METSÄTEHON
TIEDOTUS
METSÄTEHO REPORT

367

Viljelykohtien välimatka ja metsänistutuksen koneellistaminen

INITIAL SPACING AND THE DEVELOPMENT OF MACHINE PLANTING

JUHANI PÄIVÄNEN

HELSINKI 1981

Metsätehon tiedotus — *Metsäteho Report* 367

M E T S Ä T E H O

Suomen Metsäteollisuuden Keskusliitto ry:n metsätyöntutkimusosasto
Forest Work Study Section of the Central Association of Finnish Forest Industries

VILJELYKOHTIEN VÄLIMATKA JA METSÄNISTUTUKSEN KONEELLISTAMINEN

Initial Spacing and the Development of Machine Planting

Juhani Päivänen

METSÄTEHO, Opastinsilta 8 B, 00520 HELSINKI 52

ISBN 951-673-073-6
ISSN 0356-7257

Helsinki, 1981

SISÄLLYS
Contents

Sivu
Page

TIIVISTELMÄ 4

1 JOHDANTO 5

2 ISTUTUSTIHEYDEN VAIKUTUS METSIKÖN VARHAISKEHITYKSEEN 5

3 ISTUTUSTIHEYSSUOSITUKSET 7

4 TAIMIEN TILAJÄRJESTYS 7

4.1 Historiaa 7

4.2 Nykyinen käytäntö käsinistutuksessa 8

4.3 Istutuksen koneellistamisen asettamat vaatimukset 8

4.4 Ajolinjavälin leventäminen 8

4.4.1 Periaatteet 8

4.4.2 Istutuspaikan valinta 9

4.4.3 Kasvutilan hyväksikäyttö 10

4.4.4 Muut näkökohdat 11

4.5 Ajolinjojen ryhmittely 11

5 PÄÄTELMÄT 12

KIRJALLISUUTTA — *References* 13

Summary in English 15

TIIVISTELMÄ

Tämän lähinnä kirjallisuuteen perustuvan tutkimuksen tavoitteena oli tarkastella rivivälin ja rivissä olevien taimien keskinäisen etäisyyden eli istutustaimien tilajärjestyksen merkitystä samanaikaisesti sekä perustettavan metsikön alkukehityksen että metsänistutuksen koneellistamisen kannalta. Myös tulevaisuudessa suoritettavan puunkorjuun huomioon ottamisen tarpeellisuutta arvioitiin.

Tarkastelun lähtökohdaksi otettiin kaksirivinen istutuskone, jonka istutuspäät kulkevat koneyhdistelmän muokkauslaitteiden muokkaamassa jäljessä vakioetäisyydellä toisistaan. Keskeisimmäksi kysymykseksi muodostuu tällöin, miten leveään ajolinjaväliin ja siten riviparien väliin jäävään istuttamattomaan alaan voidaan mennä lyhentämällä rivissä olevien taimien etäisyyttä toisistaan metsikön tulevaa kehitystä vaarantamatta.

Kasvutilan hyväksikäytön kannalta istutettavien taimien tilajärjestystä voitaneen muuttaa neliöstä suorakaiteeksi ainakin rivivälin ja taimietäisyyden suhteeseen 2 : 1 saakka. Istutuskoneen kaksirivisyyden vuoksi taimet sijoittuvat jonkin verran epäsymmetrisesti suorakaiteen muotoiseen kasvutilaansa. Suurin hyöty koituu pinta-alayksikköä kohti tarvittavan ajolinjamäärän pienenemisestä ja sitä kautta mahdollisesti saavutettavasta istutustyön tuotoksen noususta. Toisaalta hyvien istutuskohtien määrä ilmeisesti vähenee ja siten myös taimien kasvuunlähtö ja ensikehitys heikentyvät. Koska tulevaisuuden korjauteknisten ratkaisujen ennustettavuus on epävarmaa, korjuunäkökohtien painotettuun huomioon ottamiseen istutuksen koneellistamisessa ei ehkä ole perusteita.

Taimien tilajärjestys ei ilmeisestikään ole vaikein eikä tärkein metsänistutuksen koneellistamisen ongelma.

1 JOHDANTO

Metsänistutuksessa joudutaan käytettävän viljelytiheyden lisäksi päättämään myös istutettavien taimien sijoittelu toisiinsa nähden eli tilajärjestys. Käsinistutuksessa istutuspaikat määräytyvät istutusta mahdollisesti edeltävän maanmuokkauksen ja istuttajan joustavasti suorittaman valinnan perusteella. Käytettäessä maanmuokkaus-istutuskone-yhdistelmää syntyvä taimien tilajärjestys voidaan ainakin teoriassa ajatella suhteellisen kaavamaiseksi. Tässä tutkimuksessa pohdiskellaankin istutustaimien tilajärjestyksen merkitystä perustettavan metsikön alkukehityksen ja metsänistutuksen koneellistamisen kannalta lähinnä kirjallisuuteen perustuen.

2 ISTUTUSTIHEYDEN VAIKUTUS METSIKÖN VARHAISKEHITYKSEEN

Istutustiheys määrää sen maanpäällisen ja maanalaisen kasvutilan, joka on taimen käytettävissä ensimmäisten istutusta seuraavien vuosien aikana. Sekä liian suureen että pieneen istutustiheyteen liittyy haittoja.

Tasavälisessä istutuksessa voidaan ajatella, että taimet sijoitetaan neliön muotoisen kuvion nurkkiin. Tällöin taimien välinen etäisyys lävistäjän suunnassa ($a\sqrt{2}$) on kuitenkin suurempi kuin riviväli ja taimien etäisyys toisistaan rivissä (a) (ks. kuvaa 1). Täysin yhdenmukainen asema lähimpiin taimiin nähden saavutetaan, jos istutus ajatellaan suoritetuksi tasasivuisen kolmion nurkkiin. Taimen hallitsema pinta-ala on tällöin kuusikulmion muotoinen (kuva 2) ja riviväli ($a\frac{\sqrt{3}}{2}$) muodostuu taimietäisyyttä pienemmäksi. Viimeksi mainitussa kasvutila tulee siten käytettyä tarkemmin hyväksi ja tietylle pinta-alalle mahtuu 15 % enemmän taimia kuin neliön muotoon istutettaessa (Assmann 1970).

