

**VILJAVAN KASVUPAIKAN NUOREN JA  
HUONOLAATUISEN ISTUTUSMÄNNIKÖN  
KASVATUSVAIHTOEHDOT**

**Alternative growing methods for young and poor  
quality Scots pine plantations on fertile sites**

**Simo Hannelius**



---

**Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 452**



**Viljavan kasvupaikan nuoren ja  
huonolaatuisen istutusmännikön  
kasvatusvaihtoehdot**

**Alternative growing methods for young and poor quality Scots  
pine plantations on fertile sites**

Simo Hannelius

Metsäntutkimuslaitos - Metsänkasvatuksen tutkimusosasto

---

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 452

Helsinki 1993

Simo Hannelius 1993. Viljavan kasvupaikan nuoren ja huonolaatuisen istutusmännikön kasvatusvaihtoehdot. Abstract: Alternative growing methods for young and poor quality Scots pine plantations on fertile sites. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 452. 55 s. ISBN 951-40-1278-X. ISSN 0358-4283

Tutkimuksessa arvioitiin taloudellisin laskelmin metsänhoidollisia vaihtoehtoja, mitä viljavalle kasvupaikalle istutetulle 25-vuotiaalle nuorelle huonolaatuiselle männikölle pitäisi tehdä. Nettotuloihin perustuvat odotusarvot laskettiin olettaen, että männikön tuotoksesta saadaan vaihtoehtoiset tukkiosuudet. Paras vaihtoehto on saada tukkia 100-prosenttisesti järeyden mukaan ja huonoin vaihtoehto on se, että koko tuotos on kuitupuuta. Odotusarvo pieneni enimmillään 25-30 prosenttia puutavaran heikon laadun vuoksi. Männikön huonolaatuisuus ei kuitenkaan riitä tulkintaan, että metsikköä voitaisiin pitää vajaatuottoisena. Odotusarvolaskelmin ei voitu osoittaa, että huonolaatuiselle nuorelle istutusmännikölle olisi olemassa taloudellisesti kilpailukykyisempi metsänhoidollinen vaihtoehto.

Avainsanat: istutusmännikkö, odotusarvo, vajaatuottoinen

The report presents silvicultural alternatives based on economical calculations for 25-year old and poor quality pine plantations on fertile sites. The expectation values have been calculated by assuming alternative percentages for timber assortments. The best alternative is to get 100 percent sawlogs among large-sized merchantable wood and the worst one is to get the whole crop as pulpwood. The expectation value decreased maximally 25-30 percents due to the fall of timber quality between extreme alternatives. The timber quality fall is not enough to explain the young pine stand to be underproductive. The economical calculations for silvicultural alternatives do not give higher expectation values than calculated to the poorest alternative of the pine stand.

Keywords: expectation value, pine plantation, underproductive

Kirjoittajan yhteystiedot: Metsäntutkimuslaitos, metsänkasvatuksen tutkimusosasto, Unioninkatu 40 A, 00170 Helsinki (Puh. 90-85705 322, Fax 90-625 308).

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos; Hanke 3037-9. Hyväksynyt: Jari Parviainen, tutkimusjohtaja 17.2.1993.

Jakelu: Metsäntutkimuslaitos, metsänkasvatuksen tutkimusosasto, Unioninkatu 40 A, 00170 Helsinki.

ISBN 951-40-1278-X  
ISSN 0358-4283

## SISÄLLYS

### Alkusanat

1 Johdanto.....	5
1.1 Männyn viljely viljavilla mailla .....	5
1.2 Istutusmänniköiden laatuongelma .....	7
1.3 Tutkimuksen kysymyksenasettelu.....	11
1.4 Metsänhoidolliset vaihtoehdot .....	12
2 Huono laatu vajaatuottoisuuden aiheuttajana .....	13
3 Laskelmien lähtökohdat .....	17
3.1 Odotusarvojen laskenta.....	17
3.2 Tuotosmallit .....	18
3.3 Raakapuun hinnoittelu ja metsänhoidon kustannukset.....	25
4 Tutkimustulokset.....	27
4.1 Heikon laadun aiheuttamat tappiot.....	27
4.2 Montako harvennuskertaa kiertoajan kuluessa?.....	31
4.3 Mikä kiertoajaksi, jos sahatukkia ei saada? .....	31
4.4 Rauduskoivuko heikkolaatuisen männikön tilalle? .....	33
4.5 Jos vaneritukin hinta nousee! .....	36
5 Tulosten tarkastelu .....	40
5.1 Tulosten luotettavuuden arviointi.....	40
5.2 Metsänhoidolliset johtopäätökset .....	42
5.3 Huonolaatuisen istutusmännikön vajaatuottoisuus.....	44
5.4 Onko pystykarsinnasta hyötyä?.....	45
5.5 Jos rauduskoivu istutetaan männikön tilalle?.....	47
6 Tiivistelmä .....	48

### Kirjallisuus - *References*

### *Summary*

## ALKUSANAT

Suomen metsistä lähes viidennes on perustettu viljellen ja yleisimmin käytetty puulaji on ollut mänty. Viljaille maille eteläiseen osaan maatamme istutetut nuoret mäntymetsät ovat osoittautuneet oksikkaiksi ja niistä on arvioitu saatavan päätehakkuuvaiheessa vähän sahatukkia. Mitä tällaisille metsille pitäisi tehdä?

Radikaaleimmillaan on vaadittu, että "räkämänniköt" pitäisi kaataa ja tilalle istuttaa koivua tai kuusta. Varovaisimpien arvioiden mukaan on esitetty, että pystykarsinnalla saataisiin apua puuaineen laadun kohottamiseksi. Metsänhoidollisia vaihtoehtoja ei kuitenkaan ole tätä työtä aiemmin arvioitu taloudellisten laskelmien perusteella.

Tutkimus aloitettiin metsänarvioimisen tutkimusosaston puuntuotoksen tutkimussuunnalla v. 1991 ja saatettiin loppuun metsänkasvatuksen tutkimusosastolla. Tutkimuksessa käytettyjä tuotosaineistoja saatiin paitsi Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuista myös koelamittausten tuloksina mti Jaakko Rokkoselta.

Haluan kiittää professoreita Kari Mielikäinen, Jari Parviainen ja Olli Uusvaara rakentavista kommentteista ja työyksikköni henkilökuntaa monista teemaan kuuluvista virikkeellisistä keskusteluista. MH Kalle Ahlsved on kääntänyt englanninkielisen tekstin, mistä hänelle parhaat kiitokset.

Helsingissä, helmikuussa 1993

Simo Hannelius

## 1 Johdanto

### 1.1 Männyn viljely viljavilla mailla

Metsänviljely alkoi Suomessa laajassa mitassa 1950-luvun lopulla ja männyn osuus viljelymetsiköitä perustettaessa on ollut suurin. Viljavien kasvupaikkojen männiköt ovat yleisiä Etelä-Suomessa. Etelä-Suomella tarkoitetaan metsätalustoissa ja valtakunnanmetsien inventoinneissa Oulun lääninrajan rajoittuvaa osaa maastamme. Seitsemännen inventoinnin (ajanjaksona 1977-82) mukaan tällä alueella oli seuraavat määrät taimikoita ja nuoria mäntymetsiä (Salminen 1983). Huomattakoon, että vastaavaa tulostusta 8. inventoinnin tiedoista ei ole toistaiseksi käytettävissä.

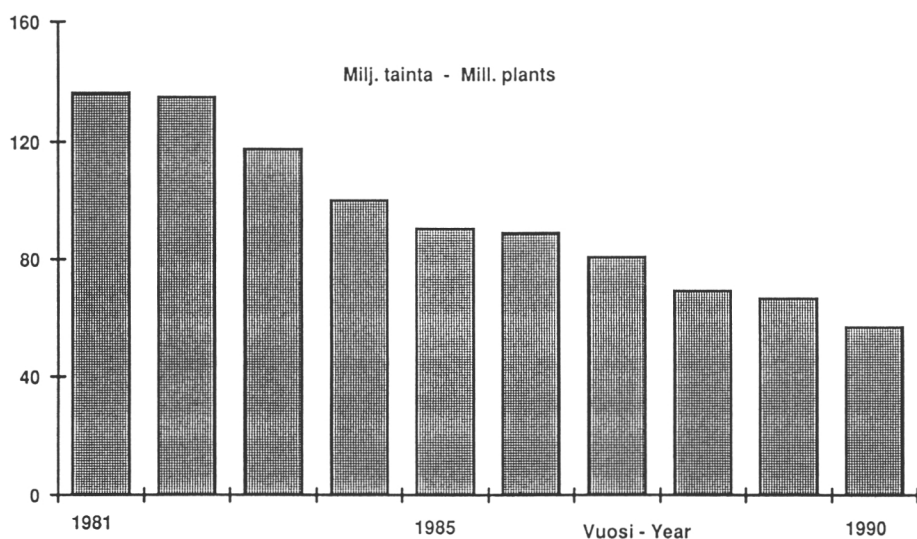
keski-  
Pohjanmaa  
kylmä  
sesti  
Alueella  
Vaasan  
läänin

	Pinta-ala, ha	Viljelyn osuus, %
Pieni taimikko	758 000	70
Varttunut taimikko	1 451 600	41
Nuori kasvatusmetsä	1 517 400	17
Yhteensä	3 727 800	37

Pienen taimikon rajana on 1,3 metrin pituus, jota pitemmät puustot luetaan varttuneisiin taimikoihin. Viljelytavoista kylvöä käytetään pääasiassa kuivahkoilla ja sitä karummilla mailla ja istutusta mustikkatyypillä ja sitä viljavammilla mailla.

Valtaosalla edellä tarkasteltuja maita - lähes puolen miljoonan hehtaarin pinta-alalla - kasvaa arvion mukaan huonolaatuisia männiköitä. Niiden määrä on edelleen lisääntynyt 7. inventoinnin ajankohdasta (1977-1984). Mäntyä on viety pienissä taimikoissa eli ajanjaksona 1970-1980 enemmän viljaville maille kuin aiemmin perustetuissa varttuneissa taimikoissa ja nuorissa metsissä 1950- ja 1960-luvuilla.

Metsityspäätöksien tekijät ovat yhtäältä entistä paremmin tienneet istutusmänniköiden laatuun liittyvät vaikeudet 1970-luvulta alkaen. Toisaalta ei kuitenkaan ole ollut tarpeeksi tutkimustietoa rehevien kasvupaikkojen männiköiden laadusta ja siltä osin kuin sitä on ollut, tuloksia ei ole aina tunnustettu. Valintatilanteissa männyn istutus on joka tapauksessa vähentynyt merkittävästi varsinkin Etelä-Suomessa, kuten kuvasta 1 käy ilmi. Siitä nähdään Etelä-Suomessa (Oulun läänin rajoittuva osa maata) käytettyjen männyn taimien määrän pieneneminen vuosina 1981-1990.



Kuva 1. Metsänistutukseen käytettyjen männyn taimien määrä Etelä-Suomessa vuosina 1981-1990.

Figure 1. Number of pine seedlings in 1981-1990 used for plantings in South-Finland.

Kinnunen (1993) on arvioinut vaihtoehtoisten uudistamismenetelmien suhteelliset osuudet metsälautakunnittain kasvupaikan viljavuuden mukaan. Arvio koski kaikkia puulajeja ja lähti melko karkeasta luokituksesta, jossa maat jaettiin "reheviin" ja "karuihin". Koko maan alueella uudistamisvaihtoehtojen jakauma vuosina 1985-89 oli seuraava ja Kinnusen (1993) laatiman arvon mukaiset tavoitteet nähdään alla olevasta asetelmasta:

Uudistamisvaihtoehto	Vuosina 1985-89	Tavoite
Ohjekiertoaika, v	120	100
Istutus, %	61	50
Kylvö, %	13	25
Luontainen, %	26	25

Arvio merkitsisi toteutuessaan männyn istutusalan huomattavaa pienenemistä ja vastaavasti kuusen istutusten lisääntymistä.



Männyn istutusta on perusteltu mm. vanhojen kuusimaiden väsymisellä ja puulajivaihdon tarpeella, maannousemalla ja sillä, että koivun viljelyssä on puolestaan ollut pahoja takaiskuja hirvi- ja myyrätuhojen vuoksi. Metsitystavan valinnan on usein ratkaissut myös eri puulajin taimien saatavuus.

Tässä tutkimuksessa tarkasteltavia puun keskeisiä laatuongelmia esiintyy vähintään mustatikkatyyppejä oleville maille istutetuissa mäntymetsissä. Näiden laajuudesta saadaan käsitys viljelypinta-alana veroluokkien IA ja IB mailla. Huomattakoon, että mainitut veroluokat yhdistettiin verotuksessa vuodesta 1988 alkaen. Veroluokkiin IA ja IB kuuluva osuus männiköiden viljelyalasta oli pienissä taimikoissa 47 % ja pinta-ala yhteensä noin 250 000 hehtaaria. Viljellen perustetuista varttuneista taimikoista ja nuorista kasvatusmetsistä kolmannes kasvaa IA ja IB veroluokan mailla. Näiden yhteinen pinta-ala on noin 245 000 hehtaaria. *lände?*

## 1.2 Istutusmänniköiden laatuongelma

Runkopuun laatuun sahatavaran kannalta on kiinnitetty huomiota monissa tutkimuksissa (esim. Uusvaara 1974, 1981, 1985, Varmola 1982 ja Kärkkäinen & Uusvaara 1982). Suureen kasvunopeuteen liittyy alhainen puuaineen tiheys (Hakkila 1966, Kärkkäinen 1977, s. 177), mikä näkyy erilaisilla metsätyypeillä kasvaneiden mäntyjen puuaineessa. Kasvupaikan merkitys tiheyseroihin vähenee kuitenkin puiden vanhetessa. Erityisesti viljavat ja harvahkot mäntytaimikot näyttävät tuottavan oksikkaita puita, joista on odotettavissa huonoa sahatavaraa (Uusvaara 1985). Vastaavasti korkeaa laatua parhaiten indikoivana tekijänä pidetään hidasta kasvua taimikkovaiheessa, mikä saadaan aikaan maaperältään karuissa olosuhteissa, taimien välisellä kilpailulla kasvutilasta tai emopuiden varjostuksella.

Kellomäki (ym. 1992) on kartoittanut metsänhoidollisia ratkaisumalleja laatukasvatuksen perusteiksi ja laatinut suosituksia käytännölle. Kasvupaikan viljavuus määräsi poikkeuksetta oksikkuuden yleisen määrän. Puuston tiheys pienensi sitä enemmän oksikkuutta, mitä karumpi kasvupaikka oli kyseessä. Taimikon runsas kasvutila lisäsi oksikkuutta. Hitaasti kasvavalle männylle muodostuu selvästi ohuimmat oksat kuin nopeakasvuiselle. Vuosiluston leveys kannonkorkeudella on paras ulkoisten ja rungon sisäisten tunnusten kuvaaja (Uusvaara 1991).

Männyn kasvatuksessa mustikkatyypin tai sitä viljavammilla mailla ei käytännössä voida saavuttaa hieno-oksaisuutta kuten varsinaisilla kuivan kankaan mäntymailla, kun otetaan huomioon viljelytiheyden funktiona kohoavat kustannukset. Laatuksatuksen strategian tulisikin perustua luontaiseen uudistamiseen tai kylvöön (Kinnunen 1993). Istutusaimikoiden luontainen täydentyminen tosin parantaa tilannetta usein (esim. Saksa 1992). Männyllä voimakas paksuuskasvu korreloi selvästi oksien paksuuden kanssa. Istutusmetsiköitä aikanaan perustettaessa on ilmeisesti ollut epärealistisia odotuksia ja toiveita saada lähes samanlainen tukkisuus päätehakuussa kuin täysin toisenlaisissa olosuhteissa syntyneistä ja kasvaneista männiköistä (vrt. Ekö & Agestam 1990).

Istutusmänniköt karsiutuvat luontaisesti syntyneitä huonommin ennen muuta 40...60 vuoden iässä. Tätä ikävaihetta myöhemmin viljelymännityssä on rungon sisäisiä oksia (oksayhmyjä) enemmän kuin luontaisesti syntyneissä puissa. Uusvaaran (1974) mukaan noin viidennes tukkirungoista ei kelpaa edes kolmannen luokan tukiksi ja tukkien laatu jää kokonaisuudessaan heikoksi. Laatuvaatimusten kiristyminen 1980-luvun lopulla on lisännyt raakitukin osuutta edellisestä. Ongelmaksi ovat muodostuneet erityisesti laho- ja kuivaoksaist välitukit, joita siirtyy laatuvaatimuksia kiristettäessä yhä enemmän kuitupuuksi.

Männyn kasvatusta viljavilla mailla ei ylisummaan hallita siten, että puuaineen laatu vastaisi luontaisesti syntyneiden ja kuivahkoilla ja kuivilla kankailla kasvaneiden puiden laatua. Sahatavaran markkinoinnin kannalta ongelma on suhteellinen, koska muissakaan metsätalousmaissa ei pystytä saamaan ja sahaamaan viljelymänniköistä markkinoille mäntysahatavaraa, joka olisi laadultaan Suomessa kasvanutta parempaa. On ilmeistä, että laadun merkitys tulee kuitenkin korostumaan ja korkealaatuisimpien mäntysahatukkien niukkuus markkinoilla lisääntyy.

Paitsi nopean kasvun mukanaan tuoma vuosiluston paksuutta ja suurta oksaläpimittaa, viljelymänniköitä ovat vaivanneet erilaiset tuhot ja niiden seurauksina näkyvät laatuhaivat. Nisäkkäistä hirvi ja eri myyrälajit syövät mäntyä aiheuttaen rungon tyviosaan vikaisuuksia. Revillä mailla nisäkästuhot ovat ilmeisesti yleisempiä kuin karuilla, koska tuoreet maat tarjoavat enemmän ja monipuolisempaa ravintoa kasvissyöjille kuin kuivat. Usein nämäkin laatu heikentävät tekijät yhdistetään viljavan kasvupaikan männiköiden tiliin (Uusvaara 1974). Istutusmänniköissä on myös huomattavasti enemmän runkovikoja kuin luonnonmänniköissä (Kärkkäinen & Uusvaara 1982).



Kuva 2. Tyypillinen eteläsuomalainen istutusmännikkö, joka on perustettu lehtomaiselle kankaalle.  
 Figure 2. South-Finnish planted pine culture, typical of those established on sites with rich grass-herb vegetation.



Kuva 3. Nuoren oksikkaan männikön laatua saadaan parannettua pystykarsinnalla, jolloin osa rungoista karsintaan.

