

12.12.02



Pohjanmaan puunlaatu ja -käyttö

Juha Nurmi, Erkki Verkasalo & Ari Kokko (toim.)

KANNUKSEN TUTKIMUSASEMA

Pohjanmaan puunlaatu ja -käyttö

Juha Nurmi, Erkki Verkasalo & Ari Kokko (toim.)

Pohjanmaan puunlaatu ja -käyttö. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 861. 148 s. ISBN 951-40-1843-5. ISSN 0358-4283.

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos, Kannuksen tutkimusasema.
Hyväksynyt: Tutkimusjohtaja Kari Mielikäinen.
Toimitus: Juha Nurmi, Erkki Verkasalo ja Ari Kokko.
Taitto: Ari Kokko.
Kannen kuvat: Esa Heino ja Juha Nurmi.
Painopaikka: Gummerus kirjapaino Oy, Saarijärvi 2002.
Painovuosi: 2002
Toimittajien yhteystiedot: Metsäntutkimuslaitos, Kannuksen tutkimusasema, PL 44, 69101, KANNUS, puh. 06 - 874 3211, e-mail: juha.nurmi@metla.fi, ari.kokko@metla.fi.
Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus, PL 68, 80101 JOENSUU, puh. 013 - 251 400, e-mail: erkki.verkasalo@metla.fi.
Julkaisun myynti: Metsäntutkimuslaitos, kirjasto, puh. 09 - 857 05580, faksi 09 - 857 05582, e-mail: kirjasto@metla.fi.

Sisällys

Jyrki Kangas:	Pohjanmaan puun laatu ja käyttö – alkusanat tutkimuspäivän esitelmistä koostetulle julkaisulle	5
Erkki Verkasalo:	Puunkäyttö ja metsäteollisuus Pohjanmaalla – nyt ja tulevaisuudessa	7
Pekka Saranpää:	Ensiharvennusmänty ja -kuusi kuituraaka-aineena	15
Reeta Stöd:	Ensiharvennusmännyn ja -kuusen teknillinen laatu pyöreänä rakennuspuuna	25
Hannu Boren:	Pienpuun käyttömahdollisuudet mekaanisessa puunjalostuksessa	31
Aili Tuimala:	Hoidetun ja hoitamattoman männyn laatu päätehakuuvaiheessa	45
Juha Nurmi:	Istutettujen pellonmetsitysmänniköiden ulkoinen laatu Savossa ja Pohjanmaalla.	61
Erkki Verkasalo:	Hieskoivu vaneriteollisuudessa	69
Henri Heräjärvi:	Hieskoivu sahauksessa ja jatkojalostuksessa	95
Pentti Niemistö:	Hieskoivun kasvatuksen tavoitteet käytön kannalta	105
Erkki Verkasalo:	Turvemaiden mänty sahapuuna	115
Matti Maltamo ja Erkki Verkasalo:	Turvemaiden kuusi sahapuuna	129

Pohjanmaan puun laatu ja käyttö – alkusanat tutkimuspäivän esitelmistä koostetulle julkaisulle

Metsäsektori on edelleen tärkeä osa Pohjanmaan aluetaloutta ja koko Suomen kansantaloutta. Huolimatta bio- ja informaatioteknologian, kännyköiden ja telealan menestyskultusta metsäsektori pitää pintansa yhtenä talouselämämme ja yhteiskuntamme kivijaloista. Metsä, puu ja puunjalostus eivät ole mitään auringonlaskun teemoja.

Metsäsektorin sisällä on kuitenkin tapahtunut muutoksia. Perinteisen metsätalouden ja perinteisen puunjalostusteollisuuden osuudet etenkin työllistävyydellä mitaten ovat pienentyneet ja vastaavasti muiden, mitä moninaisempien metsänkäyttöjen ja puutuotteiden osuudet ovat kasvaneet. Tällainen muutossuunta jatkuu. Muutokset ja näkymät on syytä huomata, ennakoita ja ottaa huomioon niin tutkimuksessa kuin käytännön kehittämistoiminnassakin tuotekehitys ja markkinointi mukaan lukien. Uusiin mahdollisuuksiin kannattaa iskeä ja iskeytyä. Esimerkkeinä näistä mahdollisuuksista voidaan mainita vaikkapa luontoelämyksiin perustuvat matkailupalvelut ja uudehkona puutuotteena lämpöpuu, jolle on jo löytynyt moninaiset käyttökohteet.

Uusien aaltojen ja mahdollisuuksien lumossa on muistettava huolehtia myös – sanoisinko – vanhan kunnan metsätalouden ja puunkäytön edistämisestä ja kehittämisestä. Yhtä selvää kuin se, että uudenlaiset metsänkäytöt ja tuotteet avaavat uusia mahdollisuuksia, on se, että perinteisemmässä metsän ja puun käytössä on Suomessa vielä hyvän aikaa suurimmat volyymit ja setelitukot; pohjoista Lappia lukuunottamatta. Näin on etenkin, jos ja kun puun tuotantoon ja teolliseen käyttöön jatkossakin suunnataan riittävä tutkimus- ja

kehittämispäns. Erityisesti Pohjanmaalla metsätaloudella ja niin suuri-, keski- kuin pienimittakaavaisellakin puunjalostuksella on edelleen laajenemismahdollisuuksia; ja mikäli olen oikein ymmärtänyt myös haluja tuotannon lisäämiseen sekä toiminnan ja tuotekirjon kehittämiseen.

Metlan puutieteen tutkijoiden ja Kannuksen tutkimuskeskusten yhteistyönä järjestettiin Kannuksessa tutkimuspäivä, jonka teemanä oli Pohjanmaan puun laatu ja käyttö. Päivän aikana saatiin rautaisannos perinteisen ja osin uudemman puunkäytön metsätaloudellisista ja puuteknologisista näkökulmista sekä alan viimeaikaisista tutkimustuloksista. Esitelmöitsijöinä oli myös käytännön ammattilaisia kertomassa alan kokemuksista, näkymistä ja tutkimustarpeista. Esitelmille oli valittu erityisesti Pohjanmaalla tärkeitä ja ajankohtaisia aiheita. Tutkimuspäivän pääjärjestäjät olivat puutieteen tieteenalan puolesta professori Erkki Verkasalo Joensuun tutkimuskeskuksesta ja Kannuksen tutkimuskeskuksesta ja Kannuksen tutkimuskeskusten puolesta tohtori Juha Nurmi, joka myös vastaa aihepiiriin tutkimuksista Kannuksessa. Aamupäivällä puheenjohtajana toimi aluejohtaja Juha Mäntylä Osuuskunta Metsäliitosta ja iltapäivällä johtaja Niilo Piisilä Pohjois-Pohjanmaan metsäkeskuksesta.

Tutkimuspäivä avasi samalla Kannuksen tutkimuskeskusten tapahtumaviikon, joka toteutettiin yhdessä useiden yhteistyökumppanien kanssa ja jonka toinen päätapahtuma oli tervanpolto oheistilaisuuksineen Kannuksen Lehtorannassa. Valtaosa tutkimuspäivään osallistuneista riensikin päivän päätteeksi Lehtorantaan seuraamaan tervahaudan sytytystä. Tutkimuspäivän aloittama viikko oli Kannuksessa muutenkin aktiivisen toiminnan aikaa monine Lestijokilaakson taideviikon tapahtumineen ja muine tempauksineen. Jälkimmäisistä mainittakoon vuosittain järjestet-

tävä, paikalliseen metsätalouskulttuuriin kiinteästi liittyvä Pitkin Pikkurataa -vaellus, joka seuraa entisen puutavarankuljetusreittinä palvelleen kapean rautatien pengertä.

Uskon, nyt jo tiedän, että tutkimuspäivän esitelmät olivat mielenkiintoisia ja antoivat kuulijoille ajattelemisen aihetta sekä eväitä Pohjanmaan puunkäytön kehittämiseen. Ne myös virittivät monipuolista keskustelua esitelmien ja päivän päätteeksi. Esitelmien pohjalta tähän julkaisuun kirjoitetut artikkelit saattavat päivän sisällön myös niiden ulottuville, jotka eivät tutkimuspäivään päässeet osallistumaan.

Kiitos kaikille tutkimuspäivän järjestyksessä mukana olleille, esitelmäitsijöille (samalla siis julkaisun artikkelien kirjoittajille) ja tutkimuspäivän aikana käytyihin keskusteluihin osallistuneille; kuin myös teille kaikille, jotka olette riittävän kiinnostuneita Pohjanmaan puun laadusta ja käytöstä tutustuaksenne tähän tutkimuspäivän antia esittelevään julkaisuun.

Jyrki Kangas

Tutkimusaseman johtaja 30.6.2001 saakka

Metsäntutkimuslaitos, Kannuksen tutkimusasema

Puunkäyttö ja metsäteollisuus Pohjanmaalla – nyt ja tulevaisuudessa

Erkki Verkasalo
Metsäntutkimuslaitos
Joensuun tutkimuskeskus

1. Puuta riittää

Pohjanmaa on tunnettu runsaasti ja monipuolisesti puuta hakkaavana, myyvänä ja jalostavana maakuntana. Vuonna 1999 puuta hakattiin Rannikon (Pohjanmaa), Etelä-Pohjanmaan ja Pohjois-Pohjanmaan metsäkeskusten alueilta kaikkiaan 9,0 milj. m³, josta tukkia 3,5 milj. m³ ja kuitupuuta 5,5 milj. m³ (Aarne 2000, katso kuva 1). Hakkuista oli Pohjois-Pohjanmaalla 43 %, Etelä-Pohjanmaalla 41 % ja Rannikolla 16 %. Hakkuut ylittivät runsaalla yhdellä miljoonalla kuutiometrillä vuosien 1987 - 96 keskimääräiset hakkuut runsaan puunkysynnän ansiosta.

Tukin osuus hakkuista oli keskimäärin koko Pohjanmaalla 38 %, Etelä-Pohjanmaalla 47 %, Rannikolla 39 % ja Pohjois-Pohjanmaalla 30 %. Nämä erot ilmentävät hyvin Pohjanmaan sisäisiä eroja puuston rakenteessa, koossa ja laadussa. Kaikesta tukista oli mäntyä 52 %, kuusta 46 % ja lehtipuuta 2 %. Pohjois-Pohjanmaalla tukki oli selvästi mäntyvaltaista (62 %) ja Rannikolla kuusivaltaista (61 %), Etelä-Pohjanmaalla kuusen ja männyn osuudet olivat yhtä suuret (49 %).

Vaikka hakkuumäärät ovat kasvaneet Pohjanmaalla, niitä on Metsäntutkimuslaitoksen MELA-ryhmän laatimien arvioiden mukaan mahdollista edelleen lisätä, jos lähtökohdانا on metsänkuva. Nyt käynnissä olevalla laskentakaudella 1996 - 2006 vuotuisia hakkuita voitaisiin lisätä nykyisestä (v. 1999)

jopa 55 prosentilla tasolle 14,0 milj. m³ käytettäessä perusteena nykyisten metsien metsänhoidollista tilaa ja nykyisiä metsänkäsitelyohjeita eli hakkuumahtoa (lyhyen tähtäimen tavoite), tai 23 prosentilla tasolle 11,1 milj. m³ käytettäessä perusteena suurinta kestäväää hakkuumäärää (pitkän tähtäimen tavoite) (METINFO 1.4.2001, katso kuva 2). Lisähakkuiden mahdollisuudet jakautuvat em. laskentavaihtoehdoissa männylle, kuuselle ja lehtipuulle suhteissa 40/29/31 ja 36/34/30 ja tukille ja kuitupuulle suhteissa 32/68 ja 26/74. Näinkin suuri ero lyhyen ja pitkän tähtäimen hakkuumahdollisuuksissa osoittaa metsänhoidolliselta kannalta kiireellistä hakkuurästien purkutarvetta, joka kuitenkin hakkuumahdon pohjalta toteutettuna johtaisi tasapainottoon hakkuumahdollisuuksien kehitykseen.

Lyhyen tähtäimen vaihtoehdossa lisähakkuumahdollisuuksista on Etelä- ja Pohjois-Pohjanmaalla männyssä yli puolet. Pohjois-Pohjanmaalla on kuusessa enemmän lisäysmahdollisuuksia kuin Etelä-Pohjanmaalla, molemmissa maakunnissa jopa enemmän kuin lehtipuussa. Rannikolla lisäysmahdollisuuksista on kuusessa muista maakunnista poiketen kaksi kolmannesta.

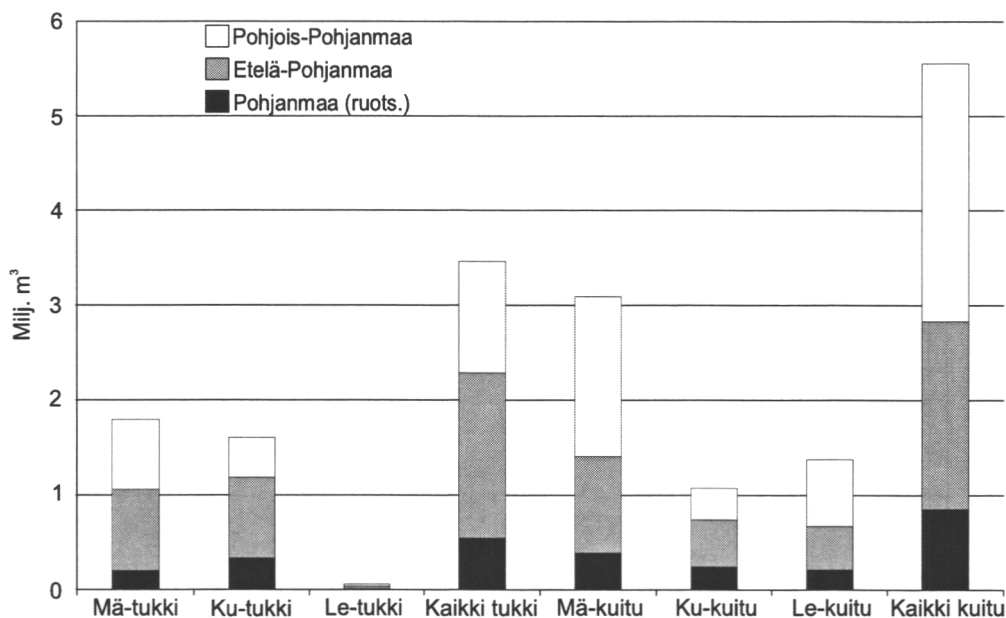
Pitkän tähtäimen vaihtoehdossa maakunnat eroavat vielä selvemmin toisistaan kuin lyhyen tähtäimen vaihtoehdossa. Etelä-Pohjanmaalla männyn lisähakkuumahdollisuuksia on vain 40 % verrattuna lyhyen tähtäimen vaihtoehtoon, mutta männyssä on silti yli puolet kaikista lisäysmahdollisuuksista; kuusella hakkuuta pitäisi lievästi vähentää nykyisestä kun taas lehtipuulla lisäysmahdollisuus on lähes yhtä suuri kuin lyhyen tähtäimen vaihtoehdossa. Pohjois-Pohjanmaalla

hakkuiden lisäysmahdollisuuksia olisi eniten kuudessa, jopa enemmän kuin lyhyen tähtäimen vaihtoehdossa, kun taas männyn ja erityisesti lehtipuun lisäysmahdollisuudet olisivat olennaisesti pienemmät. Rannikolla tilanne olisi samantapainen kuin Pohjois-Pohjanmaalla lukuun ottamatta männyn pieniä ja lehtipuun suhteellisesti suurempia lisähakkuumahdollisuuksia.

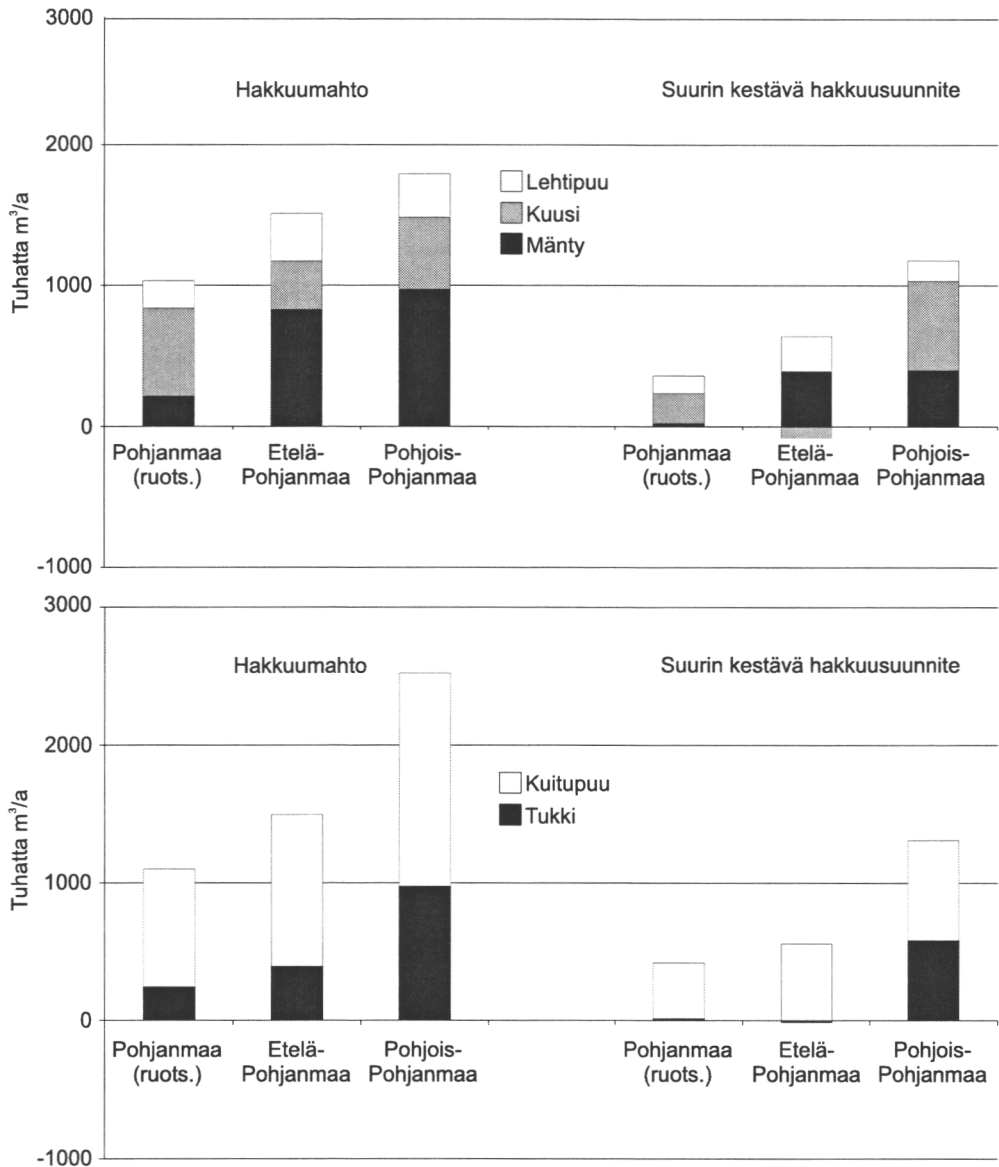
Tukin lisähakkuumahdollisuuksia olisi lyhyen tähtäimen vaihtoehdossa Pohjois-Pohjanmaalla yksi miljoona kuutiometri vuodessa mutta Etelä-Pohjanmaalla vain 400 000 m³ ja Rannikolla 250 000 m³. Pitkän tähtäimen vaihtoehdossa tukin hakkuita voitaisiin lisätä vain Pohjois-Pohjanmaalla, 600 000 m³ vuodessa. Kuitupuun lisähakkuumahdollisuuksia olisi puolestaan lyhyen tähtäimen vaihtoehdossa Pohjois-Pohjanmaalla 1,55 milj. m³/a, Etelä-Pohjanmaalla 1,1 milj. m³/a ja Rannikolla 0,85 milj. m³/a. Pitkän tähtäimen vaihtoehdossa myös kuitupuun hakkuita

voitaisiin lisätä huomattavasti vähemmän, Pohjois-Pohjanmaalla 0,7 milj. m³/a, Etelä-Pohjanmaalla 0,55 milj. m³/a ja Rannikolla 0,4 milj. m³/a.

Käytännön elinkeinoelämässä esitettyihin näkemyksiin verrattuna lisähakkuiden mahdollisuudet olisivat Pohjanmaalla yllättävänkin suuret, onhan erityisesti tukkipulaa pidetty täällä jo nykyisin vakavana ongelmana ja kuusipulaa yleisestikin. Kysymys lienee usein ollut suhdannevaihteluista puuntarpeessa ja -menekissä samoin kuin puun markkinoille tulon/saannin vaikeuksista, joista on saatettu vetää hätiköityjä johtopäätöksiä itse puuvaroista. Pieniläpimittaista, päätehakkupuuta huonolaatuisempaa, käyttömahdollisuuksiltaan rajallisempaa ja hankintakustannuksiltaan kalliimpaa ja täten vähemmän haluttua harvennuspuuta tuottavien leimikoiden kuten myös vähemmän houkuttelevien suopuustojen runsaus on tyypillistä Pohjanmaalle. Käyttämättömät hakkuumahdollisuudet



Kuva 1. Markkinahakkuut puutavaralajeittain Pohjanmaan metsäkeskusten toiminta-alueilla vuonna 1999 (Aarne 2000).



Kuva 2. Männyn, kuusen ja lehtipuun (yläkuva) sekä tukin ja kuitupuun (alakuva) vuotuiset lisähakkuumahdollisuudet kaudella 1999 - 2006 verrattuna vuoden 1999 hakkuihin Pohjanmaan metsäkeskusten toimiinta-alueilla hakkuumahdon ja suurimman kestävä hakuusuunnitteen perusteilla laskettuna (Metsäntutkimuslaitos, METINFO 1.4.2001).

ovat lähinnä tällaisissa leimikoissa. Toisaalta etupäässä tämäntyyppisiin leimikoihin kohdistuva metsänomistajien omatoiminen puunkorjuu on ollut Pohjanmaalla koko maan kär-

kitasoa. Puun hinnoittelu ja laatuvaatimukset vaikuttavat luonnollisesti myös puuntarjontaan.

2. Modernia sellu- ja paperiteollisuutta - kuten lähiseuduil-lakin

Pohjanmaan kemiallinen metsäteollisuus käsittelee UPM-Kymmene Oyj:n Wisaforest sellu- ja voimapaperitehtaat Pietarsaassa, Oy Metsä-Botnia Ab:n Kaskisen sellutehtaan ja Stora Enso Oyj:n Oulun sellu- ja hienopaperitehtaat. Sellukapasiteettia on alueella yhteensä 1,4 milj. tn/a ja paperikapasiteettia 820 000 tn/a (taulukko 1).

Tehtaat käyttivät vuonna 1999 omien ilmoitustensa mukaan pyöreänä yhteensä 3,05 milj. m³ havupuuta ja 2,9 milj. m³ koivua, lisäksi runsaasti sahanhaketta (havupuuta 1,05 milj. m³) ja vähän vanerihaketta (koivua 0,1

milj. m³) (taulukko 2). Puuraaka-aineiden kokonaiskäyttö oli yhteensä siis yli 7 milj. m³. Tuontipuuta siitä oli noin 10 %, koivusta kuitenkin 30 %. Tuontipuun osuus on Pohjanmaan tehtailla joka tapauksessa selvästi pienempi kuin koko maan tehtailla keskimäärin.

Pohjanmaan puunkäyttöön ja puutavaran osoitteeseen vaikuttavat merkittävästi myös lähiseutujen suuret sellu- ja paperitehtaat (taulukko 1). Havu- ja koivukuitupuuta menee runsaasti sellun tekoon Kemiin Oy Metsä-Botnia Ab:lle ja Stora Enso Oyj:lle ja Äänekoskelle Oy Metsä-Botnia Ab:lle, hiomokuusta taas paperin tekoon UPM-Kymmene Oyj:lle Kajaaniin ja Jämsänjokilaaksoon. Sellu- ja paperitehtailla on mahdollista ja myös tavoitteena lisätä tuotantoa pullonkaulakohtia au-

Taulukko 1. Pohjanmaan ja lähiseutujen puumassa-, paperi- ja kartonkiteollisuus 2000.

	Puumassa	Paperi ja kartonki
UPM-Kymmene Oyj, Pietarsaari	Sa-sellu (havu, koivu) 600 000 tn/a	Voimapaperit 170 000 tn/a
Oy Metsä-Botnia Ab, Kaskinen	Sa-sellu (koivu, havu) 450 000 tn/a	-
Stora Enso Oyj, Oulu	Sa-sellu (havu, koivu) 370 000 tn/a	Päällystetyt hienopaperit 760 000 tn/a
Yhteensä	n. 1 400 000 tn/a	n. 900 000 tn/a
Oy Metsä-Botnia Ab, Kemi	Sa-sellu (havu, koivu) 550 000 tn/a	Kartongit 340 000 tn/a
Oy Metsä-Botnia Ab, Äänekoski	Sa-sellu (havu, koivu) 470 000 tn/a	Taidepainopaperit 160 000 tn/a Kartongit 110 000 tn/a
Oy Metsä-Serla Ab, Jyväskylä	-	Hienopaperit 240 000 tn/a
Stora Enso Oyj, Kemi	Sa-sellu (havu, koivu) 410 000 tn/a	Erilaiset paperit 730 000 tn/a
UPM-Kymmene Oyj, Kajaani	Mek. massat (kuusi) 430 000 tn/a	Puupitoiset paperit 650 000 tn/a
UPM-Kymmene Oyj, Jämsänkoski ja Kaipola	Mek. massat (kuusi) 670 000 tn/a	Puupitoiset paperit n. 1 300 000 tn/a
Yhteensä	n. 2 500 000 tn/a	n. 3 500 000 tn/a

Taulukko 2. Pohjanmaan kemiallisen ja mekaanisen metsäteollisuuden puunkäyttö 1999 (Aarne 2000).

Kemiallinen teollisuus	Havupuu		Lehtipuu	
	Pyöreä puu	Hake	Pyöreä puu	Hake
	1000 m ³ /a			
UPM-Kymmene Oyj, Pietarsaari	1250	650	1100	100
Oy Metsä-Botnia Ab, Kaskinen	600	200	1200	...
Stora Enso Oyj, Oulu	1200	200	600	...
Yhteensä	3050	1050	2900	100
Mekaaninen teollisuus	Sahauskapasiteetti, 1000 m ³ /a (sahatavaraa)		Puunkäyttö, 1000 m ³ /a (tukkia)	
Integraattiyhtiöt	470		1000	
Keskisuuret sahat	1325		3000	
Piensahat	n. 200 (?)		n. 400 (?)	
Yhteensä	2000		3400	

komalla ja toimintaa tehostamalla. Ei ole syytä epäillä, etteikö näiden laitosten pyörimiselle olisi hyvät taloudelliset lähtökohdat myös tulevaisuudessa, vaikka suuryhtiöt ovat edelleen globalisoitumassa. Suunnitelmia uusien tehtaiden rakentamisesta kotimaahan ei kuitenkaan ole raportoitu enää viime vuosina.

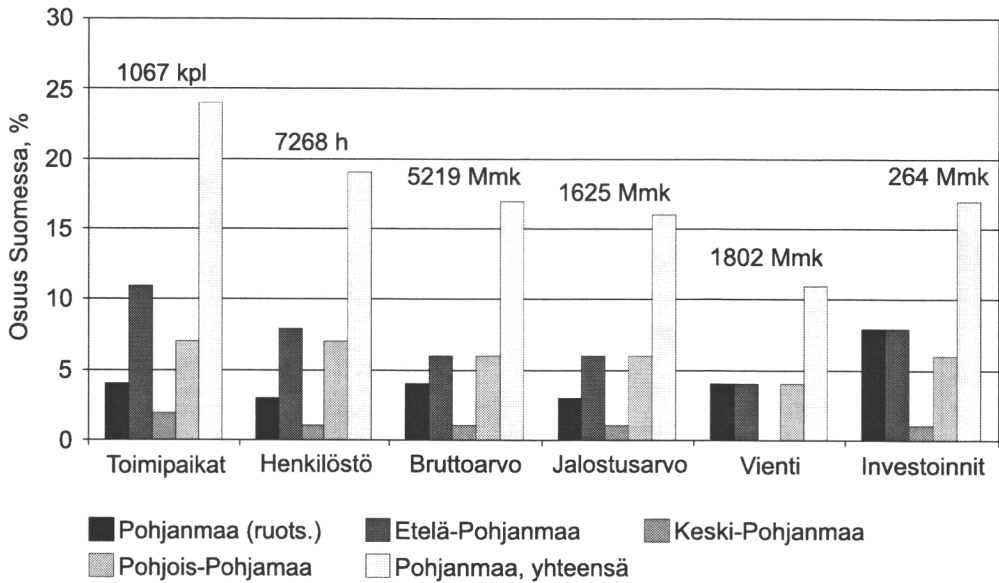
3. Puutuoteteollisuus monipuolista, valtaosin integraattiyhtiöiden ulkopuolista liiketoimintaa

Pohjanmaan mekaaninen metsäteollisuus käsittelee perusteellisuudessa kaikkiin kokoluokkiin kuuluvia sahoja ja yhden viilutehtaan, jatkojalostusteollisuudessa runsaasti huonekalu-, rakennuspuusepän-, puutalo- ja hirsitaloteollisuutta. Finnvera Oyj (1999) on julkaissut vuoden 1997 puutuotealan toimialanalyysin, joka kattaa mekaanisen puunjalostusteollisuuden ja huonekalujen valmistuksen. Tarkasteltavat toimialat ovat tässä Tilastokes-

kuksen ylläpitämän toimialaluokituksen (TOL95) mukaisesti:

- TOL201 Puun sahaus, höyläys ja kyllästys
- TOL202 Vanerin ja muiden puulevyjen valmistus
- TOL203 Rakennuspuusepäntuotteiden valmistus
- TOL204 Puupakkausten valmistus
- TOL205 Muiden puutuotteiden sekä korkki- ja punontatuotteiden valmistus
- TOL361 Huonekalujen valmistus.

Toimiala-analyysin tulosten mukaan Pohjanmaalla oli vuonna 1997 yhteensä 24 % koko maan puutuotealan 4 500 toimipaikasta ja 19 % kaikkiaan 36 600 työntekijästä (kuva 3). Osuudet tuotannon brutto- ja jalostusarvosta



Kuva 3. Pohjanmaan puutuotetoimialan (TOL20 + TOL361) laajuus ja suhteessa koko Suomeen maakunnittain (Finnvera Oyj 1999).

olivat vastaavasti pienemmät, 17 ja 16 %. Etelä-Pohjanmaa on suhteellisesti ja maakunnistakin Päijät-Hämeen jälkeen seuraavaksi vahvin huonekaluteollisuudessa, Pohjois-Pohjanmaa on lähinnä puu- ja hirsitaloteollisuutensa ansiosta kärkimaakunta rakennuspuusepänteollisuudessa; näiden maakuntien osuudet näiden toimialojen tuotannon bruttoarvosta olivat 14 ja 13 %. Puun sahauksesta, höyläyksestä ja kyllästyksestä ja puupakkausten valmistuksesta Pohjanmaan osuus on keskimääräistä pienempi ja vanerin valmistusta ei ole lainkaan. Puuliimalevyjen ja muiden huonekalu- ja puusepänteollisuuden aihoiden valmistuksessa Pohjanmaa on sen sijaan valtakunnan vahvimpia alueita.

Tyypillistä Pohjanmaan puutuoteteollisuudelle on suuri vaihtelu yritysten välillä liiketoiminnan lähtökohdissa ja tasossa. Toisaalta on monia erittäin hyvin menestyviä, kasvuhakuisia, vientiin suuntautuneita yrityksiä. Suurta osaa yrityksistä vaivaavat kuitenkin liiallinen pienuus ja kotimarkkinasuuntautu-

neisuus, kasvu- ja investointimahdollisuuksien ja/tai -halujen puute, pääomien vähäisyys ja – nykyisin yhä useammin – sukupolvenvaihdokseen, omistajuuteen ja yleensäkin tulevaisuuden näkymiin liittyvät epävarmuuskysymykset.

4. Männyn sahaus tärkeintä ja havukuitupuun mekaaninen jalostus valtakunnan kärkipäätä

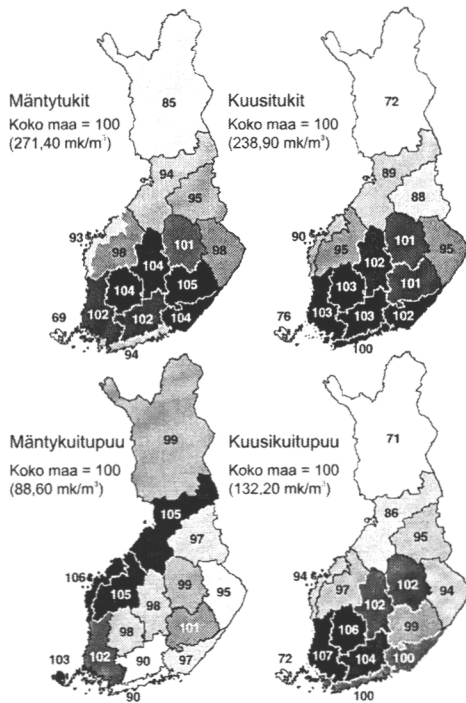
Pohjanmaalla oli vuonna 1999 sahauskapasiteettia kaikkiaan noin 2 milj. sahatavara-m³ vuodessa eli vajaa 20 % koko Suomen kapasiteetista (Aarne 2000, katso taulukko 2). Muusta maasta poiketen kemiallista ja mekaanista metsäteollisuutta harjoittavien integraattiyhtiöiden osuus kapasiteetista oli yhteensä neljällä sahalla vain vajaa 0,5 milj. m³. Integroitumattomien, keskisuurten (yli 5 000 sahatavara-m³) sahayritysten osuus oli vastaa-

vasti kaikkiaan 25 sahalla lähes 1,4 milj. m³. Loput ainakin parisataatuhatta sahatavara-kuutiometriä jakautuvat lukuisille piensahoille. Sahausmäärät olivat koko Suomen tavoin huipussaan vuosina 1999 - 2000; todennäköisesti ne eivät tule enää kasvamaan, varsinkaan pitkällä tähtäyksellä.

Vuoden 1999 puunkäyttötilastojen mukaan Pohjanmaan sahat käyttivät normaalimitaista havutukkia 3,94 milj. m³, josta mäntyä 56 % ja kuusta 44 % (Aarne 2000). Pohjois-Pohjanmaalla männyn sahauksen valta-asema on selvä, noin 2/3, Rannikolla ja Etelä-Pohjanmaalla mäntyä ja kuusta sahataan suunnilleen yhtä paljon.

Normaalitukin lisäksi Pohjanmaalla, erityisesti sen keskisessä osassa, käytetään mekaanisessa puunjalostuksessa runsaasti pikkutukkia, sahakuitua ja parrua, yhteensä

700 000 m³ vuonna 1999. Pohjanmaa onkin valtakunnan ehdotonta eliittiä havukuitupuun mekaanisessa jalostamisessa. Normaalitukkia pienemmän havupuutavaran kokonaiskäyttö oli koko maassa vuonna 1999 männyllä 850 000 m³ ja kuusella noin 500 000 m³, Pohjanmaan osuudet näistä määristä olivat vastavasti yli puolet ja vajaa 40 %. Normaalitukkia pienemmän puun mekaaninen jalostaminen on täällä luonnollista ajatellen metsien rakennetta ja puutuoteteollisuuden omistuspohjaa. Oma osuutensa on myös strategisella linjauksella, jossa harvennusemetsien puulle on monien kehittämishankkeiden kautta yritetty löytää ja löydettykin paikallista jalostusta. Pienpuun mekaanisella jalostuksella onkin huomattava puukaupallinen ja aluetaloudellinen merkitys. Tämä ilmenee myös mäntykuitupuun lähimaakuntia korkeampina keskikantohintoina; mänty- ja kuusitukin samoin kuin kuusikuitupuun kantohintataso on puolestaan lähimaakuntia selvästi matalampi (kuva 4).



Kuva 4. Yksityismetsien suhteelliset kantohinnat metsäkeskuksittain 1999 (Aarne 2000).

5. Pohjanmaan puunkäytön haasteet: harvennuspuu, suo- puu ja hieskoivu

Harvennuspuiden ja muun pienpuun kantohinta on alhainen pienen hakkuukertymän, korkeiden korjuukustannusten sekä kuidutuksen ja sahauksen pienen saannon ja tuottavuuden vuoksi (esim. Boren 1999). Pienpuun jalostamiseen liittyvät ongelmat ovat kuitenkin niin suuret ja moninaiset, ettei edes alhainen kantohinta ole saanut teollisuutta hyödyntämään sitä riittävässä määrin. Ensiharvennusrästien määrä kasvaa tätä menoa jatkuvasti myös Pohjanmaalla. Laiminlyöntien seurauksina muun muassa tukkipuun hehtaarikohtainen kertymä ja saatavuus heikkenevät ja puuston keskikoko ja laatu alenevat tulevaisuudessa

(esim. Maa- ja metsätalousministeriö 1988, Ahonen & Mäkelä 1995).

Sahojen on Pohjanmaalla – kuten myös monin paikoin muuta maata – lisättävä edelleen pikku- ja kuitutukin sahausta, jos nykyinen sahauskapasiteetti halutaan säilyttää vielä 2010-luvulla (Boren 1999). Näin on siitä syystä, että mm. lisääntynyt ja eteläiseen Suomeen todennäköisesti leviävä metsien suojele rajoittaa päätehakkupuun hakkuumahdollisuuksia ja täysimääräinen siirtyminen puun myyntituloerotukseen pienentänee puun tarjontaa ainakin väliaikaisesti. Pieniläpimittaisen puun käytön lisääminen ja sen käytön kannattavuuden kohentaminen ovat kokonaisuutenaakin tärkeitä haasteita sekä metsätaloudelle että -teollisuudelle. Nämä edellyttävät riittävän tehokkaita ja oikein kohdennettuja kehittämistoimenpiteitä.

Ojitettujen turvemaiden puutavara on tulossa entistä tärkeämmäksi raaka-ainemahdollisuudeksi metsäteollisuudelle (esim. Eeronheimo 1995, Nuutinen ym. 2000). Koko maan tasolla suopuun osuus kaikista metsä- ja kitumaan hakkuumahdollisuuksista kasvaa 30 vuodessa laskennan perusoletuksista riippuen nykyisestä 14 - 16 prosentista noin 17 - 26 prosenttiin (Nuutinen ym. 2000). Pohjanmaalla tulevat ensimmäisenä käytettäviksi valtaiset ensiharvennukset, jotka tuottavat lähinnä mäntyä ja koivua, seuraavana korpikuisikoiden päätehakuut ja viimeisenä suomäniköiden päätehakuut (Verkasalo ym. 1998). Nämä kaikki tuottavat havupuun lisäksi runsaasti kaikenkokoista hieskoivua, jonka mekaaninen käyttö voisi tuoda uusia näkymiä Pohjanmaan puutuoteteollisuudelle (Verkasalo 1998).

Kirjallisuus

- Aarne, M. (toim.). 2000. Metsätalostollinen vuosikirja 2000. SVT Maa-, metsä- ja kalatalous 2000:14. 366 s.
- Ahonen, O.-P. & Mäkelä, H. 1995. Etelä-Suomen raakapuuvarat laskennalliseen pölkkytykseen perustuen. *Folia Forestalia – Metsätieteen aikakauskirja* 1995(3): 165–178.
- Boren, H. 1999. Pienpuun käytön lisääminen mekaanisessa puunjalostusteollisuudessa. Esiselvityksen loppuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 761. 58 s.
- Eeronheimo, O. 1985. Suometsien hakkuumahdollisuudet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 188. 23 s.
- Finnvera Oyj. 2000. Puutuotealan toimialanalyysi 1997. 32 s.
- Maa- ja metsätalousministeriö. 1988. Ensiharvennustyöryhmän muistio. Työryhmämuistio 1988:27. 57 s.
- METINFO. 2001. MELA ja metsälaskelmat. Hakkuumahdollisuusarviot. [Http://www.metla.fi/metinfo/mela/index.htm](http://www.metla.fi/metinfo/mela/index.htm).
- Nuutinen, T. & Hirvelä, H. & Hynynen, J. & Härkönen, K. & Hökkä, H. & Korhonen, K.T. & Salminen, O. 2000. The role of peatlands in Finnish wood production – an analysis based on large-scale forest scenario modelling. *Silva Fennica* 34(2): 131–153.
- Verkasalo, E. 1998. Koivu, haapa ja leppä mekaanisen puuteollisuuden raaka-ainena: käytön näkymiä ja tutkimuksen ongelmanasettelua. *Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia* 2/1998: 274–257.
- & Boren, H. & Saranpää, P. 1998. Ojitettujen turvemaiden puutavaran laatu ja arvo tuotelähtöisessä metsäteollisuudessa. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimusasema. Hankesuunnitelma. 8 s.

Ensiharvennusmänty ja -kuusi kuituraaka-aineena

Pekka Saranpää
Metsäntutkimuslaitos
Vantaan tutkimuskeskus

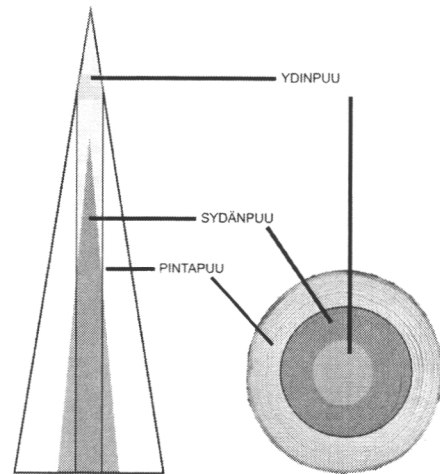
1. Ensiharvennukset ja nuorpuu

Ensiharvennuksessa poistettava puusto on yleensä iältään 25 - 45 vuotta. Ensiharvennuspuu poikkeaa ominaisuuksiltaan myöhemmin hakattavasta puusta. Syynä tähän on ytimen ympäröivän nuorpuun eli ydinpuun suuri osuus nuorena ja pieniläpimittaisessa rungossa. Monet puuaineen ominaisuudet, kuten tiheys ja kuitujen koko muuttuvat nopeasti siirryttäessä puun ytimestä ulospäin.

Ydinpuuta pidetään yleensä ominaisuuksiltaan heikompana kuin uloimpien rungonosien puuainetta. Tämä vaikuttaa myös ensiharvennuspuusta valmistettavan massan ja paperin laatuun. Ensiharvennuspuulla on siksi raaka-aineena huono maine. Toisaalta ensiharvennuspuun erityisominaisuuksia, kuten ohutseinäisiä ja lyhyitä kuituja, tulisi käyttää hyväksi erikoistuotteissa. Ongelmana on ensiharvennuspuun sekoittuminen epätasaisesti muun raaka-aineen joukkoon, jolloin se aiheuttaa laadun vaihtelua.

Nuorpuulle osuvampi nimitys olisi ydinpuu, sillä sitä muodostuu ytimen ympärille niin nuoren rungon tyvellä kuin vanhan puun latvassakin. Ydinpuu muodostaa näin yhtenäisen lieriön rungon sisälle ja sen osuus kasvaa latvaa kohden (kuva 1). Järeän rungon latvakuitupuu sisältää näin ollen myös runsaasti ydinpuuta. Ydinpuuta ei pidä sotkea myöhemmin muodostuvaan sydänpuuhun

(kuva 1). Sydänpuun muodostuminen nostaa puuaineen tiheyttä, alentaa puun sisältämää kosteutta ja heikentää läpäisevyyttä. Ydinpuun ominaisuudet eivät kuitenkaan ratkaisevasti muutu.

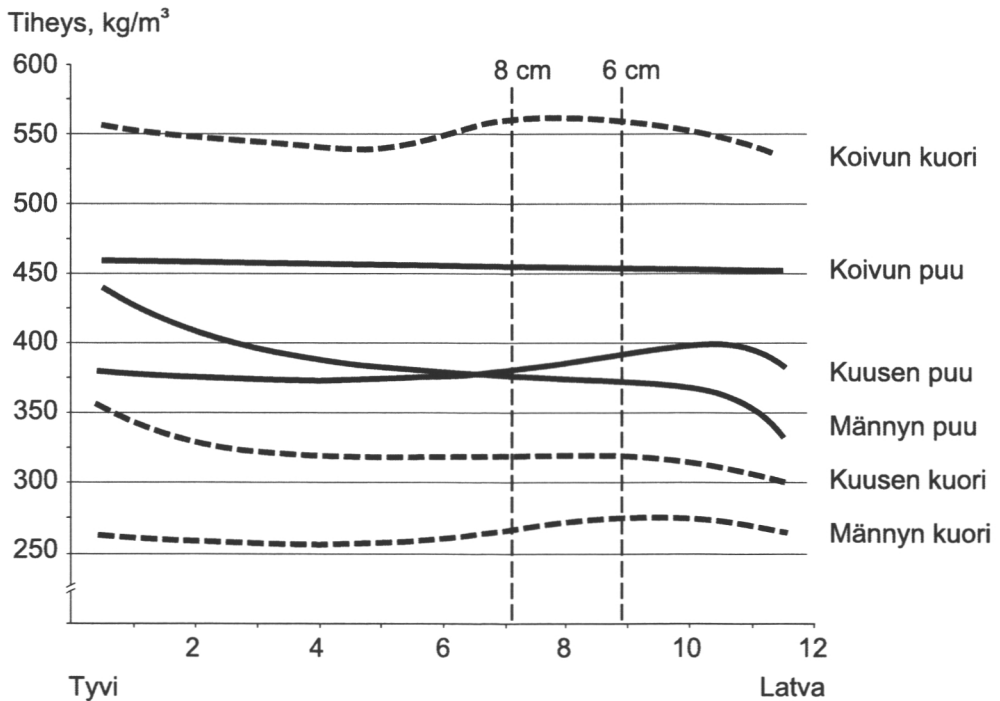


Kuva 1. Nuorpuun eli ydinpuun sijainti rungossa. Ydinpuuta on kuusen ytimen ympärillä hieman alle 10 vuosiluston verran. Ydinpuu muodostaa lähes yhtenäisen sylinterin rungon keskelle ja näin rungon latvaosa on lähes kokonaan ydinpuuta. Rungon ikääntyessä ja kasvaessa läpimittaa alkaa ytimen ympärille muodostua sydänpuuta. Ydinpuu ja vähitellen myös sitä ympäröivä puuaine muuttuvat näin sydänpuuksi, jolle on tyypillistä alhainen kosteussuhde ja korkea uuteainepitoisuus. Uloimpana on pintapuuta. Monet puuaineen ominaisuudet, kuten tiheys sekä kuidun pituus että läpimitta muuttuvat voimakkaasti ytimestä pintaan päin. Ominaisuudet saattavat olla myös hieman erilaiset tyvi- ja latvaosan välillä.

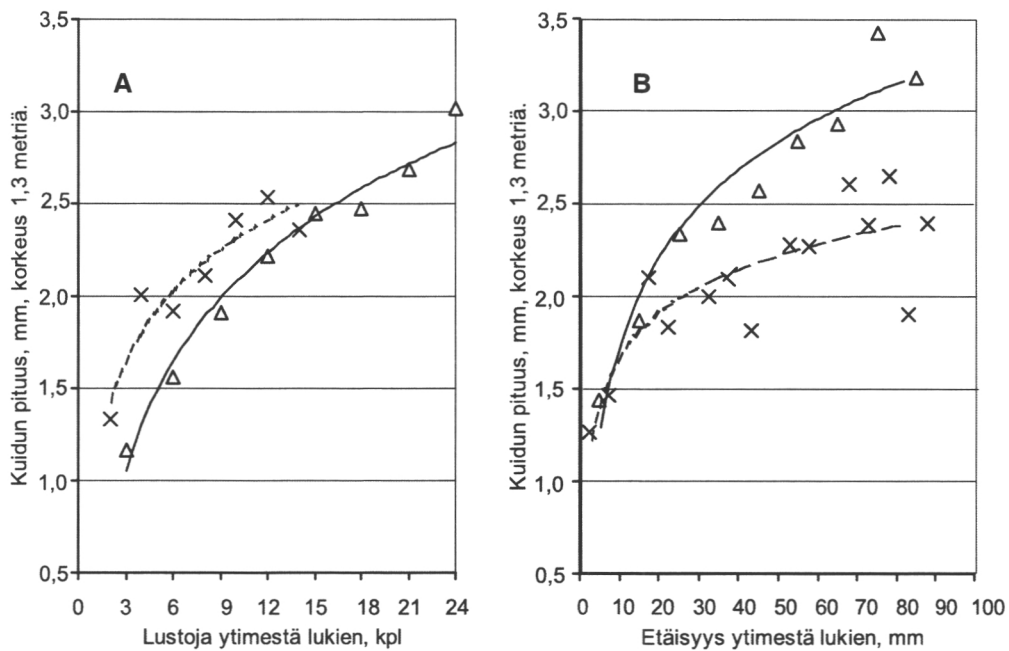
2. Tiheyden vaihtelu

Puuaineen kuiva-tuoretiheys eli puun kuivamassa tuoretilavuutta kohden on yleensä alhainen ytimen ympärillä mutta kasvaa pintaa kohden. Kuusen tiheys saattaa kuitenkin vaihdella ytimen lähellä niin, että tiheys ensin kasvaa, sitten laskee ja jälleen hieman kohoaa ytimestä pois päin siirryttäessä (kuva 2).

Männyn puuaineen kuiva-tuoretiheys kasvaa selvästi ytimestä ulospäin siirryttäessä ja voi olla jopa 100 kgm^{-3} suurempi uloimissa osissa runkoa kuin ytimen ympärillä. Ero männyn ja kuusen välillä näkyy etenkin nuoressa puustossa: mäntykuitupuun keskimääräinen tiheys kasvaa läpimitan kasvaessa kuudesta kahdeksaan senttimetriin, kuusikuitupuun tiheys taas hieman laskee (kuva 2).



Kuva 2. Kuusen, männyn ja koivun puun ja kuoren tiheyden vaihtelu eri korkeuksilla 12 m:n rungoissa. Kuvaan on merkitty 8 ja 6 cm:n läpimittojen rajat. Tiheys on ilmoitettu kuiva-tuoretiheytenä eli kuivamassana tuoretilavuutta kohden. Männyn tiheys kasvaa tasaisesti latvasta tyvelle eli puun läpimitan kasvaessa. Kuusen tiheys on vaihtelevampi, tiheys ensin kasvaa, sitten laskee ja nousee jälleen hieman tyveä kohden. Kuusen nuorpuun tiheys on näin ollen hieman korkeampi kuin männyn. Koivulla tiheys ei juuri vaihtelee ytimestä ulospäin siirryttäessä. Tutkimusta varten kerättiin Etelä-Suomesta 16 mänty-, 15 kuusi- ja 15 koivuensiharvennusleimikköä. Kustakin leimikosta kaadettiin 15 koepuuta, joista 10 edusti tyypillistä alaharvennusperiaatteella poistettavaa ja viisi ajourilta poistettavaa puuta. (Hakkila, julkaisematon).



Kuva 3. Normaalikasvuisen kuusen (keskimääräinen lustonleveys 2 mm, Δ —) ja erittäin nopeakasvuisen kuusen (keskimääräinen lustonleveys 7 mm, X ----) kuidun pituus ilmoitettuna vuosilustojen lukumääränä ytimestä (A) sekä etäisyytenä ytimestä (B). Normaalissa kasvuoloissa kuidut saavuttavat 2 mm:n pituuden vajaan 10 luston eli alle 20 mm:n päässä ytimestä. Nopeakasvuissa kuusissa kuidut sen sijaan jäävät huomattavasti lyhyemmiksi, kun tarkastellaan saman läpimitan omaavaa runkoa, eli 2 mm:n pituus saavutetaan vasta noin 30 mm:n päässä ytimestä. Kuidut myös pitenevät hitaammin rungon ulkosissa. Tutkimuksen kohteena oli yhteensä 12 normaalikasvuista ja kolme hyvin nopeakasvuista runkoa.

3. Kuidunpituus

Paperin ominaisuudet riippuvat kuitujen dimensioista, joista tärkeimpiä on kuidun pituus (esim. Saranpää 1999). Kuidun pituus kasvaa voimakkaasti siirryttäessä puun ytimestä ulospäin. Pisimmät kuidut ovat rungon ulko-osissa. Ensiharvennuspuun kuidut ovat siis lyhyempiä kuin muun kuitupuun.

Kuusen ensimmäisissä lustoissa solujen pituus on vain noin 0,5 - 1 mm, mutta kuidut pitenevät nopeasti siirryttäessä ytimestä ulospäin. Ne saavuttavat 2 mm:n pituuden jo 6. - 9. lustossa ytimestä lukien (kuva 3). Männyl-

lä muutos on samansuuntainen, mutta kuidut saattavat keskimäärin jäädä hieman lyhyemmiksi kuin kuusella, etenkin rungon uloimmissa osissa. Tässä tutkimuksessa ensiharvennusmäntyn ja -kuusen kuitujen pituus oli samaa luokkaa (taulukot 1 ja 2).

Kasvunopeudella näyttää olevan selvä vaikutus kuidun pituuteen. Kun tarkastellaan saman läpimitan omaavia runkoja, nopeakasvuisen puun kuidut jäävät merkittävästi lyhyemmiksi (kuva 3). Kun kasvatusasento pidetään tiheänä ensiharvennukseen saakka, puun kuiduista muodostuu pidempiä.

Taulukko 1. Ensiharvennumännyn trakeidien (ehjien kuitujen) pituuden vaihtelu eri korkeuksilla (Hakkila ym. 1995). Näytepala on jaettu ytimen sisältävään osaan (0 - 3 cm ytimestä) sekä sen ulkopuoliseen osaan. Kuidun pituus on laskettu myös koko kiekon osalle sekä koko rungon osalle. Tutkimuksen kohteena oli yhteensä 10 runkoa puolukkatyyppin kasvupaikalta. Läpimitta rinnankorkeudella oli 11 cm ja ikä 33 vuotta.

Korkeus tyvestä, m	Kuidun pituus, mm			
	etäisyys ytimestä		koko kiekko	
	alle 30 mm	yli 30 mm	keskimäärin	hajonta runkojen välillä
11,5	1,35		1,35	0,31
9,5	1,68	2,49	1,69	0,22
7,5	1,87	2,58	2,05	0,28
5,5	2,17	2,65	2,39	0,21
3,5	2,00	2,83	2,51	0,17
1,5	1,93	2,68	2,44	0,25
koko runko	1,94	2,70	2,34	0,22

Taulukko 2. Ensiharvennuskuusen trakeidin (ehjien kuitujen) pituuden vaihtelu eri korkeudella rungossa. Näytepala on jaettu ytimen sisältävään osaan (0 - 3 cm ytimestä) sekä sen ulkopuoliseen osaan. Kuidun pituus on laskettu myös koko kiekon osalle sekä koko rungon osalle. Tutkimuksen kohteena oli yhteensä 10 runkoa mustikkatyyppin kasvupaikalta. Läpimitta rinnankorkeudella oli 11 cm ja ikä 32 vuotta.

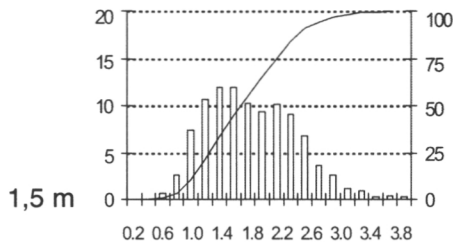
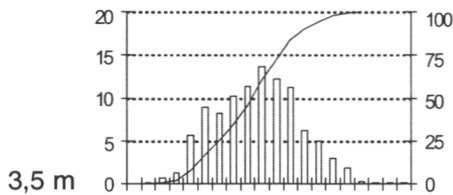
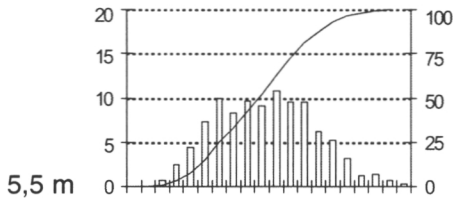
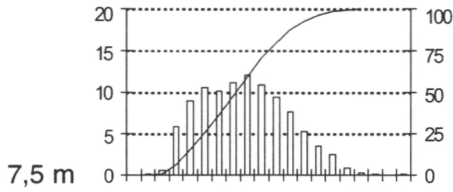
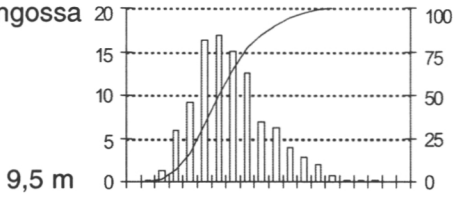
Korkeus tyvestä, m	Kuidun pituus, mm			
	etäisyys ytimestä		koko kiekko	
	alle 30 mm	yli 30 mm	keskimäärin	hajonta runkojen välillä
9,5	1,84		1,84	0,29
7,5	2,28	2,62	2,07	0,34
5,5	1,96	2,54	2,08	0,19
3,5	2,05	2,66	2,31	0,11
1,5	2,11	2,72	2,41	0,14
koko runko	2,10	2,66	2,26	0,17

Keskimäärin ensiharvennumännyn ja -kuusen kuidunpituus on noin 2,3 mm (taulukot 1 ja 2). Ydinpuussa eli 6 cm:n läpimittaisessa rungossa kuidut olivat noin 0,7 mm lyhyempiä kuin ydinpuun ulkopuolelle jäävässä rungonosassa. Männyn sahakkeessa, joka on pääasiassa peräisin tukkien pinta-

osista, kuidun pituus vaihtelee välillä 3,0 - 3,4 mm ja kuusisahahakkeessa välillä 3,1 - 4,0 mm tukkiluokasta riippuen (Saranpää, julkaisematon). Ensiharvennuspuun kuidut jäävät siis merkittävästi lyhyemmiksi kuin järemmän puutavaran. Kuidun pituus vaihtelee myös rungon sisällä melko paljon (kuva 4).

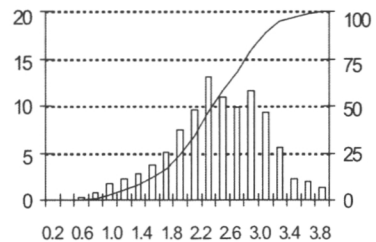
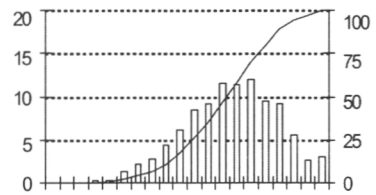
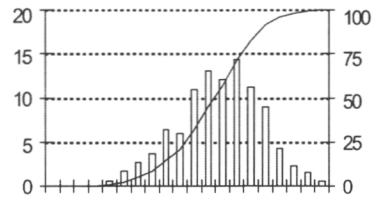
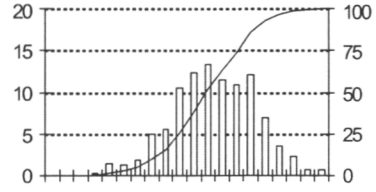
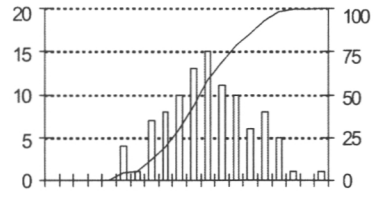
Etäisyys ytimestä 0 - 3 cm

Korkeus %
rungossa



3 - 6 cm

%
kumulat. %

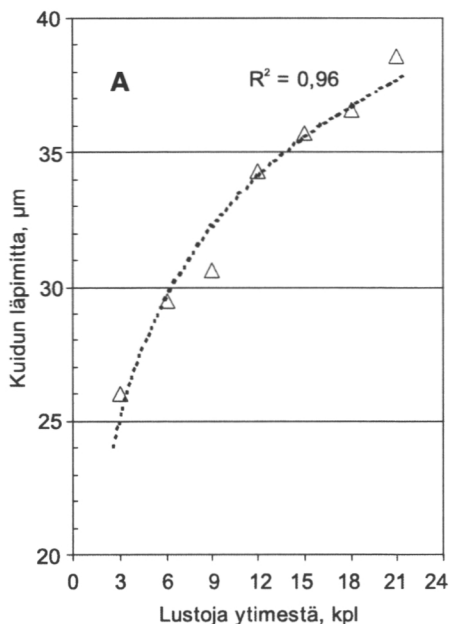


Trakeidin (ehjän kuidun) pituus, mm

Kuva 4. Kuusen kuidun pituuden vaihtelu rungon eri korkeuksilla sekä ytimen ympärillä olevassa ydinpuussa (0 - 3 cm) että sen ulkopuolisessa rungonosassa (3 - 6 cm). Kuidun pituudet on jaettu 0,2 mm:n luokkiin. Pituusjakauma on melko samankaltainen ydinpuussa ja sen ulkopuolella eri korkeuksilla. Kuidut ovat kuitenkin selvästi pidempiä ydinpuun ulkopuolella. Tutkimuksen kohteena oli yhteensä 10 runkoa yhdeltä kasvupaikalta. Läpimitta rinnankorkeudella oli 11 cm ja ikä 32 vuotta.

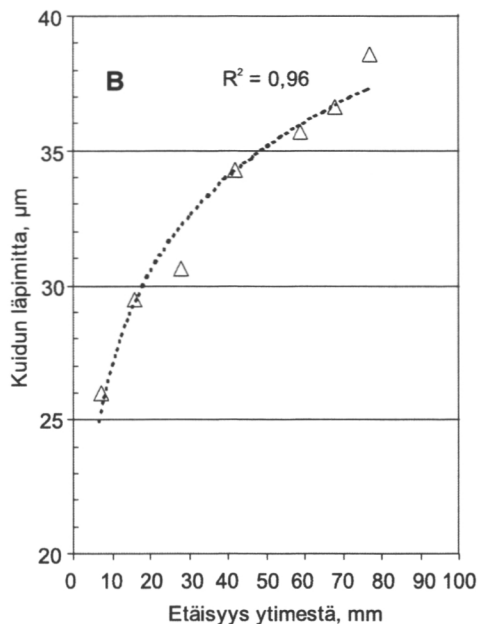
4. Kuidun läpimitta

Samoin kuin kuidun pituus, myös sen läpimitta kasvaa voimakkaasti siirryttäessä ytimestä kuoreen päin. Kuusen ytimen lähellä kevätkuukuitujen läpimitta on alle 25 µm, mutta jo 10 - 15 luston eli 40 - 50 mm:n päässä ytimestä sen läpimitta on kasvanut lähes 35 µm:iin (kuva 5). Kuitujen läpimitta kasvaa siis lähes puolella. Samoin kuituseinämän paksuus kasvaa siirryttäessä ytimestä ulospäin. Ytimen lähellä kevätkuun kuituseinämän paksuus on noin 2,2 mikrometriä ja kasvaa kolmeen mikrometriin uloimmissa lustoissa. Kesäpuussa kuituseinämän paksuus on lähes kaksinkertainen (Saranpää 1999). Ydinpuulle on tyypillistä kesäpuun alhainen osuus ja näin ollen myös paksuseinäisten kesäpuukuitujen niukkuus.

