

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 250

KANNUKSEN TUTKIMUSASEMA
METSÄTEKNOLOGIAN TUTKIMUSOSASTO



METSÄNTUTKIMUSPÄIVÄ KOKKOLASSA 13.3.1987
Metsäteknologian teemapäivä

**Metsäntutkimuslaitos
Kannuksen tutkimusasema
PL 44
69101 Kannus
puh. 968-71161**

**Forest Research Institute
Kannus Research Station
PL 44
SF-69101 Kannus
Finland**

METSÄNTUTKIMUSPÄIVÄ KOKKOLASSA 13.3.1987

Metsäteknologian teemapäivä

SISÄLLYS	Sivu
LUKIJALLE	2
JARI ALA-ILOMÄKI & MATTI SIRÉN: Metsäkuljetus- kaluston kulkuominaisuudet heikosti kantavalla maalla	3
OLLI EERONHEIMO & TIMO HEIKKA: Kokemuksia tela- maastureiden käytöstä metsäkuljetuksessa	18
SAULI TAKALO: Pientelamaasturi puutaravan kuorma- juonnossa	36
OLLI UUSVAARA: Puuntutkimussuunnan ohjelman pää- piirteet ja tavoitteet	51
PIRKKO VELLING: Männyn ominaisuuksien maantieteel- linen vaihtelu. Esimerkki nuoresta provenienssikoe- sarjasta	54
Abstract: Geographical variation of properties on Scots pine. An example of young series of provenance trials	68
ERKKI VERKASALO: Keski- ja pohjoispohjalainen hies- koivu vaneriteollisuuden raaka-aineena	69
PENTTI RIKKONEN: Havupuutukkien ja tavallisen kuitu- puun mittaus sekä puuston pystymittaus	80
PENTTI SAIRANEN: Pitkän kuitupuun pinomittaustut- kimus	86

LUKIJALLE

Kannuksen tutkimusasema järjesti ensimmäisen tutkimuspäivänsä vuonna 1983. Nyt 13.3.1987 järjestettävä päivä on järjestyksessä kolmas. Päivän esitelmät on koottu tähän tiedonantoon.

Tutkimuspäivän antia voidaan luonnehtia erittäin mielenkiintoiseksi. Tämä on ensimmäinen kerta, kun metsäteknologian tutkimusosaston tutkimuksia esitellään näin monipuolisesti ja laajasti Pohjanmaan metsäammattiväelle. Omin voimavaroin Kannuksen tutkimusasema ei toistaiseksi kykene järjestämään tällaisia tutkimuspäiviä, jonka vuoksi eri tutkimusosastoilta ja asemilta saatava apu on välttämätöntä. Ehkä seuraavilla tutkimuspäivillä esit- täytyy joku toinen Metsäntutkimuslaitoksen tutkimusosasto.

Professorit Pentti Hakkila ja Olli Uusvaara ovat tarkas- taneet esitykset. Lämpimät kiitokset kaikille esitel- möitsijöille sekä muille osallistujille.

13.3.1987



Ari Ferm

Vt. tutkimusaseman johtaja

Jari Ala-Ilomäki ja Matti Sirén

METSÄKULJETUSKALUSTON KULKUOMINAISUUDET HEIKOSTI KANTAVALLA MAALLA

1. JOHDANTO

Harvennustarve maamme metsissä on voimakkaasti kasvamassa. Tällä hetkellä osa metsänhoidollisesti välttämättömistä harvennuksista jää tekemättä. Osasyynä harvennusten laiminlyömiseen on ollut metsänomistajien pelko korjuun onnistumisesta. 1970-luvulla metsäkoneissa ihannoitiin kokoa ja tehokkuutta, joita tarvittiin laajojen avohakkuualojen korjuussa. Harvennusemetsissä raskaat koneet aikaansaivat usein maaperä- ja puustovaurioita, jotka aiheuttivat huonoa mainetta puunkorjuulle.

Harvennustarpeen voimakas kasvu ja ongelmien tiedostaminen antoivat sysäyksen konekehittelytyölle, jonka tulokset ovat jo nähtävissä. Pyörätraktoreiden painoa on alennettu paremmalla rakenteiden suunnittelulla ja uusien materiaalien käyttöönotolla. Lisääntyvään turvemaiden puunkorjuutarpeeseen on kehitetty erilaisia tela-alustaisia koneita.

Koneissa tapahtunut kehitys on kiinnostanut tutkimusta. Miten pyörätraktoreissa tapahtunut kehitys, leveiden pallorenkaiden ja uusien telamallien käyttöönotto on vaikuttanut koneiden maastokelpoisuuteen. Minkälaiset ovat erilaisten telakoneiden käyttömahdollisuudet vaikeissa olosuhteissa. Näihin kysymyksiin on haettu vastausta viime vuosina suoritetuissa kokeissa.

2. KONEIDEN KULKUOMINAISUUKSIEN TUTKIMINEN

Kiinnostusta koneiden ominaisuuksien tutkimiseen tunnettiin useammalla taholla. Koska laajan tutkimuskokonaisuuden

järjestäminen vaati runsaasti voimavaroja, päätettiin koneiden ominaisuuksia selvittää Metsäntutkimuslaitoksen ja Metsähallituksen kehittämisjaoston yhteistyönä. Käytännön näkemystä vertailevien kokeiden suunnittelussa edusti Veitsiluoto Oy. Kokeiden läpiviemisen nyt toteutuneessa laajuudessa mahdollisti pohjoismaisten metsäkoneenvalmistajien aktiivinen mukanaolo. Metsäntutkimuslaitoksen osalta kokeet liittyivät yhteispohjoismaisiin harvennuspuun korjuuta käsitteleviin NSR -projekteihin.

Suoritetut kokeet koostuvat kolmesta osakokonaisuudesta. Ensimmäinen osakokonaisuus käsitteli koneiden lumessakulkuominaisuuksia. Lumessakulkuominaisuuksien tutkiminen koostui puolestaan kahdesta osasta. Läpi talven 1983-84 seurattiin käytännön työmailla lumen vaikutusta keskikokoisen kuormatraktorin liikkuvuuteen. Helmi-maaliskuun vaihteessa 1984 järjestettiin Rovajärvellä vertaileva koe, johon osallistui 15 konetta. Rovajärvellä tutkittiin koneiden liikkuvuutta lumessa kolmella vaikeusasteeltaan erilaisella koepaikalla.

Pääosin samat koneet kuin Rovajärvellä osallistuivat syksyllä 1984 Iissä suoritettuun kokeeseen, jossa selvitettiin koneiden ominaisuuksia heikosti kantavalla maalla. Koesarjan viimeisessä osakokonaisuudessa selvitetään koneen rakenteen vaikutusta ominaisuuksiin lumessa ja heikosti kantavalla maalla. Kokeet huonosti kantavalla maalla tehtiin kesällä 1986 ja lumessakulkuosan kenttätyöt tehdään talven 1987 aikana.

Käsillä olevassa esityksessä keskitytään koneiden kulkuominaisuuksiin heikosti kantavissa olosuhteissa. Ensin esitellään Iissä tehty vertaileva tutkimus, ja sen jälkeen pohditaan, miten koneen rakenne vaikuttaa koneen ominaisuuksiin huonosti kantavalla maalla.

3. VERTAILEVA TUTKIMUS IISSÄ

3.1. Tutkimukseen osallistuneet koneet

Tutkimukseen pyrittiin saamaan mukaan yleisimmät Suomessa käytetyt pienet ja keskikokoiset kuormatraktorit, telamaastu-

rit ja erilaisia maataloustraktoriperustaisia koneita. Tutkimukseen osallistui 14 konetta, joista yksi ajoi kahdella erilaisella rengasvarustuksella. Kokeeseen osallistuneet koneet olivat uusia esittelykoneita tai urakoitsijoiden omistamia, hyväkuntoisia koneita. Tutkimukseen osallistuneet koneet ja niiden varustus kokeessa on esitetty liitteessä 1.

3.2. Tutkimusolosuhteet ja -menetelmä

Koneiden ominaisuuksien tutkittiin Metsähallinnon Iin hoitoalueessa kahdella koepaikalla. Toinen koepaikka oli turvepohjaisella pakettipellolla ja toinen ojitetulla rämeellä. Pellolla tutkittiin tarkoin mittauksin raiteenmuodostusta. Rämeellä selvitettiin raiteenmuodostusta käytännön olosuhteissa ja koneiden kykyä selviytyä heikosti kantavissa oloissa.

Pakettipellolle mitattiin rinnakkain 45 rataa, joiden pituus oli 65 m ja leveys 5 m. Koealue jaettiin kolmeen 15 rataa käsittävään lohkokoon. Laitimmaisilla lohkoilla ajettiin telaja ketjuvarustuksella, keskimmaisella lohkoilla ilman teloja ja ketjuja. Raiteenmuodostusta selvitettiin ajamalla konekokoluokittain vakioituilla kuormilla samaa rataa edestakaisin. Ajokertojen välillä raiteet mitattiin ja kuvattiin. Kullakin radalla oli 15 vastaaviin kohtiin sijoitettua mitauspistettä, joissa mitattiin molemmat raiteet. Keskikokoisilla koneilla kuorma oli 6300 kg, pienemmillä koneilla kantavuuden suhteessa pienempi. Ajettu puutavara oli 4,5 metristä mäntyrankaa.

Rämeellä koealueen koko oli 240 x 85 m, joka jaettiin kolmeen 15 uraa käsittävään lohkokoon. Alueelle avattiin noin 4 m leveät urat vierä viereen siten, että pystypuusto rajasi urat. Urien poikki kulki kaksi ojaa, toinen leveydeltään 2,0 m ja toinen 0,7 m. Ajo tapahtui metsäkuljetusta jäljitellen. Ensin ajettiin kolme uraa käsittävä lenkki tyhjänä ja sen jälkeen sama lenkki takaisin kuormattuna. Raiteet mitattiin aina kuormattuna ajoa jälkeen. Mittaustapa oli sama kuin pellolla, mitauspisteitä rataa kohti oli 9. Kuormien koot olivat samat kuin peltokohteella. Rämeellä ajettiin telat ja ketjut päällä olosuhteiden vaikeuden vuoksi.

Tutkimuspaikkojen kantavuus tutkittiin monipuolisin mittauksin, joita johti MML Arto Rummukainen Helsingin Yliopistosta. Kantavuus mitattiin kosteussondilla, suosiipikairalla ja penetrometrilla. Mittaustulokset eri välineillä olivat varsin yhdensuuntaiset, ja tulosten mukaan tutkimusolosuhteet eri koneilla olivat vertailukelpoiset maaperän kantavuuden osalta.

Tutkimus kesti kolme viikkoa, joiden aikana sääolot pysyivät suhteellisen vakaina. Sade vaikutti kuitenkin joidenkin koneiden ajoon. Sateesta kärsivät erityisesti Kockums 84-35 rämeellä sekä 600 mm:n renkailla ajanut Ponsse S 15 ja Volvo BM Valmet 805 peltokohteella.

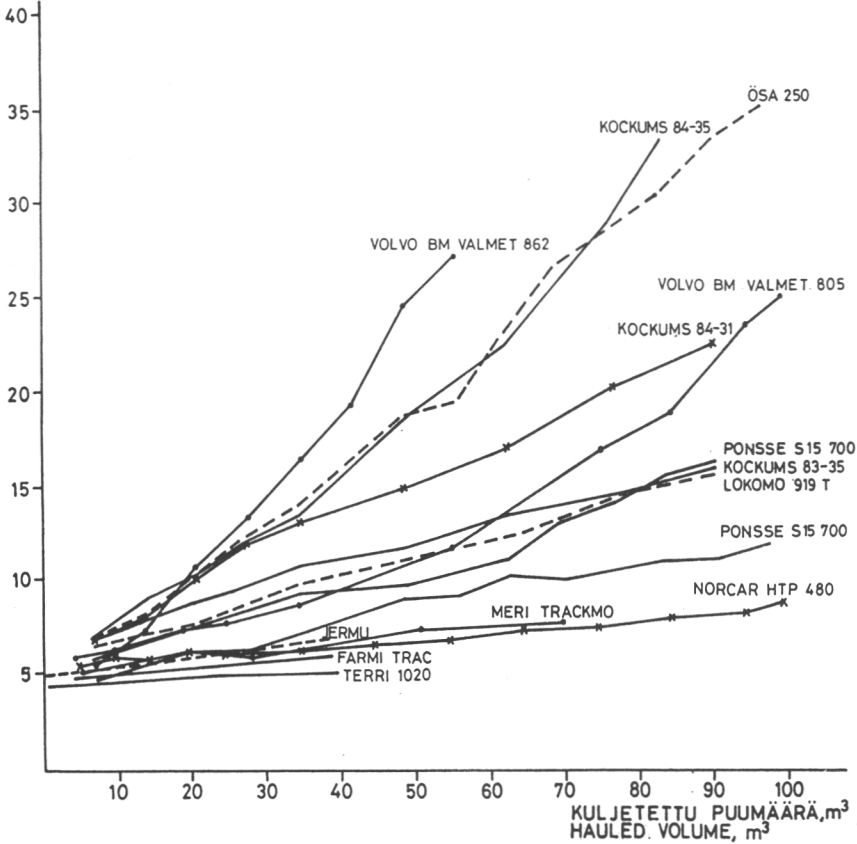
3.3. Tutkimustulokset

Koneiden raiteenmuodostus eri koepaikoilla on esitetty kuvissa 1 ja 2. Raiteenmuodostus pellolla ilman teloja ja ketjuja ajettaessa on esitetty kuvassa 3.

Kokeessa hyvin selviytyneet pyörämetsätraktorit olivat pääsääntöisesti 8-pyöräisiä. Poikkeuksen muodosti kuitenkin keskikokoisten koneiden ryhmässä matalimmat raiteet aiheuttanut kone, 6-pyöräinen Ponsse S 15. Tuloksia tarkasteltaessa näyttävät koneiden kokonaispaino ja painojakauma vaikuttavan selvästi raiteenmuodostukseen. Tosin myös muilla tekijöillä, kuten telin tasapainoisuudella, on oma vaikutuksensa selviytymiseen. Alhainen omapaino antaa hyvät edellytykset selvitä huonosti kantavissa olosuhteissa. Tästä ovat esimerkkinä Norcar HTP-480:n hyvät maasto-ominaisuudet huonosti kantavalla maalla.

6-pyöräisillä koneilla etupään paino on kriittinen tekijä erityisesti ojakohdissa. Ponsse S 15 etupäätä on saatu kevennetyksi käyttämällä materiaalina seosalumiinia, ja kone selviytyi vaikeissakin olosuhteissa. Raskas etupää on todennäköisesti osasyynä esimerkiksi Volvo BM Valmet 862:n suhteellisen huonoon selviytymiseen.

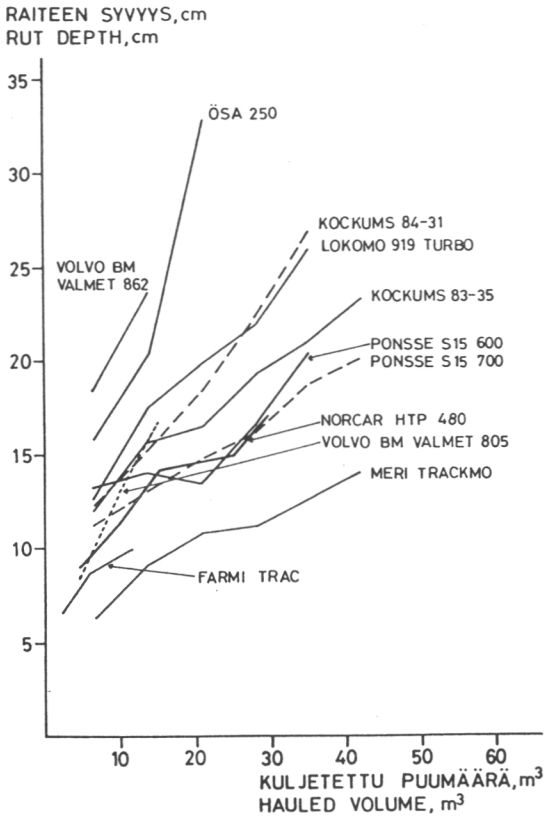
RAITEEN SYVYYS, cm
RUT DEPTH, cm



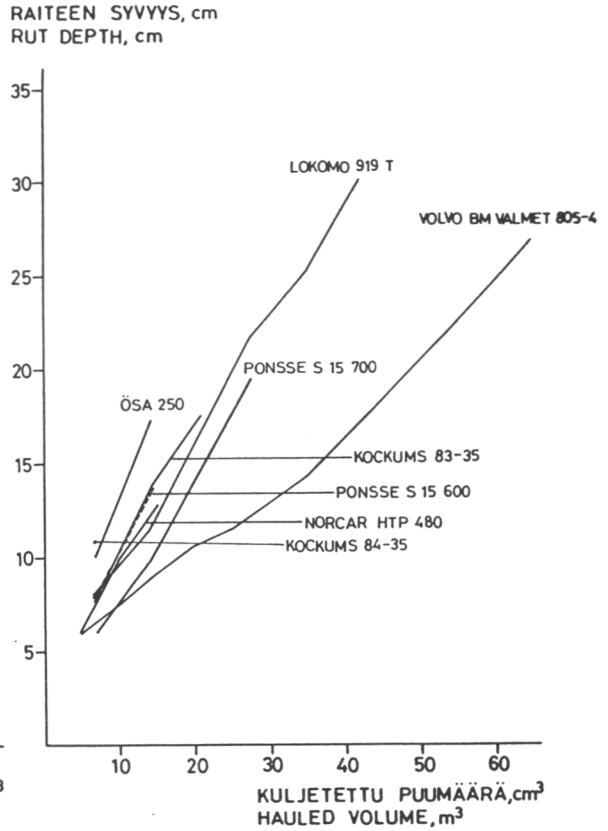
Kuva 1. Raiteenmuodostus turvepellolla

Tela-alustaiset koneet selviytyivät kokeessa hyvin. Koneiden kantava pinta on suuri, esimerkiksi Meri Trackmolla peräti 9 m². Telamaastureiden selviytymiskyvyssä oli kuitenkin eroja. Jermulla ja erityisesti Terrillä oli vaikeuksia ojien ylityksessä. Ongelmia korosti ajettun puutavaran pituus, sillä kokeessa ajettu 4,5 m mäntyranka teki pienemmistä telamaastureista takapainoisia.

Nelivetoinen vetävällä perävaunulla varustettu maataloustraktori osoittautui kokeessa maastokelpoiseksi huonosti kantavissa olosuhteissa. Erityisen hyvin kone selviytyi ajettaessa ilman teloja ja ketjuja. Tähän vaikuttanee maataloustraktorille poikkeuksellisen leveät renkaat ja vetokoneen suuri takapyörä. Ketteryydeltään ja ohjattavuudeltaan kone ei kuitenkaan vastaa metsätraktoreita. Kaksipyörävetoisen maata-



Kuva 2. Raiteenmuodostus rämeellä.



Kuva 3. Raiteenmuodostus turvepellolla ilman ketjuja ja telloja ajettaessa.

loustraktorin selviytymiskyky koeolosuhteissa oli huono. Koneetta kokeiltiin ainoastaan pellolla, jossa ojien ylitys aiheutti suuria vaikeuksia. Tämän vuoksi kuvaa koneen raiteenmuodostuksesta ei saatu.

Kokeen tuloksissa näkyy metsäkoneissa viime vuosina tapahtunut voimakas kehitys. Osalla pyörämetsätraktoreista ja telalustaisilla koneilla voidaan puuta korjata kohtuullisella jäljellä kantavuudeltaan vaikeissakin oloissa. Huomio kiinnittyy kuitenkin huomattaviin eroihin erityisesti 6-pyöräisten metsätraktoreiden kohdalla. Koneen painojakauman vaikutusta maasto-ominaisuuksiin alettiinkin selvittää jatkotutkimuksessa, josta lähemmin seuraavassa.

4. KUORMATRAKTORIN PAINOJAKAUMAN VAIKUTUS RAITEENMUODOSTUKSEEN TURVEMAALLA

4.1. Tutkimusmenetelmä

Painojakauman vaikutusta raiteenmuodostukseen tutkittiin turvemaalla sijainneella tasaisella pakettipellolla Ranualla. Pellolle merkittiin 12 suoraa ajouraa pituudeltaan 60 m. Olosuhteet mitattiin urilta 10 m²:n ympyräkoaloilta 10 m:n välein. Turpeen leikkauslujuus mitattiin koealan keskipisteestä siipikairalla, jonka on havaittu selittävän raiteen syvyyttä turvepellolla penetrometriä paremmin (Rummukainen ja Ala-Ilomäki 1986). Lujuus mitattiin 0,1 m:n syvyydeltä ja 0,25 m:n syvyydestä lähtien 0,25 m:n välein kahteen metriin saakka. Turvekerroksen paksuus saatiin viimeisen siipikairahavainnon perusteella tai rassilla. Heinien, varpujen ja sammaleen peittävyys sekä vapaan pintaveden määrä arvioitiin koaloilta. Koejakson sademäärä mitattiin.

Tutkitun kuormatraktorin painojakaumaa muutettiin asentamalla 1 200 kg painoja vaihtoehtoisesti etuakselin päälle (painojakauma 2), kuormatilan etureunaan (painojakauma 3), telin päälle (painojakauma 4) tai jaettuna siten, että 820 kg oli etupuskurin päällä ja 390 kg telin päällä (painojakauma 1). Akselimassat kuormattuna muodostuivat seuraaviksi:

painojakauma	1	2	3	4
akselimassa, kg				
etu	7 539	7 528	6 852	6 328
taka	11 240	11 240	11 916	12 440

Tutkimuksessa jäljiteltiin normaalia puutavaran maastokuljetusta ajamalla kolmen uran muodostama reitti ensin tyhjänä ja palaamalla takaisin kuormattuna. Traktori oli kuormattu 6,9 m³:llä 3 m mäntykuitupuuta. Kuorman koko valittiin siten, että raiteenmuodostus kuljetettua puutavaran tilavuusyksikköä kohden on Högnäsin (1985) mukaan pienin. Traktorissa käytettiin edessä Trelleborgin 600-34 ja takana Trelleborgin 600/55-26,5 renkaita. Ajonopeus pyrittiin pitämään eri painojakaumilla samana.

Molempien raiteiden syvyys ja leveys mitattiin jokaiselta uralta kuormattuna ajon jälkeen 11 kohdasta. Maanpinnan rikoutuminen raiteenmittauskohdissa ensimmäisen edestakaisen ajokerran jälkeen arvioitiin läpinäkyvän ruudutetun 1,0 x 0,5 m muovilevyn avulla. Lisäksi jokaisella ajokerralla mitattiin ajanmenekki sekä pyörien luisto.

Traktorin dynaamista painojakaumaa, eli akselimassojen riipuvuutta vetovoimasta, tutkittiin ns. paaluvetokokeella, jossa traktori kiinnitetään taka-akselista ketjulla kiinteään painoon. Kun traktorilla pyritään vetämään painoa, mitataan syntyvä vetovoima kejun ja traktorin väliin sijoitetulla vetovoimamittarilla ja akselimassat pyörien alla olevilla vaailla. Koetraktorina oli Metsä-Marttiini K10.

4.2. Tutkimustulokset

Taulukossa 1 esitetyt olosuhdetiedot on laskettu kolmen kullakin painojakaumalla ajetun radan keskiarvoina. Erot leikkauslujuudessa, turvekerroksen paksuudessa ja pintakasvillisuudessa ratojen keskiarvojen välillä olivat pieniä. Turpeen 0,3 m paksu pintakerros oli lujuudeltaan miltei kaksinkertainen sen alapuoliseen kerrokseen verrattuna. Vaapata pintavettä ei ollut millään radalla. Painojakaumat tutkittiin peräkkäisinä päivinä järjestyksessä 2,4,3,1. Painojakauman 4 tutkimista edeltäneenä yönä satoi vettä 6 mm, minkä vaikutus tuloksiin lienee vähäinen.

Keskimääräiset ajokerroittaiset raiteensyvytydet on esitetty kuvassa 4. Syvimmät raiteet teki painojakauma 2 ja matalimmat painojakauma 4, kun taas painojakaumien 1 ja 3 raiteet

Taulukko 1. Olosuhteet eri painojakaumilla ajettujen ratojen keskiarvoina laskettuna.

painojakauman numero	kasvillisuuden peittävyys, %		turpeen leikkauslujuus, kPa				turvekerroksen paksuus, m
	heinät	sammaleet	mittausyvyys, m				
			0,10	0,25	0,50-0,75	1,00-2,00	
1	100,0	0,0	27,5	26,9	16,7	13,7	2,51
2	95,3	4,7	28,2	27,3	16,7	13,6	2,38
3	100,0	0,0	27,6	25,6	17,1	13,6	2,62
4	96,4	3,6	28,3	26,6	17,4	13,9	2,49

olivat erityisesti toisella ajokerralla miltei samasyvyisinä näiden välissä. Painojakaumilla 1 ja 2 reitti pystyttiin ajamaan läpi kolmasti ja painojakaumalla 4 neljästi. Painojakaumalla 3 juututtiin neljännellä ajokerralla kiinni. Raiteen leveys riippui voimakkaasti sen syvyydestä. Keskimääräinen raiteen syvyys ja leveys kolmannen ajokerran jälkeen sekä keskimääräinen ajonopeus on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Mittaustuloksia painojakaumittain.

painojakauman numero	raiteen syvyys, cm		raiteen leveys, cm		keskim. ajonopeus, m/min		maanpinnan rikkoutuminen, %	
	keskiarvo	keskihajonta	keskiarvo	keskihajonta	tyhjänä	kuormattuna	keskiarvo	keskihajonta
1	25,4	10,0	95,9	8,6	70,3	52,4	4,5	4,6
2	33,0	14,6	105,1	10,4	63,5	49,0	7,6	5,1
3	24,5	7,5	91,8	5,1	72,8	61,4	3,7	3,4
4	19,9	6,9	89,8	5,4	69,0	51,0	3,2	5,4

Aineiston perusteella laadittiin raiteensyvyydelle seuraava regressiomalli:

$$\begin{aligned}
 y = & 26,5 - 0,431 x_5 x_4 - 0,625 x_2 + 0,012 x_8 x_4 \\
 & + 0,232 x_6 x_4 + 0,358 x_3^{\frac{1}{2}} x_4 + 0,172 x_7 x_4^3 + 0,458 x_2 x_4^{-2} \\
 & - 0,223 x_1 - 0,020 x_{10} x_4^{-1} - 0,026 x_9 x_4
 \end{aligned} \quad (1)$$

selitysaste $R^2=78\%$, jäännöshajonta $s_{y.x}=4.7$ cm, havaintojen lukumäärä $n=396$, jossa

y =raiteen syvyys, cm

x_1 =turpeen leikkauslujuus 0,1 m:n syvyydeltä, kPa

x_2 =turpeen leikkauslujuus 0,25 m:n syvyydeltä, kPa

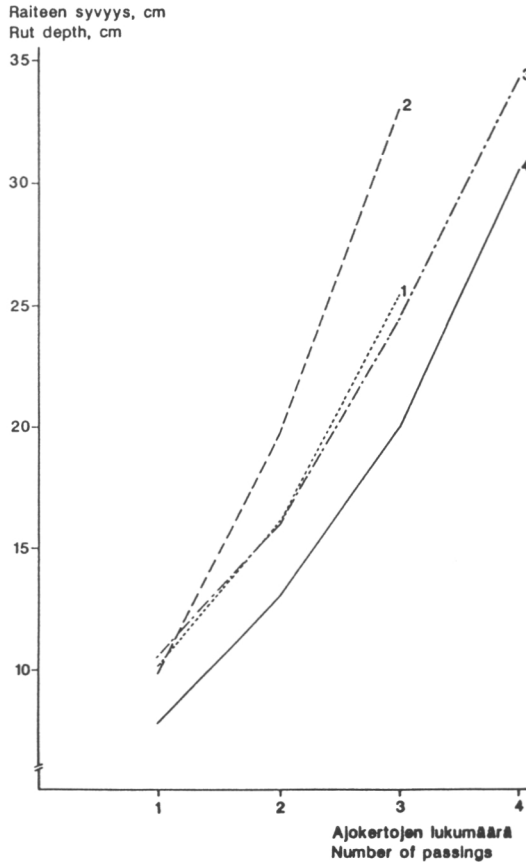
x_3 =turpeen syvyys, m

x_4 =ajokerran järjestysluku

x_5 =turpeen keskimääräinen leikkauslujuus 0,5-0,75 m:n syvyydeltä, kPa

x_6 =etuakselimassan osuus kokonaismassasta kuormattuna, %

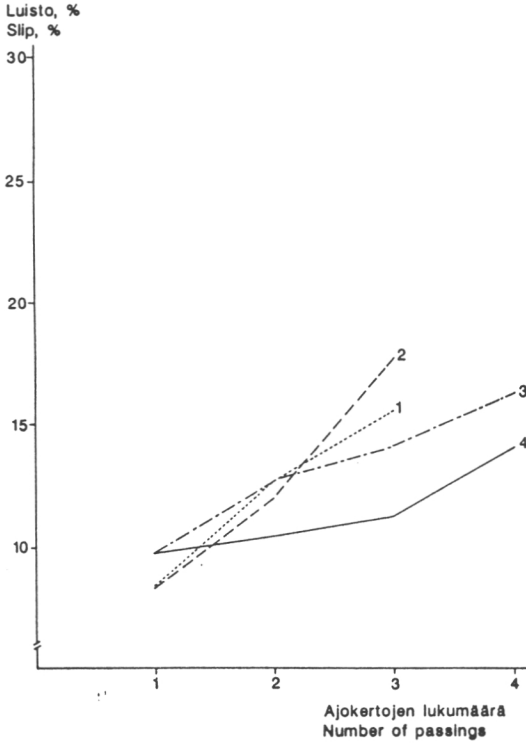
- x_7 =yli 3 m paksun turvekerroksen valemuuttuja, saa arvon 0, kun paksuus on korkeintaan 3 m arvon 1, kun paksuus on yli 3m
- x_8 =lisäpainojen aiheuttama lisäys eturungon hitausmomentissa kiertymisakselin suhteen, kgm^2
- x_9 =lisäpainojen aiheuttama eturungon massan lisäys, kg
- x_{10} =etuakselimassa kuormattuna, kg.