Figure 3. The technical quality of young branchy pine stands can be improved by pruning, whereby only a part of the stems are being treated.

Taimien istutuksessa on aina riskinsä taimityypistä riippumatta. Huolimattoman istutuksen, lähinnä paljasjuuristen taimien, seurauksena tyviosissa voi esiintyä laatua alentavaa lenkoutta (Huuri 1976) ja juuristoissa epämuodostumia (Parviainen & Antola 1986). Paakkutaimilla istutetuissa mäntytaimikoissa on yleistä, että samassa paakussa voi kasvaa 2-3 tainta. Jos taimitupasta ei harvenneta ajoissa, juuristot kasvavat yhteen ja kiertyvät keskenään. Tuppaan varttuessa rungoista tulee lenkoja.

Tavoiteltaessa männiköiden kasvatuksessa kannattavuutta pyritään yhtäältä nopeaan kasvuun, jolloin hakkuutulojen odotusaika lyhenee. Toisaalta tavoitteena on mahdollisimman arvokkaan eri puutavaralajien laatujakauman tuottaminen. Pääsääntöisesti voidaan sanoa, että mitä nopeampi kasvu, sitä huonompaa laatua tuotos sisältää. Näiden kahden keskenään ristiriitaisen tavoitteen toteutumisen välimaastosta tulisi löytää metsänhoitoa varten käytännön ratkaisut.

Männiköiden pystykarsinta on yksi keino varmistaa, että tuotoksesta saadaan sahapuuksi kelpollista mäntytukkia ja osasta jopa korkealaatuista täysin oksatonta sahatavaraa. Mikäli kasvatusikäinen 20...40 vuotias männikkö on kovin oksikas, se ei kelpaa karsittavaksi. Karsittaessa nuoria viljelymänniköitä puuston kasvu ei juuri alene. Pystykarsittujen männiköiden pinta-ala vuosina 1983-89 oli keskimäärin 9000 hehtaaria vuodessa.

Männyn perimän jalostus on toinen tapa kohottaa runkopuun laatua, jolloin voitaisiin vähentää viljavuudesta aiheutuvia laatuongelmia. Männyn jalostuksessa pyritään paitsi parempaan tuotokseen myös puuaineen laadun kohottamiseen.

Jalostushyötyjä, joskin melko vaatimattomia, on odotettavissa jo nykyisin perustettavista metsiköistä, koska lähes kaikki metsänviljelyssä tarvittava männyn taimimateriaali kasvatetaan siemenviljelyksiltä kerätystä siemenestä (Venäläinen 1989). Jalostushyödyn on arvioitu olevan suuruusluokkaa 10 prosenttia tuotoksen osalta. Jalostushyöty tarkoittaa puuntuotoksessa arvioituja eroja, kun käytetään parasta käytössä olevaa jalostettua alkuperää jalostamattoman sijasta.

Jalostushyötyjä on saatu myös sahatukin laatuun vaikuttavien tekijöiden osalta. Männyn oksan suhteellinen ja absoluuttinen paksuus ja oksakulma ovat pluspuiden jälkeläistössä edullisempia kuin paikallisilla vertailuerillä. Sen sijaan oksien lukumäärä ja puuaineen tiheys ovat vertailuerillä parempia kuin jalostusmateriaalissa. Vaikka jalostuksessa on

onnistuttu yhdistämään samaan perimään sekä hyvä kasvu että laatu (Velling 1986) on kuitenkin ilmeistä, ettei toistaiseksi ole käytettävissä sellaista metsänviljelymateriaalia, mikä poistaisi hyvien kasvupaikkojen männiköiden laatuongelman kokonaan.

### 1.3 Tutkimuksen kysymyksenasettelu

Tutkimuksen tehtävänä oli selvittää, onko viljavan kasvupaikan nopeakasvuinen, mutta poikkeuksellisen huonolaatuinen nuori männikkö (25 vuoden ikäinen) taloudellisessa mielessä vajaatuottoinen (käsitteen tarkempi tarkastelu käydään tekstissä myöhemmin). Huonon laadun on tulkittu tarkoittavan sitä, ettei metsiköstä tulla saamaan lainkaan sahatukkia.

Tutkimuksessa arvioidaan ensin ongelmaan soveltuvia tuotosmalleja vaihtoehtojen analysoimiseksi. Taloudellisilla laskelmilla yhtäältä selvitetään, kuinka suuria odotusarvojen menetyksiä huonolaatuisuudesta aiheutuu erilaisten oletusten mukaan. Toisaalta laskelmilla pyritään saamaan vastaus siihen, mitä tällaiselle metsikölle tulisi tehdä.

1. Kuinka usein männikköä tulisi harventaa?
2. Millaista kiertoaikaa tulisi käyttää?
3. Olisiko männikkö syytä hakata heti paljaaksi ja istuttaa sen tilalle rauduskoivikko?
4. Onko rauduksesta männikön kilpailijaksi, jos vaneritukilla on muista puutavaralajeista poikkeava nouseva hintakehitys?

Tutkimuksessa istutusmännikkö edustaa odotusarvoa. Sille lasketaan em. kysymyksenasetteluihin perustuvien vaihtoehtojen mukaan odotusarvoja. Lisäksi lasketaan erilaisia hintaodotuksia vastaavia odotusarvoja, joita käytetään herkkyyksianalyysin perusteina. Ongelman kannalta metsikön perustamiseen uhratuilla kustannuksilla ei ole merkitystä.

Edellä kuvatussa ongelmatilanteessa, kuten useimmissa muissakin metsänkäsittelyn vaihtoehtoissa, joudutaan eriaikaisten tulojen ja menojen arvostusongelmaan eli arvioimaan erilaisten tulonodotusarvioiden odotusarvon suuruus tai ainakin vaihtoehtojen edullisuusjärjestys. Odotusarvo tarkoittaa laskentateknisessä mielessä nettotulojen nykyarvoa.

#### 1.4 Metsänhoidolliset vaihtoehdot

Puulajivalinta viljavalle, vähintään mustikkatyypin ravinteisuustasoa olevalle maalle, on monitahoinen kysymys. Mustikkatyypin mailla mänty tulee vielä biologisilta ominaisuuksiltaan kyseeseen, mutta tätä viljavammilla mailla valinta pitää tehdä muiden pääpuulajien kesken. Kuusi ja koivu eivät kilpaile, vaan täydentävät ekosysteemissä toisiaan. Koivu on kevätkesän hallaa avoimella kasvupaikalla kestävä pioneeri, jonka suojiin hallanarka kuusi aina ennemmin tai myöhemmin hakeutuu.

Etsittäessä vaihtoehtoa viljavan kasvupaikan männikön avohakkuun jälkeen, rauduskoivu on ihmisen taloudessa kuusta kilpailukykyisempi. Kilpailukykyisyys perustuu metsikön nopeaan varhaisvaiheen kehitykseen, puulajin eri puutavaralajien niukkuuteen ja varsinkin vaneritukin muita puutavaralajeja korkeampaan hintatasoon. Nopean kasvun vuoksi tulonodotusajat ovat lyhyempiä kuin havupuulajeja kasvatettaessa, mikä on koivun merkittävin kilpailuetu. On ilmeistä, että koivun eri puutavaralajit tulevat säilyttämään raakapuumarkkinoilla kilpailukykyä suhteessa havupuutavaralajeihin ja mahdollisesti parantamaankin sitä tulevaisuudessa.

kuusi? Kuusi olisi männikön avohakkuun jälkeen biologisesti mahdollinen puulaji. Se ei kuitenkaan ole taloudellisessa mielessä kilpailukykyinen koivulle. Kuusella metsikön perustamiseen liittyy tosin vähemmän riskejä kuin koivulla, mutta tuottojen odotusaika on merkittävästi kilpailijaansa pitempi. On myös ilmeistä, etteivät kuusipuutavaralajien hintasuhteetkaan olennaisesti muutu, koska kuusta saadaan laajoilta pinta-aloilta lähellä käyttöpaikkoja ja lopputuotteiden markkinoita.

Rauduskoivu ja mänty poikkeavat puulajeina merkittävästi ominaisuuksiltaan siinä, että edellisen kasvatuksessa viljelymetsien teknistä laatua ja runkopuun jalostusarvoa on jo saatu kohotetuksi metsänjalostuksen keinoin luonnonmetsiin verrattuna. Luontaisesti syntyneet ja kehittyneet rauduskoivikot sen sijaan ovat huonolaatuisia, usein lahovikaisia jo nuorella iällä. Hoitamattomina ne ränsistyvät ja ovat alttiita monille tuhoille. Luontaisesti syntyneissä sekametsissä, joissa kasvaa kuusta ja koivua, koivutukin laatu sen sijaan on yleensä korkealaatuista.

Viljelymetsiä koskevien tutkimustulosten perusteella näyttäisi siltä, että epävarmimmin

arvioitava tunnus on puuaineen laatu; onko viljelymännikön tuottamasta järeästä runkokuusta ylipäättään sahatukiksi. Puuston laadun kohoamisesta saatava hyöty realisoituu vasta myöhemmissä hakkuissa, ennen muuta päätehakuissa. Viljelymänniköiden laatuksymykset; mahdollisuudet laadun parantamiseen (pystykarsinta ja laatuharvennus) kiertoajan kuluessa ovat olleet toistuvien epäilyjen aiheena (esim. Uusvaara 1991).

Laatuksymyksen evaluoimiseksi taloudelliselta kannalta tuotoksen rakenneluvut hinnoitellaan eri puutavaralajien kantohinnoilla ja oletuksilla siitä, kuinka suuri suhteellinen osuus tuotosmallin ennusteesta on sahatukkia. Näin saadaan parhaisiin ja huonoimpiin laatukehityksiin perustuvat taloudelliset arviot. Tarkasteltavat vaihtoehdot ovat seuraavat:

1. Tukkiosuuden suuruus hakkuupoistuman rakenteesta riippuu vain rungon järeydestä eli osuus vastaa 100-prosenttisesti tuotosmallien mukaista arviota.
2. Erilaiset vikaisuudet alentavat tukkiosuuden määrää hakkuupoistumissa 25 prosentilla, jolloin kuitupuun määrä lisääntyy vastaavasti.
3. Erilaiset vikaisuudet alentavat tukkiosuuden määrää hakkuupoistumissa 50 prosentilla, jolloin kuitupuun määrä lisääntyy vastaavasti.
4. Erilaiset vikaisuudet alentavat tukkiosuuden määrää hakkuupoistumissa 75 prosentilla, jolloin kuitupuun määrä lisääntyy vastaavasti.
5. Koko tuotos on kuitupuuta.

Odotusarvon kriteerillä vastataan, kuten jo aiemmin on todettu, kysymykseen, onko "räkämännikköä" edullisempaa kasvattaa edelleen kuin sen tilalle istutettavaa rauduskoivikkoa?

## 2 Huono laatu vajaatuottoisuuden aiheuttajana

Vajaatuottoisuudella on metsätaloudessa ymmärretty yleisesti metsän sellaista tilaa, jossa puusto ei käytä hyväkseen maapohjan viljavuuden mukaista kasvupotentiaalia. Näkökohta korostaa biologista ja tuotosopillista lähestymistapaa, jossa implisiittisesti verrataan vajaatuottoisuuden tilassa olevaa puustoa hyvin hoidetun metsikön tuotokseen. Vajaatuottoisuus määritelläänkin näin ollen puuston ja maapohjan tunnusmerkistöjen perusteella ja tällaisiksi on luokiteltu seuraavanlaiset metsiköt:

*min?*

1. Harvat ja aukkoiset, epätasaiset jätemetsiköt tai muutoin selvästi vajaapuustoiset metsiköt.
2. Kasvupaikalle selvästi sopimatonta tai vähäarvoista puulajia kasvavat metsiköt, kuten mm. kuivien kankaiden kuusikot ja laihojen maiden koivikot.
3. Kasvunsa miltei tyystin lopettaneet, selvästi yli-ikäiset metsiköt.
4. Pahoin vialliset metsiköt (mm. myrsky- ja lumituhojen sekä tuhosienten tai -hyönteisten vaurioittamat metsiköt).

Tapion v. 1989 uusituissa metsänhoitosuosituksissa vajaatuottoisuuden lähtökohtana on metsikkö, jonka "uudistaminen jo ennen aikaisimman uudistamisajankohdan saavuttamista on puuntuotannollisesti ja taloudellisesti tarkoituksenmukaisempaa kuin metsikön edelleen kasvattaminen, tai mikäli aikaisimman uudistamisajankohdan jo sivuuttaneen metsikön kasvu on vähäinen". Vajaatuottoisen kohteen metsänhoidon ohjeissa on lähdetty siitä, että puusto hakataan päätehakuulla ja metsä uudistetaan.

Suosituksessa on otettu mukaan, kuten jo aiemmin on todettu, myös heikosta laadusta aiheutuva vajaatuottoisuus: "Viljavan kasvupaikan huonolaatuinen, mutta hyväkasvuinen männikkö, jota yleensä pidetään hyvän kasvunsa vuoksi kehitettäväksi kelvollisena, voidaan kuitenkin poikkeuksellisen huonon laatunsa vuoksi uudistaa vajaatuottoisena."

Vaikka vajaatuottoisuus sellaisenaan on taloudellinen termi, sen sisältöä ei ole tässä mielessä täsmennetty. Käsitteen epämääräisyyteen kiinnitti huomiota mm. Saari (1968): "Yleensä se kuitenkin edellyttää laskentaa, joka metsätalouden erityisluonteen takia useimmiten on jonkin verran mutkikasta ja jossa käytettävissä olevista laskentamenetelmistäkin näyttää olevan erilaisia käsityksiä."

Kuusela (1967) on määritellyt käsitteen taloudellisin perustein seuraavasti: "Vajaatuottoisena pidetään ohjekiertoaikaa nuorempaa metsikköä, joka on edullisempi hakata ja uudistaa kuin kasvattaa edelleen. Vajaatuottoisuuden käsite on taloudellinen." Taloudellisessa mielessä vajaatuottoisuus tarkoittaa sitä, että perustettavasta metsiköstä arvioidut tuotot ovat suuremmat kuin vajaatuottoisuuden tilassa olevasta puustosta. Koska tuotot jakautuvat ajallisesti kauas tulevaisuuteen, tästä seuraa niiden ajallisen arvostuksen ongelma. Vajaatuottoisuuden ratkaisee näin ollen viime kädessä tuottojen arvostus, kun niiden odotusaikojen pituudetkin vaihtelevat.



Kuusela ok }  
Salminen } 2

Salminen (1993) on tulkinnut laskelmiensa laatimiseksi vajaatuottoisuuden edellä olevan määritelmän mukaan. Jos uudistamisen tuloksena saatavissa olevasta puustosta on odotettavissa suuremmat nettotulot, edeltävä puusto tulkitaan vajaatuottoiseksi. Määritelmä sopii uudistuskypsyden arviointiin, mutta vajaatuottoisuuden kategoriseksi mittariksi siitä ei ole. Tällaisessa määrittelyssä jätetään arvioimatta uudistamisen riskitekijät. Yleensä on niin, että uudistamistapahtumaan (työn epäonnistuminen, säätekijät, luonnontuhot yms.) liittyy enemmän riskejä kuin metsikön edelleen kasvattamiseen. Kun uudistamisen riskilisiä otetaan huomioon, vajaatuottoisuuden asteen määrittely vaikeutuu. Riskit pienentävät todennäköisyyttä, että tulonodotukset saadaan arvioidussa laajuudessa eli niiden nykyarvo pienenee. Kategorisesta määrittelytavasta seuraa niin ikään se, että vajaatuottoisuuden rajasta tulee epämääräinen. Nettotulojen nykyarvona arvioiden se kuvaa lähinnä laskijan subjektiivista käsitystä eriaikaisten tulonodotusten arvosuhteista.

Keskusmetsälautakunta Tapion yksityismetsälain noudattamisen valvontaohjeissa (26.9.1989) on konkretisoitu tapauksia, joissa metsikkö katsotaan vajaatuottoiseksi. Yleisperiaatteena on Kuuselan edellä mainittu taloudellisemmän vaihtoehdon tarjoava metsänhoitotapa metsikön nykytilaan verrattuna. Käytäntöön edelleen soveltuvat ohjeet on kirjoitettu kuitenkin puuston tunnusmerkistön perusteella. Ohjeiden mukaan metsikkö on liian vähäisen puuston takia vajaatuottoinen, jos kasvupaikalle metsänhoidollisesti sopivien puulajien puuston pohjapinta-ala tai runkoluku on alle 70 % ohjeellista lukuarvoista.

Vajaatuottoisuuden taloudellisen kriteerin valinnassa voidaan niin ikään pohtia, olisiko käytettävä - esim. metsänparannusvarojen käyttöä ajatellen - yhteiskunnalle vai metsänomistajille soveltuvaa yksilöllistä ajan arvostusmallia. Saari (1967) kuvaa ongelmaa metsänomistajan kannalta seuraavasti: "Se metsän käsittelytapa, joka tietyissä oloissa tietylle metsän omistajalle on epätaloudellinen, saattaa toisissa oloissa ja toiselle metsän omistajalle olla taloudellisesti järkevää". Kansantalouden näkökulmasta vajaatuottoisuus on toisenlainen taloudellisten arvostusten kannalta kuin yksilön.

Kansantaloudellinen näkökulma tulee eteen silloin, kun arvioidaan yhteiskunnan varojen sijoittamista metsänparannusrahoituksena vajaatuottoisten metsiköiden kunnostuksiin. Vajaatuottoinen metsä voidaan uudistaa metsänparannusvaroin vain, jos alueella kasvavan ja sillä kolmena vuotena ennen uudistamissuunnitelman hakemista hakatun puuston kantoraha-arvo eli hakkuuarvo pysyy tietyssä suhteessa metsänviljelyn

kustannuksiin. Metsänparannuksen ehdot on sidottu maantieteellisiin vyöhykkeisiin siten, että mitä pohjoisemmasta alueesta on kyse, sitä edullisemmiksi ehdot tulevat. Eteläisimmässä osassa maata - metsänparannuslain I vyöhykkeellä - puuston hakkuuarvo saa olla enintään kaksinkertainen metsänviljelyn kustannuksiin verrattuina. Tuki paranee vyöhykkeittäin pohjoista kohden siten, että pohjoisimmassa osassa maata - VI, VII ja VIII vyöhykkeillä - hakkuuarvon suhde viljelykustannuksiin saa olla vastaavasti enintään nelinkertainen, jotta viljelykustannuksiin saa valtion varoja (Metsänparannusasetus 30.4.1987).

