

HAKETUTKIMUSTOIMIKUNTA

4/1968

HAKKEEN MITTAUS

Olli Uusvaara
Metsäntutkimuslaitos

Helsinki 1968

Sisällysluettelo

	Sivu
1. Johdanto	3
2. Tilavuusmittaus	3
21. Mittaustapa	3
22. Tilavuusmittauksen tarkkuus	4
221. Yleistä	4
222. Mittalaatikon suuruus	5
223. Mittalaatikon seinien laatu	6
224. Mittalaatikon täyttötapa	7
225. Mittauspaikka	7
226. Hakurityyppi	11
227. Hakkeen kosteus ja jäätyneisyys	12
3. Painomittaus	12
31. Mittaustapa	12
32. Vaalan tarkkuudesta	14
33. Taaran vaihtelu	14
34. Kosteuden vaihtelu	15
35. Kosteuden määrittäminen	18
36. Hakkeen laadun toteaminen	19
361. Palakokojakautuma	20
362. Epäpuhtaudet	22
Kirjallisuutta	23

1. JOHDANTO

Kuten Puutavaramittauskomitean mietinnössä on määritelty, tarkoitetaan puutavaran mittauksella sen määrän ja laadun toteamista. Koska haketta ja sahanpurua jo nykyisin pidetään puutavarana on katsottu tarpeelliseksi sisällyttää näitä puutavaralajeja koskevat mittausmenetelmät myös mittaussääntöehdotukseen.

Hakkeen määrä ilmaistaan yleensä tilavuusmittana mittayksikön ollessa irtokuutiometri. Jossakin hake-erässä olevaan puumäärään vaikuttaa haketiheys, joka ilmaisee irtokuutiometriin sisältyvän kiintokuutiomäärän. Hakkeen laatuun taas vaikuttavat hakkeen joukossa olevat epäpuhtaudet sekä palakokojakautuma.

Esillä olevan hakkeen mittauksista koskevan kirjallisuuskatsauksen tarkoitus on ensi sijassa selvittää hakkeen laatuun ja mittaustarkkuuteen vaikuttavat tekijät sekä se, mistä tämän ongelman kohdista on nyt jo olemassa riittävän luotettavat tiedot. Lisäksi tarkastellaan kutakin osaongelmaa siltä kannalta, onko jatkotutkimusten suorittaminen tarpeen.

Yhteenvedon on hakkeen mittauksen osalta laatinut maisteri O l l i U u s v a a r a Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosastolta sekä hakkeen laadun osalta dipl.ins. O l a v i I s o m ä k i Sahateollisuuden Sivutuoteyhdistyksestä. Tutkimus on käsitelty haketutkimustoimikunnan kokouksissa v. 1968. Toimikunnan puheenjohtajana toimii professori V e i j o H e i s k a n e n ja jäsenenä dipl.ins. O. I s o m ä k i, vt. prof. O. L i i r i ja maist. I. P a l e n i u s .

2. TILAVUUSMITTAUS

21. Mittaustapa

Hakkeen kaltainen massa-artikkeli on tilavuusmitan määrittämiseksi mitattava jossakin, mieluummin säännöllisen muotoisessa mittalaatikossa. Yleensä mittalaatikkona on kuljetusvälineen korkealaitainen kuormalava. Mittayksikkönä käytetään yksinomaan irtokuutiometriä ($i-m^3$), jolla tarkoitetaan mittalaatikon hakkeella täytet-

tyä tilavuutta. Käytettävä mittayksikkö on analoginen pinokuutiometrin ($p\text{-m}^3$) kanssa. Yksikkö sisältää sekä haketta että hakepalasten välistä ilmatilaa. Hakkeen suhteellinen paljous irtokuutiometrissä ilmaistaan haketiheyden avulla. Se ilmaisee sadanneksina, (esim. 0.40), kuinka monta osaa kuutiometrissä on haketta (esim. 40 %).

Hakkeen tilavuusmittauksesta meillä ei ole virallisia määräyksiä. V. 1965 antoi puutavaranmittauskomitea kuitenkin mietinnössään ohjeet myös tästä mittaustavasta. Ohjeiden tärkeimmät säännökset ovat seuraavat (Puutavaranmittauskomitea):

- Kuutiomäärä pyöristetään lähimpään kuutiometrin kymmenesosaan
- Säiliön mitat pyöristetään lähimpään täyteen senttimetriin ja mitattavan erän korkeuden mitta lähimpään täyteen ja puoleen desimetriin
- Kuorma on tasoitettava ennen mittausta, ellei erän korkeudesta muutoin päästä sopimukseen
- Jos irtomitalla mitattavan tavaran joukossa on jotakin laatuvaatimukset täyttämätöntä puuta tai lunta voidaan tehdä silmämääräiset mittavähennykset
- Jos hakkeeksi valmistettava puutavara joudutaan mittaamaan ennen haketusta, voidaan muuntolukuja käyttämällä saada selville pinomittayksiköstä saatava hakemäärä, jos on kysymys määräpituudesta pinotavarasta. Muuntoluvut saadaan hake- ja pinotiheyksien perusteella, ja ne julkaistaan maatalousministeriön päätöksessä
- Jos sitä vastoin raaka-aine on hajapituista, sen pinomittaus on vaikeaa. Sellaisessa tapauksessa ei voida esittää yleisiä muuntolukuja, vaan on tyydyttävä osapuolten keskinäiseen sopimukseen.

22. Tilavuusmittauksen tarkkuus

221. Y l e i s t ä

Hakkeen tilavuusmittauksella eli irtomittauksella tarkoitetaan hakkeen paljouden ilmaisemista säilytys- tai kuljetussäiliön sisä-

mittojen mukaisena tilavuutena mittaamalla säiliön pituus ja leveys tai lieriön muotoisen säiliön halkaisija sekä mitattavan erän korkeus tasoittamisen jälkeen säiliön laidasta ellei muunlaisesta mittauksesta ole sovittu (Puutavaranmittauskomitean mietintö). Mittaus suoritetaan hakekaupoissa käytössä olevan tavan mukaisesti ajoneuvossa määräpaikkaan toimitettuna.

