

ODC

526.1

839.8

FOLIA FORESTALIA 199

ETSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1974

ESKO LEINONEN

PURUNÄYTTEESEEN PERUSTUVASTA
KUIVAPAINOMITTAUKSESTA

DRY-WEIGHT SCALING BASED ON
CHIP SAMPLES

- No 134 Aarne Reunala & Ilpo Tikkanen: Metsätalonomistajat metsätalouden edistämistoiminnan kohteena Keski-Suomessa.
Non-farmer forest owners and promotion of private forestry. 4,—
- No 135 Pentti Hakkila & Olavi Saikku: Kuoriprocentin määrittäminen sahanhakkeesta.
Measurement of bark percentage in saw mill chips. 1,50
- No 136 Ukko Rummukainen: Vesakontorjunta-aineiden ja rikkakasvinhävitteiden käytöstä metsänviljelyaloilla Suomessa vuosina 1969—1970.
On the use of brush and weed killers on forest regeneration sites in Finland in 1969—70. 4,—
- No 137 Eino Mälkönen: Näkökohtia metsämaan muokkauksesta.
Some aspects concerning cultivation of forest soil. 1,50
- No 138 P. J. Viro: Die Walddüngung auf finnischen Mineralböden. 2,50
- No 139 Seppo Kaunisto: Lannoituksen vaikutus istutuksen onnistumiseen ja luonnonmetsien määrään rahkanevalla. Tuloksia Kivisuon koekentältä.
Effect of fertilization on successful planting and the number of naturally born seedlings on a fuscum bog at Kivisuo experimental field. 1,50
- No 140 Matti Ahonen & Markku Mäkelä: Juurakoiden irrottaminen maasta pyöräkuormaajilla.
Extraction of stump-root systems by wheel loaders. 2,50
- No 141 Yrjö Vuokila: Taimiston käsittely puuntuotannolliselta kannalta.
Treatment of seedling stands from the viewpoint of production. 4,—
- No 142 Pentti Koivisto: Kainuun ja Pohjanmaan talousmänniköiden kehityksestä.
On the development of Scots pine stands in central Finland. 2,—
- No 143 Matti Huovinen, Soini Silander, Paavo Tiuhonen & Juho Yli-Hukkala: Hakkuumiehen määrittämään runkolukuun perustuva leimikon pystymittaus.
Stichprobenweise Massenermittlung am stehenden Holz eines ausgezeichneten Bestandes auf Grund von Stammzählaufnahme 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 plusmännyt ja pluskuuset.
Finnish plus trees of Scots pine and Norway spruce. 14,—
- No 151 Pertti Harstela & Paavo Valonen: Työn tuotos, työntekijän fyysinen kuormittuminen ja tärinäaltistus 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 Tiuhonen: Kiintokuutiometrin käyttöön perustuvat männyn, kuusen ja koivun kuitupuutaulukot.
Massentafeln mit dem Festmeter als Masseinheit für Kiefern-, Fichten- und Birkenfaserholz. 7,—
- No 155 Paavo Tiuhonen: Kiintokuutiometrin käyttöön perustuvat männyn ja kuusen tukki-puutaulukot.
Massentafeln mit dem Festmeter als Masseinheit für Kiefern- und Fichtenblochholz. 2,50
- No 156 Eljas 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: Hakkuutähteiden 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 kennotaimien 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,—

Esko Leinonen

PURUNÄYTTEESEEN PERUSTUVASTA
KUIVAPAINOMITTAUKSESTA

Dry-weight scaling based on chip samples

ALKUSANAT

Kuivapainon käyttömahdollisuuksia kuitupuun mittauksessa koskevat selvittelyt saivat vauhtia vuoden 1969 syksyllä, kun Metsäntutkimuslaitokselle saatiin Norjan metsäntutkimuslaitokselta käyttöön purunäytejyrsin. Laitteen saamiseen myötävaikutti erityisesti forstlicentiat GUNNAR WILHELMSEN. Kuivapainomittaukseen liittyviä selvityksiä tehtiin vuosina 1969–71 Oy W. Rosenlew Ab:n Porin tehtailla, Metsäliitto-yhtymän Kirkniemen tehtailla ja G. A. Serlachius Oy:n Lielahden tehtailla. Näille yrityksille ja niitä tytkimuksen kenttätöväiheessä edustaneille henkilöille esitän parhaimmat kiitokseni.

Tutkimusaineiston keruun ovat pääasiassa suorittaneet metsäteknikot PENTTI SAVILAMPI ja SIMO JAARANEN. Aineiston laboratorio-käsittelyn on tehnyt rouva TAIJA HAVANTO. Piirrookset ovat ERKKI KAUPPILAN käsialaa, konekirjoitustyön teki rouva AUNE RYTKÖ-

NEN. Monissa kuivapainomittaukseen liittyvissä kysymyksissä ovat minua ohjanneet forstkandidat TORBJØRN OKSTAD, Norsk Institut for Skogforskning ja professori PENTTI HAKKILA.

Siirryttyäni vuoden 1971 lopulla pois Metsäntutkimuslaitoksen palveluksesta oli suuri osa tutkimusaineiston käsittelystä suorittamatta ja tutkimusselostuksen laadinta aivan alussa. Vuonna 1972 toteutettu mittausuudistus pakotti lykkäämään tämän tutkimuksen valmistamisen myöhempään ajankohtaan. Haluan lausua sekä entiselle esimiehelleni professori VEIJO HEISKASELLE että nykyiselle esimiehelleni, Metsätehon toimitusjohtaja AULIS E. HAKKARAISELLE kiitokseni myönteisestä ja joustavasta suhtautumisesta tähän työhöni.

Tutkimuksen suorittamiseksi olen saanut apurahan Suomen Metsätieteelliseltä Seuralta.

Helsingissä, huhtikuussa 1973

Esko Leinonen

SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
ALKUSANAT	1
TIIVISTELMÄ	3
SUMMARY	4
1. JOHDANTO	5
2. KUIVAPAINOMITTAUS KÄYTÄNNÖSSÄ	6
3. TUTKIMUKSEN TAVOITE	9
4. AINEISTO JA MENETELMÄ	9
5. TUTKIMUSTULOKSET	10
51. Pori I	10
52. Kirkniemi	11
53. Pori II	12
531. Aineisto	12
532. Eri määritystavoille saatujen kuivapitoisuuksien erot	13
533. Kuormasta otettujen purunäytteiden kuivapitoisuuden vaihtelu	14
534. Purunäytteiden kuivapitoisuuden vaihteluun vaikuttavat tekijät	14
535. Kuorman sisäinen kosteuden vaihtelu	16
54. Pori III	16
55. Lielähti	16
551. Aineisto	16
552. Eri määritystavoilla saatujen kuivapitoisuuksien erot	16
553. Kuormasta otettujen purunäytteiden kuivapitoisuuden vaihtelu	18
554. Kuorman sisäinen kuivapitoisuuden vaihtelu	19
555. Purun jyrshintäraon syvyys	20
56. Pori IV	20
561. Aineisto	20
562. Eri tavoilla määritettyjen kuivapitoisuuksien erot	20
563. Kuormasta otettujen purunäytteiden kuivapitoisuuden vaihtelu	21
564. Kuorman sisäinen kuivapitoisuuden vaihtelu	25
57. Tulosten yhteenveto	25
571. Purunäytteeseen perustuvan kuivapitoisuusmäärityksen tarkkuus	25
572. Purunäytteeseen perustuvan kuivapitoisuusmäärityksen luotettavuus	26
6. KUIVAPAINOMITTAUKSEN KÄYTTÖNOTOSSA HUOMIOON OTETTAVIA SEIKKOJA	27
KIRJALLISUUSLUETTELO	28

TIIVISTELMÄ

Kuitupuun kuivapainomittaus on saavuttanut laajan käytön varsinkin Norjassa. Menetelmä perustuu kuitupuukuorman punnitsemiseen tehtaalla ja purunäytteen ottamiseen erityisellä jyrsimellä (kuva 1).

Norjan metsäntutkimuslaitoksesta käyttöön saadulla jyrsimellä suoritettiin vuosina 1969–71 kokeiluja, joiden tavoitteena oli tutustua laitteella suoritettavan näytteenoton tekniikkaan ja selvittää näytteenottomenetelmällä suoritettavan kuivapainon määrityksen tarkkuus ja luotettavuus meikäläisissä olosuhteissa. Aineisto kerättiin kuudessa eri vaiheessa Oy W. Rosenlew Ab:n tehtailla Porissa, Metsäliitto-yhtymän tehtailla Kirkniemessä sekä G. A. Serlachius Oy:n tehtailla Lielahdessa. Yhteensä käsiteltiin 233 kuormaa (taulukko 1).

Kuormasta otettiin yleensä 4 erillistä purunäytettä norjalaisen tavan mukaan (liite 1) ja vertailuaineistoksi olosuhteiden mukaan vaihdellen 10–20 kiekkoa.

Menetelmän tarkkuutta tutkittiin vertaamalla puun kuivapitoisuutta kiekkojen kuivapitoisuuteen. Tulokset ovat yhdensuuntaisia norjalaisen tutkimustulosten kanssa: havupuun puru oli hieman kosteampaa kuin kiekot, lehtipuun puru taas hieman kuivempaa. Erot olivat 60 %:n kuivapitoisuudessa noin yhden prosenttiyksikön suuruisia. Tulokset koskevat vain sulaa puuta.

Menetelmän luotettavuutta tutkittiin vertaamalla keskenään samasta kuormasta otettujen

purunäytteiden kuivapitoisuuksia. Eräitä poikkeuksia lukuunottamatta vastasivat tulokset norjalaisia tuloksia. Ottamalla purunäyte kuorman yhdeltä kyljeltä saadaan kuivapitoisuus määritetyksi noin 2.5 prosenttiyksikön hajannalla. Ottamalla näyte molemmilta kyljiltä yhteensä vähintään 20 pölkystä saadaan kuivapitoisuus määritetyksi alle 2.2 prosenttiyksikön hajonnalla eli 95 %:n todennäköisyydellä ± 4.7 prosenttiyksikön luottamusvälillä. Eräessä tapauksessa saatiin lehtikuitupuulle tätä huomattavasti tarkempi tulos.

Tutkimusaineiston perusteella on voitu todeta, että Norjassa kehitetty kuivapainomittauksen näytteenottomenetelmä on periaatteessa käyttökelpoinen myös suomalaisissa olosuhteissa. Laitteen käsittely voidaan oppia vaikeuksitta, ja tulokset vaikuttavat riittävän luotettavilta. Sen sijaan purunäytteenottoon perustuvan kuivapainomittauksen systemaattiset virheet eivät tulleet riittävästi selvitettyiksi. Jäätynneen puun aineistoa ei tutkimukseen saatu.

Kuivapainomittauksen käyttöönotto edellyttää vielä mm. talviolosuhteiden vaikutuksen sekä puun kuivapainon ja tilavuuden suhteiden (puuaineen tiheyden) selvittämistä. Menetelmän kehittelytyötä kannattaa jatkaa, sillä kuivapainomittauksella saadaan nimenomaan kuituteollisuuden kannalta käyttökelpoista tietoa puuraaka-aineen määrästä.

SUMMARY

Dry-weight scaling of pulpwood has gained wide use especially in Norway. The method is based on the weighing of a pulpwood load at the mill and taking of a chip sample from it with a special cutter (chain sampler) (Fig. 1).

Experiments were carried out in 1969–1971 with a chain sampler provided by the Norwegian Forest Research Institute. The purpose was to gain familiarity with the technique of sampling with the device and to study the accuracy and reliability in Finnish conditions of this dry-weight scaling method. The material was collected in six stages at the mills of Oy W. Rosenlew Ab in Pori, at the mills of the Metsäliitto concern in Kirkniemi and the mills of G. A. Serlachius Oy in Lielähti. The number of loads scaled was 233 (Table 1).

Four chip samples were taken from each load, and, depending on the circumstances, 10–20 disks were taken as a control material.

The accuracy of the method was studied by comparing the dry-substance content of the chips and the disks. The results concur with the Norwegian investigation results: softwood chips was slightly more moist than the disks, hardwood chips slightly drier. The difference in the 60 per cent dry-substance content was approximately 1 per cent unit. The results are applicable only to unfrozen wood.

The precision of the method was studied by comparing the dry-substance contents of

chip samples taken from the same load. The results agreed with the Norwegian results, with some exceptions. It is possible to determine the dry-substance content with a deviation of about 2.5 per cent units if the chip sample is taken from one side of the load. Sampling from both sides makes it possible to determine the dry-substance content from a minimum of 20 bolts with a deviation of under 2.2 per cent units, i.e. with 95 per cent probability when the confidence limit is ± 4.7 per cent units. In one case of hardwood pulpwood the result was considerably more accurate than this.

It was established from this material that the sampling method developed in Norway for dry-weight scaling is serviceable in principle also in Finnish conditions. Use of the apparatus can be learnt without difficulty and the results appear to be sufficiently reliable. On the other hand, the systematic errors of dry-weight scaling were not sufficiently established. No frozen wood material was obtained for the study.

The practical introduction of dry-weight scaling will also require study of e.g. the effect of winter conditions and the relations between wood dry weight and volume (wood density). It is worth continuing the development of the method, for dry-weight measurement provides information on the quantity of wood raw material utilizable by the fibre industry in particular.

1. JOHDANTO

Puutavaran mittaaminen punnitsemalla ei meillä Suomessa kuulu totunnaisen ajattelun piiriin. Painomittausta on tosin jonkin verran tutkittu jo 1960-luvulla (mm. NISULA 1961 a ja b, TUOVINEN 1965), mutta varsinaisesti se on meillä tullut kiinnostuksen kohteeksi vasta aivan viime vuosina. Herääminen johtunee suurimmaksi osaksi Ruotsissa ja Norjassa käyttöön otetuista painomittausmenetelmistä.

Painomittauksesta on useita eri sovellutuksia (ks. esimerkiksi LEINONEN 1971), joista kehittyneimpänä voitaneen pitää kuivapainomittausta. Kuivapainolla tarkoitetaan tässä yhteydessä puun painoa absoluuttisen kuivana, ts. silloin, kun kaikki vesi on puusta poistettu.

Kuivapainomittausta on tiettävästi ensimmäiseksi alettu harjoittaa käytännön mitta-kaavassa Norjassa 1960-luvun puolivälissä. Ensimmäiset tutkimukset kuivapainomittauksesta julkaistiin vuonna 1964 (BRAATHE ja OKSTAD, STEMSRUD). Näissä tutkimuksissa osoittautui ketjujyrsimellä otettava purunäyte käyttökelpoisimmaksi puuerän kuivapitoisuuden määrittämistavaksi. Vuonna 1966 muodostivat puukaupan osapuolet Lehtipuun painomittausvaliokunnan (Vektutvalget for lauvtre), joka suorittutti Norjan metsäntutkimuslaitoksella (silloinen Det norske Skogforsøksvesen, nykyinen Norsk Institutt for Skogforskning) tutkimuksen lehtipuun kuivapainomittauksesta. Tulokset julkaistiin vuonna 1967 (OKSTAD), ja niiden perusteella valiokunta antoi suosituksensa menetelmälle. Havupuun kohdalla tapahtuivat samat vaiheet vuotta myöhemmin (OKSTAD 1968). Kuivapainomittaus on sen jälkeen yleistynyt käytännössä niin, että talvella 1972 arvioitiin puolet Norjan kuitupuusta mitattavan tällä menetelmällä. Kaikkiaan käyttää tätä mittausmenetelmää Norjassa noin 15 paperi-, lastulevy- ja kuitulevytehdasta.

