljetinhihnalta varistaen.

Taulukosta 6 ilmenevät hakelajeittaiset irtokuutiopainot erilaisia varastoimistapoja käytettäessä. Kosteuden vaikutus painoon on niin huomattava, että puulajeittaiset painoerot eivät tule esille. On kuitenkin syytä todeta, että mäntyhakkeen puuaineen tiheys jäi eri tehtailta  $10-35$  ja kuusihakkaan tiheys  $10-25 \text{ kg/k-m}^3$  Etelä-Suomessa aikaisemmin saatuja keskiarvopainoja alhaisemmiksi. Tällä seikalla on tietenkin vaikutus myös saatuihin irtokuutiopainoihin.

#### 24. Kuivapaino

Kuljetusta varten auton lavalle lastatun hakkeen irtokuutiokseen kuivapainoon vaikuttavat mm. lastaustapa ja siilon rakenne, hakkeen palakoko, kuormatilan korkeus ja puuaineen paino. Kuorman tavallisesta poikkeavan kuormaustavan vaikutus havaitaan selvästi sahojen A1, C3 ja F1 kohdalla (vrt. sivu 10). Jos käytetään siilosta kuormausta, osoittaa ennen kuljetusta mitattu irtokuution kuivapaino melko hyvin puulajien todellisen painoeron kuten ilmenee taulukoista 7 ja 8, joissa mäntyhake on noin  $10 \text{ kg/i-m}^3$  kuusihaketta painavampaa. Koivuhakkeen paino  $184 \text{ kg/i-m}^3$  osoittaa koivun puuaineen olevan huomattavasti muita puulajeja painavampaa (vrt. sivu 8).

Kuljetuksen jälkeinen irtokuutiopaino riippuu kuorman painumasta, joka aiheuttaa hakkeen tiheyden kasvun, sekä puuaineen painosta. Näinollen kuljetusmatkan pidentyminen vaikuttaa keskimäärin kuivapainon lisääntymiseen. Saatuja tuloksia tarkasteltaessa havaitaan

vuodenajalla olevan joissakin tapauksissa huomattava vaikutus irto-kuutiopainoihin, kun taas mänty- ja kuusihakkeen keskiarvoissa ei ole huomattavia eroja kesän ja talven välillä. Sekahakkeen kesän ja talven välisiä painoeroja ei voi verrata samalla tavoin kuin mänty- ja kuusihakkeessa, koska puulajisuhteet aiheuttavat painojen vaihtelua.

Mäntyhakkeen painossa esiintyvä maantieteellinen vaihtelu aiheuttaa myös jossakin määrin hakeirtokuution painon alenemistä etelästä pohjoista kohti siirryttäessä (vrt. sivu 9). Puulajeittaisia painoja vertailtaessa on kuitenkin otettava huomioon mahdollisuus, että joillakin sahoilla on eri puulajeista valmistetun hakkeen sekoittuminen aiheuttanut puulajeittaisten painoerojen pientymistä.

Aikaisemmin Suomen eteläosassa kesäaikana tehtyjen tutkimusten mukaiset kuivapainot olivat (U u s v a a r a 1969):

	Sahalla	Tehtaalla
	kg/i-m <sup>3</sup>	
Mäntyhake	161.6	169.5
Kuusihake	145.9	154.2
Sekahake	153.9	159.8

Tuloksien vertailu osoittaa saatujen keskimääräisten irto-kuutiopainojen olevan Suomen pohjoisosassa männyn kohdalta noin 10 kg ja kuusen kohdalta noin 7 kg/i-m<sup>3</sup> Etelä-Suomessa saatuja painoja alhaisempia.

## 25. Puuaineen tiheys

Puuaineen tiheys ilmoittaa puun kuiva-aineen määrän tilavuusyksikköä kohti. Tiheys ilmaistaan tässä tutkimuksessa yleisimmin käytetyllä tavalla absoluuttisen kuivan painon ja puun turvonneen tilavuuden perusteella. Puuaineen tiheys antaa kuvan mm. puun mekaanisista ominaisuuksista kuten lujuudesta ja kovuudesta. Myös tilavuusyksiköstä saatavan sellun ja hiokkeen määrä riippuu suoraviivaisesti puuaineen tiheydestä, edellyttäen että uuteaineitten suhteellinen osuus pysyy muuttumattomana.

Taulukossa 9 esitetään puuaineen tiheydet sahoittain ja puulajeittain. Sahatukkien pintaosista peräisin olevan koivu- ja mäntypuun tiheydessä havaitaan olevan noin 100 kg:n ero kiintokuutiota kohden, ja kuusen puuaineen tiheys jää puolestaan 30 kg/k-m<sup>3</sup> mäntyä

alhaisemmaksi. Luvuissa on mukana myös oksien puuaineen tiheyttä kohottava vaikutus, jolla näyttäisi olevan merkitystä etenkin Pohjois-Suomen tehtaiden raaka-aineessa (vrt. sivu 12). Taulukosta 9 ja seuraavasta asetelmasta nähdään etenkin mäntypuun tiheyden maantieteellinen vaihtelu.

Sahanhakkeen puuaineen tiheys tehtaattain

	kg/m <sup>3</sup>		Näytteitä, kpl	
	Mä	Ku	Mä	Ku
A	400.8	373.6	39	6
B	420.9	366.5	79	17
C	407.3	377.6	53	62
D	410.6	381.0	108	17
E	397.8	370.5	74	31
F	393.6		133	

Asetelman täydennykseksi mainittakoon, että mänty- ja kuusitukkien pintapuun tiheydeksi saatiin Etelä-Suomessa 441 ja 379 kg/k-m<sup>3</sup> H a k k i l a n (1966)<sup>1)</sup> ja 428 ja 393 kg/k-m<sup>3</sup> U u s v a a r a n (1969) mukaan. Mäntysahanhakkeen tiheys näyttää siten pohjoisimmassa Suomessa olevan maan muita osia alhaisempi. Samaa suuntaa osoittavat myös mm. mäntypaperipuusta saadut tulokset H a k k i l a n (1968)<sup>2)</sup> tutkimuksessa, jossa maa voitiin puuaineen tiheyden osalta jakaa neljään eri vyöhykkeeseen.

Käsillä olevassa tutkimuksessa saadut tiheysluvut vahvistavat jo käytännössäkin saatuja kokemuksia, että Lapin mäntypuuta käytävä sulfaattiselluteollisuus joutuu sellutonnin tuottamiseksi käyttämään tilavuusyksiköissä mitattuna enemmän raaka-ainetta kuin muualla Suomessa toimiva teollisuus.

---

1) H a k k i l a, P. 1966. Investigations on the basic density of finnish pine, spruce and birch wood.

Lyhennelmä: Tutkimuksia männyn, kuusen ja koivun puuaineen tiheydestä. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 61.5.

2) H a k k i l a, P. 1968. Geographical variation of some properties of pine and spruce pulpwood in Finland.

Lyhennelmä: Eräitten mänty- ja kuusipaperipuun ominaisuuksien maantieteellinen vaihtelu Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksen Julkaisuja 66.8.