Hakkeen tilavuusmittauksella pyritään tietyn hake-erän todellisen puumäärän selvittämiseen. Siihen vaikuttavat:

- Mittausvirheet
- Hakkeen tiheyden vaihtelut

Tutkimusten ja käytännön kokemusten mukaan tiedetään, että tilavuusmittauksen tarkkuuteen vaikuttavat ennenkaikkea seuraavat tekijät

- Mittalaatikon suuruus
- Mittalaatikon seinien laatu
- Mittalaatikon täyttötapa
- Mittauspaikka (so. toimitetaanko mittaus ennen kuljetusta vai vasta sen jälkeen)
- Hakkurityyppi, jolla hake on tehty
- Hakkeen kosteus ja jäätyneisyys

Kutakin näistä tarkastellaan seuraavassa suoritettujen tutkimusten valossa.

222. M i t t a l a a t i k o n s u u r u u s

Mittalaatikon suuruuden vaikutusta saatavaan mittaustulokseen on tarkastellut H e i s k a n e n (1963b)(vrt. L u o m i 1959).

Hänen tutkimusaineistonsa käsitti kaikkiaan 43 autokuormallista haketta, joista 10 oli valmistettu Karhula 1200/2, 10 Karhula 312-, 13 Lokomo ZH 36 A ja 10 Hake M 7 A-hakkurilla. Kuljetusmatkat olivat eri hakkureiden hakkeelle vastaavasti 7-75 km, 5-65 km, 40-62 km ja 60-80 km. Jokaisen kuorman tilavuus- ja painomitta määritettiin tarkasti ja sen lisäksi täytettiin joka kuormasta 10 kpl 100 litran, 10 kpl 200 litran ja 10 kpl 500 litran vetoisia laatikoita. Puolet laatikoista täytettiin sulloen ja puolet sullomatta (lapioidmalla).

Tärkeimmät tutkimustulokset olivat seuraavat:

- Sullomatta vertailu osoittaa, että laatikon suuruudella ei ole vaikutusta ko. laatikon suuruksissa.

- Jos hake pakataan tiukkaan laatikoihin saadaan yli 10 % korkeampi irtokuutiometripaino kuin lapioiduissa laatikoissa.

- Lapioidulla täytetyt laatikot sopivat käytännön tarkoitukseen paremmin kuin tiukkaan pakatut laatikot, joissa saatava irtokuutiometripaino on sitä suurempi mitä pienemmässä laatikossa punnitseminen tapahtuu.

- Laatikoissa saatu irtokuutiometripaino on autokuormapainoon verrattuna sitä pienempi, mitä tiheämpää hake on autokuormassa.

- Lapioidulla täytetyissä poikkileikkaukseltaan suorakaiteen muotoisissa 100 - 500 litran vetoisissa laatikoissa saadut irtokuutiometripainot ovat seuraavat prosentteina autokuormassa kuljetuksen päätyttyä punnituista painoista:

Karhula 1200/2	80.85 ± 0.34
Karhula 312	86.78 ± 0.38
Hake M 7 A	84.43 ± 0.27
Lokomo ZH 36 A	88.52 ± 0.46

- Sallitun otannasta johtuvan virheen ollessa 5 % on laatikoita punnittava Lokomo ZH 36 A-hakkeesta vähintään kolme kustakin autokuormasta ja muista hakkeista vähintään kaksi haluttaessa laatikkopunnituksin selvittää autokuormassa saatava hakkeen yksikköpaino,

Ko. tutkimus osoittaa käytäntöä varten riittävän luotettavasti mittalaatikon suuruuden vaikutuksen. On myös ilmeistä, että niissä rajoissa, joissa autonlavan tilavuus vaihtelee, ei lavan suuruutta tarvitse ottaa huomioon.

223. M i t t a l a a t i k o n s e i n i e n l a a t u

Mittalaatikon seinien laadun vaikutuksesta tilavuusmittauksen tarkkuuteen ei ole tehty tutkimuksia, mutta on itsestään selvää, että pehmeät tai huonosti kiinnitetyt lavan seinät merkitsevät epätarkkaa mittaa.

Ongelma ei ole niin tärkeä, että se edellyttäisi erikoistutkimuksen suorittamista.

224. Mittalaatikon täyttötapa

Hakkeen kuormaus kuljetusvälineeseen eli mittalaatikon täyttötapa vaikuttaa myös jossain määrin saatavaan mittaustulokseen. Täyttötavat ovat seuraavat: siilosta pudottamalla, hakkurilla puhaltaen, lapioimalla tai kuljettimella kuormaten.

Yleissuuntana on, että hakkurilla puhaltaen saadaan hake tiheämpään kuin lapioimalla tai kuljettimella kuormattaessa. Siilosta pudottaminen lienee näiden mainittujen tapojen välillä hakkeen tiheyden kannalta.

Tutkimustuloksia asiasta on saatavissa vain vähän ja ne koskevat etupäässä laatikkomittauksia (Thunell 1952, Redgörelse... 1958, Nylinder 1958, Heiskanen 1963b). Kahdessa viimeksimainitussa tutkimuksessa aineisto käsitti 673 m³ ja 43 autokuormaa haketta, muiden kohdalla aineiston suuruus on tuntematon. Kuitenkin on havaittu, että laatikkoon tai kuormaan menevä hakemäärä saadaan huomattavasti lisääntymään, jos hake tavalla tai toisella pakataan. Heiskasen (1963b) saamat tulokset osoittavat, että tallatun hakkeen kuutiometripainot ovat yli 10 % korkeampia kuin lapioitujen laatikoiden antamat hakkeen painot. Thunellin (1952) suorittamissa kokeissa saatiin kuljettimelta vapaasti pudonneen hakkeen tiheydeksi 37.8 %, kun taas laatikkoon puhalletun hakkeen tiheys oli 43.5 %. Lisätutkimuksia mittalaatikon täyttötavan vaikutuksesta tilavuusmittauksen tarkkuuteen ei tarvitse suorittaa.

225. Mittauspaikka

Kuljetusvälineessä saatavaan mittaustulokseen vaikuttaa varsin paljon se, suoritetaanko mittaus ennen kuljetusta vai vasta sen jälkeen, sillä hakkeen tilavuusmitta pienenee kuljetuksen aikana.