Myös Saksassa on kuivapainomittauksen mahdollisuuksia tutkittu perusteellisesti. Etenkin DIETZ (1966) on selvittänyt teoreettisesti erilaisia näytteenotto- ja -käsittelymahdollisuuksia ja päätynt moottorisahalla otettavaan purunäytteeseen, jonka kosteus mitataan säh-

köisellä mittarilla veden ja purun dielektrisyyssvakioiden eroihin perustuen (ns. DK-mittaus). Myöhemmin (1972) DIETZ on kuitenkin tullut siihen johtopäätökseen, ettei DK-mittaus ole riittävän tarkka, vaan purun kuivapitoisuus on määritettävä tavanomaisen lämpökaappikäsittelyn avulla. Viisi tehdasta etelä-Saksassa käyttää tätä kuivapainomittausmenetelyä.

Ruotsissa on kuivapainomittausta tutkinut NYLINDER (1958). Hän on esittänyt kaavan mitattavaa erää kohti tarvittavien näytteiden lukumäärästä. Hänen esittämiensä periaatteiden mukaan mitataan Nymöllä Ab:ssa Skoonessa pieniä määriä lehtikuitupuuta kuivapainomittauksella.

Kuivapainomittauksen tärkein etu on, että sen avulla saadaan paremmin kuin muilla käytettävissä olevilla menetelmillä määritetyksi puuaineen eli puun kuitujen määrä. Sellu-, paperi- ja kuitulevyteollisuudessa on juuri kuitujen määrä raaka-aineen arvon mitta, koska tuote valmistetaan kokonaan tai pääosaltaan puun kuidusta. Kun valmis tuote mitataan absoluuttisen kuivana painoyksiköissä, on luonnollista, että raaka-ainekin voidaan parhaiten mitata juuri näissä yksiköissä.

Mekaanisessa puunjaloitusteollisuudessa ei kuivapaino ole yhtä tarkoituksenmukainen mittausperuste kuin todellinen tilavuus. Sen sijaan saattaa kuivapainon ja tilavuuden suhde eli puuaineen tiheys olla varsin käyttökelpoinen raaka-aineen laadun kriteerinä.

Kuivapainomittauksen suurin vaikeus on mitattavan puuerän kosteuden määrittäminen. Vettä on puussa sekä sitoutuneena solun seinämissä että vapaana soluonteloissa. Kuvannollisesti voidaan esittää, että puussa on vettä vaihtelevia määriä lukemattomissa pienissä astioissa, ja astioiden seinämätkin sisältävät vaihtelevia määriä vettä. On olemassa erilaisia sähköisiä tai radioaktiivisia mittareita, joilla voidaan määrittää viljan ym. raaka-aineiden kosteus, mutta ne eivät ole osoittautuneet käyttökelpoisiksi kiinteän puun kosteuden määrittämisessä ainakaan silloin kun solun seinämät ovat veden kyllästävät.

Puerän kosteuden mittauksen on perustuttava näytteen käsittelyyn. Näyte otetaan parhaiten puruna, jolloin kosteuden määrittäminen voi tapahtua haihduttamalla vesi pois, erilaisiin kemiallisiin käsittelyihin perustuen taikka em. mittareita käyttämällä. Veden haihduttaminen on yksinkertaisin menetelmä, kun taas mittareihin näyttää vielä liittyvän monia epävarmuustekijöitä.

Puuteknologisten termien käyttö on Suomessa sangen horjuvaa. Tässä tutkimusolosuhteissa käytetään seuraavia termejä.

– *Tuorepaino eli märkäpaino*, käyttöpaino, puun paino punnitsemishetkellä (kg, g). Sisältää puuaineen painon ja veden painon.

– *Kuivapaino*, puun paino absoluuttisen kuivana (kg, g). Sisältää puuaineen painon uuteaineet mukaan luettuina.

– *Tuoretilavuus*, puun tilavuus mittaushetkellä (m^3 , dm^3).

– *Kuivatilavuus*, puun tilavuus absoluuttisen kuivana (m^3 , dm^3).

– *Tilavuuspaino* eli tuoretilavuuspaino, puun käyttöpainon ja tuoretilavuuden suhde (kg/m^3 tai g/dm^3).

– *Puuaineen tiheys*, puun kuivapainon ja tuoretilavuuden suhde (kg/m^3 , g/dm^3).

– *Kosteuspitoisuus* eli puun kosteus kuivapainosta laskettuna, veden painon suhde absoluuttisen kuivan puun painoon (%).

– *Vesipitoisuus* eli puun kosteus tuorepainosta laskettuna, veden painon suhde veden ja puun yhteiseen painoon (%).

– *Kuivapitoisuus*, puun painon suhde veden ja puun yhteiseen painoon (%). Pinotihedden kanssa analoginen käsite (kts. NISULA 1961 b).

2. KUIVAPAINOMITTAUS KÄYTÄNNÖSSÄ

Kuivapainomittausmenetelmän kuvaaminen tapahtuu parhaiten norjalaisen menetelmän avulla. Yleisperiaatteet ovat samoja muissakin sovellutuksissa. Seuraava esitys perustuu pääasiassa BRAATHEN ja OKSTADIN (1966) sekä OKSTADIN (1971) julkaisuihin.

Norjalainen kuivapainomittaus perustuu puutavaraerän punnitsemiseen ja erässä olevan veden määrän selvittämiseen purunäytteen laboratorioskäsitelyn avulla. Mittausmenettely on seuraava (kuva 1):

1. Ajoneuvo saapuu vaaka-asemalle, joka on tehtaan portilla.

2. Kuljettaja ilmoittaa kuorman ja mittaaja toteaa mittauskelpoisuuden.

3. Ajoneuvon bruttopaino punnitaan.

4. Puutavarasta otetaan erityisellä laitteella purunäyte.

5. Kuorma puretaan ja ajoneuvo punnitaan (taara). Puutavaran tuorepaino lasketaan.

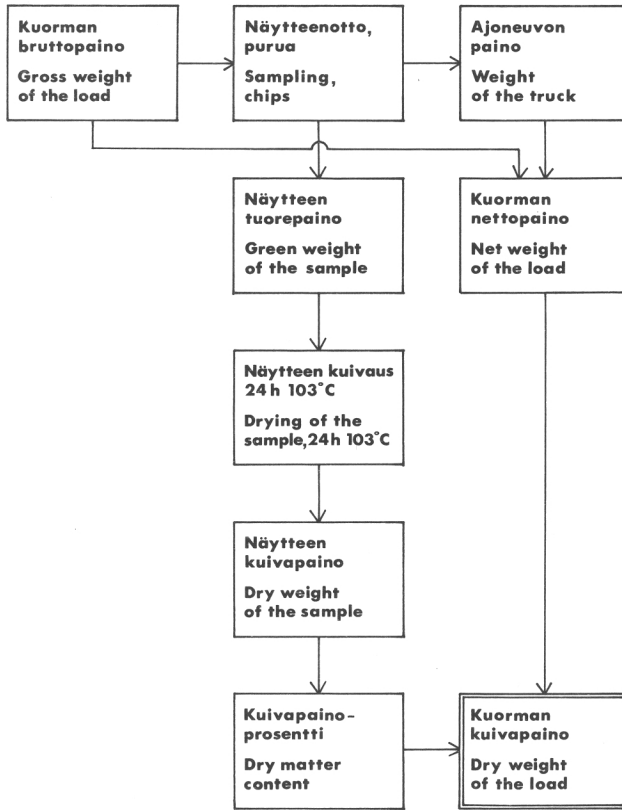
6. Purunäyte punnitaan (tuorepaino) ja pannaan lämpökaappiin $103^{\circ}C$ lämpötilaan.

7. Näyte punnitaan 22 tunnin ja sen jälkeen uudelleen 2 tunnin kuluttua. Jos painot ovat molemmilla kerroilla samat, katsotaan näyte absoluuttisen kuivaksi (kuivapaino).

8. Lasketaan näytteen kuivapitoisuus ja sen sekä puutavaran tuorepainon avulla erän kuivapaino.

Ongelmana on siis puutavaraerän keskimääräisen kosteuden määrittäminen. Kysymys on lähinnä siitä, *kuinka erästä saadaan otetuksi kosteuden suhteen edustava näyte käytännössä mahdollisella tavalla*. Näytteen käsittely ja muut menetelmään liittyvät seikat eivät tässä mielessä tuota vaikeuksia.

Puun kosteus vaihtelee rungossa pituussuunnassa, säteensuunnassa sekä myös samalla korkeudella tangentin suunnassa. Meikäläisistä puulajeista kuusella ja männällä on sydänpuun määrällä ratkaiseva osuus rungon määräkorkeuden kosteuteen ja myös rungon keskimääräiseen kosteuteen, sillä sydänpuun kosteus on alhainen ja suhteellisen vakio. Koivulla ei vastavaa sydänpuun ja pintapuun kosteuseroa vuutta esiinny. Lisäksi elävän puun kosteus vaihtelee mm. vuoden- ja vuorokaudenajasta, kasvupaikasta ja kasvunopeudesta johtuen. Yksittäisten runkojen kosteuden välillä saattaa muistakin syistä johtuen olla huomattavia vaihteluita. Kaadetun puun kosteuteen vaikuttaa lisäksi työstöaste, varastoisajankohta ja sen pituus, sääolot ja varastopaikan laatu.



Kuva 1. Norjalainen kuivapainomittausmenetelmä.
Fig. 1. The Norwegian dry-weight scaling method.

Käytännössä on selvittävää useiden, yleensä monien satojen pölkkyjen muodostaman kuorman keskimääräinen kosteus, johon vaikuttavat edellä esitetyt tekijät. Koska Norjassa on tavoitteena kuoreton kuivapaino, on lisäksi otettava huomioon kuoren paino-osuuden ja tiheyden vaihtelut. Kuoren osuus on kuitenkin käytännössä ratkaistu keskimääräisluvuilla.

Käytännössä mahdollisen näytteenottomenetelmän aikaansaaminen ei edellä olevan perusteella näytä helpolta. Suurin vaikeus on rungon säteensuuntaisten kosteusvaihtelujen huomioon ottamisessa. Perusteellisten tutkimusten jälkeen päädyttiin Norjassa siihen, että ytimeistä pintaan päin avautuvan sektorin muotoisen näytteen ottaminen pölkystä on teknisesti parhaiten toteutettavissa. Norjassa on yleisesti kuitupuun kuivapainomittauksessa käytössä sähkökäyttöinen ketjujyrsin (kuva 2), jolla otetaan sanotun muotoisia näytteitä kuorman sivulla olevista pölkkyistä. Jotta rungon pituussuuntaiset sekä pölkkyjen katkaisupinnoista aiheutuvat kosteudenvaihtelut tulisivat otetuiksi huomioon, ote-



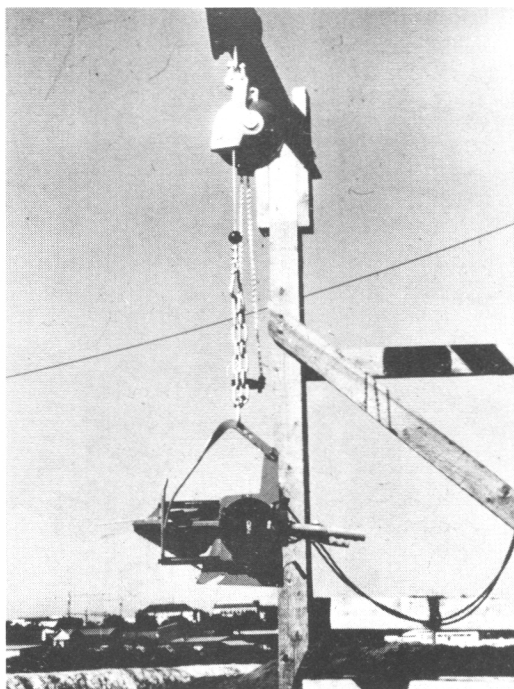
Kuva 2. Näytteenotto norjalaisella jyrsimellä.
Fig. 2. Sampling with the Norwegian chain sampler.

taan näytteet kuorman sivun lävistäjälle sattuvalta linjalta, ei kuitenkaan 10–15 cm:ä lähempää pölkyn päätä.

Ei ole teknisesti mahdollista muotoilla jyrsimen terälaippaa niin, että sektorin kärjestä tulisi täysin terävä, vaan kärki on pyöristetty siten, että oikea raon syvyys jää 15 mm:n päähän ytimeistä. Tämä poikkeaminen todellisesti sektorin muodosta aiheuttaa merkittävää edustavuusvirhettä ainoastaan niillä alle 10 cm:n läpimittaisilla pölkkyillä, joissa on runsaasti sydänpuuta.

Varsinkin havupuilla on tärkeää, että jyrsintä sattuu keskimäärin oikeaan syvyyteen, jotta sydän- ja pintapuun osuudet tulisivat näytteeseen oikein. Tätä varten on jyrsimeen asennettu laite, joka merkkivalon avulla ilmaisee, milloin oikea raon syvyys on saavutettu. Syvyys ei yksittäistapauksissa tule oikeaksi, koska puu harvoin on täsmälleen pyöreä. Keskimäärin oikeaan tulokseen pääsemiseksi on jyrsintäraon syvyyttä tarkkailtava säännöllisesti.

Jyrsinnän aikana puru lämpenee ja ilman kanssa kosketuksiin joutuessaan hieman kuivuu.



Kuva 3. Näytteenottojyrsimen ripustus.
Fig. 3. Hanger of chip sampler.

Systemaattinen kosteusvirhe on erilainen jäätyneellä puulla ja sulalla puulla. Se voidaan ottaa huomioon kokemukseräisinä korjaustekijöinä, jotka vaihtelevat kuivapitoisuusprosenttiyksikköinä ilmaistuina välillä $-1.8. . . +1.3$.

Kosteuden määrittäminen perustuu siis kuorman reunimmaisiiin pölkkyihin. Väärinkäytösten estämiseksi on määrätty, että mikäli reunapölkky näyttävät poikkeavan kosteudeltaan kuorman pölkkyistä yleensä, voi mittaa määrätä kuorman purettavaksi ja sen jälkeen ottaa näytteen mistä pölkkyistä tahansa.

Kaikki saman puulajin puu ei aina ole jalostusarvoltaan samanlaista, vaikka mittayksikköinä olisivatkin absoluuttisen kuivat kilot. Esimerkiksi reaktiopuu, oksapuun ja lahovikainen puu eivät vastaa jalostuksessa virheetöntä puuainetta. Reaktiopuun ja oksapuun tiheys on huomattavasti suurempi kuin virheettömän puuaineksen. Tällöin myös niiden kosteus on tervehettä puuta pienempi. Kun vältetään ottamasta näytettä reaktio- tai oksapuusta, tulee huonompi jalostusarvo osittain huomioon otetuksi kosteuden kautta.