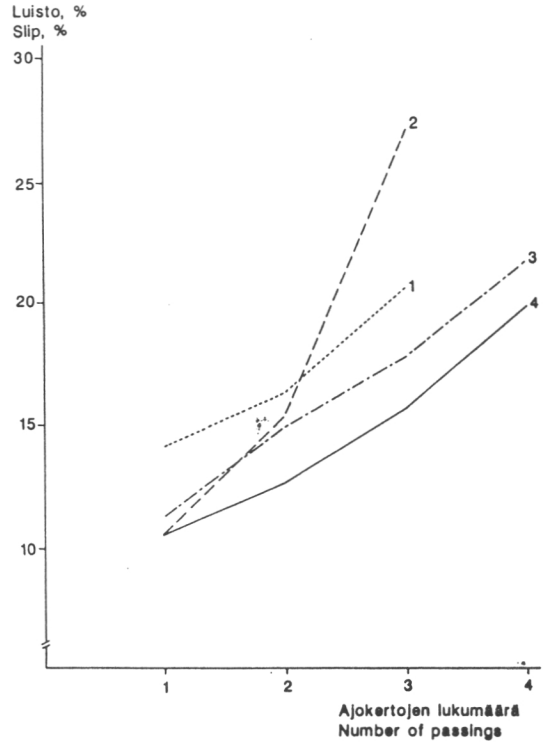
Kuva 4. Raiteensyvyys painojakaumittain.

Pyörien luiston suhteen (kuvat 5 ja 6) ei ensimmäisellä eikä toisella ajokerralla ole etenkin tyhjänä ajossa havaittavissa selkeää järjestystä painojakaumien välillä. Kolmannella ajokerralla luisto oli selvästi suurin painojakaumalla 2

alentuen edelleen järjestyksessä 1,3,4. Myös maanpinnan rik-
koutuminen ensimmäisen ajokerran jälkeen oli suurin painoja-
kaumalla 2 alentuen järjestyksessä 1,3,4 (taulukko 2).



Kuva 5. Pyörien luisto
tyhjänä ajossa.



Kuva 6. Pyörien luisto kuor-
mattuna ajossa.

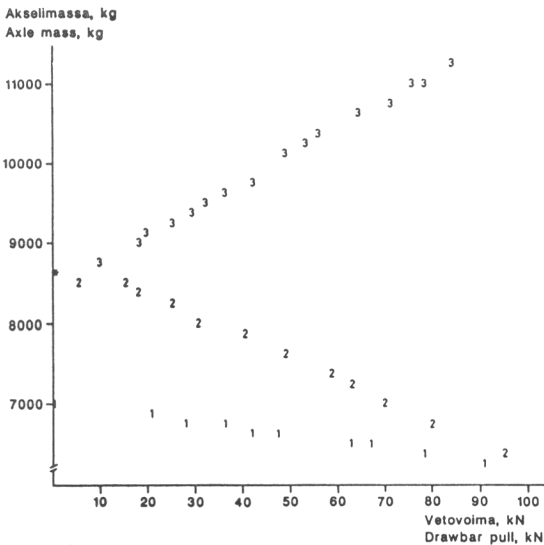
Traktorin akselimassat vetovoiman funktiona on esitetty ku-
vassa 7. Vetovoiman kasvaessa traktorin etuakselin sekä te-
lin etuakselin kuormitus vähenee, ja telin taka-akselin kuor-
mitus kasvaa vastaavasti. Telin etuakselin osuus telin kuor-
mituksesta laskettiin Hallonborgin (1983) esittämällä kaaval-
la

$$x = 0,5 - \mu \left(\frac{p+r}{c} - \frac{r}{i c} \right), \quad (2)$$

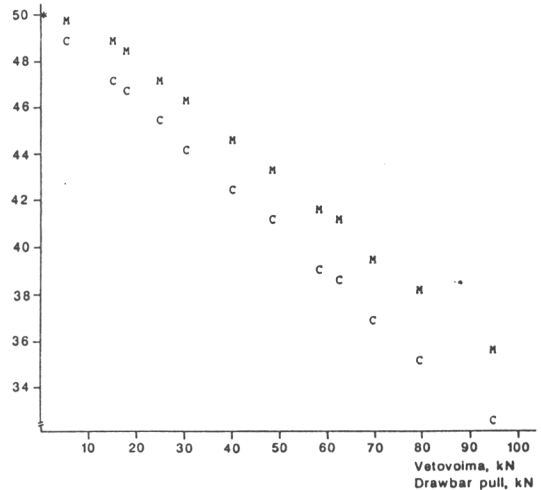
jossa $\mu = \frac{F}{N}$,

F =telin vetovoima, kN
 N =telin kuormitus, kN
 x =telin etuakselin osuus telin kuormituksesta
 p =telin kiinnityspisteen ja pyörän akselin välinen pystysuora etäisyys, m
 r =kuormitetun pyörän säde, m
 c =telin akseliväli, m
 i =telin välityssuhde.

Laskennassa kokonaisvetovoiman on oletettu jakautuvan akselille akselimassojen suhteessa. Telin etuakselin laskennallinen osuus kuormituksesta oli hieman mitattua pienempi (kuva 8).



Kuormitus telin etuakselilla, %
Loading on front axle of bogie, %



Kuva 7. Traktorin akselimassat vetovoiman funktiona. 1=etuakseli 2=telin etuakseli 3= telin taka-akseli.

Kuva 8. Telin etuakselin osuus telin kuormituksesta. M=mitattu C=laskettu.

4.3. Johtopäätökset

Raiteenmuodostuskokeen tulokset on saatu yhdellä konetyypillä, tietyllä tutkimusmenetelmällä ja ainutkertaisissa olosuh-

teissa, mikä rajoittaa niiden yleistettävyyttä. Tutkimustulosten perusteella painojakaumalla oli vaikutusta tutkitun traktorin raiteenmuodostukseen turvemaalla. Raiteenmuodostus lisääntyi etuakselimassan kasvaessa, mikä näkyy erityisesti verrattaessa painojakaumia 2,3 ja 4 keskenään. Kevyen etupään turvemaan kantavalle pintakerrokselle aiheuttamat vauriot ovat vähäisemmät kuin raskaan. On mahdollista, että erot raiteenmuodostuksessa johtuvat pintakerroksen paremmasta kantavuudesta taka-akselin alla, sillä massaltaan suurempana taka-akselin osuus raiteenmuodostuksesta on etuakselia suurempi.

Painojakauman 1 tulos osoittaa kuitenkin, että painojakauma ei edes tässä pelkistetystä kokeesta ollut ainoa raiteen syvyyteen vaikuttava traktorin rakenneominaisuus, vaan selittävinä muuttujina olivat lisäksi lisäpainojen aiheuttama eturungon massan sekä etu- ja takarungon väliseen kiertymisakseliin nähden lasketun hitausmomentin kasvu. Näiden tekijöiden pienentyessä traktorin etuakseli myötäilee maaston epätasaisuuksia herkemmin ja muovaa kulkualustaa vähemmän, millä saattoi kokeessa olla vaikutusta raiteenmuodostukseen.

Painojakauma vaikutti pyörien luistoon, maanpinnan rikkoutumiseen sekä raiteen leveyteen samankaltaisesti, kuin raiteen syvyyteenkin. Turpeen pintakerros painui kuormituksessa ja murtui sitten hieman kauempaa, minkä johdosta raiteen leveys riippui voimakkaasti raiteen syvyydestä.

Akselipainojen muutoksia tarkasteltaessa on otettava huomioon kokeen staattisuudesta mahdollisesti aiheutuneet virheet. Tutkimustulosten perusteella etu- ja taka-akselin välinen painojakauma muuttuu ajotilanteessa siten, että raiteenmuodostus vähenee. Samanaikaisesti telin rakenteesta ja veto-voimasta riippuva sisäisen painojakauman muutos nostaa telin pintapaineen huippuarvoa, mikä periaatteessa lisää raiteenmuodostusta. Kuitenkin pehmeällä kulkualustalla telin sisäiset momentit nostavat etupyörän takapyörää ylempäs, jolloin kulkuvastuksen voidaan olettaa alentuvan.

Nykyisten etuakselimassaltaan alhaisempien kuusipyöräisten kuormatraktoreiden liikkuvuus turvemaalla on aiemmissä tutkimuksissa ollut vanhoja raskaskeulaisia malleja parempi. Tämän tutkimuksen perusteella eräänä syynä tähän ovat erot etuakselimassassa sekä massan jakaumassa. Erilaisten telirakenteiden paremmuuden selvittäminen turvemaalla liikuttaessa vaatii vielä lisätutkimuksia.

Kirjallisuus

- Hallonborg, U., 1983. Boggier -utföranden och egenskaper. Skogsarbeten resultat 28 1983.
- Högnäs, T., 1985. Kuorman koon vaikutus metsätraktorin rai-desyvyyteen. Metsähallituksen kehittämisjaosto, koeselostus 217.
- Rummukainen, A. ja Ala-Ilomäki, J., 1986. Manoeuvrability of forwarders and it's prediction on peatlands. Proceedings of ISTVS third european conference.

Tutkimuksessa mukana olleet koneet ja niiden varustus

Kuormatraktorit	Renkaat		Ketjut ja telat	Telojen leveys, cm
	edessä	takana		
Kockums 83-35	600-22,5	600-22,5	Svedlundin superkantavat telat edessä ja takana	75
Kockums 84-35	600-34	600-26,5	Gunnebo CB -ketjut edessä Svedlundin superkantavat telat	75
Kockums 84-31	23,1-26 telapyörä	22-25	RKP-L-telat edessä	73
		500-22,5	Svedlundin superkantavat telat takana	75
Lokomo 919 Turbo kahdeksanpyöräinen	600-26,5	600-26,5	Svedlundin superkantavat telat edessä ja takana	75
Norcar HTP-480	500/45-22,5	500/45-22,5	Svedlundin sileäpintaiset superkantavat telat edessä ja takana (ylileveät)	76
Ponsse S 15	600-34	600-26,5	Gunnebo CB -ketjut edessä Svedlundin superkantavat telat takana	70
Ponsse S 15	600-34	700-26,5	Gunnebo CB -ketjut edessä Svedlundin superkantavat telat takana	83
Volvo EM Valmet 862	23,1-26	22-25	RKP:n superkantavat L-telat takana	68
ÖSA 250	600-34	600-26,5	Gunnebo CB -ketjut edessä Svedlundin superkantavat telat takana	75
Maataloustraktoriyhdistelmät				
Volvo EM Valmet 805-4 + RKP 10000 -vetävä perävaunu	500-26,5	600-34 500/60-22,5	RKP-L-telat perävaunussa	59
Ford 6600 + Velsa -teliperävaunu	7.5-18	14-34 14-16	Ei ketjuja eikä teloja	
Tela-alustaiset koneet				
Meri Trackmo			Kumitelat teräsrivoin	65 edessä 85 takana
Farmi Track			Kumitelat teräsrivoin	60 edessä 50 takana
Jermu			Kumitelat teräsrivoin	50 edessä 33 takana
Terri 1020 D			Kumitelat teräsrivoin	65 edessä 30 takana

Olli Eeronheimo ja Timo Heikka

KOKEMUKSIA TELAMAASTUREIDEN KÄYTÖSTÄ METSÄKULJETUKSESSA

1. JOHDANTO

Viimeaikainen konekehitys on parantanut metsätraktoreiden kulkukelpoisuutta huomattavasti. Koska suometsien merkitys Suomen puuhuollossa on kasvamassa, tarvitaan lisäksi myös pehmeillä mailla ympärivuotiseen puunkuljetukseen soveltuvia koneita. Tällaisia ovat mm. kiinteillä kumiteloilla varustetut telamaasturit (kuva 1), joita on jo usean konepajan valmistusohjelmassa. Telamaasturin leveys on vain 1,3...1,7 metriä, omapaino 1,2...3,8 tonnia ja laskennallinen pintapaine täydellä kuormalla noin 50 % metsätraktoriin verrattuna.



Kuva 1. Telamaasturi soveltuu erityisesti suometsien puunkorjuuseen.

Vuoden kestäneessä seurantatutkimuksessa pyrittiin selvittämään telamaastureiden käyttöalue, käytännön suoritustaso, työllisyys sekä ympäristöystävällisyys. Lyhytkestoisten tuotostutkimusten ei katsottu antavan näihin kysymyksiin riittävää lisätietoa. Seuranta liittyy Metsäntutkimuslaitoksessa vuonna 1982 käynnistyneeseen tutkimus- ja kehitysprojektiin, jonka tavoitteena on löytää uusia ratkaisuja ojitettujen ja luonnontilaisten soiden puunkorjuuseen.

2. TUTKIMUSAINEISTO JA SEN KÄSITTELY

Seurantatutkimus käynnistettiin alkuvuodesta 1985 ottamalla Farmi Trac -urakoitsijoihin yhteyttä valmistajan ja myyntiyhtiön välityksellä. Kyseinen konetyyppi oli tutkimuksen aloittamisajankohtana ainoa urakointikäyttöön hyvin soveltuva telamaasturi, jota oli tutkimuksen toteuttamista ajatellen riittävän monta kappaletta käytössä.

Eri puolilla maata järjestetyissä tilaisuuksissa käytiin yhteensä 17 koneurakoitsijan kanssa lävitse seurantatutkimuksen sisältö ja toteutus. Samalla kirjattiin ylös urakoitsijoiden metsä- ja konetyökokemus sekä muut taustatiedot. Vastaavat taustatiedot hankittiin lisäksi 11:ltä urakoitsijalta kirjeitse ja puhelimitse. Tiedot saatiin näin 25:n Farmi Trac-telamaasturin käyttäjistä.

Samana ajankohtana koneita oli myyty metsävarusteisena yhteensä 29 kappaletta. Seurantaan osallistui kolmetoista urakoitsijaa. Heistä kahdeksan oli mukana koko vuoden. Yhteen veto seurantatutkimuksen aineistosta on esitelty pääpiirteissään seuraavassa asetelmassa.

Seuranta-aika työpäiviä	Urakoitsijoita kpl	Työmaita kpl	Ajettu puumäärä m ³
2061	13 *)	382	62012

*) joista 8 mukana koko vuoden

Urakoitsijat täyttivät jokaiselta työmaalta seurantalomakkeen. Tutkimusta suunniteltaessa pyrittiin siihen, että aina maapohjan ja hakkuutavan vaihtuessa täytettäisiin uusi lomake. Rajausperusteeksi muodostui käytännössä kuitenkin ajon tilitys, koska kuljetetut puumäärät voidaan yksiselitteisesti kohdistaa vain tällä tavoin rajatuille työmaille. Lisäksi urakoitsijat pitivät kirjaa korjaus- ja huoltokustannuksista.

Telamaastureista saatuja käyttökokemuksia kyseltiin lisäksi 19 työnjohtajalta. Vastaajista 16 oli metsäteollisuuden palveluksessa, kaksi edusti metsänhoitoyhdistyksiä, ja yhden työnantajana oli metsähallinnon hoitoalue. Vastaajat edustivat jokseenkin tasaisesti maan eri osia.

Metsäkuljetuksen korjuujälkeä tutkittiin kymmenellä harvennusleimikolla, joilta puutavara oli ajettu sulan maan aikana. Inventointimenetelmä oli pääpiirteissään sama, jota Sirén (1986) on käyttänyt Metsäntutkimuslaitoksessa. Inventoidut leimikot olivat suurimmaksi osaksi ensiharvennustyömaita.

Telamaastureiden seurantalomakkeet tallennettiin ja käsiteltiin VAX 11/785 tietokoneella käyttäen VAX DATATRIEVE kysely- ja raportointiohjelmaa. Muu tutkimusaineisto käsiteltiin manuaalisesti.

3. TULOKSET

3.1. Urakoitsijat

Urakoitsijat olivat iältään 20..48 vuotiaita. Keski-ikäsi muodostui 35 vuotta, joka on hieman alhaisempi kuin koneurakoitsijaliittoon kuuluvien, metsäkonetyötä tekevien urakoitsijoiden 37 vuoden keski-ikä. Liiton maanrakennustöitä tekevien jäsenten keski-ikä on peräti 41 vuotta (Saukkonen 1986).

Metsäalan työkokemusta oli kahta lukuun ottamatta kaikilla. Kaksi urakoitsijaa kolmesta oli ollut hakkuutöissä. Puutavaran lähikuljetusta oli tehnyt työkseen 17 urakoitsijaa. Muuta konetyökokemusta oli 18 urakoitsijalla. Telamaasturia he olivat käyttäneet 1kk..3v.

Telamaasturin lisäksi muuta konekalustoa oli 9 urakoitsijalla. Yleisin kone oli maataloustraktori (6 urakoitsijalla), metsätraktorin tai useampia omisti 2 urakoitsijaa, ja kahdella oli traktorikaivuri. Farmi Tracin ensimmäiseksi koneekseen oli hankkinut 11 urakoitsijaa. Pienemmistä telamaastureista kokemuksia keränneitä urakoitsijoita oli 9.

Telamaasturiurakoitsijat jakautuivat selkeästi neljään ryhmään sen perusteella, mitkä tekijät olivat vaikuttaneet telamaasturin hankintaan. Muiden konetöiden väheneminen aiheutti lisätyöllistämistarvetta 8 urakoitsijalle. Kuusi urakoitsijaa täydensi telamaasturilla lähikuljetuskalustoaan - useimmiten työnantajan suosituksesta. Neljä urakoitsijaa siirtyi lähikuljetuksen pariin koettuaan hakkuutyön fyysisesti liian rasakaaksi. Loput seitsemän telamaasturia hankki yrittäjähenkilöryhmä, joka uskoo, että tälle konetyypille riittää töitä suo- ja harvennusemetsien puunkorjuun lisääntyessä. Joka kolmas kone hankittiin työnantajan ehdotuksen pohjalta.

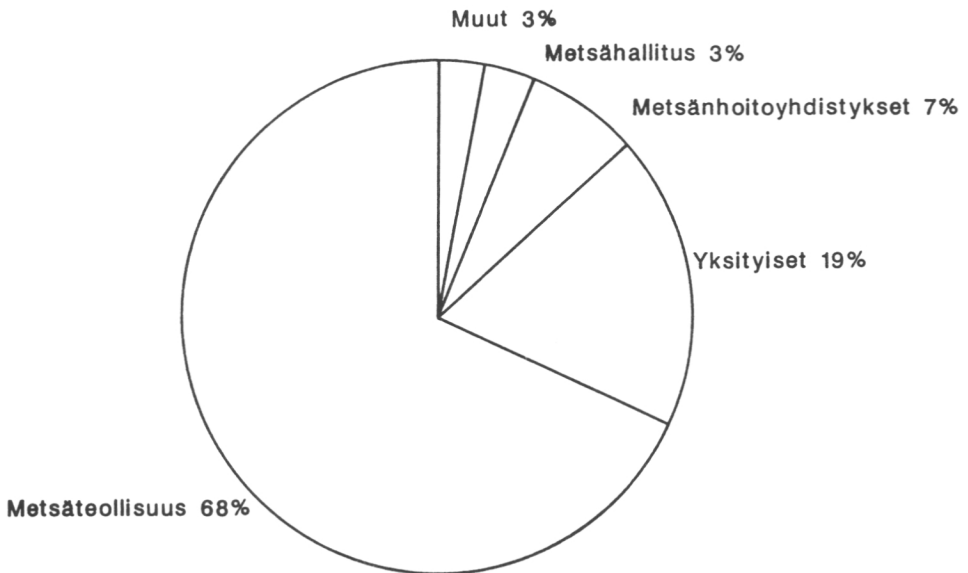
Telamaastureista 16 oli yhden miehen koneita. Kahden miehen koneytymien omistuksessa oli viisi telamaasturia, mutta näistäkin osaa kuljetti vain toinen miehistä. Neljää konetta ajoi palkattu kuljettaja.

3.2. Urakanantajat

Metsäteollisuusyritykset olivat urakanantajina 261 työmaalla. Muita suuria työllistäjäryhmiä olivat yksityiset metsänomistajat (71 työmaata), metsänhoitoyhdistykset (27), metsähallitus (12) sekä kunnat (10). Kuva 2 havainnollistaa työmaiden jakautumista urakanantajien kesken.

Koneurakoitsijaliiton metsäkonetyötä tekevien jäsenten työmaista ja samalla työtuloista noin 90 % kertyy metsäteollisuusyritysten ja metsähallituksen leimikoista (Saukkonen 1986). Telamaasturiurakoitsijoille yksityisten metsänomistajien ja metsänhoitoyhdistysten merkitys urakanantajina oli huomattavasti suurempi kuin isommilla koneilla toimiville Koneurakoitsijaliiton jäsenille.

Koko vuoden seuratuilla urakoitsijoilla oli seurantajakson aikana 5..16 eri työnantajaa. Pääasiallisen työnantajan, joka oli joku metsäteollisuusyritys, teettämien työmaiden osuus kaikista työmaista vaihteli urakoitsijoittain välillä 22..94 %. Saukkosen (1986) mukaan metsäkoneurakoitsijoilla on keskimäärin 2,5 urakanantajaa vuodessa ja yli 50 %:lla vain 1-2.



Kuva 2. Työmaiden jakautuminen urakanantajien kesken.

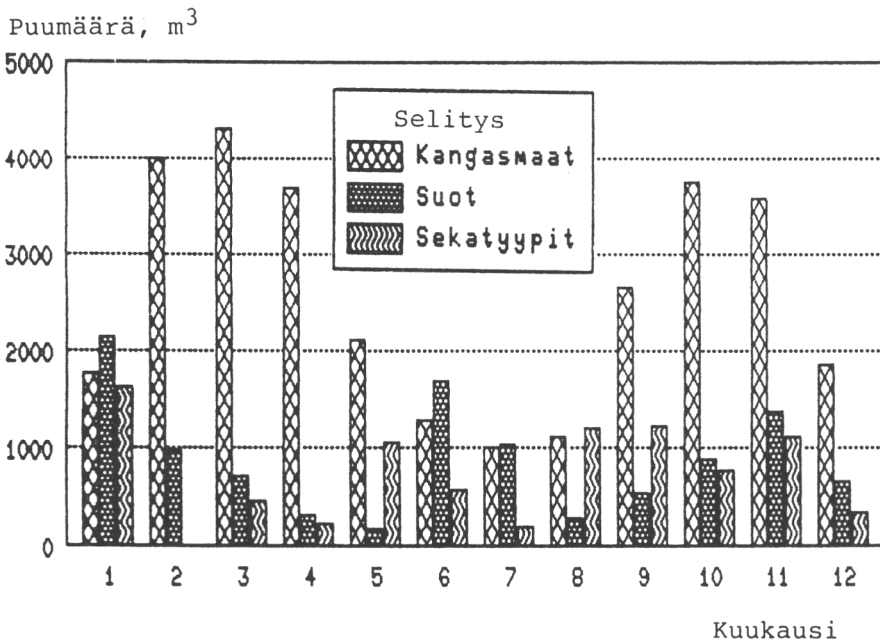
Keskimäärin telamaasturiurakoitsijalla on vuodessa 42 työmaata. Työnantajittain nämä jakautuvat siten, että 22 työmaata tehdään pääasialliselle työnantajalle, 5 muulle metsäteollisuusyritykselle, 7 yksityisille metsänomistajille, 3 metsänhoitoyhdistykselle ja loput 5 satunnaisesti Metsähallitukselle, kunnalle, metsänparannuspiirille ja Metsäntutkimuslaitokselle.

Kirjallisen työsopimuksen oli tehnyt kolme urakoitsijaa. Muille telamaastureille oli töitä luvattu suullisesti, yleensä ilman työmääräarviota.

3.3. Työmaat

Pääosa telamaastureilla teetetyistä töistä oli puutavaran ajoa. Muita töitä, kuten esimerkiksi maanmuokkausta ja siltarumpujen kuljetusta, teetettiin 7 työmaalla yhteensä 29 päivän ajan. Seuraavassa rajoitutaan tarkastelemaan lähemmin vain puunajotyömaita.

Tutkimuksessa on mukana 375 puunajotyömaata. Ajettu puumäärä on 61235 m³. Työpäivien lukumäärä on 2036, ja työtunteja kertyi 19875. Työmaiden keskikoko on 163 m³. Työmaista 70 oli mukana työmaakeskityksissä, joissa työmaiden väliset siirrot olivat alle 5 km. Kun työmaakeskitykset luetaan yksittäisiksi työmaiksi, on työmaiden keskikoko 200 m³.



Kuva 3. Puumäärät jaoteltuina maapohjan ja kuukauden mukaan.

Vaikka kysymys on suometsien erikoiskoneesta, työmaista 225 oli kangasmailla. Luonnontilaisilla soilla oli 28 työmaata ja ojitetuilla soilla 60. Loput työmaista olivat maapohjaltaan edellisten yhdistelmiä. Pelkästään turvemilla oli kaikkiaan

97 työmaata. Kuvassa 3 on jaoteltu kuljetetut puumäärät kuukausittain maapohjan mukaan. Hakkuutavoittain 375 puunajotyömaata jakautuivat taulukon 1 mukaisesti.

Taulukko 1. Puunajotyömaiden jakautuminen hakkuutavoittain.

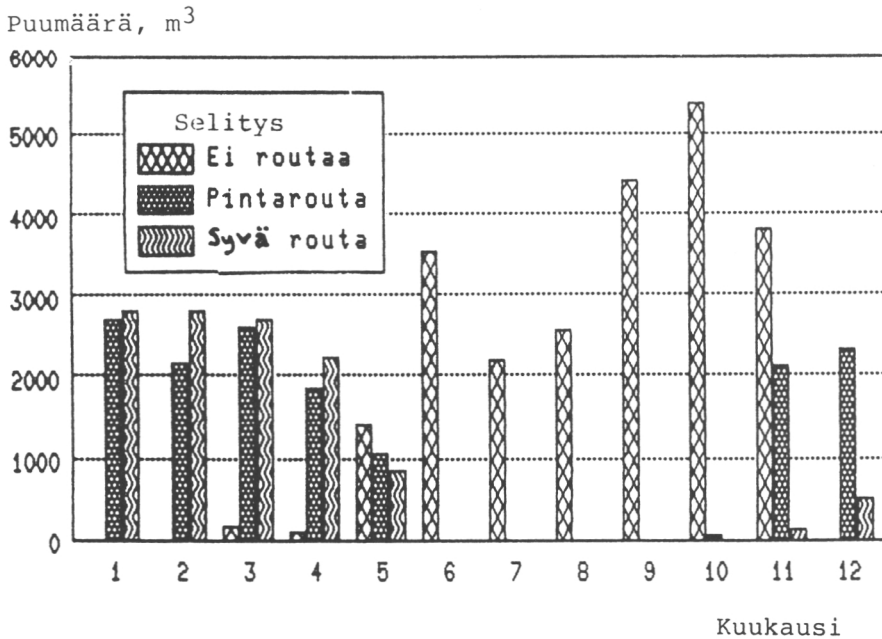
Hakkuutapa	Osuus työmaista %	Osuus puumäärästä %
Ensiharvennukset	20	16
Muut harvennukset	27	33
Siemen- ja suojustuiden poistot	2	1
Avohakkuut	10	10
Ojalinjatyömaat	4	2
Muut puunajotyöt	12	9
Sekatyömaat	25	29

Muuhun puunajoon kuuluvat varastojen siirrot ja halkojen ajo sekä muilla koneilla ajamatta jääneiden yksittäisten pölkkyjen tai kasojen ja tuulenkaatojen keräily. Sekatyömailla tarkoitetaan työmaita, joilla eri hakkuutavoin käsitellyt palsat ajettiin samaan varastomuodostelmaan sekä mitattiin ja taksoitettiin yhtenä työmaana.

Yleisimpiä yhdistelmiä olivat ensi- ja muut harvennukset (22 työmaata), muut harvennukset ja avohakkuut (18) sekä ensiharvennukset ja avohakkuut (10). Ensiharvennustyömailta ja sellaisia sekatyömailta, joissa oli myös ensiharvennusta oli yhteensä 124. Konetta kohti puunajotyömailta oli 2...5 kappaletta kuukaudessa.

3.4. Lumi ja routa

Roudattomana aikana ajettiin lähes puolet työmaista. Kuvasta 4 havaitaan, että talvikuukausina ajetusta puumäärästä tuli noin puolet työmailta, joilla maa oli routaantunut vain pinnasta.



Kuva 4. Kuljetetut puumäärät jaoteltuina routatilanteen mukaan

Työmaista 171 ajettiin lumettomana aikana. Seuraavasta asetelmasta selviää työmaiden jakautuminen lumipeitteen paksuuden mukaan:

Lumen syvyys cm	Osuus työmaista %
0	45
1 -10	6
11-20	8
21-30	12
31-40	14
41-50	10
51-60	3
61-70	1
71-80	1

Lumen ilmoitettiin vaikeuttaneen liikkumista 29 työmaalla. Lumen paksuus oli näillä työmailla keskimäärin 45 cm. Liikkumista rajoitti kuitenkin lähinnä lumen rakenne: pulverilumes- sa liikkuminen alkaa olla vaivalloista jo lumen paksuuden ylittäessä 30 cm, ja toisaalta työskentely sujuu eriomaisesti 80 cm:n lumipeitteen päällä, kun lumi on pakkautunut tai jää- tynyt kovaksi.

Koko vuoden seurannassa olleet urakoitsijat polkivat ajorei-
tin ensin tyhjällä koneella kaikkiaan 36 työmaalla. Tälläis-
ten työmaiden osuudet kaikista työmaista vaihtelivat joulu-
kuusta huhtikuuhun välillä 5..43 % ollen keskimäärin 26 %.

3.5. Puutavaralajit, kuljetusmatkat ja tuotostaso

Kaikkien urakoitsijoiden kuljettamasta 61235 kuutiometristä
oli kuitupuuta 66, tukkia 28, rankaa 5 ja pylviäitä 1 %. Kui-
tupuuta kuljetettiin 342 työmaalla yhteensä 40528 m³. Yhdek-
sällä työmaalla kymmenestä pölkyjen pituus oli kolme metriä.
Ajetusta puumäärästä kolmimetrinen osuus oli 92 % silmävarai-
sesti katkottu puutavara mukaan luettuna. Kaksimetrinen ja
pitkän (5..6 m) kuitupuun osuudet olivat vastaavasti 5 ja 3 %.