Tämä johtuu kolmesta tekijästä, nimittäin mekaanisesta painumasta, kuormatilan muuttumisesta sekä hakepalojen kuormasta putoamisesta. Mainituista seikoista ensiksimmäisellä, mekaanisella painumalla, on käytännössä suurin vaikutus hakkeen mitattavaan määrään. U u s - v a a r a n (1968) metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosastossa suorittama tutkimus, joka käsittelee sahanhakkeen painoa ja tiheyttä, käsittää verraten laajan aineiston (yhteensä 220 mitattua hakekuormaa), joten useat sahanhaketta ja myös mittauspaikan vaikutusta koskevat kysymykset saataneen riittävän luotettavasti selvitetyiksi.

Lisäksi ovat varsinaista painumaa meillä selvittelleet L u o - m i (1959), S i i m e s ja L i i r i (1959), J ä n t t i (1962), H e i s k a n e n (1962) sekä T a i p a l e (1962 ja 1963). Ruotsalaisista tutkimuksista mainittakoon T h u n e l l o c h T h a l e n (1961) ja Skogsstyrelsens Bränsleflisundersökning (1966). Tärkeimpinä painumaan vaikuttavina tekijöinä voidaan pitää seuraavia:

- Kuljetustapa
- Kuljetusmatka
- Tien laatu
- Hakkeen kosteus
- Hakkeen palakoko
- Puulaji
- Kuorman korkeus

Edellä esitetyn lisäksi voidaan ajatella eräiden muiden seikkojen kuten lastaustavan, kuljettajan ajotavan, auton lavamallin sekä hakkeen tikkuisuuden, puruisuuden ja kuoripitoisuuden vaikuttavan painuman suuruuteen.

Eniten vaikuttaa painuman suuruuteen kuljetusmatkan pituus sekä tien laatu. Mitä pitempi on kuljetusmatka sen suurempi on painuma. On myös todettu, että pitempien kuljetusmatkojen ollessa kyseessä painuma kasvaa aluksi jyrkästi ja tasoittuu sitten vähitellen.

H e i s k a s e n (1962) tutkimusten mukaan mänty-, kuusi ja koivurangasta ja pinotavarasta lastutetun hakkeen painuma oli 1 - 90 km:n matkalla 1.4 - 6.2 %. Aineisto käsittää neljästä hak-

kurityypistä kaikkiaan 157 hakekuormaa. L u o m i (1959) on pääty-
nyt lehtipuuran- ja koivuhalkohakkeen kohdalla 1.5 - 5.0 % painu-
maan n. 30 km:n matkalla (aineisto 107 i-m³). S i i m e s ja
L i i r i (1959) arvelevat vajoaman auto- ja rautatiekuljetuksen
aikana olevan suuruusluokkaa 4 - 8 %.

U u s v a a r a n (1968) mukaan olivat painumat eri kuljetus-
matkoilla seuraavat:

Kuljetusmatka, km	Painuma, %	Kuormia, kpl
1 - 15	3.8	73
16 - 40	5.0	42
40 +	5.3	74

Vetoauton painuma on osoittautunut pienemmäksi kuin erillisen
perävaunun painuma. Kyseisessä tutkimuksessa saatiin vetovaunun
ja perävaunun painumien keskiarvoiksi 4.0 % ja 6.6 %.

T h u n e l l ja T h a l e n (1961) ovat saaneet seuraa-
vat painuma-arvot (aineisto 28 hakekuormaa):

Painuma, %	5 km	10	20	30	40	100
Vetovaunu	2-3	2.5-3.5	3-4.5	3-5	3.5-5.5	4-7.5
Perävaunu	3-4	3.5-5	4-6.5	4.5-7	5-8	6-11

Toisen Ruotsissa tehdyn tutkimuksen mukaan saatiin veto- ja perä-
vaunulle seuraavat painumaprosentit talvi- ja kevätaikana (Skogs-
styrelsens Bränsleflisundersökning, 1966, aineisto 64 kuormaa):

	20 km		70 km		130 km		155 km	
	Vetov.	Peräv.	Vetov.	Peräv.	Vetov.	Peräv.	Vetov.	Peräv.
Talvi	2.9	4.3	5.0	5.5	4.0	5.1	5.2	6.2
Kevät	3.6	3.3	4.3	4.0	7.5	8.5	7.5	8.0

Viimeksimainituissa kolmessa tutkimuksessa hake on kuormattu auton
lavalle siilosta pudottamalla.

Tien laatu vaikuttaa luonnollisesti kuljetusmatkan ohella pai-
numan suuruuteen. Tien vaikutuksesta ei ole tehty tutkimusta, mutta
on selvää, että huono tie tärisyttää kuormaa enemmän kuin hyvä tie,
jolloin myös painuma on suurempi.

Tutkimusten mukaan (mm. Skogsstyrelsens... 1966, U u s v a a - r a 1968) painuma kasvaa matkan pidetessä aluksi jyrkästi ja myöhemmin enää hyvin vähän. Pitkillä kuljetusmatkoilla suurin osa kuorman vajoamasta tapahtuneekin ensimmäisten 40 km:n aikana. Eri-tyisen huonoilla teillä painuma kasvanee jyrkästi jo matkan alkuvaiheessa kun taas hyvällä tiellä vajoamaa tapahtuu ilmeisesti tasaisemmin koko matkan ajan. Tutkimusten yhteydessä on myös ilmennyt, että painuman suuruus on erilainen kuorman eri osissa. Kuormatilan laitojen lähellä ja erityisesti kuorman peräosassa on painuma suurempi kuin muualla.

Hakkeen kuljetuksessa osa vajoamasta syntyy kuormatilan muuttumisen vaikutuksesta. Autokuljetuksissa tämän seikan merkitys on yleensä verrattain vähäinen. Asia on hakkeen rautatiekuljetuksissa ehkä hieman toisin. J ä n t t i (1962) mainitsee, että rautatievaunun kuljetustila voi pitkän kuljetusmatkan aikana muuttua varsin paljon siten, että vaunun yläosa levenee ja siten kuorman korkeus alenee. Hän arvelee todellisen vajoaman pitkillä kuljetusmatkoilla olevan lähellä kymmentä prosenttia. Toisaalta nykyisin yleisiksi tulleet hakkeenkuljetusvaunut vähentävät kuormatilan muuttumisen vaikutusta.

