

KOIVUN JA KUUSEN ISTUTUKSEN KESKINÄINEN
EDULLISUUSJÄRJESTYS KÄENKAALI-
MUSTIKKATYYPIN METSÄMAILLA

MATTI KELTIKANGAS JA PEKKA TIILILÄ

SUMMARY:
THE ECONOMIC SEQUENCE OF COMMON BIRCH (BETULA
VERRUCOSA) AND NORWAY SPRUCE (PICEA ABIES) WHEN
PLANTING OXALIS-MYRTILLUS TYPE FOREST LAND

HELSINKI 1968

Sisällysluettelo

	Sivu
1. Johdanto	7
11. Puulajivertailujen tarve	7
12. Aikaisemmat vertailut	8
13. Tehtävän asettelu	10
2. Edullisuusvertailun suoritustapa	12
21. Edullisuuden kriteerio	12
22. Tuottojen ja kustannusten määritelmät	14
23. Laskentajakson pituus ja korkoprosentti	15
3. Hakkuukertymäodotukset	18
31. Käytettävissä olevat kehityssarjat	18
311. Koivua koskevat tutkimukset	18
312. Kuusta koskevat tutkimukset	19
313. Kehityssarjojen rinnastuskelpoisuus	19
314. Laskelmissa käytetyt kehityssarjat	21
32. Kehityssarjojen täydentäminen ja yhdenmukaistaminen	22
321. Hoidetut käenkaali-mustikkatyypin luonnonkoivikot	22
322. Viljelykoivikot	25
3221. Keskiläpimitan, valtapituuden ja keskipituuden kehityskäyrien ekstrapolointi	25
3222. Kuutiomäärän, kokonaiskasvun ja poistuman kehityssarjojen koostaminen	28
3223. Puuston rakenne	32
323. Hoidetut käenkaali-mustikkatyypin luonnonkuusikot	33
324. Viljelykuusikot	35
33. Hakkuukertymäodotusten luotettavuus	36
4. Hintaodotukset	38
41. Vallitsevat hintasuhteet	38
42. Hintasuhteiden pysyvyys	39
5. Kustannukset	41
6. Edullisuussuhteet	44
61. Edullisuussuhteiden määrittämistavan täsmentäminen	44
62. Diskontatut hakkuukertymät	46
63. Edullisuussuhteen isokvantti	47
64. Eri tekijöiden vaikutus edullisuussuhteen isokvanttiin	49
641. Vakioidut hintasuhteet	49
642. Kustannukset	51
643. Laskentajakson pituus	53
644. Korkoprosentti	53

65. Eräitä rinnakkaistapauksia	54
651. Luonnonmetsikkö ja viljelymetsikkö	54
652. Istutus entiselle viljelysmaalle	54
7. Yhdistelmä tuloksista	56
71. Koivun kilpailukykyisyys kuusen rinnalla	56
72. Taloudellisten puulajivertailujen mahdollisuudet	57
Viitekirjallisuus	59
Summary	62

Alkusanat

Käsillä oleva tutkimus on saanut virikkeensä metsäteollisuuden tekemästä aloitteesta. KOIVUKESKUS esitti talvella 1965 Helsingin yliopiston kansantaloudellisen metsäekonomian laitokselle toivomuksen, että laitoksessa ryhdyttäisiin selvittämään koivun viljelyksen kannattavuutta. Aihetta pidettiin tärkeänä ja se otettiin tutkimusohjelmaan keväällä 1966 SUOMEN METSÄTIETEELLISEN SEURAN myönnettyä koivututkimuksiin osoitetuista lahjoitusvaroistaan allekirjoittaneille työhön tarvittavan apurahan. Laitoksen esimiehen professori PÄIVIÖ RIIHISEN luvalla ja hänen kannustamana työ toteutettiin viime kevääseen mennessä.

Työtä suorittaessamme olemme joutuneet vaivaamaan lukuisia henkilöitä, joiden apu ongelman biologisten ja taksatoristen perustietojen hahmottamisessa on ollut korvaamaton. Heistä mainittakoon tässä erityisesti professori KULLERVO KUUSELA ja kandidaatti JYRKI RAULO, joista viimeksi mainittu luovutti käyttöömmme viljelykoivikoiden kehitystä koskevan tutkimuksensa julkaisemattoman käsikirjoituksen. Tohtori VEIKKO MÄKISEN ennakkotulokset viljelykuusikoiden kehityksestä olivat niinkään välttämättömät työssämme.

Istutuskustannusten konstruointia varten tarpeelliset vertailevat aikatutkimukset teki mahdolliseksi A. AHLSTRÖM OSAKEYHTIÖN ja OY WILH. SCHAUMAN AB:n metsäosastojen auliisti tarjoama apu.

Tutkimuksen käsikirjoituksen ovat professorien Riihisen ja Kuuselan lisäksi lukeneet professorit LAURI HEIKINHEIMO ja VALTER KELTIKANGAS sekä metsänhoitaja SAMPSA SIVONEN. Heidän tekemänsä arvokkaat huomautukset on pyrittävä ottamaan huomioon.

Englanninkielisen tiivistelmän kieliasun on tarkastanut Mrs. HELEN VÄÄNÄNEN. Piirrookset ovat tohtori REIN RIITSALUN käsialaa.

Kaikille edellämainituille ja myös nimeämättä jääneille tutkimuksen loppuunsaattamiseen myötävaikuttaneille henkilöille pyydämme täten lausua parhaat kiitoksemme. Kiitämme myös Suomen Metsätieteellistä Seuraa siitä, että se on ottanut tutkimuksen julkaisusarjaansa.

Tutkimuksen olemme suorittaneet yhdessä, kuitenkin niin, että Keltikangas on laatinut pääpiirteisen suunnitelman ja vastaa keskeisistä periaateratkaisuista. Tiililä puolestaan on hoitanut laskentatyön sekä kirjoittanut pääosaltaan luvun 3 ja osaksi luvut 4 ja 5. Muu teksti on Keltikankaan laatimaa.

Helsingissä, marraskuussa 1967

Matti Keltikangas

Pekka Tiililä

1. Johdanto

11. Puulajivertailujen tarve

Puulajin valinta on metsänhoidon keskeisiä ongelmia. Kaikki puulajit eivät menesty yhtä hyvin eri kasvupaikoilla eivätkä ne sovellu samalla tavoin kaikkiin eri käyttötarkoituksiin. Esimerkiksi hakkuualoja uudistettaessa tai suoritettaessa harvennushakkuuta sekametsiköissä on tiedettävä, mikä puulaji kulloinkin on puunkasvatuksen päämäärien kannalta edullisin. Tarve vertailla eri puulajeja keskenään nimenomaan taloudellisessa mielessä tulee ihmisen suorittamien puulajivalintojen osuuden ja merkityksen kasvaessa yhä keskeisemmäksi.

Niin kauan kuin puunkasvatuksen ainoana tai määrävänä virikkeenä on uuden metsän aikaansaaminen hakatun tilalle, puulaji kiinnostaa lähinnä vain kustannusten kannalta. Vasta puun niukkuuden tai sen mahdollisuuden ilmeneminen ja tavoitteen muuttuminen raakapuun kasvattamiseksi voivat kirvoittaa laajamittaisemman taloudellisen harkinnan ja toiminnan. Tältä pohjalta on ymmärrettävää, että vasta viimeisen vuosikymmenen aikana metsänhoidolliset toimenpiteet, nimenomaan metsänviljelytyöt, ovat voineet saavuttaa sellaisen laajuuden, että ne merkittävästi vaikuttavat Suomen metsien tulevaan puulajikoostumukseen.

Maamme metsien puustosta on valtakunnan metsien neljännän inventoinnin tulosten mukaan mäntyä noin 43 %, kuusta noin 38 % sekä koivua ja muita lehtipuita noin 19 %. Lähinnä Itä-Suomeen keskittyvä koivun runsaus on huomattavalta osin seurausta jo puoli vuosisataa sitten päättyneestä kaskiviljelyn aikakaudesta. Pioneeripuulajina koivu valtasi laajalti entiset kaskiahot ja pitää niitä nyt hallussaan. Tämä vaihe menee kuitenkin ohi ensimmäisen puusukupolven keralla. Koivu ei luontaisesti pysty pitämään puoliaan kliimaksipuulajia vastaan, vaan kuusi palaa takaisin. Kun kaskia ei enää polteta ja jos kulo- ja hakkuualat järjestelmällisesti viljellään havupuita kasvamaan, tämä merkitsee puhtaiden koivikoiden vähittäistä katoamista kangasmailta. — Ojitetuille soille tosin syntyy uusia koivikoita, mutta tällöin on miltei poikkeuksetta kyseessä hieskoivu, joka kahdesta pääkoivulajistamme on sekä laadultaan että kasvukyvyltään heikompi (HEISKANEN 1957, s. 84, KOIVISTO 1957, HEIKURAINEN 1960, s. 334).

Ilman erityistoimenpiteitä koivua ja nimenomaan rauduskoivua odottaa siten määrällinen väheneminen ja etenkin puhtaiden koivumetsiköiden loppuminen

suhteellisen pian. Vaikka koivu sekapuuna tulee edelleen säilyttämään asemansa, tämä kehitys merkitsee vakavaa uhkaa järeää koivua pääasiallisena raaka-aineenaan käyttävälle vaneriteollisuudelle. Kyseinen teollisuuden haara käyttää vuosittain järeää koivua hieman yli 1 milj. $k\text{-m}^3$ (IKONEN 1963), mikä määrä tämänhetkiseen vanerikelpoisen koivun kokonaismäärään (arviolta 30—35 milj. $k\text{-m}^3$) verrattuna saattaa vaikuttaa suhteellisen vähäiseltä. Käytännössä kuitenkin keskitetyt leimikot mahdollistavien puhtaiden tai lähes puhtaiden rauduskoivikoiden väheneminen johtaa ennen pitkää taloudellisesti käyttökelpoisen raaka-aineen ehtymiseen. Tämän on väitetty tapahtuvan jo 30—40 vuodessa (RONKANEN 1963, RAULO 1965).

Vaneriteollisuuden merkitys Suomen kansantaloudessa on huomattava. Se tarjoaa nykyisellään työtä yli 10 000 työntekijälle ja sen vuotuisen tuotannon arvo ylittää runsaasti 200 miljoonaa markkaa. Pääosa tästä on vientituotantoa. Kyseisen teollisuudenalan tulevaisuus ei siten ole kansantaloudellisesti yhdenkään, minkä vuoksi olisi niistä metsänhoidollisista toimenpiteistä päätettäessä, joista esitetyn tilanteen syntyminen ratkaisevasti riippuu, tarpeen huolellisesti harkita eri vaihtoehtojen taloudellisia seurauksia.

Puulajin valinta uusia metsiköitä perustettaessa on tällöin avainasemassa. Vanerikoivun saanti tulevaisuudessa on turvattavissa istuttamalla lähivuosina riittävä määrä rauduskoivikoita. Tätä toimenpidettä voidaan kuitenkin puoltaa kansantaloudellisesti järkevänä vain, mikäli täten saavutettavissa oleva hyöty arvostetaan suuremmaksi kuin siitä koituvat menetykset, vaihtoehtoinen tulos mukaanluettuna.

Viljelläkö koivua vai ei riippuu silti ensisijaisesti siitä, miten metsänomistajat eri vaihtoehtoja arvostavat. Heille on jokseenkin samantekevää, mikä menettely vaneriteollisuuden tai kansantalouden kannalta olisi paras. Valinnan ratkaisevat — rationaalisessa päätöksenteossa — yksinomaan metsänomistajan eri vaihtoehtoista itselleen odottamat edut ja haitat. Teollisuus ja yhteiskunta voivat tosin välillisesti vaikuttaa lopputulokseen harjoittamalla sopivaa politiikkaa esim. vaneripuun hinnoittelussa tai kustannusten subventoinnissa.

Sekä lähtökohtatilanteen määrittämiseksi että tuotantopoliittisten toimenpiteiden valitsemiseksi on niin ollen tarpeen tuntea puulajien keskinäiset liike-taloudelliset edullisuussuhteet ja niiden riippuvuus eri tekijöistä. Edellä esitettyjen näkökohtien perusteella voidaan sanoa, että tämäntapaisten puulajivertailujen tarve on ajankohtainen ja näkyvä.

12. Aikaisemmat vertailut

Kysymys kullakin kasvupaikalla edullisimmasta puulajista on askarruttanut tutkijoita ja ammattimiehiä yhtä kauan, kuin on harjoitettu metsänhoitoa ja nimenomaan metsänviljelyä. Käsitys metsitystoimenpiteen tarkoituksesta ja

siten myös ongelman tarkastelutapa, erityisesti käytetty edullisuuskäsitteen tulkinta, on kuitenkin aikojen kuluessa vaihdellut.

Puun runsauden vielä vallitessa ja metsäpolitiikan päämäärien rajoituksella maan säilyttämiseen metsää kasvavana pyrkii ajattelu yleensä pysyttelemään biologissävyisenä. Edullisuutta arvostellaan tällöin lähinnä sen mukaan, miten hyvin eri puulajit kasvavat. Hakkuumäärien rakenne, eri puutavaralajien tulevat arvosuhteet ja eri vaihtoehtojen kustannukset saavat osakseen vähemmän huomiota. Ne tulevat mukaan edullisuuskriteerioon merkittävämmän vasta, kun metsitystoiminta muuttuu harrastelusta laajamittaiseksi ja niukkoja pääoma- ja työpanosresursseja olennaisesti verottavaksi toiminnaksi.

Suomen metsätaloudessa on viimeistä puoltatoista vuosikymmentä lukuunottamatta eletty voittopuolisesti ensin mainittua, puunrunsauden ja biologisen »määrä-ajattelun» vaihetta, ja tämä heijastuu puutavaralajivertailuja koskevien taloudellisten tutkimusten puutteena. Voidaan sanoa, että maassamme on mainittua ongelmaa harvoin käsitelty taloudelliselta kannalta.

Kirjallisuudesta löydettävät maininnat koivun ja havupuiden edullisuusjärjestyksestä liittyvät miltei poikkeuksetta kasvu- ja tuotostaulukoiden ilmestymiseen. Nämähän ovat niin biologisen kuin taloudellisenkin vertailun välttämätön lähtökohta. Ensimmäisiin puuston kehityssarjoihin (BLOMQUIST 1872, HEIKKILÄ 1914, ILVESSALO 1920 ja 1937, LAPPI-SEPPÄLÄ 1930) sisältyi vain kiintokuutiomäärää ja kuutiokasvua ilmaisevia tunnuksia, joten mahdollisuudet rajoittuivat kuutiotuotosten vertailuun (esim. ILVESSALO 1920, s. 103). Vanerikoivun kantohintojen 1930-luvulla noustessa ja jopa ylittäessä kuusisahapuun vastaavan hinnan (LEHONKOSKI 1939, MIKOLA 1962) koivun taloudellisten mahdollisuuksien numeerisessa pohdiskelussa huomio keskitettiinkin pääasiassa luonnonkoivikkojen karsimisen edullisuuteen (LEHONKOSKI 1939, 1950).

Vasta KOIVISTON (1957) hoidettuja koivikoita koskeva ja puutavaralajeittaiset tuotosluvut sisältävä kasvu- ja rakennetutkimus yhdessä NYSSÖNEN (1954) ja VUOKILAN (1956) vastaavien männiköitä ja kuusikoita koskevien selvitysten kanssa avasi varsinaiset mahdollisuudet taloudellisuuteen vertailuihin.

KOIVISTO itse rajoittuu vielä suurelta osin tuotostulosten vertailuun ja toteaa, että »kokonaiskasvussa ja varsinkin järeän puuston määrässä koivikko ei pysty likimainkaan tasaveroiseen kilpailuun saman kasvupaikan männikön tai kuusikon kanssa». Koivikko tuottaa tosin enemmän pinotavaraa, mutta »koivuhaloista maksettu hinta on siksi paljon havupuiden paperipuun hintaa alhaisempi, että koivikko ei pysty tuotossa läheskään tasapäiseen kilpailuun» (KOIVISTO 1957, s. 141 ja 1958, s. 92).

NYSSÖNEN suorittaa kiertoaikaa koskevassa tutkimuksessaan mainittujen tulosten perusteella taloudellisen vertailun, jossa määrien ja hintojen lisäksi on otettu huomioon myös kustannukset. Rauduskoivun »puhdas tuotto» jää hänen mukaansa runsaaseen 30 %:iin kuusen tuotosta vastaavalla kasvupaikalla (NYSSÖNEN 1958a, s. 55; 1958b, s. 421).

Myöhemmät koivun edullisuusasemaa tavalla tai toisella sivuavat kirjoitukset (esim. VUOKILA 1961, MIKOLA 1962, RAULO 1962, RONKANEN 1963) rakentuvat pääasiassa edellä mainittujen tutkimusten varaan. Niissä hyväksytään esitetyt tulokset joko sellaisinaan tai koivuraakapuun mahdollista tulevaa hintakehitystä koskevin varauksin, mutta samalla korostetaan koivun biologisia ja maisemallisia ominaisuuksia, jotka edullisuuslaskelmissa on sivuutettu.

Kaikissa edellä esitetyissä tutkimuksissa ja artikkeleissa on tarkasteltu luonnonmetsiköiden kasvattamista. Viljelymetsiköihin ei edullisuusvertailuja ole voitu tarvittavien kasvu- ja rakennesarjojen puuttuessa ulottaa, lukuunottamatta RONKASEN (1963) artikkeliin sisältyvää esimerkinluonteista yhden viljelykoivikkoalan mittaustulosten rinnastamista luontaisesti syntyneen kuusikon tuotossarjaan.

Tilanne ei ole sanottavammin poikkeava muissakaan pohjoismaissa. Ainoa merkittävämpi tutkimus on Jöran FRIESIN (1964) selvitys luontaisesti syntyneiden rauduskoivikoiden kehityksestä Sveanmaalla ja Pohjois-Norrlannissa, ts. Suomea ilmastollisesti parhaiten vastaavissa Ruotsin osissa. Tuotossarjojen koostamisen ohessa on kyseisessä tutkimuksessa laskettu myös (raha)tuotossarjat sekä suoritettu vertailuja koivun ja kuusen kasvattamisen kesken. Brutto- ja nettotuotosten perustuvien laskelmien tuloksista päätellään, että paljasta maata istutettaessa kuusi on — käytettyjen olettamusten vallitessa — edullisempi mutta toisaalta luontaisesti syntynyt ja tyydyttävä koivun nuorennos kannattanee ennen kasvattaa päätehakkuuseen asti kuin välittömästi raivata ja korvata istutetulla kuusella (FRIES, mt. s. 208).

13. Tehtävän asettelu

Edellä on jo viitattu siihen, että puulajin valintaa voidaan tarkastella useammasta eri näkökulmasta: yhteiskunnan, teollisuusyhtiön tai metsänomistajan. Nämä poikkeavat toisistaan sekä toimenpiteiden seurausten erilaisen arvostuksen että aikaperspektiivin ulottuvuuden puolesta. Nimenomaan arvostusten kannalta olennaisinta on kuitenkin ero kokonaisuuksissa, joiden puitteissa ja joiden osana toimenpiteen edullisuutta harkitaan. Metsänomistajalle metsikön istuttaminen on osa hänen taloudenpitoaan. Se liittyy ja arvostetaan maatila- ja kotitalouden muodostaman toimintakokonaisuuden puitteissa. Raakapuuta jalostava teollisuus eli täsmällisemmin sen päättävät elimet taas näkevät puun kasvatuksen ja puun jalostuksen yhtenäisenä prosessina, johon metsän uudistus olennaisena osana liittyy. Yhteiskunnan päättävä johto puolestaan katselee asiaa vielä laueammin, osana koko kansantaloutta.

Tässä tutkimuksessa rajoitetaan metsänomistajan näkökulmaan. Näin lähinnä sen vuoksi, että teollisuuden ja kansantalouden näkökulmat edellyttävät teollisuuden sisäisten kustannus-tuottosuhteiden ja niiden tulevan kehityksen

tuntemusta, jonka hankkimiseen ei tekijöillä ole tässä yhteydessä ollut mahdollisuutta. Tarkastelussa pyritään selvittämään, mitkä ovat kyseessä olevien puulajien edullisuus- eli kannattavuussuhteet metsänomistajan näkökulmasta ja miten ne riippuvat erilaisista kysymyksiin tulevista tekijöistä.

Laskelmien suorittamista rajoittaa käyttökelpoisten kasvu- ja rakennetaulujen puute. Olemassa olevat tutkimukset peittävät vain osan mahdollisista vaihtoehdoista. Kun mm. taulujen laatimistapa lisäksi vaihtelee, lienee tässä vaiheessa parempi rajoittaa suppeahkon esimerkinluonteisen tapauksen tarkasteluun kuin yrittää kaiken kattavaa kokonaisanalyysiä. Tämän vuoksi asetettiin tutkimuksessa aluksi tarkasteltavaksi verraten rajoitettu mutta konkreettinen vaihtoehtotilanne: koivun ja kuusen keskinäinen edullisuussuhde metsittäessä käytöstä hylättyjä entisiä peltoja. Näiden osalta keinollinen metsittäminen on jokseenkin välttämätöntä, mikäli halutaan saada aikaan kunnollinen metsikkö. Luontaisen metsittymisen mahdollisuutta (ja edullisuutta) ei siten tarvitse lainkaan pohtia. Toisaalta nämä ovat myös ne alueet, joille koivuviljelmiä viime vuosina lähinnä on perustettu.

Varsin pian todettiin kuitenkin, että kuusesta ei ole käytettävissä tehtävään soveltuvaa kasvu- ja rakennesarjaa ja että koivustakin kyseiset tiedot ovat kovin epävarmoja. Tämän vuoksi lopulliseksi tavoitteeksi asetettiin selvittää koivun ja kuusen keskinäinen edullisuusjärjestys OMT:n metsämaalle suoritettavissa istutuksissa. Saatujen tulosten perusteella yritetään tämän jälkeen päätellä vastaava suhde entisillä pelloilla. Alueellisesti rajoitutaan maan eteläpuoliskoon.

Samalla kun näin selvitetään koivun taloudellista kilpailuasemaa kuuseen verrattuna eräessä erityistapauksessa, tutkimuksella haetaan vastausta myös kysymykseen, missä määrin Suomen metsistä käytettävissä olevat kasvu- ja rakennesarjat tarjoavat mahdollisuuden tämantapaisten vertailujen suorittamiseen.