Kuituteollisuudessa voidaan lahon merkitys jakaa seuraavasti: 1. pienentynyt puuaineen tiheys, 2. alhaisempi saanto ja 3. tuotteen huonompi laatu ja suurentunut kemikaalien kulutus terveeseen puuhun verrattuna. Kuivapainomittauksessa ei ensimmäistä kohtaa tarvitse ottaa huomioon, mutta seuraavat ovat sangen merkityksellisiä. Lahon puun tiheys on pienempi kuin virheettömän puuaineen. Keveys tulee punnittaessa otetuksi huomioon, kun sen sijaan tilavuuden mittauksessa lahoa ei oteta huomioon (jollei kysymyksessä ole raakkipölkky). Lahoja on yleisimmin järeissä pölkkyissä, joiden kuivapitoisuus on korkeampi kuin muiden pölkkyjen. Kun vältetään ottamasta näytettä lahosta pölkystä, se merkitsee lahon rankaisemista. Todennäköisesti ei lahon alhaisempi arvo silti tule riittävän suuressa määrin huomioon otetuksi.

Lumen ja jään aiheuttama vaikeus on kaikessa painomittauksessa huomattava. Jos kuorman sivuilla on jäätä ja lunta suhteellisesti yhtä paljon kuin sisällä, pitäisi myös näytteeseen tulla oikea määrä kosteutta lumesta ja jäädästä. Kuorman sisällä olevan lumen määrä arvioidaan ja muutetaan kiloiksi ottaen huomioon erilaisen lumilaatujen erilainen paino. Silti oletetaan, että vain 2/3 lumen ja jään aiheuttamasta lisäpainosta tulee käytännön kuivapainomittauksessa huomioon otetuksi.

3. TUTKIMUKSEN TAVOITE

Vuoden 1969 lopulla saatiin Metsäntutkimuslaitokselle tutkimuksia varten lainaksi Norjan Det Norske Skogforsøksvesen'iltä edellä kuvailtu kuivapainomittauksessa käytettävä näytteenottojyrsin. Koska norjalaisesta kuivapainomittauksesta ei ollut meillä kokemuksia, asetettiin tavoitteeksi

- a) perusteellinen tutustuminen laitteella suoritettavan näytteenoton tekniikkaan
- b) norjalaisella näytteenottomenetelmällä suoritettavan kuivapainon määrittämisen tarkkuuden selvittäminen meikäläisissä olosuhteissa.

Näytteenoton tekniikkaan perehtyminen, joka on pääasiassa käsittänyt jyrsinlaitteen käytön opettelemista, on onnistunut hyvin. Vuosina 1969–1971 laitetta käytettiin kolmessa eri paikassa kaikkiaan yli 20 viikon ajan, ja näin saatiin sangen laaja kokemus käyttötekniikasta.

Näytteenottomenetelmän tarkkuuden tutkiminen aloitettiin lähes välittömästi käytön opettelun alettua, mikä näkyy ensimmäisissä tuloksissa. Käsillä oleva julkaisu sisältää päätulokset näytteenottomenetelmän tarkkuuden selvittelyistä.

Tarkkuus-käsite jonkin mittausmenetelmän yhteydessä koostuu kahdesta osasta seuraavasti:

- a) miten tarkasti ko. menetelmä kuvaa tavoitteena olevaa ominaisuutta tai tunnusta,
- b) miten luotettavasti ko. menetelmä antaa toistettaessa saman tuloksen.

Tässä tapauksessa on kysymys siis toisaalta siitä, miten tarkasti norjalaisella näytteenottomenetelmällä saadaan määritetyksi puuerän keskimääräinen kosteus, ja toisaalta siitä, miten kosteutta kuvaava tulos vaihtelee näytteenottoa useita kertoja toistettaessa.

Tässä tutkimuksessa on menetelmän tarkkuutta selvitelty a) -kohdan mukaisesti vertaamalla toisiinsa näytekiekon ja sen vierestä otetun purunäytteen kosteutta sekä kuorman näytekiekkojen keskimääräistä kosteutta samoin kuorman purunäytteen kosteuteen. Menetelmän b) -kohdan mukaista luotettavuutta on selvitelty vertaamalla toisiinsa samasta kuormasta otettujen purunäytteiden kosteuksia.

4. AINEISTO JA MENETELMÄ

Tutkimusaineisto käsittää kaikkiaan 233 kuormaa jakautuen puulajeittain seuraavasti:

mäntyä	85 kuormaa
kuusta	104 —”—
lehtipuuta	44 —”—

Aineisto kerättiin kuuteen eri otteeseen Oy W. Rosenlew Ab:n tehtailla Porissa, Metsäliitto-yhtymän tehtailla Kirkiniemessä sekä G. A. Serlachius Oy:n tehtailla Lielahdessa. Aineiston laajuus ja rakenne käyvät selville taulukosta 1.

Aineiston alkupäässä on pääpaino ollut näytteenottotekniikan oppimisessa. Mm. laitteen käytössä lähes välttämättömät ripustin ja tasapainoituslaitteet olivat aluksi täysin tilapäisratkaisuja. Vasta Pori II -aineistoa voidaan pitää tässä suhteessa täysipainoisena.

Puuntutkimuksessa on yleisesti tapana ilmoittaa puun kosteus prosentteina kuivapai-

nosta eli siis kosteusprosentteina. Nämä prosenttiluvut ovat erittäin käyttökelpoisia esimerkiksi verrattaessa toisiinsa eri kosteusasteita ja laskettaessa keskiarvoja. Tuorepainosta lasketut vesipitoisuusprosentit tai vastaavasti kuivapitoisuusprosentit ovat tässä mielessä hankalampia, ja niillä suoritettavat laskutoimitukset johtavat monesti teoreettisesti väärin tuloksiin. Tässä tutkimuksessa on kuitenkin käytetty kuivapitoisuusprosentteja jo pelkästään senkin takia, että kuorman tuorepainon muuntaminen kuivapainoksi tapahtuu yksinkertaisimmin juuri kuivapitoisuusprosentin avulla. NISULA on todennut jo vuonna 1961, että ”puutavarakaupoissa on yksinkertaisempaa ja havainnollisempaa laskea puun kosteus sen märkäpainosta eli puuaineksen ja veden yhteisestä painosta”. Nisula on myös kehittänyt termit ”vesipitoisuus” ja ”kuivapitoisuus”. Myös norjalaisissa tutkimuk-

Taulukko 1. Tutkimusaineisto.
Table 1. The investigation material.

Osa-aineiston nimi <i>Name of part material</i>	Aika <i>Time</i>	Puutavara- laji <i>Sortiment</i>	Kuormien luku- määrä <i>Number of loads</i>	Huomautuksia <i>Remarks</i>
Pori I	8.—30.12.69	mä 2-m ku 2-m	10 10	} valitut kuormat eri kuivumis- asteilta — <i>loads selected,</i> <i>different degrees of drying</i>
Kirkniemi	12.2—24.3.70	mä-tukki ku-tukki ku n. 4-m	6 18 10	
Pori II	19.8—5.11.70	mä 2-m ku 2-m lhp 2-m	34 20 9	} kaikki samasta leimikosta, kaatotuoreetta — <i>all loads</i> <i>from the same stand,</i> <i>recently felled</i>
Pori III	12.1—20.1.71	mä 2-m ku 20m	10 5	
Lielahdi	15.6—1.7 ja 9.8—19.8.71	lhp 2-m	35	
Pori IV	24.8—30.9.71	mä ku	25 41	
Yhteensä <i>Total</i>			233	

mä = mäntykuitupuu — *pine pulpwood*
ku = kuusikuitupuu — *spruce pulpwood*
lhp = lehtikuitupuu — *hardwood pulpwood*
tukki — *pulpwood logs*

sisä on käytetty kuivapitoisuusprosentteja, joten vertailuperusteet tutkimustuloksissa ovat samat.

Virhe, joka kuivapitoisuusprosentteja käytettäessä syntyy, on lähinnä teoreettinen, sillä puutavaran kosteus ei lopultakaan vaihteleva kovin paljon ja näytteiden koko on samoin käytännössä melko vakio.

Purunäytteen ottaminen kuormasta on esi-

tetty liitteessä 1. Kuormista tehdyt määritykset ja näytteiden lukumäärät on esitetty kunkin osa-aineiston yhteydessä, koska menettely muuttuu tältä osin tutkimuksen edistyessä.

Purunäytteiden ja kiekkojen kuivapitoisuudet määritettiin lämpökaappikäsittelyn avulla. Kiekoista mitattiin lisäksi tilavuus ksylometrillä tai vedessä punnitsemalla.

5. TUTKIMUSTULOKSET

51. Pori I

Ensimmäinen kokeilu suoritettiin joulukuussa 1969 Porissa. Aineisto käsitti 20 kuormaa 2-metristä kuorellista kuitupuuta. Kuormat oli valittu kaukokuljetusvarastoista siten, että

sekä kuusta että mäntyä oli neljä kuormaa kaatotuoreetta ja kaksi 3, 6 ja 9 kuukautta varastoitua puutavaraa.

Kuormista mitattiin paino autovaa'alla pinomitta sekä kiintomitta pölkyittäin. Purunäytteitä otettiin jyrsimellä yksi kuorman kummal-

takin sivulta. Kuorman joka 10. pölkystä otettiin systemaattisesti vaihtuvista kohdista näytekiekko, joita kertyi yhteensä 40 kappaletta.

Tilavuus- ja painosuhteita koskevia tuloksia on esitetty välittömästi kokeilun jälkeen (LEINONEN 1970 a). Kuormien pinotiheys oli keskimäärin 0.65 (vaihteluväli 0.58–0.69). Keskimääräinen tuoretilavuuspaino vaihteli kaadosta kuluneen ajan mukaan seuraavasti:

	Mänty	Kuusi
Kaatotuore	952 kg/k-m ³	938 kg/k-m ³
3 kk varastoitu	796 —”—	911 —”—
6 kk —”—	696 —”—	689 —”—
9 kk —”—	700 —”—	706 —”—

Vaihtelu on kuormien välillä niin suuri, ettei varastointiajan pituuden vaikutuksesta tilavuuspainoon voida tehdä johtopäätöksiä. Esimerkiksi 9 kk varastoidun tavaran suurempi paino 6 kk varastoitun verrattuna johtunee pelkästään sattumasta.

Purunäytteen kuivapitoisuudeksi saatiin aina 5–10 prosenttiyksikköä korkeampi arvo kuin näytekiekkojen keskimääräinen kuivapitoisuus. Verrattaessa keskenään samasta kuormasta otettuja purunäytteitä havaittiin suuriakin eroja. Kuitenkin oli kaikkiaan 17 havaintoparista 13 sellaista, joissa kuivapitoisuuksien ero on pienempi kuin kolme prosenttiyksikköä. Jyrsintäraon syvyydessä esiintyi myös suuria virheitä, jotka aiheutuivat laitteen käsittelykokeuksen puutteesta. Kuitenkin voitiin todeta, ettei tulosten tarkkuudella ja jyrsintäraon keskimääräisessä syvyydessä sattuneella virheellä ollut riippuvuutta keskenään.

Kokeilun olosuhteet olivat heikot, mm. jyrsintälaitteen ripustus oli epätydyttävä. Tätä kokeilua onkin pidettävä lähinnä laitteistoon tutustumisena.

52. Kirkniemi

Talvella 1970- kerättiin Metsäliitto-yhtymän Kirkniemen tehtaalla 45 kuorman aineisto kuorma- ja otantamittausmenetelmien kehittämistutkimukseen liittyen. Samalla otettiin 35 kuormasta purunäytteitä ja kiekkoja kuivapainomittauksen selvittelyä varten. Koko aineisto on peräisin samasta leimikosta ja se tuotiin tehtaalle kaatotuoreena.

Kuormista mitattiin paino autovaa’alla, pinomitta sekä kiintomitta pölkkyittäin. Purunäytteitä otettiin jyrsimellä kaksi kuorman kummaltakin sivulta eli yhteensä neljä. Osasta aineistoa otettiin purua myös tavallisella moottorisahalla kuorman sivulta. Jokaisesta kuormasta otettiin näytekiekkoja pölkkyttäisen mittauksen yhteydessä, kuitupuusta 20 juoksumetrin välein yhteensä 30 ja tukeista joka 10. pölkystä systemaattisesti vaihtelevista kohdista.

Tilavuus- ja painosuhteita koskevia tuloksia on esitetty välittömästi kokeilun jälkeen (LEINONEN 1970 b). Eri puutavaralajien kuormien lukumäärä, keskimääräiset pinotiheydet ja keskimääräiset tilavuuspainot olivat seuraavat:

	Kuormia	k-m ³ /p-m ³	kg/k-m ³
kuusikuitupuu	12	0.59	948
mäntykuitupuu	2	0.56	988
kuusitukki	24	0.67	888
mäntytukki	7	0.65	933

Korkeat tilavuuspainot aiheutuvat siitä, että talvella havupuu on raskaimmillaan ja että kuormissa ollut lumi on aiheuttanut jonkin verran painonlisäystä. Lumi selittää myös alhaiset pinotiheydet.

Purunäytteen ja kiekkojen keskimääräisen kuivapitoisuuden ero oli 18 kuorman kohdalla pienempi kuin yksi prosenttiyksikkö. Myöskään kovin suuria eroja ei esiintynyt. Moottorisahalla otettujen näytteiden kuivapitoisuus poikesi selvästi sekä kiekkojen että jyrsimellä otetun purun kuivapitoisuudesta. Yleensä näyttää moottorisahalla saadun pienempiä kuivapitoisuuksia. On mahdollista, että moottorisahan terä hakeutuu pölkkyjen välejä kohden ja näin pintapuu muodostaa näytteestä liian suuren osan.

Samasta kuormasta otettujen purunäytteiden kuivapitoisuudet poikkeavat 18 kuorman kohdalla toisistaan vähemmän kuin kolme prosenttiyksikköä. Muiden kuormien kohdalla esiintyksen sijaan suuriakin eroja, joiden tärkeimpänä syynä on nähtävästi ollut laitteen käyttökokeusten vähyys.

Jyrsintäraon keskimääräisessä syvyydessä sattuneella virheellä sekä purun ja kiekkojen kuivapitoisuuksien eroilla ei näyttänyt olevan riippuvuutta keskenään.

Kirkniemen kokeilu antoi myönteisiä tuloksia kuivapitoisuuden määrittämisestä jyrsinlaitteella otetun purunäytteen perusteella. Tulos

ten tarkempaan analysointiin ei kuitenkaan katsottu olevan syytä, koska laitteisto oli vielä puutteellista ja aikaisempia kokemuksia näytteenottotekniikastakin oli vain rajoitetusti.

53. Pori II

531. Aineisto

Syksyllä 1970 jatkettiin Porissa kuivapainomittaukseen liittyviä selvityksiä. Laitteisto, ennenkaikkea jyrsimen ripustus, oli nyt asianmukaisessa kunnossa.