Kuljetusmatkan aikana saattaa avonaisesta hakekuormasta, joka tavallisesti on kekomainen ja kohoaa laidan yläreunaa korkeammalle, varista lastuja tielle etenkin jos kuljetetaan kuivahattanutta haketta. (mm. T h u n e l l och T h a l e n 1961, H e i s k a n e n 1962, T a i p a l e 1962). Tämän seikan merkitystä ei ole varsinaisesti tutkittu, mutta varisemisen aiheuttamalla häviöllä on kokemusten mukaan merkitystä vain harvoissa tapauksissa.

Mittauspaikan merkitys saatujen tulosten tarkkuuteen käy selville myös seuraavista hakkeen tiheysluvuista, jotka on laskettu autokuormista ennen ja jälkeen kuljetuksen (U u s v a a r a 1968, aineisto 146 kuormaa): Keskimääräiset kuljetusmatkat on laskettu hakekuormilla punniten.

	Tiheys sahalla $k-m^3 / i-m^3$	Tiheys tehtaalla $k-m^3 / i-m^3$	Kuljetusmatka, km
Kuusihake	0.372	0.392	37
Mäntyhake	0.378	0.396	57
Ku-mä-sekahake	0.371	0.386	32
Keskimäärin	0.374	0.393	43

Tärkeimpinä hakekuorman painumaan vaikuttavina tekijöinä voidaan pitää kuljetusmatkaa ja -tapaa, tien laatua sekä hakkeen ominaisuuksia. Painuma kasvaa yleensä kuljetusmatkan pidentyessä siten, että suurin osa vajoamasta tapahtuu matkan alkuvaiheessa jonka jälkeen painuma tasaantuu. Lyhyemmillä, alle 40 km:n matkoilla painuma vaihtelee 1.5 - 5.0 % ja pitemmillä matkoilla 5.0 - 7.5 %. Vetovaunun painuma on 1 - 2 % perävaunun painumaa pienempi. Hakkeen kuljetuksessa tapahtuva vajoama on itse asiassa hakkeen tihentymistä ts. hakkeen kiintomitan lisääntymistä irto-kuutiometriä kohti, joten kyseisellä ilmiöllä on merkitystä sekä hakkeen mitattavaan määrään että kuorman sisältämään todelliseen puumäärään. Hakkeen määrää koskevia lukuja esitettäessä olisi siten aina ilmoitettava, onko mittaus tapahtunut ennen vai jälkeen kuljetuksen.

Edellämainittujen lukuisten verrattain laajojen tutkimusten perusteella on mittauspaikan merkitys hakkeen mitattavaan määrään tullut selvitettyksi.

226. H a k k u r i t y y p p i

Eri hakkurit tekevät hakepalojen koon ja muodon puolesta erilaista haketta. Täten hakkurityypillä on merkitystä hakkeen ominaisuuksiin ja tilavuusmittauksen tarkkuuteen s.o. hakkeen tiheyteen vaikuttavana tekijänä. Hakelaatu vaikuttaa myös painumaan siten, että mitä tiheämpää hake on sitä vähemmän kuorma painuu kuljetuksen aikana. Hakkurityypin merkitys jätetään kuitenkin tässä yhteydessä sivuun ja käsitellään muiden hakkeen ominaisuuksien yhteydessä.

227. Hakkeen kosteus ja jäätyneisyys

Hakkeen kosteudella on merkitystä puuaineen painon ja sen kautta hakkeen kuljetusten kannalta. Kosteus saattaa vaikuttaa myös hakkeen painumaan ja haketiheyteen, koska vesivarastoidusta tai vasta kaadetusta puusta tehty hake painuu kuljetuksessa ras-kaampana enemmän kuin kuivahtanut hake. Toisaalta jos kyseessä on erityisen kuiva hake, kuorma saattaa lastattaessa jäädä löysäksi, jolloin kuljetuksen aikana tapahtuva painuma muodostuu suureksi. Tähän suuntaan viittaa mm. T a i p a l e e n (1962) (vrt. H e i s k a n e n 1962) tutkimus, jonka aineisto käsittää 10 koekuormaa. U u s v a a r a (1968) sai kuivan hakkeen (kosteus \approx 90 %) painuman 1.5 % märän hakkeen (kosteus 140 + %) vajoamaa suuremmaksi. Aineiston suuruus oli 56 kuormaa. T h u - n e l l (1952) sensijaan ei ole havainnut kosteuden vaikuttavan tiheyteen.

Edelleen näyttää hakkeen jäätyneisyys aiheuttavan talviaikana erilaisen hakekuorman tihentymisen kuin kesällä. Ruotsalaisen tutkimuksen mukaan, jonka aineisto käsitti 8 koekuormaa, mainittu seikka on havaittavissa etenkin pitemmillä kuljetusmatkoilla (ks. s. 9, Skogsstyrelsens...1966).

Ottaen huomioon kosteuden ja jäätyneisyyden suhteellisen vähäisen merkityksen tilavuusmittauksen tarkkuuden kannalta voidaan katsoa kysymys selvitettyksi siinä laajuudessa kuin on tarpeellista.

3. PAINOMITTAUS

31. Mittaustapa

Hakkeen kaupallinen arvo on meillä tähän asti yleensä määrätynyt tilavuusyksikön perusteella. Mittayksikkönä käytetty irto-kuutiometri ei kuitenkaan anna parasta kuvaa hakkeen laadusta ja todellisesta arvosta, vaan haketiheyden ja puuaineen tiheyden vaihdellussa saattaa mittayksikkö sisältää hyvinkin vaihtelevia määriä raaka-ainetta. Siksi tuntuisikin järkevältä ja oikeudenmukaiselta

käyttää painomittausta sellaisissa tapauksissa, joissa raaka-aineen arvo on sidottu lähinnä sen kuiva-ainemäärään kuten esim. massateollisuudessa. Meilläkin on joskus myyty polttohaketta painon mukaan, mutta tällä mittaustavalla ei ole vielä ollut sanottavaa käytännöllistä merkitystä.

Hakkeen painomittaus tapahtuu tavallisesti autossa, rautatievaunussa tai jossakin muussa kuljetusvälineessä. Tällöin ovat mittauksen edellytykset:

- Riittävän tarkka vaaka, jolla myös on tarpeeksi korkea mittauskapasiteetti
- Kunkin hakekuorman kosteuden tunteminen.

Tätä varten on oltava mahdollisuus kosteusnäytteiden kuivaamiseksi absoluuttisen kuiviksi sekä näytteiden tarkkaan ja joustavaan punnitsemiseen.

