

FOLIA FORESTALIA 218

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1974

PENTTI NISULA

MAKROILMASTON VAIKUTUS
VARASTOIDUN PINOTAVARAN
PAINOON

EFFECT OF MACROCLIMATE ON
THE WEIGHT OF STORED
CORDWOOD

- No 143 Matti Huovinen, Soini Silander, Paavo Tiihonen & Juho Yli-Hukkala:
Hakkuumiehen määrittämään runkolukuun perustuva leimikon pystymittaus.
Stichprobenweise Massenermittlung am stehenden Holz eines ausgezeichneten Bestandes auf Grund von Stammzahlaufnahme durch den Holzfäller. 2,—
- No 144 Esko Leinonen: Puutavaran mittaus kuorma- ja otantamenetelmillä.
Measurement of timber by the load and sampling methods. 4,—
- No 145 Esko Leinonen: Tilavuuspaino-otanta sahatukkien mittauksessa.
Green density sampling in sawlog scaling. 1,50
- No 146 Markku Mäkelä: Kanto- ja juuripuun kuljetus.
Transport of stump and root wood. 2,50
- No 147 Pentti Hakkila, Jouko Laasasenaho & Kari Oittinen: Korjuuteknisiä oksatietoja.
Branch data for logging work. 2,—
- No 148 Pertti Mikkola: Metsähukkapuun osuus hakkuupoistumasta Suomessa.
Proportion of waste wood in the total cut in Finland. 2,—
- No 149 N. A. Osara: Some trends in world forestry with respect to Finland.
Eräitä metsä- ja puutalouden kehitysilmiöitä maailmassa ja Suomessa. 1,—
- No 150 Ole Oskarsson: Suomalaiset plusmännyn ja pluskuuset.
Finnish plus trees of Scots pine and Norway spruce. 14,—
- No 151 Pertti Harstela & Paavo Valonen: Työn tuotos, työntekijän fyysinen kuormittuminen ja värinäältistys pelkässä kaadossa.
Work output, physical load of the worker and exposure to vibration in feeling. 5,—
- No 152 Kari Keipi: Lannoituskustannukset ja tuottojen käsittely metsän lannoituksen kannattavuuslaskelmissa Norjassa, Ruotsissa ja Suomessa.
The concept of forest fertilization returns in Norway, Sweden and Finland. 4,—
- No 153 Hannu Vehviläinen: Palkkaus ja työolot metsäkonetöissä syksyllä 1971.
The working conditions and earnings of forest-machine operators in autumn 1971 in Finland. 9,—
- No 154 Paavo Tiihonen: Kiintokuutiometrin käyttöön perustuvat männyn, kuusen ja koivun kuitupuutaulukot.
Massentafeln mit dem Festmeter als Masseinheit für Kiefern-, Fichten- und Birkenfaserholz. 7,—
- No 155 Paavo Tiihonen: Kiintokuutiometrin käyttöön perustuvat männyn ja kuusen tukki-puutaulukot.
Massentafeln mit dem Festmeter als Masseinheit für Kiefern- und Fichtenblochholz. 2,50
- No 156 Elias Pohtila: Tulokset Perä-Pohjolan valtionmailla vuosina 1930—45 tehdyistä kuusi-viljelyistä.
Results of spruce cultivation from 1930—45 on state-owned lands in Perä-Pohjola. 1,50
- No 157 Eino Mälkönen: Hakkuutähtöiden talteenoton vaikutus männikön ravinnevaroihin.
Effect of harvesting logging residues on the nutrient status of Scotch pine stands. 1,50
- No 158 Kaarlo Kinnunen & Erkki Lähde: Kylvöajankohdan vaikutus kennonaimien kehitykseen ensimmäisen kasvukauden aikana.
The effect of sowing time on development during the first growing season of seedlings grown in paper containers. 2,50
- No 159 Pentti Hakkila: Oksaraaka-aineen korjuumahdollisuudet Suomessa.
Possibilities of harvesting branch raw material in Finland. 2,—
- No 160 Kullervo Etholén: Männyn viljelyn tulos Pohjois-Suomessa ja siemenen alkuperä.
The success of artificial regeneration of Scots pine in Northern Finland and origin of seed.
Состояние культур сосны в Северной Финляндии и происхождение семян. 3,—
- No 161 Olavi Huuri: Eräiden kloorattujen hiilivetyjen vaikutuksesta männyn taimien alku-kehitykseen.
The effect of some chlorinated hydrocarbons on the initial development of planted pine seedlings. 2,50
- No 162 Veijo Heiskanen, Antero Kuronen & Paavo Tiihonen: Rinnankorkeusläpimitaan ja tukkilukuun perustuvat sahapuiden kuutioimistaulukot.
Volume tables for saw timber stems based on the breast height diameter and the number of log per stem. 1,50
- No 163 Ilkka Kohmo: Nykymetsiköiden kasvuprosentti Suomen pohjoispuoliskossa vuosina 1969—70. 1,50
- No 164 Jouko Laasasenaho & Yrjö Sevola: Havutukkien latvamuotolukujen vaihtelu.
The variation in top form quotients of the coniferous logs. 2,—
- No 165 Metsätalostollinen vuosikirja 1971.
Yearbook of forest statistics 1971. 10,—
- No 166 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1970—72.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1970—72. 5,—
Luettelo jatkuu 3. kansisivulla
- No 167 Paavo Tiihonen: Rinnankorkeusläpimitaan ja pituuteen perustuvat uudet puutavaralaji-
taulukot.
Auf Brusthöhendurchmesser und Höhe gestützte neue Sortimententafeln. 1,50
- No 168 Lorenzo Runeberg: The future for forest-industry products in the United Kingdom.
Ison-Britannian metsäteollisuustuotteiden käytön tulevaisuus. 8,—

FOLIA FORESTALIA 218

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1974

Pentti Nisula

MAKROILMASTON VAIKUTUS VARASTOIDUN PINOTAVARAN PAINOON

Effect of macroclimate on the weight of stored cordwood

SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
SUMMARY	
TIIVISTELMÄ	
1. Johdanto	5
2. Kyllästysvajaussumma ja sen muodostaminen	6
3. Tutkimuksen aineisto	10
4. Tutkimustulokset	13
41. Painotekijöiden vaihtelu pölkyissä	13
42. Painon vaihtelu kuormissa	17
43. Eräitä muita havaintoja	20
KIRJALLISUUSLUETTELO	23

SUMMARY

A simple method was sought for evaluation of the decrease in the weight of timber during post-logging storage. The project is part of the studies to develop weight scaling. Birch pulpwood and small-sized softwood transported in truck loads to the mill were studied. The material is presented in Table 1.

The changing of cordwood weight was explained on the basis of the macroclimate parameter, the saturation deficit sum (mmHg) of atmospheric steam pressure. The saturation deficit sum was obtained by adding up the monthly mean saturation deficits as shown in the table on p. 6.

The correlation between the saturation deficit sum and evaporation that occurs in nature from the free water surface appears to be rectilinear (Fig. 1). There was also a distinct correlation between the saturation deficit sum and the weight of the timber bolts (cf., for instance, Figs. 10–11).

As shown by Fig. 13, there was a rectilinear correlation between utilisation volume weights measured by truck loads and saturation deficit sums. The correlation could be improved by increasing the correlation parameters, for

instance by taking into consideration the moistening of timber that occurs in the winter half of the year, the weight of snow and ice and the rotting of timber, but the use of the method would be complicated if this were done.

In accordance with the table on p. 17, the measuring accuracy of stored unbarked birch pulpwood, when equations based on the saturation deficit sum were used, was better than in pile measurement in which the coefficients of variation for solid volume percentage were 5.1 per cent in Heinola and 6.5 per cent in Kemi. On the other hand, the measuring accuracy of small-sized softwood similarly stored was slightly better; the coefficient of variation was 6.3 per cent.

It is possible to evaluate the effect of post-logging storage on the volume weight of timber from the equations presented in the study on the basis of the saturation deficit sum (mmHg) of atmospheric vapour pressure if the month of logging of the loads transported to the mill is known. The data necessary for the determination of vapour pressure relating to the macroclimate were obtained from the monthly surveys of the Finnish Meteorological Office.

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksessa on etsitty yksinkertaista keinoa, jota käyttäen voitaisiin arvioida puutavaran painon vähentyminen hakkuun jälkeisen varastoinnin kuluessa. Tehtävä kuuluu painomittauskehittävien tutkimusten piiriin. Tutkittavana on ollut autokuormina tehtaalle ajettua koivupaperipuuta ja havuohutpuuta. Aineisto on esitelty taulukossa 1.

Pinotavaran painon muuttumista on selitetty makroilmastotunnuksen, ilman höyrynpaineen kyllästysvajaussumman (mmHg) perusteella. Kyllästysvajaussumma on saatu laskemalla yhteen kuukausittaiset keskimääräiset kyllästys-

vajaukset, kuten selviää asetelmasta sivulta 6.

Kyllästysvajaussumman ja luonnossa vapaasta vedenpinnasta tapahtuvan haihtumisen välinen riippuvuus näyttää olevan suoraviivainen (kuva 1). Kyllästysvajaussumman ja puutavarapölkkyjen painon välillä on myös selvä riippuvuus (vrt. esim. kuvia 10–11).

Autokuormittain mitattujen käyttötilavuuspainojen ja kyllästysvajaussummien välillä vallitsee suoraviivainen riippuvuus, kuten nähdään kuvasta 13. Riippuvuutta voitaisiin parantaa lisäämällä riippuvuustunnuksia, kuten esim. ottamalla huomioon vuoden talvipuoliskolla tapah-

tuva puutavaran kostuminen, lumen ja jään paino sekä puutavaran lahoaminen, mutta silloin menetelmän käyttäminen monimutkaistuisi.

Sivulla 17 olevan asetelman mukaisesti varastoidun kuoripäällisen koivupaperipuun mittaustarkkuus kyllästysvajaussummaan perustuvia yhtälöitä käyttäen on ollut parempi kuin pino-mittauksessa, jossa kiintomittaprocentin variaatiokertoimet ovat olleet Heinolassa 5.1 ja Kemissä 6.5 prosenttia. Sen sijaan vastaavalla tavalla varastoidun havuohutpuun mittaustarkkuus pi-

nomittauksessa on ollut jonkin verran parempi, variaatiokerroin on 6.3 prosenttia.

Hakkuun jälkeisen varastoinnin vaikutusta puutavaran tilavuuspainoon voidaan tutkimuksessa esitettyjä yhtälöitä käyttäen arvioida ilman höyrynpaineen kyllästysvajaussumman (mmHg) perusteella, jos tehtaalle ajettavien kuormien hakkuukuukausi on tiedossa. Makroilmastoa koskevat höyrynpaineen kyllästysvajaussumman määrittämiseksi tarpeelliset tiedot saadaan Ilmatieteen laitoksen kuukausikatsauksista,

1. JOHDANTO

Ilmatieteen laitoksen asemaverkostossa, joka on makroilmastotutkimuksen pohjana, on asemien etäisyys 10–100 km. Näillä asemilla mittauskorkeudeksi valitaan 2 m. Tällä tavoin saadaan selville paikallinen ”suurilmasto”, jossa kuvastuu vain huomattavampien paikallisten tekijöiden kuten mantereiden ja meren jakaantumisen, suurten sisäjärvien ja vuoristojen ja vallitsevan maalajin ja kasvipeitteen vaikutus. Tätä verkostoa ei ole mahdollista käytännössä täydentää siinä määrin, että sen avulla saataisiin myös mikroilmasto selville.

Mikroilmastotutkimus voi kuitenkin käyttää hyväkseen makroilmastonselvittelyn tuloksia. Jos jonkin alueen makroilmasto tunnetaan on tutkijan mahdollista löytää riippuvuuksia sen ja mikroilmaston välille.