## 26. Haketiheys

Hakkeen tiheys, jolla tarkoitetaan yhden irtokuutiometrin sisältämää puumäärää  $k\text{-m}^3/i\text{-m}^3$ , vaikuttaa hakemääriin siten, että mitä suurempi tiheys on sitä pienempi on määrä irtotilavuusmitalla mitattuna. Koska tiheys autokuormassa muuttuu yleensä samassa suhteessa painuman kanssa on taulukoissa 2, 10 ja 11 havaittavissa tiheyden kasvavan kuljetusmatkan ja käytetyn kuljetuskaluston mukaan. Näinollen hakkeen tiheys erillisessä perävaunussa on keskimäärin vetovaunussa muodostuvaa tiheyttä suurempi jos vertailtavana on sama autokuorma.

Kuljetusmatka, tien laatu, vuodenaika ja autotyyppi etupäässä ratkaisevat hakekuorman kuljetuksen jälkeisen mittauksen perusteella saadun tiheyden. Lähtötiheys sahalla riippuu mm. hakkeen laadusta, lastaustavasta ja puun painosta. Puulajin vaikutusta tiheyteen ei tässä yhteydessä ole pyritty selvittämään. Koska ohut- ja lyhytpalainen lastu antaa pienimmän tiheyden on palakokojakautumalla jonkin verran merkitystä tiheyden kannalta etenkin talviaikana (vrt. taulukot 10 ja 11).

Nyt saatujen tiheyslukujen sekä aikaisempien varsin samankaltaisten tutkimustulosten perusteella voidaan lähtömittauksen mukaisena tiheytenä käyttää  $0.375 k\text{-m}^3/i\text{-m}^3$ . Vastaanottomittauksen mukaiseksi tiheydeksi voidaan suositella  $0.392$  talviaikana tai  $50\text{-}55$  km:n kuljetusmatkoilla sekä  $0.399 k\text{-m}^3/i\text{-m}^3$  kesäaikana keskikuljetusmatkan ollessa  $70\text{-}90$  km.

## 27. Kuoren määrä

Kuoresta erotettiin sisäkuori eli nila ja ulkokuori eli kaarna, joiden osuus määritettiin sekä erikseen että yhdessä. Punnitukset tehtiin sekä tuoreena että absoluuttisen kuivina. Kuoren määrän ilmaisu kuivapainosta onkin yleisemmin käytetty tapa.

Sahanhakkeen kuoren määrä näyttäisi riippuvan pääasiassa

- tukkien varastoimistavasta
- vuodenajasta
- kuorimakoneista ja niiden kunnosta
- raaka-aineen laadusta

Verrattaessa keskenään taulukoita 12 ja 13 voidaan todeta talviajan kuoren määrää lisäävän vaikutuksen olevan huomattava. Tal-

vella kuoriprosentin keskiarvo 1.4 % ylittää jonkinverran laatuvaatimusten salliman ylärajan, ja yksittäisten sahojen kesken esiintyy verrattain suurta kuoriosuuden vaihtelua. Ylivoimaisesti suurin osa kuoren kokonaismäärästä on kuitenkin nilaa, jonka haitallisuus käytön kannalta lienee huomattavasti ulkokuorta vähäisempi. Kesällä havaitaan sahanhakkeen laadun kuoren suhteen olevan hyvän eikä eroja tehtaitten paperipuuhakkeeseen verrattuna jotakin poikkeusta lukuunottamatta esiinny. Puun kuorinnassa on talvella lämpötilalla ratkaiseva vaikutus kuorintatulokseen, sillä pakkasen laskiessa alhaisimmille lukemille myös kuorinnan laatu heikkenee jyrkimmin. Kyseisiä kokeita tehtäessä valitsi melkein koko ajan kireä pakkassää.

Sahattaessa talvella vesivarastosta saadaan kuoren määrä pysymään miltei lämpimän vuodenajan tasolla. Tällaiseen käytäntöön ei kuitenkaan monilla sahoilla ole mahdollisuuksia.

Raaka-aineen laadulla on kuorintatulokseen vaikutusta sikäli, että oksikkaat tukit ja puut, joissa on huomattava tyvilaajentuma kuoriutuvat muita huonommin.

Vertailuaineiston muodostavasta tavanomaisesta kuitupuuhakkeesta saatiin kuoriprosentiksi 0.5 (taulukko 14) keskiarvojen ollessa kesäaikana 0.4 ja talvella 0.6 %. Kyseisten sellutehtaitten hake näyttäisi myös siten olevan talvella jonkin verran runsaskuorisempaa kuin kesällä. Ei ole kuitenkaan varmaa johtuiko ero lämpötilasta, sillä kesä- ja talvinäytteet eivät olleet keskenään täysin vertailukelpoisia ja tehtaitten raaka-ainessa sekä sen laadussa esiintyy tavallisesti vaihtelua, joka saattaa peittää lämpötilan vaikutuksen.

## 28. Oksapuumäärä

Hakkeen sisältämien oksien osuus on määritetty kuorettomasta näytteestä painoprosentteina siten, että mukaan on laskettu myös oksan välittömässä läheisyydessä oleva puuainne. Koska oksien kuivaainepaino saattaa olla jopa kaksinkertainen tavalliseen runkopuun painoon verrattuna, ovat oksien painoprosentit myös noin kaksi kertaa suurempia kuin vastaavat tilavuusprosentit (taulukko 15).

Koska sahanhake koostuu pääasiassa tukkien pintapuusta ja järeistä rungoista, joiden tyviosassa oksat ovat jo kylestyneet, on luonnollista että se sisältää vähemmän oksia kuin pinopuutavara. Sahanhakkeen ja paperipuuhakkeen oksaprosenttien keskiarvot olivat

1.39 ja 4.18 %. Sahanhakkeen kohdalla voidaan lisäksi havaita alueellista vaihtelua siten, että oksien osuus lisääntyy pohjoista kohti. Lisäys on ilmeisesti selitettävissä Pohjois-Suomen puiden hitaamman kasvun ja sen aiheuttaman epäedullisemmän runkomuodon, oksikkuuden ja latvatukkien osuuden lisäyksen perusteella.

29. Hakkeen palakokojakautuma

291. H a k k e e n p i t u u s j a k a u t u m a

Tarkasteltaessa sahanhakkeen palapituutta on syytä verrata saatuja tuloksia käytön kannalta edullisimpaan ja tarkoituksenmukaisimpaan palapituusjakautumaan. Sulfaatti- ja sulfiittiteollisuudessa halutuimmat jakautumat eroavat jonkinverran toisistaan siten, että edellinen toivoo lyhimmissä jaeryhmissä hieman suurempia ja pitemmissä vastaavasti pienempiä jakautumaprosentteja. Palakoon osalta optimihakkeelle voidaan esittää havupuilla seuraavat rajat:

sulfaattikeitto: pituusjake 13-25 mm, paksuus 3-5 mm

sulfiittikeitto: - " - 19-25 mm, - " - noin 5 mm

Sahanhake on keskimäärin verrattain pienipalaista ja verrattuna suositeltuun jakautumaan on erityisesti pituusryhmässä 13-6 mm:in huomattavin ero (taulukko 16). Sensijaan jalostuksen kannalta vähiten haluttuja äärijakeita yli 32 mm ja alle 6 mm on yhteensä keskimäärin 4.8 %, joka jää siis alle sallitun 5 %:n rajan.