Kokoomaselvityksissä, joissa on tarkasteltu istutustiheyden vaikutusta taimikon tulevaan kehitykseen, erilaiset istutustiheydet perustuvat yleensä aina taimien tasavälisyyteen (taimietäisyys rivissä = riviväli) toisistaan. Yleensä on päädytty seuraaviin yleistämiskelpoisiin toteamuksiin havupuutaimikoiden viljelytiheyden vaikutuksista metsikön kehitykseen (Sjolte-Jørgensen 1967, Low & van Tol 1974):

1 Taimikon pituuskehitykseen istutustiheys vaikuttaa suhteellisen vähän.

2 Läpimitan kehitys on sitä nopeampaa, mitä väljempään asentoon taimet on alun perin istutettu.

3 Runkomuoto huononee jonkin verran istutusetäisyyden kasvaessa.

4 Taimien kuolemiseen ensimmäisinä istutusta seuraavina vuosina istutustiheys ei vaikuta. Siinä vaiheessa taimien tuhoutuminen riippuu ennen kaikkea taimien käsittelystä ennen istutusta, istutuksen teknisestä suorituksesta ja istutuspaikasta. Myöhemmin ensiharvennusta lähestyttäessä kuolleisuus on huomattavaa suurimpien istutustiheyksien kohdalla.

5 Kokonaistuotoksen ja markkinakelpoisen runkopuuntuotoksen ero pienenee istutusetäisyyden kasvaessa.

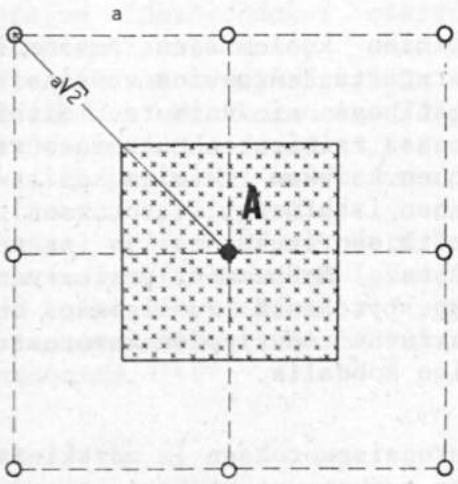
   Pohjoisamerikkalaisten mäntyjen kohdalla (*Pinus banksiana* ja *Pinus resinosa*) istutustiheyden on todettu vaikuttavan olennaisesti 20 - 25 vuoden iässä mitattuun läpimittaluokkajakaumaan (Ralston 1953, Stiell 1964).

6 Puun laatu huononee, koska oksaisuus lisääntyy istutusetäisyyden kasvaessa.

Eräänä puun laadun mittana on mm. pidetty tietyn rajakorkeuden alapuolella olevien oksien läpimittojen summaa. Näin mitattuna 23-vuotiaan *Pinus resinosa* -metsikön laatu huononi siirryttäessä suurista istutustiheyksistä (1.5 x 1.5 m) harvoihin (3.4 x 3.4 m) (Laidly & Barse 1979). Toisaalta puuaineen tiheyteen istutustiheys vaikutti vain vähän (Barse & Laidly 1980).

Istutustaimikon ensikehitys ei ole kuitenkaan niin vakaata kuin edellä esitetyn perusteella saattaisi päätellä. Luonnontuhojen aiheuttama kuolleisuus on usein laikuttaista, eikä istutustiheyttä lisäämällä voida tällöin vaikuttaa istutuksen onnistumiseen. Toisaalta Suomen oloissa istutustaimikkoon tulee myös luontaisesti kasvatettavaan puustoon hyväksyttävää taimiainesta, jonka osuus saattaa olla huomattavakin (Yli-Vakkuri ym. 1969). Edelleen vesa- ja siemensyntyinen lehtipuusto, jonka ilmaantuminen riippuu aiemmasta puustosta ja maanpinnan rikkomisesta uudistamisen yhteydessä, täyttää jopa liiallisestikin käytettävissä olevan kasvutilan. Mainitut seikat vaikeuttavat kaikkiin olosuhteisiin soveltuvien istutustiheyssuositusten antamista.

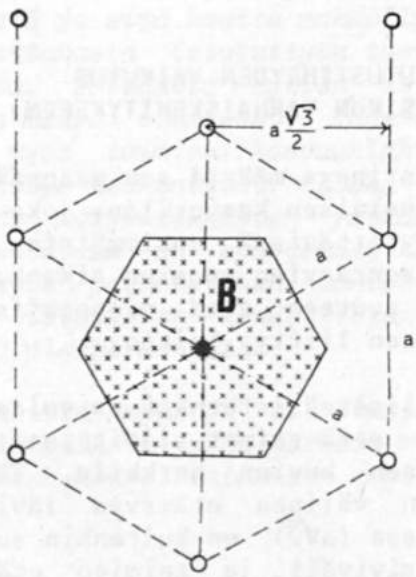
Istutustiheyden merkitystä selvittelevät kokeet ovat kaikki varsin nuoria Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosasto on perustanut tätä koskevia kokeita mm. palaturpeen nosto- ja kuivatuskentille eli maaperän suhteen erittäin homogeenisille alueille. Alustavat tulokset osoittavat, ettei istutustiheyden vaihtelu 1 600 taimesta (2.25 x 2.25 m) 10 000 taimeen (1.00 x 1.00 m) hehtaarilla ole vaikuttanut männyntaimien kokonaispituuden kehitykseen viljelyä seuranneiden 14 kasvukauden kuluessa (Kaunisto 1979).



