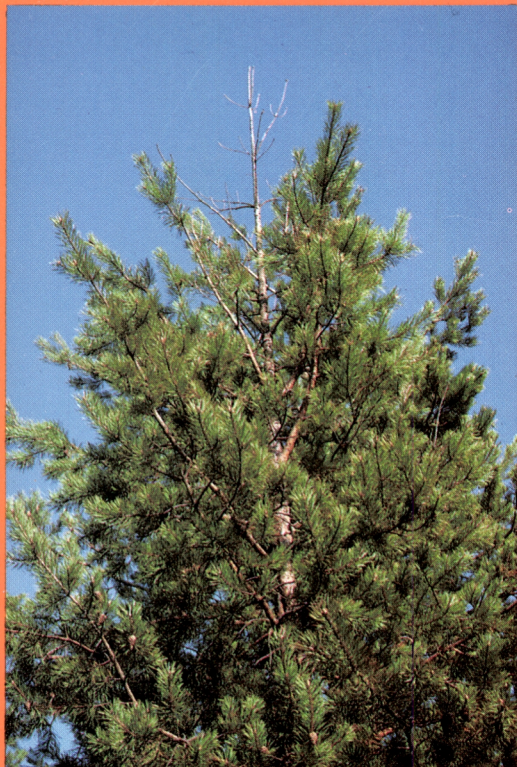


METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA

**Metsäntutkimuslaitos
Rovaniemen tutkimusasema**

362



METSÄNPARANNUS Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1990

Martti Varmola ja Tuija Katermaa (toim.)

Rovaniemi 1990

Kansikuvat:

Vasemmalla: Huolimattoman typen levityksen seurauksena uusimpien neulasten typpipitoisuus kohoaa niin korkeaksi, että ne altistuvat kevättalviselle pakkaskuivumiselle etenkin Pohjois-Suomessa. Ankarat vauriot johtavat latvan tuhoutumiseen (kuivalatvaisuuteen). Kuivalatvainen mänty on kuvattu lannoituskokeella Paltamossa toukokuussa 1986. Lannoitus toteutettiin toukokuussa 1982 ja neulaset ruskettuivat huhtikuussa 1983. Kuva: Risto Jalkanen.

Oikealla: "Parannettua metsää" – kasvuisa raudus-hies sekapuusto turvemaan metsittyneellä pellolla Tervolassa. Kuva: Hannu Hökkä.

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 362

Metsäntutkimuslaitos
Rovaniemen tutkimusasema

METSÄNPARANNUS

Toimittaneet

Martti Varmola ja Tuija Katermaa

Rovaniemi 1990

ISBN 951-40-1116-3
ISSN 0358-4283

Lapin Painotuote Oy
Kemijärvi 1990

Sisällys

Pekka Kilkki: Avaussanat	5
Mikko Hyppönen: Metsänparannusvarat metsien käsittelyn ohjaamisessa	7
Jukka Aarnio: Metsänparannusinvestointien yksityistaloudellisesta kannattavuudesta	14
Timo Penttilä: Metsäojituksen vaikutus puustoon ja sen kasvuun Pohjois- Suomen turvemilla	21
Hannu Hökkä: Ojitusalueiden metsien puuston kokojakauman muoto ja sen kuvaaminen	32
Björn Hånell: Aktuell forskning inom ämnesområdet skoglig torv- markslära i Sverige	41
Mikko Moilanen: Oulun läänin metsät 1990-2020 -projektin esittely.....	53
Juha Siitonen ja Ari Nikula: Lapinmyyrän puustolle aiheuttamat tuhot Länsi-Lapin ojitetuilla soilla	56
Risto Jalkanen: Typpilannoituksen vaikutus mäntyjen talvenkestä- vyyteen kangasmailla Pohjois-Suomessa	62
Kirsti Airaksinen, Risto Jalkanen ja Juha Kaitera: Typpilannoituksen vaikutus männyn neulasen rakenteeseen	65
Jari Hynynen ja Hannu Hirvelä: Lannoituksen vaikutus männikön kasvuun, latvavaurioihin ja tuulituhoalitiuteen Lapissa	74
Ari Nikula ja Risto Jalkanen: Kuusen käpytuholaiten ja -tautien esiintyminen Pohjois-Suomessa kesällä 1989	83
Seppo Ruotsalainen: Kuusen siemenen syysvariseminen	90
Liisa Saarenmaa: Metsänviljely päätöksenteko-ongelmana	100
Kari Mäkitalo: Maankäsittely- ja viljelymenetelmän vaikutus männyn viljelyn onnistumiseen Lapissa	109
Seppo Rossi: Alustavia tuloksia pellonmetsityksen onnistumisesta Lapin metsälautakunnan alueella	121

Lukijalle

Metsäntutkimuslaitoksen Rovaniemen ja Kolarin tutkimusasemien 19. tutkimuspäivät pidettiin 5.-6.3.1990 Rovaniemellä. Tutkimuspäivien aiheeksi oli valittu metsänparannustoiminta, sen saavutusten ja myös haittojen esittely tutkimustuloksien. Kaikkiaan päivillä pidettiin 17 esitelmää. Rovaniemen ja Kolarin tutkimusasemien hoitokunnan puheenjohtajalle, professori Pekka Kilkille kyseiset tutkimuspäivät jäivät viimeiseksi esiintymiseksi Lapissa.

Metsänparannus terminä saattaa nykypäivänä johtaa harhaan. Kysehän ei ole sairaan metsän parantamisesta vaan niistä toimenpiteistä, joilla pyritään kohottamaan ja tehostamaan puuntuotantoa. Tässä mielessä tutkimuspäivien teema edustaa hyvinkin perinteistä metsäntutkimusta.

Metsäparannustoiminta on saanut osakseen sekä kiitosta että viime aikoina myös kritiikkiä. Monet tutkimuspäivien esitelmät osoittavat kiistatta, että esimerkiksi ojituksella ja lannoituksella on lisätty puuntuotantoa myös Lapissa.

Sekä kansantaloudellisesti että yksityismetsänomistajan kannalta katsoen metsäparannukseen kannattaa sijoittaa. Laskelmia kannattavuudesta ovat tehneet sekä valtiovarainministeriö että Metsäntutkimuslaitos. Toisaalta tutkimuksien on osoitettu, että aikojen kuluessa kaikkia metsänparannustöiden kohteita ei ole valittu järkevimmällä mahdollisella tavalla.

Tutkimuksella on tärkeä osa metsänparannuksen suuntaamisessa. Ehkäpä eniten on aikojen kuluessa tutkittu metsäojituskelpoisuutta. Rovaniemen tutkimusasemalla on viime vuosina paneuduttu ojituksen jälkeiseen puuston kasvun mallittamiseen ja puuntuotannon potentiaalinen selvittämiseen turvemaidella. Tutkimusten perusteella voidaan entisestään tarkentaa metsäojituksen kannattavuusrajaa Lapissa. Tutkimuspäivillä esiteltiin myös laajaa Ruotsissa aloitettua suometsätalouden tutkimusohjelmaa.

Lannoitus lisää puuston kasvua Lapissakin. Tutkimuspäivillä esitettiin tuloksia sekä lannoitusreaktiosta että liiallisen typpilannoituksen aiheuttamista tuhoista. Lannoitemääriä lienee aiheellista jonkin verran alentaa nykysuosituksista, jotta vältettäisiin männiköiden latvatuhot.

Lapin metsätalouden ikuisuusongelma, metsänuudistaminen, oli esillä varsinaisten metsänparannusaiheiden lisäksi. Esimerkkeinä tutkimuksen ja käytännön metsätalouden yhteistyöstä esiteltiin tuloksia sekä metsähallituksen metsänviljelyistä että yksityismetsien pellonmetistysten onnistumisesta.

Tutkimusaseman johtaja

Martti Varmola

Avaussanat

Pekka Kilkki

Puuntuotannon kohottaminen on ollut viime vuosikymmeninä metsätaloutemme keskeisiä tavoitteita. Tässä tavoitteessa on onnistuttu niin hyvin, että puuston vuotuinen kasvu on Etelä-Suomessa nyt yhtä suuri kuin koko maassa kaksikymmentä vuotta sitten; samanaikaisesti myös Pohjois-Suomen eli neljän pohjoisimman metsälautakunnan alueen metsien kasvu on lähtenyt nousuun.

Tavanomaisen metsänhoidon ja metsien puustopääoman nousun lisäksi metsien kasvun kohoaminen on suureksi osaksi ns. metsänparannuksen ansiota. Metsänparannus on kohdistunut joko suoraan kasvupaikkaan, kuten metsäojitus ja lannoitus, tai välillisesti parantanut puuntuotannon edellytyksiä, kuten metsäteiden rakentaminen. Metsänparannukseksi on kutsuttu myös puustoon kohdistuvia toimenpiteitä, kuten vajaatuottoisten metsien uudistamista ja pystykarshintaa. Näkyvimvät hyödyt useimmista metsänparannustöistä ovat vielä tulossa.

Metsänparannusta on toiminnallisesti vaikea erottaa muista metsien tuoton lisäämiseksi ja ylläpitämiseksi tehdyistä töistä. Metsänparannukselle voi kuitenkin löytää lähes kattavan hallinnollisen määritelmän: metsänparannusta ovat ne metsässä tehtävät työt, jotka valtio joko osittain tai kokonaan rahoittaa.

Valtion metsänparannusrahoituksella ei ole ollut puhtaasti puuntuotannollisia perusteita. Työllisyys- ja tulonjakotavoitteet ovat usein määränneet metsänparannusvarojen kohdentumisen. Tästä syystä tulokset eivät aina ole olleet sen paremmin yhteiskunnan kuin metsänomistajankaan etujen mukaisia.

Ilman valtion tukea olisi todennäköisesti ojitettu nykyistä vähemmän. Ojituksen vaikuttavuus olisi tuskin olennaisesti vähentynyt, sillä ojittamatta olisivat jääneet pääosin ne suot, joiden ojitus tiedettiin jo vuosikymmenet sitten kannattamattomaksi. Uusien ojakilometrien tavoitteluun kulutetut voimavarat olisi ollut järkevämpää käyttää ojitettujen soiden metsien hoitoon. Samalla olisi säästynyt luonnontilassa satoja tuhansia hehtaareita suomalaisemia. Historian pöytäkirjoja varten pitäisi nimetä ne poliitikot, jotka ajoivat läpi ylimitoitettut ojitussuunnitelmat ja hankkivat niille valtion rahoituksen.

Ilmainen raha korruptoi. Valtion rahalla ojitetun metsän jälkihoito ei aina kiinnosta, vaikka laki siihen velvoittaakin. En ole kuullut yhdekkään metsänomistajalta velotun metsänparannuslainaa takaisin sillä perusteella, että ojitusalueen metsä on jäänyt kunnostamatta.

Teollisuuspuun tuotantoon tähtäävä metsätalous on Suomessa kannattava elinkeino. Jos se ei kannata, siitä on luovuttava samaan tapaan kuin on luovuttu tervanpoltosta ja puulaivojen rakentamisesta.

Yhteiskunnan tuki - tapahtuu se sitten suorana tukena tai veronhuojennuksina - vääristää metsätalouden kannattavuuden perusteita ja vaikeuttaa sen sopeutumista muuttuvaan taloudelliseen ja sosiaaliseen ympäristöön. Metsänparannus on entistä selkeämmin rinnastettava muihin metsässä tehtäviin töihin. Metsänparannukseen käytettävän rahan on tuotettava yhtä hyvin kuin muiden metsään suunnattujen investointien. Ja kannattamattomia puuntuotannollisia investointeja ei pidä tehdä ainakaan valtion tuella.

Metsänparannustöiden organisointi on viime aikoina kehittynyt myönteisesti. Metsänparannuspiirien yhdistäminen metsälautakuntiin on poistanut tarpeettoman rajan yksityismetsien hoidon ja metsänparannuksen väliltä. Myös metsäammattikunnan on unohdettava vanha reviiriajattelu ja suunnattava voimavarat mahdollisimman tarkoituksenmukaisesti yli historiallisten raja-aitojen.

Metsänparannusvarat metsien käsittelyn ohjaamisessa

Mikko Hyppönen

Yksityismetsien kansantaloudellinen merkitys on ymmärretty Suomessa jo kauan. Niinpä on katsottu yhteiskunnan etujen mukaiseksi ohjata yksityismetsien hoitoa ja käyttöä valtiovallan toimenpitein. Ohjaukseen käytetään yksityismetsälakia, metsänomistajien neuvontaa ja koulutusta sekä suoranaista tukea metsien hoitoon ja perusparannustöihin. Tärkein metsien hoitoon suunnattu valtiovallan tuki perustuu metsänparannussäännöstöön.

Ensimmäinen metsänparannuslaki säädettiin vuonna 1928 käsi kädessä yksityismetsälain kanssa. Pontimena kummankin lain säätämiseen olivat neljä vuotta aikaisemmin (1924) julkaistut valtakunnan metsien ensimmäisen inventoinnin tulokset. Pelättiin, että Suomen metsät loppuvat. Keppi ja porkkana olivat jo vuosisadan alkupuolella valtiovallan käyttämiä talouspolitiikan välineitä.

Lainsäädännön kehitys

Metsänparannuslaki säädettiin määräaikaiseksi ja uudistettiin seuraavien vuosikymmenien aikana kahdeksan kertaa, viimeksi vuonna 1987. Nykyinen järjestyksessään yhdeksäs ja sitä edellinen laki annettiin pysyvinä.

Vuosien kuluessa laki on perusteiltaan pysynyt melko lailla samansisältöisenä. Keskittyminen yksityismetsiin, taloudellisen tarkoituksen mukaisuuden painottaminen, tuen piiriin hyväksytyjen työmuotojen vähittäinen lisääminen sekä sosiaalisten, kehitysalue-, työllisyys- ja ympäristöpoliittisten näkökohtien korostaminen ovat olleet tärkeitä periaatteita lain kehittämisesä. Pyritäänpä nykyisin maatalouden ylituotanto-ongelmiakin ratkaisemaan metsänparannussäännöstöön turvin.

Vuoden 1987 metsänparannuslaissa ovat tuettavia työlajeja metsänuudistaminen, kulutus, taimikonhoito, pystypuiden karsinta, metsänlannoitus, metsäojitus, metsäojituksen kunnostus ja metsätien rakentaminen. Yksityisen metsänomistajan saama tuki käsittää ilmaisen suunnittelun ja työnjohdon sekä työ kustannuksiin matalakorkoista lainaa ja/tai avustusta.

Metsänparannuslain soveltamisohjeita tarkennetaan jatkuvasti metsäntutkimuksen tuottaessa uusia tutkimustuloksia. Hyvänä esimerkkinä on metsäojitus, jossa soiden ojituskelpoisuusvaatimuksia on useaan kertaan tarkistettu.

Metsänparannustöitä on rahoitettu myös eräiden erityislakien avulla. Tällainen on mm. vuonna 1982 säädetty Laki Lapin vajaatuottoisten metsien kunnostamisesta (1057/82), ns. Lapin laki. Lain tarkoituksena on uudistaa valtion varoin 150 000 ha vajaatuottoisia metsiä vuosina 1983-1995. Uudistamiskohteet tulee ensin selvittää metsätaloussuunnittelun avulla.

Vuonna 1988 yksityismetsätalouden metsänhoidon ja metsänparannuksen kokonaiskustannukset olivat koko maassa 851,2 milj. mk. Näistä metsänomistajien välittömän omarahoituksen osuus oli noin puolet (444,8 milj. mk), metsänparannuslainojen osuus 18 % (150,6 milj. mk) ja avustusten osuus 30 % (255,8 milj. mk) (Tapion vuosikirja 1988. 1989).

Metsänparannustöiden saavutuksia

Mittavin urakka, mikä metsänparannusvaroin on tehty, on soiden ojitus metsänkasvatusta varten. Suomessa soita on ojitettu kaikkiaan 5,5 milj. ha, joista 5,0 milj. ha vuoden 1950 jälkeen. Suurimmaksi osaksi soiden ojituksen ansiosta metsämaan ala on lisääntynyt 2,0 milj. ha nykyisen alan ollessa hiukan yli 20 milj. ha (Kuusela 1988). Ojituksen ja soiden lannoituksen vaikutuksesta suometsien vuotuinen kasvunlisäys on arvioitu yli 7,0 milj. kuutiometriksi (Paavilainen & Tiihonen 1988). Noin 70 % ojituksista on tehty yksityismetsissä ja lähes poikkeuksetta metsänparannusvaroilla.

Lapissa ojitettuja soita on kaikkiaan 0,8 milj. ha, joista 0,5 milj. ha yksityismailla. Metsämaata on suoalasta nyt lähes 0,2 milj. ha enemmän kuin 1950-luvun alussa. Suometsien vuotuinen kasvu on lisääntynyt Lapissa 1950-luvun alusta lähes 0,3 milj. kuutiometriä (Mattila & Penttilä 1987).

Myös muiden yksityismetsien metsänhoito- ja metsänparannustöiden työsaavutukset samalla aikajaksolla ovat tilastojen mukaan melkoiset:

	Koko maa	Lappi
	milj.ha	
Metsäojitus	3,6	0,53
Metsänviljely	2,8	0,37
Taimikonhoito	5,2	0,39
Metsänlannoitus	1,6	0,18
	1000 km	
Tienrakennus	55	7

Vuotuinen metsänviljelyala Lapin yksityismetsissä nousi 1980-luvun alkupuolella noin 20 000 hehtaariin eli kaksinkertaiseksi 1970-luvun viljelyalaan verrattuna. Lapin lain voimaantulolla oli suuri osuus nousuun.

Metsänhoito- ja metsänparannustöihin suunnatun panostuksen sekä parantuneiden hakkuutapojen ansiosta Suomen metsien vuotuinen kasvu on Kuuselan (1988) mukaan lisääntynyt 1950-luvun alun 55:stä 1980-luvun alkupuolen 67:een milj. kuutiometriin. Hakkuumahdollisuudet ovat samalla jaksolla nousseet lähelle 60 milj. kuutiometriä. Nykykasvu Suomen metsissä lienee jo yli 75 milj. kuutiometriä vuodessa. Myös metsien kehitysluokkarakenne on parantunut nuorten metsien lisääntyessä. Valtaosa saavutetusta lisäkasvusta ja hakkuumahdollisuuksista on peräisin yksityismetsistä.

Myös Lapissa metsien ikä- ja kehitysluokkarakenne on nuorentunut. Puuston kasvu ja tilavuus ovat kääntymässä nousuun takavuosien suurten hakkuuiden jälkeen, vaikka hakkuusuunnite onkin teollisuuden puuntarpeeseen verrattuna vielä liian pieni. Lapin Metsä 2000-ohjelman mukaan puuston kasvu, tilavuus ja hakkuukertymä lisääntyvät melkoisesti seuraavan 20 vuoden aikana (Lapin Metsä 2000-ohjelma 1988).

Metsänhoito- ja metsänparannusinvestointien yksityistaloudellinen kannattavuus

Puun tuottamiseen sijoitettujen investointien kannattavuutta on tutkittu melko paljon viime aikoina. Laskelmilla on tavallisesti selvitetty jonkin puunkasvatustoimenpiteen kannattavuutta tai edullisuutta metsikkötasolla. Myös metsälökohtaisia ja suuralueille tarkoitettuja puuntuotannon optimointi- ja suunnittelumalleja on kehitetty (esim. Hämäläinen 1973, Kilkki ym. 1977).

Monet puunkasvatuksen investoinnit ovat edullisissa olosuhteissa mihin tahansa sijoitusvaihtoehtoihin verrattuna hyvin kannattavia. Tällaisia ovat mm. runsaspuustoisen, reheväkasvuisen, Etelä-Suomessa sijaitsevan suon ojittaminen (esim. Keltikangas & Seppälä 1973, Aarnio 1985) ja eteläsuomalaisen, päätehakkuuikää lähestyvän metsikön lannoitus (esim. Keipi & Laakkonen 1980, Hämäläinen & Laakkonen 1983). Näissä työlajeissa investoinnin sisäinen korko voi nousta ilman valtion tukea yli 10 prosentin. Olosuhteet eri puolilla maata ja erilaisissa lähtökohtatilanteissa kuitenkin vaihtelevat, joten aina ei saada lähelkään yhtä suuria korkoja.

Muihin kuin edellä mainittuihin työlajeihin kohdistetut sijoitukset eivät ole yhtä kannattavia. Metsänviljelykustannusten toimikunnan mietinnön (1971) mukaan sisäinen korko on metsänviljelyssä Etelä-Suomen parhailta kasvupaikoillakin enimmillään 5,5 % sekä Pohjois-Pohjanmaalla ja Kainuussa 2-3 %. Lapissa se on jo alle 2 %.

Samansuuntaisia tuloksia on saatu myös Rovaniemen tutkimusasemalla tehdyissä Pohjois-Suomea koskeissa laskelmissa, joissa sisäinen korko vaihteli 2,0 ja 3,7 prosentin välillä kasvupaikkatyyppin ja maantieteellisen sijainnin mukaan. Luontaisen uudistamisen korko jäi suunnilleen samalle tasolle viljelyvaihtoehdon kanssa (Hyppönen 1981). Valtion tuki tietenkin parantaa näidenkin sijoitusten kannattavuutta ja houkuttelevuutta.

Puuntuotantoinvestointien kansantaloudellinen merkitys

Aika ajoin on herännyt keskustelua siitä, onko yhteiskunnan yksityismetsiin suuntaama tuki enää nykyoloissa perusteltua. Viimeksi Matti Palo on useissa yhteyksissä todennut, että valtion yksityismetsiin suuntaamiin investointeihin ei ole "talousteoreettisia perusteita", koska investointi puuntuotantoon on yksityistaloudellisesti kannattavaa, kuten koko metsätalouskin. Valtion tukea voidaan hänen mielestään perustella vain "tulonjakonäkökohdilla". Päätelmiensä lopuksi Palo esittää metsänparannusjärjestelmän, yksityismetsälain ja metsämaan oston rajoitussäädösten purkamista (esim. Palo 1990).

Olisi voinut odottaa, että Palo Metsäntutkimuslaitoksen kansantaloudellisen metsäekonomian tutkimussuunnan professorina lähestyy paitsi yksityisiä metsänomistajia myös koko kansantaloutta ja maan eri osien aluetalouksia koskevaa, varsin suuren luokan kysymystä myös kansantalouden ja aluetalouden näkökulmasta. Sen sijaan hän tyytyy vain liiketaloudellisiin perusteluihin, jotka nekään eivät ole täysin yksiselitteisiä.

Johtuneekohan Palon tarkastelukulma siitä, että puuntuotantoon sijoitettujen panosten kansantaloudellisia kerrannaisvaikutuksia on tutkittu valitettavan vähän. On kyllä selvitelty erilaisten puuntuotanto-ohjelmien vaikutuksia metsä- ja puutalouteen. Samoin on tarkasteltu metsä- ja puutalouden suhdetta kansantalouteen erittelemättä kuitenkaan puuntuotantoinvestointien erillisvaikutuksia (esim. Haltia & Simula 1988).

Valtiovarainministeriössä on kehitetty ekonometrinen panos-tuotomalli, jonka avulla tarkastellaan talouden näkymiä. Ministeriön apulaisosastopäällikkö Seppo Suokko laski tällä vakiomallilla eräitä kansantalouden kehitystä vuosijaksolla 1985-1989 kuvaavia tunnuksia olettaen, että metsäteollisuuden tuotanto vastaisi 15 % toteutunutta alhaisempaa puuntuotannon tasoa kyseisellä aikajaksolla. Hän toisin sanoen oletti, että metsänparannustöitä ei olisi maassamme tehty juuri lainkaan.

Laskelman tulos on vaikuttava. Sen mukaan bruttokansantuote (BKT) olisi vuonna 1989 noin 4 % nykyistä alemmalla tasolla, työpaikkoja olisi vajaa 60 000 vähemmän, vaihtotaseen alijäämä olisi 6 miljardia markkaa suurempi ja ulkomaisen nettovelan osuus BKT:sta olisi 7

prosenttiyksikköä suurempi. Tulosten perusteella Suokko toteaa, että metsänparannuksen kansantaloudellista kannattavuutta ei voida asettaa kyseenalaiseksi (Suokko 1989).

Yksityismetsien puuntuottamiseen kohdistettavia valtion varoja tulisi ajatella myös kansantalouteen sijoitettavina investointeina eikä vain yksityiselle metsänomistajalle myönnettynä tukena tai yhteiskunnan tekemänä uhrauksena.

Investointien aluetaloudellinen merkitys

Suhteellisesti vieläkin suurempi merkitys metsänparannusjärjestelmällä on syrjäseutujen aluetalouksille. Esimerkiksi Lapissa ainoa aluetaloutta selkeästi koossa pitävä voima muodostuu metsä- ja puutaloudesta. Lapin Metsä 2000-ohjelman mukaan jokainen 10 000 kuutiometrin lisäys tai vähennys hakkuissa aiheuttaa 2,13 milj. markan muutoksen Lapin aluetalouden rahavirroissa. Yksi pysyvä metsurityöpaikka kertaantuu metsä- ja puutaloudessa 4-5-kertaiseksi ja koko aluetaloudessa 8-9-kertaiseksi (esim. Kuusela 1988).

Puun kasvatukseen panostaminen on erityisen tärkeää Lapissa. Täällä talousmetsät ovat vielä pitkälle tulevaisuuteen täyskäytössä. Teollisuus joutuu osittain turvautumaan tuontipuuhunkin. Yksityismetsien puun kasvatusta ajatellen edullisemmän sijainnin ja valtion metsiin kohdistuvan suojelupaineen vuoksi panostusta tulee suunnata nimenomaan yksityismetsiin (esim. Pohtila 1982). Suunnilleen nykyisen tasoinen metsänhoito- ja metsänparannustöiden ja varojen määrä riittää myös tulevaisuudessa. Lapin lain voimassaolon jatkaminen vuoden 1995 jälkeen on siten välttämätöntä (Lapin Metsä 2000-ohjelma 1988).

Aluepoliittisia näkökohtia on nimenomaan korostettu myös lainsäädännössä. Metsänparannuslain mukainen valtion suora tukihan kasvaa alueittain etelästä pohjoiseen. Tuen porrastus perustuu investointien kannattavuuden heikkenemiseen siirryttäessä Etelä-Suomen rintamailta pohjoiseen päin. Lapin laki koskee vain Lapin lääniä ja Kuusamon kuntaa.

Yksityismetsätaloutta koskevan metsänparannus- ym. säädösten purkaminen jättäisi yksityismetsät markkinavoimien varaan. Se ei ole järkevää kansantaloudellisesti, aluetaloudellisesti eikä yksityisen metsänomistajan kannalta. Jo kokeilun seurauksista saataisiin huonoimassa tapauksessa kärsiä vuosikymmeniä. Metsänparannussäännöstöä tulee sen sijaan edelleen jatkuvasti kehittää ajan vaatimuksia vastaavaksi. Seuraavassa esittelenkin vielä joitakin ajatuksia lainsäädännön ja sen soveltamisen kehittämisestä.

Metsänparannussäännöstön kehittäminen

Olisi tärkeää, että Suomeen saataisiin yhteisesti hyväksytty pitkän tähtäyksen puuntuotanto-ohjelma, jonka toteuttamiseen ja rahoittamiseen myös valtiolta sitoutuisi. Tällaisen ohjelman avulla metsänhoito, metsänparannus ja metsien käsittely saataisiin yksityismetsätaloudessa nykyistä pitkäjänteisemmäksi.

Metsänparannusrahoitukseen liittyvää byrokratiaa tulee vähentää. Nykyisin varojen käyttöä suunnittelevat ja ohjaavat Helsingissä Keskusmetsälautakunta Tapio, metsähallitus, maa- ja metsätalousministeriö, työvoimaministeriö ja valtiovarainministeriö. Maakunnallisille metsälautakunnille tulisi antaa enemmän päätösvaltaa sekä varojen kohdistamisessa että laina- ja avustusvarojen välisen suhteen järjestelyssä.

Byrokratiaa voidaan vähentää myös kentällä. Erityisesti uudistusalan raivaus, taimikonhoito ja karsinta ovat työläjejä, joissa paperityön vähentäminen on mahdollista hyödyntämällä tehokkaammin metsätalouden suunnittelun tuloksia.

Metsänparannustyöläjit tulisi asettaa tärkeysjärjestykseen ja varat suunnata ensisijassa tuotantoa turvaaviin työläjeihin: vajaatuottoisten metsien uudistamiseen, taimikonhoitoon, metsäojituksen kunnostukseen ja metsäteiden rakentamiseen, Etelä-Suomessa ehkä myös karsintaan. Jos työläjejä on tarvetta vähentää, niin metsänlannoitus ja uudisojitus tulisi poistaa ensimmäiseksi.

Metsänparannussäännöstöä tulee kehittää siten, että metsänomistajien omatoimista työpanosta saadaan lisättyä. Tämä helpottaisi myös uhkaavaa työvoimapulaa.

Kohdevalintaan maastossa tulee suhtautua entistä kriittisemmin. Metsänparannusvaroja tulee suunnata vain metsänhoitosuosituksen mukaisesti toteutettaviin, tarkoituksenmukaisiin töihin, ei sellaisiin, joissa tulokset jäävät epävarmoiksi ja heikoiksi jo etukäteen arvioiden. Kustannustietoisuutta pitää myös lisätä.

Ensiharvennusten ottamista metsänparannustuen piiriin on syytä harkita, koska suuri osa yhä lisääntyvistä nuorista metsistä uhkaa jäädä hakkuun heikon kannattavuuden vuoksi harventamatta. Tämä olisi kohtalokasta metsien tulevan kehityksen kannalta.

Kirjallisuus

- Aarnio, J. 1985. Suometsiköiden kasvatuksen yksityistaloudellinen edullisuus. Summary: The profitability of timber growing on peatlands from the standpoint of the private forest owner. *Folia Forestalia* 630. 39 s.
- Haltia, O. & Simula, M. 1988. Linkages of forestry and forest industry in the Finnish economy. Tiivistelmä: Metsä- ja puutalouden kytkennät Suomen kansantaloudessa. *Silva Fennica* 22(4):257-272.
- Hypönen, M. 1981. Eräiden metsikönkasvatusvaihtoehtojen edullisuus metsähallituksen Pohjois-Suomen metsissä. Summary: Profitability of some timber growing alternatives in the state forests of northern Finland. *Folia Forestalia* 463. 34 s.

- Hämäläinen, J. 1973. Profitability comparisons in timber growing: Underlying models and empirical applications. *Communications Institututi Forestalis Fenniae*. 77(4). 178 s.
- & Laakkonen, O. 1983. Turvemaan varttuneiden männiköiden lannoituksen edullisuus. Summary: Profitability of fertilization in mature Scots pine stands on peatlands. *Folia Forestalia* 570. 32 s.
- Keipi, K. & Laakkonen, O. 1980. Päätehakkuikäisten metsiköiden urealannoituksen kannattavuusvertailuja. Summary: Profitability comparisons of urea fertilization in old stands. *Folia Forestalia* 420. 35 s.
- Keltikangas, M. & Seppälä, K. 1973. Metsäojituksen, metsänlannoituksen ja metsityksen edullisuuden alueittainen vaihtelu. Summary: Regional variations in the profitability of forest drainage, forest fertilization and afforestation. Helsingin yliopiston metsätalouden liiketieteen laitoksen julkaisuja 11. 33 s. + liitteet.
- Kilkki, P., Kuusela, K. & Siitonen, M. 1977. Puuntuotanto-ohjelmat Etelä-Suomen piirimetsälautakuntien alueille. Summary: Timber production programs for the forestry board districts of Southern Finland. *Folia Forestalia* 307. 61 s.
- Kuusela, K. 1988. Metsä ja muuttuva yhteiskunta. Werner Söderström Osakeyhtiö, Porvoo-Helsinki-Juva. 138 s.
- Lapin Metsä 2000-ohjelma 1988. Lapin lääninhallitus. Rovaniemi. 147 s.
- Mattila, E. & Penttilä, T. 1987. Lapin ja Koillis-Suomen metsälautakuntien suometsät vuosina 1952-1984. Summary: Peatland forests of Lappi and Koillis-Suomi forestry board districts, North Finland, 1952-1984. *Folia Forestalia* 703. 49 s.
- Metsänviljelykustannusten toimikunnan mietintö. 1971. Komiteamietintö 1970:B 91. Summary: Report of the committee on the costs of forest planting and seeding. *Folia Forestalia* 109. 160 s.
- Paavilainen, E. & Tiihonen, P. 1988. Suomen suometsät vuosina 1951-1984. Summary: Peatland forests in Finland in 1951-1984. *Folia Forestalia* 714. 29 s.
- Palo, M. 1990. Metsäinvestointien kannattavuus hyvä. *Metsä ja Puu*. 1:14-16.
- Pohtila E. 1982. Lapin METSÄTALOUDEN ongelmat. Pellervon Taloudellinen Tutkimuslaitos. Katsaus 2. 51-58.
- Suokko, S. 1989. Metsänparannuksen kansantaloudellisista vaikutuksista. Esitelmä Aulangon puuhuutokaupassa 8.11.1989. Suomen Metsäyhdistys r.y. 2 s.
- Tapion vuosikirja 1988. 1989. Helsinki. 68 s.

Metsänparannusinvestointien yksityistaloudellisesta kannattavuudesta

Jukka Aarnio

Johdanto

Metsänparannuslain mukaan metsänparannustöitä varten osoitetut valtion tulo- ja menoarvion määrärahat on käytettävä yksityismetsien puuntuotannon edistämiseksi. Metsänparannusvarat onkin pyrittävä ohjaamaan kansantalouden kannalta tarkoituksenmukaisesti ottamalla huomioon maan eri osien olosuhteet (Metsänparannuslaki 1987).

Metsänparannusvaroilla tuetaan toimenpiteitä, jotka lisäävät puuston tilavuuskasvua sekä parantavat puun laatua ja kuljetusolosuhteita. Lähes kaikki metsänparannushankkeet ovat hyvin pitkävaikutteisia investointeja. Julkisella rahoituksella pyritäänkin lisäämään metsänomistajien investointihalukkuutta ja samalla parantamaan hankkeiden yksityistaloudellista kannattavuutta. Nykyinen metsänparannuslaki lisäsi mahdollisuuksia yksityismetsissä tapahtuvalle puuntuotannon voimaperäistämiseksi. Uusina työlajeina rahoitustuen piiriin tulivat kulotus, pystypuiden karsinta ja metsäojituksen kunnostus.

Varsinaiset päätökset metsänparannushankkeiden toteuttamisesta tekevät viime kädessä yksityismetsänomistajat, jotka harjoittavat metsätaloutta lähinnä yksityistaloudellisin perustein. Heidän tavoitteenaan voidaan pitää metsälöstään saamiensa hyötyjen maksimointia. Usealla metsänomistajalla tavoitteet liittyvät pelkästään puuntuotantoon, jota hän voi harjoittaa metsälössään toteuttamalla ainoastaan pakolliset uudistamisvaiheeseen liittyvät hoitotoimenpiteet. Metsänomistaja voi myös voimaperäistää puuntuotantoaan ja sitä kautta lisätä metsälöstään saatavaa tuottoa. Tavoitteisiinsa hän voi pyrkiä monin vaihtoehtoisin keinoin vaihtoehtoisissa investointikohteissa.

Rahoitus

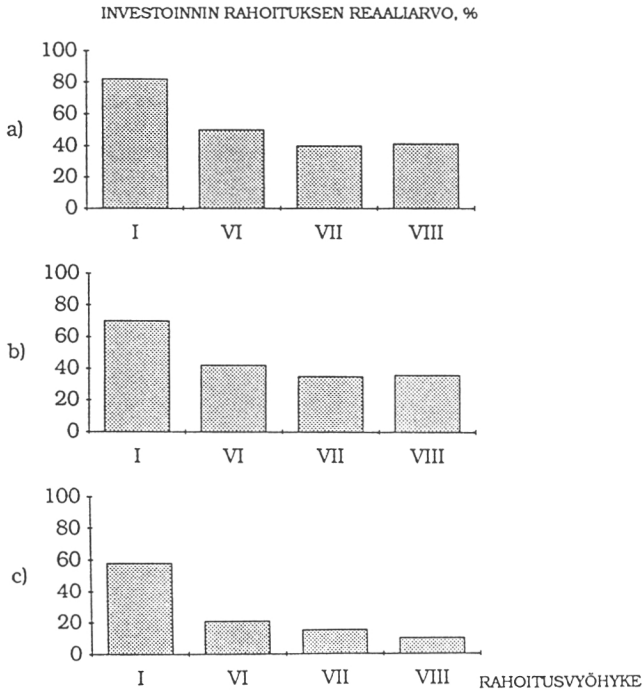
Metsänparannushankkeet voidaan toteuttaa joko metsänomistajan omin varoin tai valtion rahoitustuella. Nopein toteutustapa on omarahoitusvaihtoehto. Yleensä metsänomistajat pyrkivät rahoittamaan hankkeet metsänparannusvaroin eli avustuksella ja lainalla. Korottomat vapaavuodet, alhainen korkoprosentti ja pitkä takaisinmaksuaika lisäävät merkittävästi metsänparannuslainojen haluttavuutta.

Metsänparannussuunnitelmien laatimisesta ja toteutuksen työnjohdosta aiheutuneet kustannukset korvataan kokonaan valtion varoista.

Hankkeiden varsinaiset toteuttamiskustannukset rahoitetaan metsänparannusavustuksella ja -lainalla ja joissakin poikkeustapauksissa lyhytaikaisella ennakkorahoituksella. Metsänomistajan kustannukseksi jää pelkästään lainan takaisinmaksuerät.

Metsänparannuslain mukainen rahoitustuki on porrastettu työlajeittain ja alueittain. Periaatteena on tukea enemmän yksityistaloudellisesti kannattamattomampia työlajeja. Samoin tuki on suurin heikommassa metsien tuotto- ja puutavaran menekkiolosuhteissa eli Pohjois-Suomessa. Tämän perusteella maamme on jaettu 8 rahoitusvyöhykkeeseen, joista kolme pohjoisinta sisältävät Lapin läänin kokonaisuudessaan sekä osittain Oulun läänin. Työlajeittainen rahoitustuen porrastus on jaettu kolmeen eri ryhmään (Metsänparannusasetus 1987).

Lapin läänin alueella rahoittajan hyväksymien metsänparannushankkeiden avustusosuus on 40-70 prosenttia rahoitusvyöhykkeestä ja työlajeista riippuen. Lainoille myönnetään vastaavasti 2, 6, tai 8 korotonta vapaavuotta. Kuvassa 1 on esitetty avustusten jälkeen metsänomistajalle jäävän metsänparannuslainan reaaliarvo 1., 6., 7. ja 8. rahoitusvyöhykkeessä.



Kuva 1. Investoinnin rahoituksen reaaliarvo hankkeen toteuttamiskustannuksista (omarahoitus=100 %) työlajeittain ja rahoitusvyöhykeittäin (a=metsänlannoitus, b=karsinta, metsäojituksen kunnostus ja metsätien tekeminen, c=muut metsänparannustyöajit).

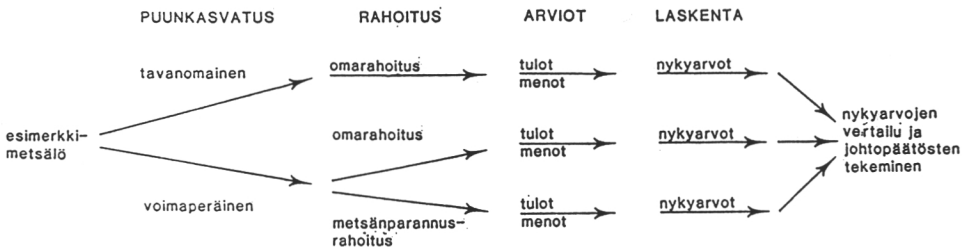
Kuvassa 1 on investoinnin rahoituksen reaaliarvo 100 %, kun metsänomistaja maksaa hankkeen omin varoin toteuttamisvuonna. Mikäli inflaation oletetaan olevan tulevaisuudessakin keskimäärin 7 %, niin metsänlannoituksissa (kuva 1a) lainojen metsänomistajalle jäävä kustannusosuus on Lapin läänissä 40-50 % hankkeiden toteuttamiskustannuksista (Aarnio 1989). Pystypuiden karsinnassa, metsäojituksen kunnostuksessa ja metsäteiden tekemisessä vastaava osuus on 35 tai 45 %:a rahoitusvyöhykkeestä riippuen (1b). Muissa metsänparannustyölajeissa metsänomistajan maksettavaksi jää 11, 15 tai 21 % toteuttamiskustannuksista rahoitusvyöhykkeestä riippuen (1c). Kuvasta 1 näkyy myös minkälaiseksi muodostuu investoinnin rahoituksen reaaliarvo 1. rahoitusvyöhykkeessä, jossa avustusprosentti on 0 ja korottomia vapaavuosia on kaikissa työlajeissa 2.

Kannattavuus metsälötasolla

Voimaperäistämisen vaikutuksista metsälötason kannattavuuteen on tänä vuonna valmistunut tutkimus (Aarnio 1990). Siinä verrattiin tavanomaisen ja voimaperäisen puuntuotannon kannattavuutta eteläsuomalaisia yksityismetsiä edustavalla esimerkkimetsälöllä, jossa oli 22 metsikkökuviota yhteispinta-alaltaan 35,6 ha. Tavanomaisessa kasvatusvaihtoehdossa toteutettiin pelkästään pakolliset uudistamisvaiheeseen liittyvät metsänhoitotyöt. Voimaperäisessä vaihtoehdossa oletettiin tehtävän kulotusta ja metsätien tekemistä lukuunottamatta kaikkia muita metsänparannustyölajeja.

Metsiköittäinen kasvu ja kehitys arvioitiin Etelä-Suomen metsille laadittujen mallien perusteella. Metsänparannus- ja yksityismetsälakiin perustuvat ohjeet ja suositukset asettivat rajoitteita molempien kasvatusvaihtoehtojen hakkuu- ja hoitosuunnitelmille. Sekä näiden ulkopuolelta annettujen että metsänomistajan omien kriteerien perusteella muodostui metsälön lopullinen hakkuu- ja hoitosuunnitelma, joka arvotettiin metsänparannustuen 1. rahoitusvyöhykkeen keskimääräisillä kantohinnoilla ja kustannuksilla. Avustusprosentti on tällä alueella 0. Voimaperäistäminen on oletettu suoritettavan kannattavuusvertailuissa siten joko kokonaan metsänparannuslainalla tai metsänomistajan omin varoin.

Kuvassa 2 on esitetty kannattavuuden laskentamenetelmä, jossa lähtökohtana oli muodostettu esimerkkimetsälö. Tavanomaiselle ja voimaperäiselle kasvatusvaihtoehdoille laadittiin aluksi hakkuu- ja hoitosuunnitelmat. Rahoitustavasta riippuen seuraavaksi laadittiin eri vaihtoehtoilta tulo- ja menosarjat. Lopuksi tehtiin johtopäätökset laskettujen nykyarvojen perusteella.



Kuva 2. Kannattavuuden laskentamenetelmä.

Puunkasvatusvaihtoehtojen kannattavuusvertailu tehtiin katetarkastelun avulla, jossa osatekijöittäin vähentämällä voitiin seurata katteiden nykyarvojen kehitystä. Diskontattujen tulojen ja menojen katelaskelma-kaavio on seuraavanlainen:

Kantorahatutot
- Puunkasvatuksen metsänhoitomeno
- Puunkasvatuksen metsänparannusmenot
Puuntuotannon kate
- Hallinto- ym. yleismeno
Kate ennen veroja
- Metsänhoitomaksu
- Verot
Kate verojen jälkeen

Ainoana tulokomponenttina kaaviossa on pystykaupoista saatavat kantorahatutot, joista eri menoerät vuorollaan vähentämällä saadaan katteiden nykyarvot. Lopullisena tuloksena saatiin metsänomistajalle jäävien nettotulojen nykyarvo eli kate verojen jälkeen.

Voimaperäistäminen lisäsi puunkasvatuksen menoja lähes 50 %:lla verrattuna tavanomaiseen kasvatusvaihtoehtoon rahoitettaessa hankkeet metsänparannuslainalla. Omarahoitusvaihtoehdossa vastaava lisäys oli yli 60 %. Hakkuumahdollisuudet lisääntyivät voimaperäistämisen ansiosta noin 10 %:lla. Kasvatus- ja rahoitusvaihtoehtojen suhteellisia kannattavuuseroja verrataan tässä yhteydessä pelkästään 4 %:n laskentakorkokannalla.

Taulukko 1. Voimaperäisen kasvatusvaihtoehdon tulojen ja eri katteiden nykyarvojen suhteelliset arvot tavanomaisen vaihtoehdon vastaavista arvoista (=100) eri rahoitusvaihtoehdoilla.

	Omarahoitus	Metsänparannus- rahoitus
Kantorahatulot	114	114
Puuntuotannon kate	109	111
Kate ennen veroja	109	111
Kate verojen jälkeen	112	115

Voimaperäistämisen vaikutukset sekä tulojen että eri katteiden nykyarvoihin näkyvät taulukosta 1 suoraan prosentteina, koska tavanomaisen kasvatusvaihtoehdon vastaavaa nykyarvoa merkitään 100:lla. Voimaperäistäminen on lisännyt 14 %:lla kantorahatulota ja 4 %:n laskentakorkokannalla. Sekä puuntuotannon kate että kate ennen veroja osoittavat voimaperäisen kasvatusvaihtoehdon 9 tai 11 % kannattavamaksi kuin tavanomaisen puuntuotannon. Metsänomistajan omin varoin toteutettuna kate verojen jälkeen eli metsälön omistuskate osoittaa voimaperäistämisen antavan 12 % suuremman katteen nykyarvon kuin tavanomainen kasvatusvaihtoehto. Metsänparannuslainalla toteutettuna vastaava prosentti on 15. Metsänparannusrahoituksella voidaan lisätä suhteellista kannattavuutta 2-3 %-yksiköllä verrattuna omarahoitusvaihtoehtoon.

Metsiköittäinen kannattavuus

Metsänparannushankkeiden yksityistaloudellisissa kannattavuusvertailuissa pääpaino on ollut lannoituksissa. Kangasmaiden osalta tutkimusten kohteina ovat olleet sekä Etelä- että Pohjois-Suomen varttuneet kuusikot ja männiköt (Keipi & Laakkonen 1980, Laakkonen ym. 1983). Aarnion (1985) tutkimuksessa on tarkasteltu metsänkasvatuksen kannattavuutta ojitetuilla ja ojittamattomilla turvemilla. Em. tutkimukset perustuvat ennen vuotta 1987 voimassa olleeseen metsänparannuslain-säädäntöön.

