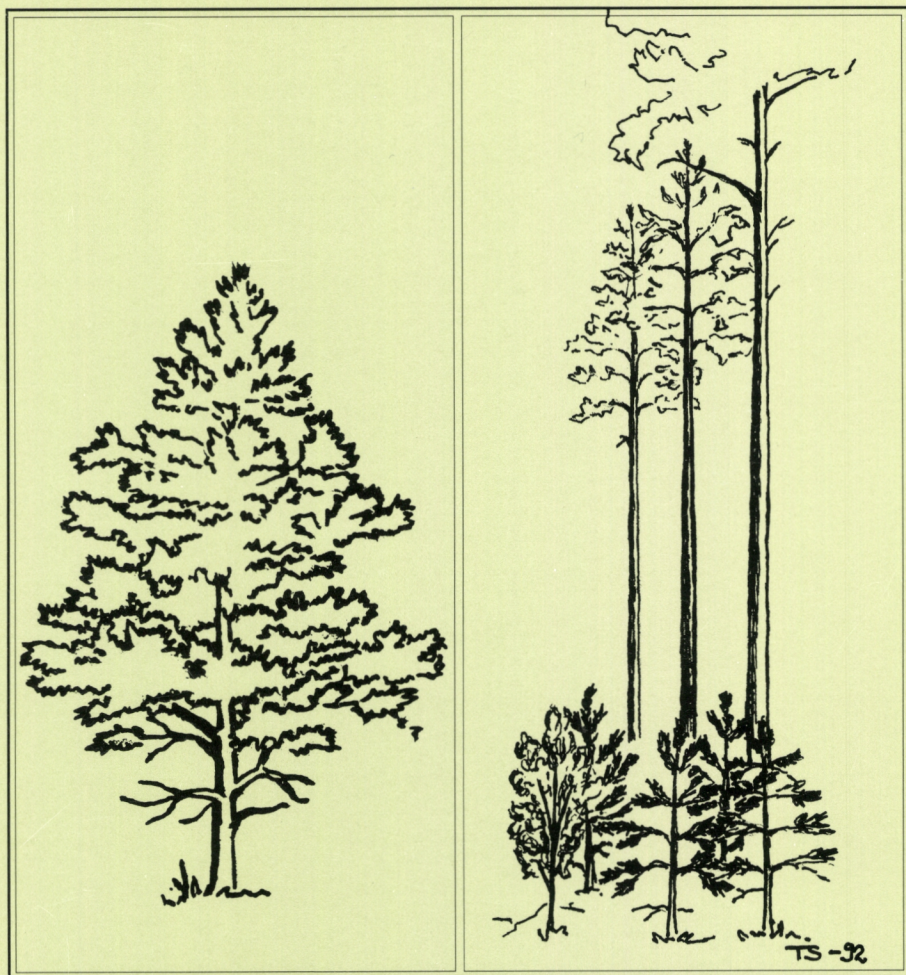




MÄNNYN ISTUTUSTAIMIKOIDEN KEHITYS MUOKATUILLA UUDISTUSALOILLA

**Abstract: Development of Scots pine plantations
in prepared reforestation areas**

TIMO SAKSA



Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 418

MÄNNYN ISTUTUSTAIMIKOIDEN KEHITYS MUOKATUILLA UUDISTUSALOILLA

Abstract: Development of Scots pine plantations
in prepared reforestation areas

TIMO SAKSA

AKATEEMINEN VÄITÖSKIRJA

Esitetään Helsingin yliopiston maatalous-metsätieteellisen tiedekunnan
luvalla julkisesti tarkastettavaksi Metsätalon luentosalissa II,
Unioninkatu 40 B, perjantaina 21. päivänä elokuuta 1992, kello 12.00.

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 418
Metsäntutkimuslaitos, metsänkasvatuksen tutkimusosasto/
Suonenjoen tutkimusasema
The Finnish Forest Research Institute, Department of Forest Production/
Suonenjoki Research Station
1992

Saksa, T. 1992. Männyn istutustaimikoiden kehitys muokatuilla uudistusaloilla. Abstract: Development of Scots pine plantations in prepared reforestation areas. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 418. 48 s. ISBN 951-40-1224-0, ISSN 0358-4283.

Istutustulos ja sitä täydentävä luontainen taimettuminen yhdessä määräävät millaiseksi metsän uudistamistulos muodostuu avohakkuun ja männyn istutuksen jälkeen. Metsämaan muokkauksella voidaan parantaa sekä istutustaimien alkukehitystä että edistää uudistusalan luontaista taimettumista. Tutkimuksessa todettiin istutusta seuraavien vuosien sääolojen sekä uudistusalan kasvupaikkatekijöiden, kuten maalajin, kivisyyden ja muokkauksen tehokkuuden vaikuttavan jossain määrin männyn istutustulokseen, mutta hyvän istutustuloksen varmistaminen edellyttää uudistamisketjun jokaisen osavaiheen optimaalista toteuttamista. Männyn istutustuloksessa ei käytännön metsän uudistusaloilta kerätyssä tutkimusaineistossa ollut tilastollista eroa auras- ja äestysalojen välillä.

Luontainen taimettuminen oli tuoreen kankaan aurasaloilla parempi kuin äestysaloilla, mutta kuivahkon kankaan uudistusaloilla tilanne oli useimmiten päinvastainen. Luontaisen taimettumisen ennustaminen uudistusalan kasvupaikkatekijöiden, uudistusalan ympäröivän reunametsän ominaisuuksien ja muokkausta seuraavien vuosien siemensatoennusteiden avulla oli kuivahkon kankaan uudistusaloilla varmempaa kuin tuoreen kankaan uudistusaloilla. Männyn taimettumisen vaihtelusta voitiin kuivahkon kankaan uudistusaloilla ennustaa jopa 70 % edellä mainittujen selittäjien avulla.

Istutustulos muodostui tuoreen kankaan aurasaloja lukuunottamatta keskimäärin tyydyttäväksi. Joka kymmenennessä kohteessa istutustulos oli heikko (alle 500 kasvatuskelpoista istutustainta /ha). Metsän uudistamistulos muodostui useimmissa kohteissa luontaisen täydentävän taimettumisen ansiosta hyväksi. Tutkituille uudistusaloille oli syntynyt yleensä sekapuusto. Tuoreella kankaalla joka neljännessä kohteessa päästiin uudistamistavoitteena olleeseen lähes puhtaaseen männikköön. Kuivahkolla kankaalla uudistamisen tuloksena saadaan männikkö joka toisessa kohteessa.

Tyydyttävä metsän uudistamistulos olisi saavutettu joka viidennessä tutkimuskohteessa yksinomaan luontaisen taimettumisen avulla. Noin 40 %:ssa uudistusaloista sama uudistamistulos arvioitiin saatavan luontaista taimettumista täydentävällä istutuksella ja noin 40 %:ssa kohteista arvioitiin istutus ensisijaiseksi uudistamismenetelmäksi. Luontaisen taimettumisen ensisijaiseksi asettaminen pidentää usein metsän uudistamisaikaa.

Avainsanat: metsän uudistaminen, istutus, *Pinus sylvestris*, maanmuokkaus, luontainen uudistaminen.

Kirjoittajan yhteystiedot: Saksa, Timo. Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen tutkimusasema, 77600 Suonenjoki.

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos, metsänkasvatuksen tutkimusosasto.

Jakaja: Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen tutkimusasema, 77600 Suonenjoki.

Abstract: Development of Scots pine plantations in prepared reforestation areas. The Finnish Forest Research Institute, Research Papers 418. 48 pp.

In southern Finland, the outcome of forest regeneration in clearfelling areas depends partly on the planting result and partly on the natural regeneration. Site preparation enhances both initial development of pine transplants and natural regeneration in reforestation areas. In this study, the planting result of Scots pine varied to some extent according to weather conditions after planting, and growing site factors such as soiltype, stoniness and efficiency of site preparation. However, a good planting result can be obtained only through optimal realisation of each phase in the regeneration chain. No statistical differences between ploughed and disc-trenched reforestation areas could be stated on the basis of the research material on planting results.

On moist upland sites, the amount of naturally regenerated seedlings was higher after ploughing than disc-trenching, whereas on dryish upland sites, the results were reverse in most cases. Forecasts of natural regeneration on the basis of growing site factors, surrounding border forests and seed supply forecasts for the years following the site preparation were more successful on dryish upland sites than on moist upland sites. The variation in the amount of pine seedlings on dryish upland sites could be explained up to 70 % by means of the above variables.

Except for ploughed reforestation areas on moist upland sites, the average planting result was satisfactory. In one out of ten reforestation areas, the planting result was low (less than 500 viable transplants/ha). The overall outcome of forest regeneration was usually good owing to supplementary natural regeneration. New stands consisted usually of pine, spruce and birch trees. On moist upland sites, every fourth stand was pine dominated thus complying with the regeneration target. On dryish upland sites, a pine stand was obtained in every other reforestation area.

A satisfactory reforestation result would have been obtained through natural regeneration alone in every fifth area. In about 40 % of the reforestation areas, natural regeneration with supplementary planting would have produced the same result. The remaining 40 % of the areas were estimated to require artificial regeneration measures. The time required for a full stand in reforestation areas is usually longer with natural regeneration methods than with artificial ones.

Keywords: forest regeneration, planting, *Pinus sylvestris*, soil preparation, natural regeneration.

Author's address: Saksa, Timo. The Finnish Forest Research Institute, Suonenjoki Research Station, SF-77600 Suonenjoki, Finland.

Publisher: The Finnish Forest Research Institute, Department of Forest Production.

Distributor: The Finnish Forest Research Institute, Suonenjoki Research Station, SF-77600 Suonenjoki, Finland.

ALKUSANAT

Metsänuudistamisen tulostason selvittämiseksi on tehty useita inventointitutkimuksia aina 1950-luvulta lähtien. Osaltaan nämä tutkimuksen ovat ohjanneet metsänuudistamismenetelmien ja erityisesti istutusmetodien ja -materiaalien kehitystä. Tämä raportti on yhteenveto Metsäntutkimuslaitoksen metsänhoidon tutkimusosaston tutkimushankkeesta, jossa tarkastellaan männyn istutustaimikoiden kehitystä muokatuilla uudistusaloilla Etelä-Suomessa.

Tutkimushanke on toteutettu pääosin Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen tutkimusasemalla. Tutkimushankkeen viimeiseen osaan antoi arvokkaan tukensa Pohjois-Savon metsälautakunta. Tutkimuksen maastotöitä tekivät opinnäytetyöntekijöinä seuraavat nykyiset metsänhoitajat: Merja Leinonen, Raija Mäkelä, Jukka Tuovinen ja Jussi Tuovinen. Muita maastoryhmiä ovat johtaneet mt Juhani Korhonen, mt Matti Savolainen, mt Pekka Suolahti sekä tutkimusvirkailija Ilkka Taponen. Raportin kuvien viimeistelystä on huolehtinut tutkimusvirkailija Sylvi Ossi. Yhteenvetoraportin viimeistelyyn olen saanut taloudellista tukea Niemi-säätiöltä.

Haluan kiittää kaikkia edellä mainittuja sekä erityisesti metsänhoidon tutkimusosaston päällikköä prof. Erkki Lähdetä, jonka aloitteesta tutkimushanke käynnistettiin. Samoin kiitän prof. Matti Leikolaa näiden vuosien aikana saamastani kannustuksesta. Lisäksi osoitan kiitokseni Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen tutkimusaseman koko henkilökunnalle sekä niille käytännön metsäorganisaatioiden edustajille, jotka tutkimuksen kenttätöväiheessä ovat edesauttaneet tutkimuksen toteuttamisessa.

Lopuksi haluan esittää sydämelliset kiitokset perheelleni siitä kärsivällisyydestä ja kannustuksesta, jota tämän prosessin aikana olen heiltä saanut.

Tämän yhteenveto-osan lisäksi väitöskirjaan kuuluvat seuraavat julkaisut, joihin jäljempänä tekstissä viitataan roomalaisin numeroin I-IV.

- I** Saksa, T. 1986. Männyn taimikoiden kehitys muokatuilla viljelyaloilla Lieksan ja Rautavaaran hoitoalueissa. Summary: The development of Scots pine plantations on prepared reforestation areas in northern Karelia in Finland. *Folia Forestalia* 644. 60 s.
- II** Saksa, T. 1987. Männyn taimikoiden kehitys auratuilla ja äestetyillä istutusaloilla Keski-Suomessa. Summary: Development of Scots pine plantations in ploughed or harrowed reforestation areas in Central Finland. *Folia Forestalia* 702. 39 s.
- III** Saksa, T. 1989. Männyn taimikoiden tila auraus- ja äestysaloilla Etelä-Savossa. Summary: State of Scots pine plantations in ploughed or harrowed reforestation areas in central Finland. *Folia Forestalia* 733. 32 s.
- IV** Saksa, T., Nerg, J. & Tuovinen, J. 1990. Havupuutaimikoiden tila 3-8 vuoden kuluttua istutuksesta tuoreilla kankailla Pohjois-Savossa. Summary: State of 3-8 years old Scots pine and Norway spruce plantations. *Folia Forestalia* 753. 30 s.

SISÄLLYS

1 Johdanto	7
2 Tutkimuksen tarkoitus	10
3 Aineisto ja menetelmät	11
3.1 Otanta	11
3.2 Inventointimenetelmä	12
3.3 Inventointitiedon analysointi	14
3.4 Inventoitujen männyn istutusalojen yleispiirteet	16
4 Taimien kehitys muokatulla alalla	18
4.1 Istutustaimet	18
4.2 Luontaiset taimet	21
5 Uudistamistuloksen vaihtelu	26
5.1 Istutustulos	26
5.2 Luontainen taimettuminen	27
6 Uudistamistuloksen muodostuminen	29
6.1 Istutustulos ja luontainen taimettuminen	29
6.2 Luontaisen uudistamisen mahdollisuudet	31
7 Tulosten tarkastelu	32
Kirjallisuus	37
Liitteet	43

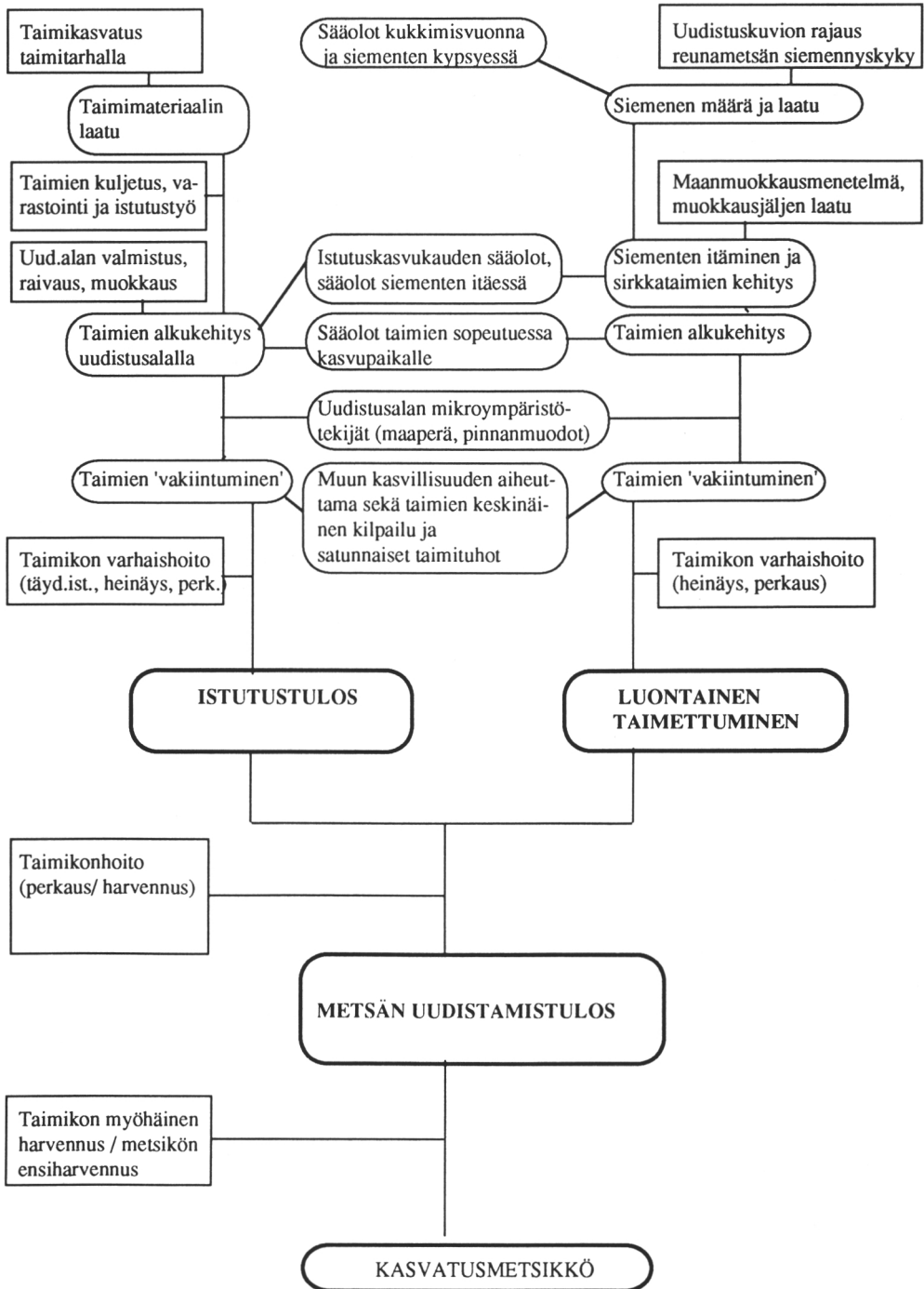
1 JOHDANTO

Metsänviljelyn pinta-ala lisääntyi Suomessa voimakkaasti 1950-luvulta lähtien. Metsänistutuksen määrä kasvoi yli kaksikymmenkertaiseksi 20 vuoden aikana. 1950-luvun alkupuolella uudistettiin metsiä istuttaen vuosittain noin 5 000 ha, mutta 1970-luvun taitteessa vastaava määrä oli jo yli 100 000 hehtaaria. 1970- ja 1980-luvulla istutuspinta-ala vakiintui 100 000 hehtaarin vuotuiselle tasolle. Samaan aikaan uudistusalojen maanmuokkaus yleistyi voimakkaasti ja 1980-luvulla istutusalosta muokattiin lähes 90 % (Aarne ym. 1990). Ruotsissa uudistusalojen maanmuokkauksen määrä lisääntyi lähes samaa tahtia (Jeansson 1987).