Puutavaran varastoinnin aikainen kuivuminen voitaisiin todennäköisesti sopivimmin selvittää mikroilmastoa tarkkailemalla. Puutavara joudutaan nimittäin aina varastoimaan maanpinnan läheisyyteen, joten aukeallakin paikalla pinon alaosat joutuvat maanpinnan läheisen ilmakerroksen alaiseksi eli mikroilmaston piiriin. Metsikössä ulottuu mikroilmasto pari metriä latvusten yläpuolelle. Näin ollen metsikköön tai sen vaikutuspiiriin varastoitu puutavara kuivuu mikroilmaston vaikutuspiirissä.

Maanpinnan läheiselle ilmakerrokselle ovat ominaisia ennen kaikkea suuret pystysuorassa suunnassa havaittavat lämpö- ja kosteuserot. Aurinkoisina kesäpäivinä saattaa välittömästi maanpinnan läheisyydessä vesihöyrynpaine varsinakin kasvillisuuden peittämällä pinnoilla olla kaksikin kertaa niin suuri kuin 2 m:n korkeudella. Haihduntatyyppin vallitessa vesihöyrynpaine on suurin lähellä maanpintaa ja pienenee ylöspäin mentäessä ensin nopeasti mutta vaihdon kasvaessa vähitellen hidastuen. Selkeinä, tyyninä öinä haihtuminen taas tavallisesti kokonaan lakkaa ja sijalle tulee kasteyppi, jolloin maanpinnan läheisessä ilmakerroksessa vesihöyrynpaine on pienin maanpinnassa. Tällöin maanpinta ja sillä olevat esineet jäähtyvät voimakkaasti ulossäteilyn vaikutuksesta ja niille tiivistyy vesihöyryä ilmasta.

Mikroilmaston luonne riippuu olennaisesti ilman sekoitusliikkeen eli ns. vaihdon voimakkuudesta. Vaihto määrää useimpien ilmastotekijöiden, kuten esimerkiksi lämpötilan, kosteuden ja tuulen pystysuoran jakaantumisen maanpinnan läheisessä ilmakerroksessa. Vaihdoilla on siis aivan ilmeinen merkitys myös puutavaran kuivumisessa.

Jos haihtumispinnan lämpötila on sama kuin ilman, on haihtumisen voimakkuus verrannollinen ilman höyrynpaineen kyllästysvajaukseen. Haihtumisen ja kyllästysvajauksen kesken näet vallitsee selvä riippuvuus, joka ei kuitenkaan noudata mitään yleistä lakia, vaan riippuu ilmaston laadusta, vuodenajasta, paikallisista tekijöistä ym. (FRANSSILA 1949). Puutavaran kuivumista osoittavana tunnuksena kyllästysvajauksella saattaa siis olla varteenotettava merkitys. Tämän tutkimuksen tarkoituksena onkin selvittää, mitä mahdollisuuksia on kyllästysvajauksen perusteella arvioida puutavaran painon muuttumista varastoinnin kuluessa.

Tutkimuksen tavoitteet tähtäävät käytännön sovellutukseen. Tämän takia mikroilmaston vaikutus on jätetty huomiotta. Mikroilmastosta ei nimittäin ole yleisesti saatavilla puutavaran mittaustoimintaan soveltuvia tietoja. Tämän takia on tarkasteltu vain makroilmaston ja puutavaran painon välistä riippuvuutta, mikä on suoritettu ilman höyrynpaineen kyllästysvajauksen avulla. Ilmatieteen laitoksen säähavaintoasemat mittaavat nimittäin päivittäin makroilmaston lämpötilan ja suhteellisen kosteuden, joiden perusteella kyllästysvajaus on laskettavissa. Mittaustulokset julkaistaan säännöllisesti kuukausittaisina keskiarvoina. Mikäli makroilmaston höyrynpaineen kyllästysvajauksen perusteella voitaisiin kartoittaa puutavaran painon muuttumista varastoinnin aikana, voitaisiin esillä olevan tutkimuksen tulosten perusteella arvioida myös varastoidun puutavaran paino ja käyttää tietoja puutavaran painomittauksessa. Kysymyksessä on eräs puutavaran painomittauksen menetelmäehdotus, jota on jo aiemmin selostettu artikkelissani (NISULA 1968).

2. KYLLÄSTYSVAJAUSSUMMA JA SEN MUODOSTAMINEN

Ilmaa sanotaan vesihöyryllä kyllästetyksi silloin, kun se sisältää vesihöyryä sen suurimman mahdollisen määrän, minkä se vallitsevassa lämpötilassa voi sisältää. Tätä ilman kosteutta sanotaan ilman höyrynpaineen maksimikosteudeksi (E). Maksimikosteuden ja ilmassa mitaushetkellä olevan todellisen kosteuden erotusta $E - e$ sanotaan ilman höyrynpaineen kyllästysvajakseksi. Se ilmoitetaan tavallisesti mmHg-yksikköinä. Ilman absoluuttinen kosteus (f), joka ilmoittaa montako grammaa vesihöyryä on yhdessä kuutiometrissä ilmaa, voidaan laskea seuraavasta yhtälöstä,

$$f = \frac{289,4 e}{t + 273}, \text{ jossa}$$

t = ilman lämpötila.

Ilman suhteellista kosteutta käytetään usein puutavarasta haihtuvan veden määrän indikaattorina. Koska se ilmoitetaan suhdelukuna, on sen käyttökelpoisuus haihtumisen argumenttina kuitenkin rajoitettu. Se soveltuu hyvin haihtumisen kuvaajaksi vakiolämpötilassa, mutta jos tutkitaan haihtumisen suuruutta vaihtelevassa lämpötilassa, on perustellumpaa käyttää haihtumisen ilmaisijana ilman höyrynpaineen kyllästysvajausta. Ilmeisesti juuri mainitusta syystä näyttää kyllästysvajaussumman ja suhteellisen kosteuden summan välinen riippuvuus luonnonolosuhteissa käyräviivaiselta.

Hydrologit ovat laajasti tutkineet haihtumisen suuruutta eri oloissa. Esimerkiksi Coutagne ja Martone, Kusin, Siren ja Castren ovat arvioineet haihtumisen suuruuden eri kuukausina jakamalla vuoden haihtumisen eri kuukausien kyllästysvajausten suhteessa ja esittämällä saadut haihtumisluvut graafisesti keskimääräisten kuukausilämpötilojen funktiona (NIINIVAARA 1953).

Tämän tutkimuksen yhteydessä määritettiin ensin kunkin kuukauden kyllästysvajausta ($E - e$) Etelä-Suomessa vuosina 1959–1963 Helsingin, Jokioisten, Lappeenrannan, Tampereen, Porin ja Jyväskylän ilmastoasemilla. Tämän laske-
miseksi tarvittavat tiedot kuukausien keskilämpötilasta ja suhteellisesta kosteudesta saatiin ilmastoasemien kuukausikatsauksista. Kyllästysvajausta määritettiin seuraavasti kaavasta:

$$E - e = E - \frac{r E}{100}, \text{ jossa}$$

r = ilman suhteellinen kosteus
E = ilman maksimikosteus.

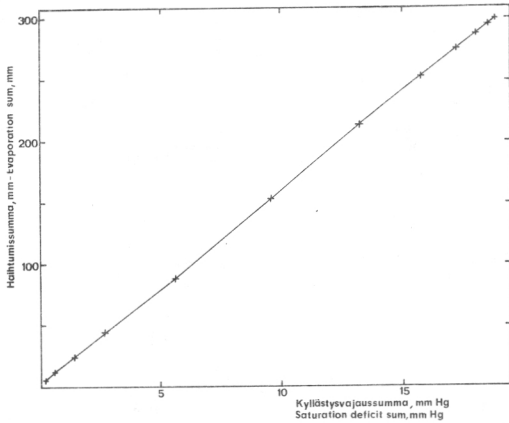
Maksimikosteus luettiin valmiiksi lasketuista taulukoista keskilämpötilan lukuarvon avulla (vrt. esim. FRANSSILA 1949).

Seuraavassa asetelmassa nähdään näin saatujen kyllästysvajakseen kuukausittaiset keskiarvot ja niiden kumulatiivinen summa, jota on tämän tutkimuksen yhteydessä nimitetty kyllästysvajaussummaksi.

Kuukausi	Kyllästysvajausta mmHg	Kyllästysvajaussumma mmHg
I	0.23	0.23
II	0.39	0.62
III	0.74	1.36
IV	1.39	2.75
V	2.93	5.68
VI	3.94	9.62
VII	3.65	13.27
VIII	2.54	15.81
IX	1.50	17.31
X	0.76	18.07
XI	0.52	18.59
XII	0.23	18.82

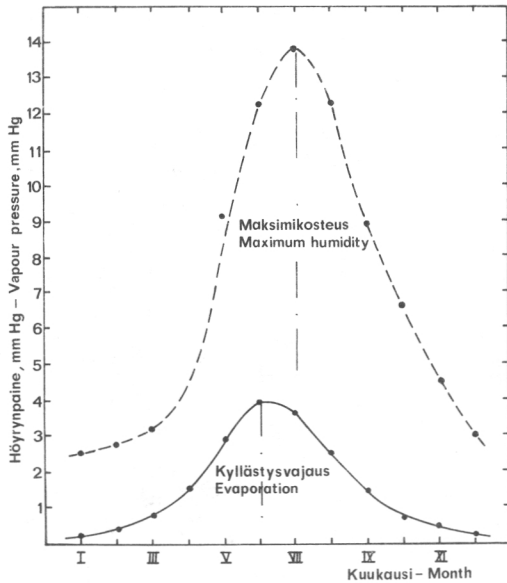
Kuvasta 1 nähdään luonnossa Päijänteen vesistöalueella vuosina 1915–1936 tapahtuneen keskimääräisen vuotuisen haihtumisen (SIREN 1936) ja Etelä-Suomen vuosien 1959–1963 kyllästysvajaussumman selvästi suoraviivainen riippuvuus. Samantapainen riippuvuus havaittiin tässä tutkimuksessa verrattaessa Tie- ja vesirakennushallituksen Hydrologisen toimiston Jokioisissa vapaasta vedenpinnasta tapahtuvan haihtumisen määrä vastavien aikojen kyllästysvajaussummiin. Vuosina, jolloin kyllästysvajaussumma oli jäänyt pieneksi, oli myös haihtuminen pienempää ja päinvastoin.

Kuvassa 2 on edellä esitettyssä asetelmassa olevat kyllästysvajakset esitetty graafisesti yhdessä maksimikosteutta esittävän kuvaajan kanssa, joka on laskettu tarkkailuajankohtaan kohdistuvien keskilämpötilojen perusteella. Kumpikin kuvaaja lähentelee normaalikäyrän muotoa siten, että kyllästysvajakseen huippu sattuu kesäkuun kohdalle, mutta maksimikosteuden



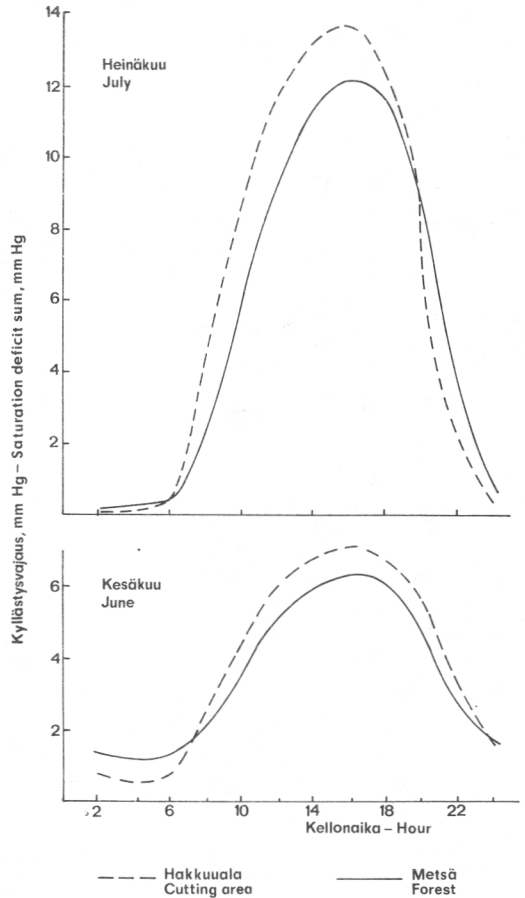
Kuva 1. Vuosina 1959–63 mitatun kyllästysvajaussumman ja vuosina 1915–35 (SIREN 1936) Päijänteen vesistöalueelta tapahtuneen haihtumisen välinen riippuvuus.