2. Edullisuusvertailun suoritustapa

21. Edullisuuden kriteerio

Aukean alan metsittäminen on metsänomistajalle pääomansijoitus, joka suoritetaan asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi. Nämä tavoitteet voivat vaihdella ja niitä voi olla samanaikaisesti useampiakin. Päämääränä saattaa olla esimerkiksi eräänlaisen »metsittämismietin» tyydyttäminen, maiseman puutteiden parantaminen, raakapuun kasvattaminen markkinoitavaksi, jokin näiden tai muiden tavoitteiden yhdistelmä jne. (vrt. esim. HERMANSEN 1964, s. 319). Tässä tutkimuksessa tarkastellaan kohteiden valintaa kuitenkin yksinomaan myyntipuun kasvattamisen kannalta. Oletetaan siis, että metsikön perustamisen ainoana ja määrävänä tavoitteena on lisätä tulevana vuosina puun myynnistä saatavia nettotuloja. Tämä yksinkertaistus tekee mahdolliseksi ongelman operationaalisen käsittelyn, joskin se samalla myös rajoittaa tulosten yleistämiskelpoisuutta.

Menetellessään rationaalisesti ja taloudellisuuden periaatteita noudattaen metsänomistaja jakaa käytettävissään olevat resurssit eri vaihtoehtojen (käyttötapojen) kesken siten, että tavoitteiden saavutus maksimoituu. Metsitysinvestoinneissa, joissa tavoitteena on tulevaisuuden nettotulojen lisääminen, valitsee hän tällöin kohteet ja menetelmät siten, että saa kaikille käytettävissään oleville tuotantotehtäville mahdollisimman suuren katteen.

Vaihtoehtoja arvostettaessa verrataan saavutettavia tuottoja käytettäviin panoksiin ja valitaan se vaihtoehto tai vaihtoehtoyhdistelmä, jossa tämä suhde on suurin. Panoksia on kuitenkin monenlaisia, ja periaatteessa ne kaikki voivat olla ns. niukkoja resursseja. Vaihtoehtojen karsinta ja optimiyhdistelmän valinta on tällöin luonteeltaan lähinnä lineaarisen tai ei-lineaarisen ohjelmoinnin piiriin kuuluva moniyhtälötehtävä. Tavallisimmin ongelmaa kuitenkin yksinkertaistetaan olettamalla, että vain yhtä panoslajia on rajoitetusti käytettävissä ja muita voidaan ostaa tiettyyn hintaan rajattomasti. Täten saatava informaatio on »yksipuolista» mutta useissa tapauksissa silti täysin riittävää. Hahmottaessa tarkastella puulajin valintaa yleisemmin eli löytää ns. vallitsevia ratkaisuja ei liene myöskään muuta keinoa kuin tämänkaltainen irroittautuminen yksityistapausten vaihtelevista olosuhteista.

Rajoitetuksi »pullonkaulapanokseksi» voidaan valita periaatteessa mikä tahansa vaihtoehtoissa esiintyvä panoslaji. Mahdollisimman yleistämiskelpoisia

tuloksia etsittäessä on kuitenkin johdonmukaisinta valita tällaiseksi se panoslaji, jota on suhteellisesti niukkimmin. Suomen oloissa ovat kolmesta keskeisestä panosryhmästä — maa, työ ja pääoma — tällöin pääoma ja työ useimmiten niukimmat ja näistä kahdesta edelleen pääoma ratkaisevin tekijä. Harvemmin lienee metsätaloudellisten investointien esteenä sen sijaan mahdollisten kohteiden puute. Näin ollen puulajivertailuissa on tässä tapauksessa syytä käyttää edullisuuden mittana tarvittavia pääomapanoksia kohden laskettua tulosta eli pääomalle saatavaa korkoa (vrt. esim. WORRELL 1959, s. 203 ja 272).

Kyseinen tunnus, josta käytetään myös nimitystä investoinnin sisäinen korkokanta, määritellään siksi korkokannaksi, jota käyttäen laskentahetken diskontatut tulot ja menot ovat yhtä suuret (esim. HONKO 1963, s. 85; STREYFFERT 1965, s. 227) eli matemaattisemmin i_x :ksi kaavassa

$$(1) \quad \sum_{t=1}^n I_t (1 + i_x)^{-t} = K$$

missä I_t = nettotulo tai nettotulojen lisäys ajankohtana t ja K = metsityskustannus.

Näin rakennettu yhtälö on yleensä siksi monijäseninen ja -asteinen, että sen ratkaiseminen on mahdollista vain kokeilemalla, suorittamalla eräänlaista »hakuammuntaa» eri korkoprosenteilla. Käytännön laskelmia varten on sen vuoksi pyritty löytämään yksinkertaisempi, mutta silti riittävän yhdenmukaiseen tulokseen johtava menettely. Eräs tällainen on ns. edullisuus - eli hyötykerroin, jota M. KELTIKANGAS ja SEPPÄLÄ (1966 a ja b) ovat käyttäneet ojitushankkeiden edullisuusjärjestystä koskeissa laskelmissaan (vrt. myös SAARI 1942, s. 24, BARLOWE 1958, s. 490 ja DAVIS 1966, s. 457). Siinä edullisuutta osoittava kerrointunus k lasketaan vertaamalla toisiinsa tietyn laskentakorkoprosentin mukaan investointihetken muunnettuja tuottoja ja tarvittavia kustannuksia:

$$(2) \quad k = \frac{\sum_{t=1}^n I_t (1 + i)^{-t}}{K}$$

Kahdesta investointikohteesta se, jolla kyseinen kerroin on suurempi, on myös edullisempi, ja vastaavasti kaksi menetelmää ovat yhtä edulliset, mikäli niiden kertoimet ovat yhtä suuret. Viitattakoon tässä kuitenkin HONGON (1963, s. 100) huomautukseen sisäisen korkokannan menetelmän kelpoisuudesta hyvin erisuuruisten investointien vertailuissa.

22. Tuottojen ja kustannusten määritelmät

Nettotulo ja investointikustannus eivät ole yksiselitteisiä käsitteitä. Niitä käytettäessä on sen vuoksi välttämätöntä määritellä lähemmin, mitä niillä kulloinkin tarkoitetaan ja mitä tulo- ja kustannuseriä niihin sisällytetään.

Edellä on mainittu, että tässä tutkimuksessa oletetaan metsityksen yksinomaiseksi tarkoitukseksi tulevaisuuden puunmyyntien lisääminen. Sen mukaisesti otetaan laskelmissa tuottoina huomioon pelkästään puunmyynnistä saatavat tulot. Mitään muita metsänomistajan kannalta kylläkin ehkä merkityksellisiä tuottolajeja, kuten esim. kotitarvepuusta, riistan paremmasta viihtymisestä tai maisemallisista muutoksista koituvia etuja, ei laskelmiin niin ollen sisälly. Tätä korostetaan käyttämällä tuotto-termin sijasta sanaa tulo, joka tavanomaisesti liitetään maksusuoritusten (kassaanmaksujen) esiintymiseen (esim. V. KELTIKANGAS 1962).

Metsityksen vaatimiin investointikustannuksiin puolestaan luetaan kuuluviksi kaikki ne kustannukset, jotka suoranaisesti aiheutuvat istutustaimiston perustamisesta ja sen jälkihuollosta. Laskennan yksinkertaistamiseksi oletetaan tällöin, että kaikki tarvittavat panokset hinnoitetaan markkinahinnoin, jolloin esimerkiksi metsänomistajan mahdollisten omien työpanosten vaihtoehtokustannus ei poikkea vieraan työn hinnasta. Tämä oletamus ei pidä täysin paikkaansa kaikissa erillistapauksissa.

Metsitettävän maan osto- tai muuta vastaavaa arvoa ei kuitenkaan sisällytetä investointikustannuksiin. Maalle ei myöskään lasketa vuotuis-kustannusta. Näin siksi, että normaalitapauksissa metsityksen ainoa vaihtoehto on maan jääminen joutomaaksi. Kyseisen maa-alan myynti muusta metsälöystä erillisenä ei yleensä tule kysymykseen reaalisenä vaihtoehtona jo senkään vuoksi, että maata ostetaan ja omistetaan paitsi suoranaisesti tuotantotoiminnan harjoittamista varten myös omistamisen itsensä vuoksi. Maa on suhteellisen varma pääoman ostovoiman tallettaja. Sen arvo pikemminkin jatkuvasti lisääntyy kuin vähenee.

Kun maapohjan omistus oletetaan muuttumattomaksi, ovat kaikki tästä aiheutuvat menot — verot, velkojen korot, metsänhoitomaksut jne. — nekin kiinteitä, ts. metsityksestä tai puulajista riippumattomia. Niitäkään ei siten ole aiheellista sisällyttää sen paremmin investointikustannuksiin kuin nettotulota laskettaessa esiintyviin juokseviin kustannuksiin.

Nettotulolla ymmärretään tässä puunmyynnistä kertyvien myyntitulojen ja metsikön aiheuttamien vuotuis- ym. hoitomenojen erotusta. Kun viimeksimainitut kustannukset joko ovat kiinteitä (vrt. edellä) tai oletetaan sisällytetyiksi kantohintoja laskettaessa vähennettyihin hankintakustannuksiin, yksikkökantohinnoilla hinnoitettut puutavaralajeittaiset hakkuumäärät ovat sellaisenaan nettotuloja.

Metsämaalle perustettava istutustaimisto saattaa usein korvata toisen mah-

dollisen vaihtoehdon, luontaista tietä syntyvän taimiston. Tällöin istutusmetsiköstä saatavat nettotulot syrjäyttävät vaihtoehtoista luonnonmetsiköstä saatavissa olleet nettotulot. Istutustoimenpiteen varsinainen nettovaikutus on siten mainittujen kahden nettotulosarjan erotus. Mikäli luontainen uudistuminen tällöin edellyttää sekin erityistoimenpiteitä, on näiden kustannukset vastaavasti vähennettävä istutuksen investointikustannuksista. Tässä tutkimuksessa on kuitenkin oletettu, että luontainen metsittyminen ei tule lainkaan kysymykseen, vaan istutus on väistämätön haluttaessa aikaansaada taimisto. Mitään tulo- tai kustannusvähennyksiä ei tällöin ole tarpeen tehdä.

Kaikki laskelmissa esiintyvät meno- ja tulotapahtumat ovat ennakoiteja. Sen mukaisesti jäljempänä puhutaan hakkuukertymien, hintojen ja menojen tai kustannusten sijasta vastaavista *odotuksista*. Tällä halutaan korostaa sitä, että laskelmissa esiintyviin lukuihin liittyy aina tietty epävarmuus.

23. Laskentajakson pituus ja korkoprosentti

Edullisuuskertoimen laskentakaavassa esiintyvät muuttujat voidaan jakaa kahteen ryhmään, päätöksentekijästä (metsänomistajasta) riippumattomiin ja hänestä kiinteästi riippuviin. Ensinmainittuja, hakkuukertymiä, kantohintoja ja investointikustannuksia, sivuttiin jo edellisessä luvussa ja niiden suuruuteen vaikuttaviin biologisiin, teknisiin ja maantieteellisiin tekijöihin palataan yksityiskohtaisemmin jäljempänä. Päätöksentekijän mukaan määräytyvät muuttujat, ts. laskentajakson pituus (kaavassa n) ja diskonttauksessa käytettävä korkokanta (kaavassa i), ansaitsevat kuitenkin oman erillisen tarkastelunsa.

Laskentajakson pituus määrää sen, kuinka pitkälle tulevaisuuteen tuotossarjoja seurataan. Puun kasvatuksessa, jossa sadon »kypsymiseen» kuluva aika on ylipitkä, useimpiin teollisiin prosesseihin verrattuna monikymmen- jopa satakertainen, tällä voi olla varsin ratkaiseva vaikutus lopputulokseen.

Metsänomistajan fyysisen eliniän rajoittuneisuus jo tekee tarkoituksettomaksi istutusmetsikköä seuraavien puusukupolvien sisällyttämisen laskelmaan. Niillä ei voi olla mitään merkitystä omaa talouttaan ja omia tarpeitaan ajattelevalle yksilölle (vrt. DUERR 1960, s. 241). Mutta samalla perusteella voidaan edelleen päätellä, että ensimmäisenkään metsikön puusukupolven relevantit tulonodotukset eivät normaalitapauksessa voi ylittää kovin monen vuosikymmenen päähän. Eri metsänomistajat ovat tässä suhteessa eri asemassa ikänsä, taloudellisen asemansa varmuuden, jälkikasvunsa jne. mukaan. Nuori, vakavarainen ja perillisiä omaava saattaa helpommin käyttää pitkää laskentajaksoa kuin vanha, taloudellisesti epävarmassa asemassa oleva tai lapseton henkilö. Ensinmainittujenkin osalta voitaneen kuitenkin 60—80 vuoden laskentajaksoa pitää jo ylipitkinä. (Vrt. WORREL 1958, s. 344).

Toisaalta on otettava huomioon, että yksityismetsälaki kieltää metsiköiden

liian varhaisen hakkuun ja ilmeisesti tulee vastaisuudessakin näin tekemään. Tämä asettaa laskentajakson pituudelle minimirajan. Laskelmat on ulotettava niin pitkälle, että metsikkö saavuttaa hakkuukypsyysyden vähimmäismitat. Ellei metsänomistajan aikahorisontti ole riittävän kaukana, koko laskelman lojiikka on hänen kannaltaan tällöin kyseenalainen.

Esitetyn perusteella on tutkimuksen laskelmissa päätetty soveltaa 50 vuoden laskentaperiodia, ts. metsänomistajan oletetaan metsityspäätöstä tehdessään suunnittelevan metsikön kiertoajaksi 50 vuotta. Saavutettavia tuloksia tulkitessa on tällöin muistettava, että eri metsänomistajiin nähden tällä olettamuksella on ilmeisesti erilainen paikkansapitävyys.

Edelliseen läheisesti liittyvä on kysymys laskelmissa käytettävän korkoprosentin suuruudesta. Korkoprosentillahan pyritään kannattavuuslaskennassa tavallisesti ilmaisemaan kahta eri asiaa, pääoman vaihtoehtoista tuottomahdollisuutta (= pääomapanoksen vaihtoehtoiskustannusta) tai päätöksentekijän yksilöllistä aikapreferenssiä tai molempia samanaikaisesti. Metsänomistaja ja hänen päätöksentekoympäristönsä vaikuttavat ratkaisevasti kumpaankin näistä tekijöistä, joten käytettävän korkoprosentin tulisi määräytyä aina tapauksen mukaan.

Laskettaessa investointien ns. absoluuttista kannattavuutta eli niiden kannattavuutta suhteessa asetettuun kannattavuustavoitteeseen on mainittu vaatimus ehdoton. Jos sen sijaan, kuten tässä tutkimuksessa, pyrkimyksenä on yksinomaan selvittää kahden (tai useamman) sijoituskohteen keskinäinen järjestys — lainkaan välittämättä siitä, ovatko nämä talouskokonaisuuden kannalta tarkastellen kannattavia vai ei —, korkoprosentin merkitys on rajoitetumpi ja se voidaan pitää vakiona ilman, että tulos — edullisuusjärjestys — siitä sanotavasti muuttuu (vrt. HEIKURAINEN, M. KELTIKANGAS ja SEPPÄLÄ 1963, s. 22). Itse edullisuuskertoimien suuruus tosin vaihtelee korkoprosentin mukaan varsin huomattavasti, mutta eri vaihtoehtojen kerrointen suuruusjärjestys säilyy likimain samana. Näin kuitenkin vain sillä edellytyksellä, että investointien tuotto- ja kustannusrakenne ovat pääpiirtein samanlaiset ($I_{1t}/I_{2t} \approx c$, $K_{1t}/K_{2t} \approx d$), investoinnin kestoaika (laskentajakson pituus) kummassakin sama ja kustannukset riippumattomia korkokannasta.

Esillä oleva vertailu ei täytä mainittuja ehtoja aivan kaikilta osin. Etenkään kustannusten riippumattomuusvaatimus ei ole täytetty. Näin ollen tulosten voidaan jo ennakolta odottaa jossain määrin vaihtelevan käytettävän korkoprosentin mukaan. Jotta järjestys vastaisi primäärikriteerioksi asetetun investoinnin sisäisen korkokannan mukaista järjestystä, tulisi korkoprosentti niin ollen valita siten, että se mikäli mahdollista yhtyy jommankumman vaihtoehdon sisäiseen korkokantaan tai on näiden välillä. Kyseiset korkokannat ovat kuitenkin tässä tapauksessa tuntemattomia; edullisuuskertoimien käyttöön turvaututaan juuri siksi, että sisäisen korkokannan työläältä laskennalta vältyttäisiin. Valinnassa on siten tyydyttävä vähemmän eleganttiin menetelyyn: vali-

taan jokin sovinnainen prosentti ja selvitetään erikseen, mitä muutoksia korkoprosentin vaihtuminen aikaansaa edullisuusjärjestykseen.

Edellä sanotun nojalla valittiin laskelmissa käytettäväksi peruskorkoprosentiksi viisi. Valinta suoritettiin osittain intuitiivisesti oletettuna edullisuustasona sekä osittain nojautumalla vaihtoehtoisena sijoitusmahdollisuutena metsäojitukseen, joista oli aikaisempia edullisuustutkimuksia (HEIKURAINEN, M. KELTIKANGAS, SEPPÄLÄ 1963).

3. Hakkuukertymäodotukset

31. Käytettävissä olevat kehityssarjat

311. Koivua koskevat tutkimukset

Käsillä olevassa tutkimuksessa on selvityksen kohteeksi otettu koivulajeista ainoastaan raudus. Tämä rajoittaa jossakin määrin mahdollisuuksia soveltaa aikaisempien koivun kehitystä koskevien tutkimusten tuloksia.

Vaikka jo varhain onkin tiedetty, että rauduskoivu ja hieskoivu poikkeavat kehityksen suhteen toisistaan, on ne ensimmäisissä kehitystutkimuksissa yleensä pidetty yhtenä kokonaisuutena. Niinpä ILVESSALO (1920) luonnonnormaaleja metsiä koskevassa tutkimuksessaan ja LAPPI-SEPPÄLÄ (1930) koivun ja männyn muodostamia sekametsiköitä koskevassa tutkimuksessaan eivät ole erotelleet kyseisiä koivulajeja. KUUSELAN (1956) hakkuilla käsiteltyihin koivikkoihin kohdistuvalla selvityksellä on sama puute.

Sen sijaan KOIVISTON (1957) Etelä-Suomen hoidettujen raudus- ja hieskoivikoiden kehitystä koskevassa tutkimuksessa on raudus ja hies pidetty toisistaan erillään. Samoin on RAULO (1966) tutkinut viljelykoivikoiden valta- ja peruspuiden kehitystä erikseen raudus- ja hieskoivun kohdalla. Vaikka esim. KUJALA (1946) on aiemmin tehnyt havaintoja istutettujen raudus- ja hieskoivun taimien kehityksestä, on RAULON tutkimusta pidettävä ensimmäisenä kotimaisena viljelykoivikoita koskevana kasvu- ja rakenneselvityksenä.

Luonnonkoivikoiden kehityssarjat (KOIVISTO 1957) perustuvat lähinnä Keski- ja Itä-Suomen järviolueella mitattuun koeala-aineistoon. Koealat ovat kaikki olleet metsämaalla; käenkaali-mustikkatyypillä niitä on ollut 56.

Viljelykoivikoiden kehitysluvut (RAULO 1966) on laskettu huomattavasti suppeamman aineiston perusteella. Koealoja on entisellä viljelysmaalla mitattu 3 ja käenkaali-mustikkatyypin metsämaalla samoin 3. Viljelysmaiden koealoista on yksi ollut Porvoon pitäjässä, yksi Kangasalla ja yksi Punkaharjulla, missä myös ovat olleet kaikki käenkaali-mustikkatyypin koealat.

Ulkomaisista koivua koskevista kehitystutkimuksista ja niiden tuloksista on mainittava FRIESIN (1964) esittämät rauduskoivun kasvu- ja rakennesarjat. Kyseinen selvitys kohdistuu lähinnä luontaisesti syntyneisiin koivikkoihin, joita vastaava kotimainen kehityssarja (KOIVISTO 1957) on ollut käytettävissä.

312. Kuusta koskevat tutkimukset

Kuusen osalta on tarjolla useampia kehityssarjoja. Ensimmäisten, luonnonnormaaleihin metsiin kohdistuneiden kasvu- ja rakennetutkimusten (BLOM-QVIST 1872, ILVESSALO 1920) jälkeen ovat valmistuneet seuraavat talousmetsiä koskevat selvitykset:

- Etelä-Suomen viljelykuusikot (KALELA 1933)
- Etelä-Suomen luontaisesti syntyneet hoidetut kuusikot (VUOKILA 1956)
- Lounais-Suomen hoidetut käenkaali-mustikkatyypin luonnonkuusikot (KALLIO 1957)
- Etelä-Suomen viljelykuusikot (MÄKINEN 1966).

KALELAN tutkimuksen koealametsiköistä oli 57 % entisellä viljelysmaalla. Tutkimuksessa ei ole selvitetty poistuman kehitys- ja rakennesarjoja ja säilyvän puuston rakenne vain osittain. KALLIO (1957) on myöhemmin johtanut KALELAN sarjalle poistumaluvut, mutta käytettyyn menetelmään sisältyy huomattavaa epävarmuutta. Tutkimuksen tuloksia ei siten ole katsottu voitavan edullisuusvertailuissa soveltaa.

VUOKILA on tutkimuksessaan selvittänyt kuusikoiden taksatorista kehitystä paitsi säilyvän puuston myös poistuman osalta. Käenkaali-mustikkatyypin koealoja on tutkimuksessa mitattu 65 kappaletta. Alueellisesti on koeala-aineisto rajoittunut Etelä- ja Keski-Suomeen, pääosin Päijänteen länsi- ja eteläpuolelle.

KALLION tutkimuksen taksatorinen osa eroaa VUOKILAN tutkimuksen vastavasta osasta siinä, että sarjat päättyvät aikaisempaan ikävaiheeseen ja sisältävät myös uudistamisvaiheen. Alueellisesti rajoittuu tutkimus Lounais-Suomeen.

MÄKISEN metsäntutkimuslaitoksen kestokoealoihin perustuvan selvityksen aineisto käsittää 33 koealaa käenkaali-mustikkatyypillä. Ne on mitattu Punkaharjulla, Valkealassa, Ruokolahdella, Heinolassa, Padasjoella ja Hämeenkyrössä, joten alueellisesti ne rajoittuvat lähinnä Etelä- ja Kaakkois-Suomeen. Tutkimuksessa on selvitetty säilyvän puuston ja harvennuspoistuman kehitys; puuston rakenne eri ikävaiheissa on ilmaistu puutavaralajiprosentteina.