Aineiston kuormat otettiin sattumanvaraisesti tehtaille saapuvista pitkittäin kuormatuista ajoneuvoista. Puutavara oli 2-metristä ja kuorellista, yhtä kuorittua lehtikuitupuukuormaa lukuunottamatta. Aineiston määrä ja kuivapitoisuuden vaihtelu ilmenevät taulukosta 2. Hakuun ajankohtaa pyrittiin tiedustelemaan sekä kuljettajalta että ao. työnjohtajalta.

Kuormista mitattiin paino ja pinomitta sekä otettiin jyrsimellä kaksi purunäytettä kummaltakin sivulta. Kuorman päältä otettiin sattumanvaraisesti 40 näytepölkkyä, joiden paino ja keskuskiintomitta mitattiin pölkyittäin. Pölkkyjen tilavuuspainoon liittyviä tuloksia on julkaistu aikaisemmin (LEINONEN ja PULLINEN 1971). Joka toisesta näytepölkystä otettiin

systemaattisesti vaihtuvista kohdista näytekierokko. Lisäksi otettiin joka toisesta kuormasta joka toisen kiekon sauhauksen yhteydessä aivan kiekon vierestä jyrsimellä purunäyte neljältä eri puolelta pölkkyä. Jos purua näytti kertyvän kovin vähän, tehtiin jyrsimellä uudelleen neljä pistoa, tällä kertaa kiekon toiselle puolelle.

Taulukko 2. Tutkimusaineisto. Pori II.

Table 2. The investigation material. Pori II.

Puulaji <i>Species</i>	Kuormien lukumäärä <i>Number of loads</i>	Kuorman kuivapitoisuus purunäytteestä määritettynä, %, vaihteluväli <i>Dry matter content of the load, based on chips, %, range</i>
Mänty <i>Pine</i>	34	51.8 . . . 70.7
Kuusi <i>Spruce</i>	20	45.2 . . . 73.5
Lehtipuu <i>Hardwood</i>	9	56.0 . . . 76.3
Yhteensä <i>Total</i>	63	

Ennakkotietoja kuivapitoisuusmääritysten tuloksista on esitetty jo aiemmin (LEINONEN 1971).

Taulukko 3. Purunäytteen ja kiekkojen kuivapitoisuuden erotus, Pori II.

Table 3. Difference between the dry matter content of the chip samples and the disks, Pori II.

Puulaji <i>Species</i>	Laskentatapa – <i>Method of calculation</i>			
	jokainen purunäyte erikseen <i>each chip sample separately</i>		purunäyteparit <i>pairs of chip samples</i>	
	vaihteluväli <i>range</i>	kuormien suurimpien erotusten keskiarvo <i>mean of the greatest load differences</i>	vaihteluväli <i>range</i>	keskimäärin <i>average</i>
	prosenttiyksikköä – <i>per cent units</i>			
Mänty – <i>Pine</i>	–9.9 . . . +11.1 (–6.2 . . . +5.3)	–1.25	–5.0 . . . +6.9 (–4.2 . . . +3.7)	–0.82
Kuusi – <i>Spruce</i>	–14.9 . . . +14.8 (–9.3 . . . +10.2)	–2.20	–14.3 . . . +5.5 (–8.2 . . . +4.7)	–1.01
Lehtipuu – <i>Hardwood</i>	–4.6 . . . +3.6	–0.36	–4.2 . . . +2.7	–0.13

Huom! Suluisissa olevat tulokset koskevat aineistoa, josta on poistettu alkuperäisen aineiston molemmat ääriarvot.
The results in brackets denote a material from which both extreme values of the original material have been eliminated.

532. Eri määritystavoilla saatujen kuivapitoisuuksien erot

Taulukossa 3 on esitetty purunäytteeseen ja kiekkoihin perustuvien kuorman kuivapitoisuusmääritysten eroja.

Kuorman kuivapitoisuus on havupuulla saatu purunäytteen perusteella keskimäärin selvästi pienemmäksi kuin kiekkojen perusteella. Lehtipuulla ovat erot tässä suhteessa hyvin pienet.

Taulukossa 4 on esitetty vastaavasti purunäytteen ja sen vierestä otetun kiekon kuivapitoisuusmääritysten eroja.

Norjalaisten tutkimustulosten keskiarvot suunnilleen vastaavanlaisissa oloissa ovat -0.02 ± 0.54 , -0.34 ± 0.21 ja $+0.51 \pm 0.13$ (BRAATHE ja OKSTAD 1964, s. 35). Tämän aineiston ja norjalaisten tutkimusten tulokset ovat siis näiltä osin yhdenmukaisia. Kuvassa 4 on esitetty purun ja kiekon kuivapitoisuuden riippuvuus, kun kiekkojen kuivapitoisuudet on ryhmitelty 5 prosenttiyksikön luokkiin.

Purunäytteen ja sen vierestä otetun kiekon kuivapitoisuuksien eroja testattiin t-testillä. Kuten edelläkin, laskelmissa käytettiin kuormitaisia, kymmenen havaintoparin keskiarvoja. Erot eivät olleet merkitseviä. Testissä käytetyt suuret olivat seuraavat:

x_1 = purujen kuivapitoisuus x_2 = kiekkojen kuivapitoisuus

	\bar{x}_1	$s_{\bar{x}_1}$	\bar{x}_2	$s_{\bar{x}_2}$
Mänty	59.1	6.3	59.6	6.5
Kuusi	59.8	9.8	60.2	9.3
Lehtipuu	60.4	1.5	50.1	1.0

Saadut t-arvot olivat seuraavat:

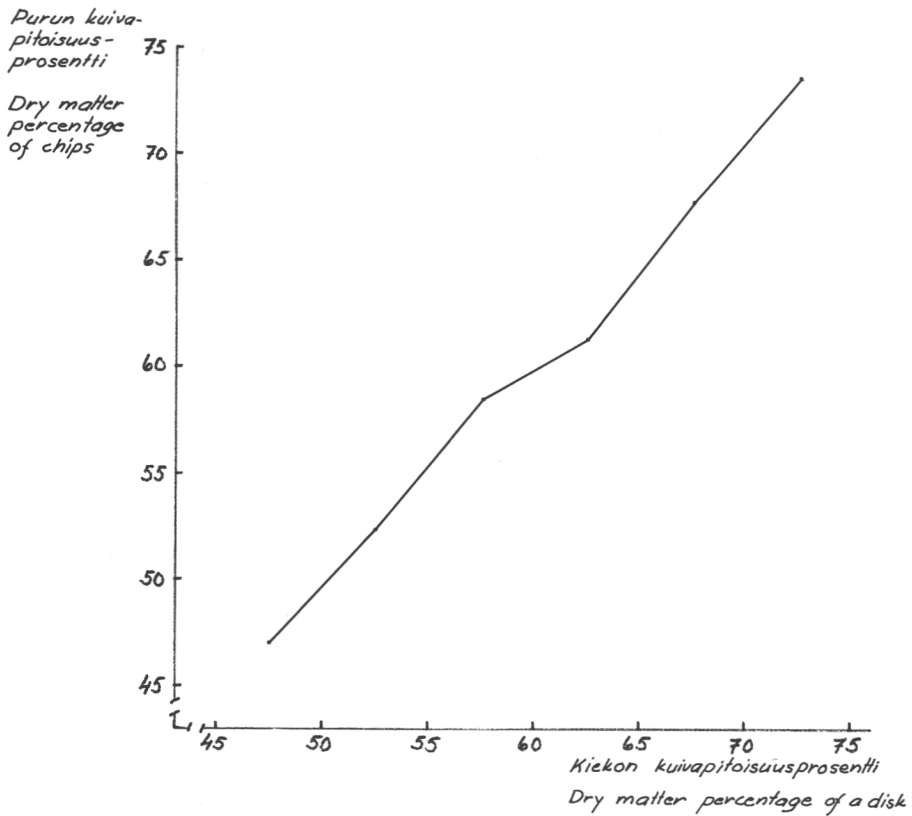
	t-arvo	vapausasteet	t_{50}
Mänty	0.23	36	0.68
Kuusi	0.18	16	0.69
Lehtipuu	0.29	4	0.74

Koska taulukossa 4 esitetyt keskihajonnat perustuvat kymmenestä pölkystä otettujen puru-kiekkoparien keskiarvoihin, saadaan yksittäistä pölkkyä edustavan havaintoparin keskihajonta kertomalla keskihajonta luvulla $\sqrt{10}$. Purunäytteen ja kiekon kuivapitoisuuden keskihajonnat yhtä pölkkyä kohden ovat siten mäännöllä 6.0, kuusella 6.0 ja lehtipuulla 3.3 prosenttiyksikköä. Vastaavat norjalaiset tutkimustulokset (BRAATHE ja OKSTAD 1964, s. 36) ovat 8.5, 6.0 ja 2.8 prosenttiyksikköä. Tulokset ovat yhdenmukaisia.

Taulukko 4. Purunäytteen ja sen vierestä otetun kiekon kuivapitoisuuksien erot kuormasta otetun kymmenen havaintoparin keskiarvoina. Pori II.

Table 4. Difference between the dry matter content of the chip sample and the disk taken from beside it. Pori II.

Puulaji <i>Species</i>	Kuormien lukumäärä <i>Number of loads</i>	Purun ja sen vierestä otetun kiekon kuivapitoisuuksien erotus, prosenttiyksikköä <i>Difference between the dry matter content of the chip sample and the disk taken from beside it, per cent units</i>		
		vaihteluväli <i>range</i>	keskimäärin <i>average</i>	keskihajonta <i>standard deviation</i>
Mänty – <i>Pine</i>	19 (17)	-2.4 . . + 6.4 (-2.0 . . + 1.4)	-0.02 ± 0.44 (-0.02 ± 0.27)	± 1.91 (± 1.10)
Kuusi <i>Spruce</i>	9	-3.8 . . + 1.4	-0.38 ± 0.63	± 1.89
Lehtipuu – <i>Hardwood</i>	3	+0.3 . . + 1.1	+0.60 ± 0.40	± 1.04



Kuva 4. Kiekkon ja sen vierestä otetun purunäytteen kuivapitoisuuksien riippuvuus. Pori II. Kuusi.
 Fig. 4. Correlation between the dry matter content of a disk and a chip sample taken from beside it. Pori II. Spruce.

Purunäytteiden ja kiekkojen vesipitoisuuksien erotukseen vaikuttavina tekijöinä tutkittiin purujen vesipitoisuutta, kiekkojen vesipitoisuuden hajontaa ja jyräntäraon syvyydessä tapahtunutta virhettä. Näillä tekijöillä ja mainitulla erotuksella ei näyttänyt olevan keskinäistä riippuvuutta.

Vastaavat norjalaiset tulokset, jotka on saatu kahden kuorman eri sivuilta otetun purunäytteen perusteella (BRAATHE ja OKSTAD 1964, s. 45) ovat männyllä ja kuusella 3.2 ja koivulla 1.2 prosenttiyksikköä. Tästä aineistosta saadut tulokset vastaavat siis suunnilleen norjalaisia tuloksia.

533. Kuormasta otettujen purunäytteiden kuivapitoisuuden vaihtelu

Kuorman kummaltakin sivulta otettiin kaksi erillistä purunäytettä. Keskimäärin tuli jokaiseen näytteeseen purua 15 pölkystä. Purunäytteitä on käsitelty sekä erikseen että yhdistämällä eri sivuista otetut näytteet kahdeksi näytepariksi (vrt. taulukko 3). Taulukossa 5 esitetään tietoja näin muodostettujen näytteiden kuivapitoisuuksien kuorman sisäisestä vaihtelusta.

534. Purunäytteiden kuivapitoisuuden vaihteluun vaikuttavat tekijät

Samasta kuormasta otettujen purunäytteiden kuivapitoisuuden vaihteluun vaikuttavia tekijöitä selvitettiin valikoivalla regressioanalyysillä. Selittävinä muuttujina kokeiltiin kiekkojen keskimääräistä vesipitoisuutta, purunäytteen vesipitoisuutta, näytteenottoraon syvyydessä sattunutta virhettä ja kuusella lisäksi näytepölkkyjen keskiläpimittaa. Analyysin tuloksia on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 5. Kuormasta otettujen purunäytteiden kuivapitoisuuden kuorman sisäinen vaihtelu. Pori II.
 Table 5. Within-load variation of chip samples taken from the load. Pori II.

Puulaji Species	Laskentatapa – Method of calculation			
	4 purunäytettä/kuorma 4 chip samples/load		2 yhdistettyä purunäytettä/kuorma 2 combined chip samples/load	
	Kuivapitoisuuden keskihajonta, prosenttiyksikköä Standard deviation of dry matter content, per units			
	vaihteluväli range	keskimäärin average	vaihteluväli range	keskimäärin average
Mänty – Pine	0.13. . . 4.61	1.30
Kuusi – Spruce	0.41. . . 8.46	2.26	..	2.63
Lehtipuu – Hardwood	0.33. . . 3.08	0.88	0.10. . . 2.62	0.73

Taulukko 6. Kuormasta otettujen purunäytteiden vesipitoisuuden vaihtelua selittävät tekijät. Regressioyhtälöitä. Pori II.
 Table 6. Factors that affect the water content of chip samples taken from the load. Regression equations. Pori II.

Selittävä: kuorman purunäytteiden vesipitoisuuden variaatiokerroin Factor to be explained: Coefficient of variation of the water content of the chip samples taken from the load	Mänty Pine	Kuusi Spruce	Lehtipuu Deciduous
Vakio – Standard	18.18	58.19	1.32
Selittäjät: – Independent variables: purunäytteiden keskimääräinen vesipitoisuus, % mean water content of chip samples	–0.32	–1.28	–0.56
kiekkojen keskimääräinen vesipitoisuus, % mean water content of disks		0.92	0.59
virhe raon syvyydessä, mm error in the depth of the hole, mm		–0.62	0.32
pölkyn keskiläpimitta, cm mean of the middle diameter of the bolt, cm	–2.88		
Selitysaste, % Degree of explanation, %	23	72	29

Männyllä jäi selitysaste alhaiseksi, eivätkä jäljellä olevat selittäjät sitä kohottaneet. Keskiläpimitan mukaan ottaminen nosti kuusella selitysasteen 56 prosentista 72 prosenttiin. Selvä riippuvuus on nähtävissä vesipitoisuusmääritysten hajonnan ja vesipitoisuusprosentin välillä, korrelaatiokertoimet ovat nimittäin

männyllä 0.47
 kuusella 0.45
 lehtipuulla 0.26

Koska vesipitoisuusmääritysten hajonnalla, joka on ilmaistu variaatiokertoimella, ja vesipitoisuudella on positiivinen korrelaatio, on kuiva-

pitoisuuden hajonnalla ja kuivapitoisuudella vähintään yhtä voimakas negatiivinen korrelaatio. Tämä tulos, jonka mukaan siis kuivapitoisuusmääritysten hajonta kasvaa kuivapitoisuuden pienentyessä, on yhdenmukainen norjalaisten tutkimustulosten kanssa (BRAATHE ja OKSTAD 1964, s. 49).