Tässä "kenttäohjeessa" ei enää lähdetä arvioimaan taloudellista edullisuusjärjestystä pitkäaikaisessa puuntuotannossa, vaan katsotaan metsänomistajan mahdollisuuksia rahoittaa viljelyn välittömät kustannukset. Maa- ja metsätalousministeriö vahvistaa vuosittain keskimääräiset viljelykustannukset.

Taloudellisessa mielessä vajaatuottoisuus ei ole absoluuttinen, vaan suhteellinen tunnus. Siihen vaikuttaa ennen muuta metsänomistajan aikapreferenssi eli arvio siitä, miten hän arvostaa eri aikaisia tulonsaanti/kulumahdollisuuksia. Saaren (1967, s. 204) mukaan käsitteen taloudelliset perusteet ovat epäselvät ja joka tapauksessa hyvin väljissä rajoissa subjektiivisen harkinnan varaiset. Hän ehdottaakin harkittavaksi taloudellisen käsitteen korvaamista puustotunnuksin; käsiteparin vajaapuustoinen - täyspuustoinen metsikkö. Mikäli lähdetään tällaisesta vertailusta, taloudellisilla laskelmilla voidaan todeta, millaisia tappiota syntyy vajaapuustoisuuden seurauksena täyspuustoisuuteen verrattuna.

On selvää, ettei vajaatuottoisuutta ylisummaan voida määrittää taloudellisessa mielessä eksaktilla tavalla. Niin ikään on ilmeistä, että vajaatuottoisuus-käsitteeseen sisältyy aikansa arvostuksia. Puuntuotannollisen kestävyuden ylittävien hakkuiden kaudella (1960-luvulla) vajaatuottoisuuteen suhtauduttiin ankarammin kuin nykyisin, jolloin metsien hakkuita voitaisiin lisätä huomattavasti.

Tässä työssä vajaatuottoisuutta on arvioitu metsikön vaihtoehtoihin kehityssuunnitelmiin pohjautuvilla nettonykyarvolaskelmilla. Metsikkö tulkitaan vajaatuottoiseksi silloin, kun sille laskettujen nettotulojen nykyarvo jää 60...70 prosenttiin nykyarvosta, joka olisi saatavissa normaaliolosuhteissa metsälautakunta Tapion metsänhoitosuosituksia noudatettaessa.

Vaikka vajaatuottoisuuden käsite on sisältynyt jo noin 50 vuoden ajan metsätalouden järjestelyopillisiin kehitysluokkiin, sen merkitystä taloudellisena kysymyksenä ei ole yksilöidyn laskelmin juurikaan tarkasteltu. Gustavsen (1992) laati kasvumallit vähäpuustoisille männiköille ja kuusikoille sekä teki myös taloudellisia vertailulaskelmia vajaatuottoisuudesta. Salminen (1993) laati Gustavsenin mallien perusteella vajaapuustoisuuden tilasta taloudellisen analyysin, mikä lienee ensimmäinen varsinainen vajaatuottoisuutta käsittelevä taloudellinen tutkimus.

### 3 Laskelmien lähtökohdat

#### 3.1 Odotusarvojen laskenta

Tässä tutkimuksessa vajaatuottoisuutta arvioidaan sekä kansantalouden että yksityisen metsänomistajan näkökohdista. Kansantaloudellisen arvioinnin osalta tuloksia tulkitaan yhteiskunnan aikapreferenssin perusteella, koska valtio osallistuu vajaatuottoisiksi luettujen kohteiden rahoituskustannuksiin. Metsänparannuskohteiden edullisuusjärjestyksen arvioinneissa on yleensä käytetty kolmen prosentin korkokantaa (esim. Keltikangas & Seppälä 1973, Kuusela 1974). Samalla kriteerillä arvioidaan tässäkin työssä eri vaihtoehdoille laskettuja odotusarvoja.

Metsänomistajan aikahorisontti on pääsääntöisesti lyhyempi ja korkovaatimus suurempi kuin yhteiskunnan. Yksilöiden taloudelliset intressit painottuvat lähitulevaisuuteen, enintään muutama vuosisikymmeniin. Sukuomaisuuskyseessä ollen intressi voi olla useita vuosikymmeniä. Tässä tarkoituksessa eri vaihtoehtojen edullisuusjärjestystä tulkitaan kolmen prosentin tuottovaatimusta korkeamman korkokannan mukaan eli 5...7 prosentin laskentakoroilla diskontattujen nettotulojen nykyarvona. Tulokset eri vaihtoehdoille on esitetty kuvaajina 1...10 prosentin korkokantoja käyttäen.

Odotusarvot lasketaan nykyarvomenetelmän mukaan siten, että eriaikaiset tulot ja menot siirretään yhteismitallisiksi tiettyyn ajankohtaan eli päätöksentekohetkeen, joka tässä tapauksessa on 25 vuoden ikäinen istutusmännikkö, kuten jo aiemmin on todettu. Eri ajankohtien väliset arvosuhteet (kertoimet) määräytyvät mekanistisesti diskonttausmenettelyllä korkoakorolle periaatteen mukaan. Eri vaihtoehdoille laskettu odotusarvo on sen tulosarjan nykyarvo.

↓ mikä on, ja on jokin muutt?

Männiköiden kasvatusta jatketaan tuotosmallien mukaan 25 vuoden ikävaiheesta alkaen. Hallinta- yms. vuotuiskestänsiakaan ei oteta laskelmissa huomioon, koska niitä arvioidaan aiheutuvan yhtä paljon eri vaihtoehdoissa. 25-vuotiaan männikön päätehakuusta ja sen jälkeisestä koivikon istutuksesta seuraa ensin päätehakuutulo, metsityskustannukset ja 7 vuoden kuluttua lisäksi taimikonhoidon kustannus. Tämän jälkeen tulonodotukset kertyvät harvennuksista ja päätehakuusta.

*Seuraava pitkäikäinen jatketaan!*

### 3.2 Tuotosmallit

Eri kasvatusohjelmien tuotosmallit on valittu ongelman kannalta mahdollisimman realistisiksi ja käytännön metsätalouteen soveltuviksi. Korjuukertymän tulee olla rationaaliseen hakkuuseen riittävän suuri. Männiköiden tuotosmallit valittiin siten, että taloudellisilla vertailulaskelmilla saadaan käsitys kiertoajan merkityksestä odotusarvoihin ja harvennusten lukumäärä valittiin siten, että harvennuspoistuma oli riittävän suuri koneellisen puunkorjuun kannalta.

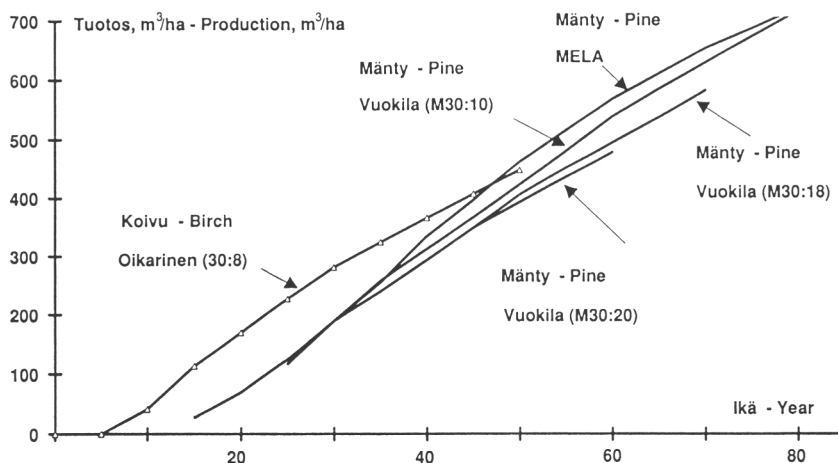
Tutkimuksen tuotosaineistoina on käytetty Metlan julkaisemia tuloksia kylvömänniköiden ja istutettujen rauduskoivikoiden kasvusta, tuotoksesta ja rakenteesta (Oikarinen 1983 ja Vuokila & Väliaho 1980). Viljelytavalla sellaisenaan ei ole juuri merkitystä hoidettujen talousmänniköiden tuotokseen. Lisäksi on käytetty Siitosen kehittämää MELA-mallia (metsälaskelma) männikön tuotosmallin konstruomiseksi (Ojansuu... 1991). Täydentäviä tuotosvertailuja on tehty Metlan pitkäaikaisten kestokokeiden ja Koiviston (1959) tuottotaulujen perusteella.

Kuvassa 4 on esitetty tuotostuoton kehitys iän funktiona tutkimuksessa käytettyjen männiköiden kasvatusmalleissa sekä vertailun vuoksi myös Oikarisen viljavamman rauduskoivikon tuotosmalli. Kuvasta 5 nähdään MELAan perustuva tuotosmalli sekä eräiden Metlan mailla kasvavien viljelymänniköiden tuotos ajan funktiona.

Mallien koodit viittaavat suoraan ko. julkaisussa käytettyyn luokitukseen. Esim. M30 tarkoittaa valtapituusboniteettia, jonka mukaan sata läpimitaltaan paksuinta mäntyä hehtaarilla saavuttavat 30 metrin pituuden kyseisellä kasvupaikalla sadassa vuodessa. Koodin jälkimmäinen osa kuvaa harvennusvoimakkuuden ja kiertoajan. Männiköiden harvennuskertojen lukumäärät ja kunkin mallin kiertoaika olivat seuraavat:

Malli	Harvennuksia	Kiertoaika
Vuokila-Väliaho (1980)		
M30:10	2	80
M30:18	2	70
M30:20	2	60
M30:20-malliin perustuen	1	50
MELAlla laadittu ennuste	5	85

Rauduskoivikoiden tuotusmallit valittiin siten, että ne vastaavat mahdollisimman hyvin Raulon ja Rokkosen koivukokeista saamia tuloksi siitä, miten viljelykoivikoita tulisi kasvattaa. Nykykäsitysten mukaan rauduskoivikon kiertoaika tulisi olla 50 vuotta (jopa 40 vuotta erittäin rehevillä mailla) ja harvennusten lukumäärä kaksi. Ensiharvennuksen



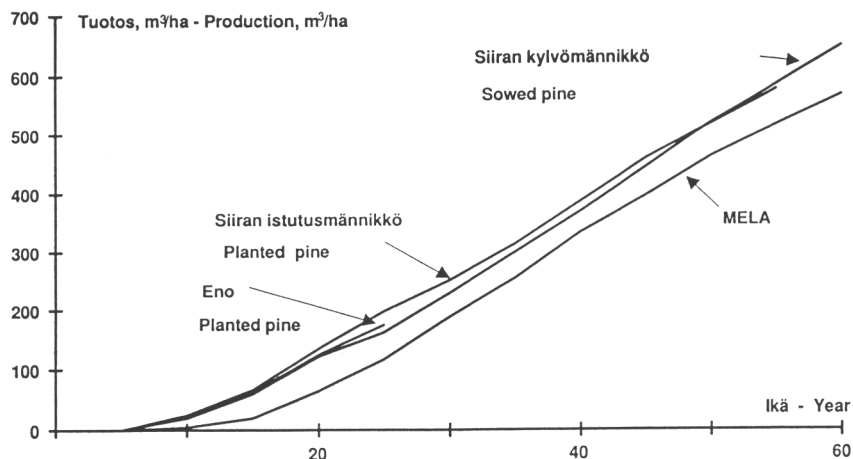
Kuva 4. Odotusarvolaskelmien lähtökohtina käytettyjen viljavien kasvupaikkojen männiköiden tuotusmallit ja Oikarisen koivikkomalli (30:8). Koivikon tuotos metsikön kiertoajan varhaisvaiheessa on nopeampaa kuin männikön, jonka kasvu jatkuu kiertoajan loppupuolellekin vielä korkeana.

Figure 4. The production models for pine stands growing on fertile sites and Oikarinen's silver birch model (30:8), which were used as points of departure in the expectation value calculations. During the first years of the rotation the production of birch is faster than that of pine, but the latter shows high growth rates still toward the end of the rotation.

jälkeisen runkoluvun tulisi olla 600-800 kpl/ha ja toisen 350-450 kpl/ha. Puutavaran rakenneluvut eri hakkuissa käyvät ilmi kyseisistä julkaisuista. Harvennuskertojen lukumäärät koivikoissa ja kunkin mallin kiertoaika olivat seuraavat:

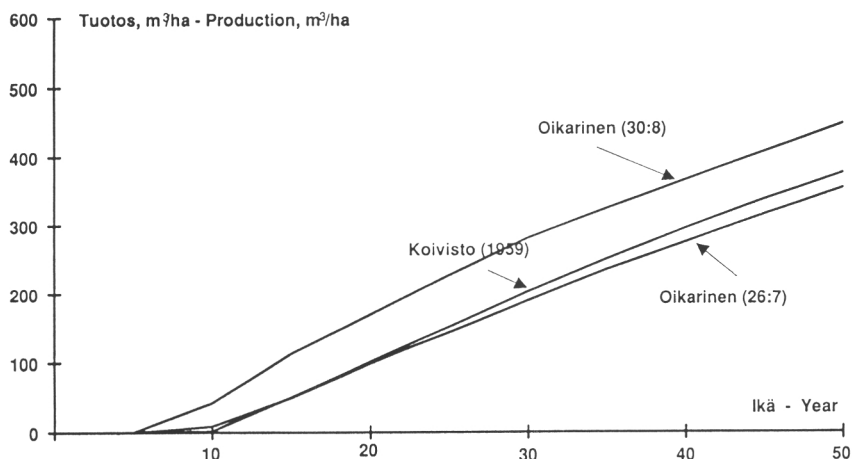
Malli	Harvennuksia	Kiertoaika
Oikarinen (1983)		
30:8	2	50
26:7	2	50

Kuvassa 6 on nähtävissä tutkimuksessa käytettyjen Oikarisen (1983) tuotosmallit ja vertailuaineistona Koiviston (1959) julkaisema koivikon vastaava tuotosmalli. Kuvasta 7 nähdään käytetyn Oikarisen mallin ja eräiden Metlan pysyvien koalojen tuotoslukuja.



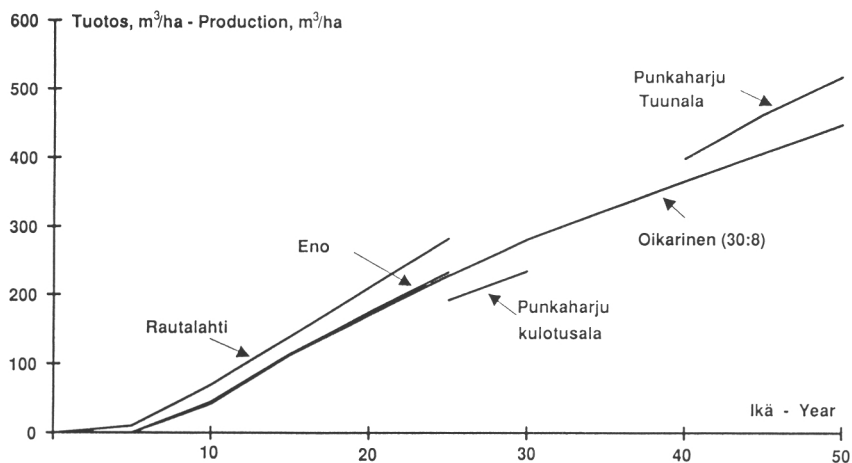
Kuva 5. MELAlla laadittu tuotosennuste ja eräiden Metlan pysyvien koalojen tuotoslukuja viljelymänniköistä. Siiran kylvömännikkö perustettiin keväällä 1927, jolloin kylvettiin kaskirukiin oraaseen 3 kiloa männyn siementä. Istutusmännikkö perustettiin 2 vuoden ikäisillä taimilla vuosina 1932-33. Enon Nesterinsaaren männikkö istutettiin kolmevuotisilla koulituilla taimilla vuonna 1965 viljavalle entiselle pellolle. Istutustiheys oli 2 500 tainta hehtaarille.

Figure 5. Pine production prognosis worked out with the MELA program and production figures from some of the Finnish Forest Research Institute's permanent sample plots in pine cultures. The sowed pine stand at Siira was established in the spring 1927 by sowing 3 kg pine seeds in a young rye crop in a burned-over forest area. The plantation was established in 1932-33 using 2-year-old plants. The pine stand at Nestesaari in the parish of Eno was planted in 1965 in a fertile former tilled area using 3-year-old transplants. Spacing was 2 500 plants per hectare.



Kuva 6. Odotusarvolaskelmien lähtökohdina käytettyjen viljavien kasvupaikkojen koivikoiden tuotusmallit Oikarisen mukaan (30:8 ja 26:7) ja luontaisesti syntyneen, toistuvien harvennuksin käsitellyn rauduskoivikon tuotos OMT-mailla (Koivisto 1959, s. 16-17).

Figure 6. Oikarinen's production models (30:8 and 26:7) for silver birch stands on fertile sites, which were used as points of departure in the expectation value calculations, and the production for comparison on Oxalis-Myrtillus site type of a silver birch stand treated with repeated thinnings (Koivisto 1959, pp. 16-17).



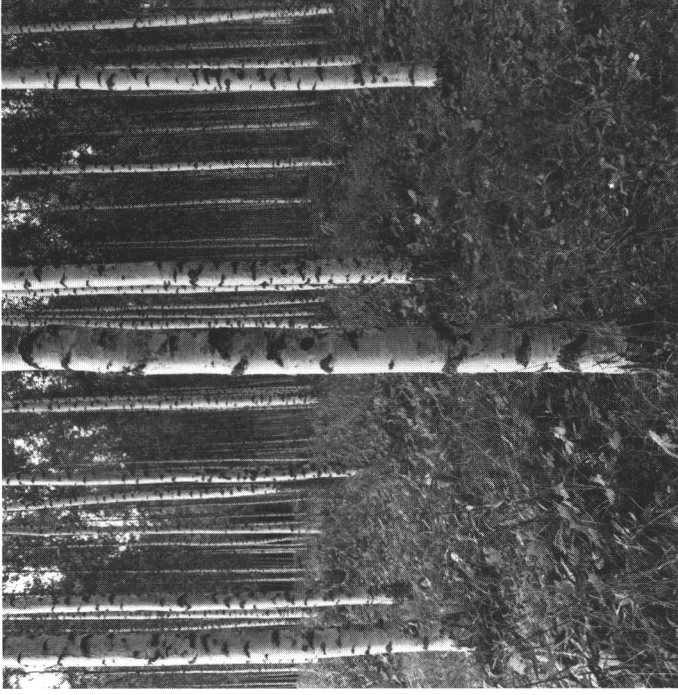
Kuva 7. Oikarisen (30:8) tuotusmalli ja eräiden Metlan pysyvien koealojen tuotoslukuja viljelykoivikoista. Enon Nesterinsaaren koivikko istutettiin kaksivuotisilla koulituilla taimilla vuonna 1965 viljavalle entiselle pellolle. Istutusitiheys oli 2 500 tainta hehtaarille. Rautalahten koivikko istutettiin vuonna 1965, Punkaharjun kulotusalan koivikko vuosina 1962-63 ja se on pluspuiden jälkeläistä. Punkarjun Tuunalan rauduskoivikko istutettiin vuonna 1937.