Taimen käytettävissä oleva tila A = a^2.
Jos a = 2.25 m, taimimäärä on 2 000 kpl/ha.
Space available to the seedling A = a^2.
If a = 2.25 m the initial density is 2,000 seedlings/hectare

Kuva 1. Istutuksen tilajärjestyksenä neliö

Fig. 1. Square spaced arrangement between seedlings



Taimen käytettävissä oleva tila
B = $\frac{a^2\sqrt{3}}{2}$ = 0.866 a^2. Jos a = 2.25 m, taimimäärä on 2 309 kpl/ha.
Space available to the seedling
B = $\frac{a^2\sqrt{3}}{2}$ = 0.866 a^2. If a = 2.25 m the initial density is 2,309 seedlings/hectare

Kuva 2. Istutuksen tilajärjestyksenä kuusikulmio

Fig. 2. Triangular spaced arrangement between seedlings

3 ISTUTUSTIHEYSSUOSITUKSET

Keskusmetsälautakunta Tapion normien mukaiset männyn ja kuusen istutustiheydet ovat nykyään 2 000 kpl/ha. Taimiväli on tällöin esimerkiksi 2.25 x 2.25 tai 2.0 x 2.5 m. Tuotostutkijat pitävät tätä täysin riittävänä istutustiheytenä runkopuuntuotoksen kannalta (Vuokila 1975). Puutteena on kuitenkin pidettävä sitä, että suositukset ovat havupuillemme samat kasvualustan ravinteisuudesta ja ilmastovyöhykkeestä riippumatta (Hannelius 1979). Erityisesti istutusmänniköt ovat olleet huonolaatuisia silloin, kun ne on perustettu tuoreille ja lehtomaisille kankaille (Uusvaara 1974, Vuokila 1979). Tulevaisuuden istutusmänniköt saataneen laadullisesti paremmiksi metsänjalostuksen avulla. Nykytaimikoissa ja ensiharvennusmetsissä karsinta on ainoa keino, mutta sekin on vielä kokeiluasteella, joten sen taloudellisuutta ei vielä tunneta.

Lehtikuusen ja rauduskoivun istutustiheydeksi suositellaan kasvupaikasta riippumatta 1 600 kpl/ha (Keskusmetsälautakunta Tapio 1980).

4 TAIMIEN TILAJÄRJESTYS

4.1 Historiaa

Ei-tasaväliset istutuskokeet käynnistyivät Brittein saarilla jo noin 50 vuotta sitten ja lähtökohtana oli tuolloinkin laatupuunkasvatuksesta huolehtiminen (Anderson 1930, 1953). Ajatus perustuu taimien istutukseen tiheähköiksi ryhmiksi (spaced-group planting), joiden väliin jätetään huomattava istuttamaton ala. Ryhmien lukumäärä pinta-alayksiköllä vastaa metsikön päätehakkuuvaiheen runkolukua. Puiden välinen kilpailu ryhmissä ja erityisesti keskimmäisten puiden luontainen karsiutuminen katsotaan laatuun tähdättäessä eduksi. Muina etuina pidetään:

- maanmuokkauksen ja lannoituksen vähäisempää pinta-alatarvetta
- istuttajan vähäisempää liikkumistarvetta alueella istutustyön suorituksen aikana
- ensiharvennusten helppoutta istuttamattomien alueiden muodostamassa verkostossa
- taimiryhmien tuulenkestävyyttä äärevissä ilmasto-olosuhteissa.

Menetelmän yleistymisen esteenä on kuitenkin ollut havainto, että ryhmän ulkoreunalla kasvavat puut kasvattavat suuremman neulas- ja oksamassan ja alistavat siten ryhmän sisällä olevat puut. Ryhmiinistutus on jäänytkin käyttöön lähinnä maisemanhoitoon liittyvissä metsityksissä tuulelle erityisen alttiilla alueilla (Cotter-Craig 1973).

Myös Saksassa on pitkään käytetty menettelyä, jossa taimietäisyys rivissä on puolet tai vain kolmannes rivien välisestä etäisyydestä. Lähtökohtana on käveltävän istutuslinjan lyheneminen ja toisaalta rivivälien mahdollistama heinäntorjunta traktorikäyttöisin laittein (Gutschick 1971). Menetelmässä tähdätään osaksi myös siihen, että harvennusten (50 % tai 66 % runkoluvusta) jälkeen puusto saavuttaa teoriassa tasa-asentoisuuden. Erityisesti männyn suuret istutustiheydet vaikeuttavat saatujen tulosten soveltamista Suomen oloihin. Yhdysvalloissa on myös suositeltu suorakaidekaaviota (riviväli/taimietäisyys >1) istutukseen sekä perustamis- että taimikonhoitokustannusten alhaisuuden vuoksi (Cook 1963).

Havaitaan siis, että varsinaisesta istutustiheydestä riippumattomia erilaisia istutusetäisyyden yhdistelmiä (istutettavien taimien tilajärjestystä) on ryhdytty pohtimaan jo ennen metsänistutuksen koneellistamisen käynnistymistä – tosin eri lähtökohdista.

4.2 Nykyinen käytäntö käsinistutuksessa

Koska istutuspaikan valinta olennaisesti vaikuttaa istutustaimen ensikehitykseen (esim. Hagner 1978, Söderström ym. 1978), käytännön metsänviljelyohjeissa korostetaan joustavaa viljelykohtien valintaa. Viljelykohtien tulisi olla enintään 5 m:n ja vähintään 1 m:n päässä toisistaan (Kaila 1979). Kuitenkaan minimietäisyydellä toisistaan ei saisi olla kolmea peräkkäistä (lähekkäistä) tainta enempää. Käytettävät maanmuokkausmenetelmät asettavat myös omat rajansa istutuspaikan valinnalle ja siten myös istutustaimien tilajärjestykselle. Lautasauraus suoritetaan yleensä 4 m:n ja siipiauraus 5 m:n ajolinjavälein. Muokkauksen onnistuessa viljeltävät muokkausrivit tulevat 2.0 - 2.5 m:n etäisyydelle toisistaan.

4.3 Istutuksen koneellistamisen asettamat vaatimukset

Sekä kokeellisissa että teoreettisissa metsänistutuksen koneellistamistarkasteluissa on todettu, että koneen etenemisnopeuden lisäksi tehollinen työleveys vaikuttaa olennaisesti istutustyön tuotokseen (Sirén 1971, Bäckström 1978). Tämän vuoksi onkin esitetty, että viljelytiheyttä muuttamatta tulisi istutettavien taimien tilajärjestystä muuttaa siten, että istutusetäisyyttä rivissä lyhennetään ja rivien väliä suurennetaan (Appelroth 1975, 1979).