Jyrsintäraon syvyydessä sattuneet virheet eivät selittäneet vesipitoisuusmääritysten vaihtelua. Kaikkien näytteenottorakojen syvyydet verrattuna teoreettisesti oikeisiin syvyyksiin olivat keskimäärin seuraavat:

männyllä	0.6 mm	liian syvä
kuusella	1.7 mm	liian matala
lehtipuulla	0.9 mm	liian matala

Kuusella oli raon syvyyden virhe huomattavasti suurempi kuin toisilla puulajeilla. Eri puulajit jakautuivat tasaisesti koko tutkimusajankohtaan, joten laitteiden kunto tai käyttökokemuksen määrä ei voi olla syynä eroavuuksiin. Syytä on nähtävästi etsittävä puuaineen ominaisuuksien erilaisuudesta.

535. Kuorman sisäinen kosteuden vaihtelu

Kuormasta otettujen purunäytteiden kuivapitoisuuden vaihtelut kuvasivat osittain myös kuorman sisäistä kosteuden vaihtelua. Kuitenkin antaa kiekkojen vesipitoisuuden vaihtelu siitä paremman kuvan.

Näytekiekkojen (20 kpl) vesipitoisuuden variaatiokerroin, %

	Vaihteluväli	Keskimäärin
Mänty	12.2 . . . 39.9	22.5
Kuusi	6.7 . . . 38.2	19.9
Lehtipuu	5.9 . . . 15.7	9.9

Havupuiden kosteuden vaihtelu oli selvästi suurempi kuin lehtipuiden. Lehtipuilla onnistuu purunäytteiden otto lisäksi paremmin, koska säteensuuntaisia kosteusvaihteluja ei sanottavasti ole. Kuivapainomittaus soveltuu näin ollen lehtipuulle paremmin kuin havupuulle.

54. Pori III

Tammikuussa 1971 suoritettiin Porissa koikeilu, jonka tarkoituksena oli selvittää erityi-

sesti jäätyneestä puusta otettavan purunäytteen käyttökelpoisuutta. Sää oli tuolloin kuitenkin niin leuto, ettei jäätynyttä puuta saatu aineistoon juuri lainkaan. Aineisto käsitti 5 mäntyä ja 10 kuusikuitupuukuormaa. Puutavara oli 2-metristä ja kuorellista, kuormat määrättiin sattumanvaraisesti. Näytteenottomenettely oli sama kuin aineiston Pori II keruussa.

Kuusikuormien kuivapitoisuusprosentti vaihteli välillä 52.7 . . . 70.7. Neljän kuormasta otetun purunäytteen kuivapitoisuuden hajonta vaihteli välillä 0.6 . . . 3.5 (keskimäärin 2.1) prosenttiyksikköä. Vastaavat variaatiokertoimen arvot ovat 0.9 . . . 5.8 % (3.4 %). Kuivapitoisuuden vaihtelu ei näyttänyt riippuvan keskimääräisestä kuivapitoisuudesta.

55. Lielahdi

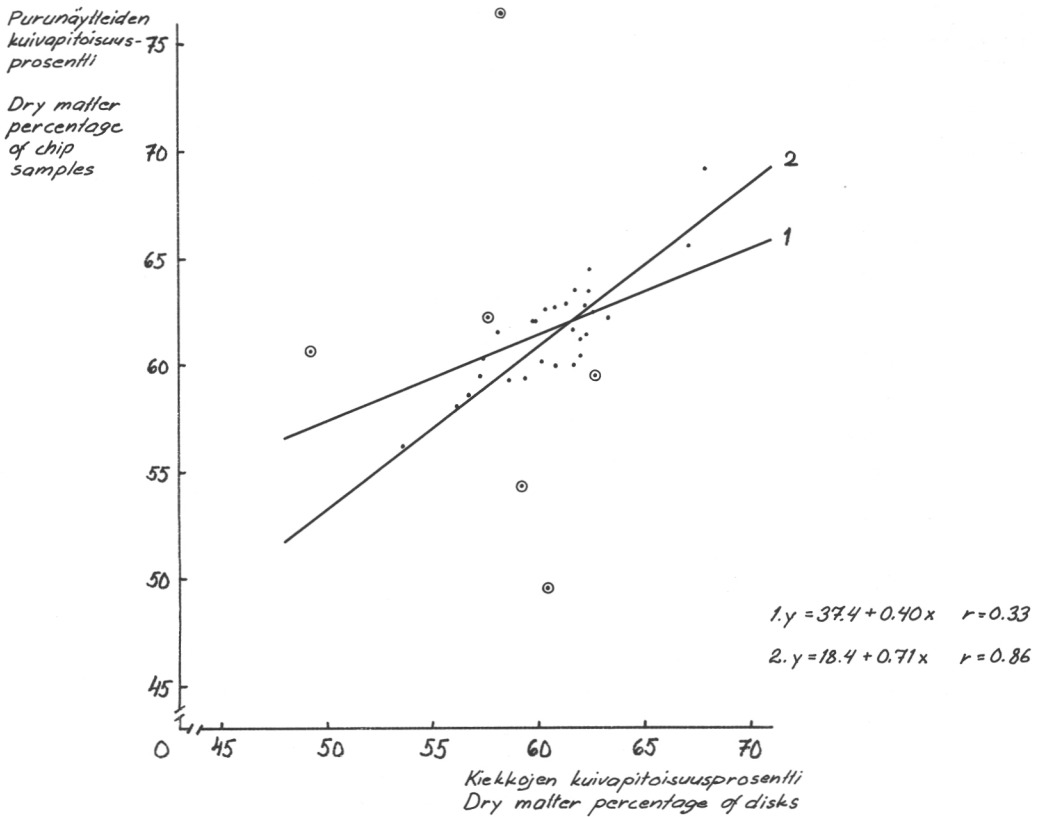
551. Aineisto

Kesällä 1971 suoritettiin G. A. Serlachius Oy:n Lielahden tehtailla purunäytteenottomenetelmän soveltuvuutta lehtikuitupuun mittaukseen koskeva selvitys. Aineisto käsitti 35 kuormaa (1147 p-m³) 2-metristä, kuorellista lehtikuitupuuta. Kuormat otettiin periaatteessa sattumanvaraisesti tehtaalle saapuvien kuormien joukosta. Yleisin puulaji oli koivu, kuitenkin kahden kuorman pääpuulaji oli haapa ja kolmen leppä. Lisäksi oli melkein kaikissa koivu-kuormissa sivupuulajeina leppää, haapaa tai raitaa. Puutavaran ilmoitettu kaatoaika vaihteli kesästä 1969 heinäkuuhun 1971. Purunäytteestä määritetty kuivapitoisuus vaihteli välillä 49.6 . . . 76.4 %.

Molemmilta sivuilta otetun kahden purunäytteen lisäksi otettiin kuormista kuivapitoisuusnäytteitä seuraavasti: Kuormasta otettiin sattumanvaraisesti, yleensä käytännössä kuorman päältä, 20 pölkkyä, joista jokaisesta sahattiin systemaattisesti vaihtuvista kohdista 5 cm:n vahvuinen kiekko. Joka toisen kiekon vierestä otettiin lisäksi purunäyte jyrsimellä menetellen samalla tavalla kuin Pori II-aineistoa kerätessä.

552. Eri määritystavoilla saatujen kuivapitoisuuksien erot

Purunäytteen ja kiekkojen kuivapitoisuuden erot vaihteli välillä -17.4 . . . +21.7 prosent-



Kuva 5. Purunäytteiden ja kiekkojen kuivapitoisuuksien riippuvuus. Kuormakohtaiset havainnot. (Suora 2 piirretty ottamatta huomioon rengastettuja havaintoja). Lielahiti, Lehtipuu.
 Fig. 5. Correlation between the dry matter content of chip samples and disks. Per-load observations (Line 2: the ringed observations excluded). Lielahiti. Hardwood.

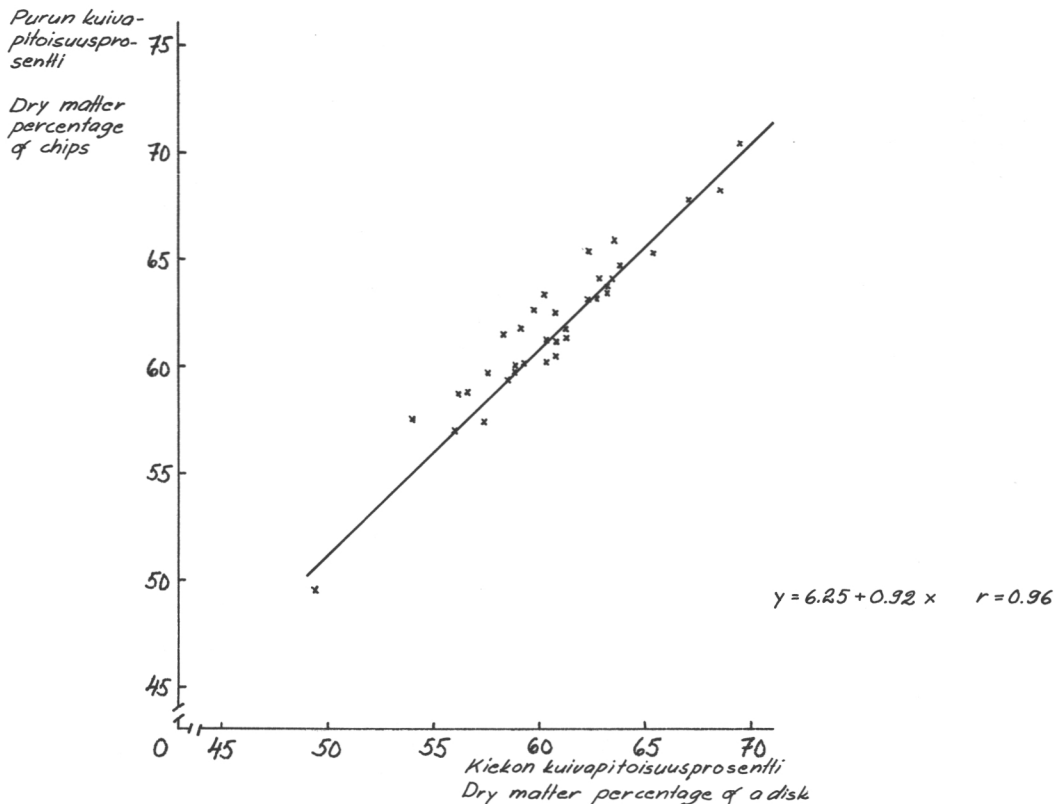
tiyksikköä, kun jokaista purunäytettä käsiteltiin laskelmissa erikseen. Kun eri sivujen purunäytteet yhdistettiin, vaihteli erotus vastaavasti välillä $-13.8 \dots +19.6$ prosenttiyksikköä. Keskimäärin oli erotus $+1.06$ prosenttiyksikköä.

Kuorman kuivapitoisuus on määritetty purunäytteestä selvästi korkeammaksi kuin kiekkonäytteestä. Keskimäärin on kuorman kuivapitoisuus neljän purunäytteen perusteella 61.3% , 20 näytekiekon perusteella taas 60.3% . Tulos on hyvin yhdenmukainen norjalaisten tutkimustulosten kanssa (OKSTAD 1971, s. 147).

Kuvassa 5 on esitetty purunäytteen ja kiekkonäytteen perusteella määritettyjen kuivapitoisuuksien keskinäinen riippuvuus. Korrelaatiokerroin on vain 0.33 . Jos havainnoista poistetaan subjektiivisesti selvästi virheellisiltä näyttävät (merkitty kuvassa ympyrällä) saadaan käsi-

tys oikein otetun purunäytteen ja kuormaa hyvin edustavien näytekiekkojen kuivapitoisuuksien keskinäisestä riippuvuudesta. Näistä kuudesta havainnosta kuuluu neljä jäljempänä käsiteltäviin suurimmat purunäytteen kuivapitoisuuden hajonnat omaaviin kuormiin. Vähennettyjen havaintojen mukaan laskettu korrelaatiokerroin on 0.86 . Keskimääräiset purunäytteen ja kiekkojen kuivapitoisuusprosentit olivat 61.5 ja 60.8 .

Verrattaessa toisiinsa kiekkojen ja niiden vierestä otettujen purunäytteiden kuivapitoisuuksissa huomattavia eroja. Asiaa lähemmin tutkittaessa havaittiin, että 8 tapauksessa pürun määrä oli hyvin pieni ($14 \dots 35$ g), mikä oletettavasti on ollut syynä virheelliseen tulokseen (edustavuusvirhe ja mittausvirhe). Lisäksi oli neljässä tapauksessa pürun kuivapitoisuuden määrittäminen selvästi epäonnistunut



Kuva 6. Kiekon ja sen vierestä otetun purunäytteen kuivapitoisuuksien riippuvuus. Kuormakohtaiset tulokset 10 havaintoparin keskiarvoina. Lielahiti. Lehtipuu.

Fig. 6. Correlation between the dry matter content of a disk and the chip sample taken from beside it. Per-load results as the means of 10 pairs of observations. Lielahiti. Hardwood.

(käsitteily- tai mittausvirhe). Näin on siis havainnoista poistettu yhteensä 12 puru-kiekko-paria, jotka jakautuvat 9 kuorman osalle.

Purun ja sen vierestä otetun kiekon kuivapitoisuuden erotus vaihteli välillä $-0.5 \dots +3.5$ prosenttiyksikköä. Erotusten keskiarvo on $+1.22$ ja hajonta 1.14 prosenttiyksikköä. Purunäytteen kuivapitoisuus on tässäkin tapauksessa selvästi kiekkojen kuivapitoisuutta korkeampi. Koska kuorman sivusta otettu purunäyte verrattuna kiekkoihin antoi vastaavanlaisen tuloksen, voidaan päätellä, että kuorman sivusta otettu purunäyte on ollut keskimäärin yhtä edustava kuin kiekkonäyte. Kiekon ja purun kuivapitoisuuksien ero näyttää tämän mukaan johtuvan pääasiassa purun kuivumisesta.

Kuvassa 6 on esitetty kiekkojen ja vastaavien purunäytteiden kuivapitoisuuksien kuormittaiset keskiarvot sekä havaintoja vastaava regressiosuora. Korrelaatiokerroin on 0.96 .

Yksittäistä pölkkyä edustavan havaintoparin keskihajonta on $1.14 \times \sqrt{10} = 3.6$. Vastaava norjalainen tulos (kts. sivu 13) on 2.8 . Tässä aineistossa on siis vaihtelu jonkin verran suurempi.

553. Kuormasta otettujen purunäytteiden kuivapitoisuuden vaihtelu

Kuormasta otettuja neljää purunäytettä on käsitelty jokaista erikseen. Kuhunkin purunäytteeseen tuli purua keskimäärin 15 pölkystä.

Neljän purunäytteen kuivapitoisuuden hajonta oli $0.3 \dots 0.81$, keskimäärin 2.4 prosenttiyksikköä. Vastaavat variaatiokerrointen arvot ovat $0.5 \dots 15.1$ ja 4.0 %. Vastaava norjalainen tulos (kts. sivu 14) on 1.2 prosenttiyksikköä. Tämän aineiston tulos on siis selvästi norjalaista huonompi.