Fig. 1. Correlation between the saturation deficit sum measured in 1959–1963 and the evaporation in 1915–1935 (SIREN 1936) in the area of the Päijänne water system.



Kuva 2. Ilman maksimikosteus ja kyllästysvajaussumma Etelä-Suomessa vuosina 1959–1963.

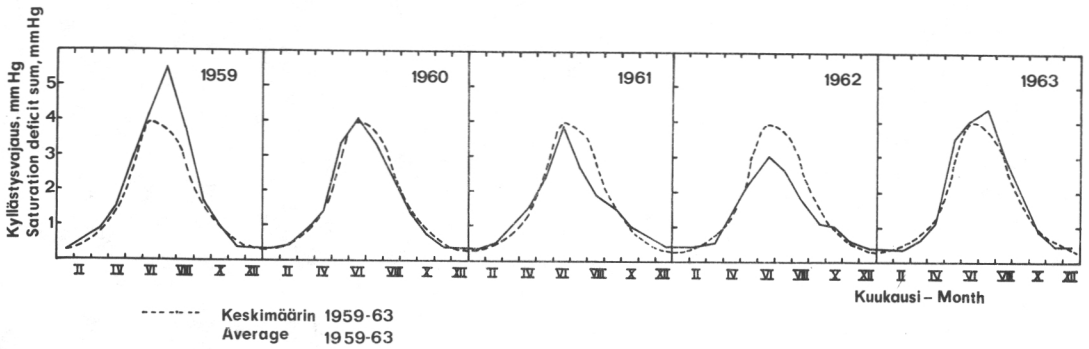
Fig. 2. Maximum air humidity and saturation deficit in South Finland in 1959–1963.



Kuva 3. Kyllästysvajaussuuruus vuorokauden eri aikoina JOHANSSONIN (1957) aineiston perusteella.

Fig. 3. Magnitude of the saturation deficit at different times of the day according to Johansson's (1957) material.

huippu heinäkuuhun. FRANSSILAN (1949) mukaan luonnossa tapahtuvan haihtumisen maksimi-arvo sattuu kesäkuuhun ja minimi-arvo joulutammikuuhun, ja sen ääriarvot sattuivat noin kuukautta aikaisemmin kuin lämpötilan ääriarvot. Kyllästysvajaussuuruus ja maksimikosteus näyttävät seuraavan tätä samaa säännönmukaisuutta. Lämpötaseen ja kyllästysvajaussuuruuden maksimi sen sijaan sattuivat samanaikaisesti kesäkuussa (vrt. KERÄNEN 1949).



Kuva 4. Kyllästysvajauksen vaihtelu eri vuosina Etelä-Suomessa.
 Fig. 4. Variation of saturation deficit in different years in South Finland.

Kyllästysvajauksen vuotuinen rytmi on siis varsin säännönmukainen. Kuitenkin vuorokauden aikana kyllästysvajaus saattaa vaihdella paljon, kuten nähdään kuvasta 3, johon on piirretty JOHANSSONIN (1957) aineiston perusteella kyllästysvajauksen vuorokautinen vaihtelu kesä- ja heinäkuussa metsässä ja avohakkuualalla 0.5 m:n korkeudella maanpinnasta. Yön tunteina kyllästysvajaus on todennäköisesti laskenut niin pieneksi, että päivän aikainen puutavaran kuivuminen on saattanut kääntyä kostumiseksi. Vuorokausien välillä saattaa lisäksi olla suuria eroja lämpötilasta, tuulisuhteista ja sateista riippuen. Vuoden kuukausien keskimääräisen kyllästysvajauksen käyttöön perustuva puutavaran painon arvioiminen on niin ollen verrattain karkea ja vain likimääräiseen arvioon yltävä menetelmä.

Ilman höyrynpaineen kyllästysvajauksen kulua vuodesta toiseen voidaan tarkastella kuvan 4 avulla. Vuotuinen vaihtelu lähentelee normaalfijakaantumaa, joskin nousu kevätpuolella näyttää olevan jyrkempää kuin laskeutuminen myöhemmin loppukesällä.

Vuosien todellisen ja vuosien 1959–63 keskimääräisen kuvaajan poikkeaminen toisistaan kertoo saman asian kuin mitä on tiedossa näiden vuosien yleisistä sääoloista. Vuosi 1959 oli varsinkin loppukesästään erittäin kaunis ja kuiva. Kyllästysvajauksen kuvaaja kiipeää vastavasti huomattavasti pitkäaikaisen keskiarvon yläpuolelle. Puutavaran kuivumisotot olivat tämän kesän loppupuolella erikoisen suotuisat.

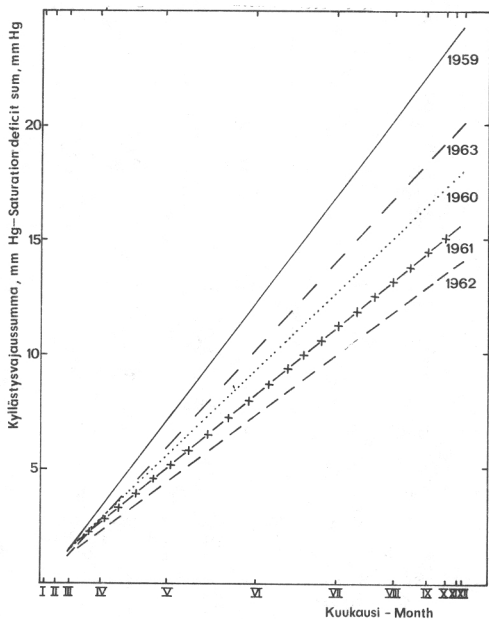
Vuosi 1960 oli keskinkertainen, vuoden 1961 syyskesä taas jonkin verran kosteampi. Kesä 1962 oli kolea ja sateinen, mihin selvästi

viittaa myös kyllästysvajauksen kuvaaja. Vuosi 1963 oli puolestaan keskimäärää kauniimpi ja kuivempi.

Kuvasta 5 nähdään vuosien keskinäinen järjestys keskimääräiseen kyllästysvajaussummaan (vrt. asetelma sivulla 6) verrattuna. Päädytään samoihin tuloksiin kuin kuvan 3 perusteella. Vuosittaiset erot tulevat kuitenkin selvemmin esille. Samalla havaitaan eri vuosien kyllästysvajaussummien olevan suoraviivaisessa riippuvuussuhteessa keskimääräiseen, pitkäaikaiseen kyllästysvajaussummaan.

Kuvasta 6 nähdään ilmastoasemittain vuosien 1959–1963 keskimääräistä kyllästysvajaussummaa esittävät viivadiagrammit. Vielä Oulun aseman havainnot sijoittuvat Etelä-Suomea edustavaan pääviuhkaan. Sen sijaan Pohjois-Suomen asemat, Rovaniemi ja Sodankylä jäävät selvästi muiden alapuolelle. Kaikille diagrammeille näyttää soveltuvan suoraviivainen tasoitus. Tämän perusteella on tutkimuksessa myöhemmin katsottu voitavan esimerkiksi Kemin mittauksen yhteydessä käyttää riippuvuuden argumenttina Etelä-Suomesta vuosittain laskettua keskimääräistä kyllästysvajaussummaa.

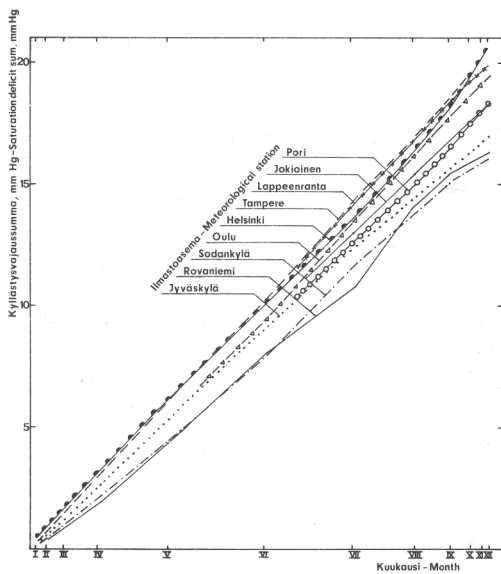
Puutavaran painon ja kyllästysvajaussumman välistä riippuvuutta määritettäessä on käytännössä sovittava myös siitä, miten kyllästysvajaussumma on sopivin muodostaa. Edullisinta olisi tällöin ottaa huomioon vain se osa ilman höyrynpaineen kyllästysvajauksesta, jonka aikana todellista puutavaran kuivumista tapahtuu. Koska haihtuminen vapaasta vesipinnasta pääsee luonnossa käyntiin vasta suunnilleen huhtikuun puolessa välissä ja jatkuu sitten likimain syyskuun puoliväliin saakka, voidaan tämän ja



Kuva 5. Vuotuisten kyllestysvajaussummien (mmHg) riippuvuus keskiarvostaan vuosilta 1959–1963.

Fig. 5. Correlation between the annual saturation deficit sums (mmHg) and their mean in 1959–1963.

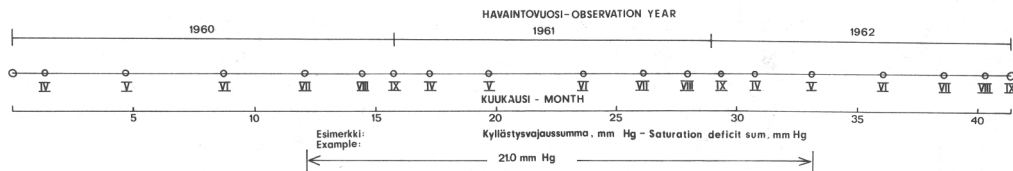
kuvien 2 ja 4 perusteella todeta, että haihtumista ei juuri tapahtune kyllestysvajausten ollessa noin 1.5 mmHg pienempi. Näin sulkeutuu talviaika lokakuusta maaliskuuhun pois puutavaran kuivumisen kuvasta. Kokemuksen perusteella myös tiedetään, ettei varastoitu puutavara todellakaan sanottavasti kuivu mainittuna ajanjaksona, vaan se pyrkii yleensä kastumisen, lumen ja jään johdosta käymään painavammaksi. Tämän takia on käsillä olevassa tutkimuksessa kyllestysvajaussummaa, johon puutavaran kuivumista on verrattu, alettu muodostaa vasta huhtikuun alusta lähtien.



Kuva 6. Kyllestysvajaussumman kehitys eri ilmastoasemilla Suomessa.

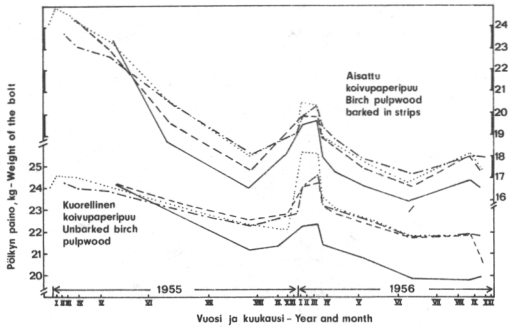
Fig. 6. Development of the saturation deficit sum at different meteorological stations in Finland.

Kuvassa 7 nähdään tällä tavalla järjestetty kyllestysvajaussummanomogrammi vuosille 1960–1962. Jos esimerkiksi puutavara on hakattu heinäkuun alussa vuonna 1960 ja joutuu punnittavaksi vasta toukokuun lopussa vuonna 1962, kyllestysvajaussummaksi saadaan kuvan mukaan 21.0 mmHg. Myöhemmin esitettävien tutkimusaineistojen kohdalla kaikki tarvitut kyllestysvajaussummat perustuvat tähän nomogrammiin, jossa eri vuosien arvot edustavat Etelä-Suomesta Helsingin, Jokioisten, Lappeenrannan, Tampereen, Porin ja Jyväskylän ilmastoasemien keskiarvoa.



Kuva 7. Nomogrammi kyllestysvajaussumman laskemiseksi käytännössä.

