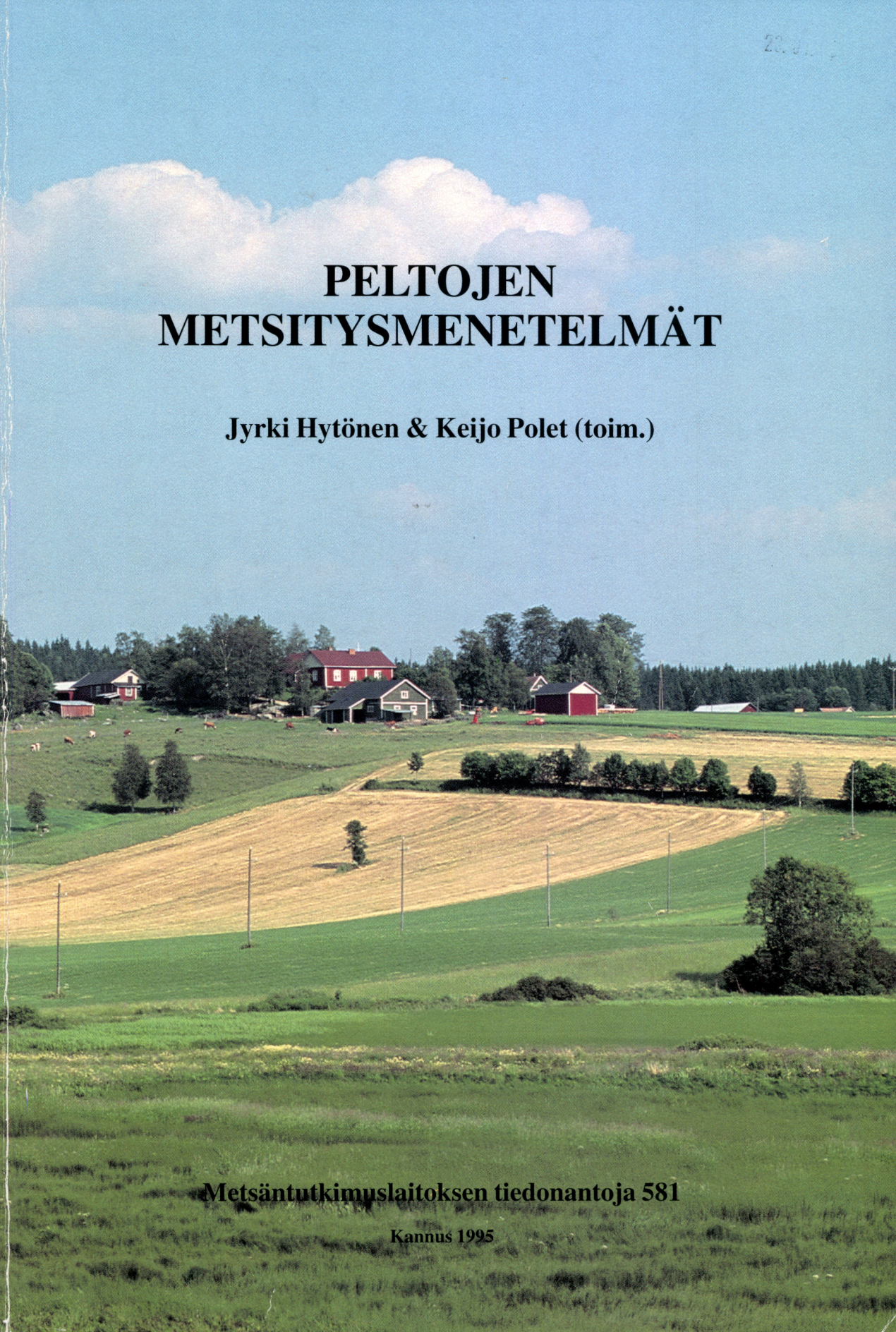
PELTOJEN METSITYSMENETELMÄT

Jyrki Hytönen & Keijo Polet (toim.)



Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581

Kannus 1995

Metsäntutkimuslaitos
Kannuksen tutkimusasema
PL 44
69101 Kannus
puh. 968-871 161

The Finnish Forest Research Institute
Kannus Research Station
BOX 44
FIN-69101 Kannus
Finland

Kansikuvat: Erkki Oksanen

23. 01. 96

Peltojen metsitysmenetelmät

Toimittaneet

Jyrki Hytönen & Keijo Polet

Metsäntutkimuslaitos, Kannuksen tutkimusasema
Kannus 1995.

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Kirjasto

Hytönen, J. & Polet, K. 1995. Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581. 242 s. ISBN 951–40–1488–X. ISSN 0358–4283.

Peltojen metsitystä on tutkittu monipuolisesti Metsäntutkimuslaitoksen Peltojen metsitysmenetelmät -tutkimushankkeessa. Tutkimuksissa on pyritty täsmentämään peltojen metsitykseen soveltuvia metsittämistapoja ja tutkimaan metsitysten onnistumista ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Suuri paino on peltojen luokittelussa, ravinne- ja pintakasvillisuusongelmien tutkimuksessa sekä tuhoriskin selvittämisessä. Julkaisussa esitetään tuloksia myös tutkimuksista, joissa on selvitetty pellonmetsitystä maiseman, talouden ja sosioekonomisten kysymysten kannalta. Tutkimukset ovat tähdänneet välittömiin käytännön sovellutuksiin.

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos, Kannuksen tutkimusasema

Hyväksynyt: Tutkimusjohtaja Matti Kärkkäinen 16.11.1995.

Myynti: Metsäntutkimuslaitos, Kannuksen tutkimusasema, PL 44, 69101 Kannus. Puh. 968-871161.

Sisällys

Jyrki Hytönen
Pellonmetsitys vaatii tietoa ja taitoa 5

Jyrki Hytönen
Taimien alkukehitys pellonmetsitysaloilla 12

Jyrki Hytönen
Kylvö ja luontainen uudistaminen pellonmetsityksessä 24

Sauli Valkonen & Satu Rantala
Jalot lehtipuut ja tervaleppä peltojen metsityksessä 36

Kaarlo Kinnunen
Käytännön pellonmetsitysten onnistuminen ja tuotos 53

Jyrki Hytönen & Sakari Lilja
Pintakasvillisuuden torjunnan vaikutus taimien ensikehitykseen
pellonmetsitysaloilla 63

Taneli Kolström & Jaana Nuutinen
Pintakasvillisuuden määrän vaikutus maan kosteus- ja lämpöoloihin
sekä koivuntaimien kehitykseen 74

Liisa Siipilehto
Heinäntorjuntamenetelmien vaikutus peltomaan lämpötilaan 90

Heikki Henttonen, Jukka Niemimaa & Asko Kaikusalo
Myyrät ja pellonmetsitys 97

Risto Heikkilä & Sauli Härkönen
Hirvituhojen vaikutus pellonmetsitysalojen alkukehitykseen 118

Leila Urvas
Suomen peltojen maalajit, ravinnetaso ja viljavuusluokitus 123

Antti Wall & Juha Heiskanen
Metsitetyn peltomaan fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet
sekä niiden vaikutus puuston kasvuedellytyksiin 133

Jyrki Hytönen & Pekka Pietiläinen
Turvepeltojen lannoitus ravinne-epätasapainon korjaamiseksi 149

Päivi Karhunen & Seppo Kaunisto
Muokkauksen vaikutus männyn istutustaimien juuriston kehittymiseen suopellolla 165

Markku Lehtinen
Nurmilauhan ja hieskoivun taimen juuriston vaikutus maaperäeläinten sijoittumiseen kivennäismaan peltojen maaperässä 175

Veli Pohjonen
Puun lyhytkiertoviljely pelloilla 180

Liisa Tahvanainen & Liisa Tyrväinen
Maaseutumaisema ja peltojen metsitys 212

Jukka Aarnio & Tapio Rantala
Pellonmetsityksen yksityistaloudellinen kannattavuus 222

Leena Petäjistö & Ashley Selby
Pellonmetsitysalttiuteen vaikuttavat tekijät 236

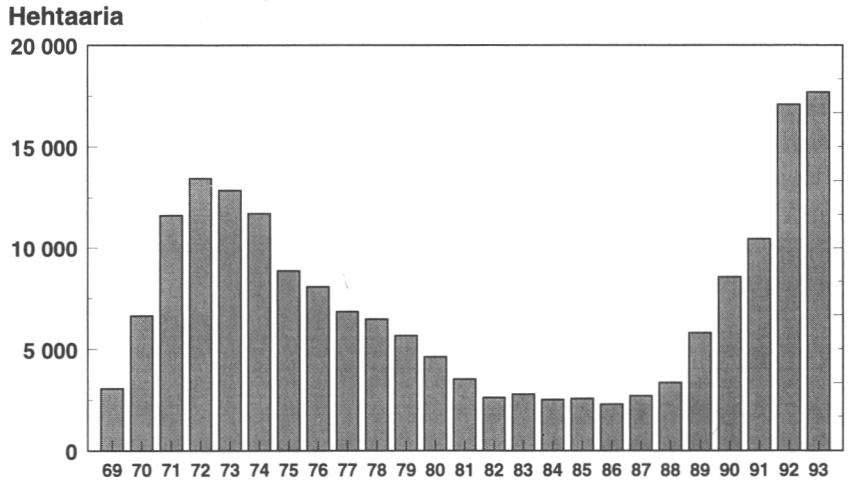
Kirjoittajien yhteystiedot 241

Peltojen metsitys vaatii taitoa ja tietoa

Jyrki Hytönen

Johdanto

Suomen viljelyksessä oleva peltopinta-ala on tällä hetkellä 2,2 milj. ha. Peltoja on tähän mennessä metsitetty yli 200 000 ha. Laajamittainen peltojen metsitys, jonka tarkoituksena on supistaa peltoalaa, alkoi Suomessa 1960-luvun lopulla. Peltojen vuotuinen metsityspinta-ala on vaihdellut laajasti (kuva 1). Vuonna 1993 peltoja metsitettiin 17 700 ha, mikä oli peräti 20 % kyseisen vuoden metsänistutusalasta. Uusi kansallisella ja EU-tuella rahoitettava pellonmetsitysohjelma (vuodet 1995–1999) asettaa vuotuiseksi metsitystavoitteeksi 12500–23500 ha. Tavoite on korkea, ja peltojen metsitys jatkunee pitkälle ensi vuosituhannen puolelle. Siirtyminen Euroopan Unionin maatalouspolitiikkaan aiheuttaakin nopeita muutoksia maatalouden toimintaympäristössä. Pellonmetsitykset tulevat lähivuosina olemaan merkittävä maankäyttömuodon muutos maassamme sekä pinta-alaltaan, että yhteiskunnallisilta vaikutuksiltaan. Myös pellonmetsityksen vaikutukset maaseutumaisemaan korostuvat metsitysalan kasvaessa. Se, miten peltojen metsityksessä onnistutaan ei ole merkityksetöntä, sillä metsitykseen käytetään huomattavan paljon yhteiskunnan varoja esimerkiksi verrattuna metsämailla tapahtuvaan metsänuudistamiseen. Peltojen uusien käyttömuotojen etsiminen koskee koko Euroopan Unionin aluetta. EU-maissa maataloustuotannosta poistuvan pellon määräksi on arvioitu 25 milj. ha.



Kuva 1. Peltojen metsityspinta-alat Suomessa vuosina 1969–1993.

Vaikka peltojen metsitystä on tutkittu melko runsaasti, monista osa-alueista kaivataan edelleen lisätietoa metsitystuloksen parantamiseksi, taloudellisen, maisemallisten ja yhteiskunnallisten vaikutusten arvioimiseksi. Lisävaikeutta peltojen metsityksen päätöksentekoon tuo monitavoitteisuus: puuntuotannon lisäksi metsityspäätökseen vaikuttavaa mm. maiseman kauneusarvoihin ja monimuotoisuuteen liittyvät tekijät.

Peltojen metsitysmenetelmät -tutkimushanke

Metsäntutkimuslaitoksessa käynnistyi vuonna 1990 viisivuotinen Peltojen metsitysmenetelmät- tutkimushanke, johon osallistuivat myös Oulun, Joensuun ja Helsingin yliopistot sekä Maatalouden tutkimuskeskus. Tutkimuksia johti usean vuoden ajan MMT Ari Ferm Kannuksen tutkimusasemalta. Erityisen tärkeää hankkeen onnistumisen kannalta on ollut se, että maa- ja metsätalouden käytännön organisaatiot ovat olleet merkittävällä osuudella mukana tutkimuksessa.

Tutkimuksissa pyrittiin täsmentämään peltojen metsitykseen soveltuvia metsittämistapoja ja tutkimaan jo tehtyjen metsitysten onnistumista. Suuri paino oli peltojen luokituksessa, ravinne- ja pintakasvillisuusongelmien tutkimuksissa sekä tuhoriskien selvittämisessä. Myös taloustarkasteluja tehtiin. Tutkimukset tähtäsivät välittömiin käytännön sovellutuksiin ja alueellisten erityispiirteiden huomioonottamiseen.

Uusia kenttäkokeita hankkeessa perustettiin yli 50 paikkakunnalle. Kokeissa tutkittiin mm: puulajivalintaa (rauduskoivu, hieskoivu, mänty, kuusi ym.), uudistamismenetelmiä (viljely, kylvö, luontainen uudistaminen), muokkaustapoja (pallekyntö, täysmuokkaus, mätästys, metsäauraus), vertailtiin taimilajeja (paljasjuuri-, paakkutaimet) ja pintakasvillisuuden torjuntamenetelmiä. Osaa kenttäkokeista mitattin kerran vuodessa syksyisin. Taimet kartoitettiin ja samat taimet mitattiin viisi kertaa. Taimien historia on siten varsin hyvin tiedossa. Toistuvat mittaukset ovat olleet tärkeitä pyrittäessä selvittämään nopeassa tahdissa muuttuvia tuhonaiheuttajia. Lisäksi on perustettu lannoituskokeita tavoitteena ravinnetilan parantaminen mm. käyttäen kaupallisten lannoitteiden lisäksi puun-, turpeen- ja kivihiilentuhkaa.

Peltojen metsityksen ongelmista on julkaistu hankkeen aikana lukuisia tutkimuksia ja selvityksiä. Väliraportti julkaistiin Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja sarjassa (numero 391) vuonna 1991. Tähän raporttiin on koottu kirjoituksia, jotka esittelevät peltojen metsitystä monipuolisesti aina biologiasta, metsitysten onnistumisesta, niiden ongelmista, maisemaan, talouteen ja yhteiskunnallisiin vaikutuksiin. Teoksessa on vältetty jo väliraportissa esitettyjen tulosten toistoa. Tämän raportin eri julkaisujen kirjallisuusluetteloista löytyy viittauksia muihin aihepiiriä käsitteleviin raportteihin ja hankkeen varsinaisiin tieteellisiin julkaisuihin. Näihin sekä väliraporttiin kannattaa myös tutustua.

Metsitysten onnistuminen

Raportissa esitetään yhteenveto käytännön pellonmetsitysten inventointien antamiin tuloksiin (Kinnunen) ja metsityksen onnistumista tarkastellaan myös uusien kokeiden valossa (Hytönen). Sekä uusien pellonmetsityskokeiden että käytännön pellonmetsi-

tysten inventointien mukaan kuusi ja rauduskoivu ovat menestyneet mäntyä paremmin. Hieskoivu on uusissa kokeissa turvepelloilla menestynyt rauduskoivua paremmin. Eteläisimmässä Suomessa viljaville pelloille voidaan viljellä myös jaloja lehtipuita (Valkonen & Rantala). Tervaleppä on jaloja lehtipuita helpompi, varmempi ja halvempi vaihtoehto. Metsitystuloksessa on hyvin suurta vaihtelua suuralueiden, kasvupaikkojen, puulajien ja jopa aikakausien välillä. Taimikoiden perustamisajankohdalla oli selvä vaikutus tulokseen, johtuen ilmeisesti myyräkantojen vaihtelusta ja muista tuhoista, joiden merkitys vaihtelee vuosittain. Alueittaiset erot johtunevat ainakin osaksi kasvupaikkaeroista. Esimerkiksi turvepellot ovat keskittyneet Pohjanmaalle ja Lappiin (Urvas). Ongelmallisia kasvupaikkoja selvien turvepeltojen lisäksi näyttävät olevan myös runsaasti orgaanista ainetta sisältävät multamaat.

Luontaisia taimia, lähinnä hieskoivuja syntyi usein melko runsaasti ensimmäisen kasvukauden aikana maanmuokkauksen jälkeen. Vaikka suuri osa näistä kuoli, uusia taimia syntyi vielä viidentenäkin vuonna maanmuokkauksesta. Turvealustoilla taimimäärät olivat kaksinkertaisia verrattuna kivennäismaihin. Taimimäärät riippuivat myös muokatun maan osuudesta ja pintakasvillisuuden peittävyydestä. Osalla turvepelloista näyttäisi olevan mahdollisuuksia saada aikaan täystiheä taimikko luontaisella metsittämisellä (Hytönen). Luontaisesti syntyneillä taimilla, lähinnä hieskoivuilla oli suuri merkitys taimikoiden täydentäjänä ja jopa epäonnistuneen metsityksen korvaajana. Länsi-Suomessa jopa kolmannes metsitetyistä pelloista oli muuttunut hiesvaltaisiksi (Kinnunen). Kylvöllä ei kokeissa saatu aikaan varmuudella täystiheää taimikkoa millään tutkituista puulajeista (mänty, kuusi, hies- ja rauduskoivu).

Kivennäismaan pelloilla metsityksen tulokset eivät keskimäärin ole huonompia kuin metsänviljelyn tulokset metsämaalla. Erityisesti Keski- ja Etelä-Suomen kivennäispelloille viljellyt rauduskoivikot ovat mittausten mukaan kehittyneet erittäin hyvin. Peltokoivikot kasvavat nopeammin kuin metsämaan koivikot ja tuotos on hyvin usein OMT:tä vastaava. Turvepelloilla metsitykset sensijaan ovat epäonnistuneet useammin ja tulokset ovat muutoinkin huonompia kuin kivennäismaiden pelloilla.

Metsittämisketjussa on lukuisampi joukko ja vielä nopeassa tahdissa esiin tulevia vaiheita ja tekijöitä. Pelloilla eivät toimi perinteiset puulajivalinnan keinot (esim. metsätyypin määritys). Siksi onkin tärkeää tutkia kasvualustaa ja sen ravinteisuutta. Jokaisessa metsityksessä on hyvin huolellisesti huomioitava puulajin valinta, vesi- ja ravinnetalouden järjestely, pintakasvillisuuden torjunta sekä eläintuhoriskin vähentäminen. Pellonmetsityksessä taimien alkukehitys voi nopeasti vaarantua erilaisten tuhoja uhkatekijöiden vuoksi (Hytönen) ja metsityksiä olisikin seurattava usen vuoden ajan.

Pintakasvillisuus

Erityisen tärkeäksi pellonmetsityksessä on osoittautunut pintakasvillisuuden ekologian ja kilpailun syvällisempi ymmärtäminen. Paitsi kilpailutekijöiden ja niiden vaikutusten kvantifiointi myös itse kilpailevan kasvillisuuden ekologian tutkimus on tärkeää. Rikkakasvit kilpailevat taimien kanssa valosta, vedestä ja ravinteista. Runsas pintakasvillisuus alentaa myös maan lämpötilaa (Siipilehto, Kolström & Nuutinen). Rikkakasvit voivat myös mekaanisella painamisella vahingoittaa taimia. Tärkeä kilpailun alue on kilpailu maanalaisista resursseista, vedestä ja ravinteista. Tässä rikkakasvillisuudella

on ylivoimainen etulyöntiasema. Jos kasvillisuuden kehitykseen ei puututa, jo parissa vuodessa rikkakasvien maanpäällinen ja erityisesti maanalainen biomassa voi olla monisatakertainen puuntaimien vastaaviin verrattuna.

Metsitettävillä pelloilla pintakasvillisuuden kehitys on hyvin nopeaa ja voimakasta. Rikkakasvit, joiden kanssa puun taimet joutuvat kilpailemaan, ovat samoja kuin maatalouden viljelyssä. Ne ovat kasvu- ja lisääntymisominaisuuksiltaan hyvin agressiivisia. Ne kykenevät kasvamaan alhaisessa lämpötilassa, niillä on tehokas kasvullinen lisääntyminen, suuri siementuotanto, vaihteleva siementen itämislepo ja säilyvyys maassa sekä kyky levitä pitkiäkin matkoja. Yksi kotihierakka voi tuottaa kesässä 60 000 siementä. Peltojemme rikkakasvien siemenpankki maassa on 1 000–50 000 elävää siementä/m^2. Monien kasvilajien, kuten lutukan ja pihatähtimön siemenlepo voi olla 30 vuotta; silti suuri osa siemenistä itää, jos ne muokataan maan pinnalle.

Tutkimusten mukaan pintakasvillisuuden kilpailun pienentäminen lisäsi taimien elossaoloa ja pituuskasvua (Hytönen & Lilja, Kolström & Nuutinen). Parhaimmillaan tehokas pintakasvillisuuden torjunta lisäsi koivun taimien pituuskasvua yli metrin neljässä vuodessa. Kuusien pituuskasvuun torjunnan vaikutus oli pieni, mutta kuusienkin kuolleisuus alkoi lisääntyä torjumattomilla aloilla. Onnistuneella pintakasvillisuuden torjunnalla voidaan usein pienentää taimien kuolleisuutta ratkaisevasti ja saada aikaan täystiheä taimikko (Lilja & Hytönen). Mekaaninen heinäntorjunta ei sen sijaan vähennä rikkakasvien kilpailua tehokkaasti, eikä myöskään lisännyt taimien kasvua (Kolström & Nuutinen). Runsas pintakasvillisuus voi myös lisätä merkittävästi muita taimituhoja (esim. myyrätuhot). Pintakasvillisuuden kilpailun merkitystä pellonmetsityksessä korostaa se, että paakkutaimien ja yleensäkin pienikokoisten taimien kuolleisuus oli suurempi kuin avojuuristen taimien tai kookkaiden taimien (Hytönen). Pelloille tulisikin istuttaa vain kookkaita taimia.

Nykyisin käytetään yleisesti pintakasvillisuuden ennakkotorjuntaa, jossa torjunta-aineet levitetään istutusta edeltävän kesänä jo keväällä tai edellisenä syksynä muokattuun maahan. Istutuksen jälkeen tehtävä torjunta on kuitenkin toimiva vaihtoehto milloin ennakkotorjutaa ei ole tehty tai esiintyy muutoin torjunnan tarvetta. Usein on syytä käyttää torjunnassa myös maavaikutteisia herbisidejä, joilla on jälkivaikutusta maan kautta, jotta kasvupaikkaa eivät valtaisi käsittelyä seuraavana vuotena pellon siemenpankin yleiset pioneerilajit. Torjunta-aineiden käytön oikea-aikaisuutta, sääolojen merkitystä ja oikeita käyttömääriä on kuitenkin syytä korostaa. Vaihtoehtoisista torjuntamenetelmistä peittokasvin (apila) käyttö tai mekaaninen torjunta eivät tuottaneet hyvää tulosta (Hytönen & Lilja, Kolström & Nuutinen). Taimien ympärille asetettavien katelevyjen mahdollisuuksista pintakasvillisuuden torjunnassa tarvitaan lisätutkimuksia.

Peltomaiden ominaisuudet

Suomen pelloista on kolmasosa maalajiltaan hietoja, yksi viidennes savia ja toinen viidennes eloperäisiä maita (Urvas). Peltojen maalajit vaihtelevat hyvin paljon maan eri osissa. Laajimmat hietapellot on Pohjanmaalla, savipellot esiintyvät suurimmaksi osaksi Etelä-Suomessa. Hiesumaita Suomen pelloista on noin 10 %; Pirkanmaalla pelloista lähes puolet on hiesupeltoja. Metsittäjälle ongelmallisista turve- ja multapelloista yli puolet on Pohjanmaalla ja Lapissa. Moreenipeltoja on eniten Savossa.

Peltojen metsityksessä on moniin metsittämiseen, taimikon hoitoon ja kasvatukseen liittyvissä päätöksissä otettava huomioon kasvualustan fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet. Käytännön toiminnassa noudatettu jako kivennäismaa- ja turvepeltoihin on osoittautunut monissa tapauksissa toisaalta vaikeaksi ja toisaalta riittämättömäksi. Peltojen ravinnetila, erityisesti turvepelloilla, poikkeaa monin tavoin metsämaiden ravinnetilasta. Peltoviljelyssä muokkaus, lannoitus, kalkitus ja muut maanparannustoimenpiteet sekä koneiden käyttö ovat muuttaneet maan fysikaalisia ja kemiallisia ominaisuuksia. Pelloilla lopulliseen metsitystulokseen vaikuttaa hyvin paljon ravinnetila. Jo metsityskelpoisuuden arvioinnissa joudutaan turvautumaan tietoon ravinnevarojen riittävyydestä. Tärkeäksi on mm. osoittautunut usein turvepelloille lisätyn kivennäisaineen raekoostumus ja määrä (Wall & Heiskanen). Monille turvepelloille on viety painomaata, mikä on parantanut niiden ravinnetilannetta lisäämällä ravinteiden (kalium, fosfori) sekä kivennäisaineen määrää ja siten myös kasvualustan tiheyttä.

Raportin yhdessä tutkimuksessa metsitetyt peltomaat jaettiin viiteen maatyyppiin muokkauskerroksen (0–20 cm) ja pohjamaan (30–40 cm) maalajin perusteella (Wall & Heiskanen). Keski-Pohjanmaalla suurimmalla osalla taimikoista muokkauskerroksen maalaji oli eloperäinen. Pohjamaa oli usein hienolajitteista. Maatyyppijako luonnehti karkeasti maan ravinnemääriä ja vedenpidätyskykyä. Maatyyppien sisällä hajonta oli kuitenkin niin suuri, että maan ravinnemääriä ei voida yksin maalajin perusteella luotettavasti määritellä. Peltomaan runsaiden pääravinnevarojen perusteella peltomaan puuntuotoskyky voi olla huomattavan suuri edellyttäen, että vesitalous on kunnossa ja ravinnetalous tasapainoinen. Peltomaiden korkea vedenpidätyskyky voi rajoittaa puiden hapen saatavuutta ja kasvua, mikä korostaa tehokkaan kuivatuksen ja maanmuokkauksen merkitystä märillä mailla.

Kivennäismaiden pelloilla ei ole esiintynyt typen, fosforin tai kaliumin puutosta. Sen sijaan turvepelloilla saattaa olla puutetta erityisesti kaliumista jopa siinä määrin, että sen määrä on otettava huomioon metsittämiskelpoisuutta arvioitaessa. Hivenravinteiden, erityisesti boorin määrät voivat olla sekä kivennäismaiden että turvemaiden pelloilla varsin matalia. Peltojen pH sekä kalsiumin ja magnesiumin määrät ovat kalkituksista johtuen huomattavasti suuremmat kuin metsämailla.

Ravinnetaloudellisia ongelmia voi havaintojen mukaan esiintyä jo taimikoiden alkukehityksessä (Hytönen). Kasvuhäiriöt voivat pahimmillaan heikentää ja vaurioittaa puustoja jopa niin, että metsitys epäonnistuu. Kasvuhäiriötä on yleisesti turvepelloilla, mutta myös tiiviillä, hienolajitteisilla kivennäismaan pelloilla. Näyttää siltä, että pystyäksemme kasvattamaan puusto edes kuitupuuksi, ravinnetaloudellinen perusparannus on välttämätöntä eräissä metsityskohteissa. Lannoituksella, erityisesti kaliumia ja booria sisältävillä lannoittteilla ja tuhkilla voidaan korjata turvepellolla esiintyviä ravinneepätasapainoja ja ravinteiden puutosta (Hytönen & Pietiläinen). Paksuturpeisilla pelloilla on lannoituspäätöstä tehtäessä kiinnitettävä huomioita painomaan käyttöön, sillä se voi lisätä kaliumin määrää pellon pintakerroksessa huomattavasti.

Pellonmetsityksen onnistuminen edellyttää maanmuokkausta. Myös maanmuokkausmenetelmää valittaessa olisi tarkasteltava sekä pellon muokkauskerroksen että sen alapuolisen pohjamaan ominaisuuksia. Erityisesti paksuturpeisilla pelloilla, joilla on käytetty painomaata maanparannusaineena kannattaa suosia matalaa vaotusta myös ravinnetalouden vuoksi. Pelloilla puiden juuristo on muokkausvakoja lukuunottamatta muokkauskerroksessa (Karhunen & Kaunisto). Kaistamuokatuilla aloilla (viilukyntö,

jyrsintävaotus, matala palleauraus) juuria oli palteessa joissakin tapauksissa jopa kymmeniä kertoja enemmän kuin vaossa ja puolitoista-kaksi kertaa niin paljon kuin tasapinnalla. Juuristot ovat näinollen kehittyneet selvästi epäsymmetrisiksi suopeltojen mäntytaimikoissa (Karhunen & Kaunisto).

Tuhot

Runsaasta ravinteisuudesta ja pintakasvillisuuden määrästä pääosin johtuu, että peltopuustojen uhkana on suuri joukko erilaisia tuhonaiheuttajia. Tärkeimpiä pintakasvillisuuden kilpailun lisäksi ovat myyrät, hirvet, versolaikkutauti ja halla sekä ravinneongelmat.

Kuusella vakavia tuhonaiheuttajia on ollut vähemmän kuin männyillä ja koivuilla (Hytönen). Koivujen pahin ongelma on ollut versolaikkutauti, josta jopa 50 % rauduskoivun taimista kärsi. Kuusen hallatuhot ovat olleet vakavia neljänä vuotena viidestä. Kuusen kasvatuksessa onkin selvä hallariski, koska verhopuustoa ei ole. Pelloilla myös kevätahavan riski on suuri. Toisalta kuusilla ei ole hirvituhoja ja myyrätuhoriskikin on pieni verrattuna muihin puulajeihin (Henttonen ym.).

Raportissa esitetään katsaus myyriin tuhonaiheuttajina, myyrätuhojen esiintymiseen ja niiden torjuntaan (Henttonen ym.). Myyrien tuhot ovat pellonmetsityksen alkuvaiheen riskeistä suurimpia (Henttonen ym.). Myyrätuhot ajoittuivat ensimmäisiin istutuksen jälkeisiin vuosiin ja koskivat pääasiassa koivuja ja mäntyjä, vaikkakin yhtenä vuonna myyrät söivät runsaasti myös kuusen taimia (Hytönen). Myyrätuhoriski vaihtelee vuosittain voimakkkasti myyrien runsaudenvaihteluiden mukaan. Myyrien aiheuttamista vioituksista voivat sieni-infektiot päästä helposti taimeen ja aiheuttaa värivikaa. Tärkeimpiä myyrätuhojen torjuntamenetelmiä on kunnollinen heinäntorjunta sekä erilaiset taimisuojat (Henttonen ym.).

Ensimmäisen viiden vuoden aikana koivuntaimien hirvituhorisiki on suurin (Heikkilä & Härkönen). Jo ensimmäisestä vuodesta alkaen hirvet olivat kokeilla vaurioittaneet vuosittain noin 10 % taimista. Toistuvaa syöntiä esiintyi yli 20 %:ssa vioitetuista koivuista. Männyntaimien tuhot lisääntyivät viidennen kasvukauden jälkeen kun taimet tulivat tuholle alttiiseen pituuteen. Tuhojen välttämiseksi tulisi metsityksissä riskialueilla käyttää kuusta. Suojaustoimienpiteet tulisi kohdistaa taimikoihin, joissa alkanut tuho ei ole vielä vaikuttanut niiden kehityskelpoisuuteen (Heikkilä & Härkönen).

Puulajeistamme varsinkin mänty on sopeutunut kasvamaan niukkatyppisessä ympäristössä ja sillä on aineenvaihdunnallisia ongelmia runsastyppisillä pelloilla. Tämä näkyy tuuheana, pensasmaisena kasvutapana, paksuoksaisuutena, latvakatoina ja mahdollisesti myös kylmänkestävyyden alenemisena. Ravinneperäinen kasvuhäiriö on pellonmetsityksessä varsin suuri riskitekijä. Kasvuhäiriö pelloilla liittyy yleensä typen runsauteen ja boorin puutteeseen ja sitä voi esiintyä jo melko varhaisessa taimikon kehitysvaiheessa.

Maisema, pellonmetsitysalttius ja taloudelliset vaikutukset

Koska peltoja on maapinta-alasta vain 7 % vaikuttaa laajamittainen metsittäminen tuntuvasti maaseutumaisemaan. Avointa peltomaisemaa on siis niukasti. Raportin yhdessä tutkimuksessa tarkasteltiin maanomistajien, virkistyskäyttäjien ja maankäytön asiantuntijoiden peltojen metsitykseen liittyviä maisema-arvostuksia (Tahvanainen & Tyrväinen). Tutkimuksen mukaan maanomistajat arvioivat metsityksen tuoman maiseman muutoksen vähäisemmäksi ja useammin positiiviseksi kuin muut ryhmät (Tahvanainen & Tyrväinen), mutta toisaalta useat viljelijät pitävät maisemanhoitoa metsitystä parempana vaihtoehtona (Petäjistö & Selby).

Peltojen metsitys on liittynyt kiinteästi tuotannon rajoittamiseen. Peltojen metsittämisen edellytyksiä, esteitä ja neuvonnan merkitystä metsittämispäätöksiä tehtäessä on käsitelty yhdessä artikkelissa (Petäjistö & Selby). Etelä-Suomessa ja aktiivitiloilla suhtauduttiin metsitykseen kielteisemmin kuin Pohjois-Suomessa ja passiivitiloilla. Tunne-esteisiin liittyi maaseudun elinvoimaisena pitämisen halu. Lyhytkiertoviljelmien perustaminen nähtiin pellon "peltona" säiltyttävänä vaihtoehtona, josta olivat ennen kaikkea kiinnostuneita nuoret aktiiviviljelijät (Petäjistö & Selby). Lyhytkiertoisten nopeakasvuisten pajujen kasvattamista pelloilla tarkastellaan yhdessä artikkelissa (Pohjonen).

Peltojen istutuksen ja luontaisen metsityksen yksityistaloudellista kannattavuutta tarkasteltiin eri puolilla Suomea (Aarnio & Rantala). Investointina pellonmetsitys antaa tuloja vasta vuosikymmenten kuluttua. Metsityspalkkioilla on tehty investoinnista maanomistajille houkuttelevampi. Paras kannattavuus saatiin koivun ja kuusen istutuksella. Luontaisen metsityksen etuna olivat alhaiset kustannukset, mutta kasvatuksen kannattavuus oli kuitenkin istutuksia heikompi. Metsittäjän oman rahoitusosuuden kasvu pienentää kannattavuuseroja luontaisen metsittämisen ja istutuksen välillä. Metsänparannusrahoitus paransi kannattavuutta merkittävästi ja pienensi kannattavuuseroja maan eri osien välillä.

Taimien alkukehitys pellonmetsitysaloilla

Jyrki Hytönen

Tiivistelmä

Peltojen metsitysmenetelmät -tutkimushankeessa perustettiin yli 50 kenttäkoetta käytännön pellonmetsitysaloille eri puolille Suomea vuosina 1990 ja 1991. Kaikille kokeille viljeltiin männyn, kuusen, hieskoivun ja rauduskoivun taimia. Kokeista 18 on mitattu vuosittain. Samojen taimien pituuskehitys ja kunto sekä kaksi vakavinta tuhonaiheuttajaa tunnetaan siten viiden kasvukauden ajalta.

Myyrien tuhot ajoittuivat ensimmäisiin istutuksen jälkeisiin vuosiin ja olivat paikoitellen hyvinkin vakavia kaikilla puulajeilla. Istutusvuodesta alkaen hirvet ovat vioittaneet koivuntaimista n. 10 % vuosittain. Koivujen pahin ongelma on ollut versolaikkutauti, josta jopa 50 % rauduskoivun taimista kärsi. Kuusen hallatuhot ovat olleet vakavia neljänä vuotena viidestä. Männyntaimista oli viiden vuoden kuluttua istutuksesta kuollut 36 %, rauduskoivuista 37 %, kuusista 12 % ja hieskoivuista 14 %. Kaikkien puulajien taimien kuolleisuus oli huomattavasti suurempi ja taimien pituus vastaavasti pienempi turve- ja multapelloilla kuin kivennäismaapelloilla. Ravinnepuutoksen ja kuivuuden tuhoja kirjattiin turve- ja multamaille enemmän kuin kivennäismaille. Paakkutaimien ja yleensäkin pienikokoisten taimien kuolleisuus oli suurempi kuin paljasjuuristen taimien tai kookkaiden taimien. Kaikki puulajit ja erityisesti rauduskoivu ovat menestyneet huonoimmin turvepelloilla. Kuusten pituuskasvu on ollut vähäistä, mutta pienen kuolleisuuden vuoksi kuusentaimikot ovat vielä täystiheitä.

Johdanto

Peltojen metsitystuloksessa on varsin suurta vaihtelua. Metsityksen onnistumisen inventoinnit eri puolilla Suomea ovat osoittaneet käytännön metsityksien vaihtelevan suuralueiden, kasvupaikkojen, puulajien ja istutusvuosien välillä (Hynönen & Saksa 1991, Hytönen 1991, Kinnunen 1991, Valtanen 1991, Rossi ym. 1993). Aikakausien välisten erojen syiksi on arveltu mm. myyrätuhojen ajoittumista tietyille vuosille, kylmiä kesiä tai epäedullisempien metsityskohteiden runsautta. Metsitykset ovat onnistuneet turvepelloilla yleensä huonommin kuin kivennäismaiden pelloilla. Monet pellonmetsitystä uhkaavista tuhoista ajoittuvat taimien elämän ensimmäisille vuosille. Tarkasteltaessa 10 tai lähes 20 vuotta vanhoja metsityksiä päätelmät epäonnistumiseen johtaneista syistä jäävät vääjäämättä arvailujen varaan. Ei myöskään tiedetä, olisiko joku toinen puulaji menestynyt paremmin.

Pellot poikkeavat puiden kasvualustoina monin tavoin metsämaista. Peltojen viljely, koneiden käyttö, muokkaus, lannoitus, kalkitus ja muut maanparannustoimenpiteet ovat muuttaneet maan ominaisuuksia. Pääravinteiden määrät ovat pelloilla yleensä varsin suuria, vaikkakin suuria eroja esiintyy maaluokkien; kuten esimerkiksi kivennäismaa- ja suopeltojen välillä.

Metsitettävillä pelloilla pintakasvillisuuden kehitys on hyvin nopeaa ja voimakasta. Rikkakasvit ovat samoja kuin normaalissa peltoviljelyssä. Rikkakasvien siemen-

pankki voi olla pelloilla hyvin suuri ja monien lajien siemenlepo on pitkä. Pääosin peltojen runsaasta ravinteisuudesta sekä pintakasvillisuuden määrästä ja lajistosta johtuu, että pelloille istutettuja taimia uhkaa rikkakasvien kilpailun lisäksi suuri joukko muitakin tuhonaiheuttajia.

Peltojen metsitysmenetelmät -tutkimushankkeessa perustettiin uusia kenttäkokeita, joissa seurattiin metsitystuloksen kehittymistä vuosittain tehdyillä mittauksilla. Samoille pelloille viljeltiin mäntyä, kuusta sekä hies- ja rauduskoivua. Pellot jaettiin turve-, multa- ja kivennäismaan peltoihin. Tässä tarkastellaan taimien menestymistä ensimmäisen viiden vuoden aikana istutuksesta.

Kenttäkokeet ja niiden mittaus

Peltojen metsityskokeita perustettiin yli 50 eri puolille Suomea vuosina 1990 ja 1991 (kuva 1). Pääosa kokeista perustettiin Metsäntutkimuslaitoksen ja Metsäkeskus Tapion yhteistutkimushankkeena, jossa käytännön toteutuksessa metsälautakuntien ja metsänhoitoyhdistyksien panos on ollut suuri (Ferm & Hytönen 1991). Kaikille koealueille istutettiin männyn, kuusen, hieskoivun ja rauduskoivun taimia. Tavoiteltu istutustiheys oli kaikilla puulajeilla 3000 tainta/ha, mutta koekohtainen vaihtelu oli varsin suuri (Ferm & Hytönen 1991). Koejärjestelynä käytettiin lohkottain arvottua koetta, jossa toistojen määrä vaihteli kahdesta viiteen. Kokeiden sijainti, yksityiskohtaiset koejärjestelyt ja mitatut tunnukset on esitetty jo aiemmin (ks. Ferm ym. 1993).

Helsinki
Satakunta
Uusimaa-Häme
Pirkka-Häme
Etelä-Karjala
Itä-Savo
Pohjois-Savo
Keski-Suomi
Etelä-Pohjanmaa
Vaasa

01. Tammisaari
02. Rauma mlk
03. Tammela, Käkkä
04. Tammela, Alasentie
05. Vilppula
06. Anjalankoski
07. Nuijamaa
08. Ruokolahti
09. Ylämaa
10. Punkaharju
11. Rantasalmi
12. Karttula
13. Kiuruvesi
14. Leppävirta
15. Suonenjoki
16. Kyyjärvi
17. Petäjävesi
18. Pihtipudas
19. Toivakka
20. Viitasaari
21. Alajärvi, Koivurinne
22. Vimpeli
23. Alavus
24. Kauhajoki
25. Kuortane
26. Lappajärvi
27. Soini
28. Töysä
29. Alajärvi, Nelimarkka
30. Korsnäs
31. Kristiinankaupunki
32. Kruunupyy
33. Närpiö
34. Pedersöre, Aspnabba
35. Pedersöre, Sjöskog

Keski-Pohjanmaa

36. Halsua
37. Kälviä, Mustikkakangas
38. Kälviä, Peltokorpi
39. Toholampi, Jokitalo
40. Toholampi, Nevala
41. Toholampi, Särkimäki
42. Ullava
43. Ylivieska, Kantokylä
44. Ylivieska, Yrttikorpi 1
45. Ylivieska, Yrtiikorpi 2 ja 3

Pohjois-Pohjanmaa

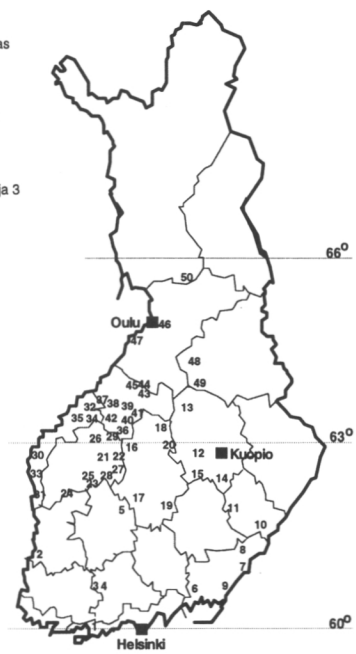
46. Oulu
47. Pattijoki

Kainuu

48. Vaala
49. Vuolijoki

Lappi

50. Ranua



Kuva 1. Kenttäkokeiden sijainti

Jokaisen koealueen koeruuduille sijoitettiin mittauspisteet yleensä kahta 50 m^2:n ympyräkoealaa varten. Taimet kartoitettiin. Taimista määritettiin mm. kaksi vakavinta tuhonaiheuttajaa, vikaisuus, elinvoimaisuus ja mitattiin pituudet. Nyt tarkastellaan tuloksia viiden kasvukauden jälkeen niiltä kokeilta (18 kpl), joita on mitattu vuosittain.