Käytännössä punnitus tapahtuu siten, että auto tai muu kuljetusväline ajetaan hakkeella kuormattuna vaa'alle, joka rekisteröi bruttopainon. Kuorman tyhjentämisen jälkeen auto jälleen punnitaan, jolloin voidaan laskea kuorman paino. Koska hakekuorma sisältää puuaineen lisäksi vaihtelevia määriä vettä, on purkamisen yhteydessä otettava kosteusnäytteitä kuorman sisältämän vesi- ja puumäärän selvittämiseksi. Näytteenottotapoja on useita. Näitä menetelmiä selostavat mm. S h e p a r d (1955), (N i s u l a n 1960 mukaan), N y l i n d e'r (1958), N i s u l a (1960, 1961), M c K e e (1961). Jos mitattavan hakkeen seassa on jotakin laatuvaatimukset täyttämätöntä puuta, lunta, jäätä tms, voidaan tehdä silmämäärin arvioimalla mittavähennykset samalla tavoin kuin tilavuuteen perustuvassa mittauksessa (Puutavaranmittauskomitea).

Yhdysvalloissa tehdään hakekaupat nykyisin yleensä painon perusteella. P e s e z (1957) selostaa Koillis-Amerikassa käytössä olevaa menetelmää. Mittayksikkö on cunit (100 kiintokuutiojalkaa). Ensin määrätään paljonko painaa 1 cunit mitattavaa puulajia. Tämän yksikön ja kosteusnäytteen avulla lasketun puuaineen painon perusteella määrätään hakekuorma cunit-yksiköissä. Menetelmässä siis myydään haketta kiintokuution mukaan. Toinen Yhdysvalloissa käytössä oleva yksikkö on B D U (Bone Dry Unit), jonka perustana on 2400 naulaa Douglaskuusihaketta (B e n t l e y 1960).

Ruotsissa ovat L i n d a h l (1949) ja T h u n e l l (1952) määränneet hake-erän kiintokuutiosisällön punnitsemalla otetut hakenäytteet ilmassa ja vedessä. Tällöin on erän kuutio voitu määrätä sen painon ja näytteen yksikköpainon avulla.

32. Vaa'an tarkkuudesta

Puutavaran ja hakkeen punnituksessa kysymykseen tulevat kotimaiset vaakatyypit voidaan jaotella kolmeen pääryhmään: autovaa'at, nosturivaa'at ja hihnavaa'at (N i s u l a 1960). Käytännössä tulevat kysymykseen lähinnä autovaa'at, joita voidaan erottaa kolmea päätyyppiä, nim. kiinteät ja siirrettävät autovaa'at sekä maantietautovaa'at. Viimeksimainitut ovat jousivaakoja ja verrattain epätarkkoja. Vaaka asennetaan tavallisesti betoniperustalle, niin että silta on maan pinnan tasolla, joten punnittava ajoneuvo voidaan helposti ajaa vaa'alle. Punnituskoneisto suojataan yleensä sopivalla kopilla tai rakennuksella, ja siihen kuuluu painoleimauslaite, jolla paino voidaan leimata korttiin kahteen kohtaan brutto ja taarapainona. Varmuustasapainokoneisto estää virheelliset punnitsemiset siten, että leimausta ei voida suorittaa ellei vaaka ole tasapainossa. U u s v a a r a n (1968) tutkimuksessa vaakojen punnitusteho vaihteli 20 000 - 50 000 kiloon ja tarkkuus 10 - 50 kiloon. Kyseinen tarkkuus on riittävä punnittavien autojen bruttopainon ollessa suuruusluokkaa 10 000 - 40 000 kiloa. Haketta kuljettavien autojen kuormien keskimääräinen koko on lisäksi kasvamassa.

33. Taaran vaihtelu

Taara vaihtelee jonkinverran riippuen vuodenajasta ja kelistä. Talvisin, keväisin ja syksyisin olisi syytä kelistä riippuen punnita auto tyhjänä jokaisen tyhjennyksen jälkeen, sillä varsinkin syys- ja kevätaivella autoon tarttuu rapaa ja sohjoa, jolloin auton taarapainoa ei saada tarkalleen määritetyksi. Polttoaineen määrä säiliössä voi myös aiheuttaa vaihteluita taarapainossa. Yleensä

kuljettajat kuitenkin täyttävät tankin säännöllisesti tietyssä ajon vaiheessa. Taarapainon vaihtelut ovat H e i s k a s e n (1961) mukaan luokkaa 50 - 100 kg, joka merkitsee keskimäärin 2 - 5 kg/i-m³.

34. Kosteuden vaihtelu

Hakekuormien kosteus vaihtelee riippuen tukkien varastoimis-
tavasta ja ajasta sekä kuorimisen ja sahauksen välisen ajan pituu-
desta. Hakkeen kosteuden vaihteluita ovat selvittäneet Suomessa
N i s u l a (1961) ja H e i s k a n e n (1963a). Edellisen tutki-
muksen aineisto käsitti 88 ja jälkimmäisen 40 autokuormaa. N i -
s u l a n tutkimuksessa hakekuormien kuivapitoisuus kuorman sisäl-
lä oli keskimäärin 63.9 ja variaatiokerroin 6.2. Kuivapitoisuudel-
la tarkoitetaan hake-erän kokonaispainon kuiva-ainepitoisuutta,
jolloin kuiva-ainepitoisuusprosentin ja vesipitoisuusprosentin sum-
ma on sata. Sekoittamalla homogenisoidun hakekuorman kuivapitoi-
suuden vaihtelusta esitetään seuraavat luvut:

Kuivapitoisuus	Variaatiokerroin	Variaatiokert. hajonta
62.89	2.78	1.11

Seuraavassa asetelmassa esitetään kosteuden ja kuivapitoisuu-
den variaatiokertoimet otettaessa näytteet kiekkoina haketettavas-
ta puusta tai hakkeena kuormasta ja purettaessa.

	Variaatiokerroin		
	Kiekoissa	Kuormassa	Purettaessa
Kosteus	31.71	15.80	11.69
Kuivapitoisuus	9.50	5.16	3.62

Voidaan päätellä, että purkausvaiheessa saatu variaatiokerroin
on yli puolta pienempi kuin kuormasta saatu variaatiokerroin. Pur-
kauspäässä päästään siis samoihin tuloksiin noin 5 kertaa pienem-
mällä näytteiden määrällä. Kiekoissa on variaatiokerroin suurin.