313. Kehityssarjojen rinnastuskelpoisuus

Puulajivertailujen suorittaminen on mielekästä ainoastaan siinä tapauksessa, että vertailulaskelmien perustana olevat eri puulajien kasvu- ja rakennesarjat ovat keskenään rinnastuskelpoisia. Kehityssarjojen rinnastuskelpoisuudelle on tällöin asetettava ainakin seuraavat vaatimukset:

- 1) Sarjojen koeala-aineiston on edustettava samaa kasvuolosuhteiltaan yhtenäistä aluetta tai alueryhmää.
- 2) Kasvupaikan boniteetin on oltava eri kehityssarjojen kohdalla sama.

- 3) Eri sarjojen tutkimusmetsiköiden käsittelytavat ennen mittausajankohtaa eivät saa olennaisesti poiketa toisistaan.
- 4) Sarjojen laadintatavan ja koealojen mittausperusteiden tulee johtaa samankäsitteisiin tuloksiin.

Käytettävissä olevien kehityssarjojen (KOIVISTO 1957, RAULO 1966, VUOKILA 1956, KALLIO 1957, MÄKINEN 1966) osalta on syytä tarkastella, missä määrin ne täyttävät edellä esitetyt vaatimukset.

MAANTIETEELLINEN ALUE. Sarjojen koeala-aineistot sijoittuvat jonkin verran toisistaan poiketen leveyspiiriin 63° eteläpuolelle. KALLION selvitys kohdistuu yksinomaan Lounais-Suomeen ja poikkeaa siten muista kehityssarjoista, jotka pienemmistä alueellisista eroavuuksista huolimatta on käsillä olevassa tutkimuksessa katsottu tältä osin keskenään rinnastuskelpoisiksi. On kuitenkin todennäköistä, että puuston kasvuedellytykset edellä mainitun leveyspiirin eteläpuolelle jäävällä laajalla alueella todellisuudessa vaihtelevat niin suuresti, että kehityssarjojen alueelliseen rinnastamiseen on suhtauduttava varauksella.

KASVUPAIKAN BONITEETTI. Kasvupaikan boniteetti on kehityssarjoja laadittaessa ilmaistu metsätyyppin avulla. Metsätyyppin määrittäminen taas tapahtuu, ainakin periaatteessa, tutkimusmetsikön pintakasvianalyysin avulla. Jos puulajin mahdollinen pintakasvillisuus muuttava vaikutus jää tällöin huomioon ottamatta, eri puulajien samaa metsätyyppiä vastaavat kehityssarjat saattavat todellisuudessa edustaa erilaista kasvupaikan boniteettia.

Puulajin vaikutusta käytössä olevaan kasvupaikkojen luokitteluun ei kuitenkaan ole tutkimuksella selvitetty, joten käsillä olevan tutkimuksen laskelmissa on yleisen käytännön mukaisesti katsottu samaa metsätyyppiä edustavien kehityssarjojen edustavan myös samaa kasvupaikan boniteettia. Menettelyyn on kuitenkin suhtauduttava kriittisesti, sillä jopa mustikkatyyppin erottaminen käenkaali-mustikkatyyppistä tuottaa koivikossa KOIVISTON mukaan (1957, s. 22) vaikeuksia. RAULON tutkimuksen kohdalla on lisäksi muistettava, että tutkimusaineistoon kuuluvien koealojen harvalukuisuudesta johtuen yksikin metsätyyppin keskimääräisestä boniteettitasosta poikkeava koeala vaikuttaa metsätyyppiä edustavaan kehityssarjaan sitä varsin suuresti määrin muuttavasti.

TUTKIMUSMETSIKÖIDEN KÄSITTELYTAPA. Tutkimusmetsiköissä ennen mittausajankohtaa suoritettujen hakkuiden voimakkuus ja frekvenssi määräävät omalta osaltaan kehityssarjan muotoa. Näin ollen eivät eri kehityssarjojen koealametsiköiden käsittelytavat saisi olennaisesti poiketa toisistaan. Tätä näkökohtaa on korostettava samaa puulajia koskevien sarjojen kohdalla; eri puulajien metsänhoidolliset vaatimuksethan poikkeavat jossakin määrin toisistaan, joten tästä aiheutuvat käsittelytavan erot eivät sinänsä huononna kehityssarjojen rinnastuskelpoisuutta.

KOIVISTO toteaa tutkimuksessaan (1957, s. 25), että tutkimusmetsiköiden käsittelyn voimakkuudessa on havaittavissa eroavuuksia, vaikkakin aivan lievin harvennuksin käsitellyt koivikot puuttuvat aineistosta. RAULON mittamien metsiköiden käsittelytavasta ei ole tietoa.

Kuusikoista voidaan todeta, että edullisuusvertailulaskelmissa sovellettu MÄKISEN kehityssarja on vahvan harvennuksen mukainen. Vastaavaan luonnontilaiseen kehitykseen verrattuna VUOKILAN sarjat edustavat jonkin verran lievempää ja KALLION selvästi lievintä käsittelyastetta.

SARJOJEN LAADINTATAPA JA MITTAUSPERUSTEET. Kaikki edellä mainitut kehityssarjat on laadittu ja niiden aineisto mitattu jossakin määrin toisistaan poikkeavasti. Eroavuuksien kehityssarjojen rinnastuskelpoisuutta huonontavaa vaikutusta ei ole voitu käsillä olevan tutkimuksen puitteissa selvittää.

314. Laskelmissa käytetyt kehityssarjat

Edellä suoritettu kehityssarjojen tarkastelu johtaa tulokseen, jonka mukaan täysin rinnastuskelpoisia sarjoja ei käsillä olevaa puulajivertailua varten ole käytettävissä. Koska kuitenkin on katsottu voitavan tyytyä suuntaa antaviin tuloksiin, on laskelmat suoritettu lähinnä vertailukelpoisimmiksi harkittujen kehityssarjojen pohjalta.

Käenkaali-mustikkatyyppin metsämaalle perustettujen viljelykoivikoiden ja -kuusikoiden keskinäiseen edullisuusjärjestykseen liittyvät laskelmat on tehty RAULON (1966) ja MÄKISEN (1966) ilmoittamien kehityslukujen perusteella. Samoihin tutkimuksiin pohjautuvat myös entisille viljelymaille perustettuja metsiköitä koskevat laskelmat.

Koska RAULO ei tutkimuksessaan ilmoita muiden tunnusten kuin pituuden ja läpimitan kehityslukuja, jotka nekin tutkimusmetsiköiden nuoruudesta johtuen päättyvät jo 30 vuoden ikään, on viljelykoivikoiden kehityssarjoja jouduttu täydentämään myöhemmin esitettävällä tavalla.

MÄKISEN tutkimusaineistoon ei sisälly varsinaiselle viljelymaalle perustettuja metsiköitä, joskin suuri osa koealoista on entisellä kaskimaalla. Laskelmissa on MÄKISEN ilmoittamia käenkaali-mustikkatyyppin kehityssarjoja kuitenkin sovellettu myös viljelymaille perustettujen viljelykuusikoiden kehityksen kuvaajina, koska käyttökelpoisempia sarjoja ei ole ollut käytettävissä.

Käsillä olevassa tutkimuksessa on vertailukohteena tarkasteltu luontaisesti syntyneitä, hoidettuja käenkaali-mustikkatyyppin koivikoita ja kuusikoita. Suoritettujen laskelmien perusteella näiltä osin KOIVISTON (1957) ja VUOKILAN (1956) selvityksiin. Molempien sarjojen kohdalla on puuston rakennelukuihin tehty eräitä muutoksia.

32. Kehityssarjojen täydentäminen ja yhdenmukaistaminen

321. Hoidetut käenkaali-mustikkatyypin luonnonkoivikot

Kuutiomäärän, kuutiokasvun ja kuutiopoistuman kehitysluvut saatiin suoraan KOIVISTON (1957) esittämistä sarjoista, mutta puuston rakennelukuja tarkistettiin seuraavassa esitetyllä tavalla.

KOIVISTON tutkimuksessa on koivikon puutavaralajeista eroteltu ainoastaan vaneripuuta ja halko. Jäljempänä käytetään tästä halkokäsitteestä, joka nykyisin sisältää myös koivupaperipuun, nimitystä *pinopuu*. Vaneripuun määrä harvennuksen jälkeisessä puustossa on selvitetty koealoittain puu puulta suoritetun silmävaraisen pölkytyksen ja laatuluokituksen avulla. Kunkin iänkohdan vanerikelpoisen puun määrään on päästy tasoittamalla koealoittain lasketut vaneripuunmäärät graafisesti iän funktiona.

Pinopuun määrää laskettaessa on jäljellä olevan puuston kuorellinen kiintokuutiomäärä ensin jaettu ARON (1935) esittämien koivun käyttöpuun tilavuus-sadannesten mukaisesti käyttöpuuhun ja hakkuutähteisiin (pinopuun minimiläpimitta 4 cm kuoren päältä). Näin saadusta käyttöpuun määrästä on vähennetty kuorelliseksi kiintokuutiometreiksi muunnettu vaneripuun määrä, jolloin pinopuun osuus on saatu erotuksena. (KOIVISTO, m. t., s. 127—128).

Kun KOIVISTON ilmoittamat vaneri- ja halkopuunmäärät käsillä olevan tutkimuksen laskelmissa muunnettiin teknillisistä mitoista kiintomitoiksi, laskettiin yhteen ja summaan vielä lisättiin ARON mukaan arvioitu teoreettinen hakkuutähteitten osuus, todettiin tuloksen olevan pienempi kuin toisaalla ilmoitettu jäljellä olevan puuston kiintokuutiomäärä. Erotus oli sitä suurempi, kun vanhemmasta ikävaiheesta oli kysymys.

Erotuksen syitä tutkittaessa tultiin siihen tulokseen, että KOIVISTON sarjoihin sisältyvä ristiriitaisuus oli syntynyt muunnettaessa vaneripuun määrää teknillisistä mitoista kiintomitoiksi pinopuun määrän laskemisen yhteydessä. Täten katsottiin oikeaksi säilyttää vaneripuun kuutiojalkamäärät muuttamattomina, kun taas pinopuun kehitysluvut laskettiin uudelleen. Mainittakoon, että vaikka vanerikoivujen laatuvaatimukset KOIVISTON tutkimuksen jälkeen ovatkin jossakin määrin muuttuneet, on myös käsillä olevan tutkimuksen vanerikoivua koskevissa laskelmissa sovellettu KOIVISTON käyttämiä vähimmäisvaatimuksia.

KOIVISTON esittämää rakennesarjaa korjattiin säilyvän puuston osalta seuraavasti: Säilyvän puuston kuorellisesta kiintokuutiomäärästä kussakin ikävaiheessa vähennettiin ensin ARON mukaan arvioitu teoreettinen hakkuutähteitten osuus (pinopuun minimiläpimitta 5 cm kuoren päältä). Tämän jälkeen vähennettiin edelleen vaneripuun osuus, joka oli muunnettu kiintokuutiometreiksi kuori-neen jakamalla kuutiojalkamäärä luvulla 30.5. Jäännöksen katsottiin edustavan pinopuuta ja se muunnettiin kuorelliseksi pinokuutiometreiksi kertomalla luvulla 1.59. Täten saatu säilyvän puuston rakennekehitys on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. KOIVISTON (1957) tuloksista tarkistaen laskettu säilyvän puuston rakennekehitys hoidetussa OMT:n luonnonkoivikossa.

Table 1. The composition of growing stock after thinning in regularly thinned common birch natural stands on Oxalis-Myrtillus type site. Calculated from KOIVISTO (1957) with some corrections.

Ikä, v Age, years	Vaneripuuta, j ³ Veneer wood, cu.ft.	Pinopuuta, p-m ³ Cord wood, cu.m., piled
20	—	62
30	20	145
40	280	196
50	1 300	194
60	2 360	167
70	3 000	146
80	3 400	134

Poistuvan puuston rakennekehitystä tarkastellessaan toteaa KOIVISTO (1957, s. 124), että »vanhoissa koivikoissa harvennukset ovat olleet myöhässä ja kohdistuneet voimakkaasti pienikokoiseen puuston osaan, jota ei jäljellä olevan puuston sarjojen mukaan enää pitäisi ollenkaan esiintyä». Koealametsiköiden käsittelytoimenpiteiden viivästyminen heijastuukin selvästi KOIVISTON ilmoittamassa poistuvan puuston rakenteessa. Vaneripuun osuus jää harvennuspoistumissa varsin pieneksi; esimerkiksi 65 v:n iällä on kyseisen 10-vuotiskauden poistuman kokonaismäärästä vain n. 10 % vaneripuuta.

Käsillä olevan tutkimuksen laskelmissa ei mainittua poistuvan puuston rakennesarjaa katsottu voitavan soveltaa, koska näytti ilmeiseltä, että ajallaan harvennetuissa koivikoissa poistuman rakenne muodostuisi oleellisesti toisenlaiseksi. Laskelmia varten konstruointiin uusi sarja seuraavassa esitettyä menetettyä käytämällä.

Säilyvän puuston ja poistuvan puuston järeyssuhteiden määrittämisessä käytettiin hyväksi MÄKISEN (1965) tutkimusta hakatun puuston ja kokonaispuuston keskiläpimitan suhteesta metsikössä. Mainitussa tutkimuksessa on MÄKINEN käyttänyt pohjapinta-alalla painotettua keskiläpimittaa (d_g ; huom. lyhenne ei tässä tarkoita samaa kuin vastaava kansainvälinen lyhenne, vrt. STANDARDIZATION. . . 1959) KOIVISTON käyttäessä keskiläpimittana pohjapinta-alan mediaanipuun läpimittaa (d_{GM}). Kyseiset tunnuksot ovat kuitenkin siksi lähellä toisiaan, että MÄKISEN keskiläpimittojen suhteita voidaan mainittavaa virhettä tekemättä käyttää myös KOIVISTON keskiläpimittojen suhteina.

Poistuvan puuston keskiläpimitan kehityslukujen tultua määritetyiksi siirryttiin poistuvan puuston puutavaralajirakenteen selvittämiseen. Laskelmat perus-

tettiin olettamukseen, että vanerikelpoisen puun suhteellinen osuus poistuvassa puustossa on yhtä suuri kuin järeydeltään samanlaisessa säilyvässä puustossa.

Tämän vuoksi laskettiin KOIVISTON esittämien kehityslukujen perusteella, kuinka monta prosenttia vanerikelpoisen puun osuus metsikön kussakin ikävaiheessa oli säilyvän puuston kokonaiskuutiomäärästä. Saadut arvot tasoitettiin graafisesti d_{GM} :n funktiona.

Koska mainitut vaneripuuprosentit oli laskettu kuorellisten kiintokuutiometri-lukujen perusteella, oli KOIVISTON ilmoittamat 10-vuotisjaksojen poistumamäärät muunnettava rakennelaskelmia varten kuorettomista kuorellisiksi kiintokuutiometreiksi. Tämä suoritettiin kussakin tapauksessa poistuvan puuston keskiläpimitan suuruista säilyvän puuston keskiläpimittaa vastaavan kuoriprosentin avulla.

Jako puutavaralajeihin suoritettiin siten, että poistuman kuorellisesta kuutiomäärästä vähennettiin ensin poistuvalla puustolle määritettyjen keskiläpimitan kehityslukujen ja edellä esitettyjen vaneripuuprosenttien avulla laskettu vaneripuun osuus. Tämän jälkeen vähennettiin ARON esittämien käyttöpuusadanesten avulla hakkuutähteitten osuus (pinopuun minimiläpimitta 5 cm kuoren päältä) ja jäännöksen katsottiin edustavan pinopuuta. Vaneripuun muunnettiin kuutiojaloiksi kertoimella 30.5 ja pinopuun pinokuutiometreiksi kertoimella 1.59. Näin saatu poistuvan puuston rakennekehitys on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. KOIVISTON (1957) tuloksista MÄKISEN (1965) mukaan tarkistaen laskettu poistuvan puuston rakennekehitys hoidetussa OMT:n luonnonkoivikossa.

Table 2. The composition of removals in regularly thinned common birch natural stands on Oxalis-Myrtillus type site. Calculated from the results of KOIVISTO (1957) by adjusting with MÄKINEN's later study (1965).

Ikä, v Age, years	Vaneripuuta, j ³ Veneer wood, cu.ft.	Pinopuuta, p-m ³ Cord wood, cu.m., piled
25	—	57
35	—	76
45	30	73
55	120	75
65	370	65
75	550	46

Taulukon lukuja tarkasteltaessa voidaan todeta niiden poikkeavan KOIVISTON esittämistä vastaavista luvuista myös nuorimmissa ikävaiheissa, vaikka vaneripuun osuutta selvittelevät laskelmat ovatkin kohdistuneet lähinnä vanhempien ikäluokkien rakenteeseen. Käsillä olevassa tutkimuksessa on kuitenkin pinopuun

minimiläpimitana käytetty 5 cm:ä kuoren päältä, kun taas vastaava mitta on KOIVISTON tutkimuksessa ollut 4 cm kuoren päältä. Tämän johdosta on hakkuutähteitten määrä laskelmissa muuttunut; muutokset ovat suhteellisesti suurimmat nuorissa ikäluokissa, joissa puut ovat pieniä.

322. Viljelykoivikot

3221. Keskiläpimitan, valtapituuden ja keskipituuden kehityskäyrien ekstrapolointi

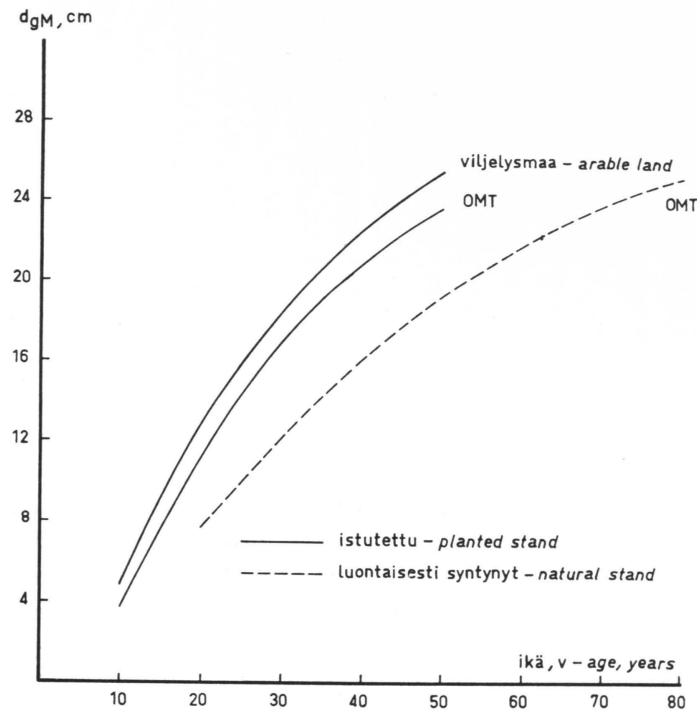
RAULON (1966) tutkimuksesta saatiin viljelykoivikoiden läpimitan ja pituuden kehitysarvot 30 ikävuoteen saakka valta- ja peruspuuston (100 ja 400 paksuinta puuta hehtaaria kohti) aritmeettisina keskiarvoina. Lisäksi saatiin koalojen mittauspöytäkirjoista tunnusten arvot mittaushetkellä koko metsikköä kohti laskettuina aritmeettisina keskiarvoina.

Edullisuusvertailulaskelmien mahdollistamiseksi jouduttiin RAULON sarjoja täydentämään. Tämä tapahtui KOIVISTON (1957) tutkimukseen nojautuen hoidetun käenkaali-mustikkatyyppin luonnonkoivikon kasvu- ja rakennesarjan avulla. Säilyvän puuston ja poistuvan puuston rakennelaskelmat tehtiin samoin perustein kuin edellä esitetyt muutokset KOIVISTON sarjoihin.

Keskiläpimita

RAULON ilmoittamat keskiläpimitat ovat valtapuuston ja peruspuuston aritmeettisiä keskiarvoja, kun taas KOIVISTO on laskenut koko metsikön keskiläpimitan pohjapinta-alan mediaanipuun läpimitana. Tunnusten yhdenmukaistamiseksi verrattiin viljelykoivikoiden osalta koaloittain metsikön pohjapinta-alan mediaanipuun läpimittaa peruspuuston aritmeettiseen keskiläpimitaan. Suhteiden avulla laskettiin keskimääräiset korjaukset, joiden perusteella katsottiin voitavan muuntaa peruspuuston aritmeettinen keskiläpimita metsikön pohjapinta-alan mediaanipuun läpimitaksi ja siten verrannolliseksi KOIVISTON ilmoittamiin hoidettujen luonnonkoivikoiden keskiläpimittoihin. Lasketut korjaukset olivat seuraavat: viljelysmaa —5.0 % ja OMT —2.3 %.

Korjatut keskiläpimitan kehitysarvot ekstrapoloitiin 50 ikävuoteen saakka jatkamalla keskiläpimitan kehityksen kuvaajaa graafisesti luonnonkoivikoiden keskiläpimitan kehitystä vertailupohjana käyttäen. Laskennallista, myöhemmin valtapituuden kehitysarvoja ekstrapoloitaessa käytettyä menetelmää ei keskiläpimitan kohdalla voitu soveltaa, koska sen avulla johdetut kehitysluvut nousivat vanhemmissa ikävaiheissa epätodennäköisen korkeiksi. Mainittakoon, että mahdolliset virheet keskiläpimitan kehityksen arvioimisessa ulottavat vaikutuksensa lähinnä myöhemmin esitettäviin puuston rakenneselvityksiin; kuutiomäärän, kuutiokasvun ja kuutiopoistuman kehitystä arvioitaessa ei keskiläpimitan kehityslukuja ole käytetty hyväksi.



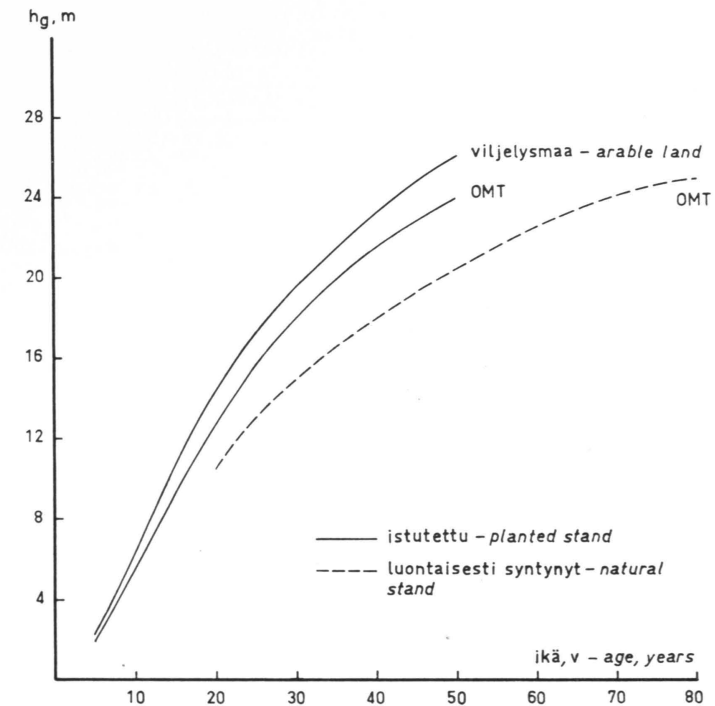
Kuva 1. Keskiläpimitan kehitys istutuskoivikoissa ja hoidetuissa luonnonkoivikoissa. Edellinen arvioitu RAULON (1966) lukujen perusteella, jälkimmäinen KOIVISTON (1957) mukaisena.