Kokeita perustettiin sekä kivennäismaa- että turvemaapelloille. Pääpaino on peltotyypeissä, joissa muokkauskerroksessa orgaanisen aineksen osuus on verrattain suuri. Samoin ns. peltoheittojen osuus on suuri. Kaikilta kokeilta otettiin maanäytteet, jotka koostettiin useasta osanäytteestä 0–10 cm ja 30–40 cm:n kerroksista. Näytteet otettiin tilavuustarkkoina ja niistä analysoitiin tiheys, orgaanisen aineen osuus, pH ja kokonaisravinteita (N, P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Zn, B) sekä uuttuvia (hapan ammoniumasetaattiuutto) ravinteita (P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Zn) (Halonen ym. 1983). Pellot jaettiin Wallin (1995) esittämällä tavalla maaluokkiin yhdistämällä kuitenkin pintakerroksesta multamaata olevat pellot. Tämän jälkeen laskettiin ravinnemäärien (kg/ha) keskiarvot maaluokille. Maaluokkien välisiä eroja testattiin varianssianalyysillä.

Turvepeltojen tiheys ja pH olivat huomattavasti alempia kuin kivennäismaan pelloilla (taulukko 1). Typpeä lukuunottamatta ravinteiden määrät olivat kivennäismaapelloilla suuremmat kuin turvepelloilla (taulukko 1). Kokonaisfosforista oli uuttuvassa muodossa peltojen pintakerroksissa 0,8–1,5 % (keskimäärin 6,9–8,2 kg/ha) ja muokkauskerroksen alapuolella 0,5–0,6 % (keskimäärin 1,9–6,0 kg/ha). Uuttuvan kokonaiskaliumin osuus kasvoi orgaanisen aineen määrän lisääntyessä. Kivennäispeltojen pintakerroksessa kaliumista oli uuttuvassa muodossa 6,7 % (97 kg/ha) kun turvepelloilla vastaava osuus oli 19,8 %.

Taimien tuhot ja kunto

Pelloille viljeltyjä mäntyjä, kuusia sekä hies- ja rauduskoivuja ensimmäisenä viitenä kasvukautena vaivanneet tuhonaiheuttajat sekä taimien kunto kunakin vuonna on esitetty kuvassa 2. Ensimmäisen vuoden syksyllä myyrätuhoja esiintyi kaikilla puulajeilla varsin vähän (1 % taimista). Myyrätuhot ajoittuivat toiseen ja kolmanteen kasvukauteen (vuodet 1991 ja 1992). Koivuja myyrät nakersivat toisena kasvukautena 6–8 % taimista ja kolmantena 11–13 % taimista. Vastaavasti mäntyjä myyrät olivat vaurioittaneet toisena kasvukautena 3 %, ja kolmantena 14 % taimista. Myyrien vaurioittamien kuusien määrä oli yllättävän suuri (10 % taimista) kolmantena kasvukautena. Pelto- ja metsämyyrän aiheuttamia tuhoja ei enää esiintynyt neljäntenä ja viidentenä kasvukautena. Sen sijaan muutamalla turvepellolla vesimyyrä oli aiheuttanut tuhoa syömällä taimien juuria. Myyrätuhojen vakavuudessa oli suurta vaihtelua koealueiden välillä, johtuen ainakin osaksi myyräkantojen alueellisesta ja ajallisesta vaihtelusta.

Hirvet olivat vioittaneet koivuntaimia jo istutuskesänä ja jokaisena seuraavana vuotena 8–12 % taimista. Hies- ja rauduskoivu olivat yhtä alttiita hirvituhoille. Männyntaimiin hirvet olivat koskeneet vasta vuonna 1994, viiden kasvukauden kuluttua istutuksesta. Koivujen pahin ongelma oli ollut versolaikkutauti, jota esiintyi hyvin runsaasti kolmannesta kasvukaudesta alkaen. Hieskoivuista 36 % ja rauduskoivuista peräti 49 % kärsi versolaikkutaudista syksyllä 1994.

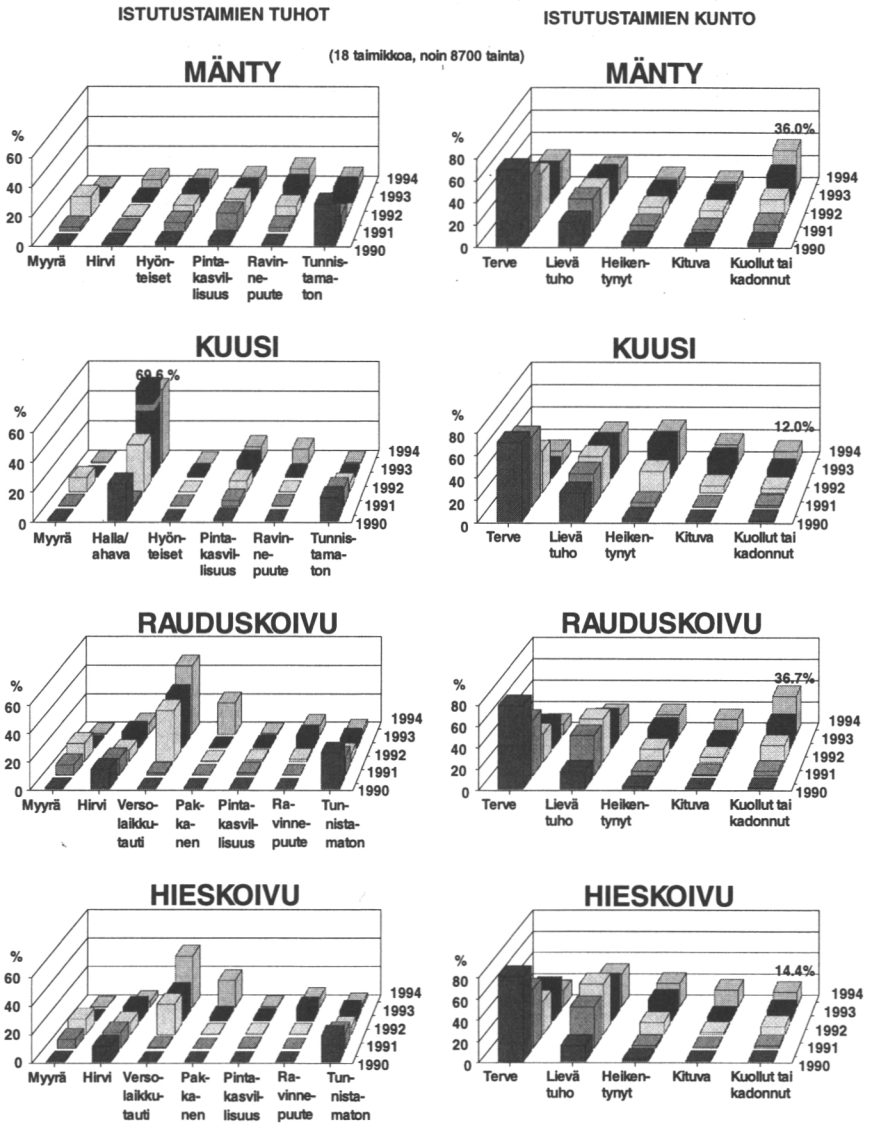
Taulukko 1. Kasvualustan tiheys, pH, orgaanisen aineen osuus sekä typen, fosforin, kaliumin, kalsiumin, magnesiumin, sinkin, ja boorin kokonaismäärät (kg/ha) pellonmetsityskokeilla 0–10 cm ja 30–40 cm:n kerroksessa. Kivennäismaan peltoja 14 kpl, multamaan peltoja 21, turvemaan peltoja 18 kpl. Kerros: A = 0–10 cm, B = 30–40 cm. Keskiarvot, jotka on merkitty eri kirjaimilla eroavat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ($p<0,05$).

Tunnus	Kerros	Kivennäismaa	Multamaa	Turvemaa	F-arvo
Tiheys, g/l	A	996^{a}	498^{b}	286^{c}	80,3***
	B	1397^{a}	916^{b}	230^{c}	61,1***
pH	A	5,5^{a}	4,9^{b}	4,6^{c}	25,4***
	B	5,6^{a}	5,0^{b}	4,4^{c}	35,0***
Org. aineen	A	10,4^{a}	37,1^{b}	64,1^{c}	45,1***
osuus, %	B	5,9^{a}	21,2^{b}	81,0^{c}	78,6***
N tot., kg/ha	A	2728^{a}	4305^{b}	4649^{c}	9,3***
	B	1374^{a}	2480^{a}	3619^{b}	9,7***
P tot., kg/ha	A	1046^{a}	738^{b}	541^{b}	11,5***
	B	1127^{a}	560^{b}	350^{b}	19,1***
K tot., kg/ha	A	1455^{a}	753^{b}	263^{b}	11,4***
	B	2551^{a}	1222^{b}	159^{b}	10,8***
Ca tot, kg/ha	A	1977	1679	1587	1,3
	B	2576^{a}	1616^{b}	1109^{b}	12,8***
Mg tot, kg/ha	A	2536^{a}	1045^{b}	516^{b}	14,8***
	B	4397^{a}	2436^{b}	332^{c}	15,6***
B tot., kg/ha	A	2,1^{a}	1,0^{b}	0,8^{b}	32,1***
	B	3,5^{a}	1,8^{b}	0,7^{b}	25,7***
Zn tot.,kg/ha	A	2,9	2,6	2,3	0,4
	B	1,0	1,1	0,4	1,9

Halla ja ahava olivat vioittaneet kuusentaimia neljänä vuotena viidestä. Ainoastaan kesällä 1991 ei koealueilla tavattu hallatuhoja. Vuosina 1993 ja 1994 hallan vaurioittamia kuusentaimia oli yli 60 %. Syksyn 1994 mittauksissa tavattiin myös pakkasen vioittamia koivuntaimia, paikoin runsaastikin ja jopa pakkasen vaurioittamia männyntaimia. Muista tuhonaiheuttajista tärkein oli pintakasvillisuuden kilpailu, erityisesti männyllä.

Eräiden tuhojen esiintymisessä oli maaluokkien välillä eroja. Mm. kaikilla puulajeilla tavattiin kuivuuden aiheuttamaa vauriota enemmän turve- ja multamaiden pelloilla kuin kivennäismaiden pelloilla (kuva 3). Ravinnepuutetta arvioitiin pääasiassa neulasten värin perusteella. Sitä esiintyi lähes yksinomaan turvemaan pelloilla (kuva 3).

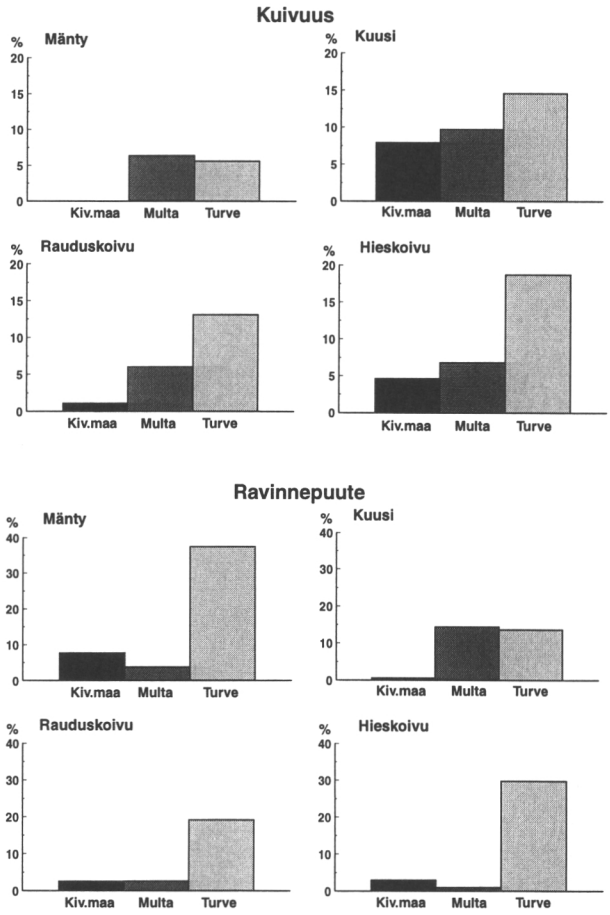
Kaikkien puulajien taimien kunto oli heikentynyt varsin paljon viiden vuoden aikana. Istutetuista männyntaimista viidennen vuoden lopussa oli kuollut peräti 36 %, kuusentaimista 12 %, rauduskoivuntaimista 37 % ja hieskoivuista 14 %. Erityisen paljon rauduskoivuja ja mäntyjä oli kuollut turve- ja multamaan pelloilla (kuva 4). Multamailla rauduskoivuista oli viidessä vuodessa kuollut 63 % ja männyntaimista 52 %; kivennäismailla vastaavat kuolleisuusprosentit olivat 23 % ja 27 %.



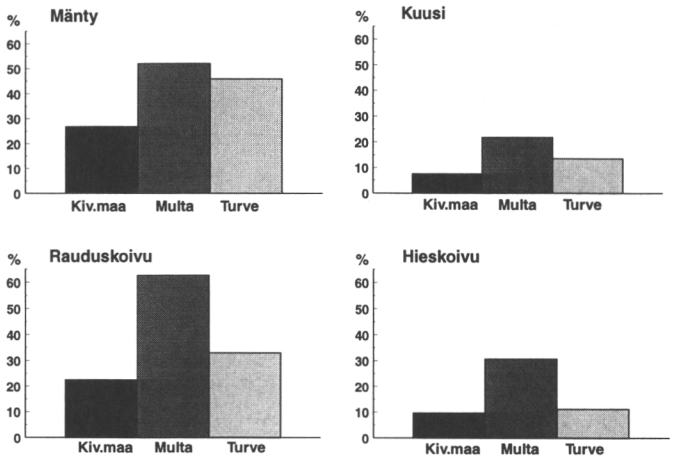
Kuva 2. Istutustaimien tuhot (% taimista) ja kunto (% taimista) vuosittain mitatussa aineistossa (18 peltoa).

Taimien pituus

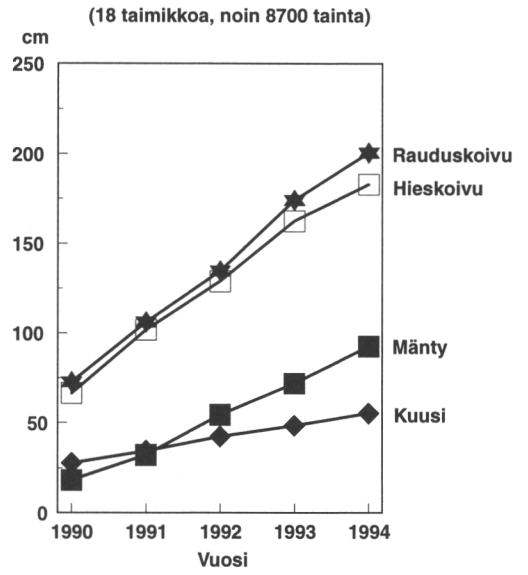
Raudus- ja hieskoivut olivat kasvaneet samaa tahtia (kuva 5). Sen sijaan kuusen pituuskehitys oli ollut huono. Ilmeisesti toistuvat hallat olivat pääasiallisena syynä kuusten huonoon kasvuun. Kaikkien puulajien taimet olivat viiden vuoden kuluttua istutuksesta pisimpiä kivennäismailla ja lyhyimpiä turve- ja multamailla (kuva 6). Rauduskoivut olivat pidempiä (263 cm) kuin hieskoivut (220 cm) ja männyt (115 cm) vastaavasti huomattavasti kuusia (73 cm) pidempiä.



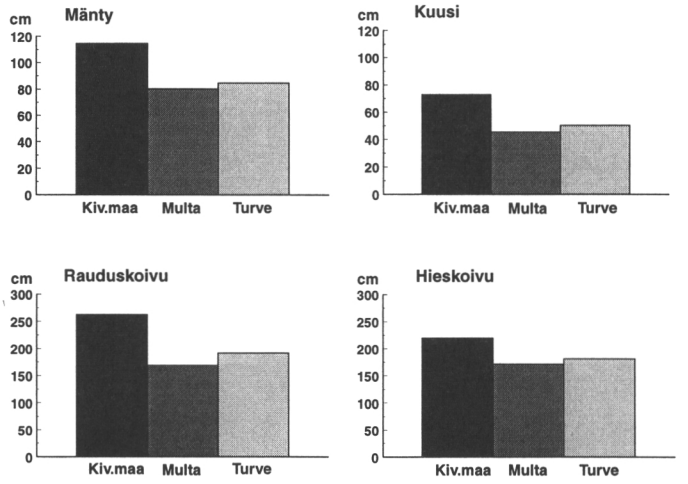
Kuva 3. Kuivuuden ja ravinnepuutteen vaurioittamien taimien osuus eri maaluokkien pelloilla.



Kuva 4. Taimien kuolleisuus eri maaluokkien pelloilla viiden kasvukauden kuluttua istutuksesta.



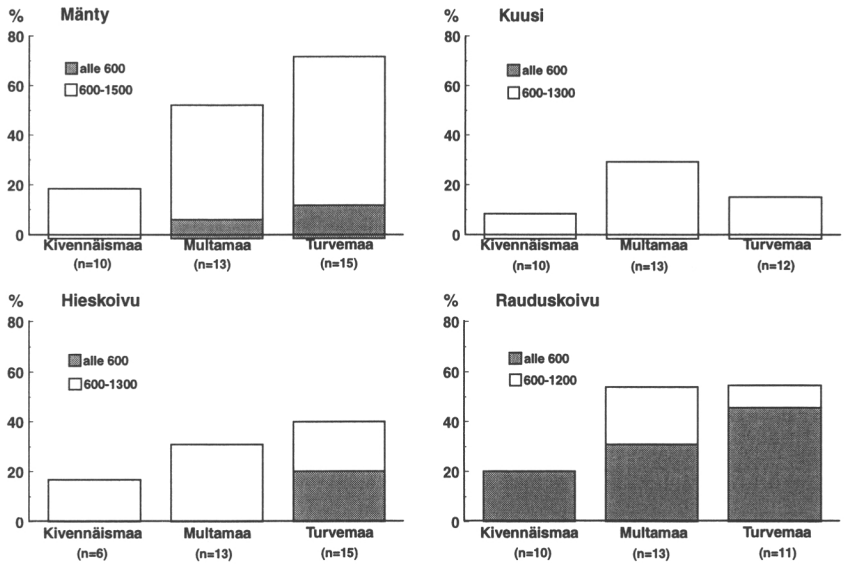
Kuva 5. Elävien taimien pituuskehitys.



Kuva 6. Taimien keskipituus eri maaluokkien pelloilla viiden kasvukauden kuluttua istutuksesta.

Kasvatuskelpoisten taimien määrä arvioitiin taimien kunnon perusteella. Kaikki kuolleet sekä kituvat taimet ja puolet heikentyneistä taimista arvioitiin kasvatuskelvottomiksi. Istutustiheytenä käytettiin kokeiden tavoitetiheyttä 3000 tainta hehtaarille kaikilla puulajeilla. Metsänhoitosuositusten perustella (Luonnonläheinen...1994) etsittiin puulajeittain ne kokeet, joissa olisi täydennys- tai uusintaviljelytarvetta. Kaikilla puulajeilla täydennys- ja uusintaviljelyn tarve oli suurin turvemailla. Turvepeltojen mäntykokeista lähes kahdella kolmasosalla olisi täydennys- tai uusintaviljelyn tarvetta.

Turvemailla puolet rauduskoivikoista olisi uusintaviljeltävä. Kuusi- ja hieskoivukokeet olivat tässä suhteessa menestyneet parhaiten (kuva 7).

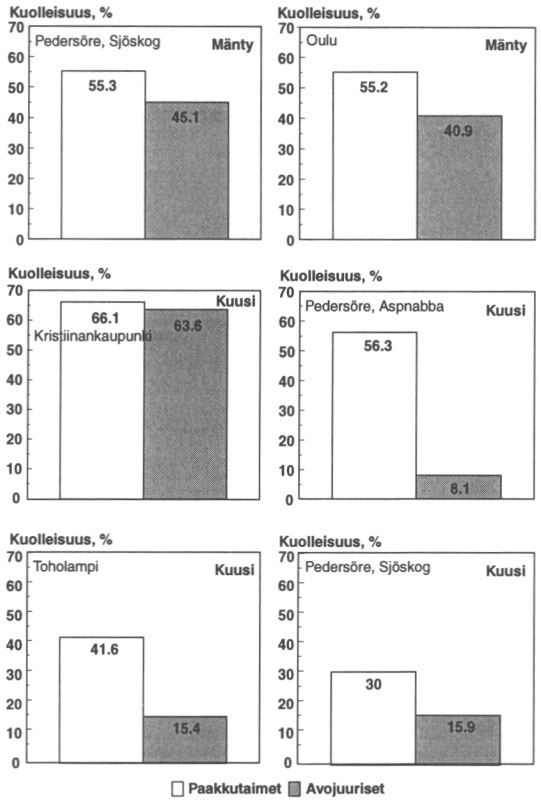


Kuva 7. Täydennys- ja uusintaviljelyn tarve pellonmetsityskokeilla (% kokeista). Laskettu kasvatuskelpoisiksi arvioitujen taimien määrän perusteella eri maalajeille. Uusintaviljelyraja 600 tainta/ha. Mukana kaikki ne kokeet, jotka on mitattu viiden kasvukauden kuluttua istutuksesta. Viljelytiheys 3000 tainta hehtaarille.

Taimilaji ja taimien koko

Muutamalla kokeella voitiin verrata saman puulajin paakkutaimia ja paljasjuuritaimia keskenään (ks. Ferm ym. 1993). Näissä kenttäkokeissa paljasjuuritaimet olivat poikkeuksetta menestyneet paremmin kuin paakkutaimet. Paakkutaimien kuolleisuus oli ollut suurempi kuin avojuuritaimien (kuva 8).

Tässä esitellyillä kokeilla taimien pituus mitattiin jo ensimmäisenä istutuksen jälkeisenä syksynä. Raudus- ja hieskoivut, männyt sekä kuuset jaettiin tämän pituuden perusteella pituusluokkiin ja tarkasteltiin taimien jatkokehitystä (kuva 9). Mitä lyhyempiä taimet olivat ensimmäisenä syksynä, sitä suurempi oli niiden kuolleisuus seuraavien kasvukausien kuluessa. Pienten männyn- ja rauduskoivuntaimien kuolleisuus on ollut jopa kaksinkertainen verrattuna kookkaisiin taimiin. Kuusella pituuden vaikutus ei ollut niin voimakas kuin männyllä tai koivulla. Eloon jääneet pienet taimet ovat lisäksi kasvaneet varsin heikosti (kuva 9). Pienet kuusentaimet säilyivät paremmin elossa kuin vastaavankokoiset männyntaimet.



Kuva 8. Paakku- ja paljasjuuritaimien kuolleisuus viiden kasvukauden jälkeen.

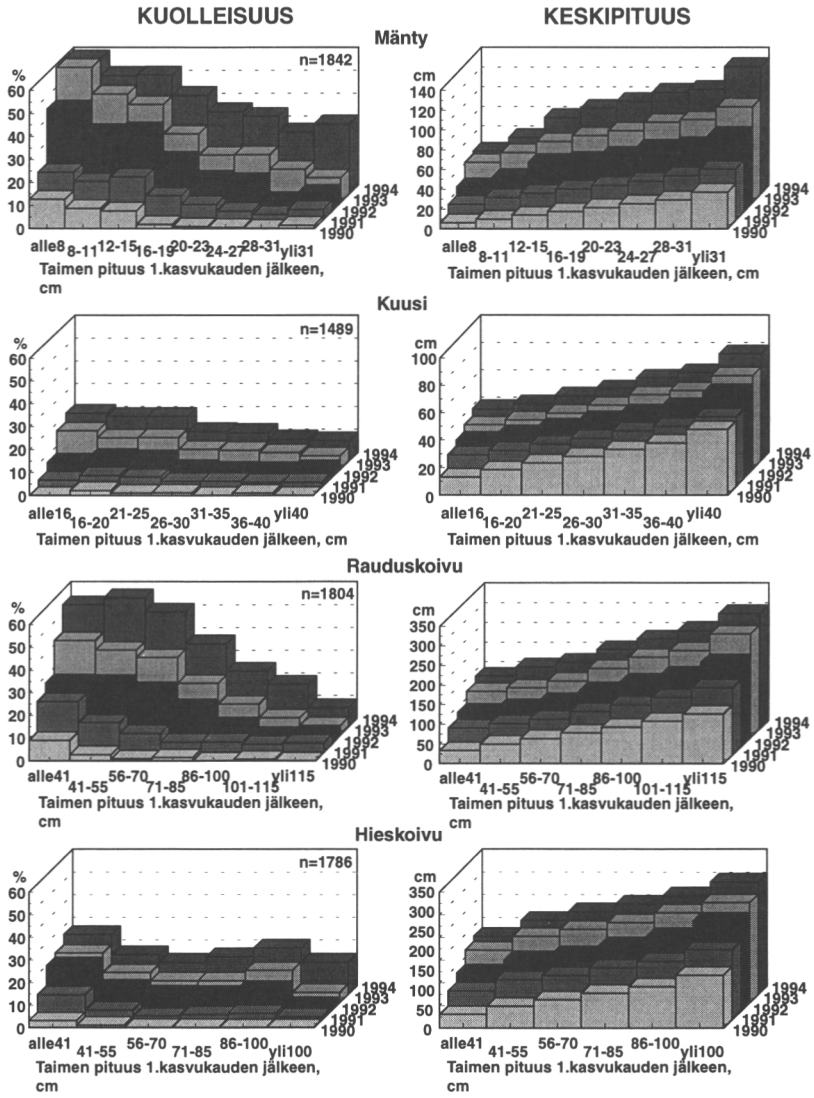
Päätelmiä

Peltojen metsittämisketjussa on lukuisa joukko ja vielä nopeassa tahdissa esiin tulevia vaiheita ja tekijöitä. Tämän tutkimukset kohteet muokattiin ja pintakasvillisuutta torjuttiin sekä lisäksi ojitettiin milloin siihen oli tarvetta. Tällä pyrittiin siihen, että tuloksiin ei alkuvaiheessa vaikuttaisi monissa tutkimuksissa esille tullut vanhojen metsitettyjen peltojen heikko jälkihoito: runsas pintakasvillisuus, huono ojitustilanne ja ojanvarsien vesottuneisuus. Tässä esitetyt tulokset olivat yhteensä 18 kokeen keskiarvoja. Kokeiden välinen vaihtelu oli varsin suurta.

Tärkeä taimien menestymiseen vaikuttava tekijä oli pintakasvillisuus. Mäntyjä pintakasvillisuus oli vaurioittanut eniten, sitten kuusia ja vähiten koivun taimia kuten Leikolankin (1976) kokeissa. Mikäli taimet ovat istutettaessa pieniä, niiden riski kuolla on huomattavasti suurempi kuin kookkaampien taimien. Oikealla taimilajin valinnalla voidaan parantaa metsityksen onnistumista huomattavasti. Paljasjuuritaimet näyttäisivät antavan useimmilla pellonmetsitysaloilla paremman tuloksen kuin paakkutaimet. Pelloille tulisikin istuttaa isoja taimia.

Kuusen erityisongelmana pellonmetsitysaloilla tutkimuksen tulosten mukaan on halla sekä kevätahavan nimellä tunnettu taimien kuivuminen talven ja kevään aurinkoisilla pakkasilmoilla. Vuosittain toistuneet hallatuhot hidastivat taimien alkukehitys-

tä ja huononsivat taimien kuntoa, vaikka halla ei kovin paljoa kuusten kuolleisuutta lisännytkään. Kuusen hallavauriot voivat korjautua melko nopeasti. Viljelystä vapautuvilla pelloilla ei ole suojuspuustoa ja sen kehittyminen vie aikaa. Valtanen (1991) on todennut Pohjois-Pohjanmaan pellonmetsityksiä tutkittuaan kasvupaikan hallaisuutta aina aliarvioidun puulajivalintaa tehtäessä. Hallanaroilla paikoilla metsittäminen kuuselle on jopa mahdotonta ilman päällysmetsän tarjoamaa suojaa (Valtanen 1991).



Kuva 9. Raudus- ja hieskoivun, männyn ja kuusen pituus ja kuolleisuus kasvukausittain ensimmäisen viiden vuoden aikana. Taimet on luokiteltu pituusluokkiin ensimmäisen kasvukauden pituuden perusteella. Aineisto koostuu 18:sta vuosittain mitatusta kokeesta ja yhteensä noin 8700 mitatusta taimesta.

Myyrät vioittivat kaikkien puulajien taimista keskimäärin yli 10 %, mutta yksittäisillä kokeilla tuhoaste saattoi olla hyvinkin suuri. Pelloilla myyrätuhoriski on 25-kertainen muihin metsänuudistamisaloihin verrattuna. Koivuilla selviä tuhovuosia oli kaksi, kun männyn ja kuusen pahimmat myyrätuhot keskittyivät yhteen vuoteen. Tuhovaaran ajalliseen vaihteluun vaikuttaa myyrien vuosittainen runsauden vaihtelu. Etelä-Suomessa myyrävuodet ovat toistuneet kolmen vuoden välein (Henttonen 1991). Myyrätuhojen vähäisyys neljäntenä ja viidentenä kasvukautena johtuu osittain myös taimien kasvusta. Esimerkiksi koivun taimet ovat peltomyyrältä turvassa, kun tyven läpimitta on yli 4 cm, jolloin tuohikaarna antaa suojaa (Henttonen 1991). Myyrien aiheuttamien tuhojen määrään voidaan erilaisilla viljelyketjun aikaisilla toimenpiteillä (mm. puulajin valinta, heinäntorjunta, maanmuokkausmenetelmä, karkotteet, mekaaniset suojat) vaikuttaa (Henttonen 1991).

Sekä raudus- että hieskoivuntaimilla hirvituhoriski oli suuri jo ensimmäisenä kasvukautena istutuksen jälkeen. Joka vuosi 8–10 % taimista joutui hirven vioittamiksi. Myös Leikolan (1976) pellonmetsityskokeissa hirvituhot rajoittuivat alkuvuosina yksinomaan koivuun. Koivun tuhoriskiä lisää se, että koivu on käyttökelpoinen ravintokasvi hirville useina vuodenaikoina (Heikkilä 1991). Mäntyjen hirvituhot lisääntynevät tulevaisuudessa taimien kasvaessa pidemmiksi.

Versolaikut, joita pellonmetsityskoivuissa esiintyi runsaasti, ovat aina olleet ongelma koivun kasvatuksessa (Lilja & Hietala 1994). Laikkuja esiintyi sekä raudus-, että hieskoivulla. Myyrien ja kaskaiden lievistä vikuutuksista saattaa taimiin levitä sieni-infektioita, joilla voi olla merkitystä lahon syntyyn koivuissa erityisesti pellonmetsitysaloilla (Henttonen ym. 1994).

Lähinnä neulasten poikkeavan värin perusteella arvioituna ravinnepuutteesta kärsivien taimien määrän arvioitiin kasvaneen vuosi vuodelta. Useissa tapauksissa kyseessä saattoi olla kaliumin puute. Ravinnepuutteisia taimia oli lähes yksinomaan multa- ja turvepelloilla.

Männyn ja rauduskoivun taimista oli 36 % ja 37 % kuollut viidessä vuodessa. Kuusien (12 %) ja hieskoivujen (14 %) kuolleisuus oli huomattavasti pienempi. Kaikilla puulajeilla menestyminen oli turve- ja multamailla huonompi kuin kivennäismailla. Mäntyjen ja rauduskoivujen kuolleisuus oli kaksinkertainen multa- ja turvemailla kivennäismaihin verrattuna. Lisäksi taimien pituuskehitys turve- ja multamailla oli jo ensimmäisen viiden vuoden aikana huomattavasti hitaampi kuin kivennäismailla. Turvemaiden lisäksi myös runsaasti orgaanista ainetta sisältävät multamaat osoittautuivat ongelmalliseksi maaryhmäksi. Jokaisessa metsityksessä on hyvin huolellisesti huomioitava puulajin valinta, vesi- ja ravinnetalouden järjestely, pintakasvillisuuden torjunta sekä eläintuhoriskin vähentäminen. Taimettuminen ja taimien alkukehitys voi nopeasti vaarantua erilaisten tuho- ja uhkatekijöiden vuoksi.

Kirjallisuus

Ferm, A. & Hytönen, J. 1991. Kenttäkokeet peltojen metsitysmenetelmät -hankkeessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391:9–14.

— , Hytönen, J., Koski, K., Vihanta & S. Kohal, O. 1993. Peltojen metsitysmenetelmät. Kenttäkokeiden esittely ja metsitysten kehitys kolmen ensimmäisen vuoden aikana. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 463. 127 s.

— , Hytönen, J., Lilja S & Jylhä, P. 1994. Effects of weed control on the early growth of Betula pendula seedlings established on an agricultural land. Scandinavian Journal of Forest Research 9:347–359.

Halonen, O., Tulkki, H. & Derome, J. 1983. Nutrient analysis methods. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 121. 28 s.

Heikkilä, R. 1991. Hirvituhon vaikutus pellonmetsityksen onnistumiseen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391:100–104.

Henttonen, H. 1991. Myyrätuhot peltojen metsityksessä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391:92–99.

— , Lilja, A. & Niemimaan, J. 1994. Myyrien ja hyönteisten aiheuttamat sieni-infektiot koivun taimien uhkana. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 496:125–129.

Hynönen, T. & Saksa, T. 1991. Peltojen metsitystulos Pohjois-Savossa 1970- ja 1980-luvulla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391:29–34.

Hytönen, J. 1991. Pellonmetsityksen onnistuminen Keski-Pohjanmaalla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391:22–28.

— & Ekola, E. 1993. Maan ja puuston ravinnetila Keski-Pohjanmaan metsitetyillä pelloilla. Folia Forestalia 822. 32 s.

Kinnunen, K. 1991. Pellonmetsityksen onnistuminen Länsi-Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391:35–38.

Leikola, M. 1976. Maanmuokkaus ja pintakasvillisuuden torjunta pellonmetsityksessä. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 88(3). 101 s.

Lilja, A. & Hietala, A. 1994. Koivun versolaikku taimitarhalla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 496:121–123.

Luonnonläheinen metsänhoito. Metsänhoitosuositukset. 1994. Metsäkeskus Tapion julkaisuja 6. 72 s.

Rossi, S., Varmola, M. & Hyppönen, M. 1991. Pellonmetsityksen onnistuminen Lapissa. Folia Forestalia 807. 23 s.

Valtanen, J. 1991. Peltojen metsityksen onnistuminen Pohjois-Pohjanmaalla 1970-luvulla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 381. 52 s.

Wall, A. 1995. Peltojen maaperäluokitus puustonkasvatusta varten. Julkaisussa Hytönen, J. & Polet, K. (toim.). Metsäntutkimuspäivä Kälviällä 1995. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 540:22–28.

Kylvö ja luontainen uudistaminen pellonmetsityksessä

Jyrki Hytönen

Tiivistelmä

Kylvöä ja luontaista uudistamista peltojen metsityksessä tutkittiin kenttäkokeissa viiden vuoden ajan. Erityisesti selvitettiin hieskoivun kylvöä, mutta osaan kokeista kylvettiin myös rauduskoivua, mäntyä ja kuusta. Tässä tarkastellaan luontaisesti metsittymään jätettyjen sekä kylvöalojen kehitystä ensimmäisen viiden kasvukauden aikana.

Luontaisia taimia, joista valtaosa oli hieskoivuja, syntyi eniten ensimmäisenä kasvukautena maanmuokkauksesta. Vaikka suuri osa näistä taimista kuoli, uusia taimia syntyi vielä viidentenäkin vuonna maanmuokkauksesta. Taimimäärät olivat turvealustoilla lähes kaksinkertaisia kivennäismaihin verrattuna. Taimia oli sitä enemmän mitä suurempi osa pellon pinta-alasta oli muokattu ja mitä pienempi oli pintakasvillisuuden peittävys. Osalla turvepelloista näyttäisi olevan mahdollisuuksia saada aikaan jopa täystiheä taimikko luontaisella metsittämisellä. Vaikka luontaisesti syntyneillä lehtipuilla, lähinnä hieskoivulla, ei saataisikaan aikaan täystiheää taimikkoa on niillä kuitenkin tärkeä merkitys viljelytaimikoiden täydentäjänä pellonmetsitysalueilla.

Vaikka kaikkien puulajien kylvöt itivätkin hyvin, tulosten mukaan kylvöllä ei pellonmetsitysalueilla varmuudella saada aikaan täystiheää taimikkoa millään tutkituista puulajeista. Taimellisten kylvökohtien määrä pieneni vuosi vuodelta. Tärkein tekijä taimimäärän pienemiseen oli voimakas pintakasvillisuuden kilpailu. Parhaat mahdollisuudet näyttäisi olevan hieskoivun kylvöllä. Silläkin vain joka kymmenennessä tapauksessa saatiin aikaan yli 1500 tainta hehtaarille viiden vuoden kuluttua kylvöstä.

Johdanto

Luontaisen metsittämisen tai kylvön mahdollisuuksia peltojen metsityksessä ei ole juurikaan tutkittu. Tietoja luontaisen taimiaineksen esiintymisestä metsitetyillä pelloilla on saatu peltojen metsityksen onnistumista selvittäneistä tutkimuksista (Hytönen 1991, Valtanen 1991, Hynönen 1992, Rossi ym. 1993). Niiden tulosten mukaan luontaiset taimet ovat pääasiassa hieskoivuja, jotka ovat syntyneet ryhmittäin ojien varsille sekä metsityksen jälkeen kaivettujen uusien ojien penkkoihin (Hynönen 1992). Kuusen- ja männyntaimia on esiintynyt hyvin vähän. Vanhemmilla, muokatuilla pellonmetsitysaloilla luontaisia hieskoivuntaimia on ollut kaksin-kolminkertaisesti verrattuna muokkaamattomiin peltoihin (Valtanen 1991). Pohjois-Savossa hieskoivun taimia oli enemmän pallekynnetyillä kuin mätästetyillä alueilla (Hynönen 1992). Taimien synnystä ja ensivaiheen kehityksestä ei ole tarkempaa tietoa.

Luontaista metsittämistä voidaan tehdä myös uusien pellon metsitystukien piirissä. Myöskin pellonmetsitystyöryhmä totesi, että turvepeltoja metsitettäessä hieskoivun luontainen uudistaminen tulisi aina asettaa etusijalle. Luontainen uudistaminen tulisi muutoinkin ottaa käytettävien menetelmien joukkoon (Pellonmetsitystyöryhmän muistio 1988).

Männyn kylvö on nykyisinkin merkittävä viljelymenetelmä metsien uudistamisessa ja männyn kylvöstä kivennäismaiden metsissä on varsin paljon tutkimustietoa (esim.

Kinnunen 1993). Sen sijaan kuusen ja koivun kylvöala on ollut hyvin vähäinen kuten myös niiden kylvöstä tehdyt tutkimuksetkin (Kinnunen 1991). Vallitseva käsitys on, että kylvö on karujen maiden menetelmä ja kilpailee lähinnä männyn luontaisen uudistamisen kanssa (Kinnunen 1991). Pelloille on ominaista voimakas pintakasvillisuus, mikä osaltaan heikentää kylvön käyttömahdollisuuksia. Toisaalta hieskoivun taimien alkukehitys voi olla varsin nopeaa.

Peltojen metsitysalueet poikkeavat paljon metsänuudistamisaloista mm. ravinteisuuden, pintakasvillisuuden määrän tai tuhoriskin osalta. Siemen- tai suojuspuita maataloustuotannosta suoraan metsitykseen tulevilla pelloilla ei ole. Metsämailta saatuja tuloksia luontaisen metsittymisen ja kylvön onnistumisesta ei voida suoraan käyttää peltojen metsittämisen yhteydessä.

Peltojen metsitysmenetelmät -tutkimushankkeen vuosina 1990 ja 1991 perustetuissa kokeissa yhtenä koejäsenenä oli sekä luontainen uudistaminen että kylvö. Useimmin koealoille kylvettiin hieskoivua, mutta osassa kokeista myös rauduskoivua, mäntyä ja kuusta. Tässä tarkastellaan luontaisesti metsittymään jätettyjen sekä kylvöalojen kehitystä ensimmäisen viiden kasvukauden aikana.