Heikon tuloksen aiheuttajaa on syytä pohtia hieman tarkemmin. Jos nämä kuusi suurimman hajonnan omaavaa kuormaa poistetaan aineistosta, on keskimääräinen hajonta 1.7 prosenttiyksikköä ja suurin kuormakohtainen hajonta 4.2 prosenttiyksikköä. Kuormissa, joissa hajonta oli poikkeuksellisen suuri, oli yhtä tapausta lukuunottamatta yksi purunäyte muista selvästi poikkeava. Useimmissa näistä oli purunäytteen otto selvästi epäonnistunut. Pitemmälle ei virheiden alkuperää voitu selittää. Vaihtelun aiheuttajina ovat mahdollisia sekä todellinen puun kosteuden suuri vaihtelu (edustavuusvirhe) että näytteen käsittelyssä tapahtuneet virheet (mittausvirhe).

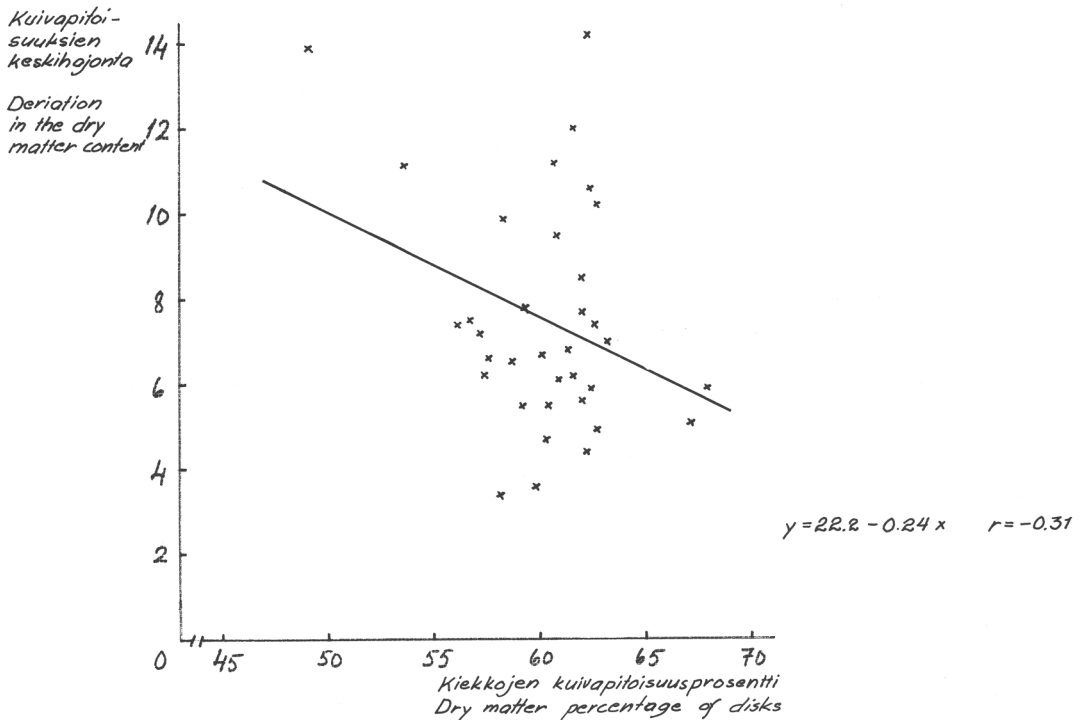
Koska purunäyte otettiin keskimäärin 15 pölkystä, on yhdestä pölkystä otetun purunäytteen keskihajonta keskimäärin $2.4 \times \sqrt{15} = 9.3$ prosenttiyksikköä. Vastaava norjalainen tulos (BRAATHE ja OKSTAD 1964, s. 45) on 3.7 prosenttiyksikköä. Kuormia on norjalaisessa aineistossa 134 ja keskimääräinen kuivapitoisuusprosentti on 58.8 (tässä aineistossa 60...61 %).

Purunäytteen kuivapitoisuuden hajonnan ja keskimääräisen kuivapitoisuuden välinen korrelaatiokerroin oli -0.20 . Voidaan siis havaita lievä suuntaus siihen, että kuivapitoisuuden kohotessa kuivapitoisuuden vaihtelu pienenee.

554. Kuorman sisäinen kuivapitoisuuden vaihtelu

Kuormasta otettujen 20 näytekiekon kuivapitoisuuksien variaatiokerroin vaihteli välillä 3.4...14.2 prosenttiyksikköä. Keskiarvo oli 7.5 prosenttiyksikköä. Vaihtelu on siis hieman pienempi kuin Pori II-aineiston lehtikuitupuulla. Tulos on yllättävä, sillä kuivapitoisuusmäärityksessä esiintyvä suuri vaihtelu edellyttäisi suurta vaihtelua myös tässä kohdassa.

Kuvassa 7 on esitetty kiekkojen kuivapitoisuuden hajonnan riippuvuus keskimääräisestä kuivapitoisuudesta. Kuivapitoisuuden noustessa kiekkojen kuivapitoisuuden vaihtelu pienenee. Korrelaatiokerroin hajonnan ja kuivapitoisuuden välillä on -0.31 .



Kuva 7. Kiekkojen kuivapitoisuuden hajonnan riippuvuus kuivapitoisuudesta. Kukin havainto käsittää 20 kiekkoa. Lielähti, Lehtipuu.

Fig. 7. Correlation between the deviation in the dry matter content and the dry matter content of disks. Each observation contains 20 disks. Lielähti, Hardwood.

555. Purun jyrstäraon syvyys

Otettaessa kuormasta purunäytettä mitattiin jokaisen jyrstäraon syvyys ja pölkyn läpimitta samalta kohdalta. Raon keskimääräinen syvyys verrattuna teoreettisesti oikeaan syvyyteen vaihteli välillä -9. . . +6 mm. Keskimäärin oli jyrstärako jäänyt 0.9 mm liian matalaksi. Jyrstäraon keskimääräisessä syvyydessä sattuneella virheellä ja purunäytteiden kuivapitoisuuden vaihtelulla ei näyttänyt olevan selvää riippuvuutta.

56. Pori IV

561. Aineisto

Kuivapitoisuuden määrittämisen selvittelyä jatkettiin Porissa havupuun osalta edelleen syksyllä 1971. Aineiston määrä ja kuivapitoisuuden vaihtelu on esitetty taulukossa 7.

Kuormat otettiin sattumanvaraisesti tehtaalle saapuvista kuormista. Ilmoitettu kaatoaika vaihteli männyllä kesäkuusta 1969 syyskuuhun 1971, kuusella marraskuusta 1969 samoin kaatotuoreeseen (syyskuu 1971). Vapaanpituinen kuitupuu oli joko kaatotuoretta tai hakattu marraskuussa 1970. Muille tavaralajeille kaatoaika vaihteli esitetyissä rajoissa.

Näytteenottomenetelmä oli sama kuin Lie-lahdessa käytetty. Vapaanpituista kuitupuuta sisältävistä kuormista ja kuitutukkikuormista otettiin kuitenkin vain 10 koe kiekkoa. Näiden kiekkojen vierestä ei purunäytettä voitu ottaa lainkaan, sillä kiekkojen sahaus oli tapahtuttava kuorman päällä.

562. Eri tavoilla määritettyjen kuivapitoisuuksien erot

Taulukossa 8 on esitetty purunäytteeseen ja näytekiekkoihin perustuvien kuorman kuivapitoisuusmääritysten eroja.

Taulukossa 8 kiinnittyy huomio varsinkin 2-metrisen männyn puru- ja kiekkonäytteen suureen keskimääräiseen erotukseen. Muilla puutavaralajeilla ovat erot selvästi pienemmät ja saman suuntaiset kuin norjalaisissa tutkimuksissa. Purunäytteiden perusteella on siis saatu korkeampia kuivapitoisuuksia kuin kiekkonäytteen perusteella.

Kuormien keskimääräiset kuivapitoisuudet eri määrittystavoilla olivat seuraavat:

	mänty	kuusi
purunäytteet (4 yhdessä)	57.4	57.2
kiekot (10 tai 20)	58.9	56.6
erotus	-1.5	+0.6

Taulukko 7. Tutkimusaineisto, Pori IV.

Table 7. The investigation material, Pori IV.

Puutavaralaji <i>Sortiment</i>	Kuormien lukumäärä <i>Number of loads</i>	Kuivapitoisuusprosentin vaihteluväli (purunäytteet) <i>Range of the dry matter content percentage (chips)</i>
Mänty - <i>Pine</i> , 2 m vapaanpituinen <i>random lengths</i>	14	48.4 . . 78.3
kuitutukki <i>pulpwood logs</i>	9	51.4 . . 66.1
	2	50.4 . . 51.3
Kuusi - <i>Spruce</i> , 2 m vapaanpituinen <i>random lengths</i>	17	49.8 . . 66.1
	6	55.1 . . 60.6
kuitutukki <i>pulpwood logs</i>	18	49.1 . . 71.3
Yhteensä - <i>Total</i>	66	

Taulukko 8. Purunäytteen ja kiekkojen kuivapitoisuuden erotus. Pori IV.

Table 8. Difference between the dry matter content of the chip samples and the disks. Pori IV.

Puutavaralaji Sortiment	Laskentatapa – Method of calculation				
	jokainen purunäyte erikseen each chip sample separately			purunäyteparit pairs of chip samples	
	vaihteluväli range	kuormien suurimpien erotusten keskiarvo mean of the greatest load differences	hajonta standard deviation	vaihteluväli range	keski- määrin average
prosenttiyksikköä – per cent units					
Mänty – Pine					
2-m vapaanpit. random lengths tukki pulpwood logs	–15.2...+7.6 (–12.1...+2.3) –11.6...+12.7 (–10.0...+ 8.0) – 5.0...– 2.4	–4.7 +2.0	6.9 7.9	–10.3...+5.3 (–10.0...+4.3) –9.9...+9.8 (–9.2...+9.7)	–2.7 +0.4
Kuusi –Spruce					
2-m vapaanpit. random lengths tukki pulpwood logs	–14.3...+12.2 (– 6.6...+10.3) – 7.9...+19.1 – 5.3...+ 4.3 – 5.1...+ 9.6 (– 3.8...+ 7.9)	+0.6 +1.4 +2.0	6.8 10.0 4.7	–5.9...+6.8 (5.0...+6.7) –6.3...+8.8 (–6.2...+6.5) –2.1...+8.4 (–1.9...+7.2)	+0.4 +0.1 +1.5

Männällä on purunäyte antanut alhaiseman kuivapitoisuuden kuin kiekkonäyte. Kuusella tilanne on päinvastainen, siis yhdenmukainen norjalaisten tulosten kanssa (kts. sivu 13).

Kuvissa 8 ja 9 on esitetty p.o. havainnot sekä vastaavat regressiosuorat. Korrelaatiokerroin on männällä 0.70 ja kuusella 0.78.

Kiekon ja viereisen purunäytteen kosteuspitoisuuksien muodostamia havaintopareja saatiin vain 2-metrisestä kuitupuusta. Näitä purukiekkopareja on käsitelty kuormakohtaisina 10 parin keskiarvoina. Saadut keskiarvot ja niitä vastaavat regressiosuorat on esitetty kuvissa 10 ja 11. Ennen keskiarvojen laskemista poistettiin selvästi virheellisinä 6 havaintoparia. Männällä oli virheellisten tulosten syynä purun vähyys (7 ja 11 gr), kuusella eräissä tapauksissa purun vähyys, eräissä mahdollisesti mittausvirheet.

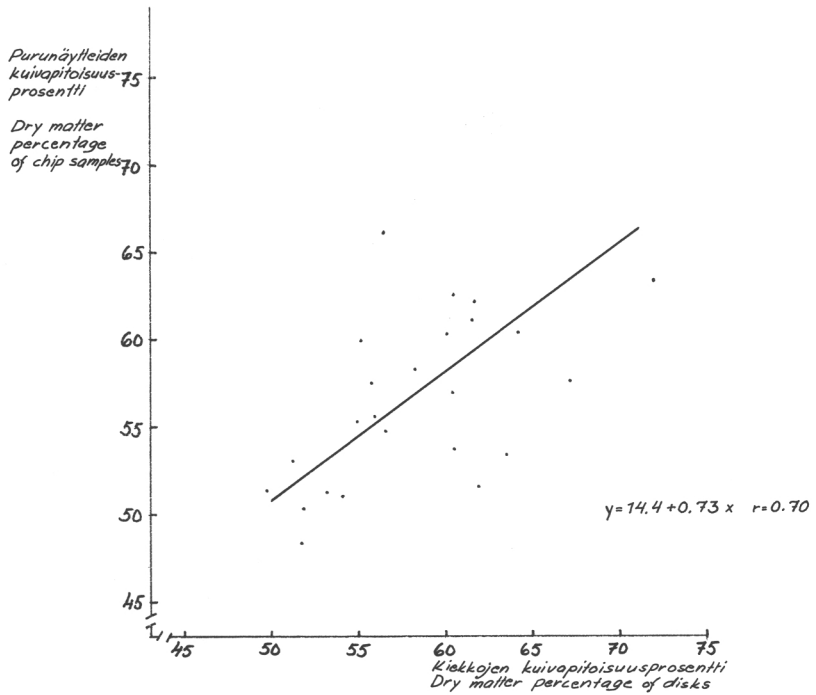
Taulukossa 9 on esitetty purunäytteen ja sen vierestä otetun näytekiekon kuivapitoisuusmääritysten eroja.

Erot ovat siis samansuuntaisia kuin kuorman kuivapitoisuuden eri määrittystapoja vertailtaessa saadut (taulukko 8). On huomattava, että tässä tarkastellut 10 kiekkoa kuuluivat kuorman kuivapitoisuuden määrittämisessä käytettyihin 20 kiekkoon. Korrelaatiokerroin on männällä 0.99 ja kuusella 0.98.

Yksittäistä pölkkyä edustavan havaintoparin keskihajonta on männällä $1.16 \times \sqrt{10} = 3.7$ ja kuusella $1.55 \times \sqrt{10} = 4.9$. Vastaavat norjalaiset tulokset (kts. sivu 13) ovat selvästi näitä suuremmat.