Fig. 7. Nomogram for calculation of the saturation deficit sum in practice.



Kuva 8. Ristikolle varastoidun koivupaperipuun painon vaihtelu metsävarastoinnin aikana.

Fig. 8. Variation of the weight of birch pulpwood stored in a crosswise stack during forest storage.

Saattaisi olla paikallaan rajata myöhemmissä tutkimuksissa tarkemmin, kuinka suuren ilman höyrynpaineen kyllästysvajauksen tulee olla, jotta puutavaran kuivuminen sateettomana aikana lähtee käyntiin. Tällöin voitaisiin mahdollisesti ottaa huomioon kyllästysvajauksen vuorokautin- enkin kulku.

Sateiset päivät ja sateen määrä ovat vielä asia erikseen. Sateen aikana puutavaran paino luonnollisesti lisääntyy. Samalla tavalla vaikuttavat talvella puihin kiinnittyvä lumi ja jää.

Kuvassa 8 esitetään HEISKASEN (1959) aineistosta lasketun 2 m pitkän kuoripäällisen ja aisatun koivupaperipuun kuivuminen metsäristikolla 1 m^3 :n suuruisessa varastomuodostelmassa Ruotsinkylässä vuosina 1955–1956. Kuvassa esitetään 25 dm^3 :n suuruisen pölkyn painon vaihtelu varastoinnin kuluessa. Kuivumisaikaa esittävä x-akseli on jaettu eri kuukausille niiden kyllästysvajaussumman suhteissa, joten tulokset voidaan lukea kyllästysvajaussumman ja pölkyn painon välisenä riippuvuutena.

Kuvasta voidaan havaita, että ensimmäisenä kesänä kuoripäällinen koivupaperipuu kuivuu hitaammin kuin aisattu. Syksyllä kummankin paino alkaa kohota ja vuoden vaihteen tienoilla pölkkyyn on tullut erittäin huomattavasti lisää painoa. Tämä johtuu osittain pölkkyihin imeytyneestä kosteudesta mutta paljolti myös lumesta ja jäädä, jota pienillä ristikoilla olleisiin pölkkyihin on tarttunut runsaasti. Pölkkyissä olleet jää ja kovettunut lumi ovat näet painossa mukana.

Kuva 8 esittää talvella hakatun puutavaran yleisen kuivumiskuvan. Kesän aikana puutavaran kuivumisotot ovat edulliset, mutta syksyllä ja talvella kuivumista ei juuri tapahdu. Päin vastoin puutavaran paino yleensä tällöin lisääntyy osittain ilmasta imeytyvän kosteuden ja sateiden ja osittain siihen tarttuvan lumen ja jään vuoksi. Kuivumisen selittäminen yksinomaan ilman höyrynpaineen kyllästysvajauksen perusteella kohtaa siis ilmeisesti vaikeuksia juuri vuoden aikojen vaihtelun johdosta.

3. TUTKIMUKSEN AINEISTO

Tutkimusaineisto käsittää koivupaperipuuta ja havuohutpuuta vuosilta 1959–1963. Koivupaperipuunaaineisto on mitattu Oy Tampella Ab:n tehtailla Heinolassa ja Veitsiluoto Oy:n tehtailla Kemissä. Havuohutpuunaaineisto, joka usein on sisältänyt samassa kuormassa sekä mänty- että kuusiohutpuuta, on kerätty Rauma-Repola Oy:n Rauman tehtailta. Aineisto esitellään taulukossa 1 ja 2, joista selviää mm. kuormien ja kuormista otettujen koepölkkyjen lukumäärä sekä höyrynpaineen kyllästysvajaussumma, joka kuvaa puu-

tavaran varastoinnisaikan keskimääräistä pituutta.

Lukuun ottamatta Heinolan koivua, joka oli 2.2 m pitkää, oli pölkkyjen pituus muuten 2 metriä. Tavara oli kuoripäällistä.

Joka kuukausi mitattiin eri tutkimuspaikoilla noin 10 autokuormaa, jotka valittiin umpimähkäisesti tehtaiden hankinta-alueen eri puolilta. Näytteet edustavat näin ollen suunnilleen tutkimusajankohdan hakkuiden ajoittamisen ohjelmaa. Aineistot käsittävät tämän takia osittain vastakaadettua mutta kuitenkin enimmäk-

Taulukko 1. Aineisto
Table 1. Material

Mittausaika Measuring time	Kuukausi Month	Vuosi Year	Koekuormia, kpl Test loads			Koepölkkyjä kuormissa yht., kpl Test bolts in loads			Keskim. kyllästysvajaussuma, mmHg Mean saturation deficit sum, mmHg					
			Koivupaperipuu Birch pulpwood	Mänty- ohut- puu Small- sized pine	Kuusi- ohut- puu Small- sized spruce	Heinola	Kemi	Rauma	Koivupaperipuu Birch pulpwood	Mänty- ohut- puu Small- sized pine	Kuusi- ohut- puu Small- sized spruce	Heinola	Kemi	Rauma
Marraskuu November		-61	8	-	-	173	-	-	16.6	-	-	-	-	-
Joulukuu December		-61	8	-	-	179	-	-	14.9	-	-	-	-	-
Tammikuu January		-62	10	10	-	196	198	-	16.3	14.0	-	-	-	-
Helmikuu February		-62	10	7	9	198	-	44	16.8	-	161	44	0.1	0.1
Maaliskuu March		-62	10	7	10	195	180	65	6.7	5.6	169	65	0.1	0.1
Huhtikuu April		-62	10	10	9	198	200	72	13.9	5.3	165	72	1.0	1.0
Toukokuu May		-62	10	10	10	200	199	39	6.1	11.5	200	39	2.6	2.6
Kesäkuu June		-62	-	10	10	-	198	47	-	15.3	197	47	5.3	5.3
Heinäkuu July		-62	9	10	10	153	198	12	9.3	15.6	188	12	7.6	7.6
Elokuu August		-62	10	10	8	196	197	89	15.1	20.3	148	89	10.4	10.3
Syyskuu September		-62	9	10	10	177	199	97	11.7	12.6	138	97	11.6	11.6

Taulukko 1 jatkoa—Table 1. . . .

Lokakuu October	-62	10	10	5	8	199	.200	60	127	13.6	16.0	11.9	11.9
Marraskuu November	-62	-	10	7	10	-	200	51	186	-	17.6	11.9	11.9
Joulukuu December	-62	-	-	8	10	-	-	64	172	-	-	11.9	11.9
Tammikuu January	-63	-	8	9	7	-	159	128	111	-	4.9	0.1	0.1
Yhteensä Total		104	108	79	111	2064	2128	768	1962	12.7	10.8		

Taulukko 2. Aineiston jakaantuminen kyllästysvajaussuman mukaisesti
Table 2. Distribution of material in accordance with the saturation deficit sum.

Kyllästysvajaussuma, mmHg Saturation deficit sum, mmHg	Koivupaperipuu Birch pulpwood		Mäntyohutpuu Small-sized pine	Kuusiohutpuu Small-sized spruce
	Heimola	Kemi		
0 - 4.9	14	29	35	45
5 - 9.9	9	6	8	21
10 - 14.9	60	40	36	45
15 - 19.9	10	13	-	-
20 +	11	20	-	-
Yhteensä Total	104	108	79	111

Koekuormia, kpl
Test loads

seen pitkän aikaa varastossa ollutta puutavaraa.

Hakkuuajasta saatiin tieto kentältä auton mukana. Koska hakkuuajan määrittäminen tapahtui jälkikäteen hakkuuta koskevien muistiinpanojen ja työnjohtajan muistin varassa, on saattanut tapahtua virheellisiä hakkuuajan määriä. Tämä tietenkin heikentää jossain määrin nyt asetetun tutkimustehtävän tavoitteiden saavuttamista.

Mittauspaikalla tehtaalla otettiin koivupaperipuukuormista näytteeksi 20 pölkkyä ja havuohutpuukuormista 25 pölkkyä. Puolet pölkyistä otettiin kuorman etupuoliskon ja toinen puoli kuorman takapuoliskon keskeltä. Näytepölkkyt

punnittiin ja kuutioitiin ksylometrissä 0.1 kg:n tarkkuudella. Lisäksi joka viidennestä koepölkystä sahattiin noin 2 cm:n paksuinen koekiekkko. Koekiekkot otettiin umpimähkäisesti arpomalla joko pölkyn päistä tai täydelle desimetrille mitatusta kohdasta pölkkyä.

Pölkyistä ja kiekkoista laskettiin tuore käyttötilavuuspaino (kg/k-m^3) jakamalla pölkyn paino mittaushetken tilavuudella. Koivukiekoista määritettiin lisäksi kuiva käyttötilavuuspaino jakamalla kiekkojen kuivapaino kiekkojen saushetken mukaisella tilavuudella. Lisäksi kiekkoista määritettiin silmävaraisesti lahon vahingoittaman puun osuus leikkauspinnasta.

4. TUTKIMUSTULOKSET

4.1. Painotekijöiden vaihtelu pölkyissä

Haihtuvan veden kulkeutuminen puutavaran pinnalle tapahtuu pääasiassa kahdella tavalla, joko kapillaarisesti tai diffuusisesti. Puhtaan kapillaarisen haihtumisen vallitessa vesi kulkee puussa olevien kapillaareja eli hiussuonia pitkin. Puhtaan diffuusisen haihtumisen aikana vesi puolestaan kulkee puun pintaosiin vesihöyryn muodossa siirtymällä vähitellen ontelosta toiseen. Käytännössä puun kuivuminen muodostuu kummankin haihtumistapahtuman yhteistuloksena. Syvemmillä puussa vesi voi jatkuvasti liikkua sen eräissä osissa kapillaarisessa muodossa siirtyäkseen ennen puun pinnalle tuloa diffuusiseen muotoon. Mikäli kuivunut puu alkaa sateen tai ilmassa olevan vesihöyryn vaikutuksesta kostua, imeytyy kosteus puun sisälle vastavasti kapillaarisesti tai diffuusisesti.

Tämän tutkimuksen yhteydessä tehdyssä laboratoriokokeessa oli koivusta sorvautuissa puupalikoissa haihtuminen puun poikkileikkaukselta seuraavaa suuruusluokkaa:

Puhdas diffuusinen haihtuminen	0.4 $\text{kg/m}^2/\text{vrk}$
Puhdas kapillaarinen haihtuminen	12.6 $\text{kg/m}^2/\text{vrk}$

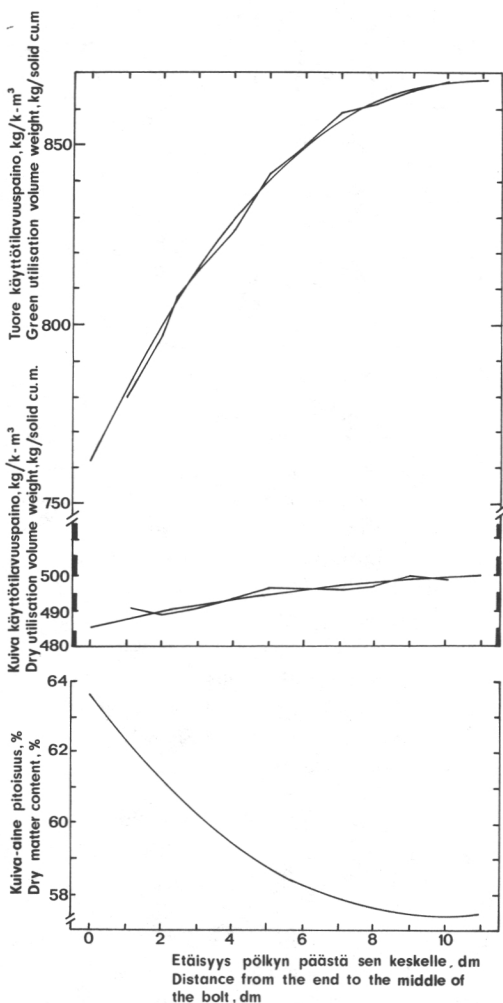
Samoissa oloissa haihtui vapaasta vesipinnasta 4.1 $\text{kg/m}^2/\text{vrk}$. Kapillaarinen haihtuminen on tämän mukaisesti erittäin joutuisaa. Käytännössä joudutaan kuitenkin nopeasti puhtaasta kapillaarisesta haihdunnasta kapillaaris-diffuusiselle haihtumisalueelle, jolloin haihtuva vesi kulkeutuu jatkuvasti yhä syvemältä puun sisältä.