Koejärjestelyt

Kenttäkokeita perustettiin pääasiassa yksityisten maanomistajien maille yli 50 kohteeseen vuosina 1990 ja 1991. Kokeissa metsänviljelyn lisäksi oli koejäseninä luontainen metsittäminen ja kylvö. Koeruutujen koko vaihteli, mutta oli keskimäärin 400 m^2. Käsittelyt arvoittiin kokeissa 2–5 lohkoon. Koekohtaiset tiedot koejärjestelyistä, siementen alkuperistä, maanmuokkauksista sekä muista tehdyistä toimenpiteistä, niiden ajankohdista ja materiaaleista selviävät kenttäkokeita esittelevästä Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja -sarjan julkaisusta numero 463 (Ferm ym. 1993). Pintakasvillisuuden torjunta tehtiin pääasiassa glyfosaatilla muokkausta edeltävänä kesänä (ks. Ferm ym. 1993). Osa kokeista on mitattu vuosittain, osa parin vuoden väliajoin. Kaikilta kokeilta otettiin maanäytteet tilavuustarkkoina pellon muokkauskerroksesta (0–10 cm) ja muokkauskerroksen alapuolelta (30–40 cm). Näytteistä analysoitiin mm. tiheys, orgaanisen aineen osuus, pH ja ravinnepitoisuudet (ks. Ferm ym. 1993). Pellot luokiteltiin Wallin (1995) esittämän luokituksen mukaan maatyyppeihin, kuitenkin niin, että pintakerroksessa runsaasti multaa sisältävät maatyypit yhdistettiin multamaiksi.

Jokaiselle koealalle perustettiin 2–5 ympyräkoealaa (50 m^2). Luontaista uudistumista seurattiin ympyräkoealojen keskipisteisiin ja pääilmansuuntien suuntaan kehälle sijoitetuilta yhden neliömetrin suuruisilta näytealoilta. Näytekoealoilta mitattiin luontaisten taimien lukumäärä puulajeittain, pisimmän taimen pituus, muokatun maan osuus, pintakasvillisuuden peittävyys, valtapituus ja valtalajit.

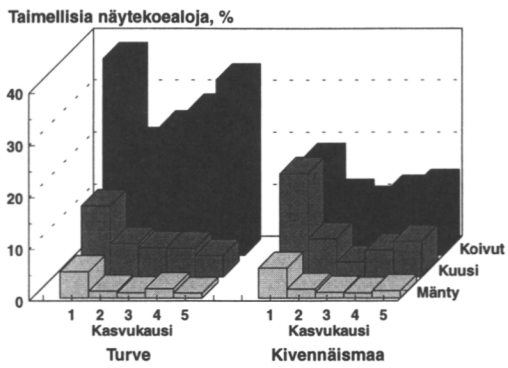
Kylvö tehtiin vakoruutukylvönä muokattuun maahan tavoitteena 3000 kylvökohtaa hehtaarilla (500 g siemeniä/ha), mutta toteutunut kylvökohtien määrä vaihteli varsin paljon. Kaikki ympyräkoealoilla sijainneet kylvökohdat merkittiin maastoon tikuilla ja kylvökohdat kartoitettiin. Tästä huolimatta aineistosta jouduttiin poistamaan kaksi koetta (n:ot 24 ja 32, ks. Ferm ym. 1993), koska luontaisten ja kylvötaimien erottaminen toisistaan oli liian epävarmaa. Hieskoivulle kylvettyjä kokeita oli 37 kpl, rauduskoivua oli kylvetty 14 kokeeseen, kuusta 8 kokeeseen ja mäntyä 7 kokeeseen. Kylvökohtien

taimettumista ja pintakasvillisuuden kehittymistä erilaisilla maastokohdilla seurattiin mittauksin. Osaa kokeista mitattiin vuosittain, osaa parin vuoden väliajoin. Joka vuosi mitattuja peltoja oli siten vähemmän. Hieskoivukokeita aineistossa oli 27 (1335 inventoitua kylvökohtaa), rauduskoivukokeita 9 (258 inventoitua kylvökohtaa), mäntykokeita 5 (359 inventoitua kylvökohtaa) ja kuusikokeita 4 (319 inventoitua kylvökohtaa). Tässä tutkimuksessa tarkastellaan taimellisten kylvökohtien määrää ja kylvötaimien pituuskehitystä. Kunkin kylvökohdan pintakerroksen maalaji luokiteltiin joko kivennäismaaksi, turvemaaksi tai näiden sekoitukseksi.

Tulokset

Luontainen taimettuminen

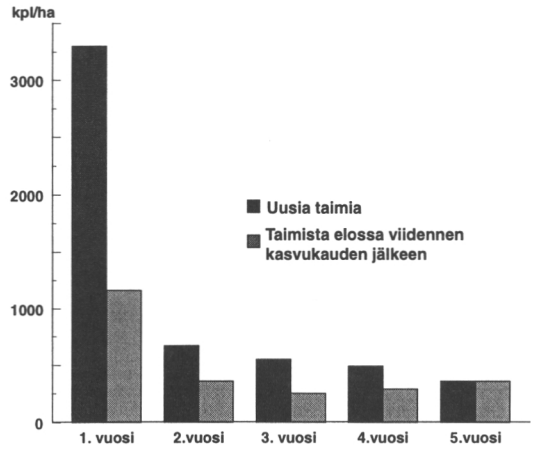
Luontainen taimiaines tarkastettiin yhden neliömetrin suuruisilta näytealoilta. Vaikka neliömetrin näytealoilta mitattiin kaikkien taimien lukumäärä puulajeittain, tässä tarkastellaan vain taimellisia näytealoja eli näytealoja, joilla oli vähintään yksi taimi. Koivuja oli pelloille syntynyt enemmän kuin männyn tai kuusen taimia (kuva 1). Lähes kaikki koivuntaimet olivat hieskoivuja. Turvealustalla oli huomattavasti enemmän koivun luontaisia taimia kuin kivennäismaiden alustoilla. Kuusen ja männyn kohdalla maaluokkien välillä ei ollut selkeää eroa.



Kuva 1. Luontainen taimettuminen (1 m^2:n suuruisten näytealojen osuus, joilla luontaisia männyn, kuusen tai koivun taimia) turve- ja kivennäismaan koealoilla ensimmäisen viiden kasvukauden aikana.

Ensimmäisen kasvukauden jälkeen taimia oli elossa eniten; toisena kasvukautena taimimäärät laskivat huomattavasti. Turvealustalla kuitenkin koivun taimellisten näytealojen osuus alkoi taas toisen vuoden minimin jälkeen lisääntyä. Viiden kasvukauden kuluttua oli koivun taimia keskimäärin 34 %:ssa turvemaan näyteloista. Tämä vastaisi 3400 tainta hehtaarilla (jos 1 taimi/1 m^2:n näyteala). Kivennäismailla oli koivuntaimia vain 13 %:ssa tarkastetuista näytealoista (vähintään 1300 tainta/ha). Näytealoja, joissa on kuusen taimi oli vastaavasti 4 % ja 7 %. Männyn taimi oli vain noin joka sadannessa näytealassa.

Ensimmäisenä maanmuokkauksen jälkeisenä kasvukautena taimia syntyi eniten. Näistä taimista kuitenkin suurin osa kuoli muutaman vuoden sisällä. Inventointitiedoista oli laskettavissa, että ensimmäisen kasvukauden aikana syntyneistä koivuntaimista oli viidennen kasvukauden lopulla elossa vain 30 %. Toisena ja sitä seuraavina kasvukausina maanmuokkauksesta taimia syntyy vähän ensimmäiseen kasvukauteen verrattuna. Ensimmäisen kasvukauden jälkeen syntyneistä taimista kuitenkin huomattavan suuri osuus on säilynyt elossa. Ilmeisesti toisena ja seuraavina kasvukausina taimia syntyy vain sellaisiin edullisiin taimettumiskohtiin, joissa taimilla on melko hyvät kasvuedellytykset sekä pintakasvillisuuden kehityksen että muiden tekijöiden suhteen.



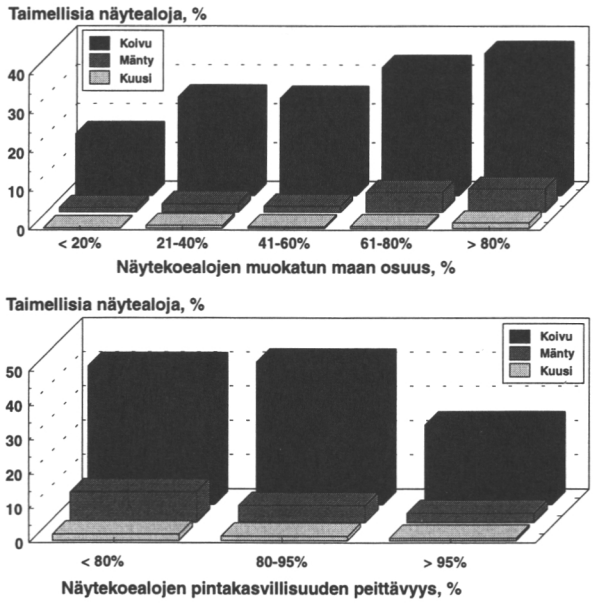
Kuva 2. Vuosittain syntyneiden koivun taimien määrät ja kunakin vuonna syntyneistä taimista viidennen kasvukauden jälkeen elossa olevien taimien määrä. Taimien hehtaarikohtainen määrä laskettu 1 m^2:n näytealojen perusteella.

Näytealoilta arvioitiin ensimmäisen mittauksen yhteydessä muokatun maan osuus. Pintakasvillisuuden peittävyys näytekoealoilla arvioitiin vuosittain (eri vuosina 1296–2004 näytealaa). Kaikilla puulajeilla taimellisten näytealojen määrä lisääntyi kun näytealan muokatun maan osuus kasvoi (kuva 3). Mitä suurempi oli muokatun maan osuus sitä pienempi oli pintakasvillisuuden peittävyys. Muokkauksen vaikutus pintakasvillisuuden peittävyyteen oli viidentänä vuotena maanmuokkauksesta enää vähäinen, vaikkakin tilastollisesti merkitsevä ($p<0{,}001$). Kun tarkasteltiin kasvillisuuden peittävyyden vaikutusta taimettumiseen peittävyystietoina käytettiin ensimmäisen tai jos sitä ei ollut toisen kasvukauden tietoja. Vasta kun rikkakasvien peittävyys oli hyvin suuri, yli 95 %, taimellisten näytealojen määrä alkoi laskea jyrkästi (kuva 3). Myös pintakasvillisuuden pituuden kasvaessa taimellisten näytealojen määrä pieneni (Pispa 1994).

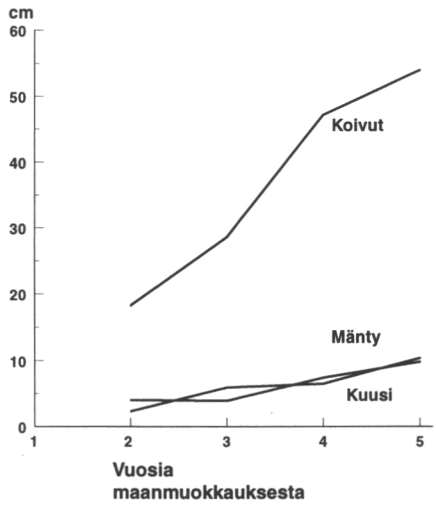
Näytealojen luontaisesti syntyneiden eri puulajien pisimpien taimien keskipituus on esitetty kuvassa 4. Koivut olivat 54 cm pituisia viiden kasvukauden kuluttua maanmuokkauksesta kun männyt ja kuuset olivat vasta 10 cm pituisia.

Peltokohtaisia luontaisesti syntyneiden taimien määriä tarkasteltiin maatyypeittäin olettaen, että kasvatettavaksi voitaisiin hyväksyä yhden neliömetrin suuruisella näytealalla yksi taimi. Tällöin lähes puolessa (43–45 %) turve- ja kivennäismaiden pelloista olisi tai-

mimäärä yli 2000 tainta hehtaarilla. Multamailla yli 2000 tainta hehtaarilla olisi 37 %:ssa pelloista. Tämä tarkastelu ei kuitenkaan ota huomioon taimien kasvatuskelpoisuutta. Luultavasti elossa olevista luontaisista taimistakin osa on kasvatuskelvottomia erilaisten tuhojen ja vikojen vuoksi.



Kuva 3. Luontaisen taimettumisen riippuvuus muokatun maan pinta-alan osuudesta ja pintakasvillisuuden peittävyydestä. Koivun, kuusen ja männyn taimellisten näytealojen osuus viiden vuoden kuluttua maanmuokkauksesta.

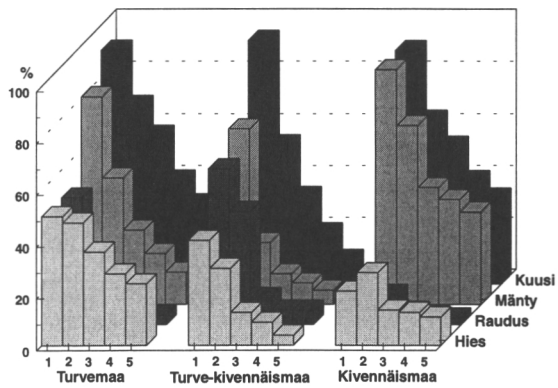


Kuva 4. Luontaisesti syntyneiden taimien pituuskehitys.

Kylvö

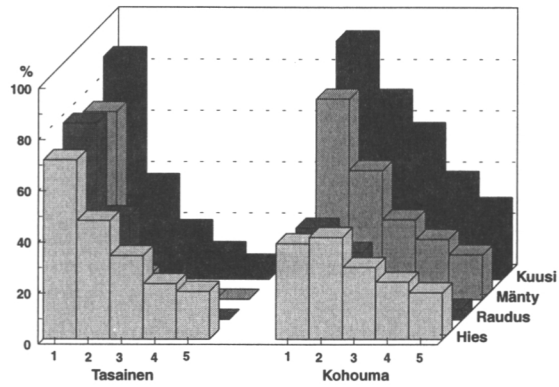
Taimellisten kylvökohtien osuuden kehitystä tarkasteltiin joka vuosi inventoiduilta kokeilta. Vertailuksi lasketusta kaikki kylvökohdat käsittävästä aineistosta saadut tulokset olivat hyvin samanlaiset. Taimellisten kylvökohtien määrä väheni vuosittain (kuva 5). Ensimmäisessä kylvön jälkeisessä inventoinnissa taimellisia kylvökohtia oli runsaasti, erityisesti männyllä ja kuusella. Jo kahtena seuraavana vuonna taimellisten kylvökohtien määrä pieneni erittäin voimakkaasti, mutta näyttäisi kahden viimeisen mittauksen tulosten mukaan olevan vakiintumassa.

Tarkasteltaessa taimellisten kylvökohtien osuutta kylvökohdan pintamaan laadun perusteella on huomattava, että hieskoivuaineisto on laajin, eikä männyn ja kuusen tuloksia voida yleistää vähäisen aineiston vuoksi. Rauduskoivun kylvö ei tuottanut hyvää tulosta millään kylvöalustalla. Hieskoivun kylvö onnistui parhaiten kylvökohdissa, joissa maatyyppi oli turvetta. Viiden kasvukauden jälkeen noin neljäsosassa (24 %) turvetta sisältäneistä kylvökohdista oli hieskoivun taimi. Männyn ja kuusen kylvötulos oli paras kylvökohdissa, joissa maa oli kivennäismaata. Viiden kasvukauden jälkeen kivennäismaata olevissa kylvökohdissa oli 36 %:ssa männyntaimia ja 33 %:ssa kuusentaimia.



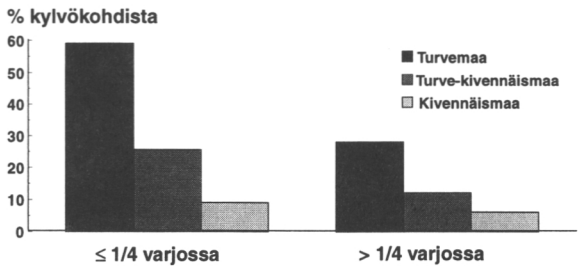
Kuva 5. Taimellisten kylvökohtien osuudet jaoteltuna kylvöalustan laadun mukaan.

Kaikista inventoiduista kylvökohdista arvioitiin se maan pienmuoto, johon kylvö oli tehty. Mikrotopografialuokat jaettiin kahteen ryhmään sen mukaan oliko kylvökohta ympäröivän pellon tasossa vai kohoumalla (palteella, mättäällä). Pellon pinnan tasossa olevalla muokatulla maalla kaikkien puulajien siemenet itivät hyvin (kuva 6). Tasaisella alustalla kuitenkin taimellisten kylvökohtien määrä väheni nopeasti. Viiden kasvukauden jälkeen rauduskoivun- ja hieskoivun kylvökohdissa ei ollut enää taimia ja kuusenkin taimellisia kylvökohtia oli hyvin vähän. Hieskoivun kylvökohdissa noin joka viidennessä oli taimi. Kohoumalla koivut itivät huonommin kuin pellon pinnan tasossa olevalla tasaisella alustalla. Syntyneet taimet säilyivät kuitenkin kohoumilla elossa paremmin kuin tasamaalla eikä viiden vuoden kuluttua kylvöstä mikrotopografialla ollut suurta vaikutusta kylvötulokseen. Mänty ja kuusi eivät menestyneet, vaikka itivätkin hyvin tasaisella maalla pellon tasossa.



Kuva 6. Kylvökohdan mikrotopografian vaikutus kylvötulokseen.

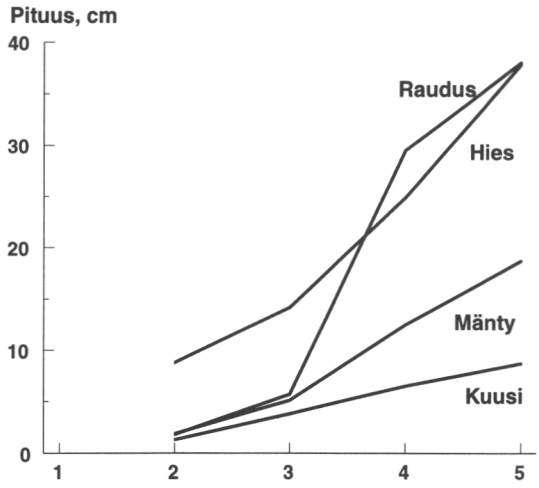
Inventoiduista kylvökohdista tarkasteltiin pintakasvillisuuden varjostusta. Kylvökohdat jaettiin maatyypeittäin kahteen luokkaan (varjostus yli tai alle 25 %) toisena kasvukautena arvioidun pintakasvillisuuden varjostuksen mukaan. Taimellisten kylvökohtien osuutena käytettiin kunkin kokeen viimeisimmän (useimmiten viidennen) mittauskerran tietoja. Kun kylvökohdan rikkakasvien varjostus oli vähäinen oli turvemaan pelloilla yli 60 %:ssa hieskoivun kylvökohdista vähintään yksi taimi. Pintakasvillisuuden varjostuksen lisääntyessä taimellisten kylvökohtien määrä väheni (kuva 7). Logistisella mallilla tutkittiin varjostuksen (alle tai yli 25 %), maatyypin (turvemaa, multamaa, kivennäismaa) ja mikrotopografian (tasainen, kohouma) vaikutusta taimellisten kylvökohtien määrään. Koivulla kaikki tekijät olivat tilastollisesti merkitseviä mallissa. Malli sopi myös aineistoon hyvin. Männyllä ja kuusella varjostuksen vaikutus ei ollut mallissa tilastollisesti merkitsevä.



Kuva 7. Pintakasvillisuuden varjostuksen vaikutus hieskoivun taimellisten kylvökohtien määrään.

Taimellisista kylvökohdista mitattiin pisimmän taimen pituus; ensimmäisen kerran kahden kasvukauden kuluttua kylvöstä. Pituuskehityksen tarkasteluun otettiin mukaan vain ne koealat, joissa taimet mitattiin joka vuosi. Kuvassa 8 tarkastellaan siten samojen vuosittain inventoitujen kylvökohtien taimien pituuden kehitystä. Raudus- ja hieskoivun taimet olivat pisimpiä, lähes 40 cm pituisia viiden kasvukauden kuluttua kylvöstä. Männyn-

taimien pituus oli kaksinkertainen kuusiin verrattuna. Kuusen kylvötaimet olivat vielä varsin pieniä, sillä niiden keskipituus oli vain 9 cm.



Kuva 8. Kylvötaimien pituuskehitys.

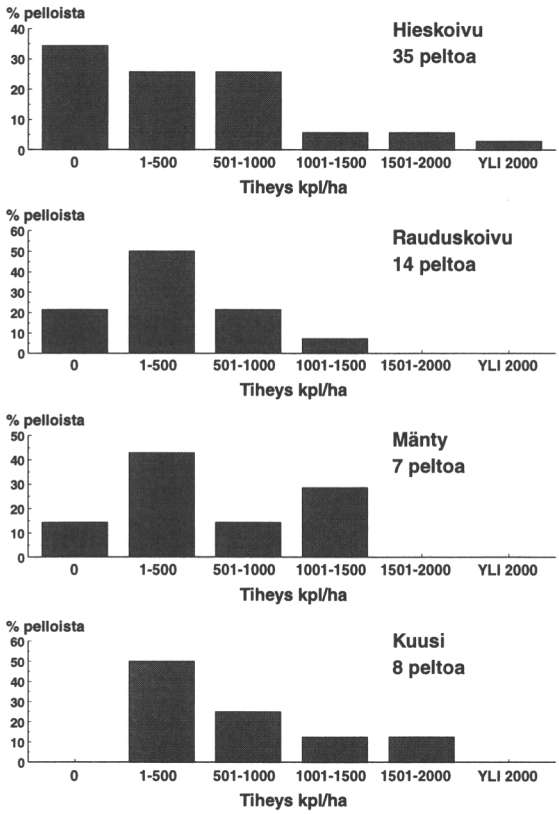
Kylvön onnistumista tarkasteltiin peltokohtaisesti laskemalla kaikille aineiston kokeille taimellisten kylvökohtien prosentuaalinen osuus. Tavoiteltu kylvökohtien määrä oli 3000 kpl/ha. Hieskoivulle kylvetyistä kokeista 86 %:lla taimellisia kylvökohtia oli alle 1000 kpl/ha, kun kylvökohtien kokonaismääräksi oletetaan 3000 kpl/ha (kuva 9). Yli 1500 taimellista kylvökohtaa hieskoivun kylvöllä saatiin vain 9 %:ssa pelloista. Siten vain joka kymmenessä tapauksessa näyttäisi hieskoivun kylvöllä olevan mahdollisuuksia saada aikaan riittävän tiheä taimikko. Rauduskoivun kylvöllä vastaavasti 93 %:ssa taimikoista taimitiheys jäi alle 1000 kpl/ha eikä yhdessäkään ollut yli 1500 tainta hehtaarilla. Kuusella taimikon tiheys nousi yli 1500 kpl/ha 13 % pelloista. Yhdelläkään pellolla männyn tiheys ei ylittänyt 1500 kpl/ha kun käytettiin 3000 kylvökohtaa hehtaarilla.

Tarkastelu

Pellonmetsitysalueille syntyi luontaisia taimia eniten ensimmäisenä vuonna maanmuokkauksesta. Taimista suurin osa oli hieskoivuja; kuusia ja erityisesti mäntyjä oli syntynyt huomattavasti vähemmän. Toisin kuin Kalelan (1962) tutkimilla ns. Porkkalan vuokra-alueen heitteille jätetyillä pelloilla haavan ja lepän merkitys luontaisessa metsittymisessä oli hyvin pieni. Kuusen siemensato oli erinomainen vuonna 1990 mikä varmasti vaikutti kuusen taimien runsaaseen syntymiseen. Koivun siemensato oli vuonna 1989 keskimääräinen ja vuonna 1990 huono. Koivun siemenet voivat säilyä itämiskykyisenä maassa useita vuosia (Granström 1987) ja siten muodostaa siemenpankin. Männyn ja kuusen siemenistä sen sijaan hyvin pieni osa säilyy itämiskykyisinä seuraavaan vuoteen (Yli-Vakkuri 1961).

Ensimmäisenä vuonna syntyneistä taimista kaksi kolmasosaa kuoli ennen viiden vuoden ikää. Ainakin osasyynä on ollut pintakasvillisuuden nopea kehitys. Luontaisia taimia syntyi vielä viidentenäkin kasvukautena maanmuokkauksesta. Toisesta vuodesta alkaen syntyneistä taimista yhä suurempi osa oli viidentenä vuonna elossa. Taimet syntyvät myöhempinä vuosina ilmeisesti vain erityisen edullisiin taimettumiskohtiin, joissa taimien selviytymismahdollisuudet ovat melko hyvät.

Useimpien peltojen reunametsissä oli koivuja riittävän lähellä siementen leviämisen turvaamiseksi. Luontaisen uudistamisen mahdollisuuksia männyllä ja kuusella vähentää merkittävästi näiden puulajien puuttuminen useiden peltojen reunametsistä. Siementävien puiden etäisyydellä oli merkitsevä vaikutus taimimääriin (Pispa 1994). Taimia oli eniten 20 metrin päässä reunametsistä, mutta vielä 60 metrinkin päässä niitä oli runsaasti.



Kuva 9. Eri taimitiheysluokkiin jaettu peltojen osuus.

Turvealustalle koivuntaimia syntyi enemmän kuin kivennäismaan alustalle. Merkittävä taimitiheyksiin vaikuttava tekijä oli muokatun maan osuus. Mitä suurempi osa pellon pinta-alasta muokattiin sitä enemmän taimia syntyi. Muokkaamattomalle pinnalle syntyy taimia vähän. Pallekynnetyillä pellonmetsityksillä oli 2–3 kertaa enemmän koivuntaimia kuin muokkaamattomilla aloilla Pohjois-Pohjanmaalla (Valtanen 1991). Maanmuokkaus

lienee edullisinta tehdä luontaista uudistamista ajatellen keskikesällä, juuri ennen koivun siementen varisemista, kuten Raulo (1981) suosittelee. Toinen oleellisesti taimitiheyksiin vaikuttanut tekijä oli pintakasvillisuuden peittävyys. Taimia olisi huomattavasti enemmän, mikäli pintakasvillisuuden kilpailua pystyttäisiin rajoittamaan. Maanmuokkausmenetelmän valinta vaikuttanee pintakasvillisuuden määrään. Tutkimuksessa myös muokatun maan pinta-ala selitti pintakasvillisuuden peittävyyttä vielä viiden vuoden kuluttua muokkauksesta. Mitä enemmän maata oli muokattu sitä pienempi oli peittävyys.

Luontaisesti syntyneiden taimien määrä pieneni jyrkästi toisena kasvukautena. Mutta koska taimia syntyi vielä seuraavina vuosina lisää näyttää luontainen uudistaminen taimimäärien perusteella tarkasteltuna osassa peltoja mahdolliselta. Vajaassa puolessa pelloista taimitiheys oli kuitenkin yli 2000 tainta hehtaarilla. Taimien kasvatuskelpoisuutta ja mahdollista ryhmittäisyyttä ei kuitenkaan arvioitu. Erityisesti havupuiden taimet olivat vielä pieniä, eikä syntyneitä koivun taimikoitakaan voida vielä pitää täysin vakiintuneina. Luontaisesti syntyneillä lehtipuilla, lähinnä hieskoivulla, on tärkeä merkitys myös viljelytaimikoiden täydentäjänä pellonmetsitysalueilla (Hytönen 1991, Valtanen 1991, Hynönen 1992, Rossi ym. 1993).

Tulosten mukaan kylvöllä ei pellonmetsitysalueilla varmuudella saada aikaan täystiheää taimikkoa millään tutkituista puulajeista. Parhaat mahdollisuudet näyttäisi olevan hieskoivun kylvöllä. Silläkin vain 9 %:ssa kokeista saatiin aikaan yli 1500 tainta hehtaarille viiden vuoden kuluttua kylvöstä. Koivuja oli aluksi eniten tasaisilla pinnoilla, jotka sijaitsivat pellon maanpinnan tasossa. Siten esim. täysmuokkauksella (kyntö ja äestys) voidaan saada syntymään aluksi paljon koivun taimia. Kuivuus selittänee koivun huonomman itämisen kohoumilla (esim. mättäät). Kinnusen (1991) rehevien maiden koivun kylvökokeissa paras tulos kahden kasvukauden jälkeen oli lautasauran jäljessä, vaikkakin hänkin oletti pintakasvillisuuden kilpailusta tulevan seuraavina vuosina ongelmia. Mättäillä koivun kylvöt olivat menestyneet huonoimmin. Pellonmetsitysaloilla taimellisten kylvökohtien määrä väheni vuosi vuodelta. Pintakasvillisuuden kilpailu lienee ollut suurin taimien lukumäärän vähenemiseen vaikuttava tekijä. Koivun kylvötulos voisi tulosten mukaan olla turvemailla huomattavasti parempi mikäli rikkakasvien kilpailu voitaisiin ehkäistä. Koivun kylvötaimet saavuttivat keskimäärin 40 cm pituuden viidessä vuodessa. Luontaisesti syntyneet koivut olivat 10 cm pidempiä.

Männyn kylvötulos oli paras kivennäismailla, joissa se kahden ensimmäisen kasvukauden jälkeen oli yhtä hyvä kuin Kinnusen (1993) kylvökokeissa mustikka-, puolukka- ja kanervatyypin metsissä. Seuraavina vuosina pellonmetsityskokeilla taimellisten kylvökohtien määrä väheni niin, että viiden kasvukauden kuluttua tulos oli huomattavasti heikompi kuin metsämailla (Kinnunen 1983). Kivennäismaa on ollut selvästi parempi männyn kylvöalusta kuin humus (Kinnunen 1992). Männynkin kylvön yleisimpiä tuhonaiheuttajia ovat kuivuus ja sade-eroosio (Kinnunen 1982). Heinettyminen alkoi karuilla mailla vaivata kylvöksia vasta toisesta kasvukaudesta alkaen (Kinnunen 1982). Itäneiden männyn ja kuusen kylvökohtien määrä väheni nopeasti tasaisilla alustoilla johtuen ilmeisesti taimien hitaasta pituuskehityksestä ja rikkakasvien kilpailusta. Suhteellisen karuihin ja kuiviin oloihin sopeutuneen männyn kylvö onnistuu suhteellisen hyvin myös mätästetyillä aloilla (Kinnunen 1990). Pelloilla myös kuusen ja hieskoivun kylvö onnistui parhaiten kohoumilla, vaikka metsämailla on todettu näiden puulajien kylvön onnistuvan huonosti mättäillä (Kinnunen 1990).

Männyn kylvötaimien pituuskehitys oli myös hitaampaa kuin kivennäismaiden kylvökokeissa (Kinnunen 1982, 1992, 1993). Sekä kylväen että luontaisesti syntyneet männyn ja kuusen taimet olivat viiden kasvukauden jälkeen saman pituisia. Taimet olivat niin lyhyitä että ne ovat alttiita vielä paitsi pintakasvillisuuden kilpailun vaikutukselle myös muille pellonmetsitysalueilla esiintyville tuhoille.

Kirjallisuus

Ferm, A., Hytönen, J., Koski, K., Vihanta, S. & Kohal, O. 1993. Peltojen metsitysmenetelmät. Kenttäkokeiden esittely ja metsitysten kehitys kolmen ensimmäisen vuoden aikana. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 463. 127 s.

— , Hytönen, J. 1991. Kenttäkokeet peltojen metsitysmenetelmät -hankkeessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391:9–14.

Graström, A. 1987. Seed viability of fourteen species during five years of storgae in a forest soil. Journal of Ecology 75:321–333.

Hynönen, T. 1992. Maan ominaisuuksien vaikutus turvemaapeltojen metsittämiseen. Lisensiaattityö. Helsingin yliopiston metsäekologian laitos. 181 s.

Hytönen, J. 1991. Pellonmetsityksen onnistuminen Keski-Pohjanmaalla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391:22–28.

Kalela, E. 1962. Über die natürliche Bewaldung der Kulturböden in sog. Porkkala Pachtgebiet. Seloste: Viljelysmaiden luontaisesta metsittymisestä ns. Porkkalan vuokra-alueella. Acta Forestalia Fennica 74(2). 83 s.

Kinnunen, K. 1982. Männyn kylvö karuhkoilla kangasmailla Länsi-Suomessa. Folia Forestalia 531. 24 s.

— 1990. Ensituloksia rehevien kivennäismaiden kylvöstä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 369:15–21.

— 1992. Kylvöalustan, ajankohdan ja menetelmän vaikutus männyn kylvön onnistumiseen. Folia Forestalia 785. 45 s.

— 1993. Männyn kylvö ja luontainen uudistaminen Länsi-Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 447. 36 s.

Pispa, T. 1994. Luontainen pellonmetsitys. Pro gradu -työ. Metsäekologian laitos, Helsingin yliopisto. 64 s.

Raulo, J. 1981. Koivukirja. Gummerus. Jyväskylä. 130 s.

Rossi, S., Varmola, M. & Hyppönen, M. 1993. Pellonmetsityksen onnistuminen Lapissa. Folia Forestalia 807. 23 s.

Valtanen, J. 1991. Peltojen metsityksen onnistuminen Pohjois-Pohjanmaalla 1970-luvulla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 381. 52 s.

Wall, A. 1995. Peltojen maaperäluokitus puustonkasvatusta varten. Julkaisussa Hytönen, J. & Polet, K. (toim.). Metsäntutkimuspäivä Kälviällä 1995. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 540:22–28.

Yli-Vakkuri, P. 1961. Kokeellisia tutkimuksia taimien synnystä ja ensi kehityksestä kuusikoissa ja männiköissä. Acta Forestalia Fennica 75(1). 122 s.

Jalot lehtipuut ja tervaleppä peltojen metsityksessä

Sauli Valkonen & Satu Rantala

Tiivistelmä

Tutkimuksessa selvitettiin jalopuiden ja tervalepän viljelyn tuloksia peltomailla. Inventoinnissa tutkittiin 1–15 -vuotiaiden taimikoiden tiheyttä, keskipituutta ja terveydentilaa, joita verrattiin muilla puulajeilla saatuihin viljelytuloksiin. Viljelyn tavoitteita ja menetelmiä arvioitiin samaan aikaan tehdyn, varttuneita metsiä koskeneen tutkimuksen tuloksia hyödyntäen.

Jalopuiden ja tervalepän viljely peltomaille oli onnistunut hyvin. Taimien kuolleisuus oli vähäistä: taimikoissa oli eläviä taimia keskimäärin 91 % viljeltäessä käytetystä tavoitetiheydestä. Taimikot olivat keskimäärin yhtä tiheitä kuin havupuutaimikot metsämailla. Tervalepän pituuskehitys oli yhtä nopeaa kuin koivun vastaavilla kasvupaikoilla (keskipituus 5,6 m 10 vuotta viljelystä), mutta jalopuut olivat kasvaneet hitaasti (keskipituus 1,5 m 10 vuotta viljelystä). Muoviset taimisuojat lisäsivät jalopuiden viljelyvarmuutta ja kasvunopeutta.

Jalopuulajien viljely puuntuotantoa varten on mahdollista hyvillä peltomailla Etelä-Suomessa. Jalopuiden viljelyn ja kasvattamisen onnistumiseksi on yleensä käytettävä suuria kustannuksia aiheuttavia viljely- ja suojausmenetelmiä sekä huolehdittava pitkäjänteisesti taimikoiden määrätietoisesta hoidosta. Tervaleppä on selvästi jalopuita helpompi, varmempi ja halvempi vaihtoehto.

Johdanto

Viljavilla kasvupaikoilla Etelä- ja Keski-Suomessa harvinaisina kasvavilla jaloilla lehtipuilla tammi (metsätammi, *Quercus robur*), saarni (lehtosaarni, *Fraxinus excelsior*), vaahtera (metsävaahtera, *Acer platanoides*), lehmus (metsälehmus, *Tilia cordata*) sekä vuori- ja kynäjalava (*Ulmus glabra, U. laevis*) ja tervalepällä (*Alnus glutinosa*) ei ole koskaan ollut merkittävää asemaa Suomen metsätaloudessa. Kiinnostus niiden viljelyyn ja kasvattamiseen on viime aikoina lisääntynyt. Pellonmetsitykseen on etsitty puulajivaihtoehtoja havupuiden ja koivun rinnalle. Jalot lehtipuut ovat suomalaisen kulttuurimaiseman olennainen osa. Jalopuissa ja jalopuumetsissä elää metsäluonnon monimuotoisuutta lisääviä, harvinaisia ja vaateliaita kasveja, eläimiä ja sieniä. (Alapassi & Alanen 1988, Alanen 1988, Somerma 1992, Metsätalous ja ympäristö 1994). Metsämaista jalopuiden ja tervalepän kasvattamiseen sopivat lähinnä vain lehdot, joita on vain 2 % Etelä-Suomen metsämaan pinta-alasta (Salminen 1993). Huomattava osa metsitettävistä pelloista sopii kasvupaikkaominaisuuksiltaan jalojen lehtipuiden ja tervalepän kasvattamiseen.

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää kotimaisten jalojen lehtipuiden ja tervalepän viljelytulokset ja taimikoiden tila sekä arvioida jalopuu- ja tervaleppämetsiköiden viljelyn ja kasvattamisen mahdollisuuksia ja menetelmiä peltomailla.

Aineisto ja menetelmä

Jalopuiden ja tervalepän viljelytulosten selvittämiseksi hankittiin tutkimusaineisto viljelytaimikoista. Tutkimusaineiston perusjoukon muodostamiseksi tehdyn tiedustelun kohteina olivat metsälautakunnat, Metsäntutkimuslaitos, metsähallitus, Metsänjalostussäätiö, eräät kaupungit, metsäyhtiöt ja arboretumit. Tiedustelussa saatiin tietoon 78 taimikkoa. 24 taimikkoa hylättiin ennakolta mittauskohteita valittaessa, koska ne eivät täyttäneet metsikön yhtenäisyydelle tai puulajisuhteille asetettuja vaatimuksia. Viljelysten tuli muodostaa selväpiirteisiä, vähintään 0,1 ha:n kokoisia metsiköitä, joissa jalopuut tai tervaleppä olivat vallitsevia puulajeja suurimmalla osalla pinta-alasta. Kolme tervaleppätaimikkoa oli viljelty tulva-alueelle, ja kaikki taimet olivat tuhoutuneet. Taimikoita ei otettu huomioon tutkimuskohteita valittaessa, koska epäonnistumisen katsottiin johtuneen metsänkasvatukseen täysin sopimattomasta paikasta. Kaikki saarnen, jalavien, vaahteran ja lehmuksen taimikot valittiin mitattaviksi. Tammen ja tervalepän kohteet valittiin arpomalla neljän ilmastovyöhykkeen muodostamien ositteiden sisällä. Vyöhykkeen 1 pohjoisraja noudatti suurin piirtein Ollinmaan (1952) mukaista tammen luontaista pohjoisrajaa, vyöhykkeen 2 saarnen, vyöhykkeen 3 vaahteran ja vyöhykkeen 4 lehmuksen (Valkonen ym. 1995). Taimikkoja mitattiin yhteensä 42 kpl (kuva 1, taulukko 1). Saarnen, vaahteran, lehmuksen ja vuorijalavan taimikoiden määrä jäi pieneksi, vaikka kaikki tietoon tulleet taimikot mitattiin.

Taimikoiden mittauksessa sovellettiin Metsäntutkimuslaitoksen Kannuksen tutkimusaseman pellonmetsityskokeiden mittausohjetta pienin muutoksin (Pellonmetsityskokeiden... 1992). Kullakin kohteella mitattiin taimikon pinta-alasta riippuen 2–4 satunnaisesti taimikkoon sijoitettua 50 m²:n ympyräkoealaa. Koealan taimien sijainti kartoitettiin ja niiden pituus mitattiin. Jokaisen viljelytaimen puulaji, syntytapa, viat, tuhot ja niiden aiheuttajat (2 vakavinta), elinvoimaisuus ja suojaus määritettiin. Koealan luontaisten taimien määrä ja valtapituus mitattiin puulajeittain.



Kuva 1. Mitattujen taimikoiden sijainti.

Taulukko 1. Mitattujen taimikoiden määrä puulajeittain ja vyöhykkeittäin. Viisi tammen ja tervalepän sekaistutusta sekä yksi tammi-saarni sekaistutus on luettu molempiin puulajeihin.

Puulaji	Vyöhyke					
	1	2	3	4	5	Yht., kpl
Tammi	13	3	5	0	0	21
Tervaleppä	8	7	1	1	0	17
Vaahtera	3	0	0	0	0	3
Saarni	2	0	0	0	0	2
Vuorijalava	3	0	0	0	0	3
Kynäjalava	1	0	0	0	0	1
Lehmus	1	0	0	0	0	1
Yht., kpl	31	10	6	1	0	48

Tulokset

Taimikot sijaitsivat entisillä pelloilla kolmea lukunottamatta, jotka sijaitsivat täyttömaalla tai metsämaalla. Taimikoiden ikä vaihteli 1–15 vuoden välillä (taulukko 2). Kaikkien viljelyalojen maaperä oli viljava, jalopuiden ja tervalepän kasvattamiseen sopiva (Valkonen ym. 1995). Kaikki taimikot oli istutettu. 15 taimikossa oli viljelty kahta tai useampaa puulajia. Tammea oli sekoitettu tervalepän (5 taimikkoa), kuusen (4), saarnen (1) ja koivun (2) kanssa, vuorijalavaa koivun (1) sekä tervaleppää kuusen kanssa (1). Taimisuojia oli käytetty 40 %:lla taimikoista (muoviset putket 21 % taimikoista, metalliverkot 15 %, muoviset spiraalisuojat tai verkot 4 %. Pintakasvillisuutta oli torjuttu ennakkoon kemiallisesti 9 taimikossa sekä viljelyn jälkeen kemiallisesti 2 taimikossa ja mekaanisesti 26 taimikossa. Viljelyalojen maanpintaa oli käsitelty seuraavin menetelmin: täysmuokkaus 17 alaa, penkkikyntö 5, mätästys 11, muokkaamaton 9 alaa.

Taimien elossaoloprosenttia ei voitu tässä tutkimuksessa määrittää niin luotettavasti, että sitä olisi voitu käyttää viljelytuloksen arvioimiseen. Sen sijaan käytettiin elossaolevien taimien määrän suhdetta taimikon tavoitetiheyteen. Tavoitetiheys määriteltiin perustamisasiakirjoissa mainitun taimimäärän ja istutusalan koon mukaan, tai maastossa mittaamalla taimien välimatkoja.