Figure 7. Oikarinen's production model (30:8) and production figures from some of the Finnish Forest Research Institute's permanent sample plots in silver birch cultures. The birch stand at Nesterinsaari, Eno, was planted in 1965 in a fertile former tilled area using 2-year-old transplants. Density was 2 500 plants per hectare. The Rautalahti birch stand was planted in 1965. The Punkaharju stand in a burned-over area was planted in 1962-63 using plus tree offspring. The silver birch at Tuunala, Punkaharju, was planted in 1937.



Kuva 8. Punkaharjun kulosalalle vuosina 1962-63 istutettu rauduskoivikko on laadultaan korkealuokkaista. Metsikön tuotos ei vastaa Rautalahden koivikoiden (kuva 9) tuotosta. Kasvipeite kertoo, että maan viljavuusluokka on asteen verran Rautalahden koivikoita heikempi.

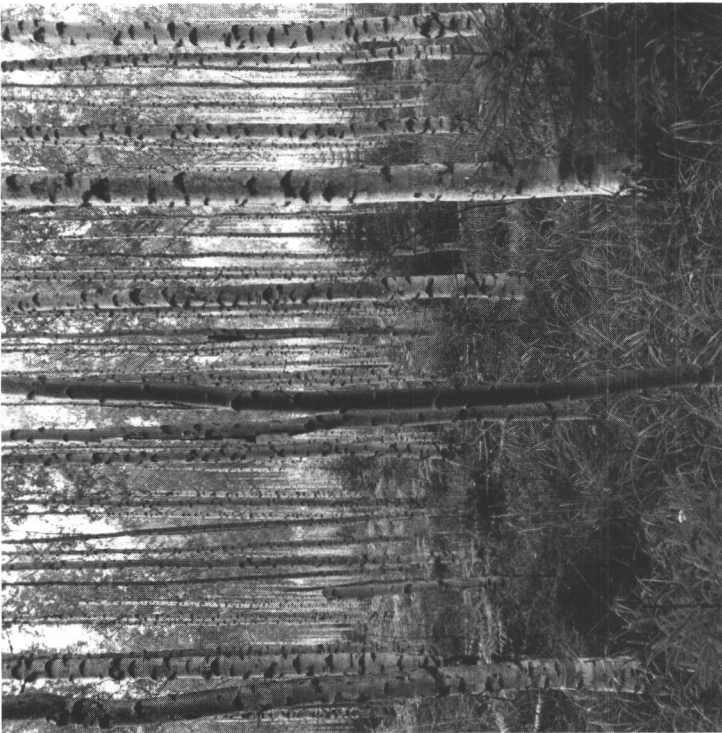
Figure 8. The silver birch stand planted in 1962-63 in a prescribed burned area in Punkaharju shows a high quality. The production of the stand does not reach the same level as the stands at Rautalahti (Fig. 9). The vegetation tells us that site fertility here is slightly poorer than at Rautalahti.



Kuva 9. Säynätsalon Rautalahden rauduskoivikko kasvaa entisellä pellolla, mikä vastaa maaperältään viljavimpia maita Suomessa. Mitattu tuotos ylittää Oikarisen laatimien mallien ennusteet. Myös laatukehitys näyttää ainakin ulkoisten tunnusten perusteella lupaavalta.

Figure 9. This silver birch stand grows at Rautalahti, Säynätsalo, in a former tilled area, the soil of which represents the most fertile ones in Finland. The production prognosis for the stand exceeds Oikarinen's models. The quality development looks promising, too, at least according to external appearance.





Kuva 10. Punkaharjun kulosalan rinnakkaiskoecala, jossa puustoa ei ole käsitelty istutuksen jälkeen lainkaan. Kuvaushetkellä (1992) runkoluku oli 2 800 kpl ja tilavuus noin 280 kuutiometriä hehtaarilla (vrt. kuvan 8 taustatiedot).

Figure 10. A reference plot in the over-burned area in Punkaharju, in which the tree stand has not been treated at all after planting. At the time the picture was taken (1992) the stem number was 2 800 per hectare and the volume about 280 m<sup>3</sup>/ha (cf. the background information for Fig. 8).



Kuva 11. Punkaharjun kulosalan koivikko on karsiutunut luontaisesti melko korkealle, kun metsikön perustamistiheys on ollut noin 3000 tainta hehtaarilla. Valopuun alaoksat kuolevat ja putoavat jo nuorella iällä. Kuvaushetkellä (1992) runkoluku on 450 kpl hehtaarilla ja metsikön ikä 30 vuotta (kuvan 8 metsikkö).

Figure 11. As plant density at the time of planting was about 3 000 plants per hectare, the birch stand growing in the burned-over area in Punkaharju has become self-pruned to a considerable height. The lower branches of light-demanding trees die and drop to the ground at a young stand age. At the time the picture was taken (1992) the stem number was 450 per hectare, and the age was 30 years (the stand in Fig. 8).



Kuva 12. Kulotusalan rinnakkaiskoealan latvusprojektiosta nähdään, että kova kilpailu valosta karsii tehokkaasti oksia, mutta tekee puista tuhoille alttiita. Luonnonpoistuma on metsikön 30 vuoden ikävaiheessa jo noin 5 prosenttia tilavuudesta (kuvan 10 metsikkö).

Figure 12. The crown projection of the trees in the reference plot in the over-burned area shows that competition for light is an efficient pruner; however, it makes the trees exposed to damages. As early as at the age of 30 years mortality is about 5 per cent of the stand volume (the stand in Fig. 10).



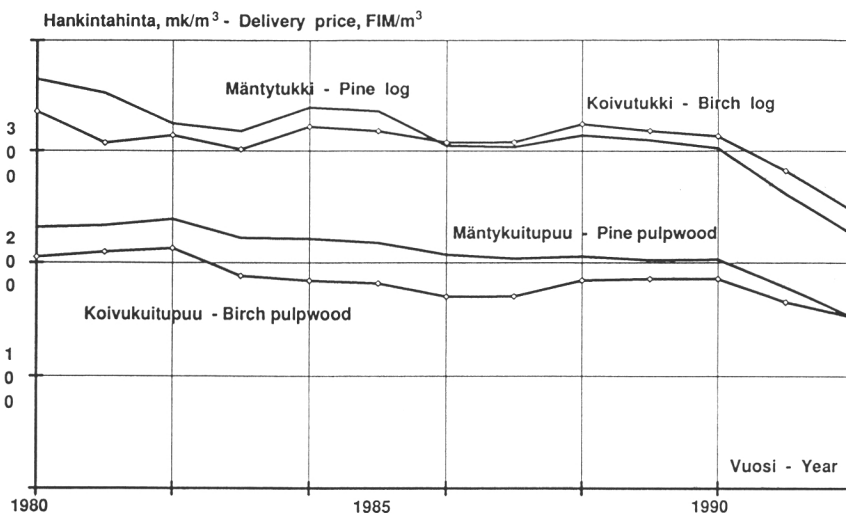
Kuva 13. Punkaharjun Tuunalan rauduskoivikko on yksi vanhimpia istutuskoivikoita. Se istutettiin vuonna 1937 ja siitä on luotettavat mittaustiedot metsikön perustamisesta alkaen. Millaista on vaneritukin laatu? Kuva on vuodelta 1988.

Figure 13. The silver birch stand at Tuunala, Punkaharju, is one of the oldest cultures in Finland. It was established in 1937, and reliable information from measurements of it has been obtained from the time of planting. What is the quality of the veneer timber to be obtained? The picture was taken in 1988.

### 3.3 Raakapuun hinnoittelu ja metsänhoidon kustannukset

Tuotsmäärät hinnoiteltiin vuosien 1980-1992 Etelä-Suomen (Oulun lääniin rajoittuva osa maata) keskimääräisillä kantomuunnoksilla ja ne muunnettiin vuoden 1992 hintatason mukaisiksi elinkustannusindeksin muuntokertoimilla. Männyn ja koivun eri puutavaralajien reaaliset hankintahinnat (deflaattorina elinkustannusindeksi) vuosina 1980-92 on nähtävissä kuvasta 14. Eri puutavaralajien reaalisten hankintahintojen keskiarvot tarkastelujakson aikana olivat vuoden 1992 rahan arvon mukaan seuraavat:

	Hankintahinta, mk/m <sup>3</sup>
Mäntytukki	312,00
Mäntykuitupuu	209,00
Koivutukki	307,10
Koivukuitupuu	184,10



Kuva 14. Männyn ja koivun puutavaralajien hankintahintojen kehitys 1980-1992 Etelä-Suomen alueella. Hankintahinnat on deflaoitu elinkustannusindeksillä vuoden 1992 rahan arvon mukaisiksi.

Fig. 14. Development of the delivery prices of pine and birch assortments during the period 1980-92 in southern Finland. The prices were deflated by the the cost of living index so as to correspond to the value of money in 1992.

Kantohinnat laskettiin vähentämällä hankintahinnoista korjuun keskimääräiset kustannukset eri hakkuutavoissa. Vähennetyt korjuukustannukset (mk/m<sup>3</sup>) koneellisessa hakkuussa hakkuutavoittain olivat seuraavat:

Ensiharvennus	120,-
Muu harvennus	80,-
Avohakkuu	58,-

Edellä nähtävät korjuukustannukset perustuvat edullisimpien tavaralajimenetelmien käyttöön puunkorjuussa. Kustannuksiin sisältyvät hakkuun ja metsäkuljetuksen kustannusten lisäksi työnjohto-, suunnittelu- ja mittauskustannukset. Näiden osuus on koneellisessa korjuussa 3...8 % korjuun kokonaiskustannuksista (Metsäntutkimuslaitos...1992, s. 43).

Tuotusmäärien hinnoittelussa ei katsottu aiheelliseksi käyttää 1980-luvun loppupuolella vallinneen hintasuositussopimuksen yksityiskohtaisia leimikon hinnoitteluperusteita. Niistä on sittemmin luovuttu sekä kilpailuviraston lausunnon että sopijaosapuolten ristiriitaisten näkemysten vuoksi. Leimikoiden hinnoittelun yksityiskohdat sinänsä oli sovittu markkinoilla muodostuvista hinta- ja kustannussuhteista.

Hintasuositussopimuksissa puutavaran kantohintaan vaikuttivat yhtäältä puuaineen jalostusarvo (mm. järeys ja laatu) ja korjuun kustannukset. Leimikon kantohinnan korjaustekijöinä olivat kuitupuun osalta leimikon keskimääräinen rinnankorkeusläpimitta ( $d_{1,3}$ , cm) ja leimikon tiheys (m<sup>3</sup>/ha) ja tukin osalta runkolajin käyttöosan järeys (m<sup>3</sup>/runko), leimikon tiheys kuten kuitupuulla ja mäntytukin laatuhinnoittelu arvioidun kuivaoksarajan perusteella.

Tämän tutkimuksen ongelmanasettelun kannalta ei ollut mielekäästä lähteä pienipiirteiseen ja yksityiskohtaiseen laadun ja hinnan arviointiin, koska vastaavia laadun huomioon ottavia tuotusmallejakaan ei ole käytettävissä. Korjuukustannusten kautta keskimääräisinä tulevat vähennyserät hankintahinnasta laskettuna on riittävän tarkka oletus leimikkotekijöiden vaikutuksesta puutavaran kantohintoihin.

Metsänhoidon kustannukset laskettiin Oulun läänin eteläpuolisella alueella olevien metsälautakuntien keskiarvona (metsätalastolliset vuosikirjat 1980-91) vuoden 1991 hintatason mukaan. Koivun uudistamisen kokonaiskustannukseksi tuli 4 620 mk/hehtaari,

johon sisältyi raivaus, muokkaus ja istutus. Taimikon hoito tehtiin 7 vuotta istutuksesta ja siihen arvioitiin kuluvan 760 mk/hehtaari. On huomattavaa, että metsänhoidon reaaliset yksikkökustannukset ovat nousseet 1980-luvulla, mutta nousu on taittunut 1990-luvulla (Metsäsektorin ...1992, s. 40).

Laskennassa on otettu huomioon paitsi hakkuutulot sellaisina kuin ne on arvioitu tuotosmalleissa myös paljaan maan arvo metsikön kiertoajan lopussa. Paljaan maan arvona on käytetty Metsäkeskus Tapiossa laadittujen summa-arvomenetelmän paljaan maan arvojen keskiarvoa Etelä-Suomen lehtomaisilla kankailla. Sen lukuarvona on 3 300 mk/hehtaari (Oksanen-Peltola 1990). Vaikka edellinen luku perustuu teoreettisiin laskelmiin, se voidaan tulkita myös jonkinlaiseksi markkina-arvon estimaatiksi. Vakioksi määritellyn arvon suuruus odotusarvona riippuu yhtäältä korkokannasta ja toisaalta odotusajan pituudesta. Lopputulosten kannalta tällä on kuitenkin melko vähäinen, lähinnä teoreettinen merkitys eikä se vaikuta vaihtoehtojen edullisuusjärjestykseen.

## 4 Tutkimustulokset

### 4.1 Heikon laadun aiheuttamat tappiot

Kannattavuuslaskelmien tulokset on esitetty graafisesti siten, että eri tuotosmallien perusteella laskettujen odotusarvojen muutokset nähdään korkokannan funktiona. Männiköitä koskevien laskelmien tulokset nähdään kuvista 15-19 ja rauduskoivikoiden tulokset kuvista 20-22.

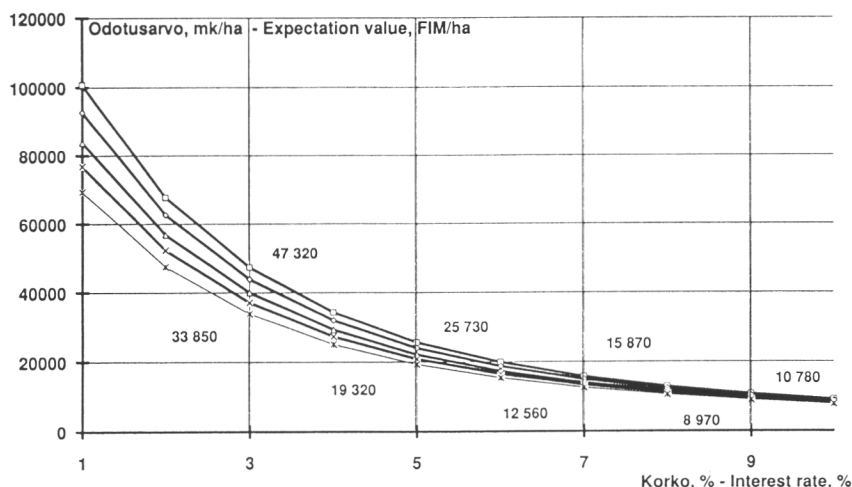
Ylin odotusarvoa kuvaava käyrä tarkoittaa vaihtoehtoa, jossa tukkiosuus vastaa 100 prosenttisesti tuotosmallissa esitettyä arviota sahatukin määrästä. Alemmilla tasoilla olevat käyrät kuvaavat oletuksia, joissa tukkiosuus pienenee tuotosmallin ennusteesta aina 25 prosentilla. Alin käyrä vastaa tilannetta, jossa kaikki männiköstä hakattava puu on kuitupuuta. Käyrien välinen ero, esimerkiksi 100 prosentin tukkiosuuden ja kaikki kuitupuuta vaihtoehdon välinen arvo, voidaan tulkita heikosta laadusta aiheutuvan laatutappion odotusarvon ylärajaksi.

Seuraavaan asetelmaan on otettu kuvassa 15 esitetyt, 3...9 prosentin korkokannoilla lasketut odotusarvot parhaassa ja huonoimmassa laatuennusteessa ja tappion suhteellinen pieneneminen. Laadun alenemisesta aiheutuva (puutavaralajisiirtymä tukista

kuitupuuhun) odotusarvon pieneneminen on enimmillään seuraava:

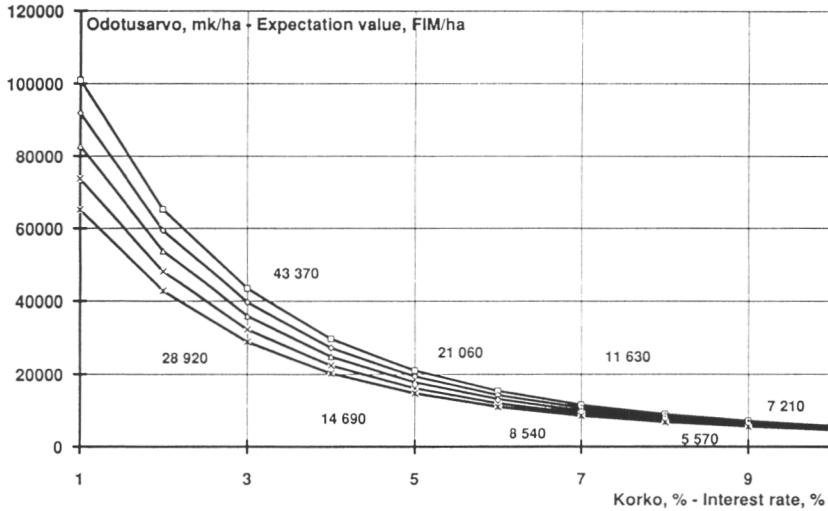
Korko, %	Laatutappion odotusarvon maksimi, mk/ha	Laatutappion osuus parhaan laatuennusteen odotusarvosta, %
3	13 470	28
5	6 410	25
7	3 310	21
9	1 810	17

Laadun heikkenemisestä aiheutuva odotusarvon aleneminen on enimmillään 25...30 prosenttia.