Kuvasta 9 nähdään Heinolan koivupölkkyjen painotekijöiden muuttuminen edettäessä pölkyn päästä keskelle. Sekä käyttötilavuuspainot että kuiva-ainepitoisuus muuttuvat käyräviivaisista kuvaajaa noudatellen. Koska on kysymys pitemmän aikaa varastoidusta tavarasta, tuore käyttötilavuuspaino on pölkyn päässä huomattavasti pienempi kuin sen keskellä. Kuiva käyttötilavuuspainokin näyttää suurenevan päästä keskelle. Tämä johtunee pääasiassa siitä, että laho leviää kuoripäälliseen koivupölkkyyn pääasiassa päitten kautta.

Kuvasta 10 nähdään tilavuuspainon ja silmävaraisesti arvioitun lahovikaisuuden välinen riippuvuus. Mitä pienempi on varastoidun puutavaran kuiva ja tuore käyttötilavuuspaino, sitä suurempi on lahoamisaste. Pitkän varastoinnin seurauksena huomattava osa puuaineesta siis häviää lahoamisen seurauksena. Kemin aineistossa lahoaminen oli vähäisempää, eikä siellä muodostunut lahon ja puutavaran kuivumisen

välille Heinolan aineiston tapaisia selviä riippuvuussuhteita.

Kuvassa 11 tarkastellaan käyttötilavuuspainoa koivupölkyn eri osissa. Kyllästysvajaussumman osoittaman varastointiajan kasvaessa puutavaran tuore käyttötilavuuspaino alenee ja pölkyn pituussuuntaiset erot jyrkentyvät lukuun ottamatta kahta alinta käyräparia, jotka edustavat kyllästysvajaussummia yli 20 mmHg.

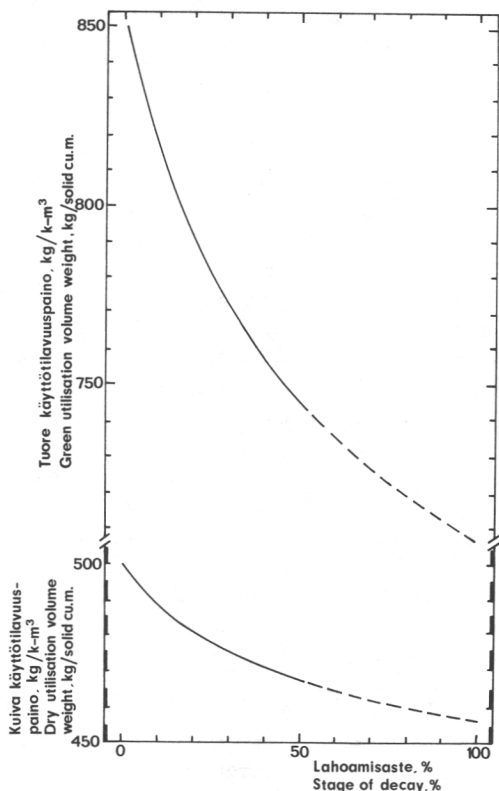


Kuva 9. Varastoidun 2.2 m:n pitkän koivupaperipuupölkyn keskimääräinen tilavuuspaino ja kuiva-ainepitoisuus.

Fig. 9. Mean volume weight and dry matter content of a 2.2-m long stored birch pulpwood bolt.

Näiden kohdalla lahoaminen ja puutavaran ajaksottainen kuivuminen ja kostuminen vuoden-aikojen vaihdella aiheuttanevat käyrien loiventumisen. Puutavaran varastoinnin jatkuessa tarpeeksi pitkään saavutetaan pölkkyjen päiden kohdalla ensimmäiseksi tilanne, jossa puutavaran systemaattinen kuivuminen päättyy. Puun paino ja ilmasto-olot joutuvat tiettyyn staattiseen tasapainotilaan siten, että ilmasto-olojen muuttuessa puutavaran paino joko vähentyy tai lisääntyy vastaavasti.

Vähitellen myös pölkyn sisemmät osat saavuttavat ilmasto-oloja vastaavan staattisen tasapainotilan. Näissä oloissa liikutaan usein sellai-



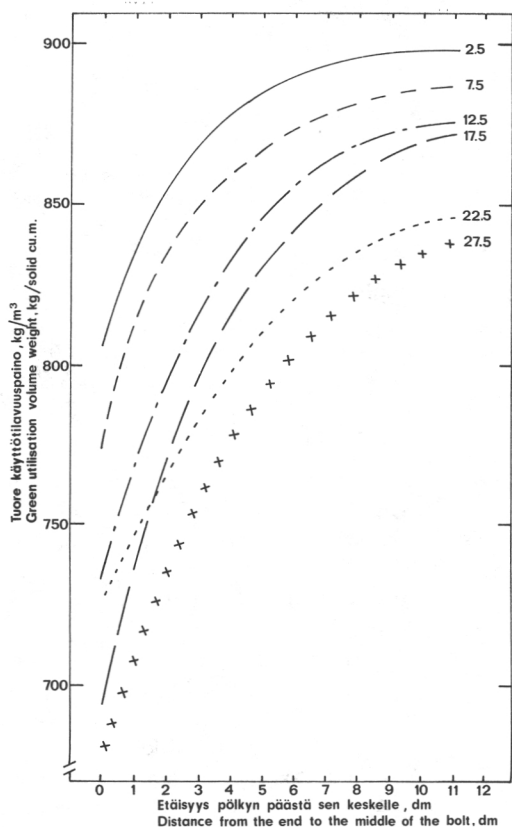
Kuva 10. Silmävaraisesti arvioidun lahoamisasteen ja tilavuuspainon välinen riippuvuus varastoiduista koivupaperipuupölkkyistä saatuissa kiekkoissa. Heinola.

Fig. 10. Correlation between ocularly estimated stage of decay and volume weight in discs sawn from stored birch pulpwood bolts. Heinola.

sella kosteusalueella, jossa puun lahoamisedylytykset ovat suuret. Samalla kun lahoamisprosessi hävittää tervettä puuainetta alkaa lahonnut puu toisaalta sitoa itseensä enemmän vettä. Tämän takia puun kuiva-ainepitoisuus on pienempi kuin tuoreen käyttötilavuuspainon perusteella voitaisiin päätellä.

Kuva 11 osoittaa edelleen, miten vaikeata on vain yhden koekiekon avulla määrittää pölkyn keskimääräinen tilavuuspaino. Tämä johtuu tilavuuspainon kuvaajan käyräviivaisesta muodosta ja lisäksi tämän muodon muuttumisesta varastoinnin kuluessa.

Kun Heinolan ja Rauman aineistoissa määritettiin kokonaisten pölkkyjen tilavuuden ja pai-



Kuva 11. 2.2 m:ä pitkän kuorellisen koivupaperipuupölkyn tuoretilavuuspainon jakaantuminen varastointiajan kyllästysvajaussummas- ta (2.5–27.5) riippuen.

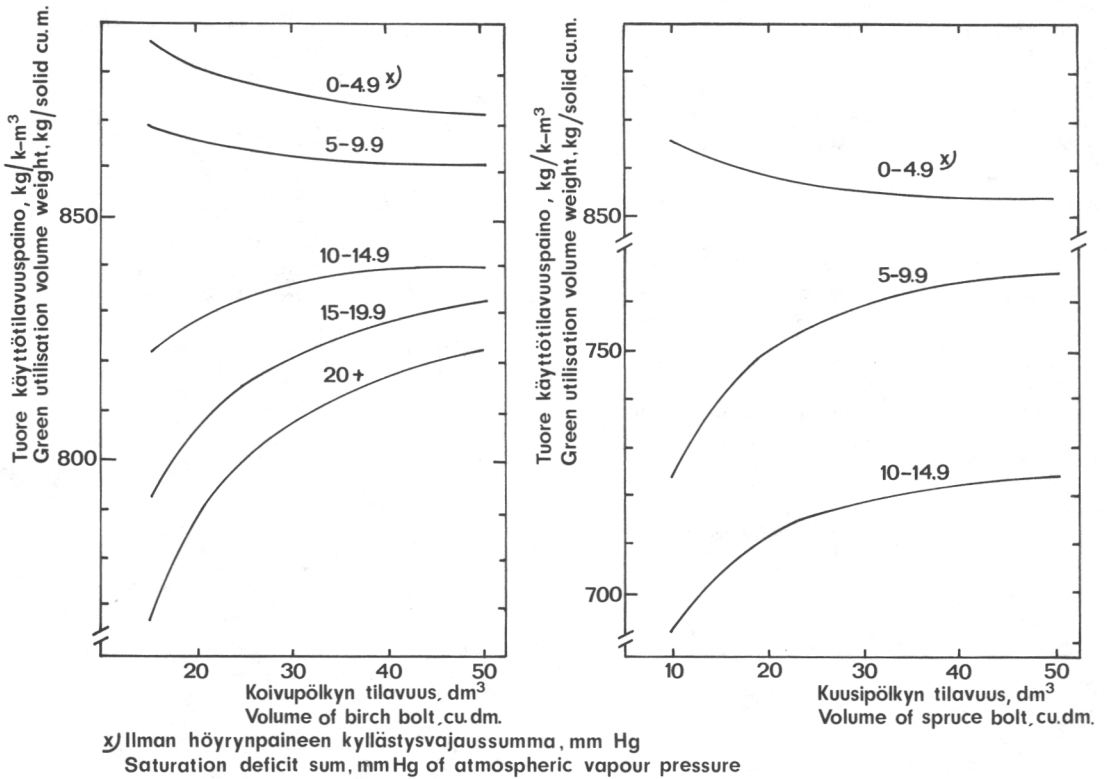
Fig. 11. Distribution (May 2–27) of the green volume weight of a 2.2-m long unbarred birch pulpwood bolt according to the saturation deficit sum of the storage time.

Taulukko 3. Pölkyn tilavuuden ja painon välisiä riippuvuustekijöitä.
Table 3. Correlation factors for bolt volume and weight.

Kyllästysvajaussu- ma, mmHg Saturation deficit sum, mmHg	Heinolan koivupaperipuu Birch pulpwood of Heinola				Rauman kuusihutpuu Small-sized spruce of Rauma			
	Yhtälö $y = a + b x^1$ Equation		Korrelaatio- kerroin Coefficient of correlation R_{xy}	Variaatio- kerroin Coefficient of variation %	Yhtälö $y = a + b x^1$ Equation		Korrelaatio- kerroin Coefficient of correlation R_{xy}	Variaatio- kerroin Coefficient of variation %
	a	b			a	b		
0 – 4.9	+ 0.302	0.865	0.990	5.4	+ 0.145	0.851	9.3	
5 – 9.9	+ 0.145	0.858	0.986	5.9	- 0.537	0.778	9.6	
10 – 14.9	- 0.341	0.847	0.984	5.6	- 0.397	0.732	11.8	
15 – 19.9	- 0.814	0.849	0.987	6.0	-	-	-	
20 +	- 1.155	0.846	0.984	6.8	-	-	-	

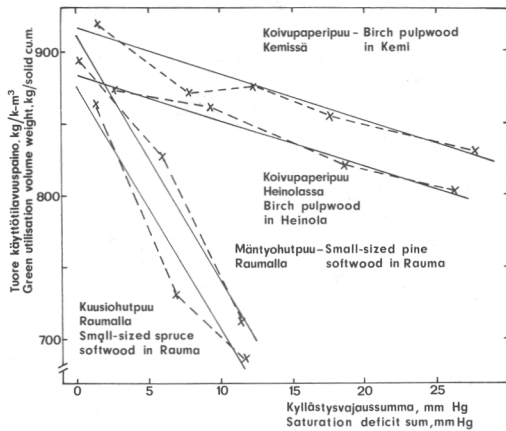
1) x = pölkyn kuutio, dm^3 x = bolt volume, $cu.dm.$

y = pölkyn paino, kg y = bolt weight, kg



Kuva 12. 2.2 m:n koivupaperipuun ja 2 m:n kuusiohutpuun tilavuuden ja tuoreen käyttötilavuuspainon riippuvuus.