Viljelytaimet olivat pysyneet erittäin hyvin elossa: elossa olleiden taimien määrä oli keskimäärin 91 % tavoitetiheydestä (taulukko 3). Taimitiheys oli tavoitetta suurempi (>100 %) neljäsosalla taimikoista. Tähän olivat syynä toteutuneen viljelyn pinta-alan poikkeaminen suunnitellusta ja otantavirheestä eli koealojen sattumisesta taimikoiden tiheisiin kohtiin.

Elossaolleiden taimien määrän suhde tavoitetiheyteen ei ollut yhdessäkään taimikossa alle 50 %. Elossaolleiden tammen taimien määrän suhde tavoitetiheyteen oli putkilla suojatuissa taimikossa 93 %, muulla tavoin suojatuissa 79 % ja suojaamattomissa 83 %. Muilla puulajeilla ei ollut tarpeeksi aineistoa vertailua varten. Elossaolleiden taimien määrän ja tavoitetiheyden suhde oli tervaleppätaimikoissa hieman pienempi kuin jalopuutaimikoissa. Kasvupaikka- ja käsittelytekijöiden vaikutusta elossa olleiden taimien määrään ei voitu selvittää tutkimuksissa, koska taimimäärien vaihtelu oli vähäinen ja aineisto oli pieni.

Taulukko 2. Mitattujen taimikoiden perustietoja.

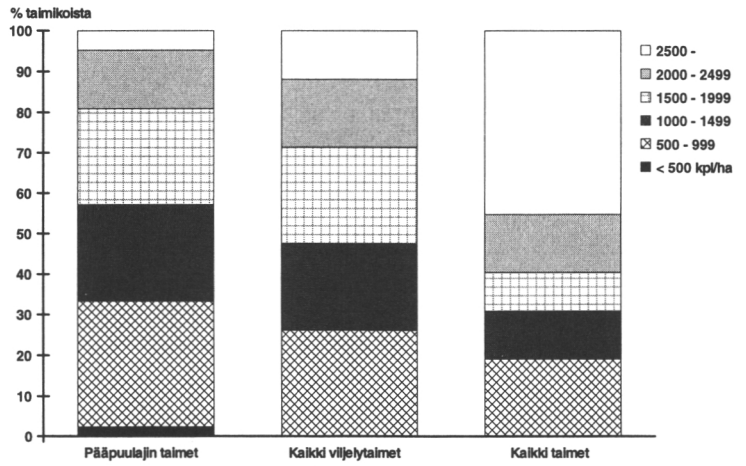
Puulaji	Koe-ala	Sijaintikunta	Maalaji	Taimi-suoja	Ikä, v	Elossalolo/ tavoitetiheys, %	Keski pituus, cm
Tammi	101	Pohja	hHt	1	1	106	23
	102	Pohja	Hs	2	8	80	139
	103	Mäntsälä	Hs	1	1	80	22
	104	Mäntsälä	HsS	1	1	112	16
	107	Ylämaa	hHt	1	1	-	19
	108	Ylämaa	hHt	2	1	93	37
	109	Ylämaa	HtMr	2	1	100	54
	110	Inkoo	hHt	1	7	93	178
	111	Tammisaari	HtS	2	1	109	27
	112	Tammisaari	HtS	2	2	80	65
	113	Tammisaari	hHt	1	1	100	20
	114	Tammisaari	HtS	2	4	78	166
	115	Tammisaari	HtS	2	2	100	139
	116	Sysmä	kHt	4	4	85	39
	118	Asikkala	HtMr	2	1	100	70
	128	Vihti	HtS	4	15	-	260
	129	Rauma	kHt	1	6	63	159
	130	Piikkiö	HtMr	1	2	17	19
	132	Paimio	HtS	1	4	96	31
	133	Paimio	HtS	2	4	98	94
	136	Lohja	HtS	3	8	73	63
Saarni	119	Lohja	AS	3	7	73	89
	130	Piikkiö	HtMr	1	2	133	27
Vuorijalava	122	Lohja	HtS	3	7	153	117
	125	Suomusjärvi	Hs	1	1	85	38
	135	Paimio	HtS	1	4	99	51
Kynäjalava	123	Lohja	HtS	3	8	53	132
Vaahtera	121	Lohja	turve	3	7	139	111
	127	Helsinki	HtS	2	11	-	237
	134	Paimio	HtS	1	4	87	42
Lehmus	124	Lohja	HtS	3	7	112	123
Tervaleppä	105	Vehkalahti	HtS	1	1	102	35
	106	Vehkalahti	HtS	1	1	116	29
	111	Tammisaari	HtS	1	1	91	25
	112	Tammisaari	HtS	1	2	-	75
	113	Tammisaari	hHt	1	1	104	28
	114	Tammisaari	HtS	1	4	-	196
	115	Tammisaari	HtS	1	2	-	74
	117	Heinola mlk	HsMr	1	9	49	484
	120	Lohja	turve	3	7	110	214
	126	Lieksa	Hs	1	5	-	192
	131	Paimio	HtS	1	4	98	91
	137	Pyhtää	HtMr	1	6	92	392
	138	Pyhtää	HtS	1	6	96	424
	139	Kotka	HkMr	1	7	35	332
	140	Pyhtää	HtS	1	5	44	190
	141	Anjalankoski	turve/HtHsS	1	7	91	368
	142	Nummi-Pusula	HsS	1	9	-	474

Maalaji: S Savi, Hs hiesu, Ht hieta, Hk hiekka, Mr Moreeni, AS aitosavi, h hieno
Taimisuoja: 1. ei, 2. putki, 3. verkko, 4. muu

Taulukko 3. Taimikoiden keskimääräinen pääpuulajin runkoluku ja tavoitetiheys puulajeittain.

Puulaji	Taimikoita kpl	Tavoitetiheys taimia, kpl/ha	Elossaolevia kpl/ha	Elossaolo/ tavoitetiheys, %
Tammi	19	1293	1132	88
Saarni	2	836	947	103
Vuorijalava	3	1611	1717	113
Kynäjalava	1	1000	533	53
Vaahtera	2	1657	1656	113
Lehmus	1	714	800	112
Tervaleppä	12	1660	1428	86

Luontaisesti syntyneitä taimia oli 54 %:ssa taimikoista. Niitä oli kaikilla viljelyaloilla keskimäärin 3 059 kpl/ha, joista koivua 1 533 kpl/ha sekä kuusta ja mäntyä yhteensä 94 kpl/ha. Loput luontaiset taimet olivat pajuja, tuomia ja harmaaleppiä. Jalojen lehtipuiden ja tervalepän lisäksi joka kolmanteen taimikkoon oli istutettu muita puulajeja, pääasiassa kuusta ja koivua. Muiden puulajien istutustaimia oli keskimäärin 314 kpl/ha (vaihteluväli 0–2 500). Istutustaimia oli siten taimikoissa keskimäärin yhteensä 1 772 kpl/ha. Kaikkiaan istutustaimia ja luontaisia taimia yhteensä oli keskimäärin 4 853 kpl/ha. Taimikoista 60 % oli sellaisia, että niissä oli vähintään 2 000 tainta hehtaaria kohti (kuva 2).



Kuva 2. Taimikoiden jakautuminen tiheysluokkiin viljeltyjen ja luontaisten taimien lukumäärien mukaan.

Maastossa arvioitu tunnus "Taimen elinvoima" edusti yleisarviota puun kunnosta sen tulevaa kehitystä ajatellen. Tervalepän taimien elinvoimaisuus oli keskimäärin parempi kuin jalopuiden (taulukko 4). Jalopuulajien välillä ei ollut suuria eroja. 83 % mitatuista taimista oli niin hyväkuntoisia, että tuhoja ei ollut tai niillä ei arvioitu olevan merkitystä taimien jatkokehityksen kannalta (terveet ja heikentyneet). Terveiden jalopuun

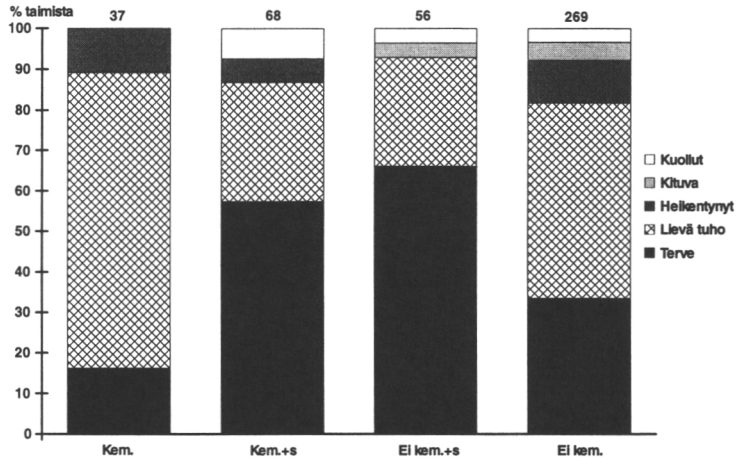
taimien osuus oli keskimääräistä suurempi niissä taimikoissa, joissa oli käytetty taimisuojia (kuvat 3 ja 4).

Olli Uusvaara on tutkinut taimien suojaamisen vaikutusta tammen taimien vaurioitumiseen ja kuolleisuuteen Metsäntutkimuslaitoksen kokeessa Paimiossa. 1,2 m pitkällä putkella suojattujen tammen taimien kuolleisuus oli neljässä vuodessa 1,6 % ja suojaamattomien 3,6 %. Putkella suojatuissa taimissa ei havaittu merkittäviä tuhoja, kun taas 23 % suojaamattomista taimista oli vaurioitunut.

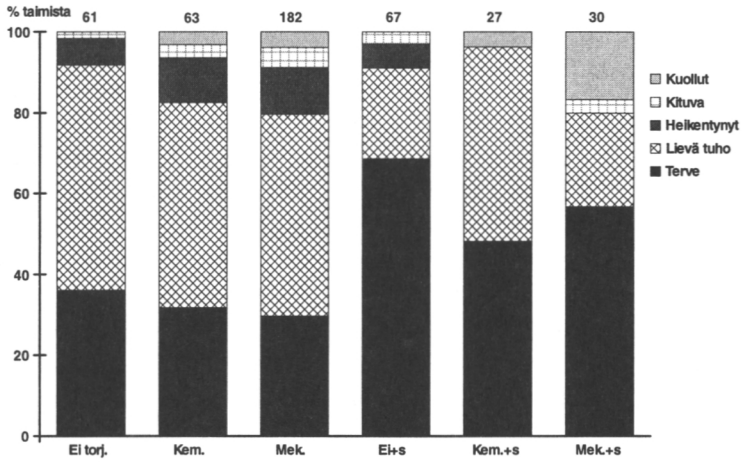
Pintakasvillisuuden ennakko- ja jälkitorjunnan vaikutus jalopuiden ja tervalepän elinvoimaisuuteen oli melko vähäinen. Tervalepän taimet olivat terveimpiä kohteilla, joilla pintakasvillisuutta oli torjuttu kemiallisesti viljelyn jälkeen ja heikkokuntoisimpia aloilla, joilla pintakasvillisuutta ei ollut torjuttu lainkaan viljelyn jälkeen (kuvat 3–5). Maanmuokkausmenetelmien välillä ei havaittu merkittäviä eroja taimien elinvoimaisuudessa

Taulukko 4. Taimien keskimääräinen elinvoima puulajeittain.

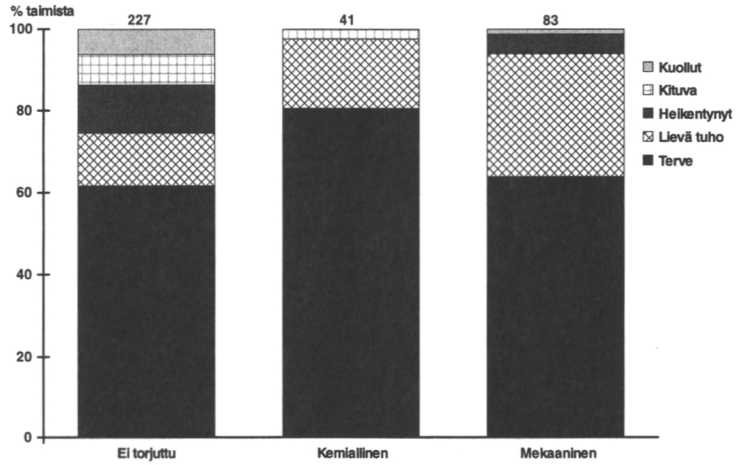
Puulaji	Terve	Lievä tuho	Heikentynyt	Kituva	Kuollut	Yhteensä
			% taimista			kpl
Tammi	39,3	45,0	8,2	3,9	3,6	282
Saarni	42,1	42,1	5,3	5,3	5,3	19
Jalava	33,3	58,7	6,4	0,0	1,6	63
Vaahtera	54,7	24,5	11,3	3,8	5,7	53
Lehmus	15,4	61,5	15,4	0,0	7,7	13
Tervaleppä	65,0	17,5	8,1	5,2	4,3	351
Keskiarvo	51,0	32,4	8,6	4,1	4,0	



Kuva 3. Jalojen lehtipuiden taimien elinvoima pintakasvillisuuden ennakkotorjunnan ja taimien suojauksen mukaan. Kem. = Kemiallinen torjunta. Kem. + s = Kemiallinen torjunta ja taimisuoja. Ei kem. + s = Ei torjuntaa, taimi suojattu taimisuojalla. Ei kem. = Ei torjuntaa. Pylvään yläpuolella taimien lukumäärä.



Kuva 4. Jalojen lehtipuiden taimien elinvoima pintakasvillisuuden viljelyn jälkeisen torjunnan ja taimien suojauksen mukaan. Ei torj. = Pintakasvillisuutta ei torjuttu, ei taimisuojaa. Kem. = Kemiallinen torjunta, ei taimisuojaa. Mek. = Mekaaninen torjunta, ei taimisuojaa. Ei + s = Ei torjuntaa, taimi suojattu taimisuojalla. Kem. + s = Kemiallinen torjunta ja taimisuoja. Mek. + s = Mekaaninen torjunta ja taimisuoja. Pylvään yläpuolella taimien lukumäärä.



Kuva 5. Tervalepän taimien elinvoima pintakasvillisuuden viljelyn jälkeisen torjunnan mukaan. Pylvään yläpuolella taimien lukumäärä.

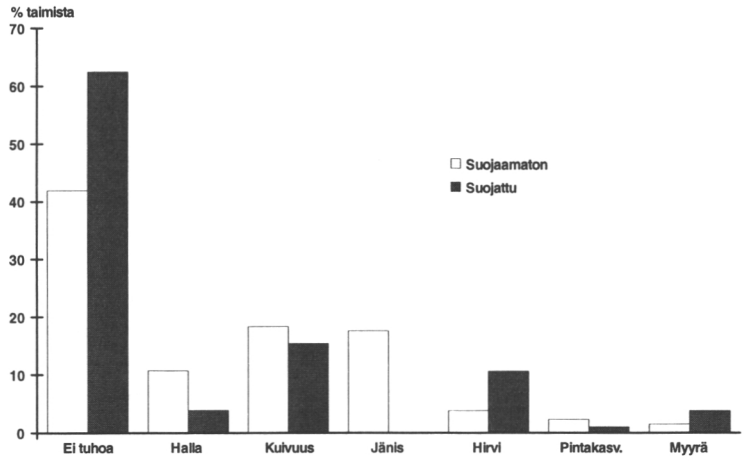
Jalopuiden taimissa oli keskimääräistä useammin tunnistettuja tuhoja kuin tervalepän taimissa (taulukot 5 ja 6). Merkittävä osa tervalepän taimissa havaituista tuhoista oli lieviä lehtituhoja. Tervalepällä oli hyvin harvoin nisäkkäiden aiheuttamia vaurioita, joita oli yleisesti kaikilla jalopuulajiella, erityisesti tammella. Putkilla suojatuista tammista 63 % oli terveitä, suojaamattomista ja muilla tavoin suojatuista 42 % (kuva 6). Putkisuoja oli estänyt jänistuhot täysin, mutta ei hirvieläinten tuhoja silloin, kun taimet olivat jo kasvaneet ulos putkista. Myyrätuhoja tavattiin erittäin vähän.

Taulukko 5. Tuhonaiheuttajat puulajeittain, kun taimen kaksi vakavinta tuhoa on otettu huomioon.

Tuhonaiheuttaja	Puulaji, % taimista					
	Tammi	Saarni	Jalava	Vaahtera	Lehmus	Tervaleppä
Halla	7,5	21,1	0,0	1,9	0,0	0,3
Kuivuus	14,9	0,0	33,3	13,2	0,0	7,4
Liikakosteus	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3
Pintakasvillisuus	1,8	10,5	0,0	1,9	0,0	0,0
Myyrä	2,5	5,3	1,6	5,6	0,0	2,3
Hirvieläimet	9,9	0,0	12,7	1,9	69,9	1,7
Jänis	9,9	5,3	14,3	1,9	0,0	1,7
Hyönteiset	6,0	0,0	0,0	3,8	0,0	7,7
Muu/tunnistamaton	10,6	21,1	28,6	20,8	46,2	11,1
Ei tuhoja	46,1	52,6	34,9	60,4	7,7	65,5

Taulukko 6. Taimien tuhot puulajeittain.

Tuho	Puulaji, % taimista						
	Tammi	Saarni	Jalava	Vaahtera	Lehmus	Tervaleppä	Keskim.
Latva kuollut tai katkennut	15,6	21,1	20,6	7,6	38,5	6,3	11,8
Monilatvainen	16,0	0,0	9,5	5,7	7,7	5,4	9,5
Latvanvaihto	4,6	15,8	0,0	0,0	0,0	1,7	2,3
Silmutuho	5,0	10,5	1,6	0,0	0,0	1,1	2,7
Runko kuollut, vesoo	1,4	5,3	1,6	9,4	0,0	2,6	2,6
Lievä lehtituho	3,9	0,0	3,2	11,3	15,4	11,4	7,8
Vakava lehtituho	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,3	0,3
Koro	1,4	0,0	1,6	0,0	0,0	1,1	1,2
Kallistunut	0,7	0,0	0,0	7,6	0,0	0,3	0,9
Muu	3,6	0,0	1,6	5,7	7,7	3,4	3,5
Ei vikaa	47,9	47,4	58,7	52,8	30,8	66,4	57,1



Kuva 6. Suojaamattomien ja 1,2 m pitkällä muoviputkella suojattujen tammen taimien tuhot ja niiden aiheuttajat.

Taimikoiden keskipituus vaihteli 19 cm:stä 484 cm:iin (taulukko 2). Aineistoon sovitettujen regressiomallien avulla kuvattiin tervalepän taimien pituutta kymmenen ja jalojen lehtipuiden 15 vuoden jaksona istutuksesta lukien. Koska jalojen lehtipuiden välillä ei ollut merkittäviä eroja pituuskehityksessä, laadittiin tervalepälle oma malli ja jaloille lehtipuille yksi yhteinen malli. Taimen pituutta selittivät malleissa taimen ikä, terveydentila, metsänviljelyn ajankohta peltoviljelyn päättymisen jälkeen, latvavauriot, pintakasvillisuuden torjunta sekä taimen suojaus. (mallien yksityiskohdat ja muuttujien kertoimet ks. Valkonen ym. 1995). Malleja käytettiin tutkimusaineiston pituuskehityksen havainnollistamiseen.

Tervalepän taimien pituus 10 vuoden kuluttua istutuksesta oli keskimäärin 5,6 m ja jalopuiden 1,5 m (kuva 7). Malleilla laskettiin taimien pituuskehitys myös silloin, kun kaikki mallin selittävien luokkamuuttujien arvot olivat pituuskehityksen kannalta suotuisat (taimi on terve, taimikko viljelty heti peltoviljelyn päättymisen jälkeen, pintakasvillisuus torjuttu viljelyn jälkeen, taimi suojattu muoviputkella). Terveet ja suotuisissa oloissa kasvaneet tervalepän taimet olivat 10 vuoden kuluttua istutuksesta keskimäärin 8,6 m pitkiä. Putkella suojattujen jalojen lehtipuiden taimet olivat silloin 3,6 m pitkiä ja putkella suojaamattomat taimet 2,1 m pitkiä.

Metsäntutkimuslaitoksen Paimion kokeessa ilman suojaputkea kasvaneiden tammien keskipituus oli neljän kasvukauden jälkeen 31 cm, kun 1,2 m pituisissa putkisuojissa kasvaneiden tammen taimien keskipituus oli 94 cm (kuva 8).

Päätelmät

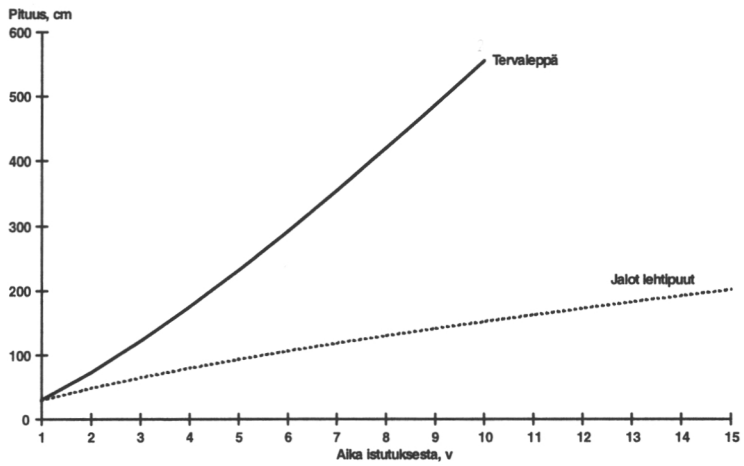
Jalopuiden ja tervalepän viljely on lisääntynyt viime vuosina etenkin hyvälaatuisilla pelloilla metsänparannusrahoituksen turvin (Ahtiainen ym. 1992). Tervalepän viljelyala on viime vuosina ollut suuruusluokkaa 60 ha/v ja jalopuiden 30–40 ha/v. Jalopuiden viljelyä on Euroopan Unionin jäsenyyden toteuduttua mahdollisuus jatkaa ja kenties lisätä jalopuukohteille myönnettävän korotetun metsityspalkkion turvin (Hilska-Aaltonen 1994, Rantanen 1995).

Tutkimusaineiston edustavuutta ja sen perusteella tehtyjen päätelmien yleistettävyyttä on vaikea arvioida. Vertailuaineistoja ja tutkimustuloksia ei ollut. Aineiston voidaan kuitenkin olettaa edustavan jalopuiden ja tervalepän huolellisimmin ja määrätietoisimmin perustettuja viljelyaloja, jotka muodostavat onnistuessaan metsikön. Täysin epäonnistuneita viljelyksiä ei todennäköisesti ole vaivauduttu ilmoittamaan yhtä usein kuin edes jotenkin menestyneitä.

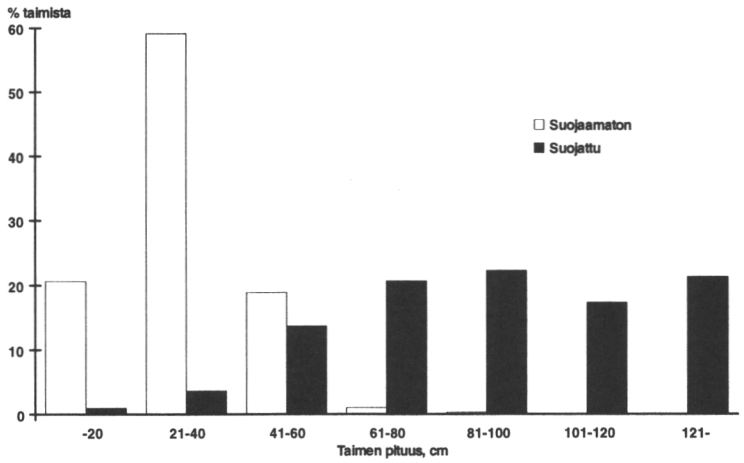
Jalopuiden ja tervalepän viljely oli onnistunut asetettuihin tavoitteisiin nähden erittäin hyvin. Täysin epäonnistuneita viljelyksiä tuli tietoon vain muutamia. Jalopuiden ja tervalepän taimia oli kuollut suhteellisesti vähemmän kuin havupuiden ja koivun taimia Metsäntutkimuslaitoksen pellonmetsityskokeissa, joissa kolmen kasvukauden kuluttua viljelystä oli kuollut keskimäärin 16 % männyn, 4 % kuusen, 17 % rauduskoivun ja 8 % hieskoivun taimista (Ferm ym. 1993). Eläviä viljelytaimia oli jalopuu- ja tervaleppätaimikoissa keskimäärin 1 800 kpl/ha, josta jalopuiden ja tervalepän taimia keskimäärin 1 480 kpl/ha. Jos lasketaan vain viljelytaimet, jalopuu- ja tervaleppätaimikot olivat tiheämpiä kuin eteläisimmän Suomen metsämaalle viljellyt mänty- ja kuusi-

taimikot, joissa kasvatuskelpoisten viljelytaimien määrä oli keskimäärin 1 200–1 400 kpl/ha (Räsänen ym. 1985).

Jalopuiden ja tervalepän taimet olivat hyväkuntoisia ja taimikoiden jatkokehitysnäkymät olivat tässä suhteessa hyvät. Vain 13 % taimista oli heikentyneitä tai kituvia. Pelloille viljeltyjen jalopuiden ja tervalepän taimien kunto ei ollut keskimäärin ainakaan huonompi kuin kotimaisten havupuiden ja koivujen: männyn ja rauduskoivun taimista oli heikentyneitä tai kituvia 17 %, kuusista 27 % ja hieskoivusta 13 % Metsäntutkimuslaitoksen pellonmetsityskokeissa (Ferm ym. 1993).



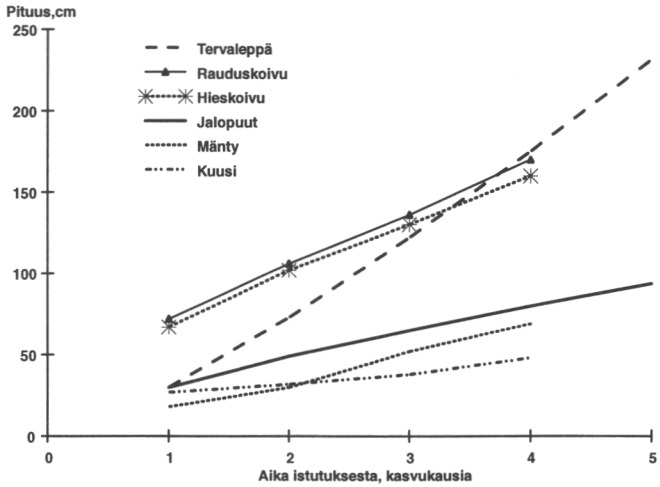
Kuva 7. Tervalepän ja jalojen lehtipuiden taimien mallilla tasoitettu keskipituus tutkimusaineistossa 10–15 vuotta viljelystä eteenpäin.



Kuva 8. Tammen taimien pituusjakauma Paimion kokeessa taimisuojissa ja ilman taimisuojia neljän kasvukauden jälkeen istutuksesta.

Tervalepän taimien pituuskehitys oli jalopuihin sekä pelloille viljeltyihin mäntyihin ja kuusiin verrattuna erittäin nopeaa (kuva 9). Tervaleppien pituuskehitys 10 vuoden ikään asti viljelystä lukien vastasi pellolle istutettujen koivujen kehitystä (kuva 10). Jalopuiden pituuskehitys oli ollut tervaleppään ja koivuun verrattuna hidasta.

Jalopuiden taimissa tavattiin aiempien tutkimusten ja käytännön kokemusten perusteella muodostettuun ennakkokäsitykseen nähden hyvin vähän vakavia vaurioita (Rainio 1986, 1993 suul., Rätt trädslag 1991, Antikainen 1992). Tervaleppä oli yleensä säästynyt vakavilta tuhoilta muutamaa poikkeavan huonoissa oloissa kasvanutta taimikkoa lukuunottamatta. Jalopuiden ja tervalepän taimista keskimäärin 57 %:lla ei havaittu minkäänlaista vikaisuutta. Männyn ja kuusen kasvatuskelpoisista istutustaimista keskimäärin 40–44 %:lla ei ollut minkäänlaisia vikoja (Räsänen ym. 1985).

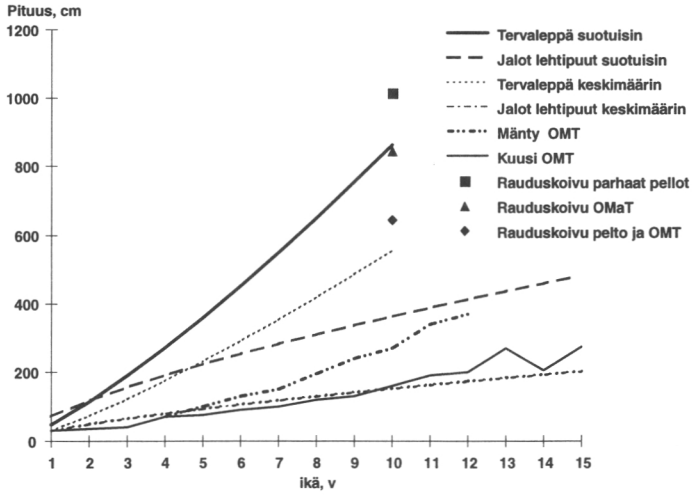


Kuva 9. Tervalepän ja jalopuiden malleilla tasoitettu keskimääräinen pituuskehitys verrattuna koivujen, männyn ja kuusen pituuskehitykseen Metsäntutkimuslaitoksen pellonmetsityskokeissa (Ferm ym. 1993; neljännen kasvukauden pituustiedot ennakkotietoja, Hytönen 1994 suullinen).

Myyrät olivat vaurioittaneet vain 3 % taimista. Peltomaille viljeltyjen taimikoiden myyrätuhoriski on yleensä parikymmenkertainen metsämaan viljelyksiin verrattuna (Teivainen 1979, Henttonen 1991). Männyn, kuusen ja koivun pellonmetsityskokeilla tavattiin selvästi enemmän myyrätuhoja kolmannen kasvukauden jälkeen (10–14 % taimista) kuin jalopuilla ja tervalepällä tässä tutkimuksessa (Ferm ym. 1993). Koska kertainventointi kuvaa taimikoiden tilaa vain mittaushetkellä ja myyräkannat vaihtelevat jaksollisesti, ei voida olla varmoja millaisia myyrätuhot ovat pitemmällä aikavälillä (Henttonen 1991).

Taimikot olivat säästyneet vakavilta hirvi- peura-, ja jänistuhoilta. Putkella tai verkolla suojatuilla taimilla ei tavattu lainkaan jänistuhoja. Jalopuiden taimien suojaus yksittäissuojin (putket) ei ole tämän tutkimuksen tulosten mukaan aina välttämätöntä, mutta se estää kohtalokkaat tuhot riskialtiissa varhaisvaiheessa. Putken suojavaikutus hirviä vastaan loppuu taimien kasvaessa ulos putkista: 1,2 metrin pituinen putki suojaa

tainta hirvieläintuhoilta keskimäärin vain 2–3 ensimmäisen kasvukauden ajan, ja 1,8 m pituinen putki 4 kasvukauden ajan. Tervalepällä ei ollut käytetty taimisuojia, mutta hirvi- ja jänistuhoja ei juuri esiintynyt. Tervaleppä ei yleensä maistukaan jäniksille ja hirvieläimille (Matthews 1987, Almgren 1990).



Kuva 10. Jalopuiden ja tervalepän istutustaimien pituuskehityksen vertailu muihin puulajeihin metsä- ja peltomaalla. Jalopuiden ja tervalepän malleilla tasoitettu keskipituus aineistossa keskimäärin ja mallin muuttujien mukaan suotuisimmissa oloissa (ks. teksti). Männyn ja kuusen keskipituus metsänviljelyalojen inventoinnista eteläisimmässä Suomessa lehtomaisella kankaalla (OMT) (Räsänen ym. 1985). Rauduskoivun valtapituus parhailla pelloilla ja lehdoissa (OMaT) kasvumallien mukaan 10 vuoden iällä (Oikarinen 1983). Rauduskoivun valtapituus koivun viljelykokeissa pelloilla ja lehtomaisella kankaalla (OMT) Etelä-Suomessa 5 ja 10 vuoden iällä (Raulo 1977).

Muovinen taimisuojaputki nopeuttaa taimien vuotuista pituuskasvua muutamina vuosina viljelyn jälkeen 50–100 % ja pienentää niiden haaroittumisriskiä pakottamalla taimet kasvamaan suoraan ylöspäin. Putkella suojatut taimet olivat 10 vuoden iässä keskimäärin 3,7 m ja suojaamattomat 2,2 m pitkiä. Samanlaisia tuloksia on saatu sekä Metsäntutkimuslaitoksen Paimion kokeessa että ulkomaisissa tutkimuksissa (Tuley 1985, Potter 1991, Windell 1992).

Välittömästi peltoviljelyn jälkeen tapahtunut metsitys sekä pintakasvillisuuden torjunta nopeuttivat hieman taimien pituuskehitystä tutkimusaineistossa. Samansuuntaisia tuloksia ovat saaneet saarnella Rancken (1934) sekä männyllä ja kuusella mm. Bärring (1967) sekä Ferm ym. (1994).

Taimikoiden kehityksen ja maaperän ominaisuuksien välillä ei ilmennyt yhteyttä. Taimikot kasvoivat viljavilla mailla, joiden vesitalous oli kunnossa. Muutama tervaleppätaimikko kasvoi liian märällä, tulvaisella kasvupaikalla. Maan ravinteisuusarvot olivat tosin peltomaihin verrattuina vain välttäviä tai huonoja, mutta vastasivat yleensä metsämaiden lehtojen tai lehtomaisten kankaiden tasoa (ks. Valkonen ym. 1995, Urvas & Erviö 1974, Kähäri ym. 1987, Tamminen 1991, Tolkning av... 1991, Urvas 1991).

Tämän tutkimuksen tulosten perusteella ei voida päätellä millaisia ravinteisuusarvoja maa-analyysin täytyy vähintään osoittaa, jotta kasvupaikka soveltuisi tietyn jalopuulajin tai tervalepän kasvattamiseen. Tällaisten suositusten laatiminen on vaikeaa kotimaisten jalopuumetsien vähäisyyden ja metsänhoidollisen tilan suuren vaihtelun takia.

Varttuneita jalopuumetsiköitä koskeneessa tutkimuksissa todettiin, että Suomen nykyiset varttuneet jalopuumetsiköt on perustettu ja kasvatettu nuorina aivan liian harvoina. Puut ovat kehittyneet haaraisiksi ja oksaisiksi, ja niiden tukkipuuosuus on jäänyt mahdollisuuksiin nähden pieneksi (Valkonen ym. 1995). Myös tässä tutkimuksessa inventoidut jalopuutaimikot olivat viljelyn hyvästä onnistumisesta huolimatta liian harvoja arvopuun tuottamista varten. Taimikon on oltava tiheä, jotta puiden kova keskinäinen kilpailu estäisi oksien liiallisen paksuuskasvun ja puiden haaroittumisen. Puhtaan tammen taimikon viljelytiheyden pitäisi olla vähintään 10 000 kpl/ha, verhopuustoa käytettäessä 4 000–6 000 kpl/ha (Almgren ym. 1984, Ståål 1986). Suomessa Oy Fiskars Ab on käyttänyt viljelytiheyttä 2 000 kpl/ha, mutta runkomuodon kehittämiseksi on jouduttu käyttämään taimisuojia, kasvattamaan verhopuustoa ja leikkaamaan taimia (Antikainen 1992, Nordman 1992 suul., 1994 suull.). Jalavan ja lehmuksen viljelytiheyksien olisi oltava samaa luokkaa kuin tammen, koska niillä on suuri haarautumistaipumus ja oksat kasvavat harvassa metsikössä paksuiksi. Puhtaat saarnija vaahterataimikot voidaan Almgrenin ym. (1984) mukaan perustaa harvemmiksi, 2 500–3 000 kpl/ha.

Jalopuiden kasvattamisessa vaadittava kilpailuvaikutus saadaan tiheitä puhtaita metsiköitä paremmin ja halvemmin aikaan perustamalla ryhmittäisiä taimikoita ja sekametsiä. Kalliita ja intensiivisesti hoidettavia jalopuun taimia voidaan viljellä paljon vähemmän, kun ne viljellään 4–10 kappaleen ryhmiin. Jalopuuryhmien välissä kasvatetaan luontaista tai viljeltyä sekapuulajia, joka kilpailullaan parantaa jalopuiden laatukehitystä (Almgren ym. 1984, Gustavsson 1990, Rätt trädslag... 1991, Antikainen 1992, Eriksson ym. 1992, Johann 1994, Schütz 1994). Tämän tutkimuksen yhteydessä ei tavattu ainoatakaan taimikkoa, jossa olisi kokeiltu ryhmittäistä puulajisekoitusta. Luontaisia taimia oli syntynyt peltomaille varsin vähän, keskimäärin 3 000 kpl/ha. Niiden tilajärjestys oli voimakkaasti ryhmittäinen, ja taimia oli yleensä syntynyt vain pienelle osalle taimikon pinta-alasta.

Jalopuiden viljely on Suomessa puuntuotannon, puutavaran kysynnän ja kasvatuksen taloudellisuuden kannalta täysin epävarmalla pohjalla. Odotettavissa olevan puuntuotannon määrän, laadun ja arvon sekä sen taloudellisen kannattavuuden arvioiminen on mahdotonta. Jalopuumetsiköiden perustaminen, hoito ja kasvattaminen on vaikeampaa, kalliimpaa ja työläämpää kuin havupuu- ja koivumetsien. Ainoastaan pitkäjänteinen, määrätietoinen työ voi johtaa taloudellisesti arvokkaan päätehakkuupuuston kehittymiseen 60–200 vuoden pituisen kiertoajan päätteksi. Jalopuiden kasvattamiseen sisältyy poikkeuksellisen suuria biologisia ja taloudellisia riskejä. Jalopuiden kotimaisen kysynnän muodostumisesta ei ole takeita, jos puuntuotantoon käytettävien jalopuumetsien määrä pysyy vähäisenä. Jalopuiden kasvattamisen tavoitteita ei pystytä asettamaan varmoin perustein, eikä niiden optimaalisista kasvatusmenetelmistä ja kasvupaikkojen sopivuudesta tiedetä tarpeeksi (Valkonen ym. 1995).

On kuitenkin muistettava, että jalopuiden ja tervalepän viljelyn kasvattamisella on muitakin kuin puuntuotannollisia ja taloudellisia tavoitteita. Jalopuiden vähäinenkin vuosittainen viljeleminen on erittäin arvokas asia metsäluonnon monimuotoisuuden

edistämisen, kulttuurimaiseman hoitamisen ja metsien monikäytön edistämisen kannalta.

Mikäli peltoja poistetaan käytöstä ennakoidulla tavalla, jalopuiden ja tervalepän kasvattamiseen soveltuvia kasvupaikkoja siirtyy metsätalouden käyttöön runsaasti. Jalopuut eivät ratkaise pellon metsityksen ongelmia: niiden viljely kyllä onnistuu, mutta on vaikeampaa, työläämpää, kalliimpaa ja riskialttiimpaa kuin männyn, kuusen ja koivun. Tervalepän viljely ja kasvattaminen on selvästi helpompaa kuin jalopuiden. Taimituhojen riski on tervalepällä jalopuita pienempi, ja sen taimet kasvavat nopeasti ohi tuhoherkimmän varhaisvaiheen. Tervaleppä kasvaa erittäin nopeasti, kehittyy helposti hyvälaatuiseksi rungoksi, ja sen kiertoaika muodostunee selvästi lyhyemmäksi kuin jalopuilla (Valkonen ym. 1995).

Käytännön suosituksia jalopuiden viljelyä ja kasvattamista varten ovat antaneet mm. Rainio (1986), Tyrväinen ja Räsänen (1989), Kiuru (1991a, 1991b), Hämet-Ahti ym. (1992), Antikainen (1992), Pihlström (1993) ja Tyystjärvi (1994). Koska kotimaisia tutkimuksia on tehty aiemmin hyvin vähän, ohjeet ovat perustuneet varsin hajanaisiin käytännön kokemuksiin sekä ruotsalaisiin kasvatusmalleihin ja opaskirjoihin (Carbonnier 1947, 1975, Almgren ym. 1984, Ståål 1986 Almgren 1990, Rätt trädslag 1991, Eriksson 1991). Jalopuiden ja tervalepän metsiköiden nykytilaa sekä niiden kasvattamisen mahdollisuuksia ja tavoitteita on tutkittu Metsäntutkimuslaitoksen tutkimushankkeessa. Sen loppuraporttiin sisältyy yksityiskohtaisia viljely- ja kasvattamissuosituksia (Valkonen ym. 1995).

Kirjallisuus

Ahtiainen, A., Kostamo, J., Leppänen, T. & Sampakoski, P. 1992. Pellonmetsittäjän opas. Taimi-Tapio Oy. 47 s.

Alanen, A. 1988: Säilykööt saarni ja muut jalot puumme. Sorbifolia 19(4):169–177.

Alapassi, M. & Alanen, A. 1988: Lehtojensuojeluryhmän mietintö. Komiteanmietintö 1988:16. Ympäristöministeriö. 279 s.

Almgren, G. 1990. Lövskog. Björk, asp och al i skogsbruk och naturvård. Solna. 261 s.

— , Ingelög, T., Ehnström B. & Mörtnäs, A. 1984. Ädellövskog – ekologi och skötseln. 2. painos. Skogsstyrelsen. Jönköping. 136 s.

Antikainen, M. 1992. Tammimetsien hoito. Helsingin yliopiston metsäekologian laitoksen tiedonantoja 1. 105 s.

Bärring, U. 1967. Studier av metoder för plantering av gran och tall på åkermark i södra och mellersta Sverige. Summary: Studies of methods employed in the planting of Picea abies (L.) H. Karst. and Pinus silvestris (L.) on farm land in southern and central Sweden. Studia Forestalia Suecica 50. 332 s.

Carbonnier, C. 1947. Produktionsöversikter för ask. Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut 36(5):1–44.

— 1975. Produktionen i kulturbestånd av ek i södra Sverige. Summary: Yield of oak plantations in southern Sweden. Studia Forestalia Suecica 125. 89 s.

Eriksson, L. 1991. Ekonomin vid åkermarkbeskogning. Sveriges Lantbruksuniversitet, SIMS Institutionen för Skog-Industri-Marknad Studier. Rapport 17. Uppsala. 141 s + 5 liitettä.