Figure 1. The development of mean diameter (d_{gM}) in common birch stands. The planted stands are estimates based on RAULO (1966); the natural regularly thinned stands according to KOIVISTO (1957).

Viljelykoivikoiden keskiläpimitan arvioitu kehitys on esitetty taulukossa 3 ja kuvassa 1 sitä on verrattu KOIVISTON ilmoittamaan hoidettujen luonnonkoivikoiden keskiläpimitan kehitykseen.

Valtapituus

RAULON ilmoittamat valtapituuden kehitysarvot ekstrapoloitiin laskennallisesti 30 ikävuodesta eteenpäin olettamalla suhteellinen kehitys samaksi kuin se on KOIVISTON mukaan hoidetussa luonnonkoivikossa samalla metsätyypillä. Kuitenkin jouduttiin myös entisille viljelysmaalle perustettujen viljelykoivikoiden kehitystä arvioitaessa käyttämään pohjana OMT:n luontaisen metsikön arvoja, koska viljelysmaalle syntyneiden luontaisten koivikoiden kehitystä ei ole selvitetty.



Kuva 2. Valtapituuden kehitys istutuskoivikoissa ja hoidetuissa luonnonkoivikoissa. Edellinen arvioitu RAULON (1966) luvuista, jälkimmäinen KOIVISTON (1957) mukaisena.

Figure 2. The development of dominant height (h_{dom}) in common birch stands. The planted stands are estimates based on RAULO (1966); the natural regularly thinned stands according to KOIVISTO (1957).

Näin saadut valtapituuden kehitysarvot on esitetty taulukossa 3. Kuvassa 2 niitä on verrattu hoidettujen luonnonkoivikoiden kehityslukuihin.

Keskipituus

Koska RAULON ilmoittamat keskipituudet olivat perus- ja valtapuuston aritmeettisia keskiarvoja, pyrittiin ne muuntamaan vertailukelpoisiksi KOIVISTON ilmoittamien metsikön pohjanpinta-alalla painotettujen keskipituuksien kanssa. Käytetty muuntamismenetelmä oli sama kuin keskiläpimitan kohdalla esitetty. Käytetyt keskimääräiset korjaukset olivat seuraavat: viljelysmaa —1.6 % ja OMT —0.6 %.

Keskipituuden kehitysarvot ekstrapoloitiin valtapituuden kehityssarjan laskemisen yhteydessä esitetyllä tavalla. Koska keskipituuden arvot täten mene-

teltäessä kuitenkin nousivat selvästi liian korkeiksi, arvioitiin kehitysluvut 40 ikävuodesta eteenpäin keskipituuskäyrää graafisesti jatkamalla. Tukena käytettiin luonnonkoivikoiden keski- ja valtapituussarjoja ja osittain myös edellä esitetyllä tavalla arvioituja viljelykoivikoiden valtapituuden kehityslukuja. Viljelykoivikoiden keskipituuden arvioitu kehitys on esitetty taulukossa 3 ja kuvassa 3 sitä on verrattu hoidettujen luonnonkoivikoiden vastaaviin kehityslukuihin.

Taulukko 3. Keskiläpimitan sekä valta- ja keskipituuden kehitys viljelykoivikoissa RAULON (1966) ja KOIVISTON (1957) mukaan arvioituna

Table 3. The development of mean diameter, dominant height, and mean height in planted common birch stands. Estimates based on RAULO (1966) and KOIVISTO (1957).

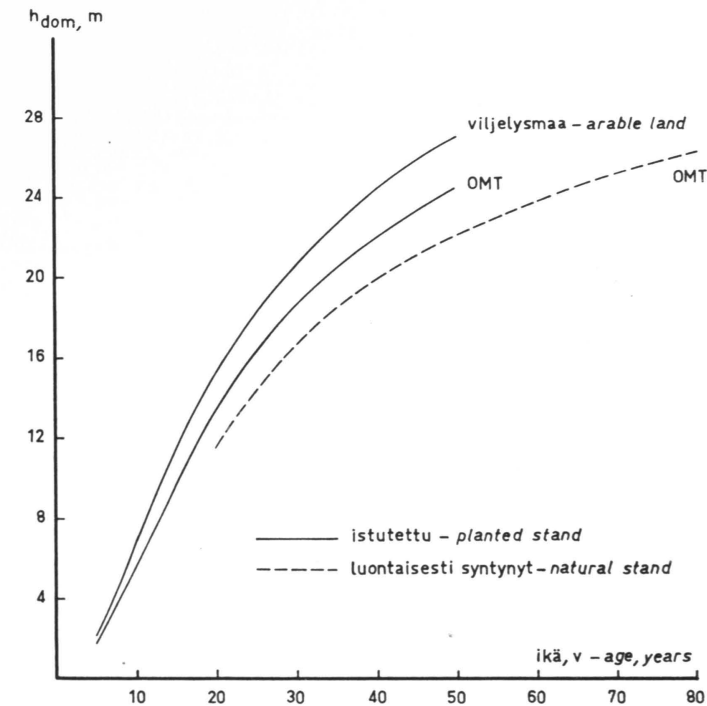
Metsikön ikä, v Age of the stand, years	Viljelysmaa On arable land			OMT On Oxalis-Myrtillus type forest land		
	Keskiläpimita, Mean diameter, cm	Valtapituus, Dominant height m	Keskipituus, Mean height m	Keskiläpimita, Mean diameter cm	Valtapituus, Dominant height m	Keskipituus, Mean height m
5	0.6	2.2	2.2	0.5	1.9	1.8
10	4.8	6.8	6.4	3.7	5.8	5.7
15	9.4	11.4	10.9	7.6	9.6	9.3
20	13.0	15.3	14.5	11.1	13.1	12.7
25	15.9	18.1	17.2	14.3	16.2	15.7
30	18.4	20.6	19.5	17.0	18.7	18.2
35	20.7	22.7	21.5	19.2	20.6	20.0
40	22.6	24.3	23.3	20.9	22.0	21.5
45	24.2	25.8	24.8	22.4	23.3	22.8
50	25.5	27.1	26.1	23.7	24.5	24.0

3222. Kuutiomäärän, kokonaiskasvun ja poistuman kehityssarjojen koostaminen

Kuutiomäärä

Arvioitaessa puuston kuutiomäärän kehitystä viljelykoivikoissa otettiin lähökohdaksi hoidetun luonnonkoivikon puuston kuutiomäärä ja sen kehitys (KOIVISTO 1957).

Puuston kuutiomäärälle hehtaaria kohti kuorineen ja kuoretta laskettiin pienimmän neliösumman menetelmällä kolmannen asteen regressioyhtälöt, joissa selittävänä muuttujana oli keskipituus. Havaintoarvoina käytettiin KOIVISTON ilmoittamia hoidetun luonnonkoivikon keskimääräisiä kehityslukuja käenkaalimustikkatyypillä.



Kuva 3. Keskipituuden kehitys istutusköivikoissa ja hoidetuissa luonnonköivikoissa. Edellinen arvioitu RAULON (1966) luvuista, jälkimmäinen KOIVISTON (1957) mukaisena.

Figure 3. The development of mean height (h_q) in common birch stands. The planted stands are estimates based on RAULO (1966); the natural regularly thinned stands according to KOIVISTO (1957).

Yhtälöt saivat seuraavan muodon:

$$(3) y = 214.8674 - 41.1487 (\bar{h}) + 3.1533 (\bar{h})^2 - 0.0613 (\bar{h})^3 \text{ jossa } y = \text{k-m}^3/\text{ha} \text{ kuorineen ja } \bar{h} = \text{keskipituus}$$

$$(4) y = 195.1510 - 38.2050 (\bar{h}) + 2.9124 (\bar{h})^2 - 0.0567 (\bar{h})^3 \text{ jossa } y = \text{k-m}^3/\text{ha} \text{ kuoretta ja } \bar{h} = \text{keskipituus.}$$

Yhtälöiden luotettavuutta ei voida ilmaista tavanomaisin tilastollisin tunnuksin. Käytetyn aineiston puitteissa ne kuitenkin osoittautuivat varsin hyvin kuutiomäärän kehitystä kuvaaviksi. Esimerkin vuoksi on seuraavassa asetelmassa esitetty KOIVISTON ilmoittama kuorellisen kuutiomäärän kehityssarja (OMT) ja toisaalta sarja, joka on saatu siten, että KOIVISTON esittämät keskipituuden kehitysarvot on sijoitettu laskettuun yhtälöön.

	Metsikön ikä, v						
	20	30	40	50	60	70	80
	k-m ³ /ha k:neen						
Koivisto	49	85	119	148	164	171	175
Yhtälöllä	49	85	119	147	164	172	174

Viljelykoivikoiden kuutiomäärän kehityssarjat laskettiin sijoittamalla yhtälöihin edellä esitetyt viljelykoivikoiden keskipituuden kehitysarvot. Saatuihin kehityslukuihin oli kuitenkin nuorimmissa ikäluokissa tehtävä harkinnan varaisia korjauksia, koska yhtälöistä saadut arvot ilmeisesti olivat liian korkeita. Kuten tasoituskäyrän yhtälön vakiotermitä näkyy, käyrän ekstrapolointikyky havaintoaineistoa pienempien keskipituuksien kohdalla on varsin heikko.

Edellä esitetyllä tavalla johdetut puuston kuutiomäärän kehitysarvot ovat kuitenkin loogisia ainoastaan siinä tapauksessa, että puuston runkomuoto on sekä viljely- että luonnonkoivikoissa sama. Tämän vuoksi sijoitettiin kunkin RAULON koealametsikön keskipituus yhtälöön (3) muuttujaksi ja verrattiin näin saatua kuutiomäärää RAULON ilmoittamaan ao. metsikön kuutiomäärään. Tällöin todettiin, että RAULON ilmoittamat arvot olivat viljelysmaan koealoilla keskimäärin 10.9 % ja OMT:n koealoilla keskimäärin 9.3 % suurempia kuin yhtälöllä johdetut. Ero saattaa johtua mittaustekniikasta. Metsiköiden ollessa pinta-alaltaan vähäisiä on niihin vaikea sijoittaa koealaa niin, että se olisi riittävän suuri ja toisaalta myös koealan vaippa kyllin leveä estääkseen metsikön reunatihennöksen tuloksia harhauttavan vaikutuksen. Tässä yhteydessä ei kuitenkaan ollut mahdollisuutta tarkistaa asiaa, vaan eron katsottiin johtuvan pääasiassa luonnonkoivikoiden ja viljelykoivikoiden puiden erilaisesta runkomuodosta. Virhe pyrittiin korjaamaan siten, että edellä esitetyllä tavalla arvioidussa viljelykoivikoiden puuston kuutiomäärän kehityssarjassa suurennettiin kunkin ikävaiheen kuutiomäärää 10 %:lla. Näin saadut kuutiomäärän kehitysarvot on esitetty taulukossa 4.

Kokonaiskasvu

Viljelykoivikoiden kokonaiskasvua ja sen kehitystä selvitettyä laskettiin kokonaiskasvulle regressioyhtälö muutoin samaan tapaan, kuin edellä kuutiomäärän kehityssarjan konstruoinen yhteydessä esitettiin, mutta selittävänä muuttujana käytettiin valtapituuksia. Yhtälö sai seuraavan muodon:

$$(5) y = 122.8668 - 18.3915 (h_{dom}) + 1.3808 (h_{dom})^2 - 0.0057 (h_{dom})^3, \text{ jossa } y = \text{kokonaiskasvu, k-m}^3/\text{ha kuoretta ja } h_{dom} = \text{valtapituus.}$$

Kokonaiskasvun kehityssarja laskettiin yhtälön ja aiemmin esitettyjen viljelykoivikoiden valtapituuden kehitysarvojen avulla. Se on esitetty taulukossa 4.

Mainittakoon, että kokonaiskasvulle laskettiin myös toinen regressioyhtälö

Taulukko 4. Kuutiomäärän, kokonaiskasvun ja poistuman kehitys viljelykoivikoissa RAULON (1966) ja KOIVISTON (1957) mukaan arvioituna.

Table 4. Volume of the stand, total increment, and volume removal per hectare in planted common birch stands. Estimates based on RAULO (1966) and KOIVISTO (1957).

Metsikön ikä, v Age of the stand, years	Viljelysmaa — On arable land					OMT — On Oxalis Myrtillus type sites				
	Kuutiomäärä, Volume of the stand,		Kokonaiskasvu, k:tta Total increment, excl. bark	Poistuma, k:tta Volume removal excl. bark		Kuutiomäärä, Volume of the stand,		Kokonaiskasvu, k:tta Total increment, excl. bark	Poistuma, k:tta Volume removal, excl. bark,	
	Kuorineen Incl. bark	Kuoretta Excl. bark		Kokonaispoistuma Total	10-vuotisjakson Periodic	Kuorineen Incl. bark	Kuoretta Excl. bark		Kokonaispoistuma Total	10-vuotisjakson Periodic
	k-m ³ /ha — cu.m. per ha									
5					20					16
10	22	16	36	20		16	12	28	16	
15	55	44	84	40	40	44	35	59	24	22
20	98	84	144	60		80	68	106	38	
25	141	122	209	87	69	120	103	163	60	52
30	173	151	280	129		155	135	225	90	
35	197	172	350	178	95	179	156	280	124	64
40	212	186	410	224		197	172	326	154	
45	219	191	470	279	110	208	183	372	189	74
50	219	191	525	334		216	189	417	228	

käyttämällä selittävänä muuttujana keskipituuksia. Sen avulla konstruoitu kokonaiskasvutarja ei olennaisesti poikennut valtapituuksien avulla laaditusta kehityssarjasta.

Kokonaispoistuma ja 10-vuotiskausien poistumat

Kokonaispoistuma kussakin ikävaiheessa laskettiin kokonaiskasvun ja säilyvän puuston kuutiomäärän erotuksena. Kokonaispoistuman lisäys 10-vuotiskauden aikana katsottiin kunkin 10-vuotiskauden poistumaksi eli 10-vuotiskauden aikana hakatuksi puumääräksi. Poistumalukujen kehitys on esitetty taulukossa 4.

3223. Puuston rakenne

Arvioitaessa puuston rakenteen kehitystä viljelykoivikoissa nojaututtiin olettamukseen, että metsikön syntyavalla ei ole olennaista vaikutusta vanerikelpoisen puun suhteelliseen määrään metsikössä. Täten oletettiin vaneripuun suhteellisen osuuden olevan viljelykoivikoissa ja järeydeltään samanlaisissa luonnonkoivikoissa yhtä suuren. Muunlaista menettelyä ei käsillä olevan tutkimuksen yhteydessä voitu soveltaa, koska viljelykoivikoiden puiden runkomuodon ja teknillisen laadun kehityksestä ei ollut tietoja käytettävissä.

Säilyvän puuston rakenne arvioitiin viljelykoivikoissa siten, että ensin määritettiin vaneripuuprosentti metsikön kussakin ikävaiheessa. Se saatiin metsikön keskiläpimitan avulla käyrältä, joka esitti vaneripuuprosentin kehitystä keskiläpimitan funktiona luonnonkoivikoissa KOIVISTON mukaan. Sekä viljelysmaiden että OMT:n viljelykoivikoiden kohdalla käytettiin vaneripuun suhteellista osuutta arvioitaessa pohjana OMT:n luonnonkoivikoiden arvoja.

Näin saatujen prosenttilukujen avulla laskettiin vaneripuun osuus säilyvän puuston kuutiomäärästä. Kiintokuutiometrit muunnettiin kuutiojaloiksi kertomalla ne luvulla 30.5 Hakkuutähteiden osuus (pinopuun minimiläpimitta 5 cm kuoren päältä) arvioitiin ARON (1935) mukaan ja jäljelle jääneen puuston osan katsottiin edustavan pinopuuta. Kiintokuutiometrit muunnettiin pino-kuutiometreiksi kertomalla luvulla 1.59. Laskelmien tuloksena saadut rakenneluvut on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Puuston rakenteen kehitys viljelykoivikoissa
Table 5. Timber products of the planted common birch stands.

Metsikön ikä, v Age of the stand, years	Viljelysmaa On arable land				OMT On Oxalis-Myrtillus type forest land			
	Säilyvä puusto Growing stock		Poistuva puusto Removing stock		Säilyvä puusto Growing stock		Poistuva puusto Removing stock	
	Vaneripuuta Veneer wood cu.ft.	Pinopuuta Cordwood cu.m., piled	Vaneripuuta Veneer wood cu.ft.	Pinopuuta Cordwood cu.m., piled	Vaneripuuta Veneer wood cu.ft.	Pinopuuta Cordwood cu.m., piled	Vaneripuuta Veneer wood cu.ft.	Pinopuuta Cordwood cu.m., piled
j ³ /ha	p-m ³ /ha	j ³ /ha	p-m ³ /ha	j ³ /ha	p-m ³ /ha	j ³ /ha	p-m ³ /ha	
10	—	14	—	—	—	—	—	—
15	—	72	—	40	—	46	—	13
20	60	143	—	—	—	116	—	—
25	240	204	—	118	120	175	—	83
30	1 010	216	—	—	490	213	—	—
35	2 100	196	240	154	1 370	207	90	108
40	2 900	178	—	—	2 170	192	—	—
45	3 480	159	1 280	127	2 810	176	430	110
50	3 750	145	—	—	3 290	164	—	—

Poistuvan puuston rakenteen kehitystä määritettäessä meneteltiin samalla tavoin kuin hoidettujen luonnonkoivikoiden kohdalla niiden harvennuspoistuman rakennetta arvioitaessa. Laskelmien tuloksena saadut kehityssarjat on esitetty oheisessa taulukossa.

Taulukon 5 lukuihin on kuitenkin syytä suhtautua varsin suurin varauksin. Tarvittavien taksatoristen tietojen puuttuessa on poistumasarjan koostamisen eri vaiheissa jouduttu tekemään runsaasti täysin harkinnanvaraisia valintoja, joiden paikkansapitävyyttä ei ole voitu empiirisesti tarkistaa. Esitettyjen lukujen hyväksikäyttö onkin siksi rajoitettava tämän tutkimuksen piiriin. Niitä ei tule yleistää laajemmalle.

323. Hoidetut käenkaali-mustikkatyypin luonnonkuusikot

Kuten aiemmin on todettu, käytettiin käsillä olevassa tutkimuksessa hoidettujen luonnonkuusikoiden kehityksen kuvaajina VUOKILAN (1956) ilmoittamia Etelä-Suomen hoidettujen kuusikoiden kehityslukuja. Koska puuston rakennelaskelmat VUOKILAN tutkimuksessa pohjautuvat erilaisiin puutavaralajien minimimittoihin kuin MÄKISEN (1966) selvittämät viljelykuusikoiden rakenneluvut, katsottiin tarpeelliseksi muuntaa ensin mainitut vastaamaan MÄKISEN käytämiä vähimmäismittoja.

VUOKILA on tutkimuksessaan erotellut kuusikon puutavaralajeista sahatukit (latvaläpimitta vähintään 6"), paperipuun (8 cm kuoren alta) ja halon (4 cm kuoren alta). MÄKINEN on näistä poikkeavasti pitänyt kuusitukin minimivaatimuksena 5":n latvaläpimittaa ja katsonut ohutpuuksi kelpaavan rungon osan päättyvän 5 cm:n kuorelliseen läpimittaan.

Edellä mainituista puutavaralajeista katsottiin halon vastaavan sittemmin käyttöön tullutta ohutpuuta; minimittojen vähäinen ero ei antanut aihetta muuntolaskelmien suorittamiseen. Sen sijaan VUOKILAN ilmoittamat sahatukien kuutiojalkamäärät (vastaavasti myös paperipuunmäärät) muunnettiin vastaamaan 5":n latvaläpimittaa seuraavasti:

ARON (1935) esittämien käyttöpuusadannesten avulla arvioitiin kussakin puun rinnankorkeuden läpimittaluokassa, kuinka monta prosenttia tukin latvaläpimitan pienenemisestä johtunut käyttöpuun osuuden lisäys oli suuremman latvaläpimitan mukaisesta käyttöpuumäärästä. Koska ARON esittämistä taulukoista puuttuivat kuusen kohdalla arvot 6" ja 5" vastaavista läpimittaluokista, nojaututtiin Etelä-Suomen männyille laskettuihin vastaaviin arvoihin. Tämän jälkeen arvioitiin näin saatujen prosenttilukujen ja VUOKILAN ilmoittamien metsikön keskiläpimitan kehityslukujen avulla, kuinka monta prosenttia sahapuun kuutiojalkamäärää kussakin ikäluokassa oli korotettava. Laskelmissa käytetyt sadannekset olivat seuraavat:

	Metsikön ikä, v						
	40	50	60	70	80	90	100
	Korjaus, %						
Säilyvä puusto	18	16	14	10	7	5	5
Poistuva puusto	19	17	15	12	9	7	

Kun kuutiojalkamäärää kussakin ikäluokassa oli näiden korjaussadannesten avulla suurennettu, oli paperipuun määrää vastaavasti pienennettävä. Tätä varten muunnettiin kuutiojalkamäärän lisäys eri ikävaiheissa kuorellisiksi (säilyvä puusto) ja kuorettomiksi (poistuva puusto) kiintokuutiometreiksi kertomien avulla, jotka laskettiin VUOKILAN ilmoittaman rungon keskikoon ja Tapon Taskukirjassa (14. p. s. 263) olevan taulukon avulla. Kuorisadanneksina käytettiin VUOKILAN ilmoittamia keskimääräislukuja. Käytetyt kertoimet on esitetty seuraavassa asetelmassa:

	Metsikön ikä, v						
	40	50	60	70	80	90	100
Säilyvä puusto	19.0	20.5	21.5	22.1	22.9	23.3	23.5
Poistuva puusto	21.8	23.3	24.4	25.1	25.7	26.2	

Kiintokuutiometrit muunnettiin kertoimilla 1.23 ja 1.43 pinokuutiometreiksi, ja näin saaduilla määrillä pienennettiin kunkin ikävaiheen paperipuumäärää. Laskelman tuloksena saadut puuston rakenteen kehitysluvut on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Puuston rakennekehitys käenkaali-mustikkatyypin hoidetuissa luonnonkuusikoissa.
Table 6. Timber products of the regularly thinned natural Norway spruce stands on Oxalis-Myrtillus type site.