Talvella haketetusta sahausjätteestä saadaan jakautumaltaan huomattavasti sulan puun haketustuloksesta poikkeava tulos (taulukko 17). Muutoksia tapahtui nimenomaan jakautuman kummollakin laidalla, joilla äärijakeitten määrä lisääntyi. Suurin muutos tapahtui pituusryhmissä 13-6 mm:ä, jossa ero talven ja kesän välillä on noin 7 %. Pituusjakaantumet vaihtelevat myös talviaikaisten lämpötilaolojen mukaan siten, että alhaisilla pakkaslukemilla hienomurskeen osuus näyttäisi noisevan jyrkimmin.

Tehtaitten tavanomainen messapuuhake on jonkinverran erityyppistä sahanhakkeeseen verrattuna, kuten havaitaan taulukosta 18. Hienomurskeen osuus on suurinpiirtein sama kuin sahanhakkeessa kun sensijaan karkeaa äärijaetta, pituusryhmän 32-25 mm ja talviaikana myös ryhmän 25-19 mm haketta on jakautumassa huomattavasti suuremmat määrät kuin sahanhakkeessa. Osan yhden tehtaan aineistosta muodosti seulomaton hake. Erot sahanhakkeen ja paperipuuhakkeen koostumuksessa

johtunevat pääasiassa hakkurityypeistä, niiden terien asennuseroista sekä eroavaisuudesta seulonnassa. Tehdasseulojen ylemmän seulalevyn rakojen läpimitta vaihtelee 34-45 mm:in kun taas sahalaitokset käyttävät yleensä jonkinverran pienempiä seulareikiä.

## 292. H a k k e e n p a k s u u s j a k a u t u m a

Massankeitossa on nesteitten lastuihin imeytymisen kannalta hakkeen paksuus pituutta ratkaisevampi. Taulukoissa 19 ja 20 esitetään sahanhakkeen ja taulukossa 21 paperipuuhakkeen paksuusjakautumat. Taulukoiden tulokset eivät ole parhaat mahdolliset tarkastella, koska niissä mänty- ja kuusihakkeen tulokset on laskettu yhteen kun taas sulfaatti- ja sulfiittihakkeella on jonkinverran erilaiset paksuusvaatimukset.

Paksuudeltaan sopivimmat hakedimensiot asettuvat siis luokan 6-2 mm:in välille. Tähän välille asettui sahanhakkeen paksuusjakautumasta yhteensä noin 65 % kesällä ja 79 % talvella. Paperipuuhakkeessa vastaavan paksuusluokan osalle tulee noin 50 % jakautumasta, jolloin 40-45 % muodostuu karkeammista paksuusryhmistä. Sellutehtailla valmistettu normaali massapuuhake on siis etenkin talvisaikana huomattavasti sahanhaketta karkeampaa, joskin myös tehtaitten välillä vallitsi huomattavia jakautumaeroja. Joidenkin tehtaiden tulokset eivät juuri poikenneet sahanhakkeen keskiarvojakautumasta.

Sahanhakkeella on siis tiettyjä käytön kannalta merkityksellisiä laadullisia etuja, joskin haittapuolina jollakin määrättyllä useiden sahojen valmistamaa haketta käyttävällä tehtaalla voivat olla sahanhakkeen laadulliset epätasaisuudet kuoren määrässä sekä hakkeen pituus- ja paksuusjakautumassa. Lopuksi esitettäköön tulokset sahanhakkeesta etenkin paksuusjakeen osalta huomattavasti eroavan pelkkäsievistyshakkeen seulontakokeista.

Pituusjake, mm							
yli 32	32-25	25-19	19-16	16-13	13-6	6-3	alle 3
%							
1.6	4.7	16.0	17.4	27.7	28.5	3.5	0.6
Paksuusjake, mm							
yli 10	10-8	8-6	6-4	4-2	alle 2		
%							
1.1	2.0	7.4	67.3	17.0	5.2		

Taulukko 1. Aineiston määrä.

Tehdas	Saha	Hakekuormia, kpl				Yhteensä	i-m <sup>3</sup>
		Mänty	Kuusi	Koivu	Havuseka		
A	1	23			6	29	1085.3
	2	11		1		12	389.0
	3			9		9	190.2
B	1	15				15	688.2
	2	30	17		5	52	1797.4
	3				13	13	441.3
	4	19				19	238.5
	5	10				10	462.7
	6	7			2	9	416.5
C	1	17	19			36	688.6
	2	18	15		1	34	499.6
	3				13	13	445.9
	4				17	17	545.7
	5	10			12	22	1174.8
	6	9	26			35	1260.3
	7	4			4	8	288.0
D	1	79				79	1316.3
	2	33				33	1085.5
	3		17		12	29	942.5
E	1	74	27			101	2739.2
	2	1	6		17	24	1013.7
F	1	57				57	1681.4
	2	80				80	2642.5
Yhteensä		497	127	10	102	736	22033.1



Taulukko 2 . Painuman suuruus.

Tehdas	Saha	Kulj. matka, km	KESÄ			Kuormia Vetov. (Peräv.), kpl	TALVI			Vaihteluväli
			Painuma, %				Painuma, %			
			Vetov.	Peräv.	Keskim.		Vetov.	Peräv.	Keskim.	
A	1	250	7.9	9.0	8.5	4(1)	3.5	4.1	3.6	3.0 - 10.7
	2	60	4.0	..	4.0	7	2.0	..	2.0	1.3 - 4.0
	3	25	6.5	..	6.5	..	..	..	..	4.7 - 8.3
	1	50	..	..	..	11	4.9	..	4.9	3.0 - 6.5
B	2	53	6.7	7.4	7.0	23(11)	3.8	3.7	3.8	1.7 - 9.2
	3	75	6.0	..	6.0	5	3.7	..	3.7	2.8 - 8.4
	4	0.3	3.5	..	3.5	..	..	..	..	1.4 - 4.8
	1	9	7.2	..	7.2	14	4.8	..	4.8	3.9 - 8.9
C	2	36	4.4	..	4.4	17	3.5	..	3.5	2.4 - 5.8
	3	125	..	..	..	5(1)	6.2	6.0	6.2	5.1 - 6.9
	4	109	9.9	..	9.9	11	3.3	..	3.3	2.7 - 10.6
	5	130	8.1	..	8.1	6	5.1	..	5.1	3.5 - 11.4
D	6	100	6.4	11.4	8.9	6(6)	4.5	9.0	6.8	3.9 - 12.0
	7	160	5.1	9.5	7.3	2(2)	4.1	10.1	7.1	3.9 - 10.4
	1	4	5.2	..	5.2	49	3.9	..	3.9	1.8 - 6.9
	2	102	8.7	11.0	9.9	8(7)	5.8	6.5	6.1	3.3 - 13.8
E	3	44	5.2	..	5.2	16	3.3	..	3.3	2.5 - 7.4
	1	13	4.3	..	4.3	47	2.0	..	2.0	1.3 - 6.7
	2	255	6.3	6.9	6.6	8	3.3	..	3.3	1.3 - 9.4
F	1	17	4.5	..	4.5	33(1)	3.6	5.7	3.7	1.9 - 5.9
	2	45	6.4	7.6	7.3	4(31)	3.7	4.3	4.2	2.3 - 10.4
Kaikki			5.5	8.4	6.1	276(60)	3.6	6.1	4.0	1.3 - 13.8

Taulukko 3. Sahanhakkeen kosteus.