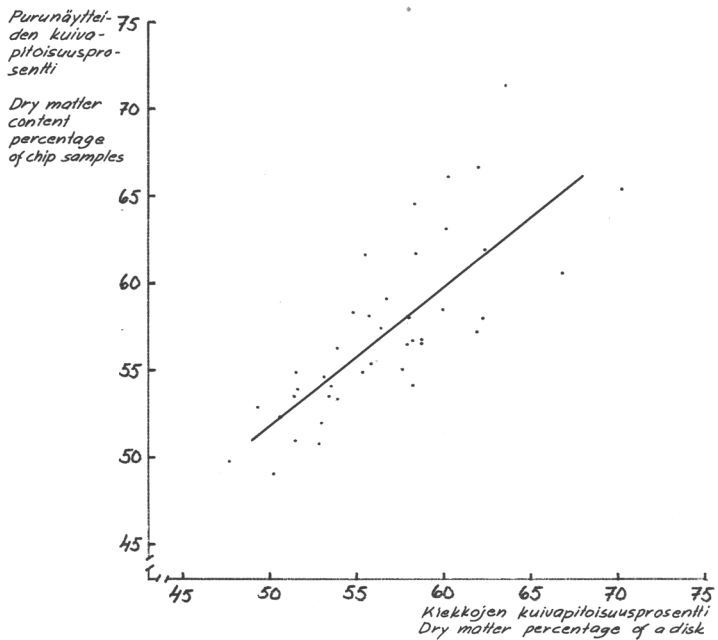
563. Kuormasta otettujen purunäytteiden kuivapitoisuuden vaihtelu

Kuormasta otettuja neljää purunäytettä on käsitelty jokaista erikseen. Kuhunkin näytteeseen tuli purua männällä keskimäärin 14 pölkystä ja kuusella keskimäärin 12 pölkystä.



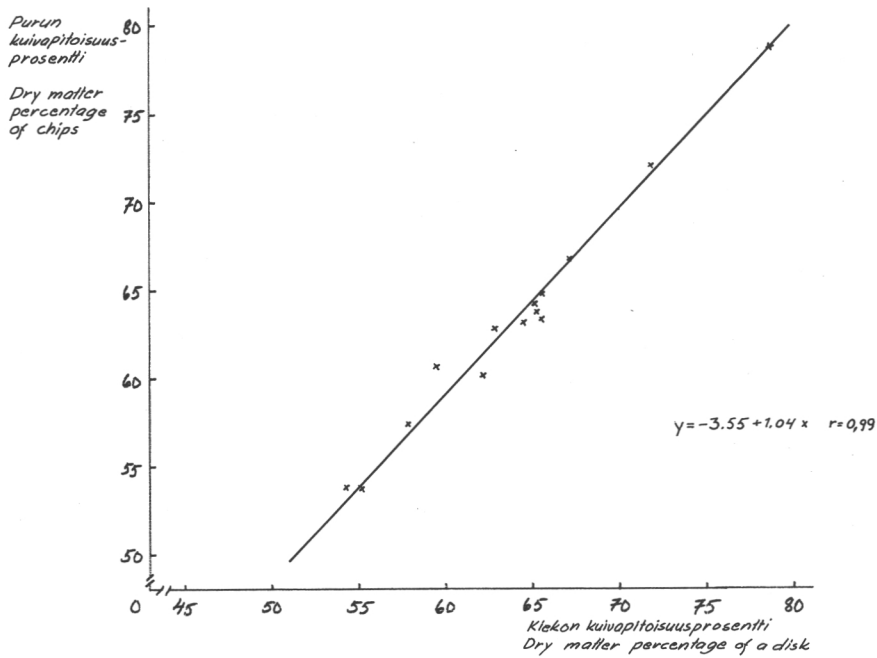
Kuva 8. Purunäytteiden ja kiekkojen kuivapitoisuuksien riippuvuus. Kuormakohtaiset havainnot. Pori IV. Mänty.

Fig. 8. Correlation between the dry matter content of chip samples and disks. Per-load observations. Pori IV. Pine.



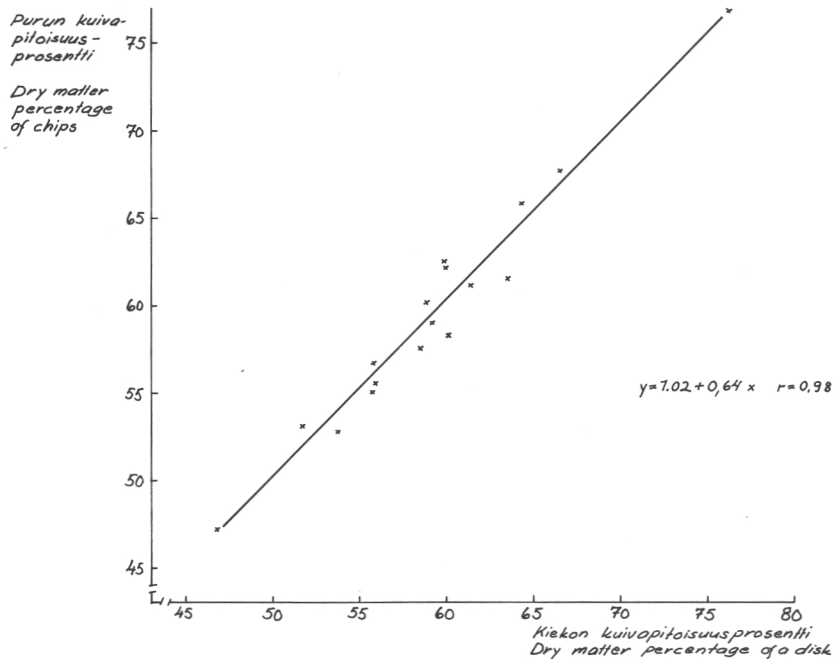
Kuva 9. Purunäytteiden ja kiekkojen kuivapitoisuuksien riippuvuus. Kuormakohtaiset havainnot. Pori IV. Kuusi.

Fig. 9. Correlation between the dry matter content of chip samples and disks. Per-load observations. Pori IV. Spruce.



Kuva 10. Kiekon ja sen vierestä otetun purunäytteen kuivapitoisuuksien riippuvuus. Kuormakohtaiset tulokset 10 havaintoparin keskiarvoina. Pori IV. Mänty.

Fig. 10. Correlation between the dry matter content of a disk and the chip sample taken from beside it. Per-load results as the means of 10 pairs of observations. Pori IV. Pine.



Kuva 11. Kiekon ja sen vierestä otetun purunäytteen kuivapitoisuuksien riippuvuus. Kuormakohtaiset tulokset 10 havaintoparin keskiarvoina. Pori IV. Kuusi.

Fig. 11. Correlation between the dry matter content of a disk and the chip sample taken from beside it. Per-load results as the means of 10 pairs of observations. Pori IV. Spruce.

Taulukko 9. Purunäytteen ja sen vierestä otetun kiekon kuivapitoisuuksien erot kuormasta otettujen kymmenen havaintoparin keskiarvoina. Pori IV.

Table 9. Difference between the dry matter content of the chip sample and the disk taken from beside it. Pori IV.

Purun ja sen vierestä otetun kiekon kuivapitoisuuksien erotus, prosenttiyksikköä Difference between the dry matter content of the chip sample and the disk taken from beside it, per cent units				
Puutavaralaji Sortiment	Kuormien lukumäärä Number of logs	vaihteluväli range	keskimäärin average	keskihajonta standard deviation
Mänty – Pine, 2 m	14	-2.3. . . +1.8	-0.59 ± 0.31	1.16
Kuusi – Spruce, 2 m	17	-2.0. . . +4.0	+0.35 ± 0.19	1.55

Taulukossa 10 on esitetty puutavaralajeittain purunäytteiden kuivapitoisuuden vaihtelu.

Vaihtelu näyttää olevan eri puutavaralajeilla saman suuruinen. Seuraavassa käsitelläänkin puutavaralajeja yhdessä puulajeittain.

Männyllä oli keskimääräinen vaihtelu 2.5 prosenttiyksikköä; vastaava variaatiokerroin arvo 4.3 %. Koska näyte oli otettu keskimäärin

13.5 pölkystä, saadaan yhden pölkyn kuivapitoisuusmäärityksen keskihajonnaksi $2.5 \times \sqrt{13.5} = 9.18$ prosenttiyksikköä. Vastaava norjalainen tulos (kts. BRAATHE ja OKSTAD 1964), joka perustui kahden purunäytteen ottamiseen kaikkiaan 19 kuormasta touko-heinäkuun aikana oli 11.2 prosenttiyksikköä.

Otetaan tarkastelun kohteeksi neljä kuormaa,

Taulukko 10. Kuormasta otettujen purunäytteiden kuivapitoisuuden kuorman sisäinen vaihtelu. Pori IV.

Table 10. Within-load variation of chip samples taken from the load. Pori IV.

Puutavaralaji Sortiment	Neljän purunäytteen kuivapitoisuuksien keskihajonta, prosenttiyksikköä Standard deviation of the dry matter content of four chip samples		
	vaihteluväli range	keskimäärin average	variaatiokerroin, % coefficient of variation, %
Mänty – Pine 2 m		2.5	4.3
vapaanpit. random lengths	0.6. . . 9.4	2.5	
kuitutukki pulpwood logs	0.8. . . 4.6	2.7	
Kuusi – Spruce 2 m		2.5	4.2
vapaanpit. random lengths	0.6. . . 3.4	2.0	
kuitutukki pulpwood logs	0.3. . . 11.1	2.5	
	0.6. . . 13.8	3.6	
	0.6. . . 3.8	2.1	

joissa kuivapitoisuuden vaihtelu on suurin. Seuraavassa asetelmassa esitetään yksittäiset havainnot.

Kuorman numero	Purunäytteiden kuivapitoisuus	Kiekkojen kuivapitoisuus				
		s	I/1	I/2	II/1	II/2
13	3.8	57.3	56.1	48.9	52.2	60.5
18	4.6	64.1	64.9	56.3	56.9	60.1
50	5.1	66.7	70.6	59.8	60.7	71.9
51	9.4	63.5	69.9	51.7	50.4	58.3

Kaikissa tapauksissa on kuivapitoisuuden suuri vaihtelu aiheutunut siitä, että kuorman eri puolilta (I ja II) otetut purunäytteet ovat antaneet toisistaan selvästi poikkeavan kuivapitoisuuden. Kun purunäytteitä verrataan kiekkoihin, havaitaan, että kuormien 13 ja 50 määritykset ovat tässäkin suhteessa epäonnistuneet. Kuormien 13 ja 18 puutavara oli kaadettu marraskuussa 1970, kuorman 50 todennäköisesti syksyllä 1969 ja kuorman 51 maaliskuussa 1971.

Jos poistetaan mainitut neljä suurimman vaihtelun sisältävää kuormaa, on keskimääräinen hajonta 1.9 prosenttiyksikköä eli 7.0 prosenttiyksikköä yksittäistä pölkkyä kohden.

Kuusella on keskimääräinen hajonta myös 2.5 prosenttiyksikköä. Koska näyte otettiin keskimäärin 12 pölkystä, saadaan yhden pölkyn kuivapitoisuusmäärityksen keskihajonnaksi $2.5 \times \sqrt{12} = 8.7$ prosenttiyksikköä. Vastaavat norjalaiset tulokset (BRAATHE ja OKSTAD 1964) vaihtelivat välillä 5.2...11.0 prosenttiyksikköä.

Otetaan tarkastelun kohteeksi kolme kuormaa, joissa kuivapitoisuuden vaihtelu on suurin. Seuraavassa asetelmassa esitetään yksittäiset havainnot:

Kuorman numero	Purunäytteiden kuivapitoisuudet	Kiekkojen kuivapitoisuus				
		s	I/1	I/2	II/1	II/2
1	11.1	76.9	76.9	60.0	55.9	70.2
3	6.9	59.1	61.5	71.9	72.4	60.2
35	13.8	56.7	43.4	77.0	59.2	57.9

Kuormissa 1 ja 3 on eri puolilta kuormaa saatu toisistaan täysin poikkeavat kuivapitoisuudet. Puutavara oli kaadettu syksyllä 1970. Kuorman 35 purunäyte näyttää muuten epäonnistuneen.

Jos poistetaan mainitut kolme havaintoa, on keskimääräinen hajonta 1.8 prosenttiyksikköä eli pölkkyä kohden laskettuna 6.2 prosenttiyksikköä.

564. Kuorman sisäinen kuivapitoisuuden vaihtelu

Kuormasta otettujen 20 näytekiekon kuivapitoisuuksien vaihtelusta esitetään seuraava asetelma:

	Näytekiekkojen (20 kpl) kuivapitoisuuden variaatiokerroin, %	
	vaihteluväli	keskimäärin
Mänty	6.6...22.9	14.5
Kuusi	5.8...20.0	11.4

Näytekiekkojen kuivapitoisuuden vaihtelu on selvästi pienempi kuin Pori II-aineiston vastaava vaihtelu.

57. Tulosten yhteenveto

571. Purunäytteeseen perustuvan kuivapitoisuusmäärityksen tarkkuus

Purunäytteestä määritettyyn kuivapitoisuuteen liittyy ainakin teoreettinen systemaattinen virhe. Se aiheutuu sekä edustavuusvirheestä, koska näyte otetaan kärjestään pyöristetyn sektorin muotoisena, että purun kuivumisesta jyrinnän aikana. Systemaattisen virheen selvittämiseksi tutkimuksessa verrattiin norjalaisella jyrsimellä otetun purunäytteen kuivapitoisuutta näytekiekon kuivapitoisuuteen.

Ensiksi verrattiin kuormasta otetun purunäytteen ja samasta kuormasta otetun kiekkonäytteen kuivapitoisuuksia. Keskeisimmät tulokset ovat seuraavassa asetelmassa.

	Kuivapitoisuuksien erotus, prosenttiyksikköä	
	purunäytteet erikseen, kuormien suurimpien erotusten keskiarvo	purunäytte-parit keskiarvo
Mänty Pori II	-1.3	-0.8
Pori IV 2 m	-4.7	-2.7
vapaanpituinen	+2.0	+0.4
Kuusi Pori II	-3.2	-1.0
Pori IV 2 m	+0.6	+0.4
vapaanpituinen	+1.4	+0.1
tukki	+2.0	+1.5
Lehtipuu Pori II	-0.4	-0.1
Lielähti	+2.0	+1.1

Selvää systemaattisuutta on keskimääräisissä eroissa vaikea nähdä. Suurimpien kuormakoh- taisten erotusten keskiarvot pysyttelevät yleensä ± 2 prosenttiyksikön sisällä. Kahdesta eri puo- lilta kuormaa otetusta puuerästä muodostettu näytepari eroaa kiekkonäytteestä vastaavasti ± 1 prosenttiyksikön rajoissa.

	Purun ja kiekon kuivapitoi- suuden erotus, keskimäärin prosenttiyksikköä
Mänty, Pori II	-0.02 ± 0.44
Pori IV	-0.68 ± 0.31
Kuusi, Pori II	-0.38 ± 0.63
Pori IV	$+0.35 \pm 0.19$
Lehtipuu, Pori II	$+0.69 \pm 0.40$
Lielähti	$+1.22 \pm 0.19$

Männyllä oli purun kuivapitoisuus hieman pie- nempi kuin kiekkoilla, kuusella on eroja molem- piin suuntiin. Lehtipuulla on puru ollut selvästi kuivempaa kuin kiekot.