Tutkimusalueella, Keski-Suomen, Savon ja Pohjois-Karjalan seuduilla metsänviljelyn määrä seurasi valtakunnallisia trendejä. 1970- ja 1980-luvuilla metsiä uudistettiin istuttamalla tällä alueella keskimäärin 30 - 35 000 ha vuosittain (Aarne ym. 1990). Tästä alasta istutettiin männyn taimilla noin kaksi kolmasosaa. Maanmuokkauksen määrä kasvoi tutkimusalueella 1970-luvun alusta 1980-luvun puoliväliin mennessä yli kaksinkertaiseksi. Istutuskohdeista 1980-luvun puolivälissä muokattiin 70-80 %:a. Muokkauksesta kolme neljännestä oli äestystä (lautasaurausta tai vastaavaa) ja yksi neljännes metsämaan aurausta tai mätästystä. Metsämaan muokkauksen pääasiallisena tavoitteena on parantaa istutustuloksen tasoa ja pienentää istutustuloksen vaihtelua eri uudistusalojen välillä sekä myös yksittäisen uudistusalan sisällä.

Metsän uudistamisen kokonaistulos muodostuu männyn istutusaloiden joko pelkästä istutustuloksesta tai useimmiten istutustuloksesta sekä sitä täydentävästä luontaisesta taimettumisesta. Metsän uudistamistulosta ja sen muotoutumiseen vaikuttavaa tekijäkokonaisuutta voidaan kuvata periaattellisella kaaviokuvalla viljelyketjusta ja luontaisen taimettumisen kulusta sekä niihin olennaisesti vaikuttavista ympäristötekijöistä ja metsänuudistajan toimenpiteistä (kaavio 1).

Istutustaimien kyky sopeutua kasvupaikalle sekä taimia kohtaavat satunnaisluonteiset tuhot ratkaisevat pitkälti saavutettavan istutustuloksen tason. Istutustaimen sopeutumiskykyyn voidaan vaikuttaa valitsemalla 'oikea taimi oikeaan kasvupaikkaan' sekä huolehtimalla taimen kunnosta koko istutusketjun taimitarhakasvatus - kuljetus - varastointi - istutus ajan. Istutustulokseen vaikuttavat osaltaan myös uudistusalan kasvupaikkatekijät sekä taimien alkukehityksen aikaiset sääolot. Myöhemmin istutustulosta voidaan auttaa taimikon varhishoidon ja myöhemmän taimikonhoidon oikea aikaisella suorittamisella.



Kaavio 1. Metsän uudistamistuloksen muodostuminen muokatuilla männyn istutusalajoilla.

Yksittäisellä uudistusosalalla istutustaimien menestyminen vaihtelee usein suurestikin (esim. Kellomäki 1988). Uudistusalan herkimmin kuivahtavilla kumpareilla ja uudistusalan pahiten heinittyvillä, viljavuudeltaan keskimääräistä paremmilla kohdilla jää istutustulos monasti keskiarvoa heikommaksi. Samoin uudistusalan pahiten vesakoituvat painanteet ovat usein ongelmallisimpia istutustuloksen kannalta (Laiho 1984). Uudistusalan sisäistä vaihtelua voidaan pienentää mm. uudistusalan muokkauksella ja intensiivisellä taimikonhoidolla.

Istutustulos on monen osatekijän summa ja sen taso määräytyy uudistamisketjun 'heikoimmin toteutetun lenkin' mukaan (esim. Räsänen 1981, Parviainen 1988). Hyvän istutustuloksen saavuttaminen edellyttää, että jokaisessa yksittäisessä uudistamisketjun osavaiheessa päästään myös vähintään hyvään tulostasoon.

Luontaisten taimien männyn istutustaimikkoa täydentävä vaikutus vaihtelee suuresti uudistusaloittain mm. uudistusalalle ennen hakkuuta syntyneiden taimien määrästä, siementä tuottavan reunametsän etäisyydestä sekä maanmuokkauksesta riippuen. Pääosin muokkaamattomilla uudistusaloilla tehtyjen havaintojen mukaan luontaisten taimien osuus nousee taimikon vakiintuessa kolmannekseen taimikon kasvatustiheydestä (Karjula ym. 1982, Parviainen 1988).

Luontaista taimettumista voidaan lisätä muokkaamalla uudistusalan maanpintaa sekä rajaamalla avohakkuuala reunametsän siemennyksen kannalta optimaalisesti. Puiden kukkimisen ja siemenen kypsymisen aikaiset sääolot vaikuttavat oleellisesti uudistusalalle tulevaan siemenen määrään (esim. Pukkala 1987). Siementen itämisen ja taimien alkukehityksen onnistuminen vaihtelee suuresti sääolojen ja uudistusalan sisäisten kasvupaikkatekijöiden mukaan (esim. Kotisaari 1982). Luontaisen taimettumisen on havaittu vaihtelevan myös aiemman puuston puulajisuhteiden ja tilavuuden mukaan (esim. Kinnunen ja Mäki-Kojola 1980).

Vaikka muokatuille uudistusaloille syntyy monasti runsaastikin luontaisia havupuiden taimia, jäävät ne tavallisesti jälkeen istutustaimien pituuskehityksestä. Eri puulajien erilainen kasvurytmi vähentää erityisesti luontaisten koivujen täydentävää merkitystä metsän uudistamistulokseen. Luontaisesti syntyneiden taimien kasvumahdollisuuksia voidaan parantaa taimikon varhaishoitoon kuuluvilla toimenpiteillä kuten heinimisellä sekä valikoivalla taimikon perkauksella. Luontaisesti syntyneiden taimien merkitys korostuu edettäessä männyn taimikoiden myöhäiseen harvennukseen ja metsikön ensiharvennusvaiheeseen erityisesti, jos istutustaimia on syystä tai toisesta tuhoutunut poikkeuksellisen paljon.

2 TUTKIMUKSEN TARKOITUS

Tämän työn tarkoituksena on tutkia metsämaan aurauksen ja äestysten sekä kasvupaikan viljavuuden vaikutusta männyn istutustulokseen sekä uudistusalan luontaiseen taimettumiseen. Tutkimuksen kohteena ovat kasvupaikkaluokaltaan tuoreeksi tai kuivahkoksi kankaaksi luokitellut käytännön metsänuudistusalat. Tutkimusongelma voidaan jakaa seuraaviin osiin:

1. Istutustuloksen riippuvuus muokausmenetelmästä ja kasvupaikan viljavuudesta.

Hypoteesi: Istutustulos on sitä parempi mitä järeämmin metsämaa muokataan kaikilla kasvupaikoilla.

2. Luontaisen taimettumisen riippuvuus muokkauksen tehokkuudesta ja kasvupaikan viljavuudesta.

Hypoteesi: Luontaisen taimettumisen ja muokkauksen tehokkuuden välillä vallitsee positiivinen riippuvuus ja viljavalla kasvupaikalla luontainen taimettuminen jää karumpaa kasvupaikkaa vähäisemmäksi.

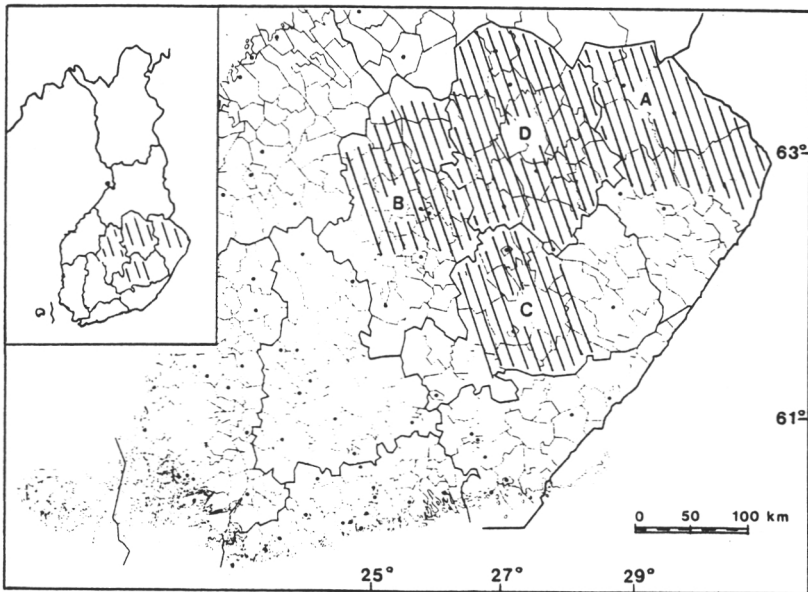
Lisäksi tutkimuksessa tarkastellaan istutustulokseen ja luontaiseen taimettumiseen vaikuttaneita tekijöitä sekä kuvataan taimien pituusjakaumia ja taimien tilajärjestystä eri-ikäisillä auras- ja äestysaloilla. Tutkimuksessa arvioidaan luontaisen taimettumisen merkitystä metsän uudistamisen tulokseen muokatuilla männyn istutusaloilla. Samoin arvioidaan yksinomaan luontaisen uudistamisen varassa tapahtuvan metsänuudistamisen tulosta ko. uudistusaloilla.

Tutkimus on luonteeltaan käytännönläheinen ja se perustuu käytännön metsänuudistusaloilta kerättyyn havaintoaineistoon. Tutkimuksella saadaan keskimääräinen kuva 1970-luvun ja 1980-luvun alkupuoliskon männyn istutustuloksesta muokatuilla uudistusaloilla sekä suuntaa antava näkemys luontaisten taimien metsän uudistamistulosta täydentävästä merkityksestä muokatuilla uudistusaloilla.

3 AINEISTO JA MENETELMÄT

3.1 Otanta

Suunniteltaessa muokatuille uudistusaloille perustettujen männyn istutustaimikoiden menestystä selvittävää inventointitutkimusta, päädyttiin tutkimusalueen valinnassa mantereiseen Etelä-Suomeen (kuva 1), koska metsähoidon tutkimusosastossa oli juuri toteutettu Etelä-Suomen rannikkoalueen kattava laajahko uudistusalojen inventointi (Räsänen ym. 1979). Lisäksi tutkimuksen kannalta ensisijainen metsämaan muokkaus oli 1970-luvulla Etelä-Suomen pohjoisosissa muuta Etelä-Suomea yleisempää.



Kuva 1. Tutkimusalueen sijainti Etelä-Suomen pohjoisosassa.
A= Pohjois-Karjala, B= Keski-Suomi, C= Etelä-Savo, D= Pohjois-Savo

Inventoitaviksi valitut taimikot arvottiin muokkaustavoittain ja muokausvuosittain kiintiöiden. Perusaineistona olivat yksityismaiden osalla yksityismetsälain toisen pykälän suunnitelmat ja valtion maiden osalla metsätalousasiakirjat ja toimenpidekartat. Yksityismailla otanta keskitettiin kustannussyistä ao. metsälautakunnan alueella muutamaa metsän uudistamistoiminnaltaan keskimääräiseen metsänhoitoyhdistykseen. Otannan sitomista esim. valtakunnan metsien inventoinnin kehittämiseen ei katsottu voitavan toteuttaa, koska tutkimusongelman kannalta valideja kohteita olisi sillä otantakehikolla tältä tutkimusalueelta tullut todennäköisesti liian vähäinen määrä (ks. Räsänen ym. 1985 s. 11).

3.2 Inventointimenetelmä

Inventointimenetelmän valinnassa päädyttiin linjoittaiseen ympyräkoelamenetelmään, koska tutkimuksessa haluttiin selvittää keskimääräisen istutustuloksen lisäksi uudistusalan sisäinen vaihtelu erityisesti luontaisen taimettumisen osalta. Koko uudistusalan kattava systemaattinen linjoittainen arviointi antaa ryväsotantaa harhattomamman tuloksen ryhmitäisesti taimettuneella uudistusalalla (Parviainen 1988). Tämä todettiin myös vuonna 1981 Vesijaolla ennen inventoinnin aloitusta tehdyissä casevertailussa (Saksa 1982). Lisäksi noin 50 koealan otoksilla uudistusala kohti, mikä oli tavoitteena tässäkin tutkimuksessa, saadaan tasavälisellä otannalla ryväsotantaa tarkempi (pienempi keskivirhe) ja luotettavampi tulos (Pohtila 1977, 1980). Koealaverkosto ulottui myös uudistusala ympäröiville reunametsäkuviolle. Näiltä koealoilta kerättiin uudistusalan luontaisia taimettumisedellytyksiä kuvaavia tietoja.

Käytetty linja/koealaväli vaihteli uudistusalan koosta riippuen 12:sta 40:neen metriin (I s. 5), jolloin koealojen lukumäärä hehtaaria kohti vaihteli vastaavasti 70:stä 6:een. Koealan koko oli joko 6 tai 10 m² taimikon arvioidun tiheyden mukaan. Tähän tiheyteen laskettiin kaikki siemensyntyiset, kymmentä senttimetriä pitemmät havu- ja lehtipuiden taimet sekä vesat vesaryhmittäin. Vesaryhmän muodostavat esim. taimikon raivauksessa tai päätehakkuussa syntyneen kannon välittömään läheisyyteen syntyneet lehtipuiden vesasyntyiset versot (ks. esim. Pohtila 1977). Jos taimikon tiheys osoittautui ennen inventointia tehdyn 3-4 tiheyshavainnon perusteella yli 10 000 taimeksi/ha, käytettiin pienempää koealaa, jottei maastotyömäärä olisi noussut kohtuuttoman suureksi. 6 m² pienempää koealakokoa ei voitu tuloksen luotettavuuden kärsimättä käyttää (ks. Pohtila 1977, Metsämuuronen ym. 1978). Vastaavasti 10 m² suuremman koealan käyttö todettiin maastoharjoituksissa mittausvirheiden kannalta arveluttavaksi. Taimien lukuvirheen suuruuden on todettu kasvavan koealakoon ja taimimäärän kasvaessa (Pohtila 1977).

Inventointi aloitettiin aina taimikon siitä reunasta, johon inventointiryhmä ensin saapui. Inventointilinja kulki kaikissa taimikoissa pääilmansuuntien mukaan. Jos uudistuskuvio oli yli 10 ha:n laajuinen, jaettiin uudistusalue esim. maastonmuotojen mukaan mahdollisimman homogeenisiin osa-alueisiin, joista satunnaisesti valittu osa-alue otettiin inventoitavaksi näytealaksi. Usein tiet tai polut rajasivat laajan uudistusalan useaan samanarvoiseen osa-alueeseen, joista yksi arvottiin mitattavaksi.

Inventoinnissa määritettiin koealan sijainti reunametsään nähden koealalta mitatun etäisyyden ja suunnan avulla. Koealan edustaman alan maaston topografiaa kuvattiin mittaamalla maanpinnan kaltevuus ja viettosuunta. Useampaan kuin yhteen suuntaan viettävät maaston-

kohdat luokiteltiin kumpareiksi ja koealat, jotka sijaitsivat ympäröivää maasto alempana luokiteltiin painanteiksi. Kunkin koealan edustaman alan kasvupaikkaluokka määriteltiin opaskasvien perusteella (Lehto 1969a) sekä kasvupaikkaluokkan tarkenne silmämääräisen maaston kivisyyden ja soistuneisuuden perusteella.

Jokaiselta koealalta mitattiin maaperän kivisyys kivisyysrassin painumana (Viro 1952) ja humuskerroksen paksuus muokkaamattomasta kohdasta. Koealan maaperän maalaji määritettiin 10-20 cm:n syvyydeltä otetusta maanäytteestä inventointiryhmällä mukana olleeseen mallisarjaan verraten, pyörityskokeen avulla tai silmävaraisesti arvioiden. Lisäksi arvioitiin koealan peittävin pohja- ja kenttäkerroksen kasvilaji.

Koealan keskeltä yhden neliömetrin alalta luettiin pituudeltaan korkeintaan 10 cm:n taimi-aines puulajeittain. Taimiaineksen pituusraja perustuu aiemmissa tutkimuksissa omaksutun käytäntöön vaihtuvan ja vakiintumassa olevien taimien luokittelussa (esim. Sarvas 1944, Lehto 1956, 1969b, Hänninen ym. 1972, Kinnunen ja Mäki-Kojola 1980 ja Peltonen 1986). Vesasyntyisten lehtipuiden yhteismäärä laskettiin koko koealalta ja arvioitiin muokkaamatta jääneen maanpinnan osuus kymmenen prosentin luokissa.

Kaikilla koealoilla määritettiin siemensyntyisten taimien (pituus yli 10 cm) puulaji, syntyäpa ja kasvatuskelpoisuus (lukuunottamatta I) sekä mitattiin taimen pituus ja vesaryhmästä pisimmän vesan pituus inventointikasvukauden pituuskasvu lukuunottamatta.

Maastossa tehty kasvatuskelpoisuuden arvio perustui puulajin, pituuden, kunnon ja taimien tilajärjestyksen avulla tehtyyn silmävaraiseen tulkintaan. Taimi luokiteltiin puulajiltaan kasvatuskelvottomaksi, jos se oli vesasyntyinen tai/ja se oli puulajiltaan muu kuin mänty, kuusi, rauduskoivu tai hieskoivu. Pituudeltaan kasvatuskelvoton taimi oli huomattavasti koealan muita kasvatuskelpoisia taimia lyhyempi tai pidempi. Havupuilla pituusvaihtelu sai olla $\pm 50\%$ keskipituudesta ja koivujen tuli olla pituudeltaan sellaisia, etteivät ne voisi kehittyä mäntyihin verrattuna etukasvuiksi (Jokinen 1973, Mielikäinen 1980). Tilajärjestykseltään kasvatuskelvottoman taimen kasvutila oli liian pieni taimikkovaiheen normaalin kehityksen turvaamiseksi. Kunnoltaan kasvatuskelvottomaksi määritellyllä taimella ei katsottu olevan edellytyksiä normaaliin kehitykseen. Käytetyt kasvatuskelpoisen taimen määrittelykriteerit olivat lähes yhdenmukaiset Yli-Vakkurin ym. (1969) ja Leikolan ym. (1977) kehityskelpoisen taimen sekä Rautiaisen ja Räsäsen (1980) perustaimen määrittelykriteerien kanssa.