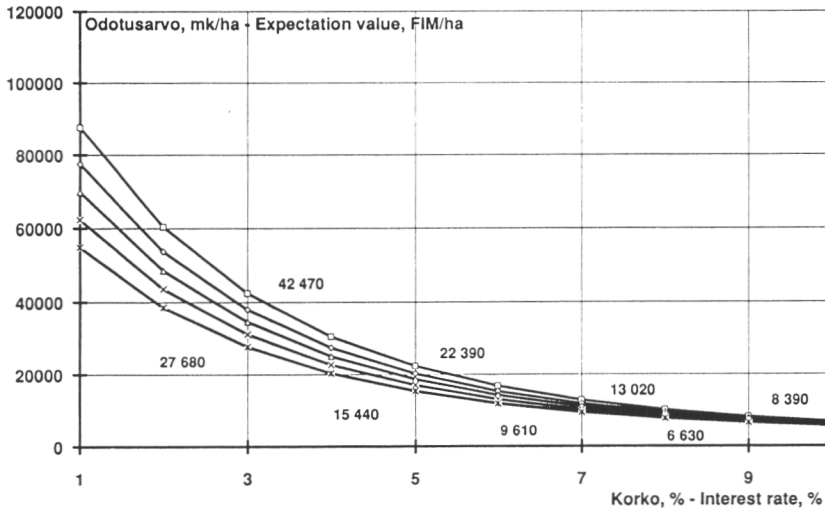


Kuva 15. MELAlla laadittuun tuotasmalliin perustuvat odotusarvot 25-vuotiaalle männikölle 1...10 prosentin korkokannoilla. Harvennuskertojen lukumäärä on viisi 85 vuoden kiertoajan kuluessa. Ylin käyrä vastaa oletusta, jonka mukaan kaikki tukin järeyden täyttävä puu on hinnoitettu sahatukkina. Käyrät alevassa järjestyksessä vastaavat oletusta, jonka mukaan tukkiosuus pienenee 25, 50, 75 ja 100 prosentilla ensin mainitusta vaihtoehdosta. Alin käyrä kuvaa siis olosuhteita, jossa koko tuotomäärä on kuitupuuta. Kuvaan on lisäksi merkitty korkeimmat ja alimmat nykyarvot kolmen, viiden, seitsemän ja yhdeksän prosentin korkokannoilla.

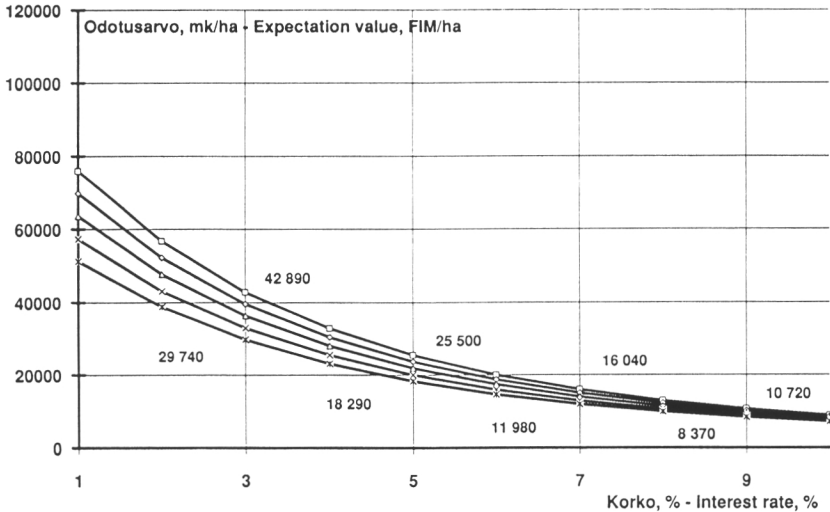
Fig. 15. The expectation values for 25-year-old pine stands based on the production model worked out with the MELA program were calculated using real interest rates between 1 and 10 per cent. The number of thinnings was five during a rotation time of 85 years. The uppermost curve corresponds to the assumption that all trees meeting the requirements on dimension were priced as saw-timber. The curves in descending order correspond to the assumptions that the proportion of saw-timber decreases by 25, 50, 75 and 100 per cent from the first-mentioned alternative. Thus, the lowest curve describes a situation in which the whole quantity of timber produced is pulpwood. Moreover, the figure shows the highest and the lowest present values at the interest rates of 3, 5, 7 and 9 per cent.



Kuva 16. Vuokila & Väliäho'n (30:10) tuotusmalliin perustuvat odotusarvot 25-vuotiaalle männikölle on laskettu 1...10 prosenttien korkokannoilla. Harvennuskertojen lukumäärä on kaksi ja kiertoaika tuotusmallissa on 80 vuotta (vrt. kuvan 15 seloste).  
 Figure 16. The expectation values for 25-year-old pine stands based on Vuokila's and Väliäho's (30:10) production model were calculated using interest rates between 1 and 10 per cent. The number of thinnings was two, and the rotation used in the production model was 80 years (cf. the explanation to Fig. 15).

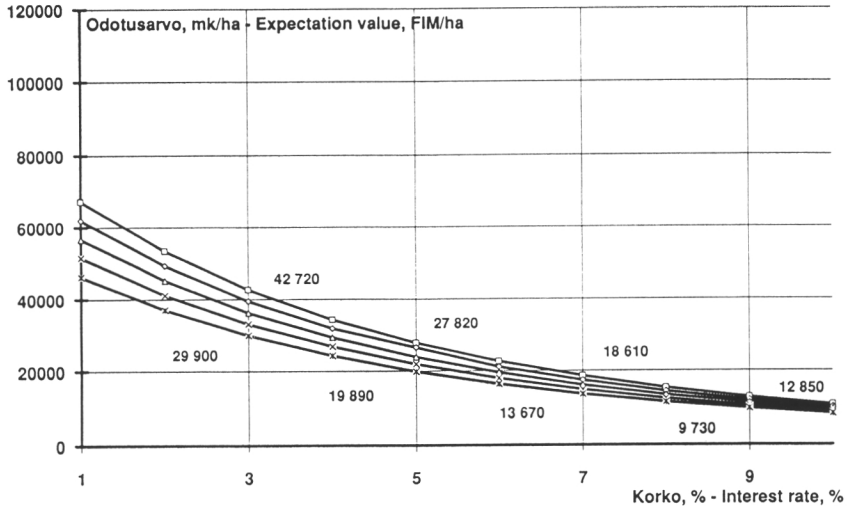


Kuva 17. Vuokila & Väliäho'n (30:18) tuotusmalliin perustuvat odotusarvot 25-vuotiaalle männikölle on laskettu 1...10 prosenttien korkokannoilla. Kiertoaika tuotusmallissa on 70 vuotta (vrt. kuvan 15 seloste).  
 Figure 17. The expectation values for 25-year-old pine stands based on Vuokila's and Väliäho's (30:18) production model were calculated using interest rates between 1 and 10 per cent. The rotation used in the production model was 70 years (cf. the explanation to Fig. 15).



Kuva 18. Vuokila & Väliäho (30:20) tuotosmalliin perustuvat odotusarvot 25-vuotiaalle männikölle on laskettu 1...10 prosenttien korkokannoilla. Kiertoaika tuotosmallissa on 60 vuotta (vrt. kuvan 15 seloste).

Figure 18. The expectation values for 25-year-old pine stands based on Vuokila's and Väliäho's (30:20) production model were calculated using interest rates between 1 and 10 per cent. The rotation used in the production model was 60 years (cf. the explanation to Fig. 15).



Kuva 19. Vuokila & Väliäho (30:20) tuotosmallin perusteella laadittu arvio tuotoksesta ja sen lähtökohdista on laskettu 25-vuotiaalle männikölle odotusarvot 1...10 prosenttien korkokannoilla. Kiertoaika tuotosmallissa on 50 vuotta (vrt. kuvan 15 seloste).

Figure 19. An estimate of the production and its points of departure based on Vuokila's and Väliäho's (30:20) production model were used in calculating expectation values for 25-year-old pine stands by interest rates between 1 and 10 per cent. The rotation used in the production model was 50 years (cf. the explanation to Fig. 15).



#### 4.2 Montako harvennuskertaa kiertoajan kuluessa?

Harvennuskertojen lukumäärän vaikutusta odotusarvoihin tarkastellaan pitkän kiertoajan mallien mukaan. Toisessa mallissa on viisi (MELA-mallin mukainen harvennusohjelma) ja toisessa kaksi harvennuskertaa kiertoajassa. Jälkimmäinen on Vuokilan M30:10-mallin mukainen.

Tuotosmallien keskeiset tunnusluvut ovat seuraavat:

	MELA	M30:10
Kiertoaika	85	80
Tuotos, m <sup>3</sup> /ha/v (kiertoajassa)	8,88	8,95
Poistuma päätehakkuussa, m <sup>3</sup> /ha	335	469
Tukkiosuus, % tuotoksesta	64,5	80,0
Tukkiosuus päätehakkuussa, %	77	95

Kuvista 15 ja 16 nähdään, että kun korkovaatimuksen vaikutus odotusarvoon on pieni (odotusarvot yhden prosentin mukaan laskettuina), vaihtoehdot ovat yhtä edullisia. Kun ajalle annetaan lisää painoarvoa päätöksenteossa eli nostetaan ajan arvostusta korkovaateena, jo kolmen prosentin korolla tiheästi toistuvat ja alhaiseen puustopääomaan tyytyvä vaihtoehto on vertailukohdettaan edullisempi. Mitä suurempi korkovaade asetetaan, sitä suhteellisesti edullisemmaksi tulee MELA-mallilla laaditun tuotosmallin soveltaminen. Hakkuiden siirtäminen myöhempään ajankohtaan pienentää odotusarvoa sitä enemmän, mitä korkeampaa laskentakorkoa käytetään.

Koneellisen korjuun näkökulmasta on pidetty suotavana, että korjuukertojen lukumäärää kiertoajan kuluessa pienennetään havumetsissä jopa yhteen. Viljavilla mailla, joilla puuntuotospotentiaali on suuri, on kuitenkin edullisempaa harventaa 10...15 vuoden välein kuin jättää harvennuskerrat vain 1...2 kertaan kiertoajassa.

#### 4.3 Mikä kiertoajaksi, jos sahatukia ei saada?

Seuraavaksi tarkastellaan kiertoajan ja puutavaralajijakauman keskinäisiä vaikutussuhteita edullisuusjärjestykseen ja männikön heikon laadun merkitystä puutavaralajisiirtymän kautta odotusarvoihin. Perinteisesti metsiköiden kasvatuksen

edullisuuslaskelmat ovat osoittaneet, että puutavaralajisiirtymä kuitupuusta sahatukiksi parantaa kannattavuutta merkittävästi ja lisää samalla kiertoajan pituutta (Nyyssönen 1958, s. 67). Tuotoksen rakenteella ja puutavaralajien hintasuhteilla on huomattava merkitys kiertoaikaan. Hintojen muuttuessa järeän puun hyväksi kiertoaika pitenee. Metsäkeskus Tapion ohjeelliset kiertoaikasuositukset lähtevät laskelmista, joissa metsikön arvokasvu muuttuu osin positiivisesta puutavaralajisiirtymästä.

Tuotosmalleina ovat M30:10 (80 vuoden kiertoaika), M18:18 (70 vuoden kiertoaika), M30:20 (60 vuoden kiertoaika) ja M30:20 malliin perustuva tuotosarvio (50 vuoden kiertoaika). Kolmessa ensin mainitussa metsikköä on harvennettu kaksi kertaa ja lyhyimmän kiertoajan mallissa kerran kiertoajan kuluessa. Näihin malleihin perustuvat laskelmat on esitetty kuvissa 16-19. Seuraavaan asetelmaan on koottu odotusarvot tulosten tulkinnan helpottamiseksi. Asetelmasta nähdään myös odotusarvojen suhteita kuvaavat luvut.

Kiertoaika	Korko, %	Odotusarvo, mk/ha		
		100 % tukkia	Kaikki kuitu- puuta	Suhdeluku
80	3	43 370	28 920	(67)
80	5	21 060	14 690	(70)
80	7	11 630	8 540	(73)
80	9	7 210	5 570	(77)
70	3	42 470	27 680	(65)
70	5	22 390	15 440	(69)
70	7	13 020	9 610	(74)
70	9	8 390	6 630	(79)
60	3	42 890	29 740	(69)
60	5	25 500	18 290	(72)
60	7	16 040	11 980	(75)
60	9	10 720	8 370	(78)
50	3	42 720	29 900	(70)
50	5	27 820	19 890	(72)
50	7	18 610	13 670	(73)
50	9	12 850	9 730	(76)

Kolmen prosentin korkokannalla odotusarvot ovat likimain yhtä suuret eri kiertoajoilla. Viiden prosentin ja sitä suuremmilla korkokannoilla odotusarvot suurenevat kiertoajan lyhetyssä. Metsänomistajalle on edullisinta kasvattaa viljavan kasvupaikan männikkö lyhyellä, noin 50 vuoden kiertoajalla, kun reaalin tuottovaatimus on vähintään viisi prosenttia.

Sen sijaan siihen, toteutuuko 100 prosenttisesti järeyden mukainen tukkiosuuden tuotos mallin mukaan vai saadaanko "räkämänniköstä" vain kuitupuuta, ei kiertoajan pituudella näytä olevan merkitystä. Jos viljavan maan männiköstä saadaan vain kuitupuuta odotetun järeyden mukaisen tukkiosuuden sijasta, odotusarvot pienenevät 25...35 prosentilla. Heikosta laadusta aiheutuva odotusarvon pieneneminen on enimmillään noin kolmannes odotettavista tuloista. Mitä korkeampi korkokanta, sitä pienempi on ero eri vaihtoehtojen välillä.

Jos nuori viljavan kasvupaikan 25-vuotias männikkö hakattaisiin, sen hakkuuarvo olisi noin 10 000 markkaa hehtaarilla eli noin kaksinkertainen metsikön perustamiskustannuksiin verrattuna. Jos se hakataan 50 vuoden ikäisenä ja kaikki puu on kuitupuuta, metsikön odotusarvo on yhdeksän prosentin korkovaatimuksen mukaan laskien 9 730 markkaa hehtaarilla. Tämän 25 vuoden periodin kuluessa puuston määrä lisääntyy 125 kuutiometristä hehtaarilla lähes 400 kuutiometriin hehtaarilla, jolloin männikön 25 vuoden keskikasvu on 10,7 m<sup>3</sup>/ha vuodessa.

Metsänomistajan on näin ollen mahdollista saada parhaassa kasvussa olevasta männiköstä, vaikkei siitä tulisi lainkaan tukkia, lähes 9 prosentin reaalin tuotto kasvattamalla metsikköä edelleen. Tämä on selvästi enemmän kuin useimmista muista metsätaloudellisista sijoitusvaihtoehdoista on mahdollista saada. Huomattakoon lisäksi, että jo 50 vuoden iässä tukkia on kokonaistilavuudesta 80 prosenttia, kun tukkiosuus lasketaan pelkästään puuston järeyden perusteella.

#### 4.4 Rauduskoivuko heikkolaatuisen männikön tilalle?

Mikäli nuori, 25-vuotias viljavan maan männikkö tulkitaan poikkeuksellisen heikon laatunsa vuoksi vajaatuottoiseksi, se voidaan uudistaa heti. Taloudellisessa mielessä kilpailukykyisimmäksi vaihtoehdoksi on arvioitiin, kuten jo aiemmin on todettu, koivun kasvatus. Viljelykoivikon kiertoaika 50 vuotta on havupuiden kasvatusta merkittävästi

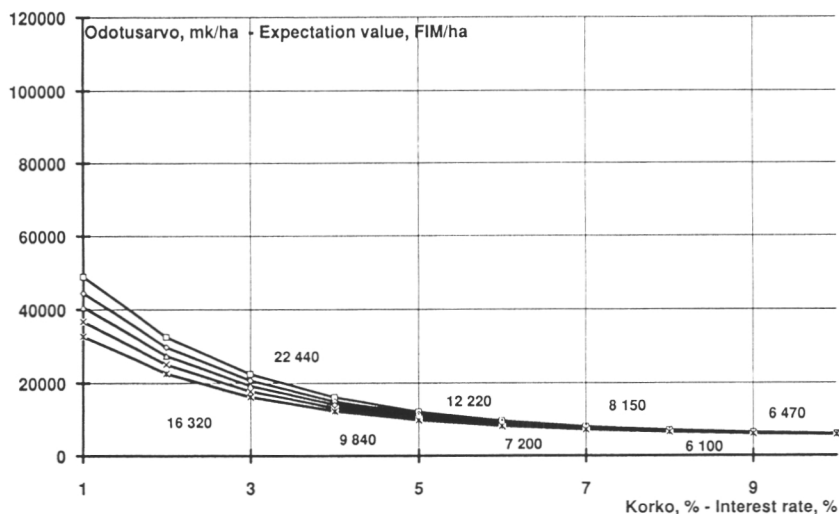
lyhyempi. Koivun eri puutavaralajien kantohintataso on puolestaan havupuutavaralajien tasolla (vrt. kuva 8).

Rauduskoivikon perustamista ja kasvatusta verrattiin seuraavassa männikön edelleen kasvatukseen odotusarvolaskelmilla. Vertauskohteena oli odotusarvoltaan paras männikkö eli 50 vuoden kiertoajan vaihtoehto, jossa odotusarvot on laskettu aiemmin käsiteltyjen eri tukkiosuussuhteiden perusteella.

Koivikon perustaminen merkitsee ensin nuoren männikön avohakkuuta, josta arvioidaan saatavan kuitupuuta hakkuuarvoltaan noin 10 000 markkaa hehtaarilta. Hakkuuarvo otettiin huomioon rauduskoivikon odotusarvossa. Avohakkuuta seuraa välittömästi koivikon viljely ja 7 vuoden kuluttua viljelystä koivutaimikon perkaus. Koivikon kasvatuksen arvioimisessa käytettiin kahta tuotosmallia; Oikarisen viljavampi malli (30:8) vastaa lehtoja ja hyviä entisiä peltoja ja toinen malli (26:7) reheviä, lähinnä OMT-metsätyyppejä vastaavia maita. Malleihin perustuvien odotusarvolaskelmien tulokset nähdään kuvista 20 ja 21.