Metsänparannusrahoituksella toteutetuissa urealannoituksissa saivat Keipi & Laakkonen (1980) keskimäärin 20 %:n sisäisiä korkoja Etelä- ja Pohjois-Suomen päätehakkuukäisissä männiköissä. Lannoitusinvestoinnin vastaavat sisäiset korot olivat kuusikoissa noin 10 %. Em. tutkimuksen mukaan alueellisia kannattavuuseroja oli onnistuttu ta-soittamaan. Typpilannoituksen kannattavuutta selvittäneessä tutkimuksessa osoittautui kannattavimmaksi lannoittelajiksi oulunsalpietari

ja seuraavaksi urealannoitus ja kannattamattomimmaksi tyypirikas Y-lannos (Laakkonen ym. 1983). Metsänparannusrahoitusta käytettäessä saatiin em. lannoitelajeilla Etelä-Suomen männiköissä keskimäärin 34 %:n ja Pohjois-Suomessa vastaavasti 17 %:n reaalin sisäinen korko. Kuusikoissa Etelä-Suomen vastaavat sisäiset korot olivat 30 % ja Pohjois-Suomen 7 %.

Ojitusinvestoinnin erilliskannattavuus on laskettu Aarnion (1985) tutkimuksessa ojitetun ja ojittamattoman kasvatusvaihtoehdon erotuksena. Nykyarvolaskelman lopputuloksena saatiin ojitushankkeen erilliskate verojen jälkeen. Nykyarvot osoittivat selvästi kannattavimmaksi vaihtoehdoksi Etelä-Suomen korvet. Toiseksi parhaimpina voitiin pitää Etelä-Suomen sekä rehevimpiä että vielä karujakin rämeitä. Pohjois-Suomen rämeiden ja korprien erilliskatteiden nykyarvot jäivät huomattavasti edellisiä pienemmiksi. Rahoitustuen ja verovapaavuusien porrastuksesta huolimatta ojitusinvestoinnin yksityistaloudellinen kannattavuus oli siten Etelä-Suomessa huomattavasti suurempi kuin Pohjois-Suomessa.

Päätelmiä

Metsikkötasolla tehdyt yksityistaloudelliset laskelmat osoittavat alueellisten kannattavuuserojen tasoittuneen jonkin verran julkisen vallan tuen ansiosta. Voimaperäistämiseen liittyvät tuotto-odotukset pienenevät kuitenkin edettäessä etelästä pohjoiseen. Samoin investointien kypsyminen aika on Etelä-Suomessa huomattavasti lyhyempi kuin Pohjois-Suomessa. Nämä seikat lisäävät samalla hankkeisiin liittyvää riskiä ja vaikuttavat yksityistaloudelliseen kannattavuuteen.

Eteläsuomalaisia yksityismetsiä edustavalla esimerkkimetsälöllä puuntuotannon kannattavuus parani runsaalla 10 %:lla "voimaperäistämispaketin" ansiosta. Vastaavanlaisen voimaperäistämishojelman laatiminen pohjoissuomalaiselle metsälölle ei kuitenkaan ole mahdollista, koska Metsähallituksen antamat lämpösummarajat estävät useimpien työlajien kohdalla metsänparannusvarojen käytön pohjoisimmilla rahoitusvyöhykkeillä (Ohjekirje... 1988). Metsiköittäisten kannattavuusvertailujen ja rahoitustuen rajoitusten perusteella jää kokonaisvaikutelmaksi, että metsälötason kannattavuuteen ei voida vaikuttaa samassa määrin Pohjois-Suomessa kuin Etelä-Suomessa.

Kirjallisuus

- Aarnio, J. 1985. Suometsiköiden kasvatuksen yksityistaloudellinen edullisuus. Summary: The profitability of timber growing on peatlands from the standpoint of the private forest owner. *Folia Forestalia* 630. 39 s.
- 1989. Metsänparannusinvestointi puuntuotannon voimaperäistämiskeinona. *Met-säntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 330: 30-38.

- 1990. Voimaperäistämisen vaikutus metsälön puuntuotannon yksityistaloudelliseen kannattavuuteen. Summary: Intensive timber growing and profitability in private forestry. Folia Forestalia 748. 29 s.
- Keipi, K. & Laakkonen, O. 1980. Päätehakkuikäisten metsiköiden urealannoituksen kannattavuusvertailuja. Summary: Profitability comparisons of urea fertilization in old stands. Folia Forestalia 420. 35 s.
- Laakkonen, O., Keipi, K. & Lipas, E. 1983. Typpilannoituksen kannattavuus varttuneissa kangasmetsissä. Summary: Profitability of nitrogen fertilization in mature forests on mineral soils. Folia Forestalia 577. 20 s.
- Metsänparannusasetus. Suomen asetuskokoelma 30.4.1987.
- Metsänparannuslaki. Suomen asetuskokoelma 140/1987.
- Ohjekirje keskusmetsälautakunnille ja metsälautakunnille metsänparannustoiminnasta. 6.5.1988. Ohje n:o Ym. 1. Metsähallitus. 19 s. + 1 liite.

Metsäojituksen vaikutus puustoon ja sen kasvuun Pohjois-Suomen turvemilla

Timo Penttilä

Johdanto

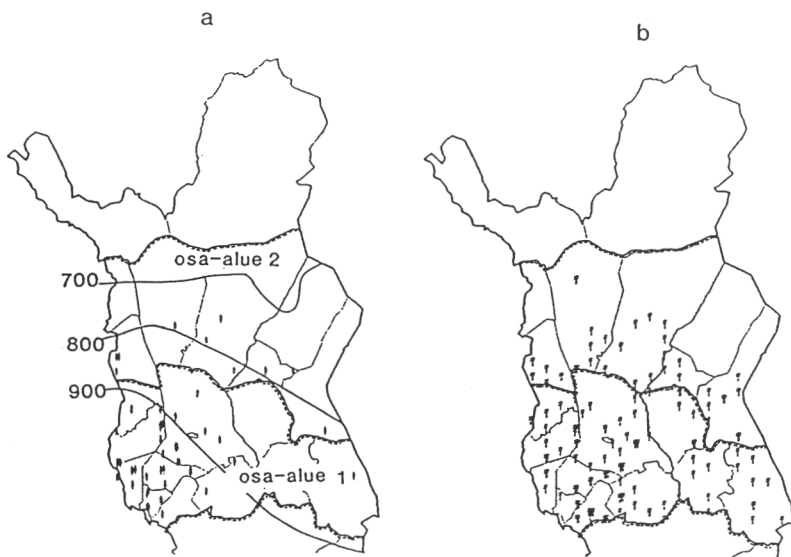
Suomessa ilmastotekijöillä on merkittävä vaikutus puiden ja metsien kasvuun ja siten myös metsien kasvun lisäämiseen tähtäävien toimenpiteiden, kuten metsäojituksen tulokseen ja kannattavuuteen. Metsäojituskohdeiden valintaa koskevissa ohjeissa ojituksen toimenpideraja määräytyy nykyisin suotyypin, lämpösumman ja puuston määrän mukaan.

Useimmilla avosuotyypeillä ja karuimmilla rämeillä ojituksen toimenpideraja on Etelä-Suomessa, kun taas useimmat metsäiset suotyypit ovat metsänkasvatuskelpoisia varsin pohjoisessakin. Metsäojituksen mielekkyydestä etenkin Pohjois-Suomessa on kuitenkin jatkuvasti kiistely. Ohjeet ojituskohdeiden valinnasta perustuvat lähinnä eri suotyyppien ojituksen jälkeiseen puuntuotokseen ja edelleen ojitusinvestoinnin taloudelliseen kannattavuuteen erilaisissa oloissa. Lukuisten ja perusteellisten tutkimusten perusteella (esim. Heikurainen 1959, Heikurainen & Seppälä 1973, Keltikangas ym. 1986) puuston keskimääräinen kehitys eri suotyypeillä ojituksen jälkeen tunnetaankin melko hyvin. Suometsien kehitysennusteiden ja metsänhoito-ohjeiden perustaksi ei kuitenkaan ole riittävän tarkkaa tietoa esim. eri puulajien reagoinnista ojitukseen ja kasvusta ojituksen jälkeen.

Tässä esityksessä tarkastellaan metsäojituksen vaikutusta kasvupaikkatunnuksiin ja puustotunnuksiin viimeaikaisten tutkimusten ja käynnissä olevan tutkimushankkeen alustavien tulosten perusteella. Tavoitteena on arvioida ojituksen vaikutusta puuston vuotuisen tilavuuskasvuun Pohjois-Suomen turvemaiden nykymetsissä sekä ennakoita tulevaa kehitystä puuston tilavuuteen suhteutetun kasvun avulla.

Aineisto ja menetelmät

Tutkimusalue ja sitä koskevat keskimääräisen tehoisan lämpösumman kuvaajat vuosijaksolta 1941-1970 on esitetty kuvassa 1a. Perä-Lapin (kuvassa 1a osa-alueen 2 pohjoispuolella) osalta tarkastellaan vain kasvupaikkatunnuksia eikä lainkaan puustotunnuksia, koska Perä-Lapin soilla on vain hyvin vähäinen metsätaloudellinen merkitys.



Kuva 1. Tutkimusalueen jako osa-alueisiin ja kasvukauden tehoisa lämpösumma vuosien 1941-1970 keskiarvona sekä tutkimuksessa käytettyjen pysyvien kasvukoealojen (SINKA) sijainti (a - kuusivaltaiset, b - mäntyvaltaiset).

Pohjois-Suomen soita ja suometsiä koskevia tunnuksia tarkastellaan pääasiassa valtakunnanmetsien inventointien (VMI) julkaistujen tulosten perusteella (Mattila & Penttilä 1987, Paavilainen & Tiihonen 1988). Tuloksia vuosina 1930-1978 ojitettujen soiden inventoinnista (Keltikangas ym. 1986) käytettiin kuvattaessa tutkimusalueen ojitettujen soiden suotyypijakaamaa.

Ojituksen vaikutusta suometsien kasvuun tarkasteltiin kahdella tavalla. Yhtäältä verrattiin toisiinsa ojitettujen ja ojittamattomien soiden vuotuista keskikasvua VMI 7:n laskentatulosten perusteella. Keskikasvu laskettiin erikseen männyille, kuuselle ja lehtipuille (lähinnä hieskoivua) sekä kaikille puulajeille yhdessä. Toisaalta ojituksen vaikutusta tarkasteltiin analysoimalla alustavasti suometsien pysyviltä kasvukoealoilta (ns. SINKA-koealat, Penttilä & Honkanen 1986) kertynyttä tilavuuskasvuaineistoa. Edelleen vertailtiin SINKA-metsiköiden runkopuutilavuuteen suhteutettua tilavuuskasvua kangasmaiden viljeltyjen havumetsiköiden kasvatusmalleihin.

SINKA-koealat perustettiin tutkimusalueelle vuosina 1984-1989. Niihin kuuluu sekä ojittamattomia että ojitettuja metsiköitä, jotka poimittiin ositettuna alaotoksena VMI 7:n maastokoealoista. Tähän tarkasteluun otettiin mukaan vain sellaiset metsiköt, joissa valtapituus oli vähintään 5 metriä ja lehtipuiden osuus runkopuutilavuudesta enintään 50 %. Tilavuuskasvun laskennassa käytettiin Heinosen (1981) kehittämää KPL-ohjelmistoa.

Tulokset

Suoala ja kasvupaikat

Lapin läänissä ja Kuusamon kunnan alueella on soita kaikkiaan noin 3,4 milj. ha. Tämä on noin kolmannes sekä alueen maapinta-alasta että myös koko valtakunnan suo-alasta. Tarkastelualueella soiden metsäoijitus alkoi laajamittaisena 1960-luvulla. 1980-luvulle tultaessa turvemaiden metsäoijituspinta-ala oli vajaat 800 000 ha eli alle neljännes suo-alasta. Ojitus on kohdistunut pääosaksi alueen eteläosaan eli ilmastollisesti parhaille puuntuotantoalueille, sillä 53 % Lapin ojitetuista soista on Pellon, Rovaniemen, Ranuan ja Lapin kolmion alueella ja 71 % alueella, johon edellisten lisäksi kuuluvat Kemijärvi, Posio ja Kuusamo. Perä-Lapissa (Inari, Utsjoki, Enontekiö) ojitusta ei ole tehty nimeksikään (Mattila & Penttilä 1987).

Ojitettujen ja ojitamattomien soiden pinta-alan jakautuminen maa- luokkiin kolmannen, viidennen ja seitsemännen VMI:n mukaan on esitetty taulukossa 1. VMI 7:n (1982-1984) mukaan 70 % ojitetuista soista luokiteltiin metsämaaksi (kasvu yli 1 m³/ha/v), 24 % kitumaaksi (0,1-1 m³/ha/v) ja 6 % joutomaaksi. Keskimäärin 16 % Lapin talousmetsien metsämaan alasta on turvemaata. Lounais-Lapissa turvemaan osuus metsämaasta on 45 %. Metsäoijituksen seurauksena metsämaan soiden ala on Lapissa lisääntynyt 1950-luvun alusta lähes 200 000 ha (30 %), ja se tulee todennäköisesti edelleenkin lisääntymään (Mattila & Penttilä 1987).

VMI 7:n tulosten mukaan (Mattila & Penttilä 1987) vain 8 % tutkimusalueen ojitetuista metsämaan soista oli saavuttanut turvekangasasteen, ja valtaosa ojitusalueista on muuttumavaiheessa (taulukko 2). Keltikankaan ym. (1986) mukaan Lapin ojitusalueet jakautuivat päätyyppiryhmiin seuraavasti:

korvet	21%
rämeet	54%
avosuot	12%
kankaat	13%

Korpien ojitusala jakautui ravinteisuusluokkiin melko tasaisesti, mutta rämeillä on ojitettu selvästi eniten karuhkoja piensaraisia soita (taulukko 3). Keltikankaan ym. (1986) mukaan tutkimusalueella on ojitettu avosoiita noin 100 000 ha. Niistä sekä karuista rämeistä koostuneen pääosin ojitettujen kitu- ja joutomaan soiden ala (ks. taulukko 1).

Taulukko 1. Ojitettujen ja ojittamattomien soiden pinta-ala maaluokittain eri inventoinneissa (koko tutkimusalue).

Maaluokka	VMI 3 1952-53	VMI 5 1969-70	VMI 7 1982-84
		1000 ha	
Metsämaa			
ojitettu	4	206	539
ojittamatta	613	352	310
Kitumaa			
ojitettu	25	181	193
ojittamatta	1212	1086	1016
Joutomaa			
ojitettu	19	89	44
ojittamatta	1713	1644	1336
Yhteensä			
ojitettu	48	476	776
ojittamatta	3538	3082	2662

1) Metsämaa - puuston keskimääräinen vuotuinen kasvu suotuisimpien puustolosuhteiden vallitessa ja ohjekiertoaikaa käytettäessä vähintään 1 m³/ha

Kitumaa - keskimääräinen kasvukyky 1,0-0,1 m³/ha

Joutomaa - keskimääräinen kasvukyky alle 0,1 m³/ha

Taulukko 2. Metsämaan korpien ja rämeiden jakauma kuivatusasteittain (osa-alueet 1,2; Mattila & Penttilä 1987).

Kuivatusaste	Korvet	Rämeet	Yhteensä
		1000 ha	
Ojittamatta	147	161	308
Ojitettu	198	339	539
ojikko	25	48	73
muuttuma	139	282	422
turvekangas	34	9	44
Yhteensä	345	500	848

Taulukko 3. Ojitettujen soiden jakauma kasvupaikkatyypeittäin Keltikankaan ym. (1986) mukaan (koko tutkimusalue).

Kasvupaikkatyyppi	Korvet		Rämeet		Avosuot	
			1000 ha	%		
Letto- ja lehtosuot	47	24	80	17	21	21
Ruohoiset suot	56	28	49	10	23	23
Mustikkaiset ja suursaraiset suot	49	25	59	13	42	41
Puolukkaiset ja piensaraiset suot	44	23	273	58	13	13
Tupasvillaiset ja isovarpuiset suot			6	1	2	2
Rahkaiset suot			4	1		
Yhteensä	196	100	471	100	101	100

Puustotunnukset

Puuston keskitilavuus oli VMI 7:n tulosten mukaan (taulukko 4) ojittuilla metsämaan soilla pienempi kuin ojittamattomilla metsämaan soilla. Tämä lienee seurausta yhtäältä ojituksen yhteydessä toteutetuista hakkuista ja toisaalta vähäpuustoisien kitu- ja joutomaan siirtymisestä ojituksen jälkeen metsämaaksi (Mattila & Penttilä 1987). Korvissa lehtipuiden osuus keskitilavuudesta oli muuttumilla ja turvekankailla selvästi suurempi kuin ojittamattomilla soilla ja ojikoilla. Sen sijaan sekä ojittamattomat että ojitetut rämeet olivat varsin puhtaita männiköitä.

Ojituksen vaikutusta puuston tilavuuskasvuun tarkasteltiin aluksi VMI 7:n aineistosta laskettujen tilavuuskasvuestimaattien avulla (taulukko 5). Etelä-Lapin rämeillä ja korvissa ojitus on selvästi lisännyt kasvua. Sen sijaan Keski-Lapissa ojituksen vaikutusta ei voitu keskikasvulukujen perusteella osoittaa. Lehtipuut reagoivat keskikasvun perusteella ojitukseen paremmin kuin mänty ja mänty paremmin kuin kuusi.

Taulukko 4. Puuston keskitilavuus puulajeittain metsämaan korvien ja rämeiden eri kuivatusasteissa Mattilan & Penttilän (1987) mukaan (osa-alueet 1,2).

Kuivatusaste	Puulaji ¹⁾			
	1	2	3	1-3
	m ³ /ha			
Korvet				
ojittamatta	4,5	28,3	21,5	54,3
ojikko	3,8	12,8	13,5	30,1
muuttuma	2,2	14,8	22,0	39,0
turvekangas	3,5	18,8	41,1	63,4
Rämeet				
ojittamatta	21,1	3,5	4,1	28,7
ojikko	8,5	1,4	2,4	12,3
muuttuma	16,7	1,6	2,6	20,9
turvekangas	16,9	0,8	4,5	22,2

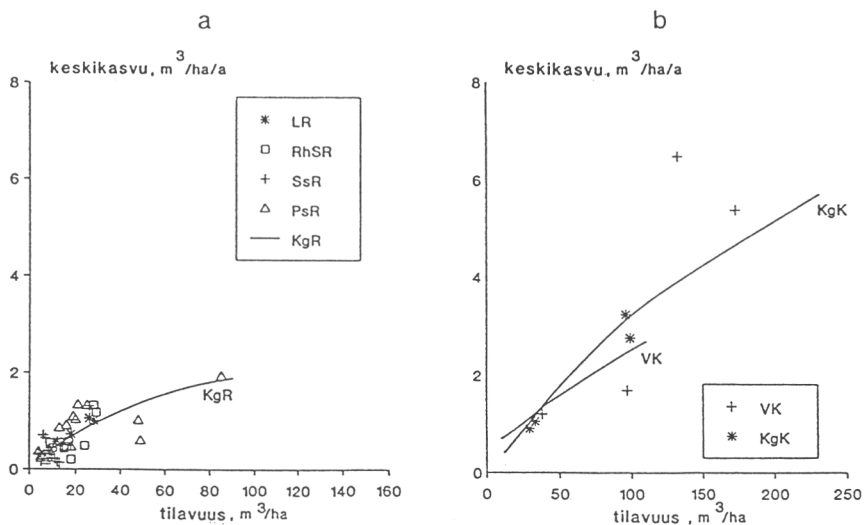
1) 1 - Mänty
2 - Kuusi
3 - Lehtipuut

Taulukko 5. Puuston vuotuinen keskikasvu puulajeittain (ks. taulukko 4) metsämaan ojitetuilla ja ojittamattomilla soilla Mattilan & Penttilän (1987) mukaan (osa-alueet 1,2).

	Puulaji							
	Ojittamatta				Ojitettu			
	1	2	3	1-3	1	2	3	1-3
	m ³ /ha/v							
Rämeet								
osa-alue ¹⁾ 1	0,59	0,07	0,15	0,81	0,89	0,08	0,19	1,16
osa-alue 2	0,49	0,07	0,05	0,61	0,66	0,05	0,06	0,77
Korvet								
osa-alue 1	0,15	0,68	0,59	1,42	0,20	0,74	1,63	2,57
osa-alue 2	0,10	0,49	0,60	1,19	0,06	0,47	0,67	1,20
Kaikki suot								
osa-alue 1	0,42	0,31	0,32	1,05	0,63	0,32	0,72	1,67
osa-alue 2	0,26	0,32	0,38	0,96	0,45	0,20	0,28	0,93
yhteensä	0,35	0,31	0,34	1,00	0,58	0,29	0,61	1,48

1) ks. kuva 1.

Inventointimenetelmä, jota VMI 7:ssä Lapissa käytettiin (Mattila 1985), ei anna mahdollisuuksia riittävän luotettavaan keskikasvun arviointiin kovin pienille ositteille, kuten eri puulajeille soiden eri ravinteisuustasoilla. Tästä syystä tarkasteltiin ravinteisuuden vaikutusta ojituksen aiheuttamaan kasvunlisäykseen myös SINKA-koealojen alustavien tulosten perusteella (kuvat 2 ja 3). Ojittamattomien soiden aineisto on Lapin SINKA-verkostossa metsikkötasolla suhteellisen pieni erityisesti korpisoilla. Siksi ojittamattomien soiden kasvun osalta tukeuduttiin tässä tutkimuksessa myös Gustavsenin & Päiväsen (1986) VMI 3:n aineistosta laatimiin luonnontilaisten suometsien kasvumalleihin. Ojittamattomien SINKA-koealojen puuston tilavuuskasvuhavainnot näyttivät sopivan yhteen kyseisten mallien kanssa (kuva 2). Gustavsen & Päivänen (1986) totesivat, että ojittamattomilla soilla ravinteisuus ei kovinkaan paljon vaikuta puuston kasvun vaihteluun, vaan sitä selittävät parhaiten vesitalouteen liittyvät tekijät. SINKA-aineiston havainnot ojittamattomien soiden osalta vahvistavat tätä tulosta (kuva 2a). Niinpä päätettiin, että ojittamattomia metsämaan soita vastaavana referenssimallina kaikille ojitetuille rämetypeille voidaan käyttää Gustavsenin & Päiväsen (1986) esittämää kangasrämeen kasvumallia Pohjois-Suomea varten. Samaan tapaan ojittamattomien korprien kasvumalleja (kuva 2b) käytettiin hyväksi selvittäessä ojituksen vaikutusta korpimetsiköiden kasvuun.



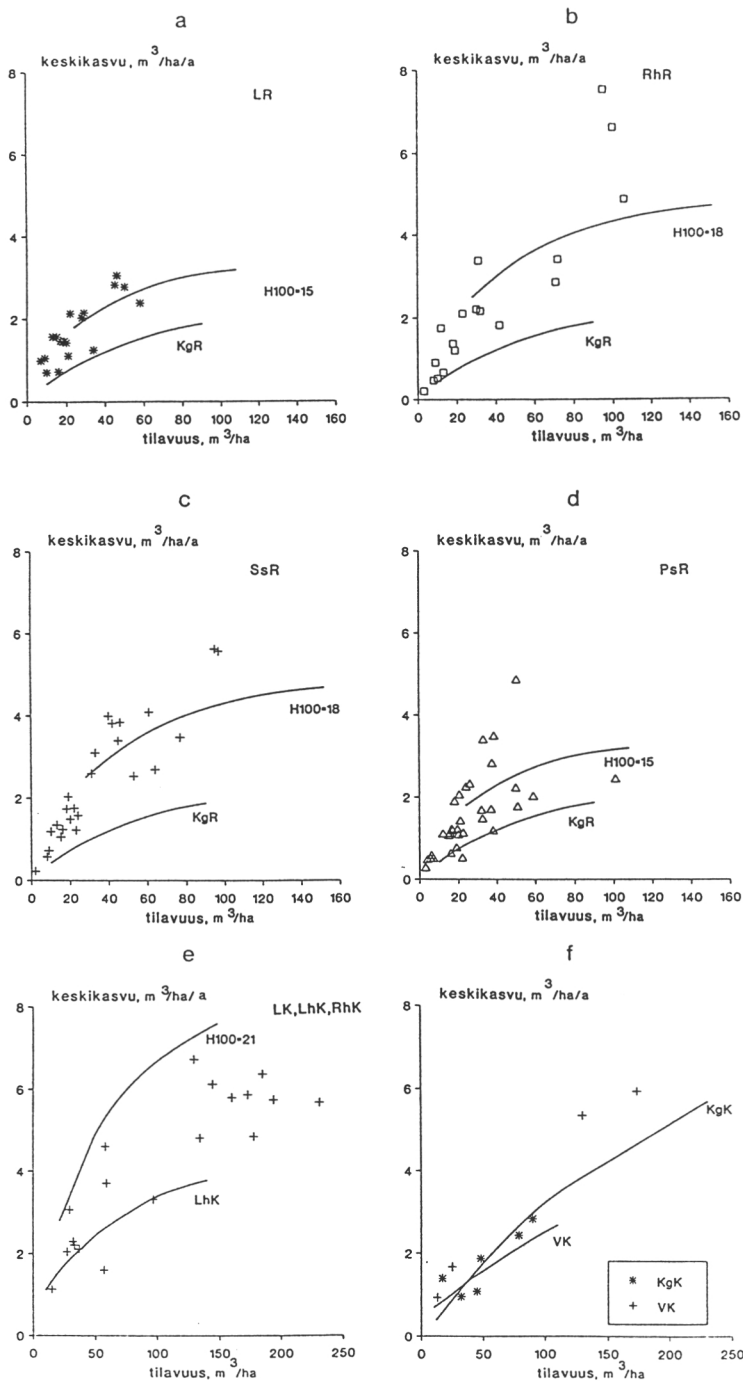
Kuva 2. Menneen 5-vuotiskauden vuotuinen keskikasvu metsikön tilavuuden funktiona ojittamattomilla rämeillä (a) ja ojittamattomissa korvissa (b) Pohjois-Suomessa. Kukin havainto edustaa yhtä SINKA-metsikköä (ks. teksti), kuvaajat Gustavsenin & Päiväsen (1986) mukaan. LR - lettoräme, RhSR - ruohoinen sararäme, SsR - suursararäme, PsR - piensararäme, KgR - kangasräme, KgK - kangaskorpi, VK - varsinainen korpi.

Puuston tilavuuteen suhteutetun tilavuuskasvun perusteella mäntyvaltaisissa suometsissä kaikilla ravinteisuustasoilla piensaraisista lettoisiin oli havaittavissa selvä ojituksen aiheuttama tilavuuskasvun lisäys (kuvat 3a-d). Ruohoisilla ja suursaraisilla kasvupaikoilla kasvunlisäys oli keskimäärin suurempi kuin lettoisilla ja piensaraisilla. Suhteellisen kasvun vaihtelu erityisesti ruohoisilla ja piensaraisilla soilla oli kuitenkin huomattavan suuri.

Korpien osalta tähän tutkimukseen valittiin vain kuusivaltaiset metsiköt, mikä Mattilan & Penttilän (1987) mukaan tarkoittaa 41 % tutkimusalueen korpien alasta. Kuusivaltaisissa letto- ja ruohokorvissa ojitus näytti lisänneen kasvua selvästi. Sen sijaan karumpien korpien osalta kasvunlisäystä ei ollut havaittavissa (kuvat 3e, 3f).

Viljeltyjen havumetsien kasvatusmalleihin (Vuokila & Väliaho 1980) verrattuna lettorämeiden ja piensararämeiden kasvun taso ojituksen jälkeen näytti vastaavan keskimäärin pituusboniteettia $H_{100}=15$, ja ruoho- ja suursararämeillä vastaavasti pituusboniteettia $H_{100}=18$ (kuvat 3a-d). Ojittamattomien soiden kasvun tasoa vastaavaa kasvatustallia ei viljeltyjen havumetsiköiden malleihin sisälly. Extrapoloimalla voidaan kuitenkin arvioida, että ojittamattomia metsämaan rämeitä vastaava pituusboniteetti olisi korkeintaan $H_{100}=12$. Tätä tukevat myös Gustavsenin & Päiväsen (1986, s.11) esittämät puustotunnukset ojittamattomilta soilta. Näin arvioitujen pituusboniteettien sekä Vuokilan & Väliahon (1980) tuotostaulukoiden perusteella voidaan hyvin karkeasti arvioida, että ojitus lisää puuston keskikasvua kiertoajan kuluessa tutkimusalueen ruoho- ja suursararämeillä keskimäärin 2 m³/ha vuosittain sekä letto- ja piensararämeillä keskimäärin 1 m³/ha.

Letto- ja ruohokorpien suhteellinen kasvu oli keskimäärin alhaisempi kuin viljeltyjen kangasmaan kuusikoiden pituusboniteettia $H_{100}=21$ edustavissa metsiköissä (kuva 3e). SINKA-aineiston karumpien korpien aineistossa suhteellisen kasvun taso viittasi siihen, että ojitus ei ollut lisännyt kuusivaltaisten puustojen kasvua. Vähäisen aineiston vuoksi katsottiin, että pituusboniteettivertailujen avulla ei ole mahdollista selvittää karkeastikaan, kuinka suuri ojituksen vaikutus kuusivaltaisten rehevien korpien puuston kasvuun olisi pitemmällä aikajänteellä.



Kuva 3. Ojitettujen SINKA-metsiköiden vuotuisen keskikasvun havainnot suotyypeittäin tutkimusalueella, ojitamattomien metsiköiden kasvun kuvaajat Gustavsenin & Päiväsen (1986) mukaan sekä kivennäismaan viljeltyjen havumetsiköiden eri valtapitusluokkien kasvun kuvaajat Vuokilan & Väliähon (1980) mukaan. Kuvaajista LhK edustaa ojitamattomia reheviä korpia; KgR, KgK, VK kuten kuvassa 2.

Tulosten tarkastelua

Ankarien ilmasto-olojen ja avosoiden suuren suhteellisen osuuden vuoksi soiden ojitus metsänkasvatusta varten ei ole Pohjois-Suomessa ollut läheskään yhtä intensiivistä kuin Etelä-Suomessa. Viimeaikaiset ojitusalueiden inventoinnit ovat osoittaneet, että Lapissa ojituskohteiden valinta ei ole ojitusinvestoinnin taloudellista tulosta silmällä pitäen ollut aina paras mahdollinen. Siitä huolimatta mm. metsämaaksi luokitettavien soiden ala on ojituksen vaikutuksesta lisääntynyt merkittävästi 1950-luvun tilanteeseen verrattuna, jolloin metsäojitusta oli tehty vain hyvin vähäisellä suoalalla.

1950-luvun alkuun verrattuna suometsien kokonaiskasvu on noussut 1,1:stä 1,5 milj. m³:iin vuodessa. Ojitetuilla soilla keskikasvu on keskimäärin 1,6 m³/ha vuodessa, kun se parhailla eli metsämaahan luettavilla luonnontilaisilla soilla on kautta Lapin 1,0 m³/ha ja kangasmailla 1,3 m³/ha. Lapissa kasvu on siis ojitetuilla soilla suurempi kuin kangasmailla keskimäärin. Ojituksen tuottama kasvun lisäys on kuitenkin kertynyt lähes kokonaan Etelä-Lapista ja etenkin korpisoilta. VMI:n tuloksiin perustuva puulajeittainen kasvun tarkastelu osoitti, että Etelä-Lapin korvissa ojitus on lisännyt melkein pelkästään hieskoivun keskikasvua. Rämellä sen sijaan ojitus on lisännyt lähinnä männyn kasvua. Keskikasvuluvuissa lisäys on pieni, mikä aiheutuu lähinnä rämeiden pienistä puustopääomista. Keski-Lapissa ojituksella ei ole ollut mainittavaa vaikutusta keskikasvulukuihin.

Kuten VMI 7:n keskikasvuluvuista kävi ilmi, koivuvaltaisissa korpi- metsiköissä ojituksen vaikutuksen täytyy olla suurempi kuin kuusivaltaisissa. SINKA-aineiston perusteella niistä ei kuitenkaan vielä ole käytettävissä riittävää tilavuuskasvuaineistoa. Suometsien kasvu- ja tuotostutkimuksessa tullaan jatkossa kehittämään puukohtaiset kasvumallit suometsiä varten. Niiden perusteella voidaan mm. simuloida erilaisten käsittelyvaihtoehtojen vaikutusta tuotokseen. Alustavat, hieman odottamattomat tulokset puulajien välisistä eroista ojitusreaktioissa antavat aihetta selvittää myös mm. ilmaston ja ravinteisuuden yhdysvaikutuksia puiden kasvuun.

Kirjallisuus

- Gustavsen, H.G. & Päivänen, J. 1986. Luonnontilaisten soiden puustot kasvullisella metsämaalla 1950-luvun alussa. Summary: Tree stands on virgin forested mires in the early 1950's in Finland. *Folia Forestalia* 673. 27 s.
- Heikurainen, L. 1959. Tutkimus metsäojitusalueiden tilasta ja puustosta. Referat: Über waltbaulich entwässerte Flächen und ihre Waldbestände in Finnland. *Acta Forestalia Fennica* 69(1). 279 s.
- & Seppälä, K. 1973. Ojitusalueiden puuston kasvun jatkumisesta ja alueellisuu-
desta. Summary: Regionality and continuity of stand growth in old forest drainage
areas. *Acta Forestalia Fennica* 132. 36 s.

- Heinonen, J. 1981. KPL - koealojen peruslaskentaohjelmisto. VAX11/780-ohje. Metsäntutkimuslaitos. Konekirjoite 38+2 s.
- Keltikangas, M., Laine, J., Puttonen, P. & Seppälä, K. 1986. Vuosina 1930-1978 metsäojitetut suot: ojitusalueiden inventoinnin tuloksia. Summary: Peatlands drained for forestry during 1930-1978: results from field surveys of drained areas. Acta Forestalia Fennica 193. 94 s.
- Mattila, E. 1985. The combined use of systematic field and photo samples in a large-scale forest inventory in North Finland. Seloste: Systemaattisen ilmakuva- ja maastonäytteen yhteiskäyttö laajan metsäalueen inventoinnissa Pohjois-Suomessa. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 131. 97 s.
- & Penttilä, T. 1987. Lapin ja Koillis-Suomen metsälautakuntien suometsät vuosina 1952-1984. Summary: Peatland forests of Lappi and Koillis-Suomi Forestry Board Districts, North Finland, 1952-1984. Folia Forestalia 703. 49 s.
- Paavilainen, E. & Tiihonen, P. 1988. Suomen suometsät vuosina 1951-1984. Summary: Peatland forests in Finland in 1951-1984. Folia Forestalia 714. 29 s.
- Penttilä, T. & Honkanen, M. 1986. Suometsien pysyvien kasvukoealojen (SINKA) maastotyöohjeet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 226. 98 s.
- Vuokila, Y. & Väliäho, H. 1980. Viljeltyjen havumetsiköiden kasvatusmallit. Summary: Growth and yield models for conifer cultures in Finland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 99. 271 s.

Ojitusalueiden metsien puuston kokojakauman muoto ja sen kuvaaminen

Hannu Hökkä

Läpimittajakauma puuston kuvaajana

Metsikön puuston nykytilavuuden tarkka selvittäminen on tärkeää silloin, kun tehdään siihen perustuvia ennusteita puustotunnusten kehittymisestä pitkälle tulevaisuuteen. Mitä pitempi on ennustejakso ja mitä voimakkaampi tarkasteltavan metsikön kasvu- ja muutosvaihe, sitä tärkeämpää on lähtötietojen luotettava arviointi. Tällaisia voimakkaan muutoksen vaiheessa olevia metsiköitä ovat erityisesti ojitusalueiden nuoret metsät, joilla alueellisesti voi olla hyvinkin suuri merkitys.

Puuston runkotilavuutta selvitetessä on rinnankorkeusläpimitta tärkeimpiä metsiköstä mitattavia yksittäisen puun tunnuksia. Rinnan- korkeusläpimitta on helppo mitata suhteellisen luotettavasti. Siitä johdettujen tunnusten, kuten pohjapinta-alan ja tilavuuden riippuvuus läpimitasta on voimakas (esim. Bailey & Dell 1973). Mittaamalla metsikön puiden rinnankorkeusläpimitat saadaan selville puiden jakaantuminen eri läpimittaluokkiin eli puiden kokojakauma eli metsikön runkolukusarja. Runkoluvun läpimittajakauman lisäksi voidaan esittää pohjapinta-alan, tilavuuden tai kasvun läpimittajakaumia.

Runkolukusarjan avulla saadaan selkeämpi kuva metsikön rakenteesta kuin pelkkien summatunnuksien kuten runkoluvun, pohjapinta-alan ja kuutiomäärän tai keskitunnuksien kuten keskiläpimitan ja keskipituuden perusteella (Bailey & Dell 1973, Päivinen 1980).

Läpimittajakauman kuvaajasta voidaan suoraan nähdä läpimittojen vaihteluväli ja yksihiippuisissa jakaumissa jakauman muodon perusteella saadaan käsitys myös esimerkiksi pohjapinta-alan läpimittajakauman varianssin suuruudesta. Päivisen (1980) mukaan molempien tunnusten muutokset vaikuttavat metsikön kokonais- ja erityisesti tukkipuutilavuuteen. Perustamalla puustotunnusten laskenta runkolukusarjaan voidaan lisäksi välttää se systemaattinen virhe, joka aiheutuu puun läpimitan ja tilavuuden välisestä epälineaarista riippuvuudesta (Kilkki 1984).

Vaikka erilaisista metsiköistä mitattujen läpimittajakaumien muoto vaihtelee hyvinkin paljon, voidaan niiden kuvaajat kuitenkin luokitella kolmeen ryhmään: yksihiippuiset, laskevat ja monihiippuiset. Tasaikäisessä metsikössä jakauma on useimmiten yksihiippuinen ja jakauma muovaa pääasiassa metsikön itseharvenemisen voimakkuus. Laskeva jakauma on tyypillinen eri-ikäiselle ja epätasaiselle metsikölle. Monihiippuinen jakauma syntyy, jos metsikössä on useita puujaksoja.

Läpimittajakauman kuvaamisen menetelmiä

Jotta olisi mahdollista käsitellä runkolukusarjaa matemaattisesti, se joudutaan yleensä muuntamaan teoreettiseksi jakaumaksi. Samalla kun jakaumalle pyritään etsimään tietty yleisesti pätevä muoto, tasoitetaan runkolukusarjassa esiintyvä läpimittaluokkien välinen satunnainen vaihtelu. Tällöin mitattuun runkolukusarjaan sovitetaan jokin jatkuva funktio laskemalla funktion parametreille sellaiset arvot, että saatu käyrä mahdollisimman hyvin mukautuu empiiriseen läpimittajakaumaan.

Varhaisimpia tutkimuksia, jossa metsiköiden rakennetta pyrittiin selvittämään runkolukusarjojen avulla, oli Cajanuksen väitöskirja (1914). Hän käytti runkolukusarjan tasoituksessa normaalijakaumasta johdettua Gram-Charlierin jakaumaa. Vinous- ja huipukkuustunnuslukujen avulla kuvattiin jakauman poikkeavuutta normaalijakaumasta. Ilvessalo (1920) sovelsi kasvu- ja tuottotaulukoita laatiessaan Cajanuksen menetelmää.

Lönnrothin (1925) väitöskirjassa esitettiin metsikön runkolukusarjan koostuvan useammista, eri latvuserrosten muodostamista runkolukusarjoista. Jako useisiin runkolukusarjoihin tekee mahdolliseksi kuvata normaalijakaumalla useampi huippuisiakin läpimittajakaumia. Runkolukusarjojen hajontaa, huipukkuutta ja vinoutta on käsitelty myöhemmin useissa tutkimuksissa.

Normaalijakauma muunnoksineen on liian jäykkä kuvaamaan kaikkia mahdollisia runkolukusarjojen muotoja, mm. laskevaa jakaumaa sillä ei voida esittää. Yksittäisissä tapauksissa voidaan jokaiselle jakaumalle tietysti etsiä funktio, joka sitä parhaiten kuvaa. Esim. eksponenttijakaumalla voidaan kuvata laskeva läpimittajakauma. Usean jakauman käyttö on kuitenkin työlästä suurten aineistojen käsittelyssä.

Normaalijakaumaa joustavampina todennäköisyysjakaumina läpimittajakauman kuvaamisessa on käytetty gamma-, beta-, Weibull- ja Johnsonin S_B -jakaumia. Parametrien arvoja muuttamalla voidaan näillä kuvata hyvin suuri joukko erimuotoisia empiirisiä jakaumia. Soveltuakseen käytännössä läpimittajakaumien kuvaamiseen tulee todennäköisyysjakauman täyttää joustavuuden lisäksi useita muitakin ehtoja, joita ovat esittäneet Bailey & Dell (1973). Funktion tulee olla jatkuva ja mahdollisimman vähäisellä parametrimäärällä kuvattavissa. Parametreilla tulisi olla yksiselitteiset tulkinnat ja parametreja estimoimalla tulisi funktion helposti olla sovitettavissa metsiköstä mitattuihin puustotietoihin. Lisäksi halutun läpimittaluokan runkoluku tulee olla siitä mahdollisimman helposti laskettavissa.

Weibull-jakauma on ulkomaisissa tutkimuksissa usein osoittautunut parhaaksi vaihtoehdoksi läpimittajakauman kuvaamiseen (esim. Burkhardt & Strub 1974). Weibull-jakauman hyvyys perustuu siitä tunnettavan kertymäfunktion käyttöön. Kertymäfunktioista (yhtälö 1) voidaan hyvin yksinkertaisesti laskea halutun läpimittaluokan puumäärä.

$$F(x) = 1 - \exp(-((x-a)/b)^c), \quad a \leq x < \infty \quad (\text{yhtälö 1})$$
$$= 0 \text{ muulloin}$$

missä x = muuttuja (läpimitta)
 a = sijaintiparametri
 b = skaalausparametri
 c = muotoparametri

Läpimittajakauman muodon kehitys

Ilvessalon (1920, 1937, 1967, 1969, 1970) mukaan keskimääräiset runkoluvun läpimittajakaumat kivennäismaiden luonnonnormaaleissa metsiköissä muotoutuvat puuston varttuessa oikealle vinosta jakaumasta kohti normaalijakaumaa. Tulokset olivat samansuuntaiset koko maassa. Jakauman muutos oli hitain karuimmilla ja pohjoisimmilla kasvupaikoilla. Joka tapauksessa ylitiheässä metsikössä puiden välisen kilpailun häviävät ensimmäisenä alle jääneet ja pienimmät puut, mikä näkyy läpimittajakauman pienten puiden määrän vähenemisenä metsikön varttuessa.

Tasaikäisinä syntyvät viljelymetsät, todettu luontainen kehityssuunta sekä sen vahvistaminen alaharvennuseriaatteella tehtävillä kasvatushakkuilla takaavat yleensä sen, että kivennäismaiden talousmetsissä metsikön puuston kokojakauma on useimmiten kuvattavissa yksihuippuisella runkolukusarjalla.

Avosoita lukuunottamatta ojitusalueiden metsikkökehitys poikkeaa kivennäismailla todetusta kehityksestä. Kivennäismailla metsikön sukession lähtökohta on metsikkötaloudessa useimmiten paljas maa, eikä metsikön syntymisen jälkeen voida kasvuoloja parantamalla vaikuttaa sen kehitykseen yhtä voimakkaasti kuin voidaan vaikuttaa luonnontilaiseen suohon ojituksella. Suometsikön ojituksenjälkeisen kehityksen lähtökohtana on tavallisesti hyvin epätasainen metsikkö. Tämä vaikuttaa myöhemmin muun muassa siihen, millaiseksi ojituksesta elpyneen puuston kokojakauma, tilajärjestys ja puulajisuhteet muodostuvat.

Ojittamattoman suon kliimaksvaiheen puustolle on tyypillistä suhteellisen korkea keski-ikä ja iän laaja vaihteluväli. Puiden koon kasvaessa niiden suhteellinen osuus runkoluvusta pienenee, mikä ilmenee laskevana läpimittajakaumana (Heikurainen 1971, Gustavsen & Päivänen 1986). Jakauman muotoon on syynä se, että ojittamatto-

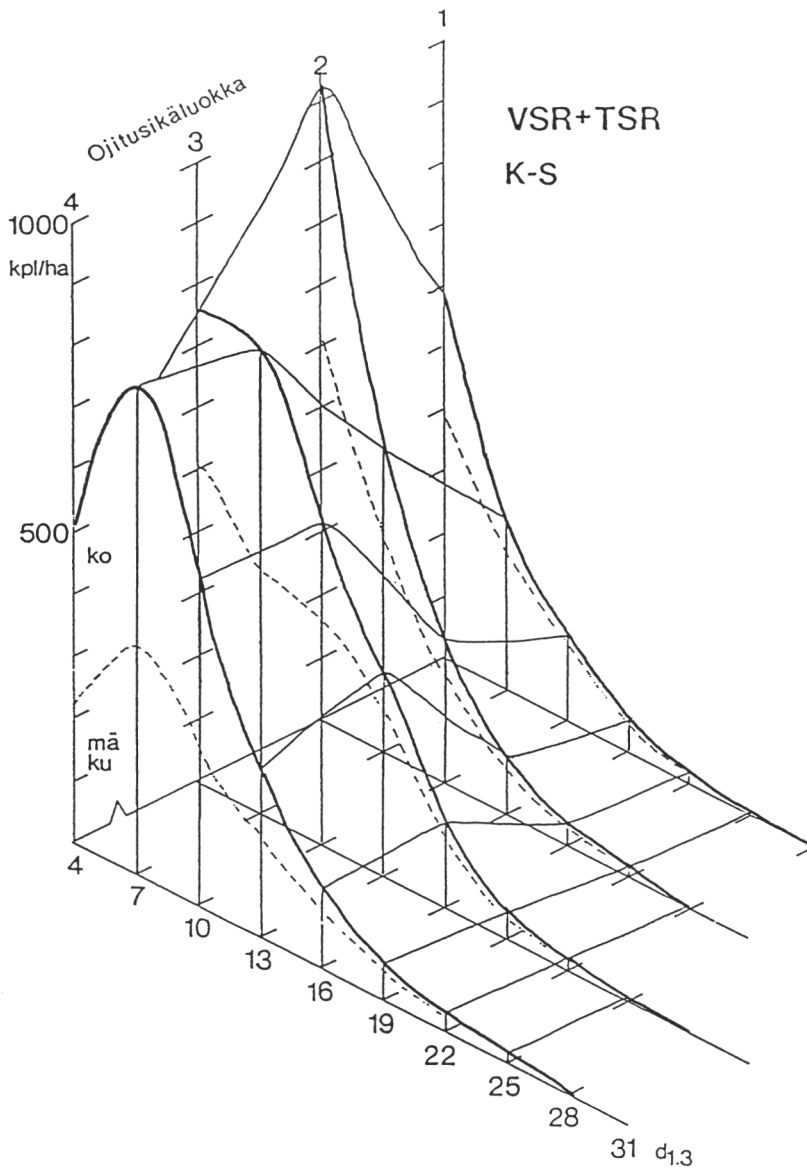
malla suolla puita sekä syntyy että kuolee runsaasti. Pienten puiden kuolleisuus on runsainta ja vain hyvin pieni osa puista saavuttaa vallitsevan latvuserroksen koon. Lämpimittajakauman muotoon vaikuttavat myös ojittamattomilla soilla yleisesti tehdyt harsintahakkuut (Gustavsen & Päivänen 1986). Heterogeenisuuden vaikutelmaa lisää luonnon-tilaisen suon ryhmittäinen tilajärjestys, mikä näkyy aukkopaiikkojen runsautena. Aukkoisuus on suurinta nevamaisilla suotyypeillä ja vähäisintä metsäisillä korvilla.