Erikoiskoealoilla, joita olivat jokainen järjestysluvultaan kolmella jaollinen taimikkokoeala, mitattiin jokaisesta taimesta kolmen viimeisen vuoden pituuskasvu sekä määritettiin taimen

ikä. Havupuiden taimien pituuskasvut ja ikä määritettiin oksakiehkuroiden perusteella. Koivuista mitattiin viimeisen vuoden pituuskasvu, jos se varmuudella kyettiin todentamaan. Koivujen ikä arvioitiin vuosikasvujen ja pituuden perusteella sekä päätellen taimien sijainnista muokkausjälkeen nähdessä. Kaikista koivun taimista ei ikää pystytty määrittämään. Lisäksi erikoiskoealalla määritettiin jokaisen taimen syntypisteen taso mikroympäristöön nähdessä. Taimi määritettiin maanpinnan tasalla olevaksi, jos se oli syntynyt tai viljelty kohtaan, joka oli 5 cm:n tarkkuudella keskimääräisellä maanpinnan tasolla. Taimen kasvualustan laatu määritettiin humukseksi, mineraalimaaksi tai näiden sekoitukseksi lähinnä sen mukaan oliko taimi syntynyt/viljelty muokattuun tai muokkaamattomaan kohtaan. Lisäksi kunkin taimen sijainti määritettiin koealan keskipisteestä mitatun suunnan ja etäisyyden perusteella (ei IV).

Erikoiskoealoilla taimista määritettiin mahdolliset tuhot, joita voitiin rekisteröidä kaksi kutakin tainta kohti ja katsottiin oliko taimessa jokin pysyväluonteinen, sen ulkoiseen laatuun vaikuttava vika, kuten esim. poikaoksa, latvan vaihto tai mutkaisuus. Lopuksi arvioitiin taimen elinvoimaisuus neliluokkaisen jaotuksen avulla, jossa kahteen ensimmäiseen jaokseen (terveet ja lievä tuho) luokiteltujen taimien arvioitiin pystyvän likimain normaaliin kehitykseen. Luokkiin heikentynyt ja kituva sijoitettujen taimien normaali kehitys oli syystä tai toisesta epätodennäköinen.

Reunametsäkoealoilta (ei IV) mitattiin taimiaines ja taimet kuten tavallisella taimikkokoealalla sekä puuston pohjapinta-ala ja mediaanipuun pituus puulajeittain sekä arvioitiin puulajeittainen reunametsän siemennyskyky. Maastotyön yhteydessä kustakin uudistusalasista laadittiin peitepiirros, josta ilmeni koealaverkon sijoittaminen uudistusosalalle sekä siemennyskykyisen reunametsän osuus uudistusalan piiristä.

3.3 Inventointitiedon analysointi

Maastossa kerätty aineisto tallennettiin tietokoneelle ja tiedostot testattiin loogisuustestein mahdollisten rekisteröinti- ja tallennusvirheiden löytämiseksi. Samalla useaan tiedostoon tallennettua tietoa yhdistettiin laskennan kannalta ideaalisempaan muotoon. Varsinaiset tulokset laskettiin BMDP-ohjelmakirjastoa (BMDP Statistical ... 1988) käyttäen VAX-VMS-laitteistolla Suonenjoen tutkimusasemalla.

Taimien kasvatuskelpoisuus arvioitiin maastossa tehdyn arvion lisäksi myös aineiston käsittelyn yhteydessä taimien tilajärjestyksen ja pituussuhteet huomioon ottavalla menetelmällä. Kasvatuskelpoisten taimien pituutta rajoitettiin havupuiden osalta samoin kuin

maastossakin tehdyssä arvioinnissa. Kasvatuskelpoisten koivujen pituus määritettiin siten, ettei koivu voisi mäntyä nopeamman pituuskehityksensä ansiosta ehtiä etukasvaiseksi (Jokinen 1973, Mielikäinen 1980).

Koivujen hyväksyttävä pituus vaihteli istutusmäntytien pituuden mukaan seuraavasti:

- a) istutustaimien keskipituus (h) alle 100 cm;
koivujen pituus pienempi kuin $1/2h$,
- b) istutustaimien keskipituus 100 - 200 cm:iin;
koivujen pituus yli $1/3h$ mutta alle $2/3h$,
- c) istutustaimien keskipituus yli 200 cm;
koivujen pituus yli $1/2h$ mutta alle h.

Jos koealalla ei ollut istutustaimia, laskettiin em. keskipituus (h) ensisijaisesti luontaisista männyn taimista ja toissijaisesti luontaisista kuusen taimista.

Kasvatuskelpoisten taimien välinen minimietäisyys määritettiin luonnonnormaalin männikön vallitsevan latvuserroksen runkolukusarjan ja pituuskehityksen avulla (Lönnerth 1925). Jos 6 m^2 :n koealalla oli kasvatuskelpoisia taimia vähintään neljä tai 10 m^2 :n koealalla vähintään kuusi, edellytettiin taimilta tasaista tilajärjestystä (minimietäisyys 1,29 m, I). Jos koealalla oli em. vähemmän kasvatuskelpoisia taimia, niiltä ei edellytetty tasaista tilajärjestystä (II), koska taimiryhmän ympärillä oli käyttämätöntä kasvutilaa. Tällöin hyväksytty välimatka kasvatuskelpoisesta taimesta toiseen oli verrannollinen taimikon tiheyteen (ks. II s. 6). Minimissään kahden kasvatuskelpoisen taimen välinen hyväksytty etäisyys saattoi olla vain 25 cm. Tässä tutkimuksessa käytetty taimien tilajärjestyksen rajoitus edellytti tiheissä taimikoissa tasaisempaa tilajärjestystä ja salli harvoissa taimikoissa suuremman ryhmittäisyyden kuin Räsänen ym. (1985) käyttämä kasvatuskelpoisten taimien minimietäisyys, 0,6 metriä. Pohtila (1980) esitti taimikoiden ja nuorten metsien tilajärjestyksen kehitystä havainnoivassa tutkimuksessaan taimikkovaiheen minimitaimimäärällä taimien väliseksi pienimmäksi sallituksi etäisyydeksi 0,8 metriä.

Taimikon kehityskelpoisuutta arvioitiin kasvatuskelpoisten taimien määrän ja taimikon aukkoisuuden eli taimettomien koealojen osuuden perusteella. Taimettomien koealojen osuutta verrattiin Poissonin jakauman arvoon vastaavalla taimitiheydellä (esim. Pohtila 1977). Jos taimettomien koealojen osuus oli satunnaisjakauman osoittamaa arvoa suurempi, heikensi se taimikon kehityskelpoisuutta (ks. Yli-Vakkuri ym. 1969, Leikola ym. 1977, Kinnunen ja Linnimäki 1977, Rautiainen ja Räsänen 1980, Kinnunen ja Nerg 1982, Räsänen ym. 1985, Peltonen ym. 1986). Taimikoiden kehityskelpoisuutta arvioitiin myös Metsähallituksen ja Keskusmetsälautakunta Tapion käyttämien tiheysnormien perusteella (esim. III).

3.4 Inventoitujen männyn istutusalojen yleispiirteet

Yhteenvetotutkimus perustuu vuosina 1982-83 Pohjois-Karjalassa (I), Keski-Suomessa (II) ja Etelä-Savossa (III) sekä vuosina 1988-1989 Pohjois-Savossa (IV) tehtyihin männyn istutustaimikoiden inventointeihin (kuva 1). Materiaaliin sisältyi kokonaisuudessaan 165, vuosina 1970-85 muokattua uudistusala, joista 112 edusti kasvupaikaltaan tuoretta kangasta ja 53 kuivahkoa kangasta (taulukko 1). Pohjois-Karjalan taimikot muodostivat 11 %, Keski-Suomen 33 %, Etelä-Savon 28 % ja Pohjois-Savon 28 % yhteenvedon aineistosta. Eniten aineisto sisälsi vuosina 1974-78 muokattuja uudistusaloja. Tuoreen kankaan taimikoita oli tasaisesti koko tarkastelujakson ajalta. Kuivahkon kankaan inventointikohteet oli perustettu pääosin 1970-luvulla.

Taulukko 1. Tutkimusaineiston ryhmitys kasvupaikkaluokittain, muokkaustavoittain sekä muokkausvuositain eri osissa tutkimusalueta. (Koodien A-D selitykset ks. Kuva 1).

Muokkaus- vuosi	Tuore kangas								Kuivahko kangas							
	Aurous				Äestys				Aurous				Äestys			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
1970	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
1971	2	-	1	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
1972	-	-	2	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
1973	-	1	3	-	-	-	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-
1974	-	1	3	-	1	6	1	-	-	1	-	-	-	1	2	-
1975	2	2	1	-	-	4	3	-	1	1	2	-	-	4	1	-
1976	2	2	3	-	-	5	3	-	-	3	3	-	-	6	1	-
1977	-	2	2	-	-	3	3	-	1	-	-	-	-	2	4	-
1978	2	1	2	-	-	3	3	-	2	-	-	-	-	2	2	-
1979	1	-	-	4	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
1980	-	-	-	5	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-
1981	-	-	-	1	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-
1982	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1983	-	-	-	3	-	-	-	3	-	-	-	1	-	-	-	-
1984	-	-	-	3	-	-	-	4	-	-	-	1	-	-	-	1
1985	-	-	-	4	-	-	-	4	-	-	-	1	-	-	-	1
Yhteensä	9	9	18	20	1	21	13	21	8	10	5	3	-	15	10	2

Kaikki tutkitut uudistusalat oli muokattu auraamalla / mätästämällä tai äestämällä (TTS-lautasaura tai vastaava). Yhteensä aurausaloja oli 82 ja äestysaloja 83 (taulukko 2). Yksittäiseltä uudistusalalta mitattiin keskimäärin 55 (s=14) ympyräkoalaa (vaihteluväli 24 - 97 koalaa). Yhteensä inventointikoealoja oli aineistossa 9099 kpl.

Uudistusalat oli istutettu männylle vuosien 1971-86 aikana. Mitattujen äestysalojen ikä eli muokkauksesta kulunut aika vaihteli yleensä 4-10 vuoteen. Aurasalojen muokkauksesta oli inventointiajankohtana kulunut 4-13 vuotta. Parhaiten edustettuina olivat 5-10 vuotta aiemmin muokatut ja 4-9 vuotta aiemmin istutetut uudistusalat.

Taulukko 2. Tutkimusaineiston ositejako sekä kohteiden jakautuminen (A) viljelystä (B) muokkauksesta kuluneen ajan (vuosia) mukaan.

Ositejako:

1. = Tuore kangas, aurasalat
2. = Tuore kangas, äestysalat

3. = Kuivahko kangas, aurasalat
4. = Kuivahko kangas, äestysalat

A.	Ositteet				B.	Ositteet			
	1.	2.	3.	4.		1.	2.	3.	4.
3- 5	22	22	6	12	3- 6	22	23	6	12
6- 8	26	33	12	13	7- 9	24	33	13	15
9-12	8	1	8	2	10-13	10	0	7	0
Taimi- koita	56	56	26	27	Koe- aloja	3130	2938	1412	1619

Kasvupaikan ja muokkaustavan vaikutusta istutustulokseen ja luontaiseen taimettumiseen tutkittiin varianssianalysein. Istutustulosta selittävien regressiomallien sekä luontaista taimettumista ennustavien regressiomallien laadinnassa käytettiin pääkomponenttianalyysia (4M) sekä lineaarista regressioanalyysia (1R). Mallien selittävinä tekijöinä olleet uudistus- alakohtaiset ilmastotiedot laskettiin Ojansuun ja Henttosen (1983) laatimalla ohjelmistolla. Kuusen ja männyn siemensatoennusteet laskettiin uudistusalojen sijainnin ja muokkausvuoden perusteella Pukkalan (1987) esittämällä malleilla.

Istutustaimikoiden kasvatuskelpoisten taimien määrittäminen perustui Keski-Suomen, Etelä-Savon ja Pohjois-Savon aineistojen osalta maastossa tehtyyn valintaan (II s. 5) ja Pohjois-Karjalan aineiston osalta kartoitetuilta erikoiskoealoilta tietokoneohjelmalla (emt. s. 6) tehtyyn valintaan. Yksinomaan luontaista taimettumista tarkasteltaessa kasvatuskelpoisten taimien valinta perustui tietokoneohjelmalla tehtyyn valintaan (II s. 25). Siinä ei ollut mukana Pohjois-Savosta kerättyä aineistoa. Taimikoiden kehityskelpoisuutta arvioitiin kasvatuskelpoisten taimien määrän sekä taimikon aukkoisuuden perusteella (IV).

4 TAIMIEN KEHITYS MUOKATULLA ALALLA

4.1 Istutustaimet

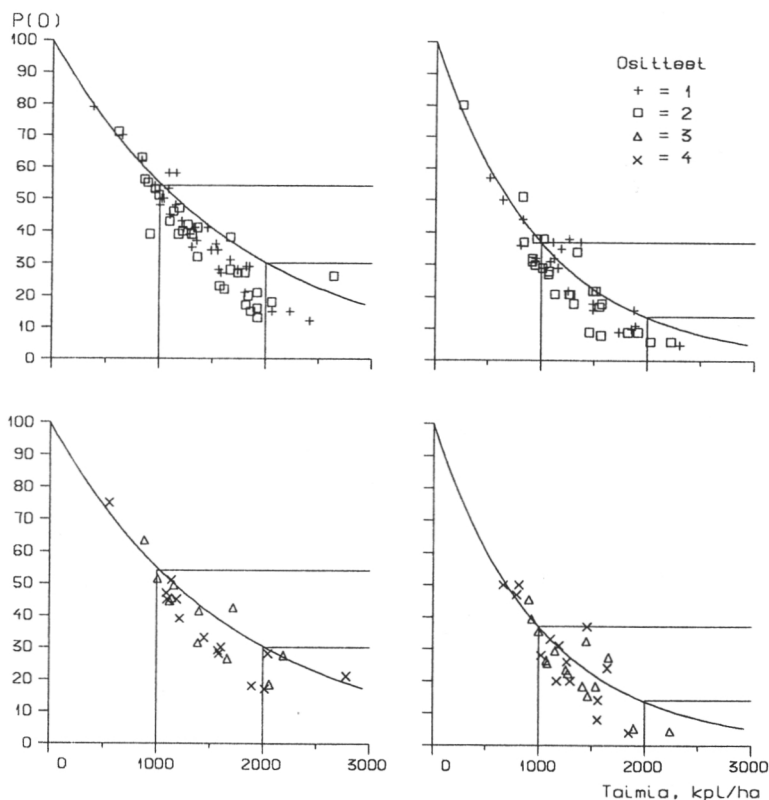
Elossaolleiden istutustaimien keskiarvo vaihteli kasvupaikoittain ja muokkaustavoittain 1 318 - 1 411 taimen hehtaarilla (taulukko 3). Ositteiden välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja. Tuoreella kankaalla istutustaimien määrä jäi alle 1 000 taimen/ha joka neljännellä uudistusaloilla. Kuivahkolla kankaalla tällaisia istutustaimikoita oli 11-15 % kaikista uudistusaloista. Aurasalojen taimikoista 70 % oli tiheydeltään alle 1 500 istutustainta/ha. Vastaavien taimikoiden osuus äestysaloilla oli 60 %. Istutuksen tavoitetiheys, 2 000 kpl/ha, ylittyi joka kymmenennessä taimikossa, useammin kuivahkolla kuin tuoreella kankaalla.

Taulukko 3. Keskimääräiset istutustaimien määrät (kpl/ha) ositteittain (N = havaintojen lukumäärä, X = keskiarvo, S_x = keskiarvon keskivirhe, Min-Max = vaihteluväli). Ositteet kuten taulukossa 2.

Osite	N	X	S_x	Min-Max	Havaintojakauma, %				
					<500	<1000	<1500	<2000	>2000
1.	56	1318	59	378-2414	2	22	70	93	7
2.	56	1365	33	258-2641	2	25	61	93	7
3.	26	1389	77	884-2243	0	15	69	88	12
4.	27	1411	87	666-2786	0	11	59	89	11

Koko aineistossa istutuksesta kuluneen ajan ja istutustuloksen välinen korrelaatio oli hyvin heikko ($r = -.081$ $p = .297$ $n = 165$). Äestysaloilla istutuksesta kuluneella ajalla ei ollut selvää trendinomaista vaikutusta istutustulokseen, mutta aurasaloilla istutustulos oli vanhoissa taimikoissa heikompi kuin nuorissa taimikoissa ($r = -.217$ $p = .051$ $n = 112$). Ainoastaan kuivahkon kankaan aurasaloilla taimikon ikä aiheutti merkittävää vaihtelua istutustulokseen.

Poissonin jakauman avulla tarkasteltuna istutustaimien tilajärjestys oli aurasaloilla hieman ryhmittäisempi kuin äestysaloilla (kuva 2) (ks. Pohtila 1980). Viljelytaimettomien koealojen osuus oli aurasaloilla keskimäärin 3-4 %-yksikköä suurempi kuin äestysaloilla. Tuoreen kankaan aurasaloilla, jotka oli inventoitu 6 m² koealakokoa käyttäen nousi istutustaimettomien koealojen osuus keskimäärin 41 %:iin. Vastaavilla äestysaloilla tyhjäkoealasadannes jäi lähes merkitsevästi pienemmäksi, 35 %:iin. Kuivahkon kankaan uudistusaloilla samainen muokkausten välinen ero oli vain 3 %-yksikköä. Istutustaimien määrän perusteella arvioiden auras- ja äestysalojen välinen ero taimettomien koealojen osuudessa olisi pitänyt olla kuivahkolla kankaalla tuoretta kangasta suurempi. Mahdollisesti tuoreen kankaan aurasjälki on ollut epätasaisempaa kuin kuivahkolla kankaalla, mikä selittäisi istutustaimien suuremman ryhmittäisyyden.