Tehdas	Saha	Tukkien varast. tapa	Näytteitä, kpl	Kosteus, %		Vaihteluväli
				Kuiva-painosta	Tuore-painosta	
A	1	Vesi-maa	29	133.0	57.0	100.3-147.3
	2	Vesi-maa	11	144.7	59.1	118.7-154.2
	3	Maa	9	60.1	37.4	51.8- 67.3
	4	Vesi	6	177.4	63.9	169.5-183.0
	5	..	2	153.1	60.5	..
B	1	Vesi	15	130.1	56.5	108.4-153.7
	2	Vesi-maa	16	131.3	56.7	115.2-154.4
		Vesi	37	159.2	61.3	127.8-182.8
	3	Maa	6	108.6	52.0	102.6-117.6
		Vesi	7	144.1	59.0	132.4-155.8
	4	Vesi-maa	19	129.4	56.2	98.7-183.6
	5	Vesi-maa	10	124.1	55.1	81.1-135.3
	6	Vesi-maa	9	124.1	55.1	92.2-135.9
C	1	Vesi-maa	36	138.5	58.0	119.2-163.4
	2	Maa	30	125.7	55.5	104.3-150.9
	3	Vesi-maa	13	142.0	59.1	130.2-148.3
	4	Maa	16	117.4	53.5	71.8-145.2
	5	Maa	22	121.6	54.8	108.1-133.9
	6	Maa	33	122.0	54.2	86.4-149.1
	7	Maa	8	130.0	56.4	111.5-152.9
	8	Vesi-maa	8	132.8	56.9	116.3-152.7
	9	..	2	131.9	56.9	..
D	1	Vesi-maa	77	131.1	56.6	103.5-151.5
	2	Maa	33	108.7	51.8	72.3-130.6
	3	Maa	29	121.6	54.8	106.1-135.5
E	1	Vesi-maa	101	132.4	56.8	58.3-151.8
	2	Maa	24	114.1	53.2	95.6-125.6
F	1	Vesi-maa	59	134.9	57.3	117.5-155.6
	2	Maa	36	122.8	53.6	113.9-135.2
		Vesi	39	134.3	57.3	121.1-144.9
Kaikki		Vesi	104	145.7	59.1	108.4-183.0
		Vesi-maa	388	133.3	57.0	58.3-183.6
		Maa	246	117.3	53.3	51.8-150.9

Taulukko 4. Sahanhakkeen tuorepaino hakelajeittain. Kesäaika.

Tehdas	Saha	Hake- laji	Tukkeen varast. tapa	Kuormia perillä, kpl	Paino, kg/i-m <sup>3</sup>		
					Lähtiessä	Perillä	Vaihteluväli perillä
A	1	Mänty	Vesi-maa	16	313.8	343.4	333.6-370.1
	2	Mänty	Vesi-maa	2	328.4	316.6	..
	3	Koivu	Maa	8	291.7	312.1	289.2-337.1
B	1	..	..	..	..	..	..
	2	Mänty	Vesi-maa	8	353.3	381.3	361.3-402.2
		Kuusi	Vesi-maa	1	323.0	348.2	..
C	3	Seka	Maa	3	304.9	333.3	319.6-341.4
	1	Kuusi	Vesi-maa	19	336.2	362.2	347.6-375.4
	2	Mänty	Maa	14	351.6	368.0	355.5-382.6
	3	..	..	..	..	..	..
	4	Seka	Maa	2	274.2	304.2	..
	5	Seka	Maa	6	319.1	347.3	322.9-365.6
	6	Kuusi	Maa	4	308.3	338.8	315.9-359.9
D	7	Seka	Maa	2	331.9	358.5	..
	1	Mänty	Vesi-maa	30	348.2	368.0	343.6-390.5
	2	Mänty	Maa	13	296.6	329.7	287.9-360.8
	3	Seka	Maa	10	328.4	346.5	338.1-359.0
E	1	Kuusi	Vesi-maa	27	315.3	329.8	303.7-353.9
	2	Seka	Maa	12	310.7	332.6	307.2-359.9
F	1	Mänty	Vesi-maa	24	321.5	336.4	307.1-352.5
	2	Mänty	Vesi	35	352.6	369.9	343.3-392.9
Kaikki		Mänty		142	335.3	355.9	287.9-402.2
		Kuusi		51	322.7	342.9	303.7-375.4
		Koivu		8	291.7	312.1	289.2-337.1
		Seka		35	316.3	339.0	307.2-359.9

Taulukko 5. Sahanhakkeen tuorepaino hakelajeittain. Talviaika.

Tehdas	Saha	Hake- laji	Tukkien varast. tapa	Kuormia perillä, kpl	Paino, kg/i-m <sup>3</sup>		
					Lähtiessä	Perillä	Vaihteluväli perillä
A	1	Mänty	Vesi-maa	5	344.5	358.2	340.6-380.1
	2	Mänty	Vesi-maa	7	389.4	396.7	391.8-404.2
	3	..	..	..	..	..	..
B	1	Mänty	Vesi	10	378.1	397.9	369.3-432.1
	2	Mänty	Vesi	18	374.3	388.8	349.7-408.2
		Kuusi	Vesi	12	372.6	386.6	369.9-404.9
	3	Seka	Vesi	4	361.9	376.6	360.9-390.3
Seka		Vesi	4	354.4	366.8	364.4-369.1	
C	1	Mänty	Vesi-maa	14	369.1	386.9	365.1-402.7
	2	Mänty	Maa	3	353.2	367.8	..
		Kuusi	Maa	15	337.9	349.9	344.7-357.4
	3	Seka	Vesi-maa	4	339.5	362.0	310.9-393.8
	4	Seka	Maa	11	351.0	362.9	355.5-379.4
		Mänty	Maa	5	337.0	360.1	355.6-369.2
	6	Seka	Maa	2	353.7	365.6	..
		Kuusi	Maa	12	343.9	369.7	352.2-384.7
	7	Mänty	Maa	2	352.7	381.1	..
		Seka	Maa	2	347.8	374.0	..
D	1	Mänty	Vesi-maa	47	378.0	393.2	365.0-415.1
	2	Mänty	Maa	15	335.3	357.2	341.5-372.2
	3	Kuusi	Maa	16	336.0	348.2	342.1-356.9
E	1	Mänty	Vesi-maa	48	359.0	365.7	324.5-410.2
	2	Kuusi	Maa	3	305.4	316.4	310.7-319.8
		Seka	Maa	2	338.1	354.4	..
F	1	Mänty	Vesi-maa	33	333.6	346.1	300.1-378.1
	2	Mänty	Maa	33	356.8	361.8	305.5-375.8
Kaikki		Mänty		240	357.1	369.5	300.1-432.1
		Kuusi		58	344.2	359.4	310.7-404.9
		Seka		29	350.3	365.6	310.9-393.8

Taulukko 6. Tuoreen hakkeen painon riippuvuus tukkien varastoimistavasta kuljetuksen jälkeen.