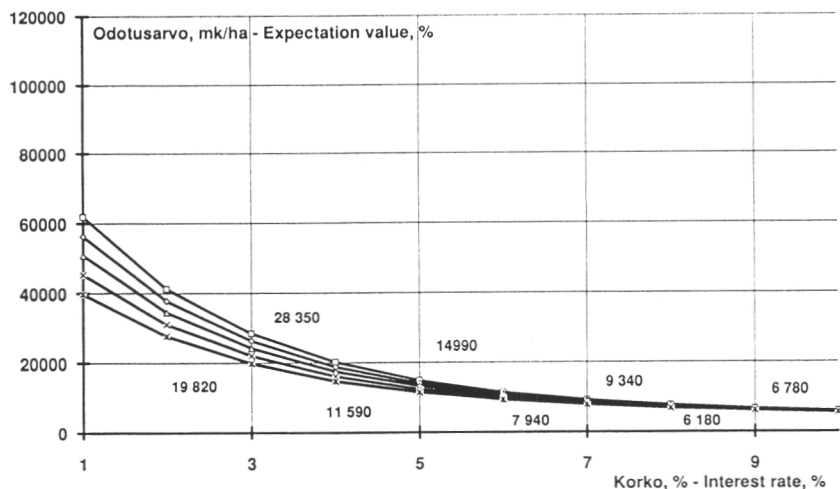
Seuraavaan asetelmaan on koottu odotusarvot tulosten tulkinnan helpottamiseksi. Suhdeluku kertoo, kuinka paljon odotusarvo suhteellisesti pienenee, jos puustosta saadaan järeydenmukaisen tukkiosuuden (100 % tukkia) sijasta vain kuitupuuta.

Puulaji/ tuotosmalli	Korko, %	Odotusarvo, mk/ha		
		100 % tukkia	Kaikki kuitupuuta	Suhdeluku
Mänty 50 vuoden kiertoaika	3	42 720	29 900	(67)
	5	27 820	19 890	(70)
	7	18 610	13 670	(73)
	9	12 850	9 730	(77)
Koivu 30:8	3	28 350	19 820	(65)
	5	14 990	11 590	(69)
	7	9 340	7 940	(74)
	9	6 780	6 180	(79)
Koivu 26:7	3	22 440	16 320	(69)
	5	12 220	9 840	(72)
	7	8 150	7 200	(75)
	9	6 470	6 100	(78)



Kuva 20. Oikarisen (26:7) tuotusmalliin perustuvat odotusarvot koivikolle on laskettu 1...10 prosenttien korkokannoilla. Kiertoaika tuotusmallissa on 50 vuotta (vrt. kuvan 15 seloste).

Fig. 20. The expectation values for silver birch stands based on Oikarinen's production model (26:7) were calculated using interest rates between 1 and 10 per cent. The rotation used in the production models was 50 years (cf. the explanation to Fig. 15).



Kuva 21. Oikarisen (30:8) tuotusmalliin perustuvat odotusarvot koivikolle on laskettu 1...10 prosenttien korkokannoilla. Kiertoaika tuotusmallissa on 50 vuotta (vrt. kuvan 15 seloste).

Fig. 21. The expectation values for silver birch stands based on Oikarinen's production model (30:8) were calculated using interest rates between 1 and 10 per cent. The rotation used in the production models was 50 years (cf. the explanation to Fig. 15).

Männikön edelleen kasvatus lyhyellä kiertoajalla on edullisempaa kuin koivikon istutus ja kasvatus kaikissa arvioiduissa tapauksissa, kun korkokanta on vähintään kolme prosenttia. Jos korkokanta on kolme prosenttia, viljavimpien kasvupaikkojen männikön edelleen kasvatus 50 vuoden kiertoajalla on likimain yhtä edullista kuin koivikon perustaminen ja kasvatus edellyttäen, että koivikosta saadaan järeyssuhteiden mukaan tukkia. Mitä korkeampaa laskentakorkoa käytetään, sitä edullisempaa on jatkaa männyn kasvatusta.

Edullisuusjärjestykseen vaikuttavat lähinnä koivikon perustamishetkellä maksettavat suurehkot viljelykustannukset ja koivikosta saatavien tulojen pitkä odotusaika. Korkea korkovaade pienentää tuotto-odotusten nykyarvoja voimakkaasti odotusajan kasvaessa.

Jos vaihtoehtoja lisäksi arvioidaan mahdollisten riskitekijöiden näkökulmasta, koivikon istuttamisen on laskelmissa oletettu onnistuvan ilman tuhoja. Koivikon metsityksissä on kuitenkin ollut monia tuhoja aiheuttavia tekijöitä, kun taas 25 vuoden iän jälkeen männikön kasvatuksessa on selvästi tätä vähemmän tuhojen todennäköisyyttä.

Tulonodotusaikojen näkökulmastakin männikön edelleen kasvatus on rauduskoivulle uudistamista edullisempi vaihtoehto. Tulot saadaan nopeammin ja varmemmin, mikä puoltaa ratkaisua yksityistaloudellisesti.

Ympäristö- ja maisemallisten seikkojen kannalta puulajin vaihtamista sen sijaan voisi joissakin erityistapauksissa pitää perusteltuna; saadaanhan koivikon istutuksella kuitenkin vaihtoehtoon verrattuna noin kolmen prosentin korkovaatimus täytetyksi. Toinen koivikoiden perustamista puoltava seikka on paheneva pula koivuraaka-aineesta.

#### 4.5 Jos vaneritukin hinta nousee!

Mänty- ja kuusisahatavarasta sekä kuitupuista valmistetaan ainakin osittain toisiaan korvaavia tuotteita. Tästä syystä on ilmeistä, ettei eri havupuulajien hintasuhteissa tule tapahtumaan kovin merkittäviä muutoksia. Niin ikään on ilmeistä, että myös koivukuitupuun hinta pysyy likimain samalla tasolla havukuitupuun hinnan kanssa.

Sen sijaan pääasiassa vanerin valmistukseen menevän järeän koivun hinta voi kohota. Eräissä tapauksissa korkealaatuisesta vanerikoivusta on maksettu jopa 1 000 markkaa

kuutiolta ja vaneriteollisuuden puustamaksukyky on parempi kuin sahojen ja paperiteollisuuden raaka-aineestaan.

"Harvennushakkuiden taloudellinen merkitys ja toteuttamisvaihtoehdot" -projektissa (1992) arvioitiin eri tuotteiden valmistuksen laskennallinen puustamaksukyky. Käsitteellä tarkoitetaan tuotannon nettotulojen summaa jaettuna raaka-aineen kulutuksella. Se voidaan tulkita korkeimmaksi hinnaksi, joka raaka-aineesta voidaan maksaa taloudellisesti mielekkäässä toiminnassa. Mittarin mukaan puustamaksukyky tulee suureksi tuotteissa, joissa raaka-aineen osuus lopputuotteen hinnasta on pieni.

Edellä mainitussa raportissa puustamaksukyvyt laskettiin eri tuoteryhmissä puutavaralajeittain suhteellisina lukuina siten, että mäntysahatavaraletille annettiin suhdeluku 100. Asetelmasta nähdään eri lopputuotteista johdetut puustamaksukyvyt raaka-aineelle:

Lopputuote	Raaka-aineen puustamaksukyky tehtaalla
Mäntysahatavara	100
Kuusisahatavara	81
Koivuvaneri	231
Valkaistu havusellu	51
Valkaistu lehtisellu	70
Sanomalehtipaperi	95

Näistä syistä koivikoiden kasvatuksen yhtenä vaihtoehtona on kokeiltu herkkyyksianalyyssin tekniikkaa käyttäen laskentaperusteita vaneritukille olettaen, että puutavaralajin hinta nousee 25, 50, 75, 100 ja 150 prosenttia nykytasolta (puutavarasta keskimäärin maksettu hinta vuosina 1980-1992 Etelä-Suomessa). Korkein arvio, eli vaneritukin hinnan nouseminen 2,5-kertaiseksi, vastaa likimain puustamaksukyvyn ylärajaa.

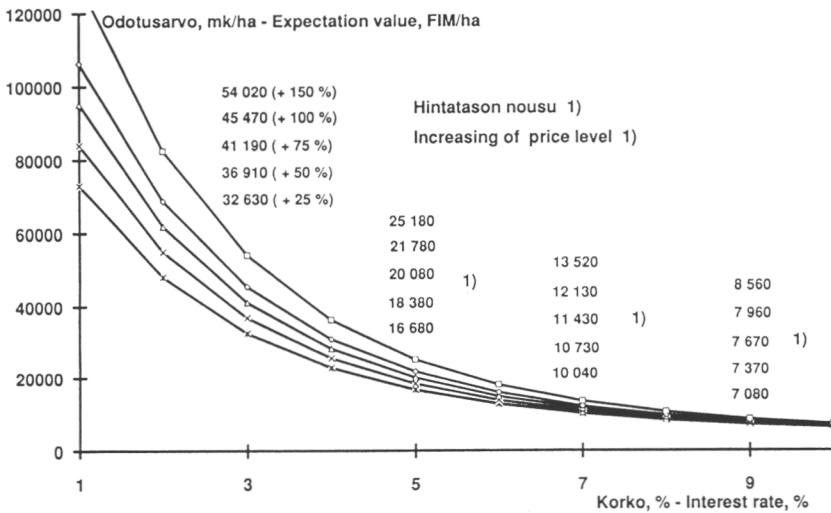
Kuvassa 22 on esitetty Oikarisen viljavampaan koivikkomalliin (K 30:8) perustuvat odotusarvolaskelmat olettaen, että vaneritukin kantohinta nousee 25, 50, 75, 100 ja 150 prosentilla vuosien 1980-92 hintatasolta. Laskelmien oletuksena on niin ikään se, että kaikki vaneritukin minimimitat täyttävä puu on laadultaan tukkia. Kuvassa on esitetty allekain myös vastaavat odotusarvot kolmen, viiden, seitsemän ja yhdeksän prosentin mukaan.

Koivikon odotusarvojen voidaan tulkita vastaavan edullisinta mahdollista vaihtoehtoa eli olosuhteita, jossa kaikki järeyssuhteiltaan tukin minimimitat täyttävä puu on vaneritukkaa. Männikön optimistisimman vaihtoehdon mukaan tukkiosuus (100 prosenttia tukkia) on järeyssuhteen mukainen arvio hakkuupoistuman rakenteesta. Sen sijaan melko pessimistisenä voitaneen pitää oletusta siitä, että männyn puutavaralajikoostumus on viljavimmilla mailla kokonaan kuitupuuta.

Seuraavaan asetelmaan on koottu männikön ja koivikon odotusarvot tulosten vertailun helpottamiseksi. Männikön tuotosmalli perustuu aiemmin mainittuun Vuokila-Väliahon julkaisuun (1980) ja koivikon malli Oikarisen (1983) tutkimukseen.

Puulaji/ tuotosmalli	Korko, %	Hinta- taso	Odotusarvo, mk/ha	
			100 % tukkia	Kaikki kuitupuuta
Mänty 50 vuoden kiertoaika	3	100	42 720	29 900
	5	100	27 820	19 890
	7	100	18 610	13 670
	9	100	12 850	9 730
Koivu 30:8	3	125	32 630	
		150	36 910	
		175	41 190	
		200	45 470	
		250	54 020	
Koivu 30:8	5	125	16 680	
		150	18 380	
		175	20 080	
		200	21 780	
		250	25 180	
Koivu 30:8	7	125	10 040	
		150	10 730	
		175	11 430	
		200	12 130	
		250	13 520	
Koivu 30:8	9	125	7 080	
		150	7 370	
		175	7 670	
		200	7 960	
		250	8 560	





Kuva 22. Oikarisen (30:8) tuotosmalliin perustuvat odotusarvot koivikolle on laskettu 1...10 prosenttien korkokannoilla ja olettaen, että vaneritukin hinta nousee vuosien 1980-92 hintatasolta 25, 50, 75, 100 ja 150 prosenttia. Odotusarvot on lisäksi esitetty allekain kolmen, viiden, seitsemän ja yhdeksän prosenttien korkokantojen mukaan.

Fig. 22. The expectation values for birch stands based on Oikarinen's production model (30:8) were calculated using interest rates between 1 and 10 per cent and assuming that the price of veneer logs increases from the price level during the period 1980-92 by 25, 50, 75, 100 and 150 per cent. Moreover, the expectation values are showed in the figure under each other for interest rates of 3, 5, 7 and 9 per cent.

Likimain yhtä edulliset vaihtoehdot kolmen prosentin laskentakorolla saadaan odotusarvoille, jos männiköstä tulee vain kuitupuuta ja vaneritukin hintataso nousee 25 prosentilla. Viiden prosentin korolla vastaavasti koivutukin hinnan tulee nousta 50 prosentilla, jotta 25-vuotias männikkö kannattaa kaataa ja sen tilalle istuttaa koivikko. Ja edelleen korkovaatimuksella seitsemän prosenttia koivutukin hinnan tulisi kohota 150 prosentilla, jotta puulajin vaihto olisi mielekästä. Jos korkovaatimus nostetaan yhdeksään, männyn kasvatus ja pelkän kuitupuunkin tuottaminen on edullisempää kuin koivun istutus vanerikoivun hintatason 150 prosentin noususta huolimatta.

Vanerikoivun kantohintatason nousua 50 prosentilla ei sinänsä voitane pitää mahdottomana varsinkaan, jos samalta paikalta saadaan kertakorjuulla suurehko määrä korkealaatuista tukkia. Nykyisin vaneritukit tulevat havupuustoista sekapuuna, jolloin tätä puutavaralajia saadaan pieninä erinä, mikä nostaa korjuun ja kuljetuksen kustannuksia. Viljelykoivikoista sen sijaan on mahdollista saada suurehkoja korjuueriä. Olettaen kantohintatason nousevan 50 prosentilla saataisiin 5 prosentin mukaan

laskettuna yhtä edullinen vaihtoehto koivikon perustamisen ja männikön edelleen kasvattamisen kanssa, vaikka männiköstä saataisiin vain kuitupuuta.

Viljelykoivikoiden puutavaralajisuhteista harvennus- ja päätehakuissa on kuitenkin toistaiseksi niukasti tietoja. Tietävästi maassamme ei ole tehty yhtään koesahausta, jossa olisi selvitetty viljelymänniköiden ja -koivikoiden puutavaralajisuhteiden osuudet ja tukkien laatujakauma koko kiertoajalta. Lisäksi on selvää, että eri puutavaralajisuhteet ja niiden tukkien laatujakauma vaihtelevat runsaasti alueittain, metsikön perustamistavoittain ja sen suhteen, millainen on ollut taimikon varhaiskehitys.

## 5 Tulosten tarkastelu

### 5.1 Tulosten luotettavuuden arviointi

Nuoren viljavalle maalle istutetun männikön metsänhoidollisten vaihtoehtojen arviointi perustuu puuntuotannosta ennakoitaviin nettotulonodotuksiin ja niiden arvostamiseen arviointihetkellä. Arviointikohteena oli tässä tutkimuksessa 25 vuoden ikäinen männikkö. Tuotosmäärien arviot on saatu puuntuotostutkimuksissa kehitetyistä tuotosmalleista (Vuokila & Väliaho 1980 ja Oikarinen 1983) ja yhtenä lähtökohtana tuotosarviolle oli MELA-malli (Ojansuu... 1991). Tämän lisäksi mallien tuotosmääriä on verrattu eräisiin Metlan pisyvien kokeiden mittaustuloksiin (vrt. kuvat 5 ja 7).

Tuotosmäärien arvioita voidaan pitää riittävän luotettavina tällaisten laskelmien kannalta. Eri mallien tulokset ovat loogisia ja tulokset lähellä toisiaan, mikä voidaan havaita vertaamalla eri lähtökohtiin perustuvia malleja keskenään. Odotusarvojen laskennassa käytetään tuotosmallien puutavaralajien rakennetta.

Rungon heikosta laadusta aiheutuvien tulonodotusten vähenemisen arviointi perustuu oletuksiin, koska istutusmetsien puun laatua ei toistaiseksi tunneta riittävästi. Tukkiosuus pienenee edullisimmasta vaihtoehdosta (tuotosmallin mukaisesta arviosta saadaan rungon järeyteen perustuen 100 prosenttia tukkia) asteittain siten, että huonoimman vaihtoehdon mukainen eli koko tuotosmäärä on kuitupuuta. Tällaisen haarukoinnin, herkkyysanalyysin, kautta saadaan käsitys tuottotappioiden odotusarvojen suuruudesta.

Hinta- ja kustannustasot laskettiin vuosien 1980-1992 keskiarvoina. Vuoden 1992

loppupuoliskon laman olosuhteissa ja kantohintojen 30...40 prosentin laskun jälkeen hinnoitteluperusteita voidaan pitää laskenta-ajankohdan näkökulmasta yliarvioina. On kuitenkin huomattava, että laskelmien tulokset tulee tulkita suhteellisiksi keskinäisiksi vertailuluvuiksi eikä absoluuttisiksi nykyarvoiksi. Jos hinta- ja kustannustasojen keskinäiset suhteet pysyvät edes likimain ennallaan, myöskään eri vaihtoehtojen edullisuusjärjestys ei muutu. Lisäksi on huomattava, että puulajit (puutavaralajit) ovat jalostuksessa ainakin osaksi toisiaan korvaavia, jolloin niiden hintasuhteissa tuskin tapahtuu merkittäviä muutoksia.

Koivuvaneri on pitkälle jalostettu erikoistuote, jonka kysyntä voi lisääntyä ja hintataso nousta. Merkkejä tästä on ollut 1980-luvulla ja veneriteollisuudella on arvioitu olevan parempi puustamaksukyky kuin muilla metsäteollisuuden aloilla. Tässä tarkoituksessa on myös evaluoitu sitä, miten mahdollinen vaneritukin hinnannousu vaikuttaisi odotusarvoihin. Kysymykseen liittyy kuitenkin monia epävarmuustekijöitä, joista ehkä merkittävin on viljelykoivikoista todella saatavan tukkisadon laatujaakauma.

Odotusarvot on laskettu tavanomaisella diskonttausmenettelyllä, joka on laskentateknisesti yksinkertainen ja helppo. Menetelmän käyttö sen sijaan nojaa täydellisten pääomamarkkinoiden vahvoin oletuksiin (esim. Hämäläinen 1973, s. 94), jotka eivät kuitenkaan käytännössä pidä paikkaansa. Tästä huolimatta menetelmä on vakiintunut puuntuotannon edullisuuslaskelmiin, joskin toisenlaisiakin aikapreferenssiratkaisuja on esitetty (Hanneliuss 1986) olosuhteista, joissa ostajat joutuvat tekemään aitoja sijoituspäätöksi lainamarkkinoiden olosuhteissa.

Jos odotusajat ovat likimain yhtä pitkät, kuten esim. tässä työssä arvioitu 25-vuotiaan istutusmännikön edelleen kasvatus kiertoaajan loppuun (80...85 vuotta) ja koivikon perustaminen ja kasvatus 50 vuoden kiertoaajalla, vaihtoehtojen edullisuusjärjestys ei muutu, vaikka diskonttausmenettelyssä käytettäisiinkin erilaisia aikapreferenssioletuksia.