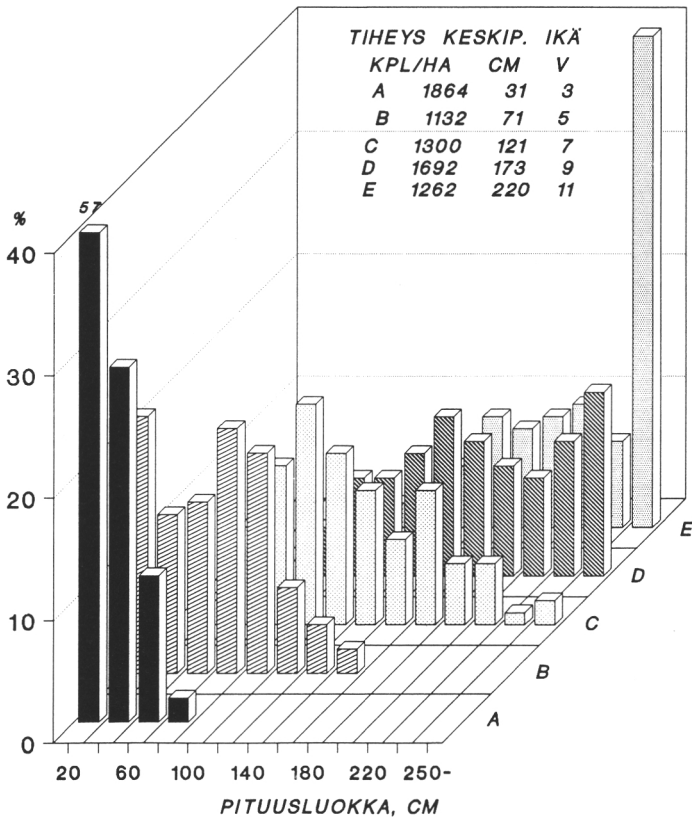
Kuva 2. Istutustaimien tilajärjestys eri ositteissa tyhjäkoelaosuudella $P(0)$ ja taimimäärällä kuvattuna. Lisäksi kuviin on piirretty vertailuarvoksi Poisson satunnaisjakaumat, kun koelakoko on 6 (vasemmalla) tai 10 m² (oikealla).

Tyhjien koelajojen ja elossa olleiden istutustaimien määrän perusteella arvioiden oli istutustaimien tilajärjestys keskimäärin joka viidennellä uudistusaloilla satunnaista ryhmittäisempi. Joka kolmas harvimmista (alle 1 000 istutustainta/ha) taimikosta oli tilajärjestykseltään ryhmittäinen. Poikkeuksellisen paljon istutustaimien ryhmittäisyyttä oli kuivahkon kankaan äestysaloilla, etenkin kun näillä uudistusaloilla istutustaimien määrä oli keskimäärin aineiston korkein (ks. taulukko 3). Istutustaimien suuri ryhmittäisyys kuivahkolla kankaalla voi olla seuraus epätasaisesta muokkausjäljestä tai taimien ryhmittäisestä kuolleisuudesta (Pohtila 1980, Pohtila ja Valkonen 1985).

Viljeltyjen taimien keskipituuden kehitys oli ollut nopeaa (kuva 3). Keskimääräinen vuotuinen pituuskasvu oli ollut 20-25 cm 10 ensimmäisen istutuksen jälkeisen vuoden aikana. Yhden metrin keskipituuden istutustaimet saavuttivat 5-7 vuoden kuluttua viljelystä ja kahden metrin rajan ne saavuttivat 10-11 vuoden kuluttua viljelystä, mikä vastaa täysin

aiemmissa inventoinneissa havaittua istutustaimien pituuskehitystä (esim. Karjula ym. 1982).

Istutettujen männyn taimien pituuskehitys oli likimain sama molemmilla kasvupaikoilla (ks. myös Räsänen ym. 1985). Aurasalalla istutustaimet olivat useimmiten samanikäisen äestysalan istutustaimia pidempiä etenkin tuoreella kankaalla, vaikka ero usein jäikin vaille tilastollista merkitystä. Järeän muokkauksen männyn taimien pituuskehitystä edistävä vaikutus on todettu monesti aiemmin kenttäkokeissa (esim. Kinnunen 1976 ja Raulo & Rikala 1981, Örlander 1987) sekä monissa suomalaisissa ja ruotsalaisissa inventointitutkimuksissa (esim. Hülten & Lilliehöök 1977, Pohtila ja Valkonen 1985, I-IV). Yksittäisillä uudistusaloilla taimien pituuskehitys vaihteli voimakkaasti (Räsänen ym. 1985).



Kuva 3. Istutustaimien pituusjakauma eri-ikäisissä taimikoissa. Esimerkkinä tuoreen kankaan aurasalat.

Istutustaimien pituusjakauma oli nuorissa taimikoissa muodoltaan oikealle vino ja hyvin huipukas. Taimikon vanhetessa pituusjakauma laajeni ja samalla jakauman huipukkuus väheni. Pituusjakauman muoto läheni normaalijakaumaa (Leikola ym. 1977, Lahti 1987, I ja II), joskin normaalijakaumaa suuremmalla hajonnalla. Aineiston vanhimmissa taimikoissa

lyhimmät istutustaimet olivat vielä noin metrin mittaisia pisimpien yltäessä kolmenkin metrin pituuteen. Istutustaimien pituusjakauman muoto ja sen kehitys oli hyvin samankaltaisen kaikissa ositteissa.

4.2 Luontaiset taimet

Männyn luontaisia taimia oli kuivahkolla kankaalla merkitsevästi enemmän kuin tuoreella kankaalla. Kasvupaikkojen välinen ero johtui nimenomaan kuivahkon kankaan äestysalojen runsaista taimimääristä. Aurasaloilla männyn taimia oli vajaa 1 000 kpl /ha molemmilla kasvupaikoilla.

Männyn taimia oli eniten kuivahkon kankaan äestysaloilla, keskimäärin hieman yli 2 000 kpl/ha. Muissa ositteissa uudistusaloittaiset männyn taimien määrät jäivät lähes poikkeuksetta alle 2 000 kpl/ha. Tuoreella kankaalla männyn taimia oli keskimäärin 600 - 700 kpl/ha ja vain joka viidennellä uudistusallalla oli yli 1 000 männyn tainta/ha. Kuivahkolla kankaalla vastaava taimettumistulos saavutettiin lähes joka toisessa taimikossa (taulukko 4).

Taulukko 4. Luontaisesti syntyneiden havupuiden taimien keskimäärät (kpl/ha) ositteittain. Ositteiden selitykset taulukossa 2.

Osite	N	X	S _x	Min-Max	Havaintojakauma, %				
					<1000	<2000	<3000	<4000	>4000
Mänty									
1.	56	828	118	22- 4489	71	91	96	98	2
2.	56	596	76	0- 2243	82	96	100	100	0
3.	26	966	175	33- 3951	65	92	96	100	0
4.	27	2360	495	104-11809	41	52	78	85	15
Kuusi									
1.	56	2993	655	31-28169	46	62	69	80	20
2.	56	1695	290	0-10319	55	75	84	89	11
3.	26	1476	392	0- 8159	58	77	85	89	11
4.	27	1510	617	66-16417	74	85	89	89	11
Havupuut yhteensä									
1.	56	3821	708	133-29107	32	48	62	73	27
2.	56	2292	313	276-11170	32	59	79	88	12
3.	26	2442	425	133- 9547	15	58	73	85	15
4.	27	3870	770	285-19041	19	30	56	67	33

Kohtalaisesta taimimäärästä huolimatta tuoreen kankaan uudistusaloilla oli yli 70 % koealoista vailla luontaisia männyn taimia. Kuivahkolla kankaalla männyn taimettuminen oli

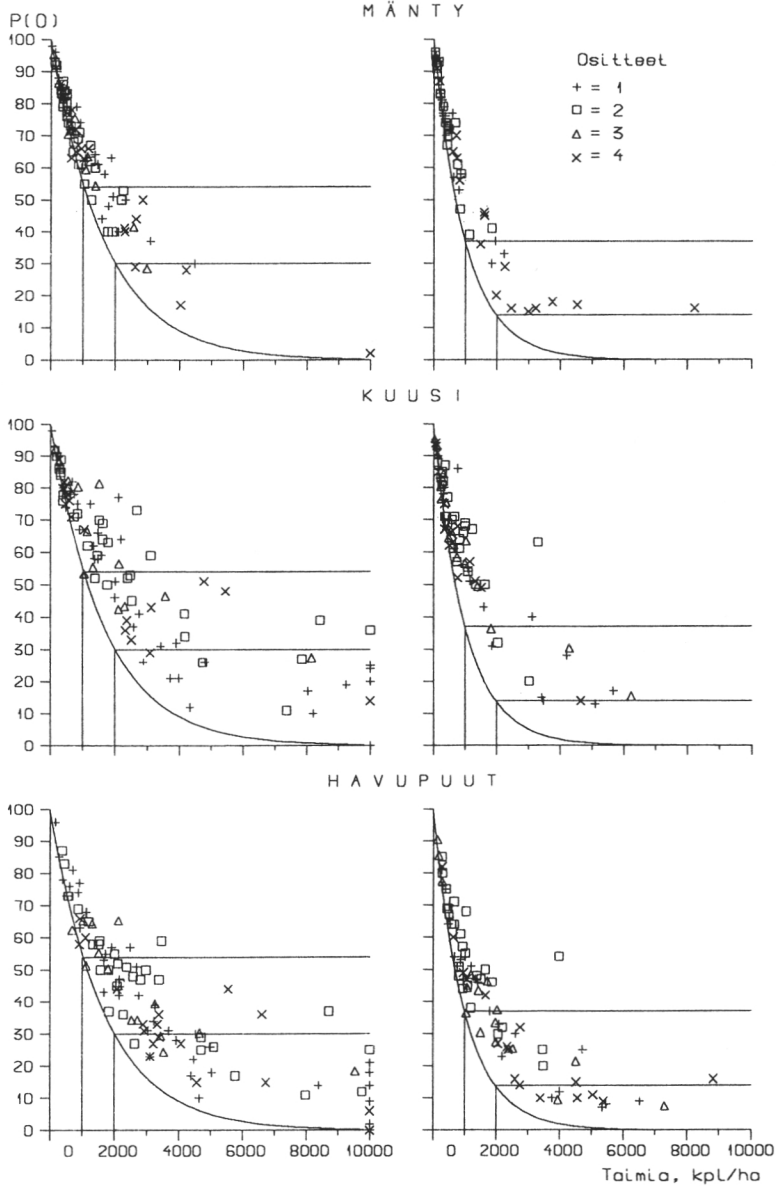
tasaisempaa, mutta sielläkin joka toinen koeala jäi taimettumatta (kuva 4). Poissonin satunnaisjakaumaan verrattuna männyn taimettuminen oli ollut selvästi satunnaista ryhmittäisempää. Männyn taimettumistulos oli satunnaista tasaisempi joka viidennellä tuoreen kankaan äestys- ja aurausalalla sekä kuivahkon kankaan aurausalalla. Näillä aloilla taimettumistulos oli tasoltaan heikko (alle 1 000 tainta/ha). Muita uudistusaloja kaksinverroin paremmin taimettuneilla kuivahkon kankaan uudistusaloilla, männyn taimettumisen ryhmittäisyys oli erittäin suurta. Ainoastaan yhden uudistusalan männyn taimettumistulos osoittautui tilajärjestykseltään satunnaista tasaisemmaksi, mikä ilmentää yksinomaan muokkausjälkeen tapahtuvaa taimettumista (II, ks. myös Pohtila 1980).

Kuusen taimien määrä vaihteli suuresti uudistusalojen välillä. Parhaiten taimettuneilla aurausalalla kuusen taimia oli lähes 30 000 kpl/ha. Tuoreen kankaan aurausalat olivat taimettuneet kaikkein parhaiten. Niillä kuusen taimia oli merkitsevästi enemmän kuin muissa ositteissa. Kuivahkolla kankaalla kuusen taimia oli äestys- ja aurausalalla likimain yhtä paljon. Tuoreella kankaalla kuusen taimien määrä ylitti 2 000 kpl/ha joka kolmannella tai neljännellä uudistusosalalla. Kuivahkolla kankaalla vastaava tulos saavutettiin joka neljännellä tai viidennellä uudistusosalalla.

Kuusen taimettuminen oli ollut männynkin taimettumista ryhmittäisempää (kuva 4). Melko suuristakin taimimääristä huolimatta taimettumattomien koealojen osuus oli kuusella keskimäärin 56 - 68 %. Tuoreella kankaalla kuusen taimettuminen oli ollut aurausalalla hieman tasaisempaa kuin äestysaloilla, mutta kuivahkolla kankaalla tilanne oli päinvastoin. Todella suuresta taimimäärästä huolimatta kuusen tilajärjestys oli vain joka kymmenennellä uudistusosalalla satunnaista tasaisempi. Valtaosa, jopa 90 % (I) kuusen taimista syntyy avoalalle muokkausjälkeen, jolloin muokkauksen peittävyys ja muokkausjäljen tasainen kattavuus uudistusosalalla määrää luontaisten taimien tilajärjestyksen. Tutkittujen kohteiden muokkausjälki ei ilmeisesti ole ollut luontaisesti syntyvän taimikon tilajärjestyksen kannalta optimaalinen. Sekä auraus- että äestysmenetelmät on kehitetty lähinnä metsänviljelyn lähtökohdista ja osin muussa käytössä olleita teknisiä ratkaisuja hyödyntäen (Kotisaari 1982).

Havupuiden taimettuminen eli kuusen ja männyn taimien yhteenlaskettu määrä oli suurin tuoreen kankaan aurausalalla ja kuivahkon kankaan äestysaloilla. Auraus- ja äestysalojen väliset taimettumiserot olivat molemmilla kasvupaikoilla tilastollisesti merkitseviä. Luontaisia havupuiden taimia oli tutkituilla uudistusaloilla keskimäärin 2 300 - 3 900 kpl/ha, mikä vastaa aiemmissa inventoinneissa todettuja keskiarvotuloksia (esim. Räsänen ym. 1985, Svensson ym. 1989). Keskimäärin joka toisessa taimikossa luontaisten havupuun taimien määrä oli yli 2 000 kpl/ha. Toisaalta tuoreella kankaalla joka kolmannessa ja kuivahkolla kankaalla lähes joka viidennessä tapauksessa havupuiden taimimäärä jäi alle 1 000 kpl/ha.

Luontaisten havupuun taimien määrä vaihteli uudistusaloittain suurimmillaan parista sadasta lähes 30 000 taimen/ha.



Kuva 4.

Luontaisesti syntyneiden taimien tilajärjestys tyhjälakealosuudella $P(0)$ ja taimimäärällä kuvattuna. Kuviiin on lisäksi piirretty vertailuarvoiksi Poisson satunnaisjakaumat, kun koealokokoo on 6 (vasemmalla) tai 10 m² (oikealla). Huom. Yli 10 000 taimen havainnot on siirretty 10 000 kpl/ha tiheyn kohdalle kuvateknisistä syistä. Ositteiden selitykset taulukossa 2.

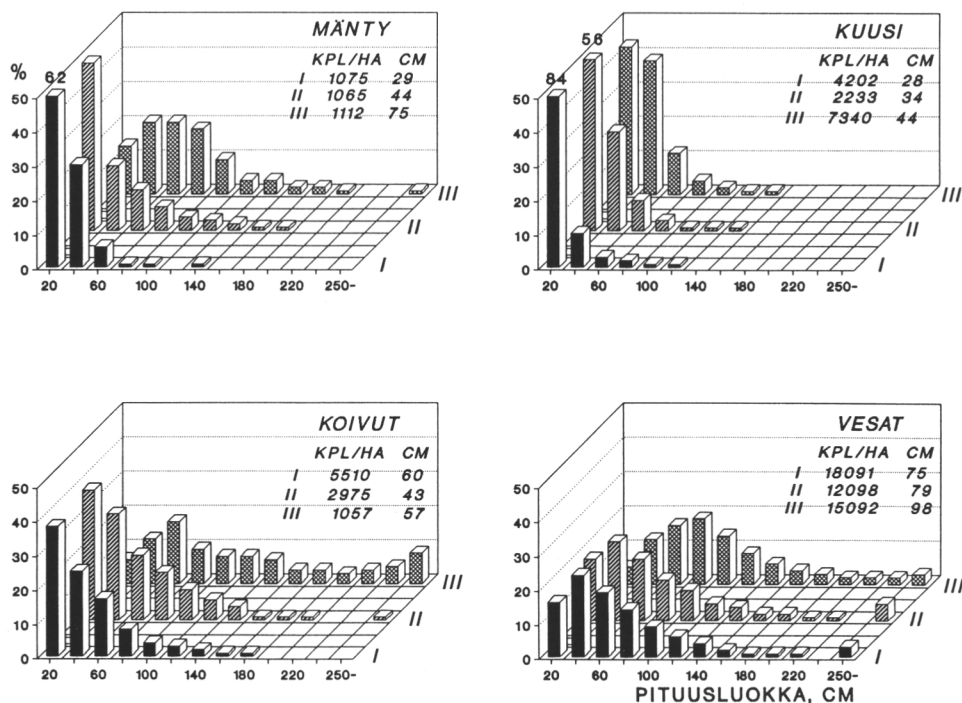
Luontaisesti syntyneiden havupuun taimien tilajärjestys oli taimimäärän ja tyhjiä koealojen sadanneksen perusteella arvioiden voimakkaasti ryhmittäinen (kuva 4). Vain muutamalla uudistusaloilla (3 % uudistusaloista) oli luontaisten taimien sijainti Poissonin satunnaisjakamaa tasaisempi. Näistä uudistusaloista puolet oli erittäin hyvin taimettuneita ja toinen puoli hyvin vajaasti taimettuneita, molemmat pääosin aurausaloja.