Silloin kun halutaan jonkun hakekuorman kohdalla päästä
tarkempiin tuloksiin, on näytteiden lukumäärää luonnollisesti lisät-
tävä. Alla olevaan asetelmaan on laskettu muutamien näytteiden pe-

rusteella odotettavissa oleva erehtymisen todennäköisyys.

Näytteitä, kpl	Erehtymisen todennäköisyys kuivapitoisuudessa					
	alle 5 %		alle 1 %		alle 0.1 %	
	Näytteet kuormasta		/		(Näytteet purkauksessa)	
1	12.2	(5.4)	16.0	(7.2)	20.4	(9.1)
3	8.6	(3.9)	11.3	(5.1)	14.4	(6.5)
5	6.1	(2.7)	8.0	(3.6)	10.2	(4.6)
7	5.0	(2.2)	6.5	(2.9)	8.3	(3.7)
10	4.1	(1.8)	5.3	(2.4)	6.8	(3.1)
20	2.8	(1.3)	3.7	(1.6)	4.7	(2.1)

Tulokset koskevat Lokomo ZH 36 A-hakkuria. Mikäli on kyseessä toisen tyyppinen hakkuri on tuloksia käytettävä soveltaen.

H e i s k a n e n (1963a) on saanut ottamalla kustakin auto-kuormasta 15 - 30 sekoitettua näytettä seuraavat vesipitoisuuden vaihtelut ja näytteiden lukumäärät. Aineisto on sama kuin laatikkomittauksista koskevassa tutkimuksessa (vrt. s. 5).

	Keskiarvo	Hajonta	Variaatio- kerroin, %
Karhula 1200/2	36.43	1.89	5.2
Karhula 312	38.54	1.77	4.6
Hake M 7 A	41.03	2.01	4.9
Lokomo ZH 36 A	33.08	1.99	6.0

Näytteiden tarvittava lukumäärä sallitun virheen ollessa 1 - 5 % on H e i s k a s e n mukaan seuraava.

Sallittu virhe	Näytteitä
%	kpl
1	26
2	7
3	4
4	3
5	2

On huomioitava, että edellä esitetyt tulokset koskevat runko-puusta tehtyä polttohaketta. Tällöin kosteuden vaihtelut hankintojen sisällä ja välilläkään eivät aina ole yhtä suuria kuin sahan-

hakkeen ollessa kysymyksessä, koska sahaukseen tuleva materiaali voi kosteudeltaan paljonkin vaihdella riippuen tukkien varastointitavasta.

U u s v a a r a (1968) on laskenut vesivarastoiduista, maavarastoiduista sekä vesi-maavarastoiduista tukeista tehdyille sahanhakkeelle seuraavat kosteusprosentit (aineisto 193 hakekuormaa).

Varastoimistapa	Kosteus, %	Hajonta	Variaatio-kerroin, %	Kuormia, kpl
Vesi	153.0	9.46	6.1	52
Vesi-maa	130.1	7.28	5.6	38
Maa	104.0	20.43	2.0	103

Eri puulajeista valmistettu hake on käsitelty yhdessä, ja kosteus on määritetty prosentteina hakkeen kuivapainosta. Tulokset koskevat kuormien välisiä kosteuksia. Hajonta maavarastoidusta puusta tehdyn hakkeen kohdalla on suuri koska aineistoon kuului sekä aivan tuoretta sekä kentällä useita viikkoja kuorittuna seissyttä puuta.

Ruotsissa on kosteusmittausten tarkkuutta selvittänyt N y - l i n d e r (1958). Hänen aineistonsa käsitti 673 m³ sahan jättees-tä tehtyä haketta. Tutkimuksessa on saatu litran näytteiden tarvit-tavaksi lukumääräksi kosteuden ja tilavuuspainon määrittämisessä oheiset määrät.

Keskivirhe	Keskiarvon variaatiokerroin	Hankinnan suuruus, m ³		
		1	10	20
1	5	24	25	25
	10	91	99	100
	15	184	220	223
2	5	6	6	6
	10	24	25	25
	15	53	56	56
5	5	1	1	1
	10	4	4	4
	15	9	9	9
10	5	1/4	1/4	1/4
	10	1	1	1
	15	2	2	2

Taulukosta ilmenee, että haluttaessa siirtyä suurempaan tarkkuuteen eli pienentää kosteuden sallittua keskivirhettä, tarvittavien näytteiden lukumäärä eri hankinnoissa nousee hyvin jyrkästi. N y l i n d e r i n mielestä ei käytännössä ole syytä pyrkiä hakkeen kosteuden määrittämisessä viittä prosenttia suurempaan tarkkuuteen.

Riittävän tarkan tuloksen saamiseksi kosteuden määrittämisessä on näytteitä otettava joka kuormasta. Tarkkuus lisääntyy edelleen otettaessa näytteet kuorman purkamisen yhteydessä. Tutkimusten mukaan variaatiokerroin on tällöin yli puolta pienempi kuin kuormasta saatu, ja purkauskuormista laskettu variaatiokerroin ei ole sanottavasti suurempi kuin yksityisten kuormien kohdallakaan. Jos tyydytään viiden prosentin otantavirheeseen ei näytteitä tarvitse ottaa kuin kaksi purkamisen yhteydessä. Tämä merkitsee keskimäärin n. 2 % virhettä kokonaispainossa tuorepainosta lasketun vesipitoisuuden ollessa 40 % suuruusluokkaa (H e i s k a n e n 1963^a). Haluttaessa siirtyä suurempaan tarkkuuteen lisääntyy näytteiden tarvittava lukumäärä jyrkästi. Tutkimukset, joita on tehty hakkeen kosteuden vaihtelusta ja mittausten tarkkuudesta ovat perusteellisia ja luotettavia, joten jatkotutkimukset eivät ole tarpeellisia.