Metsikön ikä, v Age of the stand, years	Säilyvä puusto Growing stock			Poistuva puusto Removing stock		
	Tukkipuuta, j ³ Saw timber cu.ft.	Paperipuuta, p-m ³ Pulpwood cu.m., piled	Ohutpuuta, p-m ³ Thinwood cu.m., piled	Tukkipuuta, j ³ Saw timber cu.ft.	Paperipuuta, p-m ³ Pulpwood cu.m., piled	Ohutpuuta, p-m ³ Thinwood cu.m., piled
20	—	—	16	—	—	9
30	—	42	61	—	9	46
40	240	103	46	120	60	22
50	1 280	133	29	410	63	16
60	3 190	119	21	800	35	6
70	5 220	91	17	1 060	18	4
80	6 420	71	13	1 360	13	3
90	6 980	56	10	1 550	8	2
100	7 400	34	8			

324. Viljelykuusikot

Viljelykuusikoiden puuston kehitysluvut saatiin MÄKISEN (1966) tutkimuksesta. Säilyvän puuston kehityksen kuvaajana käytettiin vahvan harvennuksen mukaisen keskimääräisen puuston kehityssarjaa. Poistuman kehitys laskettiin siten, että kokonaiskasvusta (»maksimikasvu») kussakin ikävaiheessa vähennettiin vahvan harvennuksen mukaisen keskimääräisen puuston kuutiomäärä. Vähentämällä perättäisten ikävaiheiden kokonaispoistumaluvut toisistaan päästiin kunkin 5-vuotisjakson harvennuspoistumalukuihin.

MÄKISEN esittämien harvennuspuuston ja harvennuksen jälkeisen keskimääräisen puuston keskiläpimitan kehityslukujen ja vastaavien puutavaralajiprocenttien avulla jaettiin poistuva puusto ja säilyvä puusto puutavaralajeiksi. Näin saadut kuorelliset kiintokuutiometrit muunnettiin vastaamaan teknillisiä mittoja. Sahapuun osuus muunnettiin kuutiojaloiksi kertomalla kunkin ikävaiheen kiintokuutiomäärä arvioidulla muuntokertoimella. Käytetyt kertoimet olivat seuraavat:

	Metsikön ikä, v							
	25	30	35	40	45	50	55	60
Säilyvä puusto	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0	23.5	24.0	24.5
Poistuva puusto	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	22.5	23.0	23.5

Paperipuu ja ohutpuu muunnettiin pinokuutiometreiksi kertoimilla 1.23 ja 1.5. Laskelmien tuloksena saatu puuston rakennekehitys on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. Puuston rakennekehitys käenkaali-mustikkatyypin viljelykuusikoissa MÄKISEN (1966) mukaan.

Table 7. Timber products of the planted Norway spruce stands on Oxalis-Myrtillus type sites according to MÄKINEN (1966).

Metsikön ikä, v Age of the stand,	Säilyvä puusto Growing stock			Poistuva puusto Removing stock		
	Sahapuuta, j ³ Saw timber cu.ft.	Ainespino-tavaraa, p-m ³ Pulpwood cu.m., piled	Ohutpuuta, p-m ³ Thinwood cu.m., piled	Sahapuuta, j ³ Saw timber cu.ft.	Ainespino-tavaraa, p-m ³ Pulpwood cu.m. piled	Ohutpuuta, p-m ³ Thinwood cu.m. piled
25	30	46	49	—	4	15
30	180	95	42	20	11	9
35	520	131	32	40	25	12
40	1 260	141	21	100	36	9
45	2 400	117	17	220	42	9
50	3 480	78	10	450	39	8
55	4 180	44	10	550	25	4
60	4 120	24	6	870	20	3

33. Hakkuukertymäodotusten luotettavuus

Kasvu- ja rakennetutkimusten tulokset osoittavat ensisijaisesti, miten mitatut metsiköt ovat tutkitun aikajakson kuluessa kehittyneet. Tulosten käyttökelpoisuus ennustettaessa metsiköiden tulevaa kehitystä riippuu näin ollen ratkaisevasti siitä, säilyvätkö ja missä määrin kasvuolosuhteet ja metsiköiden käsittelytapa muuttumattomina. Mitä suurempia muutokset ovat, sitä vähäisempi on myös tulosten ennustavuus.

Käytettäessä kehityssarjoja eri vaihtoehtojen keskinäiseen vertailuun, ei enusteiden absoluuttinen paikkansapitävyys ole kuitenkaan ehdoton vaatimus. Esimerkiksi ilmastossa tapahtuvat muutokset todennäköisesti vaikuttavat kaikkiin vertailuviin sarjoihin samansuuntaisesti ja likimain samassa suhteessa, jolloin vaihtoehtojen järjestyksen voi odottaa säilyvän suunnilleen muuttumattomana. Sen sijaan vaikuttaa lopputuloksen luotettavuuteen olennaisesti sarjojen rinnastuskelpoisuus.

Kehityssarjoja valittaessa jo todettiin, että käytetyt sarjat eivät joka suhteessa täyttäneet vertailukelpoisuuden ehtoja. Aineistot eivät ole samalta maantieteelliseltä alueelta, boniteettiluokitus ei välttämättä johda yhdenmukaiseen tulokseen eri puulajien osalta ja itse sarjojen koostamistapa vaihtelee. Edellä suoritettujen tarkistukset ja korjaukset eivät ole muuttaneet tätä perustilannetta. Ratkaistavan ongelman kannalta tieto, että käytettävät hakkuukertymäluvut eivät ole täysin rinnastuskelpoisia, ei kuitenkaan ole riittävä. Tarvitaan myös jonkinlainen arvio, mitä suuruusluokkaa tästä aiheutuva epätarkkuus on.

Maantieteellisten erojen vaikutusta voidaan mitata parhaiten alueellisia rinnakkaissarjoja toisiinsa vertaamalla. Etelä-Suomesta ei tällaisia ole kuitenkaan käytettävissä muita kuin VUOKILAN (1956) ja KALLION (1957) käenkaali-mustikkatyypin hoidettuja luonnonkuusikoita koskevat selvitykset, jotka nekin menevät osaksi alueittaisesti päällekkäin. Viimeksi mainittujen tutkimusten kokonaiskasvuluvut eroavat toisistaan varsin selvästi. Esimerkiksi 70 vuoden aikana tuottaa hoidettu kuusikko VUOKILAN mukaan keskimäärin 8.6 k—m^3 kuorineen hehtaaria kohden vuodessa mutta KALLION a-sarjan metsiköissä 11.0% ja b-sarjan metsiköissä 21.9% eli keskimäärin noin 16.5% vähemmän. Missä määrin nämä erot ovat maantieteellisiä, missä määrin erilaisesta määrittämenetelmästä johtuvia, on epävarmaa.

Metsätyyppi sellaisenaan on varsin karkea metsikön kasvukyvyn mitta. Käytettyihin laaja-alaisiin boniteettiluokkiin sisältyy huomattavaa hajontaa, joka on seurausta osaksi kasvupaikan laadun vaihtelusta, osaksi eroista puuston geneettisissä ominaisuuksissa, metsikön synty- ja käsittelytavassa jne. Kasvu- ja rakennetutkimuksissa käytetty aineiston valintatapa ei aina anna täysin oikeata kuvaa tämän hajonnan suuruudesta. »Tyypillisiä» metsiköitä valikoitaessa itse asiassa karsitaan tarkoituksellisesti pois rajatapaukset ja pyritään siten aikaansaamaan yhtenäisempi aineisto kuin mitä olisi puhdas satunnaisnäyte ao. metsätyypin

metsiköistä. Samalla kun tämä valikointi todennäköisesti pienentää koealaineistossa esiintyvää hajontaa, se myös mahdollistaa systemaattisten virheiden syntymisen: kulloinkin kyseessä olevan metsätyyppi-boniteettiluokan vaihteluvälistä saatetaan eri tutkimuksissa valita eri jaksot, toisissa vähän keskimääräistä paremmat, toisissa keskimääräistä huonommat variantit.

On vaikea arvioida, kuinka suuria mainitut, aineiston valinnassa mahdollisesti syntyneet systemaattiset virheet ovat. Sen sijaan voidaan kyllä selvittää, mikälainen on hajonta ollut eri tutkimusten aineistoissa. Samalla tavoin käsitellyissä metsiköissä valtapituuden voitaneen katsoa kuvastavan verraten hyvin kokonaiskasvua. Tämän tunnuksen havainnot vaihtelevat keskimääräisen kehityskäyrän molemmin puolin VUOKILAN (1956) tutkimuksessa (OMT-kuusikot) rajoissa $\pm 11 \%$, KOIVISTON (1957) OMT-rauduskoivikoissa rajoissa $\pm 8\text{—}9 \%$ ja RAULON (1966) viljelykoivikoissa samoin rajoissa $\pm 8\text{—}9 \%$. KALLION (1957) OMT-kuusikoissa taas on erotettujen kahden sarjan kokonaiskasvulukujen välinen ero 40—70 vuoden iällä noin 11% (laskettuna keskiarvosta) ja, jos lisäksi otetaan huomioon molempien sarjojen havaintoihin liittyvä hajonta, voidaan päätellä, että KALLION OMT-aineistossa kokonaiskasvun hajonta on ollut $15\text{—}20 \%$:n luokkaa.

Sikäli kuin mainittu hajonta johtuu yksinomaan kasvupaikan laadun vaihteluista, sillä on merkitystä puulajivertailuissa lähinnä tilastollisena keskiarvon keskivirheenä, joka RAULON tutkimuksessa on —kaksinkertaisena— noin $\pm 3.5 \%$ mutta muissa isompiaineistoissa vain noin $\pm 1\text{—}1.5 \%$. Puuston geneettisten ominaisuuksien aiheuttama hajonta sen sijaan pitäisi ottaa huomioon sellaisenaan, sillä vaikka kasvupaikka onkin sama, istutettavien taimien laatu ei sitä ole.

Vaikeimmin mitoitettava on epävarmuus, joka liittyy poistumamäärien jakamiseen puutavaralajeiksi. Kyseinen jako on kaikissa mainituissa tutkimuksissa suoritettu eri tavoin ja erilaisia aputaulukoita käyttäen, eikä viimeksi mainituille ole laskettu tilastollisia luotettavuustunnuksia. Edellä kuvattu menetelmä, jolla viljelykoivikoiden puutavaralajijakaantumia johdettiin kiintokuutiometrein ilmaistusta kehityksestä, perustui verraten karkeisiin ja epävarmoihin oletuksiin. Kun lisäksi yritykset, joita tehtiin kuusikoille esitettyjen puutavaralajimäärien muuntamiseksi kiintokuutiometrisuhteiksi tavanomaisia keskimääräisiä muuntokertoimia käyttäen, tuottivat varsin huonon tuloksen, voitaneen joka tapauksessa päätellä, ettei tämänkään laskentavaiheen tarkkuus ole ollut edellisiä parempi.

Vaikka edellä esitettyjen lukujen perusteella ei vielä ole mahdollista laskea mitään tilastollista luotettavuustunnusta lopullisille poistumasarjoille, lienevät nämä osatekijöiden virherajoista saadut viitteet riittäviä päätelmään, että kyseisten tuotoslukujen virherajat lienevät nekin varsin väljät.

4. Hintaodotukset

41. Vallitsevat hintasuhteet

Edullisuusvertailuissa käytettävät tuotteiden yksikköhinnat ovat luonteeltaan *hintaodotuksia*, ts. hintoja, jotka kyseisistä tuotteista odotetaan saatavan, kun ne valmistuttuaan markkinoidaan. Tämänhetkisillä hinnoilla on siten merkitystä vain tulevien hintojen ennakkoinnin lähtökohtana. Niiden ja hintaodotusten keskinäinen suhde määräytyy sen mukaan, minkälaisia muutoksia hinnoissa odotetaan tuotantajakson kuluessa tapahtuvan.

Hinnat ovat rahayksikköjen avulla ilmaistuja vaihtosuhteita. Hintojen muutokset voivat siten johtua joko itse vaihtosuhteiden tai mittaamiseen käytetyn rahayksikön muuttumisesta. Viimeksi mainitusta aiheutuva »mittaharha» voidaan periaatteessa välttää käyttämällä nimellishintojen sijasta reaalihintoja. Näin puhdistettuun hintakehitykseen sisältyy vielä kuitenkin vertailulaskelmien kannalta epäolennainen komponentti. Reaalihintojen muutokset voivat aiheutua sekä laskelmissa esiintyvien tuotteiden arvon muuttumisesta suhteessa muihin tuotteisiin että laskelmissa esiintyvien tuotteiden keskinäisten arvosuhteiden muutoksista. Vertailun kannalta vain viimeksi mainitut ovat relevantteja. Reaalihintakehityksen sijasta riittää näin ollen laskelmissa esiintyvien tuotteiden (puutavaralajien) hintasuhteiden eli suhteellisten hintojen ennakoiminen.

Hintaodotusten eli paremminkin hintasuhteodotusten määrittämiseksi oli siten aluksi selvitettävä vallitsevat puutavaralajien — kuusisahapuun, kuusipaperipuun, kuusiohutpuun, koivuvaneriin, koivupaperipuun ja koivuhalon — keskinäiset hintasuhteet. Tässä tehtävässä oli turvauduttava olemassa oleviin hintatilastoihin. Primääriaineiston keruuseen ei voitu ryhtyä.

Käytettävissä olevat tilastot osoittautuivat kuitenkin varsin epätyytyttäväksi. Yksikään hintatilasto ei sisällä kaikkia mainittuja puutavaralajeja. Keräystapojen erilaisuudesta johtuen tilastot eivät myöskään ole täysin rinnastuskelpoisia. Maataloustuottajain Keskusliiton keräämä tilasto samoin kuin koivukeskuksen vanerikoivutilasto ilmoittavat maksetut kantohinnat sellaisinaan, kun taas metsäntutkimuslaitoksen tilastossa hinnat on muunnettu vastaamaan tiettyä leimikon normaalijaintia (1 km maantieverresta, 3 km uittoreitin varresta tai 5 km rautatien lastauspaikalta, teollisuuslaitoksesta, kulutuskeskuksesta jne.) (VÄÄNÄNEN 1966, s. 1). MTK:n luvut ovat metsänhoitoyhdistysten liittojen toimialueiden painottamattomia keskiarvoja, kun taas metsäntutkimuslaitoksessa kunnittaiset keskiarvot on punnittu myyntimäärillä metsänhoitolautakunnittaisia keskihintoja laskettaessa. Koivukeskuksen tilasto on kerätty muista täysin poikkeavaa aluejaotusta käyttäen.

Metsänhoitolautakunnittaisten keskihintojen käyttäminen saattaa myös sisältää huomattavankin virhelähteen nimenomaan koivun ja kuusen keskinäistä vertailua ajatellen. Metsänhoitolautakunnan alueet ovat laajoja ja kantohinnat niiden eri osissa saattavat poiketa suuresti keskiarvosta. Mikäli kyseisten puutavaralajien myynnit jakaantuvat alueella eri tavoin, keskihintojen välinen suhde voi olla kokonaan toinen kuin tavoitteena oleva samassa leimikossa vallitseva hintasuhte.

Mainitun virhelähteen välttämiseksi yritettiin aluksi hintasuhteiden määrittämistä hintasopimusten pistehintojen avulla. Eri sopimusten hintapisteiden erilaisuus ja pistehinnoista kantohintoihin siirtymiseen puolestaan liittyvät epävarmuudet johtivat kuitenkin hankkeesta luopumiseen.

Tämän jälkeen päätettiin rajoittaa hintasuhteiden esittämiseen koko tutkimusaluetta koskevia likimääräissuhteita. Vallitsevilla hintasuhteilla tarkoitetaan tällöin hakkuuvuoden 1964/65 tilastoitujen kantohintojen perusteella laskettuja hintasuhteita.

Kyseisten suhteiden määrittäminen tapahtui siten, että ensin arvioitiin metsäntutkimuslaitoksen kantohintatilastojen (VÄÄNÄNEN 1966) avulla havusahapuun, kuusipaperipuun ja kuusiohutpuun hintasuhteet. Näihin kytkettiin sitten vaneriin, koivupaperipuun ja koivuhalon hintasuhteet, jotka arvioitiin hakkuuvuotta 1964/65 koskevien vanerikoivun ja paperipuun hintasuositusten sekä Maataloustuottajain Keskusliiton keräämien saman vuoden kantohintatilastojen avulla. Alueellisesti kohdistuvat luvut Etelä- ja Keski-Suomeen 63° leveydelle saakka.

Tulokset muodostuivat seuraaviksi:

10 j ³ havusahapuuta/1 p-m ³ kuusipaperipuuta	0.98
1 p-m ³ kuusiohutpuuta/1 p-m ³ kuusipaperipuuta	0.20
10 j ³ vaneriin/1 p-m ³ koivupaperipuuta	1.72
1 p-m ³ koivuhalkoa/1 p-m ³ koivupaperipuuta	0.85
10 j ³ vaneriin/1 p-m ³ kuusipaperipuuta	0.40

Tässä, kuten myöhemminkin, kuusipaperipuun tarkoittaa 2-metristä puolipuhdasta, koivupaperipuun 2-metristä kuorellista ja kuusiohutpuun 1-metristä kuorellista puuta.

Edellä esitetyn nojalla on näitä lukuja pidettävä vain likimääräistä suuruusluokkaa osoittavina. Laskenta-alueen sisällä vaihtelevat mainitut suhteet suoritettujen arviolaskelmien mukaan noin $\pm 2-8\%$ rajoissa puutavaralajeista riippuen.

42. Hintasuhteiden pysyvyys

Puutavaralajien nimellis- ja reaaliinnot vaihtelevat vuodesta vuoteen. Satunnaisesti valitun yhden vuoden hinnat eivät siten ole kovin luotettavia ennus-

teita seuraavien vuosien hintatasoa arvioitaessa. Samaa ei kuitenkaan ilman muuta voida sanoa hintasuhteista.

Metsänhoitaja SIVOSEN metsänviljelytoimikunnassa laskemien ja kirjoittajien käyttöön luovuttamien hintasarjojen mukaan esimerkiksi havusahapuun hinnan ($\text{mk}/10 \text{ j}^3$) ja kuusipaperipuun hinnan ($\text{mk}/\text{p-m}^3$) välinen keskimääräinen suhde vaihteli Etelä- ja Keski-Suomessa kymmenvuotiskausena 1955/56—1964/65 rajoissa 0.75—1.08, keskiarvon ollessa 0.91. Vaihtelu oli toisin sanoen suuruusluokkaa $\pm 19\%$. Vuoden 1964/65 hintasuhde 0.98 asettuu sanotun keskiarvon yläpuolelle.

Mainituista hintasarjoista on laskettu myös kyseisen aikajakson reaalihintatrendit (mh SIVONEN). Niiden perusteella saadaan mainitulle kymmenvuotiskaudelle seuraavat hintasuhdetrendit:

	1955/56	1964/65
10 j ³ sahap./1 p-m ³ kup, trendiarvo		
Eteläisin Suomi	0.90	0.90
Väli-Suomi	0.88	0.96
Koko Suomi	0.94	0.96

Näiden trendien perusteella kyseisen hintasuhteen voisi ennustaa pysyvän tulevaisuudessa keskimäärin varsin stabiilina. Käsitystä tukee vielä samojen puutavaralajien tehdashinnoille laskettujen reaali-indeksien pääpiirteissään yhden-suuntainen kehitys aikajaksona 1913—1962 (PIHKALA 1965, s. 16), vaikkakin tehdashinnat ja kantohinnat voivat muuttua eri tavoin.

Ennustejakson pituus, 50 vuotta, tekee kuitenkin tällaisen trendien jatkamisen epävarmaksi. Monet puutavaralajien hintasuhteisiin vaikuttavat tekijät, kuten jalostustekniikka, raakapuumarkkinoiden järjestäytymisaste (duopolisointuminen) sekä puunjalosteiden kysynnän ja tarjonnan rakenne niin kotimaassa kuin maailmanmarkkinoilla, saattavat mainittuna aikajaksona muuttua voimakkaastikin ja siten muuttaa hintasuhteet aivan toisiksi. Erityisesti tämä koskee koivun ja kuusen keskinäisiä hintasuhteita, mutta myös sahapuuta ja paperipuuta. Tähän viittaa se, että HARVEEN (1940) esittämässä hakkuuvuosien 1934/35—1938/39 keskimääräisissä eri puutavaralajien kantohinnoissa vastaava havusahapuun ja kuusipaperipuun hintasuhde oli keskimäärin 0.68 eli selvästi alhaisempi kuin SIVOSEN aineiston 0.91 kahta vuosikymmentä myöhemmin.

Kun tarkastellaan hintasuhteiden pysyvyyttä koivun osalta, liikutaan vielä monin verroin epävarmemmalla pohjalla. Koivupaperipuun verraten uusi tuokas metsäteollisuutemme raaka-aineena, ja tilastolliset mahdollisuudet vastaaviin vertailuihin puuttuvat. Käyttömäärien tähänastinen pienuus tarjolla oleviin puuvaroihin verrattuna oikeuttaa kuitenkin odottamaan, että kysynnän kasvaessa ja kilpailun kiristyessä koivupaperipuun suhteellinen hintakin saattaa lähitulevaisuudessa nousta. Vanerikoivun kantohintaan taas saattaa vaikuttaa järeiden koivuvarojen väheneminen tulevina vuosikymmeninä (IKONEN 1963).

5. Kustannukset

Metsityshankkeen investointikustannuksiin sisällytettiin alussa esitetyn mukaisesti paitsi itse metsityksestä aiheutuvat ns. peruskustannukset — taimien hinta, pakkaus ja kuljetus, maapinnan valmistaminen sekä istutustyö työnjohdoinen — myös metsittymisen varmentamiseksi myöhemmin vuosina tarpeelliset heinimis-, vesakontorjunta- ja taimiston perkauskustannukset. Laskelmissa käytettävät kokonaiskustannukset saatiin arvioimalla erikseen kunkin mainitun osakustannuksen suuruus ja summaamalla näin saadut luvut.