Luontaisia havupuiden taimia oli tuoreen kankaan aurausaloilla lähes 60 %:lla ja äestysaloilla noin 50 %:lla koealoista. Kuivahkolla kankaalla muokkauksen välinen ero oli päinvastainen ja vastaavat taimellisten koealojen osuudet olivat 60 ja lähes 70 %. Kasvupaikan viljavuus vaikutti näin ollen vain äestettyjen alojen luontaisten havupuiden tilajärjestykseen. Havupuiden määrällisesti hyvän taimettumisen metsittämisarvoa heikensi oleellisesti erittäin suuri taimien ryhmittäisyys. Luontaiset metsiköt ovat yleensä tilajärjestykseltään satunnaisjakamaa ryhmittäisempiä (Payandeh 1974), mutta metsämaan muokkauksen jälkeen kehittämällä päästämisen huomattavasti tilajärjestykseltään homogeenisempaan ja metsitysarvoltaan parempaan luontaiseen taimettumistulokseen.

Havupuiden taimettumisen ja muokkauksesta kuluneen ajan välillä oli selvä lineaarinen korrelaatio ($r=0.214$ $p=0.003$, koko aineisto). Parhaiten riippuvuus näkyi kuivahkon kankaan auratuilla ja tuoreen kankaan äestetyillä aloilla. Näillä aloilla, samoin kuin tuoreen kankaan aurausaloilla ajan ja taimimäärän positiivinen riippuvuus aiheutuu lähes yksinomaan kuusen taimettumisesta.

Luontaisten taimien keskipituuden kehitys oli pitkän taimettumisaikana vuoksi varsin hidasta (kuva 5). Luontaisten männyn taimien keskipituus ylsi noin 60 cm pituuteen kymmenen vuotta vanhoilla uudistusaloilla, mutta kuusen taimien keskipituus jäi myös vanhoissa taimikoissa 40 cm tasolle. Mäntyjen keskipituuden muutos vuotta kohti vaihteli 6-12 cm. Luontaisten männyn taimien keskipituuden kehitys oli näillä aloilla hieman nopeampaa kuin Kinnusen ja Mäki-Kojolan (1980) inventoimilla männyn luontaisen uudistamisen aloilla Pohjois-Satakunnassa.

Luontaisten havupuiden pituusjakauma oli aineiston vanhimmissakin taimikoissa toispuoleinen ja huipukas (kuva 5). Erityisesti kuusen taimista suuri osa oli vielä yli kymmenen vuoden kuluttua muokkauksesta pituudeltaan alle 30 cm. Männyn taimien pituusjakauman moodiluokka oli vanhoissa taimikoissa välillä 40-60 cm. Männyn taimien joukossa oli myös suhteellisen pitkiä, yli 150 cm korkeita taimia (ks. myös I).



Kuva 5. Luontaisesti syntyneiden taimien pituusjakauma eri-ikäisissä taimikoissa. Esimerkkinä tuoreen kankaan aurasalat. Kuvaan on lisäksi merkitty ao. puulajin taimimäärä ja keskipituus. I = 3-6 vuotta, II = 7-9 vuotta ja III = 10-13 vuotta muokkauksesta.

Luontaisten havupuiden lisäksi tutkituille aloille oli syntynyt vaihtelevassa määrin siemensyntyisiä koivun taimia. Likimain joka toisella aurasalalla oli yli 3 000 koivua/ha. Äestysaloilla joka toisen uudistusalan koivujen määrä oli alle 1 000 kpl/ha. Vesojen määrä oli puolestaan äestysaloilla aurasaloja suurempi. Tuoreella kankaalla vesoja oli joka toisessa taimikossa alle 10 000 kpl/ha; enimmillään niitä oli yli 30 000 kpl/ha. Kuivahkolla kankaalla vesoja oli yleensä tuoretta kangasta vähemmän ja vesakon tiheys oli lähes poikkeuksetta alle 20 000 kpl/ha (taulukko 5). Havaitut vesakoiden tiheydet ovat hieman Räsänen ym. (1985) saamia suurempia. Ilmeisesti muokatuille aloille syntyy muokkaamattomia aloja enemmän lehtipuustoa, mihin viittaavat myös ruotsalaiset inventointitulokset (Svensson ym. 1989).

Lehtipuiden tilajärjestys oli myös melko ryhmittäinen. Siemensyntyisiä hies- ja rauduskoi- vuja oli keskimäärin joka toisella koelalalla. Ennen uudistusalan raivausta ja tehtyjä taimikonhoitotoita siemensyntyisten koivujen tilajärjestys oli ilmeisesti ollut tasaisempi, sillä vesakkoa oli tuoreella kankaalla 9 koelalalla kymmenestä ja kuivahkolla kankaalla 8 koelalalla kymmenestä. Aurasaloilla vesakkoa oli hieman tasaisemmin kuin äestysaloilla.

Taulukko 5. Siemensyntyisten koivujen ja vesojen keskimäärät (kpl/ha) ositteittain. Ositteiden selitykset taulukossa 2.

Osite	N	X	S _x	Min-Max	Havaintojakauma, %				
					<1000	<2000	<3000	<4000	>4000
Koivut									
1.	56	4659	736	0-21896	32	39	50	62	38
2.	56	2952	534	0-18589	50	59	63	66	34
3.	26	3457	913	30-21333	39	54	69	77	23
4.	27	1353	624	0-16882	70	89	93	97	3
Vesat									
1.	56	12057	1199	1000-35271	52	81	97	100	0 ¹
2.	56	12356	1025	2916-33666	48	78	96	100	0 ¹
3.	26	8265	1189	1527-27361	73	96	100	100	0 ¹
4.	27	9441	1109	1428-23919	59	92	100	100	0 ¹

¹ Havaintojakauman luokat kymmeniä tuhansia.

Siemensyntyisten lehtipuiden sekä vesojen keskipituuden muutos oli likimain samankaltainen kuin männyn taimien keskipituuden kehitys (kuva 5). Siemensyntyisten koivujen keskipituus oli alle metrin vielä vanhoissakin taimikoissa. Samoin vesojen keskipituus jäi alle metrin, vaikka niiden joukossa oli pitkiäkin yksilöitä.

5 UUDISTAMISTULOKSEN VAIHTELU

5.1 Istutustulos

Tutkimusaineistossa männyn istutustulos oli sitä parempi mitä pienemmäksi istutusta seuraavien kasvukausien lämpösumma oli jäänyt (liite 1). Yleensä lämpösumman ja istutuksen välinen korrelaatio on todettu positiiviseksi etenkin Pohjois-Suomessa (Valkonen 1991). Tässä aineistossa ilmennyt negatiivinen riippuvuus selittyne lämpösumman ja ilman kosteuden yhteisvaihtelun kautta. Varsinaisen istutuskasvukauden lämpösummalla ei kuivahkon kankaan aurasaloja lukuunottamatta ollut vaikutusta istutustulokseen. Parhaiten istutustulos korreloi koko aineistossa istutusvuotta seuraavan kasvukauden lämpösumman kanssa. Vielä kolmannen ja neljännenkin kasvukauden lämpösumma korreloi keskimääristä pitkän ajan keskiarvoa paremmin istutustuloksen kanssa, mikä korostanee istutuksen jälkeisten kasvukausien merkitystä taimien kehitykseen.

Istutusvuoden ja sitä seuraavan kahden vuoden lämpötilalla ja sademäärillä ei tuoreen kankaan aurasaloilla ollut suurta merkitystä. Kuivahkolla kankaalla etenkin kesän ja syksyn

keskimääräistä alhaisempien lämpötilojen ja istutustuloksen välillä oli negatiivinen korrelaatio. Tutkimusaineistossa sateiset kesät ja pitkän ajan keskiarvoa sateisemmat talvet näyttivät heikentävän istutustulosta. Saman suuntaisia havaintoja ovat aiemmin tehneet mm. Metsämuuronen ym. (1978) tarkastaessaan vuoden ikäisiä männyn paakkutaimilla perustettuja istutuksia.

Kasvupaikkatekijöiden vaikutus istutustulokseen näytti jäävän ilmastotekijöiden vaikutusta pienemmäksi. Aurasaloilla maaperän kivettömyys ja muokkauksen tehokkuus paransivat istutustulosta. Äestysaloilla soistuneisuus ja humuskerroksen paksuus vastaavasti heikensivät istutustulosta. Molemmat havainnot viittaavat hyvän muokkausjäljen mahdollistavan istutustyön korkean laadun ja parantavan istutustaimien menestymistä uudistusosalalla. Samoin päätehakkuussa poistetun kuusipuuston määrän ja istutustuloksen välinen korrelaatio äestysaloilla selittynee lähinnä muokkausjäljen vaihtelun avulla.

Faktorianalyysiin otettiin mukaan sellaiset ilmasto- ja kasvupaikkatekijät, joiden korrelaatio-kertoimet istutustuloksen suhteen olivat vähintään 0,15. Tuoreen kankaan aurasaloilla maaperä (kivisyys, hienojen maalajien runsaus) sekä kolmen istutusvuotta seuraavan kasvukauden lämpösummat muodostivat kaksi ensimmäistä pääkomponenttia. Näillä laaditun lineaarisen regressiomallin selitysaste jäi heikoksi (13 %). Tuoreen kankaan äestysaloilla suurimmat faktorilataukset löytyivät ensimmäisen pääkomponentin osalta säätekijöistä (sademäärä ja lämpötila) ja toisen pääkomponentin osalta pääosin lämpösummakertymistä kolmannen pääkomponentin koostuessa näistä molemmista. Äestysaloilla pääkomponenteilla muodostetulla regressiomallilla voitiin selittää lähes kolmannes istutustuloksen vaihtelusta.

Kuivahkon kankaan aurasaloilla kahden ensimmäisen pääkomponentin faktorilataukset koostuivat yksinomaan ilmastotekijöistä. Kolmannen pääkomponentin muodostivat pääosin maaperätekijät (kivisyys ja muokkauksen tehokkuus). Näillä aurasaloilla pääkomponenteista muodostettu regressiomalli selitti yli 40 % istutustuloksen vaihtelusta. Vastaavilla äestysaloilla pääkomponentit koostuivat ensimmäistä pääkomponenttia lukuunottamatta pääosin maaperää ja mikroympäristöä kuvaavista faktorilatauksista. Pääkomponenteilla laaditun regressiomallin selitysaste jäi alle 25 %:n.

5.2 Luontainen taimettuminen

Männyn taimettumisen ja uudistusosalta päätehakkuussa poistetun mäntypuuston määrän välillä oli selvä positiivinen ja vastaavasti hakattuun kuusipuuston nähdessä negatiivinen korrelaatio (liite 2). Puuston mänty/kuusivaltaisuus kuvastanee metsätyyppin sisäistä kasvu-

paikan viljavuuden vaihtelua, mikä näkyy männyn taimettumistuloksessa. Kuusen taimettuminen oli yleensä sitä heikompaa mitä suurempi poistetun puuston tilavuus oli ollut. Uudistusosalalla, jolla on runsaasti päätehakkuussa syntyneitä kantoja jäänee muokkausjälki teknisten esteiden vuoksi keskimääräistä heikommaksi, mikä heikentää kuusen taimettumisedellytyksiä. Toisaalta ennen päätehakkuuta syntyneitä taimia on yleensä juuri 'harvoissa' metsiköissä. Aiemman puuston vaikutus havupuiden taimettumiseen oli kuivahkolla kankaalla suurempi kuin tuoreella kankaalla.

Uudistusalan sisäisillä kasvupaikkatekijöillä (humuskerroksen paksuus, soistuneisuus ja humuskerroksen peittävyys) oli äestysaloilla selvästi aurausaloja suurempi taimettumista estävä vaikutus. Paksuhumuksilla ja soistuneilla uudistusaloilla äestysjälki jäi aurausjälkeä heikommaksi taimettumisalustaksi. Aurausaloilla maaperän kivisyys ja maalajien hienolajitteisuus yleensä heikensivät taimettumista.

Uudistusalaa ympäröivillä reunametsillä oli huomattava vaikutus luontaiseen taimettumiseen, vaikka uudistusalan keskimääräinen etäisyys reunametsästä ei äestysaloilla juurikaan selittänyt taimettumisen vaihtelua. Siemenniskykyisen reunametsän osuus uudistusalan piiristä sekä puulajeittaiset osuudet siemenniskykyisestä reunametsän puustosta korreloivat positiivisesti havupuiden taimettumiseen.

Siemensadon ennustemalleilla lasketut siemensatoindeksit muokkausvuodelle ja kahdelle sitä seuraavalle vuodelle eivät tuoreella kankaalla selittäneet kovin hyvin havupuiden taimettumista. Kuivahkolla kankaalla männyn ja kuusen taimettumisen ja siemensatoindeksien välillä oli kohtalainen korrelaatio, mutta etenkin männyn kohdalla korrelaatiot vaihtelivat satunnaisesti ja olivat usein jopa negatiivisia.

Pääkomponenttianalyysiin valittiin sellaiset selittävät relevantit muuttujat, joiden korrelaatiokerroin ko. puulajin taimettumisen suhteen oli vähintään 0,20. Tuoreella kankaalla männyn taimettumista ennustavan regressiomallin pääkomponenttien lataukset koostuivat pääosin reunametsää, aiempaa puustoa sekä äestysaloilla siemensatoa kuvaavista muuttujista. Kuivahkolla kankaalla aiemman puuston sekä siemensadon merkitys edelleen voimistui ja erityisesti äestysaloilla uudistusalan sisäiset kasvupaikkatekijät nousivat suurimmiksi havupuiden taimettumiseen vaikuttaviksi tekijöiksi.

Männyn taimettumista ennustavien logaritimuotoisten mallien selityssaste vaihteli ositteittain 31 - 69 %:iin. Kuivahkolla kankaalla männyn taimettumisen ennustaminen onnistui suhteellisesti paremmin kuin tuoreella kankaalla.

Kuusen taimettumisen ennustamista varten laadittujen regressiomallien pääkomponenttien lataukset koostuivat aurausaloilla pääosin reunametsätekiöistä, siemensadosta sekä kuivahkolla kankaalla myös hakatun puuston määrästä. Äestysaloillakin aiempi puusto muodosti yhden pääkomponentin molemmilla kasvupaikoilla. Tämän lisäksi uudistusalan sisäiset kasvupaikkatekiöt tuoreella kankaalla ja reunametsä sekä siemensato kuivahkolla kankaalla muodostivat suurimman osan muiden pääkomponenttien latauksista.

Kuusen taimettumista ennustavien mallien selityssasteet vaihtelivat 24 - 36 %:iin. Kuusen taimettumista ennustavat mallit toimivat tuoreella kankaalla hieman paremmin kuin kuivahkolla kankaalla. Havupuiden yhteenlaskettua taimettumista ei voitu ennustaa paremmin kuin männyn ja kuusen taimettumista erikseen.

6 UUDISTAMISTULOKSEN MUODOSTUMINEN

6.1 Istutustulos ja luontainen taimettuminen

Istutustaimikossa kasvatuskelpoisiksi arvioidut istutustaimet muodostavat varsinaisen istutustuloksen. Elossa olleiden istutustaimien kasvatuskelpoisuuteen saattoi vaikuttaa ainoastaan taimen kunto, sillä arvioinnin lähtökohtana oli istutustaimikon kasvattaminen.

Aurausaloilla kasvatuskelpoisten taimien osuus oli hieman alle 80 % kaikista elossaolleista istutustaimista. Äestysaloilla vastaava osuus oli keskimäärin 83 %. Tuoreen kankaan aurausaloista yli 60 %:lla taimikon tiheys jäi alle tuhannen taimen/ha ja/tai taimikko jäi liian aukkoiseksi istutustaimien ryhmittäisen tilajärjestyksen takia (taulukko 6). Muissa ositteissa istutustulos jäi keskimäärin 40 %:ssa kohteista samalle tasolle. 'Hyvään' istutustulokseen (yli 1 500 kasvatuskelpoista tainta/ha) päästiin aurausaloilla 15 %:ssa ja äestysaloilla 22 %:ssa tutkituista kohteista.

Taulukko 6. Istutustuloksen laatu kasvatuskelpoisten istutustaimien määrän ja istutustaimettomien koealojen osuuden perusteella arvioituna ositteittain (ks. kuva 4). Ositteiden selitykset taulukossa 2.

Osite	Havaintojakauma, %					Keskimäärin, kpl/ha		
	Alle 500	500-999	1000-1499	1500-1999	Vähint. 2000	X	S _x	min-max
1.	13	48	21	14	4	1037	63	151-2230
2.	2	34	37	25	2	1210	56	293-2032
3.	15	27	46	8	4	1037	92	0-2024
4.	15	30	37	18	0	1093	93	111-1955

Istutustuloksen ja luontaisen taimettumisen yhdessä muodostama uudistamistulos oli useimmissa kohteissa vähintään tyydyttävä. Selvästi liian harvaksi ja/tai aukkoiseksi, alle 1 000 taimen tiheyteen jääneitä taimikoita oli tuoreella kankaalla keskimäärin 5 %. Kuivahkolla kankaalla vastaavia taimikoita oli vain aurasaloilla (4 % kohteista). Tuoreella kankaalla kahdessa taimikossa kolmesta kokonaistiheys nousi yli 2 000 taimen /ha (taulukko 7). Kuivahkolla kankaalla taimikoiden kasvatustiheys jäi useimmiten alle 2 000 taimen/ha.

Taulukko 7. Uudistamistulos istutustuloksen ja luontaisen taimettumisen sekä taimikon aukkoisuuden perusteella arvioituna (ks. kuva 4). Osiiteiden selitykset taulukossa 2.

Tiheys- luokka	Osite	Taimi- koita, %	Puulajisuhteet, %			Raudus- koivu	Hies- koivu	Taimikoiden keskimääräinen tiheys, kpl/ha
			Istutus- taimet	Mänty	Kuusi			
Alle 1000 kpl/ha /	1.	5	41	32	9	6	12	720
	2.	5	52	16	24	3	5	1020
	3.	4	40	18	42	0	0	1080
	4.	0	-	-	-	-	-	-
1000-2000 kpl/ha	1.	23	53	9	17	12	9	1820
	2.	39	64	9	16	5	6	1650
	3.	54	61	18	9	6	6	1740
	4.	63	47	33	17	1	2	1910
Yli 2000 kpl/ha	1.	72	39	10	27	12	12	2840
	2.	56	52	8	17	9	14	2640
	3.	42	41	10	25	9	15	2620
	4.	37	51	29	9	6	5	2800

* Taimikot liian aukkoisia.