Seuraavassa tarkastellaan kaksirivistä istutuskonetta, jonka istutuspäät kulkevat koneyhdistelmän muokkauslaitteiden muokkaamassa jäljessä 2.25 m:n etäisyydellä toisistaan. Oletetaan edelleen, että tavoitetiheydeksi on asetettu 2 000 tainta hehtaaria kohti. Jos pyrittäisiin tasa-asentoiseen istutukseen, koneella olisi ajettava 4.5 metrin ajolinjavälein. Istutuspäät voivat tietyin kriteerein valita istutuspaikan, joten täyteen tasa-asentoisuuteen ei koskaan päästä, eikä ole syytä pyrkiäkään (ks. lukua 4.2).

Täten siis kunkin taimen hallitseman alan muoto vaihtelee neliöstä kuusikulmioon (ks. esim. Gutschick 1971, s. 203).

Metsänistutuksen koneellistamisen kannalta voidaan kysymyksenasettelu yllä olevassa tapauksessa kiteyttää seuraavaksi:

a) Miten leveään ajolinjaväliin ja siten riviparien väliin jäävään istuttamattomaan alaan voidaan mennä lyhentämällä rivissä olevien taimien etäisyyttä toisistaan metsikön tulevaa kehitystä vaarantamatta?

b) Olisiko järkevää ryhmitellä ajolinjat pinta-alayksiköllä esimerkiksi siten, että istutuskoneella ajettaisiin yhtä useampia ajolinjoja 4.5 m:n välein ja tietyin välimatkoin jätettäisiin istuttamattomia kaistoja?

Kysymys on siten siitä, miten taimet tulisi sijoittaa keskimääräistä taimitiheyttä (2 000 kpl/ha) muuttamatta pinta-alayksikölle siten, että metsikön tulevaa kehitystä heikentämättä koneen työskentelytavasta johtuvat rajoitukset tulisivat otettua huomioon mahdollisimman hyvin.

4.4 Ajolinjavälin leventäminen

4.4.1 Periaatteet

Teoreettinen istutusväli rivissä voidaan esimerkiksi kaksiriviselle istutuskoneelle laskea kaavalla

$$I = \frac{10\,000}{L} \times \frac{2}{T},$$

jossa I = istutusväli rivissä, m
L = ajolinjojen välinen etäisyys, m
T = istutustiheys, taimia/ha.

Ajolinjavälin kasvattaminen lyhentämällä istutusväliä muuttaa taimen hallitseman pinta-alan muotoa kohti pitkänomaista suorakaidetta tai kuusikulmiota, jossa kaksi sivua on pitkiä. Taimi ei myöskään tällöin sijaitse keskellä mainittua kuviota.

Ajolinjavälin suurentamisen vaikutuksia tulisi ilmeisesti tarkastella toisaalta taimen ensikehityksen nopeuden ja toisaalta sulkeutuvan metsikön varhaiskehityksen kannalta. Tällöin oletetaan, ettei istutuksen tekninen onnistuminen esimerkiksi taimien kuolleisuutena ilmaistuna olennaisesti poikkea käsinistutuksesta. Edelleen puunkorjuun huomioon ottamisen tarpeellisuutta jo metsikön perustamisvaiheessa voitaneen pohtia.

4.4.2 Istutuspaikan valinta

Kuten jo luvussa 4.2 (s. 8) todettiin, istutuspaikan valinta vaikuttaa olennaisesti taimen ensikehitykseen. Kehitteillä olevien istutuskoneiden istutuspäät pystyvät tietyin kriteerein valitsemaan istutuspaikan ja valinnan tarkkuus on ilmeisesti vielä lähitulevaisuudessa edelleen kehittymässä. Koneyhdistelmä pystynee siis sekä säilyttämään tietyn keskimääräisen istutustiheyden että valitsemaan istutuspaikan koneyhdistelmään kuuluvan muokkauslaitteen työjäljestä. Rajoittimiksi voidaan lisäksi asettaa peräkkäisille taimille tietty vähimmäis- ja enimmäisetäisyys. Istutuspaikan valinnan tärkeys korostuu huonossa muokkausjäljessä, joka taasen on yleensä yhteydessä maaston ja maaperän vaikeutumiseen.

Harvennettaessa ajolinjaväliä pienenee se muokkausjäljen perusjoukko, josta kone joutuu valitsemaan "hyvät" istutuskohdat. Tätä voidaan havainnollistaa seuraavalla esimerkillä. Metsätehon tutkimuksessa, jossa pyritään selvittämään erilaisten maanmuokkauslaitteiden työjälkeä vaikeudeltaan erilaisissa maaperäolosuhteissa, muokkausjälkeä on arvosteltu siitä löydettävissä olevien viljelykohtien laadun perusteella. Kaksirivisiä muokkauslaitteita käytettäessä ajolinjojen väliksi on oletettu 5 m ja keskimääräiseksi istutustiheydeksi 2 000 kpl/ha. Istutuskohtien keskietäisyys rivissä on tällöin 2 m. Mahdollisimman hyvät istutuskohdat valittiin miestyönä käyttäen lisäksi rajoitteina samoja istutuspaikkojen etäisyyskriteereitä kuin käytännön käsinistutuksen ohjeissa (ks. lukua 4.2, s. 8).

Esimerkin luonteisesti esitetään taulukossa 1 paljastuneeseen mineraalimaahan saatujen istutuskohtien prosentuaalinen osuus samoissa, helpohkoissa maaperäoloissa eräitä muokkauslaitteita käytettäessä. Kehystetty lukusarja osoittaa maastoarvioinnin tulosta tavoitteen ollessa mainitut 2 000 istutuskohtaa/ha. Muut luvut on ekstrapoloitu ajolinjan pituuden suhteessa.