Varastoimistapa	Kuormia, kpl			Hakkeen paino, kg/i-m <sup>3</sup>				
	Mänty	Koivu		Mänty	Hakelaji			
		Kuusi	Seka		Kuusi	Koivu	Seka	
Tukit vesivarastossa	63	12	..	8	379.8	386.6	..	371.7
" vesi-maavarastossa	228	47	..	4	373.9	343.3	..	362.0
" maavarastossa	86	50	8	35	349.3	351.2	(312.1)	339.0

Taulukko 7. Sahanhakkeen kuivapaino hakelajeittain. Kesäaika.

Tehdas	Saha	Hakelaji	Kuormia, kpl	Paino, kg/i-m <sup>3</sup>		
				Lähtiessä	Perillä	Vaihteluväli perillä
A	1	Mänty	16	137.5	150.5	140.4-153.2
	2	Mänty	1	142.2	144.7	..
	3	Koivu	8	183.7	196.5	188.2-204.5
B	1	..	..	..	..	..
	2	Mänty	8	154.2	165.6	154.6-180.1
		Kuusi	1	138.6	149.4	..
C	3	Seka	4	146.9	162.1	157.3-166.7
	1	Kuusi	13	145.7	154.6	148.7-158.6
	2	Mänty	14	165.3	173.1	153.5-184.8
D	3	..	..	..	..	..
	4	Seka	2	147.6	163.9	..
	5	Seka	6	148.1	160.3	150.5-168.1
	6	Kuusi	4	141.3	155.2	149.4-160.5
	7	Seka	2	153.1	165.2	..
E	1	Mänty	30	157.7	166.3	157.4-179.7
	2	Mänty	13	154.6	171.8	160.9-182.1
	3	Seka	10	155.5	164.0	158.8-169.8
F	1	Kuusi	25	135.1	141.6	130.8-147.9
	2	Seka	12	147.7	158.1	148.7-167.3
F	1	Mänty	24	142.5	149.2	140.5-158.0
	2	Mänty	35	146.7	158.3	147.6-169.7
Kaikki		Mänty	141	150.6	159.8	140.5-182.1
		Kuusi	49	138.9	147.9	130.8-160.5
		Koivu	8	183.7	196.5	188.2-204.5
		Seka	36	150.3	161.3	148.7-169.8

Taulukko 8. Sahanhakkeen kuivapaino hakelajeittain. Talviaika.

Tehdas	Saha	Hakelaji	Kuormia perillä, kpl	Paino, kg/i-m <sup>3</sup>		
				Lähtiessä	Perillä	Vaihteluväli perillä
A	1	Mänty	5	143.0	148.3	139.7-155.5
	2	Mänty	6	155.9	159.1	155.4-161.9
	3	..	..	..	..	..
B	1	Mänty	10	161.3	170.2	161.8-179.9
	2	Mänty	19	148.2	154.1	134.2-168.8
		Kuusi	11	136.0	141.0	136.3-148.9
		Seka	5	141.0	146.4	138.9-158.4
3	Seka	4	147.0	152.1	144.1-159.1	
C	1	Mänty	14	152.8	160.5	151.5-165.9
	2	Mänty	3	153.1	159.4	..
		Kuusi	14	140.2	145.7	139.8-152.7
	3	Seka	4	141.3	150.6	131.2-161.1
	4	Seka	10	151.8	157.0	149.3-167.3
	5	Mänty	6	150.4	159.2	151.9-163.9
		Seka	1	..	157.6	..
	6	Kuusi	11	144.7	155.3	147.2-163.0
7	Mänty	2	154.6	167.1	..	
D	1	Mänty	45	159.1	165.2	154.7-172.8
	2	Mänty	15	149.5	159.3	152.8-168.1
	3	Kuusi	16	146.5	151.8	145.8-160.4
E	1	Mänty	47	153.9	156.8	144.0-167.7
	2	Kuusi	3	140.1	145.1	..
		Seka	2	151.1	158.4	..
F	1	Mänty	31	137.9	142.5	127.1-155.0
	2	Mänty	31	151.9	158.2	150.5-168.3
Kaikki		Mänty	234	151.9	157.6	127.1-179.9
		Kuusi	55	142.1	148.4	136.3-163.0
		Seka	28	146.5	153.0	131.2-167.3

Taulukko 9. Sahanhakkeen puuaineen tiheys hakelajeittain.

Tehdas	Saha	Näytteitä, kpl	Puuaineen tiheys, kg/k-m <sup>3</sup>			
			Mänty	Kuusi	Koivu	Seka
A	1 <sup>⊗</sup> )	28	398.6	..	..	382.9
	2	12	406.5	..	513.4	..
	3	9	..	..	506.3	..
	4	6	..	373.6	..	..
	5	2	398.7	..	..	..
B	1	15	415.4	..	..	..
	2	51	417.2	366.5	..	375.0
	3	13	..	..	..	390.1
	4	20	429.2	..	..	..
	5	10	421.1	..	..	..
	6	9	425.4	..	..	424.5
C	1	35	410.8	386.5	..	..
	2	27	398.7	377.7	..	377.1
	3	13	..	..	..	386.6
	4	17	..	..	..	386.7
	5	21	420.5	..	..	394.9
	6	32	398.9	373.8	..	388.7
	7	8	409.6	..	..	381.2
	8	8	..	369.9	..	..
	9	2	..	364.9	..	..
D	1	75	414.0	..	..	..
	2	33	402.7	..	..	..
	3	29	..	381.0	..	396.0
E	1	98	397.9	369.7	..	..
	2	23	391.9	373.6	..	380.6
F	1	58	394.9	..	..	..
	2	75	392.6	..	..	..
Kaikki		726	404.5	374.8	507.0	387.9

<sup>⊗</sup>) Hakkeen joukossa jonkinverran Neuvostoliiton puuta.



Taulukko 10 . Sahanhakkeen tiheys ennen ja jälkeen kuljetuksen.  
Kesäaika.