Metsäkuljetusmatkat telamaasturityömailla ovat koneen kuorma-
kokoon nähden muodostuneet pitkiksi. Puumäärillä painotettu
keskimääräinen ajomatka oli 426 m. Ojalinjatyömaat sekä pui-
den kuljetus saarista ja soiden metsäsaarekkeista nostavat
keskimääräisen ajomatkan näin korkealle tasolle. Taulukosta
2, jossa sekatyömaat eivät ole mukana, selviävät hakkuuta-
voittaiset tuotokset, ajomatkat ja maastoluokat. Luvut ovat
kuljetetuilla puumäärillä painotettuja keskiarvoja.

Taulukko 2. Keskimääräiset tuotokset, ajomatkat ja maasto-
luokat hakkuutavoittain

Hakkuutapa	Tuotos m ³ /h	Ajomatka m	Maastoluokka
Ensiharvennukset	4,1	344	1,3
Muut harvennukset	4,1	397	1,3
Siemen- ja suojuspuiden poistot	2,6	759	1,2
Avohakkuut	4,4	541	1,4
Ojalinjatyömaat	3,4	627	1,6
Muu puunajo	4,4	658	1,4

Työnjohto oli kuljetusmaksua varten luokitellut I maastoluok-
kaan 68 % työmaista. Toisen ja kolmannen maastoluokan osuu-
det olivat vastaavasti 28 ja 4 %.

3.6. Siirrot

Keskimääräinen siirtymismatka työmaalta toiselle on 22 km, kun työmaakeskitykset luetaan yksittäisiksi työmaiksi. Siirtotapojen vaikutus siirtomatkan keskiarvoon, minimiin ja maksimiin on esitetty seuraavassa asetelmassa.

Siirtotapa	Keskimäärin	Vaihteluväli	Lukumäärä
	km		kpl
Ajo	18	5... 91	92
Traktorilavetti	23	5... 106	105
Kuorma-auto	35	5... 140	104
Muu	65	30... 90	5

Telamaasturiurakoitsijan täytyy siis olla valmis siirtymään verraten pitkienkin matkojen päähän työn perässä.

3.7. Palkkaus

Kahdeksalla työmaalla kymmenestä kuljetusmaksu määräytyy samoin perustein kuin metsätraktorikuljetuksissa. Tuntitöitä on tehty 16 työmaalla ja sopimusurakoita 37 työmaalla. Keskitaksat urakkatöissä ovat olleet tavaralajeittain seuraavat:

Tavaralaji	Taksa	Matka	Maasto- luokka	Työmaiden lukumäärä
	mk/m ³	m		kpl
Kuitu	25,33	420	1,3	342
Tukki	23,17	465	1,3	297
Ranka	32,31	315	1,2	15
Pylväs	26,85	350	1,1	5

Farmi Tracin käyttökustannukset seurantajakson aikana olivat arviolta 150...180 mk/h. Keskimääräinen ansio, johon on laskettu mukaan siirtokorvaukset silloin, kun ne on ilmoitettu, on 79 mk/työtunti. Sellaisia työmaita, joilla tuntitulot ylittävät käyttötuntikustannukset on vain 34 (9 % kaikista työmaista).

3.8. Vaikeudet

Työskentelyä hidastaneet tekijät ja niiden esiintymistiheys selviävät seuraavasta asetelmasta.

Työskentelyä hidastaneet tekijät	Osuus työmaista %
Maasto	
Ojat	18
Mäet	8
Lumi	8
Kivisyys	6
Kalliot	4
Pehmeys	3
Korjuun suunnittelu ja hakkuutyö	
Suuret tukit	18
Kapeat ajourat	10
Kasat kaukana	8
Huono varasto	5
Huono hakkuujälki	4
Kannot	3
Korjuun ajoitus	
Kasat lumen alla	13
Kasat jäässä	3

Hakkuuvaiheessa ei aina tiedetä, minkä tyyppinen kone työmaalle loppujen lopuksi tulee. Telamaastureitakin on jouduttu käyttämään verrattain usein työmailla, jotka oli suunniteltu pitkäulotteisella kuormaimella varustettua metsätraktoria varten. Syynä on ollut useimmiten maaston ennakoitua huonompi kantavuus.

Telamaastureita varten hakatut työmaatkaan eivät aina ole täysin onnistuneet. Tästä kertoo se, että 37 työmaalla urakoitsijat moittivat ajouria liian kapeiksi. Varsinkin kaarteiden tulee olla riittävän leveitä ja loivia.

3.9. Työllisyys

Töitä telamaastureille näyttää riittävän. Työmaan päättyessä urakoitsijalla on tiedossaan seuraava työmaa 362:ssa tapauksessa 382:sta. Työttöminä urakoitsijat olivat yhteensä 23 päivää, kun työpäiviä puolestaan kertyi kaikkiaan 2036. Työllisyysasteeksi muodostuu siten 99 %.

Kilkin (1986) suorittaman koneurakoitsijaliiton työllisyyskyselyn mukaan metsäkuljetuksessa jäsenten työllisyysaste oli 67 % vuonna 1986. Seisokkiviikkoja oli keskimäärin 13. Tutkimukseen osallistuneiden telamaastureiden seurannanaikainen työtilanne oli siis hyvä metsäkuljetusalan yleiseen tilanteeseen verrattuna.

Tärkeimpänä metsäkuljetuksen huonoon työllisyyteen vaikuttavana tekijänä Kilkki (1986) pitää koneurakoinnin kausiluonteisuutta. Telamaastureille on pyöräkoneita helpompi järjestää työtilaisuuksia ympäri vuoden, koska upottavuus ei juuri haittaa työskentelyä. Lisäksi niiden pienempi kuormakoko ja tuottavuus mahdollistavat täystyöllisyyden suhteellisen alhaisilla vuosikuljetusmäärillä.

3.10. Korjuujälki

Telamaasturiseurannassa mukana olleista harvennustyömaista valittiin vaurioinventoinnin kohteeksi kymmenen leimikkoa, joista puutavara oli kuljetettu sulan maan aikana. Näin saatiin mukaan myöskin juurivauriot. Talvikaudella niitä ei kumitelakoneilla synny. Leimikoista viisi oli turvemaalla, kolme kivennäismaalla ja loput olivat suon ja kovan maan yhdistelmiä. Kasvamaan jätetyn puuston osalta inventointileimikoiden korjuuolosuhteet selviävät taulukosta 3.

Taulukko 3. Vaurioinventoitujen työmaiden leimikkotunnukset korjuun jälkeen

Tunnus	Keskiarvo	Vaihteluväli
pohjapinta-ala, m ² /ha	14,5	10...26,6
keskiläpim., cm	15,0	11...19,5
puumäärä, m ³ /ha	95,2	56...197
runkoluku, kpl/ha	880	540...1300

Osa inventoiduista leimikoista oli harvennettu toistamiseen, minkä vuoksi keskimääräinen runkoluku jäi melko alhaiseksi. Tällä on merkitystä vaurioituneiden puiden osuudelle ja ajourien leveydelle, jolle on vaikea löytää selkeää mittaustapaa harvassa puustossa. Korjuujäljen osalta mitatut tunnuksot on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Vaurioinventoitujen työmaiden korjuujälki

Tunnus	Keskiarvo	Vaihteluväli
ajouraväli, m	29	22...60
-"- tiheys, m/ha	342	167...455
-"- leveys, m	3,0	2,6...3,9
raideleveys, cm	196	190...198
painuman syvyys, cm *)	9,1	7,9...12,4
vaur. puiden os., %	1,0	0,19...1,73

*) 4:n leimikon osalta

Sirénin (1986) mukaan maataloustraktorilla kesäaikaan korjatuissa leimikoissa puuston vaurioitumisprosentti vaihteli männiköiden 3,4:stä kuusiköiden 2,1:een ja metsätraktorilla vastaavasti 1,2:sta 1,8:aan. Sekapuustoissa, joita maataloustraktoriaineistoon ei sisällynyt, nousi vaurioitumisprosentti metsätraktorikuljetuksessa 4,5:een. Tämän tutkimuksen yhteydessä inventoiduissa leimikoissa keskimääräinen vaurioitumisprosentti oli vain 1,0.

Kuljetusta varten avattavien ajourien osuuden metsikön pinta-alasta olisi kasvatappioiden välttämiseksi oltava mahdollisimman pieni. Lillebergin (1986) mukaan ajourien osuus leimikoiden pinta-alasta oli metsätraktoreilla 17,0...18,0 % ja telamaastureilla 12,2 %. Telamaasturiseurannan vaurioinventoiduissa leimikoissa vastaava osuus oli 10,3 %. Tämä johtunee suoleimikoiden harvasta ajouravälistä, joka nosti inventoitujen leimikoiden keskiarvon 29 metriin.

Seuraavassa asetelmassa on jaoteltu vauriot niiden kohteen ja laadun perusteella.

	Lukumäärä, kpl	Osuus, %
Vaurion kohde		
juuri	88	25,9
juurenniska	30	8,8
runko	222	65,3
Vaurion laatu		
pintavaurio	245	72,0
syvä "--	86	25,3
katko "-- (juuressa)	9	2,7

Vauriopoissa oli yleensä vain yksi kolhu puuta kohden. Esimerkiksi kasan lähellä olevista puista saattoi kuitenkin löytä 4...5 vauriota. Kolme neljännestä kolhuista oli pintavaurioita, joissa kuori oli irronnut mutta puuainees säilynyt vahingoittumattomana.

Sirénin (1986) tutkimuksessa noin puolet sekä maatalous- että metsätraktorikorjuussa syntyneistä vaurioista oli syvävaurioita. Merkillepantavaa on myös katkenneiden juurten pieni osuus telamaastureilla. Kaiken kaikkiaan näyttää siltä, että harvennuksessa puusto ja maanpinta jäävät telamaastureiden jäljiltä selvästi parempaan kuntoon kuin muita konetyyppejä käytettäessä.

3.11. Työnjohtajien haastattelu

Telamaastureista saatuja käyttökokemuksia kyseltiin lisäksi 19 työnjohtajalta. Vastaajista 16 oli metsäteollisuuden pal-

veluksessa, kaksi edusti metsänhoitoyhdistyksiä, ja yhden työnantajana oli metsähallinnon hoitoalue. Vastaajat edustivat jokseenkin tasaisesti maan eri osia. Työnjohtajilla oli kokemuksia lähinnä Farmi Trac telamaastureista.

Seitsemän vastaajaa ilmoitti käyttävänsä telamaastureita lähikuljetustehtävissä tilapäisesti. Kahdeksalla piirillä (tai vastaavalla) oli käytössä yksi vakinainen telamaasturiurakoitsija, ja neljä piiriä työllisti vakinaisluonteisesti 2..4 telamaasturia. Vakituisten koneiden lisäksi käytettiin tilapäiskoneita kolmella piirillä.

Valtaosa työnjohtajista (12) arvioi telamaastureilla kuljettavan puumäärän osuudeksi 2..5 % korjuumäärästä. Kuusi vastaajaa ilmoitti osuudeksi 6..10 %, ja yksi vastaaja 30 %. Kolme vastaajaa neljästä ilmoitti ajon sujuneen odotusten mukaisesti. Työn sujumista ovat muiden vastaajien mukaan hidastaneet mm. kannot sekä tekniset vaikeudet. Työjälkeä palstalla pidettiin hyvänä, mutta kuormaimen lyhyt ulottuvuus aiheutti kuuden vastaajan mukaan varastolla tilaongelmia.

Kaksi kolmasosaa vastaajista oli sitä mieltä, että telamaastureilla ajettavat työmaat tulee suunnitella nimenomaan telamaastureita varten. Ajouraverkoston tulee olla tiheämpi kuin kookkaampia koneita käytettäessä, mutta ajourat voidaan vastaavasti suunnitella kapeammiksi. Ajouralla olevien kantojen tulee olla mahdollisimman lyhyitä, ja erityistä huomiota tulee kiinnittää ajourien sijoitteluun mäkisessä maastossa.

Viiden vastaajan mielestä telamaastureiden käyttö on helpottanut korjuun suunnittelu- ja työnjohtotöitä, koska maaston huono kantavuus ei aiheuta ongelmia. Telamaasturit viipyvät työmailla suurempia koneita pitempään, jolloin työn valvonta ja työmaiden ketjutus helpottuu. Kahden vastaajan mielestä työnjohtajan tehtävät vaikeutuvat, kun täytyy miettiä, mitä konetta käytetään milläkin työmaalla. Loput 12 vastaajaa katsovat, että telamaastureiden käyttö ei vaikuta työnjohtotyön ajanmenekkiin.

Lumi haittaa työnjohtajien mielestä telamaastureiden liikkumista vain silloin, kun pehmeää pulverilunta on yli 50 cm. Vastamäet, joiden jyrkkyys on yli 20 %, vaikeuttavat työtä selvästi.

Kaikkien vastaajien mukaan metsänomistajat ovat erittäin halukkaita saamaan telamaasturin ajokoneeksi metsäänsä, useissa tapauksissa se on jopa kaupan ehtona. Teollisuuden edustajat pitävät telamaastureiden käyttöä lähinnä kilpailuvalttina puun ostossa. Toisaalta he kuitenkin toteavat teollisuuden puunkieppon lyhentyneen ja tuoreen puun tarpeen lisääntyneen, minkä voisi olettaa kasvattavan telamaastureiden käyttötarvetta. Teollisuuden kannalta käyttöä rajoittavat lähinnä alhainen tuotostaso sekä pelko korkeista yksikkökustannuksista.

4. PÄÄTELMIÄ

Telamaasturiurakoitsijat ovat perehtyneitä metsäalaa, mutta useimmiten aika uusia tulokkaita lähikuljetuspuolella. He eivät ainakaan seurantajakson aikana olleet riittävästi perillä metsäkuljetuksen palkkausperusteista. Vaikuttaa siltä, että esimerkiksi maastoa ei läheskään aina ole luokiteltu "ajatellen kuljetuskoneeksi maastokelpoista metsätraktoria", kuten puutavaran metsätraktorkuljetusmaksuja koskevassa sopimuksessa (Puutavaran... 1986) edellytetään. Sen sijaan telamaasturiurakoitsijoille on maksettu helpon maaston taulukon mukaan sellaisissakin kohteissa, jotka olisivat jääneet metsätraktoreilla kokonaan ajamatta tai joissa kuljetuskustannukset metsätraktorilla olisivat huonon maaston vuoksi olleet erittäin korkeat.

Telamaastureilla usein käytetty 20 metrin ajouraväli alentaa tavaralajitiheyttä ajouran varressa 30 metrin ajouraväliin verrattuna noin yhden tiheysluokan verran. Telamaasturin ajomaksu muodostuisi siten perusmaksun osalta 6...8 % korkeammaksi kuin vastaava metsätraktorimaksu. Myöskin tämä ero on jäänyt muutamissa tapauksissa urakoitsijoilta tai urakanantajilta huomaamatta.

Eräät telamaasturiurakoitsijat uskoivat lisäksi saavansa 5,5 prosentin pienkonelisän kaikelta ajamaltaan puutavaralta. Todellisuudessa mainittu lisä koskee ainoastaan tukkeja sekä yli 3,6 metrin mittaista kuitupuuta (Puutavaran... 1986).

Telamaasturit ovat ohjautuneet pienemmille työmaille kuin metsätraktorit. Tuoreimman metsätraktoritutkimuksen (Kahala ja Kuitto 1986) mukaan metsätraktORITYömaiden keskikoko on 360 m³. Telamaasturityömaiden keskikooksi muodostui 200 m³. Keskimääräisissä siirtomatkoissa ei ollut huomattavia eroja metsätraktoreiden (19 km) ja telamaastureiden (22 km) välillä.

Telamaastureiden maasto-ominaisuudet vaikuttavat urakoitsijoiden ja työnjohtajien mukaan riittävältä niihin olosuhteisiin, joihin koneet on tarkoitettu. Liikkumiskykyä lumessa ja rinteillä parantaa huomattavasti vetävä perävaunu. Seurannan koneista vain osa oli varustettu perävedolla. Perävedon tehoa lisää uusimmissa versioissa vedon välittäminen teloille veto-vaunun tapaan erillisillä vetorattailla.

Telamaasturi näyttää soveltuvan yhden työnantajan koneeksi, mikäli soveltuvia työmaita löytyy riittävästi, noin 10 000 m³ vuodessa. Useampien urakanantajien saumattomalla yhteistyöllä voitaisiin siirtomatkoja lyhentää ja alentaa samalla korjuukustannuksia.

Tähänastisten kokemusten mukaan telamaasturit vaikuttavat käyttökelpoisilta harvennushakkuiden, pienipuustoisten avohakkuiden ja ojalinjatyömaiden lähikuljetustehtävissä sekä esimerkiksi tuulenkaatojen keräilytöissä. Telamaasturit kykenevät työskentelemään heikosti kantavilla mailla ympäri vuoden. Niiden avulla voidaan tasata korjuun ruuhkahuippuja sekä helpottaa tuoretta puuta tarvitsevan teollisuuden raaka-ainehuoltoa.

Korjuujälki on telamaasturityömaille parempi kuin raskaampia koneita käytettäessä. Pahoilta raiteilta välttytään yleensä kokonaan. Vauriotiheys on pienempi kuin maatalous- ja metsätrakturityömaille. Telamaastureiden aiheuttamat vauriot

ovat lisäksi pienialaisempia ja lievempiä. Kasvutappioiden muodossa syntyviä välillisiä hakkuukustannuksia pienentää myös ajourien vaatiman pinta-alan pienempi osuus.

Telamaastureiden yleistymistä rajoittaa tällä hetkellä ilmeisesti eniten metsäkuljetuskaluston ylikapasiteetti. Tavoiteansiosopimuksiin kuuluvien metsätraktoreiden lisäksi on käytettävissä suuri määrä vajaatyöllistettyjä metsä- ja maataloustraktoreita, jotka voivat ottaa vastaan lähikuljetustehtäviä kilpailukykyisin taksoin.

Telamaastureita käytettäessä muodostuvat välittömät hakkuukustannukset verrattain suuriksi, koska ei voida käyttää vyöhykeksausta eikä vähentää metsässä tapahtuvaa karsintaa. Toisaalta kasojen liputuksesta ja pölkkymittauksesta aiheutuvat kustannukset jäävät pois.

Kirjallisuus

Kahala, M. ja Kuitto, P.-J. 1986. Puutavaran metsäkuljetus keskikokoisella kuormatraktorilla. Metsätehon moniste. 25.4.1986: 1-26.

Kilkki, R. 1986. Koneurakoitsijat osa-aikayrittäjiä? Koneurakoitsija 8: 10-11.

Lilleberg, R. 1986. Harvennushakkuuleimikoiden korjuujälki kehittyneempiä menetelmiä käytettäessä. Metsätehon katsaus 12: 1-4.

Saukkonen, S. 1986. Metsäkoneurakoitsijat nuoria yhden koneen yrittäjiä. Koneurakoitsija 7: 40-41.

Siren, M. 1981. Puuston vaurioituminen harvennuspuun korjuussa. Folia Forestalia 474: 1-23.

Puutavaran metsätraktorikuljetusmaksut Etelä-Suomessa. 1.2.1986-31.1.1987. 1986. Metsäalan kuljetuksenantajat ja Koneurakoitsijain liitto ry.

Sauli Takalo

PIENTELAMAASTURI PUUTAVARAN KUORMAJUONNOSSA

1. JOHDANTO

Tämä työ on jatkoa tutkimukselle, joka julkaistiin Metsän-tutkimuslaitoksen tiedonantona 161 (Takalo ja Myllymäki 1984). Tutkimuksessa juonnettiin puuta puutarhatraktorilla, joka oli varustettu erilaisilla pyörä- ja telaratkaisuilla. Useista heikkouksista johtuen kone sopi huonosti metsämaas-toon.

Tutkimuksen jälkeen koneeseen tehtiin mm. metsäkäyttöön tarkoitettut telat sekä asennettiin hydraulikalla toimiva runko-ohjaus. Tavoitteena oli saada puutavaran lähikulje-tukseen kone niille, joiden käyttötarve on vähäinen ja metsiin jäävän puuston ja metsikön rakenteen varjeleminen tavallistakin tärkeämpää. Pääasialliset leimikkokohteet ovat perkaus- ja harvennusemetsiköt, siemen- ja tuulenskaato-puiden keruu sekä taimien ja apulannan kuljetus. Pientrak-torin kuormakoko on n. $1,5 \text{ m}^3$ ajettaessa 3 m tuoretta puutavaraa.

Pääasiallinen vastuu koneen kehittämisessä on ollut Metsän-tutkimuslaitoksen metsätyötieteen tutkimussuunnalla Kannuk-sen tutkimusasemalla. Kehitystyötä on tukenut Oy Ekström Ab Helsingistä järjestämällä tarvittavat traktorit sekä osal-listumalla valmistuskustannuksiin. Ajoneuvon valmistuksen on toteuttanut Annosen Korjaamo Oy Oulaisista, joka on osallistunut myös loppuvaiheen suunnitteluun.

Tutkimuksessa ajettiin kuitupuuta 130 m^3 . Tämän lisäksi ajettiin 250 m^3 puutavaraa, jota ei seurattu tutkimuksin, sekä kuljetettiin jonkinverran taimia vaikeissa suo-olois-sa.

2. KONEYKSIKÖN ESITTELY

Honda-telamaasturi

Kehittelyn kohteena on kaksi hieman toisistaan poikkeavaa kokoonpanoa, joista järeämpi on varustettu hydraulikuormaimella. Kevyempi versio kuormataan käsin. Kuormaimella varustettu perävaunu on hieman leveämpi ja kuormatilaltaan suurempi.

Peruskone kiinnitetään akseleistaan laipoilla ja työkoneiden kannattimesta tapilla teloilla varustetun alustarakenteen etuosaan. Samaan kiinnitysratkaisuun voidaan asentaa myös muita vastaavanlaisia peruskoneita. Tekniset tiedot ovat osin valmistajien, osin Metsäntutkimuslaitoksen ilmoittamia tietoja.

Moottori

malli Honda G800

5,9 kW

272 cm²

1-sylinterinen 4-tahtinen sivuventtiili, ilmajäähdytteinen CDI-sytytysjärjestelmä, automaattinen puolipuristus, kierroslukusäädin, öljykylpy 550 cm³ (ilmanpuhdistin, 2-nopeuksinen voimanulosottoakseli)

polttoainesäiliön tilavuus 4,3 litraa 92 oktaanista bensiiniä

vaihteistoöljytila 3,4 litraa

Vaihteisto

Vaihteistossa on kolme nopeutta eteenpäin ja yksi taaksepäin (apuvaihteiston avulla 6 eteen ja 2 taakse). Ajonopeus 0-7 km/h.

Peruskone

pituus 2500 mm

suurin leveys pyörävarustuksella 1250 mm

suurin korkeus 1500 mm

Peräkärri (suluissa kuormaimella varustettu malli)

suurin leveys 1250 mm (1500 mm)

maavara 450 mm

kuormatilan pituus 3000 mm (2500-4000 mm)

kuormatilan poikkipinta-ala $0,8 \text{ m}^2$ ($1,0 \text{ m}^2$)

Telat ja pyörät

pyöräkoko 165x13", samat vetovaunussa

telan leveys 320 mm, kumihihna varustettu rautarivoin

telojen pinta-ala maasta vasten $0,7 \text{ m}^2$, sama vetovaunussa

perävaunun telojen nousuvara edestä 250 mm

" " " takaa 200 mm

Voimansiirto

Voima siirtyy peruskoneelta telastoille tavanomaisilta vetoakseleilta laippojen välityksellä alustan vetoakseleille, joille on kiinnitetty kymmenhampaiset lujitemuoviset hammaspyörät. Hammaspyöriltä voima siirtyy teloille.

Kuormain

Kuormain on pääosin sama kuin alussa mainitussa tutkimuksessa (Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja nro 161). Sen runkorakennetta oli eräin osin vahvistettu sekä sylintereitä vaihdettu suuremmiksi lisätehon saamiseksi. Kuormain on sijoitettu perävaunun vetoaisan päälle.

Kuormaimen tekniset tiedot (momentit mitattu 170 bar. Piaf dynamometrillä)

suurin ulottuvuus	2800 mm
nostomomentti nostovarsi suorana	2,0 kNm
taittopuomin nostomomentti sisään	5,0 kNm
" " ulos	4,0 kNm
puomin kääntömomentti	1,6 kNm
kouran puristusmomentti	3,5 kNm
" aukaisumomentti	3,0 kNm
" suurin kärkiväli	770 mm
tukijalkojen työntömomentti	4,8 kNm
kouran kääntökulma	200°
puomin "	270°
kuormaimen paino	350 kg
" kääntö	5,6 s
nostovarren nosto 3400 mm	5,3 s
" lasku	2,4 s
kouran kääntö (270°)	3,3 s
" aukaisu	2,6 s
" sulkeminen	3,0 s
tukijalat alas	2,0 s
" ylös	2,5 s

Painot

vetovaunu	350 kg (500 kg)
perävaunu	200 kg (350 kg)
kuormain	(350 kg)

Yhdistelmän pintapaineet

Honda, ilman kuormainta, koko vaunu	4 kpa
Honda, kuormaimella, " "	6 "
Honda, kuormaimella ja 850 kg kuormalla, koko vaunu	14 "
Honda, " " " " " , vetovaunu	12 "
Honda, " " " " " , perävaunu	16 "

Pintapaineen suuruuteen ja jakaumaan vaunujen kesken voidaan vaikuttaa siirtämällä perävaunun akselistoa vetovaunuun nähden lähemmäksi tai edemmäksi.

Honda-puutarhatraktorin ja eräiden muiden kevyiden koneiden pintapaine on Takalon ja Myllymäen (1984) aikaisemman tutkimuksen mukaan seuraava.

	Vetokone	Peräkärry
	kpa	
Honda, teloilla (myös peräkärry)		
tyhjänä	10	5
kuormattuna (900 kg)	10	18
Farmi Trac, teloilla		
tyhjänä	5	9
kuormattuna (2500 kg)	5	27
Ponsse S15, ketjuilla ja teloilla		
tyhjänä	55	16
kuormattuna (10 000 kg)	55	45
Terri		
yleistelät	5	-
lumitelät	4	-

Hydrauliikkajärjestelmä

Hydrauliikkaa käytetään koneen runko-ohjaukseen ja kuormaimen hallintaan. Käyttövoimansa hydrauliikan hammaspyöräpumppu saa traktorin ulosottoakselilta kiilahihnan välityksellä. Pumpun tuotto on suurimmillaan $25 \text{ dm}^3/\text{min}$ (5000 r/min). Hydrauliikkaa ohjataan käsivivuin. Kuormaimen vivut on kiinnitetty kuormaimen kuljettajan ulottuville ja koneen ohjausvipu koneen etuosassa koneen muiden hallintalaitteiden läheisyyteen. Nesteen virtausnopeutena käytettiin $14\text{-}17 \text{ dm}^3/\text{min}$.

Ohjaus

Ohjaus tapahtuu hydraulista runko-ohjausta käyttäen siten, että veto- ja perävaunun väliin asennettu hydraulisylinteri muuttaa vaunujen välistä kulmaa. Näin ohjaten säilyy veto molemmilla teloilla ja koneen vetoteho samansuuruisena kuin suoraan ajettaessa. Kääntöympyrän halkaisija on oikealle käännetyssä 10 m ja vasemmalle 11 m. Halkaisijaa on mahdollista pienentää tuntuvasti, mutta jyrkkä käänös asettaa telat kovalle rasitukselle, minkä seurauksena saattaa olla telojen rikkoutuminen. Pinotavaran ajossa perävaunu seurasi jokseenkin tarkasti vetovaunua.

3. TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN

Vetovoiman mittaus

Mittaus suoritettiin kesäolosuhteissa ilman lämpötilan ollessa +5°C. Vetoalustoina olivat kuiva metsämaasto sekä hienorakeisella soralla päällystetty metsäautotie. Molemmat alustat olivat tasaiset. Mittauksessa käytettiin Piaf 30 Mn dynamometriä, joka oli varustettu tarkkuudeltaan 50 kp:n kaukoluentalaitteella.

Tarkan vetovoiman selville saamiseksi lisättiin telaripojen korkeutta niin, että telan luistoa ei tapahtunut. Vedätys suoritettiin hitainta vaihdetta käyttäen siihen saakka, että moottori pysähtyi. Yleistelojen pitokykyä pyrittiin lisäämään lastaamalla perävaunuun 850 kg kuorma, josta 350 kg rasitti vetovaunua. Painon lisäys ei muuttanut tulosta.

Mittauks tulokset on esitetty seuraavassa taulukossa. Suluisissa on esitetty Hondan vetovoima tehdasteloilla (Takalo ja Myllymäki 1984).

	Suurin vetovoima, kN	
	hiekkatie	metsämaasto
yleistelät, telarivan kork. 15 mm	5,0	5,0
" " " 40 mm	7,0	9,0 (4,5)

Yleistelojen matalat rivat eivät saa riittävää otetta alustasta, ja telat alkavat luistaa. Lisäämällä ripojen pituutta saatiin tukevampi ote maan kamaraan, jolloin vetovoima suureni huomattavasti.

Honda-telamaasturin vetovoima on huomattavasti suurempi kuinmoottorikelkan vetovoima (ks. Levanto ja Salonen 1981) ja lähes Terrin vetovoiman veroinen (ks. Takalo ja Väyrynen 1982). Vaikka mittausolosuhteet eivät olleetkaan samat tulokseen kuitenkin mainituksi, että myös Terrin vetoteho loppui polannekokeessa.

	Ajo	Ajo
	umpihangessa	jäljellä
	Vetokoe, kN	
Finncat	1,92	2,19
Lynx 635 XL	2,15	2,28
Terri-telamaasturi		
talvitelat	6,57	11,18 polanne
yleistelät, kesäkeli	7,87	

Ruotsalaisen Nordfjellin (1986) tutkimuksessa mitattiin eri pientraktoreille seuraavat vetovoimat. Myös näihin tuloksiin nähden Hondan vetovoima on verraten suuri.