Kyseisissä oloissa istutuskoneen muokkausjäljestä ajolinjavälin ollessa 4.5 metriä voidaan käsinistutukseen löytää yli 2 000 viljelykohtaa, joissa mineraalimaa on paljastunut. Ekstrapolointi 5 m:ä suurempiin ajolinjaväleihin on jonkin verran epävarmaa, koska tarvittavaa istutuspaikkojen etäisyyden pienentämistä rivissä ei alkuperäiseen materiaaliin sisältynyt. Luvut ovat kuitenkin suuntaa antavia. Edelleen on huomattava, että mineraalimaan paljastuneisuus on istutuspaikalle asetettava vähimmäisvaatimus ja "hyvältä" istutuspaikalta vaaditaan muitakin ominaisuuksia.

On ilmeistä, että ajolinjavälin harventaminen vähentää "hyvien" istutuskohtien määrää ja heikentää siten taimien kasvuunlähtöä ja ensikehitystä.

TAULUKKO 1 *Table* Paljastuneessa mineraalimaassa olevien istutuskohtien suhteellinen osuus helpohkoissa maaperäoloissa (ajolinjaväli 5 m, 2 000 kpl/ha = 100 %)

Proportion of planting places in exposed mineral soil in fairly easy soil conditions (driving pass spacing 5 m, 2,000 seedlings/hectare = 100 %)

Ajolinjaväli, *Driving pass spacing*, m	Lautasaura *Disc plow*	Lautasjyrsin *Disc trencher*	Istutuskoneen muokkauslaite *Planting machine*
	%		
4.5	84	93	102
[5.0]	[76]	[84]	[92]
5.5	69	76	84
6.0	63	70	77

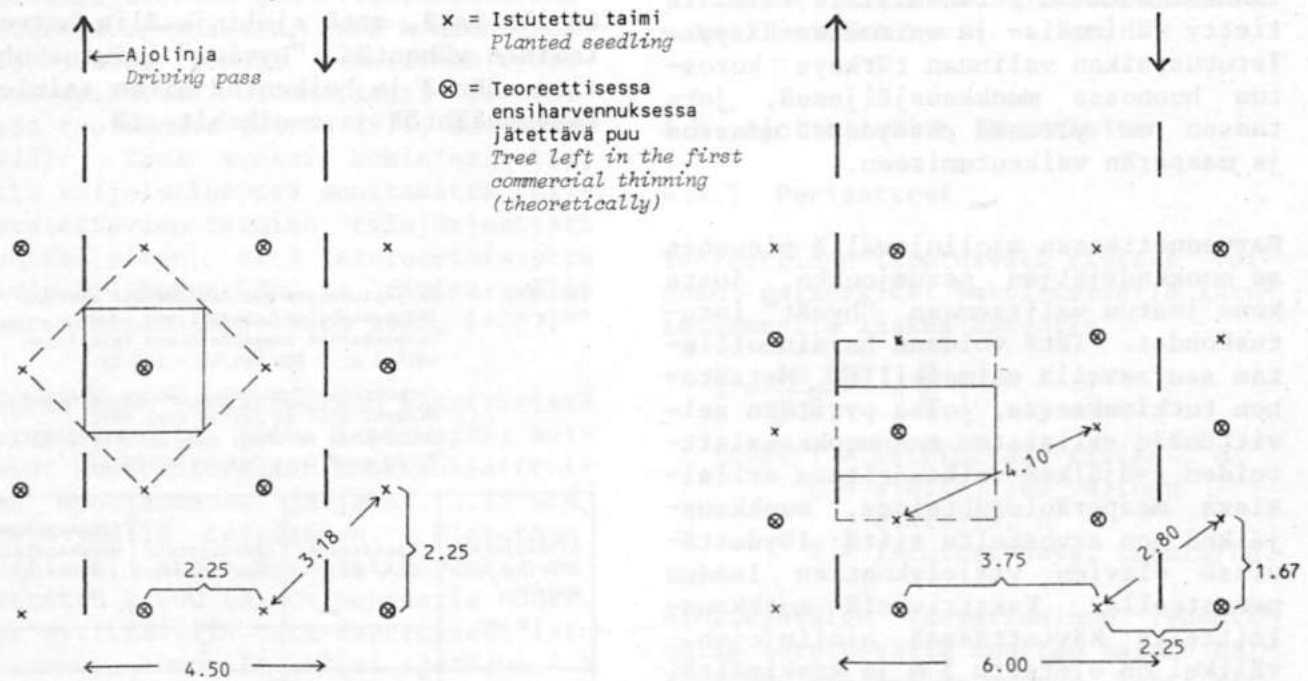
4.4.3 Kasvutilan hyväksikäyttö

Jos istutettavien taimien tilajärjestystä muutetaan keskimääräistä viljelytiheyttä muuttamatta siten, että ajolinjaväliä suurennetaan, taimien etäisyys riviparin rivien välillä säilyy muuttumattomana, pienenee rivin suunnassa ja suurenee toispuolisesti ajolinjojen väliseen suuntaan (kuva 3).

Tätä nykyä ei ole kokemusperäistä tietoa siitä, miten tilajärjestys vaikuttaa metsikön kehitykseen Suomen oloissa. Metsäntutkimuslaitoksen metsänarvioimisen tutkimusosaston tuotostutkimuksen suunnan toimesta on tällaisia kokeita perustettu, mutta ne ovat vielä liian nuoria päätelmien tekoa varten. Ulkomaisten tutkimusten perusteella näyttää kuitenkin siltä, ettei rivissä olevien taimien välisen etäisyyden pienentämiseen aina puoleen rivivälistä ole puuntuotoksellisia esteitä (Bennett 1960, Gutschick 1971).

Yleensä on katsottu, että metsikön hoitotoimenpiteillä säädettävissä oleva kasvatettavan puun laatu määräytyy taimikkovaiheessa ennen ensiharvennusta. Epäsymmetrisen kasvutilan vaikutuksesta puun laatuun ei ole olemassa täsmällisiä tietoja. Suomen Akatemian rahoittamassa, vielä keskeneräisessä tutkimushankkeessa "Metsikön varhaiskehityksen dynamiikka" on voitu osoittaa valon vaikutus metsikön sisäiseen kehitykseen, esimerkiksi männikössä oksiston ja neulasiston kehitykseen (Kellomäki ym. 1980). Lähitulevaisuudessa saadaan hankkeesta lisää ekologista perustietoa, jota voitaneen soveltaa nyt käsiteltävänä olevaan ongelmaankin. Ulkomaisten selvitysten perusteella ei ainakaan rivivälin ja taimivälin suhde 2 : 1 ole vielä aiheuttanut rungon epäsymmetrisyyttä metsikön myöhemmissä kehitysvaiheissa (Abetz & Merkel 1968, Assmann 1970).