Puiden kasvun elpyminen ojituksen jälkeen näkyy lähes poikkeuksetta läpimittajakauman jyrkkenemisenä (Hökkä & Laine 1988). Tutkimuksissa on todettu runkoluvun lisääntyminen vuosikymmenien ajan ojituksen jälkeen (Hånell 1984, Hökkä & Laine 1988). Runkoluku kasvaa pienten puiden määrän lisääntyessä, jolloin jakauma muuttuu jyrkemmäksi. Pienten puiden määrän lisääntyminen johtuu suurelta osalta siitä, että ennen ojitusta syntyneet, alle 1,3 m pitkät puut saavuttavat mittauskorkeuden. Tämä muutos on nopeampi kuin järeystymisestä aiheutuva puiden siirtyminen suurempiin läpimittaluokkiin (kuva 1). Jakauman tasoittuminen tai huipun siirtyminen pois pienimmästä läpimittaluokasta tapahtuu keskimäärin vasta 30-50 vuoden kuluttua ojituksesta (Hökkä & Laine 1988).

Ojitusta edeltävässä tilanteessa metsikköä voidaan pitää siinä mielessä täystiheänä, että puita kasvaa siellä, missä niillä on edellytykset tulla toimeen. Ojituksen vaikutuksesta puille soveltuvan kasvualustan pinta-ala lisääntyy ja metsikkö voi täydentyä. Jos metsikössä on niin suuria aukkoja, että elpyneet puut eivät muodosta sulkeutunutta latvuserrosta, voi aukkoihin syntyä uusia puita. Nämä eivät useinkaan enää liity välittömästi läpimittajakaumaan, vaan muodostavat siihen selvästi erottuvan osan, toisen puujakson.

Puulajien reagointi ojitukseen vaihtelee maan eri osissa. Tutkimuksissa on todettu, että siirryttäessä etelästä pohjoiseen lehtipuiden osuus kasvaa korvissa ja vähenee rämeillä (Heikurainen 1959, Hökkä & Laine 1988). Korvissa tämä ilmeisesti johtuu siitä, että koivu reagoi ojitukseen Pohjois-Suomessa voimakkaammin kuin kuusi (Penttilä 1990). Etenkin Lapin reheviltä rämeiltä koivu taas puuttuu lähes tyystin. Korvissa siis pienet, ojituksen jälkeen lisääntyvät puut ovat Lapissa koivua, etelämpänä kuusta. Rehevillä ja keskinkertaisen ravinteisilla rämeillä Lapissa pienet puut ovat melkein yksinomaan mäntyä, muualla koivua. Karuilla rämeillä pienet puut ovat aina mäntyjä.

Ojituksen käynnistämisen sukkession tuloksena muovautuu metsikkö, joka poikkeaa selkeästi tasarakenteisuudesta. Puiden ryhmittäisistä sijainnista on seurauksena, että kasvatushakkuillakin on usein suurempi vaikutus tilajärjestyksen kuin läpimittajakauman tasoittumiseen. Vältettäessä aukkoisuutta voi jäävä puusto jäädä kooltaan hyvinkin heterogeeniseksi. Lisäksi säännöllisillä sarkaojitusalueilla kuivatustehon vaihtelu saran reunan ja keskiosan välillä on omiaan pitämään yllä laajaa läpimittojen vaihteluväliä.



Kuva 1. Varsinaisen sararämeen ja tupasvillasararämeen keskimääräinen runkoluku-sarja Keski-Suomen (1001-1100 dd°C) eri-ikäisillä ojitusalueilla (ojitusikäluokka 1 = 1-10, 2 = 11-20, 3 = 21-30, 4 = 31-50 vuotta ojituksesta) (Hökkä 1986).

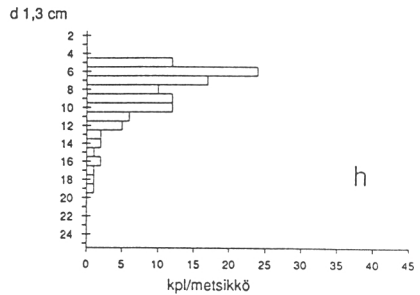
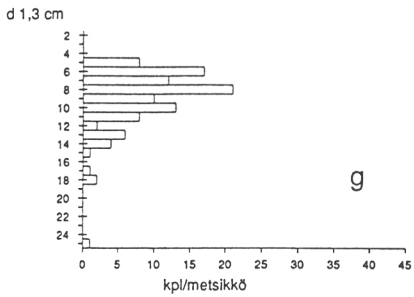
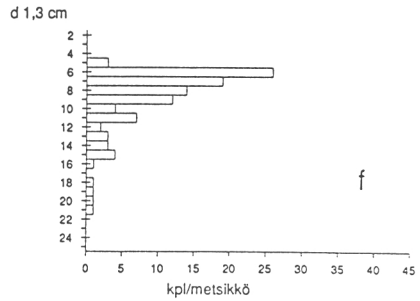
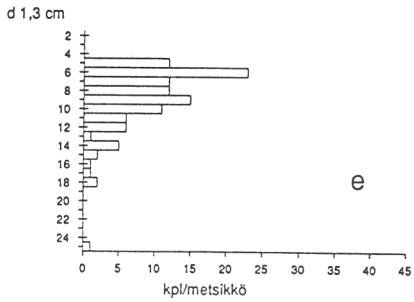
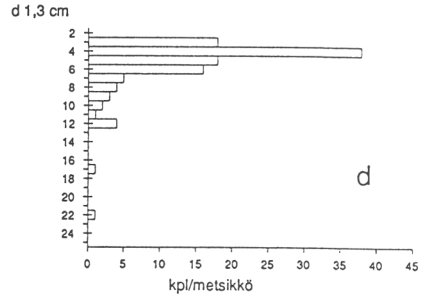
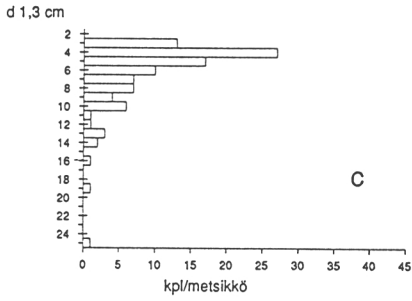
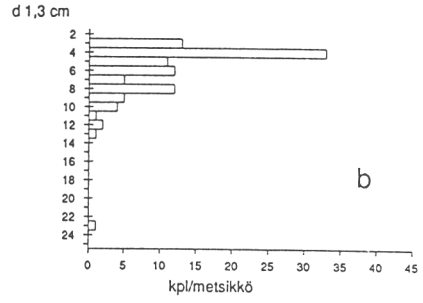
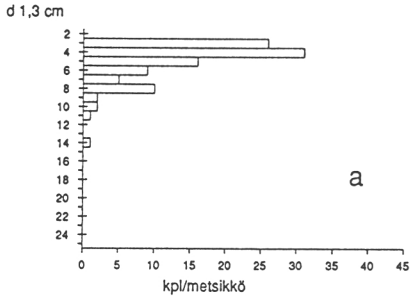
Läpimittajakauman kuvaaminen ja metsikön kehityksen ennustaminen

Metsätalouden suunnittelun laskentaohjelmissa on runkoluvun ja pohjapinta-alan läpimittajakaumaa käytetty jo pitkään. Koska aina ei ole mahdollista selvittää runkolukusarjaa kaikki metsikön puut mittaamalla, on tyydyttävä esimerkiksi kuvioittaisessa arvioinnissa arvioituihin yksittäisiin puustotunnuksiin, kuten keskiläpimittaan ja pohjapinta-alaan. Sen sijaan, että puuston tilavuutta ennustettaisiin suoraan pelkän keskiläpimitan avulla, muodostetaan ensin keskiläpimitan avulla runkolukusarja, jonka jälkeen voidaan käyttää puun läpimitan ja tilavuuden välistä riippuvuutta (Kilkki 1984).

Metsikön läpimittajakauman estimoimiseen metsikkötunnuksista on esitetty regressioanalyysitekniikkaan perustuvia malleja. Mallit ennustavat metsiköstä mitattujen puusto- ja metsikkötietojen, kuten mediaaniläpimitan, pohjapinta-alan, iän ja lämpösumman perusteella Weibull-funktion parametreille sellaiset arvot, että funktion kuvaaja muotoutuu mahdollisimman lähelle kyseisen metsikön todellista läpimittajakaumaa (Mykkänen 1986, Maltamo 1988).

Mainittujen mallien laadinta-aineistoon on valittu VMI:n koepuu-koelaloista ne koalat, joilla runkolukusarja on yksihiippuinen. Kunkin koalan runkolukusarja on muodostettu vallitsevan puujakson päävalta-, lisävalta- ja välipuista. Nämä kriteerit rajaavat ojitusalueiden koalat käytännössä aineiston ulkopuolelle. Laskevia jakaumia ei periaatteessa tule lainkaan mukaan, vaikka niiden yläpäästä voidaankin muodostaa yksihiippuinen jakauma. Tällä tavalla saatuna se voi olla hyvin kaukana todellisesta. Todennäköisesti nykyisin Mela-järjestelmän eri versioissa käytettävät mallit tuottavat huomattavassa osassa ojitusalueiden metsiköitä todellisesta poikkeavan läpimittajakauman.

Lähiajan tavoitteena on kehittää mallit, joilla voidaan ennustaa ojitusalueiden metsiköille läpimittajakaumat mahdollisimman harhattomasti. Mallien kehittämisessä tullaan käyttämään samaa tekniikkaa kuin aiemminkin, mutta aineisto koostuu keskimäärin 100 läpimittahavaintoa käsittävistä SINKA-metsiköistä (Penttilä & Honkanen 1986), joissa runkolukusarja on selvitetty hyvin tarkkaan. Aineiston mäntyvaltaisilla rämemetsiköillä tutkittiin runkoluvun läpimittajakaumia, ja havaittiin, että ne erityisesti taimikoissa ja nuorissa kasvatusmetsissä olivat jyrkästi laskevia (kuva 2). Mallien laatimisessa on oleellista lähteä asetelmasta, jossa jakauman yleinen muoto on laskeva.



Kuva 2. Rovaniemen maalaiskunnan alueelta satunnaisesti valitun kahdeksan männyvaltaisen ojitetun rämemetsikön runkolukusarja (a-d: kehitysluokka riukuvaiheen taimikko, e-h: kehitysluokka nuori kasvatusmetsä).

Alustavien kokeilujen tuloksena voidaan todeta mallien tarvitsevan puustotunnuksia, jotka oli aiemminkin havaittu hyväksi selittäjiksi; testiaineistossa pohjapinta-alalla painotettu mediaaniläpimitta selittää suuren osan jakauman muodosta sekä läpimitan vaihteluvälistä. Voidaan kuitenkin päätyä sellaiseenkin tulokseen, että turvemilla metsätaloussuunnittelija joutuu arvioimaan puustotunnuksia, jotka osittain poikkeavat kangasmailla tarvittavista. Laskentaohjelmat käyttävät sen jälkeen eri malleja ja niiden vaatimia muuttujia ennustettaessa läpimittajakaumat erikseen kivennäismaiden ja ojitusalueiden metsiköille.

Metsätalouden suunnittelun kannalta tietojen tarkentumisella on merkitystä varsinkin silloin, kun niitä käytetään ennusteiden lähtötietoina. Erityistä tarkkuutta vaaditaan tarkasteltaessa voimakkaan kasvun ja muutoksen vaiheessa olevia metsiköitä. Ojitusalueiden metsiköille on tyypillistä, että pienet puut muodostavat usein hyvin kasvavan puuston osan, jolla on oleellisesti suurempi merkitys kuin kangasmaiden metsiköiden pienillä puilla. Jos metsikölle ennustetaan jakauma, jossa kyseisiä puita ei ole, tulee metsikön kasvupotentiaali huomattavasti aliarvioitua. Vastaavasti voidaan puustotunnukset läpimittajakauman yläpään perusteella myös yliarvioida. Virhearvioiden merkitys korostuu alueilla, joilla metsämaasta huomattava osa on ojitusalueita.

Työ, jota edellä on tarkasteltu lähinnä tutkimusongelmaan liittyvän metodiikan kannalta, on keskeinen pyrittäessä kehittämään menetelmiä, joilla voidaan selvittää ojitusalueiden puuston kasvua ja tuotosta. Puuston rakennetta kuvaavat mallit yhdessä puiden kasvumallien kanssa antavat mahdollisuuden tarkastella ojitusalueiden metsiköiden kehitystä sekä eri toimenpiteiden vaikutusta siihen.

Kirjallisuus

- Bailey, R.L. & Dell, T.R. 1973. Quantifying diameter distribution with the Weibull-function. *Forest Science*. 19(2): 97-104.
- Burkhardt, B.E. & Strub, M.R. 1974. A model for simulation of planted Loblolly pine stands. In J. Fries (toim.) *Growth models for tree and stand simulation*. Royal College of Forestry, Research notes No. 30, Stockholm. s. 128-135.
- Cajanus, W. 1914. Über die entwicklung gleichaltriger Waldbestände. Eine statistische Studie. 1. *Acta Forestalia Fennica* 3. 142 s.
- Gustavsen, H. G. & Päivänen, J. 1986. Luonnontilaisten soiden puustot kasvullisella metsämaalla 1950-luvun alussa. Summary: Tree stands on virgin forested mires in the early 1950's in Finland. *Folia Forestalia* 673. 27 s.
- Heikurainen, L. 1959. Tutkimus metsäojitusalueiden tilasta ja puustosta. Referat: Über waldbaulich entwässerte Flächen und ihre Waldbestände in Finland. *Acta Forestalia Fennica* 69. 279 s.
- 1971. Virgin peatland forests in Finland. *Acta Agralia Fennica*. 123. 11-26.
- Hånell, B. 1984. Skogsdikningsboniteten hos Sveriges torvmarker. Sveriges lantbruksuniversitet. *Rapporter i skogsekologi och skoglig marklära* 50. 125 s.
- Hökkä, H. 1986. Suopuustojen rakenteen kehityksestä ojituksen jälkeen. Helsingin yliopisto, suometsätieteen laitos. Tutkielma. 57 s.

- & Laine, J. 1988. Suopuustojen rakenteen kehitys ojituksen jälkeen. Summary: Post-drainage development of structural characteristics in peatland forest stands. *Silva Fennica* 22(1): 45-65.
- Iivessalo, Y. 1920. Kasvu- ja tuottotaulut Suomen etelä-puoliskon mänty-, kuusi- ja koivumetsille. Referat: Ertragstafeln für die Kiefern-, Fichten- und Birkenbestände. *Acta Forestalia Fennica*. 15(3). 103 s.
- 1937. Perä-Pohjolan luonnonnormaalien metsiköiden kasvu ja kehitys. Growth of natural normal stands in Central-North-Suomi (Finland). *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae*. 24(2). 168 s.
- 1967. Luonnonnormaalien metsiköiden kehityksestä Kainuussa ja sen lähiympäristössä. Summary: On the development of the natural normal forests in South-Eastern North-Finland. *Acta Forestalia Fennica*. 81(5). 85 s.
- 1969. Luonnonnormaalien metsiköiden kehityksestä Pohjanmaan kivennäismailla. Summary: On the development of natural normal forest stands on mineral soils in Ostrobothnia. *Acta Forestalia Fennica* 96. 37 s.
- 1970. Metsiköiden luontainen kehitys ja puuntuotto kyky Pohjois-Lapin kivennäismailla. Summary: Natural development and yield of forest stands on mineral soils in Northern Lapland. *Acta Forestalia Fennica* 108. 43 s.
- Kilkki, P. 1984. Metsänmittausoppi. *Silva Carelica* 3. 222 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.
- Maltamo, M. 1988. Kuusten läpimittajakauman estimointi Weibull-funktion avulla. Pro gradu -työ. Joensuun yliopisto, Metsätieteellinen tiedekunta. 76 s.
- Mykkänen, R. 1986. Weibull-funktion käyttö puuston läpimittajakauman estimoinnissa. Pro gradu -työ. Joensuun yliopisto, Metsätieteellinen tiedekunta. 80 s.
- Penttilä, T. 1990. Response of *Picea abies* to drainage of peatland in North Finland. Canadian Forestry Service Information Report (painossa).
- & Honkanen, M. 1986. Suometsien pysyvien kasvukoealojen (SINKA) maastotyöohjeet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 226. 98 s.
- Päivinen, R. 1980. Puiden läpimittajakauman estimointi ja siihen perustuva puustotunnusten laskenta. Summary: On the estimation of the stem-diameter distribution and characteristics. *Folia Forestalia* 442. 28 s.

Aktuell forskning inom ämnesområdet skoglig torvmarkslära i Sverige

Björn Hånell

Bakgrund

De våta markerna i Sverige har sedan lång tid, flera hundra år, tagits i anspråk för jordbruksändamål. Ett av de tidigast omnämnda exemplen härpå (Magnét 1897), är den på Öland belägna Skedemossen som dränerades och uppodlades i mitten av 1600-talet under personlig ledning av kung Karl X Gustaf. Det är dock sannolikt att merparten av de våtmarker som tagits i bruk inte uppodlades förrän långt senare. För detta talar bl.a. att den svenska åkerarealen mer än fyrdubblades mellan 1750 och 1860 (Åstrand 1962). Längre rådde uppfattningen att praktiskt taget all torvmark kunde användas för växtodling bara man dikade tillräckligt intensivt. Många dikningsföretag övergavs dock efter det att odlingen misslyckats och skog kunde utan hinder vandra in. De första rekommendationerna om att utnyttja torvmarker för skogsproduktion kom strax före mitten av förra århundradet (jfr Obbarius 1845) och de första skogsdikningarna kom till utförande under 1850-talet. Det är svårt att ange hur stor utbredningen av våta marker varit. Klart är ändå att dikningen i jord- och skogsbruk minskat landets våtmarksareal, i vissa län högst betydligt. De torvtäckta markernas utbredning är dock fortfarande stor. En femtedel av landarealen, 8,4 milj ha, är täckt av ett mer eller mindre tjockt torvlager. Trots att skogsdikning förekommit i närmare ett och ett halvt sekel är inte mer än drygt en milj ha av den torvtäckta marken dikad. Det kan bedömas att omkring tre gånger så stor andel skulle kunna utnyttjas för skogsproduktion genom dikning och dikning och gödsling.

Avgörande för hur naturtillgången torvmark ska användas bör vara att åstadkomma största möjliga samhällsnytta, på lång sikt. Det är sålunda mycket viktigt för framtiden att en nöjaktig del av torvmarkerna, såväl artrika, rara som triviala och vanliga, undantas från all exploatering och tillförsäkras legalt skydd. En övergripande plan för sådant skydd saknas ännu. Ett rimligt antagande är att omkring en tiondel av befintlig torvmarksareal kan komma att ges skyddsstatus. För jordbruk och trädgårdsbruk torde inte något behov av torvmarksutnyttjande finnas inom överblickbar framtid (jfr Holmen 1982). Torvtäkt för bränsle och jordförbättringsmedel förekommer. Den aktuella täktarealen överstiger inte 10 000 ha men för bränsle kan betydligt större areal komma att tas i anspråk, beroende på den framtida energiförsörjningen. För energiskogsodning torde anspråken på torvmarker på medellång sikt

vara små, genom att nedlagd jordbruksmark (som det finns gott om) används i första hand. Det är således för skogsproduktion som torvmarkerna utgör den i särklass största arealtillgången. Ett intensivare utnyttjande av dessa, med hänsyn tagen till de anspråk som övriga intresseområden ställer på samma markslag, kan ge ett betydande bidrag till Sveriges skogsproduktion. Det är fråga om en ökning av tillväxten i landets skogar med 10-15 %.

Den skogliga torvmarksforskningen i Sverige har varit koncentrerad till bördighetsklassificering och växt näringsstudier. Mycket litet har gjorts för att utreda hur skog ska anläggas och skötas på dikade torvmarker. Kännetecknande för dessa marker är att vatten- och näringshushållning är i ständig förändring. En förutsättning för att kunna bedriva god skogsskötsel under så labila förhållanden är ingående kunskap om växtplatsens speciella egenskaper. Den aktuella situationen är att en sjättedel av såväl tillväxten som virkesförrådet i landets skogar härrör från torvtäckt mark. För att väl ta vara på denna tillgång krävs fördjupade kunskaper om ståndortsförhållanden, beståndsutveckling och beståndsskötsel på våta marker. Inför ett ökat skogligt utnyttjande av torvmarker blir detta krav ytterligare accentuerat. Kunskapsbehovet gäller i hög grad även skogsproduktionens miljökonsekvenser. Ett forskningsprogram, "Skogsproduktion och skogsskötsel på skogliga våtmarker", startade 1985 med målet att utarbeta ståndortsanpassade anvisningar för att anlägga, sköta och förnya skog på torvmarker så att en hög och varaktig virkesavkastning erhålls. Delar av programmet är mycket långsiktiga, flera decennier. För närvarande ingår sju stycken forskningsprojekt vilka presenteras i det följande.

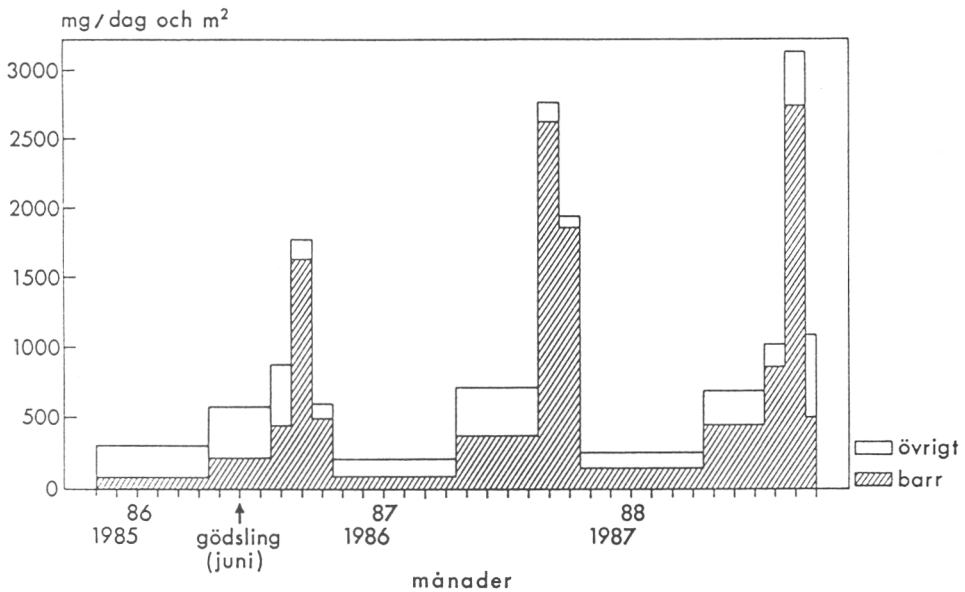
Forskningsprogram

Näringsämnenas fördelning och dynamik i ett skogsekosystem på torvmark

Denna undersökning genomförs för att öka kunskaperna om tillförsel, omfördelning och förluster av näringsämnen i ett i Norden vanligt förekommande ekosystem på torvmark. Syftet är att utarbeta en detaljerad näringsbudget för ekosystemet och därigenom förbättra underlaget för bestämning av verkningsgraden vid skogsgödsling på torvmark. Särskild vikt läggs vid att beräkna den mängd näringsämnen som tillförs via luftföroreningar. I undersökningen ingår också att kartlägga om och i så fall hur stor del av tillförda näringsämnen som läcker ut ur ekosystemet (jfr Bergqvist 1989). Projektet genomförs på tre försöksområden, ett i vardera Finland, Norge och Sverige. Den svenska försökslokalen ligger i en region (i sydvästra Småland) med stort atmosfäriskt nedfall, medan endast små nedfallsmängder berör den finska lokalen (i östra Nordkarelen). Med vissa förbehåll kan denna därför bet-

raktas som kontrollområde. På det norska försöksfältet (på Östlandet) är nedfallsmängden måttlig.

Arbetet i projektet består till stor del av en vetenskaplig beskrivning av ekosystemet. Den omfattar bl.a. observationer och näringsanalyser av träd-, busk-, fält- och bottenskikt, förnafall från träd- och fältskikt, rötter, torv, nederbörd, grundvatten och avrinningsvatten. Dessutom registreras grundvattennivåer samt temperaturer i och ovan mark. Beskrivningen görs dels i ett utgångsläge, dels efter en gödsling. Den svenska delen av undersökningen har genomförts på en ursprungligen kal mosse av lågstarrtyp som dikades på 1940-talet och kompletteringsdikades 1986. Mossen är nu bevuxen med ett ca 40 år gammalt tallbestånd. Storleken av förnafallet från detta åskådliggörs i figur 1.



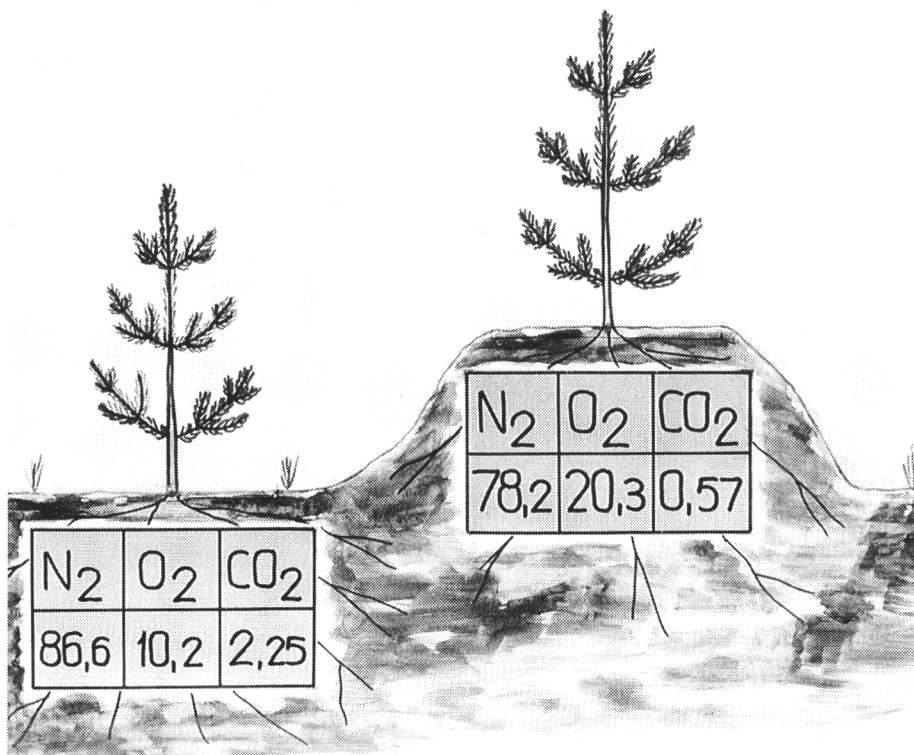
Figur 1. Förfall från tallbestånd på torvmark av ursprunglig lågstarrtyp i södra Sverige. Medeltal från NPK-gödslade provtytor (från Kardell, opubl).

Markgaser i skogliga våtmarker

Tillgång till syre är av grundläggande betydelse för alla högre växter. Trots det är kännedomen om trädens syreförsörjning och rådande gaskoncentrationer i marken tämligen dålig. Denna undersökning syftar till att öka kunskapen om markluftens sammansättning och variation. I icke torvbildande våtmarker med rörligt markvatten är syreförhållandena i regel goda. På växtplatser med stillastående grundvatten råder oftast stark syrebrist under grundvattennivån. I måttligt och väl humifierad torv kan sådan brist förekomma även ovanför grundvattenytan. Markluften i trädens rotzon kan förutom syre, kväve och koldioxid också innehålla gaser som kväveoxider, metan och svavelväte. De två sistnämnda bildas endast i syrefri miljö varför deras påverkan på träden är svår att skilja från verkan av syrebrist. Detsamma gäller koldioxid. Hög halt av denna gas sammanfaller alltid med syrebrist. Studier av bl.a. Geisler (1969) visar att redan måttligt höga halter av koldioxid kan vara skadliga.

Det primära målet med skogsdikning är bättre genomluftning av marken. Avledningen av vatten är bara ett medel för att uppnå detta mål. Ändå har vi dåliga kunskaper om när under året syrebrist kan råda, hur stor den är och hur allvarligt plantor och träd hämmas. Vid Skogsfakulteten i Umeå har en metod för insamling och analys av markluft utvecklats. Metoden bygger på bestämning av olika gaser med hjälp av gaskromatograf (Magnusson 1989). Med denna kan arbetet i detta projekt inriktas på att mäta markluften alldeles intill plantors rötter samtidigt som deras ovanjordiska utveckling följs (jfr figur 2). Målet är att närmare studera:

- markluftens sammansättning och variation under vegetationsperioden, i rotzonen i näringsrik dikad torvmark.
- om och hur gassammansättningen förändras efter kalavverkning (Hypotes: Efter avverkning avtar trädrötternas positiva inflytande på jordens struktur. Evapotranspirationen minskar och grundvattenytan stiger. I välhumifierad torv kan detta medföra stora förändringar av gasutbytet i trädens rotzon).
- om och hur gassammansättningen förändras efter markberedning i form av högläggning. (Hypotes: Uppluckring och lokal dränering ger bättre gasutbyte även om åtgärden sannolikt också ökar mikroorganismernas aktivitet i jorden).
- om och hur mycket biomassatillväxt och vitalitet hos planterade granplantor förändras till följd av ändrad gassammansättning. (Hypotes: Mätmetoden ger så relevanta värden på syrgashalt att samband mellan såväl minskad tillväxt som nedsatt vitalitet kan påvisas i dåliga planteringspunkter).



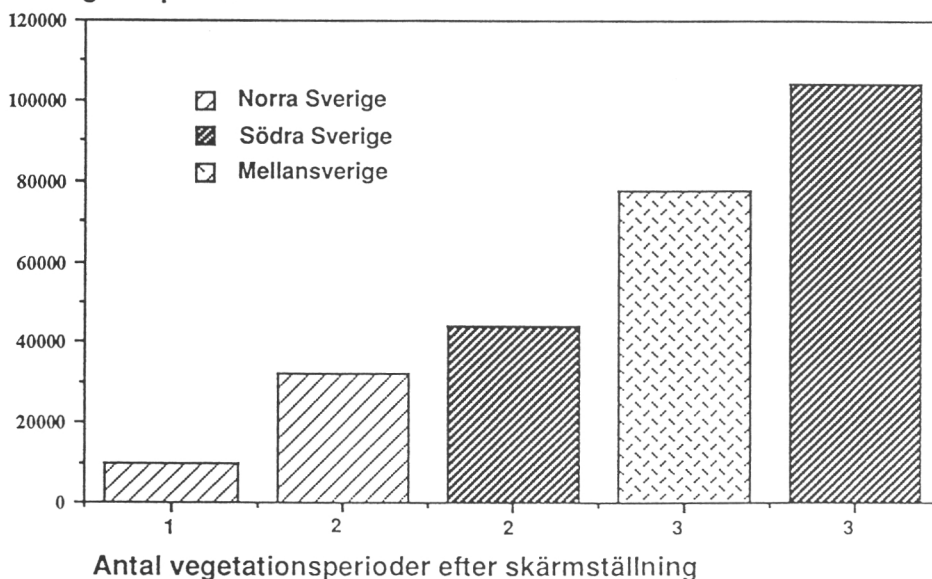
Figur 2. Markluftens sammansättning i rotzonen hos planter som planterats på torvmark utan markberedning resp i lagd hög. Medelvärden av gashalter för 20 planteringspunkter i vardera behandlingen vid en provomgång, den 6/9 1988 (från Magnusson, opubl).

Beståndsavveckling och skogsförnyelse på högproduktiv torvmark

På de torvtäckta marker som nu är produktiva, ca 3,4 milj ha, finns ett virkesförråd om drygt 300 milj m³sk. Av detta är omkring 180 milj m³sk slutavverkningsskog, dvs. skog som inte bör gallras ytterligare före slutavverkning (Hånell 1985). Merparten (154 milj m³sk) av slutavverkningsskogen återfinns på de mest produktiva markerna, av blåbärfräken-, lågört- och högörttyp. Denna undersökning syftar till att finna lämpliga metoder för att avveckla och förnya avverkningsskogen på dessa bördiga marker. Hittills företagna avverkningar, som gjorts i form av kalhuggning, har resulterat i flera stora skogsförnyelseproblem: oacceptabel stigning av grundvattnet, snabbt uppväxande hyggesvegetation, svåra froster och viltskador. (Samma problem är uppmärksammade i Finland, se Saarinen 1989). I syfte att bemästra problemen har en serie försök lagts ut på nio lokaler med god spridning över landet. På dessa lokaler prövas skogsförnyelsemetoder med gran (*Picea abies*) dels på kalt hygge, dels under skärm- och fröträdd, 200 resp

140 stammar per ha. Temperaturen i planthöjd mäts kontinuerligt, dygnet runt, under hela vegetationsperioden både på hygge och under kvarställda träd. På båda växtplatserna ingår försök med plantering i högar som lagts med grävskopa. På hygget prövas dessutom plantering rakt ner i torven utan markberedning, hägn mot älg och rådjur samt beskuggning av plantor med halvmeterhöga pappskärmar. Ett viktigt försöksled är självföryngring under de vuxna träden. (Denna möjlighet har redovisats av bl.a. Lukkala 1946). Preliminära resultat tre år efter försöksutläggning är låg överlevnad hos de plantor som planterats på hygge utan markberedning. Plantor som satts i högar på hygget har klarat sig betydligt bättre. Allra bäst är överlevnaden hos plantorna i högarna under skärmträden. Temperaturmätningarna visar att frosten inte alls är lika svår under träden som ute på kalhygget (jfr Leikola 1975). Under klara vindstilla dygn är såväl frostens varaktighet som intensitet betydligt större på hygget. Där är uppkommen självföryngring obetydlig medan antalet groddplantor av björk och gran under skärmträden är mycket stort (figur 3). En del av undersökningen består i att kartera vegetationen före och efter beståndsavveckling i syfte att ange förändringar av olika arters förekomst och utbredning vid användning av olika skogsförnyelsemetoder (Hannerz 1988a).

Antal groddplantor



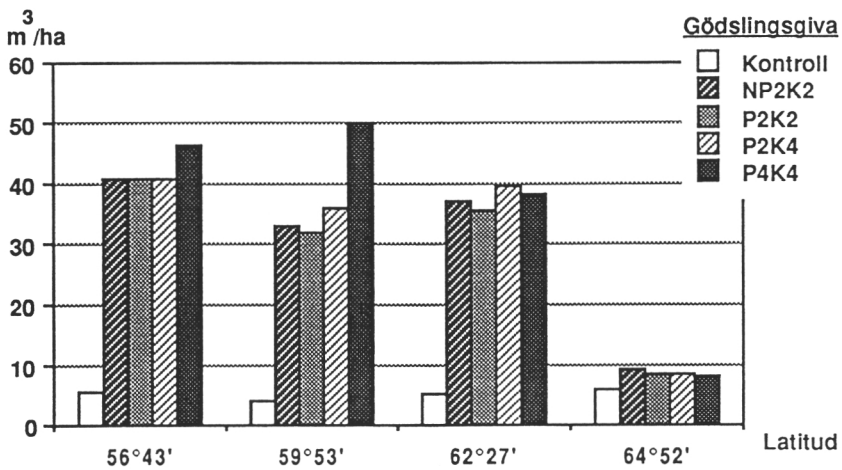
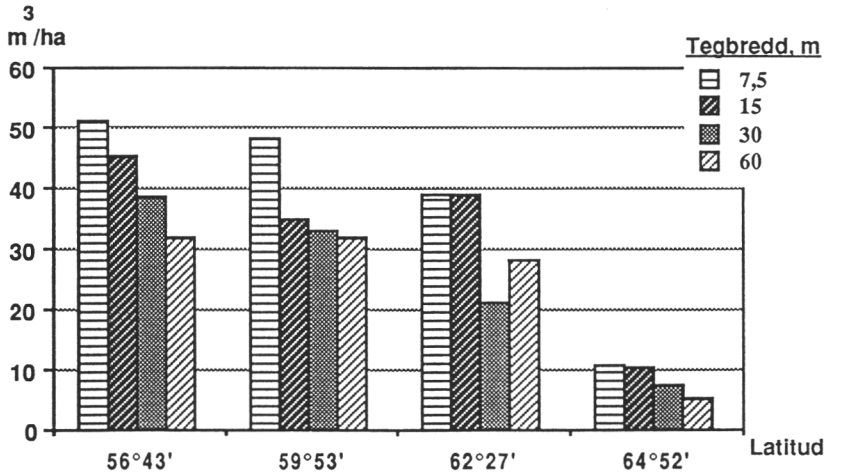
Figur 3. Uppkommen självföryngring av björk och gran under skärm- och fröträd på torvmark, olika lång tid efter slutavverkning. Medeltal för försökslokalerna i norra, mellersta och södra Sverige (från Hånell, opubl).

Beskogning av öppna torvmarker

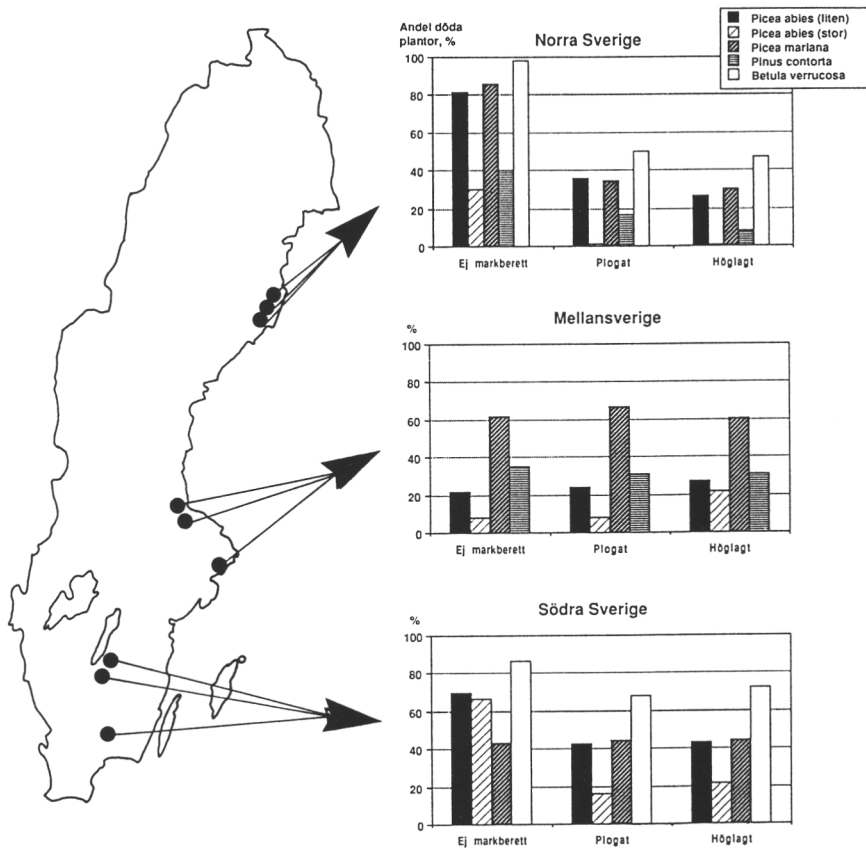
Mot bakgrund av att världens skogstillgångar fortsätter att minska finns skäl att på lång sikt tro på en global brist på virke och därmed stigande priser på fiberprodukter (Anonymus1984). Det är därför intressant att studera de biologiska möjligheterna att öka virkesproduktionen. Ett sätt att göra detta är att öka skogsmarksarealen. I detta projekt är syftet att utveckla metoder för anläggning av skog, dels på öppen myr, dels på nedlagd jordbruksmark på torv.

Det finns omkring 5 milj ha myrimpediment i Sverige. Delar av denna areal kan användas för skogsproduktion. För närvarande är dock forskningen i landet liten i fråga om beskogning av improduktiv myr och kunskapsnivån är låg såväl bland forskare som praktiskt verksamma. I början på 1970-talet anlades en serie beskogningsförsök med tall (*Pinus sylvestris*) på öppen myr, där olika dikesavstånd, trädslag och planteringsmetoder samt varierande gödslingsgivor prövas. Försöksserien, som är väl spridd i landet, har inte kunnat följas i önskad utsträckning men ska utvärderas inom ramen för detta projekt. En första redovisning har lämnats av Hannerz et al. (1988). Tegbreddens och gödselgivans betydelse för tallbeståndens utveckling inom fyra försökslokaler framgår av figur 4.

Den svenska åkerarealen var som störst omkring år 1920 då den omfattade drygt 3,8 milj ha (Åstrand 1962). Omkring 0,2 milj ha av denna åker var uppodlad torvmark. Den totala åkerarealen har sedan minskat och är för närvarande ca 3 milj ha. Minskningen inkluderar praktiskt taget all odling på torvunderlag. (Det kan bedömas att ytterligare 15 % av nuvarande åkerareal kommer att läggas ner och kan avsättas för alternativ produktion, t.ex. av energigrödor och fiberråvara för skogsindustrin). Många av "mossodlingarna" är bördiga och torde, rätt utnyttjade, vara väl lämpade för skogsproduktion. Gjorda beskogningsförsök har dock ofta misslyckats på grund av bl.a. frost, konkurrerande vegetation, sorkangrepp, avvattningssvårigheter och ibland även näringsämnesbrist. En ny serie beskogningsförsök har därför lagts ut, på nio områden i tre regioner i landet (Hannerz 1988b). Plantering med olika trädslag studeras på beredd (plöjd eller höglagd) resp. ej beredd mark. I fråga om gran (*Picea abies*) prövas också olika plantstorlekar. Även gräsrensning och gödsling ingår i försöken. I figur 5 anges andelen plantor som inte överlevt efter tre år från planteringsstillfället (på de nordliga försökslokalerna) och efter två år från motsvarande tillfälle (på de sydligare lokalerna). Det framgår att stora granplantor genomgående klarat sig bäst på beredd mark. Effekten av markberedning är tydlig endast på de nordliga försökslokalerna. På övriga lokaler utfördes planteringen ett år senare utan att markberedningen förbättrades nöjaktigt.



Figur 4. Tallbeståndens genomsnittliga virkesvolym vid olika tegbredd och gödselgiva, 17 år efter plantering. N = 120 kg N/ha, P2 = 40 kg P/ha, K2 = 80 kg K/ha, P4 = 80 kg P/ha och K4 = 160 kg K/ha (från Sundström, opubl).



Figur 5. Andel döda plantor av olika trädslag efter plantering i plogtälta, lagd hög resp utan markberedning på nedlagda mossodlingar. Plantavgången på de nordliga försökslokalerna är observerad tre år efter plantering medan avgången på lokalerna söder därom observerades ett år tidigare (från Sundström, opubl).

Beskogning av färdigbrutna torvtäcker

I Sverige har torv brutits med rationella metoder och väl utvecklad teknik sedan 1940-talet. Möjligheterna att utnyttja torv som energikälla har under senare år fått särskild uppmärksamhet som en följd av ansträngningarna att finna alternativ till kol och olja. För närvarande pågår brytning av bränntorv på flera platser i landet, sammanlagt på 6000 ha. Med hänsyn tagen till redan skyddad mark och områden som klassificerats som skyddsvärda, bedöms totalt 350000 ha torvmarker (större än 50 ha) vara lämpliga för storskalig brytning. I samband med tillståndsgivningen åläggs varje företag att vid avslutad brytning utföra lämpliga efterarbeten. En tänkbar användning av marken är för skogs-

produktion. De inhemska erfarenheterna från beskogning av utbrutna torvtäkter är mycket begränsade. Syftet med detta projekt är därför att utreda förutsättningarna för anläggning av skog på avslutade torvtäkter så att beredskap finns inför en situation med en stor täktareal aktuell för beskogning.

Vissa förutsättningar för skogsodling på utbrutna torvtäkter är väsentligt annolunda än de som gäller för normala torvmarker. Sådana skillnader bör ägnas särskild uppmärksamhet i projektet. Exempelvis är det översta torvlagret, som oftast är mera näringsrikt än underlaget och består av låghumifierad torv, avlägsnat. Kvar finns alltså en näringsfattig, ofta höghumifierad, svårdränerad torv. Vidare har torvytans nivå sänkts genom brytningen. Detta kan göra det svårt att få utlopp för vattnet och det innebär sannolikt också att temperaturklimatet försämrats. En positiv skillnad är att konkurrerande vegetation helt saknas om beskogningen utförs direkt efter avslutad brytning. Hittills ingår endast två försök i projektet. Det äldsta består av ett år 1982 anlagt skogsodlingsförsök med tall på en utbruten torvtäkt i Mellansverige (Värmland). Detta ska revideras innevarande år. I det andra försöket, som anlades 1989 i södra Sverige (Skåne), studeras odling av gran. I övrigt är försökens utformning identiska, med avseende på prövade dikesavstånd och växtnäringsgivor. Ett tredje försök, med tall, planeras till norra Sverige (Härjedalen).

I projektet ingår också att ingående studera resultaten av forskning och praktisk verksamhet i Finland. Där pågår torvproduktion på ca 40000 ha och en lika stor areal är planerad för att tas i bruk. Beskogningsförsök började läggas ut i Finland redan i början av 1950-talet och för närvarande finns ett trettiotal försök på åtta olika lokaler (Kaunisto & Saarinen 1989).

Beståndsvård på torvmarker

Särskilda gallringsmallar för skog på torvmarker har inte utarbetats i Sverige. Det är dock inte uteslutet att sådana behövs. Syftet med denna undersökning är att utreda gallringsstyrkans inverkan på virkes- och värdetillväxt i trädbestånd på dikad torvmark samt effekten av kompletteringsdikning vid stark gallring.

Skötseln av skog på dikade torvmarker är ofta eftersatt. Det beror delvis på osäkerhet om hur sådan skog ska skötas, men också på att gallringstekniken varit dåligt anpassad till våta marker med dålig bärighet. Gallringsstyrkan påverkar faktorer som grundvattenytans nivå, gallringsnetto, volym- och värdetillväxt efter gallring samt risk för snö- och vindskador. Hård gallring kan krävas för att avlägsna björk och undertryckta träd samt för att förbättra det ekonomiska utbytet av gallring. Behov av dikesrensning eller kompletteringsdikning kan bli en direkt följd av hård gallring. Svag gallring motiveras av att man vill be-

hålla ett välslutet bestånd och därigenom dels undvika en oacceptabel höjning av grundvattenytan, dels minska risken för stormfällning.