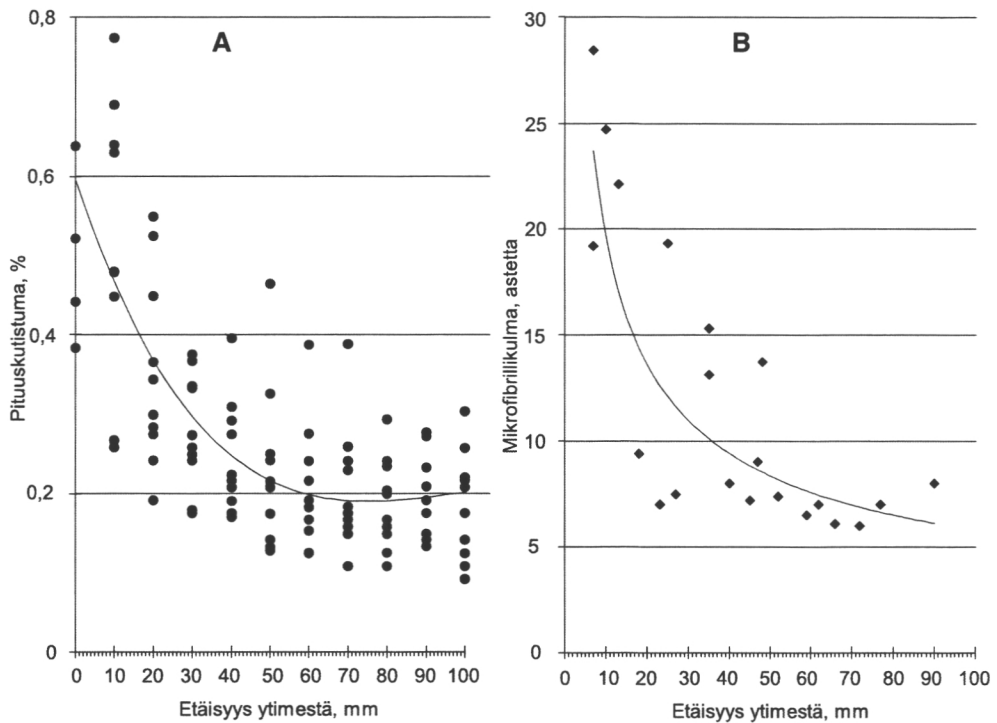


5. Selluloosan orientaatio

Ydinpuun määrä riippuu tarkasteltavasta ominaisuudesta. Tiheys ja kuitujen ominaisuudet muuttuvat nopeasti siirryttäessä ytimestä pintaan, mutta mitään selvää rajaa ei ole. Selvin ero on ehkä kuituseinämän mikrofibrillikulmassa. Kulmalla tarkoitetaan selluloosasyiden suuntaa solun pituusakseliin nähden. Kuituseinäjä koostuu useista kerroksista, joista merkittävin on nk. sekundaariseinän keskikerros eli S2-kerros. Tämä on paksuin seinämän kerroksista ja määrää näin yksittäisen kuidun ominaisuudet. Jyrkkä kulma heikentää kuidun lujuutta ja lisää mm. puun pituussuuntaista kutistumaa (kuva 6) ja aiheuttaa sahatavaran muodonmuutoksia kuivauksessa.



Kuva 5. Kuusen kuidun läpimitta 1,3 m:n korkeudella ilmoitettuna vuosilustojen lukumääränä ytimestä (A) sekä etäisyytenä ytimestä (B). Keskimääräinen lustonleveys 2 mm. Kuidun läpimitta kasvaa voimakkaasti siirryttäessä ytimestä ulospäin. Tutkimuksen kohteena oli yhteensä 12 runkoa yhdeltä kasvupaikalta.



Kuva 6. Kuusen puuaineen pituuden suuntaisen kutistuman muutos (A) sekä mikrofibrillikulman muutos (B) ytimestä pintaan päin (Saranpää ym. 1998). Selluloosasaikeiden suuntaus muuttuu lähes kuidun pituusakselin suuntaiseksi siirryttäessä ytimestä 30 - 40 mm ulospäin (B). Pituuden suuntainen kutistuma pienenee samanaikaisesti noin 0,2 prosenttiin.

Ytimen lähellä kulma on jyrkkä mutta laskee muutamaan asteeseen lustoissa 6 - 7 ytimestä lukien (kuva 6). Tähän perustuen kuusen ydinpuun määränä Etelä-Suomessa voitaisiin pitää hieman alle kymmentä lustoja ytimestä lukien ja noin 6 cm:n läpimittaa. Männyllä osuus näyttää olevan samansuuruinen.

6. Uuteaineet

Uuteaineilla tarkoitetaan orgaaniseen liuottimeen, kuten asetoniin liukenevia yhdisteitä. Havupuilla nämä ovat yleensä rasvoja, fenoleita ja pihkan aineosia, kuten hartsihappoja. Uuteaineet aiheuttavat yleensä ongelmia massan valmistuksessa ja valkaisuun yhteydessä,

joten alhainen uuteaine- ja sydänpuupitoisuus ovat eduksi massan raaka-aineelle. Nuoren kuusipuun uuteainepitoisuus on hyvin alhainen, keskimäärin vain noin 1,3 % eli 13 kg/m³. Uuteainepitoisuus ei juuri vaihtelee eri korkeuksilla. Männyllä asetoniuuteainepitoisuus on lähes kolminkertainen, keskimäärin 3,3 % kuivamassasta.

Uuteaineiden määrä kasvaa sydänpuun muodostuessa. Sydänpuuta alkaa muodostua ytimen ympärille puun saavuttaessa riittävän läpimitan. Ensiharvennuspöussa ja rungon latvaosassa sydänpuuta ei juuri ole. Sydänpuuosuus on näin ollen suurin järeiden runkojen tyvellä ja pienenee latvaa kohden (kuva 1). Sydänpuun muodostuessa myös puun kosteussuhde laskee. Pintapuun ja ensiharven-

Taulukko 3. Ensiharvennumännyn asetoniliukoisten uuteaineiden määrä eri korkeuksilla rungossa. Mitattu yhteensä 50 puusta viideltä eri leimikolta (Hakkila ym. 1995). Läpimitta rinnankorkeudella oli 12 cm ja ikä 35 vuotta.

Korkeus tyveltä, m	Asetoniliukoisten uuteaineiden määrä, % kuivamassasta	
	keskiarvo	hajonta
7,5	3,37	0,55
5,5	3,24	0,52
3,5	3,35	0,55
1,5	3,20	0,38

Taulukko 4. Ensiharvennuskuusen asetoniliukoisten uuteaineiden määrä eri korkeuksilla rungossa. Mitattu yhteensä 30 rungosta kolmelta eri leimikolta. Läpimitta rinnankorkeudella oli 11 cm ja ikä 32 vuotta.

Korkeus tyveltä, m	Asetoniliukoisten uuteaineiden määrä, % kuivamassasta	
	keskiarvo	hajonta
7,5	1,32	0,43
5,5	1,26	0,18
3,5	1,33	0,24
1,5	1,34	0,22

Taulukko 5. Asetoniliukoisten uuteaineiden määrä hidas- ja nopeakasvuisissa ensiharvennumännnyissä. Keskimääräinen lustonleveys oli hidaskasvuisella leimikolla 1,2 mm ja nopeakasvuisella 2,4 mm (Hakkila ym. 1995). Nopeakasvuisessa ensiharvennuspuussa uuteaineita oli noin 30 % eli 10 kgm⁻³ enemmän kuin hidaskasvuisessa.

Korkeus tyveltä,m	Männyn asetoniliukoisten uuteaineiden määrä, % kuivamassasta		
	hidaskasvuinen	nopeakasvuinen	erotus, %
7,5	3,02	3,94	31
5,5	2,89	3,86	34
3,5	2,99	3,76	26
1,5	3,00	3,70	23

nuspuun kosteussuhde vaihtelee välillä 150 - 180 % ja sydänpuun vastaavasti 30 - 40 %.

7. Yhteenveto

Sekä männyn että kuusen ensiharvennuspuu poikkeaa ominaisuuksiltaan vanhemmista leimikoista korjattavasta järeämmästä puusta. Ensiharvennuspuulle on tyypillistä ytimen ympärillä olevan ydinpuun suuri osuus. Ydin eli nuorpuulla tarkoitetaan yleensä noin 5 - 20 ensimmäistä vuosilustoa, jotka poikkeavat mm. puuaineen tiheydeltään ja kuituominaisuuksiltaan ympäröivästä puuaineesta.

Ensiharvennuspuun alhainen tiheys, korkea kosteussuhde ja suuri kuoriprosentti heikentävät raaka-aineen arvoa etenkin männyn osalta ja saattavat pienentää mm. sellun saantoa. Lyhyet ja ohutseinäiset kuidut vaikuttavat myös massan laatuun ja ominaisuuksiin. Massan repäisyjuuus ja kuidun lujuus ovat heikkoja, mutta arkista tulee tiheä ja tiivis ja optiset ominaisuudet ovat hyvät. Eroa vartuneemmasta metsiköstä saatavaan kuitupuuhun tasoittaa käytännössä kuitenkin jonkin verran se, että järeitten runkojen tyviosat tehdään sahatukeiksi. Pitkäkuituisin ja tihein raaka-aine palaa massateollisuuden käyttöön sahatuonakkeen muodossa.

Kirjallisuus

Hakkila, P & Kalaja, H. & Saranpää, P. 1995.

Etelä-Suomen ensiharvennusmänniköt kuitu- ja energialähteenä. Metsäntutkimuslaitoksen Tiedonantoja 582. 100 s.

Saranpää, P. 1999. Kuituteollisuuden raaka-

aine. Julkaisussa: Kanninen, K. (toim.).

Metsäteknologia muuttuvassa metsätaloudessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 720: 52–59.

Saranpää, P. & Serimaa, R. & Andersson, S. & Pesonen, E. & Suni, T. & Paakkari, T. 1998. Variation of microfibril angle of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) – comparing x-ray diffraction and optical methods. Julkaisussa: Butterfield, B. (toim.). International Workshop on The Significance of Microfibril Angle to Wood Quality, November 21–25, 1997, Westport, New Zealand. Proceedings. University of Canterbury Printers, s. 240–252.

Ensiharvennusemännyn ja -kuusen teknillinen laatu pyöreänä rakennuspuuna

Reeta Stöd

*Metsäntutkimuslaitos
Joensuun tutkimuskeskus*

1. Tutkimuksen tausta ja tavoitteet

Suomessa tulisi tehdä ensiharvennuksia vuosittain yli 200 000 hehtaarin alalla. Kahdeksannen valtakunnan metsien inventoinnin (1986 - 1994) mukaan ensiharvennusten tarve on Etelä-Suomen mäntyvaltaisissa metsissä 100 000 ha/a ja muiden puulajien vallitsemisissa metsissä 60 000 ha/a (Hakkila ym. 1995). Kuitenkin vain noin puolet harvennuksista toteutuu, joten ensiharvennusrästit kasvavat jatkuvasti. Laiminlyöntien seurauksena muun muassa metsien kasvu, hakkuumäärä ja puuston keskikoko pienenevät sekä korjuukustannukset kasvavat (Ensiharvennustyöryhmän muistio 1988). Harvennuspuulle tulisi saada kuiduttavan teollisuuden rinnalle muitakin käyttökohteita. Tulevaisuudessa järeän tukkipuun saatavuus tulee pienemään muun muassa lisääntyneen vanhojen metsien suojelun, metsien kehitysluokkarakenteen ja –ainakin tilapäisesti – metsäverotuksen muutostavaiheen seurauksena. Täten harvennuspuulle on mekaanisessa puunjalostuksessa sekä tarvetta että markkinamahdollisuuksia. Pohjanmaalla pientä harvennuspuuta mekaanisesti jalostavia yrityksiä onkin jo useita.

Tämän opinnäytetyönä (Stöd 2000) tehdyn tutkimuksen tavoitteena oli tarkastella harventamattomien ensiharvennusikäisten metsiköiden puuston ulkoista laatua sekä en-

siharvennuksessa poistuvan että jäävän puuston osalta määrittää tällaisista metsiköistä saatavien, pyöreäksi rakennuspuuksi kelpaavien rungonosien määrät. Tutkimuksessa käytettiin pienelle pyöreälle rakennuspuulle asetettuja mittavaatimuksia, joiden mukaisesti rungonosan minimipituus oli 2,3 m ja minimiläpimitta 5 cm. Laatuvaatimukset olivat sahattavaa puuta vastaavat, joten mutkia, lenkoutta, poikaoksia, lahoa, koroja, alle 15 cm:n välein sijaitsevia oksankiehkuroita tai yli 30 mm:n vahvuisia oksia ei sallittu.

2. Tutkimusaineisto ja -menetelmät

Tutkimusaineiston muodostivat 60 harventamatonta ensiharvennusikäistä metsikköä eri puolilla maata. Etelä-Suomessa kohteet sijaitsivat Vihdissä ja Jokioisissa, Itä-Suomessa Rääkkylässä, Pyhäselässä ja Ilomantsissa sekä Länsi-Suomessa Kalajoella ja Himangalla. Aineisto ositettiin kaikissa osissa maatalajin (mänty, kuusi) ja veroluokan (IA-IB, II-IV) mukaisesti. Maastoinventoinneissa koe-
puista määritettiin rinnankorkeusläpimitta, puituus, paksumman oksan läpimitta ja laatu, pyöreäksi rakennuspuuksi kelpaavien rungonosien alkamis- ja loppumiskorkeudet, elävän latvuksen alaraja, alimman kuolleen oksan korkeus sekä erilaisten vikojen alkamis- ja loppumiskorkeudet. Viat, jotka tässä tutkimuksessa erityisesti otettiin huomioon, olivat rungonosan rakennus- ja sahapuukäytön estäviä (luku 1).

Inventoinnissa kerättyjen tietojen perusteella valittiin koalojen puista toimistotyönä teoreettisesti ne, jotka poistettaisiin normaalissa – laatuharvennuksen periaattein tehtävässä – ensiharvennuksessa. Todellisia harvennuksia kuvioilla ei tehty. Harvennusvoimakkuus määriteltiin jäävän puuston keskiläpimitan ja runkoluvun perustella (Niemi 1992). Laatuharvennuksen periaatteiden mukaisesti poistettaviksi valittiin pienimpien puiden lisäksi huonolaatuisimpia puita (Niemi 1994, Lilleberg 1995). Kaikista poistettaviksi valituista puista laskettiin Laasasenahon (1982) puun rinnankorkeusläpimitaan ja pituuteen perustuvia runkokäyräyhtälöitä käyttäen kolmen eri latvaläpimitan, 5, 7 ja 9 cm, sijaintikorkeudet. Koaloilta poistetuista puista määritettiin edellä mainittujen katkaisukohtien sekä inventointitietojen perusteella ne osat, jotka täyttivät rakennuspuun mitta- ja laatuvaatimukset. Rakennuspuun kertymät laskettiin puulajeittain (mänty, kuusi), alueittain (Etelä-, Itä- ja Länsi-Suomi), veroluokaryhmittäin (IA-IB, II-IV) sekä uudistamistavoittain (viljely, luontainen uudistaminen). Metsiköiden eri ominaisuuksien vaikutusta pienen pyöreän rakennuspuun kertymiin tarkasteltiin faktorikokeen avulla. Ensiharvennuseksiköiden ulkoista laatua puolestaan tutkittiin puissa havaittujen vikojen esiintymisen sekä oksatunnusten perusteella. Varianssianalyysillä selvitettiin kuvion ominaisuuksien vaikutuksia eri vikojen esiintymiseen sekä terveoksaisten rungonosan määrään. Vertailun vuoksi laskettiin laatua kuvaavat tunnuksot kuvioille myös harvennuksen jälkeen, jolloin jäävän puuston perusteella voitiin ennustaa metsikön laatua tulevaisuudessa sekä arvioida harvennuksen onnistuneisuutta. Kaikissa tutkimuksen osissa tarkasteltiin erikseen mäntyä ja kuusta.

3. Tulokset

3.1 Rakennuspuun kertymä

Mäntykoepuista 31 % ja kuusikoepuista 41 % sisälsi vähintään yhden laatunsa puolesta rakennuspuuksi kelpaavan rungonosan. Poistettaviksi valituilla mäntykoepuilla vastaava arvo oli 22 % ja kuusikoepuilla 28 %. Poistetuista männystä 22 % ja kuusista 27 % täytti laatuvaatimusten lisäksi myös rakennuspuun mitavaatimukset, eli niistä saatiin pyöreää rakennuspuuta vähintään yhden pölkyn verran.

Koko aineistossa rakennuspuun kertymä oli 5 cm:n minimilatvaläpimitalla keskimäärin 10,1 m³/ha (maksimi 44,5 m³/ha), 7 cm:n minimilatvaläpimitalla 8,8 m³ (maksimi 43,3 m³/ha) ja 9 cm:n minimilatvaläpimitalla 6,8 m³/ha (maksimi 38,9 m³/ha). Kertymät koko aineiston osalta nähdään taulukosta 1.

Taulukko 1. Männyn ja kuusen pieniläpimitäisen rakennuspuun keskimääräiset kertymät (m³/ha) koko aineistossa, veroluokittain, uudistamistavoittain sekä eri osissa maata.

	Mänty	Kuusi
Veroluokat IA-IB	4,5	15,8
Veroluokat II-IV	10,4	5,8
Viljely	6,9	16,5
Luontainen uudistaminen	13,1	10,2
Etelä-Suomi	11,6	16,9
Itä-Suomi	7,9	11,7
Länsi-Suomi	7,8	6,5

Keskimääräinen rakennuspuun kertymä oli mäntykuvioilla 8,9 m³/ha ja kuusikuvioilla 13,3 m³/ha minimiläpimitalla 5 cm. Männyllä parhaita kasvupaikkoja olivat kuivat kankaat ja kuusella lehtomaiset kankaat. Männyllä rakennuspuuta saatiin enemmän luontaisesti uudistetuilta kuvioilta ja kuusella viljellen uudistetuilta kuvioilta. Sekä männyn (11,6 m³/ha) että kuusen (16,9 m³/ha) suurimmat kertymät saatiin Etelä-Suomessa. Männyllä rakennuspuun kertymä oli yhtäsuuri Itä-Suomessa ja Pohjanmaalla. Kuusella Pohjanmaan keskimääräinen kertymä oli vain 6,5 m³/ha, Itä-Suomessa vastaavasti 11,7 m³/ha.

Pohjanmaan alueella männyllä rakennuspuuta kertyi keskimääräistä enemmän veroluokkiin II - IV kuuluneista metsiköistä, keskimäärin 9,2 m³/ha minimiläpimitalla 5 cm, ja kuusella veroluokista IA-IB, keskimäärin vastaavasti 8,5 m³/ha (taulukko 2). Männyllä parhaita kasvupaikkoja olivat kuivat kankaat (22,9 m³/ha) ja kuivahkotkankaat (9,5 m³/ha), kuusella tuoreet kankaat (6,5 m³/ha). Rakennuspuuta saatiin männyllä enemmän luontaisesti uudistetuilta kuin viljellyiltä kuvioilta. Kaikki Pohjanmaalla inventoidut kuusikuviot olivat luontaisesti uudistettuja.

Taulukko 2. Männyn ja kuusen pieniläpimitaisen rakennuspuun keskimääräiset kertymät (m³/ha) Pohjanmaalla puulajeittain, veroluokittain ja uudistamistavoittain.

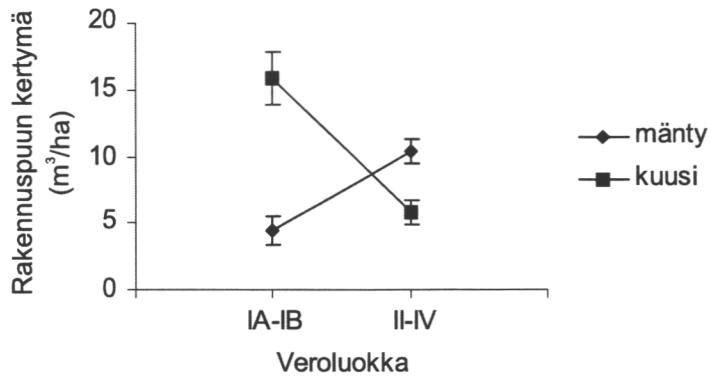
	Mänty	Kuusi
Veroluokat IA-IB	1,4	8,5
Veroluokat II-IV	9,2	2,6
Viljely	6,9	-
Luontainen uudistaminen	22,9	6,5

Koko aineistoon kuuluneista metsiköistä noin 80 % tuotti teoreettisesti tehtyjen harvennusten perusteella vähintään 30 m³:n kertymän hehtaarille. Täten suurimmalla osalla kuvioista ensiharvennus olisi ollut hakuukertymän puolesta kannattava. Valtaosalla kuvioista, joilla ensiharvennuskertymät jäivät kyseisen raja-arvon alle, oli pääpuulajina mänty.

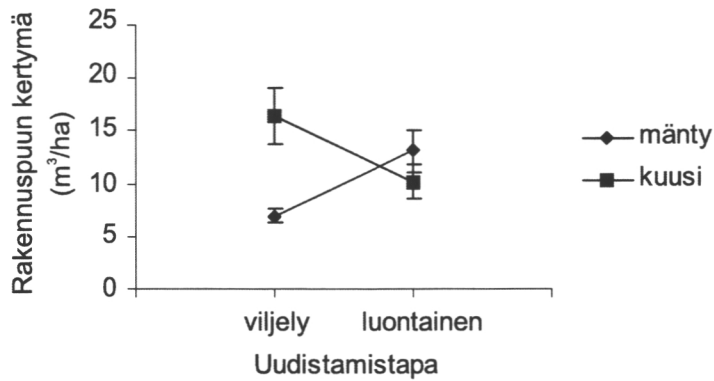
Kun faktorikokeella tutkittiin puulajin ja muiden kuvion ominaisuuksien yhteisvaikutusta pieniläpimitaisen puun kertymään, todettiin merkitseviksi tekijöksi puulajin yhteisvaikutus veroluokan, uudistamistavan ja harventamattoman puuston keskiläpimitan kanssa. Faktoreiden pää- ja yhdysvaikutusten merkitsevyyksien selvittämiseen käytettiin varianssianalyysiä. Keskiarvojen pareittaiset vertailut tehtiin Tukeyn testiä käyttäen. Yhteisvaikutusten olemassaolo sekä keskiarvoille lasketut keskivirheet nähdään kuvissa 1, 2 ja 3 esitetyistä faktoreiden profiileista.

Kun faktoreiden (puulaji ja veroluokka) vaikutuksia testattiin varianssianalyysillä, todettiin, etteivät niiden päävaikutukset olleet merkitseviä. Sen sijaan faktoreilla oli jonkin verran yhdysvaikutusta (kuva 1). Mallin alhaisen selitysasteen (0,033) perusteella voitiin todeta puulajin ja veroluokan lisäksi myös monien muiden tekijöiden vaikuttaneen rakennuspuun kertymään. Myöskään puulajin ja uudistamistavan päävaikutukset eivät olleet merkitseviä. Yhdysvaikutus näiden faktoreiden välillä oli kuitenkin merkitsevä (kuva 2). Koko mallin selitysaste oli melko alhainen, 0,043. Monet muutkin kuvion ominaisuudet vaikuttivat jälleen rakennuspuun kertymään.

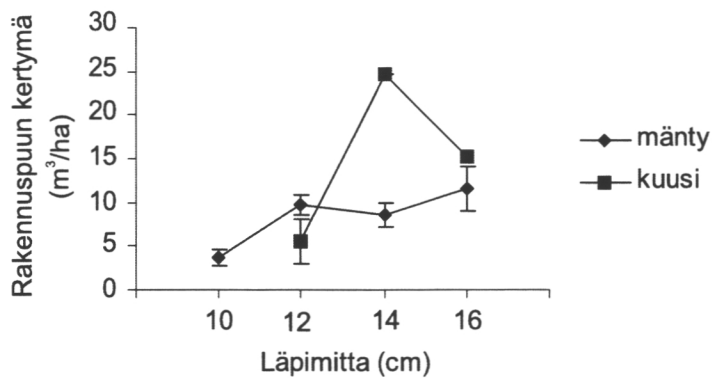
Puulajin ja luokitellun läpimitan päävaikutukset eivät varianssianalyysin mukaan olleet merkitseviä. Sen sijaan näiden tekijöiden yhdysvaikutus oli merkitsevä (kuva 3). Koko mallin selitysaste oli vain 0,080.



Kuva 1. Puulajin ja veroluokkaryhmän vaikutus rakennuspuun kertymään (m³/ha).



Kuva 2. Uudistamistavan vaikutus rakennuspuun kertymään (m³/ha) puulajeittain.



Kuva 3. Rungon läpimittaluokan vaikutus rakennuspuun kertymään (m³/ha) puulajeittain.

3.2 Metsiköiden ulkoinen laatu

Runkoja, joissa ei havaittu lainkaan vikoja, oli alle kahdeksan prosenttia kaikista koepuista. Mäntykoepuista virheettömiä oli 7 % ja kuusikoepuista 10 %. Yleisin havaituista vi-oista oli monivääryys, jota esiintyi yli 38 %:ssa koepuista, mutta myös tyvilenkous (16 %) ja ranganvaihdot (14 %) olivat tavallisia.

Varianssianalyysin perusteella männyllä veroluokkaryhmät erosivat toisistaan mutkais-ten puiden esiintymisen suhteen siten, että niit-ä oli veroluokissa IA - IB useammin kuin muissa ryhmissä. Männyllä maan eri osien vä- lillä todettiin tilastollisesti merkitsevä ero mutkaisten, tyvilenkojen sekä ranganvaihto- ja ja poikaoksia sisältäneiden koepuiden mää- rissä. Mutkat ja ranganvaihdot olivat yleisim- piä Itä-Suomessa. Etelä-Suomessa oli muita alueita enemmän tyvilenkoutta ja Pohjanmaal- la poikaoksia. Männyillä kasvupaikkatyypit erosivat toisistaan mutkia ja lenkoutta sisäl- täneiden puiden sekä terveoksaosuuden mää- rissä, jotka kaikki olivat suurimmat lehto- maisen kankaan kuvioilla.

Kuusella uudistamistavat erosivat toi- sistaan merkitsevästi tyvilenkouden ja rangan- vaihtojen esiintymisen suhteen siten, että ty- vilenkoutta oli useammin viljellen uudistetuis- sa ja ranganvaihtoja luontaisesti uudistetuis- sa metsiköissä. Kuusella oli alueiden välillä tilastollisesti merkitsevää eroa monivääryy- den, tyvilenkouden ja poikaoksien esiintymi- sen suhteen. Tyvilenkous oli yleisintä Etelä- Suomen kuusikoissa sekä monivääryys ja poi- kaoksat Itä-Suomessa. Kuusella kasvupaikalla voitiin todeta olevan merkitystä ainoastaan monivääryyden esiintymiseen. Monivääryyt- tä esiintyi eniten lehdossa.

Teoreettisen laatuharvennuksen tavoit- teissa onnistuttiin varsin hyvin, sillä jäävä puusto oli laadukkaampaa kuin alkuperäinen.

Keskeisen ongelman harvennuspuun hyödyn- tämiselle rakennus ja sahapuuna aiheuttaa se, että jalostukseen menevät puut täytyy valita metsikön huonolaatuisimpien eli harvennuk- sessa poistettavien runkojen joukosta.

4. Jatkotutkimuksia

Kesällä 1999 tutkimukseen kerättiin täyden- nysaineisto ojitetuista rämemänniköistä ja korpikuusikoista. Yhteisaineiston tuloksia las- ketaan parhaillaan; erityisesti vertaillaan oji- tettujen soiden ja kivennäismaiden puustoja. Aineistosta selvitetään poistettavan puuston laatu ja jäävän puuston laatuodotukset sekä kertymät pyöreän rakennuspuun ja sahattavan pikkutukin mitta- ja laatuvaatimuksia käyttäen.

Vuoden 2000 toukokuussa käynnistyi tutkimushanke, jossa pyritään kehittämään harvennuskasvun hankintaa ja sahausta yh- dessä keskisuurten sahojen kanssa.

Kirjallisuus

- Ensiharvennustyöryhmän muistio. 1988. Maa- ja metsätalousministeriö. Työryhmämuis- tio MMM 1988:27. 57 s.
- Hakkila, P. & Kalaja, H. & Saranpää, P. 1995. Etelä-Suomen ensiharvennuskasvun kuitu- ja energialähteenä. Metsäntutki- muslaitoksen tiedonantoja 582. 100 s.
- Laasasenaho, J. 1982. Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch. *Communications Instituti Forestalis Fenniae*. 108. 74 s.
- Lillberg, R. 1995. Harvennustapa männikön ensiharvennuksessa. *Metsäteho, katsaus* 3/1995. 7 s.
- Niemistö, P. 1992. Runkolukuun perustuvat harvennuskasvut. *Metsäntutkimuslaitok- sen tiedonantoja* 432. 18 s.

- Niemistö, P. 1994. Männikön ensiharvennus ala-, ylä- tai laatuharvennusta käyttäen. Folia Forestalia – Metsätieteen aikakauskirja 1994(1): 19–32.
- Stöd, R. 2000. Ensiharvennuskuusikoiden ja -männiköiden ulkoinen laatu ja pyöreän rakennuspuun kertymä. Metsäteknologian ja puutalouden pro gradu. Joensuun yliopisto. 67 s.

Pienpuun käyttömahdollisuudet mekaanisessa puunjalostuksessa

Hannu Boren

Höljäkkä Oy, Nurmes

Iivari Mononen Oy, Joensuu

*Metsäntutkimuslaitos, Joensuun
tutkimuskeskus*

1. Johdanto

Aina 1990-luvun alkuun saakka metsäteollisuutemme oli valmis käyttämään kaiken tarjolle tulleen puutavaran ja maksoi yleismaailmallisesti korkeita kantohintoja. Heikkolaatuiselle ja pienikokoiselle puulle oli menekkiä, erityisesti kun sen talteenottoa tuettiin tasaamalla leimikoiden arvosuhde- ja kustannuseroja pienpuuta suosien, tavoitteena nuorten metsien kunnostaminen metsänhoidollisten tavoitteiden mukaisesti (esim. Maa- ja metsätalousministeriö 1988, Hakkila ym. 1995).

Nykyisin harvennuspuun ja muun pienpuun kantohinta on leimikoittaisen hinnoittelun soveltamisen mukaisesti alhainen pienen hakkuukertymän, korkeiden korjuukustannusten sekä kuidutuksen ja sahauksen pienen saannon ja tuottavuuden vuoksi (Boren 1999). Pienpuun jalostamiseen liittyvät ongelmat ovat kuitenkin niin suuret ja moninaiset, että edes alhainen kantohinta ei ole saanut teollisuutta hyödyntämään pienpuuta lähellekään siinä määrin kuin raaka-ainevarat olisivat mahdollistaneet. Erityisesti ensiharvennusrästien määrä kasvaa jatkuvasti. Valitettavana seurauksena tästä on tukkipuun kertymän ja puuston keskikoon pieneneminen tulevaisuudessa. Metsänhoidolliset suositukset edellyttävät ensiharvennusten määräksi yli 200 000

ha/a, mutta vuotuinen toteutuma on ollut vain 100 000 ha/a 1990-luvulla. Ensiharvennusten tarve on suurin Suomen eteläosan männiköissä. Kahdeksannen valtakunnan metsien inventoinnin (1986 - 1992) mukaan ensiharvennusten tarve on maan eteläosan mäntyvaltaisissa metsissä 100 000 ha/a ja muiden puulajien vallitsemissa metsissä 60 000 ha/a. Vuotuinen ensiharvennuskertymä olisi vastaavasti 7,8 milj. m³/a, josta mäntyä 4,0 milj. m³/a ja muita puulajeja 3,8 milj. m³/a (Hakkila ym. 1995). Harvennuspuun käyttömahdollisuuksista on koko maassa yli puolet hyödyntämättä.

Tulevaisuudessa harvennuspuun ja muun pienpuun käyttöä on lisättävä teollisuudessa mm. lisääntyneestä metsien suojelusta ja kattavaan puunmyyntituloverotukseen siirtymisestä seuraavan päätehakkupuun tarjonnan vähenemisen vuoksi, erityisesti aikavälillä 2005 - 2025 (esim. Boren 1999). Kemiallinen metsäteollisuus ei ole kuitenkaan löytänyt toivottuun tahtiin erityisen kannattavia käyttökohteita ensiharvennuspuulle. Nuoresta kuusesta voidaan valmistaa hioke- ja hierrepohjaisia paperilaatuja, joissakin tapauksissa harvennuskuusi on jopa päätehakkukuusta sopivampaa paperin raaka-ainetta. Vaikeimmat käyttökohdeongelmat ovat suurimmassa ensiharvennusten raaka-ainereservissä, männyssä. Toistaiseksi on pystytty osoittamaan soveltuvaa käyttöä lähinnä pehmopaperien valmistuksessa ja mahdollisesti koivuisen lyhytkuitusellun korvaajana hienopapereissa.

Lastu- ja kuitulevyteollisuutta ei voida pitää enää potentiaalisena pienpuun käyttäjänä, koska raaka-aine on käytännössä kokonaan sahojen ja vaneritehtaiden sivutuotteita. OSB- ja MDF-levytehtaat olisivat sinänsä

huomattavia pienpuun käyttäjäehdokkaita, mutta investoinnit kotimaassa näille teollisuuden aloille lienevät epätodennäköisiä. Uudet insinööripuutuotteet ja puun ja muiden materiaalien yhdistelmäkomposiitit voisivat myös olla periaatteessa pienpuun käyttäjiä; puu pitää tällöin muuntaa ensin kuitu-, tikku- tai lastumuotoon. Energiapuun lisäkäyttö saattaa olla jatkossa huomattava pienpuun osoite, ainakin niin kauan kun nuorten metsien kunnostamisen julkinen tuki jatkuu.

Sahojen varsinainen motiivi harvennuspuun käyttöön on huoli tulevaisuuden raaka-aineensa saatavuudesta ja sen laadusta. Sahat tarvitsevat tietoa siitä, voidaanko uhkaava normaalityökin tarjonnan pieneminen korvata jatkossa ja missä määrin harvennusemetsistä saatavissa olevalla raaka-aineella sahauskapasiteetin säilyttämiseksi. Toinen kysymys on, miten harvennuspuuta voidaan hyödyntää tehokkaasti ja kannattavasti sahauskseen ja siihen liittyvään jatkojalostukseen. Sopivat jatkojalostuskohteet ovat myös edelleen paljolti epäselvät. Erityisesti männällä kysyntä on kohdistunut pääasiassa huonekalupuuhun, mutta mahdollisuuksia on myös esim. liimapuu- ja liimahirsiteollisuudessa, rakennusteollisuuden tuoteosissa, sisustus- ja lattiamateriaaleissa sekä piha- ja ympäristörakentamisessa. Kotimaisella jatkojalostusteollisuudella on ajoittain ollut vaikeuksia sopivan sahatavaran saannissa. Jos jatkojalostus lisääntyy lähellekään julkisten kaavavilujen mukaisesti, mahdollisuudet pienpuusta saatavien sahatuotteiden toimituksiin tälle sektorille lienevät varsin hyvät.

2. Harvennuspuun ominaisuudet mekaanisen puunjalostuksen kannalta

Pienpuun käytön ongelmat alkavat heti jalostusketjun alussa. Harvennuksissa poistetaan yleensä metsikön pienimpiä ja huonolaatuisimpia puita, joilla runko-muoto on heikompi kuin päätehakkuista saatavilla järeillä puuilla. Tämän vuoksi harvennuspuut sisältävät ilmeisesti enemmän sahausta ja varsinkin kuivausta ja työstöä haittaavaa lylypuuta kuin päätehakkuupuut (Boren 1999).

Mekaaniseen puunjalostukseen soveltuvia runkoja tai rungon osia on siis vain osa harvennusten hakkuukertymästä. Lisäksi hakkattavien runkojen koko on pienempi kuin päätehakkuissa, jonka vuoksi käsiteltäviä runkoja tilavuusyksikköä kohti on harvennuksissa enemmän. Tämän tekijän merkitys ei ole kuitenkaan nykyisessä konehakuutekniikassa niin suuri kuin on päätelty puhtaiden alaharvennusten tutkimuksissa. Tehtaalle toimitetun harvennuskuitupuun on todettu olevan keskimäärin noin 2 cm paksumpaa kuin mitä on päätelty metsiköiden pystymittaustutkimuksissa ensiharvennusten tietoisesti viivästyttämisen, ajourapuiden tiedostettua suuremman osuuden ja ilmeisesti myös jonkinasteisen yläharvennussuuntauksen vuoksi (Hakkila 2000, Lindblad & Verkasalo 2001). Kun myös kokonaiskertymä on harvennuksissa vain 10 - 50 % päätehakkuun kertymästä, korjuu- ja kuljetuskustannukset ovat harvennuksissa selvästi korkeammat kuin päätehakkuissa. Toisaalta puutavaralajeja on harvennusleimikoissa vähemmän, lajitellun tarve on pienempi ja puuaineksen laatu on ilmeisesti tasaisempi kuin päätehakkuuleimikoissa.

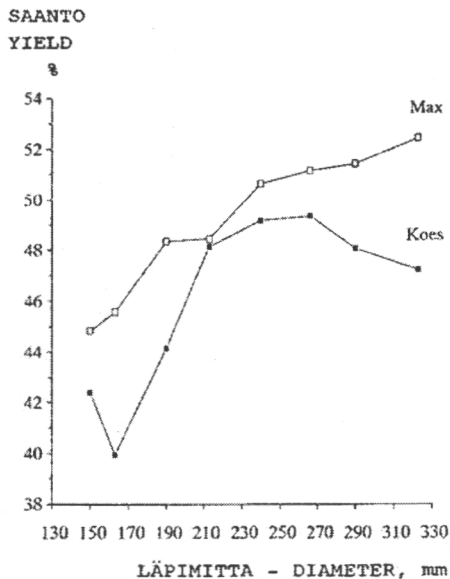
Sahattavan puun läpimitta vaikuttaa olennaisesti sahatavaran saantoon ja laatuun. Hakalan (1992) mukaan latvaläpimitaltaan 15

cm:n mäntyä tarvitaan 2,5 kuutiota yhden sahatavarakuution tuottamiseen eli n. puoli kuutiota enemmän kuin latvaläpimitaltaan yli 20 cm:n mäntyä (kuva 1). Käytännön kokemukset osoittavat käyttösuhteen nousevan tasolle 2,6 - 3,2 sahaustekniikasta riippuen, kun läpimittavaatimusta lasketaan aina 10 cm:iin. Pieni rungon koko ja sahaussaanto alentavat yhdessä pienpuun sahauskeen tuottavuutta verrattuna järeämpään puuhun. Kuvassa 2 on Hakalan (1992) tulos sahaustehon (m^3/h) kasvusta mäntytukin kuorellisen latvaläpimitan mukaan. Läpimitan kasvaessa 15 cm:stä 21 cm:iin sahausteho lisääntyi yli $10 m^3/h$ tutkimuksessa käytetyllä kehäsahalla. Pienpuusta saatavat pienet sahatavaradimensiot eivät myöskään ole markkinoilla halutuimpia.

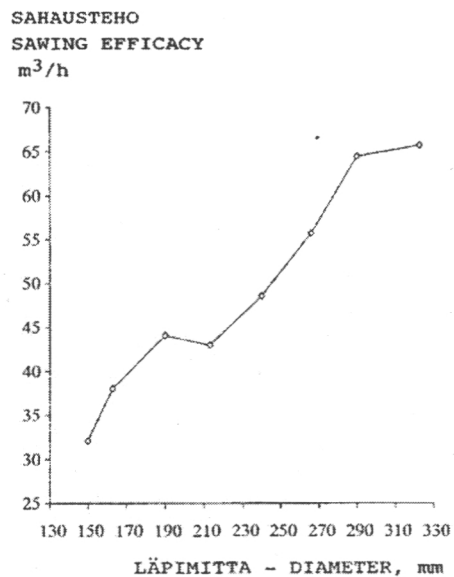
Kokonaisuutena pienpuun sahaus on nykyisin pääsääntöisesti kannattamatonta toimintaa sahoille. Useat sahat kuitenkin käyt-

tävät pienpuuta, sillä sen sahaus tuottaa vähemmän tappiota kuin sahaamatta jättäminen. Hakalan (1992) mukaan pienimmän sahauskeen hyväksytyyn latvaläpimitan nostaminen kohotti sahan vuositulosta ainoastaan silloin, kun tuotantoaika säilyi ennallaan eli muiden läpimittaluokkien tukkeja sahattiin vastaavasti enemmän. Tämä ei kuitenkaan ole mahdollista nykyisessä puumarkkinatilanteessa eikä myöskään lähitulevaisuudessa, ainakaan suuremmilla sahoilla, elleivät sahat siirry sahaamaan enenevästi myös järeää tuontipuuta.

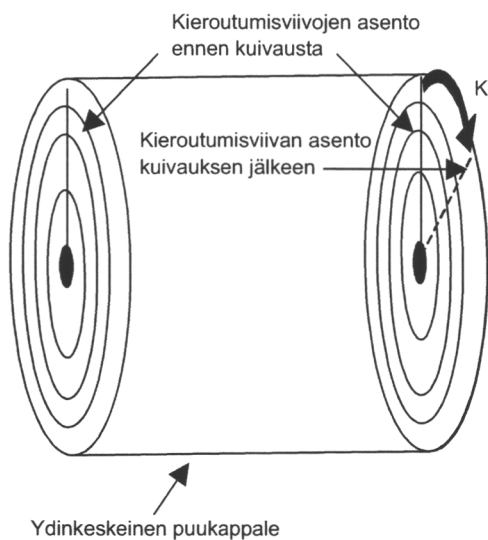
Nuorpuu on puun ytimen lähellä oleva puuaine (5...25 ensimmäistä vuosirengasta ytimestä laskien), jonka solujen rakenne poikkeaa haitallisesti ytimestä kauempana olevien solujen rakenteesta (esim. Haygreen & Bowyer 1989). Sauterin ym. (1999) tutkimuksessa havaittiin männyllä nuorpuuta keskimäärin 22 ensimmäisessä vuosirenkaassa. Pienpuulla ja



Kuva 1. Kehäsahalla tehdyn koesahauksen saanto (Koes) ja sahaussimulaattorilla laskettu tukin edullisimman asetteen mukainen saanto (Max) mäntytukin kuorellisesta tilavuudesta latvaläpimitan mukaan (Hakala 1992).



Kuva 2. Mäntytukin sahausteho (m^3/h) kehäsahalla tukkien kuorellisen latvaläpimitan mukaan (Hakala 1992).



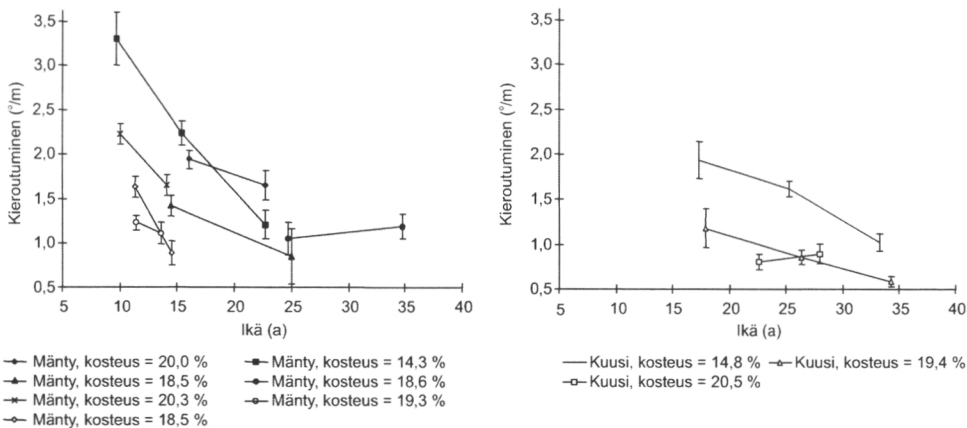
Kuva 3. Ydinkeskeisten mänty- ja kuusiaihioiden kieroutumisen mittausta, K = kieroutuminen (%/m) (Boren 2001).

pienpuusta sahatuilla pienidimensioisilla sahatavarakappaleilla nuorpuun osuus tilavuudesta on siis suurempi kuin järeästä puusta sahatuilla. Vanhemmiten männyllä ja kuusella muodostuu sydänpuuta ytimen läheisyyteen, jossa siis on nuorpuuta. Sydänpuun muodostumisella voi olla kuivausmuodonmuutoksia hillitsevä vaikutus, koska mm. sydänpuun tasapainokosteus on alhaisempi kuin pintapuun.

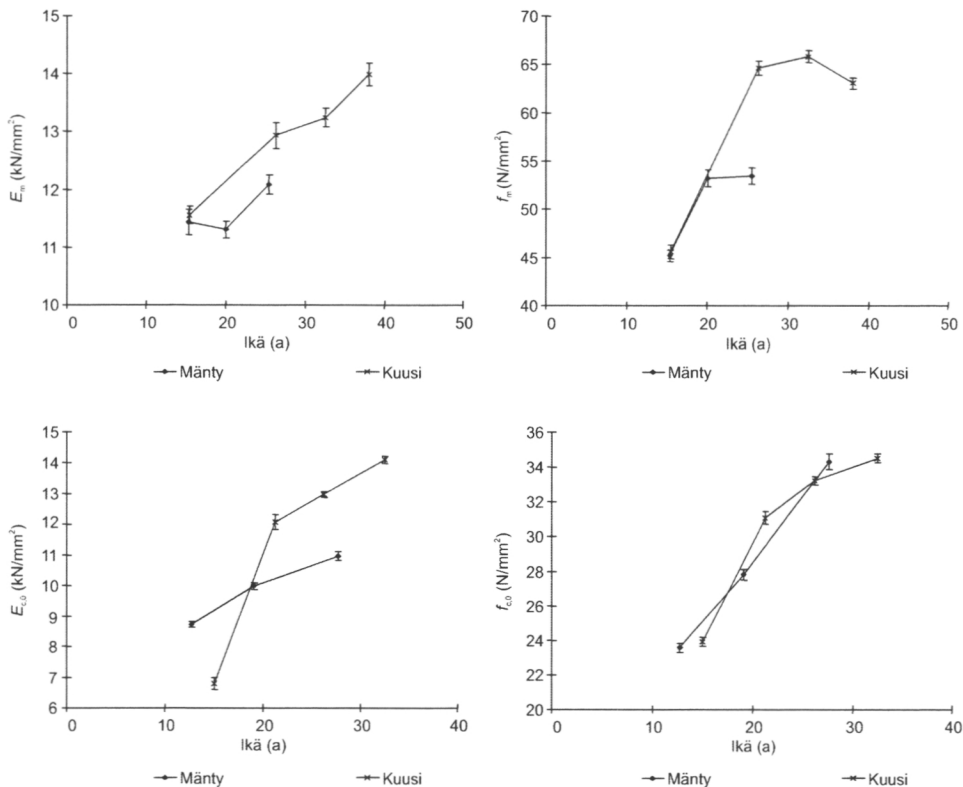
Nuorpuun soluseinämiä mikrofibrillikulma on loivempi kuin normaalilla puuainella, jonka vuoksi nuorpuu kutistuu pituus suunnassa jopa 10 kertaa enemmän kuin normaali puuaine (Senft ym. 1986). Tämän vuoksi pienpuun suuri nuorpuuosuus lisää sen elämistä ja kuivauksessa tapahtuvia muodonmuutoksia. Kuvissa 3 ja 4 on esitetty Borenin (2001) ydinkeskeisten mänty- ja kuusiaihioiden kieroutumisen mittausta menetelmä ja tulokset. Sekä männyllä että kuusella havaittiin kieroutumisen olevan voimakkainta, keskimäärin jopa kaksi kertaa suurempaa alle 20-vuotiailla ydinkeskeisillä aihioilla kuin niitä vanhemmilla.

Bendtsenin (1978) mukaan nuorpuun lujuus voi olla alhaisemman tiheyden vuoksi jopa 50 % pienempi kuin normaalin puuaineen. Kuvassa 5 on esitetty Borenin (2001) taivutus- ja puristuslujuuskokeiden tulokset sorvatuille mänty- ja kuusiaihiolle 12 prosentin kosteudessa. Iällä oli positiivinen vaikutus kaikkiin mitattuihin ominaisuuksiin eli taivutuskimmokertoimeen (E_m) ja -lujuuteen (f_m) sekä puristuskimmokertoimeen ($E_{c,0}$) ja -lujuuteen ($f_{c,0}$). Testatun männyn ja kuusen taivutuslujuus vastasi normaalin suomalaisen sahatavaran taivutuslujuutta. Alle 20-vuotiailla männyillä ja kuusilla havaittiin myös mekaanisten ominaisuuksien, etenkin kimmokertoimen, normaalia voimakkaampi riippuvuus kosteudesta eli pieniläpimittaisen puun mekaaniset ominaisuudet heikkenivät kosteuden kasvaessa tavallista voimakkaammin. Koska kimmokertoimen arvo riippui voimakkaasti puun iästä ja kosteudesta, koneellisessa lujuuslajittelussa, jossa lajitteluperusteena on kappaleen kimmokerroin, saanto parhaisiin lujuusluokkiin on todennäköisesti pieni lajiteltaessa pieniläpimittaisesta puusta sahattua pienidimensioista puutavaraa. Tämä on sahattu ytimen läheltä, joten se sisältää paljon nuorpuuta.

Puuaineen kuiva-tuoretiheys on ensiharvennuksella alhaisempi kuin muista hakkuista saatavalla puulla. Hakkilan (1968) mukaan se on koko maassa ensiharvennuksella 395 kg/m³, mäntykuitupuulla keskimäärin 407 kg/m³ ja mäntysahanhakkeella vastaavasti 435 kg/m³. Hakkilan (2000) uusien tulosten mukaan kuiva-tuoretiheys on Etelä-Suomessa mäntykuitupuulla ensiharvennuksissa 398 kg/m³ (tyvipölkkyt 408 kg/m³, muut pölkkyt 374 kg/m³) ja kuusikuitupuulla ensiharvennuksissa 376 kg/m³ (tyvipölkkyt 375 kg/m³, muut pölkkyt 378 kg/m³) ja muissa harvennuksissa 396 kg/m³ (tyvipölkkyt 403 kg/m³, muut pölkkyt 394 kg/m³).



Kuva 4. Ydinkeskeisten mänty- ja kuusiaihioiden kieroutuminen iän suhteen (Boren 2001).



Kuva 5. Pyöreän männyn ja kuusen taivutuskimmokertoimen (E_m) ja -lujuuden (f_m) sekä puristuskimmokertoimen ($E_{c,0}$) ja -lujuuden ($f_{c,0}$) riippuvuus iästä 12 prosentin kosteudessa (Boren 2001).

3. Harvennuskannan ja sahauskehittämisen

Useilla sahoilla sahataan nykyisin harvennuskannat ja pienpuun ensimmäiset tutkimusluonteiset koesahaukset lienee tehty jo 1980-luvulla. Harvennuskannasta saadun sahatavaran oksikkuuslaatu on vaihdellut suuresti, mutta paras laatu on saatu yleensä hyväkasvuisista harvennuskannista. Myös Borenin (2001) tutkimustulokset antoivat viitteitä siitä, että rungon sisäinen terveoksisuus olisi suurinta hyväkasvuisilla harvennuskannilla. Useimmilla sahoilla ei ole kuitenkaan riittävän tarkkaa tietoa siitä, miten erilaiset harvennuskannat soveltuvat niiden raaka-aineeksi ja millä tavalla harvennuskannat tulisi katkoa ja sahata parhaimman tuloksen saavuttamiseksi. Lisätiedon tarve asiasta on ilmeinen.

Käyttämällä normaalia lyhyempiä tukkipituksia (2,4...3 m) terveoksaisten, sahauskelpoisten männytukkien määrä (m³/ha) todennäköisesti kasvaisi erityisesti viljavilla kasvupaikoilla, sillä moniväärät ja mutkaiset rungot voidaan tällöin katkoa totuttua tarkemmin sahatukeiksi. Taulukossa 1 esitetään Stödin (2000) tulokset ensiharvennuskannan ulkoisesta terveoksaosuudesta Itä-Suomessa metsätyyppittäin, jotka on laskettu elävän latvuksen alarajasta 9 cm:n läpimitan sijaintikorkeu-

teen asti. Lisäksi siinä on esitetty eri vikojen esiintyminen prosentteina ensiharvennuskannan runkoluvusta. Viljavilla harvennuskannatyleimikoilla, joilla terveoksaosuus on suurin, on myös suspuiden ja runkovikojen, kuten tyvilenkouden ja monivääräyden, osuus suurin. Tämä pienentää leimikolta kertyvän sahauskelpoisen puutavaran määrää ja kasvat-
taa vastaavasti kuitupuun määrää.

Nykyistä lyhyempien tukkipituksien käyttöön liittyvät seuraavat oletukset ja ongelmat, joihin tutkimuksen ja tuotekehityksen tulee perustua ja jotka tulee myös pyrkiä ratkaisemaan:

- Tukkipuun kertymä harvennuskannissa kasvaa, koska moniväärät, mutkaiset ja vikaiset rungot voidaan katkoa nykyistä tarkemmin sahatukeiksi.
- Tukin minimipituuden alentaminen 2,4 metriin ei vaikuta olennaisesti hakkuun ja kuljetuksen kustannuksiin.
- Tukkien lajittelu on nykytekniikalla hidasta suuren kappalemäärän vuoksi.
- Tukkiäly on suuren kappalemäärän vuoksi sahalinjalla nykyistä enemmän, jolloin sahan tuottavuus pienenee.

Taulukko 1. Terveoksaosuus ja eri vikojen esiintyminen prosentteina ensiharvennuskannissa Itä-Suomessa metsätyyppittäin (Stöd 2000).

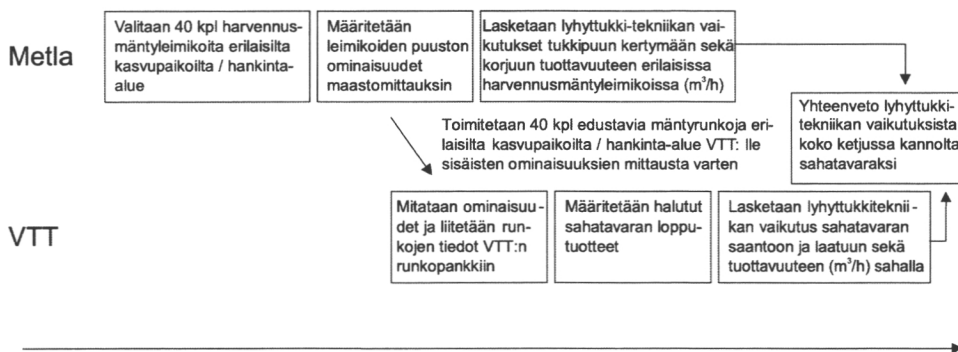
Vikaisten runkojen osuus, %	OMT	MT	VT
Moniväärä	74,6	70,0	65,6
Mutkainen	21,9	13,5	8,4
Tyvilenko	15,4	29,6	24,8
Lenko	22,9	38,1	18,4
Ranganvaihto	33,8	21,1	25,1
Poikaoksa	17,4	12,1	7,6
>30 mm:n oksa	7,5	6,7	7,1
Muut viat	7,0	2,2	3,9
Terveoksaosuus, m	2,8	1,9	1,2

- Sahaus vakioasetteella (sis. tehokkaan lajittelun) ilman suuria tukkivälejä on tehokkaampaa kuin vaihtuva-asetteinen sahaus ilman lajittelua.
- Kapenemisen, lenkouden, mutkien ja monivääryyden aiheuttama sahauksen saannon pieneneminen ei ole lyhyillä tukeilla yhtä voimakasta kuin pitkillä tukeilla.
- Nykyisten sahauslinjojen perässä olevien lajittelulinjojen kapasiteetti ei riitä – on kehitettävä lyhyille kappaleille soveltuva sahalaitoksen jälkipää.
- Perinteisten kuivaamojen kapasiteetti saattaa joissakin tapauksissa alentua tukin lyhentyessä. Uusia kuivauspakettiratkaisuja tarvitaan.
- ”Pienpuulinjalla” sahataan vain pikkutukkeja, joista saadaan vain kaksi samankokoista sahatavarakappaletta, mikä mahdollistaa kapasiteetiltaan nykyistä suuremman sahalaitoksen jälkipään.

Tavanomaista lyhyempien tukkipituuksien käytön vaikutukset tukkikertymään ja

korjuun tuottavuuteen on tarpeellista määrittää erilaisissa harvennusmäntyleimikoissa sekä tutkia sahatavaran saanto ja laatu sekä sahauksen tuottavuus ja kannattavuus (sis. tukkien lajittelun ja sahauksen, tuoreen sahatavaran lajittelun ja kuivauksen, kuivan sahatavaran lajittelun ja paketoinnin). Lisätietoja tarvitaan myös harvennuksessa poistettavien runkojen ulkoisen ja sisäisen oksikkuuden yhteydestä, jotta harvennumännyn katkontaohjeet voidaan tarvittaessa tarkistaa. Sisäinen terveoksaosuus alkaa männyllä tutkimusten mukaan huomattavasti latvusrajan alapuolelta (Kärkkäinen 1980, Uusitalo 1994, Verkasalo ym. 1999).

Kuvattu kysymyksenasettelu tuottaa tietoa nykyistä lyhyempien tukkipituuksien vaikutuksesta erilaisten harvennusmäntyleimikoiden soveltuvuuteen sahauksessa sekä sellaisten harvennumänniköiden ominaisuudet (uudistamistapa, kasvupaikka, kasvunopeus jne.) ja valintakriteerit, joita sahateollisuus voi kannattavasti hyödyntää joko nykyisillä tuotantomenetelmillä tai lyhyemmillä tukkipituuksilla. Kuvassa 6 on kuvaus vuonna 2000 käynnistyneen hankkeen ”Harvennumännyn hankinnan ja sahauksen kehittäminen” tutkimustyön eri vaiheista ja työnjaosta (Boren 1999). Hankkeen toteuttavat Metlan Joensuun



Kuva 6. Ehdotus erilaisten harvennumänniköiden soveltuvuutta sahaukseen ja tukkipituuden vaikutuksia koskevan tutkimuksen sisällöstä ja tehtäväjaosta (Boren 1999).

tutkimuskeskus ja VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, jotka ovat tehneet aikaisemminkin asiaan liittyviä tutkimuksia. Hankkeen tuloksia on julkaistu eri yhteyksissä vuosina 2001 - 2002 (Wall 2001, 2002).

Metla tutkii lyhyiden tukkipituuksien vaikutukset tukkipuun kertymään ja korjuun tuottavuuteen erilaisissa harvennusmäntyleimikoissa sekä mittaa ja valitsee koehausrungot yhteistyössä sahojen kanssa. VTT määrittää ja liittää runkopankkiinsa koehausrunkojen sisäiset ominaisuudet (geometria, oksikkuus), jonka jälkeen tutkitaan lyhyiden tukkipituuksien vaikutukset sahatavaran saantoon ja tuottavuuteen simuloimalla.

Tutkimuksesta hyötyvät erityisesti pksahat, joilla on itsenäinen puunhankinta, sillä ne voivat ohjata puunhankintansa parhaiten haluamiinsa metsiköihin. Myös muut sahat hyötyvät, sillä tutkimus tuottaa tietoa tulevaisuuden investointipäätöksiä varten siitä, miten nykyistä lyhyempien tukkipituuksien käyttö vaikuttaa sahan kannattavuuteen. Lisäksi tutkimuksen tulokset tuovat puunjalostusteollisuuden eri osapuolien käyttöön uudenlaista tietoa harvennusmänniköiden puun laadusta sekä mekaanisessa jalostuksessa hyödynnettävissä olevan harvennuspuun määristä erityyppisissä metsissä. Harvennusmännyn apteeraus- ja lajitteluohjeita voidaan myös tarkistaa tutkimuksen tulosten perusteella. Suomalaiset puunjalostusyrietykset voivat täten ohjata harvennuspuun entistä tarkemmin eri jalostusprosesseihin. Kiinnostus harvennuspuun käyttöön muutoinkin kuin raaka-aineena kuiduttavassa teollisuudessa todennäköisesti kannustaisi metsänomistajia tekemään nykyistä enemmän ensiharvennuksia ja huolehtimaan taimikonhoidosta. Näillä toimenpiteillä on ensiarvoinen merkitys laadukkaan tukan saannille tulevaisuudessa. Metsänomistajille ja puunmyyjille harvennuspuun

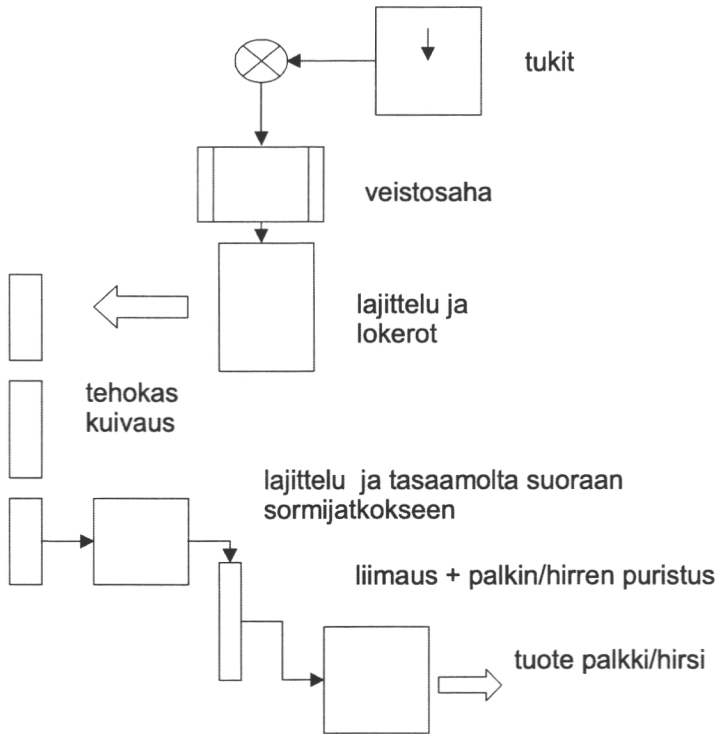
lisäkäyttö mekaanisessa puunjalostuksessa tuo lisää puunmyyntimahdollisuuksia ja -tuloja.

Tutkimus tuottaa tietoa myös metsänhoidon menetelmien ja ympäristöolojen (uudistamistapa, kasvupaikka, hankinta-alue, jne.) vaikutuksista ensiharvennuspuun tekniiseen laatuun. Tulosten perusteella voidaan mahdollisesti kehittää metsänhoito-ohjeita harvennusvaiheessa korjattavan laatupuun tuottamiseksi. Lisäksi voidaan ennustaa tulevaisuuden tukkiraaka-aineen määrää ja saatavuutta laadullain.

4. Liimapuupalkkien ja -hirsien valmistus harvennusmännystä ja -kuusesta

Liimapuupalkin ja -hirren valmistus harvennuspuusta tulee useissa yrityksissä ajankohitaiseksi lähitulevaisuudessa, sillä järeiden tukkien saatavuus on heikkenemässä. Massiivisia liimapuupalkkeja käytetään rakennuksissa sekä kantavissa rakenteissa että arkkitehtuurisissa kohteissa. Palkit voivat olla rakennuksessa näkyvissä tai piiloon jäävissä osissa ja ne voidaan myös peittomaalata. Kaikki kantavissa rakenteissa käytettävät liimapuupalkit tehdään lujuuslajitellusta sahatavarasista. Pienpuun lujuusominaisuudet eivät välttämättä ole riittävän hyviä kantavien liimapuupalkkien valmistukseen. Tämän vuoksi olisi tutkittava myös ei-kantavien liimapuupalkkien sekä liimahirsien valmistusta pienpuusta. Liimahirsi on yleistymässä hirsitalojen rakennusmateriaalina, sillä liimahirsi elää massiivipuuhirttä vähemmän eikä juuri halkeile. Liimahirsille ei ole asetettu lujuusvaatimuksia.

Yksi mahdollisuus pienpuun kannattavaan sahaukseen on tehokkuuden lisäys erikseen pienpuun sahaukseen soveltuvalla tuo-



Kuva 7. Luonnos liimapuupalkki- ja liimahirsituotannon linjaratkaisusta (Boren 1999).

tantolinjalla, jonka yhteyteen rakennetaan liimapuupalkin ja -hirren valmistuslinja. Pieniläpimittaisesta männystä ja kuusesta ei saada normaaleja liimapuupalkeissa ja -hirsissä käytettäviä sahatavaradimensioita, vaan palkkia olisi valmistettava 63 - 100 mm leveästä sahatavarasta. Toisaalta liimaamalla useita kappaleita rinnakkain ja päällekkäin voidaan valmistaa myös normaalikokoja järeämpiä palkkeja ja hirsiiä.