Paljaalle maalle annettiin vakioarvo (3200 mk/ha) kiertoaajan päätyttyä. Maan arvon merkitys jää pitkän aikavälin laskelmissa kuitenkin vähäiseksi - sitä merkityksettömämmäksi, mitä korkeampaa korkoa käytetään. Esim. 50 vuoden päästä sen vaikutus odotusarvoon on kolmen prosentin mukaan 730 mk/ha, viiden prosentin korolla arvioiden 280 mk /ha ja seitsemän prosentin mukaan 70 mk/ha. Paljaan maan arvo voidaan tulkita eräänlaiseksi markkina-arvon estimaatiksi tai seuraavan puusukupolven kasvattamisesta odotettavaksi nettotuottojen nykyarvoksi.

## 5.2 Metsänhoidolliset johtopäätökset

Männiköitä on viljelty 1950-luvun lopulta lähtien Etelä-Suomessa ravinteisuudeltaan vähintään mustikkatyyppiä vastaaville kasvupaikoille runsaasti. Jakson alussa viljely painottui kylvöihin, mutta myöhemmin istutus on lisääntynyt. Viljavuuden ohella kasvukauden edulliset lämpöolot ja väljä esteetön kasvutila luovat olosuhteet, joissa rungon paksuuskasvu ja oksikkuus ovat täysin toista luokkaa kuin missä luontaisesti syntyneet männiköt ovat kehittyneet (Kellomäki & Tuimala 1981, Varmola 1981 Huuri ym. 1987). Taimikkovaiheen kasvunopeus on osoittautunut parhaaksi sahapuun laadun kriteeriksi (Halinen 1985, Uusvaara 1985).

Luontaisesti syntyneet männiköt kasvavat pääasiassa kuivahkoilla ja kuivilla kankailla ja ne ovat yleensä kasvaneet taimikkovaiheessa hitaasti siemenpuiden varjostuksessa. Kun viljelymänniköitä on totuttu vertaamaan täysin toisenlaisissa olosuhteissa kasvaneisiin luonnonmetsiin, ne ovat saaneet osakseen ulkoisen laatunsa vuoksi voimakasta arvostelua. Huomattakoon, ettei viljaville kasvupaikoille luontaisesti syntyneiden männiköiden laatukaan ole juuri sen parempi kuin viljelymetsien (Heiskanen 1965). Toisaalta on todettu, ettei istutusmänniköiden laatu aina muodostu edes männyn luontaisilla kasvupaikoilla paremmaksi kuin viljavilla mailla (Varmola 1982).

Viljelymänniköiden tiliin on luettu myös monien tuhojen yleistymisen. Viljavaan kasvupaikkaan liittyy ekosysteemin suuri biomassan tuotos, jota hyödyntävät kasvinsyöjät. Tätä kautta myös viljelty mänty joutuu mm. osaksi hirvien ja myyrien ruokavaliota. Sienitaudeista männynversoruostetta (*Melampsora pinitorqua*) ja versosurmakkaa (*Gremmeniella abietina*) sekä nisäkkäistä hirveä ja myyriä on pidetty erityisesti viljelymänniköitä vaivaavina tuhon aiheuttajina. Ne voivat pahimmillaan tappaa puun, mutta yleisimmin aiheuttavat laatuvaurioita. Syyshaavakan (*Phacidium coniferum*) on todettu lisääntyneen, jos männiköitä on pystykarsittu syksyllä.

Viljelymänniköiden laadun heikkeneminen on ollut ilmeistä tapauksissa, joissa on käytetty alueelle soveltumatonta siemenalkuperää. Istutusmänniköissä laatu on usein heikompaa kuin kylvömänniköissä.

Kaikki edelliset tekijät merkitsevät ongelmien kasautumista, kun tehdään päätöstä männyn viljelemiseksi viljavalle kasvupaikalle. Puulajin valinta ja kasvatustapa ovat aina olleet vaikeita ja monipuolista harkintaa vaativia ratkaisuja. Yksi vaihtoehto

vähentää riskejä päätöksenteossa on metsänuudistamisen sekastrategiat, jolloin metsän perustamisessa käytetään sekä luontaista uudistamista että viljelyä ja kaikkia kolmea pääpuulajia.

Metsäntutkimuslaitoksen vanhimpia istutuskoivikoita ja -männiköitä 1920- ja 1930-luvuilta tulisi ennakkoluulottomasti käyttää laatututkimusten aineistoiksi. 1950-luvulta alkaneen voimakkaan viljelymetsätalouden ekspansiivisen kauden tulokset alkavan kypsyä päätehakkuikäisiksi metsiköiksi laajoilla pinta-aloilla ensi vuosituhanen alussa. Tällöin viimeistään tulisi tietää, millaisia laatujakaumia on odotettavissa.

Koska viljelymetsistä hakattavan puuston tavaralajirakenteen laatujakauma päätehakkuuvaiheessa ilmeisesti eroaa luontaisesti syntyneistä metsistä, näiden ohjeelliset hoitotavat ja kiertoajat tulisi arvioida. Yksi kysymys koskee sitä, millaista kiertoaikaa tällaisissa metsiköissä olisi edullisinta käyttää, jos puutavaralajisiirtymää ei ole odotettavissa?

Se mahdollisuus, ettei männiköstä saataisi lainkaan sahapuuta, vaikuttaa merkittävästi metsänkasvatuksen kannattavuuteen. Jos tukkia ei saada lainkaan, puuston hakkuuarvo päätehakkuussa alenee lähes puolella. Jos viljavien männiköiden puuntuotannossa saadaan vain kuitupuuta, kuten tutkimuksen eri laskentavaihtoehtojen hahmottelussa on todettu, metsikössä ei tapahdu lainkaan positiivista arvokasvun (puutavaralajisiirtymän) vaihetta. Runkojen järeytyminen tosin vaikuttaa edullisesti korjuukustannuksiin, jolloin tätä kautta runkopuun yksikköhinta kuitenkin nousee.

Mitä pienempi on puutavaralajisiirtymän vaikutus metsikön arvokasvuun, sitä lyhyempään kiertoaikaan on syytä pyrkiä ja päinvastoin. Myös sahatukkien laatuvaatimusten viimeaikaisen kiristymisen vuoksi kuitupuun siirtymät tukkipuiksi ovat pienentyneet. Sekin voisi olla yhtenä syynä tarkistaa kiertoaikalaskelmia.

Tutkimuksen odotusarvolaskelmien perusteella voidaan arvioida, että pelkän mäntykuitupuun kasvatuksessa tulisi kiertoaikoja lyhentää nykysuositusten mukaisesta 70...80 vuodesta 20 vuodella.

Viljavaan maahan liittyy korkea puuntuotospotentiaali. Tällaisten maiden männiköiden harvennuksia on edullisempaa aikaistaa kuin siirtää niitä myöhemmin toteutettaviksi. Hyvän kasvun (metsikön kasvatusvaiheen aikana 10...12 m<sup>3</sup>/ha/v) vuoksi

harvennuskertymistä tulee riittävän suuria verraten lyhyidenkin harvennusvälien (8...15 vuotta) kuluessa, jotta pystytään käyttämään hyväksi rationaalisen puunkorjuun skaalaetu.

### 5.3 Huonolaatuisen istutusmännikön vajaatuottoisuus

Viljavan kasvupaikan huonolaatuinen mutta hyväkasvuinen istutusmännikkö ei ole missään olosuhteissa vajaatuottoinen eikä sille löydy puuntuotannollisesti eikä taloudellisesti puuston edelleen kasvatusta kilpailukykyisempää vaihtoehtoa. Jos männiköstä ei saada tukkia lainkaan, tuottotappion suuruus on enimmillään noin kolmannes odotusarvon kriteerillä arvioituna edullisimpaan mahdolliseen vaihtoehtoon verrattuna.

Sen sijaan jos männikössä on erittäin pahoja laatua alentavia tuhoja ja metsiköstä on tullut vajaapuustoinen, kohde on ilmeisesti vajaatuottoisena uudistettava. Tapion metsähoitosuosituksen maininta hyväkasvuisen ja poikkeuksellisen huonolaatuisen männikön vajaatuottoisuudesta on todennäköisesti sisällytetty ohjeisiin ilman, että olisi laadittu taloudellisin perustein vaihtoehtolaskelmia.

Vajaatuottoisten ja viljavien maiden metsien pääsääntöinen käsittely on avohakkuu ja viljely. Vajaatuottoisiksi luokiteltavien metsien uudistamisen voidaan käyttää metsäparannusvaroja. Rahoitusedellytyksiä harkittaessa verrataan jo alueella kasvavan puuston hakkuuarvoa keskimääräisiin viljelykustannuksiin. Jos hakkuuarvo on Etelä-Suomessa enintään kaksinkertainen viljelykuluihin verrattuna, rahoitus voidaan myöntää. Pohjois-Suomen huonommissa kasvuoloissa hakkuuarvo voi olla vastaavasti enintään nelinkertainen (Kiviniemi 1992, s. 201).

Etelä-Suomen 20...25-vuotiaiden viljelymänniköiden puuston keskitilavuus on 100...140 kuutiometriä hehtaarilla ja mäntykuitupuun hinta 50...70 markkaa kuutiolta, joten tällaisten metsiköiden puuston hakkuuarvo on 5000...10000 markkaa hehtaarilla. Koivikon perustamiskustannukset ovat suuruusluokkaa 5000 markkaa hehtaarilta (1992), joten useimmissa viljavan kasvupaikan huonolaatuisessa männikössä viljely voitaisiin rahoittaa metsäparannusvaroin.

#### 5.4 Onko pystykarsinnasta hyötyä?

Vaikka viljavimpien kasvupaikkojen männiköitä voidaan pitää huonoina pystykarsintakohteina, laatuharvennuksella, valinnalla ja kaksivaiheisella karsinnalla osalla kohteista löytynee sopivia puita karsittaviksi. Jo paksuoksaiseksi (yli 25 millin paksuiset oksat) tulleen männikön pelastamiseen pystykarsinnasta on tuskin apua. Viljavuudesta on sikäli etua, että rungot kasvavat ja kyljestyvät nopeasti. Jos puun sädekasvu on 3 millimetriä vuodessa, 20 millin paksuisen oksan kyljestykseen kuluu noin 15 vuotta (Pystykarsintaohjeet... 1986).

Tutkimuksessa tehtiin erilaiset oletukset väljennys- ja päätehakkuun poistuman rakenteesta. Näiden perusteella laskettiin vastaaville metsiköille odotusarvot ja odotusarvojen erotukset. Jos esimerkiksi verrataan laadultaan parhaan (100 prosenttia tukkia tuotosmallin ennusteesta) ja vain kuitupuuta tuottavan vaihtoehdon odotusarvojen erotusta eri korkokannoilla, saadaan käsitys siitä, kannattaako pystykarsintaan sijoittaa. Tällaisia arvioita voidaan tehdä pitkän kiertoaajan männikön tuotosmallin pohjalta.

Seuraavaan asetelmaan on koottu laskelmista odotusarvojen erotukset parhaan (100 % tukkia tuotosmallin ennusteesta) ja huonoimman (kaikki kuitupuuta) vaihtoehdon välillä sekä erotukset 50 % tukkia tuotosmallin ennusteesta ja huonoimman vaihtoehdon välillä. Jälkimmäinen vaihtoehto vastaa lähinnä tilannetta, jossa pystykarsinnalla saadaan korkealaatuinen tyvitukki muun osan rungosta jäädessä oksaisena kuitupuuksi. Tuotosennuste perustuu MELA-malliin ja odotusarvojen erotukset ovat eri korkokannoilla seuraavat:

Korko, %	100 % tukkia - kaikki kuitupuuta	50 % tukkia - kaikki kuitupuuta
	Odotusarvojen erotus, mk/ha	
3	13 470,-	7 320,-
5	6 410,-	3 540,-
7	3 310,-	1 900,-

Lukuarvojen perusteella voidaan karkeasti päätellä, että jos pystykarsinnalla voidaan ylisummaan varmistaa sahatukin saaminen päätehakkuussa, pystykarsintaan kannattaa sijoittaa työstä keskimäärin aiheutuvat kustannukset, noin 2 000 markkaa hehtaarilta

(1991). Jos tukkia saadaan arviolta vain puolet tuotosmallin mukaisesta ennusteesta, sijoitus pystykarsintaan on siinäkin tapauksessa kannattava eli siitä on odotettavissa seitsemän prosentin reaalin tuotto. Kannattavuutta arvioidessa on otettava huomioon, että pystykarsitun männikön sahatukeista on ilmeisesti saatavissa korkeampi kantohinta kuin keskimääräisistä sahatukeista. Tämä parantaisi edelleen sijoituksen kannattavuutta. Toisaalta ottaen huomioon puiden koko ja oksien paksuus rehevän kasvupaikan männikkö olisi karsittava 2-3 kertaa.

Kärkkäinen (1982) laati tutkimuksen karsituista ja karsimattomista rungoista sahatun sahatavaran arvosuhteista. Työssä selvitettiin myös kuivahkon kankaan männikön pystykarsinnan kannattavuutta. Sijoituksesta saatavissa oleva reaalin tuotto oli kuusi prosenttia, kun laskelma oli laadittu vuosina 1935-36 pystykarsittujen mäntytukkien sahaustulosten arvosuhteiden mukaisesti.

Metsäparannusrahoituksen piiriin kuuluvia työlajeja on tarkoitus muuttaa 1993 alusta lähtien. Metsäojituksiin, kasvatuslannoituksiin ja pystykarsintaan ei enää myönnettäisi valtion rahoitusta. Kasvatusmetsien lannoitukset Etelä-Suomessa ovat sijoitusmuotona kannattavimpia metsänparannushankkeita, joista saa rahat takaisin kangasmailla 8...10 vuodessa ja turvemaidella 10...20 vuodessa ja 5...20 prosentin reaalkoron tuotolla. Pystykarsinta on investointina lannoitusta selvästi pitkävaikutteisempi, suuruusluokkana 40...60 vuotta.

Odotusarvolaskelmat viittaavat siihen, että <sup>= pystykarsinta kannattaa ?</sup> pystykarsittua männikköä on yksityistaloudellisestikin edullista kasvattaa. Puuston realisoimiseen ja pitkään odotusaikaan tosin liittyy monia riskejä. Metsänparannuskohteelta edellytettävän kannattavuuden pystykarsinta näyttäisi täyttävän reilusti, koska kolmen prosentin mukainen laatutappion odotusarvo on noin 13 500 markkaa ja pystykarsinnan kustannus on ollut keskimäärin 2 000 markkaa hehtaarilta. Enimmillään pystykarsinta on maksanut yli 6000 markkaa hehtaarilta vuonna 1990 teollisuuden metsissä Pohjois-Pohjanmaalla (Metsätalastollinen ...1992).

Kun mp-rahoituksen ehtoja on muutettu, on ilmeisesti harkittu yhtäältä sijoitusten yksityistaloudellista kannattavuutta ja toisaalta odotusajan pituutta. Lannoituksen poistamista työlajina lienee perusteltu paitsi ympäristöllisillä näkökohdilla myös sillä, että tällaiset hankkeet ovat yksityisille riittävän edullisia omarahoituksellakin ja sijoituksen odotusaika on kuitenkin vielä kohtuullinen.



### 5.5 Jos rauduskoivu istutetaan männikön tilalle?

Rauduskoivikon istuttaminen ei voita odotusarvolla mitaten männikön edelleen kasvatusta 50 vuoden kiertoaajalla, vaikka männiköstä saataisiin vain kuitupuuta ja koivikosta kaikki vaneritukin järeyden ylittävä puu olisi tukkia. Mainitut vaihtoehdot ovat likimain yhtä edullisia Oikarisen viljavamman kasvupaikan mallin mukaan käytettäessä kolmen prosentoin korkokantaa laskelmissa. Mitä korkeampaa korkoa käytetään, sitä edullisempaa on kasvattaa 25-vuotias männikkö 50 vuoden kiertoaajalla verrattuna puulajivaihtoon koivulle.

Jos sen sijaan arvioidaan vaneritukin hintatason nousevan 25 prosentilla tulevaisuudessa, männikön epäedullisin poistuman puutavaralajien jakauma ja koivikon edullisin mahdollinen laatujaakauma yhdessä vaneritukin 25 prosentin hintatason nousun kanssa ovat likimain yhtä edullisia kolmen prosentin korolla arvioiden. Vastaavasti hintatason tulisi nousta 50 prosentilla, jotta epäedullisimman männyn ja edullisimman koivun laatujaakauman tuottaminen olisivat taloudellisessa mielessä yhtä hyviä. Seitsemän prosentin korolla edellinen yhtäsuuruus saavutetaan, jos vaneritukin hintataso nousee 150 prosentilla.

Koivusta tuskin on metsänhoidollisena vaihtoehtona haastajaa männikön edelleen kasvatukselle lyhyellä kiertoaajalla. Koivuun liittyy vielä riskejä mm. taimikon perustamisvaiheessa ja siksi, että viljelykoivikoiden laadun kehityksestä on esitetty huolestuttavia havaintoja. Viljavilla metsämailla ja pelloilla on usein runsas myyräkanta, jonka syömäjäljistä jää lähes poikkeuksetta värivikaa runkoon. Värivika lisäksi laajenee uusiin vuosirenkaisiin. Koivun runko kaarnoituu 4...7 vuodessa niin paksuksi, etteivät myyrät sitä enää jyräsi.

Vaneritukin laatua alentavat ruskotäpläkärpäsien (*Phytobia betulae*) toukkakäytävät, jotka umpeenkasvaessaan tulevat ruskeiksi. Tästä aiheutuu värivikaa, jolloin sorvaustuloksesta ei enää ole parhaiden vanerilaatujen pintaviiluksi. Tällaista "täplävisaa" on havaittu istutetuissa rauduskoivikoissa.

Koivulla on saatu muihin pääpuulajeihin verrattuna suurimmat metsänjalostuksen hyödyt. Tuotoksen on arvioitu kohoavan paikallisiin vertailueriin nähden 20...30 prosentilla ja lisäksi vaneritukin tekninen laatu on samalla parantunut huomattavasti (Mikola 1992).