Tehdas	Saha	Hake- laji	Kuor- mia, peril- lä, kpl	Tiheys, k-m <sup>3</sup> /i-m <sup>3</sup>				
				Lähti- essä	Vetov.	Peräv.	Yht.	Vaihteluväli
A	1 <sup>*)</sup>	Mänty	16	0.349	0.370	0.382	0.38	0.355-0.416
	2	Mänty	2	0.345	0.353	..	0.353	..
	3	Koivu	8	0.363	0.385	..	0.385	0.371-0.404
B	1	..	..	..	..	..	..	..
	2	Mänty	..	..	..	..	..	..
		Kuusi Seka	9	0.355	0.385	0.373	0.382	0.362-0.413
C	3	Seka	4	0.386	0.404	..	0.404	0.392-0.419
	1	Kuusi	19	0.372	0.400	..	0.400	0.380-0.440
	2	Mänty	12	0.412	0.432	..	0.438	0.387-0.460
	3	..	..	..	..	..	..	..
	4	Seka	2	0.382	0.424	..	0.424	..
	5	Seka	6	0.374	0.407	..	0.407	0.396-0.422
	6	Mänty	4	0.382	0.407	0.433	0.420	0.407-0.445
D	7	Seka	2	0.386	0.410	0.423	0.417	..
	1	Mänty	28	0.386	0.407	..	0.411	0.384-0.422
	2	Mänty	12	0.384	0.421	0.433	0.427	0.398-0.449
E	3	Seka	10	0.394	0.415	..	0.415	0.387-0.448
	1	Kuusi	24	0.365	0.382	..	0.382	0.333-0.399
F	2	Seka	11	0.387	0.413	0.413	0.413	0.387-0.438
	1	Mänty	24	0.359	0.374	..	0.374	0.358-0.391
F	2	Mänty	35	0.370	0.392	0.402	0.399	0.374-0.419
	Kaikki		228	0.374	0.397	0.404	0.399	0.333-0.460

\*) Pelkkahaketta joukossa 38 %.

Taulukko 11. Sahanhakkeen tiheys ennen ja jälkeen kuljetuksen.  
Talviaika.

Tehdas	Saha	Hake- laji	Kuor- mia peril- lä, kpl	Lähti- essä	Tiheys k-m <sup>3</sup> /i-m <sup>3</sup>			vaihteluväli
					Perillä			
					Vetov.	Peräv.	Yhteensä	
A	1	Mänty	5	0.364	0.379	0.381	0.379	0.365-0.394
	2	Mänty	7	0.387	0.395	..	0.395	0.389-0.399
	3	..	..	..	..	..	..	..
B	1	Mänty	11	0.392	0.410	..	0.410	0.390-0.432
	2	Mänty	35	0.374	0.391	0.380	0.386	0.322-0.424
		Seka						
3	Seka	4	0.389	0.402	..	0.402	0.397-0.407	
C	1	Mänty	13	0.374	0.389	..	0.389	0.372-0.409
	2	Mänty	13	0.374	..	0.387	0.387	0.365-0.401
		Kuusi	10	0.383	0.402	0.424	0.411	0.376-0.450
		Seka						
	3	Seka	6	0.368	0.399	0.398	0.399	0.342-0.424
	4	Seka	10	0.394	0.408	..	0.408	0.395-0.420
	5	Mänty	8	0.363	0.388	..	0.388	0.367-0.419
	Seka	4	0.377	0.391	0.422	0.406	0.390-0.424	
	Seka							
D	1	Mänty	40	0.380	0.396	..	0.396	0.368-0.419
	2	Mänty	15	0.368	0.390	0.394	0.392	0.373-0.417
	3	Kuusi	16	0.383	0.397	..	0.397	0.383-0.411
E	1	Mänty	46	0.388	0.393	..	0.393	0.349-0.428
	2	Kuusi	5	0.380	0.395	..	0.395	0.378-0.432
	Seka	28	0.389	0.392	0.407	0.406	0.375-0.426	
	Mänty							
F	1	Mänty	31	0.348	0.361	0.376	0.361	0.317-0.388
	2	Mänty	28	0.389	0.392	0.407	0.406	0.375-0.426
Kaikki			307	0.378	0.391	0.397	0.392	0.317-0.450

Taulukko 12. Kuoren määrä sahanhakkeessa. Kesäaika.

Tehdas	Saha	Näyt- teitä, kpl	Kuorta, %						Vaihteluväli kuivapainosta	
			Sisäkuori			Ulko-kuori				Kuori yht.
			Tuore- painosta	Kuiva- painosta	Tuore- painosta	Tuore- painosta	Kuiva- painosta	Tuore- painosta		
A	1	6	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.0-0.3	
	2	2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	..	
	3	6	1.5	1.2	0.3	0.3	0.5	1.7	0.7-2.5	
B	1	..	..	..	..	..	..	..	..	
	2	6	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0-0.7	
	3	4	0.6	0.4	0.2	0.2	0.2	0.6	0.3-1.4	
	4	3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0-0.1	
C	1	6	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1-0.8	
	2	6	0.4	0.2	0.2	0.2	0.3	0.5	0.2-0.6	
	3	..	..	..	..	..	..	..	..	
	4	2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	..	
	5	4	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.4	0.1-0.3	
	6	5	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.0-0.6	
	7	1	2.7	1.7	0.8	0.8	0.8	3.5	..	
D	1	7	0.1	0.1	0.3	0.3	0.0	0.4	0.0-0.2	
	2	7	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.4	0.1-0.6	
	3	6	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.0-0.4	
E	1	7	1.5	0.8	0.4	0.4	0.4	1.3	0.4-2.5	
	2	6	0.5	0.3	0.1	0.1	0.3	0.5	0.1-1.9	
F	1	7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1-0.3	
	2	7	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.1-1.1	
Kaikki		98	0.5	0.3	0.1	0.1	0.2	0.6	0.0-2.5	

Taulukko 13. Kuoren määrä sahanhakkeessa. Talviaika.

Tehtas	Saha	Näyt- teitä, kpl	Kuorta, %						Vaihteluväli Kuivapainosta
			Sisäkuori		Ulkokuori		Kuori yht.		
			Tuore- painosta	Kuiva- painosta	Tuore- painosta	Kuiva- painosta	Tuore- painosta	Kuiva- painosta	
A	1	6	1.5	1.1	0.5	0.5	2.0	1.6	0.5-3.4
	2	4	3.5	2.0	0.4	0.4	3.8	2.4	2.0-2.7
	7	7	0.4	0.2	0.1	0.1	0.5	0.3	0.0-0.9
B	2	12	1.5	1.0	0.2	0.3	1.7	1.3	0.4-2.2
	3	4	1.3	1.1	0.2	0.4	1.6	1.4	0.1-3.3
	1	8	2.6	1.2	0.4	0.7	3.0	1.9	1.1-3.8
C	2	8	2.3	1.5	0.2	0.2	2.5	1.7	0.1-3.5
	3	7	1.0	0.6	0.0	0.0	1.0	0.7	0.2-1.8
	4	7	2.0	1.4	0.2	0.3	2.2	1.6	0.8-2.3
D	5	4	0.7	0.5	0.1	0.1	0.8	0.6	0.5-1.0
	6	8	1.4	1.0	0.1	0.1	1.5	1.1	0.5-2.3
	7	2	6.5	4.5	1.1	1.4	7.7	5.8	..
E	1	11	2.9	1.6	0.2	0.2	3.1	1.8	1.0-2.8
	2	6	0.8	0.4	0.3	0.5	1.1	0.9	0.3-2.2
	3	7	2.8	1.8	0.2	0.3	2.9	2.1	0.7-3.6
F	1	11	1.3	0.9	0.2	0.2	1.4	1.1	0.3-3.0
	2	5	5.5	3.9	1.4	1.6	6.8	5.6	1.7-9.6
	1	14	0.6	0.4	0.1	0.2	0.8	0.6	0.1-1.3
Kaikki	2	17	0.6	0.4	0.2	0.2	0.8	0.6	0.3-0.9
		148	1.7	1.1	0.2	0.3	2.0	1.4	0.0-9.6

Taulukko 14. Kuoren määrä paperipuuhakkeessa.