Istutustaimet muodostivat keskimäärin 39 - 64 % kasvatuskelpoisen puuston runkoluvusta. Tuoreen kankaan aurasaloilla mäntyjen osuus jäi joka toisessa taimikossa alle 50 %. Lähes puhtaiden männiköiden (männyn osuus yli 80 %) osuus oli tuoreella kankaalla keskimäärin 26 % ja kuivahkolla kankaalla 50 %.

Yli 60 % syntyneistä taimikoista arvioitiin kehittyvän lähes puhtaiksi havupuumetsikoiksi (kasvatuskelpoisia koivun taimia korkeintaan 20 %). Vastaavasti koivuvaltaisten (koivun osuus yli 50 %) taimikoiden osuus oli keskimäärin 8 %. Näistä valtaosa oli tuoreen kankaan aurasaloja. Koivujen osuus oli suurin taimikoissa, joiden kokonaistiheys nousi yli 2 000 taimen/ha.

6.2 Luontaisen uudistamisen mahdollisuudet

Luontainen taimettuminen oli ollut parhainta tuoreen kankaan auratuilla ja kuivahkon kankaan äestetyillä aloilla (taulukko 8). Näillä uudistusaloilla arvioitiin olleen yli tuhat kasvatuskelpoista luontaista tainta tilajärjestykseltään riittävän tasaisesti jakaantuneena 66 %:lla kohteista. Tuoreen kankaan äestys- ja kuivahkon kankaan aurausaloilla joka toisen taimikon tiheys jäi alle 1000 taimen/ha. Huonosti taimettuneilla aurausaloilla koivujen määrä oli usein havupuita suurempi, mutta vastaavilla äestysaloilla koivujen osuus oli keskimäärin 29 %.

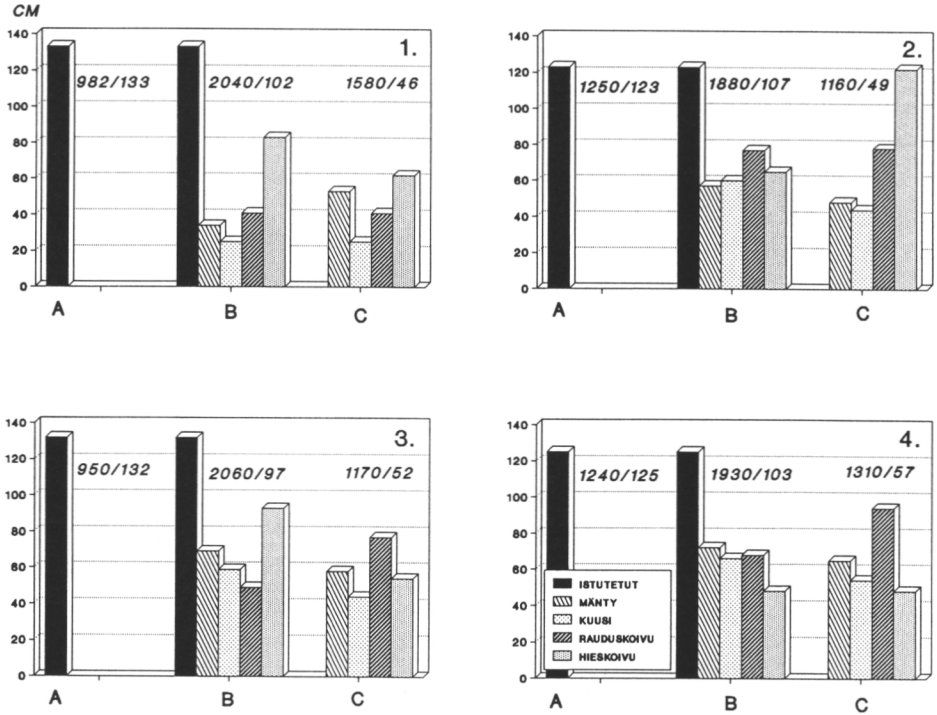
Taulukko 8. Luontainen havupuiden taimettuminen taimimäärän ja tilajärjestyksen perusteella arvioituna (ks. kuva 4). Ositteiden selitykset taulukossa 2.

Tiheys- luokka	Osite	Taimi- koita, %	Puulajisuhteet, %		Radusk.	Hiesk.	Keskitiheys kpl/ha
Alle 1000 kpl/ha	1.	33	16	23	29	32	1360 *
	2.	57	39	33	8	20	962
	3.	43	39	12	21	28	1550 *
	4.	32	53	18	25	4	780
1000-2000 kpl/ha	1.	36	39	35	12	14	1820
	2.	39	43	52	2	3	1480
	3.	43	37	32	13	18	1740
	4.	52	66	28	3	3	1420
Yli 2000 kpl/ha	1.	31	16	82	1	1	2720
	2.	3	59	38	0	3	2320
	3.	13	16	62	9	13	2530
	4.	16	75	22	1	1	2580

* Taimikot liian aukkoisia

Taimikon tiheyden lisääntyessä kasvatuskelpoisten koivujen määrä pieneni; yli 2 000 kasvatuskelpoisen taimen tiheydessä metsiköt olivat lähes puhtaita havupuutaimikoita. Puuston runkoluvun kasvaessa kuusen osuus nousi aurausaloilla jyrkästi. Tiheimmissä tuoreen kankaan aurausalojen taimikoissa, joita oli lähes kolmannes ko. ositteen taimikoista, kuusen osuus oli yli 80 %. Männyn osuus oli aurausaloilla likimain vakio taimikon kokonaistiheydestä huolimatta, mutta äestysaloilla taimikon tiheyden kasvaessa nousi myös männyn suhteellinen osuus.

Luontaisten kasvatuskelpoisten taimien keskipituus jäi keskimäärin puoleen istutustaimikon keskipituudesta (kuva 6). Jos luontaisesti syntynyttä taimikkoa verrataan pelkästään istutustaimien populaatioon pituuskehityksen ero oli vieläkin suurempi. 7-9 vuoden kuluttua muokkauksesta luontaisen taimikon keskipituus oli puolisen metriä kun istutustaimien keskipituus oli jo 120-130 cm. Tuossa vaiheessa istutustaimikkoa täydentävien luontaisten taimien huomioon ottaminen pudotti taimikon keskipituuden 100 cm tasolle.



Kuva 6. Taimikon kasvatuskelpoisten taimien keskipituus eri valintaperustein. Esimerkkinä 7-9 vuotiaat taimikot ositteittain (ositteiden selitykset taulukossa 2). Kunkin pylväsryhmän yhteyteen on lisäksi merkitty ao. taimitiheys (kpl/ha) / keskipituus (cm).

Valintaperusteet: A= Vain kasvatuskelpoiset istutustaimet,

B= Kasvatuskelpoiset istutustaimet ja niitä täydentävät luontaiset taimet ja

C= Vain kasvatuskelpoiset luontaiset taimet.

7 TULOSTEN TARKASTELU

Metsämaan muokkauksella saavutettavat edut voidaan jakaa kahteen kategoriaan. Ensinnäkin maanmuokkauksen avulla helpotetaan istutustyötä ja autetaan viljelytaimien alkukehitystä parantamalla maan vesi-, lämpö- ja ravinneoloja (mm. Mälkönen 1972, Leikola 1974, Lähde 1978) sekä vähentämällä pintakasvillisuuden kilpailua. Toisaalta maanmuokkaus yleensä parantaa uudistusalan luontaista taimettumista, vaikkakin itse muokkaustapahtumassa osa uudistusalalle ennen pätehakkuuta syntyneistä taimista tuhoutuu. Muokkauskoheen jälki peittää yleensä 30:stä aina 60:een prosenttiin maanpinnasta (II, III, IV, Hämäläinen ja Kaila 1985), joten ainakin vastaava määrä alikasvoksesta tuhoutuu muokkauksen ja avohakkuun seurauksena. Kinnusen (1985) mukaan avohakkuun ja maanmuokkauksen yhteydessä tuhoutuu jopa 80 % ennen pätehakkuuta syntyneistä taimista (ks. myös Jeansson ym. 1989).

Maanmuokkauksen on havaittu parantavan istutustaimien alkukehitystä etenkin pituuskehityksen osalta (IV). Samoin istutustaimien elossaolo on kenttäkokeissa yleensä ollut voimakkaasti muokatulla alalla kevyesti muokattua alaa parempi (esim. Raulo & Rikala 1981, Parviainen 1984, Martinsson 1985, Örlander 1987, Kinnunen 1989), vaikka koneellisten muokausmenetelmien väliset erot istutustaimien eloonjäännissä ovatkin usein pieniä (Hämäläinen 1990). Joissakin kenttäkokeissa voimakkaan maanmuokkauksen antama suurempi elossaolo (esim. Burger & Pritchett 1988) ja kasvuetu ovat myöhemmin vuosina hävinneet (esim. Pehl & Bailey 1983). Tässä tutkimuksessa ei havaittu tilastollista eroa männyn istutustaimien menestymisessä auraus- ja äestysalojen välillä kummallakaan kasvupaikalla, joten tutkimuksen hypoteesina ollut istutustuloksen ja maanmuokkauksen tehokkuuden välinen riippuvuus jäi vahvistusta vaille.

Kenttäkokeiden ja inventointitutkimusten välinen ero voinee sellittyä sillä, että käytännön metsänuudistamisessa muokataan ongelmakohteet voimakkaasti (Laiho 1984, II) ja äestys kohdistuu keskinkertaisiin tai sitä helpompiin kohteisiin samassa kasvupaikkaluokassa. Tällöin istutustulokset eivät ole keskenään täysin vertailukelpoisia. Toisaalta istutustiheys on voinut olla aurausalloilla pienempi kuin äestysaloilla (esim. Kinnunen & Linnimäki 1977, Metsämuuronen ym. 1978 ja Valtanen 1983). Harvavakoinen aurausjälki ei aina tarjoa riittävästi optimaalisia istutuskoh tia, mihin viittaavat myös havainnot aurausaloiden istutustaimien äestysaloja suuremmasta tilajärjestyksen ryhmittäisyydestä.

Taimien juurtumisvaiheen sääolojen vaikutus (III) sekä myöhempien kasvukausien lämpö- ja sadeolot vaikuttavat männyn istutustulokseen. Vaikka istutustaimien juurtuminen istutuspaikalle tapahtuu männyllä yleensä melko nopeasti, 3-5 viikossa (Parviainen 1988), kestää taimen kaikinpuolinen sopeutuminen kasvupaikalle jopa 3-4 vuotta (Örlander 1986). Istutustuloksen vaihtelusta kyettiin tässä aineistossa selittämään istutusajankohtaa seuranneiden vuosien sääolosuhteilla ja uudistusalan kasvupaikkatekijöillä 13 - 40 %. Kasvupaikkatekijöistä kivisyys, muokkauksen tehokkuus ja hienojen maalajien runsaus (IV) vaikuttivat eniten istutustulokseen. Maaperän kivisyys ja huono muokausjälki johtivat ilmeisesti huonoon istutustyön laatuun ja heikkoon istutustulokseen (Hämäläinen ja Kaila 1985, 1987).

Istutustuloksen vaihtelua kuvaavien regressiomallien heikohko selitysaste korostanee muiden kuin tarkastelussa mukana olleiden istutustulokseen vaikuttavien tekijöiden tärkeyttä. Mallin muuttujien joukosta puuttuivat esim. ennen istutustapahtumaa taimien kasvatus-, kuljetus- ja varastointivaiheita, itse istutustyön laatua sekä taimikon varhaishoitoa kuvaavat muuttujat. Näiden muuttujien lisääminen mallin selittäjien joukkoon antaisi tarkemman kuvan koko viljelyketjun tapahtumista ja parantaisi mitä ilmeisemmin mallin selitysvoimaa.

Valitettavasti vain näiden muuttujien luotettava selvittäminen on inventointitutkimuksessa yleensä mahdotonta. Toisaalta voidaan olettaa, että ilmasto- ja kasvupaikkatekijöiden merkitys männyn istutustulokseen keskimääräisessä uudistamiskohteessa on edellä kuvattua suuruusluokkaa.

Istutustuloksen vaihtelua selittävän mallin heikkous kuvastanee osaltaan koko uudistamisketjun eheyden tärkeyttä. Istutuksen jälkeisten sääolojen ja kasvupaikkatekijöiden vaihtelu selitti vain vajaan kolmanneksen istutustuloksen variaatiosta. Kaksi kolmasosaa tästä vaihtelusta voidaan arvioida selittyvän uudistamisketjun muiden osien, kuten taimimateriaalin, istutustyön, taimikon varhaishoidon ja taimikonhoidon vaikutuksilla. Näiden tekijöiden vaikutus saattaa usein olla hyvinkin merkittävä (esim. Räsänen 1981, Kauppi 1984, Belli & Ek 1988). Istutustuloksen kokonaisvaihtelua voidaan pienentää vain huolehtimalla jokaisesta uudistamisketjun osavaiheesta riittävän hyvin.

Tuoreen kankaan uudistusalat taimettuivat luontaisesti sitä paremmin, mitä järeämmin uudistusala oli muokattu, mutta kuivahkolla kankaalla muokkauksen optimaaliset edut saavutettiin jo kevyemmällä muokkausmenetelmällä. Tutkimuksen toinen päähypoteesi osoittautui näin ollen puolittain paikkansa pitäväksi. Kuivahkolla kankaalla aurausjälki mahdollisesti muodostuu olosuhteiltaan liian ääreväksi siementen itämisen ja taimien alkukehityksen kannalta (esim. Troedson ja Utbult 1972, Kinnunen 1982).

Luontaisesti syntyneitä havupuiden taimia oli runsaasti (keskimäärin 2 300 - 3 900 kpl/ha), mutta ne olivat sijoittuneet uudistusosalalle hyvin ryhmittäisesti. Tasaisimmin luontaisia havupuiden taimia oli äestetyillä kuivahkon kankaan uudistusaloilla, joilla kaksi koealaa kolmesta oli luontaisesti taimettunut. Koska suurin osa luontaisista taimista oli syntynyt muokkausjälkeen (II, IV), ei uudistusalan muokkaaminen auraamalla tai äestämällä tarjoa optimaalisia olosuhteita luontaiselle taimettumiselle. Luontaisen taimettumisen kannalta optimaalinen muokkausjälki koostuu monista, kooltaan melko pienistä, kivennäismaahan ulottuvista viiruista tai laikuista, jotka tasaisesti peittävät koko uudistusalan (Kotisaari 1982, Jeansson ym. 1989).

Luontaisen taimettumisen merkitystä tarkasteltiin aineistossa ainoastaan havupuiden osalta, koska uudistamisen tavoitteena inventoiduissa kohteissa oli ollut männikkö ja näin ollen taimikonhoidon toimenpiteet olivat kohdistuneet pääosin koivuun. Siemensyntyiä koivuja oli keskimäärin joka toisella koealalla, mutta vesasyntyisiä koivuja oli 80 - 90 %:lla koealoista. Todennäköisesti siemensyntysten koivun taimien ja havupuiden taimien yhteinen tilajärjestys olisi ollut hieman tasaisempi kuin yksistään havupuiden tilajärjestys, mutta tilanne tuskin tällä lisäyksellä olisi oleellisesti muuttunut.

Muokkauksen peittävyys osoittautui eniten luontaisen taimettumisen vaihtelua selittäväksi tekijäksi (III, Kinnunen ja Mäki-Kojola 1980). Havupuiden taimettuminen oli yleensä runsainta kohtalaisen peittävästi muokatuilla koelaloilla, mutta koivun taimettuminen oli suoraan verrannollinen paljastuneen kivennäismaan osuuteen (II, III, Raulo ja Mälkönen 1976). Muokkausjäljen vaihtelua aiheuttavat uudistuslalla erityisesti maaperän kivisyys sekä erityisesti äestysaloilla humuskerroksen paksuus sekä päätehakkuussa poistetun puuston hakkuutähteet ja kannot (Hämäläinen ja Kaila 1985, 1987).

Havupuiden luontaista taimettumista selittivät uudistusalan sisäisten kasvupaikkatekijöiden lisäksi sitä ympäröivän reunametsän tunnuksat. Reunametsäetäisyyden pieneneminen ja siemenniskykyisen reunametsän osuuden kasvu uudistusalan piiristä lisäsivät yleensä luontaisen havupuiden taimettumista (III, Kinnunen ja Mäki-Kojola 1980). Muokkausajankohdaksi ja sitä seuraaviksi vuosiksi laadittu siemensatoennusteen (Pukkala 1987) ja luontaisen taimettumisen välillä vallitsi vain lievä ja osin epäjohdonmukainen riippuvuus. Ilmeisesti uudistuslalle tuleva siemenenmäärä ei Etelä-Suomen olosuhteissa ole taimettumista eniten rajoittava tekijä (III).

Pääkomponenttien avulla muodostetut luontaista taimettumista ennustavat mallit kuvasivat kohtalaisen hyvin etenkin männyn taimettumisen vaihtelua. Kuivahkon kankaan uudistusaloilla voitiin männyn taimettumisen vaihteluista selittää lähes 70 % laaditun mallin avulla. Kuusen taimettumisen ennustaminen osoittautui selvästi vaikeammaksi tehtäväksi. Kuusen taimettumisen ennustamista vaikeuttivat uudistuslalle jo ennen päätehakkuita syntyneiden taimien määrä (Räsänen ym. 1985) sekä kuusen pitkä taimettumisaika (I).