Tutkimus, jossa selvitetään pieniläpimittaisesta männystä ja kuusesta valmistettavan liimapuupalkin ja -hirren tuotantoa, käyttökohteita ja markkinoita, antaisi yrityksille tietoja, joiden perusteella ne voisivat tehdä investointipäätöksiä. Hankkeessa tulisi tutkia liimapuupalkki- ja liimahirsituotantoon sopivan raaka-aineen saatavuus, laatia tuotantolinjan kustannus- ja kannattavuusarvio sekä tutkia normaalia pienemmän liimapuupalkin

ja -hirren markkinoita sekä etsiä markkinointikanavia mm. EU-maihin. Tulisi suunnitella tuotantolinja, joka on tehokas, jatkuvatoiminen ja sekä kantavan liimapuupalkin että liimahirsien valmistusprosessiin soveltuva. Kuvassa 7 on luonnos liimapuupalkki- ja liimahirsituotannon linjaratkaisusta.

Lisäksi olisi tutkittava käytettävissä olevan raaka-aineen soveltuvuus erilaisten liimapuupalkkien ja -hirsien valmistukseen. Mielienkiintoisia kysymyksiä ovat pieniläpimittaisesta männystä ja kuusesta sahatun puutavaran jakautuminen eri dimensioihin sekä liimapuupalkki- ja liimahirsituotantoon soveltuvien dimensioiden jakautuminen lujuus- ja edelleen laatuluokkiin.

Mikäli normaaleihin liimapuupalkin lujuusluokkiin sopivan sahatavaran saanto on pieni eli on tarve tehdä normaalia alemmaa lujuusluokkaa olevaa palkkia, tulisi arvioida täs-

tä aiheutuvat haittatekijät eri käyttökohteissa. Lisäksi tulisi selvittää, mitä liimapuupalkki-dimensioita tarvitaan eri käyttökohteissa standardin Eurocode 5 mukaan (esim. paloajan ottaminen huomioon).

Teknologisen tutkimuksen tuloksena saadaan tiedot siitä, millaisten liimapuupalkkien ja -hirsien tuotantoon pieniläpimittaisesta männystä ja kuusesta sahattu puutavara soveltuu. Markkinatutkimuksen tuloksena saadaan tieto erilaisten liimapuupalkkien hinta- ja kysyntätilanteesta. Lisäksi saadaan arvio tuotannon käynnistämiseen tarvittavan investoinnin suuruudesta ja sen kannattavuudesta.

Kuusi on valtapuu liimapuupalkkimarkkinoilla, jolloin ongelmana tulee olemaan asiakkaan ennakkoluulojen voittaminen, jos käytetään mäntyä. Toisaalta hirsitaloissa mänty on valtamateriaali. Piha- ja ympäristörakentamiseen mänty soveltuu kuusta paremmin, sillä mänty voidaan kyllästä tehokkaasti. Tällä hetkellä myös harvennuskannan saatavuus on parempi ja hintataso on edullisempi kuin harvennuskannan. Liimapuupalkkien tai -hirsien valmistamiseen pienpuusta tähtäävien hankkeiden suurimmat riskitekijät ovat kova kilpailu ja kilpailukykyisen teknologian korkea hinta.

5. Massiivisten hirsi- ja pyöröpuutuotteiden valmistus pienpuusta

Aitatolppien ja aitojen, erilaisten katosten ja huvimajojen, leikkimökkien, leikkikenttävareustusten, meluvallien, pergoloiden, pyöröpaneelien, puutarhavajojen, viinikeppien jne. valmistus pienpuusta kuorimalla, sorvaamalla ja/tai veistämällä on kasvava pienpuun jalostuksen muoto Suomessa. Valitettavasti kuitenkin Baltian maissa ja Puolassa toimivilla

alan yrityksillä on käytössään edullisempi raaka-aine kuin suomalaisilla. Kuitupuun tehdashinta on esim. Virossa 140 mk/m³, jolloin varsinkin pk-yrittymme hintakilpailukyky ei riitä Keski-Euroopan eikä aina kotimaankaan markkinoilla.

Ympäristörakentamiseen liittyvät tuotteet ovat usein bulkkitavaraa, minkä vuoksi tuotannon ja myynnin katteet ovat pienet. Tarjolla on kuitenkin markkinoita myös laadukkaalle, yksilöllisille, korkeatasoisille ja -hintaistille tuotteille, joiden tuotanto vaatii huipputeknologiaa ja markkinoinnin osaamista.

Borenin ym. (1998) tutkimuksessa pyöröpuutuotteiden markkinoista Englannissa ja Saksassa selvitettiin erityisesti piharakentamisen markkinoita. Sekä englantilaiset että saksalaiset asiakkaat antoivat tuotteista saman kommentin: samanlaista tuotetta (laatua) saa Itä-Euroopasta selvästi halvemmalla kuin Suomesta. Asiakkaat halusivat tavanomaista korkeatasoisempia tuotteita ja olivat myös valmiita maksamaan niistä tavanomaista enemmän. Ongelmina esitellyissä tuotteissa olivat kuivauslaatu ja puun eläminen: englantilainen asiakas olisi halunnut miltei halkeilemattomaa, kuivattua pyöröpuuta sekä aita- että leikkikenttämateriaaliksi, josta he olisivat olleet valmiita maksamaan 1 600 mk/m³ (DDP eli toimitettuna asiakkaalle). Tällä hetkellä englantilaiselle asiakkaalle toimitetaan Uudesta Seelannista ja Etelä-Afrikasta kuuma-kuivattua pyöreää radiatamäntyä, joka täyttää asiakkaan kuivauslaatuvaatimukset. Lisäksi pienestä pyöröpuusta tehty huvimaja kiinnosti asiakkaita, mutta ongelmana oli jälleen pyöröpuupaneelin halkeilu sekä puun eläminen, joka vaikutti mm. rakenteen tiivyyteen sadevettä vastaan ja ikkunoiden toimivuuteen. Kuvassa 8 on Oy GREEN-LIFE Finland Ltd:n pyöröpuutuotteita piharakentamiseen.

Pienpuun eläminen on voimakasta. Kun tästä materiaalista valmistetaan tuotteita, joissa on pieniä ponniteja ym. tarkkoja liitoksia, pienikin kosteuden vaihtelu saattaa aiheuttaa tuotteessa muodonmuutoksia, jotka ovat visuaalisesti havaittavissa ja saattavat heikentää tuotteen toimivuutta. Tuote on joissakin tapauksissa joko kasattava tai paketoitava hyvin heti valmistuksen jälkeen. Myös valmiissa, kasatussa tuotteessa tapahtuu puun elämistä, joka saattaa vaikuttaa mm. ikkunoiden ja ovien toimivuuteen. Tämän vuoksi korkealaatuisia puutuotteita piharakentamiseen, jotka säilyttävät ulkonäkönsä ja toimivuutensa myös vaihtelevissa kosteusolosuhteissa ja kelpaisivat keskieuropalaisille kuluttajille, on vaikea valmistaa perinteisellä tavalla kuivatuista ydinkeskeisistä pienpuuaihioista.

Tutkimustulokset osoittavat, että puun eläminen vaihtelevissa kosteusolosuhteissa saadaan lämpökäsittelyssä pienennetyksi jopa puoleen alkuperäisestä (Viitaniemi ja Lämsä 1996). Myös yritysten kokemusten mukaan kuumakuivaus/lämpökäsittely pienentää elämistä niin paljon, että erilaisten hirsityyppisten aihoiden valmistaminen pienpuusta on

mahdollista siten, että puun eläminen ja halkeilu on jatkossa riittävän pientä. Myös tuotteiden säänkesto parantuisi, jos ne valmistettaisiin lämpökäsittelystä puusta. Puun kuivausta, värjäystä ja kyllästystä pellava- ym. öljyillä on myös tutkittu. Niiden mukaan öljykuivauksella saadaan hyvä kuivauslaatu. Lisäksi puutuotteille ympäristöystävällisellä öljykyllästyksellä saatava 10 - 15 vuoden lahonkesto on erään englantilaisen ympäristörakentamisan yrityksen mielestä riittävän hyvä tuotteen markkinointia ja käyttöä ajatellen, jos tuotteen hinta on vain 10...30 % korkeampi verrattuna CCA-kyllästyksen.

Pienen pyöreän puun käyttö rakennusmateriaalina ja erityisesti sen vienti edellyttää alan standardisoinnin kehittymistä. CEN:in piirissä on käynnistetty yleiseurooppalainen pyöreän puun rakenteellista käyttöä koskevan tuotestandardin valmistelu. VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka on toimittanut standardin valmistelijoille suomalaista tutkimustietoa pieniläpimittaisen pyöreän puun ominaisuuksista (Ranta-Maunus 1999). Lisäksi on valmisteltu puuta rikkomattomien eli NDT-menetelmien käyttöönottoa pyöreän puun



Kuva 8. Oy GREEN-LIFE Finland Ltd:n markkinoimia suomalaisia pyöröpuutuotteita piharakentamiseen.

lujuuden testauksessa. Menetelmä tarjoaa onnistuessaan yksinkertaisen tavan pyöreän puun lujuuslajitteluun. Aktiivinen osallistuminen standardisointiin edistäisi pienpuun käytön lisääntymistä rakennusteollisuudessa.

Panostamalla tehokkaaseen tuotantoteknologiaan ja/tai uusiin menetelmiin, jotka parantavat puun lahon- ja säänkestoa sekä vähentävät puun elämistä ja halkeilua, voidaan harvennuspuusta valmistaa korkealaatuisia ja -hintaisia massiivisia hirsi- ja pyöröpuutuotteita piha- ja ympäristörakentamiseen. Suomessa on myös etunaan tiukkasyinen ja luja raaka-aine verrattuna esim. Baltian raaka-aineeseen, jota etua tulisi hyödyntää mm. markkinoinnissa. Suomalaisen harvennuspuun lujuutta voitaisiin hyödyntää markkinoinnissa jopa Keski-Euroopan viiniköynnösten tukikeppimarkkinoilla, sillä tukikeppien tulee kantaa raskaita kuormia jopa kolme vuosikymmentä.

Kirjallisuus

- Bendtsen, B. A. 1978. Properties of wood from improved and intensively managed trees. *Forest Products Journal* 28 (10): 61–72.
- Boren, H. 1999. Pienpuun käytön lisääminen mekaanisessa puunjalostusteollisuudessa. Esiselvityksen loppuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 761. 58 s.
- 2001. Factors affecting the knottiness, twisting and mechanical properties of round and sawn timber of Scots pine (*Pinus sylvestris*) and Norway spruce (*Picea abies*) from thinnings in Southern Finland. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 807. 164 s.
- & Kärki, T. & Lindblad, J. 1998. Pyöröpuutuotteiden markkinat Englannissa ja Saksassa. Joensuun yliopiston metsätieteellisen tiedekunnan tiedonantoja 72. 34 s.
- Hakala, H. 1992. Mäntytukkien sahausksen järeyden mukainen taloudellinen tulos ja siihen vaikuttavia tekijöitä. *Acta Forestalia Fennica* 226. 74 s.
- Hakkila, P. 1968. Geographical variation of some properties on pine and spruce pulpwood in Finland. *Seloste: Eräitten mänty- ja kuusipaperipuun ominaisuuksien maantieteellinen vaihtelu Suomessa*. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 66 (8): 1–60.
- 2000. Kuitupuun laadun vaihtelu ja lajitteluperusteet. Harvennuspuun jalostusketju. Metsäteho Oy:n seminaari. Tikkurila. 8.-9.2.2000. Esitelmäkalvot. 30 s.
- & Kalaja, H. & Saranpää, P. 1995. Etelä-Suomen ensiharvennusmänniköt kuitu- ja energialähteenä. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 582. 93 s.
- Haygreen, J. G & Bowyer, J. L. 1989. *Forest Products and Wood Science*. Second Edition. Iowa State University. 500 s.
- Kärkkäinen, M. 1980. Mäntytukkirunkojen laatuluokitus. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 96(5): 1–152.
- Lindblad, J. & Verkasalo, E. 2001. Teollisuus- ja kuitupuuhakkeen kuiva-tuoretiheys ja painomittauksen muuntokertoimet. *Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia* 3/2001: 411–431.
- Maa- ja metsätalousministeriö. 1988. Ensiharvennustyöryhmän muistio. Työryhmämuistio 1988:27. 57 s.
- Ranta-Maunus, A. (toim.) 1999. Round small-diameter timber for construction. Final report of project FAIR CT 95-0091. VTT publications 393. 191 s. + liitteet 19 s.
- Sauter, U. H. & Mutz, R. & Munro, B. D. 1999. Determining juvenile-maturewood transition in Scots pine using latewood density. *Wood and Fiber Science* 31 (4): 416–425.

- Senft, J. F. & Quanci, M. J. & Bendtsen, B. A. 1986. Property profile of 60-year-old Douglas-fir. Julkaisussa: Juvenile wood – What does it mean to forest management and forest products? Journal of the Forest Products Research Society, Proceedings 47309.
- Stöd, R.-M. 2000. Ensiharvennuskuusikoiden ja -männiköiden ulkoinen laatu ja pyöreän rakennuspuun kertymä. Metsäteknologian ja puutalouden pro gradu. Joensuun yliopisto. Metsätieteellinen tiedekunta. 67 s. + liitteet 18 s.
- Uusitalo, J. 1994. Sahatavaran laadun ennustaminen mäntytukkirungoista. Helsingin yliopiston metsävarojen käytön laitos. Julkaisu 3. 53 s.
- Verkasalo, E. & Kaikkonen, V. & Laivamaa, M. 1999. Terveoksainen latvatukki täyteen hyötykäyttöön – Huonekalu- ja puusepänpuuta saadaan männiköistä enemmän kuin on tiedetty. Puumies 44(1): 17–19.
- Viitaniemi, P. & Lämsä, S. 1996. Puun modifiointi lämpökäsittelyllä. VTT Julkaisuja 814. 57 s.
- Wall, T. 2001. Havupienpuun kertymät ja laatu erityyppisissä hakkuukohteissa. Julkaisussa: Riekkinen, M. & Kärki, T. & Verkasalo, E. (toim.). Pienpuun käytön uudet haasteet. Seminaaripäivän esitelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 823: 25–28.
- 2002. Havupienpuun käytön haasteet ja harvennusmännyn sahaus. Julkaisussa: Riekkinen, M. & Verkasalo, E. (toim.). Itä-Suomen puunlaatu ja -käyttö. Tutkimuspäivä Kuopiossa 23.10.2001. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja (painossa).

Hoidetun ja hoitamattoman männyn laatu päätehakuvaiheessa

Aili Tuimala

*Metsäntutkimuslaitos
Vantaan tutkimuskeskus*

1. Johdanto

Mänty on valopuu, jonka hyvinvointi on riippuvainen valotilasta. Taimivaiheessa se selviää tiheässäkin kasvuasennossa, kun yläpuolella on vapaata valotilaa. Metsikön kasvaessa valotila vähenee ja pisimpien puiden latvukset alkavat yhä voimakkaammin varjostaa lyhyempien puiden latvuksia, joista alkaa nopeasti kuolla oksia valon puutteeseen. Latvus muuttuu ensin eri puolilta litistyneeksi, myöhemmin tupsumaiseksi ja harvaksi.

Mikäli kyse on karun maan nuoresta männiköstä, osa varjostuneista puista kuolee pystyyn ja metsikkö harventuu jonkin verran itsestään. Luonnontilaan jätetty taimikko pysyy männikkönä vain karuimmilla mailla, yleisimmin Pohjois-Suomessa. Etelämpänä hoidotta jääneessä taimikossa männyn kanssa kilpailevat koivut ja varjoa sietävät kuuset ja metsikkö muuttuu pikku hiljaa ryteikköiseksi. Ylimpänä on epätasaisessa kasvuasennossa isolatvuisia mäntyjä, koivuja ja kuusia. Niiden alla oleva puusto on varsin erikoista ja alimpana on runsaasti kituvia kuusia, kuolevia tai kuolleita mäntyriukuja ja koivupiiskoja. Kuolleitten tai myrskyn kaatamien runkorykelmien paikalle voi syntyä uusia taimia, mutta osa vanhimmista puista pysyy pystyssä pitkään ja metsikkö pysyy epätasaisena. Maanpintakasvillisuus puuttuu tiheimmistä paikoista. Nykyisin metsäpalojen syttyminen pyritään estämään ja alkaneet pa-

lot sammutetaan tehokkaasti, joten hoitamattomassa metsikössä ei tapahdu uudistumista aitojen luonnonmetsien tapaan. Nykyaikana hoitamatta jätetty metsä ei vastaa luonnontilaista metsää, jos hoitamattomuudella halutaan siihen pyrkiä.

Tässä case-tutkimuksessa tarkastellaan mäntyjä Bromarvin kunnassa sijaitsevalla Metsäntutkimuslaitoksen Solbölen kokeilualueeseen kuuluvalla rehevällä kankaalla kasvavassa, luontaisesti syntyneessä sekametsässä, jossa on vuonna 1930 perustettuja koealoja. Koealoilla on tutkittu miten metsänhoito, lähinnä harvennukset vaikuttavat puuston kehittymiseen. Laatutekijöistä on kuvattu puiden koko ja kuolleitten runkojen määrä. Kun koealat ”löytyivät” ja puita voitiin myös kaataa, voitiin rungoista mitata paljon enemmän puun laatua kuvaavia tekijöitä.

Kokeen perustamisen aikaan metsänhoito oli Suomessa vielä lapsenkengissään eikä metsäteollisuuden massiivisesta raaka-ainetarpeesta tai tulevista, mitä moninaisimmista raaka-aineelle asetettavista laatuvaatimuksista ollut tietoa. Koealaparit on hyvä esimerkki metsänkasvatuksen aikajänteestä, sillä tämäntyyppisiä, ensimmäisen maailmansodan aikoihin syntyneitä villimetsiä ovat valtaosin olleet metsät, joita tähän päivään asti on syötetty sahoille ja sellutehtaisiin.

2. Koealaparin kuvaus

Metsikkö, johon koealat perustettiin, oli luontaisesti syntyneitä mänty-kuusi-koivu-sekametsää. Männyn taimet olivat koetta aloitettaessa 15-vuotiaita ja kuuset 17-vuotiaita.

Alikasvoksessa runsaana esiintyvän koivun taimien ikää ei mainita. Metsätyypiksi on merkitty OMT, oikeampi olisi ehkä MT+ tai MT.

Vuoteen 1953 mennessä oli koealalla 1 yhteensä 96 järeää mäntyä ja 12 kuusta, joiden $D_{1,3}$ oli 20+ cm ja koealalla 2 yhteensä 10 järeää koivua ja 10 järeää kuusta, joissa $D_{1,3}$ oli yli 20 cm.

Laatututkimuksen koepuiden valitsemiseksi tehtiin kummallekin koealalle/ koealan vaipalle ympyräkoeala v. 1997. Hoitamattomalla ympyräkoevalalla puuston runkoluku oli 2000 runkoa / ha (taulukko 1) ja hoidetulla 487 runkoa / ha (taulukko 2). Hoitamattomassa metsikössä männyn osuus runkoluvusta oli

26 %, kuusen 50 % ja koivun 18 %, loput 6 % olivat pystyssä olevia kuolleita puita. Hoidetussa metsikössä puulajisuhteet olivat vastaavasti mänty 35 %, kuusi 35 %, koivu 28 % ja pystyyn kuolleet 2 %. Koepuiksi otettiin vain mäntyjä. Puista mitattiin rungon kokoa ilmentäviä tunnuksia ja männyn ulkoista laatua kuvaavia oksikkuustunnuksia. Puuaineen ominaisuuksista määritettiin mm. kuiva-tuoretiheys, kosteus, lustonleveys sekä luston kevät- ja kesäpuuosuus.

Taulukko 1. Hoitamaton koeala, mittaustiedot 1930 - 1997.

Vuosi	Ikä	Puulaji	Runko- luku	Lpm. ka. cm	Kuoll. luku	Lpm. cm/ kuolleita %	Elävät luku	Lpm. cm/ Valtapit. m
1930	15	Mänty	2850	6,0	-	-		5
	17	Kuusi	1608	5,2				5
	?	Koivu	3792	1,9				4
		Yht.	8250					
1939	24	Mänty	2706	11,0			2706	9
	26	Kuusi	4512	7,8			4512	10
	?	Koivu	5556	5,1			5556	9
		Yht.	12774				12774	
1947	32	Mänty	2706	13,8	1008	5,3 37%	1698	14,3 13,3
	34	Kuusi	4215	10,7	1398	3,7 31%	3114	11,0 13,5
	?	Koivu	5556	7,5	3474	1,5 63%	2082	8,2 13,0
		Yht.	12774		5880		6894	
1953	38	Mänty	1698	15,9	384	12,7 23%	1314	16,2 15,0
	40	Kuusi	3114	12,2	66	8,5 21%	3048	12,2 15,0
	40	Koivu	2082	9,8	246	3,6 12%	1836	9,9 14,5
		Yht.	6894		696		6198	
1997	82	Mänty	611		100	17,8 16%	511	25,6 26,9
	?	Kuusi	1011		11	7,6 1%	1000	11,3 25,6
	?	Koivu	377		11	8,3 3%	366	16,7 25,6
		Yht.	1999		122		1877	

Taulukko 2. Hoidettu koeala, mittauksien tiedot 1930 - 1997.

Vuosi	Ikä	Puulaji	Runko- luku	Lpm. ka. cm	Poist. luku	Lpm. cm/ poistettu %	Elävät luku	Lpm. cm/ Valtapit. m
1930	15	Mänty	3120	6,0	310	10,8 10%	2810	5,5 5
	17	Kuusi	2455	5,7	125	9,0 5%	2330	5,3 6
	?	Koivu	2130	2,5	405	2,3 19%	1725	2,6 5
		Yht.	7705		840		6865	
1939	23	Mänty	2880	9,4	1440	10,8 50%	1440	8,0 8
	26	Kuusi	4750	8,1	205	10,6 4%	4545	8,0 9,5
	?	Koivu	3160	5,9	1835	5,5 58%	1325	6,1 9
		Yht.	10790		3480		7310	
1947	32	Mänty	1440	10,8	710	9,2 49%	730	11,3 11,5
	34	Kuusi	4545	10,4	3110	14,6 68%	1435	11,5 13,2
	?	Koivu	1325	9,7	940	4,9 71%	385	4,9 12+
		Yht.	7310		4760		2550	
1953	38	Mänty	730	13,1	350	11,3 48%	380	13,9 13,5
	40	Kuusi	1435	13,0	770	11,5 54%	665	13,8 14
	40	Koivu	385	13,9	230	13,1 60%	155	14,6 14
		Yht.	2550		1350		1200	
1997	82	Mänty	178		11	23,2 6%	167	28,1 30,8
	?	Kuusi	167				167	26,3 25,6
	?	Koivu	133				133	25,9 23,9
		Yht.	478				467	

3. Tulokset

3.1 Oksaisuuslaatu

Hoitamattomien ja hoidettujen mäntyjen rungon keskipituus oli lähes yhtä suuri, 25,5 ja 24,7 m. Tähän oli syynä se, että hoidetun metsikön ensimmäisissä nuoruusvaiheissa harvennuksissa poistettiin puuston läpimitaltaan suurimpia mäntyjä (myös kuusia). Ehkä se kuvastaa ajan tapaa harventaa metsää kaatamalla käyttömitat täyttäviä puita ja jättämällä pienemmät kasvamaan, kunnes ne saavuttavat käyttömitat eli kyse olisi määrämittaharsinnan tyylisistä harvennuksista, joihin puutettiin harsintajulkilausumassa 1948. Nykyään

puhutaan yläharvennuksesta. Kyse voisi olla myös metsikön tasauksesta tai laatuharvennuksen tyypisestä paksuoksaissimpien puiden poistosta. Laatuvertailun päätulokseen menetelmän tarkalla määrittelyllä ei ole vaikutusta.

Selvimmän hoitamattomuuden vaikutus näkyi ylitiheyden seurauksena tapahtuneena elävän latvuksen tyypistymisenä hoitamattomassa puustossa: elävän eli yhteyttävän latvuksen alaraja oli luonnontilaisella alalla 18,2 m:n korkeudella maasta. Hoidetussa metsikössä, joka sekin oli koko ajan ollut selvästi tiheämmässä kasvuasennossa kuin nykyäkemuksen mukaan hoidetut puustot, elävän latvuksen alaraja oli 14,3 m:n korkeudella maasta. Latvussuhde oli hoitamattomassa 28 % ja hoidetussa 42 %. Puutieteessä käytetään elä-

Hoitamaton

Rungon pituus
25,5 m

Elävän latvuksen
alaraja 18,2 m
latvussuhde 28%

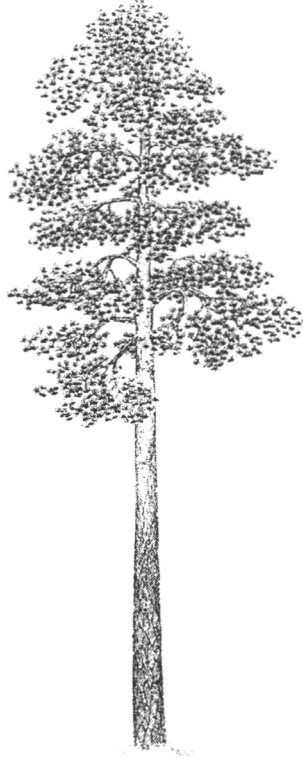
Alin elävä oksa
kork.maasta 17,5 m
oksan paksuus 40 mm

**Rungon tukkiosuus
13,3 m**

Kuolleen latvuksen
alaraja 1,9 m
latvussuhde 66%

Alin kuollut oksa
kork. maasta 1,7 m
oksan paksuus 17 mm

Oksaton tyvi 1,7 m



Hoidettu

Rungon pituus
24,7 m

Elävän latvuksen
alaraja 14,3 m
latvussuhde 42%

Alin elävä oksa
kork.maasta 13,2 m
oksan paksuus 45 mm

**Rungon tukkiosuus
15,3 m**

Kuolleen latvuksen
alaraja 5,4 m
latvussuhde 39%

Alin kuollut oksa
kork. maasta 4,7 m
oksan paksuus 14 mm

Oksaton tyvi 4,7 m

Kuva 1. Oksattoman, kuivaoksaisten ja terveoksaisten (elävä latvus) rungon osuus hoitamattomissa ja hoidetuissa noin 25-metrisissä männyissä.

vien ja kuolleiden oksien esiintymistä puun tyviosassa kuvaamaan rungon oksaisuutta. Kuolleen latvuksen alueella on yhtenäisesti kuolleita oksia, elävän latvuksen alueella oksat ovat elimellisessä yhteydessä rungon puuaineeseen, yksittäisiä kuolleita oksia saattaa olla. Männyllä alimman kuolleen oksan etäisyys maasta ja sen paksuus antavat viitteitä siitä, millainen on rungon sisäinen oksaisuuslaatu tästä alaspäin. Alinta kuivaa oksaa edeltävän oksakiehkuran oksat ovat kyljestyneet, mutta niiden päällä ei ole kovinkaan paksua kerrosta oksatonta puuta. Mikäli alimmat kuivat oksat ovat paksuja, myös rungon sisällä on paksuja oksia, kuitenkin niin, että paksuimmat oksat ovat yleensä heti elävän latvuksen alapuolella. Rungon käytettävyys sahaukseen

on sitä parempi, mitä vähemmän kuivia oksia siinä on ja mitä lyhyempi on kuollut latvus. Kuusen sisäistä laatua ei voi päätellä ulkoisesta oksaisuudesta.

Hoitamattomalla koealalla rungon alin elävä oksa oli keskimäärin 17,5 m:n korkeudella maasta, hoidetussa vastaavasti 13,5 m:n korkeudella. Kuolleen latvuksen alaraja oli hoitamattomassa puustossa niinkin matalalla kuin 1,9 metrin korkeudella maasta, hoidetussa alaraja oli 5,4 metrin korkeudessa. Hoitamattoman metsikön keskimääräisestä rungosta oli siis kaksi kolmasosaa (66 %) yhtenäisen kuivan oksiston peitossa, hoidetussa rungossa oksia oli kahdella viidesosalla rungon pituudesta (39 %). Alimman kuivan oksan mukaan mitattuna hoitamattomaan puus-

toon oli muodostunut keskimäärin vain 1,7 m oksatonta tyveä, kun hoidetussa metsikössä oksattoman tyven pituus oli 4,7 m. Alimman kuolleen oksan läpimitta oli hoitamattomassa puustossa 17 mm ja hoidetussa 14 mm; tässä näkyy hoidetulla alalla tehty kookkaiden puiden poisto. Hoidettukin koeala oli nykykäytäntöön verraten pitkään hyvin tiheä. Mäkelä ym. (2000) toteavat männiköiden tuotoksen ja laadun ennustamista koskevassa työssään, että täysin harventamattoman männikön laatukehitys on hyvä, koska oksat jäävät ohuemmiksi kuin harvennetuissa metsiköissä. Solbölen koealaparista saatujen tulosten perusteella kasvatustiheydestä voidaan todeta, että metsikön suuri tiheys kääntyy puuston varttuessa nopeasti laatukehitystä estäväksi tekijäksi, kun on kyse rehevällä maalla kasvavasta mänty-kuusi-koivu-sekametsästä, jollaisiksi puhtaat mäntytaimikotkin hoitamattomina muuttuvat. Voidaan myös todeta, että yläharvennuksen tyyppinen harvennus on vaikuttanut suotuisasti hoidetun metsikön oksaisuuslaatuun.

Puukaupassa pinnaltaan oksatonta männyn tyvitukkia kutsutaan laatutyveksi. Se on arvokasta raaka-ainetta, josta varmimmin saadaan myös parhaita, oksattomia sahatavara-laatuja. Edellä olevien lukujen perusteella voidaan todeta, että oksatonta laatutukkia ei hoitamattomalta alalta keskilukujen perusteella saataisi lainkaan, hoidetulta niitä saataisiin ja ne olisivat yli 4 m pitkiä.

3.2 Sisäinen laatu

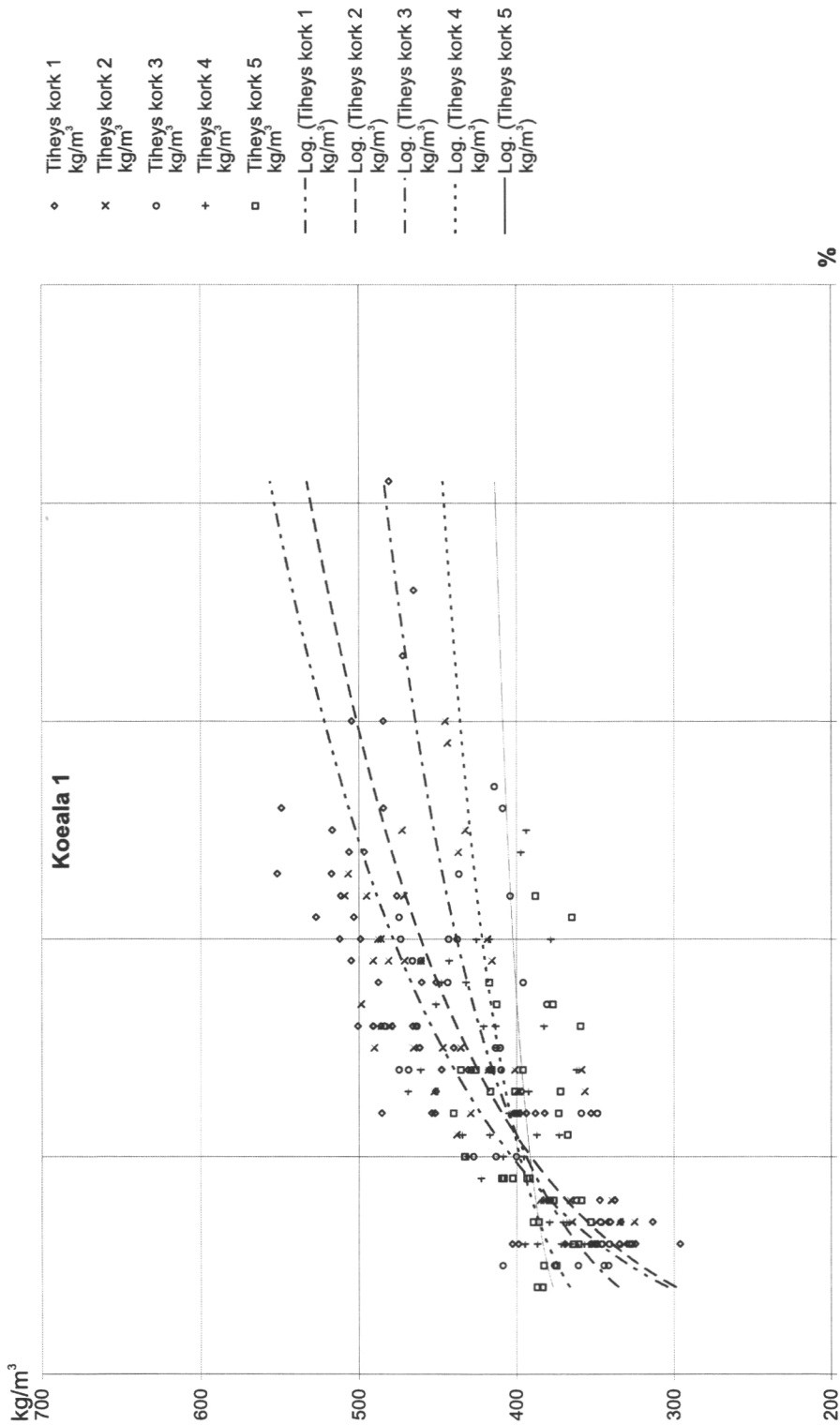
3.2.1 Puun kuiva-tuoretiheys

Puun kuiva-tuoretiheys ilmoittaa absoluuttisen kuivan puun massan tuoretta tilavuusyksikköä kohti. Käyttötarkoituksen mukaan suo-

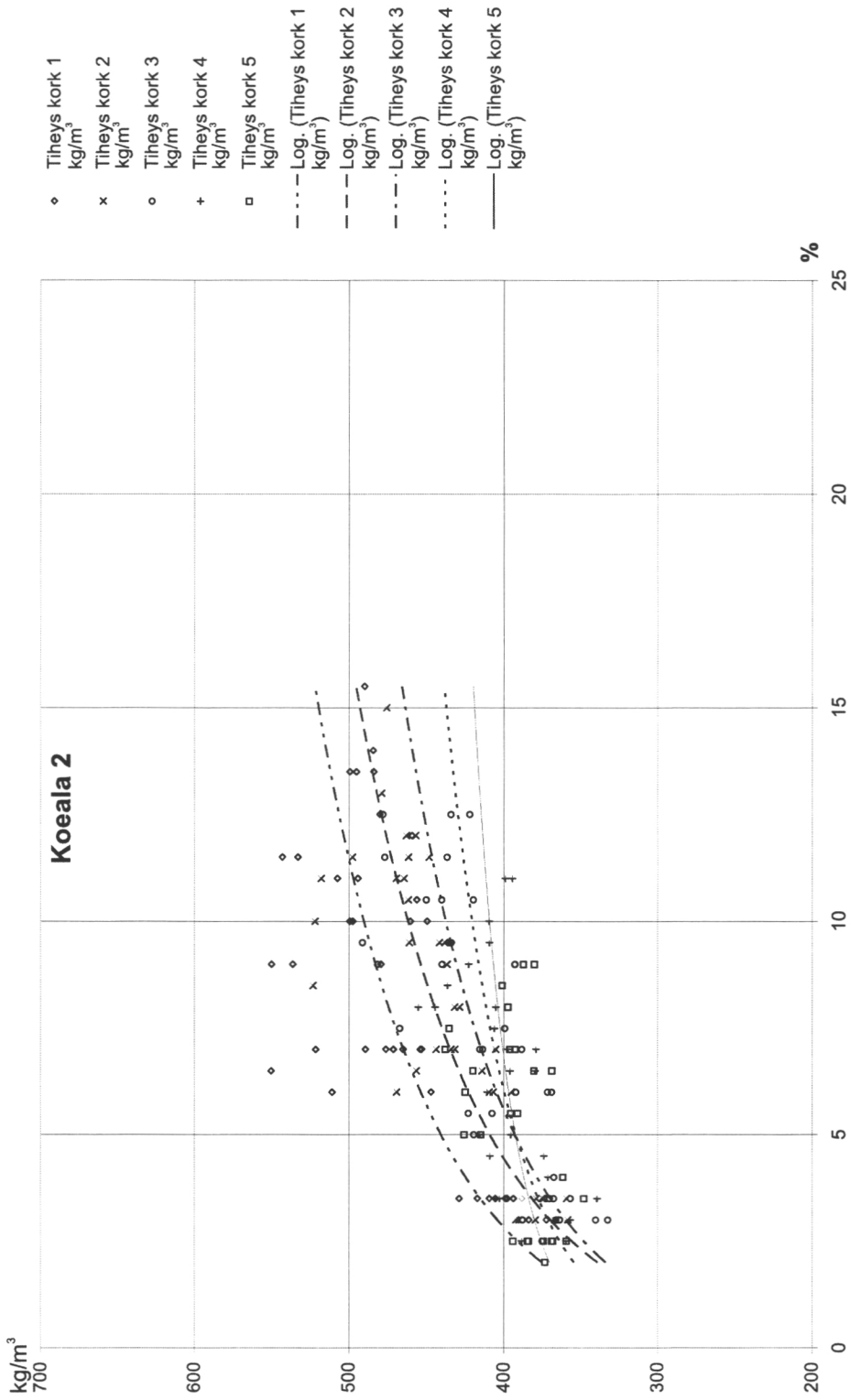
sitaan painavaa tai kevyttä puuta. Yleensä puu on sitä lujempaa, mitä painavampaa se on. Suuri tiheys on yleensä myös kuiduttavassa teollisuudessa haluttu ominaisuus.

Hoitamattomalla koealalla puun kuiva-tuoretiheys oli tyvitukin sydänpuussa matalampi kuin hoidetulla koealalla. Ylempänä rungossa eroa oli ainoastaan 12 m:n korkeudelta otetussa näytteessä, jossa hoitamattomalla koealalla sydänpuun tiheys oli korkeampi kuin hoidetulla. Hoitamaton puusto kasvoi nuoruusvaiheessa tiheämpänä kuin hoidettu. Kova kilpailu valosta ja ravinteista voi aiheuttaa kesäpuun vajaakehitystä, jolloin sen tiheys jää alhaisemmaksi kuin täysin kehittyneessä kesäpuussa. Koealat sijaitsivat niin lähellä toisiaan, että sääsuhteiden eroista ei voi olla kyse sen paremmin kuin selvistä ravinne-eroistakaan, koska myöhemmässä vaiheessa metsiköiden kevät- ja kesäpuosuudet ovat lähes samat. Asian selvittämiseksi lustoista on tehtävä kevät- ja kesäpuun densitometrisiä mittauksia, joilla selvitetään, onko hoitamattomissa puissa merkittävästi kevyempi kesäpuu.

Absoluuttinen ero koealojen tyvipuun tiheydessä oli selvempi kuin kahden viljavuudeltaan rinnakkaisen metsätyypin välillä (mm. Hakkila, 1966, Uusvaara 1974). Hoitamattomassa puustossa runkojen kuiva-tuoretiheyden keskiarvo oli rinnankorkeudelta otetuista näytteistä mitattuna 443 kg/km³ ja hoidetussa 471 kg/km³. Hoitamattoman metsikön rinnankorkeustiheys vastasi melko hyvin Hakkilan (1966) saamia tuloksia, hoidetun puuston rinnankorkeustiheys oli suurempi. Kärkkäinen (1985, s. 178) arveli Hakkilan ja Uusvaaran tutkimustuloksiin nojautuen, että ”iän vakioimisen jälkeen näyttää kuitenkin mahdolliselta, että viljelymännyn puuaines on pikemminkin raskaampaa kuin kevyempää” luonnonmäntyyn verrattuna.



Kuva 2a. Männyn puuaineen kuiva-tuoretiheyden vaihtelu puun ytimestä pintaan päin rungon eri korkeuksilla hoitamattomalla koealalla.



Kuva 2b. Männyn puuaineen kuiva-tuoretiheyden vaihtelu puun ytimeistä pintaan päin rungon eri korkeuksilla hoidetulla koealalla.

Rungon poikkisuunnassa, puun ytimestä pintaan päin kuiva-tuoretiheyden muutos kuvaavissa käyrissä hoitamattoman ja hoidetun metsikön välinen ero oli suurimmillaan läpimitaltaan noin 14 cm:n lieriössä ytimen ympärillä (kuvat 2a, b). Hoidetulta koealalta poistettiin kookkaita puita ensimmäisissä harvennuksissa, mikä oli nähtävissä myös kuiva-tuoretiheyksiä vertailtaessa. Lähellä ydintä hoitamattoman männyn kuiva-tuoretiheys oli alhaisempi kuin hoidetuissa. Puun kuiva-tuoretiheys nousee ytimestä pintaan päin. Hoidetuissa puissa puuaineen tiheys on ylitti 500 kg/m³ lähempänä ydintä kuin hoitamattomissa. Käyrien vertailua vaikeuttaa hieman se, että hoitamattomalla koealalla oli muutamia hyvin paksuja puita, jolloin logaritminen käyrä ylikorostaa niiden tiheyden nousua pintaa kohden.

Kuiva-tuoretiheys riippuu eniten vuosiluston kevät- ja kesäpuun osuudesta. Mitä enemmän lustossa on paksuseinäisiä, tummina erottuvia kesäpuusoluja, sitä painavampaa puu on. Kesäpuun absoluuttinen osuus on melko riippumaton kasvukauden säästä tai maapohjan viljavuudesta. Äärimmäisissä oloissa vaikutukset kuitenkin näkyvät, esim. Lapin lyhyt kasvukausi, erittäin karu maapohja tai hyvin suuri tilanahtaus saattavat johtaa kesäpuun normaalia heikompaan kehitykseen

ja sitä kautta puun tiheyden alentumiseen. Mm. Saikku (1975, s.27) totesi männyn puuaineen kuiva-tuoretiheyden laskevan selvästi, kun luston leveys on alle 0,8 mm:n. Näin alhaisia lustonleveyksiä ei kummankaan koealan puissa ollut kuin harvoin. Varhainen kevät, jonka seurauksena kevätpuun kasvuaika pidentyy, viljava maapohja, ravinteiden lisäys, valotilan lisääntyminen tai muut kasvunopeutta lisäävät tekijät vaikuttavat sen sijaan näkyvästi kevätpuun absoluuttiseen määrään.

Kevät- ja kesäpuun suhteellinen määrä erosi hoitamattomassa ja hoidetussa metsikössä toisistaan vain tyvitukin alueella, missä myös suurimmat tiheyserot olivat. Hoitamaton puusto näyttää kasvaneen aluksi nopeammin kuin hoidettu, mitä kuvaa kevätpuun suurempi osuus. Vanhojen mittaustietojen perusteella alkukehitys on kuitenkin ollut hyvin samankaltainen. Selityksenä on se, että hoidetulta alueelta poistettiin alkuharvennuksissa paksuimpia, nopeasti kasvaneita puita.

Hoidettu koeala on kasvanut ensimmäisten harvennusten jälkeen paremmin, mutta myöhemmin kasvuero on hieman tasaantunut. Vaikka pelkkä lustonleveys ei kuvaa kovinkaan hyvin esim. kuiva-tuoretiheyttä, nopeakasvuisuus näkyy rungon nopeampana kyljestymisenä.

Taulukko 3. Painavan kesäpuun osuus männyn lustossa vähenee tyveltä latvaan, mistä seuraa, että puun kuiva-tuoretiheys alenee samassa suunnassa.

Mittauskorkeus, m (asema rungolla*)	Koeala 1		Koeala 2		Pikku puut			
	Kevät- puu, %	Kesä- puu,%	Kevät- puu, %	Kesä- puu,%	Kevät- puu, %	Kesä- puu,%	Kevät- puu, %	Kesä- puu,%
16 (5)	76	24	76	24	72	28		
12 (4)	75	25	75	25	75	25	76	24
8 (3)	72	28	72	28	75	25	72	28
4 (2)	71	29	69	31	69	31	69	31
1,3 (1)	68	32	66	34	67	33	68	32

* käytetty kuvissa 1, 2, 3 ja 4

Taulukko 4. Männyn lustonleveyden keskiarvot ja maksimi- ja minimiarvot rungon eri korkeuksilla hoitamattomalla (1) ja hoidetulla koealalla (2).

Korkeus, m	Koeala 1		Koeala 2	
	Lustonlev. ka. mm	Max ja min, mm	Lustonlev., ka. mm	Max ja min, mm
24	0,7	1,3 - 0,5	1,1	1,2 - 1,0
20	1,0	1,9 - 0,3	1,1	1,4 - 0,9
16	1,0	2,1 - 0,5	1,2	1,4 - 0,9
12	1,0	1,9 - 0,6	1,2	1,4 - 1,1
8	1,0	1,9 - 0,4	1,9	2,5 - 1,2
4	1,6	2,5 - 0,8	1,8	2,2 - 1,4
1,3	1,9	2,7 - 1,1	2,2	2,2 - 2,0
0,1	4,8	5,2 - 4,0	3,5	3,8 - 3,1

3.2.2 Kosteussuhde

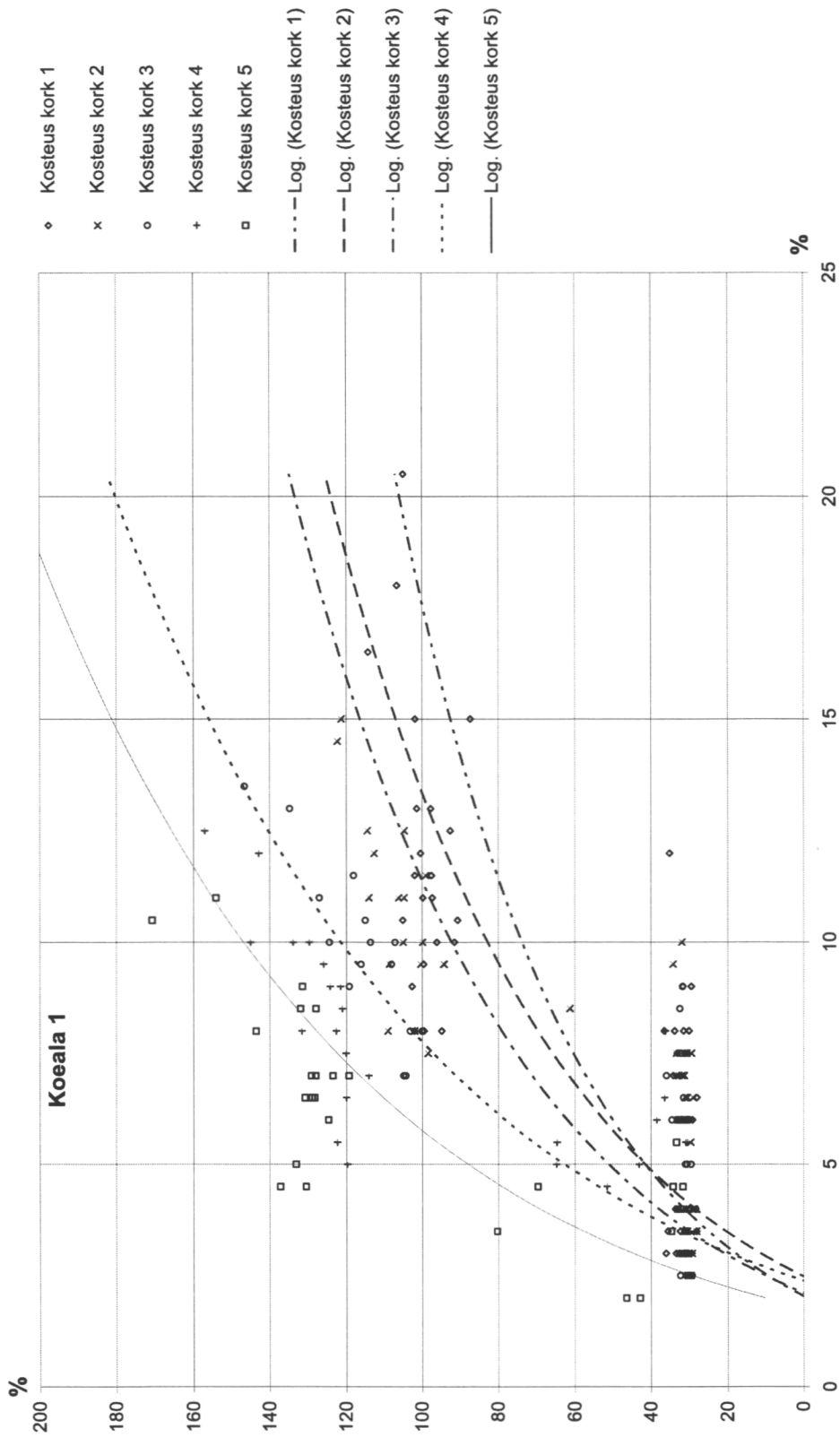
Hoitamattoman koealan puissa sydänpuun kosteus oli 8 metrin korkeuteen alhaisempi kuin hoidetun koealan puissa. Hoitamattoman sydänpuun kosteussuhde oli keskimäärin 31 - 33%, kun kosteussuhde hoidettujen puiden sydänpuussa oli 35 - 37 %. Ylempänä rungossa hoitamattoman puun sydänpuu oli yhtä kosteaa kuin hoidetun, ylimmässä mittauskohdassa 16 m:n korkeudella jopa kosteampaa kuin hoidetuissa puissa. Kuivan sydänpuun suhteellinen osuus vaikuttaa koko rungon keskimääräiseen kosteussuhteeseen. Ero pinta-puun kosteussuhteessa oli samansuuntainen, mutta hieman pienempi. Rinnankorkeudella hoitamattoman sydänpuun kosteussuhde oli noin 100 % ja ylimmässä mittauskohdassa (16 m maasta) lähes 135 %. Hoidetuissa puissa keskimääräinen kosteussuhde muuttui vastavasti 105 %:sta 135 %:iin. Kosteuden vaihtelu puun ytimestä pintaan ei osoittanut mitään suuria eroja metsiköiden välillä (kuvat 3a, b).

Kosteussuhteen määrittystavan vuoksi puuaineen tiheys vaikuttaa kosteussuhteen arvoon. Nopeasti kasvava, nuori puuaine on märempää kuin vanha, kasvussaan hidastunut puu (kuva 4). Puun kosteus on puunkäyt-

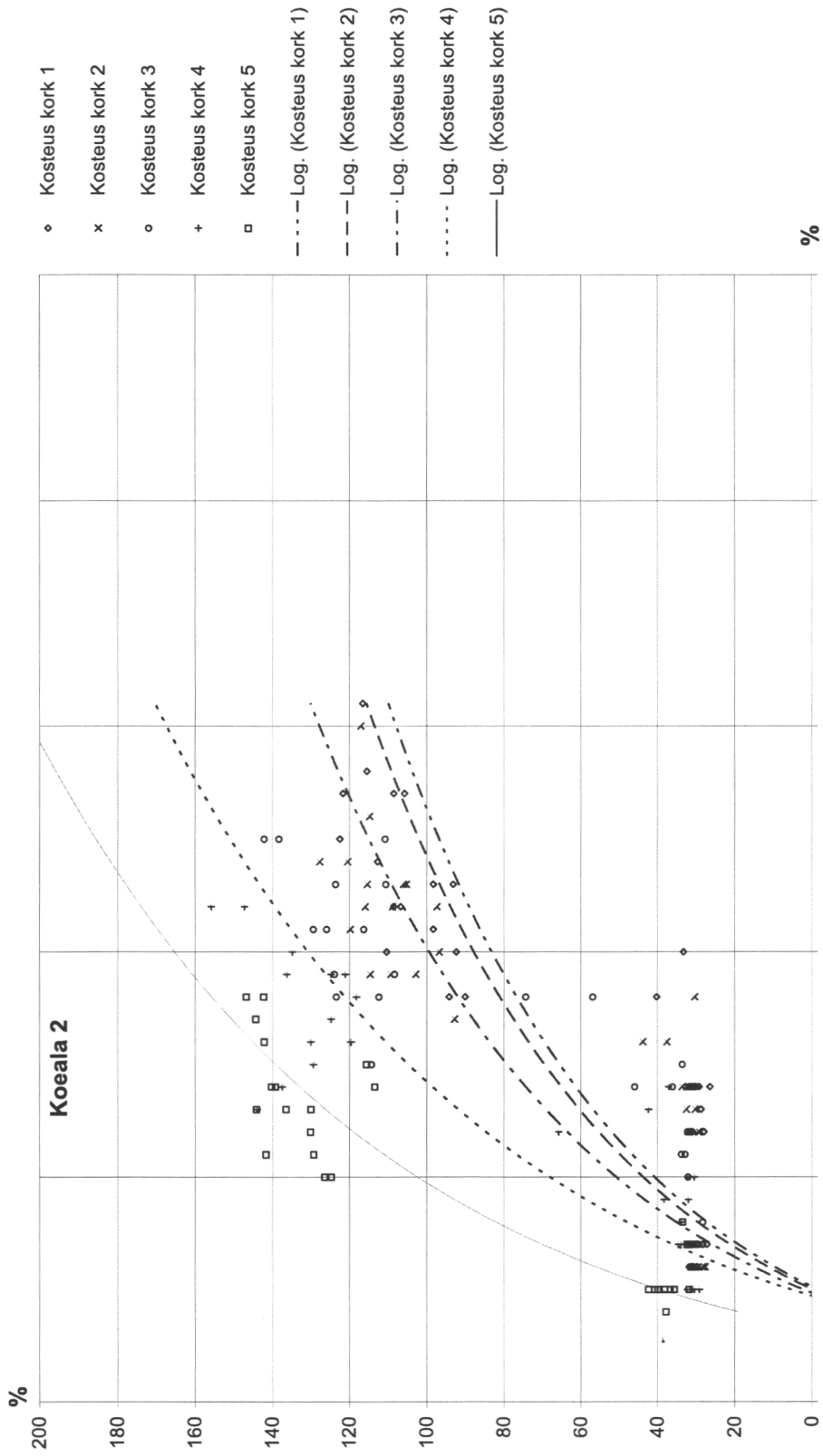
täjän kannalta puun ominaisuuksista ongelmallisimpia. Paljon kuivaa, hitaasti kasvanutta sydänpuuta sisältävä raaka-aine on kosteus-elämisen kannalta parempaa kuin nuori, nopeasti kasvanut puu.

3.2.3 Sydänpuu

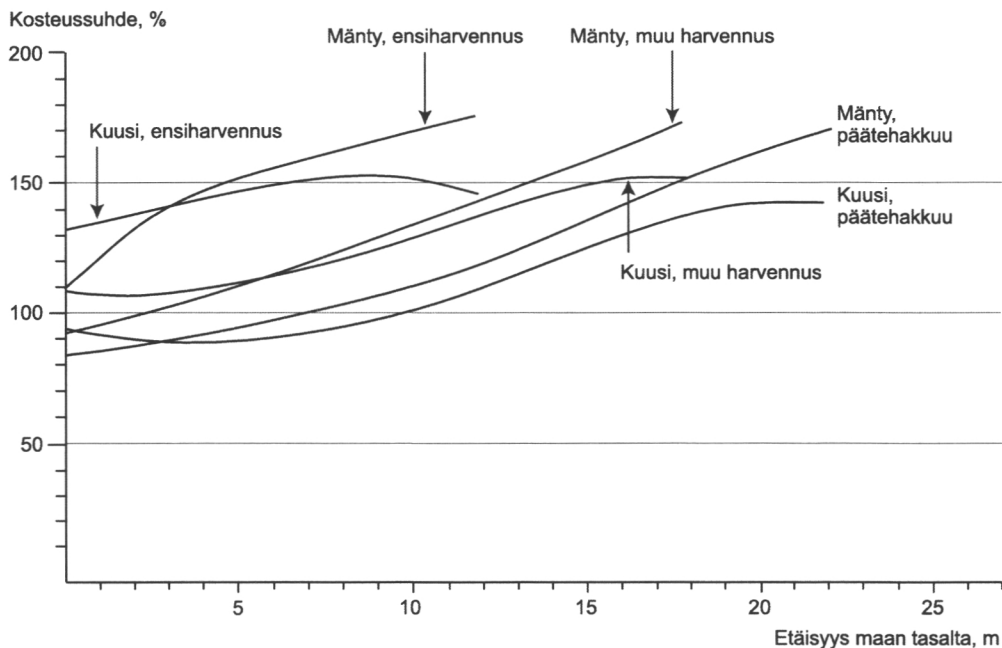
Rungon poikkileikkauspinta-alasta määritetty sydänpuun osuus laskee puun pituussuunnassa latvaa kohden mentäessä (kuva 5). Puun tyvellä sydänpuuosuus on tyvilaajentumasta johtuen pienempi kuin rinnankorkeudella. Hoitamattomassa metsikössä rungon sydänpuuosuus oli jonkin verran korkeampi kuin hoidetussa. Korkein sydänpuuosuus oli erikseen valituissa ns. pikkupuissa, jotka olivat peruspuustoa jonkin verran nuorempia ja kasvaneet koko ajan vallitussa latvuserroksessa. Hyvän kasvun ja sydänpuuosuuden pienentymisen välinen yhteys on havaittu mm. lannoituskokeissa, vaikka kertaalleen lannoitetuissa puustoissa sillä ei olekaan merkitystä (Tuimala 1988). Sydänpuun muodostuminen voi siis hidastua kasvun nopeutuessa ja uudelleen kiihtyä kasvun hidastuessa. Männyn sydänpuuosuus oli suurimmillaan 20 - 30 prosentoin korkeudella rungon pituudesta ja



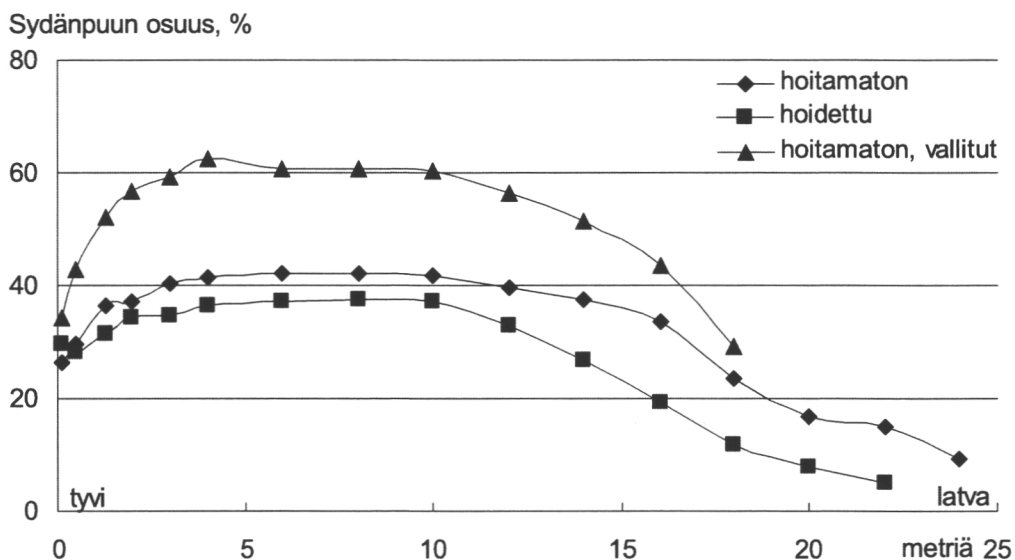
Kuva 3a. Männyn puuaineen kosteussuhteen vaihtelu puun ytimestä pintaan päin rungon eri korkeuksilla hoitamattomalla koealalla.



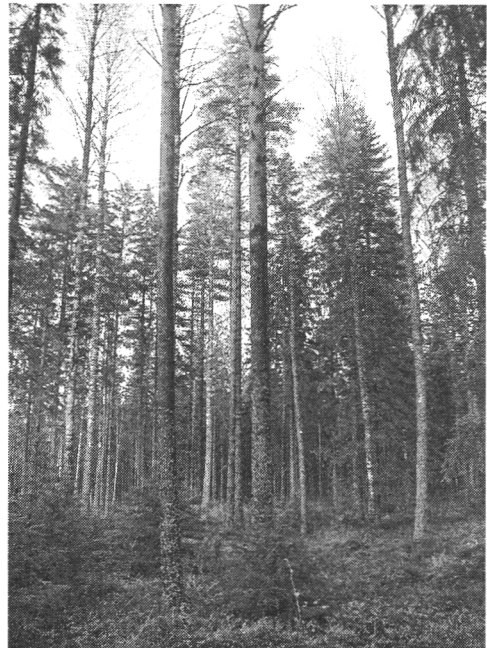
Kuva 3b. Mämmyn puuaineen kosteussuhteen vaihtelu puun ytimestä pintaan päin rungon eri korkeuksilla hoidetulla koealalla.



Kuva 4. Männy ja kuusen puuaineen keskimääräinen kosteussuhde metsikön eri kehitysvaiheissa, sydän- ja pintapuun kosteutta ei ole määritelty erikseen. Kosteussuhde on voimakkaassa kasvuvaiheessa olevissa puustoissa korkeampi kuin vanhemmissa, päätehakkuikäisissä metsiköissä, joissa kuivan sydänpuun osuus rungoissa on suurempi kuin nuorissa puissa (Hakkila, Saranpää ja Aaltio, 2002).



Kuva 5. Männy sydänpuun osuus poikkileikkaus pinta-alasta rungon eri korkeuksilla. Mukana myös erikseen valittuja pieniä, aina vallittuina kasvaneita puuta.



Kuva 6 . Hoitamaton metsikkö on tiheä, oksainen ja siinä on pystyyn kuolleita runkoja. Hoidettu metsikkö on valoisa, tyvet ovat oksattomia eikä kuolleita puita näy. Kuvat: Ilpo Puputti / Metla.

järeimmissä rungoissa, missä osuus rungon poikkileikkauspinta-alasta voi nousta 40 prosenttiin.

4. Johtopäätökset

Rehevän kankaan hoitamatta jääneen metsikön männyissä rungon oksaton osa oli lyhyempi kuin hoidetun metsikön männyissä. Nykyisin käytettyjen laatuksien mukaan hoitamattomasta metsästä saisi laadullisesti huonompaa mäntytukkia kuin hoidetusta ja laatuviä löytyisi vain yksittäiskappaleina.

Hoidetusta puustosta oli poistettu huonolaatuisimpia ja paksuokkaisimpia (kookkaimpia) yksilöitä, puiden korjuussa jätetyistä puista putoaa runsaasti kuivia oksia ja harvemmassa metsikössä tuuli, sade ja lumi ovat pudottaneet kuolleita oksia ja nopeuttaneet karsiutumista, minkä vuoksi oksaisuuslaatu

oli parempi kuin hoitamattomassa puustossa.

Hoitamattomassa metsikössä latvussuhde oli pienempi kuin hoidetussa, mikä heikentää varttuneen metsikön kasvua ja aiheuttaa taloudellisia menetyksiä.

Hoitamattoman metsikön männyissä kuolleitten oksien määrä rungossa oli suurempi kuin hoidetun metsikön männyissä, mikä omalta osaltaan heikentää oksaisuuslaatua, sillä kuolleet oksat ovat pahempi vika kuin elävät oksat.

Hoitamattoman metsikön mäntyihin syntyi ohutlustoista, ”tiheäsyistä”, hoidetun metsikön mäntyjä kevyempää puuainetta, jota arvostetaan puusepänteollisuudessa raskasta puuta vähäisempien muodonmuutosten takia.

Hyvin hoidetussa metsikössä puut järeytyvät hoitamattomasta nopeammin tukkikokoon ja nopeakasvuinen puu tulee käyttöön nuorempana kuin hitaasti kasvanut. Nuoren puun ominaisuudet poikkeavat vanhasta puusta,

minkä osoittaa ominaisuuksien muutos ytimestä pintaan päin.