	Vetovoima, kN
Combitrac	6,0
Goliat	4,1
Järnhästen	3,4
Järnhästen m. variator	5,5
Tritrac	3,0

Korjuutyömaat

Työmaat 1 ja 2 sijaitsivat Oulaisissa ja työmaa 3 Haapa-vedellä. Työmaalla 1 korjattiin 2-metristä kuusikuitupuuta, työmaalla 2 taas 3-metristä koivu- ja mäntykuitupuuta sekä työmaalla 3 3-metristä koivukuitupuuta. Kuormaukset tehtiin käsin. Koska eri puutavaralajeja kuljetettiin samassa kuormassa ja havukuidun osuus työmailla 2 ja 3 oli vähäinen, ne käsitellään samanarvoisina. Maastoluokka oli kaikilla työmailla 1.

Työmaa 1

Työmaa 1 muodostui noin hehtaarin suuruisesta alueesta, joka oli ojitettu harvaan ojaverkostoon. Alueelta hakattiin noin $50 \text{ m}^3/\text{ha}$ kuusikuitupuuta. Varsinaista kasausta ei suoritettu, vaan puut heiteltiin ajouran tuntumaan, josta hakuumies ne kuormasi ja kuljetti välivarastolle. Ajouran leveys oli noin 3 m. Puutavara hakattiin siten, että oksat ja latvukset pyrittiin saamaan ajouralle. Alueelta ajettiin $16,5 \text{ m}^3$ yhden miehen työryhmänä. Vuoden aika oli kevät, routa oli vielä maassa, mutta lumesta ei ollut haittaa. Jäävä puusto oli $130 \text{ m}^3/\text{ha}$.

Työmaa 2

Työmaa 2 oli tasaista ojittamatonta suomaastoa, josta korjattiin noin 3-metrin pituista havu- ja lehtikuitupuuta $40 \text{ m}^3/\text{ha}$. Puutavara oli hakattu kourakasoihin noin kahden ja puolen metrin leveiden ajourien varteen. Ajo oli tarkoitettu suoritettavaksi moottorikelkalla, ja tästä syystä ajouralta oli poistettu oksat ja latvukset. Ajo tapahtui roudan lähdön aikaan keväällä. Urat olivat pehmeät, ja tästä syystä pehmeikköihin jouduttiin siirtämään oksia ja latvuksia. Ajo suoritettiin yhden miehen työryhmänä. Aineisto käsitti 43 m^3 . Jäävä puusto oli $140 \text{ m}^3/\text{ha}$.

Työmaa 3

Työmaa 3 oli Metsäntutkimuslaitoksen koivukoeala. Alueelle ei tehty ajouria, vaan puutavara kasattiin levälleen oletetun ajouran varteen samoin kuin työmaalla 1. Ajo suoritettiin puiden lomitse pujotellen. Maaston pinta oli pehmyt ja ojituksen vuoksi kannot olivat verraten korkeita. Alueella oli useita ojia, joiden ylitys tapahtui pitkospuita käyttäen. Puutavara oli noin 3-metristä, ja sitä ajettiin kaikkiaan 69 m^3 kahden miehen työryhmänä. Jäävän valtapuuston tiheys oli noin 1400-1600 kpl/ha. Tämän lisäksi alueella oli paikoin melko runsas 1-3 metrin pituinen kuusen taimisto.

4. TULOKSET

Tärkeimmät tutkimustulokset tuotoksista ja ajonopeuksista on esitetty taulukoissa 1 ja 2.

Taulukko 1. Tietoja tuotoksesta ja ajonopeudesta.

Työvaihe	Työmaa		
	1*	2*	3**
	2 m	3 m	3 m
	Havupuu	Lehtipuu	Lehtipuu
Tyhjänäajo tiellä, m/min	116	-	-
" maastossa, m/min	50	46	36
Kuormalla-ajo maastossa, m/min	39	34	26
Ajomatka, m	200	240	230
Taakan koko, m^3	0,020	0,031	0,032
Kuorman koko, m^3	1,1	1,4	1,4
Kappaletta kuormassa	49	45	44
Tehotuotos, m^3/h	2,2	3,0	3,5
Päivätuotos, m^3	12	19	21
Ajettu puumäärä, m^3	17	43	69
Polttoaineen kulutus, dm^3/m^3	0,4	-	-

Kuormaus käsin: *Yhden miehen työryhmä

** Kahden miehen työryhmä

Taulukko 2. Kuorman teko, purku sekä apuajat.

	Työmaa 1	Työmaa 2	Työmaa 3
	2 m	3 m	3 m
		min/m ³	
Kuorman teko	12,0	8,8	4,0
Purku	7,0	6,6	3,0

Työmaalla 1 puutavara oli 2 m pitkää, minkä vuoksi kuormakoko jäi jonkinverran pienemmäksi kuin muilla palstoilla. Kuorman tekoa hidasti se, että puutavara oli hajallaan ajo-uran varressa, jolloin kuljettaja joutui siirtämään konetta useita kertoja kuormauksen aikana. Latvuston ja oksien tarkoituksellinen keskittäminen ajourille osoittautui hyödylliseksi. Koneen etenemisessä ei ollut ongelmia. Sensijaan katsottiin tarpeelliseksi levittää perävaunua kuorman sivuttaisvakavuuden parantamiseksi.

Työmaalla 2 puutavara oli hyvin ajo-uran varressa ja kuljettaja ammattitaitoinen. Vaikka maapohja oli pehmyt ja paikoin upottava, ei koneen uppoamista tapahtunut. Pitkän ajomatkan vuoksi kuljettajan palautumiselle jäi riittävästi aikaa, mikä mahdollisti suhteellisen ripeän työskentelyn, vaikka kyseessä oli 3-metrinen puutavaran ajo. Työtahtia voitaneen pitää urakkaluonteisena.

Työmaalle 3 jäävä tiheä puusto (1400-1600 kpl/ha), tieveroston puuttuminen sekä useat ojien ylitykset väliaikaisia siltoja käyttäen hidastuttivat liikkumista. Lisäksi pujottelu puuston lomitse aiheutti sen, että telat tekivät jonkinverran juuristovaurioita, sillä juuret olivat turvekerroksen kuivatuksen seurauksena korkealla turvekerroksen pinnan yläpuolella. Lisäksi kasauksen puuttuminen ja tuntipalkalla tapahtunut työskentely vaikuttivat lopputulokseen. Vaikka maasto oli eräin paikoin pehmyttä, ei kiinnijuuttumisia tapahtunut.

5. PÄÄTELMIÄ

5.1. Pientelamaasturi ilman kuormainta

Ajo-ominaisuudet maastossa

Honda-telamaasturin huippunopeus on nykyisin 7 km/h. Sen maasto-ominaisuudet paranivat tuntuvasti uusitun telaratkaisun ansiosta. Vaikeuksia aiheuttivat edelleen yli 40 cm korkuiset kivet ja kannot, mutta pehmeiköistä ei ole ollut harmia. Kuormainversiossa, jossa perävaunu on vetovaunua hieman leveämpi, liikkuminen suolla ja pehmeiköissä oli vielä vaivattomampaa. Pienten metsäojien ylitys tapahtui joko tilapäistä siltaa käyttäen tai ilman sitä. Vaihteisto oli kyllin laaja, jotta moottorin teho riitti kuljettamaan 1,4 m³ kuorman kaikissa tilanteissa.

Toimintavarmuus

Peruskoneen moottori toimi moitteettomasti myös kylmillä säillä. Peruutusvaihteen juuttuminen paikoilleen aiheutti muutaman kerran ongelmia. Rakenteen muissa osissa ei esiintynyt heikkouksia, ellei siksi lueta perävaunun kapeutta, sillä kuormasta saattoi tulla liian korkea ajettaessa 2 m kuitupuuta.

Ohjattavuus ja kääntyminen

Takalon ja Myllymäen (1984) esittelemän koneen ohjaaminen oli erittäin rasittavaa. Sensijaan nykyinen hydraulitoiminen runko-ohjaus on kevyt ja vaivaton. Perävaunu seuraa melko tarkasti vetovaunun jälkiä lyhyttä kuitupuuta ajettaessa, jolloin perävaunun akselisto on etuasennossa. Sensijaan ajettaessa pitkää kuitupuuta ja akseliston ollessa mahdollisimman takana perävaunun rataspari oikaisee vetovaunuun nähden.

Ergonomia

Koneen ohjaus on fyysisesti kevyttä kaikissa oloissa. Kuormasta saattaa kuitenkin solua puita kuljettajan päälle. Jos kone kaatuu, kuljettaja on hytittömällä ajoalustalla suojatton. Myös oksat ja pienet taipuvat rungot saattavat kolhia kuljettajaa.

Puuston vaurioituminen

Ajoneuvo mahtuu kulkemaan n. 2 m leveästä aukosta. Mikäli hakkuun yhteydessä edes hieman suunnitellaan tiestöä, ei vaurioita synny. Jos tiestöä ei ole lainkaan suunniteltu ja jäävän puuston tiheys on esim. 1500 kpl/ha, saattavat telat tai koneen runko vaurioittaa jäljelle jääviä puita.

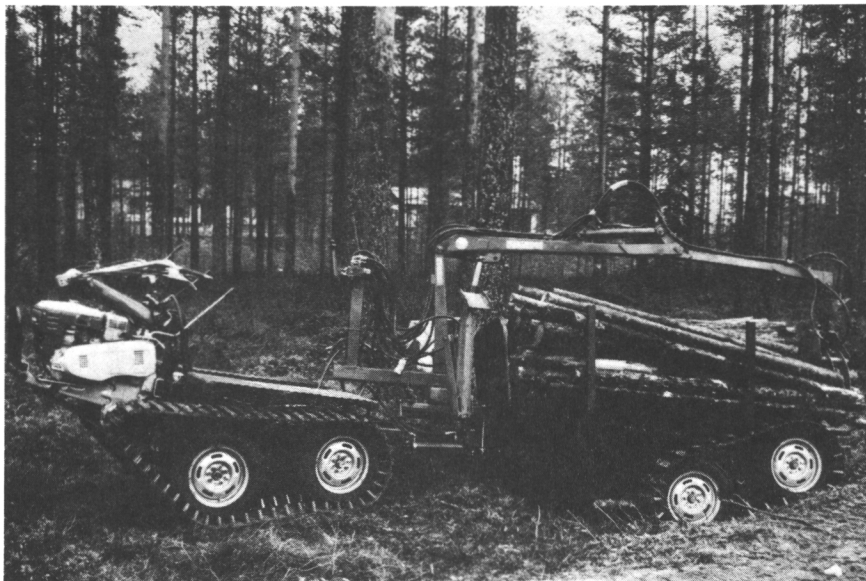


Kuva 1. Telamaasturin kevyempi versio kuormataan käsin. Pehmeikköjä varten myös perävaunu on varustettu teloilla.

5.2. Kuormaimella varustettu pientelamaasturi

Kuormaimella varustettuna peräkärri on leveämpi, kuormatilaltaan isompi sekä kokonaispainoltaan raskaampi. Perävaunun levittämisen tärkein syy oli painopisteen alentaminen. Perävaunun mitoitus näyttävät olevan kohdallaan, kun siihen mahtuu 3 m pituista kuitupuuta noin 2 m^3 . Määrä on riittävä tälle kokoonpanolle.

Sen sijaan kuormain vaatii edelleen kehittelyä. Metsäntutkimuslaitoksen toimesta on kuormauksessa kokeiltu mm. vinssejä, hydraulista kappaletavaranoasturia ja nyt esillä olevaa hydraulista puutavarakuormainta. Mikään näistä ei ole sellaisenaan sopiva tähän koneyksikköön. Lupaavimmin on toiminut hydraulinen puutavarakuormain, jonka kehittäminen jatkuu. Tavoitteena on kuormain, jonka tuotos kuitupuun käsittelyssä ylittää reilusti kahden miehen työryhmällä saavutetun tuotoksen ja joka muutoin soveltuu nykyistä paremmin pienkoneen yhteyteen.



Kuva 2. Kevyt puutavarakuormain keventää kuljettajan työtä, mutta vaatii vielä edelleen kehittelyä.

Metsäkäytössä pienkoneet ovat toistaiseksi harvinaisia. Ne näyttävät kuitenkin olevan yleistymässä, sillä esim. Ruotsissa on jo viisi erimerkkistä pienkonetta tuotannossa, ja niitä lienee valmistettu jo useita tuhansia kappaleita. Ruotsalaisissa koneissa kuormaus tapahtuu yleensä käsin tai käsivinssin avulla.

6. YHTEENVETO

Honda-puutarhatraktori, jonka tehdasversiota oli tutkittu metsäajossa jo aikaisemmin, varustettiin tela-alustalla ja perävaunulla. Traktorilla ajettiin kuitupuuta harvennusemetsistä kesäolosuhteissa tasaisessa, mutta usein pehmeässä maastossa yhteensä 130 m^3 . Kuormaus ja purkaminen tapahtuivat käsin yhden ja kahden miehen työryhminä. Alustarakenteen kestävyys ja kelpoisuus selvittämiseksi tehtiin useita pieniä havaintokokeita. Kaikenkaikkiaan puutavaraa ajettiin yhteensä 250 m^3 .

Näyttää siltä, että puustovaurioiden välttämiseksi ajourien suunnitteluun on kiinnitettävä riittävästi huomiota hakkuun yhteydessä varsinkin silloin, kun jäävän puuston määrä on suuri. Kun kuitupuut jätettiin levälleen ajouran varteeseen, hakkuutyö nopeutui, mutta kuormaus hidastui. Tehotuntituotokset olivat yhden miehen työssä 2 m kuitupuulla (ajomatka 200 m) $2,2 \text{ m}^3/\text{h}$, yhden miehen työssä 3 m kuitupuulla (ajomatka 240 m) $3,0 \text{ m}^3/\text{h}$ ja kahden miehen työryhmällä 3 m kuitupuulla (ajomatka 230 m) $3,5 \text{ m}^3/\text{h}$.

Koneen kulkunopeus oli tyhjänä maantiellä 116 m/min, tyhjänä työmaalla 48 m/min ja kuormalla työmaalla 36 m/min.

Alusta ja peruskone toimivat hyvin. Vaihteisto tai muita vastaavia rikkoja ei tapahtunut. Kiinnijuuttumisia, jotka aikaisemmin olivat yleisiä, ei tapahtunut. Perävaunun levittäminen 1,5 m:iin osoittautui tarpeelliseksi sivuttaisvakaavuuden parantamiseksi lähinnä 2 m kuitupuun ajossa.

Koneen kulkuominaisuudet olivat hyviä upottavissa maastokoh-teissa. Pehmeiköillä liikuttaessa osoittautui hyödylliseksi myös se, että perävaunu oli vetovaunua leveämpi eikä näin ollen kuormittanut samaa kohtaa kuin vetovaunu.

Muuttamalla telaripojen rakennetta saatiin vetotehoa tuntu-vasti lisää. Tämä mahdollistaa myöhemmin kuormatilan suurentamisen. Koneen hydraulikkaohjaus oli kevyt käyttää ja toimi moitteettomasti.

Koneen kehittämissä tullaan päähuomio kiinnittämään kuormai-mella varustettuun versioon. Lisäksi laaditaan rakennepii-rustukset niitä varten, jotka haluavat omatoimisesti valmis-taa tällaisen kulkuneuvon.

KIRJALLISUUS

LEVANTO JA SALONEN 1981. Moottorikelkka vetää ja kulkee.
Teho 5:33-35.

NORDFJELL, T. 1986. Småmaskiner för terrängtransport.
Studier av grundläggande egenskaper. Käsikirjoitus.
88s.

NISSI, I. 1984 a. Farmi Trac -telamaasturi. Metsätehon
katsaus.

--- 1984 b. Ponsse S15 -kuormatraktori. Metsätehon katsaus
11.

TAKALO, S. JA VÄYRYNEN, S. 1982. TERRI-telamaasturi puuta-varan maastokuljetuksessa. Folia For. 538: 1-21.

--- JA MYLLYMÄKI, T. 1984. Honda-puutarhatraktori kuorma-juonossa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 161:
1-34.

Olli Uusvaara

PUUNTUTKIMUSSUUNNAN OHJELMAN PÄÄPIIRTEET JA TAVOITTEET

Tutkimussuunnan ohjelma jakautuu kolmeen päälinjaan: puutavaran mittaustutkimukset, metsäteollisuuden raaka-ainetta sekä puuaineen rakennetta ja ominaisuuksia koskevat tutkimukset. Puutavaran mittaustutkimuksissa on tavoitteenä kehittää eri puutavaralajien mittausten menetelmiä ja selvittää puutavaran tilavuuslukuja sekä puutavaralajien välisiä muuntokertoimia, joiden virallinen vahvistaminen myös kuuluu Metsäntutkimuslaitoksen tehtäviin.

Teollisuuden raaka-ainetutkimukset käsittävät erilaisia kysymyksiä metsänhoidollisten menetelmien sekä metsän käsittelyn vaikutuksista puuaineeseen ja puustoon sekä valmiiseen puutavaraan ja sen käyttökelpoisuuteen. Puutavaran käsittely korjuun, kuljetuksen, varastoinnin ja itse jalostusprosessin yhteydessä saattaa vaikuttaa huomattavasti puun laatuun.

Puun rakennetta ja ominaisuuksia koskeva tutkimusala on luonteeltaan etupäässä perustutkimusta, joka selvittelee esimerkiksi ympäristötekijöiden vaikutuksia puustoon ja saattaa sisältää myös tutkimusmenetelmien ja laitteiden kehittelyä.

Mittaustutkimukset sitovat jatkuvasti verrattain suuren osan tutkimussuunnan resursseista. Tilanteen ollessa puun korjuussa, kuljetuksessa, käsittelyssä ja teollisuuslaitosten prosesseissa jatkuvien muutosten alaisena syntyy uusia puutavaralajeja ja mittaustarpeita. Mittauksen tarkkuuden, rationaalisuuden ja hyvän käytettävyyden parantaminen lisäävät paineita mittaustutkimuksiin päin. Osasto on keskittynyt lähes pelkästään valmiin puutavaran mittauksiin, kun taas pystymittaukset kuuluvat lähinnä metsä-

narvioinnin tutkimusosaston ja yliopiston vastaavan laitoksen alueelle.

Merkittävimmät käynnissä olevat selvitykset mittauspuolella ovat havusahatukkien ja kuitupuun mittausmenetelmien uudistaminen.

Eräänä tutkimusalueena, joka ei tule esille päivän alustuksissa, mainittakoon haketutkimukset, jotka käsittävät sekä metsähakkeen että varsinaisen sahojen teollisuushakkeen. Näissä selvitellään sekä lämpöenergiaksi että teollisuuden raaka-aineeksi käytettävien hakelaatujen ominaisuuksia osittain mittauksen, osittain raaka-aineen käyttöarvon kannalta.

Puun käyttöä ajatellen on laatu lähes yhtä tärkeä kuin saatavissa oleva raaka-ainemäärä. Teolliseen käyttöön ohjautuvan puun laadun tutkiminen ja sen parantaminen metsänhoidollisin keinoin ovat keskeisiä aloja tutkimussuunnan ohjelmassa. Tutkimusaiheista mainittakoon männyn pysytkarsinta- ja sahauskokeet, viljelymänniköiden laatu- ja kasvatuskysymykset ja hieskoivun kasvatus mahdollisena vaneripuuna turvemailla.

Laadun parantamiseen liittyviä tutkimuksia ei voi rajoittaa pelkästään mäntyyn, sillä oksaisuus on nimenomaan kuusen laatuongelma ja hyvälaatuisesta vanerin raaka-aineesta on pulaa. Myös vieraisiin, viljelyn kautta hankittaviin puulajeihin on kiinnitettävä huomiota. Lupaavin tällaisista puulajeista on lehtikuusi.

Tähän asti puun laatua koskevat tutkimukset ovat perustuneet tilapäisiin koeloihin ja ovat olleet siten ikäänkuin läpileikkauksia tietystä ongelmasta aikaan ja paikkaan rajattuna. Tulevaisuudessa ei enää tulla selviämään pelkästään näin, vaan puun laatua ja sen kehitystä on seurattava pitkällä aikajänteellä. Tulevaisuuden haasteita tut-

kimussuunnalla ovatkin metsien laatutason seuraaminen valtakunnan metsien inventoinnin pysyvän koealaverkoston pohjalta sekä tiettyjen ongelmien (esimerkiksi pystykarsinta, laatukasvatus) selvittäminen omien pysyvien koealojen avulla.

Metsäntutkimuksen tavoitteena on palvella mahdollisimman hyvin käytännön metsätaloutta. Tässä mielessä puuntutkimussuunnalla pyritään seuraamaan mahdollisimman hyvin teollisuuden kehitystä, muita tutkimusaloja ja pitämään yhteyttä metsäalan käytännön organisaatioihin. Tällä tavoin syntyy myös uusia, tärkeitä tutkimusvirikkeitä.

Pirkko Velling

MÄNNYN OMINAISUUKSIEN MAANTIETEELLINEN VAIHTELU
ESIMERKKI NUORESTA PROVENIENSSIKOESARJASTA

1. JOHDANTO

Männyn maantieteellisestä vaihtelusta tehdyt tutkimukset osoittavat, että puiden kasvun lisäksi myös monet puuaineen ominaisuudet heikkenevät Suomessa etelästä pohjoiseen (mm. Jalava 1933, 1945, Siimes 1938, Sirén 1958, Kalla 1966, Makkonen 1967, Hakkila 1968, 1979, Velling 1976, 1980). Esimerkiksi sellun saanto (kokonaismassasaalis painoprosenteissa) on Kallan ja Makkosen mukaan Etelä-Suomessa noin 2-5 % suurempi kuin Pohjois-Suomessa. Syynä on pohjoisessa kasvaneen puun suurempi pihka- ja ligniinipitoisuus ja alhaisempi puuaineen tiheys. Tiheys on Etelä-Suomessa noin 5 % korkeampi kuin Pohjois-Suomessa, mutta korkeimmillaan se on Keski-Suomessa, noin leveysasteiden 64^o-66^oN välillä (Kalla 1966, Hakkila 1968).

Latvuksen kapeneminen ja oksien oheneminen pohjoiseen päin lienevät tunnetuimpia ulkoisen laadun muutoksia. Samalla kuitenkin myös kasvu heikkenee ja puiden koko jää pienemmäksi. Samankokoiset puut Etelä- ja Pohjois-Suomessa ovat siten yleensä hyvin eri-ikäisiä, mikä vaikeuttaa vertailujen tekemistä.

Jo Kalela (1937) esitti, että mäntyrunгон suoruuden poikkeamat lisääntyvät siemenen alkuperäseudun tullessa

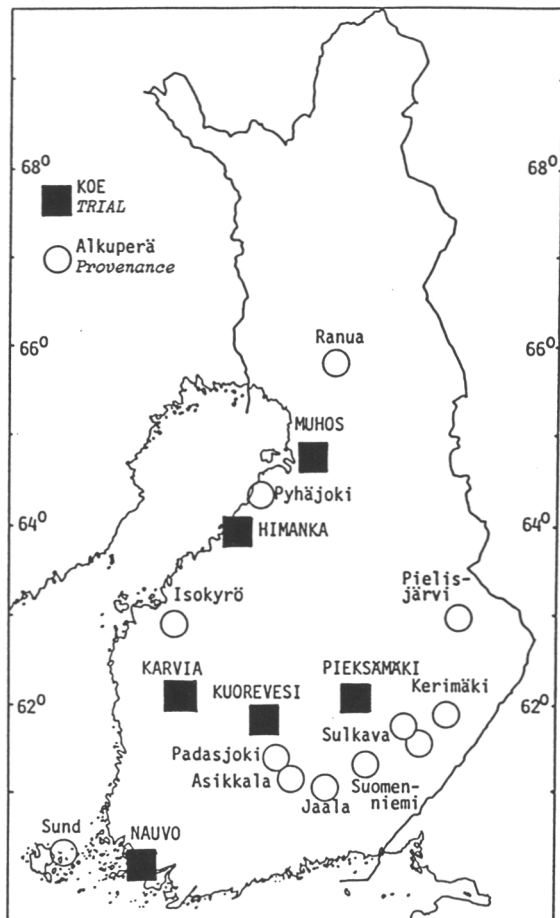
lämpimämmäksi ja merellisemmäksi. Hän perusti käsityksensä laajaan kansainväliseen provenienssikoeaineistoon. Rungon epäpyöreys puolestaan näyttää Suomessa lisääntyvän pohjoiseen päin (Kärkkäinen 1985), joskin aivan eteläisen rannikkoseudun mäntytukeissa se on suurempaa kuin muualla Etelä-Suomessa (Kärkkäinen ja Salmi 1981). Mahdollisesti rannikon männyt myös kapenevat nopeammin kuin yleensä Etelä-Suomessa.

Länsi-Suomessa kasvavien mäntyjen laatua pidetään yleisesti huonompana kuin itäsuomalaisten mäntyjen ja syyksi esitetään Pohjanlahden rannikkoseuduilla vuosisatojen ajan harjoitettua harsintaa, parhaiden puiden poimintahakkuita. Varsinaisia tutkimuksia itä-länsisuuntaisesta vaihtelusta ei juuri ole. Kuitenkin jo Heikinheimo (1949) kehotti tuomaan Etelä- ja Keskipohjanmaan huonoroituksille rannikkoalueille hyvää siementä Itä-Suomesta.

Viljelymäntyjen laatukehityksestä on tehty tutkimuksia, joissa on tarkasteltu eri puolilta Suomea olevia aineistoja (mm. Uusvaara 1974, 1981, Varmola 1980, Kärkkäinen ja Uusvaara 1982). Niissä ei kuitenkaan ole varsinaisesti keskitytty maantieteelliseen vaihteluun, kuten nyt käsillä olevassa tutkimuksessa, jossa nuorten provenienssikokeiden avulla pyrittiin selvittämään sekä siemenen alkuperän että viljelypaikan sijainnin vaikutusta männyn kasvuun, laatuun ja tuotokseen. Pääpaino oli massateollisuuden kannalta tärkeissä ominaisuuksissa (rungon tilavuus, pihkapitoisuus, puuaineen tiheys, kuitusaanto). Yksityiskohtaiset tulokset on julkaistu Silva Fennica-sarjan numerossa 20(3) otsikolla "Männyn puuaineen laadun ja tuotoksen vaihtelu suomalaisessa provenienssikoesarjassa" (Velling ja Nepveu 1986).

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkimusaineisto kerättiin kuudelta paikkakunnalta Etelä- ja Keski-Suomesta (kuva 1). Koesarjan viisi pohjoisinta, Lappiin perustettua koetta jouduttiin jättämään tarkastelun ulkopuolelle, koska niissä oli vain vähän puita elossa ja koska jäljellä olevat puut olivat liian pieniä (D1,3-läpimitta alle 5 cm), jotta niistä olisi saatu riittävä puunäyte.



Kuva 1. Aineistona käytettyjen kenttäkokeiden (neliöt) ja alkuperien (ympyrät) sijainti.
 Fig. 1. The location of field trials (squares) and provenances (circles).

Perustamistiheys oli ollut kaikissa kokeissa sama, 2 500 tainta/ha. Jokaisesta kokeesta otettiin tutkittaviksi samat 12 alkuperää (kuva 1). Koepuita, iältään 19-vuotiaita, oli yhteensä 1 267. Puista mitattiin pituus, rinnankorkeusläpimitta ja epäsuorasti Pilodyn-laitteen avulla puuaineen tiheys. (Laitteessa oleva teräspiikki "ammutaan" puuhun; piikin uppoamissyvyys on kääntäen verrannollinen puuaineen tiheyteen). Rinnankorkeudelta otettiin yksi ytimen kautta läpi rungon ulottunut 5 mm:n läpimittainen kairanlastu. Lastut tutkittiin Ranskassa, Nancyn lähellä sijaitsevassa metsäntutkimuskeskuksessa, jossa on kehitetty pienille puunäytteille sopivia erikoismenetelmiä. Nämä menetelmät edellyttävät laitteistojä, joita Suomessa ei toistaiseksi ole ollut käytettävissä.

Lastuista määritettiin pihkapitoisuus, puuaineen tiheys ja kuitusaanto. Rungon tilavuuden ja puuaineen tiheyden avulla laskettiin kuiva massa sekä kuivan massan ja kuitusaannon avulla kuitumassa. Määrityksiä on tarkemmin selostettu edellä mainitussa Silva Fennica-sarjan artikkelissa (Velling ja Nepveu 1986).

Koepuiden mittauksen ja kairauksen yhteydessä tehtiin myös rungon ulkoista laatua (suoruus, oksikkuus) ja tuhoja (sienet, hyönteiset, hirvet) koskevia silmävaraisista havaintoja sekä kartoitettiin kokeiden sisäistä maastovaihtelua.

3. TULOKSET JA NIIDEN SOVELTAMINEN KÄYTÄNTÖÖN

Puiden elävyys (elossaolo-%) oli inventoitu kussakin kokeessa alkuperittäin kaksi vuotta ennen aineiston keruuta eli puiden ollessa 17-vuotiaita (taulukko 1). Kolmessa pohjoisimmassa kokeessa istutetuista taimista oli jäljellä vain hiukan yli puolet. Eniten oli kuollut eteläisten alkuperien taimia.

Taulukko 1. Puiden elävyys (elossaolo-%) kokeittain ja alkuperittäin 17-vuotiaina.

Table 1. Survival rate (%) of trees, 17 years old, by trial and provenance.

Alkuperä <i>Provenance</i>	KOE - TRIAL						\bar{X}
	NAUVO	KUORE- VESI	KARVIA	PIEKSA- MÄKI	HIMANKA	MUHOS	
Sund	81	81	62	20	43	34	54
Jaala	87	86	84	30	59	25	62
Asikkala	81	89	79	59	57	40	68
Suomenniemi	89	89	84	43	67	35	68
Padasjoki	87	85	71	43	50	33	62
Sulkava	86	80	75	55	63	59	70
Sulkava	88	94	85	88	61	63	80
Kerimäki	91	74	68	46	69	53	67
Isokyrö	91	88	85	46	75	62	75
Pielisjärvi	88	91	85	61	75	81	80
Pyhäjoki	86	97	93	74	81	80	85
Ranua	83	85	91	90	86	87	87
Keskiarvo <i>Average</i> (\bar{X})	87	87	80	55	66	54	72

Hirvet olivat vahingoittaneet puita useimmissa kokeissa, eniten Pieksämäellä. Ruskean mäntypistiäisen (Neodiprion sertifer) aiheuttamia neulastuhoja tavattiin niin ikään lähes joka kokeesta. Vakavampia olivat kuitenkin männyversoruosteen (Melampsora pinitorqua) aiheuttamat

ranganvaihdokset ja mutkat rungoissa. Niitä oli eniten Kuorevedellä ja Muhoksella, mutta verraten runsaasti myös Karviällä ja Pieksämäellä. Himangan kokeessa esiintyi harmaakaristetta (Lophodermella sulcigena). Tuho-
violetusten esiintymisrunsaudessa ei havaittu selviä eroja alkuperien välillä. Mainittakoon, että tämän tutkimuksen aineiston keruun jälkeen männynversosyöpä (Ascocalyx abietina) on vahingoittanut puita ainakin Kuoreveden, Karvian ja Pieksämäen kokeissa (Uotila 1985).