Fig. 12. Correlation between the volume and green utilisation volume weight of 2.2-m birch pulpwood and 2-m small-sized spruce.



Kuva 13. Havuohutpuun ja koivupaperipuun käyttötilavuuspainon ja kyllästysvajaussumman riippuvuus toisistaan.

Fig. 13. Correlation between the utilisation volume weight and saturation deficit sum of small-sized softwood and birch pulpwood.

non välinen riippuvuus, havaittiin sen olevan suoraviivaisen. Korrelaatiokerroin oli Heinolan aineistossa kaikissa kyllästysvajaussummaluokissa yli 0.98 ja Rauman kuusiaineistossakin yli 0.91. Taulukosta 3 nähdään muita riippuvuustekijöitä. Variaatiokerroin kuvaa pölkyn todellisen painon ja taulukossa esitetyn yhtälön perusteella arvioidun painon välistä poikkeilua, joka kuusiohutpuupölkkyissä on huomattavasti suurempi kuin koivupaperipuupölkkyissä.

Kuvassa 12 esitetään yllä mainittujen yhtälöiden perusteella lasketut tuoreen käyttötilavuuspainon kuvaajat kyllästysvajaussummaluokittain. Pienet pölkkyt ovat tuoreena tilavuuspainoltaan suuria raskaampia. Kuivumisen edistyessä ne vähitellen käyvät suuriksi kevyemmiksi. Käännepestessä, koivulla noin 850 kg/k-m³ ja kuusiohutpuulla noin 835 kg/k-m³, kaiken kokoisten pölkkyjen tuore käyttötilavuuspaino on suunnilleen samansuuruisen.

42. Painon vaihtelu kuormissa

Edellä on kuvattu yksittäisten pölkkyjen painon vaikuttavien tekijöiden vaihtelua varastoinnin kuluessa. Tällöin on todettu, että kylästysvajaussumman kasvaessa painotekijät muuttuvat käyräviivaisia kuvaajia seuraten.

Koska puu raaka-aineena on tyypillistä massatavaraa, on käytännön kannalta kuitenkin kiinnostavampaa tietää miten varastomuodostelmassa olevan puutavaraerän koko paino muuttuu varastoinnin aikana.

Aineistojen perusteella on muodostettu autokuormittain mitattujen tilavuuspainojen (y) ja vastaavien kylästysvajaussummien (x) välinen suoraviivainen riippuvuus. Näiden riippujien väliset korrelaatiokertoimet ovat seuraavat:

	r_{xy}	$100r_{xy}^2$
Koivupaperipuu Heinolassa	-0.511	26
Koivupaperipuu Kemissä	-0.649	42
Mäntyohutpuu Raumalla	-0.840	71
Kuusiohutpuu Raumalla	-0.816	67

Korrelaatiokertoimen negatiivisuus osoittaa, että käyttötilavuuspaino laskee kylästysvajaussumman kasvaessa. Havuohutpuun kohdalla kerroin on verrattain korkea, ja lähimain 70 % vaihtelusta voidaan selittää suoraviivaisen riippuvuuden avulla. Sen sijaan koivupaperipuulla riippuvuus on varsinkin Heinolan koivupaperipuulla heikompi, mikä johtunee pitkästä varastoisajasta. Tällöin nimittäin vuodenaikojen muuttuminen häiritsee säännöllisen kuivumisen kulkua eniten, kuten nähtiin jo aikaisemmin

Puutavaran laatu	Mittauspaikka	Yhtälö	Variaatiokerroin, %
Koivupaperipuu	Heinola	$y = 884.40 - 3.5160 x$	3.9
Koivupaperipuu	Kemi	$y = 916.90 - 3.1883 x$	4.2
Mäntyohutpuu	Rauma	$y = 911.44 - 16.961 x$	6.9
Kuusiohutpuu	Rauma	$y = 876.04 - 16.842 x$	7.7

Asetelman variaatiokertoimien perusteella voidaan päätellä, että yhtälöt johtavat koivupaperipuulla parempaan mittaustarkkuuteen kuin havupuulla. Lisäksi on voitu todeta koivupaperipuun mittaustarkkuuden olevan yhtälöitä käytettäessä paremman kuin tavanomaista pinomittausta sovellettaessa. Sillä pinomitan kiinto-

kuvasta 8. Lisäksi esimerkiksi kauan varastoidussa kuoripäällisessä koivupaperipuussa puun lahoaminen saattaa erikoisesti sekoittaa puun kuivumistapahtuman. Erilaisten tekijöiden vaikutuksen selittäminen vaatisi useiden tunnusten käyttämistä, mihin käytännön mittaustoiminnassa tuskin on mahdollisuuksia. Sen takia tässä tutkimuksessa on pyritty vain yhden tunnuksen käyttämiseen ja tulokset nähdään kuvasta 13.

Ylemmät suoraparit kuvaavat kuoripäällistä koivupaperipuuta ja alemmat kuoripäällistä havuohutpuuta. Kuvien mukaisesti koivupinotavara kuivuu paljon hitaammin kuin havuohutpuu, mikä on ymmärrettävää kuoren erilaisen rakenteen ja läpimittaerojen takia.

Kiinnostavaa on suoraparien samansuuntaisuus, mikä osoittaa, että koivupaperipuun kuivumisrytmi Etelä- ja Pohjois-Suomessa on samantapainen. Samalla voidaan todeta, että pohjois-suomalainen koivu on ollut tuoreena noin 33 kg/k-m^3 ja pitkään varastoituna noin 40 kg/k-m^3 raskaampaa kuin etelä-suomalainen koivu. Tähän on tietenkin vaikuttamassa ainakin kaksi perustekijää, nim. se, että pohjois-suomalaisen koivun kuiva käyttötilavuuspaino on jo alun perin korkeampi ja se, että varastoinnin aikana tapahtuva lahoaminen on Pohjois-Suomessa vähäisempää kuin Etelä-Suomessa.

Kuvan 13 avulla voidaan tehdä samantapaisia havaintoja havuohutpuista. Rauman mäntyohutpuu on varastoimisen eri vaiheissa pysynyt noin $33-35 \text{ kg/k-m}^3$ kuusiohutpuuta raskaampana.

Alla olevassa asetelmassa esitetään kuvan 13 tulokset yhtälöinä, joissa x :llä on merkitty kylästysvajaussummaa (mmHg) ja y :llä tuoretta käyttötilavuuspainoa (kg/k-m^3).

mittaprocentin variaatiokertoimiksi saatiin suu-remmat arvot, nim. Heinolassa 5.1 ja Kemissä 6.5 prosenttia. Sen sijaan Raumalla osoittautui pinomittaus, jossa variaatiokerroin oli 6.3 %, kylästysvajaussummayhtälöihin perustuvaa pinomittausta paremmaksi.

Taulukko 4. Mitatut ja arvioidut käyttötilavuuspainot eri mittauskuukausina
 Table 4. Measured and estimated utilisation volume weights in different measuring months.

Mittausaika Measuring time		Mitattu tuore käyttötilavuuspaino, kg/k-m ³ Measured green utilisation volume weight, kg/solid cu.m.				Yhtälöiden perusteella arvioitu tuore käyttötilavuuspaino prosentteina (%) mitatusta Green utilisation volume weight, estimated from equations, in per cent (%) of the measured value			
Kuukausi Month	Vuosi Year	Koivupaperipuu Birch pulpwood	Mänty- ohut- puu Small- sized pine	Kuusi- ohut- puu Small- sized spruce	Koivupaperipuu Birch pulpwood	Mänty- ohut- puu Small- sized pine	Kuusi- ohut- puu Small- sized spruce		
		Heinola	Kemi	Rauma	Rauma	Heinola	Kemi	Rauma	Rauma
Marraskuu November	-61	811	—	—	—	101.8	—	—	—
Joulukuu December	-61	825	—	—	—	100.9	—	—	—
Tammikuu January	-62	857	872	—	—	96.6	98.6	—	—
Helmikuu February	-62	824	—	913	842	100.1	—	99.6	103.9
Maaliskuu March	-62	842	899	895	899	99.3	99.9	101.6	94.2
Huhtikuu April	-62	873	900	878	855	98.6	99.1	102.0	100.5
Toukokuu May	-62	858	880	885	832	100.6	100.1	98.1	100.0
Kesäkuu June	-62	—	868	836	797	—	101.7	98.3	98.5
Heinäkuu July	-62	855	867	804	711	99.6	99.7	97.5	105.7
Elokuu August	-62	830	855	730	682	100.2	103.5	100.8	103.0
Syyskuu September	-62	832	877	724	671	101.4	102.0	98.8	101.5
Lokakuu October	-62	837	866	720	703	100.0	99.7	98.6	96.1
Marraskuu November	-62	—	861	690	691	—	99.5	102.9	97.8
Joulukuu December	-62	—	—	707	676	—	—	100.4	99.9
Tammikuu January	-63	—	901	901	893	—	96.9	101.0	94.9
Keskimäärin Mean		840.9	876.8	805.9	767.1	99.8	100.0	100.1	99.8

Taulukoissa 4 ja 5 esitellään aineistojen mitatut ja arvioidut käyttötilavuuspainot, edellisessä mittauskuukausittain ja jälkimmäisessä kylästäysvajaussummaluokin. Arviot on esitetty myös prosentteina mitatusta arvosta. Käytettäessä arvion perusteena edellä olevassa asetelmassa esitetyjä yhtälöitä huomataan suurimpienkin poikkeamien edustavan vain muutamaa prosenttia.

Taulukon 5 luvut viittaavat siihen, että riippuvuusyhtälöt toimivat käytännössä kaikissa kylästäysvajaussummaluokissa aiheuttamatta havaittavaa systemaattista poikkeilua.

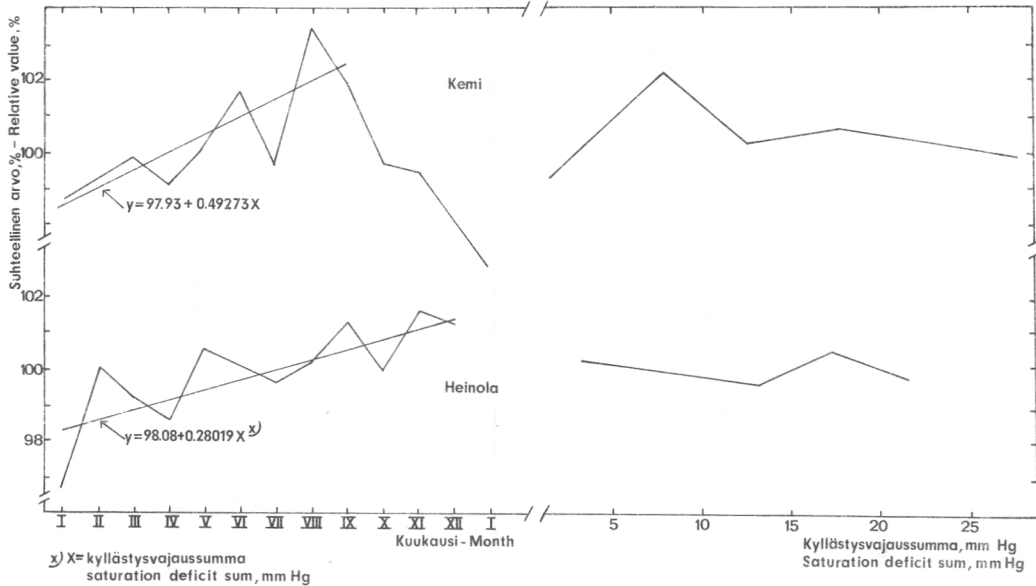
Mittauskuukausittain sen sijaan todetaan koivun kohdalla lievää systemaattista poikkeamaa, joka esitetään havainnollisemmin kuvassa 14. Tässä kuvassa on yhtälöiden perusteella

saadut, taulukossa 4 olevat prosenttiluvut esitetty kuukausijärjestyksessä graafisesti. Tällöin huomataan prosenttien sekä Heinolassa että Kemissä nousevan alkutalvesta kesää kohden, Heinolassa aina vuoden loppuun saakka ja Kemissä elokuulle saakka. Diagrammin nousevalla osuudella on suoritettu kuvasta näkyvä prosenttilukujen suoraviivainen tasoitus.