Hoitamattomassa metsikössä männyn sydänpuun osuus oli suurempi kuin hoidetussa, nopeammin kasvaneessa metsikössä, mikä joissakin käyttökohteissa lisää puun käyttöarvoa.

5. Yhteenveto

Solbölen vanhat koealat osoittavat, että mäntyä sisältävien metsiköiden hoito on välttämätöntä yksittäisiä runkoja suuremman laatu- ja puuvarustuksen kasvattamiseksi erityisesti viljavilla maapohjilla. Varjostusta sietävä kuusi antaa kasvattajalle enemmän anteeksi.

Puusepillä on vakaa käsitys siitä, että ennen kuin tehokkaat metsänhoitomenetelmät otettiin käyttöön, metsistä saatiin parempaa mäntyä puusepänteollisuuteen kuin nyt. Koska metsät ennen ”tehometsänhoidon puupeltoja” olivat yleensä sekametsiä, uskotaan myös puusekoituksen parantavan männyn laatua. Vanhojen koealojen avulla voidaan tehdä jonkinlainen yhteenveto siitä, missä määrin tällaiset männyn laatua koskevat, käyttäjiltä peräisin olevat väittämät pitävät paikkansa.

Vanhoista rakennuksista löytyy hyvin oksaista puuta esim. ikkunanpuiteissa, paneeleissa ja ovilautoissa, hirsistä puhumattakaan. Hoitamattoman puuston oksaisuus oli puun normaali ominaisuus, ei sellainen laatuhaikka kuin minä sitä nykyisessä sahatuudessa pidetään. Paitsi käyttötottumuksesta, kyse saattoi olla siitä, että tätä parempaa puuta ei ollut tai sitä ei käytetty rakentamiseen. Parhaat puut ehkä valittiin vaativampaan käyttöön tai myytiin. Rakennuspuuta kerättiin yleisesti puutalkoilla, lahjoituspuiksi tuskin valittiin parhaita runkoja. Vanhoista puunkäyttöohjeista voi päätellä, että oksaisuudel-

taan korkealaatuinen puu etsittiin metsästä varta vasten kutakin käyttöä varten. Jo varhaisessa kasvuvaiheessaan solakoita, korkealle oksattomia runkoja säästettiin odottamaan vaativaa käyttökohdetta, kuten veneentekoa tai hienoimpien kalusteiden valmistamista. Rungon valinta oli osa puusepän työtaitoa. Nykyajan massiivisessa ja kustannustehokkuutta vaativassa teollisuudessa runkojen yksittäisvalinta on ollut mahdotonta.

Metsänhoidon menetelmiä valittaessa olisi syytä ajatella nykyistä pitemmälle ja kaavailla, mihin käyttötarkoituksiin puustoa kasvatetaan, vaikka tulevaisuuden ennustaminen ei liene yhtään helpompaa kuin ennenkään. Perustiedot eri käyttötarkoituksiin tulevalle puulle asetettavista laatuvaatimuksista lienevät melko pitkälle olemassa, on vain otettava selville. Suomalaisen puun pitkä ikä ja puuaineen hidas kehittyminen voivat aivan hyvin muuttua erilliseksi laatu- ja hintatekijäksi, kun yhä useampaan nykyisistä käyttökohteista tarjotaan pikakasvatettavaa kuitu- tai massiivimateriaalia.

Käytännön metsätaloudessa ei ainakaan Etelä-Suomessa ole varaa jättää hoitotoita tekemättä. Mitä enemmän on siirrytty luontaiseen uudistamiseen tai kylvöön, sen tärkeämpää on nostaa metsikön laatuolosuhteita taimikonhoidolla ja harvennuksilla. Nykyisten taimikoiden ja nuorten männiköiden laadunparannus käy jalostuksen tuloksia odotellessa nopeimmin ja halvimmalla moottorisahalla. Taimikoita hoitamalla autetaan puut alkuun ja laadunparannusta jatketaan harventamalla. Suuri kasvutiheys, joka hidastaa nuoren männikön oksaisuuden ja puuaineen ominaisuuksien kannalta epäedullista kasvua, muuttuu yllättävän pian puiden karsiutumista ja kyljestyymistä haittaavaksi tekijäksi.

Harvennuksin poistetaan sekä kasvultaan että laadultaan huonoimmat puut: len-

got, moniväärät, haaralatvaiset, oksikkaat, allejääneet, sairaat ja väärää puulajia olevat. Ensiharvennuksessa, jolloin puut ovat 12 - 14 m:n mittaisia, puuston ulkoiseen laatuun voidaan vielä vaikuttaa merkittävästi. Nykyistä tiheämpiä kasvatusasentoja käyttäen maapohjan kasvovoima ja valotila ohjataan parhaiden yksilöiden käyttöön. Hyvälaatuista, tervettä männikköä voi sitten kasvattaa pidempäänkin ja tehdä myöhempiä hakkuita tavanomaista pienipiirteisemmin.

Mikäli kustannuksista ei tarvitsisi välittää, voitaisiin mäntyäkin kasvattaa kuten Keski-Euroopan jaloja lehtipuita. Heti alussa valittaisiin valioyksilöt, joiden hyväksi kaikki muu metsähoito suunnattaisiin. Arkipäivän metsätaloudessa käytännön metsähoito-ongelmat käyvät kuitenkin kiperiksi, kun on samanaikaisesti etsittävä kustannustehokkaita metsänkasvatusmenetelmiä ja tuotettava koko metsikön kiertoajan hyvälaatuista puutavaraa (pylväät, tukit, kuitupuu). Tehotuotanto ei näytä täyttävän asetettuja laatutaroja, mutta hoitamattomuuskaan ei ole vaihtoehto.

Kirjallisuus

- Hakkila, P. 1966. Investigations on the basic density of Finnish pine, spruce and birch wood. Lyhennelmä: Tutkimuksia männyn, kuusen ja koivun puuaineen tiheydestä. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 61 (5): 1–98.
- Kärkkäinen, M. 1985. Puutiede. Sallisen kustannus Oy, Sotkamo. 415 s.
- Mäkelä, A. & Mäkinen, H. & Vanninen, P. & Hynynen, J. & Kantola, A. & Mielikäinen, K. 2000. Männiköiden tuotoksen ja laadun ennustaminen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 794.
- Saikku, O. 1975. The effect of fertilization on the basic density of Scots pine (*Pinus silvestris* L.) Lyhennelmä: Lannoituksen vaikutuksesta männyn (*Pinus silvestris* L.) puuaineen tiheyteen. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 85 (3): 1–49.
- Tuimala, A. 1988. Lannoitus ja puun laatu. Julkaisussa: Metsäteknologian teemapäivä Suonenjoella 16.2.1988. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 286.
- Uusvaara, O. 1974. Wood quality in plantation grown Scots Pine. Lyhennelmä: Puun laadusta viljelymänniköissä. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 80 (2): 1–105.

Istutettujen pellonmetsitysmänniköiden ulkoinen laatu Savossa ja Pohjanmaalla.

Juha Nurmi
Metsäntutkimuslaitos
Kannuksen tutkimusasema

1. Johdanto

Peltoja metsitettiin Suomessa vuosien 1969-98 välisenä aikana runsaat 220 000 ha. Valtaosa istutuksista tehtiin 1970-luvun alussa maatalouden suuren ylituotannon vuoksi vapautuneilla peltomailla, sekä 1990-luvun alussa metsäsektoria huolestuttaneen uhkaavan puupulan vuoksi. Mäntyä tästä pinta-alasta on noin 50 000 ha ja sen istutus ajoittui pääsääntöisesti tarkasteltavan ajanjakson alkupuolelle. Näin ollen valtaosa pelloille istutetuista männiköistä on tällä hetkellä 20 - 30 vuoden ikäisiä. (Hytönen 1995, Hynönen & Hytönen 1998).

Vaikka istutusmäntyjen laadusta on kirjoitettu runsaasti suomalaisessa tieteellisessä kirjallisuudessa, pellonmetsityksessä käytettyjen mäntyjen ulkoisesta tai sisäisestä laadusta ei toistaiseksi ole saatavilla tietoja. Peltomaiden istutus rauduskoivikoita ovat tutkineet mm. Niemistö ym. (1996).

Nyt käsillä olevassa tutkimuksessa tavoitteena oli tarkastella männyn ulkoisia laatutunnuksia. Tutkimuksessa selvitettiin yleisimmät peltomäntyjen laatua heikentävät latvus- ja runkoviat ja niihin mahdollisesti vaikuttavat tekijät. Tutkimuksessa arvioitiin lisäksi niiden runkojen osuutta pystypuustossa, joista olisi myöhemmin saatavilla tyvitukki.

Koska käytännössä saatujen tietojen mukaan sorokka-sieni, *Crumenolupsis sororia* (Karsten) Groves on yleinen pellonmetsi-

tysmäntyjä vaivaava sairaus, mitattiin sen yleisyys inventoiduissa metsiköissä. Asiaa ei juurikaan ole tutkittu meillä Suomessa, mutta sorokan merkityksen on arvioitu valitettavasti lisääntyvän pellonmetsitysmänniköiden ikääntyessä ja latvustojen sulkeutuessa (Kurkela 1990). Sieni tunkeutuu kuoren alle oksakiehkuroitten kohdalta tai kuoren halkeamista. Sen tunnistaa mustuneesta kuoresta ja pihkajäljistä. Usein puilla on myös tyvilääjentumaa.

2. Aineisto ja menetelmät

Tutkimusmetsiköiksi kelpasivat sellaiset pelloille perustetut männiköt, jotka täyttivät 20 vuoden iän vähimmäisvaatimuksen. Niissä tuli olla noin 1 000 kpl/ha alkuperäisiä puita ja puuston tuli olla käsittelemätöntä. Keskipohjanmaan alueelta kerättiin aineisto 13 metsiköstä ja Pohjois-Savosta viidestä metsiköstä. Kustakin leimikosta mitattiin yhden koealan puusto. Vaihtelevasäteisen koealan keskipiste valittiin silmämääräisesti niin, että koealalle tuli noin 30 puuta. Yhteensä luku-puita kertyi noin 540 kpl. Pystypuista mitattiin ja määritettiin etäisyys koealan keskipisteestä, taimen mikrotopografia, rinnankorkeusläpimitta, tuhon aiheuttajat (kariste, ruoste, kilpaileva taimi, kilpaileva vesa, sorokkasieni), latvusviat (puristuneisuus, latvan katkeaminen, monilatvaisuus, latvan vaihto, latvakuolema, poikaoksa), sekä runkoviat (koro, iso oksa, mutka, haara, tyvimutka poikaoksa, lenkous) sekä niiden sijainti viiden metrin mittaisella tyvitukkiosuudella.

Kultakin koealalta valittiin neljä kaatokoepuuta pystyypuista. Tämä tapahtui järjestämällä pystyypyt rinnankorkeusläpimitan mukaiseen suuruusjärjestykseen ja jakamalla puut lukumääräisesti kolmeen yhtäsuureen kokoluokkaan. Pienimmästä ja suurimmasta kokoluokasta arvottiin yksi puu ja keskimmä-

sestä kaksi kaatokoepuuta. Kaatokoepuista mitattiin latvusraja, alimman elävän ja kuolleen oksan korkeus ja läpimitta, paksuimman elävän ja kuolleen oksan läpimitta. Lisäksi laskettiin poikaoksat, määritettiin puun elinvoimaisuus ja mitattiin rinnankorkeus läpimitta.

Taulukko 1. Yleisimmät puustoa kohdanneet tuhot ja niiden riippuvuus eri tekijöistä. P-arvot Pearsonin korrelaatiotestin mukaan.

	Ei tuhoja	Ravinnepuutos	Versoruoste	Tuho Kilpaileva vesa	Sorokka	Neulastuho
Puuston tilavuus m ³ /ha	0.021	0.011		0.044		0.010
Rinnankorkeus - läpimitta	0.002	0.000		0.031	0.041	0.000
Rungon tilavuus	0.015	0.001		0.054	0.049	0.001
Puuston keskipituus	0.007	0.002		0.031		0.007
Ravinnepuutos						0.000
Kilpaileva vesa						0.021
Neulasten typpipitoisuus						0.025
Neulasten kaliumpitoisuus	0.033	0.003			0.031	0.002
Neulasten sinkkipitoisuus	0.025	0.014				0.010
Neulasten booripitoisuus					0.006	0.027
Maaperän liukoinen fosforipitoisuus			0.050			
Maaperän totaali kaliumpitoisuus	0.032					
Maaperän liukoinen kaliumpitoisuus	0.017					
Maaperän kokonaiskalsiumpitoisuus					0.015	0.044
Maaperän liukoinen kalsiumpitoisuus					0.029	
Maaperän liukoinen magnesiumipitoisuus						0.025
Maaperän happamuus, pH					0.036	

Koemetsiköiden runkoluku vaihteli välillä 800 - 2 000/ha ja puuston tilavuus välillä 30 - 150 m³/ha. Vastaavasti runkojen keskitilavuus oli 15 - 100 dm³. Puuston tilavuus riippui merkitsevästi runkojen keskitilavuudesta ($p < 0,001$), mutta ei lainkaan runkoluvusta ($p = 0,758$). Tyvitukkiosuutta arvioitiin kaatoleikkauksesta viiden metrin korteuteen siten, että tukin minimipituus oli 3,7 m.

3. Tulokset

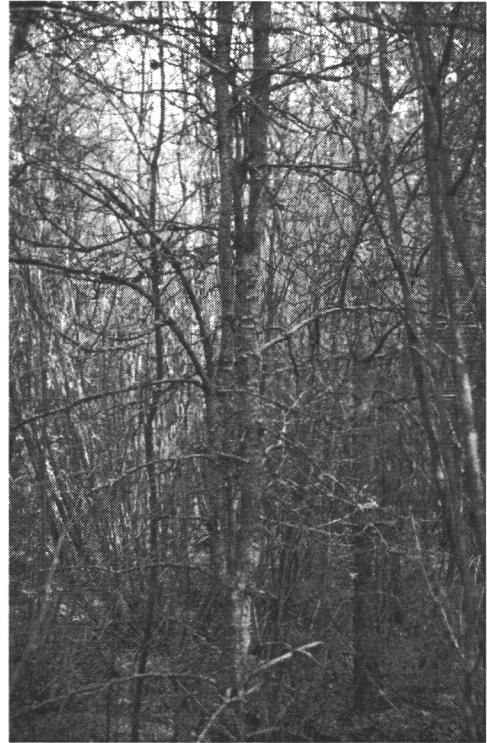
3.1 Tuhot

Hyvin kasvaneet puustot joiden keskimääräinen runkokoko sekä tilavuuskertymä olivat suuret, näyttävät välttyneen parhaiten tuhoilta (taulukko 1). Ravinnepuutoksia ilmeni eniten pienipuustoisissa metsiköissä. Tämä ilmeni mm. näkyvinä neulastuhoina. Lehtipuiden vesojen aiheuttama kilpailu oli myös taannuttanut puiden kasvua (kuva 1). Typen, kaliumin, boorin ja sinkin puutos näkyi selvästi neulastuhoina. Tuhojen riippuvuutta maaperän ravinnetilasta ei suoranaisesti voitu osoittaa. Ainoastaa maa-alkaalien, kalsiumin ja magnesiumin alhaisista pitoisuuksista näyttäisi aiheutuneen neulastuhon merkkejä.

3.2 Latvusviat

Mitatuista puista 45 %:ssa havaittiin latvaviakoja. Yleisimmät viat olivat monilatvaisuus (15 %), latvan vaihto (11 %), puristenuisuus (12 %) ja neulastuho (8 %). Lisäksi latvakuolemia ja poikaoksausuutta esiintyi kumpaakin vain noin 2 %:ssa puista. Usein puissa ilmeni monivikaisuutta (kuva 1).

Latvakuolleisuutta ilmeni yleisimmin



Kuva 1. Peltomännyn kärsivät usein monivikaisuudesta. Kilpailevat vesat ja hirvet aiheuttavat usein puiden monilatvaisuutta ja mutkaisuutta. Kuva: Juha Nurmi / Metla.

järeissä puustoissa, joiden puustotiheys oli suuri. Tosin myös normaalilatvaisuutta esiintyi runsaasti järeillä puilla, mutta niissä puustotiheys oli alhaisempi. Lisäksi lehtipuiden vesojen oli kiusaa latvusten normaalille kehittymiselle (taulukko 2).

Vaikka monilatvaisuus ja latvan vaihto olivat yleisimmät latvaviat, ei niille löytynyt yksiselitteisiä syitä. On kuitenkin hyvin todennäköistä, että vanhat hyönteis- ja hirvivaHINGOT ovat näiden vikojen takana. Vikojen seurauksena tyvitukin arvo alenee tai sitä ei saada lainkaan. Leveälatvaisissa puissa ilmeni runsaasti paksuoksausuutta (kuva 2). Toisaalta latvusten monipuristuneisuus aiheutti männillä runsaasti poikaoksausuutta.

Taulukko 2. Yleisimmät latvusviat ja niiden riippuvuus eri tekijöistä. P-arvot Pearsonin korrelaatiotestin mukaan.

	Monilatvaisuus	Latvanvaihto	Vikaisuus Latva- kuolleisuus	Oksaisuus	Poikaoksa
Puuston runkoluku			0.026		
Rinnankorkeus- läpimitta			0.018		
Rungon tilavuus			0.030		
Puun pituus			0.034		
Ravinnepuutos				0.022	
Latvuksen monipuristeisuus					0.028
Neulasten tyyppi pitoisuus	0.021				
Neulasten kalium- pitoisuus		0.009			
Neulasten magnesium- pitoisuus			0.008		
Maaperän tiheys					0.050
Maaperän happamuus, pH					0.043



Kuva 2. Puuston harventuminen voi johtaa latvusten levenemiseen ja oksien huomattavaan paksunemiseen. Kuva: Juha Nurmi / Metla.

3.3 Runkoviat

Runkomuotoa heikensivät mutkat, haarat, poikaoksat, tyvimutkat, lenkous ja sorokka. Näistä mutkat (41 %) ja poikaoksat (37 %) olivat yleisimmät tyvitukkiosuutta heikentävät tekijät. Mutkia ja haaraisuutta (6 %) esiintyi usein samoissa puissa. Tyvimutkaa (16 %) oli puolestaan erityisesti sorokkaisissa (8 %) puissa. Sorokka oli myös yleinen järeillä, suurilatvuksisilla so. nopeakasvuksilla puilla (kuva 3). Myös lenkoutta (18 %) ja tyvimutkia esiintyi järeillä puilla (kuva 4). Myös iso- ja oksia oli reilussa neljäsosassa runkoja.



Kuva 3. Sorokka-sieni on yleinen pellonmetsitysmäntyjen tauti jota esiintyy varsinkin järeillä, tyvimutkaisilla puilla. Kuva: Juha Nurmi / Metla.



Kuva 4. Lenkoutta ja tyvimutkaa esiintyi 33 prosentilla puista. Kuva: Juha Nurmi / Metla.

Mutkaisuuteen ja poikaoksaisuuteen näyttää liittyvän jonkinasteinen yhteys neulasten alhaiseen typpipitoisuuteen. Lisäksi korunkoviat näyttäisivät olevan yleisimpiä sellaisilla maaperillä, missä vallitsee kalsiumin ja magnesiumin vähäisyys. Toisaalta fosforin runsas saatavuus näyttää lisänneen mutkaisuutta ja poikaoksaisuutta (taulukko 3).

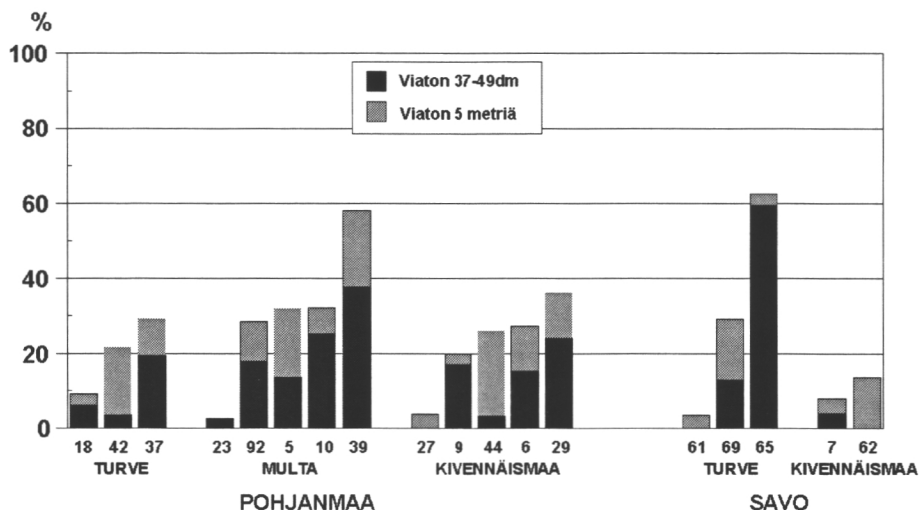
Ravinne-epätasapainolla lienee oma osuutensa runkovikojen synnyssä. Niiden toteen osoittaminen kerätyn aineiston pohjalta on kuitenkin vaikeata. Sensijaan muutamat latvaviat ovat aiheuttaneet runkovikoja. Esimerkiksi poikaoksaisuus oli yleistä monipuristeisilla puilla ja mutkaisuus korreloi, vaikkakin heikosti, monilatuaisuuden kanssa ($p=0,062$).

Nämä viat rungon haaraisuuden ohella ovatkin yleisimmät tyvitukin hylkäämiseen johtavat syyt. Tosin aineiston perusteella ei haaraisuuden syytä pystytty selittämään. Vaikkei hirvituhoja voitu määrittää näin iäkkäissä metsiköissä, on kuitenkin todennäköistä, että hirvet olivat suuri syy puiden haaraisuuteen.

Metsitettyjen peltojen maaperän vinouneesta ravinnetilasta johtuen on runkovikojen ja ravinteisuuden välillä löydettävissä korrelaatiota. Kerätyn aineiston perusteella on kuitenkin vaikea sanoa, minkä ravinteiden epäsuhteesta jokin latvus- tai runkovika on aiheutunut. Oikeutettua on kuitenkin olettaa, että peltomaiden ravinne-epätasapaino aiheuttaa neulas- ja latvusvaurioita.

Taulukko 3. Yleisimmät runkoviati ja niiden riippuvuus eri tekijöistä. P-arvot Pearsonin korrelaatiotestin mukaan.

Muuttuja	Rungonvika				
	Mutka	Tyvimutka	Poikaoksa	Lenko	Haara
Puuston tilavuus		0.047		0.003	
Rinnankorkeusläpimitta		0.019		0.008	
Rungon tilavuus		0.020		0.007	
Puun pituus			0.025	0.000	
Sorokka		0.009			
Monipuristeisuus			0.028		
Ei tukkia	0.002		0.026		0.019
Neulasten typpi pitoisuus	0.032		0.066		
Neulasten kalium-pitoisuus			0.033		
Neulasten sinkkipitoisuus	0.015				
Maaperän kokonaisfosforipitoisuus			0.027		
Maaperän kokonaiskalsiumpitoisuus				0.005	
Maaperän liukoinenkalsiumpitoisuus			0.035	0.006	
Maaperän liukoinen magnesiumin pitoisuus			0.041		
Maaperän kokonais-sinkkipitoisuus		0.002			
Maaperän kokonaismangaanipitoisuus		0.025			
Maaperän pH		0.024			



Kuva 5. Virheetöntä tyvitukkiosuutta oli keskimäärin 20 - 25 prosentilla puista.

Tyvitukkien saatavuus vaihteli suuresti metsiköitten kesken. Keskimäärin leimikoissa vioista vapaata tyvitukkiosuutta oli vain 20-25 prosentilla puita (kuva 5). Näistä kolmasosassa tukkiosuuden pituus oli yli 5 m. Heikoimmissa metsiköissä vain noin 2,5 % puista olisi saanut tutkimushetkellä tukin. Parhaassa metsikössä 61,5 % puista oli tuottanut tukiksi kelpaavan tyven. Lisäksi ko. metsikössä 59 % puista tuotti 5 m:n tyvitukin. Tyvitukin saatavuutta rajoittivat rungon koko ja ennenkaikkea muutamat rungon ja latvuksen viat. Näistä merkittävimmät olivat mutka ($p=0,002$), haara ($p=0,019$) ja poikaoksa ($p=0,026$).

4. Päätelmiä

Pellonmetsitysalueitten istutusmännyn kärsvät lukuisista, mutta yleisistä latvus- ja runkovioista. Samassa puussa havaitaan yleisesti useita vikoja. Toisaalta yli puolessa mitattujen puustojen puista ei ilmennyt latvavikojia. Lisäksi huomattakoon, että 70 prosentissa puista ei esiintynyt tuhoja. Kuitenkin tyvitukikikelpoista oli keskimäärin vain neljännes metsikön puusta.

Kerätyn aineiston perusteella ei voitu tehdä pitkälle meneviä johtopäätöksiä maaperän ravinnetilan ja latva- sekä runkovikojen esiintymisestä. Tuloksista on kuitenkin nähtävissä, että maaperän ravinteisuudella on merkitystä puuston terveydentilaan ja sitä kautta puun laatuun. Terveimmät puut näyttävät kasvaneen mailla, missä ravinnehäiriöt ovat vähäisimpiä. Pääsääntöisesti parhaiten kasvaneet puustot eivät kärsineet ravinnepuutteista. Niissä myös tuhoriski näyttää olleen pienin.

Lenkous, tyvimutkaisuus ja sorokkasien esiintyminen olivat yleisiä järeillä, nopeasti kasvaneilla puilla.

Kirjallisuus

- Hynönen, T. & Hytönen, J. 1998. Pellosta metsäksi. Pihlaja sarja 1. Metsälehti Kustannus. 152 s.
- Hytönen, J. 1995. Peltojen metsitys vaatii tietoa ja taitoa. Julkaisussa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.) Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581. s. 5-11.
- Kurkela, T. 1990. *Crumenolupsis sororia* in basal cankers of Scots pine on afforested abandoned fields.
- Niemistö, P., Hukki, P. & Verkasalo, E. 1997. Kasvupaikan ja puuston tiheyden vaikutus rauduskoivun ulkoiseen laatuun 30-vuotiaissa istutuskoivikoissa. Metsätieteellinen aikakauskirja – Folia Forestalia 3/ 1997: 349-374.

Hieskoivu vaneriteollisuudessa

Erkki Verkasalo
Metsäntutkimuslaitos
Joensuun tutkimuskeskus

1. Hieskoivu on nykyisin arvokas hyötypuu

Hieskoivu on ollut pääpuulajeistamme vähiten arvostettu teollisuudessa hyödynnettävänä materiaalina. Suhtautuminen on muuttunut ainakin jonkin verran 1980-luvulta lähtien koivukuitupuun käytön huomattavan laajentamisen ansiosta. Tästä syystä erityisesti Pohjanmaalla kysymys hieskoivun kasvatuksen tavoitteista ja sen kannattavuudesta on metsätalouden akuuteimpia kysymyksiä.

Hieskoivua on perinteisesti pidetty lähinnä sellu- ja halkopuuna. Merkittävimmän koivunjalostajamme, vaneriteollisuuden pääraaka-aineen rauduskoivun ajoittainen niukkuus tehtailla on johtanut toiveisiin saada myös hieskoivusta merkittäviä määriä vanerin raaka-ainetta. Lisäksi koivun sahaus ja monipuolinen jatkojalostus huonekalu- ja puusepänteollisuuden tarpeisiin ovat vuosikymmenien hiljaiselon jälkeen uudessa nousussa pk-sektorin puutuoteteollisuudessa. Kaikentyyppinen koivun kasvatusta, joka tähtää mekaanisen puunjalostuksen tarpeisiin ja on koivulajien biologia ja kasvupaikkavaatimukset tuntien realistista, on mielekäs vaihtoehto metsätaloudessa.

Mekaanisten koivutuotteidemme kilpailukyky on aina perustunut puuaineen tasaiseen vaaleuteen ja hyviin mekaanisiin ominaisuuksiin ja yleensäkin maineeseen korkeasta visuaalisesta ja teknisestä laadusta. Vaaleiden lehtipuiden kysyntä on jo jonkin aikaa ollut kas-

vussa huonekalu- ja puusepänteollisuudessa teollisuutemme päämarkkina-alueella Keski- ja Länsi-Euroopassa. Tosin vähintään yhtä suosittuja puulajeja ovat siellä esim. sikäläinen ja pohjoisamerikkalainen pyökki, saarni ja vaahtera ja USA:n länsirannikon punaleppä. Koivumme on joskus jopa tarpeettoman vaaleata keskieuropalaiseen makuun. Luonnonvaaleus ei myöskään ole erityinen vaatimus, vaan yhä useammin halutaan eri tavoin sävytettyjä vaaleusasteita, esim. liitu- tai punavalkoista. Tasaisen vaalea väri on kuitenkin erinomainen pohja onnistuneelle sävytykselle.

Jatkossa koivuteollisuuden monipuolistaminen ja raaka-ainevarojen käytön turvaaminen edellyttävät uusia mahdollisuuksia vaneri- ja selluteollisuuden rinnalle. Vanerin kannalta vielä teoreettinen on uhkakuva suhteellisen vanhan tuotteen elinkaaren mahdollinen kallistuminen ehtopuolelleen kilpailevien materiaalien kehittyessä: markkinaennusteiden mukaan vanerituotteet olisivat 2000-luvun alussa ainoa mekaanisen puunjalostuksen tuoteryhmä, jossa kysyntä olisi maailmanlaajuisesti tarjontaa suurempi. Vaneria korvaavien materiaalien sekä Venäjältä ja Baltiasta ja – tietyin suojelupainevaroja – myös eräiden trooppisten lehtipuiden suunnasta tuleva kilpailu on sen sijaan edelleen kovenemassa puutuotemarkkinoilla.

Ilmassa on ollut jo joitakin vuosia uhkakuva koivusellun laatu- ja kustannuskilpailukykyyn heikkenemisestä suhteessa mm. eukalyptus- ja akaasiaselluun, jolloin kuitupuun kokoisen koivun käyttö saattaisi vähentyä nykyisestä. Arvio on koskenut koivun käyttöä hienopapereissa. Pelätty tilanne hienopaperien valmistuksessa ei ole toteutunut, ja teollisuudenkin piirissä käsitykset asian va-

kavuudesta vaihtelevat. Toinen koivusellun merkittävä käyttökohde, nestepakkauskar-tonki, näyttää sekin pitävän hyvin pintansa. Vaihtoehtojen löytäminen pieniläpimittaisen koivun käytölle on joka tapauksessa tarpeen raakapuun menekin turvaamiseksi.

Johtopäätös on, että koivun(kin) mene-kin ja käytön turvaamiseksi tarvitaan uusia sa-haukseen ja jatkojalostukseen kuten myös vii-lutukseen, sorvaukseen ja muuhun työstöön, puun fysikaaliseen ja kemialliseen modifioin-tiin (modifioitu puu) ja puuraaka-aineen tik-kuina, lastuina ja kuituina hyödyntämiseen (insinööripuu) perustuvia tuotteita, joissa puuta voidaan mahdollisesti yhdistellä myös muihin materiaaleihin.

2. Hieskoivu on vallannut alaa metsissämme

Kahdeksas valtakunnan metsien inventointi raportoi metsävarat vuosien 1986 - 94 mit-tausten perusteella. Sen mukaan koivuvaltai-sia metsiä on metsä- ja kitumaalla Etelä-Suo-messa 0,84 milj. ha eli 7,3 % ja Pohjois-Suo-messa 0,67 milj. ha eli 7,8 %. Koivikoita on näinkin paljon metsistä, että koivua pyrittiin tietoisesti vähentämään 1950- ja 1960-luvuil-la. Hieskoivikoita on Etelä-Suomessa yli kaksinkertaisesti ja Pohjois-Suomessa peräti 80-kertaisesti rauduskoivikkoihin verrattuna.

Koivun metsätaloudellinen merkitys on kuitenkin paljon suurempi kuin em. pinta-ala-

osuuksista voisi päätellä. Kumpikin koivulaji ilmeisesti yleistyy edelleen sekapuuna, mikäli suuntaus metsien luontaiseen uudistamiseen ja osin taimikonhoidon tarpeen kriittiseen tarkasteluun säilyy. Samaan suuntaan vai-kuttavat mitä ilmeisimmin vaatimukset met-sien monimuotoisuuden ja maiseman vaali-misesta.

3. Metsiemme koivutukista on hieskoivua 40 %

Koivulla järeän kaupallisen puun osuus koko puustosta on huomattavasti pienempi kuin havupuilla, koska koivutukin yleiset vähim-mäismitta- ja laatuvaatimukset ovat havutuk-kia ankarammat ja tukiksi kelpaamaton osuus eli tukkivähennys on selvästi havupuuta suu-rempi, 40 - 60 % (vrt. havupuu normaalisti 5 - 20 %). Tässä suhteessa koivulajien välillä on myös huomattavia eroja puustojen järey-s- ja laatuerojen vuoksi. Vanerikoivun vähim-mäismitoin (kuorellinen läpimitta 18 cm, tukin pituus 3,1 - 7,0 m) ja laatuvaatimuksin tukkiosuus on Etelä-Suomen rauduskoivulla 30 %, mutta hieskoivulla vain 10 %. Raudus-tukkiä on Etelä-Suomessa 1,4-kertaisesti hies-tukkiin verrattuna (taulukko 1).

Hiestukin osuus on kuitenkin selvästi suurempi kuin mitä on yleisesti tiedetty. Kai-kesta Etelä-Suomen koivutukista on raudusta 59 % ja hiestä 41 % (taulukko 2). Eniten hies-tukkiä on prosentteina Pohjanmaalla ja Sata-

Taulukko 1. Etelä-Suomen raudus- ja hieskoivuvarat (8. VMI, Louna ja Valkonen 1995).

Puutavaralaji	Rauduskoivu	Hieskoivu 1 000 m ³	Yhteensä
Tukki	15 828	11 193	27 021
Kuitupuu	36 877	96 731	133 608
Yhteensä	52 705	107 924	160 629
Tukki-%	30,0	10,4	16,8

Taulukko 2. Raudus- ja hieskoivutukki metsä- ja kitumaalla Etelä-Suomen metsäkeskusten toiminta-alueilla (8. VMI, Louna ja Valkonen 1995). Vertailuna Pohjois-Pohjanmaan kaikki koivutukkipuusto.

Metsäkeskus	Raudus 1 000 m ³	Hies	Hies %
Ahvenanmaa	40	7	14,9
Rannikko (ruots.)	1 217	652	34,9
Lounais-Suomi	359	290	44,7
Satakunta	410	695	62,8
Uusimaa-Häme	795	579	42,1
Pirkka-Häme	806	651	44,7
Itä-Häme	1 182	1 026	46,5
Etelä-Savo	2 483	1 525	38,0
Etelä-Karjala	1 059	616	36,8
Itä-Savo	1 405	847	37,6
Pohjois-Karjala	1 995	962	32,5
Pohjois-Savo	1 868	1 342	41,8
Keski-Suomi	1 702	1 203	41,4
Etelä-Pohjanmaa	327	530	61,8
Keski-Pohjanmaa	180	268	59,8
Yhteensä	15 828	11 193	41,4
Pohjois-Pohjanmaa, raudus- ja hieskoivu yhteensä 775			

kunnassa ja kuutiometreinä Etelä- ja Pohjois-Savossa ja Keski-Suomessa.

Hieskoivun merkitys on kokonaisuutena suurin Keski- ja Pohjois-Pohjanmaalla, jossa sen osuus puuvaroista on 20 % ja kaikista koivuvaroista 95 %. Koivutukista on täällä hiestä yli 60 %; tukin osuus kaikista koivuvaroista on kuitenkin vain 2 %.

Sahakoivu voi olla ohuempaa ja lyhyempää kuin vanerikoivu, jos se on muuten riittävän laadukasta: pieniläpimittaisen koivun teolliseen sahaukseen kelpuutetaan nykyisin pikkutukit aina 10 cm:n paksuuteen ja 2,2 m:n pituuteen. Tämä reservi mukaan lukien kaiken mekaanisesti jalostuskelpoisen koivun määrät metsissämme ovat huomattavasti esitettyä suuremmat ja hieskoivun osuus puutuoteteollisuuteen sopivasta koivusta on myös ilmeisesti esitettyä suurempi.

4. Hieskoivu on tärkeämpi vaneriteollisuudelle kuin on tiedetty

Teollisuuden koivun käyttöä ei ole voitu tilastoida koivulajeittain. Lisäksi koivulajilla on koettu olleen varsin vähän jos lainkaan merkitystä valmistusprosessien ja tuotteiden kannalta sekä vaneri- että selluteollisuudessa, kunhan raaka-aine on täyttänyt vähimmäislaatuvaatimukset. Täten hies- ja rauduskoivun osuudesta voidaan esittää vain karkeita arvioita teollisuuden sijainnin ja koivuvarojen rakenteen perusteella.

Koivuvaneriteollisuutemme aloitti varsinaisesti Wilhelm Schauman Oy Jyväskylässä vuonna 1912. Kehitys oli tämän jälkeen suotuisaa. Suomalainen koivuvaneri hallitsi maailman lehtipuuvaneri-markkinoita 1920- ja

1930-luvuilla. Sotavuodet ja neljän tehtaan jääminen luovutetulle alueelle aiheuttivat tilapäisen taantuman. Nykyisin toiminnassa on 16 vaneritehdasta Itä- ja Keski-Suomessa ja neljä viilutehdasta (pohjoisin Iissä).

Vanerikoivun käytön huippu, 2 milj. m³/a, ajoittui sahaikoivun lailla 1960-luvun puoliväliin. Tämän jälkeen koivuraaka-aineen niukkuus ja Kaakkois-Aasian uusien toimittajien kilpailu (trooppiset lehtipuuvanerit) johtivat alan kriisiin. Tästä pystyttiin selviytymään tehokkaalla tuotekehityksellä: keskittymällä kalliisiin, koivupohjaisiin erikoistuotteisiin ja käyttämällä suuria määriä kuusta tuotteissa, joiden ominaisuudet ja hinta määräytyivät pääasiassa koivuisen pintaviulun mukaan. Trooppisten vanereiden puolelta tuleva kilpailu on edelleen voimakasta, mutta ympäristökysymysten sekä puulaji- ja laatuvaihteluiden vuoksi tasaantumaan päin. Täyskoivuisten ja koivua sisältävien vanereiden nykyiset käyttökohteet ovat yhtäältä lujutta ja jäykkyyttä vaativissa kuljetusvälineiteollisuuden tuotteissa (ajoneuvojen rakenteet, kuorimatilat, kontit) ja rakennusteollisuudessa (rakennusvanerit, betonointimuotit) ja toisaalta hyvä- ja tasalaatuista ulkonäköä vaativissa huonekaluteollisuuden tuotteissa (kalusteet ja huonekalut, myös viiluna).

Viimeisen kymmenen vuoden aikana vaneriteollisuus on käyttänyt koivutukkia 1,0 - 1,5 milj. m³/a, esim. vuonna 1991 0,98 milj. m³/a ja vuonna 1999 1,39 milj. m³ (vrt. havutukki 0,56 ja 1,76 milj. m³). Tuontipuun osuus vanerikoivun käytöstä on ollut selvässä kasvussa (6 % vuonna 1991 -> 30 % vuonna 1999). Hieskoivun osuus vaneriteollisuuden koivuraaka-aineesta vaihtelee huomattavasti tehtaittain. Mikäli koivulajien käyttöosuudet noudattelevat niiden osuuksia alueiden koivutukkivaroista, hieskoivun osuus on pohjoisilla tehtailla (Suolahti, Kuopio, Joensuu)

hankinta-alueiden sijainnin mukaisesti jopa 40 - 50 % ja kaakkoisilla tehtailla (Heinola, Valkeala, Lappeenranta, Punkaharju, Ristiina, Savonlinna) 20 - 30 %. Tosiasiassa hieskoivun osuudet lienevät jonkin verran näitä lukuja pienemmät leimikkorakenteen sekä, ilmeisesti lähes yksinomaan rauduskoivua olevan tuontipuun vuoksi.

5. Koivun erityispiirteitä vanerija sahapuuna

Tuotteen saantoon ja laatuun vaikuttavat tekijät ovat koivuvanerin ja sahatavaran valmistuksessa pääosin samat. Teollisuudenalojen välillä on kuitenkin neljä oleellista eroa raaka-aineen ja tuotteen riippuvuussuhteissa:

- 1) Kun normaalipituudeltaan 3,1 - 7,0 m:n vaneritukit katkotaan 1,3 - 1,6 m:n sorvipölkyiksi, lenkouden ja mutkien vaikutus saantoon pienenee tukkina sahaukseen verrattuna - edellyttäen että tukit on apteerattu sopivasti ja katkosta sorvipölkyiksi tehdään oikein. Näin ollen vaneritukin ja -pölkyn laatua on arvosteltava erillään toisistaan. Sahakoi-vut katkotaan metsässä usein vaneritukkien pituuksille. Varsinkin piensahat käyttävät myös 2 - 3 m:n tukkipituuksia laadukkaimpien rungon osien hyödyntämiseksi. Toinen mahdollisuus on katkoa pitkät tukit apteerausta mukaillen lyhyiksi sahan varastolla. Pölkyn pituus on koivun sahauksessa joka tapauksessa suurempi kuin sorvauksessa.
- 2) Rungon ulkoviati näkyvät suuremmissa osuudessa viiluarkeista kuin sahatararakappaleista, koska viilu sorvataan pölkyn tangentin suuntaisesti ja yleensä

vain 1,5 mm paksuksi. Toisaalta ytimen ympärillä oleva, lähes aina huonolaatuisin puu jää sorvauksessa purilaaseen. Sahauksessa se tulee sydäntavarakappaleeseen. Tätä ongelmaa voidaan huomattavasti lievittää ydinvapaalla sahauksella tai käyttämällä ydinkappale laatuvaatimuksiltaan vaatimattomiin sahatuotteisiin. Koivun puuaineessa on ytimen läheisyydessä usein sydänhalkeamia ja aina keskimääräistä nopeakasvuisempaa puuta. Varsinaisesta nuorpuusta ja siihen yleensä liittyvästä poikkeuksellisen korkeasta pitkittäissuuntaisesta kutistumasta ja kuivausongelmista (syrjä- ja lapevääntyily sekä kieroutuminen) ei ole erityisiä mainintoja kirjallisuudessa. Nopeakasvuista istutuskoi- vua ei ole edes tutkittu tässä suhteessa. Yleisesti ottaen nopeakasvuisuus ei sinänsä ole laatuongelma lehtipuilla, mutta puuaineen tasalaatuisuus on tärkeää.

3) Vaneritukista voidaan sahatukista poiketen poistaa viallinen kohta välivähennyksenä ja purilasosan viat eivät välttämättä vaikuta tuotteen laatuun. Tässäkin on kuitenkin otettava huomioon saha-koivun lopputuotteiden yleensä lyhyet pituudet.

4) Suuret oksat voidaan paikata vaneriviilussa. Täysimittaisissa saheissa näin ei ole yleensä totuttu menettelemään, mutta valmiissa aihioissa kuten liimalevyissä mustat oksat voidaan poistaa tai paikata ns. venepaikkauksella, toinen vaihtoehto on oksakohtien peittäminen kittaamalla. Muuten vikakohdat voidaan korkeintaan kiertää, jolloin saanto vastaavasti heikkenee.

Sorvatun viulun saanto riippuu olennaisesti sorvipölkyn läpimitasta ja muodosta, koska hävikkejä syntyy lähinnä pölkyn pyöristyksestä ja sorvikarojen kohdalta käyttämättä jäävästä puusta, purilaasta. Myös sydän- ja pintalaho, korot, halkeamat ja vakavat oksaviat (erityisesti pysty- ja laho-oksat ja haarat) alentavat saantoa. – Viulun saanto on erityisesti oksattomista pölkkyistä jonkin verran korkeampi kuin oksaisista. Tämä ilmenee esim. Heiskasen (1966) sorvipölkkyjen laatu- ja luokituksen mukaisen luokan III ja varsinkin luokan ”raakit” pienempinä saantoluokina koko läpimittaluokajakaudan alueella luokkiin I ja II verrattuna. Vaneritehtaiden välillä on ollut huomattavia eroja tässä suhteessa: esim. Heiskasen (1966) tutkimuksessa tuoreen viulun saanto oli kahdella eri tehtaalla kahdeksan tuuman eli 20,3 cm:n pölkkyjä sorvattaessa 53,1 ja 49,2 % laatuluokassa I, 50,3 ja 47,7 % luokassa II ja 48,2 ja 46,9 % luokassa III.

Pölkyn muotovikoja ovat latvaleikkauksen epäpyöreys, kapeneminen, mutkaisuus ja lenkous. Niiden takia pölkkyä on joko pyöristettävä normaalia enemmän, jolloin laadultaan parasta pintaviilua menee jätteeksi, tai on tyydyttävä vajaapituisiin tai -leveisiin viiluihin eli jontteihin, joista kootaan täysimittaisia viiluarkkeja jatkamalla tai saumaamalla. Taulukko 3 kuvaa pölkyn kuorettoman läpimitan teoreettista vaikutusta viulun saantoon pölkyn kuorettomasta tilavuudesta suoralla, lievästi mutkaisella tai lengolla ja vakavasti mutkaisella tai lengolla, normaalisti kapenevalla 1,3 m:n pölkkyllä, kun purilaan paksuus on 6,5 cm. Käytännön tehdaskokeissa, joissa pölkkyt on keskitetty sorviin perinteisellä mekaanisella 3-pistemenetelmällä, saanto on ollut suorilla pölkkyillä 10 - 25 % ja mutkaisilla pölkkyillä 5 - 10 % em. teoreettisia lukuja pienempi. Tämä on johtunut toisaalta pölkkyjen

Taulukko 3. Koivuviulun teoreettinen saanto tuoreen pölkyn kuorettomasta tilavuudesta muodoiltaan erilaisia pölkyjä sorvatessa.

Kuoreton latvaläpimitta, cm	Muoto		
	Kapeneminen 1 cm Suora	Kapeneminen 1 cm Lenkous ja mutkat yhteensä 1 cm	Kapeneminen 1 cm Lenkous ja mutkat yhteensä 3 cm
	Teoreettinen viulun saanto, prosenttia kuorettomasta tilavuudesta		
15	76,0	64,0	32,8
20	85,1	75,8	50,9
25	89,6	82,1	61,3
30	92,2	85,9	68,1
35	93,8	88,4	72,9

epäpyöreystä, toisaalta keskitysvirheistä.

Nykyaikaisilla, sorvin karojen kiinnityspisteet optimoivilla keskittimillä viulun saanto on pystytty kohottamaan lähelle teoreettista maksimia. Niinpä kokonaissaanto kuorettomien sorvipölkkyjen tilavuudesta oli eräässä kokeessa 55 % mekaanista keskitintä ja 70 % optimoivaa XY-keskitintä käytettäessä, kun sorvattiin noin 21 cm paksuja ja 1,6 m pitkiä koivupölkkyjä (Tuompo 1998). Teknisestä kehityksestä on ollut eniten hyötyä hieskoivun sorvauksessa, sillä saannon paraneminen on suurinta mutkaisia, lenkoja tai epäpyöreitä pöllejä käsiteltäessä. Käytännön tehdastuotannossa koivuvanerin teoreettisesti mahdollisena saantona pidetään 40 % tukkien kuorellisesta kokonaistilavuudesta; optimoivalla keskityksellä saanto on satu nykyisin tasolle 35 %. Saantoa on mahdollista parantaa vielä karatonta sorvia käyttämällä, jolloin purilashävikki pienenee.

Tukin pituuden merkitys liittyy katkontatarkkuuteen ja eräiden tukkipituuksien epäedullisuuteen, joiden takia puuhävikki sorvipölkkyiksi katkottaessa voi kasvaa suureksi. Edullisimpia tukkipituuksia 30 cm:n moduulipituuksille katkottaessa ovat 4,0 - 4,9 m sekä 6,7 ja 7,0 m, jolloin katkontahävikki on 8 -

10 % tukin pituudesta laskettuna. Erityisen epäedullinen pituus on vastaavasti 3,7 m, jolloin hävikki on 19 %. Pitkät pituudet antavat lyhyitä enemmän mahdollisuuksia vikojen huomioonottamiseen katkonnassa ja lisäksi tukin päistä liikkeelle lähtevien varastovikojen vaikutus on tällöin pienimmillään.

6. Koivuviulun ja -vanerin laatutekijät ja laatuluokitus

Sorvatun viulun laadun määrittely voi olla luonteeltaan joko kaupallista tai teknillistä. Yleisesti on totuttu puhumaan lähinnä kaupalaadusta, jonka määrää pääasiassa ulkonäkö ja varsinkin siihen vaikuttavat viat. Ulkonäköviat voivat johtua joko puuaineesta (mm. oksaisuus, värivirheet, syyrakenteen epäsäännöllisyys) tai viulun käsittelystä (saumat, jatkokset, paikat, yms.). Viulun teknillisen laadun ratkaisevat kuitenkin jatkojalostuksessa ja loppukäytössä tärkeät lujuus- ja kimmoisuusominaisuuksiin (mm. poikittaisvetolujuus, kiireys), tasamittaisuuteen, eheyteen ja sileyteen liittyvät seikat. Viulun teknillinen laatu vaikuttaa vanerin teknillisistä ominaisuuksista mm. kuivauskutistumaan ja kokoonpuristumaan,

staattiseen taivutuslujuuteen ja -kimmomoduuliin, liimasauman leikkauslujuuteen ja puustamurtumaprosenttiin sekä pinnan kovuuteen ja iskunkestävyyteen.

Koivuviilun ja vanerin kaupallinen laatu määräytyy käytännössä yli 90 prosentissa tapauksista oksaisuuden perusteella. Suurin huomio kiinnitetään tällöin lahoihin ja kuiviin oksiin. Esteettisen haitan lisäksi ne alentavat lujuutta ja pyrkivät irtoamaan kuivauksessa. Suurin haitta on pystyoksista, jotka ovat yleensä oksista suurimpia ja säännöllisesti sydänlahon lähteenä. Vesaoksia syntyy koivuun tavallisia oksia myöhemmin, joten ne aiheuttavat vikoja muutoin kenties oksattomaan pintapuuhun. Vesaoksilla näyttää olevan tietty yhteys lahon ja laho-oksien esiintymiseen. Oksaisuuden lisäksi laatua alentavat erilaiset esteettisiä haittoja, reikäisyyttä ja lujuuden heikentymistä aiheuttavat pintaviat ja laho-, väri- ja hyönteisviat sekä reikäisyyttä ja poikkeamia suorasyisyyteen aiheuttavat lenkous ja mutkaisuus.

Koivuviilujen laatujakauma vaihtelee käytännössä huomattavasti tehtaittain, koska tukkien ja pölkkyjen laatu, vanerituotteet ja täten myös viilujen lajitteluohjeet ovat niillä

erilaiset. Taulukossa 4 on Heiskanen ja Saikun (1976) Suomen vaneritehtaille tekemiin kyselyihin ja uudistettuun lajitteluun perustuva yhteenveto vuoden 1974 viilujen jakaumista kuivattuna ennen vanerin liimausta, vertailukohtina tyypilliset jakaumat 10 vuotta aikaisemmin ja nykyisin. Viilujen laatujakauman jatkuva heikkeneminen sekä pinta- ja keskiviilujen että eri pintaviiluluokkien osuuksien suhteen on selvä. Tehtaiden välinen vaihtelu on myös kasvanut lukuunottamatta laatuluokkien I ja II osuuksia. Muutokset johtuvat yhtäältä em. muutoksista vanerien käyttötarkoituksen mukaisessa tuotantorakenteesta ja toisaalta, ainakin laatujakauman yleisen heikentymisen osalta, koivutukkien laadun heikkenemisestä.

Koivuisen vanerin laatuluokka määräytyy suoraan pintaviilun laatuluokan mukaan. Seuraavassa on Heiskanen ja Saikun (1976) em. kyselyyn perustuva yhteenveto eri tehtaiden vuoden 1974 toimitusvalmiin koivupintaisen vanerin pintaviilun mukaisesta laatujakaumasta keskimäärin ja vaihtelurajoin. Ryhmä ”muut laadut” käsittää pakkausvanerit ja pinnoitettavat vanerit.

Taulukko 4. Suomen vaneritehtaiden koivuviilun laatujakauma keskimäärin ja tehtaiden välinen vaihtelu eri tutkimuksissa.

Viilun laatu tai laaturyhmä (vanha laatu)	Heiskanen ja Saikku (1976)		Olavinen (1964)		Koponen (1995)
	Osuuden keskiarvo (tehtaiden vaihteluväli), %				
I (A, B ja BU)	2,0	(0,9-5,0)	3,6	(1,9-5,3)	1
II (S)	4,4	(3,0-8,0)	6,3	(5,0-7,5)	2
III (BB)	22,0	(12,5-33,0)	24,0	(22,0-26,0)	23
IV (WG)	14,7	(6,4-25,0)	15,0	(12,0-18,0)	11
Kaikki pintaviilut	42,6	(30,2-56,0)	47,5	(45,0-50,0)	37
Keskiviilu I (K1)	42,1	(23,5-57,2)
Keskiviilu II (K2)	17,5	(10,5-17,1)
Kaikki keskiviilut	57,4	(40,6-69,8)	52,5	(50,0-55,0)	63

Pintaviilun laatu (vanha laatu)	Osuus, %	
	\bar{x}	min-max
I (A)	0,3	0-0,4
I (B)	1,4	0,2-2,7
I (BU)	2,9	0-8,3
II (S)	8,4	2,1-24,0
III (BB)	54,3	25,0-89,0
IV (WG)	27,5	5,1-46,0
Muut	5,2	0-16,6

Viilun laatua alentavien vikojen merkitys riippuu viimekädessä edellä kuvatun mukaisesti *laatuluokituksen soveltamisesta* ja varsinkin *laatuluokkien arvosuhteista*. Yleisesti hyväksytyt lajitteluohjeet kuten monissa tapauksissa myös vaneritehtaat itse ovat väljentäneet viilun laatuluokitusta. Niinpä eri vii-

lulaatujen suhteelliset hintaerot ovat myös pienentyneet (taulukko 5).

Koponen (1995) ilmoittaa taulukon 6 mukaiset koivu-, mänty- ja kuusiviilujen arvosuhteet kolmella eri tehtaalla niillä sovellettuun SFS-lajittelustandardiin 2413 ja todellisiin vanerin myyntihintoihin perustuen. Hyvälaatuisten pintaviilujen määrä vaikuttaa kaikissa suhteissa ratkaisevasti erityisesti koivu- ja mäntyvanereiden valmistuksen kannattavuuteen. Kaikessa vanerikoivun hankinnassa ja kasvatuksessa on siis pyrittävä tällaisen raaka-aineen saannin varmistamiseen ja ainakin parantamiseen nykyisestä. Tähän tähtäävät myös viilun laatu- ja arvosantoon vaikuttavista tukki- ja pölkkykohtaisista tekijöistä johdetut vaneripuun laatuluokitusjärjestelmät.

Taulukko 5. Koivuviilulaatujen suhteelliset arvo eri tutkimuksissa.

Viilun laatuluokka	1950-luku (Tuovinen 1953)	1973 - 74 (Heiskanen ja Saikku 1976)	1992 (eräs suomalainen vaneriyhtiö)
	Suhteellinen arvo (BB = 100)		
A	564	315	292
B	314	157	187
S	168	114	116
BB	100	100	100
WG	91	86	84
Keskiviilu	68	68	52

Taulukko 6. Koivu-, mänty- ja kuusiviilujen suhteelliset arvot 1990-luvulla (Koponen 1995).

Viilun laatuluokka	Koivu	Mänty	Kuusi
	Suhteellinen arvo (huonompi keskiviilu = 100)		
E	800
I	540	1020	...
II	290	340	220
III	250	260	130
IV	220	120	120
Parempi keskiviilu eli liimaviilu	210	120	120
Huonompi keskiviilu	100	100	100

7. Vanerikoivujen ja sorvipölkkyjen laatuluokitus

Vanerikoivujen hankinnassa on käytetty Heiskasen (1966) ehdotukseen pohjautunutta kolmiluokkaista asteikkoa. Luokitus on tähdännyt käytännössä ensisijaisesti runkojen apteerauksen tarkkuuden parantamiseen. Luokitusta ei ole ilmeisesti sovellettu vanerikoivujen hinnoitteluun, ainakaan virallisesti.

Heiskasen (1966) luokitusta laadittaessa tavoitteena oli hyväksyä ensimmäiseen luokkaan sellaiset pölkkyt, joista saatavissa olevista viiluista vähintään 30 % olisi A- tai B-laatu-luokkaa (ml. liitos- ja pääraakkikappaleet). Tämän luokan pölkkyistä saadaan käytännössä kaikki sellaisenaan lakattavaksi tai petsattavaksi kelpaavat pintaviilut. Toiseen luokkaan pyrittiin kelpuuttamaan pölkkyt, joista saatavissa olevista viiluista suurin osa kelpaa vielä pintaviiluksi. Luokan alarajaksi valittiin keskimmäisviilun ja huonoimman pintaviilun, WG:n, korkeintaan 40 %:n yhteisosuus saatavissa olevista viiluista ja, saataessa myös A- ja B-laatuja, em. luokkien yhteisosuuden ja A- ja B-viilujen yhteisosuuden korkeintaan 40 %:n erotus. Tähän luokkaan kuuluu laadultaan hyvin erilaisia pölkkyjä. Kolmannen eli huonoimman luokan alarajan valinnassa ehtoina olivat pintaviilujen vähintään noin 35 %:n osuus, jos tämä oli pelkästään WG-viilua, ja vähintään 25 %:n osuus, jos tässä oli myös WG-luokkaa parempia pintaviiluja. Kolmannen luokan lieviä vaatimuksia perusteltiin paksujen vanerien kysynnän kasvulla, joka lisäsi keskimmäisviilun tarvetta, ja rakennevanerien käytön lisääntymisellä, jonka arveltiin lisäävän WG-vanerin kysyntää.

Kuorettomalta, vähimmäisläpimitaltaan 7 tuuman eli 17,8 cm:n ja pituudeltaan 5 jalan eli 1 524 mm:n pölkkyjen ensimmäisessä luokassa sallittiin erilaisista vioista vain oksan-

jälkiä 5 kpl ja lenkoutta ja mutkia 4 % pienimmästä kuorettomasta läpimitasta. Toisessa luokassa sallittiin oksanjälkiä rajoituksetta, oksakyhmyjä 5 kpl, oksia 4 kpl (paksuin kuiva tai laho oksa 2 cm ja paksuin terve oksa 3 cm), 5 mm syviä ja 20 cm pitkiä kovapohjaisia avohaavoja tai koroja, hyvin pieniä umpihaavoja ja koroja, alle 10 cm pitkiä lahottomia ja tuoheamia (ei selvää paisumaa), kovaa sisälahoa 6 cm pinnasta ja lenkoutta ja mutkia 12 % pienimmästä kuorettomasta läpimitasta. Kolmannessa luokassa sallittiin oksanjälkiä rajoituksetta, oksakyhmyjä 10 kpl, oksia 10 kpl (paksuin kuiva tai laho oksa 3 cm ja paksuin terve oksa 5 cm), 5 kpl (paksuin kuiva tai laho oksa 3 cm ja paksuin terve oksa 6 cm) tai 3 kpl (paksuin kuiva tai laho oksa 3,5 cm ja paksuin terve oksa 6 cm), 15 mm syviä ja 100 cm pitkiä kovapohjaisia avohaavoja tai koroja, 100 cm pitkiä umpihaavoja ja koroja, alle 30 cm pitkiä lahottomia ja tuoheamia (ei selvää paisumaa), kovaa sisälahoa 6 cm pinnasta ja lenkoutta ja mutkia 12 % pienimmästä kuorettomasta läpimitasta. Pystyoksia, lahopohjaisia haavoja tai koroja, pintahalkeamia, pehmeää lahoa tai vieraita esineitä ei sallittu lainkaan.

Heiskasen (1966) luokituksen perustana olleessa perustutkimuksessa eri laatuluokkien sorvipölkkyistä saatujen viilujen laatu-jakaumat olivat seuraavat:

Viilun laatuluokka	Sorvipölkyn laatuluokka		
	I	II	III
A	2,9	0,7	0,2
B	17,7	7,8	1,0
BBx	40,7	15,4	3,3
BB	20,3	41,3	25,2
WG	6,1	6,2	17,1
Keskiviilu	12,3	28,6	53,2

Luokitukseen on tehty eräitä täsmennyksiä 1970-luvulla (taulukot 7 ja 8). Parhaan eli ensimmäisen luokan läpimittavaatimusta on korotettu 2 cm ja minkäänlaisia oksia ei sallita, kun taas lenkous- ja sisälahovaatimuksia on lievennetty. Toisen luokan vaatimukset ovat osapuilleen ennallaan lukuunottamatta kieltoa tuoheamista. Kolmannen luokan vaatimuksia on hieman lievennetty terveiden oksien enimmäislukumäärän ja -paksuuden suhteen; toisaalta oksaryhmiä ei sallita ja korojen ja haavojen enimmäispituutta on pienennetty. Nämä muutokset viittasivat kallempiin lopputuotteisiin käytettävien parhaiden viilulaatujen erottelutarpeen kasvamiseen sekä loppukäytön muutosten että parhaimman koivuraaka-aineen saatavuuden heikentymisen vuoksi. Toisaalta on nähtävissä sorvaustekniikan kehittymisen ja terveoksaisen viilun uusien käyttökohteiden vaikutuksia.

Vanerikoivun lopulliseen laatuun vaikuttavat puun luontaisten vikojen lisäksi monet korjuussa, varastoinnissa ja jalostuksessa syntyvät viat. Koivupuutavaraan syntyy kaadon jälkeen ilmeisesti enemmän vikoja kuin havupuutavaraan. Varsinkin rungon tyviosaan ilmestyy heti kaadon ja katkonnan jälkeen lähes poikkeuksetta sydänhalkeamia rungon nestevirtauksista aiheutuvien kasvujännitysten lauetessa.

Sydänhalkeamilla on taipumusta lisääntyä haudonnan ja jopa sorvauksen yhteydessä. Varsinkin hakkuukonekorjuussa syntyy kaadossa helposti tyvirepeämiä ja -halkeamia ja karsinnassa lohkeamia ja värivikoja aiheuttavia kuoren rikkoumia ja pintavaurioita.

Edellä esitettyjen tukki- ja pölkkykohtaisten viilun saanto- ja laatutekijöiden perusteella voidaan muodostaa käsitys vanerikoivurungon ulkoisista laatutekijöistä. Tärkein viilun saantoon ja laatuun vaikuttava tekijä on rungon järeys, jota kuvaavat: 1) rinnan-

korkeusläpimitta, 2) tilavuus, 3) tukkiosan päättymiskorkeus, 4) tukkiosan tilavuus, 5) tukkiosan osuus rungon tilavuudesta, ja 6) tukkien läpimittajakauma. Tämän lisäksi rungon, erityisesti sen tyvitukkiosan muototekijöistä vaikuttavat viilun saantoon: 1) yleinen suoruus, 2) mutkat, ml. pystyoksat ja haarat, ja niiden sijainti sorvipölkkyjen katkaisun kannalta 3) lenkous ja sen vaikutusalue, 4) kapeneminen ja 5) epäpyöreys.

Viilun laatuun ratkaisevasti vaikuttavaa oksaisuutta voidaan kuvata monella tavalla: 1) rungon oksikkuusvyöhykkeiden, eli oksatoman, oksakyhmyisen, kuivaoksaisten ja terveoksaisten rungonosan alkamiskohta, pituus ja osuus rungon tai tukkiosan pituudesta sekä niiden tilavuus ja sen osuus rungon tai tukkiosan tilavuudesta, 2) terveen sekä kuivan, lahon ja ylipäänsä kuolleen oksan suurin tai keskimääräinen paksuus tietyllä rungonosalla, 3) terveiden sekä kuivien, lahojen ja ylipäänsä kuolleiden sekä kaikkien oksien lukumäärä ja ryhmittäisyys tietyllä rungonosalla, 4) pystyokkien ja haarojen esiintyminen tietyllä rungonosalla, 5) vesaoksien esiintyminen tietyllä rungonosalla.