En försöksserie har anlagts i förstagallringsskog på torvmark på sex lokaler i södra Sverige (Småland). Lokalerna har gamla dikessystem med begränsad dräneringseffekt och bestånd som är tämligen heterogena vad gäller trädslag och trädhöjd. På varje lokal finns fem provytor och på dessa har olika starka gallringar gjorts. Uttagen varierar mellan 20 och 50 % av grundytan. Där de starkaste gallringarna gjorts prövas även kompletteringsdikning. Sammanlagt står omkring 3000 numrerade och inmätta träd på de 30 provytorna. Vattenståndsmätningar har gjorts på nio punkter per yta, således 45 punkter per lokal, en gång varannan vecka under vegetationsperioden. Den första revisionen av de med olika styrka gallrade bestånden ska göras när en femårsperiod passerat, dvs. 1993.

Teknik vid skogsskötsel på torvmarker

Skogsodlingstekniken i Sverige är baserad på analyser av de krav som stenbundna fastmarker med stubbar och avverkningsavfall ställer. I fråga om torvtäckta marker bör skogsodlingstekniken utformas utifrån andra förutsättningar, särskilt vad gäller jordartens textur. På torvmarker bör finnas större möjligheter att utforma lämpliga skogsodlingspunkter än på de flesta fastmarker, eftersom torv och sediment är lättare att bearbeta. För närvarande görs t.ex. markberedning i form av högläggning utan närmare kännedom om hur högarna bör vara beskaffade, med avseende på storlek, form och textur samt läge i förhållande till grävda gropar. Arbetet i detta projekt ska koncentreras till en analys av förutsättningarna för markberedning, dikning och plantering. Analysen ska mynna ut i en beskrivning av hur skogsodlingstekniken bör utformas på torvtäckta marker och även diskutera hur befintlig teknik fyller dessa krav.

Referenser

- Anonymus. 1984. Om forskning. Regeringens proposition 1983/84:107. Stockholm.
- Bergqvist, G. 1989. Råse mosse - en studie över växtnäringens omsättning i ett skogsökosystem på torvmark. 1. Försöksområde, försöksplan, klimatförhållanden. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skoglig ståndortslära. Stencil 8.
- Geisler, G. 1969. Die Wirkung der Kohlensäurekonzentration ($\text{CO}_2 + \text{HCO}_3$) im Bereich niedrigen Sauerstoffkonzentrationen (O_2) in der Bodenluft auf das Sproß- und Wurzelwachstum von Kulturpflanzen. Z. Acker- u. Pflanzenbau 130(1).
- Hannerz, M. 1988a. Vegetationsförändringar efter avverkning av granskog på högproduktiv, dikad torvmark. Metodik och preliminära resultat. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsskötsel. Arbetsrapport 22.

- 1988b. Skogsodling på nedlagd jordbruksmark på torvunderlag. Bakgrund och dokumentation av försöksanläggning. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsskötsel. Arbetsrapport 25.
- Holmen, H. & Sundström, E. 1989. Från myr till skog. Skogsodlingsförsök med olika dikesavstånd och gödselgivor på kal myr. Del 1: Hillesjömossen, Halland. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skoglig ståndortslära. Stencil 9.
- Holmen, H. 1982. De organogena jordarna som odlingsjordar. Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift 121:97-103.
- Hånell, B. 1985. Skogliga våtmarker - en resurs för ökad skogsproduktion. Skogsfakta 8. Sveriges lantbruksuniversitet.
- Kaunisto, S. & Saarinen, M. 1989. Afforestation of peat production areas in Finland. Proceedings of the International Symposium on Peat and Peatlands. Diversification and Innovation. Aug. 6-10, 1989, Quebec City, Canada. (In print).
- Lukkala, O.J. 1946. Korpimetsien luontainen uudistaminen. Referat: Die natürliche Verjüngung der Bruchwälder. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 34(3). 150 s.
- Leikola, M. 1975. Verhopuuston vaikutus metsikön lämpöoloihin Pohjois-Suomessa. Summary: The influence of the nurse crop on stand temperature conditions in northern Finland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 85(7). 33 s.
- Magnét, H. 1897. Om torrläggning af landets mossar och sankmarker; de åtgärder som vidtagits för befrämjande av densamma och de afdikningsmetoder som därvid böra användas. Finska Mosskulturföreningens årsbok. Helsingfors.
- Magnusson, T. 1989. A method for equilibration chamber sampling and gas chromatographic analysis of the soil atmosphere. Plant and Soil 120:39-47.
- Obbarius, C.L. 1845. Lärobok i skogsvetenskapen. Nyköpings Läns Hushållningssällskaps Handlingar.
- Saarinen, M. 1989. Metsien uudistaminen vanhoilla ojitusalueilla. Forest regeneration in old forest drainage areas. Suo 40(1):31-36.
- Åstrand, H. 1962. Jordbrukets strukturomvandling. Svenskt jordbruk och skogsbruk 1913-1962. Minnesskrift utgiven av Kungliga Skogs- och Lantbruksakademien. Uppsala.

Oulun läänin metsät 1990-2020 -projektin esittely

Mikko Moilanen

Tausta ja tavoitteet

Inventointitiedot osoittavat metsien kasvun voimistuneen viime aikoina voimakkaasti etenkin Pohjois-Pohjanmaalla. Syynä pidetään ensisijassa intensiivistä metsänparannustoimintaa, lähinnä ojitusta, jonka seurauksena maakunnan alueelle on syntynyt runsaasti nuoria mänty- ja hieskoivumetsiköitä. Tieto metsien puuston rakenteesta ja kehityksestä eri kasvupaikkatyypeillä on kuitenkin riittämätöntä ja osin vanhentunutta, lähes kymmenen vuoden takaisin selvityksiin pohjautuvaa (Keltikangas ym. 1986, Metsä 2000 -ohjelma 1985). Mm. Pohjois-Pohjanmaan Seutukaavaliiton laatimassa alueen puuvaroja ja metsäteollisuuden kehittämistä koskevassa selvityksessä todettiin, ettei Pohjois-Pohjanmaan turvemaille ole käytettävissä luotettavia puuston kehityksen ennusteita (Pohjois-Pohjanmaan puuvarat... 1986).

Epätarkat kasvumallit tuovat mukanaan myös epävarmuuden metsien tulevan kehityksen suunnasta. Tiedon lisäämisen tarvetta luovat osaltaan metsäteollisuuden Pohjois-Suomeen kohdistuvat laajennushankkeet. Käytännön metsätaloudella ei myöskään ole riittävästi tietoa kunnostusojitusten ja harvennushakkuiden tarpeesta.

Oulun läänin metsät 1990-2020 -projektin tavoitteena on selvittää Keski- ja Pohjois-Pohjanmaan sekä Kainuun talousmetsien puuston rakenne ja kasvu ravinteisuusluokittain. Ojitusalueiden osalta selvitetään myös puuston metsänhoidollinen tila ja käsittelytarve ja ojastojen kunnostustarve. Perustettava pysyvä koealaverkosto palvelee myöhemmin metsäekosysteemin seurantajärjestelmänä, jonka avulla voidaan seurata mm. ojitussukcession etenemistä erilaisilla kasvupaikoilla, metsien terveydentilan kehittymistä jne.

Tutkimusalueen metsille rakennetaan puukohtaiset kasvumallit, joiden avulla simuloidaan metsien kehitystä vuoteen 2020 saakka. Kasvumalleja tarkennetaan etenkin suopuustojen osalta. Laskentaositteita ovat mm. ravinteisuusluokka, pääpuulaji, kehitysluokka ja ojituksen ikä.

Tehtävät ja aikataulu

Projekti käynnistyi huhtikuussa 1989. Maastosta hankittavaa tutkimusaineistoa katsottiin tarvittavan lisää lähinnä ojitettujen suometsien

osalta. Kangasmaiden osalta voitiin tukeutua aiempien hankkeiden tuottamaan mittaustietoon.

Projektin maastotyöt tehtiin touko-lokakuussa 1989. Koealat muodostivat objektiivisen otoksen tutkimusalueen puuntuotannollisesti tärkeimmistä ojitettujen turvemaiden kasvupaikkaluokista. Otantakehikona oli 7. VMI:n maastokoealojen kuviotiedosto (Penttilä & Honkanen 1986). Kenttätyöt käsittivät metsikkökoealojen (3 kpl/metsikkö) puustonmittauksen ja kasvukairauksen, puuston terveydentilan ja laadun arvioinnin sekä kasvillisuuskuvauksen. Lisäksi arvioitiin ojituksen tehokkuutta ja otettiin turvenäytteitä kohteen ravinnetalouden selvittämiseksi. Aineistoon tuli kaikkiaan 209 mäntyvaltaista ja 131 hieskoivuvaltaista suometsikköä.

Mittausaineiston tallennus ja kairanlastujen mittaus tehtiin loppuvuodesta 1989. Puukohtaiset kasvumallit valmistuvat keväällä 1990. Saadut kasvumallit sovitetaan Metsäntutkimuslaitoksen MELA-ohjelmaan, jolla simuloidaan metsien tulevaa kehitystä. MELA-ohjelmalla voidaan tuottaa metsien tulevia käsittely- ja kehitysvaihtoehtoja ja kasvustrategioiden lopputuloksia (Siitonen 1983, Ojansuu 1987).

Projekti päättyy vuoden 1990 loppuun mennessä. Loppuraporttiin liitetään mukaan selvitys metsäteollisuuden lähiaikojen puunkäyttö- ja laajennussuunnitelmista Pohjois-Suomessa.

Projektin organisaatio

Yhteistyöosapuolina ovat Metsäntutkimuslaitos, Keski- ja Pohjois-Pohjanmaan sekä Kainuun metsälautakunnat ja Oulun lääninhallitus. Projektin ohjausryhmä koostuu em. organisaatioiden edustajista, minkä lisäksi mukana on edustaja metsähallinnon Pohjanmaan piirikunnasta. Työhön on saatu rahoitusta metsälautakunnilta ja lääninhallituksen nk. kehittämisrahasta.

Projektin vastuullinen toteuttaja on Metsäntutkimuslaitos. Maastotöiden suunnittelua ja aineiston keruuta on johtanut Mti Mikko Honkanen. Projektiryhmään kuuluvat vastuututkijana MH Timo Penttilä ja muina tutkijoina MMK Hannu Hökkä ja MMK Hannu Salminen Rovaniemen tutkimusasemalta, MH Pentti Niemistö ja FM Marja-Leena Piironen Muhoksen tutkimusasemalta sekä MML Ari Ferm Kannuksen tutkimusasemalta. Sihteerinä toimii MH Mikko Moilanen.

Kirjallisuus

Keltikangas, M., Laine, J., Puttonen, P. & Seppälä, K. 1986. Vuosina 1930-1978 metsäojitetut suot: ojitusalueiden inventoinnin tuloksia. Summary: Peatlands drained for forestry during 1930-1978: Results from field surveys of drained areas. Acta Forestalia Fennica 193. 94 s.

- Metsä 2000 -ohjelma. 1985. Talousneuvosto, Metsä 2000 ohjelmajaosto, Valtion painatuskeskus. 53 s.
- Ojansuu, R. 1987. Metsän kehityksen simulointi metsälaskelmassa (MELA). Luonnonprosessien tarkastelu. Metsäntutkimuslaitos, puuntuotoksen tutkimussuunta. Moniste. 22 s.
- Penttilä, T. & Honkanen, M. 1986. Suometsien pysyvien kasvukoealojen (SINKA) maastotyöohjeet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 226. 98 s.
- Pohjois-Pohjanmaan puuvarat ja metsäteollisuuden kehittäminen. 1986. Pohjois-Pohjanmaan Seutukaavaliitto. Julkaisusarja A:82. 79 s.
- Siitonen, M. 1983. A long term forestry planning system based on data from the finnish national forest inventory. Forest inventory for improved management. Proceedings of the IUFRO subject group 4.02 meeting in Finland, September 5-9, 1983. Helsingin yliopiston metsänarvioimistieteen laitoksen tiedonantoja 17:195-207.

Lapinmyyrän puustolle aiheuttamat tuhot Länsi-Lapin ojitetuilla soilla

Juha Siitonen ja Ari Nikula

Johdanto

Lapinmyyrä on Pohjois-Suomessa yleinen myyrälaji, jonka luontaista elinympäristöä ovat jokien ja järvien tulvaniityt sekä tulvivat aapasuot (Tast 1966). Peltojen paketoinnin ja soiden laajamittaisen ojituksen seurauksena on syntynyt runsaasti ihmisen luomia uusia, myyrille sopivia elinympäristöjä, minkä on otaksuttu johtaneen lapinmyyrän runsastumiseen (Korhonen ym. 1983, Korhonen 1987).

Lapinmyyrän aiheuttamia tuhoja ojitetuilla soilla havaittiin ilmeisesti ensimmäisen kerran 1978. Taimien lisäksi suurten mäntyjen tyviä oli jyrssitty. Tuhojen laajuus paljastui vasta 1980, kun jyrssityt puut alkoivat kuolla pystyyn. Tehdyssä tienvarsikartoituksessa havaittiin myyrien tappamia mäntyjä, joista suurimmat tukkipuun kokoisia, hyvin runsaasti koko Keski-Lapin alueella (Korhonen ym. 1983).

Korhonen (1987) selvitti väitöskirjassaan, mitkä tekijät vaikuttivat myyrätuhojen syntyyn. Ojitusalueilla oli jyrssitty lähes pelkästään mäntyjä. Turvemaiden mäntymetsissä ojitus oli rehevöittänyt pintakasvillisuutta ja muuttanut ympäristön myyrille suotuisaksi. Samalla tavoin olivat usein vaikuttaneet lannoitus ja harvennushakkuut. Eniten tuhoja näytti esiintyvän rehevimmillä suotyypeillä. Pääosa tuhoista oli syntynyt kahden tutkimusta edeltäneen myyräkantojen huipun aikana.

Kesällä 1989 aloitetun tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, (1) mikä on myyrien aiheuttamien tuhojen metsätaloudellinen merkitys ojitetuilla soilla ja (2) miten tuhot kehittyvät samoilla tuhoaloilla useiden peräkkäisten myyräkantojen huippujen seurauksena.

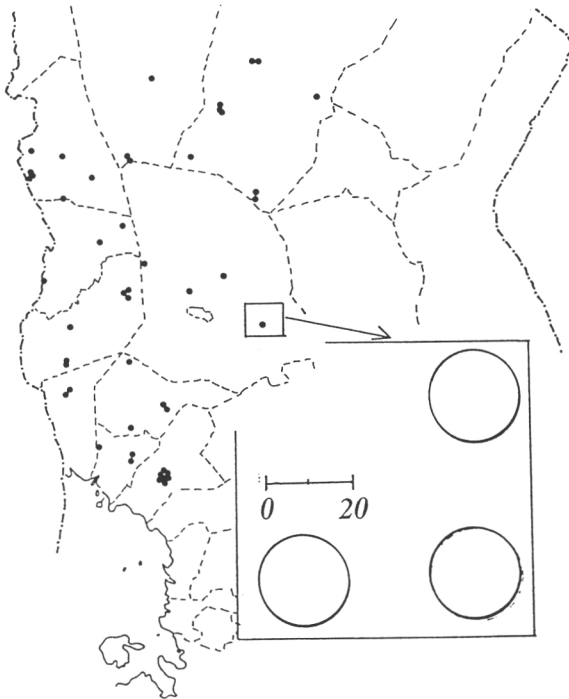
Aineisto ja menetelmät

Tutkimusalueeksi rajattiin Länsi-Lappi. Tutkimus rajoitettiin edelleen koskemaan vain mäntyvaltaisia, ojitettuja rämeitä, joilla tuhojen merkitys on suurin. Kysymykseen (1) vastaamiseksi tarvittiin näin rajatusta joukosta soita otos. Otannan perusjoukoksi valittiin olemassaolevat suometsien pysyvät kasvukoealat (SINKA), jotka puolestaan on valittu ositetulla systemaattisella otannalla otantakehikkona 7 VMI:n turvemaille sattuneet koealat. SINKA-koealoilta on taustatietoina saatavissa lähes kaikki mitattavissa olevat metsikkö- ja puustotunnukset (ks. Penttilä & Honkanen 1986). Koeala on kolmen ympyräkoealan ryväs,

jolla on vähintään sata lukupuuta.

Myyrien aiheuttamat tuhot mitattiin kaikilta tutkimusalueen ojiteuilta mäntyvaltaisilta SINKA-koealoilta, joita oli yhteensä 54 (kuva 1). Tutkimusalueella metsämaan ojitettuja mäntyvaltaisia soita on noin 1806 km², jota pinta-alaa koealat siis edustavat. Mitattuja puita oli 6174, joista 4704 mäntyjä.

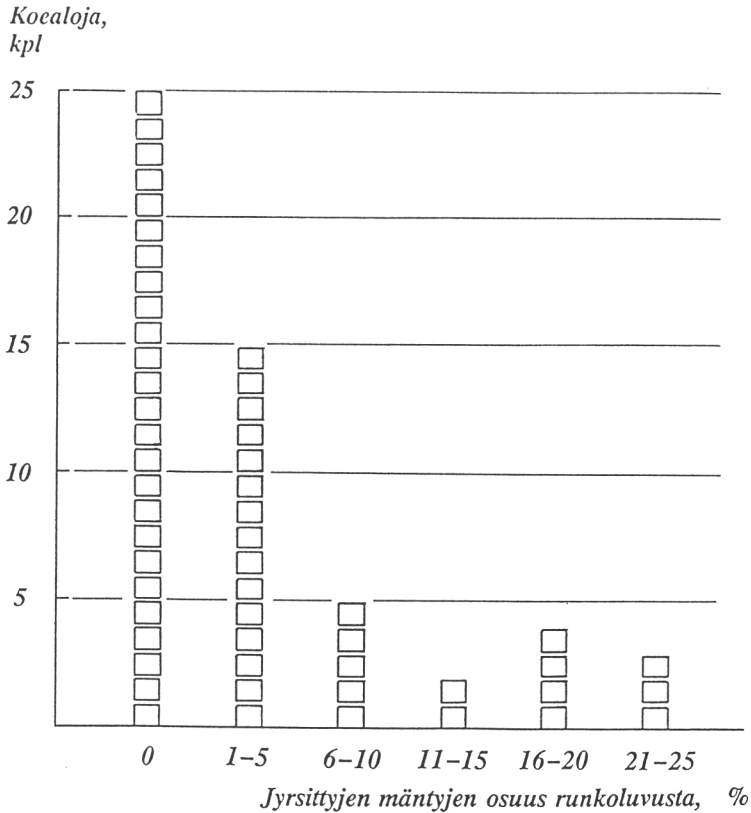
Subjektiiivisia terveydentila tms. luokitteluja ei tehty. Jokaisesta lukupuusta todettiin ensin, oliko se elävä, kuollut vai kaatunut. Sen jälkeen todettiin myyrien aiheuttama vioitus (on/ei) rungon tyveltä ja juurenniskoista turpeita poistamalla. Kysymykseen (2) vastaamiseksi arvioitiin vioituksesta kulunut aika.



Kuva 1. Koealojen (54 kpl) sijainti ja SINKA-koealaryväs.

Tulokset

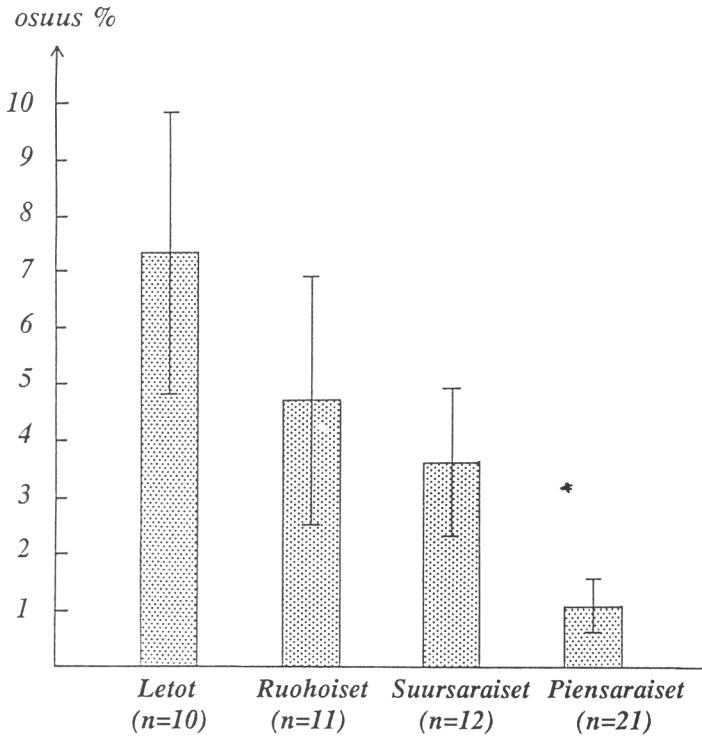
Myyrien jyrsimiä eläviä tai myyrien tappamia puita esiintyi 29:llä koealalla 54:stä. Pelkästään mäntyjä oli vioitettu. Myyrien vaurioittamien mäntyjen osuus kaikista männyistä oli yleensä vain muutamia prosentteja. Kuitenkin yhdeksällä koealalla (16,7 % koealoista) 10-20 % ja kolmella koealalla (5,6 % koealoista) yli 20 % männyistä oli myyrien vaurioittamia (kuva 2).



Kuva 2. Koealojen jakautuminen myyrien vaurioittamien mäntyjen runkolukuosuiden mukaan.

Alustavassa testauksessa ainoa tuhojen runsautta selvästi selittävä tunnus oli kasvupaikkatyyppi. Myyrien vaurioittamien mäntyjen runkoluku/ha samoin kuin jyrsittyjen mäntyjen osuus oli suurin lettomaisilla soilla ja tasaisesti aina pienempi ruohoisilla, suursaraisilla ja piensaraisilla kasvupaikoilla (kuva 3). Letoilla jyrsittyjen mäntyjen osuus oli lähes 7 kertaa suurempi kuin piensaraisilla soilla. Kasvupaikkatyyppien välinen ero oli tilastollisesti merkitsevä (Kruskal-Wallis $H=9,35$, $df=3$, $p < 0,025$).

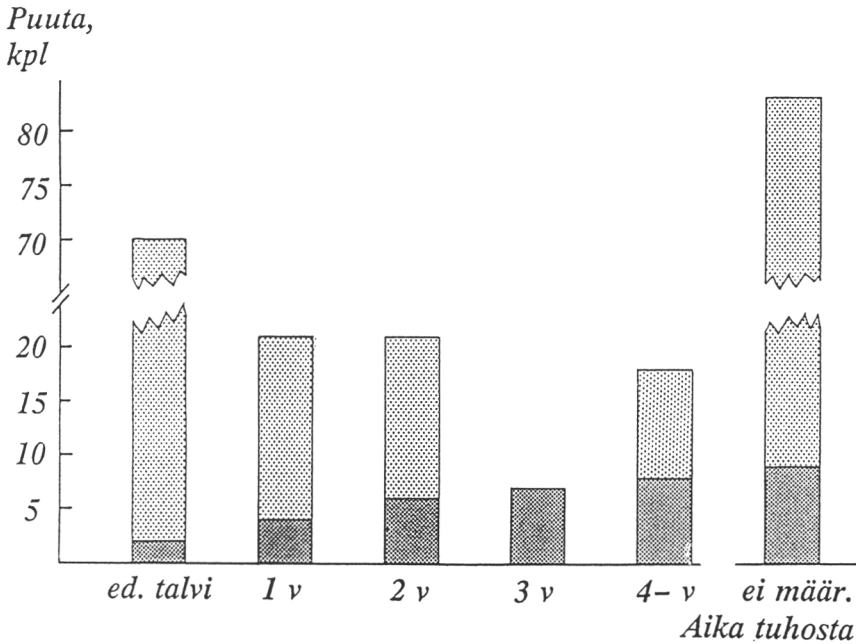
Kaikista mitatuista männyistä 0,8 % oli myyrien tappamia ja 3,8 % myyrien jyrsimiä, mutta eläviä. Tapettujen ja jyrsittyjen puiden läpimittajakauma ei eronnut merkitsevästi vaurioittamattomien puiden läpimittajakaumasta ($G^2=7,58$, $df=14$, $p > 0,10$).



Kuva 3. Myyrien vaurioittamien mäntyjen osuus koealan runkoluvusta kasvupaikantyypeittäin.

Myyrien tappaman puuston keskitilavuus hehtaarilla koko aineistossa oli $0,11 \text{ m}^3$. Arvion keskivirhe on 33 %. Tutkimusalueen mäntyvaltaisten ojitettujen soiden kokonaispinta-alan arvioissa on noin 10 % keskivirhe (Eero Mattila, suull.). Yhdistetty keskivirhe on siten 34 %. Koska mitatut koealat edustavat noin 1806 km^2 suopinta-alaa, myyrien tappaman puuston tilavuus tälle pinta-alalle laskettuna on $13\,300 - 27\,100 \text{ m}^3$. Myyrien tappaman puuston osuus luonnonpoistumasta runkoluvulla mitattuna oli 19,4 %. Koska myyrien jyrsimien ja vioittamattomien puiden runkolukujakaumat eivät eronneet merkitsevästi toisistaan, myyrien tappaman puuston osuus luonnonpoistuman tilavuudesta voidaan arvioida samansuuruiseksi kuin runkoluvulla mitattuna.

Tuhosta kuluneen ajan arvioiminen osoittautui hankalaksi. Edellisen talven jyrsimisjälkien erottaminen sitä vanhemmista on melko varmaa, mutta ellei puu kuole, vanhat jyrsimisjäljet pysyvät vuosikausia saman näköisinä. Tapettujen ja jyrsittyjen mäntyjen jakautuminen arvioidun tuhosta kuluneen ajan perusteella esitetään kuvassa 4.



Kuva 4. Myyriä vaurioittamien mäntyjen jakautuminen tuhosta kuluneen arvioidun ajan perusteella (tumma rasteri=myyriä tappamat puut, vaalea rasteri=myyriä voittamat puut).

Tulosten tarkastelua

Nyt tehdyn otannan perusteella mäntyvaltaisilla ojitetuilla soilla keskimäärin joka kahdeskymmenes mänty oli myyriä vaurioittama. Pahimmille tuhoaloille (> 10 % männystä jyrstetty) yhteisiä piirteitä, jotka erottaisivat ne muista koaloista, ei löydetty. Keskimäärin selvästi eniten jyrstettyjä puita oli lettorämeillä. Tuhoja esiintyi jokseenkin tasaisesti koko tutkitulla alueella.

Menetetty tilavuus ei tässä vaiheessa ole suuri, koska valtaosa koaloista kuuluu kehitysluokkiin 3 ja 4 (taimikko- tai riukuvaihe ja nuori kasvatusmetsä). Menetetty osuus runkoluvusta ja jäljelle jäävän kasvatettavan puuston tiheys ovat oleellisempia tunnuksia.

Myyriä aiheuttamaa puuston vuotuista kuolleisuutta ei pystytty luotettavasti arvioimaan poikkileikkausaineiston perusteella. Aineiston perusteella on kuitenkin selvää, että 1980-luvun alussa havaitut runsaat tuhot eivät olleet poikkeusilmiö. Myyrät ovat muissakin tapauksissa pystyneet tehokkaasti levittäytymään ihmisen muokkaamille habitaateille (ks. esim. Henttonen ym. 1977, Hansson 1978, Boström & Hansson 1981, Henttonen 1989), joten voidaan olettaa, että lapinmyyrän aiheuttamat tuhot tulevat kuulumaan ojitusalueiden puuston kehitysdynamiikkaan. Vuotuisen keskimääräisen kuolleisuuden arvioi-

miseksi mittaukset olisi toistettava samoilla koelajoilla muutaman vuoden kuluttua niin, että väliin sattuisi ainakin pari myyrähuippua.

Jos metsikön päätehakkuun saavuttamiseen kuluu esim. 80 vuotta, tälle jaksolle mahtuu 20 joka neljäs vuosi toistuvaa myyräkantojen huippua. Täydennysojitus ym. soiden metsänparannustoiminta edellyttää huomattavia taloudellisia panoksia. Toimintaan sisältyviä riskejä tulisi siksi pystyä luotettavasti arvioimaan.

Kirjallisuus

- Boström, U. & Hansson, L. 1981. Small rodent communities on mires: implications for population performance in other habitats. *Oikos* 37: 216-224.
- Hansson, L. 1978. Small mammal abundance in relation to environmental variables in three Swedish forest phases. *Studia Forestalia Suecica* 147. 40 s.
- Henttonen, H. 1989. Metsien rakenteen muutoksen vaikutuksesta myyräkantoihin ja sitä kautta pikkupetoihin ja kanalintuihin - hypoteesi. *Suomen Riista* 35: 83-90.
- , Kaikusalo, A., Tast, J. & Viitala, J. 1977. Interspecies competition between small rodents in subarctic and boreal ecosystems. *Oikos* 29: 581-590.
- Korhonen, K-M., Teivainen, T., Kaikusalo, A., Kananen, A. & Kuhlman, E. 1983. Lapinmyyrän aiheuttamien tuhojen esiintyminen Pohjois-Suomen mäntymetsissä huippuvuoden 1978 jälkeen. *Folia Forestalia* 572. 18 s.
- Korhonen, K-M. 1987. Damage caused by the root vole (*Microtus oeconomus*) to scots pine in man-made habitats in northern Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 144. 61 s.
- Penttilä, T. & Honkanen, M. 1986. Suometsien pysyvien kasvukoealojen (SINKA) maastotyöohjeet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 226. 98 s.
- Tast, J. 1966. The root vole, *Microtus oeconomus* (Pallas) as an inhabitant of seasonally flooded land. *Annales Zoologici Fennici* 3: 127-171.

Typpilannoituksen vaikutus mäntyjen talvenkestävyyteen kangasmailla Pohjois-Suomessa

Risto Jalkanen

Johdanto

Metsien lannoituksen pääasiallinen tarkoitus on puuston kasvun lisääminen. Ylisuuri typpilannoitus voi kuitenkin johtaa puiden talvenkestävyyden heikkenemiseen ja puustovaurioihin. Koska pohjoissuomalaisissa lannoitetuissa metsiköissä oli aiemmin havaittu ilmastollisista syistä johtuneita ja lannoitukseen liittyneitä latvavaurioita (Rajamäki ym. 1986) ja koska valtion mailla oli suuri määrä ensilannoitusvaiheeseen tulevia kasvatusmetsiä, Metsäntutkimuslaitoksen ja metsähallituksen yhteistyönä aloitettiin vuonna 1982 ns. LATU-projekti. Sen tarkoituksena oli tutkia typpilannoituksen männiköille aiheuttamia vaurioita.

Aineisto

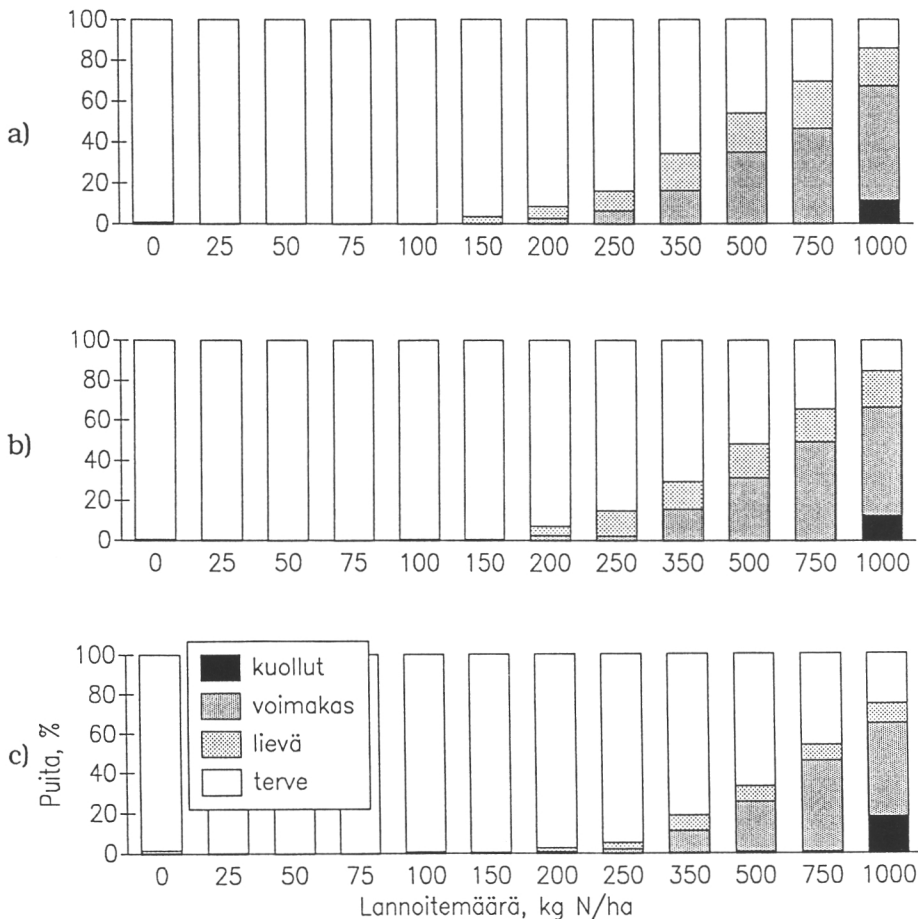
Tutkimus toteutettiin ns. typpitasokokeena. Kahdentoista typpitason ympyräkoealasarjoja perustettiin touko-kesäkuussa kolmena peräkkäisenä vuonna (1982-1984) kuuteen kuivahkon (Paltamo, Pudasjärvi, Rannua, Rovaniemen mlk ja Sodankylä) tai kuivan kankaan (Inari) 50-80 vuotiaaseen kasvatusmetsään. Lannoitteena käytettiin Oulunsalpietaria. Lämpösumma vaihteli välillä 690-1020 d.d.

Tutkimuksen alkaessa typen levityssuositus Pohjois-Suomen kangasmailla oli 150 kg/ha (Ohjekirje...1979). Tutkimuksellisesta mielenkiinnosta suurimmaksi typpitasoksi valittiin 1000 kg N/ha. Samasta syystä 2 koetta valittiin suosituksen mukaisen lannoituksen käyttöalueen pohjoispuolelta. Neulasnäytteet kerättiin vuosittain elo-syyskuun vaihteessa 3.-5. oksakiehkurasta latvasta lähtien.

Tuloksia ja johtopäätöksiä

Typpilannoituksesta johtuvien vaurioiden ilmeneminen keskittyi lannoitusta seuranneeseen vuoteen. Oireita olivat uusimman neulasvuosikerran osittainen tai kokonaan ruskettuminen ja kasvainten kuoleminen (kuivalatvaisuus). Herkimmin vaurioitui puun latva. Lievimmillään tuho rajoittui latvakasvaimen neulasiin. Neulaset ruskettuivat huhtikuussa selvästi ennen kasvukauden alkua.

Vaurioiden voimakkuus riippui lannoitusta seuranneen kevään sääoloista ja neulasten typpipitoisuudesta. Ensimmäisen kasvukauden lopulla neulasten typpipitoisuus kohosi 1,5 - 2,3 %:iin kuivapainosta lannoitustasolla 150 kg N/ha. Tämä taso oli alhaisin, jolla neulasia rusketui (kuva 1). 200 kilon annoksella tavattiin ensimmäiset kuivalatvat. Neulasia rusketui enemmän ja kuivalatvaisuus yleistyi typen levitysmäärän edelleen kasvaessa. Kaikilla alueilla, joilta tehtiin typpianalyysit neulasista, rusketumista alkoi esiintyä neulasten typpipitoisuuden kohohtua 2 %:iin. Vastaavasti kuivalatvaisuus alkoi yleistyä 2,5 %:n pitoisuuksilla. Korkeilla lannoitusmäärillä neulasten keskimääräinen typpipitoisuus kohosi suurimmillaan yli 4 %:n jo lannoitusvuoden syksynä laskien kuitenkin nopeasti seuraavina vuosina.



Kuva 1. Typpilannoituksen (Oulunsalpietari) vaikutus männyn neulasten rusketumiseen keväällä lähes vuoden kuluttua lannoituksesta kuuden kokeen keskiarvona a. toisto 1 keväällä 1983, b. toisto 2 keväällä 1984 ja c. toisto 3 keväällä 1985. Neulaston vaurioasteet: terve, lievä vaurio, voimakas vaurio, kuollut puu.

Typpilannoituksen käyttöaluetta ei ole syytä laajentaa neljänneltä ilmastovyöhykkeeltä viidennelle. Koska käytännön lannoituksissa ei koskaan päästä samaan levitystasaisuuteen kuin tutkimusoloissa, neljännen ilmastovyöhykkeen kasvatusmetsien lannoituksissa typen levitysmäärää suositellaan laskettavaksi nykyisestä 125 kilosta 100 kiloon hehtaarille, jos puustovaurioilta halutaan välttyä. Lisäksi suositellaan lämpösummarajaa nostettavaksi 900 dd-yksikköön. Päätehakkuikäisissä metsissä vaurioitumisriski ja tuhojen merkitys ovat pienempiä. Levitystasaisuuden merkitystä tulee entisestään korostaa.

Kirjallisuus

- Ohjekirje metsän lannoituksesta. 1979. No Mh. 327. Metsähallitus. 6 s.
- Rajamäki, J., Jalkanen, R. & Karjula, M. 1986. Vuosina 1980-84 lannoitettujen kasvatusmänniköiden latvavauriot kivennäismaalla Pohjois-Suomessa. Metsähallitus, kehittämisjaosto, tutkimusselostus 148. 26 s.

Typpilannoituksen vaikutus männyn neulasen rakenteeseen

Kirsti Airaksinen, Risto Jalkanen ja Juha Kaitera

Johdanto

Kasvit kykenevät hyödyntämään typen tarpeeseensa maaperän nitraatteja, ammoniumia, aminohappoja ja ureaa. Lannoituskokeissa kasvuun ammonium- tai nitraattimuodossa lisätty typpi otetaan helposti käyttöön ja metabolisoidaan (Verry & Timmons 1977). Typen lisäyksen seurauksena biomassan tuotanto neulasissa kasvaa (Lindroth 1977), ja havupuiden kasvu lisääntyy kohtuullisen typpilannoituksen seurauksena (Gustavsen & Lipas 1979). Samalla alkaa kasvissa esiintyä kuitenkin muiden ravinteiden kuten K, Mg, P, Mo ja B puutosoireita (Nihlgård 1985). Tämän lisäksi voi esiintyä mykorritsojen kasvuhäiriöitä (Marx ym. 1977). Korkea typpipitoisuus neulasissa voi myös lisätä sienitauteja (Roelofs ym. 1985). Korkeat typpipitoisuudet lehdissä alentavat myös kasvien kylmänkestävyyttä ja lisäävät alttiutta hyönteistuhoil- le ja bakteeri- ja virustaudeille (Nihlgård 1985). Latvuston lisääntynyt kasvu saattaa kuivana kesänä johtaa vesistressiin (Linder ym. 1987).

Typpilannoitus lisää männyn neulasten mesofyllisolujen viherhiuk- kasten tylakoidien määrää, mikä sinänsä on positiivista. Samalla kuiten- kin syntyy kalvostoissa erilaisia vaurioita, joita on epäilty pakkasen aiheuttamiksi (Soikkeli & Kärenlampi 1984).

Typen puutosoireet näkyvät yleensä ensimmäisinä niissä kasvinosis- sa, joissa aineenvaihdunta on vilkkainta, kuten lehdissä. Vanhemmalla iällä puutosoireet näkyvät kasvinosis- sa, joista ravinteita on siirretty nuorempiin osiin (Grennfelt & Hultberg 1986). Typen puute pienentää yleisesti neulasten solujen kokoa johtojänteiden pysyessä usein kuiten- kin vaurioitumattomina (Fink 1989).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää typpilannoituksen vaikutuksia männyn neulasten morfologiaan.

Aineisto ja menetelmät

Tutkimusaineistona käytettiin Rovaniemen mlk:n Olkkajärvellä sijaitse- valta LATU-projektin typpilannoituskokeelta kerättyjä männyn (*Pinus sylvestris* L.) neulasia (Jalkanen 1990). Näytteiksi kerättiin 2. ja 3. vuosikerran neulasia kolmelta eri koealalta (0, 150 ja 750 kg N/ha) ja 3. vuosikerran neulasia yhdeltä koealalta (1000 kg N/ha). 3. vuosikerran neulaset ovat lannoitusvuonna syntyneitä ja 2. vuosikerran neulaset

lannoitusvuoden jälkeisenä vuonna syntyneitä. Näytteet kerättiin 18.6.1985 lannoitetuilta koealoilta keväällä 1988. Tutkimuksessa käytetyt neulaset olivat vihreitä ja sijaittivat 3.-5. oksakiehkurassa puun pohjoispuolella.

Neulasista valmistettiin mikroskopointia varten näytteet seuraavasti: neulasten keskiosasta leikattiin 1 mm:n paksuisia palasia, jotka fiksoitiin 2 % glutaraldehydissä fosfaattipuskurissa ja valettiin Historesin -muoviin. Valmiit mikrotomileikkeet värjättiin Leen metyleenisini-basic fuchsin -värjäysmenetelmällä.

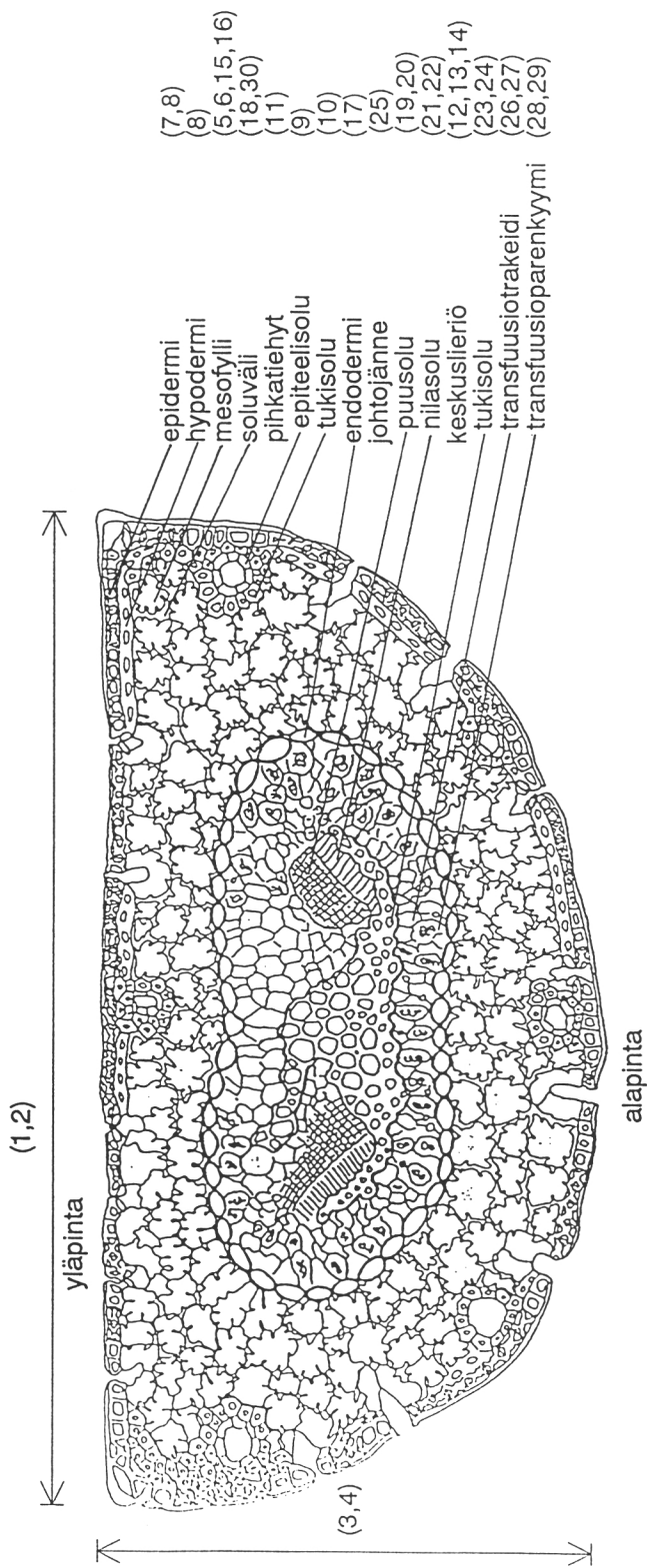
Värjätyistä leikkeistä valittiin viisi repeytymätöntä neulasen poikkileikkausnäytettä, joista mitattiin 30 eri solujen tai solukkojen ominaisuuksia kuvaavaa muuttujaa seuraavasti (kuva 1):

1. NEULASEN LEVEYS (μm) horisontaalisuunnassa paksuimmalta kohdalta neulasen yläpinnan suuntaisesti, keskuseriön keskikohdalta sekä keskuseriön ja neulasen alapinnan äärimmäisen kohdan puolivälistä.
2. NEULASEN MAKSIMILEVEYS (μm), muuttujan 1 maksimiarvo.
3. NEULASEN PAKSUUS (μm) vertikaalisuunnassa paksuimmalta kohdalta keskuseriön puolesta välistä sekä keskuseriön molempien päiden kohdalta.
4. NEULASEN MAKSIMIPAKSUUS (μm), muuttujan 3 maksimiarvo.
5. MESOFYLLIN PAKSUUS NEULASEN ALAPINTAAN (μm) viideltä kohdalta keskuseriön endodermistä hypodermiin.
6. MESOFYLLIN PAKSUUS NEULASEN YLÄPINTAAN (μm) viideltä kohdalta keskuseriön endodermistä hypodermiin.
7. EPIDERMIN PAKSUUS (μm) viideltä kohdalta sekä neulasen ylä- että alapinnalta.
8. EPIDERMIN JA HYPODERMIN PAKSUUS (μm) samoilta kohdilta, mistä epidermin paksuus mitattiin
9. PIHKATIEHYEIDEN EPITEELISOLUJEN PINTA-ALA (μm^2). Pituus ja paksuus kymmenestä solusta, jotka valittiin 4-5 pihkatiehyeestä poikkileikkausta kohti.
10. PIHKATIEHYEIDEN TUKISOLUJEN PINTA-ALA (μm^2), kuten muuttuja 9.
11. PIHKATIEHYEIDEN AUKON PINTA-ALA (μm^2). Epiteelisolujen välisen osan pituus ja paksuus kaikista poikkileikkauksen pihkatiehyeistä.
12. KESKUSERIÖN LEVEYS (μm) leveimmältä kohdalta keskuseriön keskikohdalta sekä keskuseriön reunoilta neulasen horisontaalisuunnassa.
13. KESKUSERIÖN MAKSIMILEVEYS (μm), muuttujan 12 maksimiarvo.
14. KESKUSERIÖN PAKSUUS (μm) viideltä eri kohdalta vertikaalisuunnassa.
15. MESOFYLLISOLUJEN PINTA-ALA (μm^2). Pituus ja paksuus 20 solusta tasaisesti ympäri mesofyllisolukkoa.