Havaittu systemaattinen ilmiö on todettu vain koivupaperipuussa. Se johtunee puutavaran talvikauden aikaisesta kostumisesta ja osittain pölkkyihin tarttuneen lumen ja jään painosta. Tätä päätelmää tukee Heinolan aineiston perusteella laadittu alla oleva asetelma, jossa on eritelty lumisten ja muiden kuormien käyttötilavuuspainot.

Taulukko 5. Mitatut ja arvioidut käyttötilavuuspainot eri kyllästysvajaussummaluokissa.
 Table 5. Measured and estimated utilisation volume weights in different saturation deficit sum classes.

Kyllästysvajaussumma, mmHg Saturation deficit sum, mmHg	Mitattu tuore käyttötilavuuspaino, kg/k-m ³ Measured green utilisation volume weight, kg/solid cu. m.				Yhtälöiden perusteella arvioitu tuore käyttötilavuuspaino prosentteina (%) mitatusta Green utilisation volume weight, estimated from equations, in per cent (%) of the measured value			
	Koivupaperipuu Birch pulpwood	Mäntyohut-puu Small-sized pine	Kuusi-ohut-puu Small-sized spruce	Kuusi-ohut-puu Small-sized spruce	Koivupaperipuu Birch pulpwood	Mäntyohut-puu Small-sized pine	Kuusi-ohut-puu Small-sized spruce	Kuusi-ohut-puu Small-sized spruce
0 – 4.9	Heinola	Kemi	Rauma	Rauma	Heinola	Kemi	Rauma	Rauma
5 – 9.9	874	920	894	864	100.3	99.2	100.7	98.6
10 – 14.9	862	871	828	732	99.1	102.3	98.2	103.7
15 – 19.9	841	875	714	686	99.8	100.3	100.3	99.4
20 +	820	854	—	—	100.5	100.7	—	—
20 +	802	829	—	—	99.7	99.9	—	—
Keskimäärin Mean	840.9	876.8	805.9	767.1	99.8	100.0	100.1	99.8



Kuva 14. Tasoitusyhtälöstä laskemalla saadun tuoreen käyttötilavuuspainon poikkeama mitatusta käyttötilavuuspainosta (=100).

Fig. 14. Deviation of green utilisation volume weight, calculated from the levelling equation, from the measured utilisation volume weight (=100).

Kuorman laatu	Kuormia kpl	Tuore käyttötilavuuspaino, kg/k-m ³	
		Mitattu	Yhtälöstä
Lumiset	23	842.4	828.7
Muut	81	840.5	842.7
Yhteensä	104	840.9	100.05

Lumiset kuormat ovat siinä tulleet yhtälön perusteella aliarvioiduiksi. Niiden käyttötilavuuspainoksi on saatu 828.7 kg/k-m³, mikä on noin 1.6 prosenttia mitattua arvoa pienempi. Tämä merkitsee sitä, että näiden kuormien kiintokuutiomääräksi muutettuna tilavuuden arvio saadaan 1.6 prosenttia liian suureksi.

Jäästä ja lumesta johtuvan korjauksen tulisi käytännössä ehkä olla vähintään tuota luokkaa, mieluummin vähän suuremman. Samantapaiseen tulokseen viittaa HEISKASEN (1959) tulos, jonka mukaan vettyminen ja jäätyminen lisäsivät painoa n. 2 %. Jos painomittaukseen ryhdyttäisiin käytännössä, olisi tähän puoleen asiassa kiinnitettävä erikoisesti huomiota ja kerättävä tarpeellisen korjauksertoimen tai korjauskerroin-sarjan saamiseksi riittävä aineisto.

43. Eräitä muita havaintoja

Käytännön painomittauksissa on houkuttelevinta käyttää punnitsemisen perusteena keskimääräistä tilastoimalla saatua käyttötilavuuspainoa. Tähän joudutaankin mm. silloin, kun

puutavaran hakkuuajoista ei ole tietoa tai kyllästysvajausrivut puuttuvat. Tämä sovellutus johtaa yleensä tyydyttävään lopputulokseen. Se saattaa olla riittävän tarkka menetelmä tehtaalle, mutta yksittäisten kuormien kohdalla ja vuoden eri aikoina voidaan mitattaessa tehdä suurehkoja systemaattisia arviointivirheitä kuten nähdään taulukosta 6.

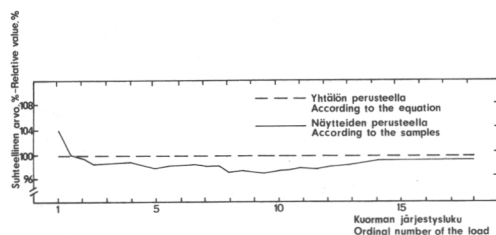
Kuvan 13 suoraparit eivät eroa paljon toisistaan, vaikka koivupaperipuun kohdalla on kyse toisessa etelä- ja toisessa pohjois-suomalaisesta puutavarasta ja havuohutpuun kohdalla jopa eri puulajeista. Tätä voidaan mahdollisesti hyväksikäyttää mittauksessa jos on välttämätöntä ryhtyä nopeasti soveltamaan jollain alueella painomittausta. Tällöin voidaan valita lähtökohdaksi sopivin yhtälö ja samanaikaisesti varautua määrittämään tätä yhtälöä sovellettaessa tehdyn systemaattisen virheen suuruus. Kun tämä on selvitetty, suoritetaan yhtälön vakio-tekijän a korjaus esimerkiksi seuraavasti

$$y = ka + bx, \text{ jossa}$$

$$x = \text{kyllästysvajaussumma, mm Hg}$$

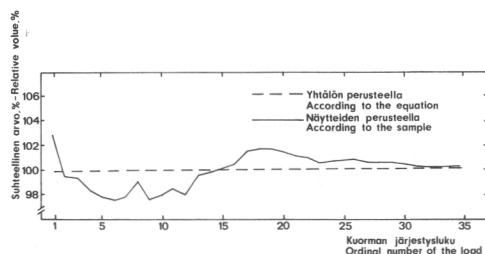
$$y = \text{tuore käyttötilavuuspaino, kg/k-m}^3$$

$$k = \text{tasokorjauskerroin.}$$



Kuva 15. Koko kuorman näytteeksioton perusteella saadun kumulatiivisen kuution kehitys prosentteina yhtälön $y = 884.40 - 3.5610 x$ perusteella määritetystä kuutiosta.

Fig. 15. Development of the cumulative volume of the whole load, obtained by sampling, in per cent of the volume determined from the equation $y = 884.40 - 3.5610 x$.



Kuva 16. Kuormasta otetun yhden näytepölkyn perusteella saadun kumulatiivisen kuution kehitys prosentteina yhtälön $y = 884.40 - 3.5610 x$ perusteella määritetystä kuutiosta.

Fig. 16. Development of the cumulative volume, obtained from a single sample bolt taken from the load, in per cent of the volume determined from the equation $y = 884.40 - 3.5610 x$.

Tasokorjauskertoimen määrittäminen voi käytännössä tapahtua siten, että punnittavaksi tulevista kuormista otetaan näytteitä niin kauan, että tasokorjauskertoimen suuruus on saatu selvitettyksi. Tämän jälkeen näytteidenottoa voi-

daan vähentää mikäli luotetaan saavutetun tuloksen tarkkuuteen.

Tasokorjauskertoimen (k) määrittäminen voidaan suorittaa esimerkiksi kuvien 15 tai 16 esittämällä tavoilla, ottamalla tehtaalle tulevista

Taulukko 6. Koko aineiston keskimääräisen tilavuuspainon perusteella arvioidun käyttötilavuuspainon kuukausittaiset suhteelliset arviotulokset.

Table 6. Monthly relative results for utilisation volume weight estimated from the mean volume weight of the total material

Kuukausi Month	Vuosi Year	Arvioitu käyttötilavuuspaino prosentteina mitatusta Estimated utilisation volume weight in per cent of the measured value			
		Koivupaperipuu Birch pulpwood		Mäntyohutpuu Small-sized pine	Kuusiohutpuu Small-sized spruce
		Heinola	Kemi	Rauma	Rauma
Marraskuu November	-61	103.7	—	—	—
Joulukuu December	-61	102.0	—	—	—
Tammikuu January	-62	98.2	98.3	—	—
Helmikuu February	-62	102.0	—	88.3	91.1
Maaliskuu March	-62	99.9	97.5	90.0	85.3
Huhtikuu April	-62	96.4	96.5	91.8	89.8
Toukokuu May	-62	98.1	99.6	91.1	92.2
Kesäkuu June	-62	—	102.8	96.4	96.2
Heinäkuu July	-62	98.3	100.9	100.3	107.9
Elokuu August	-62	101.4	106.1	110.4	112.5
Syyskuu September	-62	101.1	102.0	111.3	114.3
Lokakuu October	-62	100.5	101.0	112.0	109.1
Marraskuu November	-62	—	101.4	116.9	111.0
Joulukuu December	-62	—	—	114.0	113.5
Tammikuu January	-63	—	94.2	89.4	85.9
Keskimäärin Mean		100.0	100.0	100.0	100.0

kuormista näytteitä. Kuvan 15 mukaan näytteitä otetaan niin paljon, että koko näytekouorman ”tarkka” käyttötilavuuspaino saadaan selville. Kuvan 16 tapauksessa taas otetaan kustakin kuormasta vain yksi näytepölkky.

Tämän jälkeen muunnetaan puukuorman kokonaispaino kiintokuutiometreiksi jakamalla kokonaispaino näytteestä saadulla käyttötilavuuspainolla.

Lisäksi arvioidaan kuorman kiintokuutiomäärä toista tietä jakamalla kuorman paino yhtälöstä, tässä esimerkkitapauksessa yhtälöstä $y = 884.40 - 3.5610 \times$ saadulla käyttötilavuuspainolla y ($\text{kg}/\text{k}\cdot\text{m}^3$).

Näin saadaan kuormista kaksi rinnakkaista sarjaa kiintokuutiomäärän arvioita. Kun arviot lasketaan kummassakin sarjassa kuorma kuorman jälkeen kumulatiivisesti yhteen, muodostuu kaksi suurenevan summan muodostamaa sarjaa, joita voidaan vertailla keskenään. Kuvien esittämässä tapauksessa on summien jäsenparit muunnettu suhteellisiksi arvoiksi, laskemalla montako prosenttia näytteen avulla saatu kumulatiivinen summa on yhtälön avulla muodostetusta kumulatiivisesta summasta. Kuvissa 15 ja

16 nähdään nämä prosenttiluvut graafisena esityksenä. Siinä vaiheessa, kun jäsenparien suhteelliset arvot alkavat pysytellä yhtä loitolla toisistaan, on todennäköisesti näytekouormia otettu riittävän paljon. Tällöin voidaan viimeisten jäsenparien perusteella määrittää tasokorjauskertoimen (k).

Käsillä olevissa tapauksissa korjauskertoimen arvo kuvan 15 mukaan alkaa jo 15 kuorman jälkeen lähennellä nollaa. Sen sijaan kuvan 16 tapauksessa tähän tilanteeseen päästäneen vasta 30 kuorman jälkeen. Lähes nollan suuruisen korjauskertoimeen päätyminen esimerkkitapauksessa johtuu siitä, että koe suoritettiin Heinolan koivupaperipuuaineistolla, josta yhtälö $y = 884.40 - 3.5610 \times$ itsekin oli johdettu.