Viilun saantoon ja laatuun vaikuttavien laho- ja värivikojen esiintymistä voidaan kuvata: 1) pehmeän ja kovan lahon ja värivian esiintymisellä, 2) pehmeän ja kovan lahon ja värivian rungon pituusakselin ja säteen suunnitaisen vaikutusalueen pituudella ja tilavuudella. Useat rungon ulkoiset ominaisuudet ja viat ennustavat hyvin lahon esiintymistä, mutta lahoastetta on yleensä vaikea arvioida. Tällaisia ovat jo itsessäänkin viilun laatuun, joskus myös saantoon vaikuttavat: 1) korot, 2) halkeamat, 3) laho- ja pystyoksat, 4) vesaoksat, 5) tuoheamat, 6) käävät, 7) tikanjäljet, 8) ruskotäpläkärpäsen, koivunmantokuoriaisen ym. hyönteisten syömäjäljet ja 9) nisäkkäiden syömäjäljet.

Taulukko 7. Vanerikoivun yleiset laatu- ja mittausmääritelmät.

Vanerikoivujen laatu ja -mittausmääritelmät, latvasta mittaus:	
Tukin minimiläpimitta	18 cm, latvasta vaakasuoraan kuoren päältä
Tukin pituus	Min 3,1 m, max 7,0 m
<u>Vika</u>	<u>Enimmäismäärä 1,5 m:n pituudella</u>
Oksien ja kyhmyjen lukumäärä	
- Terveet oksat	Ei rajoituksia
- Kuivat tai lahot oksat tai suuret oksakyhmyt ²⁾	5 kpl ¹⁾
Oksien paksuus ³⁾	
- Terveet oksat	7 cm
- Kuivat ja lahot oksat	3 cm
Lenkous tukin latvaläpimitasta riippuen	
- 18 - 23 cm	2 cm
- 24 - 35 cm	4 cm
- 35+ cm	5 cm
Kovapohjaiset korot, umpihaavat ⁴⁾	0,6 m:n pituinen yhdellä puolella, enimmäissyvyys 10 % latvaläpimitasta
Tuoheama ⁴⁾	0,3 m:n pituinen
Värivikaa, kovaa lahoa tai halkeamia tukin sydämessä	1/3 läpimitasta

Vaneritukissa ei sallita lainkaan:

- Oksaryhmiä⁵⁾
- Pystyoksia
- Lahopohjaisia koroja
- Pehmeää lahoa
- Pintahalkeamia
- Monivääryyttä
- Äkkimutkia
- Vieraita esineitä

Kielletyt viat tyvettävä tai vähennettävä tukin tilavuudesta. Kaksi maksimivikaa sisältävä runko tai rungon osa on vaneripuuksi kelpaamaton.

Välivähennys: Tukissa sallitaan laatuvaatimukset alittavaa kohtaa enintään 1,5 m jos laatuvaatimukset täyttävää puuta on vikakohdan molemmilla puolilla 1,5 m.

¹⁾ Alle 5 mm:n oksia ei lueta oksien lukumäärään.

²⁾ Suureksi oksakyhmyksi luetaan sellainen, josta pinnanmyötäiseksi veistettäessä paljastuu laho tai kuiva oksa.

³⁾ Oksien paksuus mitataan niiden tummasta osasta puun poikkisuuntaisesti.

⁴⁾ Umpihaavan tai tuoheamisviillon yhteydessä ei saa esiintyä selvää paisumaa.

⁵⁾ Oksaryhmäksi katsotaan vähintään kolme isoa oksakyhmyä ja / tai kolmen senttimetrin oksaa, jotka ovat enintään 20 cm:n pituisella rungon osalla.

Taulukko 8. Koivusorvipölkkyjen yleiset laatuluokkamääritelmät.

Vaatus tai rajoitus	Laatuluokka		
	I	II	III
Minimiläpimita, latvasta kuoren päältä ohuimmalta puolen	20	18	18
Oksien ja kyhmyjen kokonaismäärä			
- Terveita oksia	Ei sallita	4 kpl	Ei rajoitusta
- Kuivia tai lahoja oksia tai suuria oksakyhmyjä	Ei sallita	1/5 läpimitan senttiluvusta	1/5 läpimitan senttiluvusta
Oksien paksuus			
- Terveet oksat	Ei sallita	2,5 cm	7 cm
- Kuivat ja lahot oksat	Ei sallita	1,5 cm	3 cm
Lenkous, ko. rungon osan pienimmästä latvaläpimitasta laskettuna	5 %	12 %	12 %
Kovapohjaiset korot, umpihaavat	Ei sallita	Aivan vähäisiä	Yhdellä puolen 60 cm, syvyys 10 % pienimmästä läpimitasta
Tuoheama	Ei sallita	Ei sallita	30 cm:n pituinen
Kovaa värillistä puuta sydämessä ja sydänhalkeamia	1/3 kuolettomasta läpimitasta	1/3 kuolettomasta läpimitasta	1/3 kuolettomasta läpimitasta

8. Koivulajien puuaineessa on vain vähäisiä eroja

Hies- ja rauduskoivun virheettömän puuaineen erot ovat varsin pienet ja mekaanisen puunjalostuksen kannalta useimmiten merkityksettömät. Hieskoivulla putkilot ovat hieman pitempiä ja paksumpia. Putkiloita ja ydinsäteitä on hieskoivulla poikkileikkauksen pinta-alayksiköllä vähemmän kuin rauduskoivulla.

Hakkilan (1966) mukaan puuaineen tiheys on hieskoivulla hieman alhaisempi kuin rauduskoivulla. Etelä-Suomessa hieskoivun kuiva-tuoretiheys on keskimäärin 482 kg/m³ ja rauduskoivun 497 kg/m³. Vaneritukeilla koivulajien erot ovat rungon keskimääräisiä arvoja suuremmat kuiva-tuoretiheyden ollessa hiestukeilla keskimäärin 478 kg/m³ ja raudustukeilla 510 kg/m³. Verkasalon (1998) Keski- ja Pohjois-Pohjanmaalla tekemässä tutkimuk-

nessa koivutukkivuorunkojen käyttöosan puuaineen kuiva-tuoretiheys oli hieksellä turve- mailla 472 kg/m³ ja kivennäismailla 504 kg/m³ ja rauduksella kivennäismailla 515 kg/m³; vastaavat arvot olivat viiden metrin tyvituk- kiosassa 471, 507 ja 520 kg/m³.

Sekä massiivipuisten että viiluista val- mistettujen tuotteiden lujuus- ja jäykkyysomi- naisuudet ovat hieskoivulla jonkin verran rau- duskoivua heikommat. Tämän seikan merki- tys voisi periaatteessa olla suurikin, mutta vir- heettömän puuaineen tiheyserojen vaikutuk- set peittyvät käytännössä mm. vinosyisyyden ja oksaisuuden vaikutusten alle. Hieskoivun puuaineen jäykkyysominaisuudet on eräässä tutkimuksessa todettu rauduskoivun puu- ainetta paremmiksi.

Hieskoivun puuaineen eräänä etuna rau- duskoivuun verrattuna mainitaan kauniimpi, vähemmän karhea ja nukkainen viilu- ja sa- hepinta. Tämä saattaisi johtua puulajien ti- heyseroista, jolloin sorvaus- ja sahausvastuk- set olisivat hieskoivulla rauduskoivua pie- nemmät. Lisäksi hieskoivun rauduskoivua ohuemmat ja usein tasapaksummat vuosilus- tot vaikuttanevat samaan suuntaan.

Nukkaisuutta työstöpintaan aiheuttava vetopuu saattaa olla hieskoivulla tavallisem- paa kuin rauduskoivulla, olettaen että hies- koivu on rauduskoivua mutkaisempi puulaji. Poikkileikkauksessa vetopuu erottuu muusta puuaineesta vaaleampana, silkinkiiltoisena, tiiviinä ja kovana ja pitkittäisleikkauksessa nukkaisena. Vetopuun työstössä on vaikeuk- sia. Se halkeilee ja vääntyyilee kuivattaessa ta- vallista enemmän suurehkon pitkittäissuun- taisen kutistumisen vuoksi. Vetopuu myös säi- lyy kuivauksessa muuta puuta vaaleampana aiheuttaen omalta osaltaan kirjavuutta puuai- neeseen.

Koivun puuaineessa on usein ruskotäp- läkärpäsen toukkien jälsikerrokseen kaivamia,

korkkisolukon täyttämiä käytäviä. Toukat ei- vät vaaranna puun elämää, mutta käytävät jät- tävät puuaineeseen sen ulkonäköä ja eräissä käyttökohteissa laatua alentavia ruskotäpliä. Ruskotäpläisyys näkyy sorvatussa ja sahaus- sa pinnassa epämääräisinä sykerökuvioina, joten joskus esitettyä ajatusta vian ”puuaineen esteettistä monimuotoisuutta” edistävästä vai- kutuksesta on syytä epäillä. Erityisesti istu- tusrauduskoivikoiden on pelätty olevan alt- tiita ruskotäpläkärpäsen voitoksilla. Niemis- tön (1998) tutkimukset viittaavat ruskotäplä- vikojen keskittymiseen ytimen läheisyyteen, jossa puuaine on muutenkin laadultaan muu- ta puuta heikompaa. Syntyvän värivian mer- kitys olisi tällöin pelättyä pienempi.

9. Hieskoivun tukkipuulaatu on rauduskoivua heikempi ...

Metsäntutkimuslaitoksen entisellä metsäteknologian tutkimusosastolla on tutkittu hies- koivun teknistä tukkipuulaatua kahteen ottee- seen. Professori Veijo Heiskanen julkaisi laa- jaan Itä- ja Etelä-Suomesta kerättyyn aineis- toon perustuvan tutkimuksensa raudus- ja hieskoivun ulkoisista laatueroista ja sisälahoi- suudesta eri kasvupaikoilla vuonna 1957. Rat- kaisevia laatueroja rauduksen hyväksi oli en- nen kaikkea järeydessä, tukkiosuudessa, run- gon suoruudessa, laho- ja pystyoksisuudessa, lahoisuudessa yleensäkin sekä oksattoman ty- vitukin pituudessa. Raudus oli hiestä hieno- oksaisempaa lehtomaisilla kankailla ja ohut- turpeisilla soilla, mutta jostain syystä paksu- oksaisempaa vanerikoivun tärkeimmillä kas- vupaikoilla eli tuoreilla kankailla. Koivulajien laatuerot heijastuivat suoraan myös suo- ja kangasmaakoivikkoihin. Esim. kankailla va- neripuun mittaisista puista oli täysin vaneri- puiksi kelpaavia 70 % ja tukkivähennys oli

36 %, kun vastaavat osuudet olivat soilla alle 60 % ja 58 %. Parhaat suokoivikot olivat kuitenkin lähes yhtä laadukkaita kuin parhaat kangaskoivikot.

10 mutta laadukasta hiestukkia saadaan usein kivennäismailta

Uudelleen 1980-luvun lopulla aloitetut hieskoivun laatututkimukset ovat käsittäneet toisiaan täydentäviä selvityksiä rungon ulkoisesta laadusta, tukkien ja sorvipölkkyjen ominaisuuksista, tukkien varastovikaantumisesta, sorviviilun saannosta, laadusta ja arvosta sekä puuaineen tiheydestä. Tuloksia voidaan soveltaa jossain määrin myös hieskoivun sahaukseen, koska vaneri- ja sahakoivun laatuun vaikuttavat tekijät ovat pitkälti samat.

Verkasalo (1997) tutki pystykoepuumittauksin ja -arvioinnein 2 306 hieskoivua ja 340 rauduskoivua sekä kaatokoepuumittauksin 691 hieskoivua ja 130 rauduskoivua Kes-

ki- ja Pohjois-Pohjanmaalla. Taulukossa 9 on keskimääräisiä tuloksia vaneripuun kokoisten hies- ja rauduskoivujen ominaisuuksista turve- ja kivennäismailloilla, kun kultakin koealalta otettiin huomioon 600 kpl rinnankorkeusläpimitaltaan paksuinta puuta hehtaarilla. Kuvassa 1 näitä tuloksia on vertailtu Heiskasen (1957) hies- ja rauduskoivun laatututkimukseen Etelä-Suomessa.

Hieskoivu oli samanikäistä rauduskoivua heikkolaatuisempaa varsinkin rungon ja vaneripuuosan pienempien dimensioiden, pienemmän vaneripuuosuuden ja huonomman tyvitukkiosan runkomuodon (suoruus, kapeeneminen ja epäpyöreys) suhteen. Hieskoivulla kuivat oksat alkoivat alemmalla, tyvitukkiosan oksat olivat paksumpia ja koko käyttöosa oli laho-oksaisempi kuin rauduskoivulla.

Toisaalta hieskoivu oli rauduskoivua laadukkaampaa mm. matalampien terveoksa- ja latvusrajojen sekä vähäisemmän tukkipuiden tyveämisen ja latvavähennysten tarpeen suhteen. Myös lahoista puuainetta oli hieskoivuissa oletusten vastaisesti rauduskoivuja

Taulukko 9. Tukkipuukokoisten hies- ja rauduskoivujen keskimääräisiä ominaisuuksia Keski- ja Pohjois-Pohjanmaan turve- ja kivennäismailloilla, kun kultakin koealalta otettiin huomioon 600 rinnankorkeusläpimitaltaan paksuinta puuta hehtaarilla (Verkasalo 1997).

Ominaisuus	Hieskoivu		Rauduskoivu	
	Turvemaa	Kivennäismaa (MT, VT+)	Turvemaa	Kivennäismaa (MT, VT+)
Koepuita, kpl	204	80	32	112
Ikä, a	72	88	68	79
D _{1,3} , cm	21,8	23,9	22,8	24,5
Pituus, m	17,7	20,1	18,1	21,5
Tilavuus, dm ³	311	443	353	493
Tukkipuu-%	26,3	47,5	38,6	47,1
Runkomuoto- vikaisia, %	79	64	84	74
Pintavikaisia, %	36	29	16	29
Ulkoisesti lahoisia, %	47	35	28	20

harvemmin. Lahoviat olivat kuitenkin hieskoivussa rauduskoivua vakavampia. Hieskoivulla oli käyttösassa keskimäärin vähemmän ja ohuempia oksia kuin rauduskoivulla ja tyvitukkiosassa harvemmin pintavikoja (pintahalkeamat, korot, yms.). Koivulajeilla ei ollut kivennäismailla varsinaista eroa täysin oksattoman tyviosan pituudessa, aina vakavien pystyoksien esiintymisessä, ulkoisessa lahoisuudessa tai puuaineen ruskotäpläisyydessä tai runkojen vaneripuu- tai vaneripuukasvatuskelpoisuudessa.

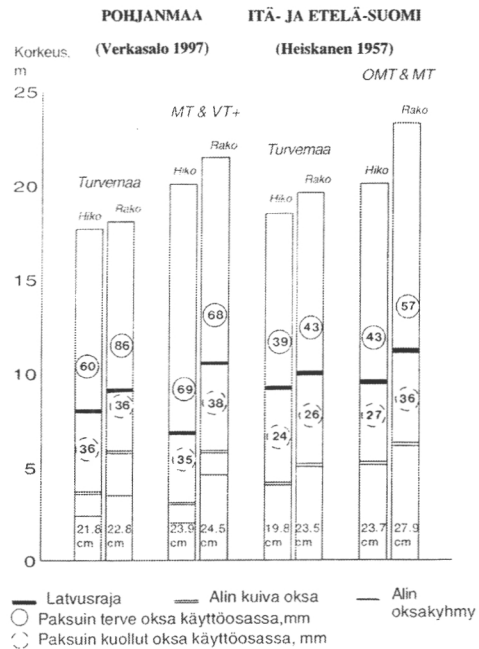
Samanpaksuisten hies- ja rauduskoivujen lauterot ovat selvemmat kuin samanikäisten, koska hieskoivut ovat tällöin rauduskoivua hidaskasvuisempina niitä vanhempia. Tämä näkyy myös tukkipuun vähimmäismitat saavuttavien hiesten heikompana laatuna rauduksiin verrattuna. Edellä lueteltujen seikkojen lisäksi hies oli tällöin raudusta tyvilahoisempaa ja hieksissä oli vähemmän oksatonta tyveä. Hieskoivulla oli kuitenkin harvemmin ja matalammalle korkeudelle kuivia oksia latvusrajan yläpuolella ja täten useammin ja enemmän terveoksaista latvatukkia kuin rauduskoivulla. Kummankin koivulajin vihreä latvus on kokonaisuutena kuitenkin hyvin sekaoksainen, joten väli- ja latvatukki-osan jako oksikkuusvyöhykkeisiin ei ole välttämättä edes mielekäästä.

11. Turvemaiden hieskoivut ovat yleensä heikkolaatuisia

Pääasiallisella kasvupaikallaan, keskiviljavilla ja viljavilla ojitetuilla turvemaidella, hieskoivun soveltuvuus vaneripuuksi oli yleensä harvinaista ja heikkoa. Ruohoisilla turvemaidella oli jossain määrin myös laadukkaita, vaneripuun mitat saavuttavia hieskoivuja. Rauduskoivuja syntyy ja kasvaa jossain määrin vain

ohutturpeisilla soilla. Muutenkaan hies- ja rauduskoivu eivät ole käytännön mittakaavassa vaihtoehtoisia puolajeja turvemaidella.

Vaneripuun laatuominaisuudet vaihtelevat huomattavasti metsiköiden välillä, erityisesti turvemaidella, ja kivennäismailla hieskoivulla mitä ilmeisimmin enemmän kuin rauduskoivulla. Täten päätös vaneripuukasvatuksesta on erityisesti hieskoivikoissa tehtävä metsikkökohtaisesti ottaen huomioon olemassa olevien puiden runkomuoto, lahoisuus ja elinvoimaisuus sekä tyvitukkiosan oksikkuus. Metsikkötasolla voidaan tällöinkin odottaa vain osan vaneripuukelpoisilta näyttävistä puista saavuttavan vaneripuun vähimmäismitat ja varsinkin vähimmäislaadun päätehakkuvaiheeseen mennessä.



Kuva 1. Tukkipuukokoisten hies- ja rauduskoivujen keskimääräisiä koko- ja oksikkuus-tunnuksia turvemaidella ja kivennäismaiden eri metsätyypeillä Pohjanmaalla (Verkasalo 1997) ja Itä- ja Etelä-Suomessa (Heiskanen 1957).

12. Hiestukkaa on runsaasti tuoreilla kankailla – niukasti turvemaiilla

Tutkimuksen perusteella uudistuskypsistä hieskoivikoista voidaan odottaa vaneripuun kokoisia ja -laatuisia puita eniten tuoreilta kankailla, keskimäärin 380 kpl/ha. Kuivahkoilla kankailla sekä ruohoisilla ja mustikka-suursaraisilla turvemaiilla vastaava luku on 80-120 kpl/ha ja puolukka-piensaraisilla turvemaiilla vain 35 kpl/ha. Tavoitelluimpia, virheettömän tyvitukin puita voidaan vastaavasti odottaa tuoreilta kankailla keskimäärin 160 kpl/ha, mutta ruohoisilta turvemaiilla vain 35

kpl/ha ja muilta kasvupaikoilta alle 10 kpl/ha. Vaneripuun- tai vaneripuukasvatuskelpoisia hieskoivuja voisi olla kaikkiaan tuoreilla kankailla 500 kpl/ha, ruohoisilla turvemaiilla ja kuivahkoilla kankailla 350 - 400 kpl/ha sekä mustikka-suursaraisilla ja puolukka-piensaraisilla turvemaiilla 280 - 300 kpl/ha.

Kivennäismailla rauduskoivikoista voidaan joka tapauksessa odottaa selvästi enemmän vaneripuun kokoisia ja -laatuisia puita kuin hieskoivikoista, tässä tutkimuksessa rauduskoivua keskimäärin 310 ja hieskoivua 190 kpl/ha. Vastaava runkoluku on turvemaiden hieskoivikoissa vain 80 kpl/ha. Virheettömän tyvitukin puita voidaan vastaavasti odottaa ki-

Taulukko 10. Keskimääräiset puutavaralajien kertymät ja keskirungon koko uudistuskypsän hieskoivikon pätehakkuussa eri kasvupaikoilla, 600 rinnankorkeusläpimitaltaan paksuinta puita hehtaarilla (Verkasalo 1997).

Kasvupaikkaluokka	Tukkia		Kuitupuuta m ³ /ha	Yhteensä m ³ /ha	Keskirunko dm ³
	m ³ /ha	%			
Ruohoinen turvemaa	26	18	112	138	0,230
Mustikka-suursarainen turvemaa	15	11	113	128	0,210
Puolukka-piensarainen turvemaa	9	8	73	82	0,137
Tuore kangas	141	57	107	248	0,413
Kuivahko kangas	22	16	98	120	0,200

Taulukko 11. Keskimääräiset puutavaralajien kertymät ja keskirungon koko uudistuskypsän raudus- ja hieskoivikon pätehakkuussa eri maaluokissa, 600 rinnankorkeusläpimitaltaan paksuinta puita hehtaarilla (Verkasalo 1997).

Vertailuryhmä	Tukkia		Kuitupuuta m ³ /ha	Yhteensä m ³ /ha	Keskirunko dm ³
	m ³ /ha	%			
Kivennäismaa (MT, VT+), raudusvaltainen	99	38	122	221	0,368
Kivennäismaa (MT, VT+), hiesvaltainen	64	31	101	165	0,275
Turvemaa, hiesvaltainen	17	22	100	117	0,195

vennäismaiden rauduskoivikoista keskimäärin 100 kpl/ha ja hiekoivikoista 50 kpl/ha, mutta turvemaiden hieskoivikoista vain 15 kpl/ha. Erot vaneripuu- tai vaneripuukasvatuskelpoisten puiden kokonaisrunkoluvussa ovat kuitenkin järeytymiserojen huomiotta jättämisen vuoksi em. lukuja pienemmät. Tällaisia puita oli kivennäismaiden rauduskoivikoissa keskimäärin 410 kpl/ha ja hieskoivikoissa 400 kpl/ha sekä turvemaiden hieskoivikoissa 320 kpl/ha.

Uudistuskypsän hieskoivikon päätehakuusta saatiin eri puutavaralajeja taulukon 10 mukaisesti, kun runkoluku oli 600 kpl/ha ja kun käytettiin nykyisiä vanerikoivun ja koivukuitupuun vähimmäismitta- ja laatuvaatimuksia. Tuoreet kankaat siis sopisivat tutkituista kasvupaikoista itse asiassa varsin hyvin vaneripuun kasvatukseen myös hieskoivulla. Lehtomaisilla kankailla tulosten voidaan aiempien tutkimusten perusteella olettaa olevan tuoreitakin kankaita parempia. Muilla kasvupaikoilla vaneripuun kertymät ovat keskimäärin pieniä. Osassa ruohoisten turvemaiden ja kuivahkojen kankaiden metsiköistä vaneripuun kertymä on kuitenkin keskimääräistä selvästi suurempi. Kivennäismailla rauduskoivikoista voidaan silti odottaa keskimäärin selvästi korkeampia vaneripuun kertymiä kuin hieskoivikoista. Turvemaiden hieskoivikoissa kertymät ovat keskimäärin pieniä (taulukko 11).

13. Tukkiosuuden merkitys on oleellinen myyntituloissa

Vuosien 1991 - 95 keskikantohinta oli tutkimusalueen koivutukeilla 107 mk/m³ korkeampi kuin koivukuitupuun kantohinta eli 2,4-kertainen ja koko Etelä-Suomessa keskimäärin 144 mk/m³ korkeampi eli 2,8-kertainen. Suhteellisen pienikin tukkipuukertymä lisää

täten huomattavasti kantorahatuloja koivukossa verrattuna tilanteeseen, jossa kaikki puutavara hinnoitellaan kuitupuuna. Tässä tutkimuksessa uudistuskypsien hieskoivikoiden puutavaran arvo olisi tällöin alentunut tutkimusalueen kantohintatasolla tuoreilla kankailla keskimäärin jopa 15 100 mk/ha eli 46 %, puolukka-piensaraisilla turvemaille 1 500 mk/ha eli 19 % ja muilla kasvupaikoilla 4 200 - 4 900 mk/ha eli 31 - 32 % verrattuna tukkien ja kuitupuun tekoon. Vastaava arvonalennus olisi ollut kivennäismaiden rauduskoivikoissa keskimäärin 10 600 mk/ha eli 38 %, kivennäismaiden hieskoivikoissa 6 800 mk/ha eli 35 % ja turvemaiden hieskoivikoissa 1 900 mk/ha eli 17 %. Vertailuryhmien erot ja todennäköisesti myös erillishinnoittelun vaikutukset olisivat tukkien ja/tai sorvipölkkyjen laatuhinnoittelua sovellettaessa vielä esitettyjä suuremmat.

14. Hieskoivun kasvatuksella on omat mahdollisuutensa

Päätöksenteko tietyn puulajin kasvatuksesta on luonnollisesti erilainen metsänuudistamisessa kuin olemassa olevan metsikön kasvatuksessa. Tietoista luontaista uudistamista hieskoivulle ei voida perustella puuntuotoksen tai vaneripuun laatutekijöiden perusteella. Ainoastaan tuoreilla ja ilmeisesti myös lehtomaisilla kankailla hieskoivun vaneripuun tuotantomahdollisuudet näyttävät suhteellisen hyvältä perusteelta puulajivalinnalle. Näilläkin kasvupaikoilla muut pääpuulajimme ovat säännöllisesti hieskoivua tuottoisampia.

Hieskoivulle uudistamisen kuten myös taimikkoon sivupuulajiksi hyväksymisen on perustuttava muihin vaikuttimiin, kuten kasvupaikan sopimattomuuteen hieskoivua laadukkaammille puulajeille, täystiheän taimikon

saamiseen, maanhoitoon, maisemallisiin syihin, monimuotoisuuteen, tms. Hieskoivu on sinänsä varteenotettava mahdollisuus sellaisilla kasvupaikoilla ja sellaisissa metsänhoidollisissa oloissa, jotka ovat vaikeita sitä arvokkaammille puulajeille, mm. ojitetuilla turvemaidella, soistuneilla ja hienojakoisilla kivennäismailla sekä metsiköissä, joiden hoito on ollut puutteellista metsää uudistettaessa tai taimikkoa hoidettaessa.

Takavuosien metsänkasvatusohjeissa hieskoivuvaltaisia metsiä on yleensä pidetty vajaatuottoisina, jotka tulisi pikimmiten uudistaa männylle, kuuselle tai rauduskoivulle. Täten hieskoivun kasvatukseen ja varsinkin kasvatusmenetelmien kehittämiseen on kiinnitetty varsin vähän huomiota. Hoitamattomuus sinänsä on jo edistänyt hieskoivikoiden kehittymistä vajaatuottoisiksi. Tämän tutkimuksen kuten myöskään eräiden aiempien tutkimusten tulokset eivät puolla olemassa

olevan hieskoivikon kaavamaista uudistamista. Varsinkin lehtomaisilla ja tuoreilla kankailla ja jossain määrin myös ruohoisilla turvemaidella ja kuivahkoilla kankailla on perusteltua kasvattaa hieskoivua vaneripuuta tuottavaan päätehakkuvaiheeseen. Tämä on sitä mielekkäämpää mitä vanhemmasta metsiköstä on kysymys ja mitä suurempia puutavaralajisiirtymiä on odotettavissa kuitupuusta tukkiin.

Aiemmat tutkimukset viittaavat 70 - 80 vuoden kiertoaikaan hieskoivun vaneripuukasvatuksessa ja ottavat huomioon taantuvan kasvun ohella kiihtyvän biologisen rappeutumisen sekä laho- ja muiden sisävikojen lisääntymisen puun ikääntyessä. Ratkaisu riippuu pitkälti puunkasvatuksen ekonomiasta, johon tässä tutkimuksessa ei otettu kantaa.

Tämän tutkimuksen koalojen puusto edusti vähintään tyydyttävää metsänhoidollista tilaa. Hyvällä metsänhoidolla voidaan hieskoivikoissa kuten myös rauduskoivikois-



Kuva 2. Verraten laadukas hieskoivikko ruohoturvekankaalla Tuusulassa. Kuva: Erkki Oksanen / Metla.



Kuva 3. Kaskimaalle syntynyt järeä ja laadukas rauduskoivikko lehtomaisella kankaalla Kontiolahdella. Kuva: Erkki Oksanen / Metla.

sa päästä saatuja parempiinkin tuloksiin. Kuvissa 2 ja 3 on esimerkit eteläsuomalaisista koivikoista, jotka vaneri- ja sahapuun hankijat varmasti kelpuuttavat ostolistaalleen: verraten laadukas hieskoivikko ruohoisella turvemaalla, jossa puutteina tosin ovat keskinertainen järeys ja vielä suhteellisen lievä runkomutkaisuus ja pystyoksaus, ja kaskimaalle syntynyt järeä ja laadukas, lehtomaisen kankaan rauduskoivikko, jollainen on vaneritehtaiden ja sahojen perinteinen ja haluttu raaka-ainelähde.

15. Vaneritehtaalla ratkaisee sorvipölkyn laatu

Vaneriteollisuuden kannalta oleellimmat puuraaka-aineen laatutekijät ovat lopulta sorvaukseen saatavien pölkkyjen laatu ja laatuajakauma. Nämä vaikuttavat sekä viilun saantoon ja laatuun että jatkojalostus- ja loppukäyttömahdollisuuksiin. Verkasalon (1997) tutkimuksessa kivennäismaiden hieskoivuista saadut pölkkyt olivat turvemaiden hieskoivuista saatuja laadukkaampia sekä suuremman läpimitan että suoruuden suhteen, ja tyvitukkien pölkkyt lisäksi oksattomuuden ja paremman kaupallisen laatuluokan suhteen.

Rauduskoivun pölkkyt olivat samanikäisistä puista tehtyjä hieskoivun pölkkyjä laadukkaampia ainakin selvästi suuremman läpimitan, harvinaisemman laho-oksaisuuden sekä suuremman keskilaatuisten ja pienemmän heikkolaatuisten pölkkyjen osuuden suhteen. Koivulajien välillä ei kuitenkaan ollut varsinaisia eroja useiden tärkeiden ominaisuuksien, kuten pölkkyjen oksattomuuden, suoruuden ja yleisen virheettömyyden suhteen.

Läpimitaltaan samankokoisilla puilla rauduskoivun pölkkyt olivat niin ikään hieskoivun pölkkyjä laadukkaampia ainakin suu-

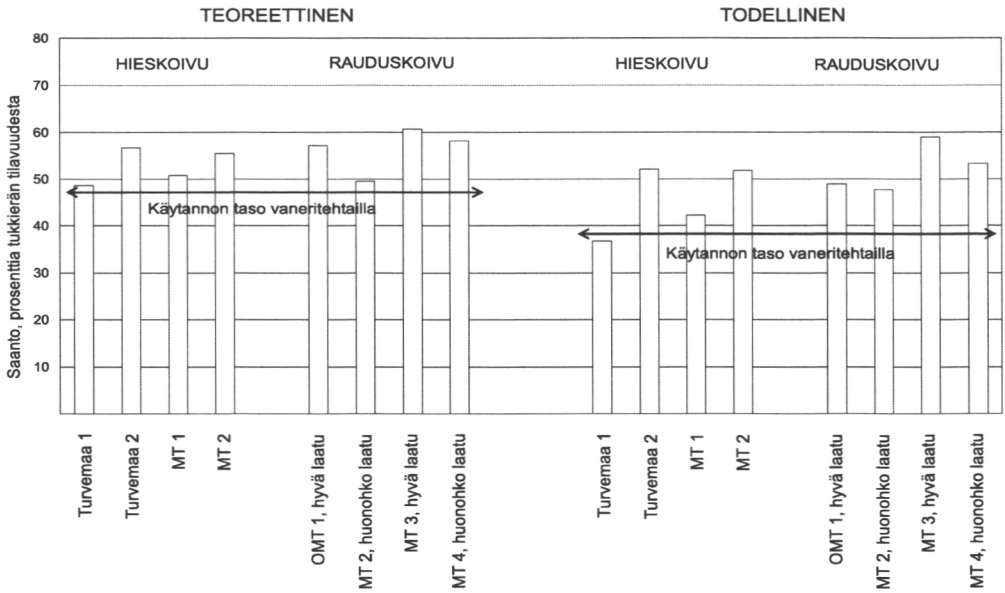
remman läpimitan ja harvinaisemman laho-oksaisuuden suhteen, mutta heikkolaatuisten pienemmän oksattomien pölkkyjen osuuden suhteen. Lisäksi rauduskoivun tyvitukkien pölkkyt olivat hieskoivua laadukkaampia ainakin paremman kaupallisuuden ja pienemmän heikkolaatuisten pölkkyjen osuuden suhteen. Myös väli- ja latvatukkien pölkkyt olivat yleensä virheettömpiä ja parempilaatuisia kuin hieskoivulla.

16. Hieskoivutukkien viilusaanto on pienempi kuin rauduskoivutukkien

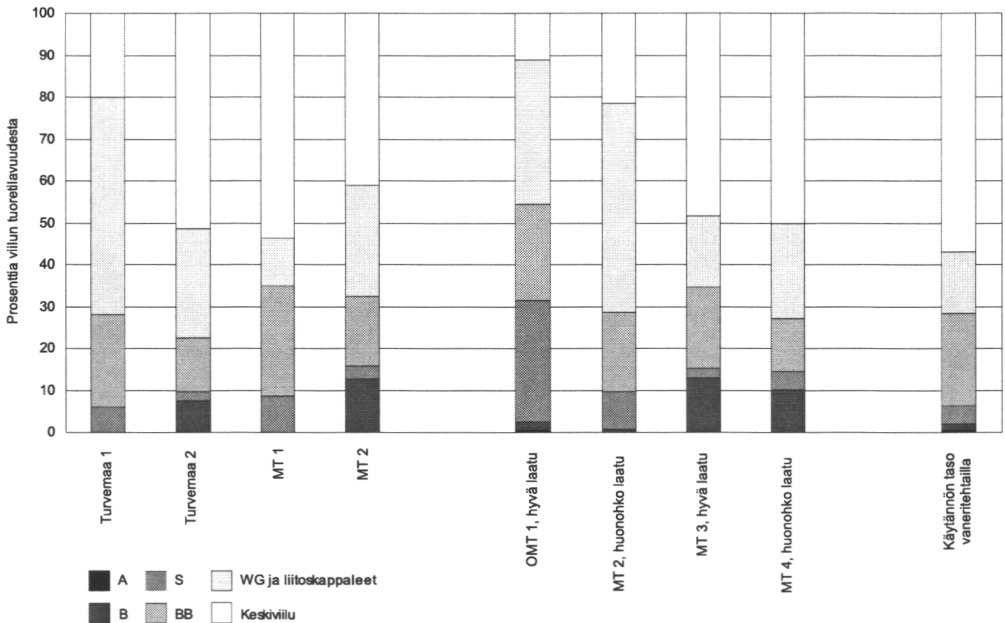
Verkasalon (1987, 1990) koesorvauksissa tehdasoloissa tarkasteltiin Pohjanmaan ja Päijänteen seudun hies- ja rauduskoivutukkien (8 leimikkoa, 487 tukkia) vaneriviilun saantoa (kuva 4) ja kaupallista laatua (kuva 5). Pölkkyt keskitettiin sorville 3-piste-keskitysmenettelmällä. Tällöin viilun saanto on varsinkin järeillä mutta mutkaisilla pölkkyillä pienempi kuin pölkyn geometrian mukaan optimoivilla automaattikeskittimillä. Saantoero on Tuompon (1988) mukaan 10 - 25 % pölkyn ominaisuuksista riippuen.

Tuoreen viilun teoreettinen saanto eli sorvausta varten pyöristetyn pölkyn osan keskipurilaalla (65 mm) vähennetty osuus pölkyn kuorellisesta tilavuudesta oli koko tukkierässä MT-OMT-kivennäismaiden raudusleimikoissa keskimäärin 56,0 % ja hiesleimikoissa 53,2 % ja ruohoisten turvemaiden hiesleimikoissa 53,0 %. Erot noudattelivat varsin hyvin tukkien keskiläpimitaeroja: 22, 20 ja 21 cm.

Todellinen viilun saanto on luonnollisesti teoreettista pienempi, koska osa sorvauskelpoisesta pölkystä joutuu jätteeksi pää- ja pintahalkeamien, repeämien, lahon, liian suurten oksien ym. vikojen vuoksi, ja osa viilusta



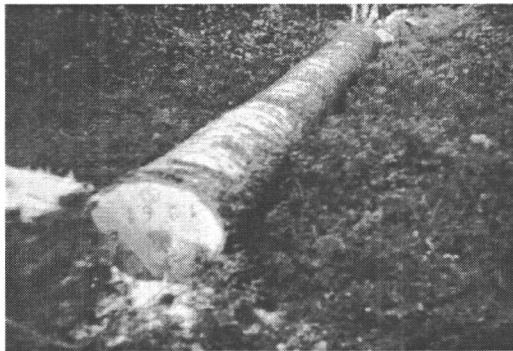
Kuva 4. Tuoreen viulun teoreettinen ja todellinen kokonaissaanto ruohoisten turvemaiden hieskoivuleimikoiden ja MT-OMT-kivennäismaiden hies- ja rauduskoivuleimikoiden vaneritukkien koesorvauksissa (Verkasalo 1987, 1990).



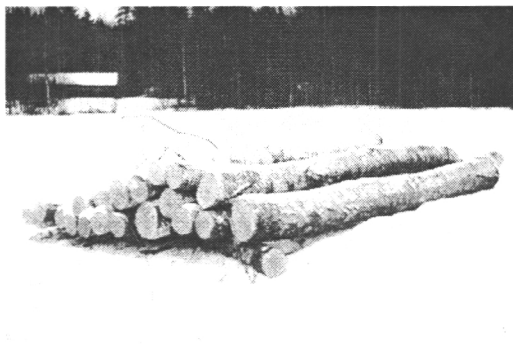
Kuva 5. Viulun laatujaumat ruohoisten turvemaiden hieskoivuleimikoiden ja MT-OMT-kivennäismaiden hies- ja rauduskoivuleimikoiden vaneritukkien koesorvauksissa (Verkasalo 1987, 1990).



Kuva 6. Paras koivutukki saadaan viljavilta kivennäismailta: järeää, suoraa, oksatonta ja laho-
tonta rauduskoivun tyvitukkia. Vilkon Oy:n saha, Hirvensalmi. Kuva: Erkki Verkasalo / Metla.



Kuva 7. Hieskoivukin voi kehittää laadukasta tyvitukkia kivennäismailla. Hirsimetsän
yhteismetsä, Toholampi. Kuva: Erkki Verkasalo / Metla.



Kuva 8. Hieskoivun laatu on yleensä vaatimatonta ojitetuilla turvemaiilla: pientä, mutkaista ja
oksakyhmyistä tukkia. Tämä erä varttuneen suokoivikon harvennushakkuusta on kelpuutettu
vaneritukiksi mutta on jo sahauskelpoisen rajamailla. Osuuskunta Metsäliitto, Heinolan mlk.
Kuva: Erkki Verkasalo / Metla.

Taulukko 12. Tuoreen viulun laatujakauma turve ja kivennäismaiden hieskoivuleimikoiden ja kivennäismaiden rauduskoivuleimikoiden vaneritukkien koesorvauksissa (Verkasalo 1987, 1990).

Viulun laatuluokka	Hieskoivu		Rauduskoivu
	turvemaa	kivennäismaa	kivennäismaa
	Osuus tuoreen viulun tilavuudesta, %		
A	0,0	0,0	0,2
B	4,8	7,1	7,1
S	3,5	5,5	9,8
BB	30,9	21,0	18,0
WG	35,8	19,9	35,2
Keskiviilu	25,0	46,5	29,7

repeilee sorvauksen jälkeen käyttökelpottomaksi. Todellinen viulun saanto oli kivennäismaiden raudusleimikoissa keskimäärin 52 % ja hiesleimikoissa 47 % ja ruohoisten turvemaiden hiesleimikoissa 45 %. Ns. hylkyviulun osuus oli suurin turvemaiden hiesleimikoissa ja pienin raudusleimikoissa.

Parhaita pintaviilulaatuja (A, B ja S) saatiin niin ikään eniten kivennäismaiden raudusleimikoissa ja vähiten turvemaiden hiesleimikoissa (taulukko 12). Suurten oksien ja oksanreikien paikkauksen jälkeen pintaviiluksi kelpollista BB-viilua saatiin selvästi eniten turvemaiden hiesleimikoissa.

Yksittäisten leimikoiden väliset erot olivat odotetusti suuria sekä viulun saannossa että laadussa. Parhaat hiestukkierät olivat ainakin saannon suhteen jopa parempia kuin huonohkot raudustukkierät, vaikka rauduskoivuviilu oli keskimäärin toki laadukkaampaa kuin hieskoivuviilu.

17. Päätelmiä

Metsänkasvattajan tai vaneri- ja sahapuun hankkijan ei ole syytä unohtaa varsinkaan kivennäismaiden hieskoivua. Oksatonta tai vä-

hänksäistä pintaviilua ja oksatonta tai terveoksaista sahatavaraa saadaan myös tällaisista leimikoista kohtuullisesti. Selvää kuitenkin on, että raudustukki on keskimäärin hiestukkaa laadukkaampaa. Yksittäisten koivuleimikoiden laatuerot ovat kuitenkin suuria sekä vanerin teossa että sahauksessa.

Alueelliset erot hieskoivun laadussa ovat saatujen tulosten ja kirjallisuusvertailujen perusteella otaksuttuja pienemmät. Järeydeltään ja osin myös oksikkuudeltaan Pohjanmaan hieskoivut ovat osapuilleen samalla tasolla kuin vastaavilla kasvupaikoilla eteläisessä Suomessa. Hieskoivun lahoisuus ja poikkeamat rungon suoruudesta olivat Pohjanmaalla sitä vastoin yleisempiä ja vakavampia vikoja kuin maan etelä- ja itäosassa.

Koivun sahaukselle on raaka-aineen määrän ja laadun puolesta mahdollisuuksia myös muualla kuin Järvi-Suomessa, jossa valtaosa vaneri- ja viilutehtaista sijaitsee. Erialaisten leimikoiden, runkojen ja rungonosien vaihtoehtoiset käyttömahdollisuudet vaneriin tai sahatuotteisiin kuten myös apterauserot ovat vielä selvittämättä. Pikkutukkien sahausmahdollisuuden ansiosta raaka-ainelähteet eivät ole teknisestikään pelkästään päällekkäisiä.

Kirjallisuus

- Aarne, M. (toim.). 1993. Metsätilastollinen vuosikirja 1992. SVT Maa- ja metsätalous 1993:5. 317 s.
- Boren, H. 1999. Pienpuun käytön lisääminen mekaanisessa puunjalostusteollisuudessa. Esiselvityksen loppuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 761. 58 s.
- Hakkila, P. 1966. Investigations on the basic density of Finnish pine, spruce and birch wood. Lyhennelmä: Tutkimuksia männyn, kuusen ja koivun puuaineen tiheydestä. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 61(5): 1–98.
- Heiskanen, V. 1957. Raudus- ja hieskoivun laatu eri kasvupaikoilla. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 48(6): 1–99.
- 1966. Tutkimuksia koivujen vikaisuuksista, niiden vaikutuksesta sorvaustulokseen sekä niiden huomioonottamisesta laatu- luokituksessa. *Acta Forestalia Fennica* 80(3): 1–28.
- & Saikku, O. 1976. Koivuvaneritukin hinnan muodostuminen. Metsäntutkimuslaitos, metsäteknologian tutkimusosasto. Moniste. 120 s.
- Heräjärvi, H. & Verkasalo, E. & Kaurala, H. & Lehtimäki, J. 2000. Properties and utilisation of birch (*Betula pendula*, *B. pubescens*) for saw milling and further processing in Finland. Julkaisussa: Usenius, A. & Kari, P. (toim.). Proceedings of COST Action E10 Wood Properties for Industrial Use, Third Workshop on Measuring of Wood Properties, Grades and Qualities in the Conversion Chains and Global Wood Chain Optimisation, 19th–21st June, 2000, Dipoli, Espoo, Finland, s. 83–102.
- Jalava, M. 1945. Suomalaisen männyn, kuusen, koivun ja haavan ljuusominaisuuksista. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 33(3): 1–66.
- Koivisto, P. 1958. Etelä-Suomen hoidettujen raudus- ja hieskoivikoiden kehityksestä. Helsingin yliopiston metsänarvioimisteen laitos. Konekirjoite. 158 s.
- Koivuviulun ulkonäköön perustuvat laatuvaatimukset. 1971. SFS-standardi 2413. Suomen Standardisoimislautakunta ja Suomen Vaneriyhdistys ry. 5 s.
- Koponen, H. 1995. Puulevytuotanto. Gummerus Oy Kirjapaino. 212 s. Saarijärvi.
- Kujala, V. 1946. Koivututkimuksia. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 34(1): 1–34.
- Kärkkäinen, M. 1985. Puutiede. Sallisen Kustannus Oy. Sotkamo. 415 s.
- Louna, T. & Valkonen, S. 1995. Kotimaisen raaka-aineen asema lehtipuiden teollisessa käytössä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 553. 38 s.
- Luostarinen, K. & Verkasalo, E. 2000. Birch as Sawn Timber and in Mechanical Further Processing in Finland. A Literature Review. *Silva Fennica Monographs* 1. 40 s.
- Mali, J. 1980. Kotimaisten puulajien ja tuontipuulajien tekniset ominaisuudet ja käyttö. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, puulaboratorio. Tiedonanto 3. 43 s. + liitteet.
- Niemistö, P. 1991. Hieskoivikoiden kasvustiheys ja harvennusmallit Pohjois-Suomen turvemilla. *Folia Forestalia* 782. 36 s.
- 1992. Hies- ja rauduskoivun kasvatuksen erot. Julkaisussa: Hartikainen, S. (toim.). Metsien kasvatustapa-seminaari. Metsäkeskus Tappion metsäosaston julkaisu nro 1: 30–32.
- 1998. Ruskotäplät istutettujen rauduskoivujen rungoissa. *Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia* 2/1998: 133–149.
- 1998. Varttuneen hieskoivikon harventaminen ja kiertoaika Pohjois-Suomen turvemilla. Julkaisussa: Moilanen, M. & Murtovaara, I. (toim.). Hieskoivun uudistamisvaihtoehdot ja alikasvosten hyö-

- dyntäminen. Metsäntutkimuspäivät Muhoksella 1997. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 717: 5–16.
- & Hukki, P. & Verkasalo, E. 1997. Kasvu-
paikan ja puuston tiheyden vaikutus rauduskoivun ulkoiseen laatuun 30-vuotiaissa istutuskoivikoissa. Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia 3/1997: 349–374.
- Olavinen, O. 1964. Vaneriteollisuus. Teoksessa: Heikinheimo, O. (toim.). Mekaaninen puuteollisuus I. Suomen Paperinsinöörien Yhdistys ry., s. 388–645.
- Ollinmaa, P.J. 1955. Koivun vetopuun anatomisesta rakenteesta ja ominaisuuksista. Acta Forestalia Fennica 64(3): 1–263.
- Saramäki, J. 1977. Ojitettujen turvemaiden hieskoivikoiden kehitys Kainuussa ja Pohjanmaalla. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 91(2): 1–59.
- 1994. Onko hieskoivulla paikkaa metsätaloudessa? Julkaisussa: Hannelius, S. (toim.). Metsänkasvatuksen tutkimuspäivä 1993, Järvenpää, 16.11.1993. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 491: 19–23.
- Salmi, J. 1987. Suomalaisia ja ulkomaisia puulajeja. Osa II: Lehtipuut A...N. Helsingin yliopiston metsäteknologian laitos. Tiedonantoja n:o 35. 282 s.
- Sarvas, R. 1951. Rauduskoivu vai hies vanerikoivuna parempi? Metsätaloudellinen aikakauslehti 68(14) (nro 21–3): 51–53.
- Sevola, Y. (toim.). 2000. Metsätaloustilastollinen vuosikirja 2000. SVT Maa-, metsä- ja kalatalous 2000:14. 366 s.
- Suomen Vaneriteollisuusyhdistys. 1963. Suomalainen koivuvaneri. Moniste. 5 s. Helsinki.
- Tuompo, E. 1988. Pöllinkeskittimen ominaisuuksien ja puuraaka-aineen muodon vaikutuksesta sorvatun viulun saantoon. Teknillinen korkeakoulu, puunjalostusosasto, puun mekaanisen teknologian laboratorio. Lisensiaattityö.
- Tuovinen, O. 1953. Tutkimus eri laatuisten ja vahvuisten vanerikoivujen arvosuhteista v. 1953. Koivukeskus. Moniste. 47 s. + liitteet.
- Verkasalo, E. 1987. Hies- ja rauduskoivutukit vaneriteollisuuden raaka-aineena. Puumies 5: 36–39.
- 1990. Tuloksia hies- ja rauduskoivutukien koesorvauksesta Metsä-Serla Oy:n Hämeen tehtailla. Metsäntutkimuslaitos, metsäteknologian tutkimusosasto. Moniste. 40 s.
- 1993. Koivupuutavaran vikaantuminen pitkittyneessä metsävarastoinnissa ja sen vaikutus viulun saantoon, laatuun ja arvoon. Folia Forestalia 806. 31 s.
- 1994. Koivu raaka-aineena. Julkaisussa: Hannelius, S. (toim.). Uusia vaihtoehtoja metsänkasvatukseen. Metsäntutkimuspäivä Järvenpäässä 16.11.1993. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 491: 24–36.
- 1997. Hieskoivun laatu vaneripuuna. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 632. 483 s. + liitteet 59 s.
- 1998. Koivu, haapa ja leppä mekaanisen puuteollisuuden raaka-aineena: käytön näkymiä ja tutkimuksen ongelmanasettelua. Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia 2/1998: 254–257.
- 1998. Raudus- ja hieskoivun laatu puun tiheyden perusteella arvioituna. Julkaisussa: Niemistö, P. & Väärä T. (toim.). Rauduskoivu tänään ja tulevaisuudessa. Tutkimuspäivä Tampereella 12.3.1997. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 668: 127–140.
- & Paukkonen, K. 1999. Koivun ominaisuudet ja käyttömahdollisuudet sahauksessa ja jatkojalostuksessa Suomessa.

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja
751. 91 s.

- & Sipi, M. & Möttönen, V. & Kärki, T. 1999. Kotimaisen koivun, haavan ja lepän ominaisuudet ja niiden hyödyntäminen mekaanisessa puuteollisuudessa. Julkaisussa: Paavilainen, L. (toim.). Metsäalan tutkimusohjelma WOOD WISDOM, Vuosikirja 1998, Raportti 1/1999, s. 115–120.
- & Sipi, M. & Paukkonen, K. & Kärki, T. 2000. Kotimaisen koivun, haavan ja lepän ominaisuudet ja niiden hyödyntäminen mekaanisessa puuteollisuudessa. Julkaisussa: Paavilainen, L. (toim.). Metsäalan tutkimusohjelma WOOD WISDOM, Vuosikirja 1999, Raportti 2/2000, s. 141–147.

Hieskoivu sahauksessa ja jatkojalostuksessa

Henrik Heräjärvi
Metsäntutkimuslaitos
Joensuun tutkimuskeskus

1. Johdanto

1.1 Tausta

Käytännön metsänhoidossa metsämaalle asetetut tuottovaatimukset ovat johtaneet hieskoivun tietoiseen vähentämiseen rehevämmiltä kasvupaikoilta Etelä- ja Keski-Suomessa. Hieskoivuvaltaisten metsiköiden uudistaminen on lähes poikkeuksetta merkinnyt puulajin vaihtoa mäntyyn (1980-luvun lopulle asti), kuuseen tai rauduskoivuun, jotka omaavat

hieskoivua suuremmat hehtaari tuotokset ja -tuotot. Vähäravinteisilla turvemaidilla ja metsätaloukskäyttöön soveltuvilla soilla hieskoivu sen sijaan on männyn ohella säilynyt ainoana kotimaisena taloudellista potentiaalia omaavana puulajina.

Pinta-aloina tarkasteltuna hieskoivuvaltaisia metsiköitä on selvästi rauduskoivikoita enemmän (taulukko 1). Koska hieskoivu on luontaisesti raudusta hidaskasvuisempi ja kasvaa lisäksi yleensä vähäravinteisemmilla kasvupaikoilla, on järeää tukkikokoa edustavan hieskoivupuuston määrä kuitenkin pieni suhteessa koko hieskoivuvaroihin. Verkasalo (1997) esitti Kohmon (1984) tulosten perusteella hiestukkien osuuden vaihtelevan Etelä-Suomessa ja Itä-Suomen eteläosissa noin 30 - 80 prosentissa sekä Itä-Suomen pohjois-

Taulukko 1. Metsämaan pinta-ala ja lehtipuulajien vallitsevien metsiköiden osuudet maan etelä- ja pohjois-osissa sekä Etelä- ja Keski-Suomen metsäkeskusten alueilla, VMI 8 (Sevola 1999).

	Metsämaata, 1000 ha	Raudus- koivu	Metsikön vallitseva puulaji			
			Hies- koivu	Haapa	Leppä	Muu lehtipuu
			% metsämaan alasta			
<i>Koko maa</i>	20 078	1,7	6,2	0,3	0,3	0,0
Etelä-Suomi	11 116	2,9	4,9	0,4	0,6	0,1
Pohjois-Suomi	8 962	0,2	7,8	0,2	0,0	0,0
<i>Metsäkeskus</i>						
Ahvenanmaa	62	6,3	5,0	1,1	5,9	0,7
Rannikko	853	2,3	5,5	0,5	1,1	0,2
Lounais-Suomi	1 028	1,3	3,7	0,5	0,4	0,1
Häme-Uusimaa	938	2,7	4,1	0,7	0,6	0,0
Kymi	784	5,0	2,9	0,6	0,4	0,0
Pirkanmaa	935	2,0	4,2	0,6	0,2	0,0
Etelä-Savo	1 202	3,5	4,8	0,2	0,6	0,0
Etelä-Pohjanmaa	1 274	0,8	6,6	0,3	0,2	-
Keski-Suomi	1 332	4,0	4,6	0,3	0,4	0,0
Pohjois-Savo	1 309	5,3	6,6	0,5	0,9	0,1
Pohjois-Karjala	1 399	2,3	4,6	0,1	0,7	0,1
Kainuu	1 660	0,2	6,7	0,2	0,1	0,0
Pohjois-Pohjanmaa	2 350	0,5	9,8	0,2	0,0	-

osissa, Keski-Suomessa, Satakunnassa ja Etelä-Pohjanmaalla 80 - 110 prosentissa raudustukien tilavuudesta. Keski- ja Pohjois-Pohjanmaalla hiestukia oli selvästi raudustukia enemmän.

Suomessa vuosittain sahattavasta, keskimäärin ehkä noin 200 000 kuutiometrin lehtipuutukkimäärästä valtaosa on rauduskoivua, noin 10 - 35 % hieskoivua ja noin 2 % muita lehtipuita, pääosin haapaa. Hieksen osuus sahakoivumäärästä vaihtelee jonkin verran sahalaitosten maantieteellisen sijainnin mukaan. Eniten hiestä käytetään alueilla joissa rauduskoivua on heikosti saatavilla, siis lähinnä Satakunnassa ja Pohjanmaalla. Arviot niin saha- kuin vaneritukkiensa raudus-hies-suhteista ovat vaihtelevia koska koivulajeja ei käytössä erotella toisistaan.

1.2 Tavoitteet

Tässä artikkelissa tarkastellaan hieskoivun saatavuutta, ominaisuuksia, käyttöä ja käyttömahdollisuuksia sahapuuna. Esitettävät tulokset perustuvat aiemman kirjallisuuden lisäksi Metsäntutkimuslaitoksen Joensuun tutkimuskeskuksessa 1998 aloitetussa hankkeessa *Koivun ominaisuudet sahauksessa ja jatkojalostuksessa, niiden ennustaminen ja hallinta* tehtyihin tutkimuksiin. Tulokset sekä tehtävät päätelmät pohjataan pääosin kirjoittajan omiin, tätä kirjoitettaessa vielä julkaisemattomiin tutkimuksiin, hankkeen edetessä syntyneisiin muihin tutkimusraportteihin (Heräjärvi ym. 2000, Kaurala 2000, Varis 2000) sekä kirjallisuusselvitykseen (Verkasalo & Paukkonen 1999).

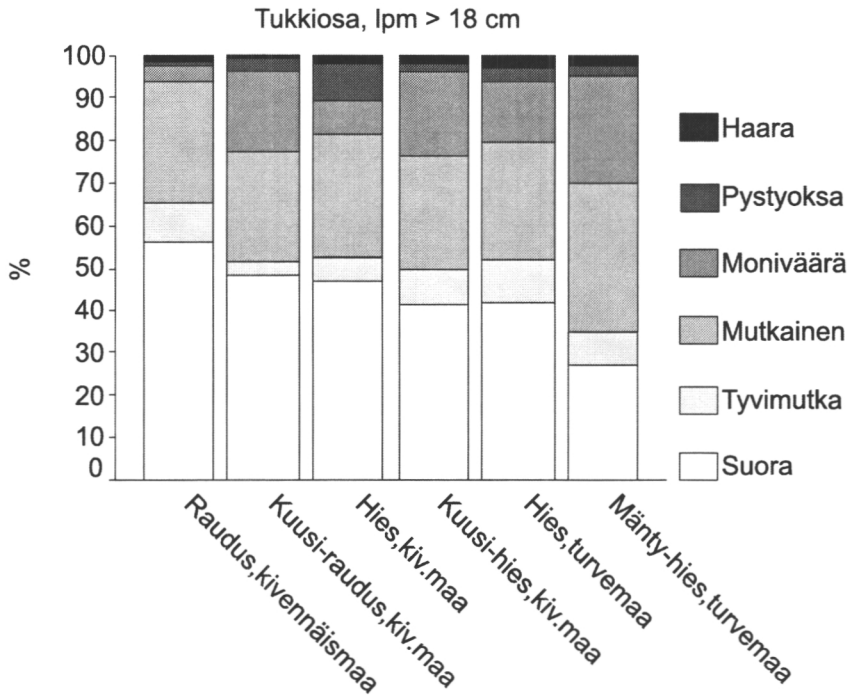
2. Hieskoivun ominaisuudet sahauksen ja jatkojalostuksen kannalta

2.2 Puuaineen ominaisuudet

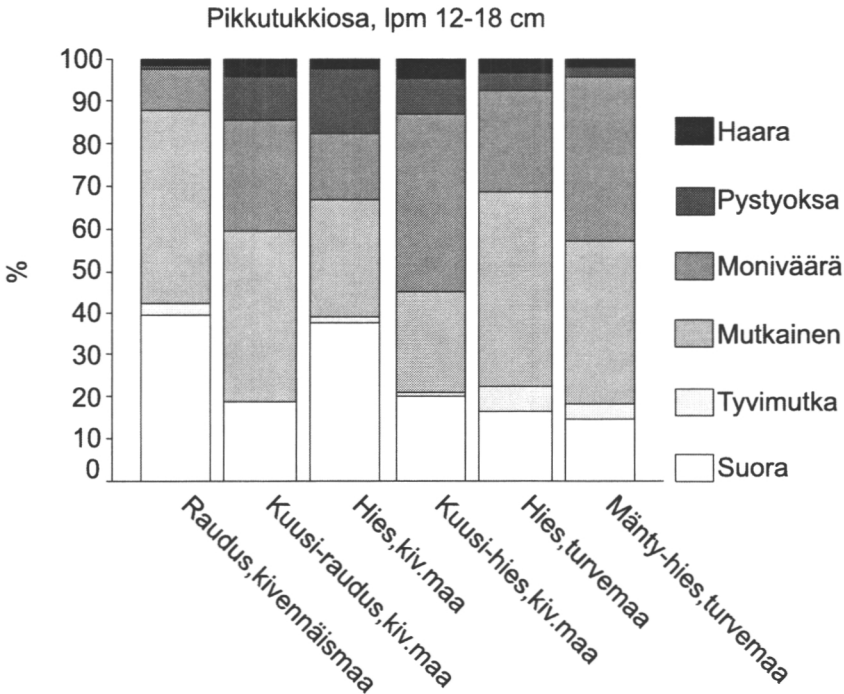
Raudus- ja hieskoivun puuaineiden ominaisuuksissa on vain vähäisiä eroja. Rauduskoivun puuaines on hieman hiestä tiheämpää (esim. Hakkila 1966, 1979; Velling 1979) ja hieskoivulla putkilot ovat hieman rauduksen putkiloita suurempia (Bhat & Kärkkäinen 1980). Verkasalo (1993) havaitsi hieskoivutukien kestävän pitkittynyttä metsävarastointia hieman raudustukkeja paremmin. Yleisesti ottaen erot koivulajien puuaineen ominaisuuksien välillä ovat käytön kannalta merkityksettömän pieniä. Sahaukseen, sorvaukseen, viilutukseen, höyläykseen, hiontaan, liimaukseen ja pintakäsittelyyn molemmat koivulajit soveltuvat erinomaisesti. Teoriassa voidaan ajatella raudusta keskimäärin mutkaisemman runkomuodon aiheuttavan hieskoivuun suhteellisesti enemmän vetopuuta, jolla on haitallisia vaikutuksia mm. sahatavaran muotopysyvyyteen kuivauksessa. Vetopuun määristä koivurungoissa ei kuitenkaan ole olemassa tutkimustuloksia.

2.2 Runkojen ja tukkien ominaisuudet

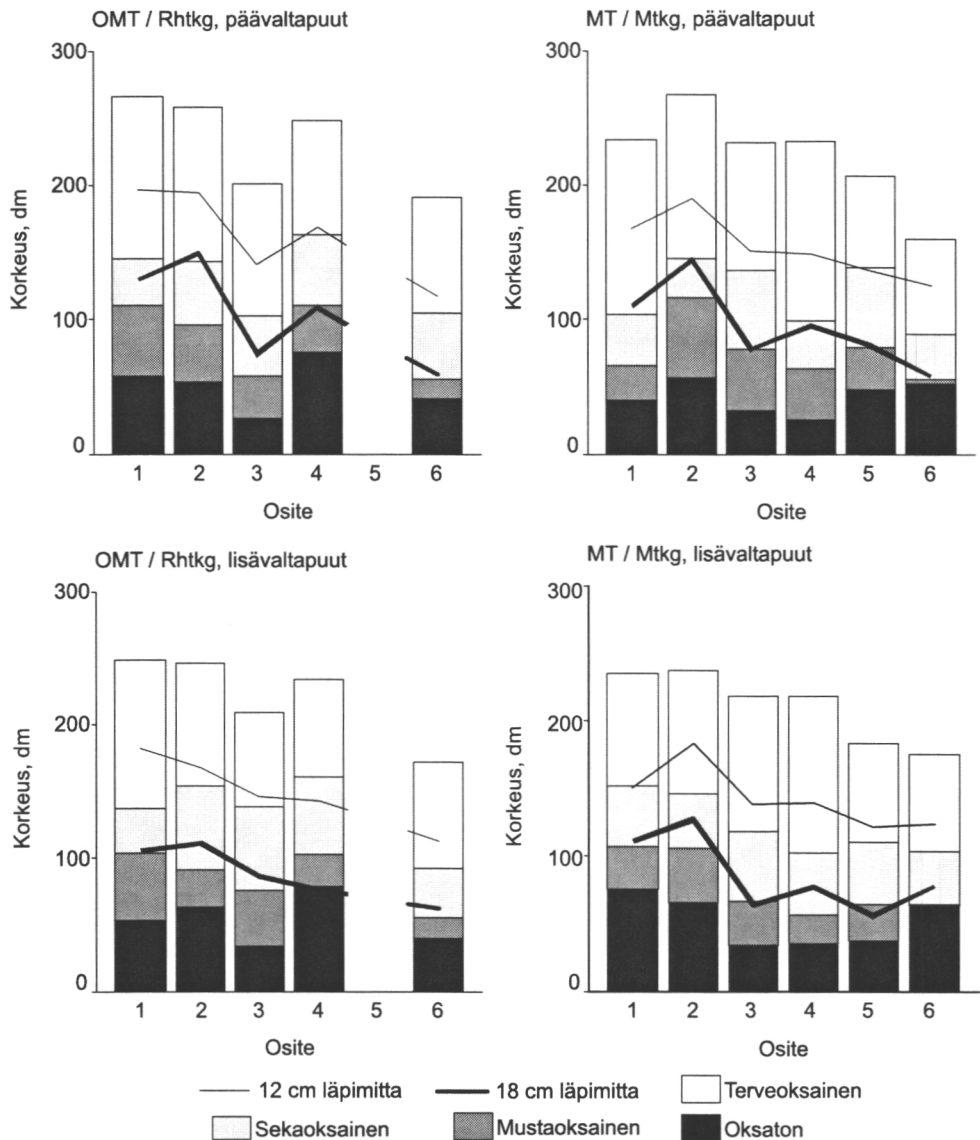
Tärkein rungon ja tukkien hyödynnettävyyden vaikuttava ominaisuus mekaanisessa puunjalostuksessa on puutavaran järeyys. Vaneriteollisuus asettaa käyttämilleen tukeille yleensä vähintään 18 cm:n minimiläpimittavaatimuksen. Sahatukit sen sijaan ovat käyttökelpoisia periaatteessa kuitupuukokoisinkin. Käytännössä koivutukien sahauksessa



Kuva 1. Eri muotovikojen osuudet raudus- ja hieskoivurungoissa kasvupaikoittain tukkiosalla.