Taimistojen täydennyksiä ei laskelmissa huomioitu, vaan täystiheä taimisto oletettiin syntyneeksi ensimmäisen istutuksen tuloksena. Näin meneteltiin, koska metsityksen suhteellista onnistumista koivun ja kuusen kohdalla ei ole selvitetty ja koska asiaa koskevat arviot olisivat olleet liian epävarmoja laskelmissa sovellettaviksi. Todellisuudessa tapahtuu molempien puulajien taimistoissa tuhoja, joskin ne luonteeltaan jossakin määrin poikkeavat toisistaan. Pidetään koivua alttiimpana esim. myyrätuhoille, kun taas mm. hallavaurioita tapahtuu enemmän kuusen taimistoissa. Tehdyn olettamuksen epärealistisuutta kompensoi kuitenkin jossain määrin se, että jälkityöt on mitoitettu muilta osin tavanomaista käytäntöä laajemmiksi.

Seuraavassa tarkastellaan lähemmin perusteita, joiden mukaan osakustannukset on arvioitu. Kustannusten yksityiskohtainen erittely on taulukossa 8.

TAIMET. Taimien yksikköhintana käytettiin vuoden 1966 vahvistettuja hintoja: koivu (1+1) 0.14 mk ja kuusi (2+2) 0.084 mk. Koska kuitenkin koivun taimien hinta saattaa olla tuotantomenetelmiä kehittämällä alennettavissa, suoritettiin edullisuusvertailulaskelmat vaihtoehtoisesti olettamalla taimet samanhintaisiksi.

Metsänjalostussäätöön Pieksämäen taimitarhalla selvitettiin keväällä 1966 erilaisten taimipakkausten keskimääräinen koko, paino, sisällön määrä ja pakkauksesta veloitettava hinta. Taimet oletettiin kuljetettaviksi rautateitse 150 km:n päähän taimitarhasta, ja tätä vastaava rahtikustannus (kiitotavara) tiedusteltiin Valtionrautateiden tariffiosastolta.

ISTUTUS. Keväällä 1966 suoritettiin A. Ahlström Oy:n ja Oy Wilh. Schauman Ab:n entisten viljelysmaiden metsitystyömailla kokeita, joilla pyrittiin selvittämään tietyn taimierän istuttamiseen kuluvan ajan riippuvuutta puulajista. Työajan menekin todettiin riippuvan suuremmissa määrin taimen koosta kuin puulajista; tulosten perusteella ei katsottu voitavan tehdä eroa koivun (1+1) ja

kuusen (2+2) istutuskustannusten välille. Päätelmä pitänee paikkansa myös OMT:n metsämaalle suoritettuihin istutuksiin nähden. Koska luotettavia tilastotietoja ei ollut käytettävissä, määritettiin istutuskustannukset teoreettisesti oletamalla 2 000 taimen istuttamisen vaativan 6 miestyöpäivää, jotka hinnoitettiin metsätöistä maksettavien vuoden 1966 aikapalkkanormien mukaan. Työnjohtokustannusten oletettiin olevan 10 % ja sosiaalikulujen 20 % työpalkoista.

TAIMISTON HOITO. Jälkikustannuksiin kuuluvien taimiston hoitokustannusten katsottiin peltomailla koostuvan pääasiassa heinimisen ja perkauksen muodostamista kustannuseristä. Koivun kohdalla ei heinimisen suorittamista pidetty tarpeellisena, koska taimet suuren kokonsa johdosta lienevät kilpailukykyisiä pintakasvillisuuden kanssa. Kuusen kohdalla sitä vastoin entisten viljelysmaiden runsas pintakasvillisuus pakottaa suorittamaan heinimisen ainakin 3 ensimmäisen kasvukauden aikana. Työajan menekki arvioitiin 1 miestyöpäiväksi hehtaaria kohti kullakin heinimiskerralla. Metsämaalle suoritetuissa istutuksissa kuusi tarvinee pintakasvillisuuden kilpailusta selvittääkseen vastaavanlaiset heinimis- ja vesakontorjuntatoimenpiteet.

Molempien puulajien taimistoissa oletettiin jouduttavan suorittamaan taimiston perkaus, jonka ajankohta arvioitiin taimien kehitysnopeuden perusteella siten, että se koivun kohdalla tapahtuisi 5 vuoden ja kuusen kohdalla 10 vuoden kuluttua metsityksestä. Perkauksen katsottiin molemmissa tapauksissa vaativan keskimäärin 2 miestyöpäivää hehtaaria kohti.

Muita jälkikustannuksia ei laskelmiin otettu mukaan. Tulokoon erityisesti mainituksi, että koivun karsimiskustannukset jätettiin tarkastelun ulkopuolelle, koska koivun karsimista ei voida pitää taloudellisesti kannattavana ennen kuin vanerikoivun kohdalla on odotettavissa siirtyminen laatumaksutavan käyttämiseen (HEISKANEN 1966, s. 27—28).

Esitetyillä perusteilla laskien muodostuivat entisille viljelysmaille istutettujen koivikoiden ja kuusikoiden kokonaisinvestointikustannukset nykyarvoina lausuttuna taulukon 8 mukaisesti 463 markaksi ja 395 markaksi/ha. Jälkikustannusten diskonttauksessa on tällöin käytetty korkoprosenttia 5.

Määrittäytävistä johtuen näin saatujen lukujen absoluuttinen suuruusluokka saattaa poiketa todellisesta. Empiirisen aineiston puuttuessa tämän tarkistaminen ei ole ollut mahdollista. Edullisuusvertailuissa on kustannusten suhde kuitenkin niiden taso merkittävämpi, ja suhteet lienevät tässäkin lähempänä oikeata.

Taulukon 8 laskelman mukaan suhde koivikon ja kuusikon istutuskustannusten kesken on 1.17. Tämä koskee lähinnä entisille viljelysmaille suoritettuja istutuksia, mutta jäljempänä on samaa suhdetta käytetty myös OMT:n metsämaalle suoritetuissa istutuksissa. Jos koivun taimien hinta voitaisiin laajemmalla tuotannolla alentaa samaan kuin kuusen, olisivat koivikon arvioidut kustannukset 351 markkaa ja vastaava suhde 0.89.

Taulukko 8. Entiselle viljelysmaalle perustettujen istutuskoivikoiden ja -kuusikoiden arvioidut keskimääräiset investointikustannukset.

Table 8. The estimated average investment costs per hectare in planted common birch and Norway spruce stands, established on former arable land.

Kustannusten laatu — <i>Type of cost</i>	Koivu — <i>Birch</i>	Kuusi — <i>Spruce</i>
	mk/ha — <i>mk per hectare</i>	
Peruskustannukset — <i>Basic cost</i>		
Taimien hankinta — <i>Planting material</i>		
Taimia 2 000 kpl — <i>Plants</i>	280.00	168.00
Pakkaukset — <i>Packing</i>	5.00	10.50
Rahti — <i>Freight</i>	22.50	14.80
Istutus — <i>Planting work</i>		
Työpalkat — <i>Wages</i>	96.00	96.00
Työnjohto — <i>Supervision</i>	9.60	9.60
Sosiaalikulut — <i>Social security tax</i>	19.20	19.20
Yhteensä — <i>Total</i>	432.30	318.10
Jälkikustannukset — <i>Later costs</i>		
Heiniminen ja/tai vesominen		
— <i>Weeding and/or sprouting</i>		
Työpalkat — <i>Wages</i>		45.00
Työnjohto — <i>Supervision</i>		4.50
Sosiaalikulut — <i>Social security tax</i>		9.00
Diskontattuina yhteensä — <i>Discounted</i>		53.06
Taimiston perkaus — <i>Cleaning of the plantation</i> ..		
Työpalkat — <i>Wages</i>	30.00	30.00
Työnjohto — <i>Supervision</i>	3.00	3.00
Sosiaalikulut — <i>Social security tax</i>	6.00	6.00
Diskontattuina yhteensä — <i>Discounted</i>	30.56	23.94
Kustannusten nykyarvo yhteensä — <i>The present worth of all costs</i>	462.86	395.10

6. Edullisuussuhteet

61. Edullisuussuhteiden määrittämisen täsmäminen

Edullisuusjärjestyksen määrittämiseksi on tunnettava kaikki kriteerioksi valitun edullisuuskertoimen laskennassa tarvittavat suureet: hakkuukertymät, niiden (kanto)hinnat sekä investointikustannukset. Edellä esitetystä on kuitenkin käynyt ilmi, että kaikkia näitä tekijöitä ei ole mahdollista selvittää objektiivisuuden edellyttämällä tarkkuudella. Nimenomaan kantohintojen tuleva kehitys jää parhaimmillaankin suuresti arvailujen varaan. Käytettiinpä vertailussa mitä kantohintaolettamuksia tahansa, tuloksiin liittyy tällöin voimakas subjektiivisuuden leima.

Jotta tutkimuksen tulosten yleisempi paikkansapitävyys voitaisiin taata, olisi mainittu subjektiivisuus jotenkin eliminoitava. Parhaiten tämä käynee päinsä jakamalla ongelma kahteen osaan:

a) mikä on puulajien keskinäinen edullisuusjärjestys ilmaistuna kantohintasuhteiden funktiona?

b) mitkä nämä hintasuhteet tulevat olemaan?

Koska jälkimmäinen tehtävä edellyttää subjektiivista näkemystä, se voitaneen jättää lukijalle, jolloin tässä tutkimuksessa saatetaan rajoittua ensinmainittuun yleisluonteisempaan ongelmaan.

Puulajien välinen edullisuusjärjestys hintasuhteiden funktiona voidaan ilmaista matemaattisessa muodossa epäyhtälönä

$$(6) \quad k_a(p) \geq k_b(p)$$

missä k_a, k_b = edullisuuskertoimet ja $p (p_1 \dots p_n)$ = hintasuhteet.

Tehtävänä on selvittää, millä hintasuhteilla (hintasuhdeyhdistelmillä) p $k_a > k_b$, $k_a = k_b$ ja $k_a < k_b$. Käytännössä tämä ratkaistaan määrittämällä ne hintasuhdeyhdistelmät, jotka tekevät $k_a = k_b$. Saatu ratkaisu jakaa tällöin muut hintasuhdeyhdistelmät kahteen ryhmään: niihin, joiden vallitessa $k_a > k_b$, ja niihin, joiden vallitessa $k_a < k_b$.

Koivua ja kuusta verrattaessa esiintyy laskelmassa kaikkiaan kuusi puutavaralajia — kuusisahapuu, kuusipaperipuu, kuusiohutpuu, vanerikoivu, koivupaperipuu ja koivuhalko —, joilla kullakin on oma hintansa. Periaatteessa on vapaita hintasuhdemuuttujia tällöin viisi. Käytännöllisistä (esitysteknisistä) syistä olisi kuitenkin voitava rajoittua kahteen muuttujaan. Tämä merkitsee sitä, että kolme kyseisistä viidestä hintasuhteesta on oletettava vakioiksi.

Eri vaihtoehtoja harkittaessa todettiin, että jo aiemmin esitetystä syistä vanerikoivun ja havusahapuuun sekä toisaalta koivupaperipuuun ja kuusipaperipuuun väliset tulevat hintasuhteet ovat epävarmimmat ennustettavat. Ohutpuun ja halon hinnat suhteessa muihin ovat myös olleet varsin epävakaita, mutta niiden vaikutus laskelman lopputulokseen on vähäisempi. Kuusisahapuuun ja kuusipaperipuuun hintasuhteiden sijaan on ollut melko vakaa ja saattaa sellaisena jatkuakin.

Hintasuhteista päätettiin näin ollen vakioida kuusisahapuuun ja kuusipaperipuuun ($0.098 j^3/p-m^3$), kuusiohutpuun ja kuusipaperipuuun ($0.20 p-m^3/p-m^3$) sekä koivuhalon ja koivupaperipuuun ($0.85 p-m^3/p-m^3$) hintasuhteet. Lopullisiksi vaihtoehtoisiksi muuttujiksi jäivät tällöin vanerikoivun ja kuusipaperipuuun (p_y) sekä koivupaperipuuun ja kuusipaperipuuun (p_x) hintasuhteet.

Edullisuuskertoimen kaavassa

$$(7) \quad k = \frac{\sum_{t=1}^n I_t (1+i)^{-t}}{K}$$

on $I_t = \sum_{j=1}^m I_{jt} = \sum_{j=1}^m V_{jt} P_{jt}$, jolloin I_{jt} tarkoittaa puutavaralajista j ajankohtana t saatavaa myyntituloa, V_{jt} puutavaralajin j hakkuumäärää ajankohtana t ja P_{jt} vastaavasti puutavaralajin j kantohintaa ajankohtana t .

Jos $P_{j1} = P_{j2} = P_{j3} = \dots$ kaikilla j :n arvoilla, voidaan yhtälö (7) kirjoittaa muotoon

$$(8) \quad k = \frac{\sum_{j=1}^m \left[P_j \sum_{t=1}^n V_{jt} (1+i)^{-t} \right]}{K}$$

eli jos merkitään $\sum_{t=1}^n V_{jt} (1+i)^{-t} = V'_j$ (puutavaralajin j diskontattu hakkuukertymä),

$$(9) \quad k = \frac{\sum_{j=1}^m P_j V'_j}{K}$$

Kun laskelmassa esiintyvät puutavaralajit j merkitään järjestyksessä sahapuu (vaneripuu) 1, paperipuu 2 ja ohutpuu (halko) 3, voidaan yhtälö (9) kehittää edelleen muotoon

$$(10) \quad k = \frac{P_1 V'_1 + P_2 V'_2 + P_3 V'_3}{K}$$

Jos nyt edellä esitetyn mukaisesti kuusella P_1/P_2 on 0.098 ja P_3/P_2 on 0.20 sekä koivulla P_3/P_2 on 0.85, voidaan kuusen edullisuuskerroin esittää muodossa

$$(11) \quad k_{(u)} = P_{2(u)} \frac{0.098 V_{1(u)} + V_{2(u)} + 0.20 V_{3(u)}}{K_{(u)}}$$

ja koivun

$$(12) \quad k_{(o)} = \frac{P_{1(o)} V_{1(o)} + P_{2(o)} [V_{2(o)} + 0.85 V_{3(o)}]}{K_{(o)}}$$

jolloin alaindeksin sulussa oleva kirjainsymboli tarkoittaa puulajia (kuusi = u ja koivu = o).

Asettamalla nyt $k_{(o)} = k_{(u)}$, jakamalla kummatkin puolet $P_{2(u)}$:lla ja kertomalla ne $K_{(o)}$:lla sekä merkitsemällä $P_{1(o)}/P_{2(u)} = p_y$ ja $P_{2(o)}/P_{2(u)} = p_x$, kuten edellä sovittiin, saadaan tasapainoehdoksi

$$(13) \quad p_y V_{1(o)} + p_x (V_{2(o)} + 0.85 V_{3(o)}) = \\ = (0.098 V_{1(u)} + V_{2(u)} + 0.20 V_{3(u)}) \frac{K_{(o)}}{K_{(u)}}$$

Tämä yhtälö on hintojen suhteen lineaarinen ja yleistä muotoa $ax + by = c$. Se on siten mahdollista esittää kaksiulotteisessa graafisessa piirroksessa suorana. Kolmen muuttujan kaksiulotteisessa graafisessa esityksessä yleisesti noudatetun tavan mukaisesti kyseistä suoraa nimitetään seuraavassa *edullisuussuhteen isokvantiksi*, ts. suoraksi, joka yhdistää kaikki ne pisteet eli hintasuhteiden edullisuussuhde ($k_{(u)} : k_{(o)}$), saa saman vakioarvon, tässä arvon 1 (kts. esim. SCHNEIDER 1962, s. 130).

Edellä yhtälöä (8) johdettaessa tehtiin rajoittava oletus, että hinnat P_j ovat ajankohdasta riippumatta vakioita. Yhtälön (13) voimassa olemiseen riittää kuitenkin hintasuhteiden p_j muuttumattomuus. Mainittu ehto on syytä pitää mielessä yhtälöä (13) käytettäessä.

62. Diskontatut hakkuukertymät

Edullisuussuhteen isokvantille johdettu yhtälö (13) edellyttää, että tuotosluvut tunnetaan ns. diskontattuina hakkuukertyminä (vrt. esim. M. KELTIKANGAS ja SEPPÄLÄ 1966, s. 11, sekä LUNDGREN 1966: expectation value index). Tätä varten oli edellä luvussa 3 esitettyjen poistumasarjojen puutavaralajimäärät muunnettava yhtälön

$$(14) \quad V_j = \sum_{t=1}^n V_{jt} (1+i)^{-t}$$

mukaisesti diskonttoprosenttia 5 käyttäen ($i = 0.05$) nykymääräksi. Tulokset ilmenevät taulukosta 9.

Taulukko 9. Luontaisesti syntyneiden sekä istutettujen kuusikoiden ja koivikoiden diskontatut hakkuukertymät eri kiertoaajoilla ja kasvupaikoilla. Diskonttoprosenttina 5. Lähteenä taulukot 1–2 ja 5–7.

Table 9. The discounted amounts of timber products per hectare in natural and planted Norway spruce and common birch stands, with different rotations and on different kind of sites. Discount rate used: 5 per cent. Source: the tables 1–2 and 5–7.

Kasvupaikka ja metsikön syntytyyppi Growing site and type of regeneration	Kiertoaika, v Rotation, years	Kuusikko Spruce			Koivikko Birch	
		Sahapuuta, j ³ Saw timber cu.ft.	Paperipuuta, p-m ³ Pulp-wood cu.m. piled	Ohutpuuta, p-m ³ Thin wood cu.m. piled	Vaneripuuta, j ³ Veneer cu.ft.	Pinopuuta, p-m ³ Cord-wood cu.m. piled
OMT, luontaisesti synt. ...	60	212	19.0	15.7	138	52.8
<i>Oxalis-Myrtillys</i> type forest land, natural stand	70	247	17.1	15.3	126	51.4
	80	232	16.0	15.2	110	50.5
OMT, istutettu	40	191	28.3	11.7	324	77.6
<i>Oxalis-Myrtillus</i> type	50	354	24.8	11.8	351	76.9
forest land, planted stand ..	60	348	24.4	12.3		
Entinen viljelysmaa,	40				455	107.3
istutettu	50				513	108.8
Former arable land, planted stand						

63. Edullisuussuhteen isokvantti

Koivun ja kuusen yhtä edulliseksi tekeville hintasuhteille on nyt mahdollista laskea kaavan (13) mukainen numeerinen yhtälö. Kuten edellä on sovittu, vertailukohteina pidetään OMT:n metsämaalle 50 vuodeksi istutettuja koivikkoa ja kuusikkoa. Istutuskustannukset lasketaan vallitsevien taimen hintojen mukaan ja tuotosten nykymäärinä käytetään 5 %:n mukaan diskontattuja hakkuukertymiä.

Jos koivupinopuusta oletetaan puolet paperipuukelpoiseksi, saavat kaavassa (13) esiintyvät suureet seuraavat arvot:

$$V_{1(u)} = 354 \quad V_{1(o)} = 351 \\ V_{2(u)} = 24.8 \quad V_{2(o)} = 38.4 \\ V_{3(u)} = 11.8 \quad V_{3(o)} = 38.5 \\ K_{(o)}/K_{(u)} = 1.17$$

ja yhtälö muodon

$$(15) \quad 351 p_y + 71.1 p_x = 72.4$$

jossa siis $p_y = \text{vanerikoivu-j}^3\text{:n hinnan suhde kuusipaperipuu-p-m}^3\text{:n hintaan}$ ja $p_x = \text{koivupaperi-puu-p-m}^3\text{:n hinnan suhde kuusipaperipuu-p-m}^3\text{:n hintaan}$.

Kun tehty olettaus koivupinopuun kokonaismäärän jakaantumisesta paperipuun ja halon kesken on varsin epävarma, lienee kuitenkin tarkoituksemukaisempaa käsitellä koivupinopuuta jakamattomana kokonaisuutena. Tällöin p_x korvautuu p'_x :llä, joka tarkoittaa koivupinopuun (paperipuu ja halko yhdessä) keskimääräisen hinnan suhdetta kuusipaperipuun hintaan. Näin laskettuna yhtälö on lopullisessa muodossaan

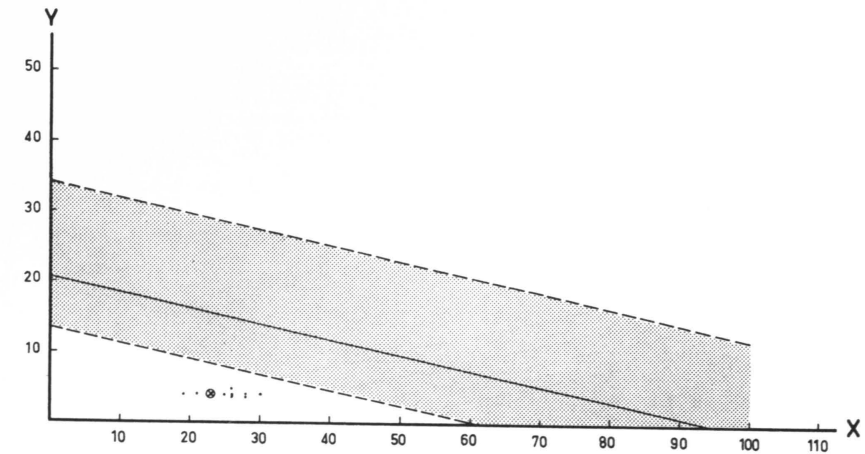
$$(16) \quad 351 p_y + 76.9 p'_x = 72.4.$$

Tätä yhtälöä, jota seuraavassa nimitetään perusyhtälöksi, vastaava edullisuussuhteen isokvantti nähdään kuvassa 4. Kyseisen suoran pisteet edustavat siis hintasuhdeyhdistelmiä, joiden vallitessa koivun ja kuusen istuttaminen on yhtä edullista. Jos hintasuhdeodotuksia vastaava piste jää suoran alapuolelle (suoran ja origon väliin), on kuusi edullisempi. Päinvastaisessa tapauksessa, so. suoran yläpuolella, taas koivu on suositeltavampi. Kuvaa on myös merkitty näkyviin hakkuuvuonna 1964/65 vallinneita keskimääräisiä hintasuhteita — 0.04 ja 0.23 (vrt. s. 39) — vastaava piste samoin kuin alueellisten hintayhdistelmien hajonta.

Saavutettu tulos perustuu kuitenkin useihin oletuksiin sekä tuotos-, hinta- ja kustannuslukuihin, joihin niiden määrittämisestä johtuen liittyy huomattavankin suuren virheen mahdollisuus. Edellä luvussa 33 on jo yksityiskohtaisesti selvitelty käytettyjen tuotosodotusten tarkkuutta ja päädytty toteamukseen, että kyseisten tuotoslukujen virherajat ovat hyvin väljiä. Kun tämän lisäksi myös käytetyt investointikustannukset kätkevät laskentaperusteisiinsa olettamusten ohella tuntuvaa tilastollista hajontaa ja sama pätee osittain vakioituihin hintasuhteisiinkin nähden, on esitettyä edullisuussuhteen isokvanttia tulkittava varovasti.