16. MESOFYLLISOLUJEN LUKUMÄÄRÄ/10 000 μm^2 (kpl) kymmeneltä eri kohdalta tasaisesti ympäri mesofyllisolukkoa. Lukumäärät arvioitiin kokonaisina soluina.
17. ENDODERMISOLUJEN PINTA-ALA (μm^2). Pituus ja paksuus kymmenestä solusta tasaisesti ympäri endodermisolukkoa.
18. SOLUVÄLIEN PINTA-ALA (μm^2). Pituus ja paksuus kaikista mesofyllin soluväleistä.
19. JOHTOJÄNTEIDEN PUUSOLUJEN LUKUMÄÄRÄ/ 400 μm^2 (kpl) kymmeneltä eri kohdalta tasaisesti ympäri johtojäniteitä, viisi mittausta kummastakin johtojäniteestä.
20. JOHTOJÄNTEIDEN PUUSOLUJEN PINTA-ALA (μm^2). Pituus ja paksuus kymmenestä solusta poikkileikkausta kohti, viisi mittausta kummastakin johtojäniteestä.
21. JOHTOJÄNTEIDEN NILASOLUJEN LUKUMÄÄRÄ/400 μm^2 (kpl) kymmeneltä kohdalta tasaisesti ympäri johtojäniteitä, viisi mittausta kummastakin johtojäniteestä.
22. JOHTOJÄNTEIDEN NILASOLUJEN PINTA-ALA (μm^2). Pituus ja paksuus kymmenestä solusta poikkileikkausta kohti, viisi mittausta kummastakin johtojäniteestä.
23. KESKUSLIERIÖN TUKISOLUJEN LUKUMÄÄRÄ/2500 μm^2 (kpl) kymmeneltä kohdalta tasaisesti ympäri keskuslieriötä.
24. KESKUSLIERIÖN TUKISOLUJEN PINTA-ALA (μm^2). Pituus ja paksuus kymmenestä solusta poikkileikkausta kohti.
25. JOHTOJÄNTEIDEN PINTA-ALA (μm^2).
26. TRANSFUUSIOSOLUKON TRAKEIDIEN LUKUMÄÄRÄ/10 000 μm^2 (kpl) kymmeneltä kohdalta tasaisesti ympäri transfuusiosolukkoa.
27. TRANSFUUSIOSOLUKON TRAKEIDIEN PINTA-ALA (μm^2). Kymmenen solun pituus ja paksuus.
28. TRANSFUUSIOSOLUKON PARENKYYMISOLUJEN LUKUMÄÄRÄ/10 000 μm^2 (kpl) kymmeneltä kohdalta tasaisesti ympäri transfuusiosolukkoa.
29. TRANSFUUSIOSOLUKON PARENKYYMISOLUJEN PINTA-ALA (μm^2). Kymmenen solun pituus ja paksuus.
30. SOLUVÄLIEN PINTA-ALOJEN SUMMA (μm^2). Muuttujassa 18 mitattujen soluvälien summa.

Näiden lisäksi mitattiin viidestä lisänäytteestä muuttujat 2, 4, 5, 6, 13 ja 25. Muuttujasta 14 mitattiin ainoastaan kolme eri kohtaa lisänäytteistä. Mittaus suoritettiin valomikroskoopin hiusristikolla (asteikko 1-100).

Aineisto käsiteltiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä SAS-tilasto-ohjelmistoa käyttäen. Muuttujien keskiarvojen yhtäsuuruus eri käsitteilyissä testattiin Tukeyn testillä neulasvuosikerroittain. Lisäksi laskettiin muuttujien keskiarvojen prosentuaaliset muutokset eri tyyppikäsitteilyissä kontrolliin verrattuna.



Kuva 1. Neulaseen poikkileikkaus. Numerot viittaavat mitattuihin muuttujiin.

Tulokset ja niiden tarkastelu

Neulasen ulkoisten mittojen on havaittu kasvavan typpilannoituksen seurauksena (Linder 1987). Tässä tutkimuksessa lannoitusvuonna syntyneiden neulasten paksuus ja leveys kasvoivat lannoituksen tuloksena. Sen sijaan lannoitusvuoden jälkeisenä vuonna syntyneissä neulasissa paksuus ei muuttunut eri käsittelyissä (taulukot 1 ja 2). Neulasen leveys sitä vastoin aleni selvästi. Lannoitusvuoden neulasten paksuuden kasvu selittyi etenkin korkeissa typpipitoisuuksissa neulasen ala- ja yläpinnan mesofyllin paksunemisella. Lisäksi keskuslieriön leveys ja paksuus kasvoivat huomattavasti alhaisilla typpipitoisuuksilla. Samalla keskuslieriön leveys kuitenkin aleni huomattavasti. Neulasen leveyden aleneminen lannoitusvuoden jälkeisenä vuonna syntyneissä neulasissa selittyi juuri keskuslieriön leveyden alenemisella.

Lannoitusvuoden neulasten epidermin paksuus sekä epidermin ja hypodermin yhteenlaskettu paksuus kasvoivat alhaisissa typpipitoisuuksissa ja alenivat korkeissa pitoisuuksissa. Sen sijaan vuotta nuoremmissa neulasissa ei ollut havaittavissa muutoksia. Ilmeisesti typpilannoituksella on hyvin vähän vaikutusta epidermiin ja hypodermiin.

Pihkatiehyeyitä typpilannoitus suurensi enemmän lannoitusvuoden jälkeisenä vuonna kuin lannoitusvuonna, jolloin niiden epiteeli- ja sklerenkyymisolujen pinta-ala kasvoi hyvin vähän. Lannoitusvuoden jälkeisenä vuonna syntyneissä neulasissa epiteelisolujen pinta-ala kasvoi etenkin alhaisissa typpipitoisuuksissa. Sen sijaan sklerenkyymieli tukisolujen pinta-ala laski voimakkaasti etenkin korkeissa typpipitoisuuksissa. Pihkatiehyeiden tukisolut näyttävät vaurioituvan samalla tavalla kuin keskuslieriön tukisolut, mutta hitaammin, mikä tukee käsitystä johtosolukon vaurioitumisesta ennen keskuslieriön ulkopuolisia solukoita (Fink 1988).

Lannoituksen vaikutusta mesofyllisolukkoon oli vaikea arvioida mesofyllisolujen hajoamisen takia. Lannoitusvuonna syntyneissä neulasissa näytti lannoitus suurentavan solujen pinta-alaa, mutta alentavan solujen lukumäärää. Lannoitusvuoden jälkeisenä vuonna syntyneissä neulasissa vaikutukset olivat päinvastaisia. Ilmeisesti solut paisuvat ennen hajoamistaan. Hajonneita soluja oli eniten epidermin lähellä ja ne olivat usein väriltään vaaleampia kuin muualla mesofyllissä. Lannoittamattomien 2. ja 3. vuoden neulasten solujen sisäosat ja soluseinät olivat hyvin näkyvissä. Tanniini näkyi soluissa tasaisena, nauhamaisena massana. Korkeissa typpipitoisuuksissa osasta soluja oli solun sisältö täysin hävinnyt tai solujen sisältö oli irronnut soluseinistä. Saman tapaista solujen hajoamista lähellä epidermiä tapahtuu myös ilmarakojen kautta neulaseen kulkeutuvien ilman epäpuhtauksien vaikutuksesta (Fink 1988). Soluvälien pinta-ala ja niiden määrä (summa/poikkileikkaus) kasvoivat voimakkaasti lannoitusvuoden neulasissa. Tämä selittyi mesofyllisolujen hajoamisella.

Taulukko 1. Kolmannen, lannoitusvuonna kasvaneen neulasvuosikerran neulasista mitattujen muuttujien keskiarvot, niiden prosentuaaliset muutokset eri käsitteilyssä kontrolliin verrattuna ja merkitsevyytasot.

	Typeä, kg/ha						Merkitsevyy- sevyys	
	0	150	750	1000	150	750		1000
Muut- tuja	Keskiarvo/käsittely				Muutos-%			
1	1490,70	1670,00	1508,70	1621,30	+12,0	+ 1,2	+8,8	
2	1770,00	1898,00	1729,00	1838,90	+ 7,2	- 2,3	+ 3,9	***
3	714,00	798,70	778,70	827,30	+11,9	+ 9,1	+15,9	***
4	842,00	865,00	848,00	894,40	+ 2,7	+ 0,7	+ 6,2	**
5	200,50	214,60	215,50	242,20	+ 7,0	+ 7,5	+20,8	***
6	183,50	185,40	202,20	220,90	+ 1,0	+10,2	+20,4	***
7	17,60	19,20	15,40	18,50	+ 9,1	-12,5	+ 5,1	***
8	28,30	30,60	27,40	30,90	+ 8,1	- 3,2	+ 9,2	***
9	301,70	302,80	319,80	322,60	+ 0,4	+ 6,0	+ 6,9	
10	564,90	576,10	568,10	587,60	+ 2,0	+ 0,6	+ 4,0	
11	4152,20	4450,40	3511,40	3728,50	+ 7,2	-15,4	-10,2	*
12	902,70	1070,00	914,00	980,00	+18,5	+ 1,3	+ 8,6	***
13	1042,00	1160,00	1015,00	1082,20	+11,3	- 2,6	+ 3,9	***
14	281,10	347,00	329,00	289,70	+23,4	+17,0	+ 3,1	***
15	2580,00	2797,80	2695,60	2849,80	+ 8,4	+ 4,5	+10,5	
16	3,90	3,92	3,24	2,52	+ 0,5	- 1,7	-35,4	***
17	1039,10	1271,80	1354,50	1409,50	+22,4	+30,4	+35,7	***
18	1333,80	1508,70	2493,10	2346,50	+13,1	+86,9	+76,0	***
19	4,94	4,96	4,84	4,46	+ 0,4	- 2,0	- 9,7	
20	86,60	90,60	92,20	88,80	- 4,6	+ 6,5	+ 2,5	
21	6,82	6,78	6,04	7,44	- 0,6	-11,4	+ 9,1	***
22	66,20	77,70	76,90	51,90	+17,4	+16,2	-21,6	**
23	4,10	3,58	3,46	3,26	-12,7	-15,6	-20,5	***
24	656,30	726,50	759,80	766,70	+10,7	+15,8	+16,8	
25	11024,70	24018,00	25500,60	24362,80	+117,9	+131,3	+121,0	***
26	12,04	11,84	11,46	10,08	- 1,7	- 4,8	-16,3	*
27	747,20	847,60	861,80	649,80	+13,4	+15,3	-13,0	**
28	3,58	3,68	3,06	3,42	+ 2,8	-14,5	- 4,5	
29	1391,20	1396,50	1535,20	1603,40	+ 0,4	+10,4	+15,3	
30	125375,00	178026,00	346539,00	441224,00	+42,0	+176,4	+251,9	

Taulukko 2. Toisen neulasvuosikerran neulasista mitattujen muuttujien keskiarvot, niiden prosentuaaliset muutokset eri käsittelyissä kontrolliin verrattuna ja merkitsevyydet.

	Typeä, kg/ha					Merkitsevyydet
	0	150	750	150	750	
Muuttuja	Keskiarvo/käsittely			Muutos-%		
1	1898,00	1567,30	1715,30	-17,4	- 9,6	**
2	2136,00	1789,00	2007,00	-16,3	- 6,0	***
3	867,30	852,70	880,70	- 1,7	+ 1,6	
4	959,00	904,00	965,00	- 5,7	+ 0,4	***
5	236,80	234,70	241,30	- 0,9	+ 1,9	
6	237,90	219,60	221,90	- 7,7	- 6,7	
7	18,60	19,60	19,10	+ 5,4	+ 2,7	
8	31,00	30,60	30,30	- 1,3	- 2,3	
9	294,80	374,20	315,60	+26,9	+ 7,1	***
10	616,10	621,10	533,90	+ 0,8	-13,3	*
11	3695,50	5619,00	4600,50	+52,1	+24,5	***
12	1178,70	952,00	1045,30	-19,2	-11,3	***
13	1283,00	1044,00	1185,00	-18,6	- 7,6	***
14	345,50	346,30	363,80	+ 0,2	+ 5,3	
15	3137,50	2662,50	2764,10	-15,1	-11,9	***
16	2,86	3,46	3,56	+21,0	+24,5	***
17	1356,70	1386,00	1318,60	+ 2,2	- 2,8	
18	3337,80	2449,50	1866,80	-26,6	-44,1	***
19	4,20	4,62	4,38	+10,0	+ 4,3	
20	120,90	96,70	101,20	-20,0	-16,3	**
21	6,84	6,94	6,60	+ 1,5	- 3,5	
22	77,30	65,80	69,10	-14,9	-10,6	
23	3,40	3,64	3,58	+ 7,1	+ 5,3	
24	770,7	709,70	704,80	- 7,9	- 8,6	
25	25875,60	21290,70	25498,60	- 17,7	- 1,5	***
26	9,54	9,44	10,76	- 1,1	+12,8	*
27	905,30	841,40	842,70	- 7,1	- 6,9	
28	3,30	3,30	3,80	0,0	+15,2	
29	1544,80	1676,40	1215,30	+ 8,5	-21,3	***
30	446726,00	308634,00	261346,00	-30,9	-41,5	

Ravinteiden puutteen on havaittu aikaisemmissa tutkimuksissa vaikuttavan voimakkaimmin keskuslieriön johtojänteisiin ja transfuusiosolukkoon (Raitio & Rantala 1977). Lannoitus vaikutti keskuslieriön endodermisolukkoon voimakkaammin lannoitus- kuin sitä seuranneen vuoden neulasissa. Tällöin solujen pinta-ala kasvoi voimakkaasti etenkin korkeissa typpipitoisuuksissa. Johtojänteiden pinta-ala kasvoi selvästi lannoitusvuoden neulasissa, mutta aleni hieman seuraavan vuoden neulasissa.

Typpilannoituksella näyttää olevan johtojänteiden puusolujen kehittymistä hidastava vaikutus lannoitusvuoden neulasissa. Vaikutukset ovat kuitenkin melko vähäisiä. Lannoitusvuoden jälkeisenä vuonna syntyneissä neulasissa solujen määrä kasvoi voimakkaasti etenkin alhaisissa pitoisuuksissa. Pinta-ala taas aleni voimakkaasti. Nilasolukon luhistumista pidetään tärkeimpänä ravinteiden puutteen osoittajana (Fink 1989). Tässä tutkimuksessa nilasolujen määrä aleni voimakkaasti lannoitusvuoden neulasissa etenkin suurissa pitoisuuksissa. Solujen pinta-ala sitävastoin kasvoi alhaisissa pitoisuuksissa, mutta aleni voimakkaasti korkeissa pitoisuuksissa, mikä kuvanee typhen toksista vaikutusta. Keskuslieriön tukisolujen määrän vähentyminen ja solujen hypertrofia on aikaisemmin havaittu ravinnepuutostutkimuksissa (Raitio & Rantala 1977). Tässä tutkimuksessa tukisolujen määrä aleni voimakkaasti lannoitusvuoden neulasissa etenkin korkeissa pitoisuuksissa, mutta vastaavasti pinta-ala kasvoi.

Aikaisemmissa tutkimuksissa on havaittu transfuusiosolukon kärsvän ravinnepuutostiloissa (Raitio & Rantala 1977). Tässä tutkimuksessa trakeidien määrä aleni voimakkaasti korkeissa pitoisuuksissa lannoitusvuoden neulasissa, mitä muutosta ei havaittu seuraavana vuonna syntyneissä neulasissa. Parenkymisolujen määrä kasvoi hieman alhaisissa pitoisuuksissa ja aleni hieman korkeissa pitoisuuksissa lannoitusvuoden neulasissa. Solujen pinta-ala sitä vastoin kasvoi korkeissa pitoisuuksissa. Solujen paisuminen on havaittu myös aikaisemmissa tutkimuksissa (Raitio & Rantala 1977). Lannoitusvuoden jälkeisenä vuonna syntyneissä neulasissa solujen määrä kasvoi hieman korkeissa pitoisuuksissa. Pinta-ala taas kasvoi hieman alhaisissa pitoisuuksissa, mutta aleni voimakkaasti korkeissa pitoisuuksissa. Tämä kuvastanee toksista vaikutusta. Typpimäärän lisääntyessä solujen sisältö on kertynyt lähelle soluseiniä, jotka ovat muuttuneet epäselviksi ja solut ovat värjäytyneet epämääräisesti. Osasta soluja on solun sisältö kokonaan hävinnyt tai sitä on vain vähän jäljellä.

Tutkimuksessa käytetyn aineiston suppeus rajoittaa yleistyksien tekemistä ja neulasvuosikertojen välistä vertailua. Työ on ennen kaikkea nähtävä esitutkimuksena, koska missään aikaisemmissa lannoitustutkimuksissa ei ole tarkasti mitattu neulasten solu- ja solukkohtaisia muutoksia.

Kirjallisuus

- Fink, S. 1988. Histological and cytological changes caused by air pollutants and other abiotic factors. Julkaisussa: Schulte-Hostede, S., Darrall, N.M., Blank, L.W. & Wellburn, A.R. (toim.). Air pollution and Plant Metabolism. Elsevier, London, New York., s. 36-54.
- 1989. Pathological anatomy of conifer needles subjected to gaseous air pollutants or mineral deficiencies. *Aquilo, Ser. Botanica* 27: 1-6 s.
- Grennfelt, P. & Hultberg, H. 1986. Effects of nitrogen deposition on the acidification of terrestrial and aquatic ecosystems. *Water, Air and Soil Pollution* 30: 945-963.
- Gustavsen, H.G. & Lipas, E. 1979. Lannoituksella saatavan kasvunlisäyksen riippuvuus annetusta typpimäärästä. Summary: Effect of nitrogen dosage on fertilizer response. *Folia Forestalia* 246. 20 s.
- Jalkanen, R. 1990. Typpilannoituksen vaikutus mäntyjen talvenkestävyyteen kangasmailla Pohjois-Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja (tässä julk.).
- Linder, S., Benson, M.L., Myers, B.J. & Raison, R.J. 1987. Canopy dynamics and growth of *Pinus radiata*. I. Effects of irrigation and fertilization during a drought. *Canadian Journal of Forest Research* 17: 1157-1165.
- Lindroth, A. 1987. Kvävetillförsel kan orsaka kronutglesning. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift* 3: 9-17.
- Marx, D.H., Hatch, A.B. & Mendicino, J.F. 1977. High soil fertility decreases sucrose content and susceptibility of loblolly pine roots to ectomycorrhizal infection by *Pisolithus tinctorius*. *Canadian Journal of Botany* 55: 1569-1574.
- Nihlgård, B. 1985. The ammonium hypothesis: An additional explanation to the forest dieback in Europe. *Ambio* 14(1): 2-8.
- Raitio, H. & Rantala, E-M. 1977. Männyn kasvuhäiriön makro- ja mikroskooppisia oireita. Oireiden kuvaus ja tulkinta. Summary: Macroscopic and microscopic symptoms of a growth disturbance in Scots pine. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 91. 30 s.
- Roelofs, J.G.M., Kempers, A.J., Houdijk, A.L.F.M. & Jansen, J. 1985. The effect of airborne ammonium sulphate on *Pinus nigra* var. *maritima* in the Netherlands. *Plant and Soil* 84: 45-56.
- Soikkeli, S. & Kärenlampi, L. 1984. The effects of nitrogen fertilization on the ultrastructure of mesophyll cells of conifer needles in northern Finland. *European Journal of Forest Pathology* 14: 129-136.
- Verry, E.S. & Timmons, D.R. 1977. Precipitation nutrients in the open and under two forests in Minnesota. *Canadian Journal of Forest Research* 7: 112-119.

Lannoituksen vaikutus männikön kasvuun, latvavaurioihin ja tuulituhoalttiuteen Lapissa

Jari Hynynen ja Hannu Hirvelä

Johdanto

Lannoituksen on todettu lisäävän puuston kasvua Lapissa keskimäärin vähemmän kuin Etelä-Suomessa. Kukkolan & Saramäen (1983) tutkimuksen mukaan lannoituksen aiheuttama kasvunlisäys Pohjois-Suomen männiköissä oli 63 % Etelä-Suomen männiköiden kasvunlisäyksestä. Perä-Pohjolassa lannoituksen on havaittu lisäävän puuston kasvua lähes yhtä paljon kuin Etelä-Suomessa (Lipas ym. 1983, Lipas 1988), mutta Pohjois-Lapissa kasvunlisäykset ovat olleet jo selvästi pienemmät (Lipas ym. 1983).

Vuosina 1977-78 metsähallitus, Metsäntutkimuslaitos ja Kemira Oy perustivat kestokoesarjan, jonka avulla selvitetään eri pituisten lannoitusvälien vaikutusta männiköiden kasvuun Lapissa. Koemetsiköt edustavat erilaisilla kasvupaikoilla kasvavia ja eri kehitysvaiheissa olevia kangasmaan männiköitä.

Puuston kasvun lisäksi tässä tutkimuksessa tarkastellaan lannoituksen vaikutusta latvavaurioiden ja tuulituhojen esiintymiseen. Tuulituhojen tutkiminen oli mahdollista, koska koesarjan alueelle osui 22.9.1982 Mauriksi nimetty myrsky. Mauri-myrskyn aiheuttamat puustotuhot Lapissa ja Perä-Pohjolassa olivat yhteensä 3,1 milj. m³ (Solantie 1983).

Aineisto ja menetelmät

Tutkimusta varten perustettiin kuusi männikkökoetta, joista kolme koetta sijaitsee Perunkajärvellä Rovaniemen maalaiskunnassa ja kolme koetta Luostolla Sodankylässä. Perunkajärven kokeet olivat nuoria kasvatusmetsiköitä. Luoston kokeista koe 706 oli varttunut taimikko, koe 708 nuori kasvatusmetsikkö ja koe 707 varttunut kasvatusmetsikkö. Metsikkötiedot kokeiden perustamishetkellä on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Metsikkötunnuksia kokeiden perustamisajankohtana.

Koe	Metsä- tyyppi	Pituus- bonit. H ₁₀₀	Kehitys- luokka	Runkoluku kpl/ha	Puustotiedot kokeen alussa				Ikä v.	Lämpö- summa *
					D _{1.3} cm	H _{dom} m	PPA m ² /ha	V m ³ /ha		
703	VMT	15,4	4	1154	13,6	10,5	14,5	73,7	56	836
704	ECT	12,9	4	749	15,1	9,4	8,3	38,3	63	829
705	EVT	15,6	4	888	15,0	11,4	12,7	69,7	61	840
706	CIT	8,8	3	2610	6,2	5,7	3,3	11,3	59	806
707	EMT	15,8	5	553	17,0	14,5	9,7	64,8	86	797
708	MCCIT	12,9	4	850	13,2	11,0	7,1	37,8	78	797

*) Keskimääräiset lämpösummat jaksolta v.1951-1980 (Ojansuu & Henttonen 1983)

Jokaisella kokeella oli 20 koealaa (30*50 m), jotka ryhmiteltiin neljään lohkokon. Lohkojen sisällä koealat arvottiin viiteen ryhmään: lannoittamattomat, kertalannoitettavat sekä kolmen, kuuden ja yhdeksän vuoden välein lannoitettavat koealat. Jokaiselle koealalle sijoitettiin kaksi 400 m²:n ympyräkoelaa.

Kokeet lannoitettiin ensimmäisen kerran toukokuussa 1978 oulunsalpietarilla (26 % N) lannoitemäärällä 170 kg N/ha. Seuraavassa lannoituksessa toukokuussa 1981 kolmen vuoden välein lannoitettaville koealoille annettiin typpirikasta Y-lannosta (20 % N, 4 % P, 8 % K, 0,05 % B) 167 kg N/ha. Kesäkuussa 1984 lannoitusvuorossa olleet koealat lannoitettiin typpirikkaalla Y-lannoksella lannoitemäärällä 125 kg N/ha. Koska tutkimuksessa seurattiin puuston kehitystä kokeiden perustamista seuranneiden kuuden vuoden ajalta, aineisto jaettiin vuoteen 1984 mennessä toteutuneiden lannoituskäsittelyiden mukaan kolmeen ryhmään: lannoittamattomat, kertalannoitetut ja kaksi kertaa lannoitetut koealat.

Kokeita perustettaessa mitattiin puiden rinnankorkeusläpimitat. Keväällä 1984 koepuista (15-20/koeala) mitattiin pituus ja viimeisen kuuden vuoden pituuskasvu. Pituuskasvu määritettiin oksakiehkuroiden perusteella vain terveistä puista. Lisäksi kaikkien elävien mäntyjen terveydentila luokiteltiin seuraavasti (Gustavsen ym. 1988):

- 1) terve latva
- 2) elävä latva, mutta kasvun taantumaa tai häiriöitä
- 3) 1-2 viimeistä latvakasvainta kuollut
- 4) vähintään 3 viimeistä latvakasvainta kuollut
- 5) katkennut latva

Keväällä 1987 lannoittamattomilta, kertalannoitetuilta ja kolmen vuoden välein lannoitetuilta koealoilta kairattiin 15-20 puusta lustonäytteet, joista mitattiin vuotuiset sädekasvut ja puiden rinnankorkeudet.

Metsikkötunnukset laskettiin koealojen peruslaskentaohjelmalla (Heinonen 1981). Kasvut laskettiin peräkkäisten mittausten erotuksena. Luonnonpoistuma oletettiin korjatuksi talteen.

Koealojen välisten puustoerojen vaikutusta lannoituksen aikaansaamiin kasvunlisäyksiin vähennettiin kovarianssianalyysin avulla. Mitatut tilavuuskasvut korjattiin lähtöpuuston tilavuuden, pohjapinta-alan kasvut runkoluvun ja keskiläpimitan kasvut pohjapinta-alan suhteen. Käsitteilyiden välisiä eroja tarkasteltiin varianssianalyysillä käyttäen kovarianssikorjattuja kasvuja.

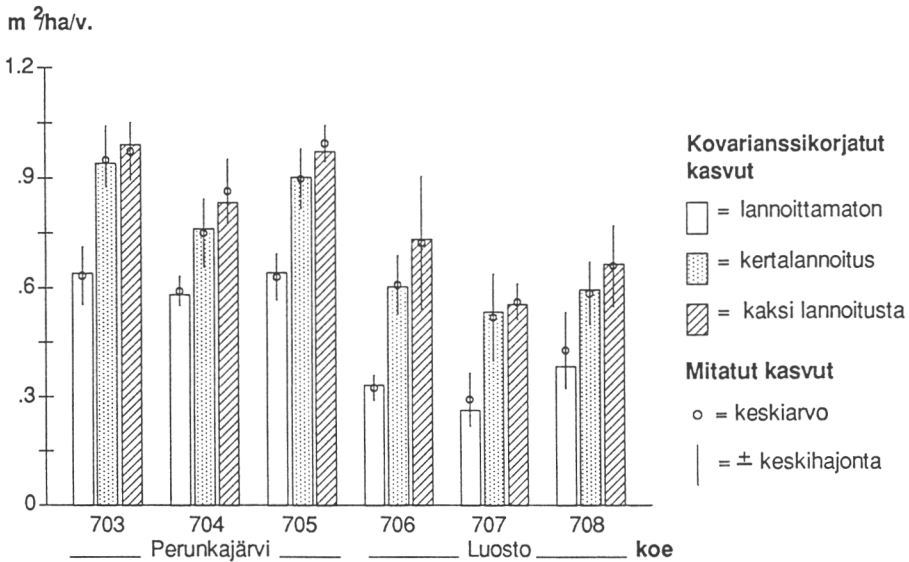
Tulokset

Puuston kasvu

Lannoitus nopeutti puuston keskiläpimitan kehitystä kaikilla kokeilla tilastollisesti merkitsevästi. Lannoitus lisäsi eniten koealojen suurimpien puiden absoluuttista läpimitan kasvua.

Lustonäytteiden avulla vuotuisia sädekasvuja voitiin tarkastella ensimmäistä lannoitusta seuranneiden yhdeksän vuoden ajalta. Kertalannoitettujen koealojen sädekasvut olivat pienentyneet syksyyn 1986 mennessä lähes lannoittamattomien koealojen kasvujen tasolle. Kokeilla 704, 706 ja 707 toinen lannoitus lisäsi selvästi sädekasvua kertalannoituksella saavutetusta tasosta. Puusto reagoi uusintalannoitukseen voimakkaimmin kokeella 706. Kolmas lannoitus ei enää lisännyt sädekasvuja.

Luoston kokeilla puuston pohjapinta-alan kasvun taso oli selvästi alhaisempi kuin Perunkajärvellä, mutta siitä huolimatta lannoituksen aikaansaama absoluuttinen kasvunlisäys oli samaa suuruusluokkaa molemmilla koepaikkakunnilla (kuva 1). Pohjapinta-alan kasvunlisäys oli Perunkajärven kertalannoitetuilla koealoilla keskimäärin 0,25 m²/ha/v ja kaksi kertaa lannoitetuilla koealoilla 0,31 m²/ha/v. Luostolla kasvunlisäykset olivat 0,25 m²/ha/v ja 0,32 m²/ha/v. Lannoitukset lisäsivät pohjapinta-alan kasvua jokaisella kokeella tilastollisesti merkitsevästi. Kaksi kertaa lannoitetuilla koealoilla kasvut olivat kertalannoitettujen koealojen kasvuja suurempia kokeilla 705 ja 706 (riskitaso $p < 0,05$).

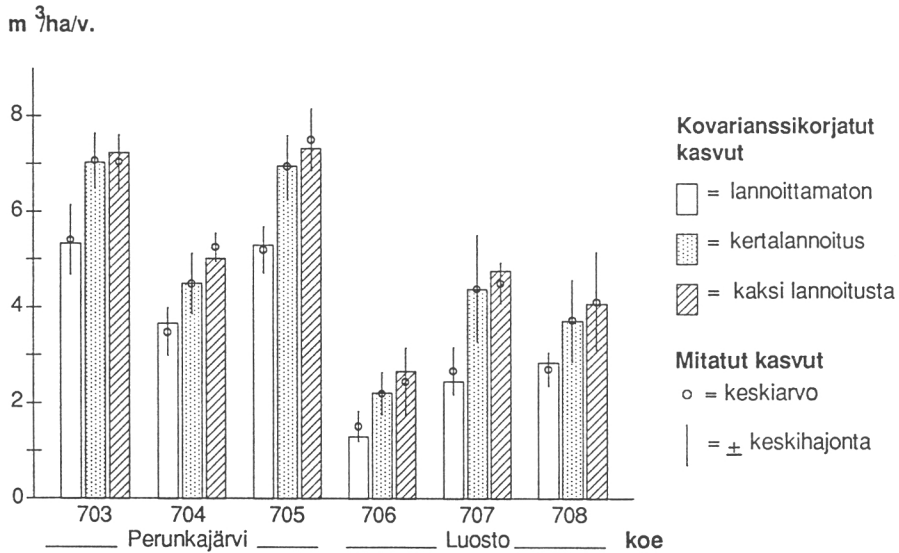


Kuva 1. Puuston vuotuinen pohjapinta-alan kasvu v. 1978-1983.

Perunkajärven kokeilla lannoitus lisäsi pohjapinta-alan kasvua sitä enemmän, mitä parempi kasvupaikka oli kyseessä. Luostolla kasvunlisäyksen riippuvuus kasvupaikkatyypistä ei ollut yhtä selvä, koska eri kasvupaikkoja edustavat kokeet vaihtelivat myös puuston kehitysvaiheen suhteen. Taimikkokokeella 706 kasvunlisäys oli huomattavan suuri pienestä puustopääomasta huolimatta. Taimikossa pohjapinta-alan suhteellinen kasvu on nopeaa, minkä vuoksi lannoituksen aikaansaama kasvunlisäys on voimakas.

Valtapietus lisääntyi lannoittamattomilla koelohjoilla Perunkajärvellä keskimäärin 26 cm/v ja Luostolla 20 cm/v. Lannoitus nopeutti valtapietuden lisäystä tilastollisesti merkitsevästi vain kokeella 707. Koska pituuskasvut mitattiin vain terveistä koepuista, lasketut valtapietuden lisäykset ovat puuston todellisia kasvuja suurempia. Lannoitus on todennäköisesti hidastanut valtapietuden kehitystä varsinkin kokeella 706, jossa lannoitetuilla koelohjoilla vain 65 % puista oli terveitä.

Lannoitus lisäsi puuston tilavuuskasvua kaikilla kokeilla (kuva 2). Lannoittamattomien koelohjojen vuotuinen tilavuuskasvu oli Perunkajärvellä keskimäärin 4,8 m³/ha/v ja Luostolla 2,2 m³/ha/v. Kertalannoitus lisäsi kasvua Perunkajärvellä 1,4 m³/ha/v ja Luostolla 1,2 m³/ha/v. Kaksi kertaa lannoitetuilla koelohjoilla kasvunlisäykset olivat 1,8 m³/ha/v ja 1,6 m³/ha/v. Kaikilla kokeilla kertalannoitus lisäsi tilavuuskasvua tilastollisesti merkitsevästi. Kaksi kertaa lannoitetuilla koelohjoilla tilavuuskasvu oli kertalannoitettujen koelohjojen kasvua suurempi kokeilla 704 ja 706 ($p < 0,05$).



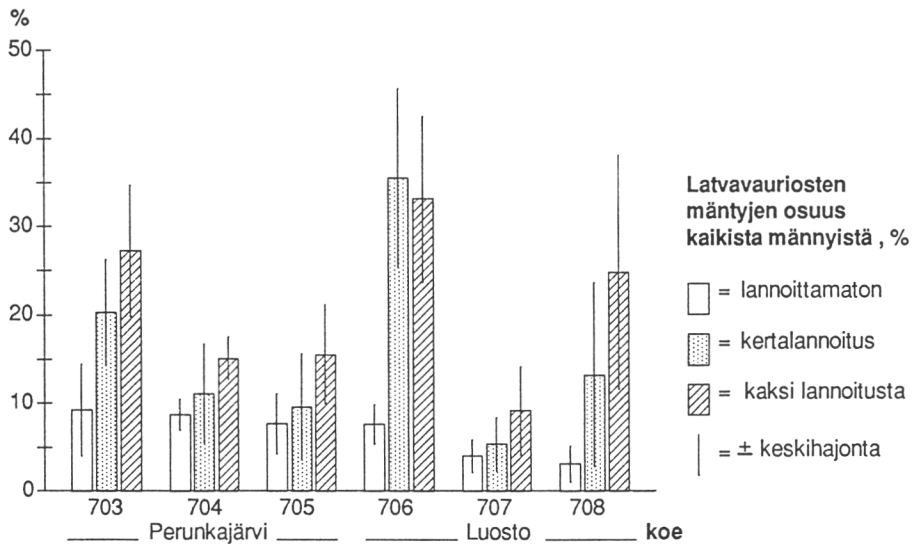
Kuva 2. Puuston vuotuinen tilavuuskasvu v. 1978-1984.

Absoluuttiset kasvunlisäykset olivat suurimmat runsaspuustoisimmilla kokeilla 703, 705 ja 707, jotka edustivat myös parhaita kasvupaikkoja. Taimikkokokeella 706 kertalannoitus lisäsi kasvua karusta kasvupaikasta huolimatta 1,0 m³/ha/v (78 %) ja kaksi lannoitusta 1,4 m³/ha/v (117 %).

Latvavauriot

Lannoitetuilla koelohilla latvavaurioiden puiden osuus runkoluvusta oli suurempi kuin lannoittamattomilla koelohilla (kuva 3). Latvavaurioiden osuus oli lannoittamattomilla koelohilla keskimäärin 6,8 %, kertalannoitetuilla koelohilla 15,8 % ja kaksi kertaa lannoitetuilla koelohilla 20,7 %. Kokeilla 703 ja 706 jo kertalannoitus lisäsi merkitsevästi latvavaurioita. Kaksi lannoitusta lisäsi vaurioiden määrää lannoittamattomiin koelohihin nähden tilastollisesti merkitsevästi kokeilla 703, 706 ja 708 sekä jokseenkin merkitsevästi kokeella 705.

Taimikkokokeella 706 kertalannoitus lisäsi vaurioiden määrän 35,1 %:iin runkoluvusta, kun niiden osuus lannoittamattomilla koelohilla oli 7,8 %. Kaksi kertaa lannoitetuilla koelohilla vauriota oli 32,8 %.



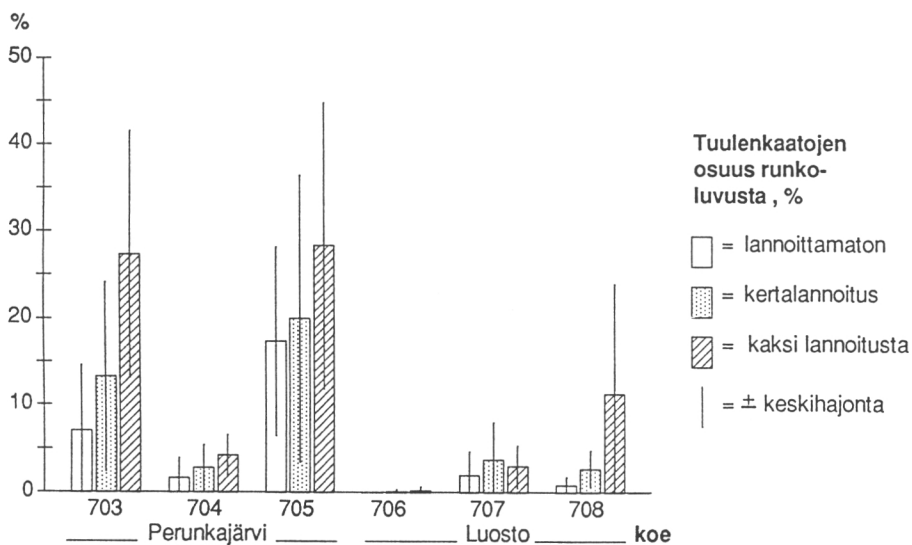
Kuva 3. Latvavauriot koemetsiköissä v. 1984.

Yleisin latvavauriotyyppi Perunkajärven kokeilla oli kasvun häiriö tai taantuma. Sen osuus kaikista latvavaurioista oli keskimäärin 52 %. Luostolla yleisin vaurio oli latvakasvainten kuoleminen (51 % kaikista latvavaurioista). Katkenneiden latvojen esiintymiseen lannoituksilla ei ollut vaikutusta.

Tuulituhot

Syksyllä 1982 Mauri-myrsky aiheutti huomattavia tuhoja koemetsiköissä. Eniten tuulituhoista kärsivät Perunkajärven kokeet 703 ja 705 (kuva 4), jotka olivat topografiansa puolesta alttiita tuulituhoille. Myrskyn suunta oli lounaasta koilliseen. Koe 703 sijaitsi etelä- ja koe 705 lounaisrinteessä, eikä kummankaan kokeen lounaispuolella ollut tuulelta suojaavia maastonmuotoja tai metsikkökuvioita. Muut kokeet olivat tuuleen nähden suojaisemmissa maastonkohdissa ja tuhoja oli näillä kokeilla selvästi vähemmän.

Lannoitukset lisäsivät tuulenkaatoja kaikilla kokeilla. Metsiköiden sisäinen topografian vaihtelu vaikeutti kuitenkin lannoituksen vaikutuksen selvittämistä tuulenkaatojen määrään. Tilastollisesti merkitsevästi tuulenkaadot lisääntyivät vain kokeilla 703 ja 708 toistuvan lannoituksen seurauksena. Kokeella 703 tuulen aikaansaama poistuma oli lannoittamattomilla koelaloilla 6 m³/ha ja kaksi kertaa lannoitetuilla 31 m³/ha. Kokeella 708 vastaavat määrät olivat 1 m³/ha ja 10 m³/ha. Kokeella 705 suurista tuulituhoista huolimatta (18 m³/ha ja 35 m³/ha) käsittelyvaihtoehtojen väliset erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.



Kuva 4. Tuulituhot koemetsiköissä.

Tulosten tarkastelu

Toistuvaa lannoitusta ajatellen tarkastelujakso on lyhyt. Kaksi lannoituskertaa ja kuuden vuoden seurantajakso eivät riitä selvittämään toistuvien lannoitusten kokonaisvaikutuksia puuston kasvuun ja vaurioihin.

Saadut tulokset puuston tilavuuskasvusta ovat samansuuntaisia aiempien tutkimustulosten kanssa. Tulosten vertaamista aikaisempiin lannoitustutkimuksiin vaikeuttavat kuitenkin eripituiset tarkastelujaksot. Lipaksen (1988) tutkimuksessa Perä-Pohjolan männikkökokeilla kertalannoitus lisäsi tilavuuskasvua 7-13 m³/ha/10 v. Pohjois-Ruotsin kestokokeilla lannoitus lisäsi vuotuista tilavuuskasvua viiden vuoden aikana 2,3 m³/ha/v (75 %) (Jonsson & Möller 1976).

Kertalannoituksen vaikutusaika sädekasvuun oli lustoanalyysien perusteella noin kymmenen vuotta. Lannoitusvaikutus oli suurimmillaan 3-6 vuoden kuluttua lannoituksesta. Myös aikaisempien tutkimusten mukaan lannoitus vaikuttaa puuston kasvuun Lapissa noin kymmenen vuotta (Lipas ym. 1983). Pohjois-Ruotsin männikkökokeilla kertalannoituksen vaikutusaika oli Petterssonin (1980) mukaan 8-9 vuotta.

Koemetsiköissä lannoitus lisäsi latvusten kasvuhäiriöitä ja latvakuolemia. Lannoituksen on muissakin tutkimuksissa todettu heikentävän puiden latvusten terveydentilaa. Lipaksen ym. (1983) tutkimuksessa todettiin latvavaurioisten puiden osuuden kasvaneen typpilannoituksen seurauksena. Burgtorf (1981) ja Möller (1983) ovat tehneet havaintoja

kuolleista ja kuivalatvaisista puista Pohjois-Ruotsin lannoitetuissa metsiköissä. Latvavaurioiden välittömänä aiheuttajana on pidetty pakkasvaurioita, joille erityisen alttiita ovat runsaasti typpilannoitetta saaneet puut (Norokorpi 1977, Lipas ym. 1983). Typpilannoitettujen puiden neulasista on mitattu alhaisia booripitoisuuksia ja boorin puute onkin osoittautunut kasvuhäiriöiden syyksi (Aronsson 1983, Möller 1983).

Koemetsiköiden lannoituksissa vuodesta 1981 alkaen käytetty NPK-lannoite sisälsi booria 0,05 %. Lisätyn boorin vaikutusta ei kuitenkaan voitu havaita vielä keväällä 1984 kolmen vuoden välein lannoitetuilla koealoilla. Boorin määrä (0,4 kg B/ha) onkin saattanut olla liian pieni latvavaurioiden estämiseksi. Möllerin (1983) mukaan riittävä boorimäärä vaurioiden välttämiseksi on 1 kg B/ha.

Tässä tutkimuksessa käytetyt typpimäärät olivat nykyisiä Pohjois-Suomen lannoitussuosituksia (125 kg N/ha) suurempia. Jos käytännön lannoitukset tehdään suositusten mukaisesti käyttäen booria sisältäviä lannoitteita, puuston latvavauriot jäänevät vähäisemmiksi kuin tämän tutkimuksen koemetsissä.

Maastonmuodoilla oli ratkaiseva vaikutus tuulituhoihin. Tutkitussa aineistossa lannoituksen vaikutusta tuulituhoihin oli vaikea selvittää, koska maastonmuodot vaihtelivat myös kokeiden sisällä. Joka tapauksessa puuston tuulituhoriski suurenee lannoituksen seurauksena. Lannoitus lisää puiden herkkyyttä tuulituholle kasvattamalla latvuksen yläosan neulasmassaa ja latvusalaa (Saramäki & Silander 1982). Lannoitusta seuraavina vuosina myös rungon paksuuskasvu keskittyy rungon yläosiin, minkä seurauksena puun painopiste nousee (Saramäki 1980). Laihon (1982) mukaan puuston tuulituhoalettius on suurimmillaan 2-4 vuotta lannoituksesta.

Aineiston kaksi kertaa lannoitetuilla koealoilla lannoituksesta oli kulunut vain kaksi kasvukautta, mikä selittää kahdesti lannoitettujen koealojen suuret tuulituhot (kuva 4). Kertalannoitetuilla koealoilla lannoituksen tuulituhoja lisäävä vaikutus näkyi vielä viiden vuoden kuluttua lannoituksesta.

Kirjallisuus

- Aronsson, A. 1983. Growth disturbances caused by boron deficiency in some fertilized pine and spruce stands on mineral soils. Julkaisussa: Kolari, K.K. (toim.). Growth disturbances of forest trees. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 116. s. 116-122.
- Burgtorf, H. 1981. Effekten av växtnäringsstillförsel till några tallbestånd på näringsfattig mark i kyliga klimatlägen. Summary: The effects of supply of plant nutrients to some pine stands on poor and cold sites. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skoglig marklära. Rapporter i skogsekologi och skoglig marklära 37. 41 s.
- Gustavsen, H., Roiko-Jokela, P. & Varmola, M. 1988. Kivennäismaiden talousmetsien pysyvät (INKA ja TINKA) kokeet. Suunnitelmat, mittausmenetelmät ja aineistojen rakenteet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 292. 212 s.

- Heinonen, J. 1981. Koealojen peruslaskenta. Metsäntutkimuslaitos, matemaattinen osasto. Moniste. 38 s.
- Jonsson, S. & Möller, G. 1977. Gödslings- och gallringseffekter i överslutna tallbestånd. Föreningen skogsträdsförädling. Institutet för skogsförbättring. Årsbok 1976: 62-116.
- Kukkola, M. & Saramäki, J. 1983. Growth response in repeatedly fertilized pine and spruce stands on mineral soils. Seloste: Toistuvalla lannoituksella saatava kasvunlisäys kivennäismaiden männiköissä ja kuusikoissa. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 114. 55 s.
- Laiho, O. 1987. Metsiköiden alttius tuulituholle Etelä-Suomessa. Summary: Susceptibility of forest stands to windthrow in southern Finland. Folia Forestalia 706. 24 s.
- Lipas, E. 1988. Typpilannoituksen ajankohta kangasmetsissä. Summary: Timing of nitrogen fertilization on mineral soils. Folia Forestalia 709. 22 s.
- , Levula, T. & Välikangas, P. 1983. Eräitä metsänlannoitustuloksia Lapista. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 114. 14 s.
- Möller, G. 1983. Borbristksador efter upprepad kvävegödsling på fastmark. Summary: Growth disturbances from boron deficiency on mineral soil after refertilization with nitrogen. Föreningen Skogsträdsförädling. Institutet för skogsförbättring. Årsbok 1982: 47-70.
- Norokorpi, Y. 1977. Epätasainen lannoitus ja männiköiden pakkasvauriot. Metsä ja Puu 4: 15-17.
- Ojansuu, R. & Henttonen, H. 1983. Kuukauden keskilämpötilan, lämpösumman ja sademäärän paikallisten arvojen johtaminen Ilmatieteen laitoksen mittaustiedoista. Summary: Estimation of local values of monthly mean temperature, effective temperature sum and precipitation sum from the measurements made by the Finnish Meteorological Office. Silva Fennica 17(2): 143-160.
- Petterson, F. 1980. Gödslingseffektens fördelning över tiden. Institutet för skogsförbättring. Information, Gödsling 3. 6 s.
- Saramäki, J. 1980. Typpilannoituksen vaikutus männyn runkomuotoon. Summary: The effect of nitrogen fertilization on the stem form of Scots pine. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 99(4). 46 s.
- & Silander, P. 1982. Lannoituksen ja harvennuksen vaikutus männyn latvukseen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 52. 42 s.
- Solantie, R. 1983. Aarnon ja Maurin antia. Metsän myrskytuhojen ja tuulen nopeuden vastaavuus alueittain Suomessa. Metsä ja Puu 2: 9-11.