Kuva 2. Eri muotovikojen osuudet raudus- ja hieskoivurungoissa kasvupaikoittain pikkutukkiosalla.



Kuva 3. Järeän koivun ulkoiset oksikkuusvyöhykkeet kasvupaikoittain ja latvuskerrosluokittain. Lisäksi koepuiden keskimääräiset järeän tukin (18 cm) ja pikkutukin (12 cm) läpimittarajat rungossa. Osite 1: puhtaat kivennäismaan rauduskoivikot; osite 2: kivennäismaan kuusi-rauduskoivusekametsiköt; osite 3: puhtaat kivennäismaan hieskoivikot; osite 4: kivennäismaan kuusi-hieskoivusekametsiköt; osite 5: puhtaat turvemaan hieskoivikot; osite 6: turvemaan mänty-hieskoivusekametsiköt.

järkevä minimiläpimita lienee 10 - 12 cm. Tällöin puutavaran käyttösuhteet muodostuvat huomattavan korkeiksi, alle 18 cm:n läpimittaisilla koivutukeilla kolmesta neljään kuutiometriä tukkia yhtä sahatavarakuutiometriä kohden.

Hieskoivun runkomuoto on monissa tutkimuksissa havaittu raudusta heikommaksi (esim. Heiskanen 1957, Verkasalo 1997). Samoin hieksen järeys on tavallisesti samoissa kasvuolosuhteissa kasvaneilla samanikäisillä puilla raudusta selvästi pienempi. Hieskoivun oksat ovat yleensä hennompiä, mutta vastavasti niitä on enemmän kuin rauduksella. Etenkin kasvaessaan vähemmistöpuulajina havupuuvaltaisissa metsissä hieskoivu karsiutuu kuolleista oksista raudusta tehokkaammin (Kaurala 2000). Karsiutumisen huolimatta hieskoivun hitaampi kasvu heikentää oksien kyljestymistä ja oksattoman puuaineen muodostumista tyvitukkeihin. Etelä- ja Keski-Suomesta kerätystä 261 rungon kaatokoepuuaineistosta on havaittu mm. pystyoksien olevan yleisiä puhtaissa hieskoivikoissa. Ojitetuilla turvemaiilla hieskoivun muutenkin vähäistä sahatukkimäärää alentavat yleisinä esiintyvät tyvimutkat (kuvat 1 ja 2).

Rungon kapeneminen on tyvitukkien sahausken kannalta merkittävää ainoastaan suurimmissa hieskoivurungoissa. Tutkittaessa järeitä rauduskoivutyviä koesahauksin on havaittu oksattoman pintalaudan saannon olevan merkittävästi suurempi käytettäessä keskimääräistä lyhyempiä tukkipituuksia sellaisissa sahakoneissa, joissa sahatavarasaanto määrättyy tukin latvaläpimitan mukaan (Heräjärvi & Varis 2000; Varis 2000).

Järeällä koivulla ulkoiset oksikkuusvyöhykkeet eivät ole yhtä selvät kuin esim. männyllä. Elävän latvuksen seassa puun latvasissa esiintyy usein kuolleita oksia, sekaoksaisten rungonosan osuus on suurempi kuin

pystypuusta katsottaessa voidaan havaita (kuva 3).

3. Hieskoivutukin saatavuus ja hakkuukertymät

3.1 Saatavuus

Varantojen puolesta hieskoivun huomattavallekin lisäkäytölle olisi perusteita. Kaksi teki-jää rajoittavat kuitenkin varantojen hyödynnettävyyttä. Ensinnäkin hieskoivuvarantojen sijoittuminen havupuuvaltaisiin sekametsiin sekä turvemaille vaikeuttaa hieskoivutukkien tuloa markkinoille. Erityisesti kivennäismaiden sekametsiköissä yli-ikäisinä lahoavat hieskoivut ovat harmillinen raaka-ainereservin menetys; havupuiden seassa kasvaessaan hieskoivu saavuttaa parhaan laatunsa. Toisena, etenkin turvemaiden koivikoissa korostuvana ongelmana voidaan pitää hieskoivutukki- en pientä järeyttä sekä usein heikkoa laatua.

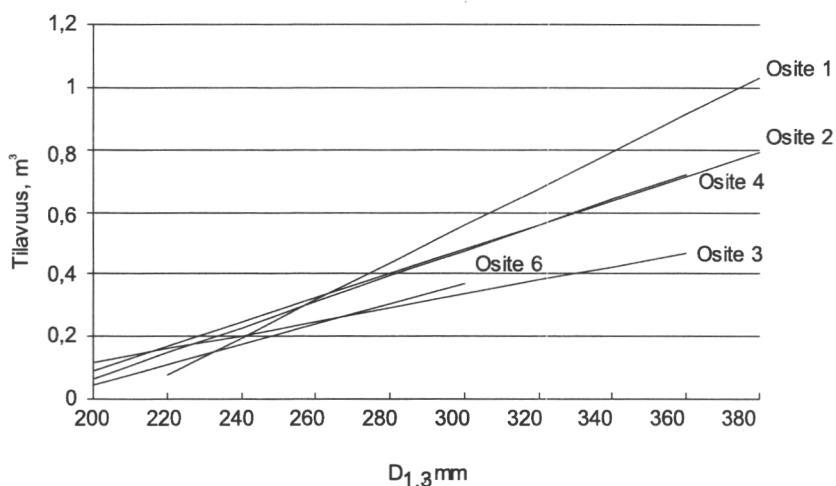
Vaneriteollisuuden kilpailu järeistä tukeista sekä selluloosateollisuuden kilpailu alle vaneritukkikokoisesta puutavaresta vaikeuttavat niin hies- kuin rauduskoivunkin saatavuutta sahoille. Koivun tuonti Venäjältä lisääntyy koko ajan maan itäosien vaneritehtaille ja sahalaitoksille. Silti varsinkin harvennusikäistä hieskoivua olisi mm. Pohjanmaan alueella tarjolla huomattavia määriä.

3.2 Hakkuukertymät

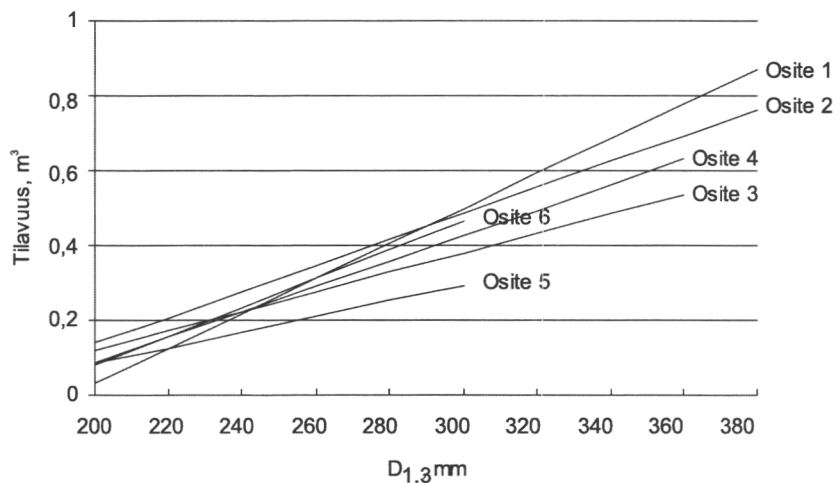
Kerätystä koepuuaineistosta tutkittiin sahatukkipituuksia. Tutkimukseen valitut koivurungot apteerattiin, laatuluokkien päättymiskorkeudet rungon pystysuunnassa kirjattiin ylös, ja rungoista mitattiin tietty määrä läpi-

Taulukko 2. Lineaariset regressiomallit ennustettaessa sahauskelpoisen järeän koivutukin (lpm >= 18 cm) kertymää rungon rinnankorkeusläpimitan avulla erityyppisissä metsiköissä.

	Osite 1		Osite 2		Osite 3		Osite 4		Osite 5		Osite 6	
	Puhdas RAKO, kivennäismaa	RAKO-kuusi, kivennäismaa	Puhdas HIKO, kivennäismaa	HIKO-kuusi, kivennäismaa	Puhdas HIKO, kivennäismaa	HIKO-kuusi, kivennäismaa	Puhdas HIKO, Turvemaa	HIKO-kuusi, Turvemaa	Puhdas HIKO, Turvemaa	HIKO-manty, turvemaa	HIKO-manty, turvemaa	
	Kasvupaikkaluokka OMT / Rhtkg											
	Malli 1		Malli 2		Malli 3		Malli 4		Malli 5		Malli 5	
	21	24	9	25	10	10	10	10	10	10	10	10
N ²	0.778	0.612	0.736	0.697	0.842	0.842	0.842	0.842	0.842	0.842	0.842	0.842
RMSE	0.136	0.139	0.070	0.087	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034
	Regressiokerrointen estimaatit (B) ja niiden keskivirheet (S.E.)											
	B	S.E.	B	S.E.	B	S.E.	B	S.E.	B	S.E.	B	S.E.
D1.3	5.970	0.731	3.914	0.665	2.207	0.499	4.101	0.564	3.269	0.500	3.269	0.500
Vakio	-1.236	0.218	-0.695	0.192	-0.326	0.131	-0.754	0.142	-0.610	0.112	-0.610	0.112
	Kasvupaikkaluokka MT / Mtkg											
	Malli 6		Malli 7		Malli 8		Malli 9		Malli 10		Malli 11	
	16	18	17	17	24	24	24	24	24	24	24	24
N ²	0.708	0.718	0.661	0.885	0.482	0.482	0.482	0.482	0.482	0.482	0.482	0.482
RMSE	0.092	0.135	0.069	0.039	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068
	Regressiokerrointen estimaatit (B) ja niiden keskivirheet (S.E.)											
	B	S.E.	B	S.E.	B	S.E.	B	S.E.	B	S.E.	B	S.E.
D1.3	4.676	0.802	3.478	0.546	2.601	0.358	3.396	0.316	2.091	0.462	3.858	0.407
Vakio	-0.904	0.212	-0.558	0.160	-0.400	0.088	-0.593	0.073	-0.333	0.107	-0.691	0.087



Kuva 4. Järeän (lpm ≥ 18 cm) sahauskelpoisen koivutukin kertymä puun rinnankorkeusläpimitan suhteen lehtomaisilla kankailla (ositteet 1-4) ja ruohoturvekankailla (osite 6). Osite 1: puhdas kivennäismaan rauduskoivikko; osite 2: kuusi-rauduskoivusekametsikkö kivennäismaalla; osite 3: puhdas kivennäismaan hieskoivikko; osite 4: kuusi-hieskoivusekametsikkö kivennäismaalla; osite 6: mänty-hieskoivusekametsikkö turvemaalla.



Kuva 5. Järeän (lpm ≥ 18 cm) sahauskelpoisen koivutukin kertymä puun rinnankorkeusläpimitan suhteen tuoreilla kankailla (ositteet 1-4) ja mustikkaturvekankailla (ositteet 5-6). Osite 1: puhdas kivennäismaan rauduskoivikko; osite 2: kuusi-rauduskoivusekametsikkö kivennäismaalla; osite 3: puhdas kivennäismaan hieskoivikko; osite 4: kuusi-hieskoivusekametsikkö kivennäismaalla; osite 5: puhdas turvemaan hieskoivikko; osite 6: mänty-hieskoivusekametsikkö turvemaalla.

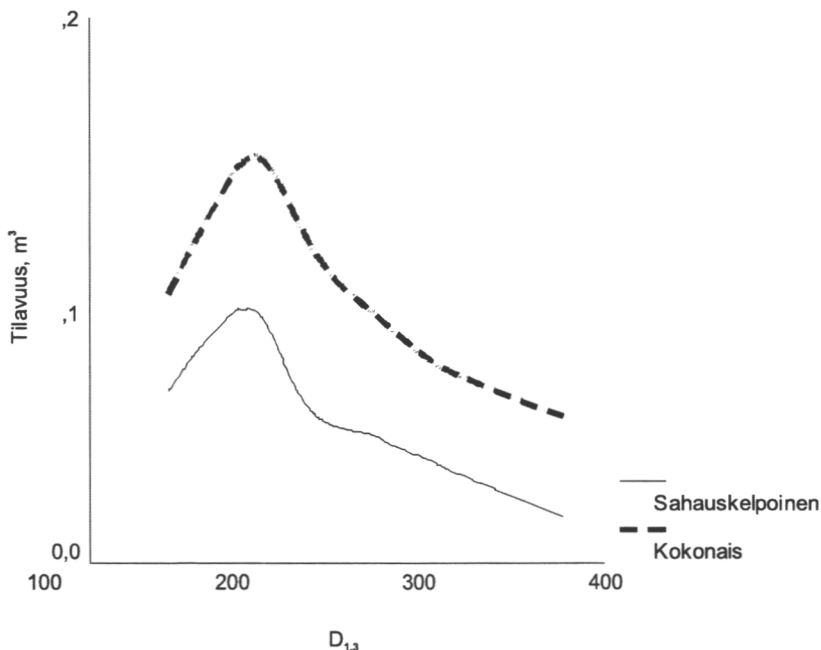
mittarajoja. Tämän jälkeen kullekin rungolle määritettiin runkokäyrä ja jokaisen apteeratun rungonosan tilavuus laskettiin KPL -ohjelmistolla (Heinonen 1994). Taulukossa 2 esitetään lineaariset trendikäyrät sahauskelpoisen järeän koivutukin runkokohtaisista kertymistä erityyppisissä metsiköissä rungon rinnankorkeusläpimitan suhteen. Kertymiä on havainnollistettu kuvissa 4 ja 5. Puhtaita ruohoturvekankaan hieskoivikoita ei sisällytetty aineistoon.

Kuvassa 6 esitetään päätehakkuukoivusta saatavan pikkutukin (läpimitta 12 - 18 cm) määrä suhteessa rungon rinnankorkeusläpimitaan. Kuvaajat esittävät kaikkien havaintojen (n=261) keskiarvoja sisältäen siis sekä hies- että rauduskoivut eri kasvupaikoilta pää- ja lisävaltapuineen. Sekä kokonaispikkutukisaannon että sahauskelpoisen pikkutukin saannon osalta havaitaan että eniten tukkia saadaan puista, joiden rinnankorkeusläpimita

on lähellä 20 senttimetriä. Puun järeyden kasvaessa saannot alenevat selvästi.

Päätehakkuista saadaan parhaissa tapauksissa sahauskelpoista pikkutukia latvan "kuitupuuosasta" jopa 55 %. Harvennusleimikoiden poistumasta näyttäisi alustavien tutkimustulosten mukaan saatavan sahatukkia keskimäärin 10 - 15 %.

Tekemällä päätehakkuurungoista vane-ripuun sijaan järeää ja pieniläpimittaista sahatukkia, saadaan tukkikertymää esimerkiksi leimikoissa kasvatettua 0 - 55 % (Heräjärvi 2000). Lisäys on suurin turvemaiden koivuilla sekä kivennäismaiden koivujen lisävaltapuilla, eli pienillä puilla, joissa järeän tukin osuus on muuten olematon tai vähäinen. Kivennäismaiden valtapuilla kuitupuuosuus pienenee pikkutukia tehtäessä 10 - 25 % puhtaissa rauduskoivikoissa ja 12 - 17 % kuusi-rauduskoivusekametsiköissä. Vastaavat arvot kivennäismaiden hieskoivuvaltapuilla ovat 9 - 20 %



Kuva 6. Päätehakkuukoivusta saatavan pikkutukin kokonais- ja sahatukisaannon keskimääräinen riippuvuus rungon rinnankorkeusläpimitasta.

puhtaissa koivikoissa ja 0 - 11 % kuusi-hieskoivusekametsiköissä. Tavaralajien hakkuukertymiin vaikuttavat luonnollisesti monet tekijät, joista tärkeimpiä ovat tukkien apteerausohjeet, puuston metsänhoidollinen tila sekä korjuun toteuttaja.

4. Lopuksi

Viime vuosien aktiivinen tutkimus- ja tuotekehitystyö lehtipuiden sahausken ja jatkojalostuksen kehittämiseksi on osunut hyvin yksiin tuotemerkkinoilla ilmenneen kysynnän kasvun kanssa. Raaka-ainevarojen ominaisuuksista ja optimaalisesta hyväksikäytöstä kertyvä tutkimustieto yhdessä lehtipuutukkien ja -sahatavaran prosessointiin tarkoitettujen koneiden ja laitteiden valmistajien kumuloituvan tietotaidon kanssa luo pohjaa puutavaraa jalostavien yrittäjien kannattavalle toiminnalle. Investoinnit pieniläpimittaisen koivun sahausken mahdollistavat myös hieskoivun nykyistä monipuolisemman hyödyntämisen huonekalu- ja liimalevytehtaissa. Lisäksi koivun pikkutukin kysyntä voi osaltaan parantaa nuorten, kasvatushakkuikäisten koivikoiden metsänhoidollista tasoa ja vähentää harvennusrästejä.

Kirjallisuus

Bhat, K. M. & Kärkkäinen, M. 1980. Distinguishing between *Betula pendula* Roth. and *Betula pubescens* Ehrh. on the basis of wood anatomy. *Seloste: Raudus- ja hieskoivun erottaminen puuaineen anatomian perusteella. Silva Fennica* 14(3): 294–304.

Hakkila, P. 1966. Investigations on the basic density of Finnish pine, spruce and birch wood. *Lyhennelmä: Tutkimuksia männyn,*

kuusen ja koivun puuaineen tiheydestä. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae.* 61(5): 1–98.

– 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.

Heinonen, J. 1994. Koealojen puu- ja puusotunnusten laskentaohjelma KPL. Käyttöohje. *Metsätutkimuslaitoksen tiedonantoja* 504. 80 s.

Heiskanen, V. 1957. Raudus- ja hieskoivun laatu eri kasvupaikoilla. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae.* 48(6): 1–99.

Heräjärvi, H. 2000. Pikkutukki lisää kantarahatuloja. *Metsälehti* 18: 9.

– & Varis, N. 2000. Lyhyitä tukkeja koivusahoille – mitä hyötyä? *Puumies* 3: 12–13.

– & Verkasalo, E. & Kaurala, H. & Lehtimäki, J. 2000. Properties and utilisation of birch (*Betula pendula*, *B. pubescens*) for saw milling and further processing in Finland. *Julkaisussa: Usenius, A. & Kari, P. (toim.). Proceedings of the Third Workshop on Measuring of Wood Properties, Grades and Qualities in the Conversion Chain and Global Wood Chain Optimisation, 19.-21.6.2000, Dipoli, Espoo. Cost Action E10 Wood Properties for Industrial Use. VTT Rakennustekniikka, Espoo.* s. 83–102.

Kaurala, H. 2000. Sahakoivun ominaisuudet ja laatu puhtaissa koivikoissa ja kuusi-koivusekametsiköissä. *Metsäteknologian ja puutalouden pro gradu. Joensuun yliopisto, Metsätieteellinen tiedekunta.* 82 s. + liitteet 10 s.

Kohmo, I. 1984. Lehtipuuston runkolukusarjat Etelä-Suomen piirimetsälautakuntien alueella 1977–1982. *Folia Forestalia* 582. 19 s.

- Sevola, Y. 1999. (toim.). Metsätalastollinen vuosikirja 1999. Metsäntutkimuslaitos, SVT, maa-, metsä- ja kalatalous 1999:6. Jyväskylä. 352 s.
- Varis, N. 2000. Rauduskoivusahatavaran laatu ja saanto läpisaauksessa kahden ja neljän metrin tukkeina. Puutekniikan insinöörityö. Pohjois-Karjalan AMK. 28 s. + liite 1 s.
- Velling, P. 1979. Puuaineen tiheys kahdessa rauduskoivun jälkeläiskokeessa. Folia Forestalia 416. 24 s.
- Verkasalo, E. 1993. Koivupuutavaran vikaantumisen pitkittyneessä metsävarastoinnissa ja sen vaikutus viulun saantoon, laatuun ja arvoon. Folia Forestalia 806. 31 s.
- 1997. Hieskoivun laatu vaneripuuna. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 632. 483 s. + liitteet 59 s.
- & Paukkonen K. 1999. Koivun ominaisuudet ja käyttömahdollisuudet saauksessa ja jatkojalostuksessa Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksien tiedonantoja 751. 91 s.

Hieskoivun kasvatuksen tavoitteet käytön kannalta

Pentti Niemistö

Metsäntutkimuslaitos

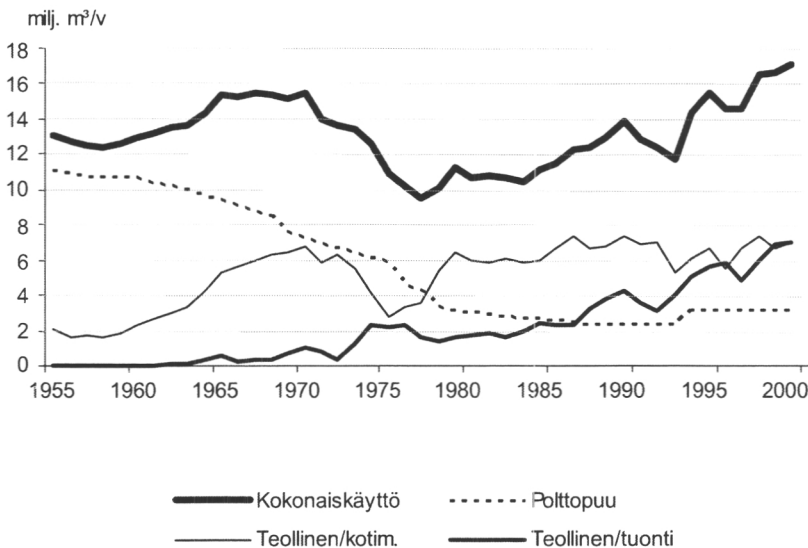
Parkanon tutkimusasema

1. Hieskoivun käyttö puunjalostuksessa ja energiantuotannossa

Pienen koon ja laatuviokojen vuoksi hieskoivua käytetään pääasiassa selluloosan raaka-aineena. Lisäksi osa pienikokoisista hieskoivuista päätyy energiakäyttöön lähinnä kiinteistöissä tai pienissä lämpölaitoksissa. Mekaaninen jalostus sorvaamalla tai sahaamalla on edellisiin verrattuna vähäistä, vaikka hieskoivun puuaine sinänsä on rauduskoivun veroista. Syynä mekaanisen jalostuksen vähäisyyteen on hieskoivurunkojen pieni koko sekä mutkaisuudesta ja värivioista aiheutuva huono laatu (Verkasalo 1997).

Koivun pääasiallinen käyttömuoto Suomessa oli 1960-luvun puoliväliin saakka polttopuu (kuva 1). Koivun jalostus selluloosa-teollisuudessa lisääntyi tämän jälkeen nopeasti ja teollinen käyttö ylitti pian 6 milj. kuutiometrin vuositason. Muutamia taantuma- vuosia lukuunottamatta kotimaisen lehtipuun käyttö teollisuudessa on pysynyt siitä lähtien samalla tasolla. Lehtipuun käyttö polttopuuna puolestaan väheni 1960 - 1970-lukujen aikana 10 milj. kuutiometrin tasolta noin 3 milj. kuutiometriin. Tällä hetkellä puun energiakäyttö on taas nousussa. Lehtipuiden käyttö on tilastoitu puulajeja erittelemättä. Teollista käyttöä on hyvin vähän muilla puulajeilla kuin hies- ja rauduskoivulla sekä aivan viime vuosina myös haavalla. Polttopuu sen sijaan sisältää runsaasti muitakin lehtipuulajeja kuin koivua.

Lehtipuun kokonaiskäyttö aleni vuoteen 1977 saakka, jonka jälkeen se on lähes kak-



Kuva 1. Lehtipuun käytön kehitys Suomessa (Sevola 2000).

sinkertaistunut 17 milj. kuutiometriin vuodessa. Nousu on ollut melko tasaista, 1990-luvulla jopa lievästi kiihtyvää. Syynä on ollut koivuselluloosan käyttö hienopapereihin, joiden kysyntä on lisääntynyt jyrkästi. Esimerkiksi kopio- ja atk-papereilta vaaditaan hyvää painojälkeä ja läpinäkymättömyyttä, mikä saadaan aikaan lyhytkuituisella lehtipuuselluloosalla.

Koivun käytön lisääntyminen on ollut kokonaisuudessaan kasvavan tuonnin varassa 1980-luvun puolivälistä lähtien. Koivun tuonti lähinnä Venäjältä ja Baltiasta on kasvanut 7 milj. kuutiometriin vuodessa. Tuonti saavutti kotimaisen koivun teollisen käytön vuonna 1995. Sekä tuonnin että kotimaisen teollisuuspuun osuus lehtipuun käytöstä oli 41 % vuosina 1998 - 99. Kasvava osa tuontikoivusta on viime vuosina ollut tukkia, 0,4 milj. m³ vuonna 1999. Samana vuonna kotimaista lehtikuitupuuta käytettiin 5,4 milj. m³ ja koivutukkia 1,3 milj. m³.

Lehtipuun vuotuiseksi polttopuumääräksi maamme pienkiinteistöissä on laskettu 3,07 milj. kuutiometriä (Salakari & Peltola 1995). Siitä noin puolet on luokiteltu haloiksi, mutta niistäkin osa on aisattua pienpuuta tai muuta puulajia kuin hieskoivua. Kuitupuun mitat täyttävän hieskoivun vuotuinen polttoikä näyttäisi siten jäävän alle 1 milj. kuutiometriin. Lisäksi polttopuun markkinat ovat pienet, koska kaksi kolmannesta kiinteistöjen polttopuusta hankitaan omasta metsästä. Ener-

giapuiksi sopiva hieskoivu onkin muodostunut enemmän metsänkasvatuksen ongelmaksi kuin tavoiteltavaksi puuvaraksi.

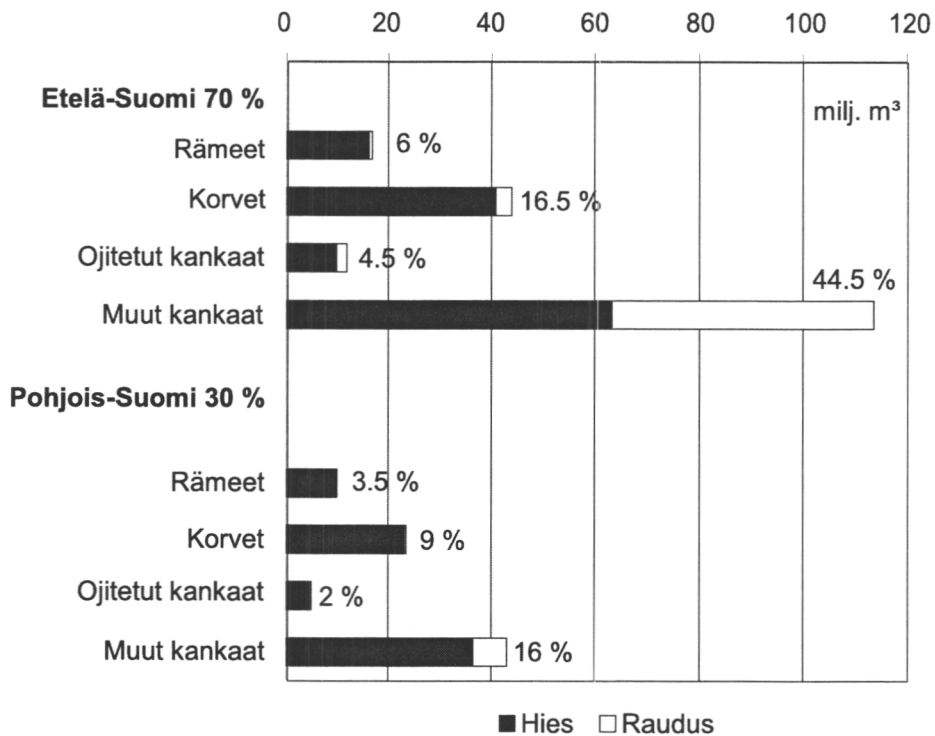
Hies- ja rauduskoivua ei ole erotettu puunkäyttötilastoissa. Verkasalo (1997) arvioi hieskoivun osuuden olevan alle 20 % koivun sahausmäärästä (0,1 - 0,2 milj. m³/a) ja noin kolmannes koivun sorvausmäärästä (1,0 - 1,5 milj. m³/a). Syynä mekaanisen jalostuksen vähäisyyteen on hieskoivurunkojen pieni koko sekä mutkaisuudesta ja värvioista aiheutuva huono laatu. Tukkipuukoissa hieskoivuilla esiintyi selvästi rauduskoivua enemmän lahoja oksia ja ulkoista lahoa rungossa. Sisäistä värvikaisuutta esiintyi koivulajeilla yhtä usein, mutta hieksellä viat olivat vakavampia (Verkasalo 1997).

2. Hieskoivuvarat ja hakkuumahdollisuudet

Suomen koivuvaroista (noin 282 milj. m³, VMI8 v. 1986 - 97) kolme neljännestä on hieskoivua. Noin 40 % koivusta kasvaa turvemaille tai ojitetuille kankailla (kuva 2), joilla rauduskoivun osuus on lähes merkityksetön. Pohjois-Suomessa myös kivennäismaiden koivuista 85 % on hieskoivua. Koko maan koivuvaroista 46 % kasvaa maan eteläpuoliskon kivennäismailla, mutta sielläkin hieskoivun osuus on hieman rauduskoivua suurempi.

Taulukko 1. Koivuvaltaisten metsien pinta-ala (1 000 ha ja %) metsämaan kasvupaikoilla (VMI8, v. 1986 - 97).

	E-Suomi	P-Suomi	Koko maa	% koivuvalt.	% metsämaalla
Korvissa	307,5	276,6	584,1	38	30
Rämeillä	62,9	58,5	121,5	8	4
Ojit. kankailla	75,8	42,7	118,6	8	12
Muilla kankailla	398,7	339,5	738,2	46	5
Yhteensä	844,9	717,3	1562,4	100	8



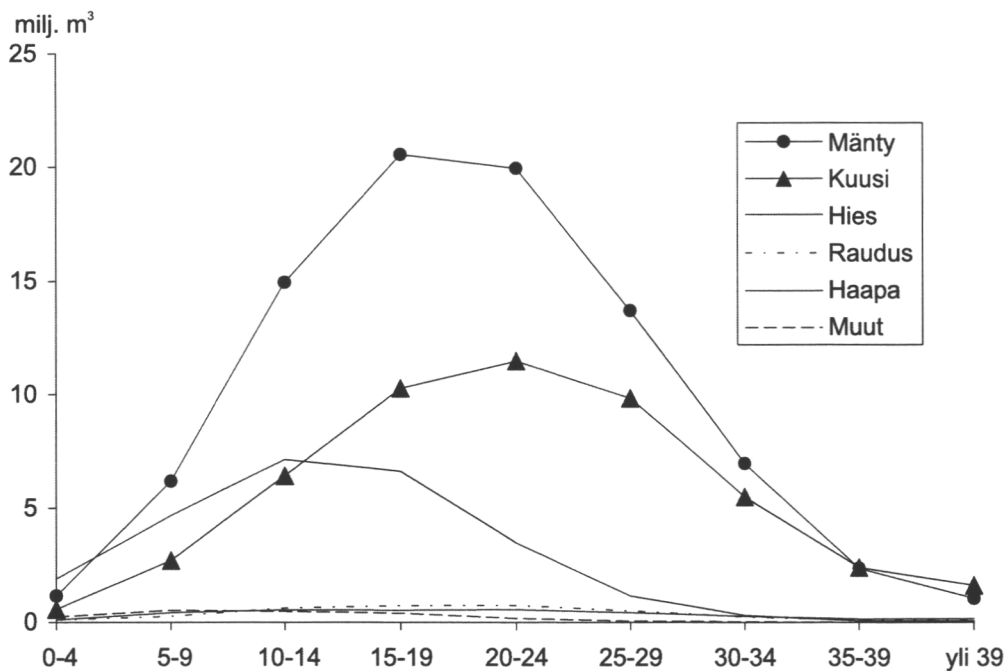
Kuva 2. Koivun kokonaistilavuuden (282 milj. m³) jakautuminen kasvupaikoittain Etelä- ja Pohjois-Suomessa (VMI8, v. 1986 - 97).

Koivikoita ja koivuvaltaisia metsiä on Suomessa yhteensä 8 % metsämaan pinta-alasta (1,6 milj. ha, taulukko 1). Kun koivun tilavuusosuus on 15 % ja koivuvaltaiset metsät ovat keskimäärin muita vähäpuustoisempia, esiintyy koivua selvästi runsaammin sekapuuna kuin vallitsevana puulajina. Kaikista koivuvaltaisista metsistä 54 % kasvaa turvemaiilla tai ojitetuilla kankailla. Näiden lisäksi hieskoivikot muodostavat suuren enemmistön kivennäismaiden koivuvaltaisista metsistä Pohjois-Suomessa ja vähintään puolet vastaavista metsistä Etelä-Suomessa. Näin ollen hieskoivuvaltaisia metsiä on Suomessa 1,3 - 1,4 milj. ha eli noin 85 % kaikista koivuvaltaisista metsistä.

VMI8:n ja VMI9:n perusteella tehtyjen laskelmien mukaan koivukuitupuun hakkuumahdollisuudet ovat lisääntyneet viime vuosi-

kymmenten aikana ja järeänkin koivun määrä on yleisestä käsityksestä poiketen lisääntynyt (Kärkkäinen 1997). Suurimmat lisäysmahdollisuudet koivun hakkuille ovat ojitusalueiden harvennuksissa ja jatkossa myös niiden päätehakuissa. Vaikeat korjuuolot ja hakkuutuloihin nähden korkeat korjuukustannukset kuitenkin vaikeuttavat puun saantia markkinoille näistä kohteista. Vaikein tilanne on Pohjanmaalla, jossa harvennusrästejä kasaantuu eniten juuri turvemaiden mänty- ja koivuvaltaisiin metsiin (Hirvelä ym. 1998, Hirvelä 2000).

Koko Pohjanmaan alueella lehtipuun hakkuukertymä oli 2 milj. m³ vuonna 1998 (Sevola 2000). Siitä 63 % oli kuitupuuta ja kolmannes polttopuuta. Vain 3,4 % oli tukkia, vaikka tukin määrä on ollutkin nousussa. Pääsyyinä koivutukin määrän vähyyteen ja laadun



Kuva 3. Puuston tilavuus puulajeittain ja läpimittaluokittain Pohjanmaan eteläpuoliskossa (VMI9: tulosten yhdistelmä Rannikon ja Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueilta v. 1997 - 98, Tomppo ym. 1998 ja 2000).

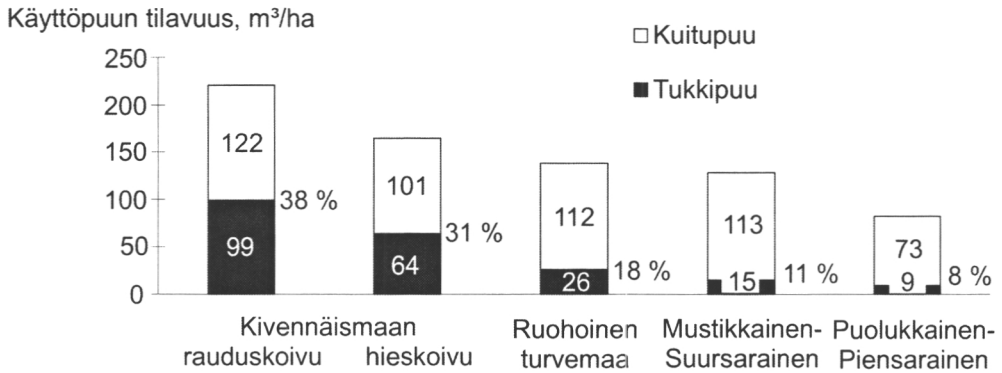
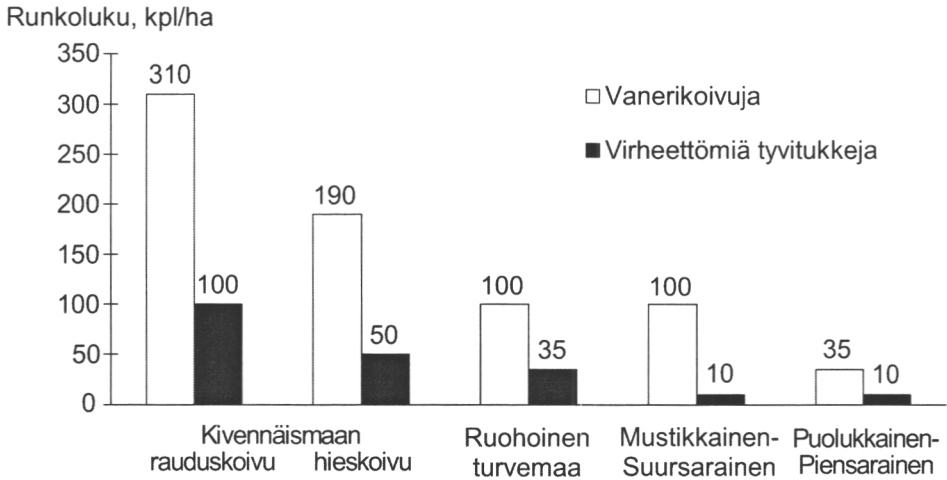
heikkouteen on se, että hieskoivu on selvästi vallitsevampi koivulaji Pohjanmaalla kuin rauduskoivu (kuva 3). Hieskoivun läpimittajakauma puolestaan painottuu selvästi pienempiin puihin kuin muiden tärkeiden puulajien. Hieskoivun valta-asema rauduskoivuun nähden Pohjanmaalla johtunee suomet-sien runsaudesta ja vettä pidättävistä ja alavista kivennäismaista.

Verkasalon (1997) aineistossa Keski- ja Pohjois-Pohjanmaan rauduskoivikot tuottivat vanerikoivuja keskimäärin 310 kpl/ha, joista virheettömiä tyvitukkeja oli 100 kpl/ha (kuva 4). Kangasmaiden hieskoivikoissa vastaavat luvut olivat 190 ja 50 ja parhaimmillakin turvemailla vain 100 ja 35. Tukkitilavuudessa erot kivennäismaiden ja rauduskoivun hyväksi olivat vielä suuremmat. VMI8:n mukaan ojitettujen soiden tukkipuista on koivuja Etelä-Suomessa 9 % ja Pohjois-Suomessa vain

3 %. Vastaavasti tukkipuun mitat saavutta-neista koivuista oli laadultaan tukiksi kelpaa-via Etelä-Suomessa 47 % ja Pohjois-Suomes-sa 13 %.

3. Hieskoivun kasvatuksen tavoitteet

Puunkäytöstä ja tukkipuun heikosta laadusta johtuen hieskoivun kasvatuksessa korostuvat määrälliset tavoitteet. Hyvä laatu ja nuorten koivujen järeytyminen tukkipuiksi voitaisiin asettaa tavoitteeksi lähinnä mustikkatyypillä ja sitä viljavammilla kangasmailla, mutta juuri näillä kasvupaikoilla rauduskoivu on kasvultaan ja laadultaan ylivoimainen. Hieskoivu tulee kysymykseen viljavilla kivennäismailla silloin, kun muita puulajeja ei ole riittävästi tarjolla tai kasvupaikka kärsii märkyydestä.

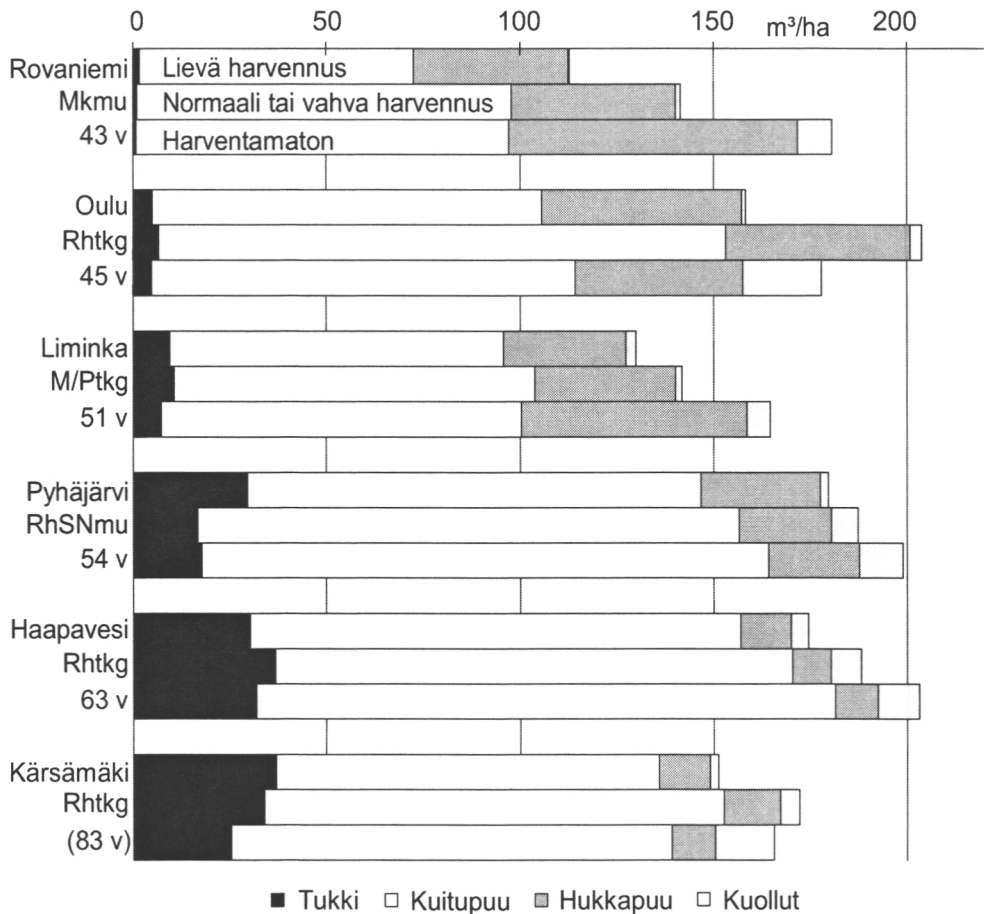


Kuva 4. Uudistuskypsiä hieskoivikoiden vaneripuumäärät erilaisilla kasvupaikoilla Pohjanmaalla (Verkasalo 1997): a) tukkipuiden runkoluku, b) tukki- ja kuitupuuston tilavuus.

Hieskoivu voi kypsyä tukkipuiksi myös maan eteläpuoliskon viljavilla turvemaidella. Näiden kasvupaikkojen nuorista puustoista on kuitenkin vaikea ennakoita, riittääkö koivun laatu ja kasvukyky aikanaan tukkipuiden tuottamiseen. Turvemaiden koivikoiden harvennuskokeiden mukaan voimakkaat harvennukset eivät lisää tukkipuun tuotosta samalla tavalla kuin kivennäismaan rauduskoivikoissa (Niemistö 1991 ja 1997, kuva 5). Lisäksi voimakkaat harvennukset vähentävät haihduntaa ja voivat aiheuttaa ongelmia vesitaloudessa (Päivänen & Sarkkola 2000). Hieskoivikon kasvatusta tiheänä puoltaa myös se, ettei puiden arvon kohoaminen korvaa voimakkaan

harvennuksen aiheuttamaa kasvutappiota.

Edellä mainituista syistä hieskoivun kasvatuksessa kannattaa siis pääsääntöisesti tavoitella korkeaa kuitupuun tuotosta, ja myös energiapuuta mikäli sille on käyttöä. Tämä ei tietenkään estä hyvälaatuisten hieskoivujen kasvattamista tukkipuiksi aina kun mahdollista. Kiertoaikaa ei kuitenkaan voida biologisesti lyhytikäisellä ja helposti lahoavalla hieskoivulla oleellisesti pidentää (Niemistö 1998).



Kuva 5. Turvemaan hieskoivikon kokonaistuotos 20 vuoden kuluttua ensiharvennuksesta eräillä harvennuskokeilla Pohjois-Suomessa (vrt. Niemistö 1991 ja 1998).

4. Hieskoivikon kasvatusohjeet

Hieskoivikoiden harvennusta on tutkittu pääasiassa Pohjois-Suomen ja Pohjanmaan turvemailla (Ferm 1988, Niemistö 1991 ja 1998). Tulosten mukaan nuori koivutiheikko harvennetaan 5 - 7 metrin pituudessa Pohjois-Suomessa tiheyteen 2 500 kpl/ha, etelämpänä tiheyteen 2 000 kpl/ha. Jos pieniläpimittaiselle energiapuulle on käyttöä, voidaan vastaava harvennus lykätä 10 - 11 metrin pituuteen, mutta ei sen myöhemmälle. Kuitupuuta tuotava harvennushakkuu tehdään 13 - 15 metrin valtapituudessa ja kasvamaan jätetään 900

- 1 000 puuta hehtaarille. Kuitupuun kasvatuksessa toista harvennushakkuuta ei tarvita. Kasvun taantumisen vuoksi kuitupuukoivikko kannattaa päätehakata jo 50 vuoden iässä. Täysin hoitamatta jääneen hieskoivikon myöhäinen harventaminen ei enää kannata, koska uudistaminen noin 40 vuoden iässä on taloudellisesti edullisempaa (Niemistö 2000).

Kivennäismailta ja maan eteläosien turvemailla ei ole käytettävissä vastaavia tutkimuksia. Siirryttäessä pohjoisesta etelään ja turvemailla kivennäismaille hieskoivun kasvulosuhteet ja puuntuotannon tavoitteet lähestyvät rauduskoivua, joten voidaan olettaa

myös puulajien kasvatusohjeiden lähestyvän toisiaan. Istutetun rauduskoivutaimikon tiheydeksi suositellaan 1 600 kpl/ha ja runkoluvuksi 13 - 14 metrin pituudessa tehtävän ensiharvennuksen jälkeen 700 - 800 kpl/ha (Niemi 1997).

Kivennäismaan hieskoivikossa tällainen ohje johtaisi ilmeisesti liian harvaan metsikköön, vaikka tavoitteeksi asetettaisiin parhaiden runkojen kasvatusta tukkipuiksi. Lisäksi hieskoivun on todettu kestävän varjostusta rauduskoivua paremmin (Atkinson 1984). Turvemailla puolestaan liian harva metsikkö voi kärsiä pohjavesipinnan kohoamisesta.

Kuitupuun tuotannossa hieskoivikko kannattaa uudistaa jo 50 vuoden iässä (Niemi 1998), kun tavoitteena on vähintään 3 %:n arvokasvu puustoon sidotulle pääomalle (taulukko 2). Puuston ikä sopii hieskoivikon uudistamiskriteeriksi myös suometsissä, koska ojitusaluiden koivikot ovat havupuustoista poiketen melko tasaikäisiä. Voimakas harventaminen pidentää taloudellista kiertoaikaa muutamalla vuodella ja harventamattomuus vastaavasti lyhentää sitä. Korkovaatimuksen

nostaminen 5 prosenttiin lyhentää kiertoaikaa noin kuudella vuodella. Mikäli turvemaan hieskoivikko tuottaa merkittävästi tukkipuuta, sitä kannattaa kasvattaa 15 - 20 vuotta pitempään kuin kuitupuukoivikkoa. Kivennäismailla vastaavia tuloksia ei ole käytettävissä. Joka tapauksessa 80 vuoden kiertoaika lienee lahoriskin vuoksi yläraja hieskoivulle.

Mahdollisuus vähäiseenkin tukkipuun tuottamiseen parantaa oleellisesti taloudellista tulosta ja vaikuttaa varttuneen hieskoivikon uudistamisaikaan. Hoidetussa hieskoivikossa päätös tukkipuun kasvatuksesta voidaan siirtää mainiosti 50 vuoden ikään, jolloin pelkätään kuitupuuta tuottava koivikko jo uudistettaisiin. Sen sijaan laadultaan ja kasvukyvyltään tukkipuiksi kelpaavaa puustoa harvennetaan ja kasvatetaan vielä 15 - 20 vuotta eteenpäin tiheydessä 500 kpl/ha. Yleensä hieskoivutukkipuuta voidaan tuottaa vain Etelä-Suomen viljavilla kivennäis- ja turvemailla. Kangasmailla hieskoivikko kasvatetaan jonkin verran harvempana kuin soilla.

Taulukko 2. Turvemaan hieskoivikon kiertoaika Pohjois-Suomessa eri puustopääomatasoilla, kun kannattavuuden alarajana pidetään 5 prosentin arvokasvua tulevana 5-vuotiskautena (Niemi 1998). Tukkipuuvaihtoehdossa ei ole tehty laatuvehennyksiä. Alimpana vertailu keskiarvoihin 3 %:n korolla.

Puustotaso	Vain kuitupuuta			Tukki- ja kuitupuuta		
	Matala	Keskitaso	Korkea	Matala	Keskitaso	Korkea
Rovaniemi MKmu	(42)	41	37	-	-	-
Oulu Rhtkg		42	34		(>45)	-
Liminka P/Mtkg	45	44	43	-	46	44
Pyhäjärvi RhSNmu	49	43	42	(>60)	48	44
Muurola Rhtkg	48	45	49	-	-	-
Haapavesi Rhtkg	49	48	48	60	53	52
Keskiarvo	48	44	42	>60	49	47
3 %:n korolla	55	50	47	>70	<70	45-60

5. Hieskoivun kasvatusta sekapuuna

Yli puolet koivuvaroistamme kasvaa sekapuuna havupuuvaltaisissa metsissä. Hieskoivun puuntuotannollista merkitystä sekapuuna rajoittaa kuitenkin puulajin vaatimaton tuotokkyky, aikainen biologinen vanheneminen ja lahoviat ennen havupuuston päätehakkuuta. Sekametsien tuotostutkimukset osoittavat, että sopiva rauduskoivusekoitus (noin 25 %) kohtottaa metsikön kokonaistuotosta puhtaaseen havupuustoon verrattuna (Mielikäinen 1980 ja 1985). Vastaava hieskoivusekoitus kuitenkin alentaa kokonaistuotosta. Kaksijaksosisessa kuusi-koivu sekametsikössä hieskoivutosin lisää kokonaistuotosta vapautettuun kuusentaimikkoon verrattuna, mutta selvästi vähemmän kuin rauduskoivu vastaavassa tilanteessa (Valkonen 2000).

Puuntuotannon kannalta hieskoivu on sekapuuna selvästi väistyvä puulaji, joka pyritään poistamaan harvennushakkuissa. Taimikon perkauksessa suositellaan jätettäväksi siemensyntyisiä koivuja, myös hieskoivuja ellei rauduksia ole tarjolla. Noin yhden metrin pituuseroa männyntamien hyväksi pidetään sopivana sekametsikön aikaansaamiseksi ja kuusen taimien rinnalle voidaan jättää samankokoisia koivuja kahden metrin pituusvaiheen jälkeen. Karuimpia maita lukuunottamatta hieskoivut ehtivät tuottaa merkittävästi kuituja energiapuuta metsikön ensimmäiseen ja toiseen harvennukseen mennessä. Koivun nopean alkukehityksen vuoksi on tärkeää poistaa taimikkovaiheessa kaikki kasvatettavia havupuuta, etenkin mäntyjä haittaavat koivut.

Hieskoivun lyhytikäisyyden ja heikkouden laadun vuoksi koivuvaltaisten sekapuustojen käsittely kannattaa yleensä tehdä vähemmistönä olevan havupuuston hyväksi. Alunperinkin vähemmistönä oleva hieskoivu kan-

nattaa puuntuotannollisista syistä poistaa sekametsikön harvennuksissa, mutta ekologisista ja maisemallisista syistä pieni koivusekoitus ja vaikkapa sen vähittäinen lahottaminenkin ovat suositeltavia.

Verraten usein koivikkoon syntyy luontainen kuusentaimikko alikasvokseksi. Jos maaperä on tarpeeksi viljava, kannattaa metsikköä kasvattaa kaksijaksosisena. Sen sijaan vesasyntyiset tai muuten heikkolaatuiset verhopuut pitää poistaa ajoissa kuusen päältä. Hyvälaatuiset koivut kasvatetaan tukkipuiksi, etenkin rauduskoivut mutta myös parhaat hieskoivut. Alikasvoskuusten kehitys ei kärsi kohtuuttomasti hoidetun koivuylispuuston alla ja kaksijaksosoinen sekametsä tuottaa enemmän puuta ja tuloja verrattuna puhtaaseen kuusikkoon (Valkonen 2000). Koivuylispuuston käsittely ei poikkeaa olennaisesti puhtaan koivikon kasvatuksesta. Hakkuut suoritetaan tietenkin huolellisesti nuoria kuusia varoen.

6. Tulevaisuuden näkymiä

Lyhytkuituisen lehtipuuselluloosan kysyntä on pysynyt vahvana eikä sähköinen tiedonvälitys ole ennusteista huolimatta korvannut paperin käyttöä vaan pikemminkin lisännyt sitä. Maailman hienopaperimarkkinoilla koivulla on ainakin kaksi kovaa kilpailijaa, eukalyptus ja akaasia. Niiden laatua ja etenkin hinta-laatusuhdetta pidetään koivua parempana. Mikäli hienopaperin kysyntä kääntyy tulevaisuudessa laskuun, voi koivulle tulla vaikeuksia. Suomessa koivun mekaaniseen jalostukseen ollaan parhaillaan tekemässä investointeja. Koivutukin käyttö on siten kasvussa, vaikka esimerkiksi vanerintuotannossa kuusen käyttö on lisääntynyt voimakkaasti.

Koivun hyvä kysyntätilanne nyt ja lähi-tulevaisuudessa pitäisi käyttää kaikin keinoin

kotimaisen koivukuitupuun hyväksi. Ojitusalueilla varttuvaa ja pian ikääntyvää hieskoivua olisi syytä hyödyntää nopeasti, kun puumarkkinat vetävät ja metsien kunto siitä paranee. Mikäli koivukuidun kysyntä pysyisi ennusteista huolimatta korkeana, ei koivuvarojen loppumisesta liene maassamme pelkoa, koska metsien uudistamisen ja muun metsänhoidon käytännöt ovat muuttuneet koivua lisäävästi. Myös ilmaston muutoksen arvioidaan koituvan lehtipuiden eduksi pitkällä tähtäyksellä (Karjalainen ym. 1991).

Kirjallisuus

- Atkinson, C.J. 1984. Quantum flux density as factor controlling the rate of growth, carbohydrate partitioning and wood structure of *Betula pubescens* seedlings. *Annales of Botany* 54: 397–411.
- Ferm, A. 1988. Hieskoivun kasvatusta soilla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 322: 40–52.
- Hirvelä, H. 2000. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1997 - 2027 Rannikon metsäkeskuksen alueella. Metsätieteen aikakauskirja – *Folia Forestalia* 1B/2000: 233–253.
- & Nuutinen, T. & Salminen, O. 1998. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1997 - 2026 Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueella. Metsätieteen aikakauskirja – *Folia Forestalia* 2B/1998: 293–374.
- Karjalainen, T. & Kellomäki, S. & Lauhanen, R. & Tuovinen, J. 1991. Ilmaston muutoksen vaikutus metsäekosysteemiin ja metsänkäyttöön: Mekanismeja ja kehitysuuntia. *Silva Carelica* 19. 157 s.
- Kärkkäinen, M. 1998. Koivu ennen ja nyt. Julkaisussa: Niemistö, P. & Väärä, T. (toim.). Rauduskoivu tänään ja tulevaisuudessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 668: 1–4.
- Mielikäinen, K. 1980. Mänty-koivusekametsiköiden rakenne ja kehitys. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 99(3): 1–82.
- 1985. Koivusekoituksen vaikutus kuusikon rakenteeseen ja kehitykseen. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 133: 1–79.
- Sevola, Y. (päätoim.). 2000. Metsätalostollinen vuosikirja 2000: 1–365.
- Niemistö, P. 1991. Hieskoivikoiden kasvustiheys ja harvennusmallit Pohjois-Suomen turvemilla. *Folia Forestalia* 782. 36 s.
- 1997. Ensiharvennuksen ajankohdan ja voimakkuuden vaikutus istutetun rauduskoivikon kasvuun ja tuotukseen. *Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia* 4/1997: 439–454.
- 1998. Varttuneen hieskoivikon harvennaminen ja kiertoaika Pohjois-Suomen turvemilla. Julkaisussa: Moilanen, M. & Murtovaara, I. (toim.). Hieskoivun uudistamisvaihtoehdot ja alikasvosten hyödyntäminen, Metsäntutkimuspäivät Muhoksella 1997. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 717: 5–16.
- 2000. Hieskoivut ojitusalueilla - riukuja vai rahapuita? Tieteen tori, Metsätieteen aikakauskirja – *Folia Forestalia* 2/2000: 286–291.
- Päivänen, J. & Sarkkola, S. 2000. The effect of thinning and ditch network maintenance on the water table level in Scots pine stand on peat soil. *SUO*, vol. 51 no. 3: 131–138.
- Salakari, M. & Peltola, A. 1995. Pientalojen polttopuun käyttö lämmityskaudella 1992/93. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 566. 36 s.

- Tomppo, E. & Henttonen, H. & Korhonen, K.T. & Aarnio, A. & Ahola, A. & Heikkinen, J. & Ihalainen, A. & Mikkilä, H. & Tonteri, T. & Tuomainen, T. 1998. Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueen metsävarat ja niiden kehitys 1968 - 97. Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia 2B/1998: 293–374.
- & Korhonen, K.T. & Ihalainen, A. & Tonteri, T., Heikkinen, J. & Henttonen, H. 2000. Skogstillgångarna inom Kustens skogscentral och deras utveckling 1965 - 98. Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia 1B/2000: 83–232.
- Valkonen, S. 2000. Kuusen taimikon kasvatamisen vaihtoehdot Etelä-Suomen kivennäismailla: Puhdas kuusen viljelytaimikko, vapautettu alikasvos ja kuusi-koivusekataimikko. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 763. 83 s.
- Verkasalo, E. 1997. Hieskoivun laatu vaneripuuna. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 632. 483 s. + liitteet 59 s.

Turvemaiden mänty sahapuuna

Erkki Verkasalo
Metsäntutkimuslaitos
Joensuun tutkimuskeskus

1. Männyn merkitys on selväsä kasvussa turvemailla

Pohjamaan turvemailla on varttumassa, ja osittain jo varttunutkin hakkuuvaiheeseen merkittävä tulevaisuuden mäntyraaka-ainepotentiaali 1930-luvulla aloitetun ja 1960-luvulla voimakkaasti kiihdytetyn metsäojitustoiminnan seurauksena. Tällä hetkellä suomännyn päätehakkuut ovat vielä varsin vähäisiä. Merkittäviä puutavaramääriä tuottaviin päätehakkuihin myös päästään männyllä myöhemmin kuin kuusella (Eeronheimo 1985, Keltikangas ym. 1986, Paavilainen & Tiihonen 1988). Koko maan mäntypuustosta tukkia on 8. VMI:n mukaan metsä- ja kitumaiden turvemailla 19,6 % (ojitetut 20,1 %, ojittamattomat 17,8 %) ja kivennäismailla 42,5 %, kun sovelletaan tavanomaisia mäntytukin mitta- ja laatuvaatimuksia (Nuutinen ym. 2000). Kaikesta mäntytukista on turvemailla 11,1 %.

Suopuun merkitys raaka-ainelähteenä tulee kokonaisuutena kasvamaan olennaisesti seuraavan 30 vuoden aikana. MELA-hakkuulaskelmien mukaan suopuun osuus kaikista metsä- ja kitumaan hakkuumahdollisuuksista kasvaa koko maassa perusoletuksista riippuen vuosijakson 1996 - 2005 14 - 16 prosentista jakson 2016 - 2025 17 - 26 prosenttiin (Nuutinen ym. 2000). Kasvu kohdistuu eniten mänttyyn ja harvennuspuihin.

Männyllä hakkuumahdollisuuksien kehittyminen turvemailla riippuu muiden pääpuulajien tavoin ennustelaskelman perusoletuksena käytettävästä hakkuustrategiasta, mutta kehitys on selvästi nousujohteisempaa kuin kuusella (taulukko 1, Nuutinen ym. 2000). Männyn hakkuumahdollisuuksista on turvemailla nyt 11 - 14 % eli hieman vähemmän kuin kuusella, mutta 20 vuoden kuluttua jo 19 - 25 % eli selvästi enemmän kuin kuusella. Hakkuumahdossa hakataan kaikki sovellettujen metsänkäsittelysuositusten mukaan hakattavissa olevat kohteet, jotka eivät täytä edelleen kasvattamisen ehdoksi asetettua tuottovaatimusta (korkokanta 5 %). Tässä ei siis aseteta vaatimuksia toiminnan kestävyydelle tai laskentakauden loppupuustol-

Taulukko 1. Männyn vuotuisten hakkuumahdollisuuksien kehitys metsä- ja kitumaiden turvemailla vuosijaksolta 1996 - 2005 jaksolle 2016 - 2025 MELA-laskelmien mukaan eri hakkuustrategioilla (Nuutinen ym. 2000).

Laskentavaihtoehto	1996 - 2005		2016 - 2025	
	Milj. m ³ /a	Osuus männyn hakkuista, %	Milj. m ³ /a	Osuus männyn hakkuista, %
Hakkuumahto	5,7	14,0	7,3	25,2
Suurin kestävä hakkuusuunnite 1	3,5	11,2	8,1	24,9
Suurin kestävä hakkuusuunnite 2	4,1	13,7	5,9	18,7

le. Suurimmassa kestävässä hakkuusuunnitteissa otetaan huomioon puuntuotannon kestävyys laskentajakson kuluessa siten, että hakkuukertymät ja nettotulot ovat aina vähintään edellisen kymmenvuotiskauden tasolla ja puuston tuottoarvo on laskentakauden lopussa vähintään alkuhetken mukaisella tasolla (korkokanta 4 %). Suurin kestävä hakkuusuunnite 1 ja 2 eroavat toisistaan siten, että ensinmainitussa turve- ja kivennäismaiden männyn hakkuuta optimoidaan yhtenä kokonaisuuksena ja jälkimmäisessä erikseen.