Vioitukset koepuissa, erityisesti ranganvaihdokset, haittasivat jossain määrin rungon ulkoisen laadun arvostelua. Eräiden alkuperien puiden huono- tai hyvälaatuisuus kävi kuitenkin selvästi ilmi: Sundin ja Isokyrön puissa oli runsaasti paksuja oksia kaikissa kokeissa, kun taas esimerkiksi Jaalan ja Kerimäen puut olivat hento-oksaisia. Rungon suoruuden arvostelua haittasi tyvilenkous, pahiten Himangan ja Muhoksen kokeissa. Ensin mainitussa taimien kallistumisesta oli aiheuttanut alueen osittainen soistuneisuus, viimeainitussa kivi-
syys.

Kaikissa mitatuissa ominaisuuksissa todettiin tilastollisesti merkitseviä eroja kokeiden välillä. (Varianssianalyysien tulokset on esitetty Silva Fennican artikkelissa). Erot olivat suurimmat kasvussa ja kuivan massan sekä kuitumassan tuotoksessa (taulukko 2).

Taulukko 2. Ominaisuuksien keskiarvot/puu kokeittain (a) ja alkuperittäin (b).
 Table 2. Averages of properties/tree by trial (a) and by provenance (b).

KOE TRIAL Alkuperä Provenance	O m i n a i s u u s - P r o p e r t y								
	D1,3-läpi- mitta D1,3- diameter	Pituus Height	Tilavuus Volume	Pihka- pitoisuus Resin content	Pilodyn- arvo Pilodyn value	Tiheys Basic density	Kuiva massa Dry mass	Kuitu- saanto Fiber yield	Kuitu- massa Fiber mass
	cm	m	dm ³	%	mm	kg/m ³	kg	%	kg
(a)									
NAUVO	11,2	7,0	41,6	3,8	21,5	318	13,1	43,5	5,7
KUOREVESI	9,0	6,0	24,2	4,3	19,5	337	8,1	41,9	3,4
KARVIA	9,6	5,2	25,7	3,5	20,9	325	8,3	41,6	3,2
PIEKSAMMKI	8,5	5,3	20,4	4,9	19,2	336	6,7	40,7	2,8
HIMANKA	6,9	4,3	11,5	4,2	19,0	336	3,8	39,8	1,5
MUHOS	7,0	4,3	12,2	3,9	19,5	335	4,1	39,7	1,7
(b)									
Sund	7,9	4,8	16,8	4,4	19,1	342	5,7	41,7	2,5
Jaala	9,2	5,8	25,9	4,4	20,7	326	8,3	40,5	3,4
Asikkala	8,8	5,4	22,9	4,1	20,0	330	7,5	41,2	3,1
Suomenniemi	9,3	5,6	25,9	3,9	20,6	327	8,4	41,2	3,3
Padasjoki	9,0	5,5	24,8	4,1	20,5	331	8,1	41,7	3,3
Sulkava	9,1	5,6	24,7	3,9	20,5	328	8,0	41,3	3,4
Sulkava	9,1	5,6	24,6	4,4	20,3	329	8,0	40,6	3,2
Kerimäki	9,2	5,7	26,4	4,5	20,4	327	8,6	40,9	3,7
Isokyrö	8,1	5,1	18,8	4,0	19,7	327	6,1	41,2	2,6
Pielisjärvi	8,6	5,3	21,9	3,9	19,7	330	7,1	41,3	3,0
Pyhäjoki	8,8	5,4	22,5	4,0	20,0	329	7,3	41,3	2,8
Ranua	7,7	4,7	15,8	3,7	18,2	348	5,4	41,4	2,1

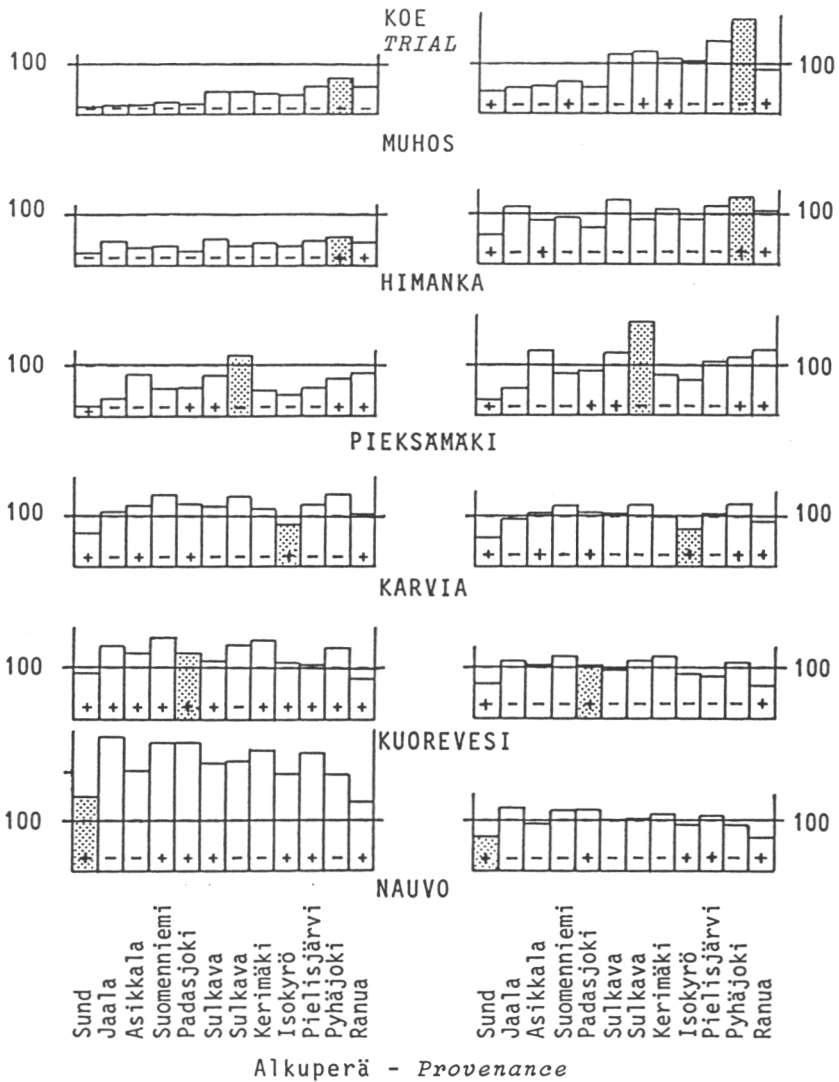
Rungon kuutiotilavuus oli Nauvon kokeessa noin kaksinkertainen Kuoreveden, Karvian ja Pieksämäen kokeisiin verrattuna sekä lähes nelinkertainen Himangan ja Muhoksen kokeisiin verrattuna. Karvian turvemaalla kasvavat puut olivat läpimittaansa nähden lyhyitä, tyvekkäitä. Karvialla ja etenkin Nauvossa (molemmissa paikoissa kokeet ovat entisellä pellolla) puuaineen tiheys oli muita alhaisempi ja Pilodyn-arvot vastaavasti suurempia. Pihkapitoisuudessa erot olivat pieniä. Kuitusaanto (% absoluuttisen kuivaa massaa absoluuttisen kuivasta puusta) laski selvästi etelästä pohjoiseen. Tulos sopii hyvin yhteen Kallan (1966) ja Makkosen (1967) esittämien tulosten kanssa ja on merkittävä siksi, että nyt tutkittiin pieniä kairanlastuja, kun Kallan ja Makkosen esittämät tulokset on saatu kuitupuupölleristä.

Alkuperäpaikkakuntien väliset erot ominaisuuksissa olivat keskimäärin pienempiä kuin koepaikkakuntien väliset (taulukko 2). Kolme alkuperää (Sund, Isokyrö ja Ranua) erottuivat selvästi huonokasvuisina ja -tuottoisina. Puuaineen tiheydessä Sund ja Ranua olivat kuitenkin muita alkuperiä hiukan parempia. Pihkapitoisuudessa erot olivat pieniä kuten kokeidenkin välillä. Myös kuitusaanto vaihteli hyvin vähän, toisin kuin kokeiden välillä. Merkittävää oli alkuperän ja kokeen välillä todettu yhdysvaikutus. Se oli voimakkainta kasvuominaisuuksissa, etenkin pituudessa, sekä kuivan massan tuotoksessa ja pihkapitoisuudessa. Tällainen yhdysvaikutus, interaktio, joka ilmenee poikkeamana odotetusta alkuperän (perimän) ja ympäristön suorasta vaikutuksesta, on viljelymetsätaloudessa merkittävä tekijä, jota voidaan hyödyntää metsän tuoton nostamisessa (esim. Tigerstedt 1982).

Alkuperien sopivuutta viljelyalueille selvitettiin laskemalla suhteellisia vertailuarvoja, ns. metsänviljelyarvoja. Ne laskettiin ensin vain elävyyden ja tilavuuskasvun avulla ja sitten ottamalla huomioon myös puuaineen tiheys ja kuitusaanto. Arvot laskettiin kahdella tavalla myös siten, että merkittiin 100:lla koko koesarjan keskimääräistä metsänviljelyarvoa (kuva 2a) ja kunkin yksittäisen kokeen alkuperien keskiarvoa (kuva 2b).

Keskiarvoja käytettiin vertailulukuina, koska kokeista puuttuivat paikalliset alkuperät. Lähimmät alkuperät (tummennetut pylväät kuvissa 2a ja 2b) olivat kuitenkin etäisimmilläänkin vain hiukan yli 100 kilometrin päästä.

METSÄNVILJELYARVO - CULTIVATION VALUE



Kuva 2. Alkuperien metsänviljelyarvot kokeittain, kun koko koesarjan keskiarvoa (a, vas.) ja kunkin kokeen keskiarvoa (b, oik.) merkittiin 100:lla. "Paikallinen" alkuperä tummennettu. +/- = puuaineen tiheyden ja kuitusaannon ottaminen huomioon paransi/huononsi metsänviljelyarvoa.

Fig. 2. Cultivation values of provenances by trial, when the average for the entire trial series (a, left) and for each trial (b, right) was 100. "The local" provenance in bold. +/- = notation of wood density and fiber yield improved/impaired cultivation value.

Metsänviljelyarvot laskivat jyrkästi Nauvosta Himangalle ja Muhokselle (kuva 2a). Kolmessa pohjoisimmassa kokeessa (Pieksämäki, Himanka, Muhos) "paikallisin" alkuperä antoi parhaan viljelytuloksen (kuva 2b), mutta ei kolmessa eteläisimmässä kokeessa (Nauvo, Kuorevesi, Karvia). Tulos tukee sitä yleistä käsitystä, että mitä pohjoisemmaksi mennään, sitä tärkeämpää on käyttää metsänviljelyyn paikallista alkuperää olevaa siementä. Etelä-Suomessa se ei sen sijaan näytä tarpeelliselta. Itse asiassa tässä tutkimuksessa saatiin melko selvä osoitus itäsuomalaisten alkuperien hyvästä menestymisestä Länsi-Suomessa, jossa koepaikkakunnat Pieksämäkeä lukuunottamatta sijaitsivat (kuva 1).

Puuaineen tiheyden ja kuitusaannon ottaminen huomioon ei vaikuttanut paljon metsänviljelyarvoon (koska näiden ominaisuuksien alkuperien välinen vaihtelu oli vähäistä). Yhdessä ne joko paransivat (+, kuvien 2a ja 2b pylväissä) tai huononsivat (-) pelkkään elävyyteen ja kasvuun perustuvaa arvoa keskimäärin 3 %:lla, mutta joissakin tapauksissa kuitenkin lähes 10 %:lla. Vuotuisilla metsänviljelypinta-aloilla tällaiset vaikutukset jo kertautuvat merkittäviksi. On myös mahdollista, että erot puuaineen tiheydessä ja kuitusaannossa kasvavat puiden iän kasvaessa. Nyt tutkitut (19-vuotiaat) puut olivat käytännöllisesti katsoen kokonaan ns. nuorpuuta.

Puiden ominaisuuksien maantieteellinen vaihtelu edustaa merkittävää lajinsisäisen geneettisen vaihtelun tasoa. Useissa ominaisuuksissa yksilöiden välinen vaihtelu on kuitenkin merkittävämpää (taulukko 3).

Taulukko 3. Kylmänkestävyyden ja puuaineen tiheyden kokonaisvaihtelun jakautuminen (%) eri tasoille *Pinus taeda*-männyllä Zobelin ja Tallbertin (1984) mukaan.

Table 3. The approximate distribution (%) of the total variation of cold resistance and wood specific gravity in loblolly pine (Pinus taeda L.) according to Zobel and Talbert (1984).

Vaihtelutaso <i>Type of variation</i>	Kylmänkestävyys <i>Cold tolerance</i>	Puuaineen tiheys <i>Wood specific gravity</i>
Provenienssi (maantieteellinen) <i>Provenance (geographic)</i>	70	15
Kasvupaikka <i>Site</i>	0	5
Metsikkö <i>Stand</i>	0	0
Runkojen välinen <i>Tree to tree</i>	30	70
Rungon sisäinen <i>Within tree</i>	0	10

Runkojen välistä yksilövaihtelua hyödynnetään käyttämällä metsänviljelyyn siemenviljelyssiementä, jota tuottavat hyvien metsiköiden parhaista puista (pluspuista) peräisin olevat vartteet. Maantieteelliset erot otetaan kuitenkin tarkoin huomioon siemenviljelysten kloonikoostumusta ja siemenen käyttöaluetta säätelemällä.

KIRJALLISUUS

- Hakkila, P. 1968. Geographical variation of some properties of pine and spruce pulpwood in Finland. Lyhennelmä: Eräitten mänty- ja kuusipaperipuun ominaisuuksien maantieteellinen vaihtelu Suomessa. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 66(8): 1-60.
- 1979. Wood density survey and dry weight tables for pine, spruce and birch stems in Finland. Seloste: Mänty-, kuusi- ja koivurunkojen puuaineen tiheys ja kuivapainotaulukot. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 96(3):1-59.
- Heikinheimo, O. 1949. Tuloksia kuusen ja männyn maantieteellisillä roduilla suoritetuista kokeista. Summary: Results of experiments on the geographical races of spruce and pine. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 37(2):1-44.
- Jalava, M. 1933. Suomalaisen männyn lujuusominaisuuksista. Summary: Strength properties of Finnish pine (*Pinus silvestris*). *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 18(7):1-187.
- 1945. Suomalaisen männyn, kuusen, koivun ja haavan lujuusominaisuuksista. Summary: Strength properties of Finnish pine, spruce, birch and aspen. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 33(3):1-66.
- Kalela, A. 1937. Zur Synthese der experimentellen Untersuchungen über Klimarassen der Holzarten. Suomenkielinen selostus: Puulajien ilmatorotuja koskevista tutkimuksista. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 26(1):1-445.
- Kalla, J. 1966. Mäntypinotavaran kulutus valkaisu- ja sulfaattiselluloosan valmistuksessa Pohjois- ja Etelä-Suomessa. Summary: The consumption of pine pulpwood in the preparation of unbleached sulphate cellulose in northern and southern Finland. *Metsätaloudellinen Aikakauslehti* 83:146-160.

- Kärkkäinen, M. 1985. Puutiede. Sallisen Kustannus Oy. Sotkamo 415 s.
- & Salmi, J. 1981. Länsi-Uudenmaan rannikon mäntytukkien ominaisuudet. Summary: Properties of pine logs in coastal sawmill in southern Finland. Folia Forestalia 458:1-20.
- & Uusvaara, O. 1982. Nuorten mäntyjen laatuun vaikuttavia tekijöitä. Abstract: Factors affecting the quality of young pines. Folia Forestalia 515:1-28.
- Makkonen, H. 1967. Vertaileva keittotutkimus eri osissa Suomea kasvaneen paperipuun sellusaannosta ja sellujen ominaisuuksista. Osa I. Mänty. Oy Keskuslaboratorio. Seloste 760. Julkaisematon.
- Siimes, F.E. 1938. Suomalaisen mäntypuun rakenteellisista ja fysikaalisista ominaisuuksista. Summary: On the structural and physical properties of Finnish pine wood. Puutekniikan tutkimuksen kannatusyhdistys. Julkaisu 29:1-221.
- Sirén, G. 1959. Eräitä havaintoja keskisuomalaisen ja paikallisen mäntyrodun biologisista ja teknillisistä ominaisuuksista Perä-Pohjolassa. Summary: Some observations on the biological and technical properties on the local and Central-Finnish pine provenances in North Finland. Silva Fennica 96(1): 1-30.
- Tigerstedt, P.M.A. 1982. Uudet biologiset menetelmät viljelymetsän kasvatuksessa. Miten metsää tulisi tutkia. Suomen Metsätieteellisen Seuran tutkimuspoliittinen seminaari. Summary: How forests should be studied in the future. Seminar on research policy of the Society of forestry in Finland. Silva Fennica 16(1):46-51.
- Uotila, A. 1985. Siemenen siirron vaikutuksesta männyn versosyöpäalttiuteen Etelä- ja Keski-Suomessa. Summary: On the effect of seed transfer on the susceptibility of Scots pine to *Ascochyta abietina* in southern and central Finland. Folia Forestalia 639. 12 s.

- Uusvaara, O. 1974. Wood quality in plantation-grown Scots pine. Lyhennelmä: Puun laadusta viljelymänniköissä. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 80(2):1-105.
- 1981. Viljelymänniköistä saadun sahatavaran laatu ja arvo. Summary: The quality and value of sawn goods obtained from plantation-grown Scots pine. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 27:1-108.
- Varmola, M. 1980. Männyn istutustaimistojen ulkoinen laatu. Summary: The external quality of pine plantations. *Folia Forestalia* 451:1-21.
- Velling, P. 1976. Mänty- ja kuusiprovenienssien puuaineen tiheyden vaihtelusta. Summary: The wood basic density variation of pine and spruce provenances. *Folia Forestalia* 257. 32 s.
- 1980. Variation in the density of wood of different Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) origins in provenance tests. Teoksessa: Hagman, M. (Ed.) 1980: Reports of the Finnish-Soviet Symposium on forest genetics and forest tree seed production, Punkaharju, Finland, August 17.- 18. 1978. *Silva Fennica* 14(1): 45-51.
 - & Nepveu, G. 1986. Männyn puuaineen laadun ja tuotoksen vaihtelu suomalaisessa provenienssikoesarjassa. Summary: Variation of wood quality and yield in a finnish series of provenance trials on Scots pine. Résumé: Variabilité de la qualité du bois et du rendement en matière sèche dans un test multistationnel de provenances de pin sylvestre d'origine finlandaise. *Silva Fennica* 20(3):211-231.
- Zobel, B.J. & Talbert, J.T: 1984. Applied forest tree improvement. New York. 505 s.

GEOGRAPHICAL VARIATION OF PROPERTIES ON SCOTS PINE
AN EXAMPLE OF YOUNG SERIES OF PROVENANCE TRIALS

Abstract

The effects of the origin of seeds and the location of plantation of Scots pine (Pinus sylvestris L.) on certain properties particularly important to the pulp industry were studied. The material consisted of six parallel trials of the same 12 provenances. The total number of sample trees, 19 years old, was 1267. Increment cores were taken from each tree to determine wood properties. It was found, that the location of the plantation generally affected the properties to a larger extent than the origin of the seed. The effect of the variation of wood density and fiber yield on the cultivation values of the provenances was, at most nearly 10 %, but on average only a few percentages. East-west transfers of provenances seem to be recommended, while caution must be exercised in transfers from south to north.

Erkki Verkasalo

KESKI- JA POHJOISPOHJALAINEN HIESKOIVU VANERITEOLLISUUDEN
RAAKA-AINEENA

1. TAUSTAA

Hieskoivua esiintyy Suomessa runsaimmin Vaasan, Keski-Pohjanmaan ja Pohjois-Pohjanmaan piirimetsälautakuntien alueilla sekä Perä-Pohjolassa ns. Lapin kolmiossa. Hieskoivun osuus puuston kokonaistilavuudesta ja varsinkin kokonaiskasvusta on lisääntynyt täällä 1960-luvun puolivälistä lähtien. Syynä tähän on ollut ensisijaisesti laaja metsäojitustoiminta ja toissijaisesti hakkuusäätöt, jotka ovat olleet seurausta koivupuun hakkuumahdollisuuksia vähäisemmästä kysynnästä (normaalivuosina). Pohjanmaan markkinakoivu on ollut yli 95 prosenttisesti kuitupuuta, jonka kysyntä on ollut suhdanneherkkää. Liitteessä 1 on esitetty eräitä tietoja Pohjanmaan koivuvaroista ja niiden hyväksikäytöstä v. 1982.

Hieskoivun - päinvastoin kuin rauduskoivun - ei ole juuri uskottu kasvavan vanerikoivun mitta- ja laatuvaatimukset täyttäväksi arvopuuksi, varsinkaan maan pohjoispuoliskossa ja vielä vähemmän turvemailla. Käytännön kokemusten lisäksi hieskoivun rauduskoivua huonommasta laadusta on olemassa tutkimuksellista näyttöä 1930...60 -luvuilta (mm. Lehonkoski 1937,1949; Heiskanen 1957, 1966; Meriluoto 1965). Tulokset perustuvat eteläisestä Suomesta ja etupäässä kivennäismailta kerättyihin aineistoihin.

Vaneriteollisuus on koivutukkipulan vuoksi joutunut lieventämään raaka-aineen laatuvaatimuksia. Onkin esitetty ajatus, että myös luontaisesti syntyneistä hieskoivikoista voitaisiin kasvattaa vanerikoivua ainakin parhailla kasvupaikoilla.

2. TUTKIMUSMENETELMÄ JA -AINEISTO

Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosasto aloitti syyskesällä 1985 edelleen jatkuvan tutkimuksen hieskoivun laadusta erityisesti turvemaidilla. Puun laadulla tarkoitetaan tässä sekä mitoista että vioista riippuvaa teknillistä käyttökelpoisuutta vaneriviilun sorvauksessa. Tutkimuksessa pyritään selvittämään hieskoivun laatu sinänsä ja lisäksi rauduskoivuun verrattuna eri kasvupaikoilla ja kehitysluokissa. Lopullisena tavoitteena on laskea hies- ja rauduskoivurunkojen ja -metsiköiden arvo kasvupaikka-, kehitysluokka- ja läpimittaluokittain.

Tutkimusaineiston keruu tapahtuu viidellä tasolla seuraavasti:

1. 8. VMI:n koeala-aineisto -> koivikoiden tiheys, järeys ja puutavaralajirakenne
2. 8. VMI:n pysyvien laatukoepuualojen aineisto -> koivurunkojen ulkoinen laatu ylimalkaisesti
3. Omien metsikkökoalojen pystykoepuuaineisto -> koivurunkojen ulkoinen laatu yksityiskohtaisesti
4. Omien metsikkökoalojen kaatokoepuuaineisto -> koivurunkojen sisäinen laatu yksityiskohtaisesti
5. Koivutukkien koesorvaukset -> vaneriviilun saanto, laatu ja arvo

Periaatteena on pienentää otosta ja tarkentaa mittauksia siirryttäessä tasolta seuraavalle ja yleistää pienestä osasta aineistoa tehtyjen mittausten tulokset koko aineistoa koskeviksi.

Aineisto kerätään Keski- ja Pohjois-Pohjanmaalta. Oma metsikkökoela-aineisto kerätään Metsäntutkimuslaitoksen ja Metsähallinnon metsistä sekä Oy Wilh.Schauman Ab:n leimikoista. Koemetsiköiden tulee olla muodoltaan ja pinta-alaltaan todellisia metsikköoloja vastaavia, metsänhoidollisin hakkuin käsiteltyjä ja metsänhoidolliselta tilaltaan vähintään tyydyttäviä. Koealat (2..4 ympyräkoelaa á 2 aaria / metsikkö) sijoitetaan harkinnanvaraisesti metsiköiden edustaviin kohtiin. Koesorvaukset tehdään etukäteen valituista hies- ja rauduskoivutukkieristä Schaumanin Jyväskylän vaneritehtaalla.

3. ENNAKKOTULOKSIA HIESKOIVUJEN ULKOISESTA LAADUSTA

Tutkimuksen tässä vaiheessa, jossa on kerätty noin 1/3 suunnitellusta metsikkökoeala-aineistosta ja suoritettu hieskoivutukien koesorvauksia, voidaan esittää ennakkotuloksia vain päätehakkuikäisten hieskoivujen laadusta. Tuloksia voidaan vertailla eteläisessä Suomessa saatuihin tuloksiin (Heiskanen 1957).

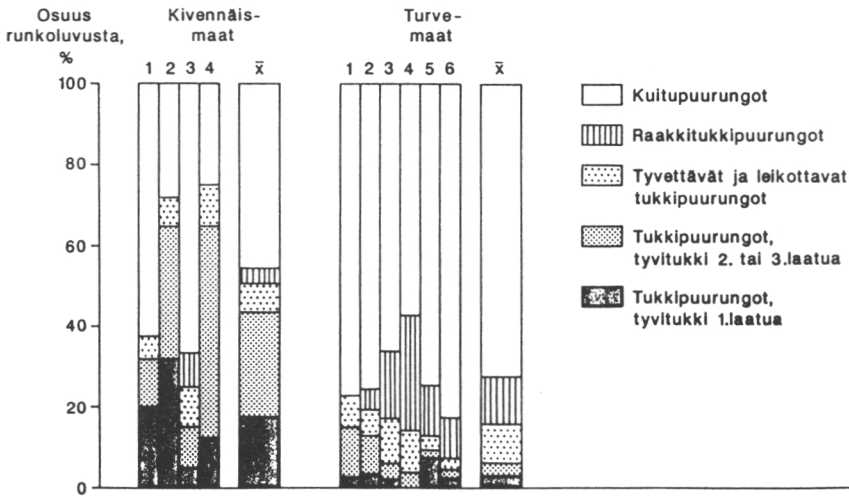
Seuraavassa on lueteltu eräitä metsikkötason tunnuksia koeala-aineistosta:

	Kivennäismaa	Turvemaa
	MT...OMT	Mtkg...Rhtkg
Kasvupaikka		
Kehitysluokka	4	4
Metsiköitä, kpl	4	6
Koealoja, kpl	13	18
Koepuita, kpl		
- tukkipuun mittaisia	63	58
- kuitupuun mittaisia	93	161
Puuston tiheys, ainespuurunkoa/ha		
- koivut	700 (380...1320)	710 (600...970)
- kaikki puulajit	1060 (550...1980)	960 (680...2000)
Puuston tilavuus, m ³ /ha	154 (101...185)	139 (96...213)
Tukkipuuosuus ilman vikavähennyksiä, %	34 (21...45)	24 (16...31)

Puuston metsänhoidollinen tila oli hyvä yhtä kivennäismaa- ja yhtä turvemaametsikköä lukuunottamatta, jotka olivat ylitiheitä. Näissä metsiköissä puuston tilavuus oli suurimmillaan ja tukkipuuosuus pienimmillään. Koemetsiköiden puuston keskitilavuus oli yli 20 m³/ha suurempi kuin alueen päätehakkuukoivikoissa keskimäärin mutta kuitenkin yli 70 m³/ha pienempi kuin mitä Saramäen (1978) harvennuksin käsiteltyjen hieskoivikoiden kasvu- ja tuototaulukot edellyttäisivät.

Vaneriteollisuudessa tukin ja siitä katkottavien pöllien (vakio-pituudet 1,32 ja 2,64 m) läpimitta ja tilavuus ovat tärkeimpiä raaka-aineen arvon määräävistä tekijöistä, koska sorvaussaanto on suurilla pölleillä parempi kuin pienillä pölleillä. Kuljetus-

ja käsittelykustannukset kuutiometriä kohti ovat lisäksi suurilla tukeilla pienemmät kuin pienillä tukeilla. Erilaiset viat vaikuttavat myös raaka-aineen arvoon pienentämällä viulun saantoa (määräviat) ja/tai laatua (laatuviat). Koivutukeilla määrävikoja ovat lähinnä muotoviat (lenkous, mutkaisuus, haaraisuus, latvaleikkauksen epäpyöreys) ja laatuviikoja ovat oksaviat (varsinkin pystyoksat sekä lahot oksat) ja pintaviat (korot, pinta-halkeamat yms.). Lahoisuutta voidaan pitää sekä määrä- että laatuviikana.



Kuva 1. Hieskoivurunkojen laatujaakaumat kivennäis- ja turvemilla metsiköittäin.

Koealojen keskiarvoina lasketut päätulokset hieskoivurunkojen yleisestä ulkoisesta laadusta olivat seuraavat (kuva 1 ja taulukko 1):

1. Tukkipuunmittaisten runkojen osuus oli kivennäismailla 55 % ja turvemilla 28 %.
2. Tukkipuun mittaisista rungoista oli hyvää, ns. oksattoman tyvitukin laatua kivennäismailla 53 % ja turvemilla 20 %. Etelä-Suomessa vastaavat osuudet ovat olleet hieskoivulla 59 % ja 56 % ja rauduskoivulla 73 % ja 59 %.
3. Tukkipuun mittaisista rungoista oli tyvettäviä ja leikottavia kivennäismailla 13 % ja turvemilla 37 %, Etelä-Suomessa vastaavasti hieskoivulla 28 % ja 31 % ja rauduskoivulla 22 %

ja 26 %. Tärkein tyveysten syy oli tyvilaho (70 %), Etelä-Suomen hies- ja rauduskoivulla vastaavasti kivennäismailla pintaviat (65 %) ja turvemaidella mutkat ja lenkous (66 %). Tärkeimmät leikkokojen syyt olivat mutkat (57 %) ja liian oksainen latva (39 %), Etelä-Suomen hies- ja rauduskoivulla vastaavasti mutkat ja lenkous (70 %).