— , Malmqvist, C. & Woxblom, L. 1992. Forsknings- och utvecklingsbehov inom området åkermarksbeskogning. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för Skog-Industri-Marknad Studier. Serien Utredningar 12. 17 s.

Ferm, A., Hytönen, J., Koski, K., Vihanta, S. & Kohal, O. 1993. Peltojen metsitysmenetelmät. Kenttäkokeiden esittely ja metsitysten kehitys kolmen ensimmäisen vuoden aikana. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 463. 127 s.

— , Hytönen, J., Lilja, S. & Jylhä, P. 1994. Effects of weed control on the early growth of Betula pendula seedlings established on an agricultural field. Scandinavian Journal of Forest Reseach 9:347–359.

Gustavsson, R. 1990. Plantera skog med speciella miljökvaliteter! Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 90(4):10–21.

Henttonen, H. 1991. Myyrätuhot peltojen metsityksessä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391: 92–99.

Hilska-Aaltonen, M. 1994. Ecuja metsien ja maaseudun kehittämiseen. Feogasta maksettavien metsätaloustoimenpiteiden rahoitus. Metsäkeskus Tapio. Moniste. 12 s.

Hämet-Ahti, L., Palmen, A., Alanko, P. & Tigerstedt, P. 1992. Suomen Puu- ja pensaskasvio. 2. uudistettu painos. Dendrologian Seura r.y., Helsinki. 373 s.

Johann, K. 1994. Ja zu mehr Laubholz bei den Kulturen! Aber welche Pflanzverbände? Österreichische Forstzeitung 4:6–8.

Kiuru, H. 1991a. Jalopuumetsän perustaminen. Metsä ja puu 9:33–34.

— 1991b. Jalopuiden taimikonhoito ja harvennukset. Metsä ja puu 10:30–31.

Kähäri, J., Mäntylahti, V. & Rannikko, M. 1987. Suomen peltojen viljavuus 1981–1985. Viljavuuspalvelu Oy. 60 s.

Matthews, J. D. 1987. The silviculture of alders in Great Britain. OFI Occasional Papers. Oxford Forestry Institute, University of Oxford. 34:29–38.

Metsätalous ja ympäristö. 1994. Metsätalouden ympäristöohjelmatyöryhmän mietintö 1994:3. Maa- ja metsätalousministeriö. 99 s.

Ollinmaa, P. 1952. Jalot lehtipuumme luontaisina ja viljeltyinä. Silva Fennica 77:1–73.

Oikarinen, M. 1983. Etelä-Suomen viljeltyjen rauduskoivikoiden kasvatusmallit. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 113. 75 s.

Pellonmetsityskokeiden mittausohjeet. 1992. Metsäntutkimuslaitos. Kannuksen tutkimusasema. Moniste. 14 s. + liitteet.

Pihlström, K. 1993. Träden och vi. Föreningen för Skogskultur r. f. Helsingfors. 160 s.

Potter, M. J. 1991. Treeshelters. Forestry Commission Handbook 7. Her Majesty´s Stationery Office. London. 48 s.

Rainio, R. 1986. Tammen viljely. Sorbifolia 17:9–19.

Rancken, T. 1934. Erfarenheter om asken som skogsträd i Finland. Acta Forestalia Fennica 40:(19) s. 1–23 + 24 valokuvaa.

Rantanen, M. 1995. Maisema metsittyy Unionin tuella. Jälkihoidostakin maksetaan palkkio. Metsälehti 3:2.

Raulo, J. 1977. Development of dominant trees in Betula pendula Roth. and Betula pubescens Ehrh. plantations. Seloste: Viljeltyjen raudus- ja hieskoivikoiden valtapuiden kehitys. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 90(4). 15 s.

Räsänen, P. K., Pohtila, E., Laitinen, E., Peltonen, A. & Rautiainen, O. 1985. Metsiemme uudistaminen kuuden eteläisimmän piirimetsälautakunnan alueella. Vuosien 1978–1979 inventointitulokset. Folia Forestalia 637. 30 s.

Rätt trädslag vid åkerplantering. 1991. Företagsutveckling på landsbyggden. Jordbruksverket Rapport 1991:10. Jönköping. 79 s.

Salminen, S. 1993. Eteläisimmän Suomen metsävarat 1986–1988. Folia Forestalia 825. 111 s.

Schütz, J. 1994. Waldbauliche Behandlungsgrundsätze in Mischbeständen. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 145(5):389–399.

Somerma, P. 1992. Importance of rare southern deciduous trees to the Macrolepidoptera fauna of Finland. Memoranda Societatis Fauna Flora Fennica 68:87–92.

Ståål, E. 1986. Eken i skog och landskapet. Södra skogsägarna. Växjö. 127 s.

Tamminen, P. 1991. Kangasmaan ravinnetunnusten ilmaiseminen ja viljavuuden alueellinen vaihtelu Etelä-Suomessa. Folia Forestalia 777. 40 s.

Teivainen, T. 1979. Metsäpuiden taimien myyrätuhot metsänuudistusaloilla ja metsitetyillä pelloilla Suomessa vuosina 1973–76. Folia Forestalia 387. 23 s.

Tolkning av markkarteringen vid åkerbruk. 1991. Viljavuuspalvelu Oy. 70 s.

Tuley, G. 1985. The growth of young oak trees in shelters. Forestry 58(2):180–195.

Tyrväinen, L. & Räsänen, P. 1989. Vaahtera-lehmus -sekametsän kasvatus Keltaniemen luonnonsuojelualueella Asikkalassa. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitoksen tiedonantoja 64. 29 s.

Tyystjärvi, P. 1994. Tammen kasvatus. Referat: Odling av ek. Metsänjalostussäätiö. Tiedote 1. 8 s.

Urvas, L. 1991. Pelto- ja metsämaiden ravinteisuuden vertailu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391:55–59.

— & Erviö, R. 1974. Metsätyypin määräytyminen maalajin ja maaperän kemiallisten ominaisuuksien perusteella. Maataloustieteellinen Aikakauskirja 3:307–319.

Valkonen, S., Rantala, S. & Sipilä, A. 1995. Jalojen lehtipuiden ja tervalepän viljely ja kasvattaminen. Sammandrag: Odking och uppdragande av ädla lövträd och klibbal. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja. Käsikirjoitus.

Windell, K. 1992. Tree shelters for seedling protection. Technology & Development Program. United States Department of Agriculture. Forest Service. 142 s.

Haastattelut, retkeilyt ja julkaisemattomat esitelmät

Nordman, S. 1992. (suull.) Retkeily Fiskarsin jalopuumetsiköissä joulukuussa 1992.

— 1994. (suull.) Jalojen lehtipuumetsiköiden perustamistyöt. Esitelmä kurssilla Jalojen lehtipuiden hoito ja viljely Suomessa. Ruotsinpyhtää 23–24.8.1994. Kymenlaakson kesäyliopisto.

Rainio, R. 1993. (suull.). Retkeily läntisen Uudenmaan ja Rainion tilan jalopuuviljelmillä 18.5.1993.

Käytännön pellonmetsitysten onnistuminen ja tuotos

Kaarlo Kinnunen

Tiivistelmä

Tähän työhön on koottu tärkeimmät tulokset pellonmetsityshankkeessa toteutetuista käytännön pellonmetsitysten inventoinneista. Eri osissa Suomea inventoitiin yhteensä noin 600 pellonmetsitysalaa, jotka oli perustettu vv. 1968–87 välisenä aikana.

Kuusi ja rauduskoivu menestyivät mäntyä paremmin pellonmetsityksessä. Etenkin Lapissa mänty menestyi huonosti. Myös rauduskoivu menestyi Lapissa huonosti. Taimikoiden perustamisajankohdalla oli selvä vaikutus tulokseen, johtuen ilmeisesti myyräkantojen vaihtelusta ja muista tuhoista, joiden merkitys vaihtelee vuosittain. Kivennäismaapeltojen metsittäminen onnistui selvästi paremmin kuin turvepohjaisten peltojen. Suunta oli sama kaikilla puulajeilla.

Luontaisesti syntyneillä taimilla oli suuri merkitys taimikoiden täydentäjänä ja jopa epäonnistuneen metsityksen korvaajana. Valtaosa luontaisista taimista oli hieskoivuja. Länsi-Suomessa kolmannes männyllä metsitetyistä pelloista oli muuttunut hiesvaltaisiksi. Myös Pohjois-Pohjanmaalla hieskoivulla oli suuri merkitys ja turvemaalla kaikilla alueilla.

Puiden pituuskehitys oli kivennäismailla turvemaita nopeampaa. Länsi-Suomen mäntyalat sijoittuivat pääosin pituusboniteettiluokkiin 24 ja 27, jotka metsämaalla vastaavat puolukka- ja mustikkatyyppiä. Kuusialat jakautuivat tasan pituusboniteetteihin 27, 30 ja 33 vastaten käenkaali-mustikkatyyppiä ja sitä parempia metsämaita. Rauduskoivun pituusboniteetit vaihtelivat 22–28 (puolukkatyyppi-lehto). Tyypillistä Länsi-Suomen pellonmetsityksille oli suuri alojen välinen vaihtelu. Pellonmetsitysalojen keskituotos vastasi käenkaali-mustikkatyypin tuotosta metsämailla.

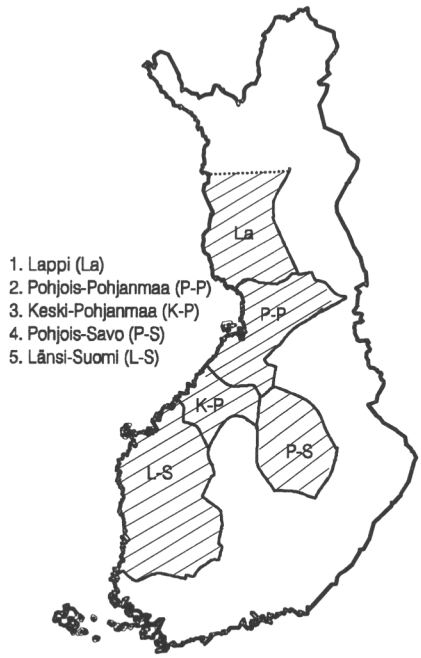
Tutkimusaineisto

Kaikkiaan aineisto käsitti noin 600 pellonmetsitysalaa, jotka oli perustettu vv. 1968–87 välisenä aikana. Pääosa (yli puolet) metsityksistä sijaitsi Pohjois-Pohjanmaalla (taulukko 1). Muita tutkimusalueita olivat Lapin, Keski-Pohjanmaan ja Pohjois-Savon metsälautakunnat (kuva 1). Neljää läntistä metsälautakuntaa (Satakunta, Pirkka-Häme, Etelä-Pohjanmaa ja Pohjanmaa) käsiteltiin yhtenä, Länsi-Suomen, tutkimusalueena. Puulajeista keskityttiin mäntyyn, kuuseen ja rauduskoivuun, jotka ovat ylivoimaisesti eniten käytetyt puulajit pellonmetsityksessä. Inventoinnissa mänty oli yliedustettu yleisyyteensä nähden, johtuen siitä, että Pohjois-Pohjanmaalla sen osuus oli suuri. Inventoinnissa oli mukana sekä kivennäis- että turvemaapeltoja.

Tutkimusalue painottui Suomen länsipuoliskoon, etelä- ja itäosa jäivät inventointien ulkopuolelle. Metsitysten ikä vaihteli 2–23 vuoteen. Suurin osa metsityksistä oli toteutettu 1970-luvun alussa. Pohjois-Pohjanmaalla samat alat inventoitiin kahdessa ikävaiheessa (Valtanen 1991) ja Länsi-Suomessa alojen kehittymistä seurattiin kolmessa ikävaiheessa (Kinnunen 1977, Kinnunen & Nerg 1983, Kinnunen & Aro 1995). Muut alat inventoitiin vain kerran.

Inventointien tuloksia on jo aiemmin julkaistu sekä yksityiskohtaisesti (Hytönen 1991, Valtanen 1991, Hynönen 1992, Rossi ym. 1993) että erillisinä yhteenvetoina

(Hynönen & Saksa 1991, Kinnunen 1991). Tässä tarkastellaan eri inventointien tärkeimpiä tuloksia rinnakkain. Mukana on tietoja myös kahdesta vielä julkaisemattomasta aineistosta (Hynönen & Saksa 1995, Kinnunen & Aro 1995).



Kuva 1. Tutkimusalueet.

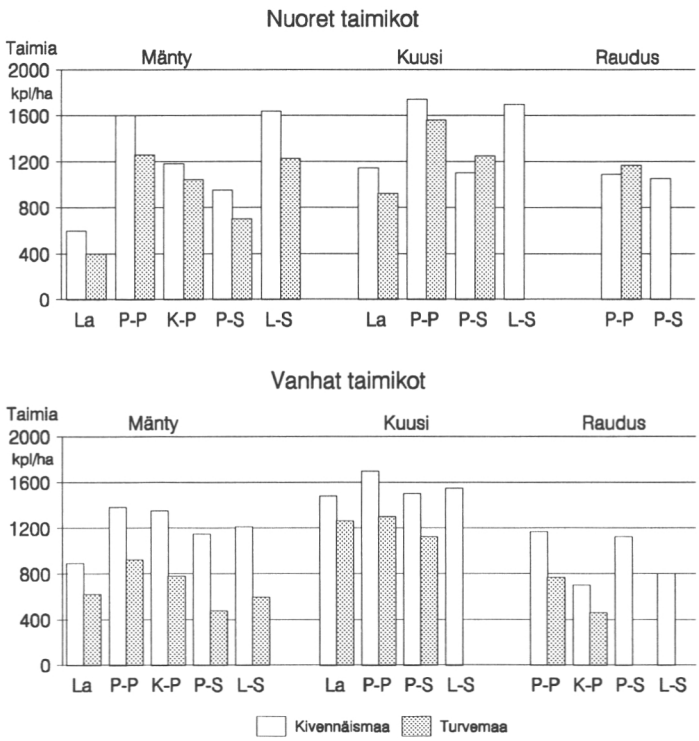
Taulukko 1. Metsitysalojen lukumäärä alueittain, perustamisvuosittain ja puulajeittain.

Alue	Per.vuodet	Ikä, v.	Mänty	Kuusi	Raudus	Yhteensä
Lappi	1973–74	15–16	17	10	4	31
	1981–82	7– 8	15	7	-	22
Pohjois-Pohjanmaa	1968–74	2– 8	274	23	21	318
	-"-	14–20	242	21	18	281
Keski-Pohjanmaa	1973–74	15–16	20	-	14	34
	1981–82	7– 8	20	-	-	20
Pohjois-Savo	1971–72	18–19	16	14	4	34
	1975–77	13–14	16	12	4	32
	1980–82	9–10	21	15	4	40
	1985–87	4– 5	18	9	-	27
Länsi-Suomi	1969–70	5	13	10	-	23
	-"-	11– 12	-"-	-"-	-	23
	-"-	23	-"-	-"-	17	40

Tulokset

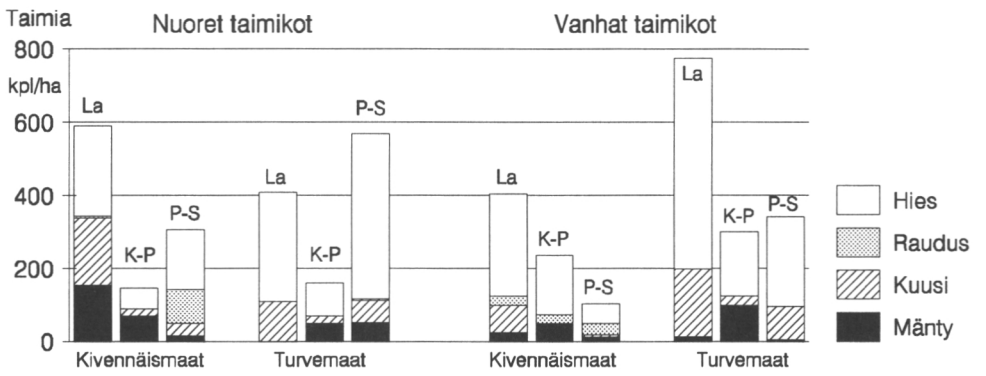
Taimien määrä

Kivennäismailla istutustaimet säilyivät selvästi paremmin elossa kuin turvemailla (kuva 2). Vain Pohjois-Savon nuorissa kuusi- ja Pohjois-Pohjanmaan rauduskoivutaimikoissa turvemailla oli jopa enemmän taimia kuin kivennäismailla. Kuusen taimet pysyivät paremmin elossa kuin männyn taimet. Erityisesti Lapissa männyntaimien kuolleisuus oli suuri. Myös rauduskoivut säilyivät mäntyä paremmin elossa; pienemmästä viljelytiheydestä huolimatta, koivun taimia oli suunnilleen yhtä paljon elossa kuin männyn taimia. Lapissa vanhoissa taimikoissa oli poikkeuksellisesti enemmän taimia elossa kuin nuorissa taimikoissa. Tämä kuvannee sitä, että pohjoisen äärevissä oloissa sää ja tuhotilanne vaikuttavat enemmän tulokseen kuin etelämpänä.



Kuva 2. Istutustaimien määrä alueittain ja puulajeittain nuorissa ja vanhoissa taimikoissa kivennäis- ja turvemailla.

Suurin osa kasvatuskelpoisista luonnontaimista oli hieskoivuja, joita oli turvemailla enemmän kuin kivennäismailla (kuva 3). Rauduskoivuja oli eniten Pohjois-Savossa kivennäismailla. Pohjois-Pohjanmaalla noin joka toisella koealalla (koko 50 m^2) hieskoivuja oli yli 1000 kpl/ha, mutta kolmanneksella aloista hieskoivuja ei ollut lainkaan. Havupuiden ja rauduskoivun merkitys taimikoiden täydentäjinä jäi melko vähäiseksi.



Kuva 3. Kasvatuskelpoisten luonnontaimien määrä alueittain ja puulajeittain nuorissa ja vanhoissa taimikoissa kivennäis- ja turvemailla.

Taimikoiden kasvatuskelpoisuus ja pituuskehitys

Taimikot jaettiin kasvatuskelpoisten taimien määrän mukaan kolmeen luokkaan: Tyydyttävät (> 1600 kpl/ha), välttävät (800–1600 kpl/ha) ja heikot (<800 kpl/ha). Turvepeltojen metsityksen vaikeus halutulle puulajille näkyi selvimmin Pohjois-Pohjanmaalla, jossa tosin heikkojen taimikoiden osuus jäi kohtuulliseksi luontaisesti syntyneiden hieskoivujen ansiosta. Ilman niitä noin puolet turvepeltojen metsityksistä olisi epäonnistunut (kuva 4). Kivennäismailla sen sijaan taimikoiden kasvatuskelpoisuus oli varsin hyvä. Pohjois-Savossa kivennäis- ja turvemaiden kasvatuskelpoisuudessa ei ollut suurta eroa. Sielläkin luontaiset hieskoivut paransivat enemmän turvemaiden kasvatuskelpoisuutta kuin kivennäismaiden. Lapin nuoret (1980-luvun alun) pellonmetsitykset männylle olivat onnistuneet selvästi huonoimmin. Vanhat pellonmetsitykset sen sijaan olivat onnistuneet välttävästi männylläkin. Kuusella nuoret pellonmetsitykset onnistuivat Lapissakin paremmin kuin vanhat.

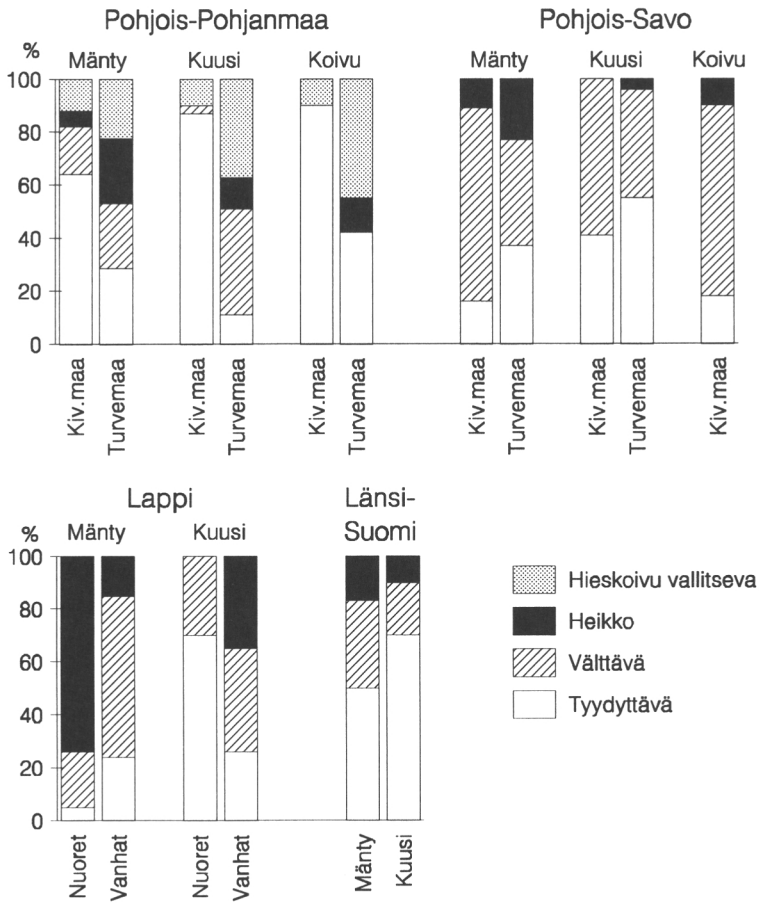
Luontaisen kasvurytmin mukaisesti rauduskoivut kasvoivat havupuita nopeammin (kuva 5). Mänty kasvoi alussa hieman kuusta nopeammin, mutta vanhimmissa taimikoissa kuusi oli jo saavuttanut männyn keskipituuden. Odotetusti pituuskasvu pieneni pohjoiseen päin mentäessä. Turvepelloilla taimet kasvoivat selvästi hitaammin kuin kivennäismaapelloilla. Muokatuilla pelloilla taimet olivat pidempiä kuin muokkaamattomilla (Valtanen 1991).

Tuhonaiheuttajat

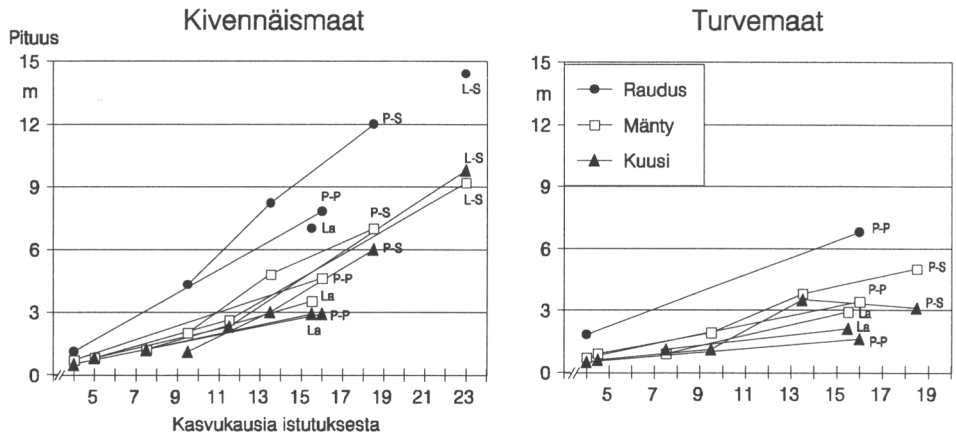
Pintakasvillisuus on alkuvaiheessa yleinen tuhonaiheuttaja taimikoissa. Tässä tutkimuksessa se kuitenkin jäi yleisyydessä kuudennelle sijalle. Aineisto oli sen verran vanhaa, että pintakasvillisuuden haitta oli jo kääntynyt laskuun. Pintakasvillisuuden haitta oli kivennäismailla suurempi kuin turvemailla ja kuusitaimikoissa suurempi kuin mäntytaimikoissa (kuva 6). Eniten pintakasvillisuudesta oli haittaa Pohjois-Savossa ja Länsi-Suomessa. *Vesojen* haitta turvepelloilla oli kaksinkertainen kivennäispeltoihin verrattuna. Lapissa vesoista oli vähiten haittaa, eniten Keski-Pohjanmaalla. Taimikoiden

ikääntyessä *muut puut* alkoivat haitata istutustaimien kasvua. Männyn taimet kärsivät tästä enemmän kuin kuusen taimet, samoin kivennäismalla taimet kärsivät enemmän kuin turvemaalla. *Sienituhot* olivat toiseksi yleisin tuhonaiheuttaja. Ne olivat lähinnä mäntytaimikoiden vitsaus. Länsi-Suomessa niitä oli selvästi vähemmän kuin muilla alueilla. Kirjatuista tuhoryhmistä *hyönteiset* aiheuttivat vähiten tuhoa. Mäntytaimikoissa niitä tavattiin enemmän kuin kuusitaimikoissa. *Hirvituhoja* esiintyi eniten Keski-Pohjanmaalla. Tuhot keskittyivät nuoriin turvepeltojen mäntytaimikoihin. *Halla* oli yleisin tuhonaiheuttaja. Vähäisessä määrin sitä esiintyi myös männyllä, vaikka pääosa tuhoista oli kuusella. Kivennäis- ja turvepelloilla hallaa esiintyi lähes yhtä paljon. Länsi-Suomessa hallaa esiintyi eniten. Nuoret taimet olivat alttiimpia hallalle kuin vanhat. *Ravinnehäiriöt* olivat kolmanneksi yleisin tuhonaiheuttaja. Niitä esiintyi yhtä paljon kuusella ja männyllä. Vanhoissa taimikoissa niitä oli enemmän kuin nuorissa. Turvepelloilla ravinnehäiriöitä oli kaksinkertainen määrä kivennäispeltoihin nähden.

Kaikenkaikkiaan kivennäispelloilla oli enemmän terveitä taimia kuin turvepelloilla ja kuusitaimikoissa enemmän kuin mäntytaimikoissa. Pohjois-Savossa terveitä taimia oli vähiten. Vanhoissa taimikoissa terveitä taimia oli enemmän kuin nuorissa.



Kuva 4. Taimikoiden kasvatuskelpoisuus.

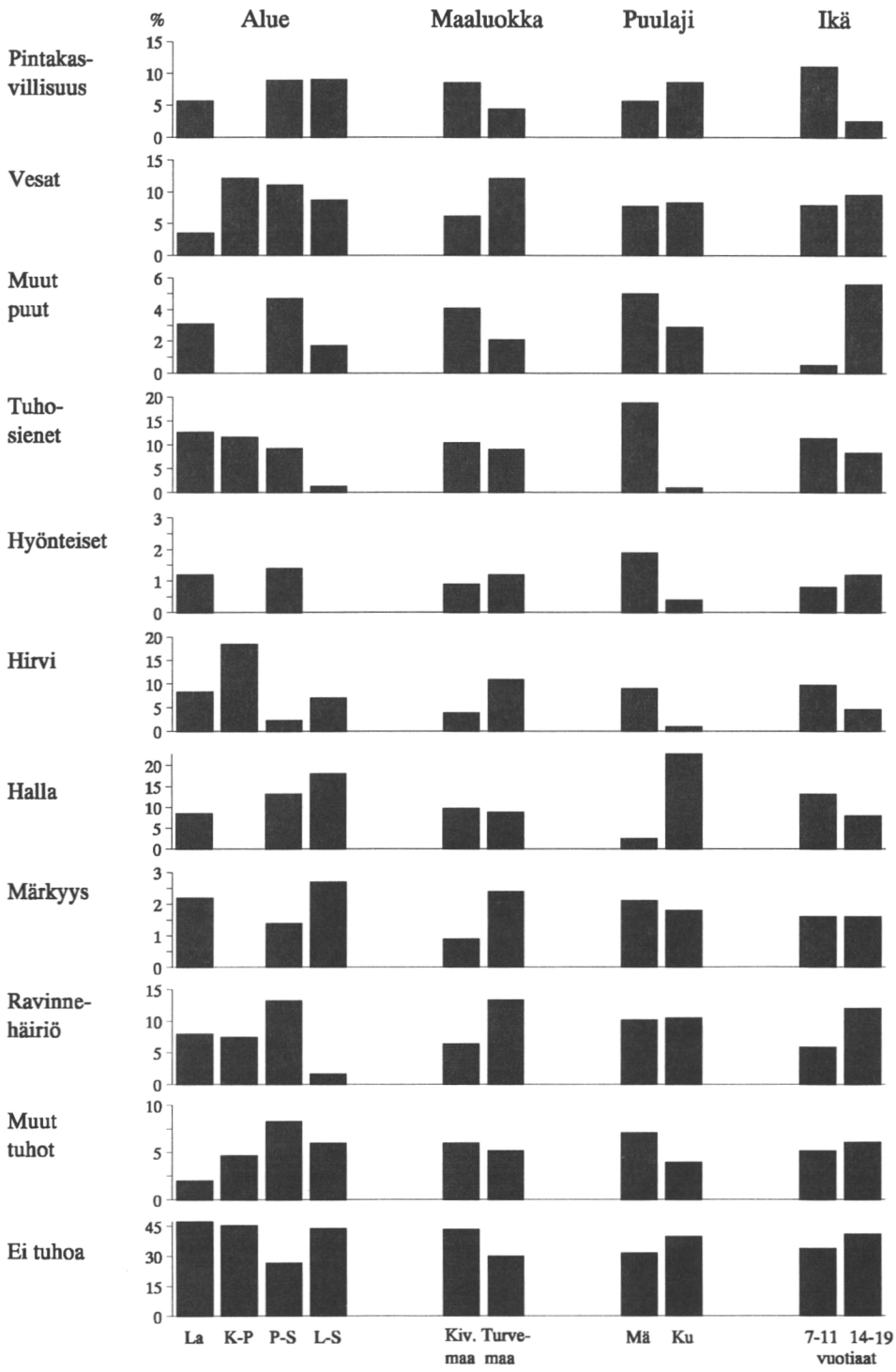


Kuva 5. Taimien pituus puulajeittain ja alueittain kivenäis- ja turvemailla.

Taimikoiden hoito

Suurimmalla osalla pellonmetsityksistä oli tehty joitain hoitotoimenpiteitä (taulukko 2). Vain 15 prosenttia aloista joko ei ollut vaatinut hoitoa tai se oli jäänyt tekemättä. Eniten oli tehty heinäntorjuntaa, jossa oli käytetty kemiallisia torjuntamenetelmiä enemmän kuin mekaanista torjuntaa. Toiseksi eniten oli tehty perkausta, joko koko alueen kattavana tai pelkästään ojapuustoon rajoittuen. Joka kolmatta alaa oli täydennetty jälkikäteen. Eniten täydennystä oli tehty Lapin mänty- ja koivutaimikoissa sekä Pohjois-Savon mäntytaimikoissa turvemaalla. Keskimäärin hoitotoimenpiteitä oli tehty 1,3 kertaa metsitysalaa kohti.

Lapissa monet taimikot olivat vielä perkauksen tarpeessa. Kunnostusojitusta tarvittiin lähes puolella pellonmetsityksistä. Yli puolet nuorista taimikoista Lapissa oli täydennys- tai uudelleenviljelyn tarpeessa. Pohjois-Pohjanmaalla perkausta arvioitiin tarvittavan joka neljännessä taimikossa. Ojituksen parantaminen arvioitiin tarpeelliseksi joka toisella turvepellolla ja joka viidennellä kivennäismaapellolla. Pohjois-Savon kivennäismaapelloilla perkausta kaipasi joka toinen yhdeksän vuotias männikkö. Kuusikoissa arvioitiin yleensä reikäperkauksen tai ojanvarsien perkauksen riittävän. Nuorimpiin taimikoihin ehdotettiin myös täydennysviljelyä. Joka viidenteen vanhimmista männiköistä (19-vuotiaista) esitettiin ensiharvennusta, kuusikoista joka toiseen ja kaikkiin harventamattomiin koivikoihin. Pohjois-Savon turvemailla perkausta esitettiin kolmasosalle männiköista ja lähes puolelle kuusikoista. Neljä kymmenestä männiköstä kaipasi täydennystä tai uudelleenviljelyä. Kuusikoista joka kymmenes oli uudelleenviljelyn tarpeessa, mutta täydennystä ei tarvittu.



Kuva 6. Tuhonaiheuttajien yleisyys alueittain, maaluokittain, puulajeittain ja ikäryhmittäin.

Taulukko 2. Tehdyt taimikonhoitotyöt (% taimikoista).

	Lappi			Keski-Pohjanmaa		Pohjois-Savo			
						Kiv.maa	Turvemaa		Keskim.
				Ikä, v					
	Mänty	Kuusi	Raudus	7 – 8	15 – 16		Mänty	Kuusi	
Kemiallinen heinäntorjunta	72	50	25	75	-	-	50	25	42
Mekaaninen heinäntorjunta	10	33	0	-	60	-	10	10	17
Ojapuuston perkaus	15	17	0	15	40	25	40	25	21
Koko alueen perkaus	28	5	12	5	35	25	8	10	16
Täydennys-viljely	63	0	50	35	35	15	50	10	32
Peruslannoitus	6	0	0	-	30	-	5	-	5
Ei toimen-piteitä	3	12	37	15	10	33	25	-	15
Hoitotoimen-piteitä keskim.	1,9	1,0	0,9	1,3	2,0	0,6	1,6	0,8	1,3

Pellonmetsitysten tuotos

Länsi-Suomen aineistossa tarkasteltiin pellonmetsitysalojen jakaantumista pituusboniteettiluokkiin, jonka perusteella voidaan arvioida, miten pellonmetsitysalat vastaavat metsämaiden kasvupaikkaluokkia (Kinnunen & Aro 1995). Länsi-Suomen mäntyalat sijoittuivat pääosin pituusboniteettiluokkiin 24 ja 27, jotka metsämaalla vastaavat puolukka- ja mustikkatyyppiä. Kuusialat jakautuivat tasan pituusboniteetteihin 27, 30 ja 33 vastaten käenkaali-mustikkatyyppiä ja sitä parempia metsämaita. Rauduskoivun pituusboniteetit vaihtelivat 22–28 (puolukkatyyppi-lehto). Tyypillistä Länsi-Suomen pellonmetsityksille oli suuri alojen välinen vaihtelu. Keskituotos vastasi käenkaali- mustikkatyypin tuotosta metsämailla.

Pohjois-Savossa 19-vuotiaat koivikot olivat tuottaneet puuta yli 70, kuusikot yli 60 ja männiköt vajaat 60 m^3/ha(Hynönen & Saksa 1995). Keskimääräinen pituusboniteetti koivikoissa oli 26, kuusikoissa 30 ja männiköissä 27. Männiköissä pituusboniteetti vastaa mustikkatyypin, koivikoissa käenkaali-mustikkatyypin ja kuusikoissa lehdon tuotosta metsämaalla, joten myös Pohjois-Savossa peltojen keskimääräinen tuotos vastasi käenkaali-mustikkatyyppiä.

Puiden laatu

Lapissa yhdeksässä kymmenestä istutusmännystä oli jotain vikaa ja kuusissakin seitsemässä. Yleisin vika oli latvan vaihdos, jonka seurauksena taimiin jäi poikaoksia ja niissä esiintyi monilatvaisuutta. Keski-Pohjanmaalla teknisiä vikoja oli 60–80 prosen-

tissa taimista. Nuorissa taimikoissa (7–8 vuotiaissa) turvemailla oli enemmän teknisiä vikoja kuin kivennäismailla, mutta vanhemmissa (15–16 vuotiaissa) maaluokkien välillä ei ollut merkittävää eroa. Yleisimmät viat olivat rungon mutkaisuus, latvan katkeaminen tai kuoleminen ja monilatvaisuus. Pohjois-Savossa tekniseltä laadultaan hyviä mäntyjä oli turvemaalla vain viisi prosenttia ja kivennäismaalla 10 prosenttia elävistä istutustaimista. Nuoremmissa kuusentaimikoissa (9- ja 14-vuotiaat) teknisiä vikoja oli yhtä paljon kuin männyllä, mutta vanhimmissa (19-vuotiaat) vikoja oli puolta vähemmän. Kolmasosassa koivun istutustaimista ei ollut teknistä vikaa. Männyllä ja koivulla yleisin vika oli runkomutka, kuusella poikaoksa.

Pohjois-Pohjanmaan männiköissä arvioitiin tukiksi kelpaavien runkojen määräksi kivennäismaapelloilla 820 kpl/ha kun taas turvepelloilla niitä oli vain 370 kpl/ha. Sahapuuksi kehittyvien kuusien määräksi arvioitiin vastaavasti 1130 ja 420 sekä rauduskoivujen 650 ja 260 kpl/ha. Kivennäismaille tukkipuita näyttäisi siis kehittyvän ainakin kaksinkertainen määrä turvemaihin verrattuna. Länsi-Suomessa ei varsinaisesti arvioitu tukkipuiksi kehittyvien runkojen määrää, mutta siellä hyvälaatuisia runkoja ilman teknisiä vikoja oli männyllä 520, kuusella 720 ja rauduskoivulla 440 kpl/ha.

Päätelmät

Tutkimukset, joista yhteenveto koostuu, poikkeavat menetelmien ja aineiston osalta toisistaan, joten suora vertailu alueiden välillä ei ole mahdollista. Etenkin subjektiivisten arvioiden osalta rinnastaminen on epävarmaa. Tarkoituksena olikin vain karkeasti hahmottaa, onko pellonmetsityksessä ongelmakohtia, jotka ovat yhteisiä koko maassa, ja mitä erityispiirteitä mahdollisesti on eri osissa maata.

Yleisin, lähes kaikissa inventoinneissa, tehty havainto oli karujen turvepeltojen vaikea metsittäminen. Ratkaisuksi esitettiin viljelystä luopumista ja turvautumista luontaiseen (hieskoivun) taimettumiseen. Kaikille pelloille hieskoivuakaan ei aina luontaisesti tule, joten osa pelloista jouduttaneen jättämään joko joutomaiksi tai viljelemään hieskoivulla, ellei näille alueille pystytä kehittämään parempia menetelmiä. Mitään yhteistä ihmelääkettä tähän tuskin löytyy, vaan ongelma-alueet vaatinevat tapauskohtaisesti räätälöityjä menetelmiä vesi- ja ravinnetalouden kuntoonsaamiseksi.

Lapissa pellonmetsitys onnistui yhtä hyvin (tai huonosti) kuin metsänuudistaminen metsämaalla, kuusella jopa paremmin (Pohtila & Valkonen 1985, Rossi ym. 1993). Länsi-Suomessa männyn istutustaimista metsämaalla kuoli 20 prosenttia ja peltomaalla 40 prosenttia. Kuusella sen sijaan sekä pelto- että metsämaalla taimista kuoli vain 15 prosenttia (11–12 kasvukauden aikana). Tekniseltä laadultaan pellolla kasvaneet männyn taimet olivat lähes yhtä hyviä kuin metsämaalla kasvaneet (40 prosenttia normaaleja). Kuusen taimet puolestaan olivat metsämaalla parempilaatuisia (70 % normaaleja) kuin pellolla (45 % normaaleja). Kivennäismaapelloilla päätepuusto (500–600 runkoa/ha) näyttäisi yleensä kehittyvän hyvälaatuiseksi tukkipuuksi, turvemaapelloilla ei.

Peltomaiden tuotos todettiin käytännössä varsin vaihtelevaksi. Osittain tämä voi johtua alkuvaiheen vaikeuksista. Taimet ovat voineet juroa esim. hallan takia, ennenkuin ne ovat lähteneet normaaliin kasvupaikkansa edellyttämään kasvuun. Toisaalta entiset pellot poikkeavat toisistaan suuresti johtuen siitä, mitä pellolla on viljelty ennen maatalouskäytöstä poistoa, ja kuinka pitkä aika on kulunut viljelyn lopettamisesta. Kun

otetaan huomioon, että metsitettäviksi tulevat yleensä keskimääräistä huonommat peltomaat, inventoinneissa saatu käenkaali-mustikkatyypin tasoinen keskimääräinen tuotos vastaa odotuksia, joita pellonmetsitykselle voidaan realistisesti asettaa.

Kirjallisuus

Hynönen,T. 1992. Maan ominaisuuksien vaikutus turvemaapeltojen metsittämiseen. Lisensiaattityö. Helsingin yliopisto, metsäekologian laitos. 99 s.

— & Saksa, T. 1991. Peltojen metsitystulos Pohjois-Savossa 1970- ja 1980-luvulla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391:29–34.

— & Saksa, T. 1995. Metsitystulos kivennäismaapelloilla Pohjois-Savossa. Julkaisematon käsikirjoitus.

Hytönen, J. 1991. Peltojen metsityksen tuloksia Keski-Pohjanmaalta. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 394:18–30.

Kinnunen, K. 1977. Istutuksen onnistuminen ja taimistojen alkukehitys Länsi-Suomen yksityismetsissä. Folia Forestalia 318. 25 s.

— 1991. Pellonmetsityksen onnistuminen Länsi-Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391:35–38.

— & Aro, L. 1995. Vanhojen pellonmetsitysten tila Länsi-Suomessa. Julkaisematon käsikirjoitus.

— & Nerg, J. 1983. Istutustaimikoiden tila 11–12 vuotta viljelystä Länsi-Suomen yksityismetsissä. Folia Forestalia 546. 20 s.

Rossi, S., Varmola, M. & Hyppönen, M. 1993. Pellonmetsitysten onnistuminen Lapissa. Folia Forestalia 807. 23 s.

Valtanen, J. 1991. Peltojen metsityksen onnistuminen Pohjois-Pohjanmaalla 1970-luvulla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 381. 55 s.