2. Turvemaiden männyn puuteknologinen tutkimus on ollut vähäistä

Turvemaiden mäntyjen puuaineen ominaisuuksista ja laadullisista mahdollisuuksista erilaisia tuotteita silmällä pitäen on toistaiseksi vain vähän tutkittua tietoa. Nykyinen tietämys suometsien mäntytukkipuusta liittyy etupäässä muutamiin puuaineen ja runkojen perusominaisuuksiin, kun taas soveltavaa tutkittua tietoa laadusta, arvosta, puutavaralajeista ja niiden puustamaksukyvyistä on tuskin lainkaan (Verkasalo ym. 1998, ks. myös Sipi 1997). Suomännyn puuaineen perusominaisuuksista on tutkittu viitteellisesti vuosiluston leveyttä ja puuaineen tiheyttä ja niiden vaihtelua (Ollinmaa 1960, Hakkila 1966, 1968) ja lisäksi pienessä määrin mekaanisia ominaisuuksia (Jalava 1945). Männyn lylypuuta ja sen ominaisuuksia on tutkittu yleisellä tasolla (Ollinmaa 1959, Kärkkäinen & Raivonen 1977, ks. myös Kärkkäinen 1985). Joitakin viittauksia on myös suomännyn uuteaineisiin ja puuaineen kestävyteen (esim. Kärkkäinen 1981).

Puutuoteteollisuus, sahat etunenässä joutuu tästä eteenpäin hankkimaan nykyistä suuremman osan mäntyukeistaan muualta kuin perinteisistä kivennäismaiden järeistä päätehakkuuleimikoista, mikäli tuotantokapasiteetti halutaan säilyttää nykyisellään. Tällöin on tiedettävä: 1) missä määrin ojitusaluiden hakkuista on saatavissa täydennystä raaka-ainevalikoimaan, 2) mihin lopputuotteisiin täältä saatava raaka-aine soveltuu, 3) mikä on sen teollinen arvo ja teollisuuden puustamaksukyky ja, tätä kautta, 4) mikä merkitys soiden tukkipuulla tulee olemaan osana puuhuoltoa. Tällä hetkellä asia on vielä arvailujen varassa: ojitusalueiden puustojen tukkipuukelpoisuudesta ja varsinkin soveltuvuudesta pk-yrityksille hahmoteltuun jatkojalostukseen on vain vähän tutkittua tietoa sekä pääte- että harvennushakkuista saatavan puutavaran osalta.

Puuntuottajan kannalta olennaisia kysymyksiä ovat suopuustojen puutavaran markkinointimahdollisuudet sekä hakkuukertymä- ja kantorahaodotukset. Metsätalouden suunnittelussa tarvitaan vastaavasti tarkennettuja tietoja suopuustojen puutavaralajijakumasta puuntuotos- ja arvomallien kehitystyötä varten. Kaikilla ojitusalueilla harvennushakkuut ja niihin liittyvät metsänparannustyöt (kunnostusojitus, lannoitus ml. tuhkan levitys) eivät välttämättä ole perusteltuja, jos maapohjan tuotto kyky ei riitä järeyttämään puustoa tukkimittoihin ja/tai puuston laatu ei anna kohtuullisia odotuksia tukkikertymästä päätehakkuuvaiheessa. Talousmetsissä on tiedettävä viimeistään ensiharvennussivaiheessa puuston kasvatuksen tavoitteet, ts. pyritäänkö järeään puuhun saha-, vaneri- ja jatkojalostusteollisuuden tarpeisiin vai tyydytäänkö massateollisuuden raaka-aineen tai ääritapauksena jopa energiapuun tuotantoon. Harvennuksiin ja parannustöihin käytettävissä

olevien resurssien optimaaliseksi kohdentamiseksi on pystyttävä tunnistamaan suurimmat tulevaisuuden tuotot antavat työkohteet.

3. Ennen ja jälkeen ojituksen syntyneiden mäntyjen laadussa lienee olennaisia eroja

Kaikki suopuun laatututkimukset ovat koskeneet ennen ojitusta syntyneitä ns. ensimmäisen sukupolven puita. Niiden ja ojituksen jälkeen syntyneiden ns. toisen sukupolven suopuiden laadussa on ilmeisiä eroja kasvurytmin, vesitalouden, maapohjan tukevuuden ja taimikon tiheyden erilaisuuden sekä ojas-tojen vaikutusten vuoksi.

Nyt ja vielä lähivuosisikymmeninä hakuisiin tulevien ojitusalueiden männyistä suurin osa on syntynyt ennen ojitusta. Tällaisilla puilla voidaan olettaa olevan ainakin neljä laadullista erityispiirrettä:

- 1) Puut ovat kasvaneet ennen ojitusta hyvin hitaasti, minkä vuoksi tyvitukin sydäntavaraosan puuaine on hyvin ohutlustoista, tavallista tiheämpää (painavampaa), lujempaa ja sitkeämpää. Oksia on puuaineessa tiheässä ja ne ovat yleensä kuivia mutta mahdollisesti pieniä. Sydänpuuta voi olla tavallista enemmän, mutta sen lahonkestävyys ei ole välttämättä parempi kuin kivennäismaalla (vrt. uuteainepitoisuus ja -koostumus).
- 2) Kasvu kiihtyy selvästi ojituksen jälkeen, jolloin vuosilustot paksuuntuvat ja tiheys alenee (sydäntavaran ulkopuolella ja rungon ylemmissä osissa), joten

puun säteensuunnassa puuaine on laadultaan tavallista epätasaisempaa. Kuolleiden ja karsiutuneiden oksien kylesytyminen tehostuu, joten vanhana puu voi olla ulkoisesti verraten vähäoksainen.

- 3) Puut ovat kasvaneet ennen ojitusta yleensä harvassa ja puuston rakenne on epätasainen. Näillä tekijöillä on haitallisia vaikutuksia oksikkuuteen ja mahdollisesti runkomuotoon (tyvilenkous, tyvekkyyks, kapeneminen, latvanvaihdot, poikaoksat).
- 4) Puut kasvavat mättäillä, varsinkin märeillä nevamaisilla soilla, jolloin puut jäävät korkealle turvepinnan alentuessa kuivatuksen jälkeen. Hyväkasvuisimmat puut kasvavat lisäksi usein ojanvarilla. Täten tyvilenkous ja tyvekkyyks ovat yleisiä vikoja.

Laatukehityksen edellytykset ojituksen jälkeen ovat ilmeisesti lähellä vastaavan ravinteisuustason kivennäismaita – myös ennen ojitusta syntyneisiin puihin kasvaneissa ylemmissä rungon osissa. Kasvuolojen parannuttua alunperin harvat puustot täydentyvät ja pienpuut runsastuvat. Tukkipuun mittaiset puut lisääntyvät ilmeisesti eniten viljavilla nevamaisilla rämeillä. Runsas tyyppi suhteessa fosforiin/kaliumiin voi silti johtaa turvemaiden suhteellisen paksuihin oksiiin. Toisaalta ojituksen jälkeen on syntynyt usein tiheä taimikko, jolla on edellytykset tuottaa vähä- ja pienioksaista puuta, mikäli ensiharvennus tehdään ajoissa. Edelleen pehmeä alusta voi silti aiheuttaa runkomuoto-ongelmia.

4. Turvemaiden männyn laatu- tutkimuksen renessanssi me- kaanista puunjalostusta ajatellen

Metlassa aloitettiin loppukesällä 1997 tutkimus Ojitettujen turvemaiden mänty raaka-aineena erikoistuvassa lopputuotelähtöisessä ja perinteisessä massatuotantosahauksessa. Aineistojen mittaukset ovat vielä osittain kesken. Ennakkotuloksia on tällä hetkellä käytettävissä pysty- ja kaatokoepuiden ulkoisista ominaisuuksista ja osin puuaineen ja sahatavaran laadusta.

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää ojitettujen turvemaiden männyn käyttökelpoisuus sekä tärkeimmät laatutekijät sahapuuna käytön kannalta tärkeimmillä suotyypeillä, joilla männyn kasvavat tukkipuun mittoihin: runkomuoto, oksikkuus, pinta- ja lahoviat, sydänpuun määrä, lylypuun, halkeamien ym. sisävikojen esiintyminen, vuosiluston leveys, puuaineen tiheys ja lujuus. Lisäksi tutkitaan suomänniköiden hakkuukertymiä, puutavara-lajirakennetta ja kantorahatuloja erilaisilla puutavara-lajien mitta- ja laatuvaatimuksilla, sahatavaran saantoa, laatua ja arvoa sahattaessa suomännystä saatavia tukkeja joko perinteisellä tai tuotelähtöisellä tavalla ja tukkipuukokoisten suomäntyjen sisäisen ja ulkoisen laadun suhteita rungon lopputuotelähtöisen laadun arvioinnin pohjaksi. Samalla tuotetaan perustietoa suomänniköiden ja -mäntyjen laadusta ja arvosta Metlan tutkimusohjelman Suometsien ekologisesti ja taloudellisesti kestävä kasvatusta ja käyttö jatkotutkimuksiin eri puutavara-lajien hakkuumahdollisuuksien laskemiseksi, kiertoajan puuntuotoksen arvon määrittämiseksi, suopuustojen kasvatuksen kannattavuuden ja laadullisten ja loppukäyttötavoitteiden arvioimiseksi.

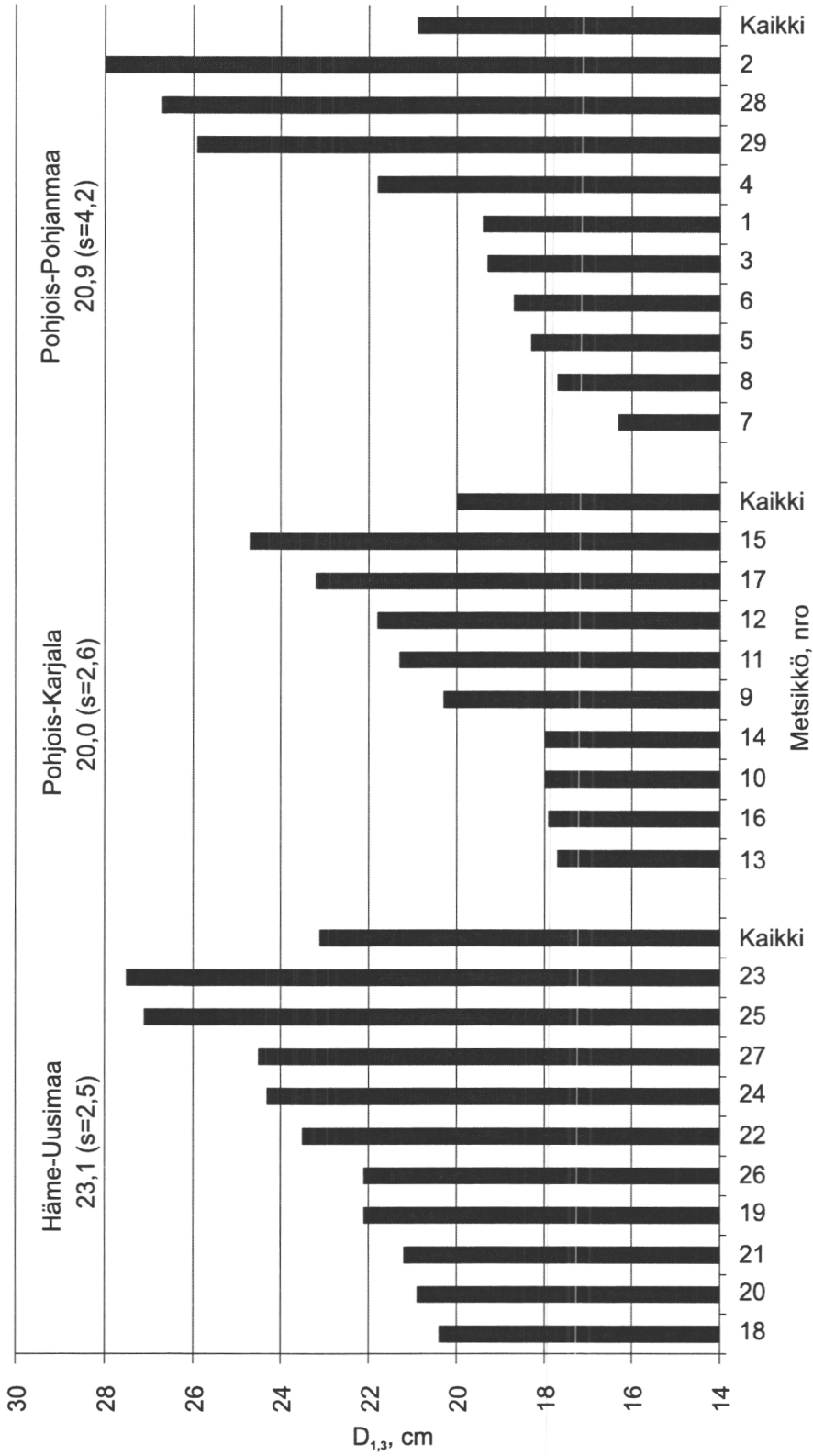
Tutkimukseen kerättiin aineistot Pohjois-Pohjanmaalta, Pohjois-Karjalasta ja Häme-Uusimaalta. Joka alueelta pyrittiin löytämään 10 kpl männylle yleisimpien suokasvupaikkojen mäntyvaltaista, metsänhoidollisesti vähintään ns. hyvin tyydyttävää metsikköä. Suotyyppeiden hyvyys vaihteli isovarpuisesta rämeestä ruohoiseen sararämeeseen. Mäntytykki- ja pikkutukkipuuston keski-ikä vaihteli metsiköittäin välillä 70 - 140 vuotta. Joka metsiköstä tutkittiin pystykoepuuna kaikki edustavaan kohtaan saran poikki rajatun 30*40 metrin koealan tukki- ja pikkutukki-kokoiset männyn. Näistä valittiin joka metsiköstä kahdeksan männyn otos kaatokoepuiksi. Kokonaisaineisto oli 29 leimikkoa, 1 000 pystykoepuuta ja 252 kaatokoepuuta.

Helsingin yliopiston metsävarojen käytön laitoksella on aloitettu vuonna 1998 tutkimus Suopuustojen puuraaka-aineen laatu ja soveltuvuus eri käyttötarkoituksiin, jossa selvitetään Etelä-Suomen ojitettujen soiden mänty- ja kuusitukin soveltuvuutta sahatavaran ja puusepäntuotteiden valmistukseen. Männyn tutkimuksissa käytetään tässä Metlan em. tutkimukseensa keräämää Häme-Uusimaan metsikkö-, pystykoepuu- ja kaatokoepuuaineistoa.

5. Ensimmäisiä tuloksia Metlan tutkimuksista

Metlan turvemaiden mänty sahapuuna käsittelevistä tutkimuksista on käytettävissä tuloksia runkojen koosta, ulkoisista teknisistä ominaisuuksista ja näiden perusteella pääteltävissä olevasta sahapuukelpoisuudesta.

Kuvassa 1 on esitetty koepuiden keskimääräiset rinnankorkeusläpimitat alueittain ja metsiköittäin. Koepuut olivat Häme-Uusimaalla keskimäärin 3,1 cm järeämpiä kuin



Kuva 1. Tukki- ja pikkutukkipuukokoisten turvemaamäntäjen keskimääräiset rinnankorkeusläpimitat alueittain ja metsiköittäin.

Pohjois-Karjalassa ja 2,2 cm järempiä kuin Pohjois-Pohjanmaalla. Tähän vaikutti ainakin osittain se, että Häme-Uusimaalla kaikki metsiköt olivat Metlan tai Helsingin yliopiston pysyviltä koealoilta mutta Pohjois-Karjalassa Metsähallituksen normaaleista talousmetsistä ja Pohjois-Pohjanmaalla Metlan talousmetsistä tai yksityismetsistä.

Pohjois-Pohjanmaalla vain kolme ja Pohjois-Karjalassa kaksi metsikköä ylti keskijäreydeltään edes Häme-Uusimaan metsiköiden keskitasolle. Vastaavasti keskijäreydeltään vaatimattominkin Häme-Uusimaan metsikkö ylitti Pohjois-Karjalan ja Pohjois-Pohjanmaan metsiköiden keskijäreuden. Metsiköiden välinen järeysvaihtelu oli kaikilla alueilla hyvin suurta, vaikka kaikki metsiköt olivat uudistuskypsiä tai lähellä uudistuskypsyyttä. Pienintä järeysvaihtelu oli Häme-Uusimaalla ja suurinta Pohjois-Pohjanmaalla. Kaikilla alueilla koepuiden keskijäreys oli kuitenkin selvästi pienempi kuin mitä se on ollut mäntytukkipuilla keskimäärin esim. 8. VMI:ssä (Etelä-Suomi 25,3 cm, Pohjois-Suomi 24,8 cm) tai laajoissa tukkien mittaustutkimuksissa (Rikkonen 1987: Etelä-Suomi 28,0 cm, Pohjois-Suomi 25,6 cm).

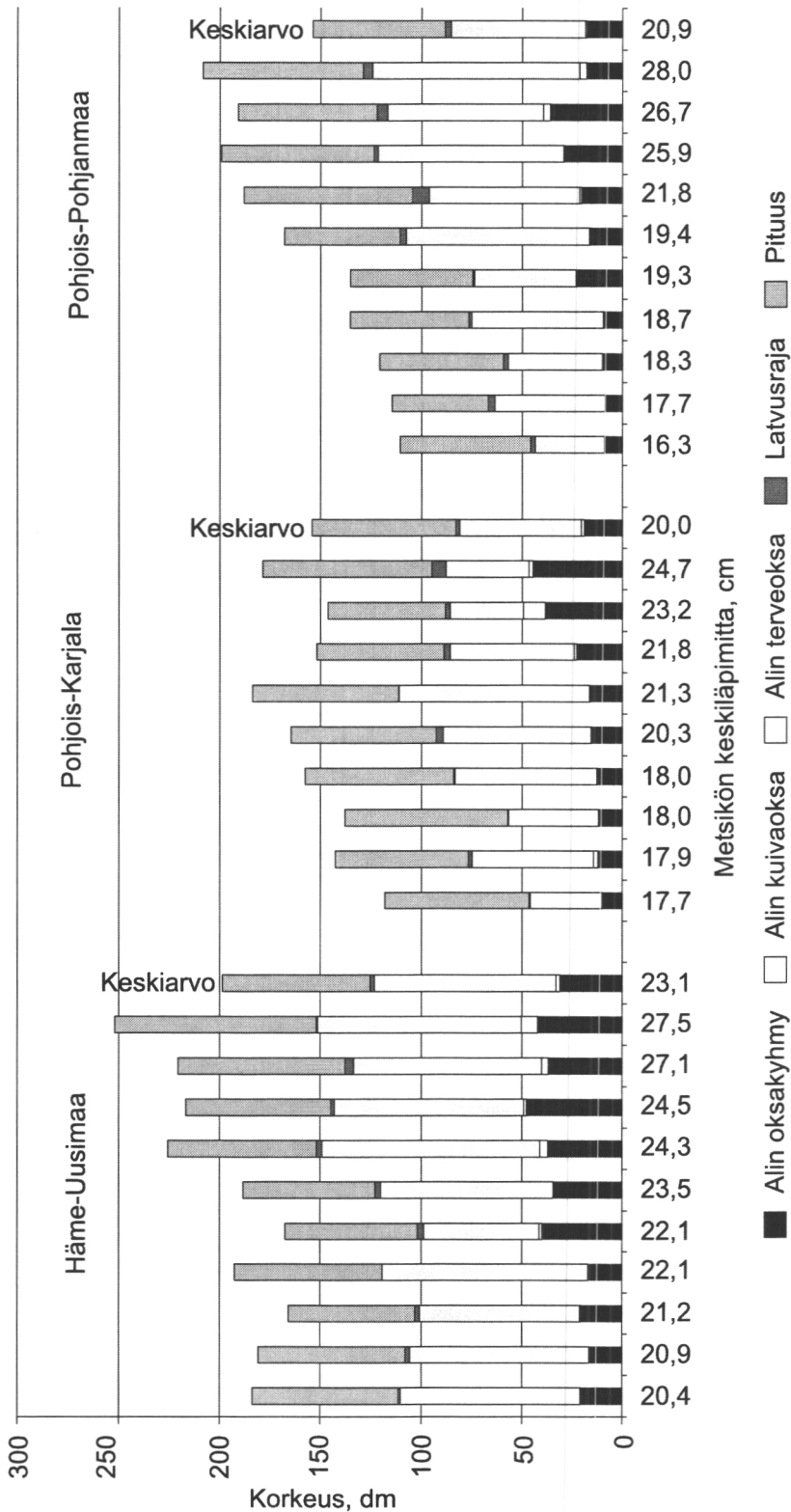
Kuvassa 2 on esitetty koepuiden keskimääräiset ulkoiset oksikkuusrajat alueittain ja metsiköittäin. Koepuiden järeyserot näkyivät myös näissä laatutunnuksissa. Koepuut olivat keskimäärin 4,5 m pidempiä Häme-Uusimaalla kuin Pohjois-Karjalassa tai Pohjois-Pohjanmaalla. Alimman oksakyhmy tai kuolleen oksan korkeus eli oksattoman tyviosan pituus oli Häme-Uusimaalla keskimäärin 3,1 m ($s=1,1$) eli 16 %, mutta Pohjois-Karjalassa vain 1,9 m ($s=1,2$) eli 12 % ja Pohjois-Pohjanmaalla 1,8 m ($s=0,9$) eli 11 %. Kuiva-oksainen osa oli sekin pisin Häme-Uusimaalla (10,8 m eli 46 %), Pohjois-Karjalassa (7,7 m eli 40 %) ja Pohjois-Pohjanmaalla (7,4 m eli

44 %) vastaavasti lyhyempi. Rungosta jäljelle jäävä terveoksainen osa oli Häme-Uusimaalla 6,0 m eli 38 %, Pohjois-Karjalassa 5,8 m eli 47 % ja Pohjois-Pohjanmaalla 6,2 m eli 44 %.

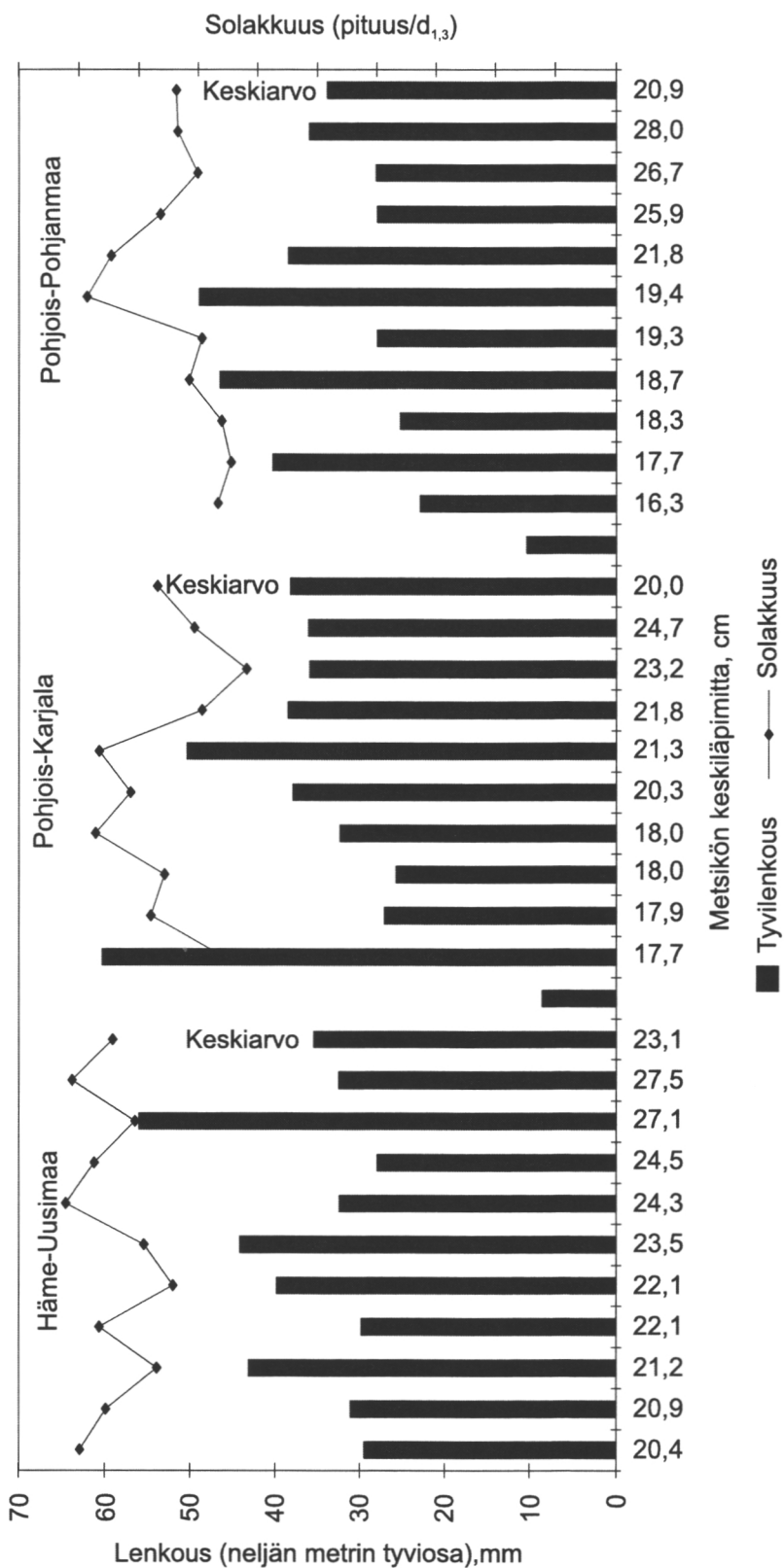
Tulosten mukaan oksatonta tyvitukkia on merkittävässä määrin vain harvoin turvemaamänniköissä, jos käytetään nykyisiä normaalitukkien pituuksia (minimi yleensä 3,7 - 4,3 m, virheetömillä tyvitukeilla joskus 3,1 m). Toisaalta lyhentämällä tukkipituutta voidaan oksattoman tyvitukin kertymää kasvattaa merkittävästi; sahausteknisesti tämä on mahdollista noin 2,5 metriin. Terveoksaisten latvatukin saanti on myös ilmeisen vähäistä turvemaamänniköissä, päätellen aineiston keruussa havaitusta latvatukkiosan yleisestä mutkaisuudesta ja kuivien oksien yleisestä esiintymisestä muuten lähinnä terveoksaيسةa rungonosalla.

Kuvissa 3 ja 4 on esitetty koepuiden tyviosan keskimääräisiä laatutunnuksia alueittain ja metsiköittäin. Neljän metrin tyviosan lenkous erosi verraten vähän alueiden välillä (3,4 - 3,8 cm) mutta oli runkojen järeuteen suhteutettuna pienintä Häme-Uusimaalla ja suurinta Pohjois-Karjalassa. Metsiköiden välinen vaihtelu ylitti kuitenkin selvästi alueellisen vaihtelun: metsiköiden keskihajonta oli alueittain 0,8 - 1,0 cm. Lenkous määritettiin suurimpana sivuvii vapoikkeamana, mutta se oli silti keskimäärin suurta verrattuna sahatukin normaaliin suurimpaan sallittuun lenkouteen 1 cm/m. Metsiköitä, joissa tyvilenkous oli pientä, esiintyi kuitenkin lähinnä vain Pohjois-Pohjanmaalla, täällä verraten vähärvinteisilla turvemailla. Rungon yleistä muotoa kuvaava solakkuus ($h/d_{1,3}$) oli voimakkaan pituusriippuvuuden vuoksi paras Häme-Uusimaalla, 0,84, vastaavasti Pohjois-Karjalassa 0,77 ja Pohjois-Pohjanmaalla 0,74.

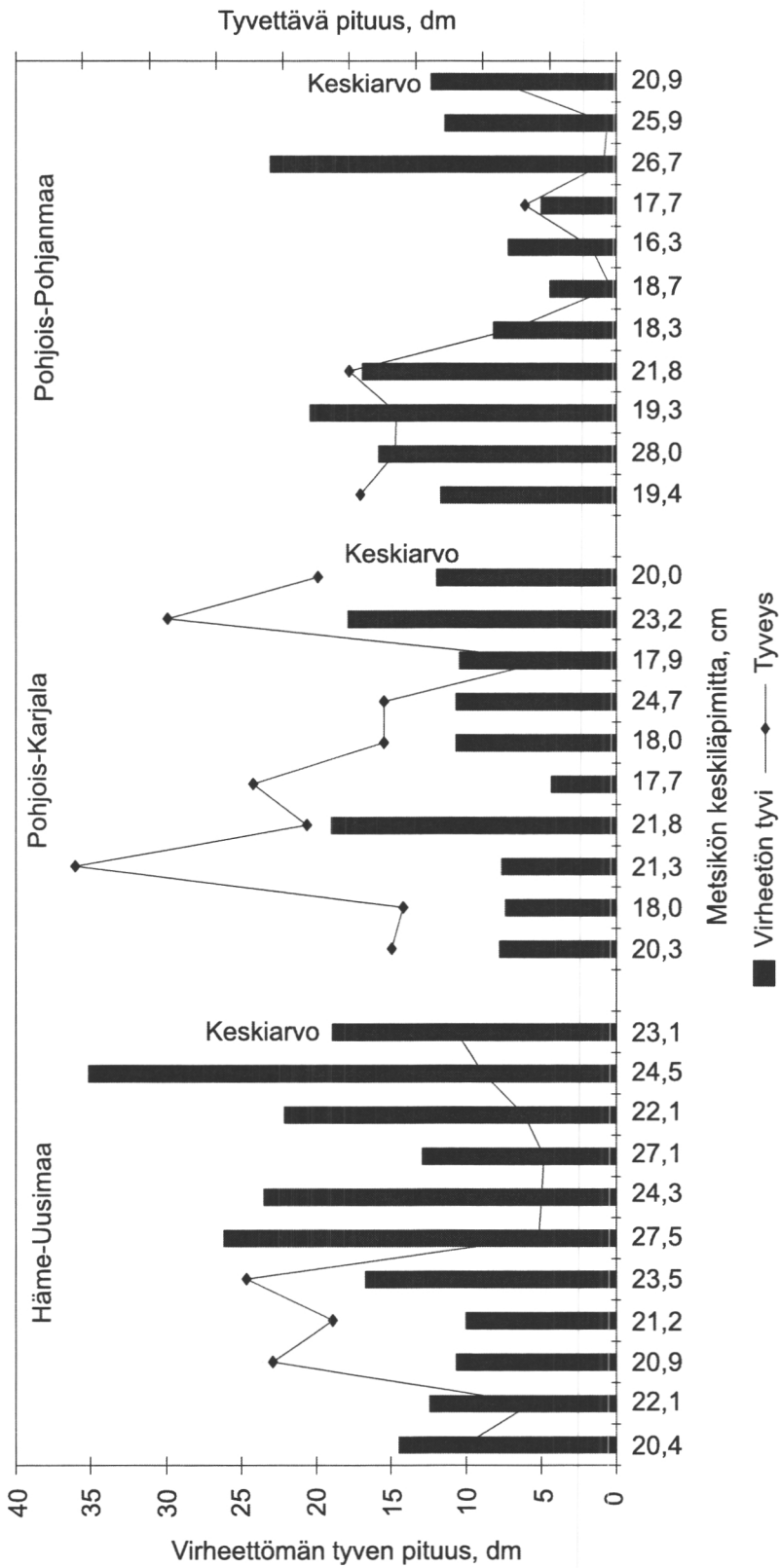
Kaikki rungon viat huomioon ottaen koepuiden virheetön tyviosaa oli sekin pisin



Kuva 2. Tukki- ja pikkutukkipuukokoisten turvemaamäntjen keskimääräiset oksikuusrajat ja pituus alueittain ja metsiköittäin.



Kuva 3. Tukki- ja pikkutukkipuukokoisten turvemaamäntyjen keskimääräinen tyvilenkous ja solakkuus alueittain ja metsiköittäin.



Kuva 4. Tukki- ja pikkutukkipuukokoisten turvemaamäntyjen keskimääräinen virheettömän tyviosan pituus ja laatuviokojen takia tyvettävän osan pituus alueittain ja metsiköittäin.

Häme-Uusimaalla, 1,9 m, Pohjois-Karjalassa ja Pohjois-Pohjanmaalla vastaavasti 1,2 m. Toisin sanoen muut viat kuin oksikkuus aiheuttivat keskimäärin vielä huomattavan lisävähennyksen virheettömän tyvitukin pituudessa, joka oli suurin Häme-Uusimaalla, 1,2 m, Pohjois-Karjalassa ja Pohjois-Pohjanmaalla vastaavasti 0,6 m. Metsiköiden välinen vaihtelu oli virheettömän tyviosan pituudessa Häme-Uusimaalla 1,0 - 3,5 m, Pohjois-Karjalassa 0,4 - 1,9 m ja Pohjois-Pohjanmaalla 0,4 - 2,3 m. Vikojen takia sahapuusta tyvettävä osa oli sen sijaan lyhin Pohjois-Pohjanmaalla, keskimäärin 0,18 m, vastaavasti Häme-Uusimaalla 0,24 m ja Pohjois-Karjalassa 0,45 m. Oksikkuutta lukuun ottamatta tyviosan vikaisuus oli siis yleisintä ja vakavinta Häme-Uusimaalla.

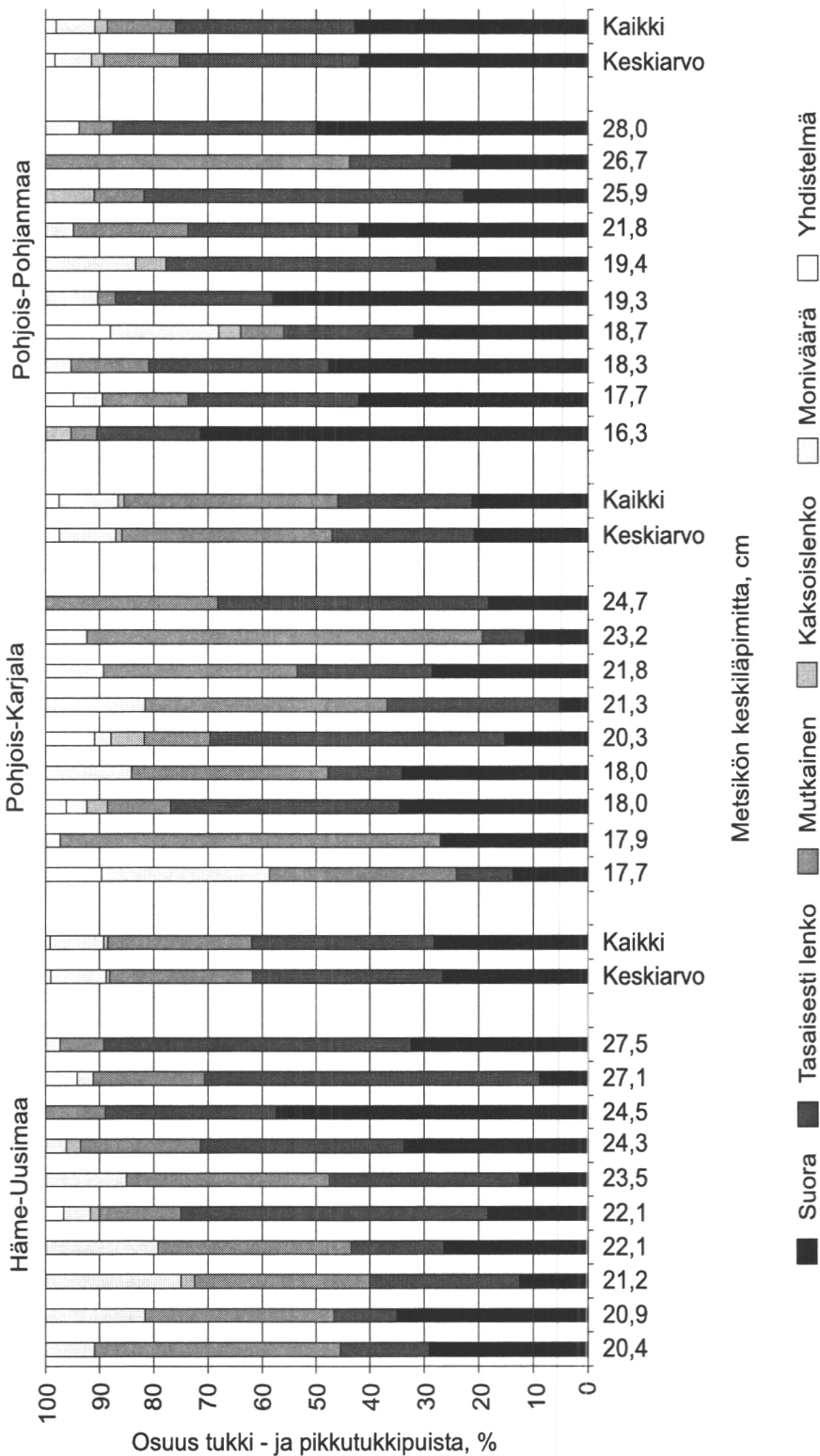
Kuvissa 5 ja 6 on esitetty koepuiden jakaumat neljän metrin tyviosan runkomuodon ja eri vikojen esiintymisen ja vakavuuden perusteella arvioidun käyttöarvon mukaan. Suoriksi luokiteltujen runkojen osuus oli Häme-Uusimaan metsiköissä keskimäärin 27 %, Pohjois-Karjalan metsiköissä 21 % mutta Pohjois-Pohjanmaan metsiköissä peräti 42 %. Vaikutuksiltaan lievimmän muotovian eli tasaisen lenkouden, joka tukkitasolla voidaan tiettyyn rajaan asti hallita sahaustekniikalla, osuus rungoista oli Pohjois-Pohjanmaalla myös suurempi kuin vakavammin muotoviakaisten runkojen osuus ja Häme-Uusimaalakoin toiseksi suurin. Pohjois-Karjalassa sen sijaan mutkaisuus oli tyviosassa yleisempi vika kuin tasainen lenkous.

Virheetön neljän metrin tyvitukki saatiin Häme-Uusimaan metsiköissä keskimäärin 14 prosentista runkoja, mutta Pohjois-Karjalassa vain 3 prosentista ja Pohjois-Pohjanmaalla 5 prosentista. Osuudet ovat vaatimattomia siihen nähden, että normaaleissa kivennäismaamänniköiden päätehakuissa virheetön

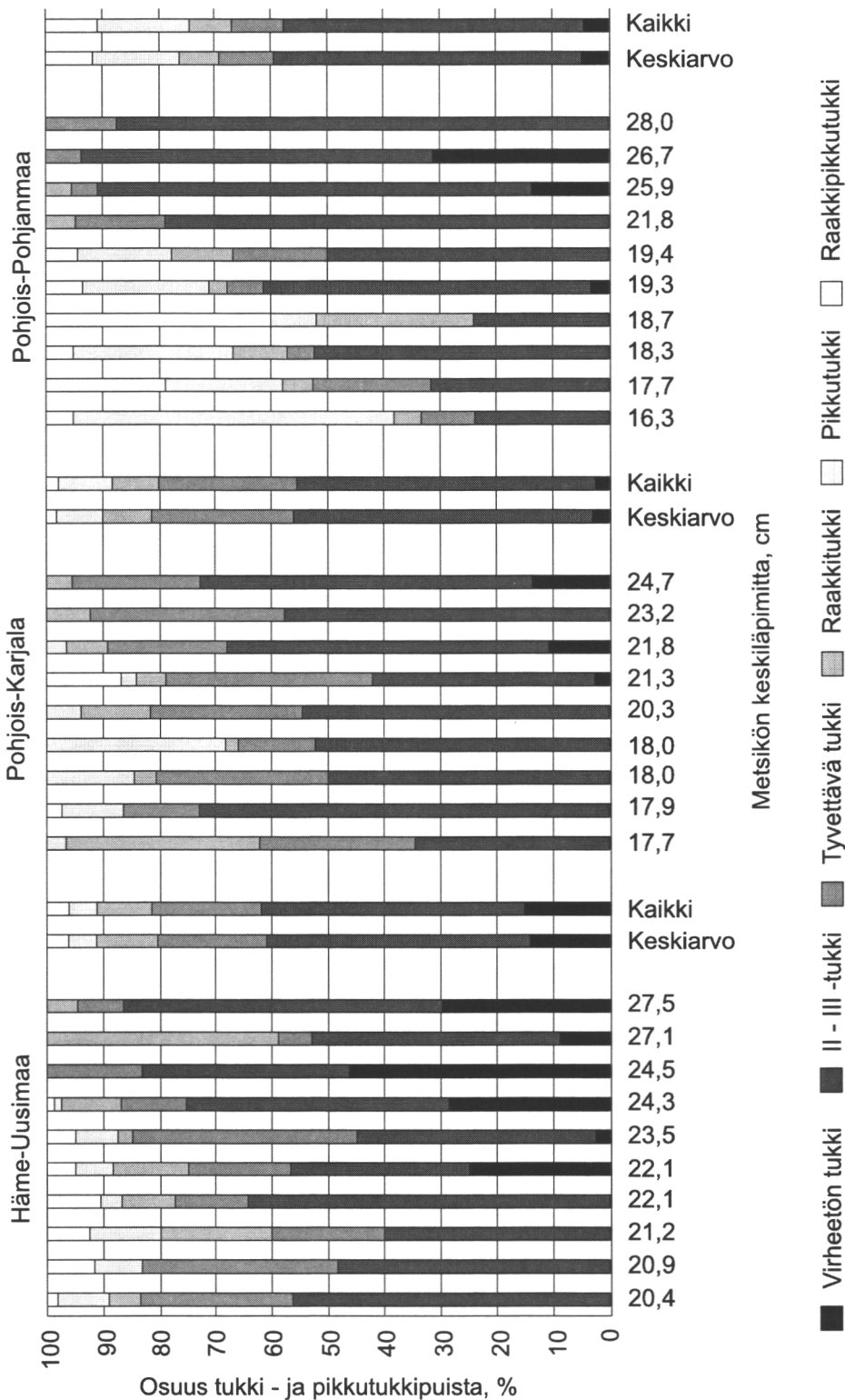
tyvitukki saadaan yleensä noin joka toisesta tai kolmannelta tukkipuurungosta. Muu kuin virheetön tyvitukki saatiin ilman tyveämistä Häme-Uusimaan metsiköissä keskimäärin 47 prosentista, Pohjois-Karjalassa 53 prosentista ja Pohjois-Pohjanmaalla 55 prosentista runkoja. Tyvettävien ja kokonaan tukkipuuna hylättävien runkojen yhteisosuus oli Häme-Uusimaan metsiköissä keskimäärin 31 % ja Pohjois-Karjalassa 34 % mutta Pohjois-Pohjanmaalla vain 17 %. Puustojen kokoroista johtuen pikkutukkipuiden osuus oli myös suurin Pohjois-Pohjanmaalla, 23 %, joista 2/3 oli tyviosaltaan sahapuukelpoisia. Häme-Uusimaalla ja Pohjois-Karjalassa pikkutukkipuiden osuus oli noin 10 %.

6. Alustavia päätelmiä

Metlassa tähän mennessä tehtyjen tutkimusten perusteella suomännyn myönteisiä laadullisia piirteitä ovat hidaskasvuisuus ja sydäntavaran ohutlustoisuus, korkea tiheys ja tästä seuraavat hyvät mekaaniset ominaisuudet sekä nuorpuuongelmien todennäköinen puuttuminen. Kielteisiä piirteitä ovat varsinkin ikään nähden vaatimaton järeys, epätasainen vuosiluston leveys ja siitä seuraavat puuaineen poikkeuksellinen ulkonäkö ja mahdolliset kuivaus- ja työstöongelmat (halkeilu, lohkeilu), sydäntavaran kuivaoksaisuus (oksat voivat silti olla pieniä) sekä runsaat runkomuotoviat ja niistä puuaineeseen aiheutuvat lyly, vino- ja poikkisyisyys, tältä osin alentunut lujus ja kuivausviat (vääntyily, kieroutuminen). Appteeraus ja sisäisen laadun päättelemisen ulkoisten tekijöiden perusteella on soilla erilaisista ja ilmeisesti epävarmempaa kuin kangasmailla: saadaanko aidosti oksatonta tyvitukkia (minimipituus) ja/tai terveoksaista latvatukkia? Tukin kokoisen mutta sen laatuvaati-



Kuva 5. Tukki- ja pikkutukkipuukokoisten turvemaamäntyjen jakaumat neljän metrin tyviosan runkomuodon mukaan alueittain ja metsiköittäin.



Kuva 6. Tukki- ja pikkutukkipuukokoisten turvemaamäntyjen jakaumat neljän metrin työosan käyttöarvon mukaan alueittain ja metsiköittäin.

mukset alittavan rungon osan osuus eli ns. tukkivähennys on suomänniköissä suurempi kuin kivennäismaamänniköissä normaalisti. Lieventämällä tukin pituusvaatimusta nykyisestä 3,7 tai 4,3 metristä esim. 2,5 metriin, jolloin rungon muotovikojen vaikutus tukin suoruuteen pienenee ja saadaan talteen lyhyetkin oksikkuudeltaan tasalaatuiset rungonosat, on mahdollista lisätä huomattavasti erityisesti oksattoman tyvitukin mutta myös terveoksisen latvatukin kertymää.

Turvemaiden päätehakkuumänniköiden tyvitukin voidaan laajassa mielessä arvioida olevan sopivaa raaka-ainetta vähintään standardirakennus- ja pakkaussahatavaraan, mahdollisesti ns. lahonkestävään (?) ekopuuhun ja ilmeikkääseen punahonkaan sisustukseen ja huonekaluihin. Välitukista saadaan epäilemättä sopivaa raaka-ainetta puu- ja hirsitaloteollisuudelle ja harvennusten (suorasta) pikkutukista rakennussahatavaraa, pientä pyöreää rakennuspuuta ja parrua. Ainakin latvapikkutukista saadaan jossain määrin terveoksaista sahatavaraa huonekalu- ja puusepänpuiksi. Pikkutukkippuiden tyvitukin soveltuvuudesta näihin tarkoituksiin tai rakennuspyöröpuuksi ei voida vielä esittää varsinaisia johtopäätöksiä.

Turvemaiden mäntytukista saatavan sahatavaran käytöstä jatkojalostuksessa voidaan vielä esittää vasta arvailuja. Käyttömahdollisuuksia lienee ainakin puu- ja hirsitaloteollisuudessa, osin rakennuspuusepänteollisuudessa ja mahdollisesti piha- ja ympäristörakentamisessa. Tärkein käyttö lienee kuitenkin standardisahatavaraa laaduissa, lähinnä rakenne- ja pakkaussahatavarat. Erityisesti rakennesahatavaroissa lienee kuitenkin löydettävissä nykyistä kannattavampia käyttökohteita modernin puurakentamisen (mm. platform, precut, timber framing) tarvitsemisissä mitalistetuissa ja määrätuissa tuotteissa.

Helsingin yliopiston tutkimuksissa tä-

män tutkimuksen osa-alueen Häme-Uusimaa aineistossa on saatu verraten positiivisia tuloksia turvemaamännystä kaupallisten vaatimusten mukaan apteerattujen tukkien sahapuulaadusta (Rikala 2001). Runkojen tilavuus oli tosin ikään nähden alhainen ja tukit täten verraten pieniä, mutta runkojen muoto arviointiin tavanomaiseksi, joskin erilaiset runkomuotoviat olivat yleisiä. Mäntytukkien tilavuudesta A-laatua eli ns. virheetöntä tyvitukia oli peräti 35,5 % ja C1-laatua eli muuta kuin virheetöntä tyvitukia 12,5 %. Kuivaoksisen välitukin eli C2-laadun osuus oli huomattava, 51,2 %, ja terveoksaista tukkia eli B-laatua oli hyvin vähän, vain 0,8 %. Mitattujen puuaineen ominaisuuksien arvioitiin olevan suomalaisen männyn tavanomaisella tasolla. Tyvitukissa sahatavaraalaatu oli osin erinomainen, muissa rungonosissa lähinnä kuivaoksaisuuden vuoksi heikko. Lylypuun ei arvioitu olevan ongelma hakkuin käsitelyjen turvemaamänniköiden päätehakkuissa, joissa jäljellä ovat metsiköiden parhaat puut. Turvemaiden mäntytukin mahdolliseksi käytöksi ehdotettiin sahojen pienpuulinjoja, sorvausta rakennustuotteiksi, muuta mekaanista puunjalostusta ja kemiallista puunjalostusta.

Kirjallisuus

- Aarne, M. (toim.). 2000. Metsätalastollinen vuosikirja 2000. SVT Maa-, metsä- ja kalatalous 2000:14. 366 s.
- Eeronheimo, O. 1985. Suometsien hakkuumahdollisuudet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 188. 23 s.
- Hakkila, P. 1966. Investigations on the basic density of Finnish pine, spruce and birch wood. Lyhennelmä: Tutkimuksia männyn, kuusen ja koivun puuaineen tiheydestä. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 61(5): 1–98.

- 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(6): 1–60.
- Jalava, M. 1945. Suomalaisen männyn, kuusen, koivun ja haavan lujusominaisuuksista. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 33(3): 1–66.
- Keltikangas, M. & Laine, J. & Puttonen, P. & Seppälä, K. 1986. Vuosina 1930 - 1978 metsäojitetut suot: Ojitusalueiden inventoinnin tuloksia. *Acta Forestalia Fennica* 193. 94 s.
- Kärkkäinen, M. 1981. Männyn ja kuusen pihkapitoisuuden lisääminen sivutuotesaannon kohottamiseksi. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 96(8): 1–81.
- 1985. Puutiede. Sallisen Kustannus Oy. Sotkamo. 415 s.
- & Raivonen, M. 1977. Reaktiipuun mekaaninen lujuus. *Silva Fennica* 11(2): 87–96.
- Maa- ja metsätalousministeriö. 1988. Ensiharvennustyöryhmän muistio. Työryhmämuistio 1988:27. 57 s.
- Nuutinen, T. & Hirvelä, H. & Hynynen, J. & Härkönen, K. & Hökkä, H. & Korhonen, K.T. & Salminen, O. 2000. The role of peatlands in Finnish wood production – an analysis based on large-scale forest scenario modelling. *Silva Fennica* 34(2): 131–153.
- Ollinmaa, P.J. 1959. Reaktiipuututkimuksia. *Acta Forestalia Fennica* 72(1): 1–53.
- 1960. Eräistä ojitetuilla soilla kasvavan puun fysikaalisista ominaisuuksista. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 72(2): 1–24.
- Paavilainen, E. & Tiuhonen, P. 1988. Suomen suometsät vuosina 1951 - 1988. *Folia Forestalia* 714. 29 s.
- Rikala, J. 2001. Turvemaiden männyn ja kuusen mekaaninen puunjalostus. Suomettien ekologisesti ja taloudellisesti kestävä kasvatus ja käyttö – tutkimusohjelman talviseminaari, Vantaa, 2001, 21.-22.03. 2001. Metsäntutkimuslaitos. Esitelmä-materiaalit.
- Sipi, M. 1997. Suopuustojen laatu ja raaka-aineen soveltuvuus eri käyttötarkoituksiin. Hankesuunnitelma Wood Wisdom Metsäalan tutkimusohjelmaan. 4 s.
- Verkasalo, E. & Boren, H. & Saranpää, P. 1998. Ojitetujen turvemaiden puutavaran laatu ja arvo tuotelähtöisessä metsäteollisuudessa. Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimusasema. Hankesuunnitelma. 8 s.

Turvemaiden kuusi sahapuuna

Matti Maltamo
Joensuun yliopisto
Metsätieteellinen tiedekunta

Erkki Verkasalo
Metsäntutkimuslaitos
Joensuun tutkimuskeskus

1. Taustaa

Suometsien kuusen laatua ja käyttömahdollisuuksia on alettu tutkia laajasti vasta 1990-luvun puolivälistä lähtien. Asia ei ole ollut aiemmin vielä erityisen ajankohtainen, koska laatonäkökohtien kannalta ensisijaista järeää kuusta on ollut vain vähän hakattavissa ojitusalueilta. Suopuun merkitys potentiaalisena raaka-ainelähteenä tulee kuitenkin kasvamaan koko ajan seuraavan 30 vuoden aikana. MELA-hakkuulaskelmien mukaan suopuun osuus kaikista metsä- ja kitumaan hakkuumahdollisuuksista kasvaa koko maassa perusoletuksista riippuen vuosijakson 1996 - 2005 14 - 16 prosentista jakson 2016 - 2025 17 - 26 prosenttiin (Nuutinen ym. 2000). Hakkuumah-

dollisuuksien kasvu kohdistuu turvemaiden kuusen kaikkia mäntyyn ja harvennuspuuhun.

Kuusella hakkuumahdollisuuksien kehittyminen turvemaiden kuusen riippuu ratkaisevasti ennustelaskelman perusoletuksena käytetystä hakkuustrategiasta (taulukko 1, Nuutinen ym. 2000). Hakkuumahdossa esitetään hakattaviksi kaikki sovellettujen metsänkäsitelysuositusten mukaan hakattavissa olevat kohteet, jotka eivät täytä edelleen kasvattamisen ehdoksi asetettua tuottovaatimusta (korkokanta 5 %). Tässä ei siis aseteta vaatimuksia toiminnan kestävyydelle tai laskentakauden loppupuustolle. Suurimmassa kestävässä hakkuusuunnitteessa otetaan huomioon puuntuotannon kestävyys laskentajakson kuluessa siten, että hakkuukertymät ja nettotulot ovat aina vähintään edellisen kymmenvuotiskauden tasolla ja puuston tuottoarvo on laskentakauden lopussa vähintään alkuketken mukaisella tasolla (korkokanta 4 %). Suurin kestävä hakkuusuunnite 1 ja 2 eroavat toisistaan siten, että ensinmainitussa vaihtoehdossa turve- ja kivennäismaiden kuusen hakkuuta optimoidaan yhtenä kokonaisuutena ja jälkimmäisessä vaihtoehdossa erikseen.

Taulukko 1. Kuusen vuotuisten hakkuumahdollisuuksien kehitys metsä- ja kitumaiden turvemaiden vuosijaksolta 1996 - 2005 jaksolle 2016 - 2025 MELA-laskelmien mukaan eri hakkuustrategioilla (Nuutinen ym. 2000).

Laskentavaihtoehto	1996 - 2005		2016 - 2025	
	Milj. m ³ /a	Osuus kuusen hakkuista, %	Milj. m ³ /a	Osuus kuusen hakkuista, %
Hakkuumahto	6,0	13,1	3,9	20,0
Suurin kestävä hakkuusuunnite 1	3,6	13,8	5,7	18,0
Suurin kestävä hakkuusuunnite 2	4,2	16,6	3,8	12,0

Turvemaiden kuusesta suuri osa on metsänhoidollisin perustein välittömästi hyödynnettävissä, mutta ikäluokkarakenteessa on kuilu varttuneiden kasvatusmetsiköiden kohdalla (Nuutinen ym. 2000). Tätä osoittaa vuotuisen hakkuumahdon lasku vuosijakson 1996 - 2005 tasolta 6 milj. m³ jakson 2016 - 2025 tasolle 4 milj. m³. Samantapainen tulevaisuuden saatavuuskuilu kuusella on kivennäismailla, minkä vuoksi turvemaaleimikoiden osuus kuusen hakkuumahdosta kasvaisi kuutiometri pohjaisesta alenemisestä huolimatta 13 prosentista 20 prosenttiin. Tätä ilmentää samansuuntainen kehitys kuusen suurimmassa kestävässä hakkuusuunnitteessa vaihtoehdolla 1, mutta hakkuut kasvaisivat tällöin selvästi myös kuutiometri pohjaisesti. Suurimmassa kestävässä hakkuusuunnitteessa vaihtoehdolla 2 kuusen vuotuisten hakkuumäärien taso turvemailla olisi tasaisin, noin 4 milj. m³, mutta osuus kuusen hakkuista alenisi.

Ojitusalueiden päätehakkuisiin päästään laajasti aluksi maan eteläosan korpikuusikoissa, koska ne ovat olleet yleensä verraten runsaspuustoisia jo ojitettaessa (Eeronheimo 1985, Keltikangas ym. 1986, Paavilainen & Tiuhonen 1988). Koko maan kuusipuustosta tukkia on 8. VMIn mukaan metsä- ja kitumaiden turvemailla 35 % (ojitetut 35 %, ojittamattomat 30 %) ja kivennäismailla 48, kun sovelletaan tavanomaisia kuusitukin mitta- ja laatuvaatimuksia (Nuutinen ym. 2000).

Nykyinen tietämys Suomen suometsien kuusitukkipuusta liittyy etupäässä muutamiin puuaineen ja runkojen perusominaisuuksiin, kun taas soveltavaa tutkittua tietoa laadusta, arvosta, puutavaralajeista ja niiden puustamaksukyvyistä on tuskin lainkaan (Verkasalo ym. 1998, ks. myös Sipi 1997). Suokuusen puuaineen perusominaisuuksista on tutkittu viitteellisesti vuosiluston leveyttä ja puuaineen tiheyttä ja niiden vaihtelua (Sirén 1952,

Ollinmaa 1960, Hakkila 1966, 1968, ks. myös Kärkkäinen 1976, 1986a,b). Kuusen lylypuuta ja sen ominaisuuksia on tutkittu yleisellä tasolla (Ollinmaa 1959, Kärkkäinen & Raivonen 1977, ks. myös Kärkkäinen 1985).

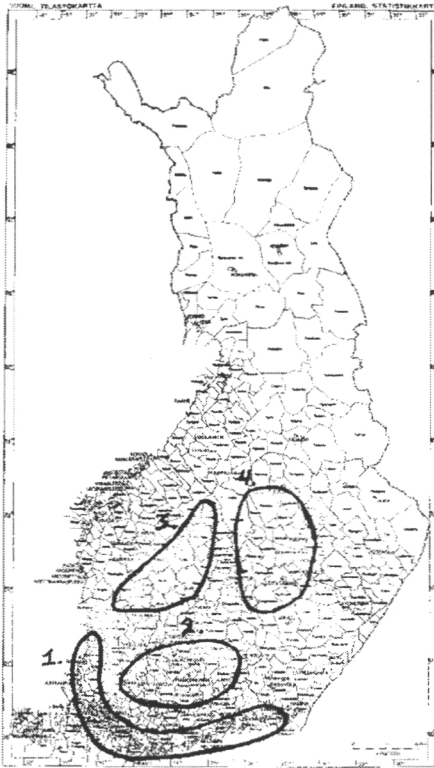
Yleisessä tasolla on tutkittu runsaasti myös suomalaisen kuusen oksaisuutta (mm. Wegelius 1939, Heiskanen 1968, Asikainen & Heiskanen 1970, Hakkila ym. 1972, Kärkkäinen 1972a, 1985, 1986a,b, Lehtonen 1978, Verkasalo & Leban 1996, Uusvaara 1997) sekä tukkipuukertymiä ja kuusisahatavaran laatua ja arvoa (mm. Siimes 1960, Heiskanen & Asikainen 1969, Asikainen & Heiskanen 1970, Hakkila & Rikkonen 1970, Rikkonen 1970, Heiskanen 1976, 1977, Kärkkäinen 1986a,b, Pennanen & Yli-Hukkala 1994, Ahonen & Mäkelä 1995). Jossain määrin on tutkittu suomalaisen kuusen mekaanisia ominaisuuksia (mm. Jalava 1945, Kärkkäinen & Dumell 1983, Kärkkäinen & Hakala 1983, Saranpää 1983, Verkasalo & Leban 1994, 2000, Fonselius ym. 1996a,b). Kuusen lahoisuutta ovat tarkastelleet Hakkila & Laiho (1967), Kallio (1972), Kallio & Norokorpi (1972), Kallio & Tamminen (1974), Hyppönen & Norokorpi (1979) ja Tuimala (1979) ja sydänpuuta ominaisuuksineen Kärkkäinen (1972b, 1976, 1981).

2. Kuusen laatu- ja arvosuhteet – tutkimus: turve- ja kivennäismaidan kuusen laatuero

2.1 Aineistot ja menetelmät

Metlan tutkimuksessa Kuusen laatu- ja arvosuhteet vuosina 1994 - 95 kerätystä tukkipuiden aineistosta on käytettävissä tuloksia päätehakkuuvaiheen ja sitä lähentelevän (ikä 60 -

140 vuotta) korpikuusen rungon ja puuaineen ominaisuuksien vertailemiseksi suhteessa kiennäismaiden luontaisesti syntyneeseen ja istutettuun kuuseen sahapuuna käytön kannalta. Aineisto käsittää yhteensä 240 kaatokoe-puuta 48 kuusivaltaisesta metsiköstä, joista on kolmannes kutakin maapohjan ja synty-tavan yhdistelmää (taulukko 2). Aineisto on peräisin neljältä merkittävältä kuusen kasvat-us- ja käyttöalueelta maan eteläosasta, joilla kasvuedellytykset ovat erilaisia lämpösom-man, kuusimaiden viljavuuden, ilmaston mereisyyden/mantereisuuden ja maanpinnan korkeuden mukaan (kuva 1):



Kuva 1. Aineiston keruun alueellinen ositus kuusitukkirunkojen ja -tukkien laadun ja arvon tutkimuksissa: 1) Etelä-Suomi, rannikko; 2) Etelä-Suomi, sisämaa; 3) Suomenselkä; 4) Savo.

- 1) Etelä-Suomi, rannikko, mereinen ilmasto, viljavuudeltaan vaihtelevat kuusimaat;
- 2) Etelä-Suomi, sisämaa, viljavat kuusimaat, korkeus merenpinnasta alle 100 m;
- 3) Suomenselkä, karuhkot kuusimaat, korkeus merenpinnasta 200 - 300 m;
- 4) Savo, melko viljavat kuusimaat, mantereinen ilmasto.

Kuhunkin otosmetsikköön rajattiin mitoiltaan 30 m * 30 m kertakoeala, jolta määritettiin kaikkien käyttöpuukokoisten runkojen (rinnankorkeusläpimitta vähintään 9 cm) puulaji ja rinnankorkeusläpimitta. Koealalta määritettiin tavanomaiset puustoa ja kasvu-paikkaa kuvaavat taksatoriset tunnuksset sekä aiemmat metsänhoidon ja -parannuksen toimenpiteet (harvennukset, ojitukset, lannoitukset). Koealalta valittiin vallitsevasta latvuserroksesta harkinnanvaraisesti viisi tukkipuukokoista kuusta kaatokoepuiksi. Yhden koepuun kaikkien naapurikoepuiden tuli olla kuusia, koska tulosten tuli vastata puulajipuh-taita kuusikoita. Koepuiden tuli olla eläviä, ulkoisesti terveitä ja lahottomia. Niiden tuli täyttää tukkipuiden yleiset järeys- ja suoruu-svaatimukset, mutta oksikkuusrajoitukset sai-ivat ylittyä. Koealan kuusitukkipuiden järeys-alue tuli kattaa kokonaisuudessaan. Pienin hyväksyttävä rinnankorkeusläpimitta oli 18 cm ja suurin 50 cm.

Koepuista tehtiin metsässä yksityiskoh-taiset pysty- ja kaatokoepuumittaukset. Pys-tyssä määritettiin sijainti maastossa suhteessa topografiaan, viiden lähimmän naapuripuun tai -kannon suunta ja etäisyys suhteessa koe-puuhun, latvuserrosluokka (päävaltapuu, lisävaltapuu), oksastotyyppi (harja, kampa,

Taulukko 2. Koepuiden ominaisuuksien keskiarvoja ja -hajontoja kuusitukkirunkojen ja -tukkien laadun ja arvon tutkimuksissa metsikkötyypin ja maantieteellisen alueen mukaan.

Alueet: 1 = Etelä-Suomi, rannikko; 2 = Etelä-Suomi, sisämaa; 3 = Suomenselkä; 4 = Savo.