Täysin homogeenisissa maaperäoloissa saatettaisiin taimirivien suuntauksella esimerkiksi etelä-pohjoissuun-



Kuva 3. Kaavamainen tarkastelu taimien tilajärjestyksen muuttumisesta, kun ajolinjaväliä suurennetaan 4.5:stä 6.0 m:iin. Keskimääräinen istutustiheys 2 000 kpl/ha

Fig. 3. Schematic diagram of the change in the arrangement of planted seedlings when the driving pass spacing is enlarged from 4.5 to 6.0 m. Average initial density is 2,000 seedlings/hectare

taan vähentää oksien hakeutumista valoon. Tämä ei kuitenkaan ole mahdollista meillä, missä koneellisen istutuksen ajosuunnat määräytyvät pääasiassa uudistusalan muodon ja topografian perusteella. Toisaalta suomalaisissa taimikoissa varhaisvaiheen vapaa kasvutila täyttyy suhteellisen herkästi ainakin lehtipuiden taimilla, joten totaalista tyhjää tilaa ja siten valaistussuhteiden epäsymmetriaa ei pääse muodostumaankaan.

Kasvutilan hyväksikäytön kannalta ajolinjaväliä voitaneen kasvattaa 4.5:stä 6.0 m:iin. Tällöin tarvittavan ajolinjan pituus pienenee 2 222:sta 1 666 m:iin. Jos istutustiheytenä pidetään edelleen 2 000 tainta/ha, taimietäisyys rivissä pienenee 2.25:stä 1.67 m:iin. Koska istutuskoneen rakenteesta johtuva riviparin rivien välinen etäisyys (2.25 m) pysyy vakiona ja ajolinjavälin suurentaminen lisää vain riviparien välistä etäisyyttä (3.75 m), ei vielä ensiharvennuksessakaan, jossa puolet runkoluvusta oletetaan poistettavan, päästä täyteen tasa-asentoisuuteen edes kaavamaisesti tarkasteltuna (kuva 3, s. 10). Puiden välinen pienin etäisyys on silloin kuitenkin jo siksi suuri, että tällä seikalla tuskin on merkitystä.

4.4.4 Muut näkökohdat

Tulevaisuudessa saatetaan metsikön perustamisvaiheessa ottaa entistä enemmän huomioon myös myöhemmät korjuutekniset näkökohdat. Edellä mainittu 6 m:n ajolinjaväli jättää teoriassa 3.75 m:n tilan riviparien väliin. Ensiharvennuksen korjuukoneet saattaisivat mahtua näin muodostuvalle kaistalle. Riviparien välikaistan käyttökelpoisuutta pienentää kuitenkin se tosiasia, että istutuskoneella joudutaan kiertämään suurimmat maastoesteet, jotka siten jäävät nimenomaan näille riviparien välisille kaistoille. Myös puiden vaurioitumisalttiuden vuoksi korjuukoneiden käyttöä tulisi välttää joka toisessa puurivivälissä. Tällöinhän jokainen puu olisi alttiina runko- ja juuristovaurioille. Luonnollisesti ensiharvennusvaiheessa voidaan myös selvittää kaistojen maastollinen käyttökelpoisuus ja keskittää korjuun metsäkuljetus vain joka neljännelle tai viidennelle riviparille. Kaiken kaikkiaan korjuuratkaisujen ennustaminen 25 - 35 vuoden päähän on kuitenkin varsin epävarmaa.

4.5 Ajolinjojen ryhmittely

Jos perustettavan metsikön myöhempiä korjuuteknisiä seikkoja pyritään pitemmälle menevästi ottamaan huomioon jo perustamisvaiheessa, tulisi istutuskoneen ajolinjat ryhmitellä sopivalla tavalla. Tällöin tietysti ollaan jo alueella, joka on yhteistä kaikelle metsänviljelyyn perustuvalle uudistamiselle — enää ei ole pelkästään kyse istutuksen koneellistamisesta.

Taulukon 2 lukusarjoja laskettaessa on oletettu, että istutuskoneella ajetaan samansuuntaisia ajolinjoja 4.5 m:n välein (riviparit 2.25 m:n etäisyydellä toisistaan), mutta 2 - 6 riviparin jälkeen jätetään 5 m leveä kaista (tuleva korjuu-ura).

TAULUKKO 2 *Table* Eräitä istutuskoneen ajolinjojen ryhmittelyvaihtoehtoja. Ryhmien väliin jätettävän kaistan leveys 5 m. Keskimääräinen istutustiheys 2 000 kpl/ha

Some alternatives for the grouping of driving passes of the planting machine. The width of the strip to be left between the groups is 5 m. Average initial density 2,000 seedlings/hectare

Riviparej a (ist.koneen ajolinjoja), kpl *Number of row pairs (driving passes)*	Korjuu-uraväli, *Hauling track spacing,* m	Istutus-etäisyys rivissä, *Inter-row spacing,* m	Istutuskoneen ajolinjaa, *Length of the driving pass of the planting machine,* m/ha	% *)
2	11.75	1.70	1 701	77
3	16.25	1.85	1 845	83
4	20.75	1.92	1 927	87
5	25.25	1.98	1 980	89
6	29.75	2.02	2 016	91

*) tasa-asentoisesta istutuksesta, jolloin taimien tilajärjestys 2.25 x 2.25 m ja ajolinjaa 2 222 m/ha.

of even planting when the density and arrangement of the seedlings is 2.25 x 2.25 m and the driving pass 2,222 m/hectare.