Pintakasvillisuuden torjunnan vaikutus taimien ensikehitykseen pellonmetsitysaloilla

Jyrki Hytönen & Sakari Lilja

Tiivistelmä

Kahdessa kivennäismaan pellolle perustetussa kenttäkokeessa tutkittiin erilaisten istutuksen jälkeen tehtyjen pintakasvillisuuden torjuntatapojen vaikutusta muokattuun maahan istutettujen männyn, kuusen ja koivun taimien alkukehitykseen. Kemialliset torjuntamenetelmät pienensivät pintakasvillisuuden peittävyyttä kahden-kolmen kasvukauden ajan verrattuna käsittelemättömään vertailuun. Taimien elossaolo ja pituuskasvu lisääntyivät pintakasvillisuuden peittävyyden vähentyessä. Tehokas pintakasvillisuuden torjunta lisäsi koivun taimien pituuskasvua, parhaimmillaan yli metrin neljässä vuodessa. Kuusien pituuskasvuun torjunnan vaikutus oli vähäinen. Tehokas torjunta vähensi myös taimien kuolleisuutta. Männyllä vaikutus oli suurin (tehokas torjunta: mäntyjen ja kuusien kuolleisuus n. 10 %; vertailualoilla mäntyjen kuolleisuus yli 80 %, paakkutaimina istutettujen kuusen taimien yli 60 % ja avojuuritaimina istutettujen kuusien yli 40 %). Kuusen avojuuritaimien kuolleisuus kontrollialoilla lisääntyi vasta viidentenä ja paakkutaimien neljäntenä vuonna istutuksesta. Pintakasvillisuuden kilpailun tehokas pienentäminen paransi peltojen metsityksen onnistumisen edellytyksiä oleellisesti.

Johdanto

Peltojen pintakasvillisuuden määrä on yleensä varsin runsas. Pohjois-Savon turvepelloilla oli Hynösen (1992) mukaan runsaasti pintakasvillisuutta 60–70 %:ssa taimikoista. Pintakasvillisuus pelloilla voi olla myös varsin pitkää: pintakasvillisuuden keskipituus oli Pohjois-Savon metsitetyillä pelloilla 57 cm (Hynönen 1992).

Peltojen maaperässä on hyvin paljon itämiskykyisiä rikkakasvien siemeniä. Suomalaisella viljelemättömällä pellolla voi olla itämiskykyisiä siemeniä keskimäärin 50 000 kpl neliömetrillä 25 cm pintakerroksessa (Kiirikki 1993). Siemenet säilyivät itämiskykyisinä 15–21 vuoden ajan (Kiirikki 1993). Tämä siemenpankki koostuu pääasiassa pioneerikasvien siemenistä. Avoimen muokatun pellon kolonisoivat ensiksi yksivuotiaat rikkakasvit (pillikkeet, saunakukka jne.) (Törmälä 1982, Jukola-Sulonen 1983). Nämä kasvit häviävät melkein heti pellon kasvillisuudesta sukkession edetessä. Parin vuoden kuluessa pelto heinittyy (esim. timotei, nurmirölli, punanata). Nurmilauha voi syrjäyttää muita heinälajeja (Törmälä 1982).

Peltojen metsityksen onnistumisen kannalta maanmuokkauksen lisäksi pintakasvillisuuden kilpailun tehokas pienentäminen taimien alkukehityksen turvaamiseksi on erityisen tärkeää (Leikola 1976). Kivennäismaapelloilla eloonjäämissadannes on laskenut heinimättömillä aloilla ensimmäisen talven aikana 20 prosenttiyksikköä heinittyyn alueeseen verrattuna, jos pintakasvillisuus on runsas; kuusella haitallinen vaikutus ei ole ollut niin suuri (Hynönen 1976). Ravinne-, vesi- ja valokilpailun lisäksi pintakasvillisuus, riippuen sen määrästä ja laadusta voi vaikuttaa myös monien tuhojen esiintymiseen. Lumi tehostaa pintakasvillisuuden haitallista vaikutusta heinän kanssa painaes-

saan taimia tiiviisti maahan. Peltomyyräpopulaatioiden kannalta tärkeäksi tekijäksi on havaittu niiden suosimien ravintokasvien määrä (Teivainen ym. 1986).

Lapissa, Pohjois-Savossa ja Keski-Pohjanmaalla suoritettujen vanhempien pellonmetsitysten inventointien tulosten mukaan kemiallinen heinäntorjunta on ollut melko yleistä (Hytönen 1991, Hynönen 1992, Rossi ym. 1993). Lapissa 7–8 vuotiaissa männyn ja kuusentaimikoissa arvioitiin 10–26% taimista pintakasvillisuus tuhonaiheuttajaksi (Rossi ym. 1993). Pintakasvillisuus on varmasti ollut peltojen metsityksissä huomattavasti suurempi tuhonaiheuttaja kuin mitä inventointihetkellä, jopa yli 10 vuoden kuluttua istutuksesta, on voitu päätellä.

Pintakasvillisuuden torjunnan merkitystä taimien elossaoloon ja kasvuun on tutkittu hyvin vähän kokeellisesti Suomessa. Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin pintakasvillisuuden määrän ja sen erilaisten torjuntamenetelmien vaikutusta männyn, kuusen ja koivun taimien kasvuun, kuntoon ja ravinnetilaan. Lisäksi tutkittiin taimilajin ja pintakasvillisuuden torjunnan yhdysvaikutusta.

Kenttäkokeet

Vilppula

Pintakasvillisuuden torjunnan vaikutuksia selvitelleessä kokeessa Vilppulassa (koejärjestelyt: Ferm ym. 1993, 1994) pintakasvillisuutta torjuttiin istutuksen jälkeen kemiallisten torjunta-aineiden lisäksi taimien ympärille asetetuilla kuitulevyillä (50 x 50 cm). Lisäksi kokeiltiin lyhyen peittokasvin (apila) vaikutusta. Kenttäkoe perustettiin v. 1991 pellolle, jolla oli viimeksi viljelty ohraa v. 1990. Maanmuokkaus (kyntö ja äestys) tehtiin keväällä 1991. Koealueelle istutettiin yksi- ja kaksivuotiaita koivun paakkutaimia, nelivuotiaita kuusen (2A+2A) ja kolmevuotiaita männyn (2A+1A) avojuuritaimia. Lohkoittain arvotussa kokeessa oli kaiken kaikkiaan 23 käsittelyä, jotka toistettiin kolmasti 10 x 10 m:n kokoisilla koeruuduilla. Koska useat kokeessa mukana olleet torjunta-aineet eivät ole kaupallisesti saatavilla, esitetään tässä yhteydessä tuloksia vain niistä menetelmistä, jotka ovat tällä hetkellä tai ovat viime vuosina olleet käytettävissä (taulukko 1).

Kaikki glyfosaattikäsittelyt tehtiin sivelynä sivelylaitteella laikkukäsittelynä taimien ympärille (1 m^2). Sivelylaitteena käytettiin käsinlevitykseen soveltuvaa sauvamaista välinettä, jonka ontto varsiosa täytetään torjunta-ainelaimennoksella. Aine valuu laitteen T-mallisen sivelypään kärkiosaan, johon se imeytyy ja josta se sivellään torjuttavaan rikkakasvustoon istutustaimien ympärille varoen kosketusta taimeen. Gardoprim, Velpar ja Folar levitettiin reppuruiskulla kokoalan käsittelynä käyttäen 400 l vettä/ha. Rakeiset valmisteet, Prefix ja Casoron G, levitettiin sirottelemalla reikäkantisesta purkista. Tasaisen peiton saamiseksi sekä nesteet, että rakeet levitettiin ruuduittain kahdessa osassa ristikkäisistä suunnista. Apila kylvettiin muokatuille ruuduille ja kovalevykatteet asetettiin taimien ympärille.

Koeruutujen keskipisteisiin sijoitettiin ympyräkoelala (50 m^2); taimet kartoitettiin ja niiden pituus mitattiin ja elinvoimaisuus sekä kaksi vakavinta tuhonaiheuttajaa arvioitiin joka syksy. Pintakasvillisuuden varjostusta arvioitiin asteikolla ei varjostusta, 1/4-osa, 1/2, 3/4-osaa, tai taimi kokonaan kasvillisuuden varjostama. Pintakasvillisuu-

den lajikoostumus ja peittävyys arvioitiin syyskuun puolivälissä 1991 ja heinäkuun lopussa 1992 koivukoealoilta. Koeruuduilta, joilla käsittelyt tehtiin koko koeruudun alueella peittävyys arvioitiin 1 m^2:n osakoealoilta, ja laikkukäsitellyiltä ruuduilta sekä katelevyruuduilta peittävyyttä arvioitiin kuudelta 0,5 m^2:n osakoealalta taimien ympäriltä. Pintakasvillisuuden valtapituus arvioitiin. Koivunlehdistä otettiin näytteet ravinneanalyysiä varten syyskuussa 1991 ja elokuun lopussa 1992. Mittaustietoja käsiteltiin varianssianalyysillä. Käsittelykohtaisia keskiarvoja verrattiin kontrolliin Dunnettin testillä.

Taulukko 1. Käsittelyt Vilppulan kokeella. Ko = rauduskoivu, Ku = kuusi, Mä = mänty.

Käsittely	Puulaji	Menetelmä/ tehoaine		Käyttömäärä valmistetta	Käyttöpäivä
Vertailu	Ko, Mä, Ku	-			
Kuitulevy	Ko, Mä, Ku	Levy		50 x 50 cm	Toukokuu 1991
Peittokasvi	Ko, Mä, Ku	Apila			Toukokuu 1991
Gardoprim-neste	Ko	Terbutylatsiini	500 g/l	6 l /ha	13.-14.6.1991
Gardoprim-neste	Mä, Ku	Terbutylatsiini	500 g/l	10 l/ ha	13.6.1991
Prefix	Ko	Klortiamidi	75 g/kg	60 kg/ha	30.5.1991
Casoron G	Ko	Diklobeniili	67,5 g/kg	60 kg/ha	30.5.1991
Mon 14478	Ko, Mä, Ku	Glyfosaatti	400 g/l	50 %, n. 0,5 l	30.–31.7.1991
Roundup	Mä, Ku	Glyfosaatti	360 g/l	50 %, n. 0,5 l	30.7.1991
Velpar L	Mä, Ku	Heksatsinoni	240 g/l	8 l/ha	30.5.1991
Folar 460 SC	Mä, Ku	Glyfosaatti + Terbutylatsiini	120/340 g/l	8 l/ha	30.7.1991

Toholampi

Toholammille perustettiin pintakasvillisuuden torjuntakoe kivennäismaan pellolle, joka oli ollut viljelyssä metsittämiseen saakka (koejärjestelyt: Ferm ym. 1993). Pellon maalaji oli savista hiesua, pintakerroksen (0–10 cm) pH 5,0–5,2 ja orgaanisen aineen osuus 10–13 %. Maa jyrsittiin ja äestettiin keväällä ennen istutusta. Kokeeseen viljeltiin männyn avojuuritaimia (2A+1A), kuusen paakku- (1Mk-1Ak) ja avojuuritaimia (2A+2A) ja koivun paakkutaimia (1/2Mt-1/2At) keväällä 1990. Lohkoittain arvotusta kokeesta mitattiin vuosittain viisi toistoa. Torjunta-ainekäsittelyt havupuualoille tehtiin vuonna 1990 20.–29.6, vuonna 1991 10.–25.6 ja vuonna 1992 23.–26.6. Gardoprim-neste (6–7 l/ha) ja Roundup (3 l/ha) levitettiin reppuruiskulla. Rakeinen Prefix (60 kg/ha) levitettiin sirottelemalla.

Havupuilla käsittelyt olivat

1. Kontrolli, käsittelemätön vertailu
2. Gardoprim-neste (terbutylatsiini); kokoalan käsittely vuonna 1990
3. Gardoprim-neste (terbutylatsiini); laikkukäsittely vuosina 1990 ja 1991. Vuonna 1991 lisäksi Roundupia (glyfosaatti).
4. Gardoprim-neste (terbutylatsiini); kokoalan käsittely vuosina 1990, 1991 ja 1992. Vuonna 1991 lisäksi Roundupia (glyfosaatti).

Rauduskoivulla ei torjuntaa tehty ensimmäisenä kasvukautena (1990). Seuraavana vuonna (1991) käsittelyt olivat:

1. Kontrolli, käsittelemätön vertailu
2. Taimen suojalevy; 50 x 50 cm suuruinen kovalevy
3. Prefix (klortiamidi) 60 kg/ha

Kokeelta mitattiin vuosittain koeruutujen keskelle sijoitetuilta 50 m^2:n ympyräkoealoilta taimien pituus. Taimet kartoitettiin. Lisäksi arvioitiin taimien elinvoimaisuus sekä kaksi vakavinta tuhonaiheuttajaa. Pintakasvillisuuden peittävyys mitattiin kolmelta – viideltä 1 m^2:n suuruiselta koealoille systemaattisesti sijoitetulta näytekoealalta vuosina 1991–1993. Torjuntamenetelmien vaikutusta pintakasvillisuuden peittävyyteen voidaan tarkastella vain kokoalueen torjunnan sisältäviltä käsittelyiltä, koska mittauksia ei kohdistetty laikkukäsitellyillä ruuduilla taimien ympärille. Käsittelyiden vaikutusta mitattuihin muuttujiin tutkittiin varianssianalyysillä, minkä jälkeen keskiarvojen eroja kontrolliin tutkittiin Dunnettin testillä.

Tulokset

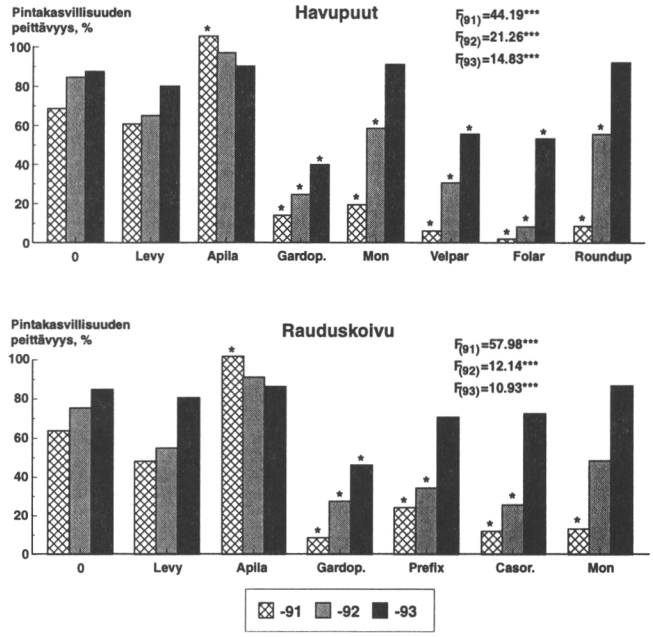
Vilppula

Koska maanmuokkauskäsittelynä oli täyskyntö ja äestys, olivat koealat kasvipeitteettömiä istutuksen aikaan. Ensimmäisen kasvukauden lopulla vertailukoealoilla rikkakasvien peittävyys oli hieman yli 60 % (kuva 1). Ruohomaisista kasveista peittävyys oli suurin peltosauniolla, pillikkeillä ja peltohatikalla. Heinämäisistä kasveista yleisimpiä olivat röllit, juolavehnä ja polvipuntarpää. Toisena kasvukautena vertailukoealoilla röllit korvautuivat nurmikoilla. Kahden seuraavan kasvukauden aikana peittävyys vertailukoealoilla kasvoi noin 80 %:iin. Katelevy ei pienentänyt pintakasvillisuuden peittävyyttä. Apilaruuduilla peittävyys oli apilan hyvän itämisen johdosta ensimmäisenä vuonna suurempi kuin vertailukoealoilla. Muut käsittelyt pienensivät rikkakasvien peittävyyttä tilastollisesti merkitsevästi ensimmäisenä kasvukautena. Maavaikutteisten torjunta-aineiden vaikutus ulottui vielä kolmannelle kasvukaudelle asti. Erityisesti Gardoprimilla, mutta myös Velparilla ja Folarilla käsitellyillä koealoilla pintakasvillisuuden peittävyys oli vielä kolmantena kasvukautena huomattavasti pienempi kuin käsittelemättömillä koealoilla. Yksinomaan glyfosaattia sisältävien torjunta-aineiden vaikutus oli tilastollisesti merkitsevä vain kahden kasvukauden ajan. Koivuilla käytetyt Prefix ja Casoron G vähensivät pintakasvillisuuden peittävyyttä tilastollisesti merkitsevästi kahden kasvukauden ajan (kuva 1).

Käsittelyt vaikuttivat myös taimien pituuteen (kuva 2). Koivujen pituus oli pienin vertailuruuduilla sekä katelevy- ja apilaruuduilla. Muissa käsittelyissä koivut olivat neljän kasvukauden jälkeen keskimäärin lähes metrin pidempiä. Käsittelyt vaikuttivat myös mäntyjen pituuskehitykseen. Apilaruuduilla männyt jäivät lyhyimmiksi ja Gardoprimilla käsitellyillä ruuduilla männyt olivat keskimäärin 15 cm pidempiä kuin vertailukoealoilla. Muut käsittelyt eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi kontrollista. Kuusen taimet olivat vielä alle 50 cm pituisia neljän kasvukauden kuluttua istu-

tuksesta. Vertailukoealoilla kasvaneet taimet olivat lyhyimpiä ja Velparilla ja Mon 14478:lla käsitellyillä koealoilla taimet olivat keskimäärin 8 cm pidempiä. Muut käsittelyt eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi kontrollista (kuva 2).

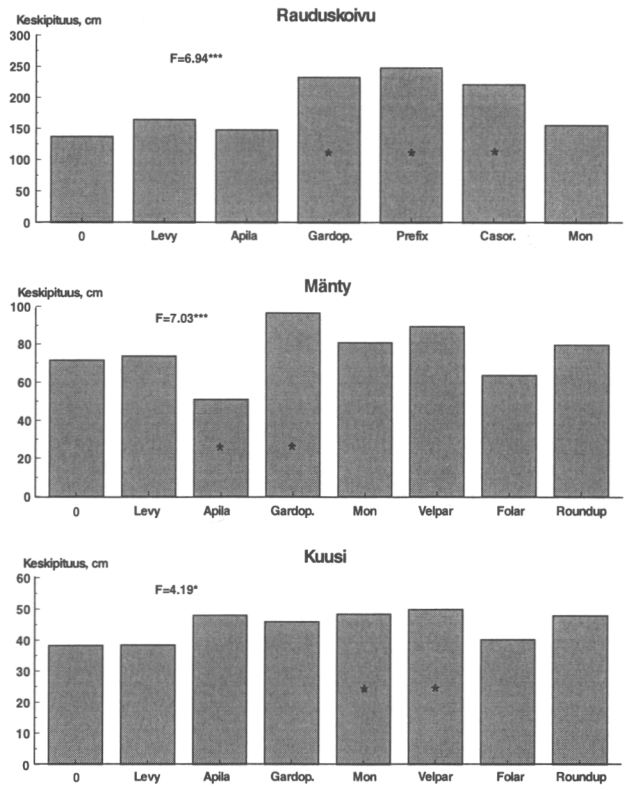
Kaikilta koealoilta mitatun pintakasvillisuuden peittävyyden vaikutusta taimien pituuskasvuun tutkittiin korrelaatioanalyysillä. Koivun taimien pituuskasvu riippui tilastollisesti merkitsevästi pintakasvillisuuden peittävyydestä (kuva 3). Männyn ja kuusen osalla vastaavuussuhde oli samansuuntainen, mutta ei kuitenkaan tilastollisesti merkitsevä.



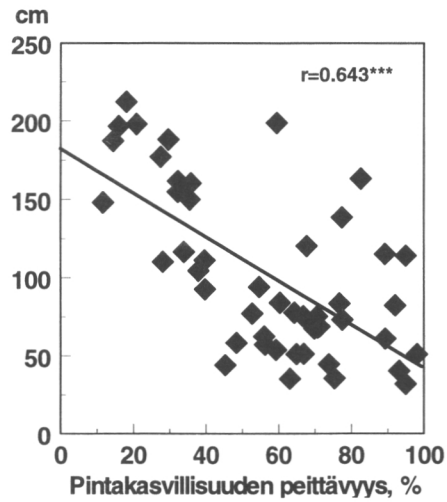
Kuva 1. Pintakasvillisuuden torjuntamenetelmien vaikutus pintakasvillisudeen peittävyyteen kolmen ensimmäisen kasvukauden aikana Vilppulan kokeella. Tähdet pylväiden päällä osoittavat tilastollisesti merkitsevän eron vertailukäsittelyyn nähden.

Toholampi

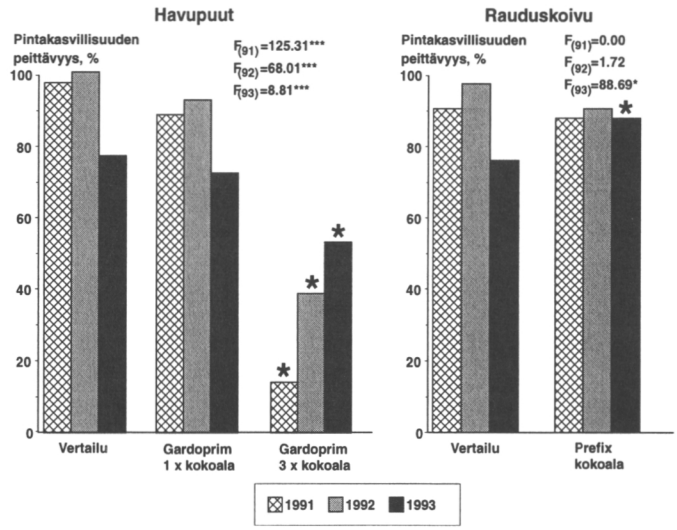
Toholammin koealue oli kasvipeitteetön täysmuokkauksen jälkeen istutuskeväänä. Vertailukoealoilla yleisimpiä kasvilajeja olivat ensimmäisenä kasvukautena röllit, timotei, nurmilauha ja rönsyleinikki. Pintakasvillisuuden toistettu kemiallinen torjunta pienensi merkitsevästi pintakasvillisuuden peittävyyttä mänty- ja kuusikoealoilla verrattuna käsittelemättömiin koealoihin (kuva 4). Kolmena kasvukautena toistettu torjunta (Gardoprim) vähensi tehokkaasti pintakasvillisuuden peittävyyttä. Kun peittävyys vertailukoealoilla oli 98 % oli se torjutuilla koealoilla vain 14 %. Kertatorjunta ei vähentänyt pintakasvillisuuden määrää merkitsevästi. Koivukoealoilla käsittelyt eivät vaikuttaneet pintakasvillisuuden peittävyyteen. Syynä saattoi olla se, että torjunta tehtiin vasta toisena kasvukautena. Verrattain myöhäinen käsittelyajankohta sekä kuivuus ovat myös voineet heikentää tulosta.



Kuva 2. Erilaisten pintakasvillisuuden torjuntamenetelmien vaikutus rauduskoivun, männyn ja kuusen keskipituuteen Vilppulassa neljän kasvukauden kuluttua istutuksesta. Tähdet pylväiden sisällä osoittavat tilastollisesti merkitsevän eron vertailukäsittelyyn nähden.



Kuva 3. Pintakasvillisuuden peittävyyden vaikutus koivun taimien neljän vuoden (1991–94) yhteenlaskettuun pituuskasvuun.

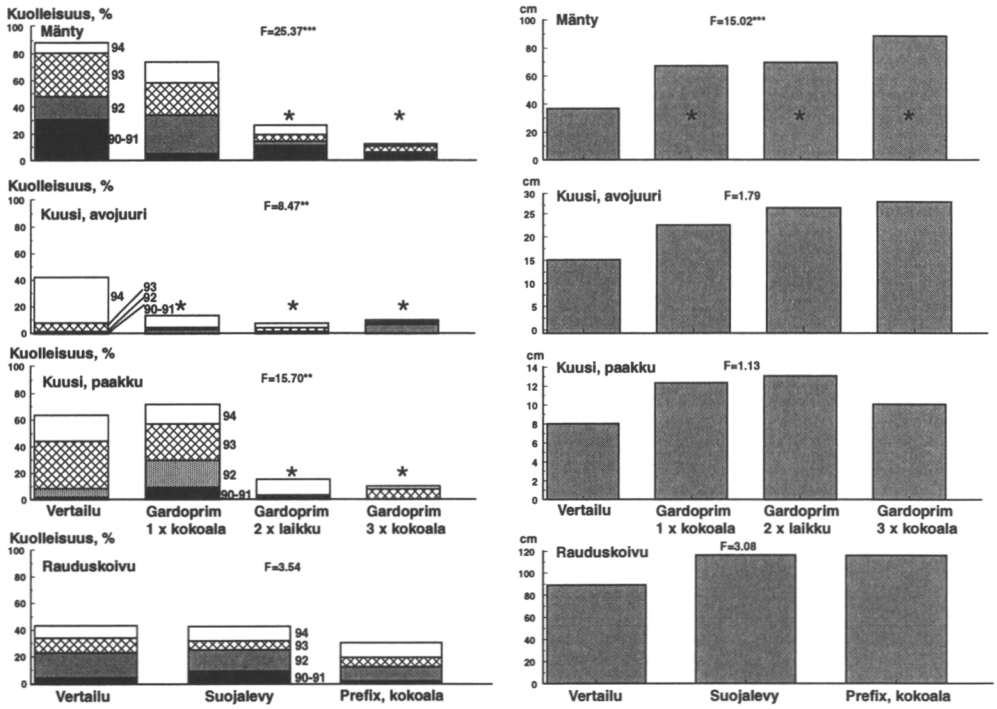


Kuva 4. Käsittelyjen vaikutus pintakasvillisuuden peittävyyteen Toholammin kokeella. Tähdet pylväiden päällä osoittavat tilastollisesti merkitsevän eron kontrolliin nähden.

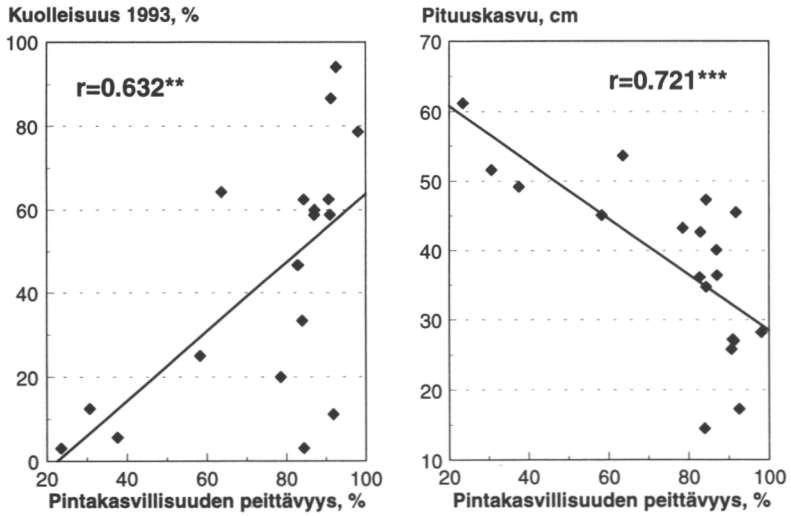
Havupuiden taimien kuolleisuus vertailukoealoilla oli erittäin korkea (kuva 5). Pintakasvillisuuden seassa kasvaneiden mäntyjen kuolleisuus oli yli 80 %, kuusen paakkutaimien yli 60 % ja avojuuritaimien yli 40 %. Tehokas torjunta pienensi männyn ja kuusen taimien kuolleisuuden n. 10 %:iin. Käsittelemättömillä koealoilla taimien kuolleisuus oli suurinta kahtena ensimmäisenä istutuksen jälkeisenä kasvukautena. Kertakäsittelynäkin Gardoprim tehosi aluksi mäntyaloilla hyvin; kuolleisuus oli ensimmäisen kasvukauden jälkeen vain 5 % kun se kontrolliruuduilla oli 31 %. Avojuurikuusien kuolleisuus oli käsittelystä riippumatta hyvin alhainen kahden-kolmen ensimmäisen kasvukauden aikana. Paakkutaimina istutettujen kuusien kuolleisuus oli hieman suurempi kuin avojuurisina taimina istutettujen. Kemiallinen torjunta pienensi myös koivujen kuolleisuutta, vaikkakin vaikutus oli pienempi kuin mäntyihin.

Männyn taimien pituus oli sitä suurempi mitä tehokkaampi pintakasvillisuuden torjunta oli ollut (kuva 5). Vaikutus oli tilastollisesti erittäin merkitsevä. Tehokkaasti torjutuilla koealoilla männyt olivat 55 cm pidempiä kuin vertailukoealoilla. Kuusen avojuuritaimilla vastaava pituusero oli 10 cm ja paakkutaimilla vain muutama senttimetri. Rauduskoivut olivat katekoealoilla 33 cm ja Prefix koealoilla 29 cm pidempiä kuin vertailukoealoilla. Vaikka tehokas torjunta lisäsikin kuusten ja koivujen pituutta, vaikutus ei näillä puulajeilla ollut kuitenkaan tilastollisesti merkitsevä.

Pintakasvillisuuden peittävyydellä oli tilastollisesti merkitsevä vaikutus männyn taimien kuolleisuuteen ja pituuskasvuun (kuva 6). Pintakasvillisuuden määrän lisääntyessä taimet olivat lyhyempiä ja niitä oli kuollut enemmän. Sen sijaan kuusen ja koivun kohdalla vastaavuussuhde ei ollut tilastollisesti merkitsevä.



Kuva 5. Pintakasvillisuuden torjunnan vaikutus männyn, kuusen ja koivun taimien kuolleisuuteen ja keskipituuteen Toholammilla neljä kasvukautta istutuksesta. Tähdet pylväiden päällä (kuolleisuus) tai sisällä (keskipituus) osoittavat tilastollisesti merkitsevän eron vertailukäsittelyyn nähden.



Kuva 6. Pintakasvillisuuden peittävyyden (keskimääräinen peittävyys koealoilla vuosina 1991–1993) vaikutus männyn taimien kuolleisuuteen ja kolmen vuoden pituuskasvuun.

Tarkastelu

Pellonmetsitysalueilla pintakasvillisuuden merkitys taimien ensivaiheen kehitykselle on tärkeä. Pintakasvillisuuden määrä, sen peittävyys ja pituus on ilman torjuntatoimenpiteitä istutuksen jälkeisinä vuosina yleensä suuri. Maanmuokkaus – mikä pellonmetsityksessä on tarpeellinen – aiheuttaa peltojen suuresta itämiskykyisestä siemenpankista johtuen yleensä hyvin runsaan yksivuotisten rikkakasvien synnyn alueelle. Taimien kehityksen turvaamiseksi tarvitaan siten myös muita, kemiallisia, mekaanisia tai biologisia keinoja pintakasvillisuuden kilpailun vähentämiseksi.

Tehokas pintakasvillisuuden torjunta pienensi erityisesti mäntyjen, mutta myös kuusten kuolleisuutta ratkaisevasti. Sensijaan vaikutus koivujen kuolleisuuteen oli pieni. Kuusien kuolleisuus alkoi käsittelemättömillä aloilla lisääntyä vasta neljäntenä (paakkutaimet) tai viidentenä (avojuuritaimet) kasvukautena istutuksesta. Leikolan (1976) tutkimuksessa tehokas pintakasvillisuuden torjunta lisäsi männyn ja koivun taimien elossaoloa selvästi, mutta ei vaikuttanut kuusten elossaoloon. Ilman pintakasvillisuuden torjuntaa metsitys olisi Toholammin kokeella epäonnistunut mäntyjen suuren kuolleisuuden vuoksi (88 %). Tehokkaasti torjutuilla aloilla mäntyjen kuolleisuus oli 10 %. Paras torjuntavaikutus saadaan aikaan poistamalla maanalainen juuristokilpailu, esim. käyttämällä torjunta-aineita (Ferm ym. 1994). Pelloilla pintakasvillisuuden kilpailu on yleensä voimakasta. Siksi isokokoiset ja vankat taimet ovat menestyneet pienikokoisia taimia huomattavasti paremmin (Hytönen 1995).

Tehokas pintakasvillisuuden torjunta lisäsi myös taimien pituuskasvua. Koivulla vaikutus oli suurin, parhaimmillaan yli metri neljässä vuodessa, ja kuusella odotetusti vähäinen. Leikola (1976) totesi kokeissaan pintakasvillisuuden torjunnan lisänneen yleisesti ottaen taimien pituuskasvua jonkin verran tai sitten kasvun olleen käsittelemättömillä ja käsitellyillä ruuduilla sama.

Pintakasvillisuuden torjunta voi vaikuttaa myös tuhojen määrään. Vilppulan kokeessa koivun myyrätuhot ja versolaikkutaudin runsaus liittyivät runsaaseen pintakasvillisuuden määrään (Ferm ym. 1994). Pintakasvillisuuden torjunnan myyrätuhoja vähentävästä vaikutuksesta on saatu viitteitä myös aiemmissa tutkimuksissa (Leikola 1976, Teivainen ym. 1986). Toisaalta tehokas torjunta voi lisätä kuusen taimien hallariskiä, koska korkea heinä suojelee sen sisällä kasvavia taimia (Leikola 1976). Pintakasvillisuuden torjunta vaikutti Vilppulan kokeella myös merkitsevästi koivun lehtien ravinnepitoisuuksiin, erityisesti typen pitoisuuksiin (Ferm ym. 1994). Kun pintakasvillisuuden määrä lisääntyi lehtien typpipitoisuus väheni. Rikkaruohojen kilpailu ravinteista ja luultavasti myös vedestä oli tärkeämpää koivun taimien alkukehityksen kannalta kuin kilpailu valosta (Ferm ym. 1994).

Peittokasvina Vilppulan kokeella käytetty apila kasvatti tiheän maata peittävän kasvillisuusmaton. Apilakasvillisuus ei kuitenkaan poistanut pintakasvillisuuden kilpailua vaan osoittautui tehottomaksi torjuntamenetelmäksi. Lisäksi myyrät suosivat apilakasvustossa kasvaneita koivuja. Niissä oli myös sienien aiheuttama versolaikkutauti yleistä. Katelevy ei estänyt pitkän heinäkasvillisuuden aihettamaa varjostusta taimille. Männyn taimet jäivät alkuvaiheessa osittain haitallisesti kasvuston alle. Katelevyjen olisi oltava riittävän suuria myös juuristokilpailun torjumiseksi. Kasvillisuutta ei poljettu levyjen ympäriltä syksyllä, mikä olisi varmasti parantanut katelevyillä saatua tulosta. Vilppulassa myyrät tekivät pesiään levyjen alle. Toisaalta Toholammin

kokeessa tätä ei havaittu ja rauduskoivun taimet olivat 33 cm pidempiä katelevykoealoilla kuin heinän seassa kasvaessaan. Katelevyillä voitaneen saavuttaa kiitettävä torjuntatulos, mikäli levyt ovat riittävän kookkaita ja syksyllä poljetaan heinät levyjen ympäristöstä.

Kokeissa kaikki torjunta-ainekäsittelyt tehtiin istutuksen jälkeen kasvukauden aikana. Pintakasvillisuuden torjuntatehon ohella tavoitteena oli kokeilla nimenomaan jälkikäsittelyyn sopivia torjunta-aineita ja menetelmiä. Glyfosaatista tiedetään, että kasvukauden aikana levitettynä ja taimien kanssa kosketuksiin joutuessaan se vioittaa puutumattomia taimia. Sopivalla menetelmällä, esim. sivelykäsittelyllä, voidaan levitys kuitenkin kohdistaa yksinomaan tainta ympäröivään pintakasvillisuuteen ja taimia väistäen välttää vioitukset. Sivelyn onnistumisen edellytyksenä on, että käsittelyn tekijä näkee taimet ja varoo huolellisesti niiden koskettamista laitteen levitysosalla. Taimien puutuminen kasvukauden lopulla ja syksyllä lisää niiden torjunta-ainekestävyyttä. Toisaalta riskiä lisää sivelykäsittelyn huomattavan suuri aineen käyttöväkevyys esim. ruiskutteeseen verrattuna. Glyfosaatin pääasiallinen käyttötapa metsitettävien peltojen pintakasvillisuuden torjunnassa on ennakkotorjunta istutusta edeltävän kasvukauden lopulla. Kun sillä ei kuitenkaan ole jälkivaikutusta maan kautta, voivat kasvupaikan vallata käsittelyä seuraavana vuotena pellon siemenpankin yleiset pioneerilajit. Siksi onkin usein suositeltavaa käyttää glyfosaatin kanssa myös maavaikutteista herbisidiä.

Folar 460 SC on seosvalmiste, joka glyfosaatin ohella sisältää pääasiassa maan kautta vaikuttavaa terbutylatsiinia. Valmisteella on jälkivaikutusta ja se estää myös siemenistä syntyvien rikkakasvien kehittymistä myöhemmin. Vilppulan kokeessa käsittely tehtiin istututuksen jälkeen keskikesällä. Pintakasvillisuuden torjuntatehon kannalta tulos oli hyvä. Puutumattomien taimien yli levitettynä käsittely aiheutti kuitenkin osittain taimivioituksia, vaikka taimet olivatkin lähes kokonaan kasvillisuuden peitossa. Nykyisin valmistetta suositellaan ensisijaisesti ennakkotorjuntaan. Männyn ja kuusen istutusaloilla on istutuksen jälkeen tehty käsittely myös mahdollista, mutta tuolloin taimet on suojattava. Maavaikutteisia herbisidejä käytettäessä on muistettava, että maan orgaanisen aineen määrä vaikuttaa torjunta-aineen tehoon (Strek ym. 1990), mikä on huomioitu korkeampina käyttömääräsuosituksina turvemaille. Herbisidejä käytettäessä on huolehdittava, että noudatetaan valmistajien ohjeita aineiden käytöstä käyttömäärien, ajankohtien ja turvamääräysten osalta.

Tutkimuksen tulosten mukaan tehokas pintakasvillisuuden torjunta on tärkeää peltojen metsityksessä. Taimien kuolleisuus väheni ratkaisevasti, niiden pituuskehitys nopeutui ja ravinnetilanne parani. Täten tulokset vahvistavan Leikolan (1976) käsitystä, että männyn ja rauduskoivun istutus pellonmetsitysalueilla onnistuu vain kun tehokkaaseen maanmuokkaukseen yhdistetään tehokas pintakasvillisuuden torjunta. Myös muokkausmenetelmät, jotka nostavat taimet irti tasapinnasta parantavat taimien kilpailuedellytyksiä. Erityisen selvä vaikutus oli herbisideillä, jotka poistivat myös juuristokilpailun. Peittokasvin käyttö ei näyttäisi suositeltavalta vaihtoehdolta. Tutkimuksessa torjuntakäsittelyt tehtiin istutuksen jälkeen. Nykyisin yhä yleisemmin käytetään ennakkotorjuntaa, jossa torjunta-aineet levitetään istutusta edeltävänä kesänä jo keväällä tai edellisenä syksynä muokattuun maahan. Istutuksen jälkeen tehtävä torjunta on kuitenkin toimiva vaihtoehto milloin ennakkotorjuntaa ei ole tehty tai esiintyy muutoin torjunnan tarvetta.

Kirjallisuus

Ferm, A., Hytönen, J. Koski, K., Vihanta & S. Kohal, O. 1993. Peltojen metsitysmenetelmät. Kenttäkokeiden esittely ja metsitysten kehitys kolmen ensimmäisen vuoden aikana. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 463. 127 s.

— , Hytönen, J., Lilja, S. & Jylhä, P. 1994. Effects of weed control on the early growth of Betula pendula seedlings established on an agricultural field. Scandinavian Journal of Forest Research 9:347–359.

Hynönen, T. 1976. Pintakasvillisuuden torjunnan ajoituksen vaikutus taimien alkukehitykseen. Pro Gradu -työ. Helsingin Yliopiston metsänhoitotieteen laitos. 104 s.

— 1992. Maan ominaisuuksien vaikutus turvemaapeltojen metsittämiseen. Tutkielma maatalous- ja metsätieteiden lisensiaatiin tutkintoa varten. Helsingin Yliopisto. 181 s.

Hytönen, J. 1991. Pellonmetsityksen onnistuminen Keski-Pohjanmaalla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391:22–28.

— 1995. Taimien alkukehitys pellonmetsitysaloilla. Teoksessa Hytönen, J. & Polet, K. (toim.). Metsäntutkimuspäivä Kälviällä 1994. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 540:12–21.

Jukola-Sulonen, E-L. 1983. Vegetation succession of abandoned hay fields in Central Finland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 112. 85 s.

Kiirikki, M. 1993. Seed bank and vegetation succession in abandoned fields in Karkali Nature Reserve, southern Finland. Annales Botanici Fennici 30:139–152.

Leikola, M. 1976. Maanmuokkaus ja pintakasvillisuuden torjunta peltojen metsittämisessä. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 88(3). 101 s.

Rossi, S., Varmola, M. & Hyppönen, M. 1993. Pellonmetsityksen onnistuminen Lapissa. Summary: Success of afforestations of fields in Finnish Lapland. Folia Forestalia 807. 23 s.

Strek, H.J., Dulka, J.J. & Parsells, A.J. 1990. Humic matter content vs. organic matter content for making herbicide recommendations. Commun. in Soil Sci. Plant Anal. 21(13–16):1985–1995.

Teivainen, T., Jukola-Sulonen, E-L. & Mäenpää, E. 1986. Pintakasvillisuuuden kemiallisen torjunnan vaikutus peltomyyräpopulaation kehitykseen. Folia Forestalia 651. 19 s.

Törmälä, T. 1982. Structure and dynamics of reserved field ecosystem in central Finland. Biological Research Reports from the University of Jyväskylä 8. 58 s.

Pintakasvillisuuden määrän vaikutus maan kosteus- ja lämpöoloihin sekä koivuntaimien kehitykseen

Taneli Kolström & Jaana Nuutinen

Tiivistelmä

Tutkimuksessa selvitetään kuinka pintakasvillisuuskilpailu vaikuttaa pelloille istutettujen koivun taimien kasvuun, kasvuolosuhteisiin ja yhteyttämiseen. Pintakasvillisuuden biomassa ja maaveden jännitys vähensivät taimien yhteyttämisnopeutta. Pintakasvillisuuden biomassan lisääntyminen hidasti taimien pituuskehitystä ja alensi maan lämpötilaa.

Johdanto

Pintakasvillisuuden torjunta taimien alkukehityksen turvaamiseksi on Fermin (1991) mukaan tärkeimpiä huomioitavia asioita pellonmetsityksen onnistumisen kannalta, sillä pintakasvillisuuden kehitys on pelloilla erittäin nopeaa. Pintakasvillisuus kilpailee taimien kanssa vedestä ja ravinteista. Lisäksi haittaa aiheuttavat syksyllä istutustaimien päälle kaatuva heinä ja rikkakasvien usein huomattavakin varjostus. Kasvipeitteinen maa on Leikolan ja Raulon (1973) mukaan myös hidas lämpenemään muokattuun avomaahan verrattuna.