4. Tukkipuun mittaisista rungoista oli kokonaan raakattavia kivennäismailla 12 % ja turvemaidella 29 %, Etelä-Suomessa vastaavasti hieskoivulla 13 % ja 12 % ja rauduskoivulla 5 % ja 15 %. Raakkauksen syynä olivat kivennäismailla lähinnä tyvilaho (55 %) ja turvemaidella mutkat (55 %) ja tyvilaho (39 %). Etelä-Suomessa raakkaus on johtunut kivennäismailla yhtä lailla mutkista ja lenkoudesta, lahosta, oksista ja haavoista ja turvemaidella lähinnä mutkista ja lenkoudesta (57 %).
5. Kaikkien runkojen ja tukkipuurunkojen tilavuus oli kivennäismailla yli 30 % suurempi ja kuitupuurunkojen tilavuus 12 % pienempi kuin turvemaidella. Runkojen keskiläpimitta oli kivennäismailla 1,5 cm suurempi ja läpimittajakauma laajempi kuin turvemaidella. Etelä-Suomen hieskoivuun verrattuna keskiläpimitta oli kivennäismailla sama ja turvemaidella 2,0 cm suurempi, rauduskoivuun verrattuna vastaavasti 4,2 cm ja 1,7 cm pienempi.
6. Tukkipuun mittaisten runkojen tukkipuuosuus oli kivennäismailla 63 % ja turvemaidella 55 %.
7. Tukkipuiden runkoluku oli kivennäismailla 230 kpl/ha ja turvemaidella 160 kpl/ha.
8. Hieskoivun hakkuukertymä oli kivennäismailla 139 m³/ha, josta tukkia 64 m³ ja kuitupuuta 75 m³, ja turvemaidella 127 m³/ha, josta tukkia 26 m³ ja kuitupuuta 101 m³.
9. Muotovikaisten runkojen osuus oli kivennäismailla 42 % ja turvemaidella 73 %. Turvemaiden hieskoivua lukuunottamatta osuudet olivat selvästi pienemmät kuin Etelä-Suomessa.
10. Pintavikaisten runkojen osuus oli kivennäismailla 37 % ja turvemaidella 26 %. Kivennäismaiden hieskoivua lukuunottamatta (E-S 60 %) osuudet olivat samaa suuruusluokkaa kuin Etelä-Suomessa.

11. Lahovikaisten runkojen osuus oli kivennäismailla 38 % ja turvemailed 58 %. Osuudet olivat 20...40 %-yksikköä korkeampia kuin Etelä-Suomessa.
12. Metsiköiden väliset runkojen koko- ja laatuerot olivat huomattavat. Erot riippuivat paljon myös metsänhoidon tasta (oikea-aikaiset harvennushakkuut).

Koivut olivat kivennäismailla n. 10 v vanhempia kuin turvemailed; erot tukkipuuosuudessa ja rungon koossa lienevät tosiasiasa hieman esitettyjä pienemmät. Lisäksi tulokset saattavat olla liian hyviä Etelä-Suomen tuloksiin verrattuna jossain määrin erilaisen koealojen otantamenetelmän vuoksi.

Taulukko 1. Tuloksia tukki- ja kuitupuun mittaisten hieskoivurunkojen koealamittauksista.

	Kivennäismaat			Turvemaa		
	Tukkip. mitt. rungot	Kuitup. mitt. rungot	Yh- teen- sä	Tukkip. mitt. rungot	Kuitup. mitt. rungot	Yh- teen- sä
Ikä, v.	88	66	75	81	58	64
d _{1,3} , cm	23,7	13,6	17,7	21,8	14,5	16,4
Pituus, m	20,4	14,4	16,8	17,7	15,1	15,8
Tilavuus, m ³	0,408	0,108	0,229	0,295	0,129	0,173
Osuus runkoluvusta, %	54,7	45,3	100,0	27,9	72,1	100,0
Tukki-/kuitupuuosuus, % tilavuudesta	63	91	...	55	92	...
Muotovikaisia, %	21,5	47,3	42,3	49,1	79,2	73,1
Pintavikaisia, %	40,3	35,0	37,4	40,3	21,0	26,3
Lahovikaisia, %	41,1	35,1	38,1	67,3	51,0	58,4

Oksaisuutta pidetään vaneriteollisuudessa pahimpana koivutukin vikana, koska oksat aiheuttavat ylimääräistä viilun paikkaustarvetta ja ne johtavat terveenäkin esiintyessään viilun laatu-
luokan alenemiseen.

Koealojen keskiarvoina lasketut tärkeimmät oksaisuustulokset olivat seuraavat (taulukko 2):

1. Tukkipuurungoissa oli oksatonta tyvitukkaa kivennäismailla 6,1 m (30 % rungon pituudesta) ja turvemaisilla 3,2 m (17 % rungon pituudesta). Etelä-Suomen hieskoivulla vastaavat tulokset ovat olleet kivennäismailla 5,3 m (26 % rungon pituudesta) ja turvemaisilla 4,3 m (23 % rungon pituudesta) ja rauduskoivulla kivennäismailla 6,3 m (31 % rungon pituudesta) ja turvemaisilla 5,1 m (26 % rungon pituudesta).
2. Tukkipuurunkojen käyttöosan paksuimman kuivan oksan koossa ei kivennäis- ja turvemaiden välillä ollut oleellista eroa (38 mm ja 36 mm). Suurin koivutukissa sallittava kuiva oksa on nykyisin 30 mm.
3. Tukkipuurunkojen käyttöosan paksuin tuore oksa oli kivennäismailla 60 mm ja turvemaisilla 82 mm, Etelä-Suomen hies- ja rauduskoivulla vastaavasti 38...46 mm. Suurin koivutukissa sallittava tuore oksa on nykyisin 70 mm.
4. Metsiköiden väliset erot olivat varsinkin turvemaisilla huomattavia.

Taulukko 2. Tuloksia tukkipuun mittaisten hieskoivurunkojen oksaisuustunnusten mittauksista.

	Kivennäismaat	Turvemaa
Oksakymyryraja, m	3,2	1,9
" , % rungon pit.	15,3	10,6
Kuivaoksaraja, m	6,1	3,3
" , % rungon pit.	29,7	16,9
Tuoreoksaraja, m	8,8	6,5
" , % rungon pit.	43,4	30,9
Rungon käyttöosan paksuin kuiva tai laho oksa, mm	38	36
Rungon käyttöosan paksuin tuore oksa, mm	60	82

4. JOHTOPÄÄTÖKSIÄ

Pohjanmaan hieskoivumarkkinoiden turvaamiseksi on esitetty useita ratkaisukeinoja, lähinnä uutta sellutehdasta ja energiapuun käytön lisäämistä. Sen sijaan vaneripuun tuottamiseen ei ole juuri kiinnitetty huomiota, osaksi hieskoivutukin kasvatuksesta Etelä-Suomessa saatujen huonojen kokemusten ja osaksi vaneritehtaiden kaukaisen sijainnin vuoksi (lähimmät Jyväskylässä ja Suolahdessa). Toisaalta hieskoivikoita ei ole myöskään hoidettu vaneripuun kasvatusta silmälläpitäen. Vaneritehtaat potevat tätä nykyä kroonista koivutukkipulaa, joten hieskoivutukillakin voidaan - rauduskoivutukkia huonolaatuisempainakin - olettaa olevan markkinoita.

Tässä esitettyjen ennakkotulosten pohjalta ei ole vajavaisen aineiston vuoksi syytä tehdä pitkälle meneviä johtopäätöksiä. MT...OMT -tasoisilla kivennäismailla näyttäisi kuitenkin olevan hyvät mahdollisuudet vaneripuun kasvatukseen hieskoivikoista, joissa rungot olivat keskimäärin varsin suoria (koe-metsiköiden tukkikertymä $64 \text{ m}^3/\text{ha}$ l. 46 % metsikön kaikesta koivuainespuusta). Vastaavan tasoisilla turvemailloilla mahdollisuudet näyttäisivät olevan vähäisemmät joskaan eivät toivottoimat (tukkikertymä $25 \text{ m}^3/\text{ha}$ l. 20 % metsikön kaikesta koivuainespuusta). Kivennäismaiden hieskoivujen paremmuus näkyi myös raakkitukkien sekä tyveysten ja leikkojen vähäisempänä esiintymisenä sekä tukkien parempana laatujakaumana muoto-, oksa- ja lahovikojen puolesta. Esim. oksaton tyvitukkiosuus oli kivennäismailla melkein kaksi kertaa pitempi kuin turvemailloilla.

Etelä-Suomeen verrattuna hieskoivurungot olivat järeyden ja muodon puolesta ainakin yhtä hyviä, turvemailloilla jopa parempia mutkien esiintymistä lukuunottamatta. Tulos ei vaikuta järeyden osalta yleistettävältä. Ilmeisesti Heiskasen (1957) Etelä-Suomessa keräämä hieskoivuaineisto sisälsi huonommin hoidettuja metsiköitä kuin tämän tutkimuksen aineisto. Koivutukkien mittavaatimukset eivät ole muuttuneet noista ajoista. Sen sijaan laatuvaatimukset ovat lieventyneet, ja on mahdollis-

ta, että laatutunnusten arviointiperusteet ovat tässä tutkimuksessa liukuneet lievemiksi kuin Heiskasen tutkimuksessa. Lahoisuuden ja oksaisuuden puolesta hieskoivurungot olivat kivennäismailla samaa luokkaa mutta turvemailla huonompia kuin Etelä-Suomessa.

Etelä-Suomen rauduskoivuihin verrattuna Pohjanmaan hieskoivut olivat odotetusti selvästi huonompaa vaneriteollisuuden raaka-ainetta. Voitaneekin olettaa, että vaneriteollisuus hankkii vastaisuudessaakin koivuraaka-aineensa ensisijaisesti lyhyen kuljetusmatkan päässä sijaitsevista rauduskoivumetsistä. Koivutukkipula pakottaa sen kuitenkin ulottamaan hankintansa myös etäämmälle, jolloin myös Pohjanmaan hieskoivikot ovat potentiaalista raaka-ainereserviä. Lähinnä tämä koskee Etelä- ja Keski-Pohjanmaata, missä koivikoiden kasvuolot ovat paremmat ja missä koivikoissa näyttäisi esiintyvän vähemmän vikoja kuin Pohjois-Pohjanmaalla. Koivutukin ja -kuitupuun kantohintaero on niin suuri (60...150 mk/m³), että jo pienikin vaneripuuosuus lisää leimikon kantohintaa huomattavasti. Tutkittujen metsiköiden väliset suuret laatuero osoittavat omalta osaltaan, ettei hieskoivun menestyksellinen kasvatus vaneripuuksi liene mahdollista ilman taimikonhoitoa ja koivun hyväksi tehtäviä harvennushakkuita.

KIRJALLISUUTTA

- Heiskanen, V. 1957. Raudus- ja hieskoivun laatu eri kasvupaikoilla. *Commun.Inst.For.Fenn.*48(6):1-99.
- _____ 1966. Tutkimuksia koivujen vikaisuuksista, niiden vaikutuksesta sorvaustulokseen sekä niiden huomioonottamisesta laatuluokituksessa. *Acta.For.Fenn.*80(3):1-28.
- Lehonkoski, N.A. 1937. Koivu faneeriteollisuuden raaka-aineena. *YMY:n vuosikirja.*X. ss.75-84.
- _____ 1949. Vanerikoivujemme nykyinen laatu. *MA.* ss. 16-18.

- Meriluoto, J. 1965. Raaka-ainetekijöiden vaikutus sorvatun koivuviilun määrään ja laatuun. Acta.For. Fenn.80(1):1-55.
- Saramäki, J. 1978. Ojitettujen turvemaiden hieskoivikoiden kehitys Kainuussa ja Pohjanmaalla. Commun. Inst.For.Fenn.91(2):1-59.

KOIVUVARATIEDOT POHJANMAAN ALUEELTA V. 1982

	Vaasa	Pml Keski- Pohjanmaa	Pohjois- Pohjanmaa	Maan etelä- puoli keskim.
Puuston kokonais- tilavuus, milj. m ³	11,4	12,7	22,1	-
Puuston ₃ keskitila- vuus, m ³ /ha	89	73	63	97
Puuston kokonais- kasvu, milj. m ³ /v	0,60	0,85	1,29	-
Osuus puuston koko- naistilavuudesta, %	26,2	26,1	23,3	18,2
Osuus puuston kokonaiskasvusta, %	34,3	34,0	30,8	22,9
Osuus metsämaan pinta-alasta, %				
- hieskoivu	10,3	10,5	11,5	4,9
- rauduskoivu	1,3	0,3	0,1	1,8
- yhteensä	11,6	10,8	11,6	6,7

Koivupuustojen
järeysrakenne:

Pml	-9,5	d _{1,3} 9,6...19,5	19,6...29,5	29,6+ Osuus tilavuudesta, %
Vaasa	26	54	17	3
Keski-Pohjanmaa	35	50	13	2
Pohjois-Pohjanmaa	36	45	14	15
Maan eteläpuoli keskimäärin	20	38	32	10

Koivun markkinahakkuut v 1982:

Pml	Hakkuumäärä, 1000 m ³		Kantohinta, mk/m ³	
	Tukki	Kuitu	Tukki	Kuitu
Vaasa	11	288	129,00	68,30
Keski-Pohjanmaa	13	284	137,90	66,50
Pohjois-Pohjanmaa	3	279	132,90	59,50
Koko maa	1616	5418	164,40	65,40

Metsäojitukset v. 1982 loppuun mennessä:

Pml	Kuivuva ala, ha
Vaasa	119 000
Keski-Pohjanmaa	356 000
Pohjois-Pohjanmaa	767 000
Koko maa	5 437 000

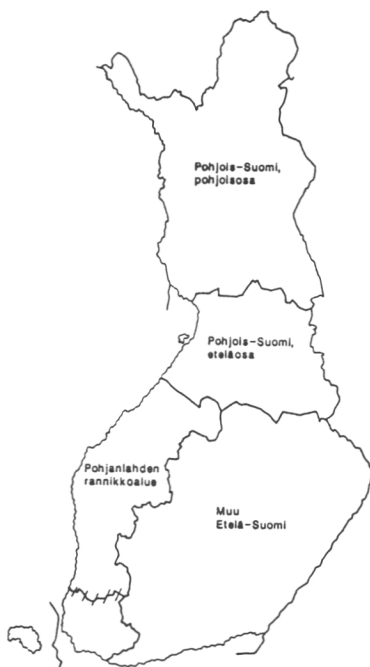
Pentti Rikkonen

HAVUPUUTUKKIEN JA TAVALLISEN KUITUPUUN MITTAUS SEKÄ PUUSTON PYSTYMITTAUS

1. HAVUPUUTUKKIEN MITTAUS

Kun tukkien latvaläpimitat mitattiin aikaisemmin käytössä olleessa menetelmässä kuoren alta, oli mittaus epätarkkaa, koska kuoren paksuus yleensä arvioitiin. Elektronisten mittalaitteiden käyttö ei ollut mahdollista ja määrän yksikkö, kuorellinen todellinen kuutiometri oli ristiriidassa mittaustavan kanssa. Nämä olivat keskeisimmät syyt siirtyä kuoren päältä mittaukseen. Käytössä olleet, 1970-luvun alussa laaditut yksikkötilavuusluvut (m^3/m) perustuivat monilta osin epävarmoihin tietoihin, joten myös tilavuuslukujen yleinen tarkistaminen oli tarpeen. Mittauksen muutos oli mahdollista vain tutkimuksella hankittavien tietojen pohjalta. Valtakunnallisen mittausneuvoston esityksestä Metsäntutkimuslaitos aloitti 1983 koko maan kattavan tutkimuksen, jossa mitattiin noin 18 500 tukkia noin 40 tukin erissä. Mittausneuvosto suositteli aineistosta laskettujen tilavuuslukujen käyttöön ottamista, ja kun Metsäntutkimuslaitos oli ne vahvistanut, siirryttiin uuteen mittaukseen osapuolten välisin sopimuksin 1.7.1985.

Vanhat tilavuusluvut oli laadittu Etelä-Suomen ja Pohjois-Suomen alueille. Uudessa mittauksessa Etelä-Suomi on jaettu piirimetsälautakuntien aluerajoja noudattaen Pohjanlahden rannikkoalueeseen ja muu Etelä-Suomi -alueeseen sekä Pohjois-Suomi kuusen osalta vastaavasti sen etelä- ja pohjoisosiin (Kuva 1). Pohjanlahden rannikkoalueen tilavuusluvut ovat männyllä 2,7 % ja kuusella 2,1 % muu Etelä-Suomi -alueen lukuja suuremmat. Pohjois-Suomen pohjoisosan kuusen luvut ovat keskimäärin noin 5 % alueen eteläosan kuusen lukuja suurempia.



Kuva 1. Aluejako havupuutukkien mittauksessa.

Aineiston tukkien keskipituudet olivat aikaisemmissa tutkimuksissa todettuja pienempiä. Tuloksiin nojaten pienennettiin ns. peruskeskipituuksia, joihin leimikon tukkien keskipituutta verrataan keskipituuskorjausta tehtäessä. Keskipituuksien muutos ilmenee seuraavasta asetelmasta.

	Aikaisemmat	Uudet
	dm	
Mänty, Etelä-Suomi	49	47
Kuusi, Etelä-Suomi	49	48
Mänty, Pohjois-Suomi	47,5	45
Kuusi, Pohjois-Suomi	47,5	47

Kun keskipituuksien erot ja käytössä olevat keskipituuskorjausluvut otettiin huomioon, muodostuivat uusilla ja vanhoilla luvuilla laskettujen tilavuuksien suhteet aineistossa seuraaviksi:

Uudet luvut/Vanhat luvut

Mänty, koko Etelä-Suomi	1,000
Kuusi, koko Etelä-Suomi	0,981
Mänty, Pohjois-Suomi	0,978
Kuusi, koko Pohjois-Suomi	0,965
Mänty, Pohjanlahden rannikkoalue	1,020
Mänty, muu Etelä-Suomi	0,996
Kuusi, Pohjanlahden rannikkoalue	1,002
Kuusi, muu Etelä-Suomi	0,975
Kuusi, Pohjois-Suomen eteläosa	0,941
Kuusi, Pohjois-Suomen pohjoisosa	0,996

Etelä- ja Pohjois-Suomea koskeva tarkastelu osoittaa, että Etelä-Suomen mäntyä lukuun ottamatta saadaan uusilla luvuilla keskimäärin pienempiä tilavuuksia kuin vanhoja lukuja käytettäessä. Etelä-Suomen kuusen ja Pohjois-Suomen männyn ero voidaan lähes kokonaan selittää sillä, että vanhojen lukujen laskennassa käytetyt kuoriprosentit olivat liian suuria, niinkuin erillinen kuoritutkimus (Heiskanen ja Rikonen 1976) oli osoittanut. Sama tekijä selittää Pohjois-Suomen kuusen eroa, jota lisäksi selittää se, että vanhojen lukujen laadinnassa käytettiin alueen pohjoisosasta mitattua tukkien kapenemista, jonka nyt todettiin olevan alueen eteläosan tukkien kapenemista selvästi suuremman. Nämä tekijät vaikuttavat luonnollisesti myös osa-alueittain saatuihin eroihin, joihin lisäksi vaikuttaa se, että uusi aluejako muodostettiin.

Lounais-Suomen osalta jouduttiin aluejako tekemään epävarmoin perustein niukan aineiston pohjalta. Männyn osalta alue olisi tulosten mukaan pitänyt liittää Pohjanlahden rannikkoalueeseen. Puulajeittain erilaista aluejakoa ei käytännön syistä voitu kuitenkaan tehdä ja puulajien yhteisten tulosten perusteella alue oli liitettävä muu Ete-

lä-Suomi -alueeseen. Alueella tehtiin vuosina 1985-86 lisätutkimus, joka ei puulajikohtaisesti muuttanut tilannetta. Tämän tutkimuksen puulajien yhteisten tulosten perusteella Lounais-Suomen piirimetsälautakunnan alue ja Helsingin piirimetsälautakunnan alueen länsiosa kuitenkin siirrettiin mittausneuvoston esityksestä ja Metsäntutkimuslaitoksen 19.12.1986 tekemällä vahvistuspäätöksellä Pohjanlahden rannikkoalueeseen.

Valtakunnallinen tutkimus ei ulottunut Ahvenanmaalle. Sen alueella on edelleenkin käytetty kuoren alta mittaamista. Tutkimus kuorellisen mittauksen tilavuuslukuja selvittämiseksi siellä on aloitettu.

2. PIKKUTUKKIEN MITTAUS

Erilliseksi puutavaralajiksi muodostuneiden pikkutukkien osalta ei ole ollut käytettävissä nimenomaan niille tarkoitettuja tilavuuslukuja, vaan niiden tilavuus on yleisesti määritetty käyttämällä normaalitukkien pienten läpimittaluokkien tilavuuslukuja. Metsäntutkimuslaitos keräsi 1984-85 runsaan 6000 tukin aineiston Etelä-Suomen alueelta. Tilavuusluvut on laskettu, ja mittausohjetta käsitellään mittausneuvostossa. Pikkutukkien tilavuusluvuilla saadaan runsaat 10 % pienempi tilavuus kuin normaalitukkien pienten läpimittaluokkien tilavuuslukuja käytettäessä. Pääasiallinen syy eroon on se, että pikkutukit kapenevat selvästi vähemmän kuin vastaavankokoiset normaalitukkirungoista tehtävät tukit. Osittain ero johtuu myös erilaisista läpimitajakaumista. Tutkimuksen mukaan pikkutukkien mittaus on huomattavasti epätarkempaa kuin normaalitukkien mittaus. Mittaus voitaisiin kylläkin tarkentaa normaalitukkien mittauksen tarkkuuden tasolle käyttämällä runkojen keskimääräiseen järeyteen, tukkien tyviosuuteen ja niiden keskipituuteen perustuvia korjausyhtälöitä. On kuitenkin katsot-

tu, että vain keskipituuteen perustuvat korjaukset ovat käytännössä mahdollisia. Pohjois-Suomea koskeva pikkutukki-tutkimus aloitetaan kuluvana vuonna.

3. KEHÄMITTAUS

Kehämittaus on kuitupuun mittausmenetelmä, jossa kourakasan tilavuus saadaan kertomalla keskenään kehän neliö (kehä on kasan päältä aluspuusta aluspuuhun mitattu etäisyys), kasan pituus sekä puulaji- ja pituuskohtainen vakiokerroin. Tätä Kärkkäisen (1979) tekemään tutkimukseen perustuvaa menetelmää on kehitetty lähinnä työmittausmenetelmäksi työmarkkinaosapuolten ja Metsäntutkimuslaitoksen yhteistyönä. Tutkimusten mukaan saadaan kehämittauksella varsin tarkka keskimääräinen tulos. Sen käytön laajentaminen myös luovutusmittaukseen on mittausneuvostossa käsiteltävänä. Mahdollinen laajennus saattaa aiheuttaa joitakin lisätutkimuksia.

4. PYSTYMITTAUS

Helsingin yliopiston metsänarvioimistieteen laitos tekee yhteistyössä Metsäteollisuuden Työnantajaliiton kanssa tutkimusta kahden tunnuksen ($d_{1,3}$ ja pituus) ja kolmen tunnuksen ($d_{1,3}$, d_6 ja pituus) pystymittauksen eroista. Etelä-Suomen itäisissä osissa, joissa kahden tunnuksen mittaus on jo yleisesti työmittauksessa käytössäkin, on menetelmien erot todettu varsin vähäisiksi. Kahden tunnuksen mittauksen käytön laajentaminen muualle maahan näyttää sen sijaan tarvitsevan korjausmenettelyn, jonka kehittäminen onkin jo käynnissä.

Vastaavaa yhteistyötä tehdään myös ns. metsurimittauksen kehittämiseksi ja tarkentamiseksi. Metsurimittaus on lähinnä ensiharvennusleimikoiden mittaukseen tarkoitettu kah-

den tunnuksen pystymittaussovellutus, jossa runkojen pituus määritetään ennen hakkuuta koealoilta ja rinnankorkeusläpimitat metsurin toimesta hakkuun yhteydessä. Menetelmä on jo työmittauskäytössä, ja myös sen käytön laajentamista luovutusmittaukseen käsitellään mittausneuvostossa.

Kirjallisuutta

Heiskanen, V. & Rikkinen, P. 1976. Havusahatukkien kuoren määrä ja siihen vaikuttavat tekijät. Folia For. 250:1-67.

Kärkkäinen, M. 1979. Kuitupuun kiintomittaus kourakasoissa. Folia For. 410:1-15.

Pentti Sairanen

PITKÄN KUITUPUUN PINOMITTAUSTUTKIMUS

1. JOHDANTO

Kuitupuun hankinnan eri vaiheissa tapahtuneet muutokset ovat johtaneet kuitupuutavaralajien pitenemiseen. Korjuukustannusten pienentämiseksi sekä kuljetuskaluston käytön tehostamiseksi, ollaan kuitupuun teossa siirtymässä pitkään-, eli yli kolmemetriseen tavaralajiin. Valtaosa teollisuuden käyttämästä pitkästä kuitupuusta näyttää tarjotun aineiston perusteella olevan noin 5 metristä, minkä onkin havaittu hyödyntävän parhaiten vetoauton ja perävaunun kantavuudet. Kuitupuuta käyttävissä yhtiöissä pitkän kuitupuun osuus on tällä hetkellä jo yli 50 %, kun vielä kaksi vuotta sitten tiedusteluissa ilmeni pitkän kuitupuun osuudeksi 10 - 20 %. Tämä on osoituksena pitkää kuitupuuta kohtaan olevista paineista. Kehityksen esteenä on kuitenkin pitkän kuitupuun jälkimittausmenetelmän puuttuminen.

Metsäntutkimuslaitos on saanut usealta taholta pyyntöjä selvittää mahdollisuudet pinomenetelmän käyttöön pitkän kuitupuun jälkimittauksessa. Keväällä 1985 Metsäntutkimuslaitos käynnisti esitutkimuksen, jolla testattiin mahdollisia tutkimusmenetelmiä. Esitutkimuksesta saatujen kokemusten perusteella käynnistettiin kesällä -86 varsinaisen tutkimuksen aineiston keruu. Tutkimuksen päätavoitteena on mahdollisuuksien mukaan kehittää pitkälle kuitupuulle soveltuva pinomittausmenetelmä.

Ennalta oli tiedossa pitkän kuitupuun mittausta vaikeuttavia tekijöitä tavanomaiseen kuitupuuhun verrattuna. Näistä huomattavin on mahdollisimman tarkan kehystilavuuden mittaaminen. Pitkän kuitupuun suuren pituusvaihtelun johdosta pinon leveyden eli pölkyn keskipituuden määrittäminen käy-

tännössä on vaikeaa. Esimerkiksi pölkyn keskipituuden mittaaminen siten, että metsuri mittaisi tiettyjen näytepölkkyjen pituuden taikka pituuden mittaus metsätraktorin kuormatilassa ovat vaikeasti kontrolloitavissa. Jälkimmäistä menetelmää hankaloittavat myös mahdolliset sekakuormat. Monitoimikoneiden mittalaitteiden kehittyessä riittävän tarkoiksi ja varmatoimisiksi voidaan niiden antamia tietoja käyttää pinon leveyden määrittämisessä.

Tällä hetkellä näyttää kuitenkin siltä, että pölkyn keskipituuden mittaaminen pinossa saattaa käydä helpoimmin. Tutkimuksella pyritään selvittämään mahdollisuudet määrittää pinon leveys mittaamalla silmänvaraisesti tasoitettujen pinonosien keskileveys.

Varsinaisen tutkimuksen osalta ei vielä tällä hetkellä ole esitettävissä tutkimustuloksia, koska aineiston keruu on kesken. Oheisena esitetään esitutkimusaineistoon perustuvia alustavia tuloksia pinotiiviystekijöiden arvioinnista sekä kehys- ja kiintotilavuuden määrittämisestä.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

Esitutkimusaineisto jakautui seuraavan taulukon mukaisesti.

Taulukko 1. Esitutkimusaineisto

Puulaji	Pinoja, Pölkkyjä,		m ³
	kpl	kpl	
Mänty	10	3524	253,854
Kuusi	18	8952	631,121
Koivu	27	7555	596,939
Yht.	55	20463	1481,914

Tutkittujen pinojen tilavuus vaihteli välillä 7-124 m³ valtaosan ollessa kuitenkin 20-50 m³. Aineisto käsitti yhden 6 metriä pitkää kuitupuuta sisältävän pinon, pituuden ollessa muissa pinoissa noin 5 metriä.

Osa aineistosta mitattiin metsässä, osa tehtaalla. Tehtaalla mitatuilla pinoilla tehtiin myös simulointikokeita, jotta saataisiin riittävästi vaihtelua ladonta- ja karsintaluokkiin sekä käsitys ladonnan ja karsinnan vaikutuksesta pinotiiviyyteen.

Mittausryhmän tehtäviin kuului:

- Yleistietojen merkintä
- Kehystilavuuden määrittäminen
- Pinotiiviystekijöiden määrittäminen
- Pölkyittäinen mittaus

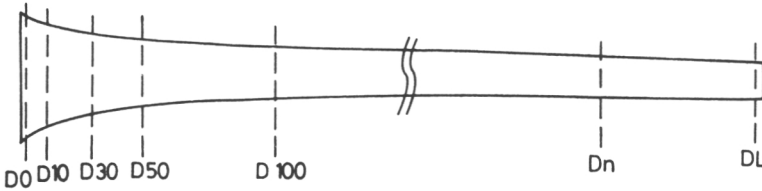
Pinojen kehystilavuudet mitattiin nykyisen kiintomittausohjeen mukaisesti muilta paitsi pinon leveyden osalta, joka määritettiin mittaamalla silmänvaraisesti tasoitettujen pinonosien keskileveys.

Pinon tiiviyyteen vaikuttavista tekijöistä tutkittiin järeyden, ladonnan, karsinnan ja oksaisuuden, mutkaisuuden, almittaisten pölkkyjen sekä tyvien osuuden vaikutusta.

Kiintotilavuus määritettiin pölkyittäistä mittausta käyttäen. Pölkyn halkaisija mitattiin todellisen pituuden puolivälistä kuoren päältä vaakasuorassa suunnassa 1 mm tarkkuudella. Pölkyn pituus mitattiin sahauspintojen välisenä etäisyytenä 1 cm:n tasaavalla luokituksella.