Tehdas	Kuorta, %								Näyt- teitä, kpl	Vaihteluväli, Kuivap.
	Sisäkuori		Ulkokuori		Kuori yht.		Tuore- painosta	Kuiva- painosta		
	Tuore- painosta	Kuiva- painosta	Tuore- painosta	Kuiva- painosta	Tuore- painosta	Kuiva- painosta				
A	1.1	0.6	0.3	0.3	0.3	1.3	0.9	17	0.0 - 5.8	
B	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4	0.3	5	0.0 - 0.8	
C	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.4	18	0.0 - 3.9	
D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8	0.0 - 0.0	
E	0.5	0.4	0.6	0.6	0.7	1.1	1.2	10	0.0 - 6.5	
F	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12	0.0 - 0.1	
Kaikki	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.7	0.5	70	0.0 - 6.5	

Taulukko 15. Oksapuuprosentti (sisältää myös oksan ympäräyspuun).

Tehdas	Saha	Sahanhake		Paperipuuhake	
		Näytteitä, kpl	oksapuuta, paino-%	Näytteitä, kpl	oksapuuta, paino-%
A	1	12	0.98	13	2.82
	2	6	1.78		
	3	5	0.56		
B	1	7	0.51	5	5.79
	2	18	1.60		
	3	8	1.75		
	4	3	0.93		
C	1	14	1.22	8	2.57
	2	14	1.30		
	3	7	0.72		
	4	9	0.94		
	5	8	0.62		
	6	13	1.11		
	7	3	1.72		
D	1	18	1.36	8	8.09
	2	13	1.39		
	3	13	1.57		
E	1	24	1.42	10	5.36
	2	11	3.15		
F	1	14	0.65	12	2.47
	2	17	2.35		
Kaikki		237	1.39	56	4.18

Taulukko 16. Sahanhakkeen pituusjakautuma. Kesäaika.

Tehdas	Saha	Lastujakeet, %										Yhteensä, %	Näytteitä, kpl
		Yli 32	32-25	25-19	19-16	16-13	13-6	6-3	Alle 3 mm				
A	1	2.1	6.8	19.0	16.4	21.0	30.9	3.6	0.2	100.0	6		
	2	1.2	8.2	21.8	16.2	15.9	32.9	3.3	0.5	100.0	2		
	3	3.0	5.4	10.9	11.8	17.2	41.0	9.2	1.5	100.0	6		
B	1	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..		
	2	1.4	6.7	21.8	15.9	19.8	32.2	1.9	0.3	100.0	6		
	3	2.2	5.8	12.8	12.3	18.0	46.1	2.6	0.2	100.0	4		
C	4	3.1	7.2	23.5	14.5	17.2	29.3	3.8	1.4	100.0	3		
	1	0.9	3.8	12.8	14.3	19.8	43.7	3.9	0.8	100.0	6		
	2	1.4	14.6	26.5	17.3	16.6	22.3	1.2	0.1	100.0	6		
D	3	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..		
	4	0.4	3.2	17.6	16.9	19.9	39.1	2.8	0.1	100.0	2		
	5	1.4	9.8	22.0	16.3	19.3	29.7	1.3	0.2	100.0	4		
E	6	1.6	6.5	20.4	15.8	20.7	33.6	1.3	0.1	100.0	5		
	7	1.3	7.8	25.9	16.0	19.0	27.9	2.0	0.1	100.0	1		
	1	0.4	3.4	16.5	16.5	21.8	38.2	2.8	0.2	100.0	7		
F	2	0.2	1.7	18.5	20.5	22.1	34.1	2.6	0.3	100.0	7		
	3	1.2	7.9	22.8	17.9	20.8	27.8	1.5	0.1	100.0	6		
	1	1.3	5.4	16.9	15.4	19.5	36.2	4.6	0.7	100.0	7		
F	2	0.6	5.8	23.8	20.1	20.3	28.2	1.1	0.1	100.0	6		
	1	3.4	14.4	27.0	16.3	15.1	21.6	2.0	0.2	100.0	7		
Kaikki	2	1.0	5.5	21.9	17.8	20.2	31.2	2.0	0.4	100.0	7		
		1.5	6.8	19.8	16.5	19.4	32.8	2.9	0.4	100.0	98		

Taulukko 17. Sahanhakkeen pituusjakautuma. Talviaika.

Tehtas	Saha	Lastujakeet, %										Yhteensä %	Näytteitä, kpl
		Yli 32	32-25	25-19	19-16	16-13	13-6	6-3	Alle 3mm				
A	1	1.9	5.6	14.9	14.5	21.9	35.5	4.9	0.8	100.0	6		
	2	0.8	5.4	18.2	17.6	16.8	37.0	3.8	0.4	100.0	4		
	3	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..		
B	1	0.6	4.3	15.6	14.6	18.4	39.1	5.0	2.4	100.0	7		
	2	1.2	5.8	22.6	14.6	18.5	34.6	2.2	0.5	100.0	12		
	3	2.1	5.7	13.6	12.6	17.5	45.0	2.7	0.8	100.0	4		
	4	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..		
C	1	0.9	2.2	8.7	10.9	17.8	52.7	6.1	0.7	100.0	8		
	2	0.7	3.7	20.0	16.4	19.4	36.5	3.1	0.2	100.0	7		
	3	2.0	7.4	18.8	14.6	18.5	35.9	2.5	0.3	100.0	7		
	4	0.6	2.4	15.8	15.6	19.9	41.6	3.9	0.2	100.0	7		
	5	1.7	8.4	22.4	15.6	17.4	32.4	1.9	0.2	100.0	3		
	6	1.2	5.1	21.2	15.3	20.3	35.1	1.7	0.1	100.0	8		
	7	0.8	5.0	19.0	16.4	19.6	35.4	3.5	0.3	100.0	2		
D	1	0.4	4.4	20.1	17.7	19.2	35.8	2.0	0.4	100.0	11		
	2	0.4	1.1	7.1	13.3	19.6	53.3	4.8	0.4	100.0	6		
	3	0.6	2.0	12.8	12.4	19.9	47.8	4.4	0.1	100.0	7		
E	1	0.6	3.5	13.8	14.0	17.3	41.2	6.9	2.7	100.0	6		
	2	0.5	7.6	27.3	18.9	17.0	27.4	1.0	0.2	100.0	5		
F	1	0.9	4.6	15.9	17.0	17.7	37.3	5.8	0.8	100.0	13		
	2	0.4	2.2	12.5	13.5	15.9	48.9	6.5	0.1	100.0	11		
Kaikki		0.9	4.3	16.6	14.9	18.4	39.7	4.0	0.6	100.0	134		



Taulukko 18. Paperipuuhakkeen pituusjakautuma.