Kuusen käpytuholaiden ja -tautiin esiintyminen Pohjois-Suomessa kesällä 1989

Ari Nikula ja Risto Jalakanen

Johdanto

Kuusen siemensato vaihtelee suuresti vuosien mukaan. Pohjois-Suomessa ovat hyviä käpyvuosia ennen vuotta 1989 olleet mm. 1958, 1967 ja 1970 (Numminen 1989). Hyvinä vuosina käpyjä kerätään runsaasti ja saatu siemen varastoidaan. Kuusen kävyissä elää kuitenkin suuri joukko hyönteisiä ja sienitauteja, jotka vioittavat siemeniä ja käpyä niin, että siementen saanto vähenee. Siemensaannon väheneminen johtuu joko suoraan siementen syönnistä tai kävyn muihin osiin kohdistuvasta vioituksesta, joiden seurauksena kävyt pihkaantuvat, käyristyvät ja avautuvat vain osittain karistettaessa. Tuhonaiheuttajat saattavat myös estää siementen kehittymisen, jolloin itämiskelpoisen siemenen määrä alenee. Ruostesienet saastuttavat emikukintoja, jolloin siementen menetys on yleensä täydellinen (Roll-Hansen 1969). Suuren taloudellisen merkityksensä vuoksi käpyjen tuhoja on tutkittu jo viime vuosisadalta lähtien (ks. Rummukainen 1960) ja tuholaiden elintavat tunnetaankin suhteellisen hyvin.

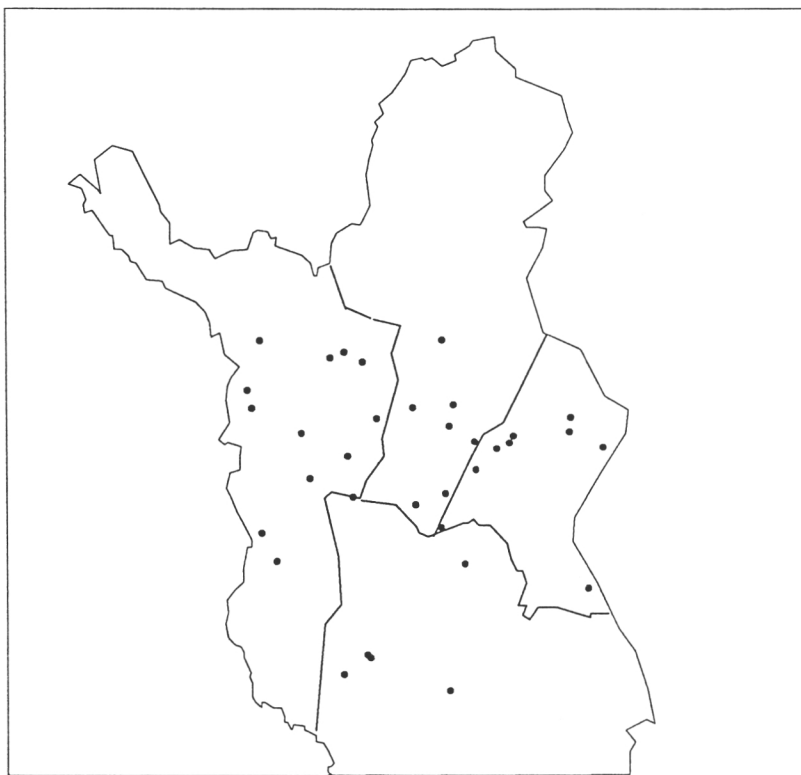
Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kuusen kävyissä elävien tuhohyönteisten ja sienitautien esiintymistä ja runsautta Pohjois-Suomessa kesällä 1989. Hyönteisistä tutkimuksen kohteena olivat kuusen käpykääriäinen (*Kaltenbachiella strobi* L., Lep., Tortricidae), kuusen käpykärpänen (*Lasiomma anthracina* Czerny, Diptera, Anthomyiidae) ja kuusen käpysääski (*Kaltenbachiola strobi* Winn., Diptera, Cecidomyiidae). Sienitaudeista tarkasteltiin kuusen tuomiruostetta (*Pucciniastrum areolatum* (Fr.) Oth.) ja kuusen talvikkiruostetta (*Chrysomyxa pisolata* (Körn.) Wint.).

Aineisto ja menetelmät

Kuusen käpynäytteet otettiin kävynkeräyksen yhteydessä 37 eri puolilla Pohjois-Suomea sijainneesta metsähallituksen kävynkeräysleimikosta. Näytteet otettiin 21.9. - 14.12. välisenä aikana. Analyysjä varten lähellä toisiaan sijainneiden keräyspaikkojen näytteet yhdistettiin, jolloin näyte-erien määräksi tuli 30. Alueittaista tarkastelua varten näytteistä muodostettiin neljä eri ryhmää. Alueista käytetään jäljempänä nimityksiä Länsi-Lappi (n=11), Sodankylä (n=7), Itä-Lappi (n=7) ja Etelä-Lappi (n=5) (kuva 1). Jokaiselta alueelta pyrittiin saamaan vähintään 50 sa-

tunnaisesti otettua käpyä. Kävyt varastoitiin +3 °C:ssa ja analysoitiin Rovaniemen tutkimusasemalla.

Jokaisesta kävystä merkittiin muistiin seuraavat tunnuksat: keräyspaikka, keräyspäivä, käsittelypäivä, kävyn pituus, kävyn käyryys, pihkaisuus, kävyn pinnalla olevien syönte/ulostuloreikien määrä, kävyn pinnalla olevien uloste/purukasojen määrä ja suomujen avautuneisuus. Kävyn käyryys mitattiin siten, että käyryyden arvoksi tuli kävyn kannan ja kärjen kautta vedetyn suoran suurin etäisyys kävyn keskilinjasta. Pihkaisuus ja käpysuomujen avautuneisuus arvioitiin silmävaraisesti. Edellisten tunnusten mittaamisen jälkeen käpy halkaistiin ja kävyn sisällä olevista tuholaisista tai niiden jättämistä tuhojäljistä määritettiin laji ja laskettiin toukkien lukumäärä. Käpykärpäsen esiintyminen ja määrä arvioitiin kärpäsen tekemien ulostuloreikien perusteella. Käpysääsken ja käpykääriäisen esiintyminen laskettiin kävyissä olleiden kotelokehjojen tai toukkien perusteella. Tuomi- ja talvikkiruosteiden esiintyminen todettiin helmi-itiöpesäkkeiden perusteella. Huolimatta lukuisista mitatuista tunnuksista tuloksia esitetään kuitenkin vain tuholaisien ja tautien esiintymisestä ja runsaussuhteista.

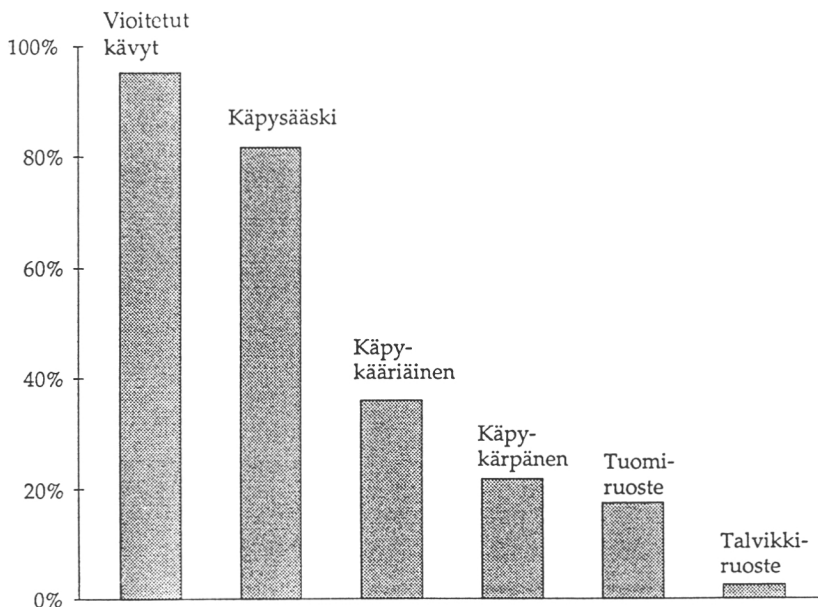


Kuva 1. Kävyinkeräysleimikoiden sijainti (n=30) ja tarkastelussa käytetty aluejako.

Siemensadon menetys arvioitiin kirjallisuuteen perustuen. Rummu-
kaisen (1960) mukaan pahimpaan tuholuokkaan (siemenistä tuhoutu-
nut 75-100 %) laskettiin kuuluvaksi ne kävyt, joissa esiintyi joko tuomi-
tai talvikkiruostetta tai joissa oli käpykärpäsen tekemiä ulostuloreikiä
kaksi tai enemmän sekä ne kävyt, joissa tavattiin enemmän kuin kolme
käpykääriäisen toukkaa. Seuraavaan tuholuokkaan (siemenistä tuhou-
tunut 25-75 %) laskettiin kävyt, joissa oli yksi käpykärpäsen tekemä
ulostuloreikä tai 1-3 käpykääriäisen toukkaa. Alimpaan tuholuokkaan
laskettiin ne kävyt, joissa ei esiintynyt tuholaisia tai joissa oli vain
kämpysääsken kotelohehtoja. Menetelmä saattaa aliarvioida kämpysääsken
merkitystä, sillä sen on arveltu alentavan itämiskykyisten siementen
määrää mm. turmelemalla kämpysuomuja ja imemällä niistä ravinteita
(Bakke 1969, Skrzybczynska 1980).

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Tutkituista 2542 kävystä 95 %:ssa oli jokin tuhonaiheuttajaksi luokitel-
tava sieni tai hyönteinen (kuva 2). Yleisin laji oli kuusen kämpysääski,
joka esiintyi 82 %:ssa kävyistä. Käpykääriäistä tavattiin 36 %:ssa ja
käpykärpästä 22 %:ssa kävyistä. Tuomiruosteen saastuttamia käpyjä
oli 18 %. Kuusen talvikkiruostetta esiintyi 2,5 %:ssa kävyistä. Ruoste-
sia käpyjä oli siten 20,5 %, koska molemmat sienet tavattiin samasta
kävystä vain kerran.



Kuva 2. Tuhonaiheuttajien esiintyminen tutkituissa kävyissä (n=2452).

Käpysääski

Käpysääsken esiintyminen vaihteli huomattavasti näytteittäin. Käpysääskeä tavattiin kaikissa tutkituissa näytteistä (n=30) ja sitä esiintyi 36-100 %:ssa kävyistä. Eniten käpysääskeä oli Sodankylän näytteissä, joissa keskimäärin 93 % kävyistä oli käpysääsken vioittamia. Itä-Lapin käpynäytteissä käpysääski esiintyi keskimäärin 87 %:ssa kävyistä. Länsi- ja Etelä-Lapin näytteiden vastaavat luvut olivat 74 ja 72 %. Myös Rummukaisen (1960) mukaan käpysääski oli vuosina 1951-53 yleisin kävyissä esiintynyt hyönteinen ja Pohjois-Suomessa yleisempi kuin Etelä-Suomessa. Bakken (1963) mukaan käpysääski on myös Norjassa yleinen ja levinneisyydeltään pohjoinen.

Käpykääriäinen

Käpykääriäistä todettiin 29 näyte-erässä ja näissä laji esiintyi 6-64 %:ssa kävyistä. Runsaimpana käpykääriäinen esiintyi Länsi-Lapin näytteissä, joissa keskimäärin 51 % kävyistä oli kääriäisen vioittamia. Sodankylässä (32 %), Itä-Lapissa (24 %) ja Etelä-Lapissa (29 %) käpykärpäsien vioittamia käpyjä oli vajaa kolmannes.

Käpykärpänen

Käpykärpäsien tekemiä ulostuloreikiä havaittiin 29 näyte-erässä ja näissä hyönteisten esiintyminen vaihteli 1-70 %:ssa kävyistä. Eniten käpykärpäsien vioittamia käpyjä oli Itä-Lapissa (29 %) ja Länsi-Lapissa (22 %). Vähiten käpykärpäsien vioittamia käpyjä löydettiin Sodankylän näytteistä (10 %). Kankaan (1940) vuoden 1937 käpysatoa koskeneessa tutkimuksessa pahin kuusen käpytuholainen oli käpykoisa (*Dioryctria abietella* Schiff.), joka tuhoaa kävyn ja siemenet pahoin. Käpykoisaa tavattiin Kankaan tutkimuksessa runsaasti myös Pohjois-Suomesta. Rummukaisen (1960) mukaan käpykoisan vioittamia käpyjä tavattiin Pohjois-Suomesta vuosina 1951-53 kuitenkin niukasti tai ei ollenkaan. Koska tässä tutkimuksessa käpykärpäsien esiintyminen arvioitiin vain muutaman tuntomerkin perusteella, on ilmeistä, että osa näiden vioittamiksi merkityistä kävyistä oli käpykoisan vioittamia.

Tuomi- ja talvikkiruoste

Käpyruosteista selvästi yleisempi oli tuomiruoste, jonka saastuttamia käpyjä oli 26 näyte-erässä ja näissä saastuneiden käpyjen osuus vaihteli 2-71 %:ssa kävyistä. Talvikkiruostetta tavattiin 12 näyte-erässä, joissa saastuneiden käpyjen osuus oli 1-13 %.

Kankaan (1940) mukaan tuomiruoste on ollut kahdesta tavatusta sienitaudista harvinaisempi, mutta esiintynyt laajalti levinneenä. Rummukaisen (1960) mukaan talvikkiruoste oli yleisempi vuosina 1951-53 ja sen saastuttamia käpyjä oli runsaammin kuin tuomiruosteen saastuttamia. Kujala (1950) pitää kuitenkin talvikkiruostetta harvinaisena perustellen sienien vaikeaa leviämistä Rainion (1926) ja Karin (1936) toteamuksilla, että Pohjois-Suomessa talvikkiruoste ei esiinny kaikilla talvikkilajeilla ja että sienien olisi hankalaa levitä ainavihantien talvikinlehtien alapinnoilta kuusen kukintoihin. Riippumatta ristiriitaisista yleisyystiedoista tuomiruosteen yleisyyttä tässä aineistossa on pidettävä hämmästyttävän korkeana väli-isännän, tuomen harvinaisuudesta johtuen. Aiemmissä tutkimuksissa tuomiruosteeseen saastuneiden käpyjen osuus jää alle 20 %:n, vaikka tuomi on muodostamassa metsikköä (Lilja 1967).

Alueittain tarkasteltuna runsaimmin tuomiruostetta oli Länsi-Lapin näytteissä, joissa keskimäärin joka neljäs käpy oli tuomiruosteen vioittama. Muiden alueiden näytteissä tuomiruosteen vioittamien käpyjen osuus vaihteli 10 %:sta 12 %:iin. Talvikkiruosteen vioittamien käpyjen osuus oli Länsi- ja Etelä-Lapissa hieman yli 4 %. Sodankylässä ja Itä-Lapissa vastaavat luvut olivat 0,4-1,3 %.

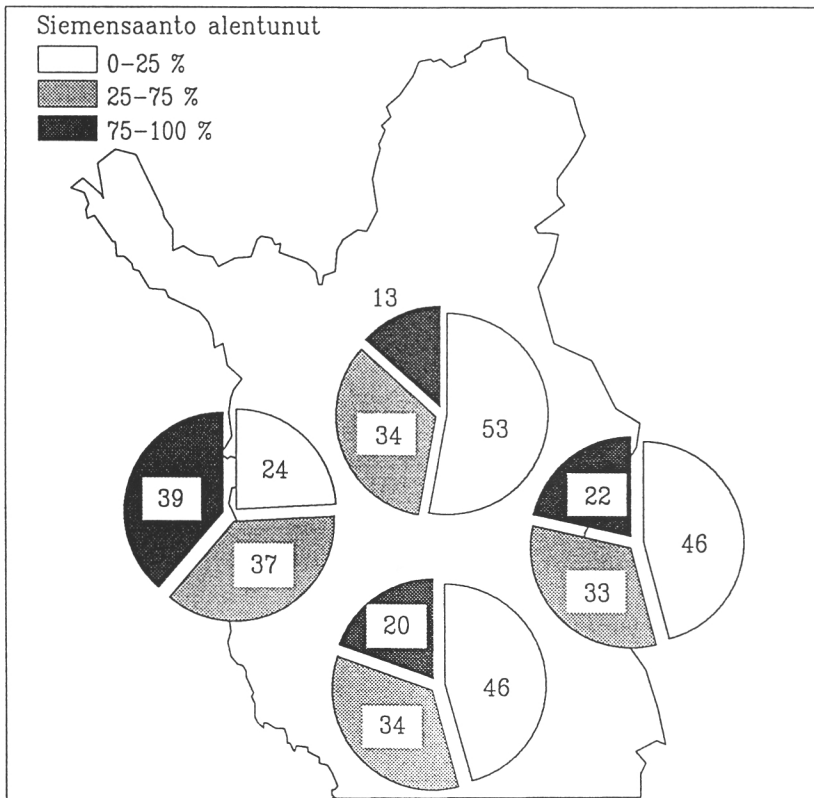
Siemensadon aleneminen

Eniten siemensaanto oli alentunut Länsi-Lapissa (kuva 3), jossa 39 % kävyistä kuului pahimpaan tuholuokkaan. Lisäksi 37 % kävyistä kuului tuholuokkaan, jossa siemensaannon arvioitiin alentuneen 25-75 %. Etelä- ja Itä-Lapissa pahimman tuhon luokkaan kuului 20-22 % kävyistä ja Sodankylässä n. 13 %. Kaikkien näytteiden perusteella keskimäärin siis vähintäänkin kolmannes siemensadosta näytti menetetyn käpyjä vioittavien hyönteisten tai sienten vuoksi. Pahimman tuhon olivat aiheuttaneet ruostesienet, joiden osuus siemensadon alenemisesta oli n. 80 %.

Tehty arvio siemensadon alenemisesta on karkea ja perustuu vain tässä tarkasteltujen tuholaisten esiintymiseen kävyissä. Tuomiruosteen merkitys siemensadon alentumiseen on selvä, sillä sienien saastuttamiin käpyihin ei juuri kehity itämiskykyisiä siemeniä (Liro 1924). Myöskään talvikkiruosteen saastuttamiin käpyihin ei kehity itämiskykyisiä siemeniä tai niitä kehittyä hyvin vähän (Rummukainen 1960).

Käpykärpäsen ja käpykääriäisen esiintymisrunsaudessa todetut erot tulevat esiin myös niiden aiheuttamien tuhojen määrässä (Kangas 1940, Rummukainen 1960, Annila 1981). Kankaan (1940) mukaan itävien siementen määrä on 1/3 koko siemenmäärästä, kun vikaisten käpyjen osuus on n. 30 %, ja ainoastaan 1/7 silloin, kun vikaisten käpyjen määrä on n. 60 %. Mikäli siemensaannon alenemista tarkastellaan Kankaan esittämällä tavalla, oli nyt tutkituista kävyistä vikaisia

(kämpysääsken voitusta lukuunottamatta) Länsi-Lapissa 76 %, Sodankylän näytteissä 47 %, Itä-Lapissa 55 % ja Etelä-Lapissa 54 %. Vastaavasti itävien siementen määrä olisi n. 13-30 % koko siemensadosta ja siemensaannon aleneminen 70-87 %. Tämän perusteella luotettavaa arviota siemensaannon alenemisesta on vaikeaa tehdä pelkästään tuholaisien runsautta tarkastelemalla. Käpy- ja sementtuholaisten määrä vaihtelee käpysadon määrän mukaan (Kangas 1940, Rummukainen 1960, Annila 1981). Käpytuholaisten määrä käpyä kohden laskettuna riippuu käpytuholaisten määrästä ja käpysadosta siten, että tuholaiskannat nousevat, mikäli hyviä käpyvuosia sattuu useita peräkkäin. Täten pelkästään lajien esiintymisrunsauden perusteella ja yhden vuoden aineistoa tarkastelemalla siemensadon alenemisen luotettava arviointi ei onnistu ilman siemensadon alenemisen suoraa mittaamista.



Kuva 3. Käpysadon jakautuminen (%) arvioidun siemensadon alenemisen mukaan.

Kirjallisuus

- Annala, E. 1981. Kuusen käpy- ja siementuholaisten kannanvaihtelu. Summary: Fluctuations in cone and seed insect populations in Norway spruce. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 101. 32 s.
- Bakke, A. 1963. Studies on the spruce-cone insects *Laspeyresia strobilella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae), *Kaltenbachiola strobi* (Winn.) (Diptera: Itonidae) and their Parasites (Hymenoptera) in Norway. Reports of The Norwegian Forest Research Institute 67(19). 151 s.
- 1969. Grankonglenes skadeinsekter og frøplantasjene. Summary: Spruce cone insects and seed orchards. *Tidsskrift for Skogbruk* 77: 255-263.
- Kari, L.E. 1936. Micromyceten aus Finnisch-Lappland. Selostus: Suomen Lapin mikromycetejä. *Annales Botanici Societatis Zoologicae Botanicae Fennicae*. Vanamo 8(3). 24 s.
- Kujala, V. 1950. Über die Kleinpilze der Koniferen in Finnland. Ascomycetes, Fungi imperfecti, Uredinales. Selostus: Havupuiden pikkusienistä Suomessa. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 38(4). 121 s.
- Lilja, S. 1967. Tuomen merkityksestä kuusen tuomiruosteen, *Pucciniastrum padi* (Kunze & Schm.) Diet., esiintymiselle kuusessa. Summary: On the significance of the bird-cherry (*Prunus padus* L.) for the occurrence of the rust, *Pucciniastrum padi* (Kunze & Schm.) Diet., in spruce. *Silva Fennica* 1(3): 45-62.
- Liro, J.I. 1924. Tärkeimmät tuhosenet. Toinen painos. Helsinki. 405 s.
- Numminen, E. 1989. Metsäpuiden siemensato ja tuleentuminen Pohjois-Suomessa. Seed crops of forest trees and ripening of seeds in North Finland. Teoksessa: Saastamoinen, O. & Varmola, M. (toim.). Lapin metsäkirja. *Acta Lapponica Fenniae* 15: 87-94.
- Rainio, A.J. 1926. Uredineae lapponicae. *Vanamon julkaisuja* 3(7): 239-267.
- Roll-Hansen, F. 1969. Soppsykdommer på skogtrær. *Vollebekk*. 173 s.
- Rummukainen, U. 1960. Kuusen siementuhojen runsaudesta ja laadusta. Referat: Über Reichlichkeit und Art der Samenschäden bei der Fichte. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 52(3). 83 s.
- Skrzypczynska, M. 1980. Contribution to the knowledge of the spruce-cone gall midge *Kaltenbachiola strobi* (Winn.) (Diptera, Cecidomyiidae) and its parasites in Wienerwald. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* 90: 90-98.

Kuusen siemenen syysvariseminen

Seppo Ruotsalainen

Johdanto

Havupuiden käpyjen avautuminen perustuu kuivumisen aiheuttamaan käpysuomujen taipumisliikkeeseen. Suomun ulkopuoli supistuu voimakkaammin kuin sisäpuoli veden haihtuessa kävystä (Baldwin 1942, Harlow ym. 1964). Tämä ilmiö tapahtuu kuitenkin vasta sitten, kun käpy on saavuttanut tietyn kypsyyssasteen.

Männyllä käpyjen avautuminen tapahtuu säännönmukaisesti keväällä (Heikinheimo 1937). Myös kuusen siemenen varisemisajaksi esitetään (esim. Sarvas 1956) samaisiin Heikinheimon tutkimuksiin perustuen kevättä, tosin hieman aikaisempaa ajankohtaa kuin männyllä. Kuitenkin Heikinheimo (1932) toteaa, että tiettyinä vuosina kuusen siemen varisee Pohjois-Suomessa ja etelämpänäkin jo syksyllä. Kuusen siemenen syysvariseminen on yleistä myös Norjassa ja Pohjois-Ruotsissa (Opsahl 1952, Sarvas 1964). Muista kuusilajeista tiedetään valko-kuusen (*Picea glauca*) varistavan siemenensä jo syyskuun alussa (Feilberg & Feilberg 1987).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, miten yleistä siemenen syysvariseminen on Pohjois-Suomessa ja mikä on sen merkitys metsäpuiden siemenhuollolle.

Aineistot ja menetelmät

Tutkimusta varten kerättiin käpy- ja siemenaineistoa Kolarin Pikkutarvasen ojitetusta korpikuusikosta (67°17'N, 23°59'E, 150 m mpy). Puusto oli vaihtelevanikäistä (90 - 140 v) ja -pituista (8 - 17 m). Syksyllä 1988 tutkimuksessa oli mukana neljä puuta ja syksyllä 1989 kahdeksan. Mittauksia tehtiin myös Tervolan Runkausjoella sijaitsevalla metsähallituksen kuusen siemenviljelyksellä n:o 131 (66°08'N, 25°04'E, 40 m mpy).

Pikkutarvasessa asetettiin kuusen oksiin sääskiverkosta tehtyjä pusseja. Niiden avulla kerättiin oksissa olevista kävyistä varisevat siemenet. Pusseja oli 20 kpl v. 1988 ja 48 kpl v. 1989. Edellisenä vuonna pussit asetettiin oksiin 19.9. ja otettiin pois 31.10. Jälkimmäisenä vuonna pussit asetettiin 4.9 ja ne poistettiin kolmessa vaiheessa (9.10., 3.11. ja 21.12.). Jokaisella näytteenottokerralla kerättiin myös oksissa olleet kävyt.

Pussiin varisseet siemenet erotettiin omaksi ositteekseen ja analysoitiin myöhemmin kuvattavalla tavalla. Käpyjä kuivattiin verkkopusseissa + 40 °C lämpötilassa 1 - 2 vrk ajan, minkä jälkeen niistä karistettiin siemenet. Tämän jälkeen kävyt upotettiin veteen n. 6 tunnin ajaksi ja kuivattiin ja karistettiin uudelleen. Näin saatiin pusseihin varisseiden siementen lisäksi kaksi muuta siemenositetta: normaalikaristuksessa erotetut siemenet ja vesikäsitellyn jälkeen saadut siemenet.

Viimeisellä keräyskerralla (21.12.) kerätyistä kävyistä otettiin yksityiskohtaisempaan tutkimukseen mukaan 5 käpyä/pussi. Näistä kävyistä mitattiin pituus, laskettiin suomujen määrä, sekä laskettiin kävyssä olevien ja siitä varisseiden siementen määrä. Tyhjäksi siemenpaikaksi tulkittiin vain sellainen suomun tyvellä oleva tyhjä paikka, jossa oli näkyvissä siemenen jättämä kuoppa. Ennen käpyjen purkamista ja siementen ja siemenpaikkojen laskemista ne karistettiin normaalisti. Käpyjen hyönteis- ja sienituhojen määrä arvioitiin käyttäen viisiasteista luokitusta (1= ei vioitusta, ... 5= erittäin paljon vioitusta).

Siemenistä määritettiin 1000-siemenpaino, ne röntgenkuvattiin, ja osa siemenistä myös idätettiin Jacobsenin idätyslaitteessa. Siemenanalyysit noudattivat Nummisen & Häggmanin (1987) kuvaamia menetelmiä. Käytetty odotettavan itävyyden laskentamenetelmä ei ottanut huomioon tyhjää siementä.

Siemenviljelyksellä n:o 131 Tervolassa inventoitiin kukinnan runsaus keväällä 1989 1-13 vartteesta/klooni. Syksyllä arvioitiin samoista vartteista käpyjen avautumisaste ja tuhojen runsaus käyttäen 10 %-luokkia. Vartteiden pituudet ja läpimitat oli mitattu syksyllä 1986. Analyysistä jätettiin pois sellaiset kloonit, joista havaintoja oli alle neljästä vartteesta. Käpysuomun kärjen muoto määritettiin v. 1986 kävyistä käyttäen luokitusta 1=pyöreä, 2=välimuoto, 3=terävä.

Aineiston käsittely oli lähinnä keskiarvojen laskentaa. Syysvarisemiseen vaikuttavien tekijöiden selvittelyssä käytettiin korrelaatioanalyysiä. Tätä tarkoitusta varten laskettiin sekä Pearsonin korrelaatiokerroin että havaintojen suuruusjärjestykseen perustuva Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin. Koska aineistojen jakaumat eivät yleensä noudattaneet normaalijakaumaa, on jälkimmäistä menettelyä pidettävä luotettavampana.

Vuosien 1988 ja 1989 ilmastotiedot saatiin Ilmatieteen laitoksen kuukausikatsauksista. Aiempien vuosien ilmastotunnusten selvittelyyn käytettiin Metsäntutkimuslaitoksen Vax-tietokoneella olevaa ilmasto-ohjelmaa (ks. Ojansuu & Henttonen 1983).

Tulokset

Pikkutarvasesta kerätyssä aineistossa oli kaikkiaan 516 käpyä eli keskimäärin n. 64 käpyä/puu. Puihin jäi vielä runsaasti käpyjä keräämisen jälkeenkin. Runsaaimmin käpyjä tuottaneessa 16-metrisessä kuu-

nessa oli myöhempien keräysten ja jäljelle jääneiden käpyjen arvioinnin perusteella n. 780 käpyä. Kerätyistä kävyistä karistettiin kaikkiaan 11203 siementä eli 21,7 siementä/käpy. Ilman vesikaristettuja siemeniä vastaavat luvut olivat 8388 siementä ja 16,3 siementä/käpy.

Yksityiskohtaisesti tarkasteltujen 75 kävyn keskipituus oli 60 mm. Niissä oli suomuja keskimäärin 124 kpl. Osassa suomuista ei ollut siemeniä. Siemenpaikkoja oli kävyissä keskimäärin 168 kpl. Karistuksessa nämä kävyt antoivat enemmän siemeniä kuin pusseittaiset karistukset - 26 siementä/käpy. Kävyissä tavattiin runsaasti kuusenkäpysääsken (*Kaltenbachiella strobil*) ja kuusenkäpykääriäisen (*Laspeyresia strobil*) koteloita ja toukkia.

Puiden oksiin syyskuussa asetettujen siemenkeräyspussien antamien tulosten perusteella syksyn aikana varisi n. 5 % siemenistä. Sama tulos saatiin molempina tutkimusvuosina. Loka- ja joulukuun välisenä aikana pusseihin varisseiden siementen osuus ei lisääntynyt, joten ainakin v. 1989 variseminen tapahtui alkusyksystä.

Syysvarisemisen osuus oli pari prosenttiyksikköä suurempi, jos vesikäsitteilyn jälkeen saatuja siemeniä ei otettu huomioon (taulukko 1, kuva 1).

Taulukko 1. Syksyllä varisseen siemenen osuuksia Pikkutarvasen kuusikossa eri aikoina ja eri tavoin arvioituna.

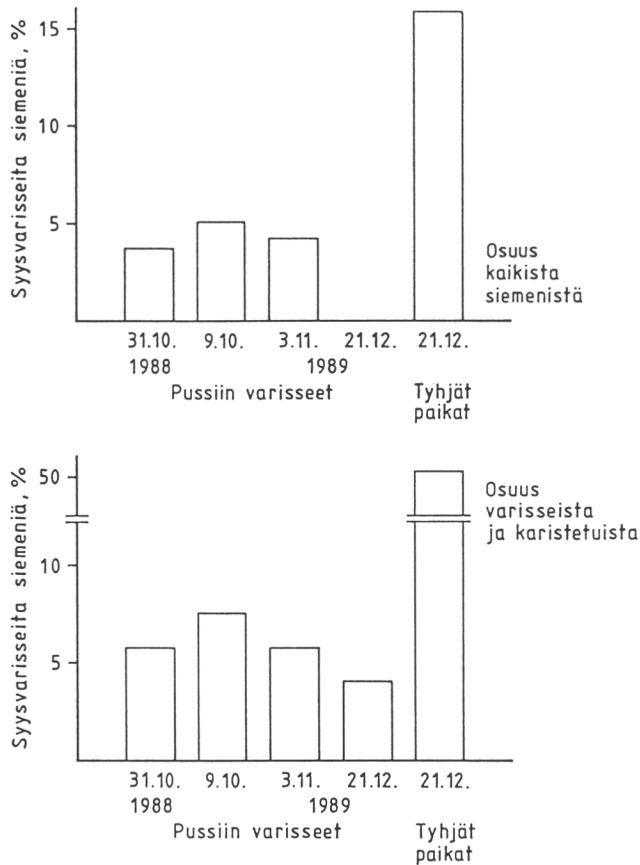
puu	1989					1988			
	keräyspussit					yksittäiskävyt		keräyspussit	
	9.10.		3.11.		21.12.	21.12.		31.10.	
	a	b	a	b	b	c	d	a	b
1	2,8	4,1	1,5	1,9	4,3	23,7	46,4	6,2	10,0
2	0,0	0,0	0,7	0,8	0,8	16,0	51,3	0,0	0,0
3	13,1	16,8	9,2	14,1	0,5	19,4	92,6	2,5	4,6
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,0	94,1	0,0	0,0
34	0,0	0,0	3,1	4,2	3,1	17,5	84,3	-	-
52	6,4	10,7	13,0	16,6	7,7	17,0	80,6	-	-
213	4,0	6,2	3,4	4,4	4,5	14,1	38,9	-	-
226	1,9	3,8	2,2	2,9	0,0	21,8	81,1	-	-
\bar{x}	5,1	7,6	4,2	5,8	4,1	16,0	51,1	3,8	5,8

a mukana myös vesikaristuksessa saadut siemenet

b vesikaristuksessa saadut siemenet eivät mukana

c otettu huomioon myös karistuksen jälkeen käpyyn jääneet siemenet

d karistuksessa käpyyn jääneitä siemeniä ei otettu huomioon



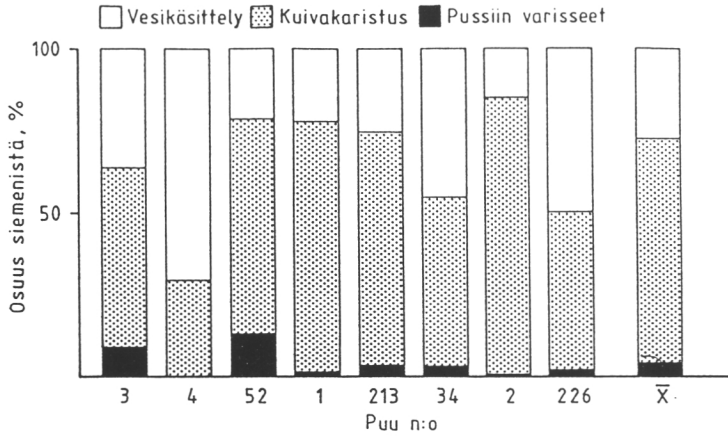
Kuva 1. Syksyllä varisseen siemenen osuus eri keräyskerroilla ja eri mittaussenetelmillä. Alemmassa kuvassa ovat mukana vain pussiin varisseet ja normaalikaristuksella saadut siemenet. Ylempässä kuvassa ovat näiden lisäksi mukana myös vesikaristuksella tai käpyjen purkamisella saadut siemenet. Neljän vasemmanpuoleisen pylvään arvot perustuvat siementen luontaiseen varisemiseen ja erilaisiin karistuskäsittelyihin. Oikeanpuoleisimmassa pylväessä ovat mukana lisäksi käpyjen purkamiseen perustuvat tiedot varisseista (ja käpyyn jääneistä - ylempi kuva) siemenistä.

Huomattavasti suuremmaksi saatiin syysvarisemisen osuus käpyjen purkamiseen ja tyhjien siemenpaikkojen laskemiseen perustuvalla menetelmällä. Kaikista siemenpaikoista oli tällöin tyhjiä 16 %. Jos ei otettu huomioon sellaisia siemeniä, jotka jäivät käpyihin normaalin karistuksen jälkeen, tuli syysvarisemisen osuudeksi 51 % (kuva 1).

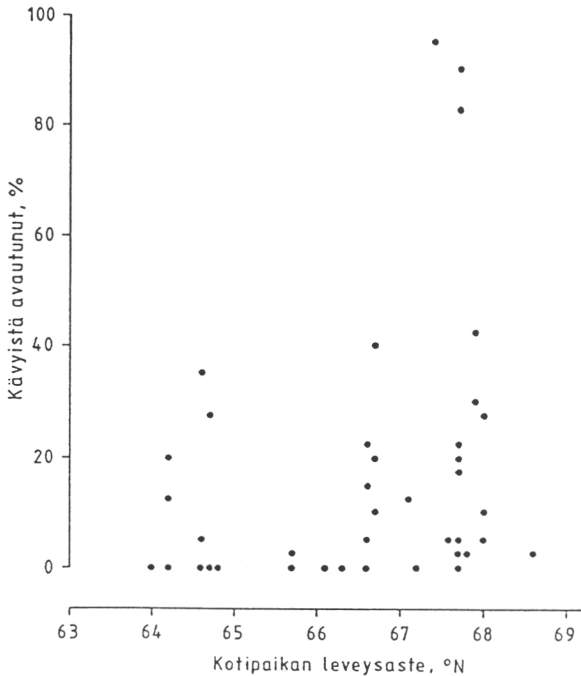
Pikkutarvasen metsikössä oli eroja puiden välillä siemenen syysvarisemisasteessa (kuva 2). Puiden taipumus siementen varistamiseen näytti pysyvän samanlaisena kahtena peräkkäisenä tutkimusvuonna (taulukko 1).

Siemenviljelyksellä n:o 131 lähes puolet klooneista oli sellaisia, joiden kävyt olivat täysin kiinni. Muutamassa kloonissa sen sijaan yli puolet kävyistä oli avautunut syyskuun alussa (kuva 3). Samasta met-

siköstä peräisin olevista pluspuista toinen saattoi avata käpynsä lähes täydellisesti, kun taas toisella kävyt olivat kiinni. Vartteiden välinen vaihtelu kloonin sisällä käpyjen avautumisessa oli vähäistä. Kloonien väliset erot siemenviljelyksellä n:o 131 olivat suuremmat kuin puiden väliset erot Pikkutarvasen metsikössä.



Kuva 2. Eri vaiheissa varisseiden siementen osuudet puukohtaisesti Pikkutarvasen kuusikossa 3.11.1989 keräyksessä.



Kuva 3. Käpyjen avautumisasteen riippuvuus pluspuukloonin alkuperästä siemenviljelyksellä n:o 131 Tervolassa 5.9.1989 tehdyn inventoinnin mukaan.

Syksyllä varisseiden siementen osuus kävyssä olleesta siemenmäärästä oli suurin vähäsuomuisissa kävyissä. Riippuvuudet muuttuivat, kun vertailukohtaksi otettiin sellaisten siementen määrä, joka irtosi kävyistä joko puissa tai karistuksessa. Näin laskettu syysvarisseiden siementen osuus kasvoi käpyjen lyhetessä, hyönteistuhojen vähetessä ja sienituhojen lisääntyessä. Laskentamenetelmien erot johtuivat siitä, että tyhjien siemenpaikkojen määrä vaihteli vähän kävystä toiseen, mutta karistuksessa irronneiden siementen määrässä oli suurta vaihtelua. Niinpä jälkimmäisellä tavalla lasketut siementen varisemisosuudet olivat käänteisiä karistuksella saaduille siemenosuuksille (taulukko 2).

Käpyjen varhainen avautuminen oli runsainta pohjoisilla, kylmän alueen klooneilla (kuva 3). Lievä, tilastollisesti ei-merkitsevä suuntaus oli, että klooneit, joiden vartteet olivat pitkiä ja jotka tuottivat runsaasti kukkia, avasivat käpynsä aikaisin (taulukko 3). Tähän olivat osittain syynä alkuperätekiäjät, sillä pohjoiset klooneit tekivät runsaammin erityisesti emikukkia eteläisiin klooneihin verrattuna ($r_s = 0,36^{**}$).

Taulukko 2. Eri vaiheissa varisseiden siementen osuuksien korrelaatiot eräiden käpyominaisuuksien kanssa Kolarin Pikkutarvasessa. Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin ($n=70$). Varisseissa siemenissä sarake a ilmaisee osuuden kaikista siemenistä, sarake b varisseiden ja karistettujen yhteismäärästä.

ominaisuus	varisseet		karistetut	käpyihin jääneet
	a	b		
kävyen pituus	-0,07	-0,37**	0,38**	-0,22
hyönt. tuhot	0,19	-0,54***	0,56***	-0,40**
sienituhot	-0,01	0,53***	-0,56***	0,33**
suomuja, kpl	-0,33**	0,02	-0,06	0,23

Taulukko 3. Käpyjen avautumisasteen riippuvuus eräistä vartteista mitatuista ominaisuuksista ja klooneitien alkuperätunnuksista Tervolassa siemenviljelyksellä n:o 131 ($n=53$). (r_s = Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin, r = Pearsonin tulomomenttikorrelaatiokerroin).

ominaisuus	r_s	r	ominaisuus	r_s	r
emejä, kpl	0,25	0,29*	käpytuhoja	-0,26	-0,24
heteitä, kpl	0,27	0,47***	leveysaste	0,34*	0,25
pituus v.1986	0,20	0,22	lämpösumma	-0,28*	-0,23
$d_{1,3}$ v. 1986	0,09	0,19	suomumuoto ¹⁾	0,34	0,35

¹⁾ $n=14$

Syksyllä varisseiden ja tavallisella karistuksella saatujen siementen välillä ei ollut laatueroja (taulukko 4). Sen sijaan vesikäsitellyn jälkeen karistuksella saatu siemen oli hieman kevyempää, siinä oli enemmän tyhjää siementä ja sen itävyys oli alhaisempi kuin muilla siemenositteilla. Tulos oli samansuuntainen molempina tutkimusvuosina.

Taulukko 4. Eri vaiheissa varisseiden siementen ominaisuuksia eri keräysaikoina. Havaintoyksikkönä on käytetty yhden keräysspussin siemenistä laskettua arvoa. Keskiarvot on laskettu niistä siemenmäärillä painottaen. Hajonnat ovat painottomista arvoista.

keräysaika	varisemis- vaihe	1000- siemen - paino, g		tyhjä- siemen- osuus, %		odotettava itävyys, %		itävyys, %	
		\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
9.10.1989	syysvar.	3,4	1,02	38,2	24,2	59,8	23,2	41,2	18,2
	karistus	3,2	0,81	45,1	11,3	59,0	23,4	40,4	8,5
	vesikääs.	2,5	0,54	59,5	15,1	58,1	24,2	28,3	12,1
3.11.1989	syysvar.	3,4	0,48	43,5	15,5	52,8	31,1	37,7	11,6
	karistus	3,1	0,37	41,2	11,1	50,6	22,0	42,0	14,5
	vesikääs.	2,1	0,38	67,9	14,5	53,7	26,6	24,7	17,0
21.12.1989	syysvar.	2,7	0,30	29,3	11,5	43,3	20,3	-	-
	karistus	2,7	0,51	33,2	12,6	45,8	27,1	-	-
	vesikääs.	2,0	0,56	49,7	22,3	36,5	32,9	-	-
31.10.1988	syysvar.	1,9	1,30	75,6	12,3	67,9	33,7	21,9	-
	karistus	2,4	0,58	71,7	8,9	77,4	7,3	20,4	-
	vesikääs.	1,7	0,52	83,2	11,6	57,5	24,3	11,8	-

Tulosten tarkastelu

Huomio kiinnittyä tässä tutkimuksessa eri menetelmillä saatuihin varsin poikkeaviin arvioihin syysvarisemisen osuudesta koko siemenen varisemisesta. Erot voivat osaksi selittyä tutkimusmenetelmien heikkouksilla, mutta on hyvin mahdollista, että osa siemenistä ehti varista jo elokuun puolella. Tällaisesta on havaintoja siemenviljelykseltä n:o 131 juuri syksyiltä 1989 (Mauri Pyykkö, Metsähallitus, suull.). Suureltaan syksyllä variseen siemenen osuudet eivät välttämättä ole virheellisiä, sillä Skoklefeldin (1966) mukaan Norjassa on havaittu jopa 43 % kuusikon siemenistä varisevan syksyllä.

Yksilöiden väliset erot siemenen varistamistaipumuksessa vaikuttavat geneettisiltä. Tätä päätelmää tukee siemenviljelyksellä n:o 131 olevien saman kloonin eri vartteiden yhdenmukainen käyttäytyminen.

Hyönteis- ja sienituhojen vaikutukset siemenen varisemiseen olivat tässä tutkimuksessa aiemmasta poikkeavia. Rummukaisen (1960) ja Skoklefaldin (1988) mukaan hyönteistuhojen pitäisi estää käpyjen avautuminen. On mahdollista, että käytetty karkea ja epäspesifinen tuhohojen arviointi ei antanut luotettavaa kuvaa tuhotilanteesta. Näiden tulosten perusteella ei kuitenkaan voida väittää, että hyönteistuhot olisivat aiheuttaneet syysvarisemista, kuten Nummisen (1985) mukaan on jonain vuonna tapahtunut. Alkuperätasolla syysvariseminen oli lievässä yhteydessä pohjoisuuden ja kylmään ilmastoon sopeutuneisuuden kanssa. Tämä sopii yhteen Heikinheimon (1932) ja Sarvaksen (1964) antamien tietojen kanssa. Kuitenkin Norjassa syysvariseminen on yleisintä lämpimimmissä osissa maata (Sverre Skoklefald, NISK, Ås, henk. koht. tied.).

Aikaisemmissa kirjallisuustiedoissa (Heikinheimo 1932, Rummukainen 1960) siemenen syysvariseminen on liitetty usein kuivaan ja lämpimään syksyyn. Opsahlin (1952) mukaan ilman kosteus ja tuuli vaikuttavat siementen varisemiseen. Nyt suoritettujen ilmastotietojen tarkastelun mukaan ilmoitettuna siemenen varisemissyksyinä (1910, 1925, 1931 ja 1944) oli jokin poikkeuksellisen kuiva tai lämmin kuukausi, samoin kuin syksyinä 1988 ja 1989. Tosin samanlaisia sääoloja sattui myös niinä syksyinä, jolloin siementä ei Heikinheimon (1937) mukaan varissut. Kuukausikeskiarvoilla tehtävä tarkastelu ei ole riittävän tarkka paljastamaan säätekijöiden vaikutusta siemenen varisemiseen. Kesän lämpimyyttä ei ilmastotietojen mukaan ollut yhteydessä siemenen syysvarisemiseen. Toisaalta Opsahl (1952) ja Skoklefald (1966) toteavat, että lämmin kesä saa kävyt kehittymään aikaisin ja myös varistamaan siemenensä varhain.