Tutkimuksia kilpailevan pintakasvillisuuden vaikutuksista eri puulajien taimien kasvuun on tehty runsaasti (mm. Leikola & Raulo 1973, Nambiar & Zed 1980, Sands & Nambiar 1984, Cole & Newton 1986, Newton & Preest 1988, White & Newton 1988). Myös puiden fysiologisia prosesseja on tutkittu erittäin paljon (mm. Korpilahti 1988, Parker & Pallardy 1991). Koivun (*Betula* spp.) osalta fotosynteesiä ovat tutkineet mm. Hari ja Luukkanen (1974), Hari ym. (1975), Nygren ja Kellomäki (1983), Skre (1991a, 1991b, 1993) ja Virc (1992). Ensin mainitussa tutkimuksessa keskitytään kuivuusstressin, ilman lämpötilan ja valon vaikutuksiin ja toisessa tarkastellaan fotosynteesin ja transpiraation välisiä kytkentöjä. Norjalainen Skre on tutkinut erilaisten lämpötilakäsittelyjen vaikutusta fotosynteesiin. Virc puolestaan tutki erilaisten pintakasvillisuuden torjuntamenetelmien vaikutuksia koivun fotosynteesiin ja muihin fysiologisiin tunnuksiin. Nygren ja Kellomäki tarkastelivat varjostuksen vaikutusta koivun taimien fotosynteesiin.

Vaikka pintakasvillisuuden ja kasvun välisiä riippuvuuksia ja toisaalta lehtien fotosynteesiä on tutkittu paljon, on pintakasvillisuuden ja taimien fysiologian yhteenliittäviä tutkimuksia niukasti. Price ym. (1986) ovat tutkineet salalpensaskasvuston (*Gaultheria shallon*) poiston vaikutuksia niin douglaskuusen (*Pseudotsuga mentziesii*) saatavilla olevan veden määrään kuin fotosynteesiinkin.

Työn tavoitteena oli tutkia kuinka pintakasvillisuuden määrä vaikuttaa koivun taimien pituuteen ja kasvukauden pituuskasvuun. Lisäksi tavoitteena oli tutkia, miten pintakasvillisuuden määrä vaikuttaa maan ominaisuuksiin (maaveden jännitykseen, maan

lämpötilaan) sekä miten nämä tekijät yhdessä vaikuttavat koivun taimien fotosynteesinopeuteen.

Tutkimusaineisto ja -menetelmät

Koejärjestely

Koe perustettiin 10 km Joensuusta etelään sijaitsevan Kukkolan tilan pellolle (62°32 N, 29°50 E, 80 mpy.) Pelto oli ollut vielä kesällä 1991 viljanviljelyssä. Keväällä 1992 täysmuokattu pelto metsitettiin rauduskoivun (*B. pendula*) taimilla 26.5.1992. Taimilajina oli koivun iso paakkutaimi (Ps 1010, IV kokoluokka).

Pellolle perustettiin pintakasvillisuuden määrän vaikutuksen tutkimista varten lohkoittain arvottu koe, jossa pintakasvillisuuden määrää varioitiin eri heinäntorjuntamenetelmillä. Torjuntavaihtoehdot olivat kemiallinen torjunta, mekaaninen torjunta sekä kontrollina torjunnan suorittamatta jättäminen. Alueelle sijoitettiin neljä toistoa. Kunkin koeruudun koko oli 12 x 23 metriä, joista jokaiseen ruutuun istutettiin 50 tainta eli istutustiheys oli noin 1800 tainta/hehtaari. Koealueen reunat metsitettiin normaalisti keväällä 1992.

Keväällä 1992 alueella suoritettiin heinäntorjuntakäsittelyt. Kemiallinen torjunta tehtiin Casoron G -nimisellä torjunta-aineella, jota laitettiin rakeina noin 5 g lähes 1 m^2:n alueelle kunkin taimen ympärille. Mekaaninen heinäntorjunta tehtiin kahdesti kesän 1992 kuluessa leikkaamalla sirpillä. Tensiometrit ja maatermografit maan lämpötilan ja maaveden jännityksen mittaamiseksi asennettiin syksyllä 1992, jolloin tehtiin myös ensimmäiset koemittaukset.

Kesän 1993 osalta kemiallinen heinäntorjunta tehtiin 3.5., jolloin raelevittimellä levitettiin kunkin taimen ympärille 7 g Casoron G:tä. Määrä vastaa hiukan yli sadan kilogramman hehtaarikohtaista käsittelyä. Kesällä 1993 heinä torjuttiin mekaanisesti ensimmäisen kerran 11.6. ja toistettiin 25.7. Maaperätunnusten mittaus aloitettiin kasvukauden 1993 osalta 7.5. alkaen.

Mittaukset

Koealueella suoritettiin mekaaninen maa-analyysi peltoalueen homogeenisuuden selvittämiseksi. Kustakin ruudusta, kerättiin muokkauskerroksesta (0–15 cm) 15.9.1993 maanäyte, joka koostettiin viidestä osanäytteestä. Näytteistä määritettiin kosteus, orgaanisen aineen määrä, totaaliravinteet ja pH-arvot. Lisäksi määritettiin näytteiden tuore- ja kuivapainot sekä punnittiin seulonnassa toisistaan erotetut 2 mm pienemmät ja suuremmat rakeet. Koealueen maa-aines oli homogeenista. Eri käsittelyvaihtoehtojen välillä ei ollut tilastollisesti merkittäviä eroja.

Maaveden jännitystä mitattiin tensiometreillä ja maan lämpötilaa maatermografeilla koko kasvukauden ajan 15 minuutin välein. Tensiometrit ja lämpömittarit sijoitettiin kuhunkin ruutuun sattumanvaraisesti valitun taimen juurelle 5 cm:n syvyydelle maahan. Tensiometrit jouduttiin pintakerroksen liiallisen kuivumisen vuoksi siirtämään 29.6.1993 10 cm:n syvyydelle. Tensiometrit kalibroitiin ennen maastoon vientiä.

Fysiologiset tunnukset (hiilidioksidi- ja vesihöyrypitoisuuksien muutokset) mitattiin jokaisen ruudun siitä taimesta, jonka juurella tensiometri ja termografi olivat. Taimen pituuden puolivälin yläpuolisesta osasta valittiin neljä eri suuntiin olevaa versoa. Kustakin versosta arvottiin mittauksen kohteeksi yksi lehti, joka merkittiin kevyellä nauhalla. Fysiologiset mittaukset tehtiin 7.6., 19.6., 28.6., 5.7. ja 13.7. Mittaukset pyrittiin aloittamaan aamulla neljän aikoihin ja niitä jatkettiin iltayöhön, noin kello 23:een. Mittalaite rajoitti mittauksia siten, että sateisella ilmalla ei voitu mitata.

Mittalaitteena käytettiin LCA-3 -tyyppistä kannettavaa transpiraation ja fotosynteesin mittalaitetta (The Analytical Development Co. Ltd). Lehti asetettiin kyvettiin, jonka läpi virtasi tunnettu määrä hiilidioksidia ja vesihöyryä. Fotosynteesi- ja transpiraationopeudet laskettiin kaasuvirran ja virtaavan ilman hiilidioksidi- ja vesihöyrypitoisuuksien muutoksista. Jotta saataisiin selville fotosynteesin määrä lehden pinta-alayksikköä kohti, lehden pinta-ala määritettiin jokaisella mittauskerralla.

Taimista mitattiin pituus ja kasvukauden 1993 pituuskasvu 16.8.1993. Pintakasvillisuuden määrä selvitettiin pääsääntöisesti fysiologisten mittausten jälkeisenä päivänä. Jokaisesta ruudusta arvottiin satunnaisesti kaksi tainta, joiden ympäriltä 50 cm x 50 cm alalta leikattiin rikkakasvien maanpäälliset osat. Laboratoriossa näytteistä määritettiin rikkakasvien laji, yksi-/monivuotisuus sekä kuivapaino 1 m^2:ä kohti. Kuivapainon määrittämiseksi rikkakasveja kuivattiin paperipusseissa 105°C lämpötilassa vuorokausi ja punnittiin vaa'alla 0,01 g:n tarkkuudella.

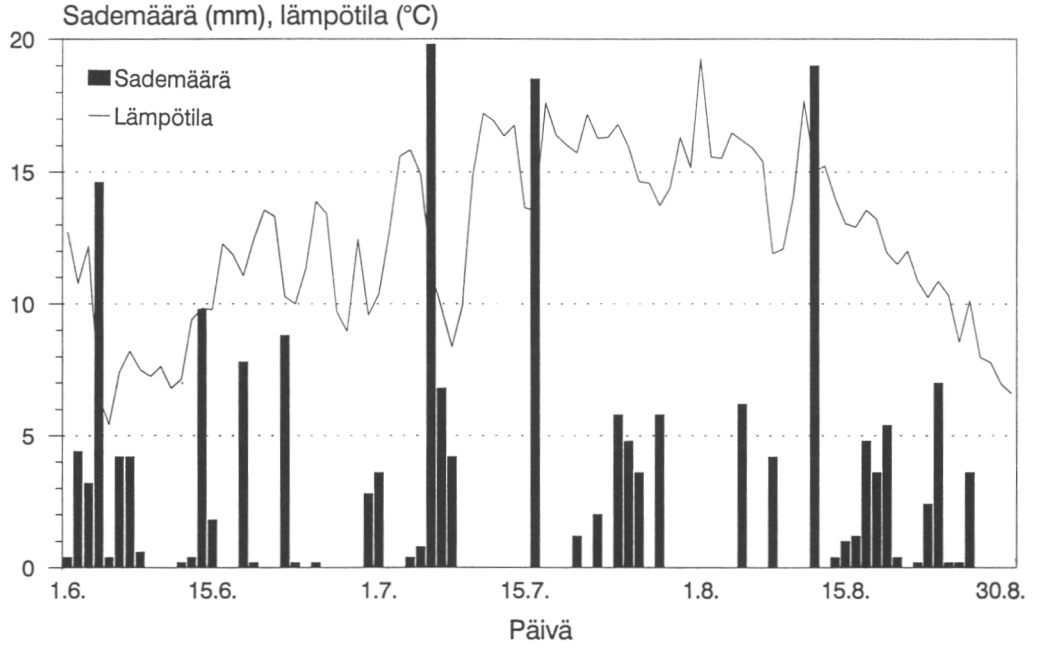
Tutkimuskauden sääolot

Lämpötila- ja sadetiedot saatiin koealueesta noin kahden kilometrin päässä sijaitsevalta Metsäntutkimuslaitoksen sääasemalta. Säätä verrattiin pidemmän ajan keskiarvoon käyttämällä Ilmatieteen laitoksen mittauksia Joensuun lentoasemalta vuosina 1961–1990 ja vastaavasti vuonna 1993 (Ilmatieteen ... 1993). Kaikki tutkimuskuukaudet olivat pitkänajan keskilämpötiloihin verrattuna hieman kylmempiä. Yöhalloja ei tutkimusjaksolla esiintynyt. Kesäkuussa satoi keskimääräisesti, heinäkuu oli selvästi sateisempi ja elokuu taas selvästi kuivempi pitkäaikaiseen keskiarvoon verrattuna (kuva 1).

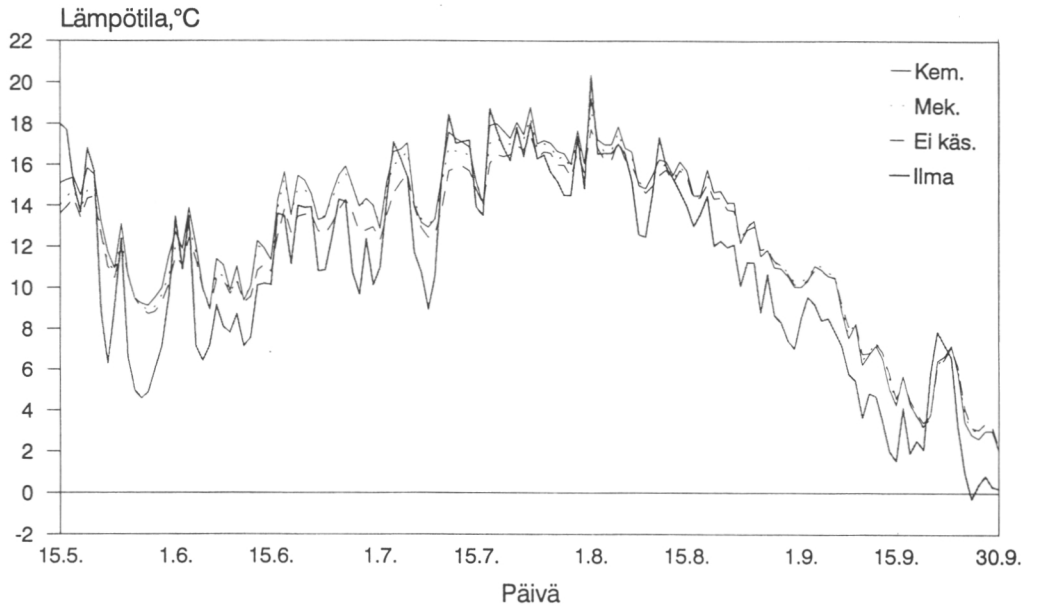
Tulokset

Koealan yleiskuvaus

Maan lämpötila kemiallisesti käsitellyillä ruuduilla oli päivittäin korkeampi kuin mekaanisesti käsitellyillä tai käsittelemättömillä ruuduilla (kuva 2). Maan lämpötila seurasi vertailukohteena olevaa ilman lämpötilaa. Viive näyttäisi olevan suurempi käsittelemättömillä aloilla kuin kemiallisesti käsitellyillä aloilla, mikä selittyy käsittelemättömien alojen lämpötilojen vaihtelua tasoittavalla runsaammalla kasvillisuudella. Eri käsittelyjen väliset erot lämpötilassa ovat selvimmillään keskikesällä ja elokuun lopulta eteenpäin maan lämpötila näyttäisi olevan kaikissa käsittelyissä kutakuinkin samansuuruinen.



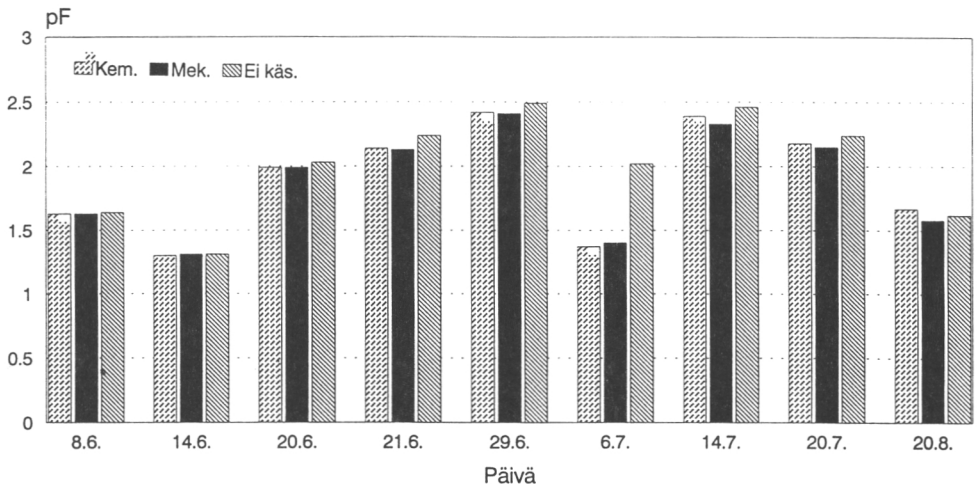
Kuva 1. Vuorokausittaiset keskilämpötilat ja sademäärät Kukkolassa kesällä 1993.



Kuva 2. Vuorokausittaiset keskilämpötilat ilmassa ja 5 cm syvyydellä maassa eri pintakasvillisuuden käsittelymenetelmissä.

Toukokuun lopulle asti ilman lämpösummaa kertyy enemmän kuin maan lämpösummaa. Toukokuun 25. päivänä kemiallisesti käsiteltyjen alojen maan lämpösumma ylitti ilman lämpösumman, ja vastaavasti mekaanisesti käsiteltyjen alojen viittä päivää myöhemmin. Käsittelemättä jätettyjen alojen lämpösumma on ilman lämpösummaa suurempi vasta kesäkuun seitsemäntenä päivänä. Lämpösumman kertyminen päättyi syyskuun puolivälissä, jolloin ilman lämpösumma oli 984 dd-astetta. Ilman lämpösummaan verrattuna lämpösumma 5 cm syvyydellä kemiallisesti käsitellyissä ruuduissa on 118 %, mekaanisesti käsitellyissä ruuduissa 114 % ja käsittelemättömissä 108 %.

Käsittelyt eivät juurikaan vaikuttaneet maaveden jännitykseen (kuva 3). Maaveden jännitys reagoi kesäkuun alkupuoliskon sateisiin kaikissa käsittelyissä yhtä nopeasti. Kun pidättävää pintakasvillisuutta kertyy enemmän kuun loppupuolelle tultaessa, ei käsittelemättä jätettyjen ruutujen pF-arvo laske enää niin alas kuin käsitellyillä aloilla.



Kuva 3. pF-arvojen vuorokausittaiset keskiarvot eri pintakasvillisuuden käsittelymenetelmissä. 1.6.–28.6. mittaussyvyytenä oli 5 cm ja 29.6.–30.8. 10 cm maan pinnasta.

Useiden päivien sateettoman jakson aikana käsittelemättömien ruutujen maa kuivui huomattavasti. Vähäiset sateet alentavat kemiallisesti ja mekaanisesti torjuttujen ruutujen maaveden jännitystä suhteellisen paljon, mutta vaikutus on selvästi vähäisempi käsittelemättä jätettyjen ruutujen maaveteen. Runsaammat sateet kostuttavat käsittelemättä jätettyjen ruutujen maata jopa enemmän kuin kemiallisesti tai mekaanisesti käsiteltyjen ruutujen maata, mutta viive maaveden jännityksen alenemiseen on käsittelemättä jätetyillä ruuduilla pidempi. Runsaiden sateiden jälkeen käsittelemättä jätettyjen ruutujen maa myös säilyttää kosteutensa hieman pidempään kuin kemiallisesti tai mekaanisesti käsiteltyjen ruutujen maa.

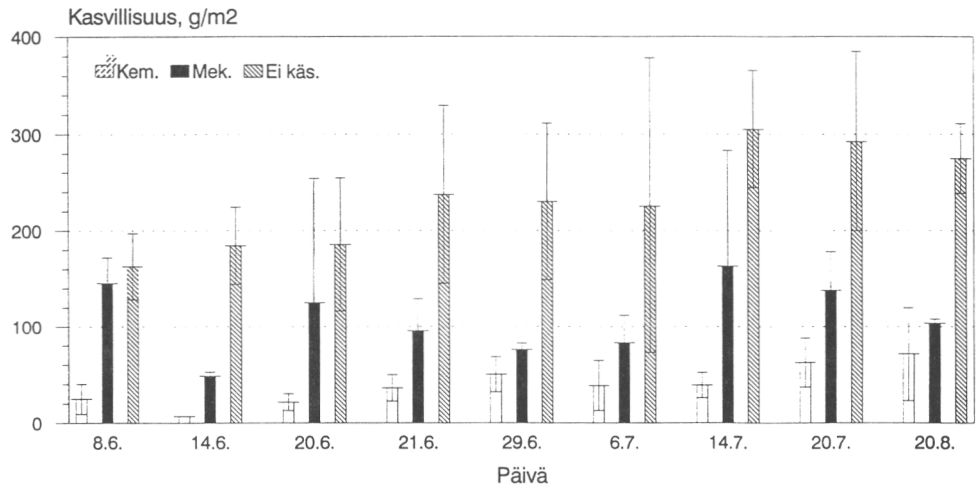
Elokuussa maaveden jännitys eri tavalla käsiteltyjen ruutujen välillä ei ollut odotetunlaista, vaan valtaosan elokuuta maa pysyi kosteimpana niillä aloilla, joilta pintakasvillisuutta ei oltu torjuttu lainkaan. Kemiallisesti ja mekaanisesti torjuttujen ruutujen välillä ei ollut elokuussakaan havaittavissa suuria eroja, mutta pääsääntöisesti voidaan

todeta kuun alkupuoliskolla olleen kuivinta kemiallisesti käsitellyillä aloilla ja loppupuoliskolla mekaanisesti torjutuilla aloilla.

Pintakasvillisuus oli lajistollisesti runsasta: koeruuduista löytyi 35 eri kasvilajia. Kasvisuvut, -lajit ja lajien yksi- tai monivuotisuus ovat listattuina liitteessä 1.

Kemiallisesti käsitellyissä ruuduissa esiintyi pääsääntöisesti vain monivuotista juolavehnää (*Elymus repens*) ja satunnaisesti valkoapilaa (*Trifolium repens*) ja rönsyleinikkiä (*Ranunculus repens*), jotka myös ovat monivuotisia rikkaruohoja. Mekaanisesti torjutuissa ruuduissa ja ilman torjuntaa olevissa ruuduissa kasvillisuus oli lajistoltaan huomattavasti kemiallisesti käsiteltyjä ruutuja runsaampaa. Monivuotisten kasvien lisäksi lajisto käsitti myös yksivuotisia rikkaruohoja. Valtalajeina sekä mekaanisesti käsitellyissä ruuduissa että käsittelemättä jätetyissä ruuduissa olivat timotei (*Phleum pratense*) ja englanninraiheinä (*Lolium perenne*).

Kemiallisesti käsitellyillä alueilla kasvillisuuden määrä oli selvästi mekaanisesti torjuttujen ja käsittelemättömien ruutujen määrää vähäisempi ($p < 0,05$) (kuva 4). Myös mekaanisesti torjuttujen alojen ja käsittelemättä jätettyjen alojen pintakasvillisuuden määrät poikkesivat toisistaan tilastollisesti merkittävästi ($p < 0,05$).



Kuva 4. Pintakasvillisuuden biomassojen keskiarvot ja hajonnat käsittelyittäin mittauspäivinä.

Taimien pituus ja pituuskasvu

Taimista oli kasvukauden 1993 lopussa elossa 97,0 %. Kuolleita taimia oli eniten aloilla, joilla pintakasvillisuutta ei oltu torjuttu (6,0 %). Kemiallisen heinäntorjunnan ruuduissa kuolleita taimia oli 1,5 %, kun taas mekaanisen torjunnan kohteena olleiden ruutujen taimet olivat kaikki elossa.

Koivun versolaikkutautia oli keskimäärin 8,8 %:ssa taimista. Heinäntorjunnan ja versolaikkutaudin ilmenemisen välillä oli havaittavissa selvä yhteys, sillä kemiallisen torjunnan aloilla tautia oli vain 3,5 %:lla taimista, mekaanisen torjunnan ruuduissa 10,2 %:lla ja ruuduissa, joissa torjunta oli jätetty tekemättä, 13,0 %:lla taimista.

Syksyllä 1993 mitatuista taimista pisimpiä olivat kemiallisen heinäntorjunnan aloilla kasvaneet taimet, seuraavaksi mekaanisen torjunnan alojen taimet ja pienimpiä olivat kontrolliruuduissa kasvaneet taimet (taulukko 1). Myös pituuskasvun osalta järjestys oli sama.

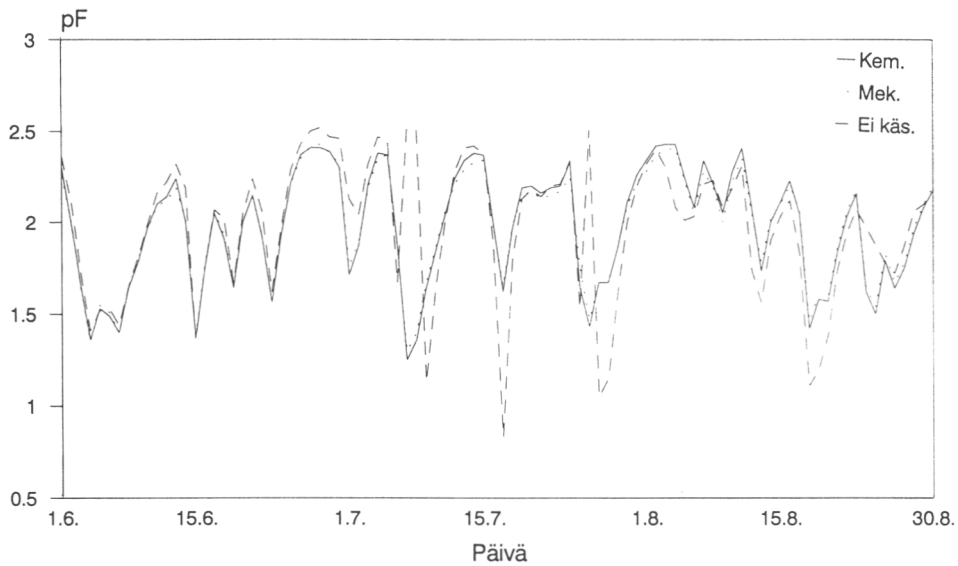
Maaveden jännityksen riippuvuus pintakasvillisuuden määrästä

Maan vesitaloutta kuvaava aineisto jouduttiin laskennassa jakamaan kahteen osaan 29.6. tapahtuneen tensiometrien siirron takia. Maaveden jännityksen vuorokausittaisen keskiarvon ja pintakasvillisuuden biomassan välillä ei havaittu riippuvuutta mitattaessa maaveden jännitystä 5 cm (r^2= 0,02) tai 10 cm (r^2= 0,08) syvyydeltä.

Maaveden jännityksen vuorokausittaiset keskiarvot eri pintakasvillisuuden käsittelymenetelmissä on esitetty kuvassa 5. Maaveden jännitys ei myöskään vaihdellut käsittelyjen välillä tilastollisesti merkittävästi (p= 0,94 (5 cm), p= 0,28 (10cm)).

Taulukko 1. Taimien pituudet ja pituuskasvut käsittelyittäin. Käsittelyjen välillä oleva tilastollisesti merkitsevä ero (p<0,05) on merkitty hakasulkeilla.

Käsittely	Pituus, cm	Pituuskasvu, cm
Kemiallinen	113,59	50,57
Mekaaninen	97,74	34,01
Ei käsittelyä	92,49	32,93



Kuva 5. Maaveden jännityksen vuorokausittaiset keskiarvot käsittelyittäin. 21.6. saakka pF-arvot on mitattu 5 cm syvyydeltä, 29.6. eteenpäin 10 cm syvyydeltä maasta.

Maan lämpötilan riippuvuus pintakasvillisuuden määrästä

Lineaarisen regressioanalyysin tulokset (taulukko 2) näyttävät, että pintakasvillisuuden määrän lisääntyminen alentaa maan lämpötilaa, vaikkakaan ei kovin paljoa. Yksisuuntaisella varianssianalyysillä testattaessa eri pintakasvillisuuden käsittelymenetelmien välillä ei maan lämpötilassa ollut tilastollisesti merkitseviä eroja riskitasolla 5 % (p=0,17).

Taulukko 2. Maan lämpötilan (°C) riippuvuus mitatuista tunnuksista regressioanalyysin mukaan.

Selitettävä	Selittäjä	Kerroin	t-arvon merkitsevyys	
Maan lämpötila, °C	vakio	+5,77	<0,001	$R^2 = 0,85$
				$S_e = 0,76$
	kasvillisuus, g/m^2	-0,0026	<0,001	F = 273,4
				F:n merk.
				<0,001
	ilman lämpötila, °C	+0,67	<0,001	

Fotosynteesinopeuden riippuvuus pintakasvillisuuden määrästä, maaveden jännityksestä ja maan lämpötilasta

Myös näiltä osin aineisto on jouduttu jakamaan tensiometrien siirron takia alku- ja loppukesän aineistoon. Regressioanalyysin tulokset fotosynteesinopeuden riippuvuudesta pintakasvillisuuden biomassasta, maaveden jännityksestä ja maan lämpötilasta.

Ilman lämpötilan ja maan lämpötilan erotus havaittiin paremmaksi selittäjäksi fotosynteesinopeudelle kuin ilman lämpötila ja maan lämpötila erillisinä selittäjinä. Maaveden jännitys ja pintakasvillisuuden biomassa eivät kumpikaan tässä aineistossa olleet kovin hyviä selittäjiä fotosynteesinopeudelle,

Taulukko 3. Fotosynteesinopeuden ($mmol/m^2/s$) riippuvuus mitatuista tunnuksista regressioanalyysin mukaan.

Selittäjä	Kerroin		t-arvon merkitsevyys	
	Alkukesä	Loppukesä	Alkukesä	Loppukesä
vakio	+4,35	+3,07	<0,001	<0,001
(ilman lämpötila	+0,62	+0,52	<0,001	<0,001
- maan lämpötila), °C	-1,04	-1,48	0,1097	0,1059
kasvillisuus, g/m^2	-0,1097	-0,00008	0,1526	0,9711
Alkukesä:	R^2=0,52, S_e = 2,65, F= 28,48, p<0,001			
Loppukesä:	R^2=0,34, S_e = 2,72, F= 19,80, p<0,001			

Maaveden jännityksen lisääntyminen eli maan kuivuminen ja pintakasvillisuuden määrän lisääntyminen molemmat pienentävät fotosynteesinopeutta. Lämpötilaeron kasvaminen taas puolestaan lisää fotosynteesinopeutta.

Loppukesän aineistosta lasketussa regressioanalyysissä tulokset ovat samankaltaisia kuin alkukesän tulokset: lämpötilaeron kasvaessa fotosynteesi nopeutuu, kun taas maan kuivuminen ja kasvillisuuden lisääntyminen alentavat fotosynteesinopeutta, joskin pintakasvillisuuden vaikutus on erittäin vähäistä. Tässäkään aineistossa pintakasvillisuuden määrä ei selittänyt fotosynteesinopeutta kovinkaan hyvin.

Tulosten tarkastelu

Aineiston ja menetelmien tarkastelu

Tensiometrien mittausalue oli riittämätön; tensiometri ei pystynyt mittaamaan maaveden jännitystä pF-lukeman ylittäessä arvon 2,5. Maan pintakerrokset kuivuivat useina päivinä niin kuiviksi, ettei tensiometrien mittausalue riittänyt. Tämä on aiheuttanut vääristymää regressioanalyysien tuloksiin, koska maaveden vuorokausittaisia keskiarvoja laskettaessa käytettiin yli mittausrajan menneiden arvojen kohdalla pF-arvoa 2,5. Maaveden jännitystä olisi voitu mitata maan syvemmistä kerroksista, sillä taimien juuret ovat toisena kasvukautena osin jo syvemmällä kuin 10 cm. Syvemmälle maahan mentäessä kosteuserot eri pintakasvillisuuden käsittelymenetelmien välillä kuitenkin tasoittuvat. Maan lämpötilan mittaus puolestaan toimi hyvin ja aineistoa oli riittävästi.

Fotosynteesinopeus vaihteli ajasta riippuen runsaasti, sillä mittauksia aloitettaessa ja lopetettaessa useat lehdet respiroivat, kun taas päivälläkin fotosynteesinopeus vaihtelee huomattavasti. Koska fotosynteesinopeutta mitattiin lohkojen sisällä arvotussa järjestyksessä satunnaistui fotosynteesin vuorokautinen vaihtelu. Kolmen mittauksen keskiarvon laskeminen vähensi hetkittäisten vaihtelujen vaikutusta fotosynteesinopeuteen.

Pintakasvillisuuden vaikutus taimien pituuteen ja pituuskasvuun

Pintakasvillisuuden vaikutus taimien pituuteen ja pituuskasvuun oli odotusten mukainen; pintakasvillisuuden lisääntyminen vähensi selvästi sekä taimien pituutta että pituuskasvua. Vastaavanlaisia tuloksia taimien pituuksista ja pituuskasvuista ovat saaneet mm. Leikola ja Raulo (1973) sekä Leikola (1976) seuratessaan pellolle istutettujen männyn, kuusen ja rauduskoivun taimien alkukehitystä. Rauduskoivun osalta tutkimuksissa todetaan, että taimet ovat kärsineet pintakasvillisuudesta ja torjunnan on havaittu lisäävän selvästi taimien pituuskasvua. Kemiallisesti torjuttujen alojen taimet ovat myös selvästi pidempiä kuin muut taimet.

Myös Torpo (1991) kertoo erityisesti kemiallisen pintakasvillisuuden torjunnan vaikuttavan vielä 20 vuoden kuluttua torjunnasta suotuisasti pellolle istutettujen taimien menestymiseen, joskin torjunnan vaikutus on maanmuokkauksen vaikutusta vähäisempi. Kemiallinen heinäntorjunta tuotti parhaan tuloksen: mekaaninen heinäntorjunta ei ollut varsinkaan koivulla ja kuusella käsittelemätöntä parempi. Tältä osin tulos on yhtenevä tämän tutkimuksen kanssa, jossa ei löytynyt tilastollisesti merkittävää eroa pituuskasvussa mekaanisesti heinittyjen alojen taimien ja heinimättä jätettyjen alojen taimien välillä.

Torpon (1991) tutkimuksessa isoista koivuntaimista oli 20 vuoden kuluttua viljelystä hengissä kemiallisen torjunnan aloilla 44,2 % taimista, mekaanisen torjunnan aloilla 33,8 % ja käsittelemättömillä aloilla 37,5 % taimista. Tässä tutkimuksessa oli koivunversolaikkutautia keskimäärin 8,8 % taimissa. Jos oletetaan, että kaikki koivunversolaikkutautitartunnan saaneet taimet kuolevat, olisi elossaolo ilman muita tuhoja kemiallisesti käsitellyillä aloilla keskimäärin 95 %, mekaanisesti torjutuilla aloilla noin 90 %, ja heinimättömissä ruuduissa 82 %.

Nambiar ja Zed (1980) havaitsivat, että kuivilla kasvupaikoilla jopa 5–10 % pintakasvillisuuden peittävyys riittää aiheuttamaan niin suuren kuivuusstressin, että Montereyn männyn kasvu estyi. Myös Sands ja Nambiar (1984) havaitsivat Montereyn männyn keskimääräisen pituuden ja tilavuuden olevan selvästi pienempi alueilla, joilla rikkakasvillisuutta ei oltu torjuttu. Shainskyin ja Radosevichin (1986) tutkimuksessa todetaan myös ponderosa männyn taimien kasvun paranevan, kun kilpaileva pensaisto poistettiin. Colen ja Newtonin (1986) mukaan heinäkasvillisuus kilpailee douglaskuusen taimien kanssa lähinnä vedestä, ei niinkään valosta tai ravinteista. Vaikka heinäntorjunnalla ei ollut vaikutusta istutusvuoden kasvuun, niin sen merkitys tulevien vuosien kasvulle oli ilmeinen.

Pintakasvillisuuden vaikutus maan kosteus- ja lämpöoloihin

Maaveden jännitys. Useissa tutkimuksissa pintakasvillisuuden lisääntymisellä on ollut selvä vapaan maaveden määrää vähentävä vaikutus (ks. esim. Price ym. 1986, Newton & Preest 1988), mutta tässä tutkimuksessa sitä ei havaittu.

Rikkakasvien aiheuttama kilpailu on voimakkaampaa kuin toisten puuntaimien aiheuttama, sillä esim. Sands ja Nambiar (1984) havaitsivat, että Montereyn männyn (*Pinus radiata*) istuttaminen jopa kolme kertaa suurempaan tiheyteen ei aiheuttanut taimiin vastaavaa kuivuusstressiä kuin kilpailevan pintakasvillisuuden läsnäolo. Vastaavanlaisen havainnon tekivät Shainsky ja Radosevich (1986), sillä heidän tutkimuksessaan maan vesivarasto oli pienempi sekakasvustoissa kuin puhtaissa ponderosa männyn (*Pinus ponderosa*) kasvustoissa. Myös Colen ja Newtonin (1986) tutkimuksessa kuivuusstressi oli alhaisin douglaskuusen kasvaessa ilman kilpailevaa kasvillisuutta.

Maan lämpötila. Tutkimuksessa havaittiin pintakasvillisuuden biomassan lisääntymisen alentavan maan lämpötilaa, mutta vaikutus oli vähäinen: kasvillisuuden biomassan lisääntyessä 100 g/m^2 maan lämpötila aleni 0,26°C. Ilman lämpötilan kohoaminen 1°C sai maan 5 cm syvyydeltä maan pinnasta lämpenemään 0,67°C.

Maan lämpötilaan vaikuttaa merkittävästi maan kosteus. Kuivissa maalajeissa, kuten sora- ja hiekkamaissa, lämmönjohtokyky on huono. Koska tässä aineistossa pintakasvillisuuden lisääntymisellä ei ollut sanottavaa vaikutusta maassa olevan veden määrään, voidaan ajatella maan lämmönjohtokyvyn olevan eri tavoin käsitellyillä aloilla samankaltainen, eikä kosteuserot olisi siten ainakaan huomattavasti vaikuttaneet 5 cm syvyydeltä mitattuihin maan lämpötiloihin.

Lämpötilan vaihtelu maan pintakerroksissa aurinkoisena päivänä voi Thornen ja Thornen (1979) mukaan olla huomattavan erilainen paljaalla maalla verrattuna kasvipeitteiseen maahan. Paljas maa vastaanottaa auringon säteilyä ja jo aikaisin aamulla

se saavuttaa korkeamman lämpötilan kuin maanpinnan yläpuolella oleva ilma. Päivän lämpimimpien tuntien aikaan paljaan maan pintakerrosten lämpötila voi olla useita asteita korkeampi kuin yläpuolisen ilman, kun taas yöaikaan maanpinnan lämpötila voi laskea ilman lämpötilaa alhaisemmaksi. Kasvipeitteisen maan lämpötila ei ehkä koskaan saavuta yläpuolisen ilman lämpötilaa.

Lämpösummat 5 cm syvyydessä maassa olivat suuremmat kuin ilmassa. Vastaavasti Leikolan (1971) tutkimuksessa 5 cm syvyydeltä mitattu paljaan hiekkamaan lämpösumma oli elokuussa 21 % suurempi kuin ilman lämpösumma. Humuskerroksen alta 5 cm syvyydeltä mitattu maan lämpösumma jäi Leikolan (1971) tutkimuksessa ilman lämpösummaa alhaisemmaksi.

Pintakasvillisuuden ja maan kosteus- ja lämpöolojen vaikutus fotosynteesinopeuteen

Maaveden jännityksen lisääntyessä alkukesällä yhdellä pF-yksiköllä 5 cm syvyydellä maan pinnasta, koivun taimien lehtien fotosynteesinopeus aleni 1,04 mmol/m^2/s. Mitattaessa maaveden jännitystä 10 cm:n syvyydeltä, maan kuivumisen vaikutus fotosynteesinopeuteen on hieman suurempi; yhden pF-yksikön kasvu maaveden jännityksessä saa aikaan fotosynteesinopeuden alenemisen 1,48 mmol/m^2/s.

Kun vettä on runsaasti saatavilla, koivun versojen nettofotosynteesiin vaikuttavat eniten valon intensiteetti ja lämpötila. Koivun kärsiessä kuivuudesta puuhun muodostuu hitaasti kasvin sisäisten tekijöiden kontrolloima tila, nk. fysiologinen kuivuusstressi, joka alentaa fotosynteesiä (Hari & Luukkanen 1974). Kun vettä on taas saatavilla, palautuu taimi normaalitilaan, mutta palautuminen on hidasta. Kuivuuden on todettu vaikuttavan enemmän fotosynteesiin kuin transpiraatioon (Hari ym. 1975). Vastaavia havaintoja Hari ja Luukkanen (1973) kertovat harmaalepän (*Alnus incana*) fotosynteesinopeudesta, joka vaihteli ilman lämpötilan ja valon määrän mukaan silloin, kun vettä oli kasvin saatavilla. Kun taimille aiheutettiin pitkittynyt kuivuusstressi, korkea lämpötila vähensi merkittävästi fotosynteesiä sen jälkeenkin kun vettä oli jo taimen käytettävissä.

Maan lämpötilan aleneminen hidastaa kasvien hiilidioksidin ottoa (Kozlowski ym. 1991). Day ym. (1991) ovat tutkineet alhaisen juuristolämpötilan vaikutusta *Pinus taedan* taimien fotosynteesiin. Kun taimia altistettiin kahden päivän ajaksi 13°C maalämpötilaan, aleni nettofotosynteesi 20 %. Kahden päivän kasvatus 7°C:ssa sai aikaan jo 50 % laskun nettofotosynteesiin. Maan lämpötilan kohoaminen 10°C:sta 27°C:een lisäsi Montereyn männyn nettofotosynteesiä (Babalola ym. 1968). Maan lämpeneminen lisäsi nettofotosynteesiä eniten silloin, kun taimilla oli riittävästi vettä saatavilla. Kun taimet kärsivät kuivuudesta, maan lämpeneminen lisäsi nettofotosynteesiä, mutta lämpimimmässäkin maassa kuivuudesta kärsivien tainten nettofotosynteesi oli alhaisempi kuin hyvin kasteltujen tainten nettofotosynteesi alhaisimmassa juuristolämpötilassa. Maan lämpötilan alentaminen 22°C:sta 16°C:een vähensi hiilen sidontaa 56 % keltasetrillä, maan ollessa 1°C fotosynteesinopeus oli laskenut jo 84 % (Grossniekle & Russel 1991).

Cooperin (1973) mukaan fotosynteesin selvä riippuvuus maan lämpötilasta tulee esille vasta äärilämpötiloissa, sillä fotosynteesille optimaalisen maalämpötilan alue on

kasveilla yleensä laaja. Käytetyillä pintakasvillisuuden käsittelyparametreillä ei äärilämpötiloja luonnon olosuhteissa kesäkautena syntynyt.

Yhteenveto

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää pintakasvillisuuden vaikutuksia maan lämpötilaan ja maaveden jännitykseen sekä koivun taimien kasvuun ja lehtien fotosynteesinopeuteen. Pintakasvillisuuden biomassan lisääntyminen alensi maan lämpötilaa, mutta maaveden jännitykseen sillä ei ollut vaikutusta. Maan kuivuminen ja pintakasvillisuuden lisääntyminen vähensivät koivunlehtien fotosynteesinopeutta, kun taas ilman lämpötilan ja maan lämpötilan erotuksen kasvaessa fotosynteesinopeus lisääntyi.