Tehtas	Näytteitä, kpl	Pituusjako, mm										Yhteensä, %
		Yli 32	32-25	25-19	19-16	16-13	13-6	6-3	Alle 3			
		Kesäaika %										
A	9	6.6	15.3	23.9	14.8	14.6	21.4	2.7	0.7			100.0
C	10	4.3	7.5	16.5	13.0	16.5	33.3	7.1	1.8			100.0
F	12	6.0	14.0	22.4	14.8	17.6	22.5	2.2	0.5			100.0
Kaikki	31	5.6	12.3	20.9	14.3	16.4	25.7	3.9	0.9			100.0
		Talviaika %										
A	8	7.7	17.4	30.7	12.4	11.5	17.4	2.0	0.9			100.0
B	5	9.2	13.5	23.4	14.4	15.0	22.5	1.8	0.2			100.0
C	8	9.0	14.5	21.7	14.2	14.5	22.0	3.3	0.8			100.0
D	8	16.5	23.6	23.2	12.5	9.6	13.3	1.2	0.1			100.0
E	10	2.2	6.8	21.4	14.9	15.7	30.9	5.7	2.4			100.0
Kaikki	39	8.3	14.4	23.0	13.9	13.6	22.6	3.3	1.0			100.0

Taulukko 19. Sahanhakkeen paksuusjakautuma. Kesäaika.

Tehdas	Saha	Lastujakeet, %							Alle 2 mm	Yhteensä %	Näytteitä, kpl
		li 10	10-8	8-6	6-4	4-2					
A	1	2.0	3.4	11.0	51.0	28.5	4.1	100.0	6		
	2	16.6	15.8	19.3	25.8	18.2	4.3	100.0	2		
	3	8.3	6.1	13.4	29.9	28.6	13.7	100.0	6		
B	1	..	..	..	..	..	..	..	..		
	2	3.2	5.3	25.0	38.7	24.9	2.9	100.0	6		
	3	3.6	4.5	10.2	40.2	37.1	4.4	100.0	4		
	4	4.5	4.9	21.6	37.9	23.6	7.5	100.0	3		
C	1	4.2	4.8	17.0	40.0	28.5	5.5	100.0	6		
	2	4.0	5.4	26.5	40.5	20.3	3.3	100.0	6		
	3	..	..	..	..	..	..	..	..		
	4	2.8	4.2	20.4	41.9	26.7	4.0	100.0	2		
D	5	3.9	7.4	25.6	37.8	22.2	3.1	100.0	4		
	6	2.9	3.9	19.2	44.5	26.8	2.7	100.0	5		
	7	3.3	5.5	15.1	45.3	26.8	4.0	100.0	1		
	1	2.0	4.3	18.5	41.8	28.8	4.6	100.0	7		
	2	1.6	2.9	14.0	47.0	29.4	5.1	100.0	7		
E	3	3.6	5.3	26.4	39.9	21.8	3.0	100.0	6		
	1	2.1	3.8	14.2	46.5	27.2	6.2	100.0	7		
	2	6.9	11.4	29.0	33.6	17.1	2.0	100.0	6		
F	1	8.7	16.1	30.6	28.5	13.3	2.8	100.0	7		
	2	4.8	9.1	26.2	35.5	20.6	3.8	100.0	7		
Kaikki		4.3	6.4	20.5	39.4	24.6	4.6	100.0	107		

Taulukko 20. Sahanhakkeen paksuusjakautuma. Talviaika.

Tehtas	Saha	Lastujakeet, %							Alle 2 mm	Yhteensä, %	Näytteitä, kpl.
		Yli 10	10-8	8-6	6-4	4-2					
A	1	1.8	2.8	8.3	48.3	32.5	6.3	6.3	100.0	6	
	2	9.3	14.2	24.3	28.2	19.5	4.5	4.5	100.0	4	
	3	..	..	..	..	..	..	..	..	..	
B	1	1.6	5.3	21.9	35.4	26.9	8.9	8.9	100.0	7	
	2	2.7	3.8	13.4	42.3	33.5	4.3	4.3	100.0	12	
	3	4.6	5.1	11.1	30.1	40.5	8.6	8.6	100.0	4	
	4	..	..	..	..	..	..	..	..	..	
C	1	1.6	2.5	9.4	37.6	40.1	8.8	8.8	100.0	8	
	2	1.8	2.2	5.5	36.1	44.5	9.8	9.8	100.0	8	
	3	3.4	4.6	17.8	38.0	30.9	5.3	5.3	100.0	7	
	4	2.5	3.6	11.8	39.0	37.0	6.1	6.1	100.0	7	
	5	4.5	5.2	17.5	38.5	30.3	4.4	4.4	100.0	4	
	6	2.2	2.9	11.5	42.0	38.0	3.4	3.4	100.0	8	
	7	2.7	4.1	11.9	33.0	39.2	9.2	9.2	100.0	2	
D	1	2.5	5.4	22.3	36.4	28.4	5.0	5.0	100.0	11	
	2	2.0	3.0	6.5	30.0	49.3	9.2	9.2	100.0	6	
	3	2.3	2.5	6.0	34.1	45.1	10.0	10.0	100.0	7	
E	1	1.8	3.3	12.6	35.5	34.6	12.2	12.2	100.0	17	
	2	10.4	13.2	26.8	30.8	17.2	1.6	1.6	100.0	5	
F	1	3.6	7.8	21.5	32.2	27.7	7.2	7.2	100.0	13	
	2	4.9	6.5	14.6	29.8	35.2	9.0	9.0	100.0	10	
Kaikki		3.4	5.3	15.9	40.2	38.8	8.6	8.6	100.0	146	

Taulukko 21. Paperipuuhakkeen paksuusjakautuma.

Tehdas	Näytteitä kpl	Paksuusjake, mm						Yhteensä %	
		yli 10	10-8	8-6	6-4	4-2	alle 2		
			Kesäaika %						
A	9	9.1	12.5	29.5	31.8	13.5	3.6	100.0	
C	10	3.7	6.2	21.3	34.0	26.1	8.8	100.0	
F	12	8.2	8.6	25.4	37.9	17.3	2.6	100.0	
Kaikki	31	7.0	8.9	25.3	34.9	19.0	4.9	100.0	
			Talviaika %						
A	8	7.0	9.8	29.4	33.0	16.3	4.5	100.0	
B	5	9.4	10.0	29.6	32.4	16.0	2.6	100.0	
C	8	6.8	10.4	31.8	31.4	15.8	3.8	100.0	
D	8	13.1	23.4	32.5	22.0	7.6	1.4	100.0	
E	10	3.4	3.5	14.8	39.0	29.8	9.5	100.0	
Kaikki	39	7.6	11.1	26.8	31.9	17.8	4.8	100.0	