Pölkyn tilavuus saatiin keskusläpimitan perusteella lasketun poikkipinta-alan ja pituuden tulona. Pölkkyjen tilavuuksien summa kerrottiin vielä pinosta määritetyllä keskusmuotoluvulla. Keskusmuotoluvut laskettiin joka kymmenestä pölkystä. Niistä mitattiin pituuden lisäksi tyvi-, keskus- ja latvaläpimitat. Tyvipölkkyistä mitattiin kuvassa 1. esitetyt läpimitat.

Pinojen kiintotilavuudet määritettiin myös tutkimustuloksiin perustuvien keskimääräisten kiintotilavuusprosenttien avulla. Niihin tehtiin voimassaolevan kuitupuupinon kiintomittausohjeen mukaiset korjaukset.



Kuva 1. Koepölkyn mittauskohdat

3. TULOKSET

3.1. Kehystilavuuden mittaaminen ja sen tarkkuus

Kehystilavuuden mittausvirheitä saattaa syntyä pinon pituuden, korkeuden tai leveyden määrittämisessä. Näistä varsinkin korkeuden ja leveyden mittaaminen ovat silmänvaraisen tasoitusten vuoksi alttiimpia virheille. Pinon korkeuden mittaamisen tarkkuuteen vaikuttaa pinon muoto, joka vaihtelee suuresti muun muassa pinon koosta, alustan tasaisuudesta sekä ladonnan laadusta riippuen. Pinon leveyden mittaamisen tarkkuuteen vaikuttavat pinon koko, ladonnan laatu, pölkkyjen pituuksien hajonta sekä alamittaisten pölkkyjen osuus. On myös selvää, että mittaustulos riippuu paljon mittaajasta pinon korkeuden ja leveyden mittaamiseen liittyvien arviointien vuoksi.

Pinon korkeuden mittaustarkkuudesta johtuvien virheiden oletettiin jäävän pieniksi tehtäväänsä tottuneen mittausryhmän ansiosta.

Sen sijaan pinon leveyden mittaus silmävaraisesti tasoite-
tuista pinonosista on huomattavasti vaikeampi tehtävä koke-
neellekin mittaajalle. Pölkkyjen pituuden pinonsisäinen
vaihtelu saattaa nimittäin olla hyvinkin suuri varsinkin
ensiharvennusemetsäistä tehdyissä pinoissa. Pitkän kuitu-
puun seassa oli paljon ns. apumittoja, joita ei pinoja pääl-
tä päin tarkastellen ole aina mahdollista havaita.

Pölkkyittäisistä mittaustiedoista saadaan kuitenkin keski-
määräinen pölkyn pituus eli tarkka pinon leveys. Keskimää-
räinen pölkyn pituus saatiin painottamalla pölkkyjen pituu-
det järeydellä. Se on tässä yhteydessä tärkeätä, sillä
pölkyn pituus ja järeyys korreloivat selvästi keskenään.

Pinon leveyden määrittämisen tarkkuudesta saadaan käsitys
vertaamalla arvioitua leveyttä pölkyn tarkkaan keskipituu-
teen. Pinojen leveysarvion tarkkuus on esitetty taulukossa
2.

Taulukko 2. Puulajikohtaiset keskimääräiset pinoleveyksien
ja tarkkojen pölkyn keskipituuksien väliset erot prosent-
teina.

Puulaji	Keski- arvo	Keski- hajonta	Vaihtelu- kerroin
Mänty	-1,182	5,139	-4,349
Kuusi	-2,522	3,314	-1,314
Koivu	-3,081	2,763	-0,897
Yht.	-2,454	3,522	-1,436

Kaikilla puulajeilla pinoleveydet on keskimäärin aliarvioi-
tu. Tämä viittaa siihen, että mittaaja on taipuvainen a-
liarvioimaan pinosta esiintyöntyvien pölkkyjen vaikutuksen.
Kuusella ja koivulla pölkyn pituuden ja järeyden välillä on

merkitsevä positiivinen korrelaatio. Männyllä tällaista ei ole havaittavissa. Tosin mäntyaineistosta tehtäviä päätelmiä vaikeuttavat järeät, mutta lyhyet pölkyt, ns. tyvileikot. Kuusen ja koivun osalta voidaankin todeta, että pölkyn keskipituuden aliarviointi on johtunut pitkien pölkkyjen arvioitua suuremmasta vaikutuksesta pinon tilavuuteen. Sama koskee todennäköisesti myös mäntyä, vaikka edellämäinnettua korrelaatiota ei tämän aineiston pohjalta ollutkaan todettavissa.

Näin ollen järeydellä painottaminen näyttää olevan ilmeisen vaikeaa pölkyn keskipituuden eli pinon leveyden arvioinnissa.

On luonnollista, että pituusvirheiden mittauksessa tehdyt virheet siirtyvät saman suuruisina myös kehystilavuuteen. Täten kehystilavuuden määrittämisen minimivirheenä voidaan pitää pinon leveyden määrittämisvirhettä.

3.2. Pinotiivistekijöiden arviointi

3.2.1. Keskiläpimitta

Pinon pölkkyjen keskiläpimitta arvioitiin käyttäen tasaavaa 2 cm:n luokitusta. Arvioinnin tarkkuudesta saadaan käsitys vertaamalla pinojen arvioitua keskiläpimittaluokkaa pinon mitattuun keskiläpimittaluokkaan. Vertailun tulokset on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Arvioidun ja mitatun keskiläpimittaluokan ero.

Puulaji	Keskimäär. ero, lk	Keskimäär. virhe, lk
Mänty	0,182	0,364
Kuusi	0,389	0,389
Koivu	0,115	0,346
Yht.	0,218	0,364

Keskimääräinen ero ilmaisee onko keskiläpimitassa tapahtunut yli- tai aliarviointia. Keskimääräinen virhe on sama ilman etumerkkiä, eli se ilmoittaa virheen absoluuttisena.

Taulukosta 4 nähdään eri arvioerojen osuudet prosenttiosuudessa puulajeittain.

Taulukko 4. Arvioidun keskiläpimittaluokkien osuudet prosentteissa virheen suuruuden mukaan jaoteltuina

Puulaji	Oikea arvio	1 lk:n ero %	2 lk:n ero
Mänty	63,64	36,36	-
Kuusi	66,67	27,77	5,56
Koivu	65,27	34,62	-
Yht.	67,27	30,91	1,82

Taulukot 2 ja 3 osoittavat, että läpimittaluokan arviointi on osunut varsin usein oikeaan ja poikkeamat ovat pieniä. Kaikilla puulajeilla on vähäinen arviointivirhe ollut keskimäärin positiivinen.

3.2.2. Karsinta, mutkaisuus ja ladonta

Karsinnan, mutkaisuuden ja ladonnan arvioinnin tarkkuutta ei voida päätellä tämän aineiston pohjalta, koska niitä koskevia pölkyittäisiä mittauksia ja arviointeja ei tehty. Koska kaikki mittaukset suoritti sama ryhmä, ei arviointitulosten hajontaa ole käytettävissä.

Karsinta arvioitiin neljässä luokassa. Keskimääräiset karsintaluokkien arvot ovat eri puulajeille seuraavat:

Puulaji	Keski- arvo	Keski- hajonta	Vaihtelu- kerroin
Mänty	2,273	0,467	0,224
Kuusi	2,278	0,461	0,202
Koivu	2,154	0,613	0,284

3.3. Pinotiiviystekijöiden vaikutus pinotiiviyteen

3.3.1. Keskiläpimitta

Pinotiiviyys on periaatteessa riippumaton itse pölkyn läpimitasta. Koska järeyys liittyy muihin tekijöihin kuten mutkaisuuteen, oksaisuuteen, tyvien osuuteen ja pölkyn pituuteen, voidaan myös läpimittaa käyttää välillisesti pinotiiviyden hajonnan selittämiseen.

Liitteestä 1 nähdään, että arvioitu läpimittaluokka vaikuttaa selvästi pinotiiviyteen. Järeyden lisääntyessä myös pinotiiviyys kasvaa.

Arvioidun läpimitan vaikutus pinotiiviyteen ja niiden välinen korrelaatio olivat seuraavat:

Puulaji	Korrelaatio- kerroin	Vaikutus, %/luokka
Mänty	0,442	2,159
Kuusi	0,495	2,116
Koivu	0,476	1,475

Mitatun läpimitan vaikutus pinotiiviyteen on männyllä ja koivulla jopa heikompi kuin arvioidun läpimitaluokan vaikutus. Tämä ilmenee seuraavista mitatun läpimitan ja pinotiiviyden korrelaatiokertoimista ja läpimitan vaikutuksesta pinotiiviyteen

Puulaji	Korrelaatio- kerroin	Vaikutus %/läpimitan cm
Mänty	0,425	1,418
Kuusi	0,561	1,366
Koivu	0,431	0,732

Järeiden pinotiiviyteen kohdistuvaan vaikutukseen sisältyy osittain myös tyviosuuden vaikutusta (Liite 2).

Männyllä ja koivulla on myös selvä järeiden ja mutkaisuuden välinen korrelaatio, joskin yllättävää on niiden vaikutussuunnan erilaisuus. Tämän kaltainen ilmiö johtunee aineiston pienuudesta.

Puulaji	Korrelaatio- kerroin
Mänty	0,383
Kuusi	-0,152
Koivu	-0,402

3.3.2. Tyvipölkkyjen osuus

Tyvipölkkyjen osuutta ei tutkimuksessa arvioitu, mutta tyvipölkkyjen osuus on kuitenkin laskettavissa pölkkyttäisistä mittauksista. Puulajikohtaiset tyviprosentit olivat keskimäärin seuraavat:

Puulaji	Tyvi-%
Mänty	34,254
Kuusi	55,886
Koivu	50,378

Pinotiiviys ja tyviprosentti korreloivat selvästi keskenään muilla puulajeilla paitsi kuusella, mikä ilmenee liitteistä 3 ja 4 sekä seuraavasta asetelmasta:

Puulaji	Korrelaatiokerroin
Mänty	-0,372
Kuusi	-0,077
Koivu	-0,403

Liitteestä 2 voidaan nähdä, että arvioitu läpimitta ja tyviprosentti korreloivat myös selvästi keskenään, minkä osoittavat myös seuraavat korrelaatiokertoimet:

Puulaji	Korrelaatiokerroin
Mänty	-0,501
Kuusi	-0,200
Koivu	-0,539

Liitteestä 2 voidaan myös päätellä, että suuremmissa läpimittaluokissa tyviosuuden vaikutus pinotiiviyteen on vähäisempi kuin pienemmissä luokissa.

Koska järeys ja tyvi-% korreloivat vahvasti keskenään, läpimitan käyttäminen selittäjänä heikentää tyvi-%:n selityskykyä. Näin ollen tyviprosenttia ei voida käyttää pinotiiviyden selittäjänä ainakaan pinoissa, joissa keskiläpimita on pieni (alle 13 cm).

Tyvi-%:n ja mutkaisuuden välinen riippuvuus vaihtelee eri puulajeilla suuresti:

Puulaji Korrelaatiokerroin

Mänty 0,079

Kuusi -0,476

Koivu 0,300

Männyllä näiden tekijöiden välillä ei ole mainittavaa riippuvuutta. Sen sijaan kuusella ja koivulla riippuvuus on selvä mutta toisiinsa nähden käänteinen. Kuusella tyviprosentin kasvu aiheuttaa mutkaisuuden pienenemisen, kun taas koivulla tyvipölkkyjen osuuden kasvu lisää myös mutkaisuutta.

Tyvipölkkyjen osuuden keskimääräinen suoraviivainen vaikutus pinotiiviyteen muiden tekijöiden vaikutusta huomioimatta oli seuraava:

Puulaji Vaikutus
 %/tyvi%

Männyllä 0,77 %

Kuusella 0,25 %

Koivulla 1,28 %

3.3.3. Mutkaisuus

Mutkaisuus arvioitiin viidessä luokassa sitä kuitenkaan mittaamatta.

Mutkaisuuden vaikutus pinotiiviyteen on havupuilla selvä. Koivulla riippuvuus on vastoin odotuksia varsin heikko (liitteet 4 ja 5). Myös männyllä ja kuusella on mutkaisuuden ääriarvojen alueella hyvin vähän havaintoja, minkä vuoksi luotettavaa käsitystä ei voida saada sen vaikutuksen suuruudesta. Mutkaisuushavainnot painottuvat vahvasti puulajien keskimääräisen mutkaisuusluokan kohdalle, jonka sisällä vaikutuksen vaihtelu on myös hyvin suuri.

Korrelaatiokertoimien arviot ja mutkaisuuden suoraviivaiset vaikutukset pinotiiviyteen olivat puulajeittain seuraavat:

Puulaji	Korrelaatio- kerroin	Vaikutus, %/luokka
Mänty	-0,293	-2,801
Kuusi	-0,276	-4,229
Koivu	-0,075	-0,456

3.3.4. Karsinta

Karsinta arvioitiin neljässä luokassa. Lisäksi viidellätoista pinolla tehtiin simulointikokeita, joissa kaikki pölkyt karsittiin moottorisahalla pinnanmyötäisesti ja ladottiin uudeksi pinoksi jäljitellen aiempaa ladontaa.

Perusaineiston karsintaluokkien hajonta oli pieni, ja havainnot keskittyivät luokkiin 2 ja 3. Lisäksi havupuilta

puuttuivat kokonaan havainnot luokista 1 ja 4. Karsinnalla saatiin luokan 1 osuutta nostettua, jolloin myös tutkimustulosten luotettavuus parani.

Karsintaluokan ja pinotiiviyden välinen riippuvuus nähdään liitteistä 6 ja 7. Korrelaatiokertointen arvot ja karsintaluokan suoraviivainen vaikutus pinotiiviyteen ovat:

Puulaji	Korrelaatio- kerroin	Vaikutus %/luokka
Mänty	-0,532	-4,780
Kuusi	-0,221	-1,333
Koivu	-0,192	-1,188

Edellä olevasta asetelmasta ilmenee, että karsinnalla on selvä vaikutus pinotiiviyteen. Männyllä vaikutus on erityisen selvä. Suurin, lähes viiden prosenttiyksikön vaikutus yhtä karsintaluokkaa kohti johtunee havaintojen vähyydestä.

3.3.5. Ladonta

Ladontaluokan arvioinnin lisäksi myös ladontaa tutkittiin simuloinnein. Kaikkiaan viidelletoista pinolle tehtiin 30 uudelleen ladontaa, jolloin ladonnan vaihtelua voitiin lisätä.

Liitteet 8 ja 9 osoittavat, että ladonnan vaikutus pinotiiviyteen on voimakas. Ladontaluokan suoraviivainen vaikutus pinotiiviyteen on esitetty korrelaatiokertoimiseen seuraavassa asetelmassa:

Puulaji	Korrelaatio- kerroin	Vaikutus %/luokka
Mänty	-0,636	-5,720
Kuusi	-0,744	-3,186
Koivu	-0,740	-4,100

Ladontaluokkaa arvioitaessa huonosta karsinnasta ja mutkaisuudesta aiheutuvat kolot antavat vaikutelman huonosta ladonnasta. Ladonnan pinotiiviyttä muuttavaan vaikutukseen sisältyy ilmeisesti myös karsinnan ja mutkaisuuden aiheuttamaa pinotiiviyden muutosta. Tämä johtopäätös voidaan tehdä ladonnan ja muiden pinotiiviystekijöiden välisten riippuvuuksien perusteella. Seuraavassa asetelmassa on esitetty ladonnan ja muiden arvioitujen pinotiiviystekijöiden väliset korrelaatiokertoimet.

Puulaji	Lpmlk	Karsinta- ja oksaisuus	Mutkaisuus
Mänty	0,130	0,505	0,415
Kuusi	-0,152	0,373	0,472
Koivu	-0,126	0,250	-0,077

Asetelmasta voi päätellä, että kaikilla puulajeilla ladonnan vaikutukseen sisältyy jonkin verran karsinnan ja havuilla lisäksi mutkaisuuden vaikutusta.

3.3.6 Alamittaiset pölkyt

Kaikki alle 3,5 m pitkät pölköt luettiin alamittaisiksi. Ne kuutioitiin samalla menetelmällä kuin muutkin pölköt. Alamittaisten pölkkyjen osuus selvitettiin näiden kokonaistilavuuden ja koko pinon tilavuuden suhteena.

Eri puulajeilla alamittaisten pölkkyjen osuus prosentteina koko pinosta oli seuraava:

Puulaji	Keski-arvo	Keski-hajonta	Vaihtelukerroin
Mänty	11.225	5,887	0,52442
Kuusi	6,121	2,970	0,48522
Koivu	5,215	3,182	0,61012

Alamittaisten pölkkyjen osuuden vaikutus pinotiiviyteen nähdään liitteistä 9 ja 10, sekä alamittaprocentin ja pinotiiviyden välisistä korrelaatiokertoimista:

Puulaji	Korrelaatio- kerroin
---------	-------------------------

Mänty	0,253
-------	-------

Kuusi	-0,331
-------	--------

Koivu	-0,457
-------	--------

Mäntyä lukuunottamatta alamittaisten pölkkyjen pinotiiviyttä vähentävä vaikutus on selvä kaikilla puulajeilla. Mänyllä poikkeava tulos johtunee aineiston pienuudesta.

Alamittaisten pölkkyjen osuus korreloi myös selvästi järeyden kanssa:

Puulaji	Korrelaatio- kerroin
---------	-------------------------

Mänty	0,211
-------	-------

Kuusi	-0,756
-------	--------

Koivu	-0,576
-------	--------

Männyn positiivinen korrelaatio johtunee jo aiemmin mainitusta tyvileikkojen osuudesta. Kuusella ja koivulla järeys sitävastoin pienenee alamittaprocentin kasvaessa.

Tuloksista on pääteltävissä, että järeyden vaikutus pinotiiviyteen sisältää myös alamittaisten pölkkyjen tiiviyttä alentavan vaikutuksen. Koska järeys ja alamittaprocentti korreloivat vahvasti keskenään, alamittaprocentti menettää selityskykyään järeyttä pinotiiviyden selittäjänä käytettäessä.

3.4. Pitkän kuitupuun keskimääräinen pinotiiviys ja kiintotilavuuden määrittämisen tarkkuus

Kiintotilavuus määritettiin myös kertomalla kehystilavuus keskimääräisillä kiintotilavuusprosentteilla.

Pinotiiviys ilmaistaan pinon kiintotilavuuden ja kehystilavuuden suhteena. Tarkka kiintotilavuus perustuu pölkyn keskikiläpimitan mittaukseen. Pinokohtaiset kiintotilavuudet korjattiin koepölyistä splinifunktion avulla lasketuin keskusmuotoluvuin. Tarkka kehystilavuus laskettiin käyttäen pinonleveytensä keskimääräistä järeydellä painotettua pölkyn pituutta.

Aineiston perusteella lasketut keskimääräiset pinotiiviyskertoimet eri puulajeilla olivat seuraavat:

Puulaji	K%
Mänty	0,57
Kuusi	0,62
Koivu	0,49

Kiintotilavuuden määrittämisen tarkkuutta voidaan arvioida vertaamalla kiintomittausmenetelmällä saatua tilavuutta tarkkaan, pölkkyittäisistä mittauksista saatuun kiintotilavuuteen. Seuraavasta asetelmasta käy ilmi edellämainittujen kiintotilavuuksien ero prosentteina:

Puulaji	Keski- arvo	Keski- hajonta	Vaihtelu- kerroin
Mänty	6,037	8,826	1,46192
Kuusi	-5,887	5,383	-0,91442
Koivu	1,525	9,395	6,15935

Yht.	0,170	9,196	53,97906

Kiintotilavuus on määritelty kaikki puulajit mukaan lukien keskimäärin varsin tarkasti. Kaikilla puulajeilla ero on tarkkaan kiintotilavuuteen ainoastaan 0,17 %. Koivulla keskimääräinen ero on vain 1,53 %, männyllä jo 6,04 % ja kuusella -5,89 %. Männyn ja koivun kiintotilavuudet oli täten yliarvioitu, mutta kuusella päinvastoin aliarvioitu.

Kiintotilavuuserojen hajonnat ovat sitävastoin hyvin suuria. Tämä osoittaa menetelmän olevan erittäin epätarkan yksittäisten pinojen tilavuuden määrittämisessä.

Pinokohtaiset kiintotilavuuserot johtunevat kehystilavuuden mittausrvirheistä, joista suurin on todennäköisesti pinon leveyden mittausrvirhe, sekä pinokohtaisen kiintotilavuusprosentin virhemäärityksistä. Tässä tutkimuksessa aineiston keskimääräisiin kiintotilavuusprosentteihin tehtiin tavanomaisen kuitupuun pinotiiviystekijöistä riippuvat muutokset eli mittausneuvoston ohjeen mukaiset korjaukset. Pitkällä kuitupuulla mainittujen tekijöiden vaatimat korjaukset ovat ilmeisesti ainakin osittain eri suuruusluokkaa. Tämä on nähtävissä myös käsillä olevan tutkimuksen pinotiiviystekijöiden vaikutuksia käsittelevistä tuloksista. Aineiston pienuuden johdosta ne ovat korkeintaan suuntaa-antavia, joten niiden perusteella ei ole järkevää tehdä muutoksia keskimääräisiin kiintotilavuusprosentteihin.

5. PÄÄTELMIÄ

Esitutkimuksen tulokset osoittavat tutkittujen pinotiiviystekijöiden vaikuttavan selvästi pinotiiviyteen, joskaan tarkkaa käsitystä ei voida muodostaa nyt kerätyn aineiston perusteella eri tekijöiden vaikutuksen suuruudesta.

Karsinnan ja mutkaisuuden vaikutus pitkällä kuitupuulla

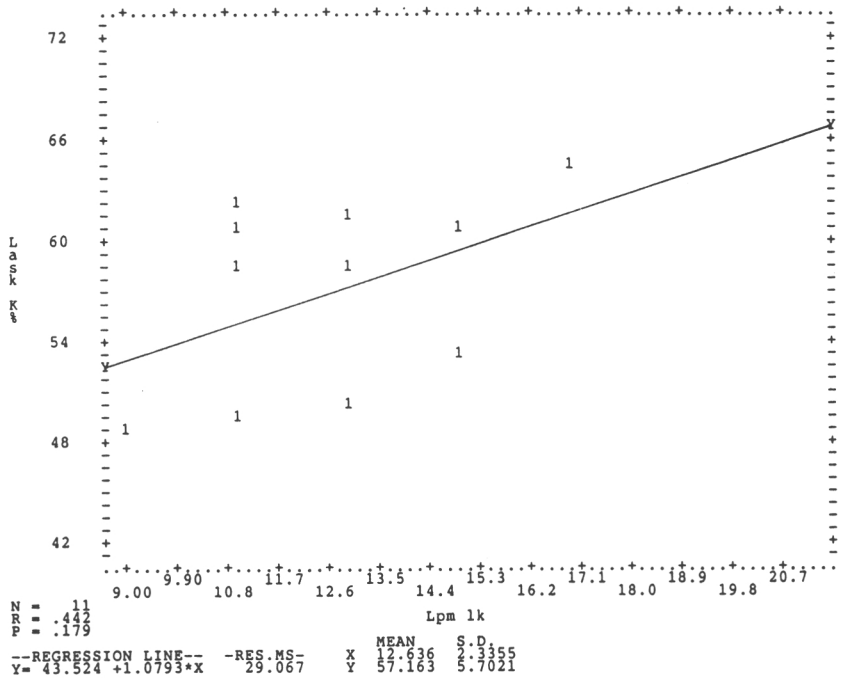
näyttää kuitenkin olevan suurempi kuin lyhyellä kuitupuul-
la.

Yksittäisen pinon kiintotilavuuden määrittäminen pinomene-
telmällä oli tutkimuksen mukaan varsin epätarkkaa ja erot
todelliseen tilavuuteen vaihtelivat suurissa rajoissa.

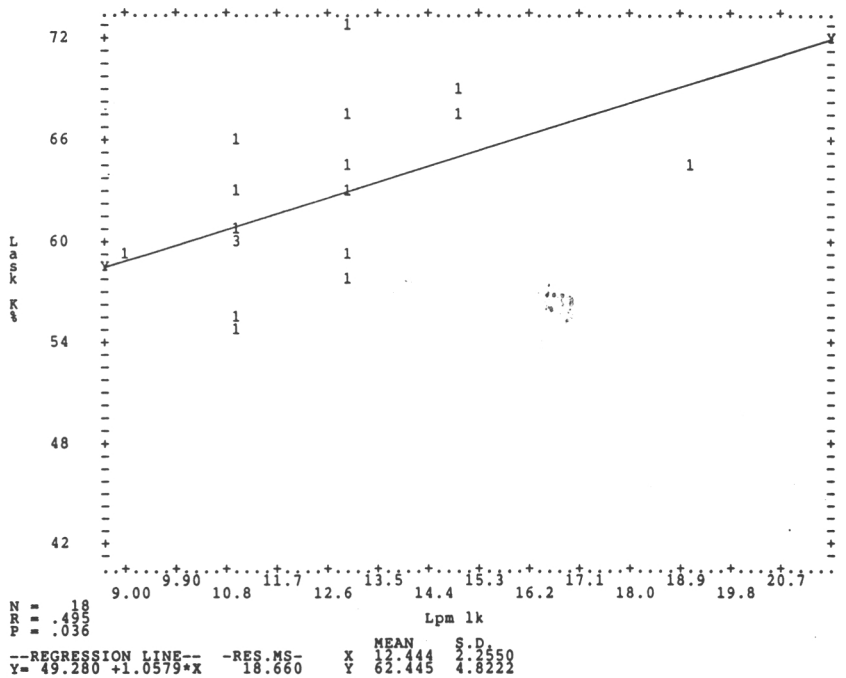
Esitutkimuksen suppean aineiston perusteella ei voida ra-
kentaa kyllin tarkkoja pinotiiviyden vaihtelua selittäviä
malleja. Kyseiset mallit on mahdollista laskea siinä vai-
heessa kun käynnissä olevan tutkimuksen koko aineisto on
kerätty.

Jatkotutkimuksen päätehtävät ovat täten: tutkia mahdolli-
suuksia parantaa pinonleveyden määrittämisen tarkkuutta
kehystilavuuden mittavirheiden vähentämiseksi sekä pinotii-
viystekijöiden pinon tiiviyteen kohdistuvan vaikutuksen
suuntaa ja suuruutta.

Liite 1.

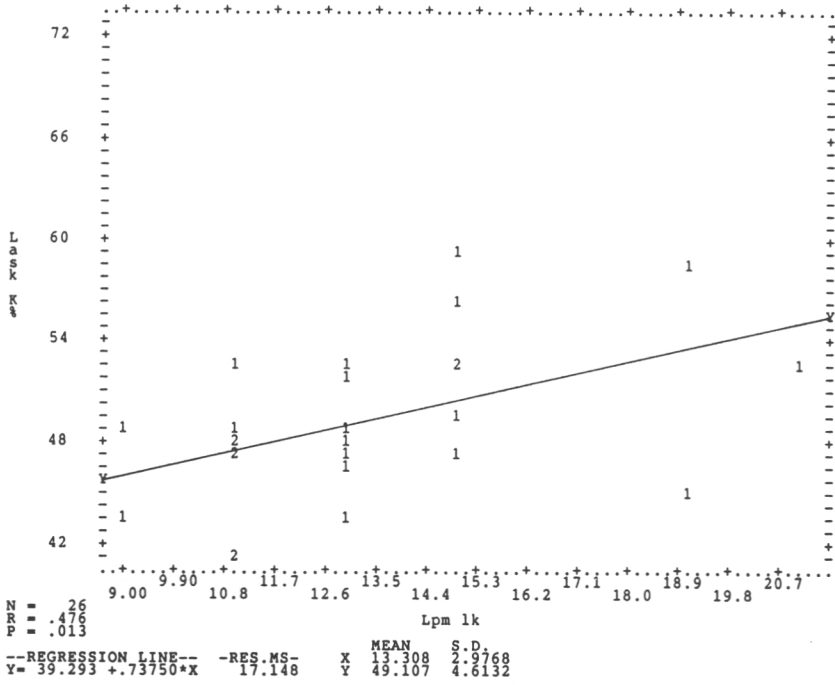


Kuva 1. Arvioidun läpimittaluokan vaikutus pinotiiviyyteen männällä

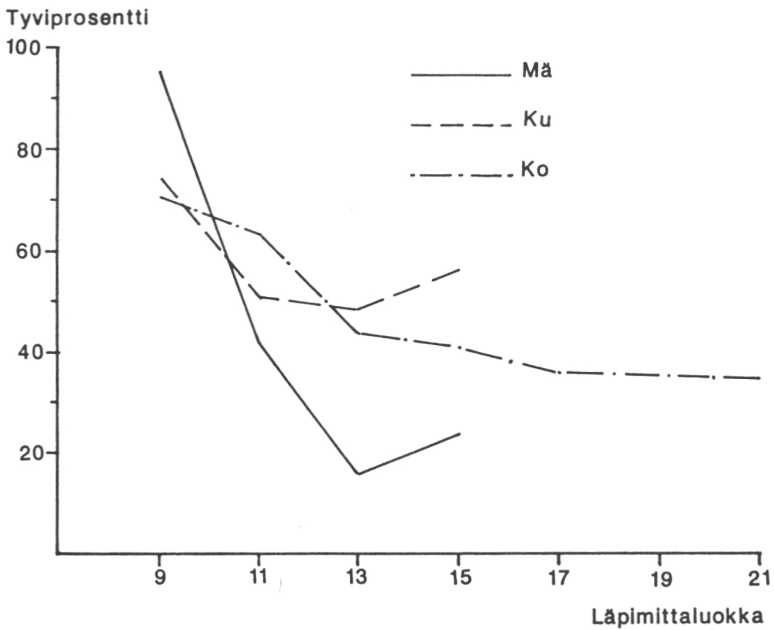


Kuva 2. Arvioidun läpimittaluokan vaikutus pinotiiviyyteen kuusella

Liite 2.