35. Kosteuden määrittäminen

Hakekuorman kosteuden määrittäminen käytännössä tapahtuu parhaiten siten, että kuorman purkausvaiheessa otetaan sieltä täältä esim. viidestä eri kohdasta n. kourallinen haketta, joka perusteellisesti sekoitetaan sopivassa astiassa, ja tästä sekoitetusta hakkeesta otetaan suunnilleen kourallisen suuruinen näyte. N i s u l a n (1961) tutkimuksissa on variaatiokerroin tällöin ollut 2.8. Pienempiä näytteitä ei kannata ottaa, koska niitä on vastaavasti kerättävä huomattavasti runsaammin. Hakekuormassa on hake aina jossain määrin lajittunutta, siksi olisi syytä ottaa haketta kuorman eri puolilta ja eri kerroksista. Saatu kosteusnäyte punnitaan tuoreena ja absoluuttisen kuivana, jolloin voidaan laskea kuorman kuiva-ainemäärä.

N i s u l a n (1961) tutkimuksessa selostetaan myös muita kokeiltuja näytteenottomenetelmiä. Parhaaksi ja varmimmaksi osoit-tautui kuitenkin edellä mainittu tapa, jolloin homogenisoidusta suuremmasta näytteestä otettiin noin kourallisen suuruinen näyte. Tällaisen näytteenottotavan on todettu antavan kaikille hakkeeseen sisällyville palasuuruuksille ja osasille yhtä suuren mahdollisuu-den joutua näytteeseen.

S h e p a r d (1955) N i s u l a n (1960) mukaan on käsitel-lyt Yhdysvalloissa käytössä olevaa hakkeen kuiva-aineen määrittä-mismenetelmää, jossa automaattinen näytteenottaja kaappaa hiinnalta näytteen joka kymmenes sekunti niin kauan kuin vaunua tai autca puretaan.

36. Hakkeen laadun toteaminen

Mittaukseen kuuluu uuden mittauslakiehdotuksen mukaan myös laa-dun toteaminen. Sahanhakkeen osalta tämä laadun toteaminen käsittää palakokojakaantuman ja epäpuhtauksien määrittämisen, jolloin on pää-asiassa kysymys kuoresta. Hakkeen kosteus saattaa olla myös laatu-tekijä, mutta sitä käsitellään tarkemmin toisessa yhteydessä. Pala-kokojakaantuman määrittäminen tapahtuu koeseulonnan avulla. Nykyisten toimitusehtojen mukaan vaikuttaa hintaan eräitä poikkeuksia lukuun-ottamatta 6 - 32 mm pituisen jaeosan määrä, jota tulee olla vähintään 95 %. Koeseulonta tapahtuu ns. Williams-seulalla ja näytettä otetaan yleensä n. 10 l. Eräissä tapauksissa käytetään normaalien reikäseula-levyjen sijasta rakolevyjä, jolloin saadaan määritettyä hakepalasten paksuus. Näytteen oton pitäisi tapahtua täysin satunnaisesti, mikäli joka kuormasta ei oteta näytettä. Ko. näyte-erän tulisi myös koostua useammasta kohdasta otetusta erästä.

Epäpuhtauksien toteaminen tapahtuu yleensä silmämääräisesti, mutta kuoren osalta käytetään yleisesti tapaa, jossa otetaan n. 1 l näyte, josta kuori irroitetaan käsin, kuivataan sekä kuori että hake, ja lasketaan kuoren osuus painoprosentteina kuivapainosta. Nykyisten laatuvaatimusten mukaan kuoren määrä ei saa eräitä poikkeuksia lukuun-ottamatta ylittää 1 %.

361. P a l a k o k o j a k a a n t u m a

Julkaistuja tutkimuksia palakokojakaantuman määrittämistarkkuudesta käytännön olosuhteissa ei ole ollut käytettävissä. Mainintoja siitä, että reikäseulonta ei anna luotettavaa kuvaa, on muutamia (M u r t o 1950, H a r t l e r 1958). Muutamia käsilajittelun ja Williams-seulalajittelun vertailuja on myös tehty (B a u s c h and H a r t l e r 1960, D a h m and L ø s c h b r a n d t 1960).

Erään haketta ostavan toiminimen ja Sahateollisuuden Sivutuoteyhdistyksen välisissä neuvotteluissa on asia ollut esillä ja ko. toiminimi on esittänyt kahden heidän tehtaansa määrityksissä samalta sahalta tulleessa hakkeessa esiintyneiden eroavuuksien johtuneen seuraavista syistä:

Yli 32 mm jaetta on toisella tehtaalla ollut 4 kuukauden keskiarvona 1.3 % ja toisella 2.9 %. Suurempi määrä johtunee siitä, että pienemmistä jakeista on käsin poimittu yli 32 mm pituiset lastut ja lisätty ne vastaavaan seulalta saatuun jakeeseen. Alle 6 mm jakeiden ero (1.6 % ja 4.0 %) johtunee siitä, että toisella tehtaalla jae 19 - 13 mm on jaettu kahteen erään, jolloin kahden seulan pidätyskyky on suurempi ja näin alle 6 mm jae jää pienemmäksi.

Sama toiminimi ilmoittaa samasta hake-erästä tehdyn kaksoismäärityksen olleen eräessä tapauksessa seuraava:

Jae, mm	I	osuus, %	II.
yli 32	1.4		1.9
32 - 25	5.7		5.7
25 - 19	15.5		15.6
19 - 13	39.8		39.5
13 - 6	34.8		34.5
alle 6	2.8		2.9

Sahateollisuuden Sivutuoteyhdistys on suorittanut muutamia alustavia tutkimuksia seulonnan tarkkuudesta. Eräessä kerättiin 19 - 13 mm jaetta 15 l ja tämä seulottiin uudelleen normaalisti, jolloin saatiin seuraava jakaantuma:

Jae, mm	%
yli 32	0.7
32 - 25	-
25 - 19	2.3
19 - 13	74.6
13 - 6	21.8
alle 6	0.6

Hakkureita koskevan tutkimuksen yhteydessä mitattiin käsin 18 eri seulontaerän yli 32 mm jae ja tällöin oli joukossa 25 - 19 mm jaetta keskimäärin 11 ja 32 - 25 mm jaetta keskimäärin 16 %, vastaavien maksimimäärien ollessa 64 % ja 62 %.