Sen jälkeen kun tasokorjauskertoimen on selvitetty, voidaan jälkikäteen tehdä korjaus jo mitattujen kuormien kohdalla. Mikäli halutaan, voidaan näytteiden ottoa edelleenkin jatkaa ja laatia sen tulosten perusteella alueelle omasta aineistostaan johdettu kyllästysvajaussumman ja käyttötilavuuspainon välistä riippuvuutta osoittava yhtälö.

KIRJALLISUUSLUETTELO

- FRANSSILA, MATTI. 1949. Mikroilmasto-oppi. Tiedekirjasto n:o 11.
- HEISKANEN, VEIJO. 1959. Halkaistun, aisatun ja kuorellisen koivupinotavaran kuivuminen ja säilyminen metsävarastossa. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 50.7.
- Ilmatieteenlaitos. Kuukausikatsaus Suomen ilmastoon. Eri vuosilta.
- JOHANSSON, F. 1957. Studier över torkning, vattenupptagning och lagringskador hos helbarkad sulfatved. II Jämtland. Kungl. Skogshögskolan, Inst. för Virkeslära, nr 10.
- NIINIVAARA, K. 1953. Haihtumisesta pienehköillä vesistöalueilla Suomessa. Helsinki.
- NISULA, PENTTI. 1968. Painomittauksesta. Metsätaloudellinen aikakauslehti n:o 11.
- SIREN, ALLAN. 1936. Niederschlag, Abfluss und Verdunstung des Päijänne-Gebiets, V. Hydrologisch Konferenz der Baltischen Staaten. Bericht 1 F. Helsinki.

- No 169 Veijo Heiskanen: Pinon kehysmitan mittaus ja tyhjän tilan vähennys sekä niiden tarkkuus.
Measurement of the gross volume of a pile and deduction for empty space and their accuracy. 5,—
- No 170 Veijo Heiskanen: Pinotiheysluvun ja pinotiheystekijäin arviointi ja sen tarkkuus.
Evaluation of the solid content and the solid content factors and its accuracy. 3,—
- No 171 Veijo Heiskanen: Hylkypölkkyjen osuuden arviointi pinomittauksessa.
Estimation of the share of waste bolts in pile measurements 2,—
- No 172 Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoiluviuista ja kuutioimistaulukoista 2 päivänä toukokuuta 1969 annetun päätöksen muuttamisesta. Skogsforskningsinstitutets beslut angående ändring av beslutet av den 2 maj 1969 om omvandlingskoefficienter och kuberingstabeller för virkesmätning. 10,—
- No 173 Matti Palo & Esko Pälä: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat vuonna 1970 (1964, 1967).
Removal and flow of commercial roundwood in Finland during 1970 (1964, 1967), by districts. 5,—
- No 174 Jorma Riikonen: Kuitupuun kuoren kutistuminen metsävarastoinnissa.
The volumetric shrinkage of pulpwood bark. 1,50
- No 175 Lauri Heikinheimo, Matti Heikinheimo & Aarne Reunala: Earnings of forest workers in Scandinavia, especially in Finland.
Metsätyömiesten ansiot Suomessa ja muissa pohjoismaissa. 8,—
- No 176 Matti Palo & Mikko Tervo: Hakkuumäärien lyhytjaksainen ennustaminen.
Short-term forecasting of cut in Finland. 5,—
- No 177 Olavi Huuri: Taimitarhanoston suoritustavan vaikutus kuusen ja männyn taimien alkukehitykseen.
The effect of nursery lifting methods on initial development of spruce and pine transplants.
- No 178 Matti Leikola & Jyrki Raulo: Tutkimuksia taimityyppiluokituksen laatimista varten III. Taimien morfologisten tunnusten muuttuminen kasvukauden aikana.
Investigations on the basis for grading nursery stock III. Changes in morphological characteristics of nursery stock during the vegetation period. 2,—
- No 179 Paavo Valonen & Matti Ahonen: Vajaakarsinta ja silmävarainen apteeraus kuusisaha-puun teossa.
The partial limbing and ocular marking for crosscutting in the preparation of spruce sawlogs. 4,—
- No 180 Pentti Rikonen: Havusahatukkien latvamuotoluvut erilaisia läpimittaluokituksia käytettäessä. 1,—
- No 181 Veijo Heiskanen: Havusahatukkien kapeneminen ja latvamuotoluku Kainuussa ja Pohjois-Pohjanmaalla.
Taper and top form factor of coniferous sawlogs in Kainuu and North Ostrobothnia regions. 2,—
- No 182 Veijo Heiskanen & Jorma Riikonen: Kuitupuun kehysmitta ja pinotiheys autokuljetuksen eri vaiheissa.
Piled measure and solid volume content of pulpwood piles in various phases of truck transportation 2,50.
- No 183 Heikki Nikkilä: Kylkitiheysmenetelmä kuitupuupinon kiintomitan määrittämisessä.
The pile face density method in measuring the solid volume of a pulpwood pile. 4,—
- No 184 Olavi Saikku: Lannoituksen vaikutuksesta männyn kuoren määrään kangasmaalla.
The effect of fertilization on the amount of the bark of Scotch pine in forest land. 1,50
- No 185 Kaj Asplund, Erkki Lähde & Erkki Numminen: Vajaasti kypsyneen männyn siemenen kehitys käpyjen varastoinnin aikana.
On the development of incompletely ripened seeds of Scots pine in cones under storage. 1,50.
- No 186 Esko Jaatinen: Recreational utilization of Helsinki's forests. 4,—
- No 187 Markku Mäkelä: Kanto- ja liekopuun korjuu polttoturvesoilta.
Harvesting of stump and moor wood from fuel peat bogs. 2,—
- No 188 Pirkko Velling: Männyn (*Pinus silvestris* L.) puuaineen tiheyden fenotyypisestä ja geneettisestä vaihtelusta.
Phenotypic and genetic variation in the wood basic density of Scots pine (*Pinus silvestris* L.). 3,—
- No 189 Risto Seppälä: Yksityismetsänomistajien hakkuukäyttäytyminen Suomen itäosissa.
Cutting behaviour of private forest owners in eastern Finland. 4,—
- No 190 Risto Seppälä: Raakapuun tarjonnasta Suomessa.
On the supply of roundwood in Finland. 4,—
- No 191 Kullervo Kuusela & Alli Salovaara: Ahvenanmaan maakunnan, Helsingin, Lounais-Suomen, Satakunnan, Uudenmaan-Hämeen, Pirkka-Hämeen, Itä-Hämeen, Etelä-Savon ja Etelä-Karjalan piirimetsälautakunnan metsävarat vuosina 1971—72.
Forest resources in the District of Ahvenanmaa, and the Forestry Board Districts of Helsinki, Lounais-Suomi, Satakunta, Uusimaa-Häme, Pirkka-Häme, Itä-Häme, Etelä-Savo and Etelä-Karjala in 1971—72. 7,—
- No 192 Paavo Tiihonen: Puutavaralajirakenteen likimääräisarvioinnissa käytettäviä menetelmiä.
Methoden für die annähernde Schätzung des Holzsortenstruktur.

- No 193 Terho Huttunen: Suomen sahateollisuus vuonna 1972.
The sawmill industry in Finland in 1972. 4,—
- No 194 Ukko Rummukainen: Herbisidirakeiden männyn- ja kuusentaimille aiheuttamista kuori-
violetuksista.
On bark damages caused to Scots pine and Norway spruce plantations by granular
herbicides. 2,—
- No 195 Metsätalastollinen vuosikirja 1972.
Yearbook of forest statistics 1972. 12,—
- No 196 Erkki Lähde: The effect of seed-spot shelters and cold stratification on germination
of Pine (*Pinus silvestris* L.) seed.
Kylvösuojan ja kylmästratifiointin vaikutus männyn siemenen itämiseen. 2,—
- No 197 Erkki Lähde & Kaarlo Kinnunen: Paperikennon ja turveruukun seinän lujuus ja
taimien alkukehitys Pohjois-Suomessa.
The relationship between the wall strength of paper and peat pots and the initial
development of seedlings in Northern Finland. 2,—
- No 198 Esko Jaatinen: Metsäteollisuusyhtiöiden omien metsien hakkuupolitiikan motiivit.
Timber cutting motives of forest industry enterprises. 4,—
- No 199 Esko Leinonen: Purunäytteeseen perustuvasta kuivapainomittauksesta.
Dry-weight scaling based on chip samples. 3,—
- No 200 Pentti Hakki & Markku Mäkelä: Jatkotutkimuksia Pallarin kantoharvesterista.
Further studies of the Pallari Stumpharvester. 2,—
- No 201 Matti Leikola & Risto Rikala: Lannoituksen vaikutus männyn ja kuusen taimien alku-
kehitykseen kangasmailla.
The effect of fertilization on the initial development of pine and spruce on mineral
soils. 2,—
- No 202 Paavo Tiihonen: Leimikon pystymittauksen tarkistaminen.
Zur Kontrolle einer am stehenden zum Einschlag ausgezeichneten Holz durchgeführten
Messung. 2,—
- No 203 Seppo Kaunisto: Männyn kylvöajankohta ojitetulla suolla.
Date of direct seeding on drained peatlands. 3,—
- No 204 Pentti Hakki & Hannu Kalaja: Oksaraaka-aineen kasaus Melroe Bobcat M-600
kuormaajalla.
Bunching of branch raw material by Melroe Bobcat M-600 loader.
- No 205 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1971—73.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1971—73. 5,—
- No 206 Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoluvuista
ja kuutioimistaulukoista 2 päivänä toukokuuta 1969 annetun päätöksen muuttamisesta.
Skogsforskningsinstitutets beslut angående ändring av institutets beslut av den 2 maj
1969 om omvandlingskoefficienter och kuberingstabeller för virkesmätning. Hinta avoin.
- No 207 Kullervo Kuusela ja Allj Salovaara: Etelä-Karjalan, Pohjois-Savon, Keski-Suomen ja Itä-
Savon metsävarat vuonna 1973.
Forest resources in the Forestry Board Districts of Etelä-Karjala, Pohjois-Savo, Keski-
Suomi and Itä-Savo in 1973. 4,—
- No 208 Tapani Hänninen: Harvennusmetsien puustoisuus ja hakkuumahdollisuudet Suomen
eteläpuoliskossa.
The stocking and cutting possibilities in the thinning and accretion forests in the
southern half of Finland. 4,—
- No 209 Heikki Nikkilä: Ratapölkkytukkien kuutiointi.
Measurement of railwaytie-logs. 1,50
- No 210 Hakkuutähteiden talteenoton seurannaisvaikutukset.
- No 211 Paavo Tiihonen: Mäntypylväiden kuutioimismenetelmä.
Eine Kubierungsmethode für Kiefernastholz. 2,—
- No 212 Kaarlo Kinnunen, Juha Lind ja Erkki Lähde: Eri ajankohtina istutettujen männyn
kennotaimien alkukehitys Pohjois-Suomessa.
Initial development of Scots pine paper pot seedlings planted on different dates in
northern Finland. 3,—
- No 213 Kullervo Etholén: Kaatoajankohdan vaikutus koivun ja haavan vesomiseen taimiston-
hoitoaloilla Pohjois-Suomessa.
The effect of felling time on the sprouting of *Betula pubescens* and *Populus tremula*
in the seedling stands in northern Finland. 2,—
- No 214 Veijo Heiskanen ja Jorma Riikonen: Tukkien lajittelu sahaukseen kuoren päältä
mitatun läpimitan perusteella.
Sorting of logs according to the top diameter on bark. 4,—
- No 215 Pertti Harstela ja Sauli Takalo: Kokeita oksaraaka-aineen kuormauksesta ja kuljetuk-
sesta.
Experiments on loading and transportation of branch raw material. 1,50
- No 217 Pentti Rikonen: Koivuvaneritukkien kuutiointi. 1,50.
Calculation of the volume of birch veneer logs.
- No 218 Pentti Nisula: Makroilmaston vaikutus varastoidun pinotavaran painoon.
Effect of macroclimate on the weight of stored cordwood. 2,50

Myynti — Available for sale at Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, 00100 Helsinki 10, p. 645 121
Merkintä ODC tarkoittaa metsäkijallisuuden kansainvälistä Oxford-luokitusjärjestelmää