Männyn istutustulos oli tutkituissa taimikoissa tuoreen kankaan aurasaloja lukuunottamatta yleensä tyydyttävä. Keskimäärin kasvatuskelpoisia istutustaimia oli 1105 tainta /ha, mikä vastaa hyvin esim. Räsänen ym. (1985) hieman eteläisemmältä maantieteelliseltä alueelta saamaa männyn istutustulosta. Pohjois-Suomessa männyn istutustulos jää yleensä tätä heikommaksi (Valkonen 1991). Istutustuloksen vaihtelu oli hyvin laaja molemmilla kasvupaikoilla niin auras- kuin äestysaloilla. Keskimäärin joka kymmenennessä taimikossa voidaan istutuksen katsoa käytännössä epäonnistuneen (kasvatuskelpoisia istutustaimia alle 500 kpl/ha) ja keskimäärin joka viidennellä uudistuslalla istutustulos muodostui hyväksi (yli 1 500 istutustainta /ha).

Metsän uudistamistulos, joka muodostuu istutustuloksesta ja sitä täydentävästä luontaisesta taimettumisesta oli useimmissa kohteissa vähintään tyydyttävä. Vain 4 %:ssa kohteista kokonaistaimitiheys jäi alle 1 000 taimen /ha. Tuoreella kankaalla kasvatettava puusto muodostui yleensä sekapuustoksi, vain joka neljanteen kohteeseen syntyi uudistamistavoit-

teena ollut 'puhdas' männikkö. Kuivahkolla kankaalla vastaava tilanne saavutettiin joka toisessa taimikossa. Lehtipuuvaltainen puusto muodostui muutamalle tuoreen kankaan aurasalalle. Luontaisen taimettumisen merkitys uudistamistulokseen osoittautui näillä muokatuilla uudistusaloilla merkitsevämmäksi kuin aiemmissa, pääosin muokkaamattomia uudistusaloja sisältäneissä inventoinneissa on todettu (esim. Karjula ym. 1982, Räsänen ym. 1985, Parviainen 1988). Luontaisten kasvatuskelpoisten taimien osuus vaihteli keskimäärin 46 %:sta aina 61 %:iin.

Yksinomaan luontaisen taimettumisen arvioitiin riittävän antamaan kohtuullinen uudistumistulos (yli 2 000 tainta/ha riittävän tasaisesti sijoittuneena) lähes joka kolmannelle tuoreen kankaan aurasalalla ja joka kuudennella kuivahkon kankaan uudistusaloilla. Puulajisuhteiltaan nämä taimikot muodostuivat kuusivaltaisiksi. Tuoreen kankaan äestysaloilla luontaisten kasvatuskelpoisten taimien määrän arvioitiin jäävän kahta kohdetta lukuunottamatta alle 2 000 taimen /ha.

Keskimäärin 40 %:ssa uudistuskohdeista luontaisen taimettumisen tulos ylsi välille 1 000 - 2 000 tainta /ha. Tällaiset taimikot voisivat olla mahdollisia täydennyskohteita, jos uudistamismenetelmänä on ollut esim. kaistaleavohakkuu ja luontainen uudistaminen (IV). Näiden uudistusalojen voitaisiin antaa taimettua 3-5 vuotta muokkauksen jälkeen, jolloin taimettumistulos tarkastetaan ja tarvittaessa täydennetään istuttamalla (I). Tällöin luontaiset havupuiden taimet ennättäisivät paremmin taimikon kehityksen mukaan ja todella täydentäisivät kehittyvää taimikkoa. Jos istutus tehdään heti muokkauksen jälkeen jää luontaisen täydennyksen osuus lähinnä ennen hakkuita syntyneiden havupuiden taimien ja muokkauksen jälkeen syntyneiden koivujen varaan (esim. Räsänen ym. 1985).

Luontaisesti syntyneen taimikon keskipituus kehittyy luontaisten taimien suuren ikähajonnan vuoksi istutustaimikon keskipituuden kehitystä hitaammin. Tämä uudistamismenetelmien välinen uudistamisaikaero (ks. Räsänen ym. 1985) jää muokatuilla aloilla pienemmäksi kuin muokkaamattomilla aloilla (IV). Tuoreella kankaalla luontaisen uudistamisen ja männyn istutuksen välinen uudistumisaikaeroa voidaan minimoida voimakkaan metsämaan muokkauksen ja koivuvaltaisen tavoitepuuston avulla.

Tutkitussa aineistossa oli yli 40 % uudistusaloja, joilla luontaisen taimettumisen tulos arvioitiin niin heikoksi (alle 1 000 kasvatuskelpoista tainta/ha), että niiden uudistaminen ilman istutusta ei olisi ollut tarkoituksenmukaista.

KIRJALLISUUS

- Aarne, M., Uusitalo, M. & Herrala-Ylinen, H. 1990. Metsätilastollinen vuosikirja 1989. Skogsstatistisk årsbok 1989. Yearbook of forest statistics 1989. SVT Maa- ja metsätalous 1990:4. Folia Forestalia 760. 246 s.
- Belli, K.L. & Ek, A.R. 1988. Growth and survival modeling for planted conifers in the Great Lakes region. *Forest Science* 34(2):458-473.
- BMDP statistical software manual. 1988. Volumes I-II. University of California Press. 1988 printing. 1233 s.
- Burger, J.A. & Pritchett, W.L. 1988. Site preparation effects on soil moisture and available nutrients in a pine plantation in the Florida flatwoods. *Forest Science* 34(1):77-87.
- Hülten, H. & Lilliehöök, L. 1977. Bilogisk uppföljning av rotade plantor vid praktisk skogsodling planteringsår 1974. Resultatsammanställningar av inventeringar hösten 1976. Biological follow-up of practical artificial regeneration. Planting year 1974. Compilation of results from inventories in the autumn of 1976. Skogshögskolan. Institutionen för Skogsförnyring. Rapporter och Uppsatser 88. 42 s.
- Hämäläinen, J. 1990. Eri maanmuokkausmenetelmien edullisuus männyn ja kuusen viljelyssä Etelä-Suomessa. Summary: Advantages of different site preparation methods on planting results and costs in Southern Finland. Metsätehon tiedotus - Metsäteho report 402. 16 s.
- Hämäläinen, J. & Kaila, S. 1985. Metsämaan äestyksen ja aurauksen työvaikeustekijät, ajankäytön jakautuminen ja tuottavuus. Summary: Work difficulty factors, time distribution and productivity of forest site preparation with disc ploughs and wing ploughs. Metsätehon tiedotus - Metsäteho report 393. 16 s.
- Hämäläinen, J. & Kaila, S. 1987. Maaston vaikutus maanmuokkauslaitteiden työjälkeen. Summary: Effect of terrain on work quality of different site preparation machines. Metsätehon tiedotus - Metsäteho report 399. 15 s.
- Hänninen, T., Räsänen, P.K. & Yli-Vakkuri, P. 1972. Männyn ja kuusen luontaisen uudistamisen antamista tuloksista Etelä-Suomen kangasmailla. Helsingin yliopisto. Metsänhoitotieteen laitos. Tiedonantoja 7. 96 s.
- Jeansson, E. 1987. Some aspects on site preparation and natural regeneration in Sweden. IUFRO WPS1.05-12, Northern forest silviculture and management. Symposium in Lapland, Finland. August 16-22.1987. 13 s.

- Jeansson, E., Bergman, F., Elfving, B., Falck, J. & Lundqvist, L. 1989. Natural regeneration of pine and spruce. Proposal for a research program. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Silviculture. Report nr 25. 67 s.
- Jokinen, H. 1973. Luontaisesti syntyneiden koivun taimien kehityksestä männyn viljelytaimistossa. Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. Metsänhoitotieteen laitos. Konekirjoite. 44 s.
- Karjula, M., Kaila, S., Parviainen, J., Päivänen, J. & Räsänen, P.K. 1982. Metsänviljelyn vaihtoehtojen valintaperusteet kivennäismailla. Kirjallisuustarkastelu. Metsäntutkimuslaitos. Joensuun tutkimusasema. Tiedonantoja 56. 116 s.
- Kauppi, P. 1984. Stress, strain, and injury: Scots Pine transplants from lifting to acclimation on the planting site. Tiivistelmä: Metsänviljelytaimien vaurioituminen noston ja istutuksen välillä. Acta Forestalia Fennica 185. 49s.
- Kellomäki, S. 1988. Metsänhoito. Joensuun yliopisto. Metsätieteellinen tiedekunta. Joensuu 1988. Silva Carelica 8. 403 s.
- Kinnunen, K. 1976. Maanmuokkauksen vaikutus erilaisten paljasjuuri- ja paakkutaimien alkukehitykseen. Metsäntutkimuslaitos. Parkanon tutkimusasema. Tiedonantoja 3. 19 s.
- Kinnunen, K. 1982. Männyn kylvö karuhkoilla kangasmailla Länsi-Suomessa. Summary: Scots pine sowing on barren mineral soils in western Finland. Folia Forestalia 531. 24 s.
- Kinnunen, K. 1985. Forest regeneration experiment in Kuru. IUFRO WP S.1.05-08, Natural stand regeneration. Excursion guide, Kuru. 10. Sept. 1985. 3 s.
- Kinnunen, K. 1989. Taimilajin ja maanmuokkauksen vaikutus männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen. Summary: Effect of seedling type and site preparation on the initial development of Scots pine and Norway spruce seedlings. Folia Forestalia 727. 23 s.
- Kinnunen, K. & Linnimäki, J. 1977. Metsänuudistamisen onnistuminen ja taimistojen alkukehitys Pohjois-Karjalassa. Summary: Success of forest regeneration and initial development of sapling stands in northern Karelia. Folia Forestalia 329. 32 s.
- Kinnunen, K. & Mäki-Kojola, S. 1980. Männyn luontaisesta uudistamisesta Pohjois-Satakunnassa. Summary: Natural regeneration of Scots pine in western Finland. Folia Forestalia 449. 18 s.
- Kinnunen, K. & Nerg, J. 1982. Männyn kylvö- ja luonnontaimikoiden tila Länsi-Suomen yksityismetsissä. Abstract: State of sown and naturally regenerated young Scots pine stands in the private forests of western Finland. Folia Forestalia 535. 16 s.

- Kotisaari, A. 1982. Metsän luontaisen uudistamisen tutkiminen. Esitutkimusraportti. Helsingin yliopisto. Metsänhoitotieteen laitos. Tiedonantoja 38. 132 s.
- Lahti, J. 1987. Vuosina 1979 ja 1983 istutettujen havupuutaimikoiden tila Itä-Savon piirimetsälautakunnassa. Helsingin yliopisto. Metsänhoitotieteen laitos. Tiedonantoja 59. 70 s.
- Laiho, O. 1984. Ongelmallisten metsänviljelykohteiden maanpinnan valmistus. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 137:28-41.
- Lehto, J. 1956. Tutkimuksia männyn luontaisesta uudistumisesta Etelä-Suomen kangasmilla. Summary: Studies on the natural reproduction of Scots pine on the upland soils of Southern Finland. Acta Forestalia Fennica 66(2). 106 s.
- Lehto, J. 1969a. Käytännön metsätyypit. 2. painos. Kirjayhtymä. Helsinki. 98 s.
- Lehto, J. 1969b. Tutkimuksia männyn luontaisesta uudistamisesta Pohjois-Suomessa siemenpuu- ja suojuspuumenetelmällä. Summary: Studies conducted in Northern Finland on the regeneration of Scots pine by means of the seed tree and shelterwood methods. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 67(4). 140 s.
- Leikola, M. 1974. Muokkauksen vaikutus metsämaan lämpösuhteisiin Pohjois-Suomessa. Summary: Effect of soil preparation on soil temperature conditions of forest regeneration areas in northern Finland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 84(2). 64 s.
- Leikola, M., Metsämuuronen, M. Räsänen, P.K. & Taimisto, E. 1977. Männyn viljelytaimistojen kehitys Lounais-Suomessa vv. 1976-1975. Summary: The development of Scots pine plantations in south-western Finland in 1967-1975. Folia Forestalia 312. 27 s.
- Lähde, E. 1978. Maankäsittelyn vaikutus maan fysikaalisiin ominaisuuksiin sekä havupuiden taimien kehitykseen. Summary: Effect of soil treatment on physical properties of soil and on the development of Scots pine and Norway spruce seedlings. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 94(5). 59 s.
- Lönnroth, E. 1925. Untersuchungen über die innere Struktur und Entwicklung gleichaltriger naturnormaler Kiefernbestände basiert auf Material aus der Südhälfte Finnlands. Acta Forestalia Fennica 30(1). 269 s.
- Martinsson, O. 1985. Markberedningens inflytande på överlevnad, tillväxt och rot/skottrelation i föröngningar av tall, gran och contorta. Summary: The influence of site preparation on survival, growth and root/shoot ratio in young stands of Scots pine, Norway spruce and lodgepole pine. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsskötsel. Rapporter nr 15. 29 s.

- Metsämuuronen, M., Kaila, S., & Räsänen, P.K. 1978. Männyn paakkutaimien alkukehitys vuoden 1973 istutuksissa. Summary: First-year planting results with containerized Scots pine seedlings in 1973. *Folia Forestalia* 349. 36 s.
- Mielikäinen, K. 1980. Mänty-koivu sekametsiköiden rakenne ja kehitys. Summary: Structure and development of mixed pine and birch stands. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 99(3). 82 s.
- Mälkönen, E. 1972. Näkökohtia metsämaan muokkauksesta. Summary: Some aspects concerning cultivation of forest soil. *Folia Forestalia* 137. 11 s.
- Ojansuu, R. & Henttonen, H. 1983. Kuukauden keskilämpötilan, lämpösumman ja sademäärän paikallisten arvojen johtaminen Ilmatieteen laitoksen mittautustiedoista. Summary: Estimation of local values of monthly mean temperature, effective temperature sum and precipitation sum from the measurements made by Finnish Meteorological office. *Silva Fennica* 17(2):143-160.
- Parviainen, J. 1984. Männyn eri taimilajien menestyminen eri tavoin muokatuilla uudistusaloilla. Summary: The success of different types of pine nursery stock on regeneration sites prepared in different ways. *Folia Forestalia* 593. 27 s.
- Parviainen, J. 1988. Metsänviljely - perusteet ja sovellukset. Joensuun yliopisto. Metsätieteellinen tiedekunta. Joensuu 1988. *Silva Carelica* 9. 177 s.
- Payandeh, B. 1974. Spatial pattern of trees in the major forest types of northern Ontario. *Canadian Journal of Forest Research*. 4:8-14.
- Pehl, C.E. & Bailey, R.L. 1983. Performance to age ten of loblolly pine plantation on an intensively prepared site in the Georgia Piedmont. *Forestry Science* 29(1):96-102.
- Peltonen, A. 1986. Metsien uudistaminen turvemailla kuuden eteläisimmän piirimetsälautakunnan alueella. Vuosien 1978-1979 inventointitulokset. Summary: Forest regeneration on peatlands in the six southernmost forestry board districts of Finland. Results from inventories in 1978-1979. *Folia Forestalia* 679. 26 s.
- Pohtila, E. 1977. Taimiston inventoinnin tarkkuus. Summary: Accuracy of regeneration surveys. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 92(2) 42 s.
- Pohtila, E. 1980. Havaintoja taimikoiden ja nuorten metsien tilajärjestyksen kehityksestä Lapissa. Summary: Spatial distribution development in young tree stands in Lapland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 98(1). 35 s.
- Pohtila, E. & Valkonen, S. 1985. Varttuneiden viljelytaimikoiden tila Lapin piirimetsälautakunnan alueen yksityismetsissä. Summary: Development and condition of artificially regenerated pine and spruce sapling stands in the privately owned forests of Finnish Lapland. *Folia Forestalia* 631. 19 s.

- Pukkala, T. 1987. Kuusen ja männyn siemensadon ennustemalli. Abstract: A model for predicting the seed crop of *Picea abies* and *Pinus sylvestris*. *Silva Fennica* 21(2):135-144.
- Raulo, J. & Mälkönen, E. 1976. Koivun luontainen uudistuminen muokatulla kangasmaalla. Summary: Natural regeneration of birch (*Betula verrucosa* Ehrh. and *B. pubescens* Ehrh.) on tilled mineral soil. *Folia Forestalia* 252. 15 s.
- Raulo, J. & Rikala, R. 1981. Istutettujen männyn, kuusen ja rauduskoivun taimien alkukehitys eri tavoin käsitellyllä viljelyalalla. Summary: Initial development of Scots pine, Norway spruce and silver birch seedlings planted on a forestation site prepared in different ways. *Folia Forestalia* 462. 13 s.
- Rautiainen, O. & Räsänen, P.K. 1980. Männyn ja kuusen viljelytaimikoiden kehitys Itä-Savossa 1968-1976. Summary: Development of Scots pine and Norway spruce plantations in Itä-Savo 1968-1976. *Folia Forestalia* 426. 24 s.
- Räsänen, P.K. 1981. Metsäpuiden taimikasvatus ja metsänviljely: Kehysmalli ja sen käyttö. Helsingin yliopisto. Metsänhoitotieteen laitos. Tiedonantoja 29. 99 s.
- Räsänen, P.K., Pohtila, E., Rautiainen, O. & Laitinen, E. 1979. Valtakunnallinen metsänuudistamisen inventointitutkimus aloitettu metsäntutkimuslaitoksessa. *Metsä ja Puu* 1979(2): 4-9.
- Räsänen, P.K., Pohtila, E., Laitinen, E., Peltonen, A. & Rautiainen, O. 1985. Metsien uudistaminen kuuden eteläisimmän piirimetsälautakunnan alueella. Vuosien 1978-1979 inventointitulokset. Summary: Forest regeneration in the six southernmost forestry board districts of Finland. Results from the inventories in 1978-1979. *Folia Forestalia* 637. 30 s.
- Saksa, T. 1982. Linjoittaisen otannan ja ryväsotannan vertailu inventointimenetelminä. Esitelmä metsänuudistamistutkimusten neuvottelukunnan kokouksessa 9.12.1982. Moniste 7 s.
- Sarvas, R. 1944. Tukkipuun harsintojen vaikutus Etelä-Suomen yksityismetsiin. Referat: Einwirkung der Sägestamimplenterungen auf die Privatwälder Südfinnlands. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 33(1). 268 s.
- Svensson, S.A., Toet, H., & Kempe, G. 1989. Riksskogstaxeringen 1978-82. Skogstillstånd, tillväxt och avverkning. The Swedish National Forest Inventory 1978-82. State of forests, growth and annual cut. Sveriges Lantbruksuniversitet. Institutionen för skogstaxering. Rapport 47. 236 s.
- Troedsson, T. & Utbult, K. 1972. Hyggesplöjning från hydrologisk synpunkt. Summary: Soil ploughing from the point of view. Sveriges Skogsvårds Förbunds Tidskrift 70(5):477-486.