Sahateollisuuden Sivutuoteyhdistyksen laaduntarkkailun yhteydessä on myös suoritettu reikä- eli pituusseulonnan ja rako- eli paksuusseulonnan vertailua. Neljältä sahalta otetun seitsemän näytteen keskimääräinen jakaantuma eri fraktioihin oli seuraava:

Rakoseulonta		Reikäseulonta	
Jae, mm	%	Jae, mm	%
yli 10	12.5	yli 32	7.8
10 - 8	5.4	32 - 25	7.1
8 - 6	12.4	25 - 19	18.7
6 - 4	28.9	19 - 13	27.8
4 - 2	28.5	13 - 6	31.4
alle 2	12.3	alle 6	7.2

Myös Wahlman (1967) on selvittänyt reikä- ja rakoseulonnan eroja, ja todennut, että vaikka pituusjakaantuma voi olla eri hakkeilla sama, voi paksuus ja siis hakkeen arvo käytön kannalta olla hyvin erilainen.

Tähänastiset tutkimustulokset eivät riitä tämän kysymyksen selvittelyyn, joten lisätutkimukset ovat tarpeen. Sahanhakkeen suhteellisen arvon selvittelyyn ei laadun toteamisen tarkkuus kuitenkaan olennaisesti vaikuta, koska vastaavat tekijät esiintyvät myös runkopuuhakkeessa.

362. E p ä p u h t a u d e t

Kuorimäärän ja epäpuhtauksien määrittämisestä ja tarkkuudesta ei tämän kirjoittajalla ole ollut käytettävissä mitään tutkimustuloksia. Virheitä voivat aiheuttaa ensimmäkin näytteen otto niin, että se ei edusta koko erää ja toiseksi käsin irroitettava kuorimäärä, joka helposti vaihtelee riippuen siitä, onko nilakerros vaaleata, lähes puun väristä vai ruskeaksi värjäätynyttä.

Lisätutkimukset ovat ehdottomasti tarpeen, mutta pääkysymyksen ratkaisuun ei epäpuhtauksien mittaustarkkuuden tuntemisella ole olennaista vaikutusta.

KIRJALLISUUTTA

- B a u s c h , H. and H a r t l e r , N. 1960. Determination of chip dimensions. Svensk Papperstidning 63:10.
- B e n t l e y , O.W. 1960. Setting chip standards. Paper Mill News 83:33.
- D a h m , H.P. and L ø s c h b r a n d t , F. 1960. Chip quality and chipping. Norsk Skogindustri 14:11.
- H a r t l e r , N. 1958. Flishuggningens inverkan på massakvaliteten. Svensk Papperstidning 61:18b.
- H e i s k a n e n , V e i j o . 1962. Tutkimuksia siirrettävillä hakkureilla valmistetun hakkeen ominaisuuksista. Pienpuualan Toimikunnan Julkaisuja 134.
- " - 1963 a. Kosteuden vaihtelut kenttähakkureilla lastutetuissa hakekuormissa. Pienpuualan Toimikunnan Tiedotuksia 80.
- " - 1963 b. Mittalaatikon suuruuden vaikutus hakkeen irto-kuutiometripainoon. Autokuormamittauksen ja laatikkomittauksen vertailua. Pienpuualan Toimikunnan Julkaisuja 149.
- J ä n t t i , A. 1962. Hakkeen kuljetus sekä kuljetuksen aikana syntyvän vajoaman vaikutus hakkeen mitattavaan määrään. Pienpuualan Toimikunnan Tiedotuksia 59.
- L i n d a h l , E. 1949. Undersökning angående fastmassan i sulfathack. Skogen 106.
- L u o m i , M a r t t i . 1959. Tutkimus Pöttinger- ja Fitchburg-hakkureilla valmistetun hakkeen ominaisuuksista. Pienpuualan Toimikunnan Julkaisuja 85.

M c K e e , J. C. 1961. Automatic sampling and analytical screening of purchased chips. Tappi 44:4.

M u r t o , J.O. 1950. Om flisskador (Tillverkning av kokflis IV). Norsk Skogindustri 4:11.

N i s u l a , P e n t t i. 1960. Paino pinotavaran ja hakkeen mitana. Pienpuualan Toimikunnan Julkaisuja 114.

- " - 1961. Polttohakkeen kuivapitoisuuden määrittäminen painomittausta käytettäessä. Pienpuualan Toimikunnan Julkaisuja 131.

N y l i n d e r , P e r. 1958. Fastmasseprocenter hos boardved, ribb och bakar samt flis. Kungliga Skogshögskolan. Institut för Virkeslära. Upps. Nr. 116. Stockholm.

P e s e z , G.A. 1957. International Paper Co. volume method for sawmill waste and chips. Tappi 40:12.

Puutavaranmittauskomitean mietintö. Osamietintö I 1966. Silva Fennica 118. Helsinki.

Redogörelse för REF:s skogliga undersökning 1958. Moniste.

S h e p a r d , H.M. 1955. Using the BDU as a unit of chip measurement. American Pulpwood Association. Release No.247.

S i i m e s , F.E. ja L i i r i , O s m o . 1959. Pienpuu kuitulevyn raaka-aineena. Pienpuualan Toimikunnan Julkaisuja 71.

Skogsstyrelsens Bränsleflisundersökning. 1966.

T a i p a l e , A r v o . 1962. Tutkimuksia Karhula 312-kenttähakkurin hakesaannosta ja hakkeen ominaisuuksista koivuhalkoa lastutettaessa. Pienpuualan Toimikunnan Julkaisuja 136.

- T a i p a l e , A r v o . 1963. Tutkimuksia Hake M 7 A -kenttä-
hakkurista polttohakerangan lastutuksessa. Pienpuualan
Toimikunnan Julkaisuja 148.
- T h u n e l l , B. 1952. Sågverksindustrins virkesutnyttjing.
Svenska Träforskningsinstitut. Trätekniska Avdelningen.
Medd. 32 B.
- T h u n e l l , B . och T h a l e n , N. 1961. Mätning av relativ
fastvolym, torrhalt, volymvikt mm. hos träflis. Träteknis-
ka Centrallaboratoriet. Intern rapport nr. 610823/6/150.
- U u s v a a r a , O. 1968. Sahanhakkeen painoa ja tiheyttä koskevia
tutkimuksia. Käsikirjoitus Metsäntutkimuslaitoksessa.
- W a h l m a n , M. 1967. Lastupituuden merkitys sulfaattikeitossa
ja lastupaksuusmäärittäminen. Paperi ja Puu n:o 3.