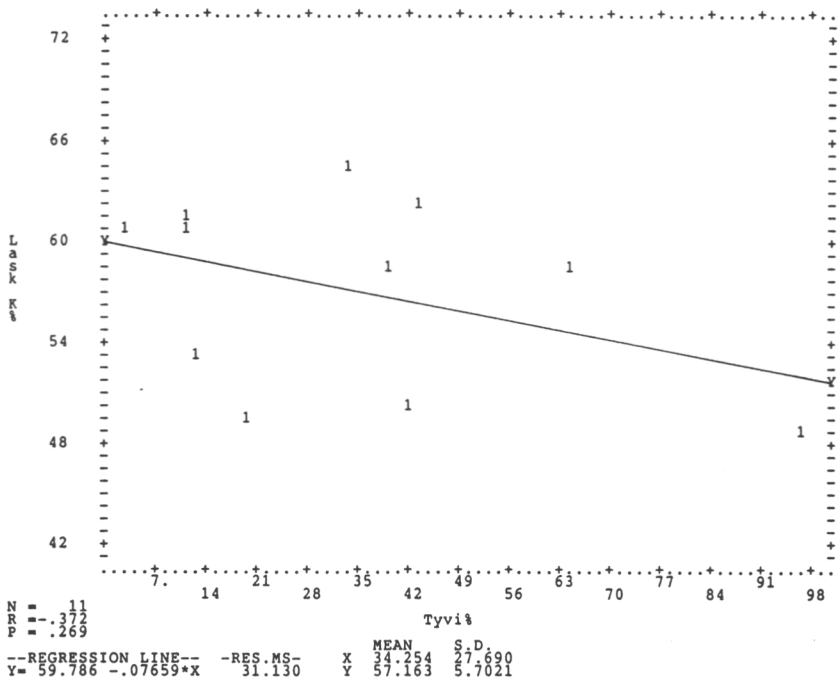


Kuva 1. Arvioidun läpimittaluokan vaikutus pinottiiviyyteen koivulla

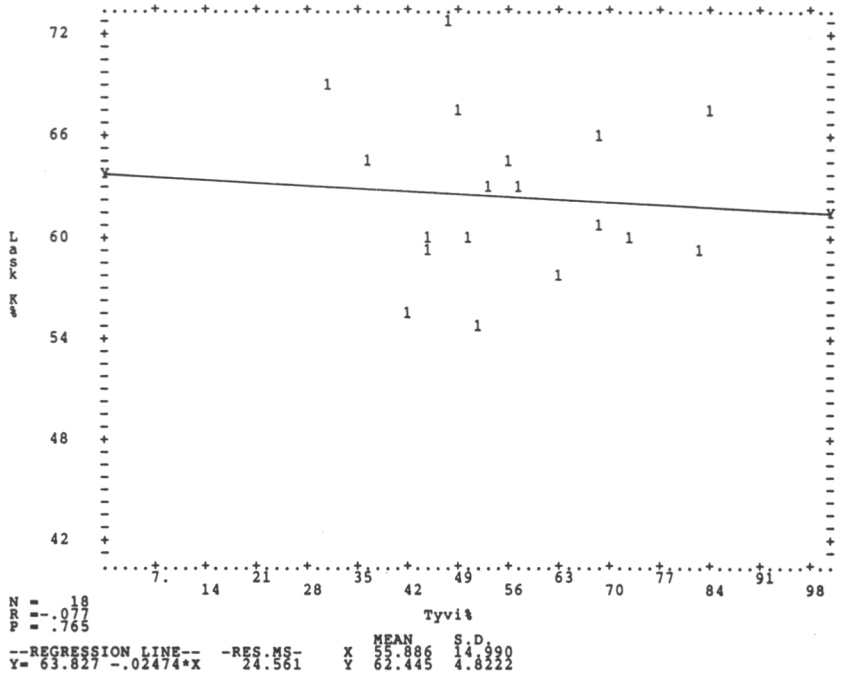


Kuva 2. Arvioidun läpimittaluokan ja tyviosuuden välinen riippuvuus

Liite 3.

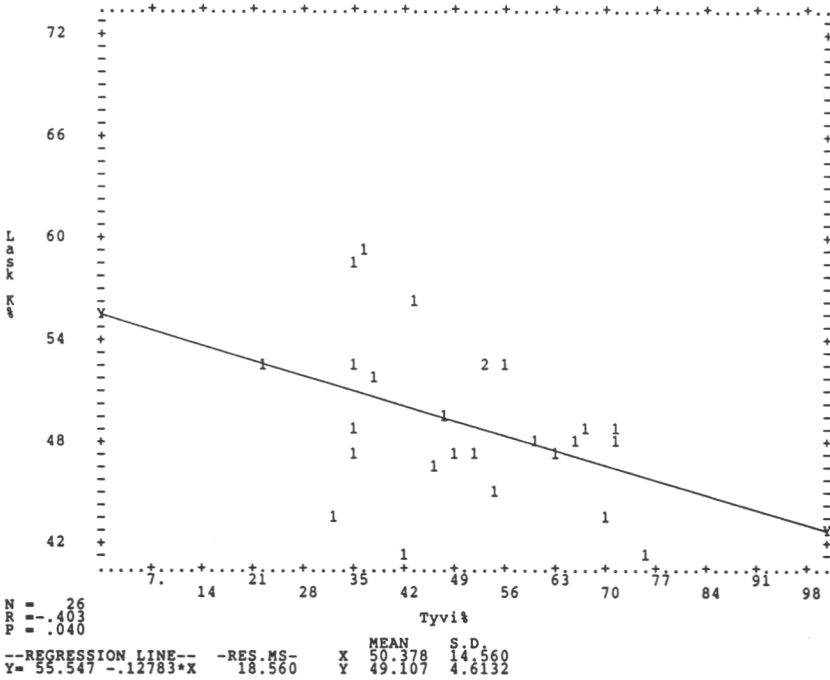


Kuva 1. Tyviosuuden vaikutus pinottiiviyyteen männällä

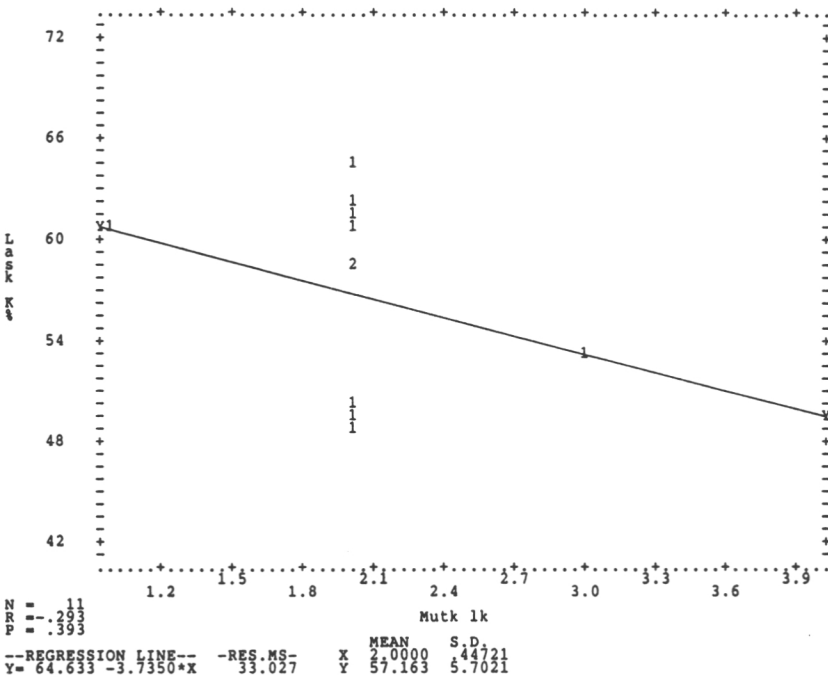


Kuva 2. Tyviosuuden vaikutus pinottiiviyyteen kuusella

Liite 4.

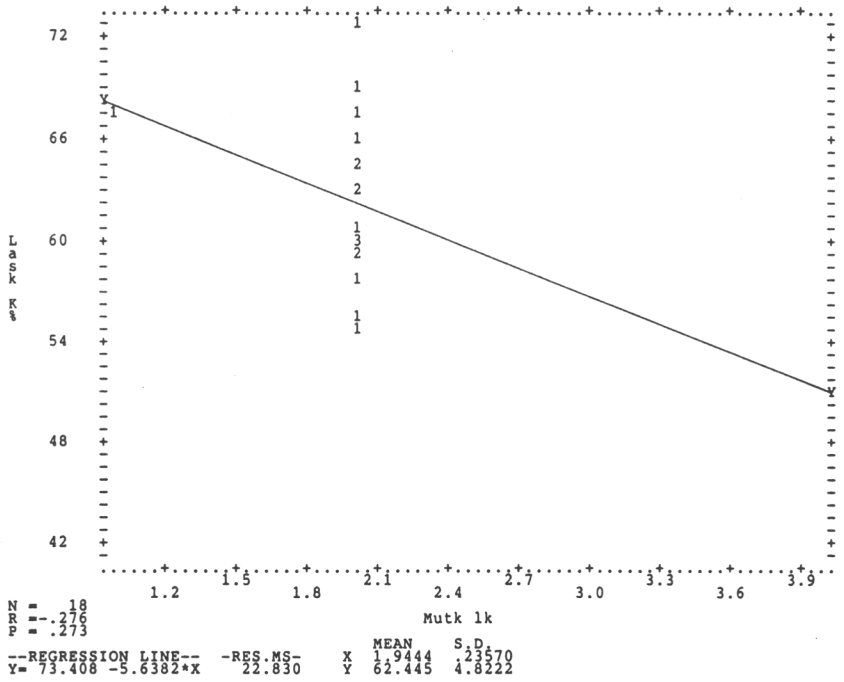


Kuva 1. Tyviosuuden vaikutus pinottiiviyteen koivulla

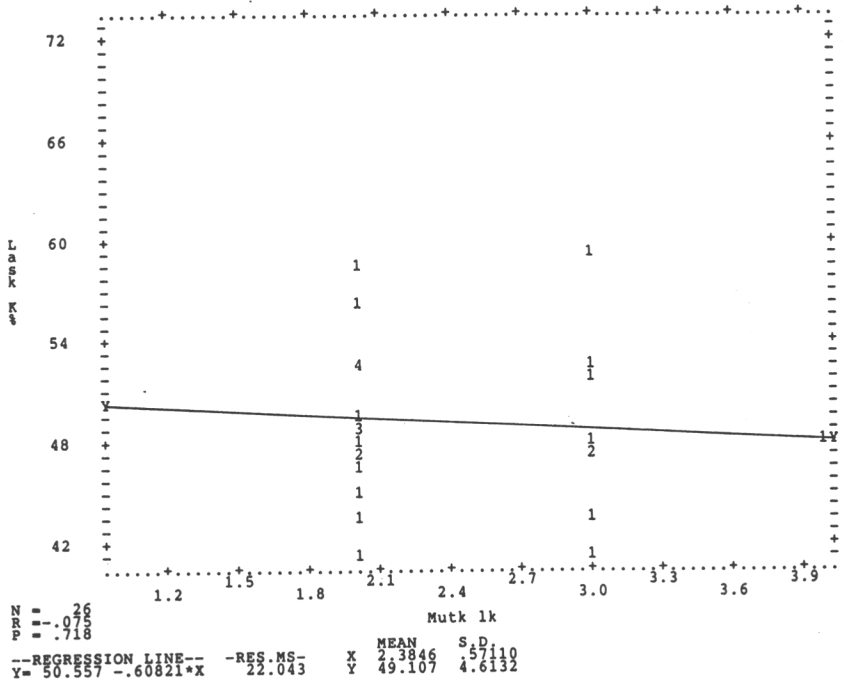


Kuva 2. Mutkaisuuden vaikutus pinottiiviyteen männällä

Liite 5.

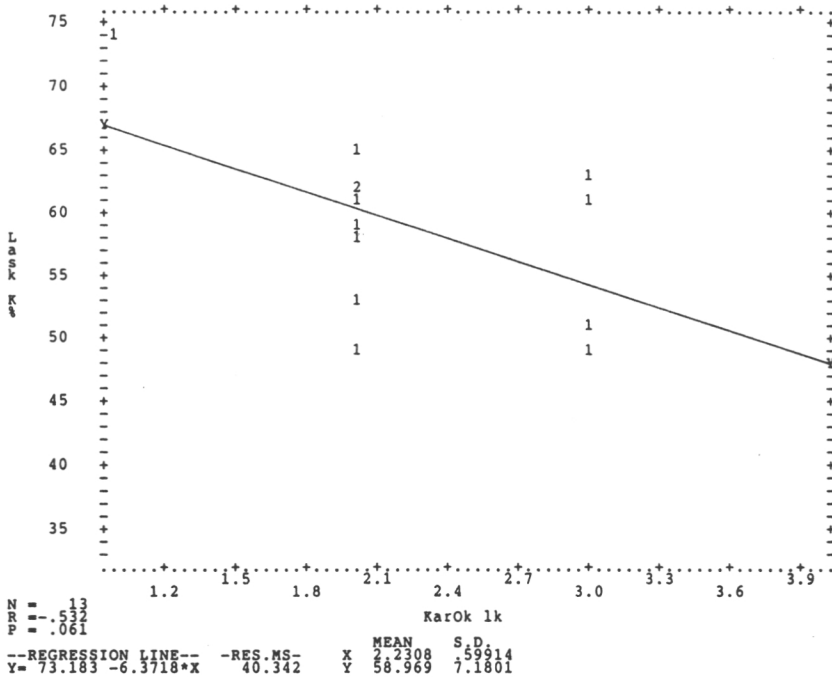


Kuva 1. Mutkaisuuden vaikutus pinottiiviyteen kuusella

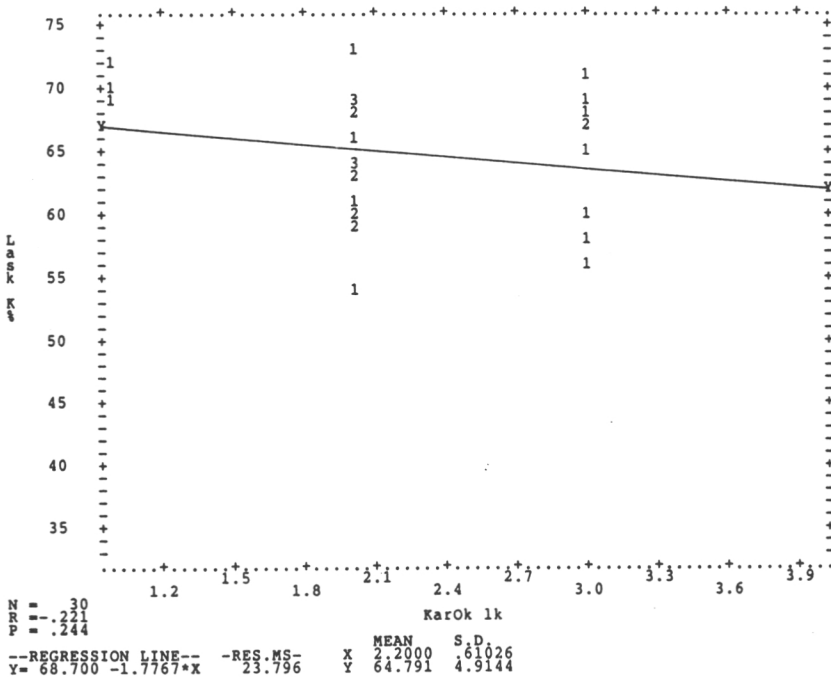


Kuva 2. Mutkaisuuden vaikutus pinottiiviyteen koivulla

Liite 6.

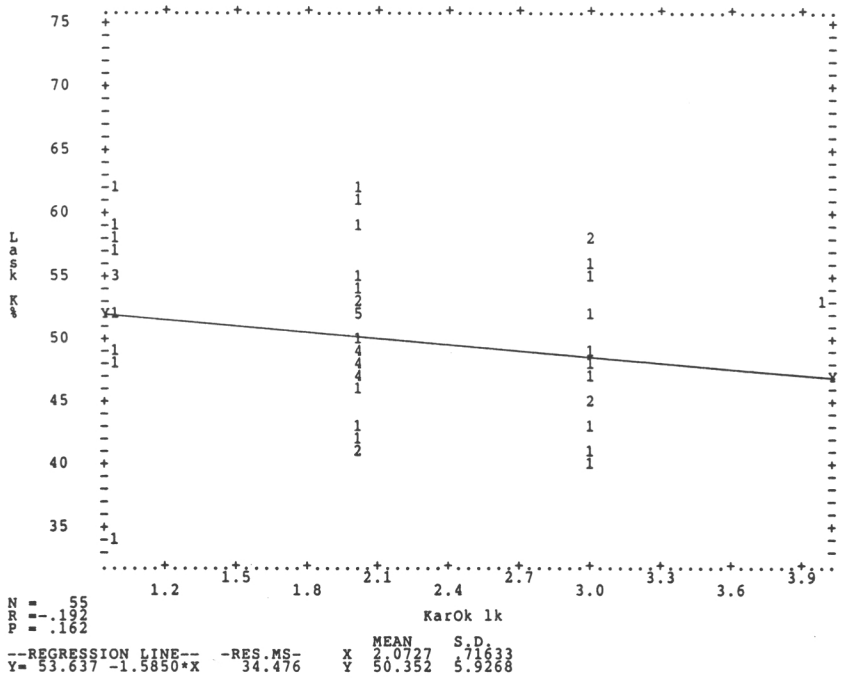


Kuva 1. Karsinta- ja oksaisuusluokan vaikutus pinottiiviyteen männyllä

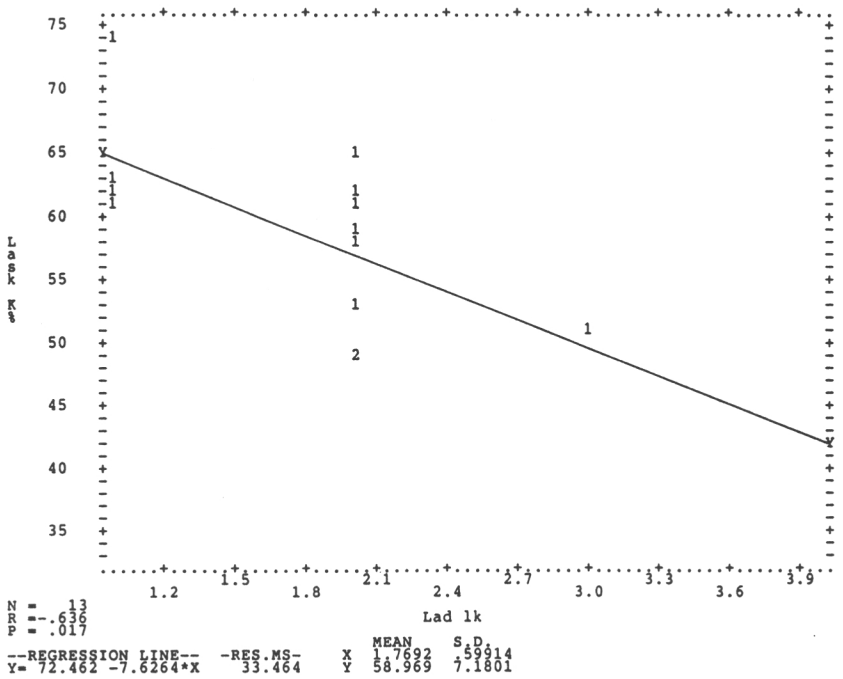


Kuva 2. Karsinta- ja oksaisuusluokan vaikutus pinottiiviyteen kuusella

Liite 7.

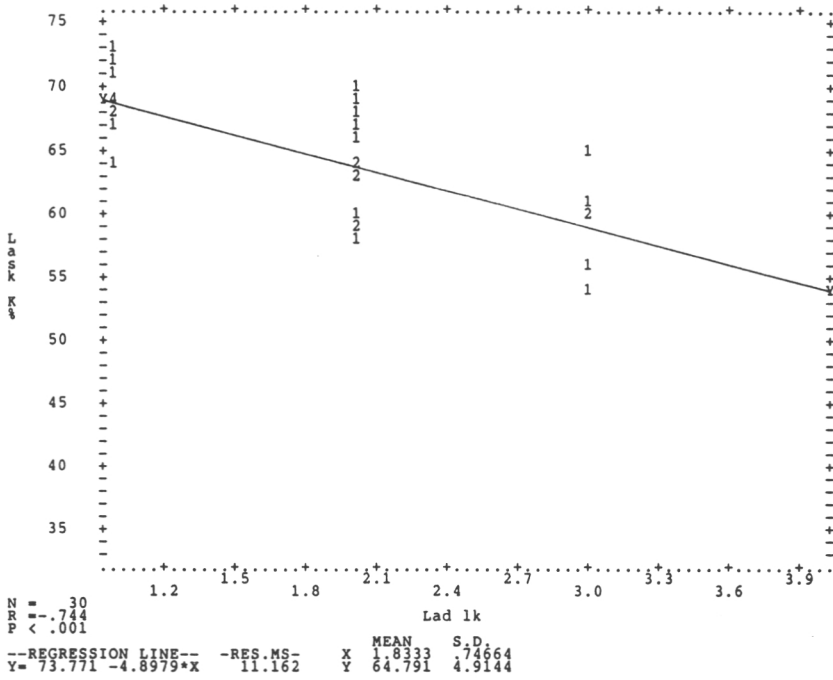


Kuva 1. Karsinta- ja oksaisuusluokan vaikutus pinottiiviyteen koivulla

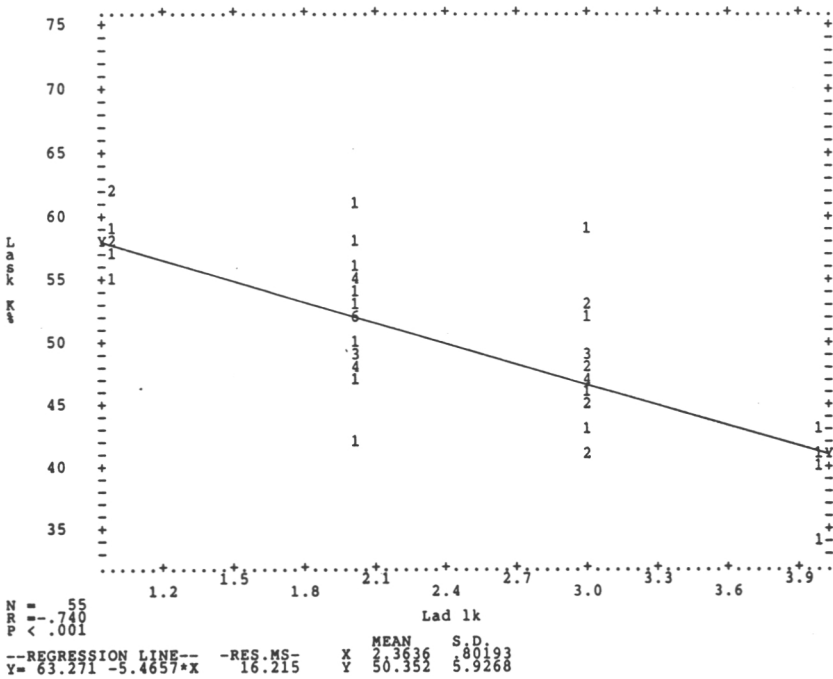


Kuva 2. Ladonnan vaikutus pinottiiviyteen mänyllä

Liite 8.

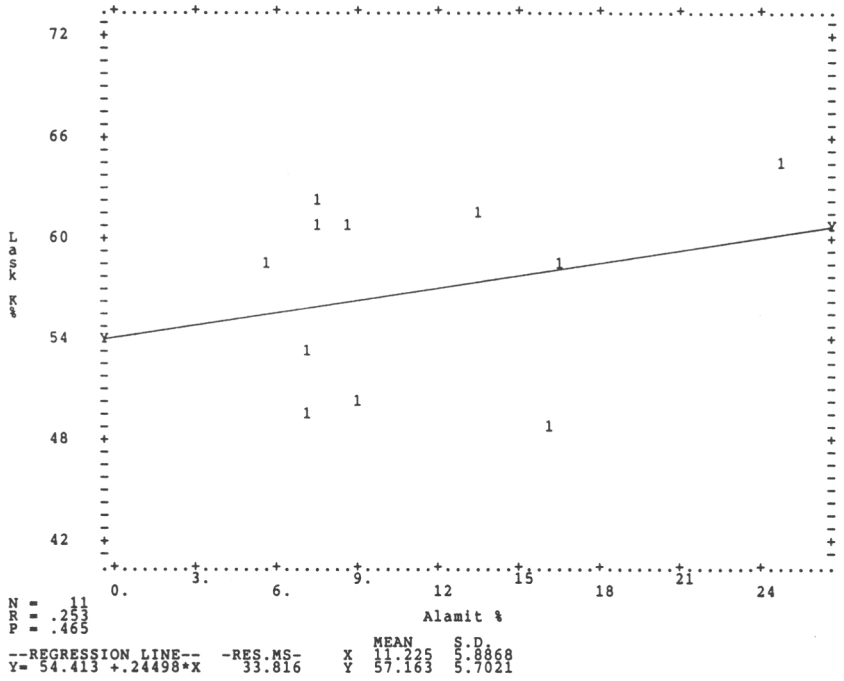


Kuva 1. Ladonnan vaikutus pinottiiviyteen kuusella

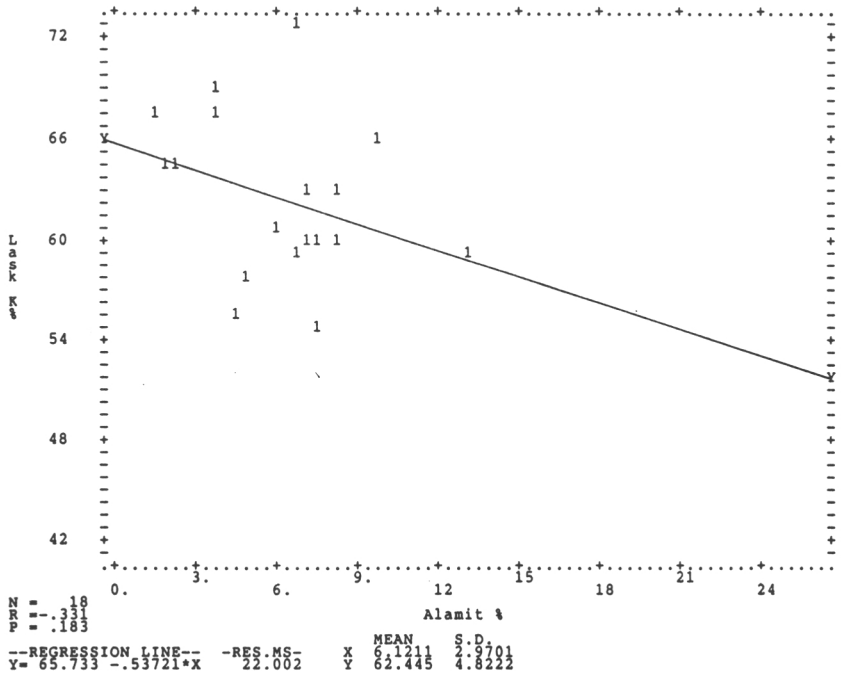


Kuva 2. Ladonnan vaikutus pinottiiviyteen koivulla

Liite 9.

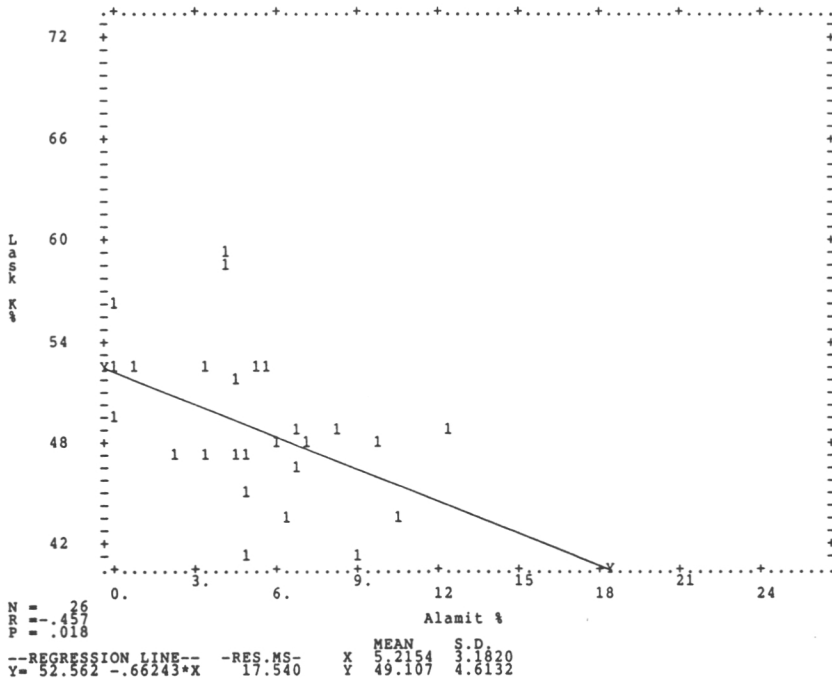


Kuva 1. Alamittaisten pölkkyjen osuuden vaikutus pinotiiviyteen mänyllä



Kuva 2. Alamittaisten pölkkyjen osuuden vaikutus pinotiiviyteen kuusella

Liite 10.



Kuva 1. Alamittaisten pölkkyjen osuuden vaikutus pinotiiviyteen koivulla

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja -sarjassa Kannuksen tutkimusasemalta ilmestynyt:

- N:o 98. Jyrki Hytönen. Vaaka- ja pystyistutuksen vertailua pajunkasvatuksessa. Abstract: Comparison of horizontal and vertical planting of willow cuttings. 1983.
- N:o 120. Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 15.9.1983.
- N:o 132. Ari Ferm ja Jyrki Hytönen. Säilytyksen vaikutus kosteusnäytteeseen puun kuivamassan määrittämisessä. Abstract: Effect of sample storage in determination of tree dry mass. 1984.
- N:o 163. Jyrki Hytönen ja Ari Ferm. Vesipajun vesojen puuteknisiä ominaisuuksia. Abstract: On the technical properties of *Salix 'Aquatika'* sprouts. 1984.
- N:o 206. Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 28.11.1985.
Forest Research Day at Kannus 28.11.1985.
- N:o 245. Jyrki Hytönen. Lannoituksen vaikutus koripajun ravinnetilaan ja tuotokseen kahdella suonpohja-alueella. Summary: Effect of fertilization on the nutrient status and dry mass production of *Salix viminalis* on two peat cut-away areas. 1987.

ISBN 951-40-0860-X
ISSN 0358-4283