Käytännössä tämä merkitsee sitä, että hintasuhdeodotuksia vastaavan pisteen on poikettava edullisuussuhteen isokvantista varsin selvästi, ennen kuin tämän tutkimuksen perusteella voidaan sanoa jommankumman puulajin olevan toista edullisempi. Jonkinlaisen kuvan antamiseksi siitä, mitä suuruusluokkaa kyseisen poikkeaman tulee olla, on kuvassa 4 merkitty $\pm 35\%$:n tarkkuutta tuotosluvuissa vastaavat isoedullisuuden vaihtelurajat. Eri virhelähteiden vaikutukset yhdessä saattavat hyvinkin nousta tähän määrään.

Kaikkiin vertailulaskelman perustana oleviin lukuihin ja oletuksiin siis sisältyy virheen mahdollisuus. Kaikkien kohdalla virheen vaikutus lopputulokseen ei kuitenkaan liene yhtä tuntuva tai saman suuntainen. Jotta tuloksia arvosteltaessa osattaisiin erotella relevantit tekijät vähemmän relevanteista, lienee paikallaan tutkia, miten tietyn suuruiset muutokset tehdyissä oletta-



Kuva 4. Koivun ja kuusen edullisuussuhteen isokvantti perusolettamusten valitessa (perussuora). Varjostettu alue osoittaa epävarmuusvälin, kun lähtötietojen oletetaan sisältävän ± 35 prosentin virhemahdollisuuden. Kuvaa on lisäksi merkitty hakkuuvuoden 1964/65 keskimääräiset hintasuhteet, alueittaiset sekä koko Etelä-Suomen keskiarvo.

Figure 4. The iso-profit-ratio line for common birch and Norway spruce stands in the basic situation (basic line). The shading shows the area of uncertainty when there is assumed to be a ± 35 per cent error possible in the basic facts. The mean price ratios of the year 1964/65 for the different parts and for the whole of south Finland are also shown in the picture.

$$X = \frac{\text{koivupinot-p-m}^3\text{:n hinta}}{\text{kuusipaperip-p-m}^3\text{:n hinta}} 100 = \frac{\text{price of unbarked birch cordwood per piled cu.m.}}{\text{price of barked spruce pulpwood per piled cu.m.}} 100$$

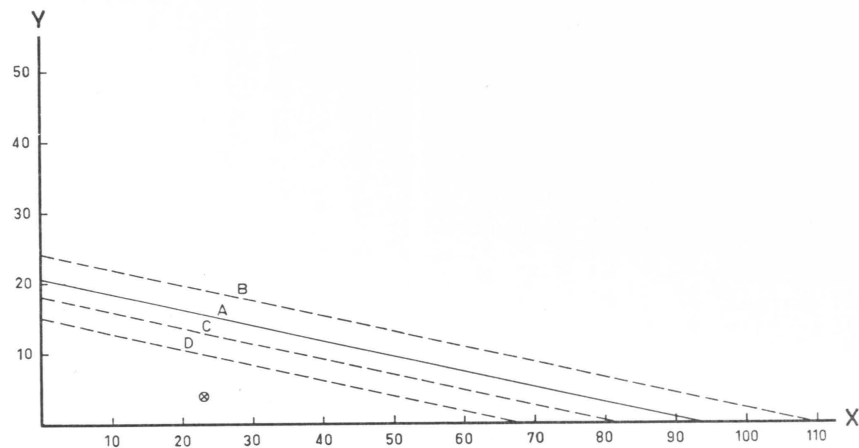
$$Y = \frac{\text{vaneripuu-j}^3\text{:n hinta}}{\text{kuusipaperip-p-m}^3\text{:n hinta}} 100 = \frac{\text{price of veneer wood per cu.ft.}}{\text{price of barked spruce pulpwood per piled cu.m.}} 100$$

muksissa tai käytetyissä luvuissa muuttaisivat lopputulosta. Tätä herkkyyksanalyysille (engl. sensitivity analysis, esim. HADLEY 1962, s. 379) sukua olevaa menettelyä (vrt. HONKO 1963, s. 112 ja NYSSÖNEN 1958) on seuraavassa sovellettu eräisiin keskeisiin tekijöihin.

64. Eri tekijöiden vaikutus edullisuussuhteen isokvanttiin

641. Vakioidut hintasuhteet

Kehitysarjoihin liittyvät epävarmuudet ja niistä edelleen laskelmiin koituvat virhemahdollisuudet ovat tulleet jo aikaisemmin käsitellyiksi (luku 33). Tuotos-



Kuva 5. Havusahapuun ja kuusipaperipuun hintasuhteen vaikutus edullisuussuhteen isokvanttiin.

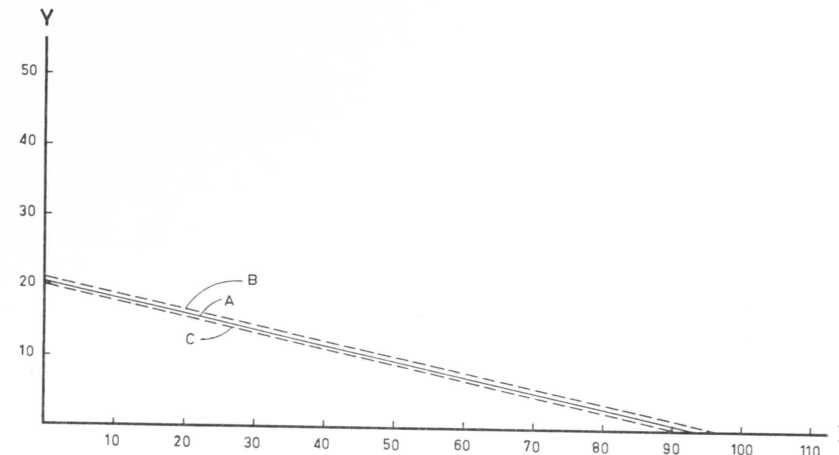
Figure 5. The effect of a change in the price ratio between spruce sawlogs and spruce pulpwood upon the iso-profit-ratio line.

A = hintasuhte — price ratio	0.098 (perussuora — basic line)
B = »	0.125
C = »	0.075
D = »	0.050
X, Y — katso kuva 4 — see Fig. 4	

lukuhennoittelussa käytetyt vakiohintasuhteet (s. 45) ansaitsevat sen sijaan oman vaikutustarkastelunsa.

Perusyhtälön laskennassa käytettiin kuusitukkien ja kuusipaperipuun hintasuhteena 0.098:aa. Kuva 5 osoittaa, miten isokvantin asema muuttuisi, jos kyseinen hintasuhte olisi 0.125, 0.075 tai 0.050. Näistä kaksi ensinmainittua merkitsevät suunnilleen niitä rajoja, joiden välissä kyseisen hintasuhteen alueittaiset arvot vaihtelivat kymmenvuotiskautena 1955/56—1964/65, kolmas osapuilleen kyseisen suhteen loogista alarajaa (vrt. NYSSÖNEN 1958a, s. 40).

Kuten havaitaan, suoran siirtymät ovat verraten selviä. Havusahapuun ja kuusipaperipuun tulevan hintasuhteen arviointia on siten pidettävä lopputuloksen tarkkuuteen merkittävästi vaikuttavana tekijänä. Toinen vakioiduista hintasuhteista, ohutpuun ja kuusipaperipuun välinen hintasuhte, on huomattavasti vähempimerkityksinen. Hintasuhteen muutos 0.20:stä 0.10:een tai 0.30:een ei sanottavasti muuta edullisuussuhteen isokvantin asemaa (kuva 6).



Kuva 6. Kuusiohutpuun ja kuusipaperipuun hintasuhteen vaikutus edullisuussuhteen isokvanttiin.

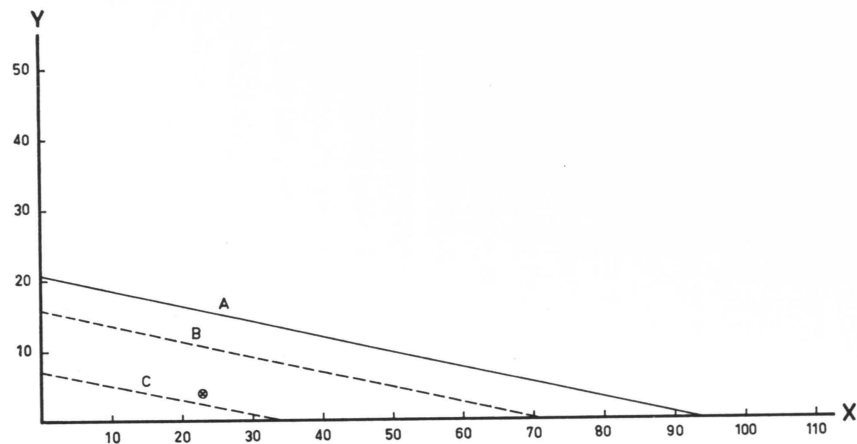
Figure 6. The effect of a change in the price ratio between spruce thin wood and spruce pulpwood upon the iso-profit-ratio line.

A = hintasuhte — price ratio	0.20 (perussuora — basic line)
B = »	0.30
C = »	0.10
X, Y — katso kuva 4 — see Fig. 4.	

642. Kustannukset

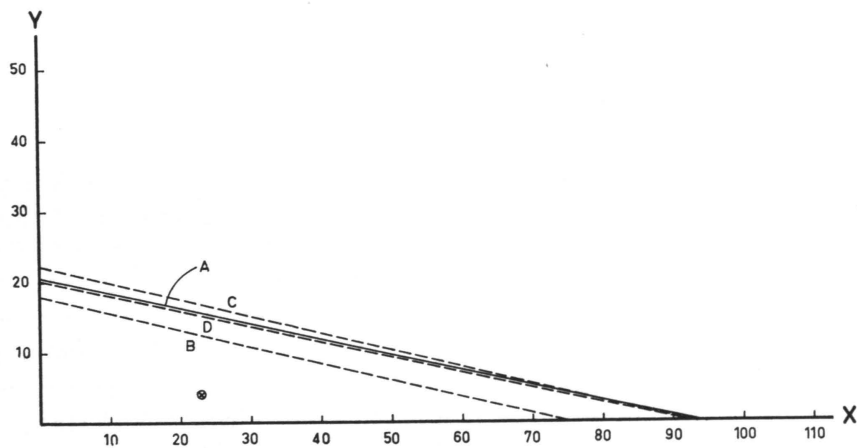
Peruslaskelmassa on edellytetty, että investointikustannukset määräytyvät vallitsevan kustannustason mukaan. Viimeksi mainittu on kuitenkin jatkuvan muutoksen alainen, ja siten kustannussuhteetkin saattavat muuttua. Edellä luvussa 5 on jo viitattu mahdollisuuteen, että taimitarhatekniikan kehittyminen koivun taimien kysynnän kasvaessa saattaisi muuttaa koivun ja kuusen taimien hintasuhdetta tasaisemmaksi. Jos koivun taimien hinta alenisi samaksi kuin kuusen, merkitsisi se kustannussuhteen $K_{(o)}/K_{(u)}$ pienenemistä 1.17:stä 0.89:ään. Vastaava muutos edullisuussuhteen isokvantin kulussa ilmenee kuvasta 7.

Suomen Vaneriyhdistys on koivun viljelyä edistääkseen jakanut metsänomistajille ilmaisia koivun taimia, muutaman viime vuoden aikana yhteensä yli 1 milj. kpl. Metsänomistajalle, jolla näin on mahdollisuus saada ilmaiseksi koivun taimet mutta ei kuusen taimia, on vertailussa käytettävä kustannussuhde tällöin 0.29 ja isokvantti kuvan 7 vaihtoehdon C mukainen. Mikäli laskelmien perusteet muilta osin olisivat täysin varmat, voitaisiin kuvan mukaan päätellä, että koivun istutus on metsänomistajalle tällaisessa tapauksessa edullisempi vaihtoehto nykyisilläkin hintasuhteilla. Tuloksiin liittyvä huomattavan suuri epävarmuus (kts. kuva 4) ei kuitenkaan oikeuta tekemään näin yksiselitteistä johtopäätöstä.



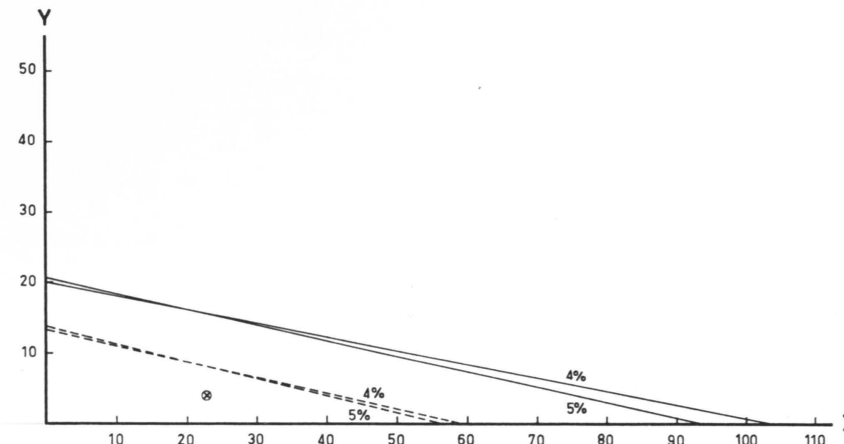
Kuva 7. Kustannusten vaikutus edullisuussuhteen isokvanttiin
Figure 7. The effect of a change in costs upon the iso-profit-ratio line.

- A = vallitseva kustannussuhde (perussuora) — prevailing cost ratio (basic line)
B = koivun ja kuusen taimet samanhintaiset — prices of spruce and birch plants are equal
C = koivun taimet ilmaiset — owner gets birch plants free of charge
X, Y — katso kuva 4 — see Fig. 4.



Kuva 8. Kiertoaajan vaikutus edullisuussuhteen isokvanttiin.
Figure 8. The effect of a change in rotation upon the iso-profit-ratio line.

- A = 50 vuoden kiertoaika (perussuora) — 50-year rotation for both species (basic line)
B = 40 vuoden kiertoaika — 40-year rotation for both species
C = 40 vuoden kiertoaika koivulla, 50 vuoden kuusella — 40-year rotation for spruce, 50-year rotation for spruce
D = 50 vuoden kiertoaika koivulla, 60 vuoden kuusella — 50-year rotation for birch, 60-year rotation for spruce
X, Y — katso kuva 4 — see Fig. 4.



Kuva 9. Diskonttausprosentin vaikutus edullisuussuhteen isokvanttiin.
Figure 9. The effect of a change in the discount rate upon the iso-profit-ratio line.

- = perussuora — basic line
- - - - = 40 vuoden kiertoaika, koivun ja kuusen taimet samanhintaiset — 40-year rotation, birch and spruce plants equally priced
X, Y — katso kuva 4 — see Fig. 4.

643. Laskentajakson pituus

Koivu kehittyy alussa kuusta nopeammin. On siten oletettavissa, että käytetty lyhyt laskentajakso saattaa antaa koivusta suhteellisesti edullisemman kuvan kuin esimerkiksi kymmentä vuotta pitempi kausi. Asiaa tutkittiin laskemalla edullisuussuhteen isokvantti käyttäen kuuselle 60 vuoden kiertoajalta diskontattuja hakkuukertymiä. Koivun tuotossarjat eivät yllä 50 vuotta pitemmälle (taulukko 9), joten siltä osin luvut jätettiin muuttamatta. Kuva 8 osoittaa tuloksen. Uusi isokvantti poikkeaa entisestä varsin vähän. Ainakaan laskentajaksoa pidentämällä ei lopputulosta voitaisi olennaisesti muuttaa.

Päinvastainen toimenpide, laskentajakson lyhentäminen 40 vuoteen, olisi sen sijaan jonkin verran merkittävämpi, mikä ilmenee samasta kuvasta. Pelkästään koivun kiertoajan lyhentäminen ei tosin nytkään sanottavia vaikuttaisi.

644. Korkoprosentti

Diskonttaamiseen käytetty korkoprosentti on tunnetusti varsin ratkaiseva tekijä määritettäessä metsityksen absoluuttista kannattavuutta, metsän arvoa jne. Kun kysymyksessä on kahden vaihtoehdoisen investoinnin keskinäinen järjestys, jää korkoprosentin merkitys kuitenkin vähäisemmäksi (vrt. edellä s. 16). Sen selvittämiseksi, miten korkoprosentin muuttaminen vaikuttaisi nyt käsillä olevan vertailun tuloksiin, on edullisuussuhteen isokvantti laskettu myös 4 %:n mukaan diskontattuja puusatoja käyttäen. Tulos on kuvassa 9.

Korkoprosenttin pienetessä ensimmäisten harvennushakkuiden suhteellinen paino vähenee ja myöhäisempien sekä päätehakkuihin kasvaa. Kehityksessään hitaamman kuusikon asema siten odotetusti paranee. Muutoksia ei kuitenkaan voida pitää kovin olennaisina.

65. Eräitä rinnakkaistapauksia

651. Luonnonmetsikkö ja viljelymetsikkö

Vaikka tutkimus varsinaisesti on keskittynyt käenkaali-mustikkatyypin kangasmaille suoritettavien istutusten puulajin valintaan, ei liene pahitteeksi tarkastella kysymystä myös hieman laajemmasta näkökulmasta. Istutushan ei aina ole välttämätön toimenpide. Metsikkö voi useimmiten uudistua luontaisestikin, jolloin istutus tulee kysymykseen vain haluttaessa paikalle muu kuin sillä nyt kasvava ja sinne luontaisesti uudistuva puulaji.

Tapaukset, jolloin alue uudistuisi luontaisesti koivulle mutta sen halutaan kasvavan kuusta, eivät ole aivan harvinaisia. Toimenpiteen taloudellisuutta arvioitaessa on tällöin verrattava toisiinsa luontaisesti syntyvän koivikon ja istutuskuusikon edullisuuskertoimia. Kustannussuhde muuttuu 0.08:ksi ja, jos diskontatut puusadot valitaan 60 vuoden kiertoajan mukaan (s. 47), isokvantin yhtälö saa muodon

$$(17) \quad 138 p_y + 52.8 p'_x = 4.9$$

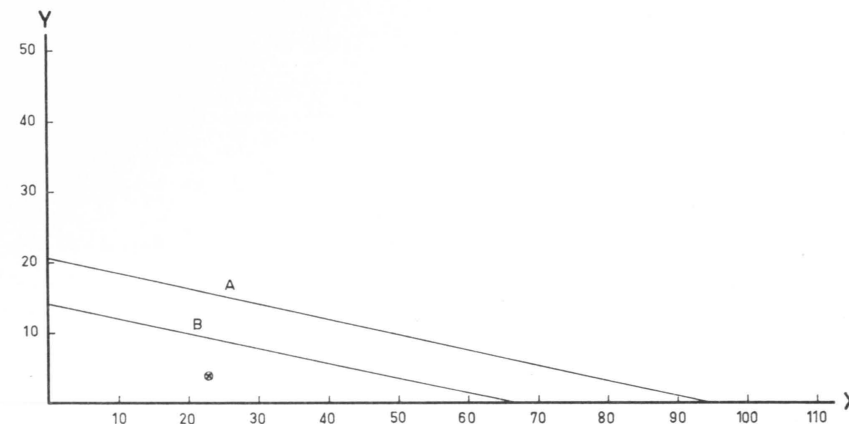
Päinvastaisessa vertailussa, luontainen kuusikko vs. istutuskoivikko, vastaava suora on laskettava käyttäen kuuselle 60 vuoden ja koivulle 50 vuoden kiertoaika. Kustannussuhde on 19.3 ja yhtälö

$$(18) \quad 351 p_y + 76.9 p'_x = 829.3$$

Molemmat tulokset puhuvat melko selvästi luontaisen uudistamisen puolesta, milloin se vain on mahdollista. Kovin ehdottomien johtopäätösten tekemistä on kuitenkin vältettävä, sillä edullisuuskertoimen pätevyys edullisuuskriteeriona heikkenee vertailtavien toimenpiteiden investointikustannusten muuttuessa hyvin erisuuruiseksi (HONKO 1963, s. 100). Todettakoon kuitenkin, että käytettyjen edullisuuskriteerioiden erilaisuudesta huolimatta tulokset ovat varsin yhdenmukaiset FRIESIN (1964, s. 208) Ruotsissa esittämien päätelmien kanssa.

652. Istutus entiselle viljelysmaalle

Tehtävän asettelu yhteydessä mainittiin, että saatujen tulosten perusteella yritetään tehdä päätelmiä myös entisille viljelysmaalle suoritettujen istutusten



Kuva 10. Kasvupaikan vaikutus edullisuussuhteen isokvanttiin. Istutuskuusikon kehitys oletettu pellolla samaksi kuin OMT:llä.

Figure 10. The effect of the site quality upon the iso-profit-ratio line. The development of spruce planted on arable land assumed to be the same as on Oxalis-Myrtillus type forest land.

A = OMT (perussuora) — Oxalis-Myrtillus site type (basic line)

B = Peltomaa — arable land

X, Y — katso kuva 4 — see Fig. 4

edullisuussuhteista. Tätä vaikeuttaa varsin suuresti pelloille istutettuja kuusikoita koskevien käyttökelpoisten kehityssarjojen puuttuminen. Pelto lienee kasvualustana boniteetiltaan varsin vaihteleva, joten yksi ainoa keskimääräinen sarja tuskin olisikaan riittävä. Biologit ovat sitä paitsi jossain määrin eri mieltä siitä, onko pelto ainakaan kuuselle metsämaata parempi alusta, aivan ensi vuosia ehkä lukuunottamatta.

Jonkinlaisia viitteitä saataneen kuitenkin vertaamalla RAULON lukujen perusteella konstruoituja entisen viljelysmaan istutuskoivikon tuloksia OMT:n metsämaalle istutetun kuusikon vastaaviin tuloksiin. Kuvasta 10 ilmenee kyseisen asettelman mukaisen edullisuussuhteen isokvantin kulku ns. perussuoraan verrattuna. Todellisen tilanteen voitaneen odottaa poikkeavan tästä mieluummin ylöskuin alaspäin.

7. Yhdistelmä tuloksista

71. Koivun kilpailukykyisyys kuusen rinnalla

Metsitettäessä tuoreiden tai tuoreehkojen kankaiden hakkuualoja tai käytöstä hylättyjä haka- ja viljelysmaita puulajin valinta on varsin keskeinen ongelma. Joissakin tapauksissa alueen hallaisuus tai muu vastaava tekijä rajoittaa biologisesti menestymiskelpoisten lajien lukumäärää, mutta useimmiten lienevät kuitenkin koivu, kuusi ja mänty yhtäläillä mahdollisia. Valinta voidaan tällöin suorittaa taloudellisten periaatteiden mukaisesti, ts. edullisinta vaihtoehtoa tavoitellen, mikäli tarpeelliset tiedot eri vaihtoehtojen seurauksista ovat käytettävissä. Esillä oleva tutkimus on tarkoitettu avuksi tähän tehtävään.