Havaitaan, että ryhmissä olevien riviparien määrän ja tulevaisuuden korjuuuravälin kasvaessa myös keskimääräinen istutusetäisyys rivissä kasvaa. Siten myös yhä suurempi osa taimista sijaitsee neliön muotoa lähestyvässä kasvutilassa. Jos tulevaisuudessa osoittautuu tarkoituksenmukaiseksi suunnitella istutus uudistusalakohtaisesti siten, että istutuskoneen ajolinjat voidaan ryhmitellä, näyttää istutuspaikan valinnan (vrt. taulukkoon 1, s. 9), taimien kasvutilan tasaisuuden ja myös myöhempien korjuuteknisten seikkojen kannalta edulliselta käyttää 5 - 6 riviparin ryhmiä. Tämä vastaisi istutuskoneen keskimääräisenä ajolinjavälinä 5.1 - 5.0 m:ä. Toisaalta tällöin myös istutuskoneella hehtaaria kohti ajettava linjamäärä on jo suhteellisen suuri ja siten menetetään osa tavoitteena olleesta harvennetun ajolinjavälin mahdollistamasta istutustuotoksen noususta.

Avohakkuualalla hakkuutähteet ovat merkittävimpiä maanmuokkauksen ja istutuksen koneellistamista vaikeuttavia tekijöitä. Koneellisessa puutavaran valmistuksessa monitoimikoneiden ajouraväli vaihtelee 10:stä 12 m:iin. Tämän vuoksi myös hakkuutähteet ovat useimpien monitoimikoneiden jäljiltä valmiiksi kasoissa. Kasojen sijoittumiseen ja muotoon voidaan tarvittaessa myös jossain määrin vaikuttaa puunkorjuuta toteutettaessa. Istutuskoneen ajolinjat ja ajolinjojen ryhmittely on monitoimikoneella suoritetun puutavaran valmistuksen jälkeen ilmeisesti sopeutettava korjuun työjälkeen esimerkiksi siten, että hakkuutähdekasojen väliin ajetaan kaksi ajolinjaa ja itse hakkuutähdekasojen kohdalle ei pyritäkään istuttamaan.

5 PÄÄTELMÄT

Istutettavien taimien tilajärjestystä voidaan ilmeisesti muuttaa neliöstä suorakaiteeksi ainakin rivivälin ja taimietäisyyden suhteeseen 2 : 1 saakka, jos istutuksen koneellistaminen sitä edellyttäisi. Suurin hyöty tästä koituisi pinta-alayksikköä kohti tarvittavan ajolinjamäärän pienentymisenä ja sitä kautta mahdollisesti saavutettavana istutuksen tuotoksen nousuna. Toisaalta istutuskoneen rakenteesta johtuva toimintojen kierto saattaa myös tulla etenemisnopeutta rajoittavaksi, jos istutusetäisyys rivissä tuntuvasti pienenee (esim. Incoll ym. 1979). Tällöin tilajärjestyksen muuttamisella aikaansaatava tuotoksen nousu ei enää olekaan suoraviivainen.

Perustettavan metsikön kannalta tilajärjestyksen muuttaminen neliöstä suorakaiteeksi huonontanee eniten hyvien istutuspaikkojen valintaa ja sitä kautta taimien ensikehitystä. Kaiken kaikkiaan vaikuttaa kuitenkin siltä, että metsänistutuksen koneellistamisessa taimien tilajärjestystä tärkeämpiä ja kiireellisemmin ratkaistavia asioita ovat koneiden toimintavarmuuden ja itse istutuksen onnistuneisuuden parantaminen (ks. esim. Cameron 1980).

Monitoimikoneilla suoritetun puutavaran valmistuksen jälkeen istutuskoneen ajolinjojen ryhmittely on syytä sopeuttaa korjuun työjälkeen, erityisesti hakkuutähdekasoihin.

Koska tulevaisuuden korjuuratkaisujen ennustaminen on melkoisen epävarmaa, korjuuteknisten näkökohtien kovin painotettu huomioon ottaminen istutusta koneellistettaessa ei ehkä ole perusteltua. Jos puunkorjuu katsottaisiin tarkoituksenmukaiseksi ottaa huomioon, se tulisi tehdä kaikkien metsänviljelyyn perustuvien uudistamismenetelmien yhteydessä. Tällöin ei kuitenkaan enää ole kysymys pelkästään istutuksen koneellistamisen lähtökohdista.

KIRJALLISUUTTA
References

ABETZ, P. — MERKEL, O. 1968. Aststärken und Schaftovalität in Fichten-Reihenbeständen. Summary: Branch thickness and stem excentricity in Norway spruce line plantings. Allg. Forst u. Jagdztg. 139 (6): 138 - 145.

ANDERSON, M. L. 1930. A new system of planting. Scottish Forestry Journal 44 (2): 78 - 87.

-"- 1953. Spaced-group planting. Unasylva 7 (2): 55 - 63.

APPELROTH, S.-E. 1975. Metsänistutuskoneisiin ja niiden käyttöön liittyvät ongelmat. Metsä ja Puu 1975 (4): 11 - 15.

-"- 1979. Cost factors of machine planting. American Society of Agricultural Engineers, Winter Meeting 1979, New Orleans, La. (18 s.).

ASSMANN, E. 1970. The principles of forest yield study. Studies in the organic production, structure, increment and yield of forest stands. Pergamon Press, Oxford. (506 s.).

BARSE, R. G. — LAIDLY, P. R. 1980. Wood specific gravity of plantation red pine little affected by spacing. Forest Service — U.S.D.A., Research Note NC-251. (2 s.).

BENNETT, F. A. 1960. Spacing and early growth of planted slash pine. J. For. 58 (12): 966 - 967.

BÄCKSTRÖM, P.-O. 1978. Maskinell plantering — Förutsättningar, teknik, prestationer och kostnader. Summary: Mechanized planting — Basic conditions, techniques, productivity and costs. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Meddelande 13. (74 s.).

CAMERON, D. A. 1980. Operational testing of planting machines in the boreal forest of Ontario. III. Timberland tree planter. Canadian Forestry Service, Rep. O-X-317. (40 s.).

COOK, D. B. 1963. Spacing and layout for coniferous plantations in the Northeast. J. For. 61 (4): 273 - 277.

COTTER-CRAIG, T. D. 1973. Spaced group planting: Its application to amenity forestry. Scottish Forestry 27 (3): 199 - 210.