Tulosten mukaan syksyllä varissut siemen on laadultaan yhtä hyvää kuin varsinaisessa karistuksessa saatu siemen. Heikinheimo (1932) on arvioinut, että syksyllä varisevan siemenen tyhjäsienenosuus olisi pienempi kuin keväällä varisevan siemenen. On mahdollista, että tässä tutkimuksessa on menetetty siementen paras osa, joka on todennäköisesti varissut jo elokuun puolella. Skoklefaldin (1966) mukaan lämpimän kesän jälkeen syksyllä varisee laadullisesti paras osa siemenistä. Sen sijaan kylmän kesän jälkeen syksyllä varisevat siemenet ovat pääasiassa tyhjiä, ja parhaat siemenet varisevat vasta keväällä.

Sivutuloksena saatiin tietoja käpyjen vesikäsitteilyn vaikutuksesta siemenen saantoon ja laatuun. Vesikäsitteilyn avulla voitiin kasvattaa karistuksella saatavien siementen määrää n. 1/3:lla käytettyyn kuivakaristusmenetelmään verrattuna. Vesikäsitteilyn avulla saatujen siementen laatu oli kuitenkin hieman huonompi kuin normaalissa karistuksessa saatujen siementen laatu. Siemensaanto kasvoi enemmän kuin männyn siemenviljelyskävyillä (Herranen 1985, Lestander ym. 1985). Tämä voi johtua puulajikohtaisten erojen lisäksi nyt käytetyn kuivakaristusmenetelmän hellävaraisuudesta. Männällä tyhjäsienenosuuden on osoitettu olevan hieman korkeampi vesikäsitellyssä siemen-

erässä (Lestander ym. 1985), mutta itävyys on kokeiden mukaan säilynyt muuttumattomana (Herranen 1985).

Voidaan päätellä, että käpyjen syksyinen aukeaminen on luonnollinen ilmiö, jota esiintyy aina, kun käpyjen kehitys ja ympäristöolosuhteet saavuttavat sellaiset suhteet, että se on mahdollista. Tällaisia tilanteita sattuu useammin Pohjois-Suomessa kuin etelämpänä.

Syysvariseminen voi pienentää kerätyistä kävyistä saatavaa siemenmäärää ja heikentää saatavien siementen laatua. Tämän ehkäisemiseksi tarvitaan hyvin tarkkaa ajoitusta ja nopeaa toimintaa, sillä siemenen tuleentumisen ja sen varisemisen välinen aika voi olla varsin lyhyt. Tämä onnistunee parhaiten siemenviljelyksillä, joilla ilmiötä on havaittu Keski-Suomessakin (Teijo Nikkanen, Metsäntutkimuslaitos, suull., Juha Järvenpää, Metsähallitus, suull.). Syysvariseminen voi aiheuttaa suuriakin siemensatotappioita juuri siemenviljelyksillä, joissa on siirretty klooneja pohjoisesta etelään. Lämpimämpään ilmastoon siirrettyjen puiden kävyt kypsyvät aikaisemmin kuin paikallisten puiden (Andersson 1965), joten ne ovat pitemmän aikaa alttiina syksyllä mahdollisesti tuleville syysvarisemisesta edistävälle säälle.

Kirjallisuus

- Andersson, E. 1965. Cone and seed studies in Norway spruce (*Picea abies* (L.)Karst.). Sammanfattning: Kott- och fröstudier hos gran. *Studia Forestalia Suecica* 23. 214+41s.
- Baldwin, H.I. 1942. Forest tree seed of the north temperate regions. *Chronica Botanica Company*. Waltham, Mass. U.S.A. 240 s.
- Feilberg, K. & Feilberg, L. 1987. Seed collection in Alaska 1987. *Moniste*. Metsäntutkimuslaitos, Kolarin tutkimusasema. 13 s.
- Harlow, W.M., Cote, Jr. & Day, A.C. 1964. The opening mechanism of pine cone scales. *Journal of Forestry* 62:538-540.
- Heikinheimo, O. 1932. Metsäpuiden siementämiskyvystä. Referat: Über die Besamungsfähigkeit der Waldbäume. *Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja* 17(3). 61 s.
- 1937. Metsäpuiden siementämiskyvystä II. Referat: Über die Besamungsfähigkeit der Waldbäume II. *Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja* 24(4). 67 s.
- Herranen, T. 1985. Siemenviljelmäkäpyjen karistuskokeita Patamalla 1984-1985. *Metsähallitus. Kehittämisjaosto. Koeselostus n:o 213*. 7+10 s.
- Kuukausikatsaus Suomen ilmastoon. Elokuu 1988 ... Marraskuu 1989. *Ilmatieteen laitos*. 12 s.
- Lestander, T., Rosvall, O. & Andersson, D. G. 1985. Kontroll av fröutbytet vid klängning av tallkott. *Institutet för Skogsförbättring. Skogsträdsförädlingsinformation* 1985/86 Nr 3. 5 s.
- Numminen, E. 1985. Kuusirotojen sopeutuminen ilmastoon Pohjois-Suomessa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 196:95-103.
- & Häggman, H. 1987. Röntgenanalyysi metsäpuiden siementen itävyyskelpoisuuden mittarina. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 278:92-103.
- Ojansuu, R. & Henttonen, H. 1983. Kuukauden keskilämpötilan, lämpösumman ja sademäärän paikallisten arvojen johtaminen ilmatieteen laitoksen mittaustiedoista. Summary: Estimation of the local values of monthly mean temperature, effecti-

- ve temperature sum and precipitation sum from the measurements made by the Finnish Meteorological Office. *Silva Fennica* 17(2):143-160.
- Opsahl, W. 1952. Om sambandet mellom sommertemperatur og frømodning hos gran. On relation between summer temperature and seed ripening of Norway spruce. *Meddelelser fra det Norske Skogforsöksvesen* 40(3):619-622.
- Rummukainen, U. 1960. Kuusen siementuhojen runsaudesta ja laadusta. Deutches Referat: Über Reichlichkeit und Art der Samenschäden bei der Fichte. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae*. 52(3). 83 s.
- Sarvas, R. 1956. Puulajit. Teoksessa: Jalava, M., Lihtonen, V., Heiskanen, V. & Sippola, H. (toim.) *Metsäkäsikirja*, osa 1, s. 454 - 474. Kustannusosakeyhtiö Kivi. Helsinki. 770 s.
- 1964. Havupuut. WSOY. Porvoo. 518 s.
- Skoklefeld, S. 1966. Frøfall i granskog. *Norsk skogbruk* 5:187-189.
- 1988. Frøår kan forutsies. *Norsk Skogbruk* 1:8-9.

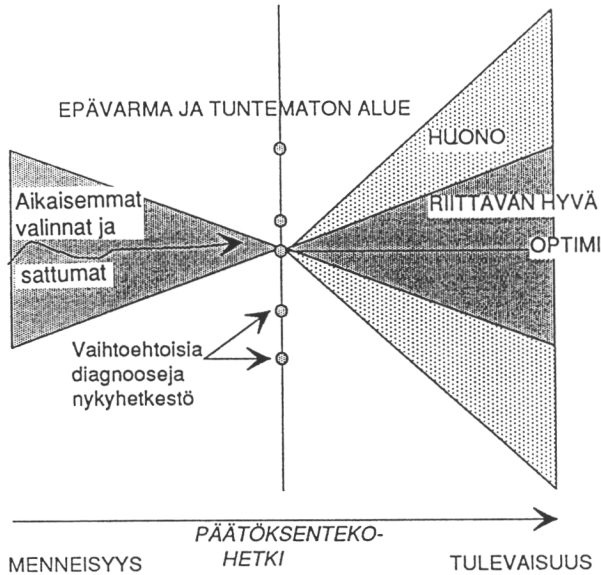
Metsänviljely päätöksenteko-ongelmana

Liisa Saarenmaa

Johdanto

Päätöksenteolla tarkoitetaan valintaa erilaisista vaihtoehdoista, jotka johtavat haluttuun päämäärään. Metsänviljelyä koskevassa päätöksenteossa etsitään vaihtoehtoja, jotka nopeimmin, varmimmin tai taloudellisesti tuottavat uudistusosalalle täystiheän taimikon.

Päätöksenteon onnistumista voidaan mitata sen perusteella, kuinka hyvän lopputuloksen se antaa. Se, miten hyvä lopputulos saadaan, riippuu puolestaan kolmesta tekijästä: kuinka paljon tietoa on saatavissa päätöksen pohjaksi, kuinka paljon epävarmuutta tietoon liittyy ja kuinka lähelle optimiratkaisua tiedon avulla voidaan päästä (kuva 1).



Kuva 1. Päätöksentekoa vaikeuttaa siihen liittyvä epävarmuus: tilannearvio voi olla väärä ja tuntematon alue saattaa sisältää riskitekijöitä.

Optimiratkaisu on kaikista mahdollisuuksista paras. Jotta se voitaisiin löytää, täytyy ensin tutkia kaikki vaihtoehdot (Turban 1988). Optimin hakeminen on usein liian työlästä, joten joudutaan turvautumaan muihin menetelmiin, esimerkiksi kuvaileviin malleihin, jotka tutkivat annettujen mutta eivät kaikkien mahdollisten vaihtoehtojen tehokkuutta.

Inhimilliselle päätöksenteolle on tyypillistä, että tyydytään vähempään kuin parhaaseen. Tavoite asetetaan tyydyttävälle tasolle ja etsitään ratkaisu, jolla siihen päästään (Simon 1977).

Vaikka optimiratkaisu olisi tiedossa, lopputulos ei kuitenkaan ole välttämättä hyvä. Päätöksentekoon liittyy usein epävarmuutta, mikä tarkoittaa, että päätös voi johtaa muuhunkin kuin haluttuun tulokseen.

Päätöksentekotilanteet on ollut tapana ryhmitellä sen mukaan, kuinka paljon päätöksentekijällä on tietoa päätöksensä lopputuloksesta (esim. Kilkki 1985). Päätös tehdään varmuuteen vallitessa, kun päätöksestä seuraa useita tuloksia, joiden todennäköisyys tunnetaan ja se tehdään epävarmuuden vallitessa, kun siitä voi seurata useita tuloksia, joiden todennäköisyyttä ei tunneta.

Päätöksenteon laatuun vaikuttaa sen perustana olevan tiedon tarkkuus ja luotettavuus. Päätöksentekoa on totuttu pitämään kokemuksen kartuttamana taitona, joka opitaan yrityksen ja erehdyksen kautta, jolloin "peukalosäännöt" ja intuitio ohjaavat sitä (Turban 1988).

Päätöksenteossa voidaan käyttää myös analyttistä ratkaisua. Siihen kannattaa turvautua silloin, kun päätöksentekoon vaikuttavia tekijöitä on paljon, päätöksentekijöitä on useita, vaihtoehtoja on paljon tai päätöksentekoon liittyy epävarmuutta (Holloway 1979). Metsänviljely täyttää kaikki edellä mainitut ehdot.

Päätöksenteon helpottamiseksi käytännön metsätalouden organisaatiot ovat laatineet metsänkäsittelyohjeita, joissa uudistamistoimenpiteet kuvataan nk. viljelyketjuina. Niitä voidaan pitää sarjana etukäteen tehtyjä päätöksiä, joiden lähtökohtana ovat uudistusalan ominaisuudet.

Pelkästään viljelyketjun valinta voidaan teoriassa tehdä kymmenillä tuhansilla eri tavoilla, kun otetaan huomioon kaikki mahdolliset yhdistelmät. Käytännössä viljelyketjujen määrää rajoittavat toisensa poissulkevat vaihtoehdot. Valtion mailla Lapissa käytettiin vuosien 1972 ja 1987 välillä 441 erilaista viljelyketjua (Saarenmaa 1989).

Metsänviljelyohjeet eivät kerro, minkälainen riski viljelyketjua valittaessa otetaan, vaan ne tähtäävät 100 prosentin onnistumiseen. Tosiasassa metsänviljelyä koskevat päätökset tehdään epävarmuuden vallitessa, koska toimenpiteiden onnistumisen todennäköisyysjakaumia ei tunneta. Päätöksentekoa yritetään parantaa yrityksen ja erehdyksen kautta ohjeita muuttamalla (Lind 1987).

Metsähallituksessa metsänviljelyn tulos on kirjattu tietokoneelle nk. metsänhoitotöiden kirjanpitoon eli MEKlin vuodesta 1972 alkaen. MEKI sisältää sekä toimenpide- että seurantatiedot, joten sen perusteella on

mahdollista vertailla erilaisten toimenpiteiden vaikutusta uudistamistulokseen.

Perä-Pohjolan piirikunnan tietoja käytettiin tutkimusaineistona metsänviljelyn asiantuntijajärjestelmässä (Saarenmaa 1989). Yksityismetsätalouden verohuojennustarkastuksista kertynyttä aineistoa aiotaan käyttää samantapaisiin tarkoituksiin lähiaikoina aloitettavassa tutkimuksessa (Kajanus 1990).

Asiantuntijajärjestelmät ovat tietokoneohjelmia, joita voidaan käyttää hyväksi päätöksenteossa. Sisältämänsä tietämyksen ja päättelymekanismien avulla ne pystyvät ratkomaan suppeahkon aihealueen ongelmia.

Yleensä asiantuntijajärjestelmien sisältämä tietämys on peräisin yhdeltä tai useammalta inhimilliseltä asiantuntijalta, tutkimustuloksista, oppikirjoista jne. Nykyisin tietämys voidaan eristää myös tietokannoista esimerkiksi koneoppimisen tai tilastotieteen menetelmin. Asiantuntijajärjestelmiä käytetään sen lisäksi tietokantojen "älykkäinä" käyttöliittyminä, jolloin säännöt ohjaavat hakuja.

Tietokantojen kasvu on kuitenkin paljon nopeampaa kuin niihin tallennetun tietämyksen käyttö (Piatetsky-Shapiro & Frawley 1989). Vaikka tietokantoja voidaan pitää organisaation muistina, useimmat yritykset eivät ole toistaiseksi tajunneet niihin kätkeytyvän tietämyksen arvoa (Keynes 1989). Pelkkä tieto sinänsä ei helpota päätöksentekoa. Päinvastoin, mitä enemmän on tietoa, sitä vaikeampaa sen perusteella on tehdä johtopäätöksiä ilman, että sitä jollakin tavalla tiivistetään.

Metsänviljelyn asiantuntijajärjestelmän rakentaminen MEKI-aineistosta eristetyn tietämyksen pohjalta oli ensimmäinen yritys maailmassa käyttää käytännön metsätaloudessa kertynyttä tietokantaa päätöksenteon parantamisessa.

Metsänviljelyn tietokanta

Metsähallituksen mailla kustakin uudistusosalasta täytetään metsänviljelyn yhteydessä viljelykortti, johon kartta- ja työmaatietojen lisäksi merkitään kasvupaikkatyyppi, maan laatu, maalaji, viljely- ja maanmuokausmenetelmä, toteutusala, pääpuulaji, taimilaji, viljelymäärä, viljelymateriaalin alkuperä ja uudistusalan korkeus. Tiedot tallennetaan MEKlin.

Ohjeiden mukaan kaikki viljelytaimikot tarkastetaan 3, 7 ja 12 vuoden kuluttua viljelystä (Ohjekirje metsänhoitotöiden kirjanpidosta 1983). MEKI tulostaa automaattisesti taimikon tarkastuskehotuksen määrävuosina. Tarkastusten yhteydessä viljelyaloista mitataan tarkastusvuosi, runkoluku hehtaarilla, uudistumisen onnistuminen (taimikko hyväksytään, taimikko on täydennettävä, taimikko on uusittava), epäonnistumisen syy ja valtipituus (vain kolmannessa tarkastuksessa).

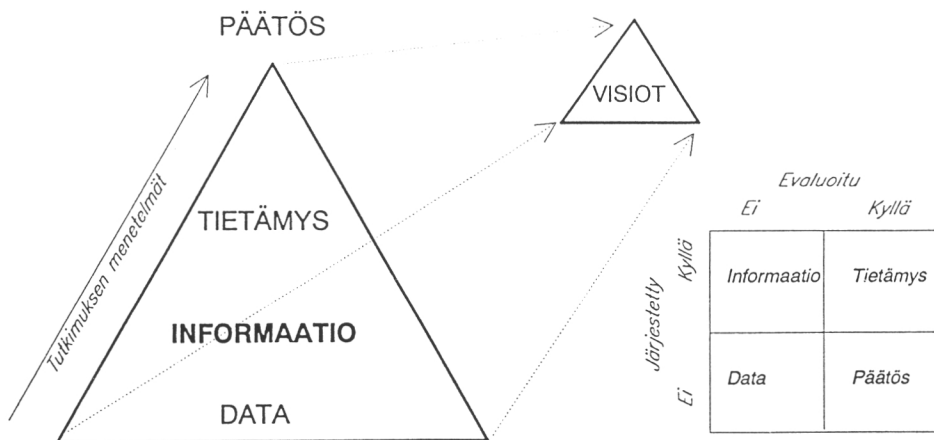
MEKiä ylläpidetään metsähallituksessa APL-ohjelmointikielellä tehdyllä tietokoneohjelmalla, joka perustuu tiedostonhallintaan. Tietojen käyttäminen on hankalaa, koska tiedonkäsittely-yksikön muodostaa tiedosto, joka sisältää tietyn hoitoalueen tietyn vuoden taimikontarkastuksen tulokset viljelytietoineen.

Metsänviljelyn asiantuntijajärjestelmää varten aineisto vietiin R:base 5000-ohjelmistolla toteutettuun tietokantaan, jossa käsittely-yksikön muodostaa kuvio ja sitä kuvaavat muuttujat. Tietokantaan kuuluivat kaikki Perä-Pohjolan piirikunnassa vuosina 1972-1987 toteutetut metsänviljelyhankkeet, yhteensä 13 000 uudistusalaa, joiden yhteinen pinta-ala oli runsaat 160 000 hehtaaria.

Tietämyksen eristäminen

Viljelyketjut

Tietämyksellä on keskeinen osa ongelmanratkaisussa, mutta syvästi inhimillisenä piirteenä sen ohjelmoiminen tietokoneelle on vaikeaa (Clancey 1989). Nykyisin käytössä olevista asiantuntijajärjestelmistä menestyksekkäimpiä ovat ne, joihin on yhdistetty tavanomaista tietojenkäsittelyä, erityisesti tietokantoja (esim. Kerschberg 1986, Schorr & Rappaport 1989). Tieto jalostetaan tietämykseksi vähentämällä numeroiden määrää esimerkiksi tilastotieteen keinoin (kuva 2).



Kuva 2. Tieto jalostetaan tutkimuksen menetelmin informaatioksi ja tietämykseksi, joita käytetään päätöksenteon tukena ja uusien näkemysten luomiseen.

Tietokantaan tehtiin haku, jonka perusteella C-kielinen ohjelma ryhmitteli aineiston viljelyketjuiksi, jotka saatiin kasvupaikkatyypin, maan laadun, puulajin, viljelytavan, muokkausmenetelmän ja taimilajin perusteella. Siten alun perin 13 000 uudistusalaa sisältänyt tietokanta saatiin supistettua 441 viljelyketjuksi.

Asiantuntijajärjestelmään otettiin mukaan sellaiset viljelyketjut, joihin kuului vähintään viisi uudistusalaa. Ehdon täytti 130 viljelyketjua, joille laskettiin uudistumisen onnistumisen todennäköisyys ja regressioyhtälöt runkolukuennustetta varten.

Todennäköisyysjakaumat

Uudistumisen onnistumisen todennäköisyysjakaumat laskettiin viljelyketjuille tarkastustulosten perusteella frekvenssijakaumista, joissa kukin viljelyala kuului yhteen seuraavista ryhmistä: 1) hyväksytty kasvatettavaksi, 2) ehdotettu täydennettäväksi, 3) määrätty uusittavaksi. Viljelyketjuittain laskettiin, kuinka monta prosenttia siihen kuuluvista uudistusaloista kuului kuhunkin luokkaan.

Todennäköisyysjakaumiin perustuen asiantuntijajärjestelmä kertoo, minkälaisen riskin metsänviljelijä ottaa päätyessään käyttämään tiettyä viljelyketjua.

Runkolukuennuste

Erikseen kokonaisrunkoluvulle ja luonnontaimien määrälle laadittujen ennustemallien selittäjinä käytettiin viljelytiheyttä, uudistusalan pinta-alaa, uudistusalan korkeutta, lämpösummaa toimintapiirin tarkkuudella ja taimikon ikää. Selittäjien määrä mallissa riippui viljelyketjun havaintojen lukumäärästä, jolloin mallissa sai olla yhtä monta selittäjää kuin havaintojen lukumäärän kuutiojuuri.

Regressiokerrointen perusteella näyttää siltä, ettei pelkästään viljelytiheyttä nostamalla päästä parempiin tuloksiin. Uudistusalan pinta-alalla ei näyttänyt olevan vaikutusta uudistamistulokseen. Korkeudella oli yleensä kielteinen ja lämpösummalla myönteinen vaikutus runkolukuennusteeseen. Uudistamistulos yleensä parani ajan mittaan luonnontaimien täydennyksestä.

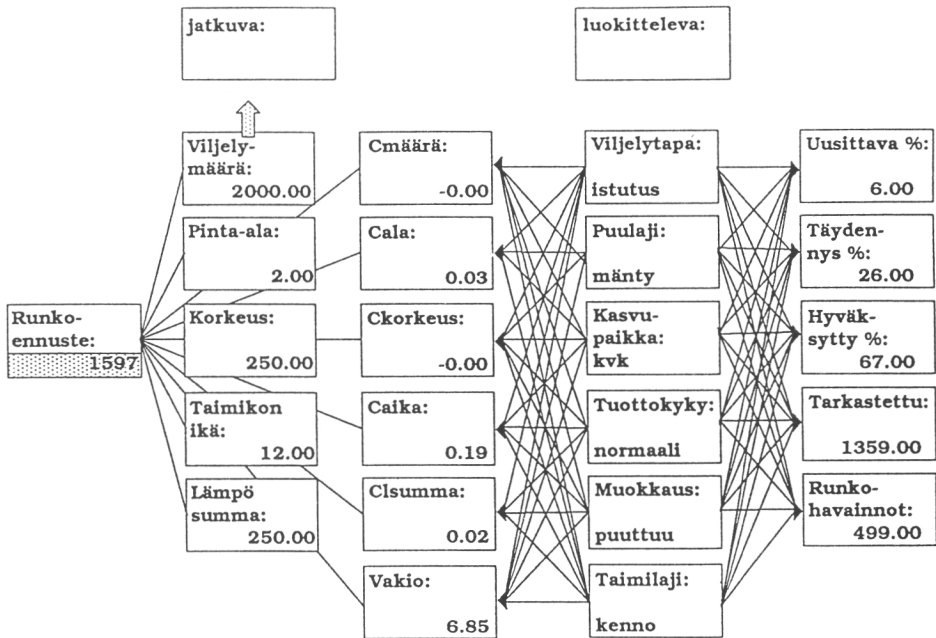
Päätöksentekomalli

Analyysitaulu

MEKistä eristetty tietämys tallennettiin nk. analyysitauluun, joka muodostaa metsänviljelyn asiantuntijajärjestelmän sisäisen tietokannan. Jokaisesta viljelyketjusta on tietokantaan kirjoitettu tunnistetiedot, sii-

hen kuuluvien uudistusalojen, tarkastettujen uudistusalojen ja runkolukuhavaintojen lukumäärä ja uudistumisen onnistumisen frekvenssit prosentteina. Regressiokertoimet p-arvoineen ja selitysasteineen on tallennettu sekä kokonaisrunkoluvulle että luonnontaimien määrälle.

Analyysitaulua voidaan pitää asiantuntijajärjestelmän otosavaruutena, johon järjestelmä tekee hakuja käyttäjän antamien määritysten mukaan. Asiantuntijajärjestelmä hakee analyysitaulusta käyttäjän määrittelemän viljelyketjun, näyttää sen uudistumisen onnistumisen todennäköisyysjakauman ja laskee runkolukuennusteen regressiokertoimia ja käyttäjän antamia jatkuvien muuttujien lukuarvoja käyttämällä (kuva 3).



Kuva 3. Metsänviljelyn asiantuntijajärjestelmä hakee käyttäjän määrittelemän viljelyketjun tiedot sisäisestä tietokannasta ja antaa näytölle uudistumisen onnistumista kuvaavan frekvenssijakauman sekä laskee runkolukuennusteen käyttäjän määrittelemien jatkuvien muuttujien arvojen perusteella.

Herkkyyksanalyysi

Asiantuntijajärjestelmään on rakennettu myös herkkyyksanalyysi, jonka avulla päätöksentekoon liittyviä ratkaisuvaihtoehtoja voidaan vertailla. Halutun muuttujan vaikutus runkolukuennusteeseen näkyy erillisessä ikkunassa.

Jatkuvien muuttujien osalta asiantuntijajärjestelmä laskee runkolukuennusteen määrittelyyn viljelyketjun ja tarkasteltavan jatkuvan muuttujan pienimmän ja suurimman arvon perusteella. Tulos esitetään graafisesti, jolloin nähdään riippuvuuden suunta ja suuruus.

Luokittelevien muuttujien vaikutusta runkolukuennusteeseen voidaan tarkastella muuttuja kerrallaan. Systeemi hakee tietokannasta kaikki käyttäjän määrittelemän viljelyketjun tietyn muuttujan saamat arvot ja laskee niihin liittyvät regressiomallit, minkä jälkeen tulos nähdään erillisessä ikkunassa pylväikkönä.

Asiantuntijajärjestelmän luotettavuus

Asiantuntijajärjestelmän käyttökelpoisuuden ratkaisee siihen sisältyvän tietämyksen laatu. Metsänviljelyn asiantuntijajärjestelmässä tietämys on peräisin käytännön metsänviljelyalueilta. Sen käyttökelpoisuus voidaan asettaa kyseenalaiseksi, koska mittaustarkeutta ei ole selvitetty. Se vaihtelee todennäköisesti suuresti, vaikka kaikki taimikon tarkastajat ovat periaatteessa noudattaneet samoja ohjeita.

Asiantuntijajärjestelmä ennustaa regressiomallien avulla uudistusalalle syntyvän runkoluvun, jolloin runkoluvun riippuvuus selittäjistä oletetaan lineaariseksi. Kokonaisrunkoluvulle laadittujen mallien selityksasteet jäivät yleensä hyvin alhaisiksi, vain joka neljännessä mallissa se oli yli 30 prosenttia. Luonnontaimien lukumäärälle laadituissa malleissa selityksasteet olivat jonkin verran joskaan eivät merkittävästi parempia.

Uudistusalalle syntyvään taimikon tiheyteen vaikuttaa ilmeisesti yksi tai useampia sellaisia muuttujia, joita ei tässä aineistossa ollut mukana. Ritari (1987) on ehdottanut maaperätekijän ja ilmastotekijän erottamista taimikon menestymistä ennustettaessa. Valmiita malleja ei toisistaan ole saatavilla.

Useissa tutkimuksissa on havaittu maaperän lämpötilalla olevan suuri vaikutus taimien elossaoloon ja kasvuun (esim. Leikola 1974, Olsson 1982, Örländer 1987). Jos se voitaisiin lisätä selittäjäksi malleihin, on todennäköistä, että selityksasteet paranisivat.

Asiantuntijajärjestelmän avulla on mahdollista parantaa päätöksentekoa, koska se kertoo epäonnistumisen riskin. Sen sijaan optimointiin se ei ainakaan nykyisessä muodossaan kykene. Periaatteessa olisi mahdollista antaa asiantuntijajärjestelmän etsiä optimiratkaisu käyttäjän antamien rajoitteiden vallitessa, mutta se edellyttäisi metsänviljelyyn

liittyvän hyötyfunktion tuntemista. Hyötyteoreettiselta kannalta metsänviljelyä on tarkastellut Kangas (1990).

Koska asiantuntijajärjestelmä voi olla korkeintaan yhtä hyvä kuin siihen sisältyvä tieto, on aineiston keruuseen kiinnitettävä huomiota. Jos käytännön metsätalouden organisaatiot haluavat käyttää taimikon tarkastustietoja hyväkseen päätöksenteossa, on niiden uhrattava tiedon keruuseen enemmän aikaa ja vaivaa kuin nykyisin. Jos taas tarkastustiedot tarvitaan pelkästään operatiiviseen toimintaan, on ainakin MEKIssä aivan liikaa tietoa.

Mallien luotettavuutta ja selitysvoimaa pitää yrittää parantaa etsimällä tutkimuksen keinoin tekijät, jotka parhaiten selittävät jäljellä olevaa vaihtelua. Tilastollisten mallien lisäksi kannattaa kokeilla esimerkiksi koneoppimista metsänviljelyn kausaalisuhteiden selvittelyssä (vrt. Saarenmaa & Saarenmaa 1990).

Vaikka aineisto ja mallit saataisiin luotettavammiksi, ei se vielä riitä parantamaan päätöksentekoa. Viime kädessä ratkaisu on kuitenkin metsänviljelijän. Asiantuntijajärjestelmän käyttökelpoisuutta ei voida testata muuten kuin tosimaailman päätöksenteossa. Vasta jos metsänviljelytulos järjestelmän käyttöönoton jälkeen paranee, on perusteltuja syitä olettaa siitä olleen hyötyä.

Kirjallisuus

- Clancey, W. 1989. Qualitative modelling and the metaphysics of knowledge engineering. Expert systems and their applications conference. Avignon, France, May 29-June 2, 1989. 2 s.
- Holloway, C.A. 1979. Decision making under uncertainty. Models and choices. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey. 522 s.
- Kajanus, M. 1990. Metsänuudistamisen suunnittelu- ja seurantajärjestelmän sekä vertailumallin kehittäminen yksityismetsätalouteen. Tutkimussuunnitelma. Metsäntutkimuslaitos. 11+2 s.
- Kangas, J. 1990. Metsikön uudistamisketjun valinta - hyötyteoreettinen tarkastelu. Joensuun yliopisto. Metsätalouden suunnittelun lisensiaattitutkimus. 114+8 s.
- Kerschberg, L. (toim.) 1986. Expert database systems. Proceedings from the first international workshop. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Menlo Park, California. 701 s.
- Kilkki, P. 1985. Timber management planning. Silva Carelica 5. 160 s.
- Leikola, M. 1974. Maanmuokkauksen 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 85(7). 33 s.
- Lind, J. 1987. Luontainen uudistaminen viljelyn tueksi Lapissa. Metsä ja Puu 9: 30-31.
- Ohjekirje metsänhoitotöiden kirjanpidosta. 1983. Ohjekirje Mh. 716. Metsähallitus. 16 s.
- Olsson, H. 1982. Skogsodlingsresultat i Övre Norrland. Beskrivning och analys av 24 skogsodlingsobjekt. Summary: Results of artificial regeneration in northern Sweden. Description and analysis of 24 regeneration areas. Sveriges Lantbruksuniversitetet, Institutionen för skogsskötsel 7. 100 s.

- Piatetsky-Shapiro, G. & Frawley, W. (toim.) 1989. Knowledge discovery in databases. IJCAI-89 Workshop proceedings. Detroit, Michigan, USA, August 20, 1989. 406 s.
- Ritari, A. 1987. Maaperä- ja ilmastovaikutuksen erottaminen metsänviljelykokeissa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 278: 8-15.
- Saarenmaa, H. & Saarenmaa, L. 1990. Knowledge discovery from a forestry database into an expert system. 3rd International conference on computers in ag extension programs. January 31 - February 1, 1990. Lake Buena Vista, Florida. 6 s.
- Saarenmaa, L. 1989. Metsänviljely päätöksenteko-ongelmana Lapissa. *Metsänhoitotieteen lisensiaattitutkielma*. Helsingin Yliopisto, metsänhoitotieteen laitos. 37+10 s.
- Schorr, H. & Rappaport, A. (toim.) 1989. Proceedings. Conference on innovative applications of artificial intelligence, Stanford University, March 28-30, 1989. American Association for Artificial Intelligence, Menlo Park, California. 185 s.
- Simon, H. 1960. *The new science of management decision*. Harper & Row, New York.
- Turban, E. 1988. *Decision support and expert systems. Managerial perspectives*. Macmillan Publishing Company, New York. 697 s.
- Örlander, G. 1987. Effects of site preparation on the development of planted seedlings in Northern Sweden. Julkaisussa: Saarenmaa, H. & Packee, E.C. (toim.) *Northern forest silviculture and management*. IUFRO S.1.05-12 Symposium in Lapland, Finland. August 16-22, 1987. Preprint. 7 s.

Maankäsittely- ja viljelymenetelmän vaikutus männyn viljelyn onnistumiseen Lapissa

Kari Mäkitalo

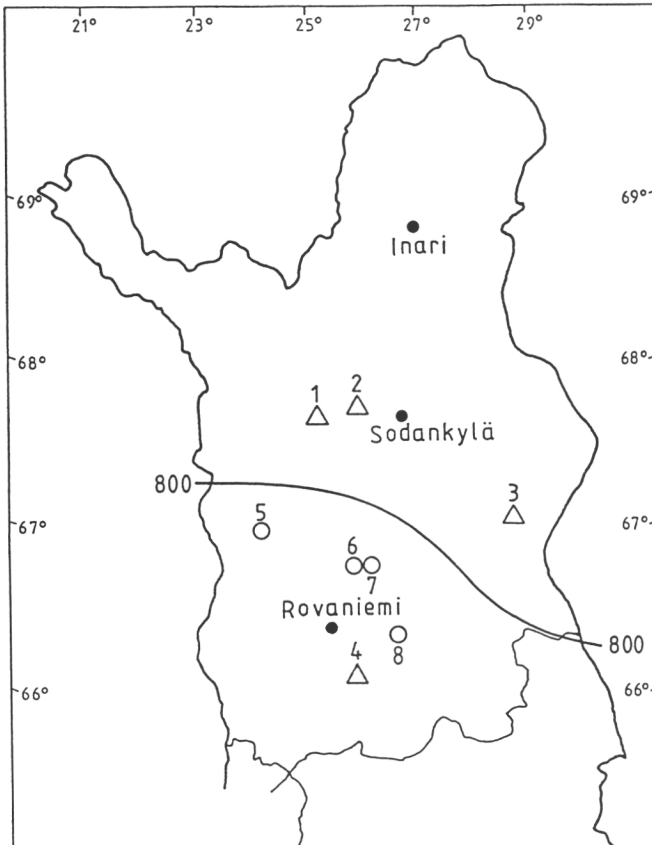
Johdanto

Lapin metsien uudistamisessa kohdattujen epäonnistumisten seurauksena uudistamismenetelmiä on kehitetty entistä voimaperäisempään suuntaan. Männyn luontaisen uudistamisen osuus uudistushakkuiden pinta-alasta oli vuonna 1987 vain 22 % (Metsätilastollinen vuosikirja 1988). Viljelypinta-alasta noin kaksi kolmasosaa istutettiin, suurin osa yksivuotiailla kennotaimilla. Kylvön käyttöä on ajoittain rajoittanut siemenpula. Metsänviljely on näihin aikoihin asti ollut Lapissa lähinnä männyn viljelyä. Vanhat kuusikot on pyritty viljellen muuttamaan männiköiksi. Auraus, jonka käyttö sai alkunsa männyn viljelyn kannalta ongelmallisilta kuusivaltaisilta kasvupaikoilta, vakiinnutti asemansa maankäsittelyn yleismenetelmänä 1960-luvun lopussa. Lautasaurauksen, laikutuksen ym. aurausta kevyempien menetelmien käyttö lisääntyi 1980-luvulla. Vuonna 1987 niiden osuus maankäsittelypinta-aloista oli 56 %. Myös kulotuksen suosio on kasvamassa. Maankäsittelymenetelmien kevenemiseen ja monipuolistumiseen ovat olleet vaikuttamassa toisaalta ympäristönhoidolliset seikat ja toisaalta tutkimustulokset aurasaloilla esiintyneistä ravinneongelmista ja taimituhoista (esim. Tikkanen 1985).

Metsänviljelymenetelmiä on Lapissa tutkittu jo 1920-luvulta lähtien. Tutkimustoiminta vilkastui 1960-luvun loppupuolella, jolloin metsänuudistamisaloilla esiintyi runsaasti taimituhoja. Tutkimuksissa on selvitelty sekä menetelmien perusteita (esim. Leikola 1974, Kauppila & Lähde 1975, Pohtila 1977, Lähde 1978, Ritari & Lähde 1978, Ritari 1985, Tikkanen 1985) että toimivuutta käytännössä (esim. Pohtila 1977, Lähde 1978, Mäkitalo 1983, Pohtila & Pohjola 1983, Pohtila & Pohjola 1985, Pohtila & Valkonen 1985). Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia eräiden metsänviljely- ja maankäsittelymenetelmien vaikutusta männyn viljelyn onnistumiseen Lapissa. Pieniä muutoksia lukuunottamatta ovat tutkimuksessa mukana olevat menetelmät edelleen käytössä. Alustavia tuloksia taimien menestymisestä ovat julkaisleet Pohtila & Pohjola (1985), jotka ovat myös tämän tutkimuksen käynnistäneet.

Aineisto ja menetelmät

Tutkimusalueiden valinnassa pyrittiin ottamaan huomioon Lapin mäännyviljelyaloilla esiintyvä kasvupaikkavaihtelu. Metsätyypiltään alueet ovat kuivahkoja (EVT, EMT) tai tuoreita kankaita (HMT) ja maalajiltaan hiekka- tai hietamoreeneja. Neljä kahdeksasta tutkimusalueesta edustaa alkuperäiseltä puustoltaan kuusivaltaisia ja neljä mäntyvaltaisia metsiköitä (kuva 1). Kuusivaltaiset tutkimusalueet 1-4 sijaitsevat keskimäärin pohjoisempänä ja korkeammalla kuin mäntyvaltaiset tutkimusalueet 5-8. Kuusivaltaisten alueiden korkeus merenpinnasta vaihtelee 195 ja 290 m:n välillä (keskim. 241 m) ja lämpösumma 710 ja 862 lämpösummayksikön välillä (keskim. 773 d.d.). Mäntyvaltaisten alueiden vastaavat arvot ovat 180-190 m (keskim. 185 m) ja 823-857 d.d. (keskim. 834 d.d.).



Kuva 1. Tutkimusalueiden sijainti (kuusivaltaiset alueet merkitty kolmiolla, mäntyvaltaiset ympyrällä).

Koejärjestelyssä noudatettiin satunnaistettujen lohkojen ja sisäk-
käisten ruutujen periaatetta (split-plot satunnaistettujen lohkojen muo-
toisena). Tutkimusalueelle rajattiin yksi 4,8 ha:n lohko, joka jaettiin
neljään maankäsittelyruutuun. Ruutuihin arvottiin seuraavat maankä-
sittelymenetelmät:

1. laikutus (etulaikkuri)
2. palleauraus (tutkimusalueilla 2-3 piennarauraus)
3. kulotus
4. lautasauraus (TTS-metsä-äes)

Kulotusalat laikutettiin suokuokalla välittömästi ennen kylvöä ja
istutusta. Maankäsittelyruudut jaettiin edelleen neljään osaruutuun,
joihin arvottiin neljä viljelymenetelmää:

1. vakoruutukylvö (25 itävää siementä/kylvökohta)
2. hajakylvö (1,5 kg siementä/ha hangelle)
3. istutus paljasjuurisilla taimilla (1M+1A)
4. istutus paperikennotaimilla (1Mk)

Osaruudut jaettiin kolmeen osaosaruutuun, jotka viljeltiin vuosina
1975-77 (ruutu/vuosi). Sekä kylvössä että istutuksessa käytettiin mah-
dollisimman tarkoin paikallista siemenalkuperää (itävyys 81-93 %,
keräysvuosi 1972). Viljelytiheys oli 2500 kylvöpistettä tai tainta hehta-
ria kohti. Tutkimusalueita ja koejärjestelyitä ovat kuvailleet edellä esi-
tettyä tarkemmin Pohtila & Pohjola (1985).

Taimet inventoitiin osaosaruutujen (0,1 ha) keskelle rajoitetulta ym-
pyräkoealalta (200 m²), jonka sisällä oli alunperin 50 kylvölaikkuja tai
tainta. Taimista mitattiin pituus ja pituuskasvu 1 cm:n tarkkuudella.
Lisäksi määritettiin elävistä taimista kaksi pahinta tuhonaiheuttajaa
sekä taimien kunto seuraavaa luokittelua käyttäen:

1. terve
2. tuhon vaikutus näkyvä
3. heikentynyt
4. kituva

Terveiksi luokiteltiin myös ne taimet, joissa esiintyneiden tuhojen
merkitys taimen jatkokehityksen kannalta arvioitiin vähäiseksi (esim.
tuhot taimen alaoksissa).

Taimien elossaolo- ja pituuseroja testattiin varianssianalyysillä. Vari-
anssianalyysimallin yksinkertaistamiseksi viljelyvuosia ei analyysissä
eritelty. Analyysien tarkoituksena oli selvittää maankäsittely- ja viljely-
menetelmien yhdysvaikutuksen olemassaolo sekä monivertailujen avul-
la testata menetelmäkombinaatioiden välisiä eroja. Monivertailume-

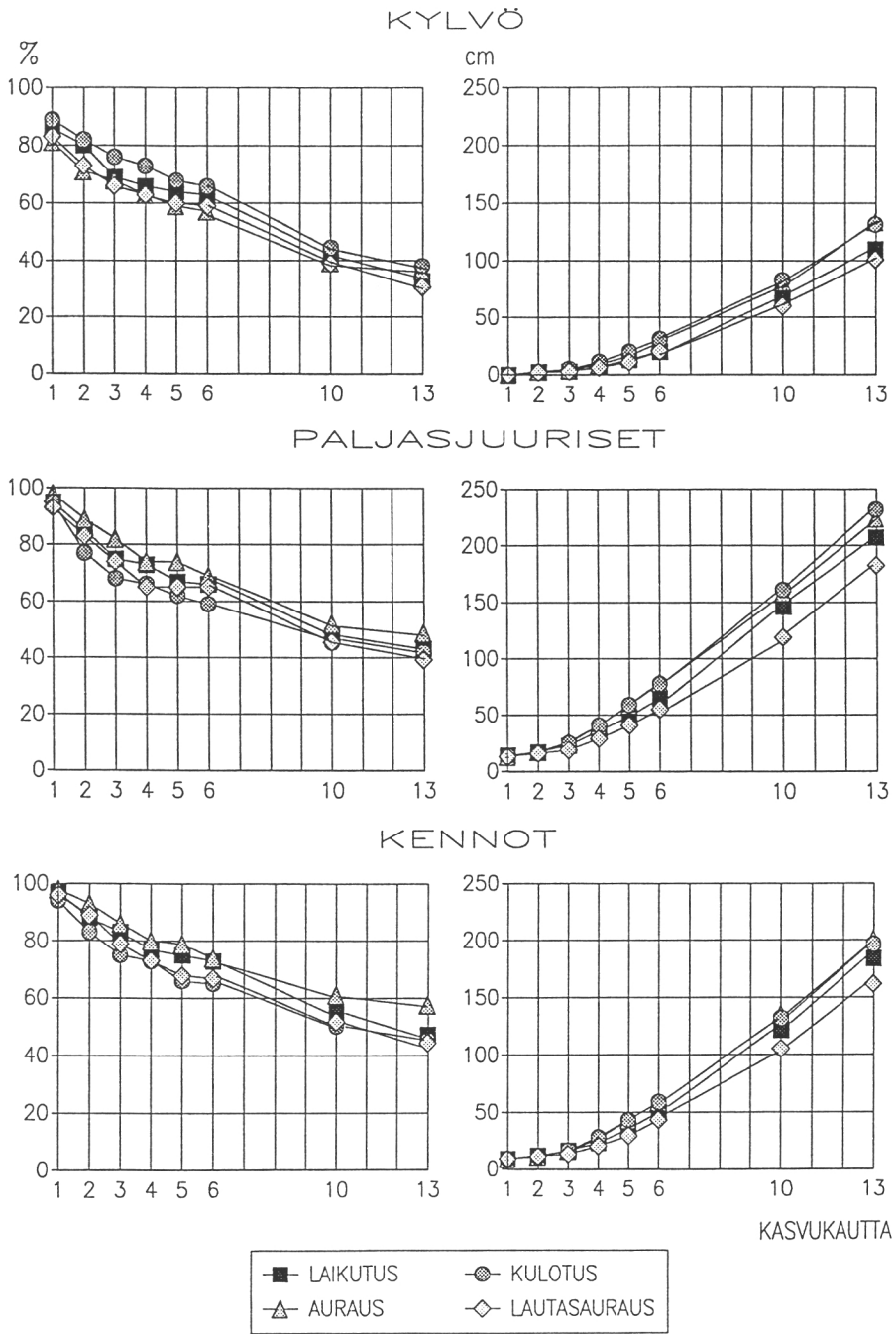
netelmänä käytettiin Dunn-Sidakin menetelmää (Sokal & Rohlf 1981, s. 242). Varianssianalyysimallin residuaalien normaalijakautuneisuusoletusta tutkittiin (normal probability plot-kuviot) ja tulokset olivat selvästi oletusta puoltavia, joten muunnoksiin ei jouduttu turvautumaan (vrt. Pohtila & Pohjola 1985). Hajakylvöä ei vertailuvaikeuksien takia otettu mukaan analyysihin ja sen tulokset julkaistaan myöhemmin.

Tutkimuksen tulokset

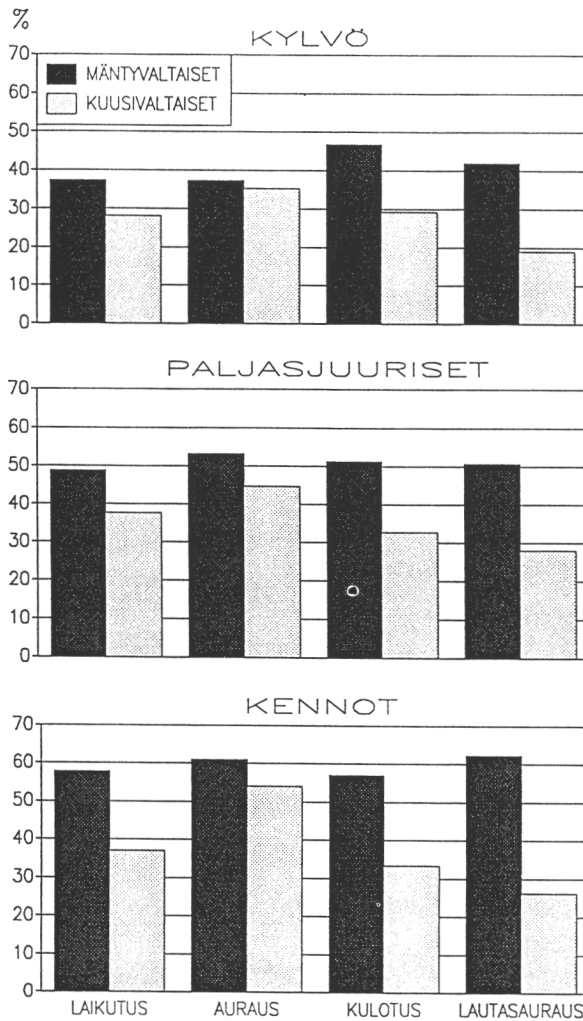
Taimien elossaolo, kunto ja tuhot

Männyn viljely onnistui tämän tutkimuksen mukaan keskimäärin huonosti, mikä tukee aiempia tutkimustuloksia sekä metsänviljelykokeista että käytännön metsänviljelyalojen inventoinneista (esim. Pohtila & Pohjola 1983, Pohtila & Valkonen 1985). Kuudennen kasvukauden loppussa taimien elossaolo oli vielä tyydyttävä (kuva 2). Elossa oli tuolloin vielä keskimäärin 65 % taimista (Pohtila & Pohjola 1985). Kymmenennen kasvukauden loppuun mennessä elossaolosadannes oli pudonnut 48 %:iin ja kolmannentoista loppuun mennessä 42 %:iin. Etenkin kylvöruuduissa kuolleisuus oli suuri kuudennen kasvukauden jälkeen: lähes puolet taimellisista kylvökohdista tuhoutui. Kennotaimilla viljellyissä aurasruuduissa kuolleisuus oli pienin. Varianssianalyysin tulokset vastasivat Pohtilan & Pohjolan (1985) kuuden kasvukauden jälkeen esittämiä tuloksia. Tosin maankäsittelyn ja viljelymenetelmän välillä ei nyt esiintynyt tilastollisesti merkitsevää yhdysvaikutusta ($p > 0,6$). Maankäsittelymenetelmien väliset erot olivat pienet ($p = 0,2$). Sen sijaan viljelymenetelmien välillä oli tilastollisesti merkitseviä eroja ($p < 0,0005$).