Tarkasteltavaksi on otettu kahden puulajin, koivun ja kuusen, keskinäinen edullisuusjärjestys käenkaali-mustikkatyypin kangasmaille suoritetuissa istutuksissa. Koivun valinnan on sanellut lähinnä se huoli, jota vaneriteollisuudessa tunnetaan luontaisten koivuvarojen kestävydestä, kuusen taas — kasvupaikan ohella — käytettävissä ollut taksatorinen tietous. Yhteen metsätyyppiin rajoittuminen ja männyn sivuuttaminen kaventavat tutkimuksen tulosten käyttökelpoisuutta, mutta työhön ryhdyttäessä katsottiin, että mikäli tähän kokeiluluonteiseen osaongelmaan kyetään saamaan relevantti ratkaisu, tutkimusta on myöhemmin mahdollista laajentaa käsittämään myös mänty ja muut kasvupaikat.

Suoritettu vertailu on pääasiassa perustunut koivun osalta KOIVISTON (1957) ja RAULON (1966) sekä kuusen osalta VUOKILAN (1956) ja MÄKISEN (1966) esittämiin kehityssarjoihin, joita tämän kirjoittajat ovat jossain määrin korjailleet, täydentäneet ja yhdenmukaistaneet.

Edullisuusjärjestyksen kriteerinä on käytetty edullisuuserrointa (s. 13), tulevien nettohakkuutulojen nykyarvon ja investointikustannusten suhdetta. Kyseinen tunnus soveltuu tarkoitukseen paremmin kuin pelkkä nettonykyarvo, koska vaihtoehtoja on periaatteessa runsaasti ja pääoma muodostaa pullonkaulan.

Vertailun tulokset on esitetty kahden hintasuhteen — vanerikoivu— j^3 :n ja kuusipaperipuu— $p-m^3$:n hintojen suhteen sekä koivupinopuu— $p-m^3$:n ja kuusipaperipuu— $p-m^3$:n hintojen suhteen — funktiona. Lukijan tehtäväksi on jätetty »oikeiden» hintasuhteodotusten valinta ja siten lopullisen edullisuussuhteen päättelyminen. Yleispiirteisesti voidaan kuitenkin todeta tutkimuksen osoittaneen, että

1) koivuvaneripuusta ja / tai koivupinopuusta on voitava odottaa suhteessa kuusipaperipuuhun selvästi nykyistä parempaa hintaa, ennen kuin metsänomistaja voi pitää koivua taloudellisesti edullisempänä valintana;

2) kuusisahapuun ja kuusipaperipuun hintasuhteen pienentyessä koivun asema vertailuissa paranee mikäli muut hintasuhteet pysyvät ennallaan; samaan suuntaan vaikuttaa myös koivun taimen suhteellisen hinnan aleneminen;

3) metsänomistajalle, jolle tarjotaan koivun taimet ilmaiseksi, koivu saattaa jo nykyisillä hintasuhteilla olla edullisempi valinta kuin kuusi;

4) laskelmissa käytetyn kiertoajan tai korkoprosentin vaihtamisella ei ole olennaista vaikutusta.

Kaikkiin näihin tuloksiin liittyy kuitenkin huomattavan suuri, laskentaperusteiden epävarmuudesta johtuva erehtymisen mahdollisuus. Tämän ohella on syytä korostaa, että suoritetuissa vertailulaskelmissa ei ole otettu huomioon muita kuin raakapuun myynneistä koituvia tuloja. Koivikon ja kuusikon esteettiset ja riistanhoidolliset, virkistystoiminnan (recreation) välityksellä tulevaisuudessa mahdollisesti rahallisinakin tuloina ilmenevät vaikutukset ja vaikutuserot on täysin sivuutettu. Verrattavina ovat lisäksi olleet puhtaat metsiköt. Koivuseoituksen edullisuuteen ei tässä tutkimuksessa ole lainkaan kajottu, ei liioin koivikon alla kehittyvän alikasvoskuusikon taloudelliseen merkitykseen.

72. Taloudellisten puulajivertailujen mahdollisuudet

Tutkimuksen toiseksi päätavoitteeksi asetettiin alussa vastauksen hakeminen kysymykseen, missä määrin Suomen metsistä käytettävissä olevat kasvu- ja rakennesarjat riittävät tämäntapaisten vertailujen suorittamiseen. Tehty selvitys lienee varsin kiistattomasti osoittanut, että laskelmissa tarvittavat tiedot ovat sekä kuusen että erityisesti koivun osalta olleet sangen puutteelliset, epäyteneiset ja epävarmat. Näin voidaan todeta kaikista käytetyistä luvuista, niin tuotomääristä, hinnoista kuin kustannuksista.

Taloudellisille laskelmille on tosin luonteenomaista, että osa tarvittavista tiedoista on aina enemmän tai vähemmän epävarmoja tulevaisuuden odotuksia ja ennusteita. Erityisesti hinnat, mutta myös kustannukset pyrkivät tekniikan ja ihmisten vaatimustason kehittyessä jatkuvasti muuttumaan. Tämän hetken arvosuhteet harvoin pätevät enää viiden tai kymmenen, puhumattakaan viidenkymmenen vuoden kuluttua. Niin pitkäjänteisten toimenpiteiden kuin metsän istutusten vertailua ei siten koskaan voitane saada ehdottoman varmaksi. Voidaan vain pyrkiä vähentämään epävarmuus mahdollisimman pieneksi.

Esillä olevassa tutkimuksessa on hintasuhteiden määrittämisen vaikeus osaksi kierretty sillä, että kaksi keskeisintä suhdetta on jätetty vapaiksi muuttujiksi. Laskelmien tulosten, s.o. yhtälöiden kertoimien, epävarmuus onkin pääosiltaan peräisin tuotomääristä, tekijästä, jonka periaatteessa pitäisi olla selvitetävissä

kaikkein luotettavimmin. Sekä kuusen että koivun puutavaralajeittaiset hakkuumääräodotukset on jouduttu perustamaan kehityssarjoihin, joiden rinnastuskelpoisuus on ollut kyseenalainen. Mainitut sarjat eivät perusaineistoltaan edusta samaa maantieteellistä aluetta eivätkä ehdottoman varmasti samaa kasvualustan hyvyysastettakaan. Sarjat on koostettu eri menetelmin, jotka eivät johda täysin samansisältöisiin käsitteisiin, ja etenkin kiintokuutiomäärien puutavaralajeihin jakamisessa on sovellettu toisistaan suuresti poikkeavia mittaus- ja laskentatapoja, jotka tekevät vaikeaksi sarjojen erojen luotettavuusasteen arvioimisen. Viljelykoivikoiden osalta tätä vielä korostaa sarjojen koostamiseen käytettävissä olleiden havaintojen vähäisyys.

Kuvattu tilanne pitää paikkansa myös haluttaessa verrata toisiinsa koivikkoa ja männikköä tai kuusikkoa ja männikköä, sillä istutusmänniköistä ei ole vielä olemassa kasvu- ja rakenneselvitystä. Luontaisesti syntyneiden hoidettujen metsiköiden vastaavat tiedot lienevät selvästi vertailukelpoisemmat, mutta silti niidenkin välisten erojen merkitsevyysrajat näyttävät jäävän kovin väljiksi nimenomaan poistuman rakenteen osalta. Voitaneenkin sanoa, että Suomesta ei löydy kahta puulajia, joista olisi käytettävissä samaa kasvuoosuhteiltaan yhtenäistä aluetta ja samaa kasvupaikan hyvyysastetta edustavat, samoja periaatteita noudattaen koostetut poistumasarjat. Tällaisten olemassaolo lienee kuitenkin esillä olevan tutkimuksen laajentamisen perusedellytys.

Tutkimuksen päätuloksena voitaneenkin pitää havaintoa, että toistaiseksi käytettävissä olevien kasvu- ja rakennesarjojen perusteella ei ole mahdollista laatia taloudellisia vertailuja, jotka riittävän selvästi osoittaisivat erilaisten vaihtoehtojen edullisuusjärjestyksen.

Viitekirjallisuus

- ARO, PAAVO, 1935. Tutkimuksia rinnankorkeus- ja katkaisuläpimitan vaikutuksesta käyttöpuun ja hakkuufähteen määrään. Referat: Untersuchungen über den Einfluss des Brusthöhen- und Minimaldurchmessers auf die Menge des Gebrauchsholzes und der Hiebsreste. MTJ 20.
- BARLOWE, RALEIGH, 1958. Land resource economics. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J.
- BLOMQVIST, A. G., 1872. Tabeller framställande utvecklingen af jemnåriga och slutna skogsbestånd af tall, gran och björk. Helsinki.
- DAVIS, KENNETH P., 1966. Forest management: regulation and valuation. Second edition. McGraw-Hill Book Co. New York.
- DUERR, WILLIAM A., 1960. Fundamentals of forestry economics. McGraw-Hill Book Co. New York.
- FRIES, JÖRAN, 1964. Vårbjörkens produktion i Svealand och södra Norrland. Summary: Yield of Betula verrucosa Ehrh. in Middle Sweden and Southern North Sweden. Studia Forestalia Suecica Nr 14.
- HADLEY, G., 1962. Linear Programming. Addison Wesley Publish. Co. Reading, Mass.
- HARVE, PAAVO, 1940. Puutavaran kantohinnat 5-vuotiskautena 1934—39. MA 1940: 2.
- HEIKKILÄ, T., 1914. Tuotantotaulut pääpuulajeillemme männylle, kuuselle ja koivulle. A. G. Blomqvistin zineiston perusteella. Suomen Metsänhoitoyhdistyksen julkaisuja. Erikoistutkimuksia 2. Helsinki.
- HEIKURAINEN, LEO, 1960. Metsäojitus ja sen perusteet. WSOY. Porvoo.
- HEIKURAINEN, LEO, KELTIKANGAS, MATTI ja SEPPÄLÄ, KUSTAA, 1963. Kustannusten jakaminen yhteisissä metsäojitushankkeissa. Summary: Allocation of costs in joint forest drainage under takings. SF 115.1.
- HEISKANEN, VEIJO, 1957. Raudus- ja hieskoivun laatu eri kasvupaikoilla. Summary: Quality of the common birch and the white birch on different sites. MTJ 48.6.
- »— 1966. Tutkimuksia rauduskoivikon karsimisen kannattavuudesta. Summary: Studies on the profitability of pruning of common birch (Betula verrucosa) stands. AFF 81.2.
- HERMANSEN, NIELS, 1964. Mål og målsætning i skovbruget. Dansk Skovforenings Tidsskrift 1964: 9.
- HONKO, JAAKKO, 1963. Investointien suunnittelu ja tarkkailu. WSOY. Porvoo.
- IKONEN, V., 1963. Järeän koivun kysyntä tulevaisuudessa ja sen vaikutus koivutukin hintaan. Suomen Puutalous 1963: 1.
- ILVESSALO, YRJÖ, 1920. Tutkimuksia metsätyyppien taksatoorisesta merkityksestä nojautuen etupäässä kotimaiseen kasvutaulujen laatimistyöhön. Referat: Untersuchungen über die taxatorische Bedeutung der Waldtypen, hauptsächlich auf den Arbeiten für die Aufstellung der neuen Ertragstafeln Finnlands fussend. AFF 15.
- »— 1937. Perä-Pohjolan luonnon normaalien metsiköiden kasvu ja kehitys. Summary: Growth of natural normal stands in Central North-Suomi (Finland). MTJ 24.2.
- KALELA, ERKKI K., 1933. Tutkimuksia Etelä-Suomen viljelykuusikoiden kehityksestä. Referat: Untersuchungen über die Entwicklung der Kulturfichtenbestände in Süd-Finnland. MTJ 19.

- KALLIO, KUSTAA, 1957. Käenkaali-mustikkatyyppin kuusikoiden kehityksestä Suomen lounaisosassa. Summary: On the development of spruce forests of the Oxalis-Myrtillus site type in the South-West of Finland. AFF 66.
- KELTIKANGAS, MATTI ja SEPPÄLÄ, KUSTAA, 1966. Laskelmia metsäojituksen alueittaisesta edullisuudesta. Suo 1966: 1.
- KELTIKANGAS, VALTER, 1962. Normaalmetsän kannattavuussadannes ja finanssinen kiertoaika. MTJ 55.24.
- KOIVISTO, PENTTI, 1957. Etelä-Suomen hoidettujen raudus- ja hieskoivikoiden kehityksestä. Konekirjoite Helsingin yliopiston metsänarvioimistieteen laitoksessa.
- KOIVISTO, PENTTI, 1958. Koivikoiden kasvatuksesta ja tuotoksesta. MA 1958: 3—4.
- KUJALA, VILJO, 1946. Koivututkimuksia. Summary: Some recent research data on birches. MTJ 34.
- KUUSELA, KULLERVO, 1956. Hakkuilla käsiteltyjen koivikoiden rakenteesta ja kasvusta. Summary: On the structure and growth of birch stands treated with cuttings. SF 90.
- LAPPI-SEPPÄLÄ, MARTTI, 1930. Untersuchungen über die Entwicklung gleichaltriger Mischbestände aus Kiefer und Birke, basiert auf Material aus der Südhälfte von Suomi (Finnland). Selostus: Tutkimuksia tasaikäisen mänty-koivu-sekametsikön kehityksestä Suomen eteläpuoliskosta kootun aineiston perusteella. MTJ 15.
- LEHONKOSKI, N. A., 1939. Tunnetko koivikkosi? Keskusmetsäseura Tapio. Tampere.
- »— 1950. Koivikkojemme nykyinen tila. Kannattaako valiokoivua kasvattaa? Koivukeskus. Tampere.
- LUNDGREN, ALLEN L., 1966. Estimating investment returns from growing red pine. U.S. Forest Service, Res. Paper NC-2.
- MIKOLA, PEITSA, 1962. Koivun menneisyys ja tulevaisuus. MA 1962.
- MÄKINEN, VEIKKO O., 1965. Hakatun puuston ja kokonaispuuston keskiläpimittojen suhde metsikössä. Summary: On the relationship between the mean diameters of the removed stock and the stock before cutting in a stand. FF 10.
- »— 1966. Viljelykuusikoiden kasvu ja kehitys metsäntutkimuslaitoksen pysyvillä koealoilla. Käsikirjoitus.
- NYSSÖNEN, AARNE, 1954. Hakkauksilla käsiteltyjen männiköiden rakenteesta ja kehityksestä. Summary: On the structure and development of finnish pine stands treated with different cuttings. AFF 60.4.
- NYSSÖNEN, AARNE, 1958 a. Kiertoaika ja sen määrittäminen. Summary: Rotation and its determination. MTJ 49.6.
- »— 1958 b. Kiertoaikaa koskevia tutkimustuloksia. MA 1958: 419—422.
- PIHKALA, K. U., 1965. Possibilities of comparing land use for farming and forestry. Acta Agriculturae Scandinavica. Supplementum 14. Stockholm.
- RAULO, JYRKI, 1962. Katset koivuun. Suomen Puutalous 1962: 4.
- »— 1965. Järeän koivun tulevaisuus. MA 1965: 6/7.
- »— 1966. Viljeltyjen raudus- ja hieskoivikoiden valta- ja peruspuiden kehityksestä. Käsikirjoitus.
- RONKANEN, A. J., 1963. Järeän koivun tulevaisuus. Suomen Puutalous 1963: 1.
- SAARI, EINO, 1942. Metsäojitusten yksityistaloudellisen edullisuuden määrittäminen. Referat: Die Abschätzung der privatwirtschaftlichen Einträglichkeit der forstlichen Entwässerungen. AFF 50.16.
- SCHNEIDER, ERICH, 1962. Pricing and equilibrium. 2nd edition. London.
- The STANDARDIZATION of symbols in forest mensuration. 1959. International Union of Forest Research Organisations.
- STREYFFERT, TH., 1965. Handbok i skogsekonomi. Almqvist & Wiksell. Uppsala.
- TAPION taskukirja, 14. painos, 1959, ja 15. painos, 1965. Helsinki.

- VUOKILA, YRJÖ, 1956. Etelä-Suomen hoidettujen kuusikoiden kehityksestä. Summary: On the development of managed spruce stands in southern Finland. MTJ 48.1.
- »— 1961. Mitä tiedämme eri puulajien kasvukyvystä maamme eteläpuoliskossa? MA 1961: 12.
- WORRELL, ALBERT C., 1959. Economics of American Forestry. John Wiley et Sons, Inc. New York.
- VÄÄNÄNEN, SULO, 1966. Yksityismetsien kantohinnat hakkuuvuonna 1964/65. Summary: Stumpage prices in private forests during the cutting season 1964/65. FF 18.

KÄYTETYT LYHENTEET — ABBREVIATIONS

- AFF = Acta Forestalia Fennica. Helsinki
- FF = Folia Forestalia. Helsinki
- MA = Metsätaloudellinen Aikakauslehti. Helsinki.
- MTJ = Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja. Communicationes Instituti forestalis Fenniae. Helsinki.
- SF = Silva Fennica. Helsinki.

SUMMARY:

*THE ECONOMIC SEQUENCE OF COMMON BIRCH (BETULA VERRUCOSA)
AND NORWAY SPRUCE (PICEA ABIES) WHEN PLANTING
OXALIS-MYRTILLUS TYPE FOREST LAND*

The choice of tree species for reforestation is not only a biological or a technical problem. In perhaps most cases there are two or more species suitable for growing on a given site, and so the choice requires an economic decision. For that decision the owner needs facts about the economic possibilities of each species.

In Finland there are three main tree species — pine, spruce, and birch —, each of which is economically important. The present study proposes to calculate the economic sequence of two of these species, birch and spruce, in a special case: planting on Oxalis-Myrtillus type sites where both species are equally suitable, on purely biological grounds. It is also an experiment to test the accuracy and applicability of the present Finnish yield tables to such economic comparisons.

In selecting the method to be used in determining the sequence, it was noticed that the obstacle to input in Finnish forestry was capital rather than land. Therefore, a benefit/cost ratio was selected as a criterion of profitability (Equation 2). All future net incomes were discounted to the planting time and added together. The same was done with the planting costs and the costs of taking care of the young plantation until the first marketable thinning. The ratio between the discounted net revenues and the discounted investment costs was the criterion. The term used later is profit ratio.

The expectations of the future wood prices are usually the weakest point in this type of calculation. There is no reliable method of forecasting for forty to fifty years. Very few phenomena or human activities can be expected to have an inertia or other continuity of that duration. Therefore two of the most unstable price ratios — that of birch veneer wood to spruce pulpwood and that of birch cordwood to spruce pulpwood — were chosen as free variables, and the economic sequence of the tree species was determined as a function of these two variables. A sensitivity analysis was used to show the dependency of the results on the various assumptions used in the calculations.

This solution entails the formation of the price expectations by the reader. Some way or other, he himself must decide what prices or price ratios he believes will be prevailing in 40—50 years from now. Having done this he will be able to check the choice — birch or spruce — consistent with his price expectations.

To get the yield expectations, some manipulations of the present yield tables were needed, especially for birch. The results are shown in tables 5 and 7. The costs of planting and tending were constructed by using the existing wage tables, time study information, and plant prices (table 8). The wood prices and price ratios were taken from existing statistics.

Instead of first multiplying the amounts of timber products by due prices (net values), and then discounting the income (net income), the reverse order was followed. The amounts of timber products were discounted as such (table 9), and the discounted amounts then multiplied by prices. This method facilitates the repetition of calculations with different prices, but it also implies price ratios constant throughout the entire relevant future.

On the basis of these yield, price, and cost figures the relationship between the two price ratio variables and the profit ratios was determined by calculating the so-called iso-profit-ratio line (equations 13 and 16). This line consists of all the price ratio combinations making the profit ratios for birch and spruce equal; consequently, with these price ratio expectations, the alternatives are equally lucrative.

In Fig. 4 the basic iso-profit-ratio line is shown and also some variation limits for it. The latter are, however, based on a very subjective estimate of the possible errors included in the basic yield tables and the manipulations employed. Nevertheless, the limits are rather wide. According to this picture there should be a very substantial increase in the prices of birch wood (or a decrease in the prices of spruce wood) to be expected before one can consider birch as an equally profitable alternative.

Further analysis showed that the basic result was rather sensitive to changes in the costs of planting (especially the prices of plants) and to changes in the price ratio between spruce sawlogs and spruce pulpwood (Fig. 5). On the contrary, there were relatively small reactions to the changes in rotation (Fig. 8), discount rate (Fig. 9), and the price ratio between spruce thin wood and spruce pulpwood (Fig. 6).

From the results of this study two main conclusions are drawn. First, under the present price ratios spruce appears to be the better choice for the forest owner for the sites under discussion, and the most promising policy for changing this situation seems to be to lower the unit production cost of plants in birch nursery. As the possibilities of technical development are underexploited in birch plant growing, this policy suggestion may be a rather realistic one.

The second main conclusion is that the present Finnish yield tables are not consistent or accurate enough to enable any sufficiently reliable economic comparison of tree species in artificial reforestation. The possible error of difference between two rather uncertain estimates is inconveniently big. More work is needed to construct a unified system of yield tables covering all main tree species, all site types, all macro climate conditions, and all types of regeneration.

Publications of the Society of Forestry in Finland:

ACTA FORESTALIA FENNICA. Contains scientific treatises mainly dealing with Finnish forestry and its foundations. The volumes, which appear at irregular intervals, generally contain several treatises.

SILVA FENNICA. Contains essays and short investigations mainly on Finnish forestry and its foundations. Published four times annually.

**Die Veröffentlichungsreihen der Forstwissenschaftlichen
Gesellschaft in Finnland:**

ACTA FORESTALIA FENNICA. Enthält wissenschaftliche Untersuchungen vorwiegend über die finnische Waldwirtschaft und ihre Grundlagen. Erscheint in unregelmässigen Abständen in Bänden, von denen jeder in allgemeinen mehrere Untersuchungen enthält.

SILVA FENNICA. Enthält Aufsätze und kleinere Untersuchungen vorwiegend zur Waldwirtschaft Finnlands und ihren Grundlagen. Erscheint viermal jährlich.

Publications de la Société forestière de Finlande:

ACTA FORESTALIA FENNICA. Contient des études scientifiques principalement sur l'économie forestière en Finlande et sur ses bases. Paraît à intervalles irréguliers en volumes dont chacun contient en général plusieurs études.

SILVA FENNICA. Périodique trimestriel. Contient des articles et de petites études principalement sur l'économie forestière de Finlande et sur ses bases.

Helsinki 17, Unioninkatu 40. B.