- Valkonen, S. 1991. Metsänuudistaminen korkeilla alueilla Pohjois-Suomessa. Esitutkimus: Kirjallisuustarkastelu ja vanhojen aineistojen analyysi. Metsäntutkimuslaitos. Metsänarvioimisen tutkimusosasto. Puuntuotoksen tutkimussuunta. Käsikirjoitus. 174 s.
- Valtanen, J. 1983. Muokkaustavat ja metsänuudistamisen tulos. Metsäntutkimuslaitos. Muhoksen tutkimusasema. Tiedonantoja 119:63-72.
- Viro, P.J. 1952. Kivisyyden määrittämisestä. Summary: On the determination of stoniness. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 40(3). 23 s.
- Yli-Vakkuri, P., Räsänen, P.K. & Solin, P. 1969. Metsänviljelyn antamista tuloksista Lounais-Suomen, Itä-Hämeen, Itä-Savon, Keski-Suomen ja Kainuun piirimetsälautakuntien alueilla. Helsingin yliopisto. Metsänhoitotieteen laitos. Tiedonantoja 2. 92 s.
- Örlander, G. 1986. Effect of planting and scarification on the water relations in planted seedlings of Scots pine. *Studia Forestalia Suecica* 173. 17 s.
- Örlander, G. 1987. Effects of site preparation on the development of planted seedlings in northern Sweden. IUFRO WP S1.05-12, Northern forest silviculture and management. Symposium in Lapland, Finland. August 16-22, 1987. 7 s.

LIITTEET

Liite 1. Ilmasto- ja kasvupaikkatekijöiden ja istutustuloksen väliset korrelaatiokertoimet (A), faktorianalyysin pääkomponenttien Z_1 - Z_3 lataukset (B) sekä niiden avulla muodostetut istutustulosta selittävät lineaariset regressiomallit (C) ositteittain (1.= Tuore kangas aurasalat, 2.= Tuore kangas äestysalat, 3.= Kuivahko kangas aurasalat ja 4.= Kuivahko kangas äestysalat).

A.	Selittävä muuttuja			Korrelaatiokertoimet			
	Keski-arvo	Keski-hajonta	Vaihtelu-väli	ositteittain			
				1.	2.	3.	4.
x_1	1093	109	842-1432	.093	-.124	-.254	-.093
x_2	1083	117	813-1394	-.157	-.267	-.435	-.234
x_3	1126	123	804-1381	-.163	-.356	-.240	-.101
x_4	1136	123	815-1371	-.277	-.199	.361	-.051
x_5	1101	75	914-1270	-.130	-.420	-.207	-.198
x_6	1104	50	949-1265	-.147	-.278	-.383	-.014
x_7	109	12	85-153	.041	-.191	-.107	.285
x_8	98	4	91-111	-.089	-.148	-.388	-.279
x_9	90	17	49-116	-.053	-.369	-.189	-.337
x_{10}	105	13	57-133	-.037	.144	.496	-.149
x_{11}	95	21	65-146	.101	-.038	-.135	-.071
x_{12}	105	14	82-139	-.109	-.332	-.392	.054
x_{13}	104	16	72-146	.020	-.187	-.044	.097
x_{14}	107	19	79-150	-.130	-.420	-.207	-.198
x_{15}	40.8	32.0	0- 99	-.064	-.143	-.123	.190
x_{16}	4.9	2.9	1- 18	.111	-.041	-.085	-.265
x_{17}	21.7	8.0	6- 43	.179	.072	.332	.047
x_{18}	6.5	11.8	0-100	.186	.100	-.131	-.136
x_{19}	6.3	10.0	0- 60	-.092	-.217	-.106	-.191
x_{20}	52.1	15.7	14- 85	-.025	-.112	-.280	-.146
x_{21}	95.3	57.4	0-250	-.001	-.230	-.080	.231
x_{22}	3.8	6.4	0- 34	.135	-.035	-.127	.172

- x_1 = Istutuskasvukauden (n) lämpösumma, dd.-yksikköä
 x_2 = Kasvukauden n+1 lämpösumma, dd.-yksikköä
 x_3 = Kasvukauden n+2 lämpösumma, dd.-yksikköä
 x_4 = Kasvukauden n+3 lämpösumma, dd.-yksikköä
 x_5 = Kasvukausien n..n+3 lämpösummien keskiarvo, dd.-yksikköä
 x_6 = Pitkän ajan lämpösumman keskiarvo, dd.-yksikköä
 x_7 = Keväiden n..n+2 lämpötilaindeksien keskiarvo
 x_8 = Kesien n..n+2 lämpötilaindeksien keskiarvo
 x_9 = Syksyjen n..n+2 lämpötilaindeksien keskiarvo
 x_{10} = Talvien n..n+2 lämpötilaindeksien keskiarvo
 x_{11} = Keväiden n..n+2 sademääräindeksien keskiarvo
 x_{12} = Kesien n..n+2 sademääräindeksien keskiarvo
 x_{13} = Syksyjen n..n+2 sademääräindeksien keskiarvo
 x_{14} = Talvien n..n+2 sademääräindeksien keskiarvo
 x_{15} = Kiviseksi luokiteltujen koealojen osuus, %
 x_{16} = Humuskerroksen paksuus, cm
 x_{17} = Kivisyysrassin painuma, cm
 x_{18} = Maaperältä hienoainekseen koealojen osuus, %
 x_{19} = Soistuneiden koealojen osuus, %
 x_{20} = Koskemattoman humuspeitteen osuus, %
 x_{21} = Kuusen tilavuus aiemmasta puustosta, m³/ha
 x_{22} = Kumpareilla ja painanteissa olleiden koealojen osuus, %

Liite 1. Jatkuu.

B.

	Tuore kangas					Kuivahko kangas					
	Aurous		Äestys			Aurous			Äestys		
	Z ₁	Z ₂	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₁	Z ₂	Z ₃
x ₁						.76					
x ₂		.28		.43	.47	.61		.44	.85		
x ₃		.82		.77			.86				
x ₄		.77		.37	-.75		.75				
x ₅			.37	.78	.40				.90		
x ₆				.86		-.27	.77				
x ₇				.35	.72					-.59	.71
x ₈						.87			.87		
x ₉			.80		.30	.46	-.49		.78	.35	
x ₁₀						-.75	-.28				
x ₁₂			.82			.89	-.27				
x ₁₄			.81	.32		.81					
x ₁₅									.32	-.50	
x ₁₆										.92	
x ₁₇	.83							-.85			
x ₁₈	.87										
x ₁₉					.58					.92	
x ₂₀							.83				
x ₂₁			.68						-.33	.42	
x ₂₂											.89

C.

Regressiomallit:				S _e	V.A.	F-arvop-arvo	R ²		
Y ₁ =	1318	+92*Z ₁	-127*Z ₂	418	2/53	3.88	.027	.13	
t-arvot:		1.63	-2.26						
Y ₂ =	1365	-165*Z ₁	-162*Z ₂	-43*Z ₃	399	3/52	6.40	.001	.27
t-arvot:		-3.07	-3.02	-0.79					
Y ₃ =	1389	-147*Z ₁	+128*Z ₂	-166*Z ₃	314	3/22	5.61	.005	.43
t-arvot:		-2.36	2.05	-2.66					
Y ₄ =	1411	-153*Z ₁	-97*Z ₂	+127*Z ₃	420	3/23	2.42	.092	.24
t-arvot:		-1.85	-1.18	1.55					

Liite 2. Havupuiden taimettumisen ja ympäristötekijöiden väliset korrelaatiokertoimet (A) sekä faktorianalyysin pääkomponenttien ominaisvektorien Z_1 - Z_3 koostumus (B) ja niiden avulla muodostetut männyn, kuusen ja havupuiden taimettumista ennustavat regressiomallit (C) ositteittain.
(1.= Tuore kangas aurasalat, 2.= Tuore kangas äestysalat, 3.= Kuivahko kangas aurasalat ja 4.= Kuivahko kangas äestysalat).

A.	Selittävä muuttuja			Korrelaatiokertoimet			
	Keski-arvo	Keski-hajonta	Vaihteluväli	1.	2.	3.	4.
x_1	169.1	55.1	20-329	-219	-.020	-.134	-.174 ^a
				.015	-.228	-.473	-.136 ^b
				-.084	-.137	-.365	-.227 ^c
x_2	59.3	55.7	0-232	.166	.350	.133	.498
				-.103	-.128	-.330	-.344
				-.028	.061	-.151	.171
x_3	95.3	57.4	0-250	-.289	-.383	-.363	-.564
				.148	-.025	-.221	.347
				.018	-.154	-.335	-.218
x_4	14.5	19.0	0-113	-.171	.144	-.202	-.388
				-.142	-.260	.086	-.177
				-.220	-.153	.241	-.435
x_5	40.8	32.0	0-99	-.243	-.161	-.133	.139
				.003	.031	-.214	.117
				-.084	-.074	-.219	.149
x_6	4.9	2.9	1-18	-.176	.067	-.149	-.481
				-.169	-.512	.218	.120
				-.197	-.172	-.061	-.274
x_7	21.7	8.0	6-43	.283	.161	-.008	.118
				-.049	-.181	-.073	-.149
				.059	.033	.017	-.031
x_8	6.5	11.7	0-100	.002	.010	.227	.205
				-.252	-.196	.226	-.065
				-.205	-.076	.339	.117
x_9	6.3	10.0	0-60	.062	.027	.148	-.536
				-.025	-.335	-.043	-.423
				.039	-.201	.069	-.374
x_{10}	52.1	15.7	14-85	-.017	-.316	.139	-.423
				.226	.083	-.043	-.029
				.194	-.152	.095	-.299
x_{11}	3.8	6.4	0-34	.019	.238	-.027	-.007
				.063	.156	.061	-.101
				.024	.320	-.088	.030
x_{12}	48.4	38.9	11-200	-.307	.156	-.140	-.023
				-.281	.049	-.145	-.115
				-.371	.125	-.406	-.050
x_{13}	48.9	25.2	0-99	.332	-.026	-.134	.217
				.373	.256	.145	.246
				.443	.151	.164	.221
x_{14}	30.6	25.2	0-100	.500	.252	.326	.608
				-.089	-.337	-.199	-.169
				.186	.121	.031	-.360
x_{15}	47.2	27.8	0-100	-.187	-.232	-.134	-.671
				.313	.305	.145	.293
				.139	-.051	.158	.374

a = Mänty, b = Kuusi ja c = Havupuut

Liite 2. Jatkuu.

	Selittävä muuttuja			Korrelaatiokertoimet			
	Keski- arvo	Keski- hajonta	Vaihtelu- väli	1.	2.	3.	4.
x_{16}	67.9	54.7	-33-162	.022 -.133 -.120	-.128 -.002 -.038	-.469 -.087 -.501	-.263 ^a -.009 ^b -.188 ^c
x_{17}	74.7	61.0	-40-160	-.109 -.117 -.098	-.094 -.267 -.201	-.467 .083 -.377	.223 .100 .249
x_{18}	84.1	60.2	-40-164	-.257 -.299 -.299	-.214 -.220 -.299	.001 .158 -.002	.276 -.062 .233
x_{19}	184.4	131.2	-17-490	.096 .176 .154	.139 .213 .196	.313 .246 .359	-.110 .297 .090
x_{20}	181.5	114.4	-2-502	-.071 .322 .261	-.055 -.014 -.055	-.085 .344 .182	-.219 .323 .056
x_{21}	164.5	107.4	-13-492	-.116 .091 .013	-.016 -.123 -.077	-.219 .370 .169	.254 -.052 .149

a = Mänty, b = Kuusi ja c = Havupuut

- x_1 = Päätehakkuussa hakatun puuston tilavuus, m³/ha
 x_2 = Mäntypuuston tilavuus, m³/ha
 x_3 = Kuusipuuston tilavuus, m³/ha
 x_4 = Koivupuuston tilavuus, m³/ha

- x_5 = Kivisiksi luokiteltujen koealojen osuus, %
 x_6 = Humuskerroksen paksuus, cm
 x_7 = Kivisyysrassin painuma, cm
 x_8 = Maaperältään hienoaineksisten koealojen osuus, %
 x_9 = Soistuneiden koealojen osuus, %
 x_{10} = Koskemattoman humuspeitteen osuus, %
 x_{11} = Kumpareilla ja painanteissa olleiden koealojen osuus, %

- x_{12} = Reunametsäetäisyys, m
 x_{13} = Siemenniskykyisen reunametsän osuus uudistusalan piiristä, %
 x_{14} = Männyn osuus siemenniskykyisestä reunametsästä, %
 x_{15} = Kuusen osuus siemenniskykyisestä reunametsästä, %

- x_{16} = Männyn siemensatoindeksi muokkausvuodelle
 x_{17} = Männyn siemensatoindeksi muokkausta seuraavalle vuodelle
 x_{18} = Männyn siemensatoindeksi kahden vuoden kuluttua muokkauksesta
 x_{19} = Kuusen siemensatoindeksi muokkausvuodelle
 x_{20} = Kuusen siemensatoindeksi muokkausta seuraavalle vuodelle
 x_{21} = Kuusen siemensatoindeksi kahden vuoden kuluttua muokkauksesta

Liite 2. Jatkuu.

B.

MÄNTY

	Tuore kangas				Kuivahko kangas				
	Auraus		Äestys		Auraus		Äestys		
	Z ₁	Z ₂	Z ₁	Z ₂	Z ₁	Z ₂	Z ₁	Z ₂	Z ₃
x ₂			.79				-.57	.56	
x ₃		-.49	.78			.31	.68	.47	
x ₄					.72		-.39	-.70	
x ₅	-.26	-.45							
x ₆							.82		.36
x ₇		.68							
x ₈					.75			.83	
x ₉							.80		
x ₁₀			-.33	.57			.46	-.28	-.46
x ₁₂	-.84								
x ₁₃	.86							.52	
x ₁₄		.78	.68		.51		-.63		
x ₁₆					-.65	.40	.26		
x ₁₇						.93			
x ₁₈				.90				.28	.74

KUUSI

	Tuore kangas					Kuivahko kangas			
	Auraus		Äestys			Auraus		Äestys	
	Z ₁	Z ₂	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₁	Z ₂	Z ₁	Z ₂
x ₁					.86	.92		.90	
x ₂						.56		-.83	
x ₃						.40			
x ₄				.42	.75				
x ₅									.42
x ₆			.81						
x ₈		-.56	.28	.78					
x ₉			.75						
x ₁₀		.78							
x ₁₂	-.85								
x ₁₃	.76							-.34	
x ₁₅	.62			-.78		.86		.75	.29
x ₁₉			-.62			-.68	-.49		.88
x ₂₀		.74				.63		.32	.33
x ₂₁						.36			

Liite 2. Jatkuu.

HAVUPUUT

	Tuore kangas				Kuivahko kangas				
	Aurus			Äestys	Aurus			Äestys	
	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₁	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₁	Z ₂
x ₁					.83			.40	
x ₃					.69	-.28		.71	-.33
x ₄		-.28	.80			-.62	.34		
x ₅						.89			
x ₆								.55	
x ₈		.46	.65				.94		
x ₉				.66				.58	-.28
x ₁₀								.31	-.68
x ₁₂	-.87				.48	.58			
x ₁₃	.88	-.26							.87
x ₁₄									-.89
x ₁₅									.92
x ₁₆					-.34	.42	-.55		
x ₁₇				.80					
x ₁₈		.76							
x ₁₉					.83				
x ₂₀		-.67							

C.

Regressiomallit:				V.A.	F-arvo	R ²	S _e
MÄNTY							
log(Y ₁)= 2.66	+0.15*Z ₁	+0.24*Z ₂		2/53	11.9****	.31	.43
t-arvot:	2.61	4.13 ²					
log(Y ₂)= 2.52	+0.27*Z ₁	-0.18*Z ₂		2/53	8.15***	.24	.59
t-arvot:	3.38	-2.21 ²					
log(Y ₃)= 2.77	+0.22*Z ₁	-0.29*Z ₂		2/23	10.1***	.47	.40
t-arvot:	2.69	-3.60 ²					
log(Y ₄)= 3.16	-0.33*Z ₁	+0.12*Z ₂	+0.17*Z ₃	3/23	17.0***	.69	.26
t-arvot:	-6.03	2.14 ²	3.15 ³				
KUUSI							
log(Y ₁)= 3.04	+0.29*Z ₁	+0.26*Z ₂		2/53	14.9***	.36	.53
t-arvot:	4.04	3.68 ²					
log(Y ₂)= 2.93	-0.29*Z ₁	-0.16*Z ₂	-0.16*Z ₃	3/52	9.58***	.36	.51
t-arvot:	-4.24	-2.32 ²	-2.32 ²				
log(Y ₃)= 2.76	-0.40*Z ₁	+0.25*Z ₂		2/23	6.38**	.36	.42
t-arvot:	-3.05	1.86					
log(Y ₄)= 2.80	+0.17*Z ₁	+0.19*Z ₂		2/24	3.86*	.24	.47
t-arvot:	1.88	2.05 ²					
HAVUPUUT							
log(Y ₁)= 3.29	+0.23*Z ₁	-0.16*Z ₂	-0.13*Z ₃	3/52	10.2***	.37	.42
t-arvot:	4.09	-2.86	-2.37 ³				
log(Y ₂)= 3.19	-0.13*Z ₁			1/54	6.99*	.11	.38
t-arvot:	-2.64						
log(Y ₃)= 3.42	-0.17*Z ₁	+0.07*Z ₂	+0.12*Z ₃	2/23	6.38**	.36	.42
t-arvot:	-3.05	1.86					
log(Y ₄)= 2.80	+0.17*Z ₁	+0.19*Z ₂		2/24	3.86*	.24	.47
t-arvot:	1.88	2.05 ²					

ISBN 951-40-1224-0
ISSN 0358-4283
Teroprint Mikkeli 1992