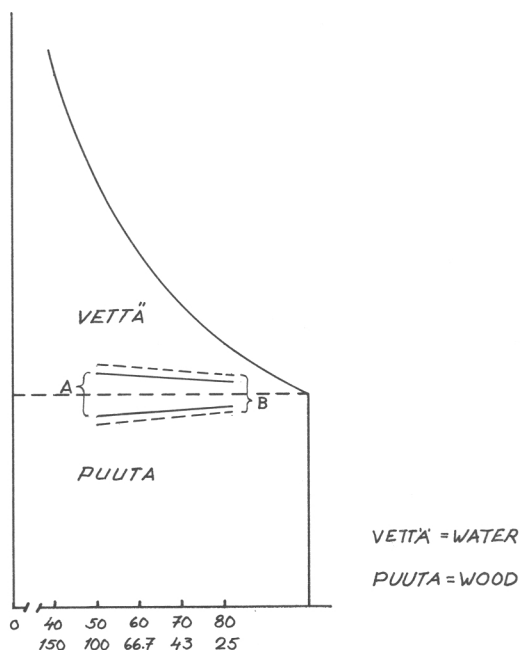
Kaikissa edellä esitetyissä tapauksissa oli kysymyksessä sula puu. Norjassa käytössä ole- vassa mittausmenetelmässä voidaan näytteen- otossa esiintyvää systemaattista virhettä korjata. Korjaus riippuu kuivapitoisuudesta ja siitä, onko puu jäätyneenä vai sulaa. Tässä aineis- tossa oli havupuun kuivapitoisuus 57. . .60 pro- senttia, ja vastaava norjalainen korjaus on noin $+1.0$ prosenttiyksikköä. Kuusen Pori IV-aineis- ton tulokset ovat tässä suhteessa poikkeavia, muuten esitetty korjaus näyttää sopivalta. Leh- tikuitupuulla on norjalaisten korjaus tässä ta- pauksessa (noin 61 %:n kuivapitoisuudessa) -0.9 prosenttiyksikköä. Tulokset ovat siis tar- vittavan korjauksen kanssa yhdenmukaisia. On kuitenkin todettava, että kysymys purunäyt- teestä määritetyn kuivapitoisuuden systemaati- sista virheistä jäi jäätyneen puun osalta koko- naan selvittämättä, ja sulankin puun osalta tiedot ovat epätäydelliset.

572. Purunäytteeseen perustuvan kuivapitoi- suusmäärityksen luotettavuus

Kuivapitoisuusmäärityksen luotettavuutta tutkittiin vertaamalla toisiinsa samasta kuor- masta otettuja useita purunäytteitä. Kuormasta otettiin kummaltakin sivulta kaksi näytettä. Näiden neljän näytteen kuivapitoisuuksien vaihtelu oli keskimäärin seuraava.

Keskihajonta,
prosenttiyksikköä

Mänty Pori II	1.3
Pori IV	2.5
Kuusi Pori II	2.3
Pori IV	2.5
Lehtipuu Pori II	0.9
Lielähti	2.4



Kuva 12. Kuivapitoisuusprosentin ja määrityk- sessä sattuvan virheen havainnollistuminen. A = luottamusväli ± 4.7 prosenttiyksikköä 95 %:n todennäköisyydellä, kun näyte otetaan kuor- man molemmilta sivuilta eli 20 pölkystä. B = luottamusväli ± 7.0 prosenttiyksikköä 95 %:n todennäköisyydellä, kun näyte otetaan kuor- man yhdeltä sivulta eli 10 pölkystä.

Fig. 12. Graphical presentation of the dry matter content and the error that occurs in its determination. A = Confidence limit ± 4.7 per cent units when the sample is taken from both sides of the load, i.e. from 20 bolts. B = Confidence limit ± 7.0 per cent units when the sample is taken from one side of the load, i.e. from 10 bolts.

Vastaavat norjalaiset tulokset, jotka perustuvat kahteen, eri puolilta kuormaa otettuun purunäytteeseen, ovat männyllä 3,2, kuusella 3.3 ja koivulla 1.2 prosenttiyksikköä. Tässä tutkimuksessa saatiin Lielahden koivua lukuunottamatta samansuuntaisia tuloksia kuin Norjassa. Voidaan todeta, että ottamalla näyte kuorman yhdestä kyljestä saadaan kuivapitoisuus määritetyksi noin 2.5 prosenttiyksikön hajonnalla. Vastaavasti saadaan yhden pölkyn kuivapitoisuus määritetyksi ± 10 prosenttiyksikön hajonnalla. Lehtipuulle saatiin Pori II-ai-

neistossa tätä huomattavasti parempi tulos ($\pm 3..4$ prosenttiyksikköä).

Ottamalla näyte kuorman molemmilta puolilta yhteensä vähintään 20 pölkystä, saadaan kuivapitoisuus määritetyksi alle 2.2 prosenttiyksikön hajonnalla eli 95 %:n todennäköisyydellä ± 4.7 prosenttiyksikön luottamusvälillä. Kuvassa 12 on esitetty havainnollisesti sekä kuivapitoisuuden käsite että virherajat otettaessa purunäyte kuorman yhdeltä tai molemmilta sivuilta.

6. KUIVAPAINOMITTAUKSEN KÄYTTÖÖNOTOSSA HUOMIOON OTETTAVIA SEIKKOJA

Tutkimusaineiston perusteella on voitu todeta, että Norjassa kehitetty kuivapainomittauksen näytteenottomenetelmä on periaatteessa käyttökelpoinen myös suomalaisissa olosuhteissa. Laitteen käsittely voidaan vähin vaikeuksin oppia niin, että näyte saadaan tyydyttävästi otetuksi. Tulokset vaikuttavat riittävän luotettavilta, vaikka lehtikuitupuun tuloksissa esiintyykin eroavuuksia eri osa-aineistojen välillä.

Sen sijaan purunäytteeseen perustuvan kuivapainomittauksen systemaattiset virheet eivät tässä tutkimuksessa tulleet riittävästi selvitettyiksi. Jäätynneen puun aineistoa ei tutkimukseen saatu.

Lumen ja jään vaikutus kuivapainomittauksessa kaipaa selvittelyä. Samoin näytteenotto-mahdollisuudet pakkasessa tai kuorman ollessa rapainen ovat selvittämättä. Tärkeä selvitettävä on kysymys lahon puun huomioon ottamisesta kuivapainomittauksessa. Edelleen on selvitettävä, milloin kuivapainomittauksista ei voida käyttää (esim. systemaattisesti erilainen kuivapitoisuus kuorman eri osissa).

Edellä esitetyistä ongelmista erillisenä on kuivapainomittaukseen siirryttäessä selvitettävä mitattavan puutavaran keskimääräinen puuai-

neen tiheys. Tätä tietoa tarvitaan muunnettaessa saatuja kuivapainotuloksia kiintokuutiometreiksi. Kiintokuutiometrejä tarvitaan meikäläisissä oloissa verrattaessa tehdasmittauksen tuloksia metsäpäässä suoritettuun mittaukseen.

Puuaineen tiheyden selvittely tapahtuu tarkoituksenmukaisesti kunkin mittauspaikan (= tehtaan) hankinta-alueittain. Selvittely on suoritettava puulajeittain. Kun pyritään ainoastaan keskimääräiseen tiheyslukuun, ei hankinta-alueita kohden tarvittane laajoja aineistoja. Helpoimmin on selvittely toteutettavissa tehtaalle saapuvasta puutavarasta otettavien kiekoin.

Kuitupuun mittauksessa on siirrytty todellisen kuorellisen kiintokuutiometrin käyttöön. Metsäpäässä kiintokuutiometri voidaan mitata pystymittauksella, hakkuumieslukuun perustuvalla pystymittauksella, pölkkyotannalla tai pinon kiintomittausmenetelmällä. Tehtaalla voidaan käyttää upotusmittausta sekä näytteen kiintomittaukseen perustuvia otantamittausmenetelmiä. Kuivapainomittaus tuo tehdasmittaukseen vaihtoehdon, jolla saadaan nimenomaan tehtaan tuotantoprosessia palvelevaa tietoa puuraaka-aineen määrästä.

KIRJALLISUUSLUETTELO

- BRAATHE, P. & OKSTAD, T. 1964. Omsetning av trevirke basert på veiing og tørrstoffbestemmelser. Trade of pulpwood based on weighing and dry-matter samples. Meddelelser fra Det norske Skogforsøksvesen Nr. 72, Bind XX.
- DIETZ, P. 1972. Vermessung von Industrieholz nach Gewicht. Holz-Zentralblatt, Stuttgart. 98. Jahrgang, Nr. 33, ss. 485–6.
- HAKKILA, P. 1970. Puutavaran pinomittauksen tavoitteenasettelu. Suomen Puutalous no 3/1970.
- LEINONEN, E. 1970a. Oy W. Rosenlew Ab:n painomittaustutkimuksen ennakkotietoja. Metsäntutkimuslaitos, metsäteknologian tutkimusosasto. Konekirjoite 28.1.1970.
- LEINONEN, E. 1970b. Kuormamittausselvitys Kirkniemessä. Metsäntutkimuslaitos, metsäteknologian tutkimusosasto. Konekirjoite 10.6.1970.
- LEINONEN, E. 1971. Kuivapainon määrittäminen norjalaisella puunäytteenottomenetelmällä. Ennakkotietoja tutkimustuloksista (vuonna 1970). Metsäntutkimuslaitos, metsäteknologian tutkimusosasto. Konekirjoite.
- LEINONEN, E. 1971. Puutavaran pinomittausselvitelmät. Metsä ja Puu 6–7.
- LEINONEN, E. & PULLINEN, K. 1971. Tilavuuspaino-otanta kuitupuun mittauksessa. Summary: Green density sampling in pulpwood scaling. Metsäntutkimuslaitos. Folia Forestalia 100.
- NISULA, P. 1961a. Havaintoja koivupaperipuun ja havuohutpuun todellisen puumäärän määrittämisestä punnitsemalla. Pienpuualan Toimikunnan tiedotus n:o 51.
- NISULA, P. 1961b. Polttohakkeen kuivapitoisuuden määrittäminen painomittausta käytettäessä. Summary: Determination of the dry matter content of fuel chips when using measurement by the weight. Pienpuualan Toimikunnan julkaisu n:o 131.
- NISULA, P. 1967. Käytäntöön soveltuvia menetelmiä puutavaran kiintokuutiomäärän määrittämiseksi tilavuuspainon avulla. Summary in English: Methods applicable to the measuring of the solid volume of timber by means of its volume weight. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja – Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 64.6.
- NYLINDER, P. 1958. Orienterade studier över viktvariationer hos helbarkad granmassaved Kungl. Skogshögskolan – Institutionen för virkeslära. Uppsatser Nr 15.
- OKSTAD, T. 1967. Omsetning av lauvtrevirke etter vekt. Det norske Skogforsøksvesen. Skogteknologisk avdelning. Moniste.
- OKSTAD, T. 1968. Vektmåling av bartevirke. Det norske Skogforsøksvesen. Skogteknologisk avdelning. Moniste.
- OKSTAD, T. 1971. Bestemmelse av tørrstoffinnholdet i massevirke. Determination of the dry weight of pulpwood. Meddelelser fra Det norske Skogforsøksvesen nr. 112. Bind XXIX.
- STEMSRUD, F. 1964. Målning av virke etter vekt. Skogseieren Nr 4.
- TUOVINEN, A. 1965. Koivupaperipuun painomittaustutkimus Kemijärvi Oy:ssä. Study on the weight scaling of birch pulpwood at Kemijärvi Oy. Metsätehon tiedotus 245.

Metsäntutkimuslaitos
Metsäteknologian tutkimusosasto

Purunäytteenotto norjalaisella ketjujyrsimellä

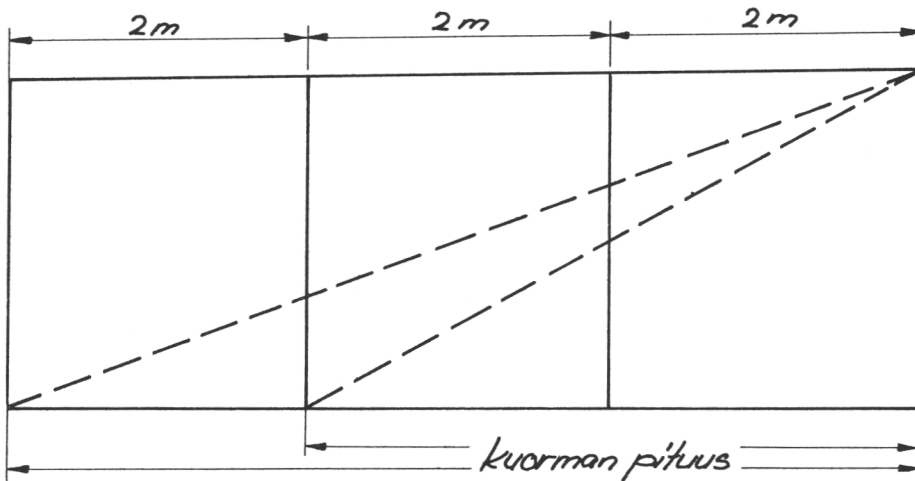
– Purunäyte otetaan kuorman sivusta, jokaisesta pölkystä. (Jos tavara on 2-metristä, ajatellaan kuorman kyljen kuitenkin jatkuvan yhtenäisenä viereiseen 2-metriseen nippuun, ks. kuva!)

– Ensimmäinen pisto sahalla tehdään sivun ylimpään pölkkyyn n. 10...15 cm päähän, seuraava sen alapuolella olevaan pölkkyyn jne. siten, että sahauskohdat sattuvat sivun lävistäjälle.

– Oksankohtia vältetään.

– Sahauksen jälkeen mitataan jokaisen sahausraon kohtisuora syvyys mittatikulla sekä vastaavasta kohdasta pölkyn pystysuora läpimitta mm:n tasaavalla luokituksella.

– Kummastakin sivusta otetaan kaksi näyttää eri pussiin. Pussiin merkitään kuorman numero, sivun numero ja näytteen numero (1 tai 2) (esim. 12/II/1).



- No 161 Olavi Huuri: Eräiden kloorattujen hiilivetyjen vaikutuksesta männyn taimien alkukehitykseen.
The effect of some chlorinated hydrocarbons on the initial development of planted pine seedlings. 2,50
- No 162 Veijo Heiskanen, Antero Kuronen & Paavo Tiihonen: Rinnankorkeusläpimittaan 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 Metsätilastollinen 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,—
- No 167 Paavo Tiihonen: Rinnankorkeusläpimittaan ja pituuteen perustuvat uudet puutavaralajitaulukot.
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,—
- 1973 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 muuntoiuvuista 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 lyhytjaksoinen 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 taimityyppi- ja luokituksen 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 apteraus 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 190 Risto Seppälä: Raakapuun tarjonnasta Suomessa.
On the supply of roundwood in Finland. 4,—
- 1974 No 188 Pirkko Velling: Männyn (*Pinus silvestris* L.) puuaineen tiheyden fenotyypillisestä 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.
- 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- 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: Hebisdirakeiden männyn- ja kuusentaimille aiheuttamista kuorivioituksista.
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 Hakkila & Markku Mäkelä: Jatkotutkimuksia Pallarin kantoharvesterista.
Further studies of the Pallari Stumpharvester. 2,—
- No 201 Matti Leikola & Risto Rikala: Lannoituksen vaikutus männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen 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.
Direct seeding on peatlands.
- No 204 Pentti Hakkila & 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,—