Metsikkö- tyyppi	Maantie- teellinen alue	N	D _{1,3} , cm		Ikä, a		Pituus, m		Tilavuus, dm ³	
			\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Ojitettu korpi, luontaisesti syntynyt	1	20	27,6	6,8	89	27	23,9	3,0	769	424
	2	20	27,1	4,9	99	34	23,0	2,7	715	324
	3	20	26,4	4,5	126	25	21,7	2,5	595	281
	4	20	23,8	4,3	107	16	20,1	2,3	473	224
	Σ	80	26,2	5,0	111	26	22,0	2,9	627	321
MT-OMT, luontaisesti syntynyt	1	20	30,6	8,3	86	24	24,4	2,6	930	501
	2	25	26,9	6,5	81	28	23,4	3,4	698	371
	3	25	27,6	5,2	108	21	22,5	2,3	664	256
	4	20	27,3	5,9	102	13	22,9	2,8	705	318
	Σ	90	28,0	6,5	94	25	23,2	2,9	742	375
MT-OMT, istutettu	1	20	24,9	4,9	66	10	24,1	3,2	653	337
	2	15	24,3	4,5	57	12	22,3	2,4	528	233
	3	15	25,4	3,8	70	6	21,8	2,9	571	249
	4	20	29,6	5,8	66	8	24,6	3,0	962	348
	Σ	70	26,2	5,2	65	10	23,4	3,1	668	325

laaka, nauha, huiskilo), puun pituus ja ulkoiset oksikkuusrajat kaatokorkeudelta, latvuksen leveys (leveimmältä kohdaltaan ja kohtisuorassa sitä vastaan) sekä erilaiset ulkoiset viat. Kaadettuna kirjattiin vähintään 6 cm paksun rungonosan jokaisen oksakiehkuran etäisyys latvasta ja jokaisen oksan laatu (tuore, kuiva, laho, kyhmy, pysty (tuore/kuiva/laho)) ja mitattiin jokaisen kiehkuran keskimääräinen oksakulma ja jokaisen oksan ulkoinen kuorellinen läpimitta; välioksia ei mitattu.

Runkoanalyysejä ja puuaineen laboratoriomittauksia varten joka koepuusta sahattiin koekiekot seuraavilta korkeuksilta kaatokohdasta lukien (m): 0,1; 0,5; 1,3; 2; 3; 4; 5; 6; 8; 10; ... Kiekoista mitattiin pienin ja uurin kuorellinen ja kuoreton läpimitta, sydänpuun pienin ja suurin läpimitta, ytimen epäkeski-

syys eli sijainti suhteessa suurimpaan ja pienimpään läpimittaan, lylypuun alkamis- ja päättymiskulma ja alkamis- ja päättymisetäisyys suhteessa ytimeen. Lustoanalyysejä ja kuiva-tuoretiheyden määrittämistä varten 1, 4, 8, 12 ja 16 m:n korkeuksilta 10 cm:n läpimittaan asti otetuista kiekoista sahattiin pohjois-etelä suunnassa 3 cm paksut ja 5 cm leveät soivot.

Rungon läpimitan ja pituuden mittaustulosten perusteella laadittiin puun soikeus huomioon ottaen runko- ja sydänpuukäyrät splini-tasoituksella (Lahtinen & Laasasenaho 1979). Runkokäyrän avulla tehtyyn rungon geometriseen kuvaukseen muodostettiin edelleen sisälaatu oksien ja lylypuun osalta. Jokaisen ulkoisesti havaitun kiehkuraoksan läpimitan kehittyminen rungon kuorettomasta pinnasta ytimeen ja kuolleilla oksilla terveen

ja kuolleen oksan rajakohta ennustettiin useamman selittävän muuttujan regressiomalleilla. Tässä artikkelissa ei kuitenkaan käsitellä runkojen sisäistä oksikkuuslaatua. Lyly- ja sydänpuun rajakohdat tasoitettiin rungon sisään lineaarisesti kiekkonäytemittausten perusteella.

2.2 Tuloksia

Ojitettujen korpjen kuusitukkipuilla havaittiin ja voitiin tulosten pohjalta päätellä olevan seuraavia keskimääräisiä eroja runkojen, tukkien ja puuaineen ominaisuuksissa verrattuna kivennäismaiden luontaisesti syntyneisiin ja istutettuihin puihin (taulukot 3 - 5):

Turve- ja kivennäismaiden kuusen koko- ja laatueroja on syytä tarkastella myös alueittain ja rungon läpimittaluokittain, koska näiden tekijöiden perusteella tehdään kustannus-, saanto-, laatu- ja arvovertailuja puunhankinnan, -lajittelun ja -käytön tarpeisiin. Tätä varten aineistossa tehtiin kovarianssianalyysit, joissa kutakin kohdemuuttujaa selitettiin metsikkötyypin (maapohja ja syntytyyppi), maantieteellisen alueen ja rungon rinnankorkeusläpimitan perusteella. Yhteenvedo näiden analyysien tuloksista on taulukossa 6. Läpimittaluokittaisia tuloksia on havainnollistettu kuvissa 2 - 9. Nämä tulokset on tasoitettu lineaarisesti läpimitan mukaan tilavuustunnuksia lukuun ottamatta, jotka on tasoitettu epälineaarisesti polynomifunktioilla.

Plussia:

- + Ohuemmat vuosilustot, erityisesti tyvitukkiosassa ja sahauksessa sydäntavaraksi tulevassa ytimen viereisessä puussa
- + Tyvitukkiosassa ja siinä varsinkin ytimen viereisessä puussa korkeampi puuaineen tiheys ja täten paremmat mekaaniset ominaisuudet; muussa tukkiosassa jossain määrin alhaisemmat arvot kuin kivennäismaiden luontaisesti syntyneissä mutta korkeammat kuin istutetuissa kuusissa
- + Ei ilmeisiä oireita nuorpuuongelmista – ytimen läheiset lustot ohuita
- + Pienemmät terveet oksat
- + Poikaoksia tyvitukissa vähemmän ja pienempiä, muussa tukkiosassa kuitenkin selvästi enemmän ja suurempia

Miinuksia:

- Ikään nähden pienempi kokonaisjäreyys ja varsinkin pienempi tukkipuun tilavuus – kuitenkin täysin riittävä sahaukseen ja sorvaukseen
- Vuosilustojen leveys kasvanut jopa moninkertaiseksi ojituksen jälkeen – äkilliset vaihtelut voivat olla riskitekijä jatkojalostuksessa
- Ulkoisesti oksaton tyvitukkiosa lyhyempi kuin kivennäismaiden luontaisesti syntyneissä mutta kuitenkin pidempi kuin istutetuissa kuusissa
- Ulkoisesti terveksainen osa alkaa ylempää kuin kivennäismaiden luontaisesti syntyneissä mutta kuitenkin alemmaa kuin istutetuissa kuusissa
- Enemmän oksakyyhmyjä ja kuolleita oksia, vähemmän terveitä oksia
- Hieman suuremmat kuolleet oksat
- Rungot lyhyempiä ja ilmeisesti tyvekkäämpiä ja ilmeisesti myös tyvitukkaisempia (pehmeä kasvualusta)
- Useammin ja jossain määrin enemmän lylyä tyvitukkiosassa – laajuus kuitenkin epäselvä ja vaikeasti mitattavissa

Samassa läpimitassa korpikuuset olivat lyhyempiä kuin kivennäismaakuuset, mutta solakkuudessa oli vain suuntaa antava ero kivennäismaakuusten eduksi ja kapenemisessä ei eroa ollut lainkaan. Rungon kokonaistilavuuteen ja sydän- ja pintapuun määriin ja osuuksiin rungon eri osissa maapohja ei vaikuttanut, mutta tyvitukin ja muun tukkiosan tilavuudet olivat korpikuusilla suuntaa antavasti pienemmät kuin kivennäismaakuusilla.

Vuosilustonleveys oli korpikuusilla tässäkin tarkastelussa pienempi kuin kivennäismaakuusilla. Vastaavasti tiheys oli korpikuusilla tyvitukkiosassa korkeampi kuin kivennäismaakuusilla, varsinkin alle 30 cm:n läpimitassa, muussa tukkiosassa vaikutusta ei ollut ja pikkutukkiosassa vaikutus oli vain suuntaa antava. Lylypuun osuus oli tyvitukkiosassa korpikuusilla suuntaa antavasti suurempi kuin kivennäismaakuusilla, mutta muussa tukkiosassa ja pikkutukkiosassa ei eroja ilmennyt.

Ulkoisissa oksarajoissa korpikuusten ja luontaisesti syntyneiden kivennäismaakuusten välillä ei ollut eroja, mutta istutuskuusissa kuivaoksaraja oli alempana ja latvusraja korkeammalla ja tyvitukkiosassa oli lisäksi vähemmän oksakymyjä. Huomionarvoista oli, että kuolleita oksia esiintyi metsikkötyypistä riippumatta varsin korkealle elävän latvuksen sisällä. Korpikuusissa oli muussa tukkiosassa ja pikkutukkiosassa enemmän kuivia oksia kuin kivennäismaakuusissa, terveitä oksia muussa tukkiosassa vastaavasti enemmän kuin istutetuissa mutta vähemmän kuin luontaisesti syntyneissä kivennäismaakuusissa. Maapohja vaikutti suurimman kuolleen oksan paksuuteen vain pikkutukkiosassa, jossa tämä oli istutetuissa kuusissa sekä kivennäis- että turvemaiden luonnonkuusia pienempi. Suurin muun tukkiosan ja pikkutukkiosan terve oksa oli myös istutetuissa kuusissa pienempi kuin luonnonsyntyisissä.

Taulukko 3. Kuusitukkirunkojen koko- ja muototunnusten keskiarvot (\bar{x}) ja keskihajonnat runkojen välillä (s_r) ja metsiköiden välillä (s_m) korpikuusikoissa ja kivennäismaiden luontaisesti syntyneissä kuusikoissa ja istutuskuusikoissa. Tyvitukkiosa = 5 m kannonkorkeudelta ylöspäin, muu tukkiosa = muu kuin tyvitukkiosa 16 cm:n kuorellista läpimitaa vastaavaan korkeuteen saakka, pikkutukkiosa = 16 cm:n ja 10 cm:n läpimittoja vastaavien korkeuksien välinen rungonosa.

	Ojitettu korpi, luontainen			MT-OMT, luontainen			MT-OMT, istutettu		
	\bar{x}	s_r	s_m	\bar{x}	s_r	s_m	\bar{x}	s_r	s_m
Ikä, vuotta	115	23	15	94	25	12	64	10	10
$D_{1,3}$, cm	26,1	5,0	2,5	28,0	6,5	4,3	26,2	5,2	4,0
Pituus, m	22,0	2,9	2,2	23,2	2,9	2,2	23,4	3,0	2,6
Tilavuus, dm ³									
- Koko runko	627	299	187	742	375	278	668	323	247
- Tyvitukkiosa	272	103	57	317	142	101	277	107	79
- Muu tukkiosa	275	210	135	348	250	188	311	235	179
- Pikkutukkiosa	76	20	8	72	17	9	76	18	9
Rungon solakkuus	0,87	0,10	0,05	0,86	0,13	0,08	0,91	0,10	0,08
Rungon kapenemisen, cm	3,3	1,0	0,5	3,4	1,2	0,8	3,3	1,0	0,6

Taulukko 4. Kuusitukkirunkojen ulkoisten oksikkuustunnusten keskiarvot (\bar{x}) ja keskihajonnat runkojen välillä (s_r) ja metsiköiden välillä (s_m) korpikuusikoissa ja kivennäismaiden luontaisesti syntyneissä kuusikoissa ja istutuskuusikoissa. Tyvitukkiosa = 5 m kannonkorkeudelta ylöspäin, muu tukkiosa = muu kuin tyvitukkiosa 16 cm:n kuorellista läpimittaa vastaavaan korkeuteen saakka, pikkutukkiosa = 16 cm:n ja 10 cm:n läpimittoja vastaavien korkeuksien välinen rungonosa

	Ojitettu korpi, luontainen			MT-OMT, luontainen			MT-OMT, istutettu		
	\bar{x}	s_r	s_m	\bar{x}	s_r	s_m	\bar{x}	s_r	s_m
Ulkoiset oksarajat, m									
- Alin oksakryhmy	0,24	0,43	0,21	0,22	0,50	0,29	0,21	0,58	0,24
- Alin kuollut oksa	1,15	0,91	0,63	1,40	1,23	1,03	0,53	0,60	0,43
- Latvusraja	8,3	2,7	1,9	7,3	2,7	1,8	9,0	2,5	1,9
- Ylin kuollut oksa	14,8	3,2	2,2	16,0	4,0	3,0	14,9	3,3	2,0
Tukkiosan oksat, kpl/m									
- Tyvitukkiosan oksakryhmyt	5,4	2,9	1,9	5,1	3,5	2,7	2,4	2,1	1,5
- Tyvitukkiosan kuolleet oksat	10,5	3,3	2,0	10,0	3,8	3,0	11,0	2,9	2,1
- Tyvitukkiosan elävät oksat	0,096	0,25	0,13	0,28	0,58	0,27	0,18	0,82	0,46
- Tyvitukkiosan pystyoksat	0,013	0,060	0,029	0,022	0,063	0,031	0,021	0,070	0,026
- Muun tukkiosan oksakryhmyt	0,31	0,58	0,40	0,23	0,42	0,32	0,11	0,26	0,12
- Muun tukkiosan kuolleet oksat	8,8	9,1	3,7	5,9	2,9	1,7	6,1	2,8	1,4
- Muun tukkiosan elävät oksat	3,5	2,6	1,3	4,6	2,7	1,7	3,0	2,3	1,7
- Muun tukkiosan pystyoksat	0,048	0,133	0,047	0,020	0,052	0,027	0,051	0,112	0,066
- Pikkutukkiosan oksakryhmyt	0,073	0,207	0,199	0,031	0,120	0,047	0,020	0,089	0,042
- Pikkutukkiosan kuolleet oksat	2,4	2,6	1,0	1,8	2,2	1,3	1,3	1,7	1,1
- Pikkutukkiosan elävät oksat	10,2	3,3	1,4	10,5	3,5	2,0	9,5	3,2	2,2
- Pikkutukkiosan pystyoksat	0,044	0,113	0,054	0,041	0,093	0,052	0,069	0,128	0,062
Tukkiosan paksuin oksa, mm									
- Tyvitukkiosan kuollut oksa	19,0	7,4	3,8	18,9	6,0	4,9	18,6	6,8	4,2
- Muun tukkiosan kuollut oksa	26,2	10,0	5,3	25,3	9,2	4,4	23,5	5,6	3,6
- Muun tukkiosan elävä oksa	31,8	6,1	3,2	34,2	9,1	5,3	30,0	5,5	3,8
- Pikkutukkiosan kuollut oksa	15,1	4,3	4,1	14,3	4,0	3,6	10,1	3,8	3,0
- Pikkutukkiosan elävä oksa	24,2	5,3	3,2	24,5	6,1	3,8	21,1	3,2	2,0

Taulukko 5. Kuusitukkirunkojen puuaineen ominaisuuksien keskiarvot (\bar{x}) ja keskihajonnat runkojen välillä (s_r) ja metsiköiden välillä (s_m) Suomen eteläosan korpikuusikoissa ja kivennaismaiden luontaisesti syntyneissä kuusikoissa ja istutuskuusikoissa. Tyvitukkiosa = 5 m kannonkorkeudelta ylöspäin, muu tukkiosa = muu kuin tyvitukkiosa 16 cm:n kuorellista läpimittaa vastaavaan korkeuteen saakka, pikkutukkiosa = 16 cm:n ja 10 cm:n läpimittoja vastaavien korkeuksien välinen rungonosa.

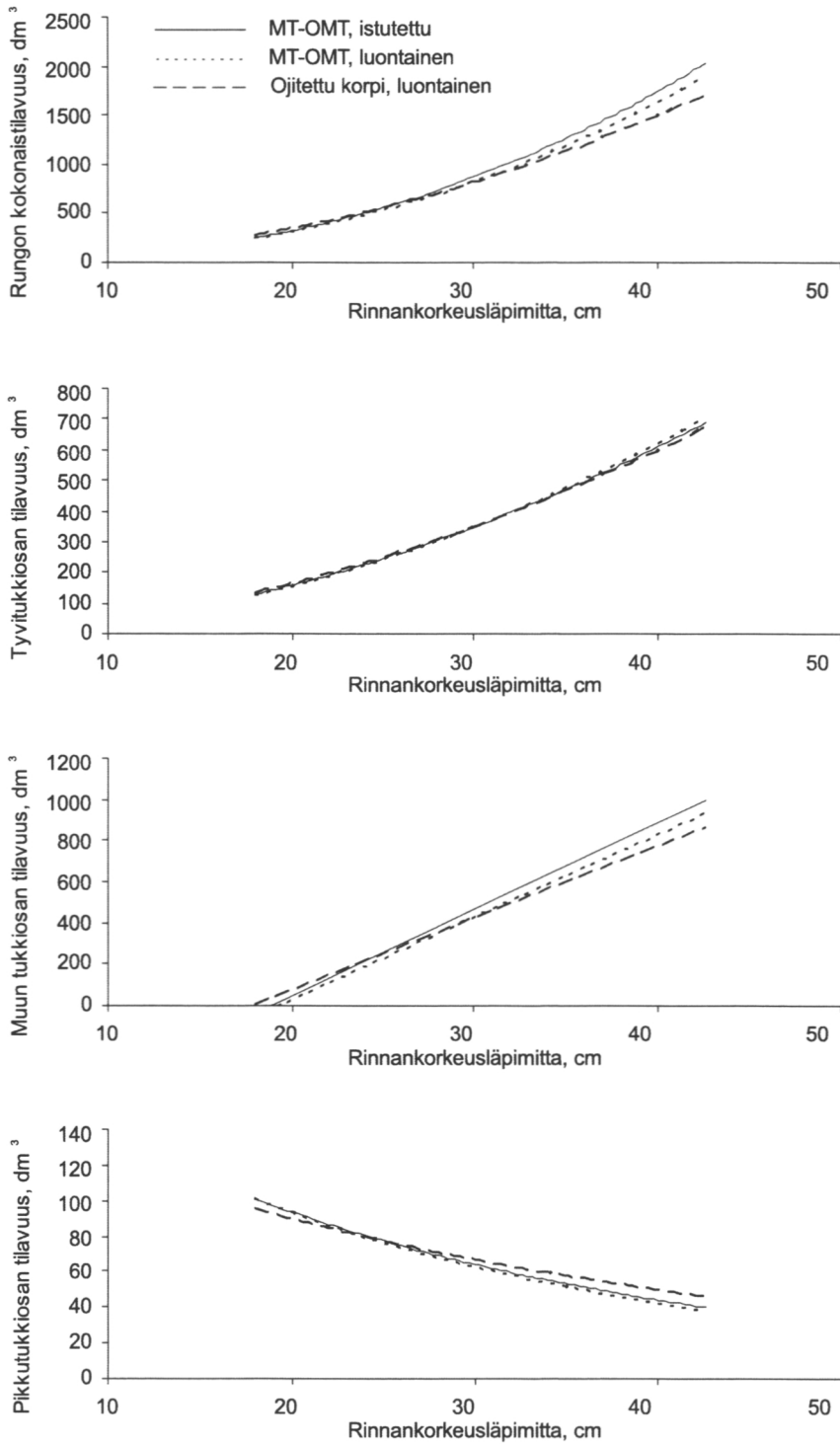
	Ojitettu korpi, luontainen			MT-OMT, luontainen			MT-OMT, istutettu		
	\bar{x}	s_r	s_m	\bar{x}	s_r	s_m	\bar{x}	s_r	s_m
	Vuosisuston leveys, mm								
- Tyvitukkiosa	1,83	0,53	0,48	2,27	0,64	0,58	3,05	0,71	0,62
- Muu tukkiosa	2,12	0,64	0,59	2,32	0,77	0,64	3,15	0,92	0,53
- Pikkutukkiosa	2,10	0,66	0,62	2,29	0,70	0,61	3,80	0,61	0,55
	Kuiva-tuoretiheys, kg/m ³								
- Tyvitukkiosa	377,8	33,8	18,5	383,0	30,7	22,1	365,8	29,1	14,8
- Muu tukkiosa	363,2	69,6	27,7	375,1	57,3	30,9	350,7	76,4	30,4
- Pikkutukkiosa	381,6	37,2	29,8	393,0	27,1	20,3	374,5	28,7	24,0
	Sydänpuuprosentti								
- Tyvitukkiosa	42,0	10,8	7,9	41,6	10,8	7,2	41,8	9,0	4,0
- Muu tukkiosa	33,3	11,7	8,8	34,7	10,0	7,0	31,6	11,1	5,6
- Pikkutukkiosa	14,4	8,0	5,3	16,2	9,4	4,9	13,3	8,0	4,6
	Pintapuun paksuus, cm								
- Tyvitukkiosan latva	3,6	0,9	0,5	3,4	1,0	0,6	3,4	1,0	0,6
- Muun tukkiosan latva	3,8	0,9	0,6	3,4	0,8	0,5	4,1	1,0	0,5
- Pikkutukkiosan latva	4,4	0,8	0,5	4,2	0,9	0,5	4,9	1,2	0,5
	Lylypuuprosentti								
- Tyvitukkiosa	10,5	7,0	5,2	7,9	6,0	3,8	7,8	7,0	4,2
- Muu tukkiosa	4,8	5,0	3,2	5,7	5,0	3,4	6,1	6,0	3,2
- Pikkutukkiosa	4,5	4,5	3,5	3,5	3,3	2,8	6,0	6,0	3,5

Taulukko 6. Kovarianssianalyysit metsikkötyypin (maapohja ja synty tapa), maantieteellisen alueen ja rinnankorkeusläpimitan vaikutuksista kuusitukkirunkojen ja niiden puuaineen ominaisuuksiin; merkitsevät vaikutukset ($p < 0,05$) vahvennettu ja suuntaa antavat vaikutukset ($0,05 < p < 0,15$) kursivoitu. Tyvitukkiosa = 5 m kannonkorkeudelta ylöspäin, muu tukkiosa = muu kuin tyvitukkiosa 16 cm:n kuorellista läpimittaa vastaavaan korkeuteen saakka, pikkutukkiosa = 16 cm:n ja 10 cm:n läpimittoja vastaavien korkeuksien välinen rungonosa.

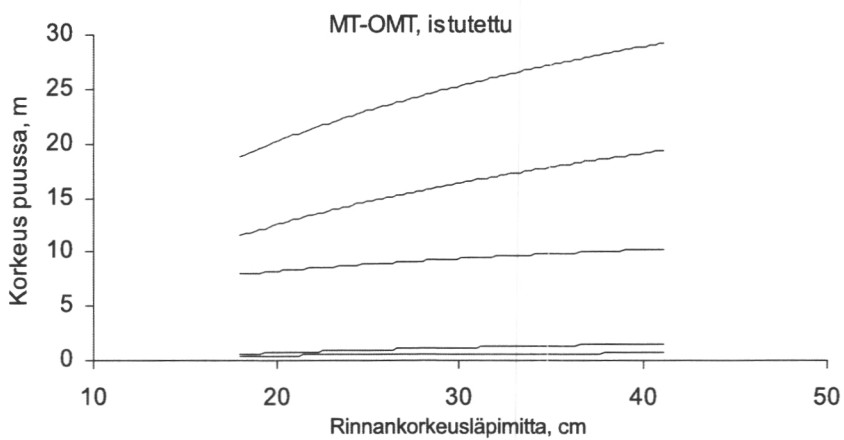
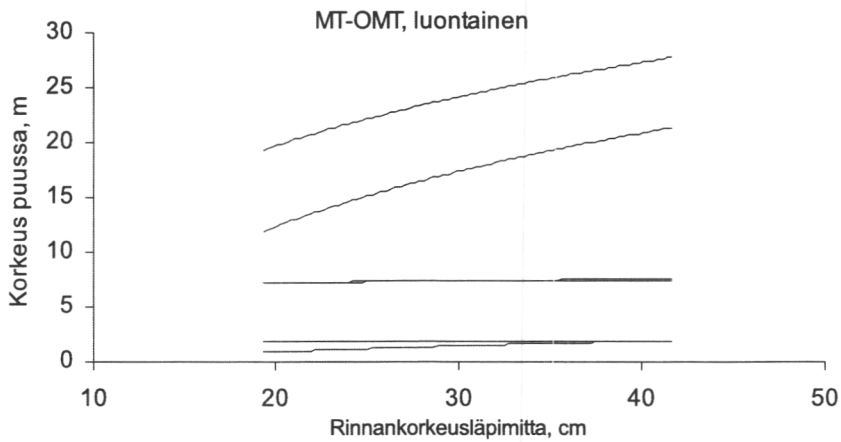
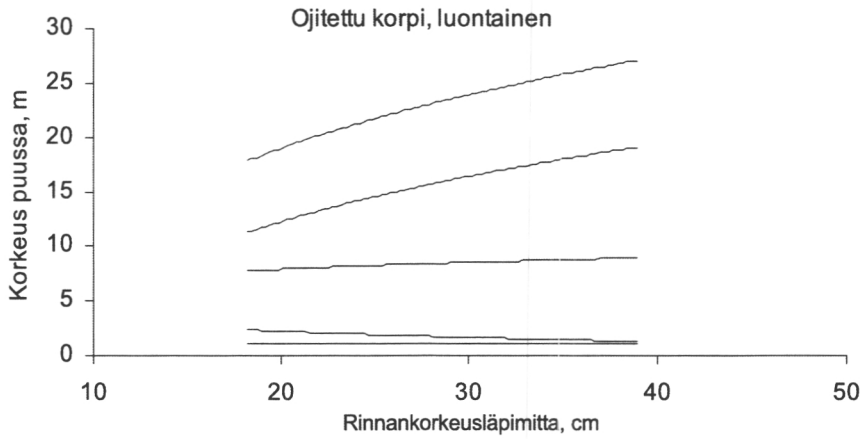
	Vakio		Metsikkö- tyyppi		Maantieteel- linen alue		Rinnankor- keusläpimitta	
	F	p	F	p	F	p	F	p
Tilavuus								
- Koko runko	204,8	0,000	1,5	0,230	4,5	0,008	597,8	0,000
- Tyvitukkiosa	610,1	0,000	3,7	0,180	1,0	0,373	2442,8	0,000
- Muu tukkiosa	176,0	0,000	1,8	0,180	3,6	0,022	341,0	0,000
- Pikkutukkiosa	523,4	0,000	0,035	0,966	2,7	0,058	90,1	0,000
Rungon pituus	18,6	0,000	7,3	0,001	3,5	0,017	347,0	0,000
Rungon solakkuus	370,0	0,000	2,1	0,132	3,1	0,036	23,4	0,000
Rungon kapeneminen	2,5	0,124	0,8	0,465	1,1	0,372	12,2	0,001

Taulukko 6 jatkuu

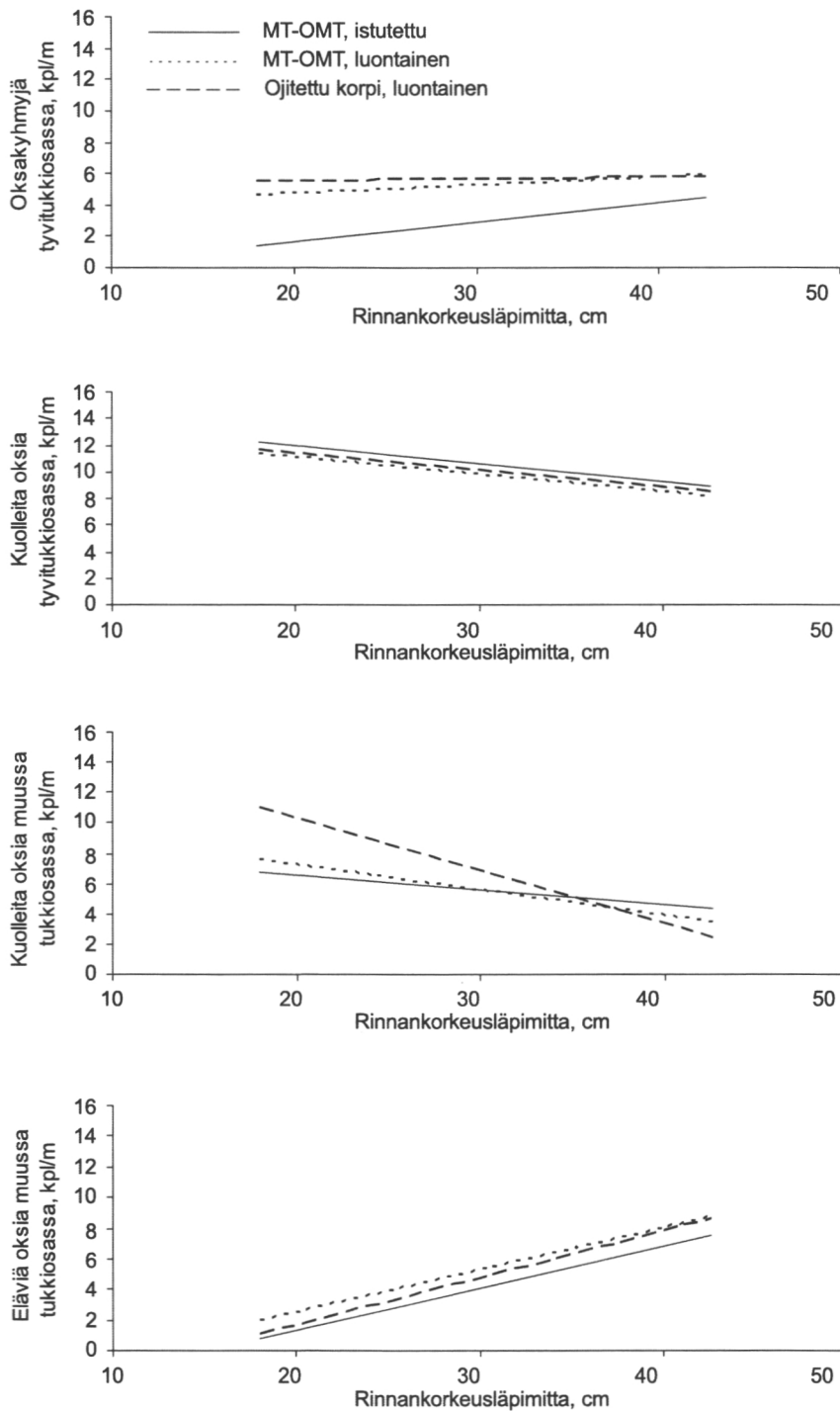
	Vakio		Metsikkö- tyyppi		Maantieteel- linen alue		Rinnankor- keusläpimitta	
	F	p	F	p	F	p	F	p
Ulkoiset oksarajat								
- Alin oksakyhmy	3,6	0,064	0,1	0,888	2,5	0,076	1,1	0,294
- Alin kuollut oksa	0,4	0,538	5,4	0,008	5,7	0,002	0,4	0,441
- Latvusraja	11,6	0,001	3,6	0,036	1,3	0,304	0,4	0,551
- Ylin kuollut oksa	2,7	0,108	0,2	0,840	2,8	0,051	36,1	0,000
Tukkiosan oksien lukumäärä								
- Tyvitukkiosan oksakyhmyt	0,0	0,927	10,3	0,000	3,5	0,024	3,9	0,056
- Tyvitukkiosan kuolleet oksat	50,3	0,000	0,4	0,644	0,4	0,782	8,4	0,006
- Tyvitukkiosan elävät oksat	3,0	0,086	2,4	0,091	0,8	0,483	1,3	0,255
- Tyvitukkiosan pystyoksat	4,5	0,034	0,9	0,428	0,8	0,510	2,5	0,115
- Muun tukkiosan oksakyhmyt	0,1	0,721	5,2	0,006	7,5	0,000	0,4	0,523
- Muun tukkiosan kuolleet oksat	16,9	0,000	6,2	0,005	1,0	0,421	2,5	0,124
- Muun tukkiosan elävät oksat	4,3	0,045	3,3	0,049	2,4	0,080	23,1	0,000
- Muun tukkiosan pystyoksat	0,8	0,388	2,2	0,114	0,7	0,576	0,1	0,898
- Pikkutukkiosan oksakyhmyt	0,1	0,788	4,0	0,020	7,1	0,000	0,1	0,764
- Pikkutukkiosan kuolleet oksat	12,8	0,001	3,1	0,055	0,9	0,468	4,8	0,034
- Pikkutukkiosan elävät oksat	1,1	0,294	1,1	0,335	3,4	0,027	32,7	0,000
- Pikkutukkiosan pystyoksat	0,6	0,430	1,2	0,291	1,9	0,128	2,9	0,090
Tukkiosan paksuimman oksan läpimitta								
- Tyvitukkiosan kuollut oksa	5,3	0,027	0,1	0,910	0,8	0,522	2,9	0,096
- Muun tukkiosan kuollut oksa	5,9	0,019	1,6	0,198	0,0	1,000	8,4	0,006
- Muun tukkiosan elävä oksa	7,2	0,010	5,1	0,010	1,1	0,308	5,1	0,000
- Pikkutukkiosan kuollut oksa	0,8	0,375	6,2	0,002	0,2	0,875	25,6	0,000
- Pikkutukkiosan elävä oksa	0,0	0,958	12,1	0,000	2,3	0,076	102,6	0,000
Puuaineen vuosiluston leveys								
- Tyvitukkiosaa	10,4	0,003	19,9	0,000	2,5	0,077	0,8	0,364
- Muu tukkiosaa	5,8	0,021	12,5	0,000	1,9	0,138	2,3	0,135
- Pikkutukkiosaa	16,1	0,000	21,0	0,000	8,5	0,000	17,0	0,000
Puuaineen kuiva-tuoretiheys								
- Tyvitukkiosaa	361,2	0,000	3,8	0,030	1,5	0,224	0,5	0,466
- Muu tukkiosaa	96,7	0,000	1,8	0,176	0,8	0,487	1,7	0,201
- Pikkutukkiosaa	635,5	0,000	2,4	0,092	1,1	0,339	0,6	0,427
Puuaineen sydänpuuprosentti								
- Tyvitukkiosaa	7,8	0,008	0,9	0,421	2,5	0,075	16,3	0,000
- Muu tukkiosaa	1,2	0,271	0,2	0,790	1,6	0,215	13,3	0,001
- Pikkutukkiosaa	7,9	0,008	1,3	0,294	1,8	0,156	0,0	0,939
Pintapuun paksuus								
- Tyvitukkiosan latva	28,9	0,000	0,8	0,448	3,8	0,017	2,8	0,103
- Muun tukkiosan latva	47,5	0,000	1,7	0,203	0,9	0,471	0,0	0,839
- Pikkutukkiosan latva	45,2	0,000	0,5	0,521	1,2	0,284	0,0	0,839
Lylypuuprosentti								
- Tyvitukkiosaa	12,1	0,001	2,2	0,121	4,8	0,006	2,2	0,148
- Muu tukkiosaa	1,7	0,205	0,693	0,506	4,5	0,008	0,165	0,686
- Pikkutukkiosaa	1,3	0,411	0,551	0,473	2,1	0,198	0,188	0,535



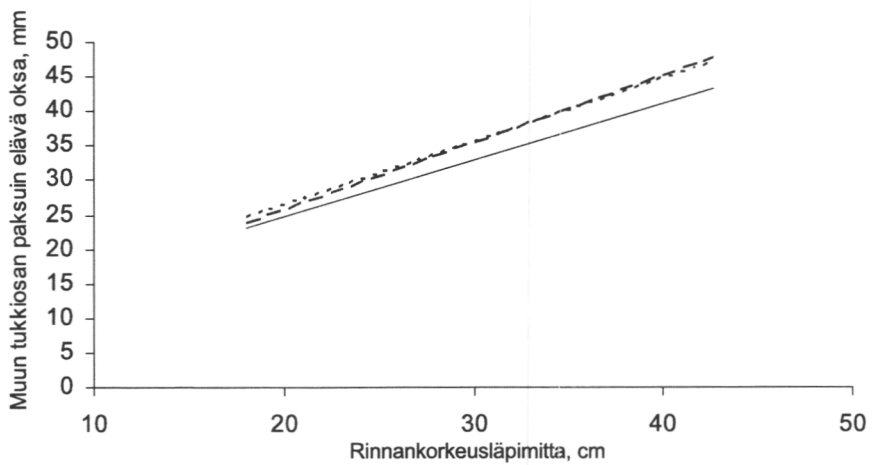
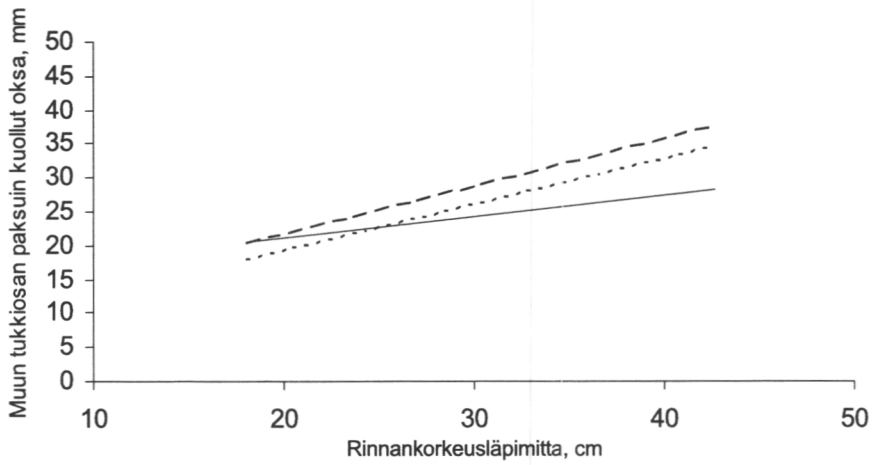
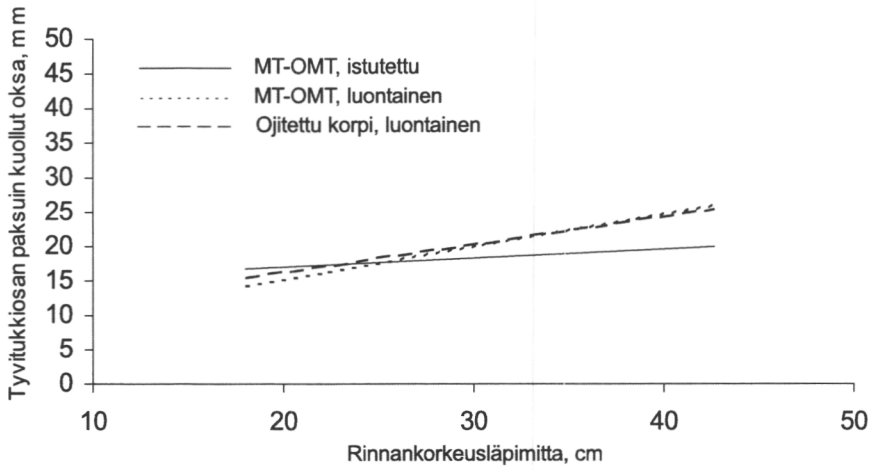
Kuva 2. Kuusitukkirungon ja sen eri puutavaralajiosien tilavuuden riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta ja metsikkötyypistä.



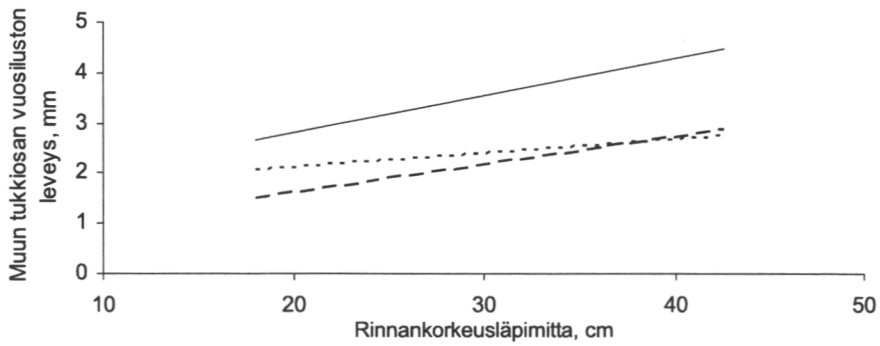
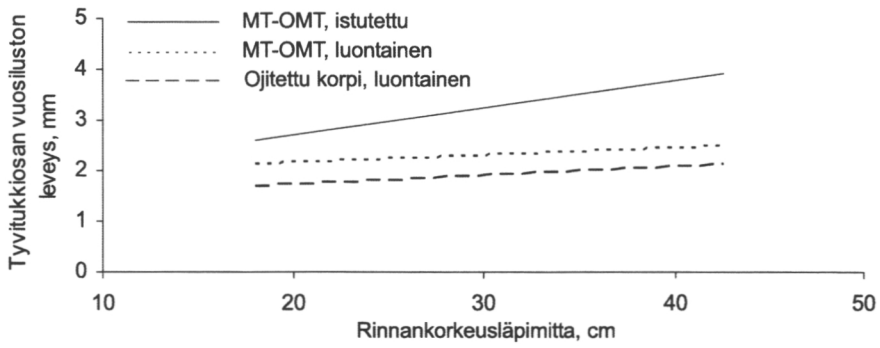
Kuva 3. Kuusitukkiringon oksikkuusvyöhykkeiden alkamiskorkeuksien riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta ja metsikkötyypistä. Rajat alhaalta lukien: alin oksakyhmy, alin kuollut oksa, latvusraja, ylin kuollut oksa, pituus.



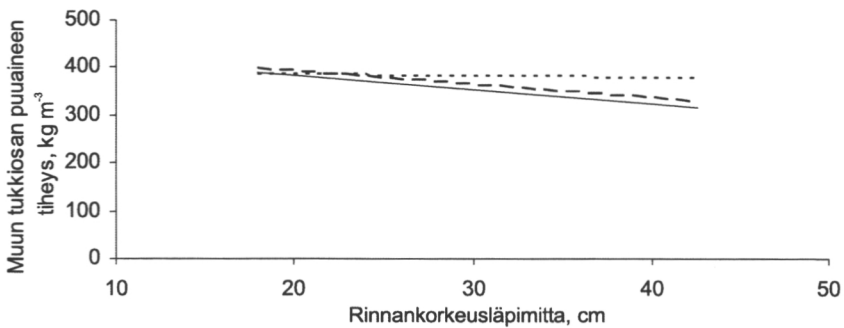
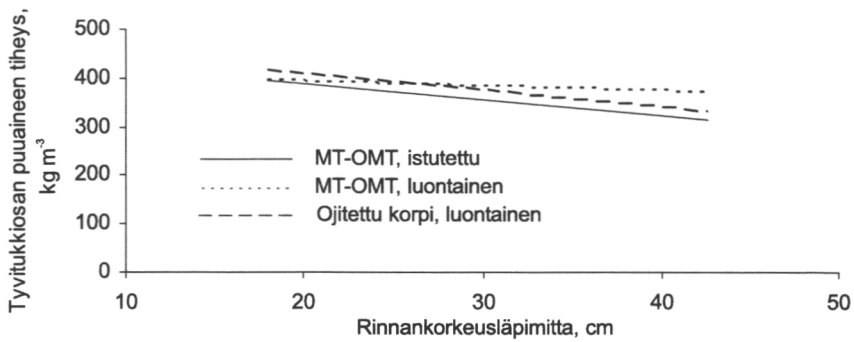
Kuva 4. Kuusitukkirungon tyvitukkiosan ja muun tukkiosan oksien esiintymistiheyden (kpl/m) riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta ja metsikkötyypistä oksalajeittain.



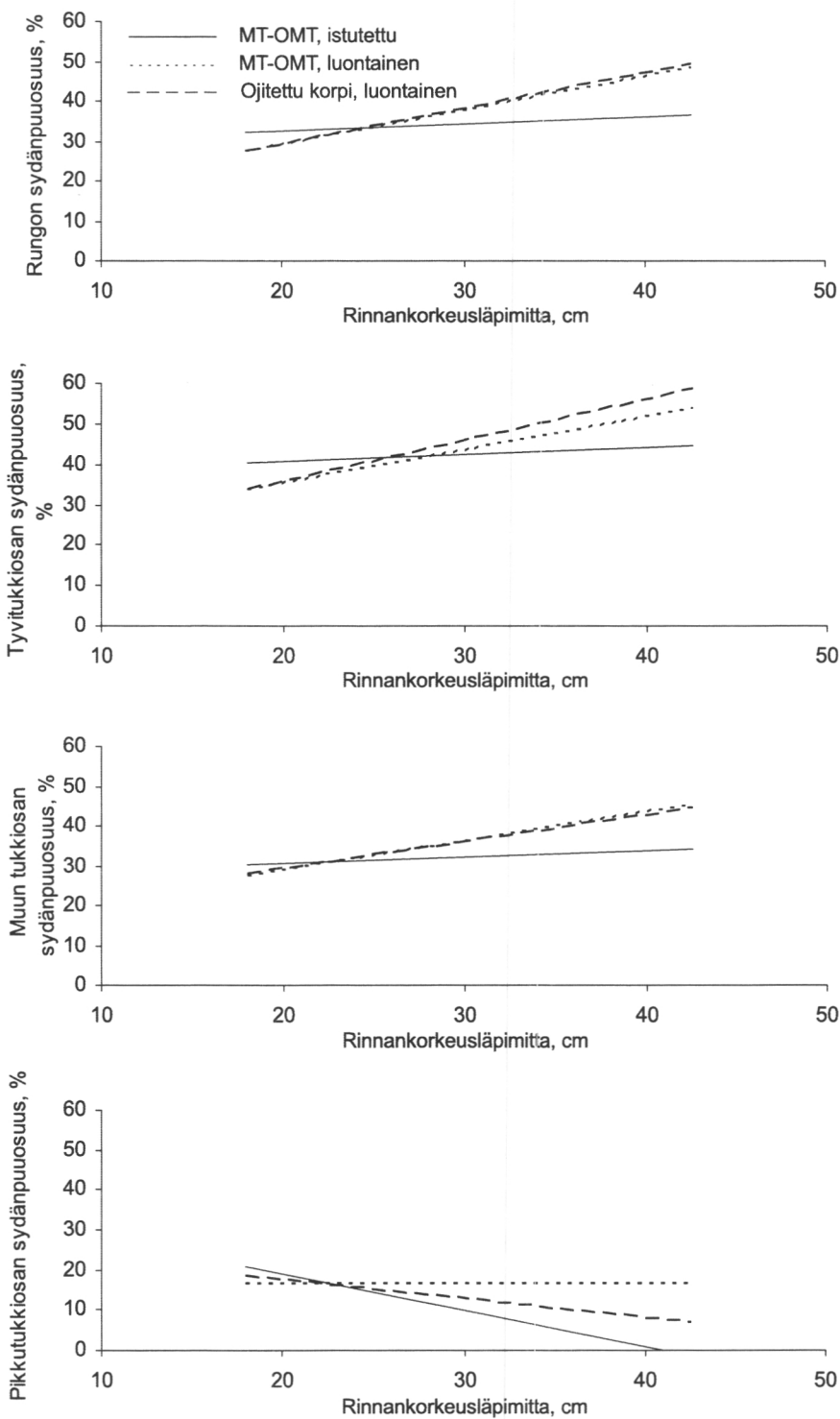
Kuva 5. Kuusitukkirungon tyvitukkiosan ja muun tukkiosan paksuimman oksan läpimitan riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta ja metsikkötyypistä oksalajeittain.



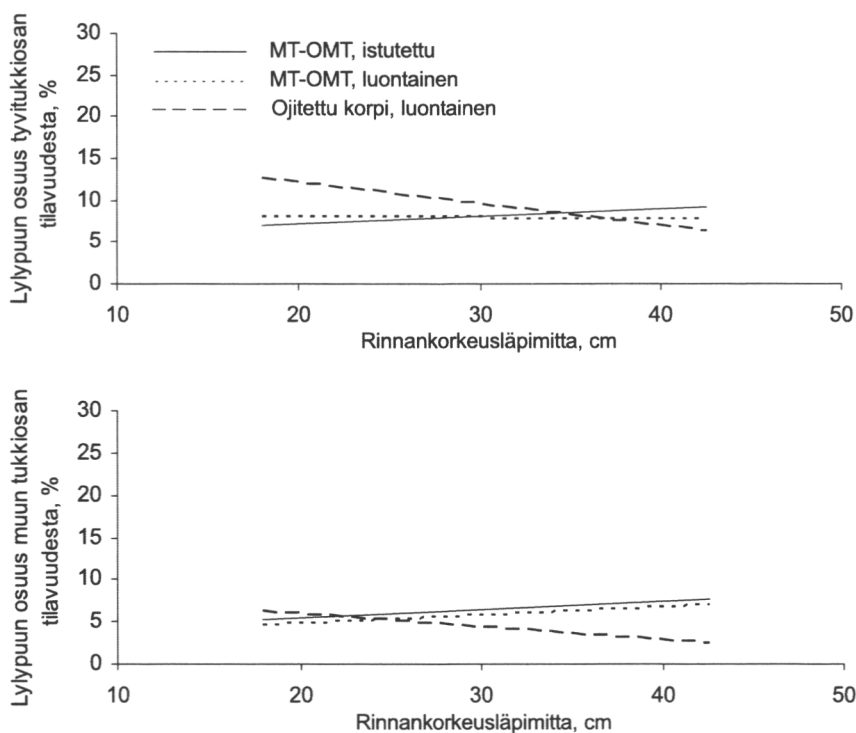
Kuva 6. Kuusitukkirungon tyvitukkiosan ja muun tukkiosan keskimääräisen puuaineen vuosiluston leveyden riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta ja metsikkötyypistä.



Kuva 7. Kuusitukkirungon tyvitukkiosan ja muun tukkiosan keskimääräisen puuaineen kuiva-
tuoretiheyden riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta ja metsikkötyypistä.



Kuva 8. Kuusitukkirungon ja sen eri puutavaralajiosien kuorettoman tilavuuden sydänpuuosuuden riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta ja metsikkötyypistä.



Kuva 9. Kuusitukkirungon tyvitukkiosan ja muun tukkiosan kuorettoman tilavuuden lylypuu-
osuuden riippuvuus rinnankorkeuslÄpimitasta ja metsikkötyypistä.

3. JohtopÄätöksiÄ

Ennakoarviot korpikuusten laadusta näkyivät tuloksissa varsin hyvin, joskin vaikutuksiltaan useimpien puutavaran ja puuaineen laatutekijöiden osalta oletettua pienempinä. Hakkuukertymän, sen puutavaralajirakenteen ja perusjalostuksen tuotesaannon kannalta olennaiset rungon järeys ja tukkiosan koko ja dimensiot olivat suhteellisesti haittapuolia, mutta merkittäviä runkomuotoeroja ei havaittu kapenemisen osalta. Suurimmat laatuerot olivat yleensä tyvitukkiosassa, varsinkin vuosiluston leveyden ja puuaineen tiheyden osalta korpikuusen suhteen eduksi ja lylypuun esiintymisen ja osuuden suhteen haitaksi. Oksikkuuserot olivat varsin pienet, joskin korpikuusissa tyvitukkiosan yläpuolinen rungonosa oli verraten kuivaoksainen.

Turvemaiden kuusitukin voidaan päätellä olevan varsin hyvää rakennuspuuta ilmeisen hyvien puuaineen mekaanisten ominaisuuksien ansiosta, sekä rakennesahatavaraksi, moniin rakennuspuusepänteollisuuden tuotteisiin (liimapuu, aihiot, tuoteosat) että vaneriin ja kertopuuhun. Huonekalu- ja puusepäntöalalla sahaajat ovat käytännössä karttaneet korpikuusikoita arvellaan ja usein myös kohdatun kuivaoksisuuden, lylyn ja pihkaskujen vuoksi. Nämä viat toisaalta vaikeuttavat kuivausta ja työstöä ja aiheuttavat tuotteisiin kaupallista arvoa alentavia tai hylkelyyn johtavia laatuviikoja. Erityisesti kuivausta on pidetty ongelmallisena korpikuusella. Kiekkonäytemittausten perusteella korpikuusissa esiintyi enemmän ja laajemmin kuivausvikoja aiheuttavaa lylypuuta kuin kivennäismaiden kuusissa. Samassa sahata-

varakappaleessa ojitusvaikutuksen seurauksena joskus äkillisesti kasvanut vuosiluston leveys voi aiheuttaa halkeilua ja lohkeilua kuivauksessa ja työstössä. On mahdollista, että tämä ilmiö esiintyy kuusella männyn tavoin; esim. hirsitaloteollisuudessa on havaittu tällaista lohkeilua arveltuna syynä tehokas kertalannoitus tai poikkeuksellisen voimakas harvennusreaktio.

Korpikuusen sisäiseen terveeksaisuuteen ja täten huonekalu- ja puusepänteollisuudessa haluttujen terveksaisten sahatavaralaatujen saatavuuteen voidaan ottaa kantaa vasta simuloitujen tai empiiristen sahetutkimusten perusteella, koska kuusen sisä- ja ulko-oksikkuuden yhteys ei ole kovin selvä. Tämä myös vaikeuttaa oksikkuuslaadun päätelemistä leimikon tai rungon ulkoisten tunnusten perusteella, joten kuusitukkileimikon ennakkomittauksen hyötyihin voidaan tältä kannalta suhtautua varauksella. Huomionarvoista on, että kuusella on latvusrajan perusteella päätellyns. terveksaisen osan sisällä paljon erikokoisia kuolleita oksia, mikä edelleen vaikeuttaa ulkoista laatuarviointia, varsinkin tuote- ja asiakaslähtöisestä näkökulmasta. Näiden seikkojen kuten myös edellisessä kappaleessa mainittujen puutavaran ja puuaineen ominaisuuksien käytännöllisten vaikutusten arvioimiseksi tarvitaan myös jalostus- ja käyttökohteita.

Tässä tutkimuksessa oli aineistona ulkoisesti normaalin suoria ja lahottomia puita. Rungon mutkaisuuden, lenkouden ja muiden suoruuspoikkeamien eroja ei siis voida luotettavasti päätellä. Oletettavaa on, että tyvimutkaisuus ja siihen liittyvät soikeus, lyly, ytimen epäkeskisyys ja vino- ja poikkisyisyys ovat turvemilla pehmeän kasvualustan vuoksi laatuongelma myös kuusella, männyn ja koivun tavoin. Nykyistä lyhyempinä tukkeina sahaaminen pienentäisi ilmeisesti haittavai-

kutuksia sahatavaran saantoon ja laatuun.

Lahoisuuden voitaisiin periaatteessa päätellä olevan korpikuusissa verraten yleistä niiden korkean iän vuoksi. Tätä hypoteesia tukevat joskus esitetyt arviot kasvupohjan happamuuden ja lahon esiintymisen yhteydestä. Toisaalta kuusen tyvilahoa aiheuttavan maannousemasieneron on arveltu olevan turvemilla harvinaisempaa kuin kivennäismailla eivätkä käytännön havainnotkaan korpikuusen tyvilahosta ole olleet mitenkään hälyttäviä.

Kirjallisuus

- Ahonen, O.-P. & Mäkelä, H. 1995. Etelä-Suomen raakapuuvarat laskennalliseen pölkytykseen perustuen. *Folia Forestalia – Metsätieteen aikakauskirja* 1995(3): 165–178.
- Asikainen, K. & Heiskanen, V. 1970. Havusahtatukien laadun mukaiset arvosuhteet. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 70(3): 1–77.
- Eeronheimo, O. 1985. Suometsien hakkuumahdollisuudet. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 188. 23 s.
- Fonselius, M. & Lindgren, C. & Makkonen, O. & Saarelainen, U. 1996a. Lujuslajittelu nostaa jalostusarvoa – Suomalaisen sahatavaran laatu ja saanto. *VTT Rakennustekniikka*, 10/6.96. 4 s.
- & – & – & – 1996b. Lujuslajittelu nostaa jalostusarvoa - Suomalaisen sahatavaran laatu ja saanto, vaihe 2. *VTT Rakennustekniikka*, 12/12.96. 4 s.
- Hakkila, P. 1966. Investigations on the basic density of Finnish pine, spruce and birch wood. *Lyhennelmä: Tutkimuksia männyn, kuusen ja koivun puuaineen tiheydestä. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 61(5): 1–98.

- 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(6): 1–60.
- & Laasasenaho, J. & Oittinen, K. 1972. Korjuuteknisiä oksatietoja. *Folia Forestalia* 147. 15 s.
- & Laiho, O. 1967. Kuusen lahoaminen kirvesleimasta. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 70(2): 1–34.
- & Rikkinen, P. 1970. Kuusitukit puumassan raaka-aineena. *Folia Forestalia* 92. 16 s.
- Heiskanen, V. 1976. Havusahatukkeja koskevia arvolaskelmia vuosina 1974 - 1975. *Folia Forestalia* 251. 67 s.
- 1977. Etelä-Suomen ja Pohjois-Suomen puutavaran laatuerot. *Folia Forestalia* 296. 30 s.
- & Asikainen, K. 1969. Havusahatukkien järeyden mukaiset arvosuhteet ja hinnoitteluperusteet. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 69(3): 1–122.
- Hyppönen, M. & Norokorpi, Y. 1979. Lahoisuuden vaikutus puutavaran saantoon ja arvoon Peräpohjolan vanhoissa kuusikoissa. *Folia Forestalia* 381. 13 s.
- Jalava, M. 1945. Suomalaisen männyn, kuusen, koivun ja haavan lujuusominaisuuksista. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 33(3): 1–66.
- Kallio, T. 1972. Esimerkki kuusikon lahoavikaisuuden Etelä-Suomessa aiheuttamista taloudellisista menetyksistä. *Silva Fennica* 6(2): 116–124.
- & Norokorpi, Y. 1972. Kuusikoiden tyvilahoisuus. *Silva Fennica* 6(1): 39–51.
- & Tamminen, P. 1974. Decay of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in the Åland Islands. Seloste: Ahvenanmaan kuusien lahoavikaisuus. *Acta Forestalia Fennica* 138. 142 s.
- Keltikangas, M. & Laine, J. & Puttonen, P. & Seppälä, K. 1986. Vuosina 1930 - 1978 metsäojitetut suot: Ojitusalueiden inventoinnin tuloksia. *Acta Forestalia Fennica* 193. 94 s.
- Kärkkäinen, M. 1972a. Havaintoja kuusen oksaisuudesta. *Silva Fennica* 6(2): 90–115.
- 1972b. Kuusen ja männyn sydänpuuosuudesta. *Silva Fennica* 6(3): 193–208.
- 1976. Havutukkien painomittauksen edellytyksiä puutieteelliseltä kannalta. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 89(1): 1–59.
- 1981. Männyn ja kuusen pihkapitoisuuden lisääminen sivutuotesaannon kohottamiseksi. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 96(8): 1–81.
- 1985. Puutiede. Sallisen Kustannus Oy. Sotkamo. 415 s.
- 1986a. Malli männyn, kuusen ja koivun puu-aineen oksaisuudesta. *Silva Fennica* 20(2): 107–116.
- 1986b. Mänty- ja kuusirunkojen arvosuhteet. *Silva Fennica* 20(2): 117–127.
- & Dumell, O. 1983. Kuusipuun taiputuslujuuden riippuvuus tiheydestä ja vuosiluston leveydestä Etelä- ja Pohjois-Suomessa. *Silva Fennica* 17(2): 125–135.
- & Hakala, H. 1983. Kuusitukin koon vaikutus sivulautojen taiputus- ja puristuslujuuteen. *Silva Fennica* 17(2): 137–142.
- & Raivonen, M. 1977. Reaktiipuun mekaaninen lujuus. *Silva Fennica* 11(2): 87–96.
- Lahtinen, A. & Laasasenaho, J. 1979. On the construction of taper curves by using spline functions. Seloste: Runkokäyrän muodostaminen splini-funktiolla. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 95(8): 1–63.
- Lehtonen, I. 1978. Knots in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and their effect on the basic density of stemwood. Seloste: Männyn (*Pinus sylvestris* L.) ja kuusen

- (*Picea abies* (L.) Karst.) sisäöksät ja niiden vaikutus puuaineen tiheyteen. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 95(1): 1–34.
- Nuutinen, T. & Hirvelä, H. & Hynynen, J. & Härkönen, K. & Hökkä, H. & Korhonen, K.T. & Salminen, O. 2000. The role of peatlands in Finnish wood production – an analysis based on large-scale forest scenario modelling. *Silva Fennica* 34(2): 131–153.
- Ollinmaa, P.J. 1959. Reaktiipuututkimuksia. *Acta Forestalia Fennica* 72(1): 1–53.
- 1960. Eräistä ojitetuilla soilla kasvavan puun fysikaalisista ominaisuuksista. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 72(2): 1–24.
- Paavilainen, E. & Tiihonen, P. 1988. Suomen suometsät vuosina 1951–1988. *Folia Forestalia* 714. 29 s.
- Pennanen, O. & Yli-Hukkala, T. 1994. Järeän kuusen käyttö. *Paperi ja Puu - Paper and Timber* 76(4): 210–213.
- Rikkonen, P. 1970. Minimiläpimitan vaikutus kuusirungosta saatavan saha- ja paperipuun määrään sekä sahapuun arvoon. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 72(2): 1–46.
- Saranpää, P. 1983. Puuaineen tiheyden ja vuosiluston leveyden vaikutus kuusen iskutaivutuslujuuteen Etelä- ja Pohjois-Suomessa. *Silva Fennica* 17(4): 381–388.
- Siimes, F.E. 1960. Tutkimus kuusisahatukien ominaisuuksista ja tukkilaadun vaikutuksesta sahatavarain laatuun sekä alustava ehdotus kuusisahatukien laatuluokitusta varten. *Paperi ja Puu* 42(3): 79–105.
- Sipi, M. 1997. Suopuustojen laatu ja raaka-aineen soveltuvuus eri käyttötarkoituksiin. Hankesuunnitelma Wood Wisdom Metsäalan tutkimusohjelmaan. 4 s.
- Sirén, G. 1952. Hakkuun vaikutuksesta kuusipuun rakenteeseen korpimailla. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 40(32): 1–36.
- Tolkki, P. & Saramäki, J. 1997. Esitutkimus kuusitukin erilaisten mittavaatimusten vaikutuksesta tukin saantoon. Pohjois-Karjalan metsänhoitoyhdistysten liitto ry. Moniste. 11 s.
- Tuimala, A. 1979. Kuusen lahon aiheuttamista puutavaralajisiirtymistä ja kantohintamenetyksistä. *Silva Fennica* 13(4): 333–342.
- Uusvaara, O. 1997. Havutukkipuuston ulkoinen laatu Suomen etelä- ja lounaisrannikolla ja Ahvenanmaalla. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 664. 25 s.
- Verkasalo, E. & Boren, H. & Saranpää, P. 1998. Ojitettujen turvemaiden puutavaran laatu ja arvo tuotelähtöisessä metsäteollisuudessa. *Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimusasema. Hankesuunnitelma*. 8 s.
- & Leban, J.M. 1994. Predicting Young's Modulus of Scots Pine, Norway Spruce and European Fir from Finland and France for the Comparison of Wood Quality. *Julkaisussa: Proceedings First European Symposium on Nondestructive Evaluation of Wood, University of Sopron, Sopron, Hungary, September 21 - 23, s. 279–293.*
- & - 1996. External quality of the saw timber stock of Scots pine and Norway spruce in Finland and France. *Tiivistelmä: Suomen ja Ranskan mänty- ja kuusitukkipuuston ulkoinen laatu. Paperi ja Puu - Paper and Timber* 78(5): 313–322.
- & - 2000. Predicting MOE and MOR of Scots Pine, Norway Spruce and European Fir from Finland and France for the Comparison of Wood Quality. *Julkaisussa: Stanzl-Tschegg, S.E. & Reiterer, A. (toim.). Proceedings of the International*

Symposium on Wood Machining "Properties of Wood and Wood Composites related to Wood Machining", 27 - 29 September, 2000, Vienna, Austria. Christian-Doppler-Laboratory for Fundamentals of Wood Machining, Institute of Meteorology and Physics, University of Agricultural Sciences, s. 91-102.

Wegelius, Th. 1939. The presence and properties of knots in Finnish spruce. *Acta Forestalia Fennica* 48(1): 1-191.

ISBN 951-40-1843-5
ISSN 0358-4283