Koko aineistosta laskettuihin elossaolosadanneksiin sisältyi runsaasti vaihtelua. Viljelyvuodet poikkesivat toisistaan, mikä näkyi etenkin kylvön onnistumisessa (kts. Pohtila & Pohjola 1985). Tutkimusalueiden välinen vaihtelu oli suuri: keskimääräinen elossapysyminen vaihteli 20 ja 73 %:n välillä. Pääpuulajiltaan erilaiset kasvupaikat erosivat myös toisistaan selvästi (kuva 3). Koko aineiston tarkastelun lisäksi päädyttiinkin tarkastelemaan kuusi- ja mäntyvaltaisia kasvupaikkoja myös erillisinä ositteina.



Kuva 2. Taimien elossaolo- ja pituuskehitys tutkimuskauden aikana (kasvupaikat yhdistetty).



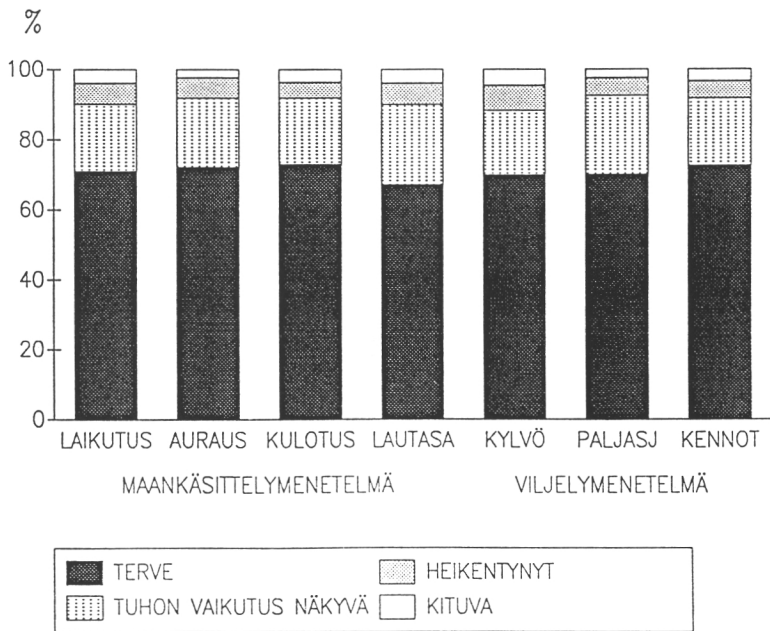
Kuva 3. Taimien elossaolo 13 kasvukauden jälkeen.

Kuusivaltaisilla tutkimusalueilla taimet olivat menestyneet selvästi huonommin kuin mäntyvaltaisilla. Keskimäärin vain joka kolmannessa viljelykohdassa kasvoi elävä taimi 13. kasvukauden lopussa. Lautasauraus oli kuusivaltaisilla alueilla heikoin menetelmä. Voimakkain kohteessa mukana ollut menetelmä, auraus, oli paras sekä kylvöä että istutusta käytettäessä. Aurausruuduissa taimet olivat pysyneet tilastollisesti merkitsevästi paremmin elossa kuin lautasauratuissa ruuduissa ($0,010 < p < 0,025$). Maankäsittelymenetelmien asettamista paremmuusjärjestykseen vaikeuttaa kuitenkin se, ettei maankäsittelyjen moniverailuissa muita tilastollisesti merkitseviä eroja löytynyt. Viljelymenetelmien välillä ei esiintynyt merkitseviä eroja; ne olivat kuitenkin tilastolli-

sesti suuntaa-antavia ($0,05 < p < 0,10$). Paras viljelyketju oli kennotaimien istutus aurausjälkeen (54 %). Tilastollisin menetelmin ei sen parem-
muutta muihin viljelyketjuihin verrattuna voitu kuitenkaan osoittaa,
mikä aiheutui mm. monivertailussa käytetyn Dunn-Sidakin-menetel-
män konservatiivisuudesta vertailujen lukumäärän kasvaessa.

Mäntyvaltaisilla tutkimusalueilla maankäsittelymenetelmien väliset erot olivat erittäin pienet ($p=0,9$). Kennotaimet (60 %) olivat mäntyval-
taisilla kasvupaikoilla pysyneet tilastollisesti merkitsevästi paremmin
elossa kuin muut taimet. Paras istutustulos saavutettiin istuttamalla
kennotaimia lautasauran (62 %) tai auran (61 %) muokkausjälkeen
(kuva 2). Kylvön elossaolosadannes (41 %) oli keskimäärin selvästi
huonoin. Kylvö onnistui mäntyvaltaisilla alueilla parhaiten kulotetuissa
ruuduissa, joissa keskimäärin 47 % kylvökohdista oli taimellisia.
Kuusivaltaisilla alueilla auraus oli kulotusta parempi menetelmä kylvön
onnistumisen kannalta.

Tarkasteltaessa taimien kuntoa eivät maankäsittelymenetelmät juuri
poikenneet toisistaan (kuva 4). Vähiten terveitä ja eniten kituvia taimia
kasvoi lautasauralla käsitellyissä ruuduissa. Myöskään viljelymenetel-
mien välillä ei ollut suuria eroja. Kituvia ja heikentyneitä taimia oli eni-
ten kylvöaloilla. Kuusivaltaisilla alueilla luokiteltiin terveiksi 62 % ja
mäntyvaltaisilla 77 % taimista. Elävissä taimissa havaituista tuhoista
olivat yleisimpiä erilaiset sienituhot: lumikariste (*Phacidium infestans*),
versosyöpä (*Ascocalyx abietina*) ja versoruoste (*Melampsora pinitorqua*).
Myös hirvi- ja lumituhoja esiintyi.



Kuva 4. Taimien kunto 13 kasvukauden jälkeen (kasvupaikat yhdistetty).

Taimien pituuskehitys

Kylvötaimet saavuttivat 1 m:n keskipituuden 3-4 vuotta istutustaimia myöhemmin (kuva 2). Myös 2 m:n kohdalla viive lienee yhtä suuri. Taimien pituus viljelyhetkellä heijastui yhä tuloksiin: paljasjuuriset taimet olivat sekä mänty- että kuusivaltaisilla alueilla paperikennotaimia tilastollisesti merkitsevästi pidempiä 13 kasvukauden kuluttua viljelystä. Niiden keskipituus oli kulotetuissa ruuduissa 232 cm ja aurasruuduissa 224 cm. Auratuissa ja kulotetuissa ruuduissa kennotaimet olivat saavuttaneet 2 m:n keskipituuden 13 vuodessa. Lautasauralla käsitellyillä aloilla taimet olivat kasvaneet selvästi heikoimmin. Kuusivaltaisilla kasvupaikoilla taimien pituus oli laikutusruuduissakin tilastollisesti suuntaa-antavasti ($0,05 < p < 0,10$) suurempi kuin lautasauraruuduissa. Kasvupaikkojen välinen ero taimien pituudessa oli erittäin pieni.

Tulosten tarkastelu

Taimikon vakiintuminen on Lapissa hidas prosessi. Ikävaiheessa, jossa taimikon täydennys- ja uusimistarve määritellään, saattaa taimikon tiheys olla vielä tyydyttävä. Poikkeuksellisen viileät ja sateiset kasvukaudet niitä seuraavine sienitautiepidemioineen voivat kuitenkin aiheuttaa huomattavia tuhoja. Myös tässä tutkimuksessa edellä kuvattu ilmiö havaittiin. Kuudennen kasvukauden lopussa taimien elossapysyminen oli vielä kohtalaisen hyvä (Pohtila & Pohjola 1985). Epäedulliset kesät 1981 ja 1982 heikensivät taimien kuntoa, ja lumikariste ja versosyöpä tappoivat taimia. Kovin aikaisessa vaiheessa ei siis johtopäätöksiä männynviljelyn onnistumisesta voida Lapissa tehdä. Kylvöruuduissa kuolleisuus oli seitsemän viimeisen kasvukauden aikana suurempi kuin istutusruuduissa. Tähän lienee syynä ainakin osittain kylvötaimien hidaskasvu; ne saavuttivat 1 m:n keskipituuden noin 3-4 vuotta istutustaimia hitaammin. Kylvötaimet olivat täten istutustaimia pitempään lumirajan alapuolella ja näin ollen alttiina lumikaristetuhonille. Taimien kuntoluokituksen perusteella voidaan päätellä, että kuolleisuutta tulee jatkossakin esiintymään. Kylvöruuduissa oli eniten kituvia ja heikentyneitä taimia. Tosin vain taimiryhmän valtataimen kunto arvioitiin, joten kuntoluokitus saattaa antaa liian synkän ennusteen kylvöruutujen elossaolosadanneksen kehityksestä. Verrattaessa tuloksia laajan ns. runkotutkimus 1 männynviljelykokeen (perustettiin 1970-72 aurasaloille) tuloksiin voidaan todeta, että 10 kasvukauden jälkeen saavutettiin nyt hieman parempi tulos kuin runkotutkimus 1:ssä (vrt. Pohtila & Pohjola 1983). Kylvössä elossaolo oli tosin täysin sama: 39 %. Paikallinen siemenalkuperä, paperikennojen paperilaadun vaihtaminen nopeammin lahoavaksi sekä nyt tarkasteltavien tutkimusalueiden

ilmastoltaan edullisempi sijainti olivat ilmeisesti syynä em. eroihin tuloksissa.

Alkuperäiseltä puustoltaan kuusivaltaisten kasvupaikkojen uudistaminen männylle onnistui tässä tutkimuksessa selvästi heikommin kuin mäntyvaltaisten. Kuusivaltaisten tutkimusalueiden mäntyvaltaisia pohjoisempi ja korkeampi sijainti tosin heikentää tulosten vertailukelpoisuutta (vrt. Pohtila & Pohjola 1983). Kuusivaltaiset kasvupaikat ovat useimmiten maaperältään runsaasti hienoja aineksia sisältäviä, ravinteikkaita, tiiviitä, kosteita ja kylmiä kasvupaikkoja. Luonteenomaista niille on myös paksu humuskerros. Mänty menestyy Lapissa tällaisilla kasvualustoilla yleensä huonosti. Se ei pysty kuusen tavoin jälkijuurten avulla korjaamaan juuristoaan, mihin voi olla tarvetta maan ajoittaisen hapettomuuden, viljelyvirheiden tai juuristoepämuodostumien takia. Maan hienojakoisuuden ansiosta rouste ja maan pintakerroksen kuivuminen ovat muokatuilla pinnoilla yleisiä ilmiöitä (Ritari & Lähde 1978). Etenkin kylvöruuduissa ne saattavat aiheuttaa suuria tuhoja (Mäkitalo 1983). Pahat versosyöpä- ja lumikariste-epidemiat näyttävät kuuluvan männynviljelyn arkeen Lapissa, sillä epäedullisia, viileitä kesiä esiintyy ainakin kerran kymmenessä vuodessa. Ravinteikas kasvupaikka voi edelleen lisätä männyn sienitautiriskiä (Jalkanen & Kurkela 1984).

Kuusella ei Lapissa vastaavia tuhoisia sienitauteja ole. Männyllä on kuusimetsiä uudistettaessa toisaalta havaittu myös ravinnepuutosoireita 10-15 vuoden kuluttua viljelystä (Tikkanen 1985). Metsänuudistamisen ongelmat vanhoilla kuusimailla liittyvätkin paljolti puulajin valintaan. Kuusen viljelytaimien on tutkimuksissa todettu pysyvän elossa mäntyä paremmin (Pohtila & Pohjola 1983) ja kuusen luontainen uudistuminenkin on todettu riittäväksi muokatuilla aloilla aina korkeita alueita myöten (Mäkitalo 1987). Muokatuilla aloilla kuusen pituuskehitys on selvästi nopeampi, kuin mihin olemme tottuneet muokkaamattomilla, joskin se on hitaampi kuin männyn taimien kehitys vastaavilla aloilla (Mäkitalo 1983, Mäkitalo 1987, Pohtila & Pohjola 1983).

Maankäsittelymenetelmän valinta osoittautui kuusivaltaisilla, ajoittain vedenvaivaamilla kasvupaikoilla viljelyn onnistumisen kannalta ratkaisevaksi. Lautasaurauksella ei ole aurauksen tavoin riittävää maata kuivattavaa vaikutusta, mikä näkyi sekä elossaolo- että pituustuloksissa. Selittämättä sen sijaan jää, miksi taimet olivat myös laikutusaloilla kasvaneet paremmin kuin lautasaurausaloilla. Nykyisin eniten käytetty viljelyketju - paakkutaimien viljely auran muokkausjälkeen - oli paras vaihtoehto. Merkillepantavaa on kuitenkin se, että lähes puolet taimista oli tätäkin viljelyketjua käytettäessä kuollut 13 kasvukauden kuluessa.

Lautasauraus, joka kuusivaltaisilla kasvupaikoilla oli taimien elossapysymisen kannalta huonoin menetelmä, oli mäntyvaltaisilla kasvupaikoilla muiden menetelmien veroinen. Maankäsittelymenetelmällä olikin vaikutusta vain taimien pituuskehitykseen. Kulotusruuduilla taimet olivat kasvaneet parhaiten. Kulotuksen seurauksena maan pintalämpötila

nousee, mikrobitoiminta voimistuu ja kasveille käyttökelpoisten ravinteiden määrä kasvaa (Vasander & Lindholm 1983). Voimakkaalla maanmuokkauksella kuten aurauksella on samansuuntainen vaikutus (Leikola 1974, Kauppila & Lähde 1975, Lähde 1978, Ritari & Lähde 1978, Ritari 1985). Aurasruuduissa taimet olivatkin kasvaneet lähes yhtä hyvin kuin kulotusruuduissa. Taimien heikko pituuskasvu lautasauratuilla aloilla kulotus- ja aurasaloihin verrattuna aiheutui mäntyvaltaisilla tutkimusalueilla todennäköisesti maan lämpötila- ja ravinteisuuseroista.

Paperikennotaimien juuristoepämuodostumien on epäilty aiheuttavan tuhoja Lapin männynviljelyaloilla. Juuriston kiertyminen on tutkimuksissa todettu alkavan jo taimitarhalla. Maastossa kiertyminen saattaa jatkua. Kiertymisen on esitetty haittaavan yhteyttämistuotteiden kuljetusta verson ja juuriston välillä, jolloin verson kasvu saattaa voimistua juuriston kustannuksella (Wibeck 1923). Tutkimuksissa onkin todettu, että taimet, joilla on epämuodostunut juuristo, voivat kasvaa alkuvuosina paremmin kuin normaalit taimet (Parviainen 1976). Epäedullisten kasvukausien jälkeen tällainen taimi saattaa kuitenkin tuhoutua energiatalouden heikkenemisen ja sienitautien iskeytymisen seurauksena juuristoltaan normaalia tainta herkemmin. Kosteissa painanteissa, joissa männyn juuriston kasvu on hidasta, juuriston kiertymisen aiheuttamat ongelmat todennäköisesti korostuvat. Tiivis tai kivinen maa voi myös vaikeuttaa juuriston kehitystä. Epämuodostuneessa juuristossa sivujuurten ja pääjuuren toisiinsa kietoutumisen takia puuta tukevien sivujuurten kasvu estyy. Juuristo saattaa murtua kokonaan poikki lumen tai tuulen voimasta, jos joku spiraalimaisesti kasvavista sivujuurista estää muiden juurten normaalin paksuuskasvun (Parviainen & Antola 1986).

Tämän tutkimuksen tulokset eivät suoraan tue epäilyjä juuristoepämuodostumista, sillä paperikennotaimet olivat pysyneet paremmin elossa kuin paljasjuuriset taimet. Koska taimien juuristoja ei tutkittu, ei tuhojen esiintymistä tutkimuskauden aikana voida täysin sulkea poiskaan. Vertailu paljasjuurisiin taimiin saattaa myös olla harhaanjohtavaa, sillä niiden juuristot ovat osoittautuneet voimakkaimmin epämuodostuneiksi (Parviainen & Antola 1986). Lisäksi useissa tutkimuksissa on havaittu, että pahojen juuristoepämuodostumien aiheuttama kasvun pysähtyminen tai taimien kaatuminen näkyy vasta 10-15 vuoden kuluttua istutuksesta. Näin ollen tuhoja saattaa olla vielä odotettavissa. Nykyinen käytäntö, jonka mukaan kennot viljellään ilman paperia, ei ainakaan lisää juuristo-ongelmia. Taimitarhalla alkavan juuriston kiertymisen vaikutus paperittomien kennojen kehitykseen maastossa viljelyn jälkeen on kuitenkin vielä selvittämättä.

Tässä tutkimuksessa pyrittiin ottamaan huomioon Lapin männynviljelyaloilla esiintyvä kasvupaikkavaihtelu. Metsänviljelymateriaali oli paikallista alkuperää ja hyvälaatua. Uudistusalueiden raivaus, viljely ja jälkihoito tehtiin asianmukaisesti. Ilmastoltaan tutkimuskausi oli Lapin

olosuhteita hyvin edustava, sillä siihen sisältyi sekä suotuisia että epäsuotuisia vuosia. Näin ollen tutkimuksen voitaneen katsoa antavan luotettavan kuvan männyn viljelyn onnistumisesta Lapissa. Tutkimuksen tulokset osoittavat, että Lapin männynviljelyaloilla on varauduttava melkoiseen taimien tuhoutumisriskiin. Männyn viljelytuloksia voitaisiin todennäköisesti jonkin verran kohentaa taimien laatua parantamalla, maankäsittely- ja viljelymenetelmiä kehittämällä sekä taimikoiden hoitoa tehostamalla (Pohtila & Valkonen 1985). Puulajivalintaan tulisi kiinnittää entistä enemmän huomiota etenkin kuusivaltaisia kasvupaikkoja ja korkeita alueita uudistettaessa. Myös suunnittelun tarkentaminen ja useiden menetelmien ja puulajien käyttö samalla uudistusalalla parantanevat uudistamistulosta (Lind 1987). Laatuun kasvattamiseksi tarvittavan tiheyden saavuttaminen viljelytiheyttä nostamalla tai täydennysviljelyllä on Lapissa kallista ja epävarmaa. Taimikon luontaisen täydentymisen turvaaminen tuottaisi saman päämäärän edullisemmin. Metsänviljelyä ja luontaista uudistamista ei päätöksentekotilanteessa tulisi kaavamaisesti mieltää toisensa poissulkeviksi vaihtoehtoiksi, vaan niitä tulisi tietoisesti yhdistellä parhaimman mahdollisen uudistamistuloksen saavuttamiseksi Lapin ankarissa ilmasto-oloissa.

Kirjallisuus

- Jalkanen, R. & Kurkela, T. 1984. Männynversoruosteen aiheuttamat vauriot ja varhaiset pituuskasvutappiot. Summary: Damage and early height growth losses caused by *Melampsora pinitorqua* on Scots pine. *Folia Forestalia* 587. 15 s.
- Kauppi, A. & Lähde, E. 1975. Koetuloksia maankäsittelyn vaikutuksesta metsämaan ominaisuuksiin Pohjois-Suomessa. Summary: On the effects of soil treatment on forest soil properties in North-Finland. *Folia Forestalia* 230. 23 s.
- Leikola, M. 1974. Maanmuokkauksen 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* 88(1). 33 s.
- Lind, J. 1987. Luontainen uudistaminen viljelyn tueksi Lapissa. *Metsä ja puu* 9: 30-31.
- Lähde, E. 1978. Maan käsittelyn vaikutus maan fysikaalisiin ominaisuuksiin sekä männyn ja kuusen taimien kehitykseen. Summary: Effect of soil treatment on physical properties of the soil and on development of Scots pine and Norway spruce seedlings. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 94(5). 59 s.
- Metsätilastollinen vuosikirja 1988. Yearbook of forest statistics. *Folia Forestalia* 730. 243 s.
- Mäkitalo, K. 1983. Koetuloksia männyn viljelyn onnistumisesta eri tavoin käsitellyllä paksusammaltyypin maalla Lapissa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 105: 98-110.
- 1987. Kuusen luontaisesta uudistumisesta korkealla paksusammaltyypin maalla. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 278: 32-46.
- Parviainen, J. 1976. Männyn eri taimilajien juuriston alkukehitys. Summary: Initial development of root systems of various types of nursery stock for Scots pine. *Folia Forestalia* 268. 21 s.

- & Antola, J. 1986. Taimien kehitys ja juuriston morfologia eri taimilajeilla perustetuissa mäntyistutuksissa. Summary: The root system morphology and stand development of different types of pine nursery stock. *Folia Forestalia* 671. 29 s.
- Pohtila, E. 1977. Reforestation of ploughed sites in Finnish Lapland. Seloste: Aurattujen alueiden viljely Lapissa. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 91(4). 98 s.
- & Pohjola, T. 1983. Vuosina 1970-72 Lappiin perustetun aurattujen alueiden viljelykokeen tulokset. Summary: Results from the reforestation experiment on ploughed sites established in Finnish Lapland during 1970-72. *Silva Fennica* 17(3): 201-224.
- & Pohjola, T. 1985. Maan kunnostus männyn viljelyssä Lapissa. Summary: Soil preparation in reforestation of Scots pine in Lapland. *Silva Fennica* 19(3): 245-270.
- & 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.
- Ritari, A. 1985. Muokkauksen vaikutus paksusammalkuusikon maan ominaisuuksiin. Lisensiaattitutkielma. Helsingin yliopisto, metsänhoitotieteen laitos. 100 s. + liitt.
- & Lähde, E. 1978. Effect of site preparation on physical properties of the soil in a thick-humus spruce stand. Seloste: Muokkauksen vaikutus paksusammalkuusikon maan fysikaalisiin ominaisuuksiin. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 92(7). 37 s.
- Sokal, R. & Rohlf, J. 1981. *Biometry*. W. H. Freeman and company. San Francisco. 2nd edition. 859 s.
- Tikkanen, E. 1985. Aurasalueen heikkokuntoisten männyntaimien ravinnetaloudesta Pohjois-Suomessa. Abstract: Nutrient metabolism of weakened Scots pine saplings on a ploughed site in northern Finland. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantaja* 186. 23 s.
- Vasander, H. & Lindholm, T. 1983. Tulen avulla uuteen metsään. *Natura* 2: 8-11.
- Wibeck, E. 1923. Om misbildning av tallens rotsystem vid spettplantering. *Meddelande från Statens Skogsförsöksanstalt* 20(4): 261-299.

Alustavia tuloksia pellonmetsitysten onnistumisesta Lapin metsälautakunnan alueella

Seppo Rossi

Maatalous 2000-komitean mietintö korostaa metsätalouden aseman parantamista maatalouden vaihtoehtona luomalla edellytyksiä muun muassa metsätalouteen erikoistuneiden tilojen perustamiselle. Maatalouden ylituotannon supistamisen yhtenä, välittömänä keinona on pellon metsittäminen. Tavoiteltavasta omavaraisuusasteesta riippuen peltoja tulisi vapauttaa muuhun käyttöön 250 000 – 500 000 hehtaaria. Tämä merkitsisi vähintään 10 000 peltohehtaarin metsittämistä vuosittain (Seppänen 1987).

Nopeutuvat metsien veroluokitukset lisäävät osaltaan painetta peltojen metsittämiseksi. Suurin osa pelloista on raivattu aikoinaan keskimääräistä viljavammille maille, jolloin yli kymmenen vuotta maatalouskäytöstä poissa ollutta peltoa verotetaan jopa ensimmäisen veroluokan mukaan (Aaltoila 1989). Toisaalta huomattava osa pelloista on raivattu varsinkin Lapin läänissä myös heikompiuottoisille soille, joilla peltoviljelykin on osoittautunut ylivoimaiseksi tehtäväksi. Nyt tällaisilla alueilla, joilla luontaisestikaan metsä ei ole tuottanut juuri mitään, pitäisi pystyä kasvattamaan taloudellisesti puuta (letot, rimpiset nevat jne.).

Pellot poikkeavat metsän kasvupaikkana olennaisesti metsämaista, jolloin metsämaalla tehdyt tutkimukset eivät suoraan sovellu käytettäväksi pellon metsityksiin. Keskeisimmät ongelmat liittyvät peltojen vesija ravinnetalouteen ja pintakasvillisuuden kehitykseen. Näistä ongelmista osaksi johtuen myös erilaisten sekundääristen tuhojen riski kasvaa.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää peltojen metsityksen nykyinen tilanne ja onnistuminen Lapissa sekä saada kuva mahdollisista epäonnistumisen syistä. Kriteereinä on tällöin ollut kasvatuskelpoisten taimien määrä, kasvu, elinvoimaisuus ja taimia kohdanneet tuhot.

Aineisto ja menetelmät

Vuosien 1968-1987 välisenä aikana peltoja ja peltoheittoja metsitettiin Lapin metsälautakunnan alueella kaikkiaan 2100 ha, josta yksityismetsien osuus on 72 % (Metsätilastolliset vuosikirjat 1969-1988). Lapin metsälautakunnan yksityisessä omistuksessa olevien maiden osuus koko valtakunnan yksityisten suorittamista pellonmetsityksistä on vain noin 1,4 %.

Tutkimuksen kohteeksi valittiin kahta eri ikäluokkaa olevia pellonmetsityksiä, joista vanhemmat olivat 15-16 vuotta ja nuoremmat 7-8 vuotta sitten yksityisten maille perustettuja taimikoita. Seuraavat ositteet inventoitiin kesällä -89.

Osite	Metsitysvuosi	Puulaji	Taimikoita, kpl
I	-82,-81	Mänty	15
II	-74,-73	Mänty	17
III	-82,-81	Kuusi	7
IV	-74,-73	Kuusi	10
V	-74,-73	Rauduskoivu	8

Ositteista III ja V mukaan otettiin kaikki kyseisten vuosien metsitykset. Ositteista I, II, IV otos arvottiin kunnittaisten pellonmetsitysten lukumäärien suhteessa riittävän alueellisen vaihtelun saamiseksi tutkimukseen mukaan. Kaikkiaan inventoitiin 53 taimikkoa, joiden pinta-ala oli yhteensä 82,6 hehtaaria. Ositteiden I ja III osuus vuosien -81 ja -82 yksityisten maanomistajien mailloin suorittamista pellonmetsityksistä on 71,9 % ja ositteiden II, IV ja V osuus vuosien -73 ja -74 metsityksistä on 15,5 %.

Tutkimusmenetelmänä käytettiin linjoittaista ympyräkoelainventointia, jossa koelajien lukumäärä vaihteli 10 - 20 kpl kuvion koosta riippuen. Linja/koelaväli määräytyi siten, että tavoiteltava koelajien lukumäärä pysyi annetuissa rajoissa. Puustotiedot luettiin aina 20 m² kokoisilta ympyräkoelajoilta, vesakko luettiin 10 m² koelajoilta ja kasvilisyyden määrittäminen tapahtui pohjakerroksen osalta 1 m² ja kenttäkerroksesta 10 m² alueelta koelajan keskipisteestä.

Aloituspiste valittiin siten, että kuvion koon mukainen koelamäärä saatiin parhaiten täyteen ja että kaikki kuvion osat tulisivat edustetuiksi. Ensimmäinen koelaja sijoitettiin puolen linja/koelavälin päähän taimikon reunasta. Koelajien paikat määritettiin mittanauhaa ja bussolia hyväksikäyttäen. Linjojen suunta oli aina itä-länsi tai päinvastoin ja yleensä samalla myös poikittain syväkylväköihin nähden. Koelajoja siirrettiin koelajan osuessa esimerkiksi tilustielle, ladon kohdalle tai kiviröykkiöön. Siirto oli pääsääntöisesti puoli koelaväliä eteenpäin.

Istutusalojen yleiskuvaus

Ojasto oli heikossa kunnossa kaikissa tutkituissa ositteissa. 70-luvun alussa metsityksillä pelloilla noin 55 % ojista määritettiin erittäin huonokuntoisiksi. 80-luvun metsityksillä vastaava huonokuntoisten ojien osuus oli noin 77 %. Vesitalous oli kunnossa istutuspaikassa syväkylväköillä pelloilla. Toisaalta näillä pelloilla vesien poisjohtaminen oli unohtettu, jolloin vesi seisoi usein aurausvaoissa. Ainoastaan kahdella

vanhempiin metsityksiin kuuluvalla kohteella oli suoritettu vesitalouden uudelleenjärjestelyä sarkaojien umpeuduttua.

Metsityksen yhteydessä sarkaojiin jääneet tai raivauksen jälkeen myöhemmin uudelleen kasvaneet pajut ja koivut tukkivat oja. 73 % ojista kasvoi pajua ja koivua ositteissa I ja III. Näiden ositteiden ojista 22 %:lla ei ollut ojapuita lainkaan ja 5 %:lla kasvoi pelkästään pajua. Vanhemmissa metsityksissä tilanne oli samansuuntainen. 60 %:lla pelloista ojissa kasvoi sekä koivua että pajua, 3 % :lla kasvoi pajua ja 10 %:lla kasvoi pelkästään koivua. Alle 30 %:lla pelloista ei tavattu lainkaan ojapuita.

Uudistamistulos

Mäntyjen ositteissa terveiksi taimiksi määritettiin vain hiukan yli puolet kaikista taimista. Lievästi vioittuneiden taimien osuus ositteessa I oli keskimäärin 20,8 %. Myös ositteessa II lievästi vioittuneita taimia oli paljon, määrällisesti enemmän kuin nuorissa ikäluokissa. Terveitä taimia havaittiin sekä prosentuaalisesti että määrällisesti eniten ositteen IV ja V kivennäismaalle suoritetuissa pellonmetsityksissä (taulukko 1).

Taulukko 1. Viljelytaimien elinvoimaisuus ositteittain.

	Turvemaat				
	I	II	III %	IV	V
Terve	53,3	49,6	88,8	79,7	100,0
Lievä tuho	20,8	11,6	11,2	15,0	-
Heikentynyt	6,8	8,5	-	2,9	-
Kituva	6,8	5,3	-	1,4	-
Kuollut	12,3	24,8	-	1,0	-
Yht, kpl/ha	544	1076	927	1350	13

	Kivennäismaat				
	I	II	III %	IV	V
Terve	54,2	61,8	88,7	94,3	98,2
Livä tuho	13,6	14,5	10,1	2,1	-
Heikentynyt	8,9	8,9	-	1,4	-
Kituva	1,7	4,3	-	-	1,8
Kuollut	21,6	10,5	1,1	2,1	-
Yht, kpl/ha	922	1270	1171	1602	875

Ranganvaihto luokiteltiin latvanvaihdoksi niissä tapauksissa, joissa ranganvaihto ei ollut aiheuttanut poikaoksaa tai monilatvaisuutta. Rangan vaihtuminen aiheutti viljelymännyillä useimmiten poikaoksen tai monilatvaisuuden; kuusilla ranganvaihto oli todettavissa keskimäärin 22 % tapauksista pelkkänä latvanvaihtona. Neulasmassan pieneneminen ja riukuuntuminen (luokka 9) oli männyillä hiukan yleisempää kuin kuusilla. Koroja havaittiin männyillä enemmän kuin kuusilla. Rauduskoivulla esiintyi runkomutkia ja monilatvaisuutta. Keskimäärin männyillä esiintyi erilaisia vikoja huomattavasti enemmän kuin kuusella (taulukko 2).

Taulukko 2. Viljelytaimien vikaisuus ositteittain, %. (0=ei vikaa, 1=poikaoksa, 2=tyvimutka, 3=runkomutka, 4=koro/kolouma, 5=kallistuma, 6=latva poikki, 7=latvanvaihto, 8=monilatvaisuus, 9=muu vika, 10=ranganvaihtoja keskimäärin, 11=ranganvaihtojen maksimi määrä, 12=ranganvaihdollisten taimien osuus elossa olevista taimista).

Vikaisuus	Osite				
	I	II	III	IV	V
0	14,9	9,1	30,4	30,0	36,2
1	35,4	41,3	40,4	22,7	-
2	3,7	4,3	8,2	1,0	-
3	6,0	4,1	5,3	2,3	37,8
4	4,6	5,2	-	0,3	-
5	0,9	0,8	1,0	0,3	-
6	4,9	3,5	3,4	2,0	-
7	9,1	5,0	12,5	32,8	-
8	32,3	33,1	27,9	36,8	62,2
9	3,1	2,7	1,4	1,7	-
yht.	100	100	100	100	100
10	1,8	2,4	2,1	1,8	-
11	5	7	6	7	-
12	71,3	78,6	64,2	61,3	-

Taulukkoa 3 tarkasteltaessa on huomattava vertailla, mikä on sellaisten taimien osuus, joissa ei ole tuhoa havaittu. Osa määritetyistä tuhoista on sellaisia, joilla ei ole ollut välitöntä vaikutusta taimen elinvoimaan, mutta ne on kirjattu siitä huolimatta. Rauduskoivuilla ainut havaittu tuhonaiheuttaja oli hirvi. Mäntyjen ositteissa jäi pieni osa lähinnä kuolleiden männynntaimien tuhoista tunnistamatta, koska useita vuosia taimien elinvoiman sammumisen jälkeen tapahtunut tuhon aiheuttajan määrittäminen oli vaikeaa ja usein mahdotonta. Ranganvaihdoksen syyn löytäminen oli varsinkin kuusilla hankalaa.

Taulukko 3. Viljelytaimien tuhot ositteittain, %.

Tuhon aiheuttaja	Turvemaat				Kivennäismaat			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Pintakasvillisuus	12	1	41	2	3	-	19	3
Vesat	12	6	2	2	7	8	8	-
Puusto	1	11	-	4	-	13	3	5
Toiset taimet	-	4	1	1	-	4	-	-
Kariste	6	10	-	-	4	12	-	-
Versoruoste	7	14	-	-	25	16	-	-
Versosyöpä	4	5	-	-	3	4	-	-
Muu sienit	1	2	4	2	2	2	8	-
Pistiäinen	-	-	1	1	-	-	1	-
Muu hyönteinen	1	5	-	1	3	4	-	-
Myyrä	11	2	-	-	1	-	-	-
Hirvi	25	20	-	16	33	15	-	5
Muu selkärankaisten aiheuttama tuho	1	1	-	-	2	1	-	-
Halla	3	-	44	45	-	-	25	49
Märkyys	4	2	-	17	-	1	-	27
Ravinnepuutos	14	6	8	8	5	5	28	5
Kasvuhäiriö	1	10	1	1	11	16	3	-
Istutusvirhe	1	1	-	-	1	-	3	-
Muu ihmisen aiheuttama tuho	-	-	-	2	-	-	3	5
100 %								
Ei tuhoa	17	36	37	54	44	43	67	82

Seuraavassa asetelmassa on esitetty ehdotetut hoitotoimenpiteet ositteittain (kpl taimikoita).

Osite	Perkaus ojalinjat	Perkaus koko alue	Kunnostus- ojitus	Täydennys viljely	Uudelleen viljely
I	-	5	5	3	5
II	-	6	8	-	-
III	-	5	3	4	1
IV	1	6	6	-	-
V	-	-	2	-	2

Toimenpiteiden laiminlyöntiä oli tapahtunut paljon. Puutteellinen kasvutila oli johtanut taimien, erikoisesti mäntyjen, elinvoiman heikkenemiseen ja vesitalouden heikkenemiseen, tai sen heikko tila jo metsitys- vaiheessa, oli aiheuttanut uudistamistuloksen epäonnistumisen usein jo taimikon alkukehitysvaiheessa. Kun toimenpide-ehdotukseen on liitetty ojitus, se ei kaikissa tapauksissa tarkoita sitä, että koko kyseessä oleva pellonmetsitys olisi ojitettavaa, vaan useimmiten vain osa alueesta, alavimmat kohdat, olivat kunnostuksen tarpeessa.

Tarkastelua

Keskimääräinen viljelytiheys oli suunnitelmatietojen perusteella lasketuna hiukan yli 2000 tainta hehtaarilla. Käytännössä tästä vähimmäisvaatimuksesta lienee kuitenkin luovuttu: osassa tutkittuja metsityskohteita näytti erittäin ilmeiseltä, että taimia oli tuotu paikalle huomattavasti vähemmän.

Mikäli keskimääräiseksi viljelytiheydeksi oletetaan 2000 kpl hehtaarilla ja lasketaan mukaan vain kasvatuskelpoisiksi määritetyt taimet, olisi kuolleisuus nuorissa ikäluokissa tämän tutkimuksen perusteella männyllä 75 % ja kuusella 50 %. Vanhoissa ikäluokissa kuolleisuus olisi tällöin männyllä 62 %, kuusella 34 % ja koivulla 83 %. Silmävaraisesti oli arvioitavissa, että kuolleisuus kasvaa voimakkaasti mäntyjen ositteissa seuraavalla kymmenvuotiskaudella: lievästi tuhoutuneiden taimien osuus oli suuri.

Rauduskoivun kasvattaminen turvemaalla on liian riskialtista. Rauduskoivun kasvupaikkoja ovat hienolajitteiset kivennäismaat lukuun ottamatta jäykimpiä savimaita (Raulo 1969). Ainut onnistunut rauduskoivikko tavattiinkin viljavalta kivennäismaalta. Pienimmät taimitiheydet tavattiin mäntyjen ja kuusten ositteissa niin ikään turvemaalta. Vaikeimpia metsityskohteita olivat karut suopellot ja alavimmat painan-

teet. Eniten tuhoja kuuselle näillä alueilla aiheuttavat halla ja märkyys. Syväkyntö näyttäisi tuottavan heikomman viljelytuloksen viulutukseen verrattuna.

Ihmisen tekemiä virheitä voitaisiin itse asiassa kirjata huomattavan paljon, jolloin tämä nousisi ylivoimaisesti eniten tuhoja aiheuttaneeksi yksittäiseksi tekijäksi: vesitalouden järjestelyn puutteellisuus, jälkitoimenpiteistä luopuminen, raivauksen tekemättä jättäminen, väärä puulajin valinta jne. Aina ei voida vedota siihenkään, että tieto näiden alueiden metsittämisestä olisi ollut puutteellista.

Muutamit harvat metsämaalla koetellut pääperiaatteet tehostettuna sopivat kuitenkin myös näille ongelma-alueille. Toisena vaihtoehtona on varsinkin alavien ja hallanarkojen suopeltojen metsittäminen luontaisesti hieskoivulle, ja vasta sen jälkeen voitaisiin harkita kuusen istuttamista näin kehittyneen suojuosuuston alle.

Molempien ketjujen ehdottomina lähtökohtina on pidettävä vesitalouden kuntoonsaattamista ja maan muokkausta. Ilman näitä toimenpiteitä metsitystä ei kannata tehdä. Pintakasvillisuuden kehitys voi olla niin nopeaa, että maanpinnan rikkominen voi olla myöhemminkin tarpeellista, jos lähtökohtana pidetään hieskoivun luontaista uudistamista. Muuten ei välttämättä saada aikaan tasaista ja aukotonta hieskoivikkoakaan. Syntynyt hieskoivikko on harvennettava ainakin taimikkovaiheessa (Saramäki 1981).

Pintakasvillisuus oli pahimmillaan niin rehevää, että se oli edelleenkin yksi viljelytaimien tuhonaiheuttajista 7-8 vuotta metsityksen jälkeen. Ei riitä, että heinikkoa torjutaan viljelyä seuraavana kesänä, vaan toimenpiteen on oltava jatkuvaa ulottuen useamman vuoden päähän. Samassa yhteydessä saattaisi olla järkevää pyrkiä turvaamaan myös luontaisten kuusien kehitysmahdollisuudet.

Lapin alueella on toistaiseksi pidättäytytty karujen suopeltojen metsityksestä. Metsittämisen on todettu olevan liian riskialtista eikä nyt saatu tulos poikkeaa näiden kasvupaikkojen osalta yhdessäkään tutkittussa ositteessa. Karujen suopeltojen metsittämistä on pidetty suurena ongelmana, mutta sitä se ei itse asiassa ole - siitä on tehty sellainen. Pohjois-Suomen aapasoiden luonteeseen kuuluvat nevojen rimpisyys ja karuimmilla soilla korkeat rahkamättäät (Suomen suot ja niiden käyttö 1983). Ei ole mikään ihme, että metsittäminen kohtaa vaikeuksia tällaisilla alueilla, joitten luontainenkin puuntuottokyky on pieni rimpisyydestä ja rahkaisuudesta johtuen. Juuri nämä tekijät ovat olleet jo pitkään soiden ojitustoiminnan tärkeimpiä kriteerejä suon ojituskelpoisuutta määritettäessä. Alueen puuntuottokykyä on tarkasteltava entistä kriittisemmin tällaisilla alueilla peltoviljelyn jälkeen.

Kirjallisuus

- Aalto, J. 1989. Hylätyt pellot ovat tulossa omistajilleen kalliiksi. Maaseudun tulevaisuus 73(132):9.
- Metsätilastollinen vuosikirja 1969-1988. Folia Forestalia 96, 130, 165, 195, 225, 255, 295, 345, 375, 430, 460, 510, 550, 590, 620, 660, 715, 730.
- Raulo, J. 1969. Koivunviljely. Teoksessa: J. Lehto (toim.). Metsänviljely. Kirjayhtymä. Helsinki. s. 235-248.
- Saramäki, J. 1981. Hieskoivun kasvu ja kasvatusta Pohjanmaalla ja Kainuussa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 3. Muhoksen tutkimusasema. 37 s.
- Seppänen, P. 1987. Pellon metsitys on vaativa työmaa. Metsälehti. 54(14): 5.
- Suomen suot ja niiden käyttö 1983. Suoseura ry. IPS:n Suomen kansallinen komitea. Helsinki. 136 s.

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

ROVANIEMEN TUTKIMUSASEMA

Osoite: PL 16
96301 Rovaniemi
Puhelin: (960) 157 21
Telefax: (960) 314 905

TUTKIJAT

Martti Varmola, MML (tutkimusaseman johtaja)

Kirsti Airaksinen, FM

Timo Helle, FT (erikoistutkija)

Hannu Hökkä, MMK

Risto Jalkanen, MMT

Erkki Kaila, FK

Juha Kaitera, MMK

Eero Mattila, MMT (erikoistutkija)

Kari Mikkola, FK

Kari Mäkitalo, MH

Arto Naskali, TTM

Ari Nikula, MMK

Kaarina Niska, MMK

Yrjö Norokorpi, MMT (erikoistutkija)

Timo Penttilä, MH

Aulis Ritari, MML

Hannu Salminen, MMK

Pentti Sepponen, FT

Marja-Liisa Sutinen, FL

Eero Tikkanen, FL

Mauri Timonen, MH

**Rovaniemen tutkimusasemalla ilmestyneet Metsäntutkimuslaitoksen
Tiedonantoja -sarjan julkaisut:**

- N:o 6 Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1981. 1981.
- N:o 35 Päivi Hänninen. Sammalen kemiallinen torjunta taimitarhalla. 1981.
- N:o 58 Pohjois-Lapin metsät. Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1982. 1982.
- N:o 65 Yrjö Norokorpi ja Pentti Sepponen (toim.). Kilpisjärven alueen maankäytön yleis-suunnitelma. 1982.
- N:o 71 Päivi Hänninen. Alustavia päätelmiä kivivillan käytöstä männyntaimien kasvu-alustana muovihuoneessa. 1982.
- N:o 77 Pohjois-Lapin metsien uudistaminen. 1982.
- N:o 95 Jarmo Nieminen. Varttuneet kontortametsiköt Kivalon kokeilualueella. 1983.
- N:o 105 Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1983. 1983.
- N:o 148 Pentti Sepponen, Vuokko Pitkänen ja Helena Poikajärvi (toim.). Metsien kasvu-paikkaluokitus. Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1984. 1984.
- N:o 157 Erkki Kaila ja Markku Taipale. TUTKA-tiedonhallinta ohjelmisto. Tietokannan muodostus ja käyttö. 1984.
- N:o 165 Eero Tikkanen ja Hannu Raitio. Pohjois-Suomen aurasalueiden männyntaimien epänormaali kehitys ja oletamus sen syystä. Summary: A hypothesis on the cause of abnormal development of Scots pine saplings on ploughed sites in Northern Finland. 1984.
- N:o 186 Eero Tikkanen. Aurasalueen heikkokuntoisten männyntaimien ravinnetaloudesta Pohjois-Suomessa. Abstract: Nutrient metabolism of weakened Scots pine saplings on a ploughed site in Northern Finland. 1985.
- N:o 190 Erkki Kaila, Hilikka Kinnunen ja Tapio Timonen. BIB-viitetietokantaohjelmisto. Tietokannan muodostus ja käyttö. 1985.
- N:o 196 Olli Saastamoinen ja Helena Poikajärvi (toim.). Tietojärjestelmien kehittäminen metsäalalla. Ajankohtaista tutkimuksesta. Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1985. 1985.
- N:o 226 Timo Penttilä ja Mikko Honkanen. Suometsien pysyvien kasvukoealojen (SINKA) maastotyöohjeet. 1986.
- N:o 242 Esa Taskinen ja työryhmä. Metsäkanalintujen elinympäristövaatimukset – kirjallisuuskatsaus. 1986.
- N:o 243 Timo Penttilä ja Martti Varmola (toim.). Lapin kolmion puuntuotannolliset mahdollisuudet. 1987.
- N:o 253 Helena Poikajärvi (toim.). Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1986. 1987.
- N:o 278 Hannu Saarenmaa ja Helena Poikajärvi (toim.). Korkeiden maiden metsien uudistaminen. Ajankohtaista tutkimuksesta. Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1987. 1987.
- N:o 345 Anna-Liisa Sippola. Suojelualueetypit ja kansallispuistojen suojelun toteutuminen – kahdeksan esimerkkiä. 1989.
- N:o 347 Martti Varmola ja Pertti Palviainen (toim.). Lapin metsien terveys. Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1989. 1990.