Koivun tuotosmalleja (kuva 7, s. 21) vertailemalla voidaan havaita, että pluspuiden jälkeläistönä perustettu Rautalahden koivukokeen tuotos on korkeampi kuin muissa malleissa.

vai Puhkahayn  
kulovala

## 6 Tiivistelmä

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää eteläisen Suomen viljaville kasvupaikoille istutettujen männiköiden kasvatuksen taloudellisia vaihtoehtoja olettaen, ettei männiköistä saada juuri lainkaan tukkia. Poikkeuksellisen huonon laadun on tulkittu tässä työssä merkitsevän tilannetta, jossa metsiköstä ei arvioida saatavan kiertoaikansa kuluessa lainkaan tukkia.

Vajaatutoisuus on suhteellinen käsite ja se riippuu vahvasti arvioijan subjektiivisista lähtökohdista. Työssä päädytään laskemaan erilaisille metsänhoidollisille vaihtoehdoille odotusarvoja. Yhteiskunnan näkökulmasta odotusarvolaskelmat laaditaan melko alhaisen, kolmen prosentin koron perusteella ja yksityisten metsänomistajien kannalta 5...7 prosenttien korkokannoilla. Tässä työssä metsikkö on arvioitu vajaatutoiseksi silloin, kun sille laskettu odotusarvo jäi 60...70 prosenttiin hyvään metsänhoidollisen käsittelyyn perustuvasta odotusarvosta.

Odotusarvolaskelmat perustuivat vuoden 1992 hinta- ja kustannustasoon Oulun lääninrajaan ulottuvassa Etelä-Suomessa. Kantohinnat laskettiin hankintahinnoista vähentämällä arvioidut korjuukustannukset hakkuutavoittain. Hankintahinnat ja kustannukset laskettiin ajanjaksona 1980-1992 toteutuneiden keskihintojen perusteella.

Tutkimuksessa määriteltiin vaihtoehtoiset oletukset siitä, paljonko eri hakkuissa saadaan tukkia tuotosmallin arviosta, jossa tukkiosuuden määrä perustuu yksinomaan runkojen järeyteen. Tuotosmalliin perustuvan tukin määrän arviota kuvaa prosenttiluku 100. Odotusarvolaskelmat on laadittu olettaen, että tukin laadun heikkenemisen vuoksi tukkiosuus on vaihtoehtoisesti 100 %, 75 %, 50 %, 25 % ja 0 % tuotosmallin kuvaamasta määrästä ja vastaavasti tämä osuus tuotoksesta on puutavaralajisiirtymänä kuitupuuta. Jos koko hakkuukertymä on kuitupuuta, tilanne vastaa "poikkeuksellisen huonoa laatua". Puutavaralajisiirtymien osuuksien perusteella saadaan käsitys myös siitä, kuinka suurina ovat laadusta aiheutuvien "tappioiden" odotusarvot.

Tutkimuksessa pyrittiin saamaan vastaukset kysymyksiin:

rot. s. 11

1. Mikä on kiertoaajan pituuden vaikutus odotusarvoihin, jos on todennäköistä, ettei tukkia tultaisi saamaan lainkaan?
2. Millaista kiertoaikaa tällöin olisi syytä noudattaa?
3. Olisiko edullista hakata harvennuspuustoa tiheästi vai harvoin toistuvien aikavälein pitkän kiertoaajan kuluessa?
4. Olisiko nuori 25-vuotias männikkö edullisempaa hakata heti ja istuttaa sen tilalle rauduskoivu?

Koivun viljelystä odotettavien tulojen nykyarvoja on tarkasteltu myös sen perusteella, että vanerikoivun hintataso olisi tulevaisuudessa 25, 50, 75, 100 ja 150 prosenttia korkeampi kuin mitä vuosina 1980-92 keskimäärin maksettiin.

Tutkimuksessa laskettiin odotusarvoja seuraaville vaihtoehdoille:

1. Nuorta, 25 vuoden ikäistä männikköä kasvatetaan 50, 60, 70 ja 80 vuoden kiertoaajoilla.
2. Nuorta männikköä kavatetaan pitkällä kiertoaajalla; toisen tuotosmallin (MELA) kiertoaika on 85 vuotta ja harvennusten lukumäärä viisi. Toisen mallin (Vuokila & Väliahon malli M30:10) kiertoaika on 80 vuotta ja harvennusten lukumäärä on kaksi.
3. Koivua kasvatetaan Oikarisen tuotosmallien (K30:8 ja K26:7) mukaan sen jälkeen, kun männikkö on hakattu paljaaksi.

Tutkimuksen päätulos on se, että poikkeuksellisen heikon laadun vuoksi vajaatuottoiseksi arvioitava nuori männikkö ei ole taloudellisesti vajaatuottoinen. Odotusarvolaskelmien perusteella mikään ajateltavissa oleva metsänhoidollinen vaihtoehto ei ole millään kyseeseen tulevalla korkokannalla nuoren männikön edelleen kasvattamista kilpailukykyisempi, vaikka kaikki tuotettu puu olisikin kuitupuuta.

Jos koko tuotusmäärä on kuitupuuta, metsänomistajalle on edullisempaa käyttää 50 vuoden kiertoaikaa kuin tätä pitempiä kiertoaikoja. Jos noudatetaan pitkää kiertoaikaa, metsänomistajan kannattaa pyrkiä usein toistuviin harvennushakkuisiin harvojen sijasta. Viljavan kasvupaikan tuotos on korkea, joten harvennuskertymä on riittävä koneelliseenkin korjuuseen. Usein toistuvien harvennusten edullisuus harvoin toistuviin verrattuna perustuu lähinnä siihen, että tulonsaannin ajankohdat aikaistuvat.

Koivun viljely paljaaksi hakatun nuoren männikön tilalle ei tuo metsänomistajalle suurempaa odotusarvoa kuin männikön kasvatus lyhyellä kiertoajalla, vaikkei metsiköstä saataisi muuta kuin kuitupuuta kiertoajan kuluessa. Myöskään mahdollinen vaneritukin hintatason kohoaminen ei nosta koivikon kasvatuksen odotusarvoa niin paljon, että metsänomistajan kannattaisi ottaa koivikon perustamisen riskit itselleen ja että vaihtoehto olisi männikön edelleen kasvattamista edullisempaa.

### KIRJALLISUUTTA - *References*

- 7 Ekö, P. & Agestam, E. 1990. Kvalitetstall på bördig mark. Sveriges Skogsförbunds Tidskrift 2.
- Gustavsen, H.-G. 1992. Vähäpuustoisten männiköiden ja kuusikoiden kehitys. Summary: Development of understocked pine and spruce stands. Folia Forestalia 796. 29 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 66(8). 60 s.
- Hannelius, S. 1986. Summa-arvomenetelmän lähtökohdat ja käyttö metsälön arvioimisessa. Maanmittaus no 3-4. 86 s.
- Hannelius, S., Leikola, M. & Tuimala, A. 1989. Metsäkirja. Porvoo. 383 s.
- Huuri, O. 1976. Kallistumisilmiö istutusmännikoissä. Tiedustelun tuloksia. Summary: Tilting of planted pines; survey results. Folia Forestalia 265. 22 s.
- Kellomäki, S., Lämsä, P., Oker-Blom, P. & Uusvaara, O. 1992. Männyn laatukasvatus. Summary: Management of Scots pine for high quality timber. Silva Carelica 23. 133 s.
- Keltikangas, M. & Seppälä, K. 1973. Metsäojituksen, metsänlannoituksen ja metsityksen edullisuuden alueittainen vaihtelu. Summary: Regional Variations in the Profitability of Forest Drainage, Forest Fertilization, and Afforestation. Helsingin yliopiston metsätalouden liiketieteen laitoksen julkaisuja 11. 33 s.
- Kinnunen, K. 1993. Männyn kylvö ja luontainen uudistaminen Länsi-Suomessa. Abstract: Direct sowing and natural regeneration of Scots pine in western Finland. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 447. 36 s.
- Kiviniemi, M. 1992. Metsäoikeus. Jyväskylän. 319 s.
- Koivisto, P. 1959. Kasvu- ja tuottotaulukoita. Koonnut Pentti Koivisto. Summary: Growth and yield tables. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae. 49 s.
- Kuusela, K. 1967. Vajaatuottoisen metsikön käsite valtakunnan metsien inventoinnissa.

Tapion julkaisuja 4. 4 s.

- Kuusela, K. 1974. Metsätalous teollistuvassa Suomessa. Suomen Itsenäisyyden Juhlavuoden 1967 rahasto. Sarja B 12. 141 s.
- Kuusela, K. & Salminen, S. 1984. Etelä-Suomen nuoret metsät. Julkaisussa metsänuudistamisen ja taimikonhoidon periaatteet. Toim. Virtanen, J., Norokorpi, Y. & Kaunisto, S. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 135. 12 s.
- Kärkkäinen, M. 1977. Puu. Sen rakenne ja ominaisuudet. Helsinki. 442 s.
- Kärkkäinen, M. 1980. Mäntytukkirunkojen laatuluokitus. Summary: Grading of pine sawlog stems. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 96.5. 152 s.
- Kärkkäinen, M. 1982. Tuloksia pystykarsittujen mäntyjen sahaustuksesta. Folia Forestalia 520. 19 s.
- Kärkkäinen, M. & Uusvaara, O. 1982. Nuorten mäntyjen laatuun vaikuttavia tekijöitä. Abstract: Factors affecting the quality of young pines. Folia Forestalia 515. 28 s.
- Metsänhoitosuositukset. 1989. Keskusmetsälautakunta Tapio. 55 s.
- Metsänparannusasetus 30.4.1987. 5 s.
- Metsäntutkimuslaitos, Metsäteho ja Jaakko Pöyry Oy. Harvennushakkuiden taloudellinen merkitys ja toteuttamisvaihtoehdot. Maa- ja metsätalousministeriö. 121 s.
- Metsäsektorin ajankohtaiskatsaus 1992. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 436. 56 s.
- Mikola, J. 1992. Forest Tree Breeding in Finland. Paperi ja Puu no 2. 5 s.
- Nyysönen, A. 1958. Kiertoaika ja sen määrittäminen. Summary: Rotation and its determination. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 49. 87 s.
- Oksanen-Peltola, L. 1990. Metsän arvonmääritys summa-arvomenetelmällä. Keskusmetsälautakunta Tapio. Moniste. 56 s.
- Oikarinen, M. 1983. Etelä-Suomen viljeltyjen rauduskoivikoiden kasvatusmallit. Summary: Growth and yield models for silver birch (*Betula pendula*) plantations in southern Finland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 113. 75 s.
- Ojansuu, R., Hynynen, J., Koivunen, J. & Luoma, P. 1991. Luonnonprosessit metsälaskelmassa (MELA) - metsä 2000 -versio. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 385. 59 s.
- Parviainen, J. & Antola, J. 1986. Taimien kehitys ja juuriston morfologia eri taimilajeilla perustetuissa mäntyistutuksissa. Summary: The root system morphology and stand development of different types of pine nursery stock. Folia Forestalia 671. 29 s.
- Raulo, J. 1981. Koivukirja. Jyväskylä. 131 s.
- Saari, E. 1968. Vajaatuottoisen metsikön ja metsämaan käsite. Summary: The notation of reduced stands and forest soils. *Silva Fennica* 2(3). 14 s.
- Saksa, T. 1992. Männen istutustaimikoiden kehitys muokatuilla uudistusaloilla. Abstract:

- Development of Scots pine plantations in prepared reforestation areas. Mikkeli. 208 s.
- Salminen, O. 1992. Männikön ja kuusikon liiketaloudellinen vajaatuoittoisuus. Summary: Profitability of growing understocked Scots pine (*Pinus silvestris* L.) and Norway spruce (*Picea abies* Karst) stands. Käsikirjoitus Folia Forestalia -sarjaan.
- Salminen, S. 1983. Puulajit ja perustamistavat Etelä-Suomen nuorissa metsissä. Teollisuuden Metsäviesti no 4. 4 s.
- Uusvaara, O. 1974. Wood quality of plantation grown Scots pine. Lyhennelmä: Puun laadusta viljelymänniköissä. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 80(2) 105 s.
- Uusvaara, O. 1981. Minkä laatuista puutavaraa istutusmänniköistämme. Suomen puutalous 2:26-28.
- Uusvaara, O. 1985. The quality and value of sawn goods from plantation-grown Scots pine. Seloste: Viljelymänniköistä saadun sahatavaran laatu ja arvo. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 130. 53 s.
- Uusvaara, O. 1991. Havaintoja nuorten istutusmänniköiden oksikkuudesta ja puuaineen laadusta. Observations about the branchiness and the wood quality of young plantation-grown Scotch pine. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 377. 56 s.
- Valtakunnan metsien 8. inventointi, 1986. Kenttätyön ohjeet. Metsäntutkimuslaitos. Metsänarvioimisen tutkimusosasto. Metsäinventoinnin tutkimussuunta.
- Varmola, M. 1982. Taimikko- ja riukuvaiheen männikön kehitys harvennuksen jälkeen. Summary: Development of Scots pine stands at the sapling and pole stands after thinning. Folia Forestalia 524. 31 s.
- Velling, P. 1986. Metsänjalostuksella parannetaan pysyvästi puiden ominaisuuksia. Teollisuuden metsäviesti 2. 5 s.
- Venäläinen, M. 1989. Mitä jälkeläiskokeet osoittavat männyn siemenviljelysten jalostushyödystä. Julkaisussa: Metsäntutkimuspäivä Tuusulassa 1989. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 328. 13 s.
- Vuokila, Y. 1986. Puuntuotoksen tutkimussuunnan kestokokeiden periaatteita ja suunnitelmia. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 239. 229 s.
- Vuokila, Y. & Väliaho, H. 1980. Viljeltyjen havumetsiköiden kasvatustallit. Summary: Growth and yield models for conifer cultures in Finland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 99(2) 271 s.
- Yksityismetsälain noudattamisen valvontaohjeet. 1989. Keskusmetsälautakunta Tapio. 7 s.

## **Summary**

### **Alternative growing methods for young and poor quality Scots pine plantations on fertile sites**

The aim of the study was to establish the underproduction in planted pine cultures growing on fertile sites in southern Finland. It has become evident that such pine stands produce only negligible numbers of saw-timber trees. An important point of departure for estimations based on economic calculation is the statement presented in Central Forestry Board Tapio's silvicultural recommendations (1989) according to which "fast growing pine stands of poor quality, such as occur on fertile sites and which because of their fast growth usually are held for capable of development, may be reproduced as being underproductive due to exceptionally poor quality". In the present work the expression exceptionally poor quality refers to situations in which, according to estimation, the stand will not produce saw-timber at all during the course of the rotation.

The first part of the study deals with the concept underproductivity. It is a relative concept strongly dependent on the subjective points of departure of the estimator. In this work expectation values are determined for different silvicultural alternatives. In respect to the society the expectation value calculations are based on a real interest rate of three per cent and in respect to the private forest owners on an interest rate of 5...7 per cent.

In the present context underproductivity is a relative estimate of alternative expectation values for a tree stand, based on net present value calculation. In underproductive stands the expectation value reaches up to only 60...70 per cent of that valid for alternative silvicultural treatments.

Calculation of the expectation values was based on the price and cost levels in the part of southern Finland bordering to the Province of Oulu. Stumpage prices were calculated from the delivery prices by subtracting the harvesting costs of different cutting methods. Delivery prices and silvicultural costs were calculated on the basis of the real average prices during the period 1980-92.

The study was based on assumptions concerning the quantity of saw-timber to be gained from different cuttings as compared with an estimate based on a production model according to which the proportion of saw-timber in a tree stand is determined solely on

the basis of stem dimensions. This estimate was given the relative value 100 per cent. The expectation value calculations were based on the assumption that, due to a decline in quality, the proportion of saw-timber is alternatively 100, 75, 50, 25 or 0 per cent of the volume described by the production model and that the corresponding proportions of the production is transferred into the assortment range pulpwood. If the outturn is pulpwood in its entirety, the situation corresponds to the concept "exceptionally poor quality", i.e., underproductivity. The proportions of the assortment transfers also give an idea of the magnitude of the expectation values of the "losses" due to quality impairment.

The effects of the length of the rotation on the expectation values were studied for cases in which it was assumed that no saw-timber will be gained at all. What rotation lengths should be employed in situations of such a kind? Another problem of interest is whether stands in the thinning stage should be thinned at short or long intervals during the course of a long rotation. A third interesting question is whether it is more profitable to cut down a young 25-year-old pine stand and plant out another tree species, suited for fertile sites or to continue raising of the pine stand concerned. Silver birch was considered the species best suited for fertile sites in Finland.

The expectation values of the incomes to be expected from growing birch were also examined assuming that the future price level of veneer birch logs would be 25, 50, 75, 100 and 150 per cent higher than the average price paid during the period 1980-92.

Expectation values were calculated for the following silvicultural alternatives:

1. A 25-year-old pine stand is grown using a rotation time of 50, 60, 70 or 80 years.
2. A young pine stand is grown using a long rotation. According to one production model (MELA), the rotation is 85 years and the number of thinnings five, and according to another model (Vuokila & Väliäho, M30:10), the length of the rotation is 80 years with two thinnings.
3. Birch will be grown in accordance with Oikarinen's production models (K30:8 and K26:7) after the pine stand has been clearcut.

The main results of the study show that a young pine stand which, according to Tapio's instructions is considered underproductive due to poor quality, is not underproductive. On the basis of the expectation value calculations carried out no silvicultural alternative that can be thought of is capable of competing at any rate of interest with further growing



of the young pine stand. This is true even if the whole quantity of timber produced be pulpwood.

If the whole quantity of timber produced is pulpwood, it is more profitable for the forest owner to use a rotation time of 50 years than longer ones. If nevertheless longer rotations are employed, there is reason to use frequent thinnings instead of long intervals between thinnings. Production is high on fertile sites, and consequently the outturn from thinnings is sufficient even to allow mechanical harvesting. The profitability of frequent thinnings as compared with thinnings at long intervals is in the fact that the income gained comes earlier.

Planting birch to replace a clearcut young pine stand does not give the forest owner a higher expectation value than growing the pine stand further using a short rotation, and this is true even if the stand produces only pulpwood during the rotation. Even a possible rise in the price of veneer logs does not increase the expectation value of birch stands to such an extent that it would be worthwhile for the forest owner to take the risks involved with planting birch instead of growing the pine stand further.





**Kansikuva: Viljavan kasvupaikan männikön varttuessa sen ulkoinen laatu paranee. Kuva on otettu 50-vuotiaasta Siiran istutusmänniköstä Punkaharjulta (vrt. kuvan 5 tuotosmalli).**

**ISBN 951-40-1278-X  
ISSN 0358-4283**