GUTSCHICK, V. 1971. Der Forstbetriebsdienst. Band 1, Waldaufbau. BLV Verlagsgesellschaft, München — Basel — Wien.

HAGNER, M. 1978. Hur påverkas plantor av sin närmaste miljö på hygget? Inst. f. Skoglig Produktionslära, Umeå universitet. (12 s.).

HANNELIUS, S. 1979. Onko syytä tarkistaa istutustiheysnormeja? Metsä ja Puu 1979 (11): 24 - 25.

INCOLL, W. D. — OPIE, J. E. — AEBERLI, B. C. 1979. Effects of spacing on rate of machine planting of Radiata pine. Australian Forestry 42 (3): 176 - 180.

KAILA, S. 1979. Metsänviljelyn suunnittelu ja toteutus. Metsätehon opas. (41 s.).

KAUNISTO, S. 1979. Alustavia tuloksia palaturpeen kuivatuskentän ja suonpohjan metsityksestä. Summary: Preliminary results on afforestation of sod peat drying fields and peat cut-over areas. Metsäntutkimuslaitos — Institutum Forestale Fenniae, Folia Forestalia 404. (14 s.).

KELLOMÄKI, S. — HARI, P. — KANNINEN, M.— ILONEN, P. 1980. Eco-physiological studies on young Scots pine stands: II. Distribution of needle biomass and its application in approximating light conditions inside the canopy. Seloste: Neulasmassan jakautuminen nuoren männikön latvuksessa ja tämän käyttö metsikön sisäisten valaistusolojen arvioinnissa. Suomen Metsätieteellinen Seura — Society of Forestry in Finland, Silva Fennica 14 (3): 243 - 257.

Keskusmetsälautakunta Tapio. Ohje uudistamis- ja metsitysketjuiksi. 27.3.1980 (11 s. + liite).

LAIDLY, P. R. — BARSE, R. G. 1979. Spacing affects knot surface in red pine plantations. Forest Service — U.S.D.A., Research Note NC-246. (3 s.).

LOW, A. J. — van TOL, G. 1974. Initial spacing in relation to stand establishment. Proc. Symp. Stand Establishment, IUFRO Div. 1 and 3, Wageningen — The Netherlands. (s. 296 - 315).

RALSTON, R. A. 1953. Some effects of spacing on jack pine development in Lower Michigan after 25 years. Mich. Acad. Sci., Arts and Letters, Pap. 37: 137 - 143.

SIRÉN, G. 1971. Mechanized planting. Julkaisussa: Techniques in silvicultural operations, IUFRO Div. 3, Forest operations and techniques, Publ. 1: 103 - 137.

SJOLTE-JØRGENSEN, J. 1967. The influence of spacing on the growth and development of coniferous plantations. Int. Review of Forestry Research 2. Academic Press, New York — London. (s. 43 - 94).

STIELL, W. M. 1964. Twenty-year growth of red pine planted at three spacings. Canada Dep. Forestry, Publ. 1045. (24 s.).

SÖDERSTRÖM, V. — BÄCKE, J. — BYFALK, R. — JONSSON, C. 1978. Jämförelse mellan plantering i jordrabatter och efter andra markberedningsmetoder. Summary: Comparison between planting in mineral soil heaps and after some other soil treatment methods. Skogshögskolan, Istitutionen för Skogsskötsel, Rapp. och uppsatser 11. (177 s.).

UUSVAARA, O. 1974. Wood quality in plantation-grown Scots pine. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja — Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 80.2. (105 s.).

VUOKILA, Y. 1975. Näkökohtia istutustiheydestä. Metsä ja Puu 1975 (4): 16.

-"- 1979. Moraalinen velvollisuutemme: Metsien terveydentilasta ja laadusta huolehtiminen. Metsä ja Puu 1979 (10): 28 - 29.

YLI-VAKKURI, P. — RÄSÄNEN, P. K. — SOLIN, P. 1969. Metsänviljelyn antamista tuloksista Lounais-Suomen, Itä-Hämeen, Itä-Savon, Keski-Suomen ja Kainuun piirimetsälautakuntien alueella. Helsingin yliopisto, Metsänhoitotieteen laitos — University of Helsinki, Department of Silviculture, Tiedonantoja — Research Notes 2 (92 s.).

INITIAL SPACING AND THE DEVELOPMENT OF MACHINE PLANTING

By Juhani Päivänen

S u m m a r y

The purpose of this study based mainly on literature was to examine the significance of the between-row and inter-row spacing of seedlings, i.e., the density and arrangement of seedlings to be planted, in relation to the initial development of the stand to be established and to the mechanization of tree planting. The necessity to take into account the future harvesting of timber was also considered.

A 2-row planting machine was taken as a basis for this study. The planting heads move in tracks prepared by the soil cultivation equipment of the machinery unit at a constant distance from one another. The salient question is then how broad a driving pass spacing, and thus how broad an unplanted area between the pairs of rows, may be accepted by shortening the distance between the seedlings in a row without impairing the future development of the stand.

From the standpoint of the utilization of the growing space, it will probably be possible to change the density and arrangement of the seedlings from square (see Fig. 1, p. 6) towards rectangular spacing (see Fig. 3, p. 10) in the spacing between rows/spacing within rows up to at least 2 : 1.

Because of the 2-row design of the planting machine, the seedlings are placed somewhat asymmetrically in their rectangular growing space. The greatest benefit comes from reducing the number of driving passes per unit of area and thus increasing the performance of planting work. On the other hand, it is obvious that this results in a decreased number of good planting sites (cf. Table 1, p. 9) and thereby also in impairing the start of growth and initial development of the seedlings.

It is advisable after the preparation of timber by harvesters and processors to adjust the driving passes of the planting machine to the consequences of harvesting, especially to the bunches of logging residue. On the other hand, the predictability of future logging technology solutions is so uncertain that there cannot possibly be any grounds for stressing the consideration of these solutions in the mechanization of planting.

To conclude, it seems that in the development of planting machines problems that are more important than the density and arrangement of the seedlings and require more urgent solutions are the improvement of the reliability of the machines and of the success of the planting work itself.

ISBN 951-673-073-6
ISSN 0356-7257