Taimien fotosynteesinopeus alenee kilpailevan pintakasvillisuuden lisääntyessä. Vaikka fotosynteesinopeus olikin kasvukauden lopussa paras niillä alueilla, joilta pintakasvillisuutta ei oltu torjuttu lainkaan, oli vastaavien alueiden taimet lyhyimpiä ja niiden kasvukauden pituuskasvu alhaisin. Kahteenkaan kertaan molempina istutusta seuranneina kesinä tehty mekaaninen heinäntorjunta ei riittänyt saamaan merkittävää eroa torjumatta jätettyjen ja mekaanisesti torjuttujen alojen tainten pituuksien ja pituuskasvujen välille. Ainoastaan kemiallinen heinäntorjunta riitti poistamaan kilpailevan pintakasvillisuuden niin tehokkaasti, että taimien pituus ja pituuskasvu olivat merkittävästi suurempia kuin muissa käsittelyissä. Pintakasvillisuuskilpailun rajoittaminen pienensi myös suoraan taimien kuolleisuutta.

Kirjallisuus

Aarnio, J. & Rantala, T. 1994. Peltojen metsänistutuksen yksityistaloudellinen kannattavuus. Folia Forestalia 1994(1):3–17.

Babalola, O., Boersma, L. & Youngberg, C.T. 1968. Photosynthesis and transpiration of Souterey pine seedlings as a function of soil water suction and soil temperature. Plant Physiol. 43: 515–521.

Cole, E.C. & Newton, M. 1986. Nutrient, moisture, and light relations in 5-year-old Douglas-fir plantations under variable competition. Canadian Journal of Forest Research 16: 727–732.

Cooper, A.J. 1973. Root temperature and plant growth. Research Review No. 44. Commonwealth Bureau of Horticulture and Plantation Crops, East Malling, Maidstone, Kent. 73 s.

Day, T.A., Heckathorn, S.A. & DeLucia, E.H. 1991. Limitations of photosynthesis in Pinus taeda L. (Loblolly Pine) at low soil temperatures. Plant Physiol. 96: 1246–1254.

Ferm, A. 1991. Peltojen metsitysmenetelmät -tutkimuksen ja väliraportin esittely. Teoksessa: Ferm, A. & Polet, K. (toim.) 1991. Peltojen metsitysmenetelmät. Tutkimushankkeen väliraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391: 4–8.

— , Hytönen, J., Koski, K., Vihanta, S. & Kohal, O. 1993. Peltojen metsitysmenetelmät, kenttäkokeiden esittely ja metsitysten kehitys kolmen ensimmäisen vuoden aikana. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 463. 127 s.

Grossnickle, S.C. & Russel, J.H. 1991. Gas exchange processes of yellow-ceder (Chamaecyparis nootkatensis) in response to environmental variables. Canadian Journal of Botany 69: 2684–2691.

Hari, P. & Luukkanen, O. 1973. Effect of water stress, temperature, and light on photosynthesis in alder seedlings. Physiologia Plantarum 29: 45–53.

— & Luukkanen, O. 1974. Field studies of photosynthesis as affected by water stress, temperature, and light in birch. Physiologia Plantarum 32: 97–102.

— , Luukkanen, O., Pelkonen, P. & Smolander, H. 1975. Comparisons between photosynthesis and transpiration in birch. Physiologia Plantarum 33: 13–17.

Ilmatieteen laitos – Kuukausikatsaus Suomen ilmastoon. Helminen, V.A. (toim.). Kesäkuu-Elokuu 1993. 87. vuosikerta. 12 s.

Korpilahti, E. 1988. Photosynthetic production of Scots pine in the natural environment. Acta Forestalia Fennica 202. 71 s.

Kozlowski, T.T., Kramer, P.J. & Pallardy, S.G. 1991. The physiological ecology of woody plants. Academic Press. San Diego. 657 s.

Leikola, M. 1971. Maan ja maanläheisten ilmakerrosten lämpöoloista. Metsäntutkimuslaitos. Rovaniemen tutkimusaseman tiedonantoja 2: 12–15.

— 1976. Maanmuokkaus ja pintakasvillisuuden torjunta peltojen metsittämisessä. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 88.3. 101 s.

— & Raulo, J. 1973. Pellolle istutettujen männyn, kuusen ja rauduksen taimien alkukehityksestä. Metsäntutkimuslaitos, metsänviljelyn koeaseman tiedonantoja 8. 24 s.

Nambiar, E.K.S. & Zed, P.G. 1980. Influence of weeds on the water potential, nutrient content and growth of young radiata pine. Aust. For. Res. 10: 279–288.

Newton, M. & Preest, D.S. 1988. Growth and water relations of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*) seedlings under different weed control regimes. Weed Science 36: 653–662.

Nygren, M. & Kellomäki, S. 1983. Effect of shading on leaf structure and photosynthesis in young birches, Betula pendula Roth. and B. pubescens Ehrh. Forest ecology and Management 7: 119–132.

Parker, W.C. & Pallardy, S.G. 1991. Gas exchange during a soil drying cycle in seedlings of four black walnut (Juglans nigra L.) families. Tree Physiology 9: 339–348.

Price, D.T., Black, T.A. & Kelliher, F.M. 1986. Effects of salal understory removal on photosynthetic rate and stomatal conductance of young Douglas-fir trees. Canadian Journal of Forest Research 16: 90–97.

Sands, R. & Nambiar, E.K.S. 1984. Water relations of Pinus radiata in competition with weeds. Canadian Journal of Forest Research 14: 233–237.

Shainsky, L.J. & Radosevich, S.R. 1986. Growth and water relations of Pinus ponderosa seedlings in competitive regimes with Arctostaphylos patula seedlings. J. Appl. Ecol. 23: 957–966.

Skre, O. 1991a. Temperature effects on the growth of mountain birch (Betula pubescens Ehrh.), elm (Ulmus glabra Huds.) and maple (Acer platanoides L.) seedlings in continuous light. Meddelelser fra Communications of Skogforsk 44.5: 1–44.

— 1991b. Growth experiments with seedling of mountain birch (Betula pubescens Ehrh.) and lowland birch (Betula pendula Roth.) grown at varying temperature, light and daylength. Meddelelser fra Communications of Skogforsk 44.6: 1–41.

— 1993. Photosynthesis and respiration in leaves of mountain birch (Betula pubescens Ehrh.) and related tree species. Meddelelser fra Communications of Skogforsk 45.6: 1–23.

Thorne, D.W. & Thorne, M.D. 1979. Soil, water and crop production. The Avi Publishing company. Westport. 353 s.

Torpo, J. 1991. Peltojen metsitysmenetelmät 20-vuotta vanhojen kokeiden valossa. Teoksessa: Ferm, A. & Polet, K. (toim.) Peltojen metsitysmenetelmät. Tutkimushankkeen väliraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391: 39–48.

White, D.E. & Newton, M. 1988. Competitive interactions of whiteleaf manzanita, herbs, Douglas-fir, and ponderosa pine in southwest Oregon. Canadian Journal of Forest Research 19: 232–238.

Virc, S. 1992. Summary of results for physiological characteristics of koivu. Käsikirjoitus. 47 s.

Liite 1. Kasvillisuusluettelo.

Pinaceae - mäntykasvit		
Pinus sylvestris	mänty	monivuotinen
Ranunculus L. - leinikit		
Ranunculus repens L.	rönsyleinikki	monivuotinen
Betulaceae - koivukasvit		
Betula pubescens	hieskoivu	monivuotinen
Caryophyllaceae - kohokkikasvit		
Stellaria media (L.) Vill.	pihatähtimö	1-vuotinen
Spergula arvensis L.	peltohatikka	1-vuotinen
Chenopodiaceae - savikkakasvit		
Chenopodium album	jauhosavikka	1-vuotinen
Polyconaceae - tatarkasvit		
Polygonum lapathifolium	ukontatar	1-vuotinen
Violaceae - orvokkikasvit		
Viola arvensis	pelto-orvokki	1- tai 2-vuot.
Viola canina subst. **montana**	aho-orvokki	1- tai 2-vuot.
Brassicaceae - ristikukkaiskasvit		
Raphanus raphanistrum L.	peltoretikka	1-vuotinen
Rosaceae - ruusukasvit		
Alchemilla	poimulehti	monivuotinen
Fabaceae - hernekasvit		
Vicia cracca L.	hiirenvirna	monivuotinen
Trifolium repens L.	valkoapila	monivuotinen
Apiacea - sarjakukkaiskasvit		
Anthriscus sylvestreis (L.) Hoffm.	koiranputki	monivuotinen
Rubiaceae - matarakasvit		
Galium spurium L.	peltomatara	1-vuotinen
Boraginacea - lemmikkikasvit		
Myosotis arvensis (L.) Hill	peltolemmikki	1- tai 2-v.
Lamiaceae - huulikukkaiskasvit		
Galeopsisi bifida Boenn.	peltopillike	1-vuotinen
Lamium purpureum L.	punapeippi	1-vuotinen
Plantaginaceae - ratamokasvit		
Plantago major	piharatamo	monivuotinen
Campanulaceae - kellokasvit		
Campanula patula L.	harakankello	2-vuotinen

Asteraceae - asterikasvit		
Achillea millefolium	siankärsämö	monivuotinen
Tripleurospermum inodorum	peltosaunio	1-vuotinen
Matricaria matricarioides	pihasaunio	1-vuotinen
Tussilago faffara L.	leskenlehti	monivuotinen
Cirsium arvense (L.) Scop.	pelto-ohdake	monivuotinen
Cichoriaceae - sikurikasvit		
Leontodon autumnalis (L.)	syysmaitiainen	monivuotinen
Taraxacum	voikukka	monivuotinen
Lapsana communis L.	linnunkaali	1-vuotinen
Poaceae - heinäkasvit		
Lololium perenne	englanninraiheinä	1- tai monivuot.
Poa annua L.	kylänurmikka	1-vuotinen
Poa pratensis	niittynurmikka	monivuotinen
Elymus repens (L.) Gould	juolavehnä	monivuotinen
Deschampsia cespitosa (L.) Beauv.	nurmilauha	monivuotinen
Phleum pratense L.	timotei	monivuotinen
Alopecurus geniculatus L.	polvipuntarpää	monivuotinen

Heinäntorjuntamenetelmien vaikutus peltomaan lämpötilaan

Liisa Siipilehto

Tiivistelmä

Esitutkimuksen luonteisessa kokeessa selvitettiin erilaisten heinäntorjuntamenetelmien vaikutusta maan lämpötilaan 5 cm syvyydessä kasvukauden aikana. Käsittelyinä olivat heinäntorjunta niittämällä, kemiallinen heinäntorjunta (terbutylatsiini), ruskea kateviljelypaperi, musta muovikate, kitkentä paljaaksi maaksi sekä käsittelemätön kontrolli. Apilaa kasvavalle pellolle istutettiin 60 männyn tainta, joille käsittelyt arvottiin.

Maan keskilämpötilat, maksimi- ja minimiarvot sekä lämpösumma olivat mustan muovikatteen alla korkeimmat koko kasvukauden ajan. Lämpösummaltaan suuruusjärjestyksessä seurasivat niitetty, paljas maa ja paperikate. Kontrolliruudun maa oli kylmin. Herbisidi ei vaikuttanut pintakasvillisuuteen lähes kaksi kuukautta kestäneen kuivuuden takia, joten kemiallisen heinäntorjunnan käsittelyruudut muistuttivat käsittelemättömiä kontrolliruutuja. Erot lämpöoloissa käsittelyjen välillä olivat suurimmat keskikesällä ja pienimmät kasvukauden lopussa. Koska lämpötilan mittaukset on tehty ilman toistoja, tulokset ovat vain rajoitetusti yleistettävissä.

Johdanto

Taimen mukautuminen kasvupaikalle on biologinen tapahtumasarja, johon vaikuttavat ensisijassa taimien taimitarhalla saavuttamat rakenne- ja toimintaominaisuudet, kasvupaikan olosuhteet ja istutusta seuraavat sääolot (Burdett 1990). Tärkeimmät maaperän ominaisuudet, joihin taimien juuristo mukautuu, ovat maan lämpötila, kosteus, rakenne ja ravinnepitoisuus sekä näiden ajalliset ja paikalliset vaihtelut (Lippu & Puttonen 1990) .

Heinäntorjunnan tarkoituksena on estää tai vähentää pintakasvillisuuden kilpailua puun taimien kanssa. Heinäntorjunta vaikuttaa taimen pienilmastoon ja maan ominaisuuksiin joko suoraan tai välillisesti pintakasvillisuuden biomassaa, korkeutta ja lajistoa muuttamalla. Pintakasvillisuuden määrällä ja laadulla on merkitsevä vaikutus maan kosteuden ohella maan lämpötilaan (Franssila 1949). Säännöllinen niittäminen heikentää ruohomaisia kasveja, mutta lisää heinäkasvien elinvoimaisuutta, jolloin pintakasvillisuuden haihdunta vain lisääntyy (Davies 1985). Myös kitkentä kuivattaa maan pintaosia (Ballik 1970). Taimien juurelle asetettavat katteet estävät rikkaruohojen kasvun ja vaikuttavat samalla maan rakenteeseen, ravinteisiin ja mikroeläimistöön (Ögren 1990). Muutoksia on havaittu myös maan lämpötilassa ja vesipitoisuudessa (Webster & Adamson 1960, Lopushinsky & Beebe 1976, Davies 1985, 1988, Liakatas ym. 1986, Rölin 1987, Walker & McLaughlin 1989). Koska katemateriaalit vaikuttavat eri tavoilla kasvutekijöihin, tutkimustulokset katteiden käytöstä vaihtelevat sen mukaan, mikä on kulloinkin rajoittanut kasvua (Ögren 1990).

Tässä esitutkimuksessa tarkastellaan eri heinäntorjuntamenetelmien vaikutusta taimen lähiympäristön maan lämpötilaan ja kosteuteen sekä istutettujen paljasjuuristen männyn taimien kasvuun ja kuntoon.

Aineisto ja menetelmät

Koe perustettiin Vantaan Jokiniemeen runsasmultaiselle karkean hietamaan pellolle, jolle oli kylvetty edellisenä kesänä apilaa. Yleisimmät kasvilajit pellolla olivat puna-apila (*Trifolium pratense* L.), nurminata (*Festuca pratensis*), juolavehnä (*Elymus repens* (L.) Gould), rönsyrölli (*Agrostis stolonifera* L.), peltosaunio (*Tripleurospermum inodorum* Schultz Bip.), pelto-ohdake (*Cirsium arvense* (L.) Scop.) ja pujo (*Artemisia vulgaris* L.). Suurin peittävyys oli puna-apilalla muiden kasvien esiintyessä apila-kasvustojen välissä. Kasvillisuuden kuivapaino heinäkuun lopulla oli keskimäärin 532 g/m^2.

Koealueelle istutettiin 19.5.1992 60 kappaletta kolmevuotiaita paikallista alkuperää olevia paljasjuurisia männyntaimia 2,5 m välein 6 × 10 taimen ruudukoksi. Taimien keskimääräinen pituus istutettaessa oli 21 cm. Taimille täydellisesti satunnaistetut käsittelyt olivat:

1) kitkentä paljaaksi maaksi (juurineen 27.5., 3.6., 25.–26.6. ja 26.8.)
2) niittäminen leikkaamalla (5–10 cm sängeksi 9.6., 26.6. ja 26.8.)
3) kemiallinen heinäntorjunta (terbutylatsiini, 25.6.)
4) ruskea paperikate (kitkentä 3.6., katteen asettaminen 9.6.)
5) musta muovikate (kitkentä 3.6., katteen asettaminen 9.6.)
6) käsittelemätön kontrolli.

Käsittelyt tehtiin 80 × 80 cm kokoiselle neliön muotoiselle alueelle (=käsittelyruutu) kunkin taimen ympärille. Jokaista käsittelyä edusti 10 tainta.

Muovikatteet tehtiin mustasta polyeteenimuovista (55 g/m^2) ja paperikate ruskean värisestä ns. kateviljelypaperista (kauppanimi HortoPaper, 193 g/m^2), joka on valmistettu selluloosasta ja kasvuturpeesta. Kiinnittämisen helpottamiseksi korkeaksi kasvanut kasvillisuus kitkettiin pois ennen katteiden asettelemista. Pitkään kestäneen kuivuuden takia maa kasteltiin (n. 10 l vettä) kaikkien taimien ympäriltä 8.–9.6. Katteet asetettiin kitkennän ja kastelun jälkeen taimien juurille ja kiinnitettiin maahan suurilla rautanauloilla mahdollisimman tiiviisti. Haluttujen olosuhteiden ylläpitämiseksi katteiden läpi kasvaneet kasvit kitkettiin ja käsittelyruuduille kaatuneet kasvit taivuteltiin pois 8.7. ja 26.8. Kemiallisen heinäntorjuntakäsittelyn ruudut ruiskutettiin aamulla, laimennetulla Gardoprim-nesteellä (kokoaluekäsittelyksi laskettuna 7,5 kg/ha tehoainetta) sään ollessa kuiva, pilvinen ja tyyni. Gardoprimin tehoaine terbutylatsiini vaikuttaa kasveihin pääasiassa juurien, mutta myös lehtien kautta. Tässä kokeessa herbisidi ei vaikuttanut pintakasvillisuuteen lähes kaksi kuukautta kestäneen kuivuuden vuoksi. Kontrolliruutujen kasvillisuus jätettiin koskemattomaksi.

Jokaisesta käsittelystä valittiin yksi koetaimi maan lämpötilan mittaukseen termografilla (5 cm syvyys) ja kosteuden mittausta varten tensiometrilla (5 cm syvyys) mittaanturikaapeleiden ulottuvuuden mukaan. Maan lämpötilaa mitattiin jatkuvasti 1.7.–9.10.1992. Maan vesipotentiaali mitattiin 4.9.–25.9. kaikkiaan 12 päivänä. Tensiometrien alipaineanturit olivat mallia Micro Switch 136PC15G (Honeywell), jonka mittausalue oli -103,4–0 kPa. Anturit olivat lämpötilakompensoitu 0–50 °C. Koealueen ilman lämpötilaa ja suhteellista kosteutta seurattiin termohygrografilla, joka asetettiin sääkojuun kasvillisuuden sekaan antureiden ollessa 30 cm korkeudella maan pinnasta. Sää-

kojua nostettiin 27.7., jolloin mittauskorkeudeksi tuli 60 cm. Kaikki tutkimuksessa käytetyt piirturit kalibroitiin ennen mittauskautta Ilmatieteen laitoksella.

Taimet inventointiin 29.–30.7.1992 sekä 16.12.1992. Ensimmäisessä inventoinnissa mitattiin taimista pituus ja vuoden 1992 pituuskasvu sekä edellisen vuoden ja uusien neulasten pituudet. Molemmissa inventoinneissa määritettiin taimien kunto asteikolla: -hyvä, -tyydyttävä, -välttävä, -huono ja -kuollut. Pintakasvillisuuden korkeus mitattiin 29.–30.7.1992. Kasvillisuuden keskipituus määritettiin käsittelyruudun kultakin sivulta mitattujen pituuksien keskiarvona.

Maatermografien piirtämistä kuvaajista luettiin lämpötilat tunnin ja termohygrografeista kahden tunnin välein. Lämpösummat laskettiin ajanjaksolta 1.7.–9.10. käsittelyittäin tuntikohtaisina lämpösummina +5 °C kynnyslämpötilaa käyttäen (d.h. -periaate) (Sarvas 1972). Piirtureissa esiintyvien toimintahäiriöiden takia kaikilta päiviltä ei saatu täydellisiä havaintosarjoja koko vuorokauden ajalta. Näille päiville ennustettiin maan keskilämpötilat ilman keskilämpötilan avulla käsittelykohtaisesti lasketuilla regressioyhtälöillä (selitysasteet 0,87–0,92) lämpösummien laskemiseksi d.d. -periaatteella (Sarvas 1972). Taimitunnukset laskettiin käsittelyittäin kaikista koealueen taimista ja niitä vertailtiin varianssianalyysillä.

Kasvukausi alkoi Helsinki-Vantaan lentokentän meteorologisen aseman mittausten mukaan 27.4. ja päättyi 9.10.1992 (Kasvukauden ilmastotiedotteet 1992). Touko-, kesä- ja syyskuu olivat keskimäärin lämpimämpiä ja heinä- sekä elokuu normaalilämpöisiä verrattuna pitkän ajan keskiarvoon (Kuukausikatsaukset Suomen ilmastoon... 1992). Toukokuussa myös maa lämpeni selvästi normaalia nopeammin 5 cm syvyydessä Jokioisen säähavaintoasemalla mitattuna. Kesäkuun puolesta välistä elokuun loppuun maan lämpötila oli lähes normaali ja syyskuussa koko ajan lämpimämpi verrattuna pitkän ajan (1971–1990) keskiarvoon (Heikinheimo & Fougstedt 1993). Sekä touko- että kesäkuussa satoi 16 mm ja heinäkuussa 29 mm normaalia vähemmän, mutta elokuussa 72 mm enemmän. Syyskuu oli sademäärältään normaali.

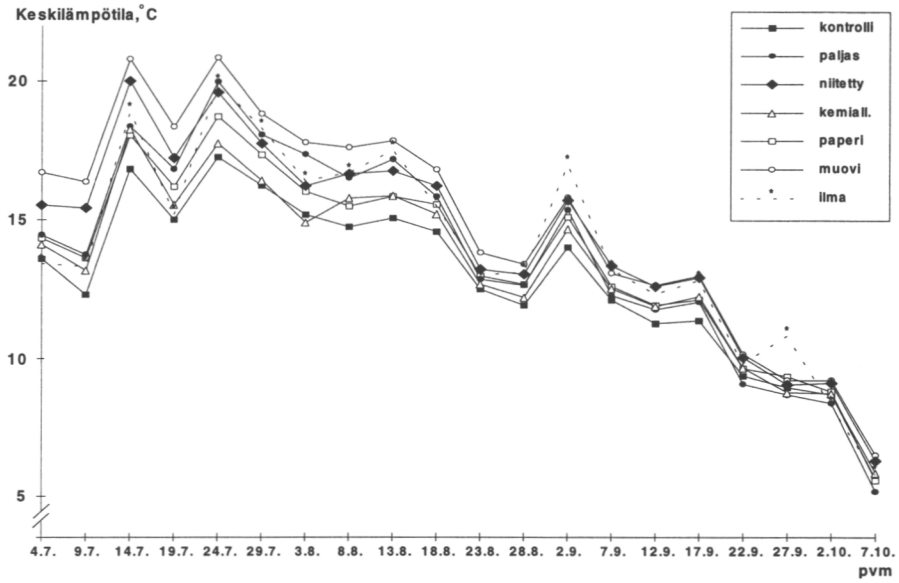
Tulokset ja tulosten tarkastelu

Maan lämpötila

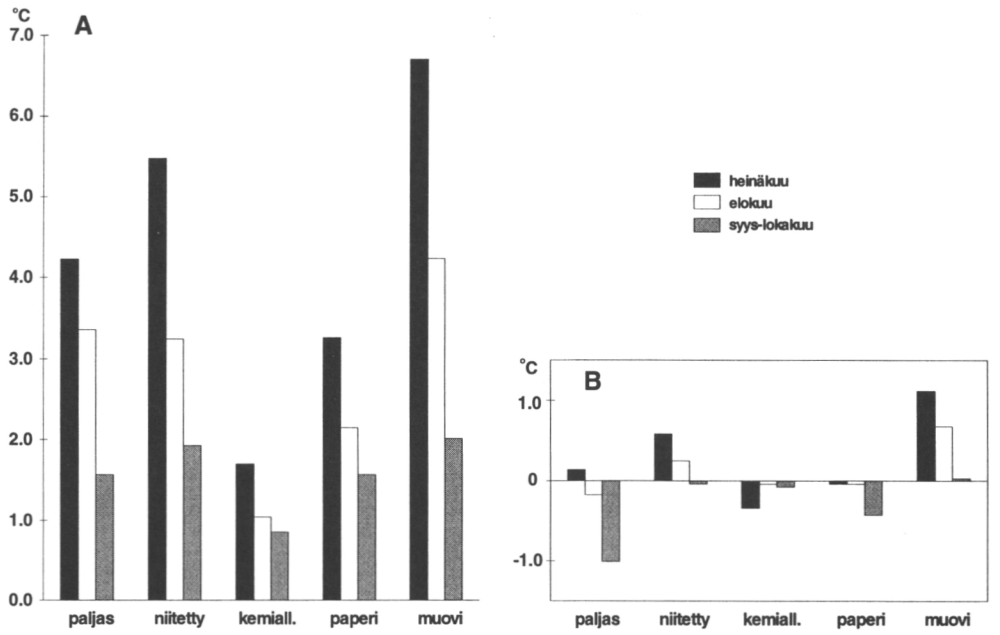
Heinä- ja elokuussa muovikatteellinen maa oli koko ajan muiden käsittelyjen maata lämpimämpi (kuva 1). Muovilla katetulla ruudulla vuorokausikohtainen keskilämpötila oli suurimmillaan 4,5 °C korkeampi kuin kontrolliruudulla. Musta muovi nostaa maan lämpötilaa paljaaseen maahan verrattuna (Liakatas ym. 1986, Davies 1988), mutta myös laskee sitä, mikäli katteen ja maan välillä on eristävä ilmakerros (Waggoner ym. 1960, Liakatas ym. 1986). Kasvipeitteellisillä vertailuruuduilla (kontrolli ja kemiallinen heinäntorjunta) maan keskilämpö oli useimmiten matalin, koska kasvipeite alentaa keskilämpötilaa paljaaseen maahan verrattuna haihdunnan ja säteilyltä suojaavan vaikutuksen tähden (Franssila 1949). Elokuun puolesta välistä kasvukauden loppuun käsittelyjen väliset keskilämpötilojen erot pienenivät selvästi verrattuna heinäkuuhun.

Suurimmat maan maksimi- ja minimilämpötilojen keskimääräiset erot kontrolliin nähden todettiin heinäkuussa muovilla katetulla ja niitetyllä ruudulla (kuva 2). Korkein vuorokausikohtainen maksimiarvo (29,3 °C) mitattiin heinäkuussa muovikatteellisessa

maassa. Maksimiarvojen erot käsittelyjen välillä olivat suuremmat kuin minimiarvojen erot.



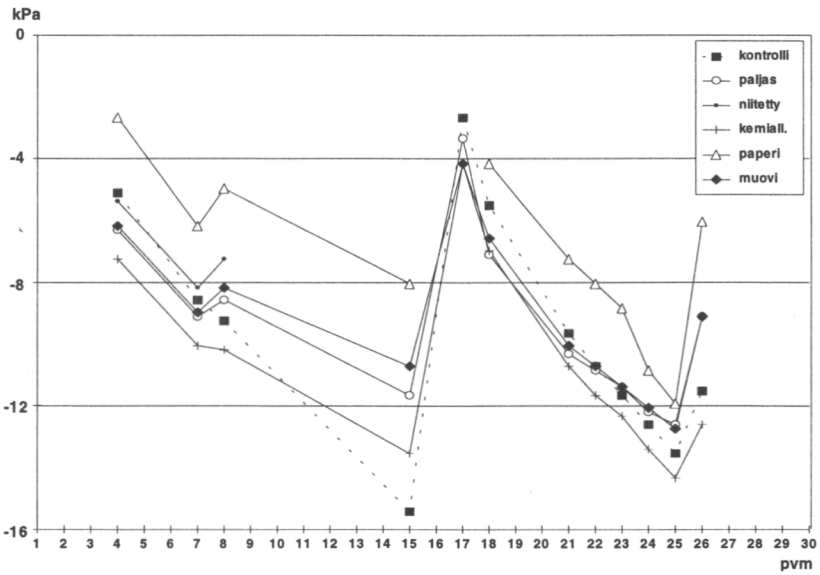
Kuva 1. Maan keskilämpötila 5 cm syvyydessä käsittelyttäin sekä ilman keskilämpötila 30 cm (1.7.–26.7.) ja 60 cm (27.7.–9.10) korkeudella maasta viiden vuorokauden keskiarvoina.



Kuva 2. Maan maksimilämpötilojen (A) ja minimilämpötilojen (B) ero kontrolliin käsittelyttäin kuukausikeskiarvoina.

Maaveden potentiaali

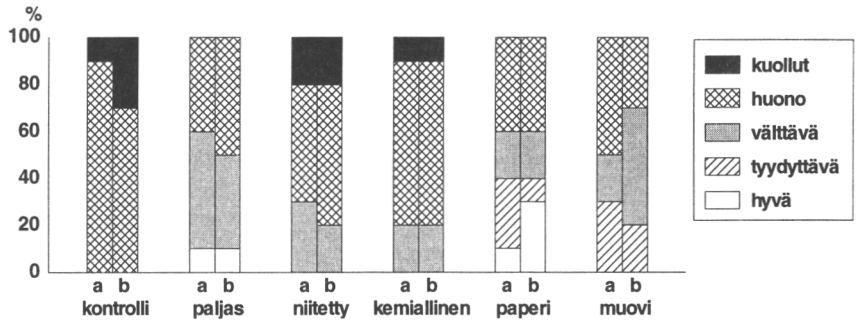
Maan vesipotentiaalin mittausjakso oli lyhyt ja ajoittui kasvukauden lopulle sateiseen aikaan. Paperikatteen alla maa pysyi kosteimpana muihin käsittelyihin verrattuna (kuva 3). Rölinin (1987) mukaan paperikatteella on pienempi vaikutus maan kosteuteen kuin muovilla ja ainoastaan hieman kosteutta lisäävä vaikutus paljaaseen maahan verrattuna. Kasvipeitteellisissä käsittelyruuduissa (konrolli ja kemiallinen heinäntorjunta) mitattiin kaikkein pienimmät vesipotentiaaliarvot ja suurin vaihteluväli. Kasvipeitteellinen maa 5 cm syvyydessä onkin sateisena jaksona märempi ja sateettoman kautena kuivempi kuin paljas maa (Söderström 1977). Muovikate ei päästä lävitseen sadetta ja se estää tehokkaasti haihduntaa maanpinnasta (Waggoner ym. 1960), mutta tässä kokeessa muovilla katetun ja paljaan maan vesipotentiaalit muuttuivat samalla tavoin keskenään. Tähän on saattanut olla syynä katteen pieni koko. Niitetyltä ruudulta saatiin vain muutama arvo teknisten vaikeuksien vuoksi, mutta Daviesin (1985) mukaan niittäminen lisää maan kuivumista verrattuna paljaaseen ja kasvipeitteelliseen maahan. Mittausjakson aikana tensiometreillä mitattu paine vaihteli -2,7 ja –15,4 kPa.



Kuva 3. Maan vesipotentiaali 5 cm syvyydessä käsittelyittäin syyskuussa.

Heinäntorjuntamenetelmien vaikutus taimiin ja pintakasvillisuuteen

Koeseurannan aikana taimista kuoli 10 %. Taimien kunto ensimmäisen kasvukauden jälkeen oli paras paljailla, muovi- ja paperikateruuduilla (kuva 4). Kontrolliruuduilla kaikki taimet olivat joko huonoja tai kuolleita. Heinäkuun lopussa kemiallisesti käsitellyillä ja kontrolliruuduilla 85 % taimista kärsi pintakasvillisuudesta ja joulukuussa noin puolet taimista oli taipunut kasvillisuuden lakoontumisen takia. Kuolleita taimia tavattiin vain kasvipeitteellisillä ruuduilla.



Kuva 4. Taimien jakautuminen kuntoluokkiin käsittelyttäin heinäkuun lopussa (a) ja joulukuussa (b).

Taimien pituudessa (21 cm) ja latvakasvaimien neulasten pituudessa (7,2 cm) ei eri käsittelyjen välillä ollut istutettaessa merkitseviä eroja. Elossaolleiden taimien keskimääräinen kasvu kesällä 1992 oli 7,5 cm. Paljas- ja paperikateruutujen taimien kasvut olivat suurempia kuin muiden käsittelyjen taimien kasvut, mutta erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Männyn taimien uusien neulasten pituus oli keskimäärin 1,5 cm ja se erosi erittäin merkitsevästi käsittelyjen välillä. Käsittelyt jakaantuivat selvästi uusien neulasten pituuden suhteen kahteen ryhmään: paljaalla maalla, paperi- ja muovikateruuduilla yli 2 cm ja kontrollissa, niitetyillä ja kemiallisesti käsitellyillä ruuduilla alle 1 cm. Uusien neulasten lyhyys johtui selvästikin maan kasvipeitteellisyydestä ja siksi ilmeisesti kasvipeitteen aiheuttamasta kuivuusstressistä ja hitaasta maan lämpenemisestä (kts. Rikala & Puttonen 1988).

Pintakasvillisuuden korkeus heinäkuun lopussa oli keskimäärin 80 cm. Kasvipeitteellisten käsittelyruutujen (kontrolli ja kemiallinen heinäntorjunta) reunoilta mitattu pintakasvillisuuden keskikorkeus korreloi positiivisesti taimien pituuskasvuun 1 % riskillä ($r=0{,}609$, $df=18$), mutta se ei korreloinut uusien neulasten pituuteen. Koska kasvillisuuden korkeus oli yleisesti taimen pituutta suurempi, ilmensi lisääntynyt pituuskasvu kilpailua valosta.

Kaikki muovikatteet olivat ehjiä molemmilla inventointikerroilla, mutta puolet paperikatteista oli reikiintyneitä. Heinäkuun lopussa kemiallisella heinäntorjunnalla käsitellyillä ruuduilla näkyi kasvillisuudessa lievää ruskettumista ja apilan lehtien reunojen käpristymistä, mutta myöhemmin kasvillisuus ei juuri eronnut kontrolliruutujen kasvillisuudesta.

Kirjallisuus

Ballik, K.H. 1970. Grundlagen zur Wahl zweckmäßiger Bodenabdeckverfahren in Fichtenverschulbeeten. Summary: Fundamentals of the evaluation of suitable materials for soil covering in spruce transplant beds. Forstwissenschaftliches Centralblatt Heft 1:26–60.

Burdett. 1990. Physiological processes in plantation establishment and the development of specifications for forest planting stock. Canadian Journal of Forest Research 20:415–427.

Davies, R.J. 1985. The importance of weed control and the use of tree shelters for establishing broadleaved treeson grass-dominated sites in England. Forestry 58(2):167–180.

— 1988. Sheet mulching as an aid to broadleaved tree establisment I. The effectivness of various synthetic sheets compared. Forestry 61(2):89–124.

Franssila, M. 1949. Mikroilmasto-oppi. Otava, Helsinki. 257 s.

Heikinheimo, M. & Fougstedt, B. 1993. Tilastoja maan lämpötilasta Suomessa 1971–1990. Meteorologisia julkaisuja 22. 77 s.

Hynönen, T. 1976. Pintakasvillisuuden torjunnan ajoituksen vaikutus taimien alkukehitykseen. Pro gradu -työ. Helsingin yliopisto, metsänhoitotieteen laitos. 104 s.

Jordan, D. & Sampson, J. 1967. Effect of bitumen mulching on soil conditions. Journal of the Science of Food and Agriculture 18:486–491.

Kasvukauden ilmastotiedotteet 1992. Ilmatieteen laitos.

Kuukausikatsaus Suomen ilmastoon. 1992. Huhtikuu-syyskuu 1992. Ilmatieteen laitos.

Liakatas, A., Clark, J.A. & Monteith, J.L. 1986. Measurements of the heat balance under plastic mulches.Part I. Radiation balance and soil heat flux. Agricultural and Forest Meteorology 36:227–239.

Lippu, J. & Puttonen, P. 1990. Istutustaimien juuriston alkukehitys kasvupaikalla. Kirjallisuuskatsaus. Silva Fennica 24(1):57–75.

Lopushinsky, W. & Beebe, T. 1976. Effect of black polyethylene mulch on survival of Douglas-fir seedlings, soil moisture content, and soil temperature. Tree Planters' Notes 27(3):7–8.

Rikala, R. & Puttonen, P. 1988. maan lämpötilan vaikutus kuivuusrasitukseen perustuvassa taimien laatutestissä. Silva Fennica 22(4):273–281.

Rölin, Å. 1987. Marktäckning med organiskt material i fältmässig köksväxtodling. Trädgård, Sveriges lantbruksuniversitet. Konsulentavdelningens rapporter 323, 95 s.

Sarvas, R. 1972. Investigations on the annual cycle of development of forest trees. Active period. Tiivistelmä: Tutkimuksia metsäpuiden kehityksen vuotuisesta sykluksesta. Aktiivi periodi. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 76(3). 110 s.

Söderström, V 1977. Markberedningens inverkan på markegenskaperna. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift (2–3):225–232.

Waggoner, P.E., Miller, P.M. & De Roo, H.C. 1960. Plastic mulching, principles and benefits. Conneticut Agricultural Experiment Station Bulletin 634. 44 s.

Walker, R.F. & McLaughlin, S.B. 1989. Black polyethylene mulch improves growth of plantation-grown loblolly pine and yellow poplar. New Forests 3(3):265–274.

Webster, G.R. & Adamson, R.M. 1960. Effects of sawdust used as a mulch and as a soil amendment on soil temperatures under irrigated and unirrigated conditions. Canadian Journal of Soil Science 40:207–211.

Ögren, E. 1990. Marktäckning i ekologisk köksväxtodling. Julkaisussa: Palmstierna, I. (toim.) Försöksresultat för fritidsodlare nr.1. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. s. 41–70.

Myyrät ja pellonmetsitys

Heikki Henttonen, Jukka Niemimaa & Asko Kaikusalo

Tiivistelmä

Myyrien aiheuttamat tuhot ovat pellonmetsityksen alkuvaiheen suurimpia riskejä. Erityisesti on muistettava, että pellonmetsityksessä myyrätuho tapahtuu useimmiten jo kesällä, vaikka tuho voikin jatkua talvella lumen alla. Tuhon määrä ei ole aivansuorassa yhteydessä myyrätiheyteen, mikä korostaa niin metsitysalueen maaperä- ja kenttäkerrosominaisuuksien kuin lähiympäristön erityispiirteiden huomioimista; tämä työ on parhaillaan analysoitavana projektin laajasta aineistosta. Myyrätuhoja arvioitaessa on myös muistettava, että välittömän tuhon lisäksi piilevät pitkäaikaiset vaikutukset voivat olla merkittäviä. Korostamme maanmuokkauksen ja heinäntorjunnantärkeyttä. Nämä yhdistettynä sopivien taimisuojien käyttöön antaa pahoillakin riskialueilla hyvän metsittämistuloksen. Erityisesti jalojen lehtipuille suosittelemme taimisuojien käyttöä. Esittelemme eräiden taimisuojakokeideme tuloksia ja eri mallien soveliasta käyttöympäristöä kuin myös käyttöongelmia. Taimisuojilla voidaan saavuttaa hyviä tuloksia, mutta se edellyttää harkintaa ja aktiivista seurantaa. Korostamme myös taimimateriaalin kasvatuksen ja alkuperien valinnan tärkeyttä tuhoriskin vähentämisessa.

Taustaa

Myyrätuhot ovat pellonmetsityksen alkuvaiheen riskeistä suurimpia. Ei vain välitön tuho ole huomattava, mutta myös pitkäaikaisvaikutukset voivat yllättää, joskin niistä toistaiseksi tiedetään vähän. Myyrätuhon riski pellonmetsityksessä on moninkertainen verrattuna metsämaan uudistamiseen, jossa tuhoriski riippuu alueen yleisestä rehevyydestä. Tuhoriski vaihtelee vuosittain voimakkaasti myyrien runsaudenvaihteluiden myötä.

Myyräkannat vaihtelevat Suomessa ajallisesti ja paikallisesti. Eteläisessä ja keskisessä Suomessa jakson pituus on ollut kolme vuotta, pohjoisessa pitempi. Alueellisesti myyräkannat ovat vaihdelleet niin, että valtaosa Etelä-, Keski- ja Länsi-Suomea on ollut huipussa samanaikaisesti, esim. 1988, 1991 ja 1994. Savossa huiput ovat olleet vuotta myöhemmin, samoin kuin rajoittuneella laikulla Lammin - Padasjoen seutuvilla. Pohjois-Karjala, Kainuu ja Lappi on noudattaneet kukin omaa rytmiään. Parin viime vuoden aikana tässä maantieteellisessä mallissa on tapahtunut muutosta sikäli, että Pohjois-Pohjanmaa ja Pohjois-Savo ovat jääneet jälkeen eteläisemmistä alueista, joiden kanssa ne olivat samassa tahdissa edelliset kymmenisen vuotta. Viimeisen vuosikymmenen myyrähuiput ovat olleet Etelä-, Keski- ja Länsi-Suomessa sekä Savossa pahoja tuhovuosia.

Kolmen vuoden vaihtelujakso jaetaan yleensä nousu-, huippu- ja romahdusvuoteen. Yleisesti uskotaan, että pahimmat tuhot tapahtuvat huippukesän jälkeisenä talvena. Mutta usein tuhot voivat olla melkoisia jo heti nousuvaiheessa ennen varsinaista huippukesää. Pahimmillaan tämä johtaa siihen, että kolmen vuoden jaksoissa ei ole

kuin yksi rauhallinen välivuosi kahden tuhovuoden välissä. *Pellonmetsityksissä on erityisesti muistettava, että huomattavia tuhoja esiintyy erityisesti huippuvuoden kesällä.*

Raportoimme myyräkantojen vaihtelusta säännöllisesti pari kertaa vuodessa Metsälehden palstoilla. Tämä valtakunnallinen myyräkantojen inventointi perustuu suurelta osin Metlan omaan seurantaan, mutta tärkeänä osana siinä ovat kaikki maamme tutkijat, jotka tavalla tai toisella ovat myyrien kanssa tekemisissä. Myös Metlan tiedotuksen kautta lähetetään tiedotusvälineille kesän alussa ja syksyllä myyrätiedote, jossa kerrotaan sen hetkinen tilanne maamme eri osissa ja pyritään mahdollisuuksien mukaan ennakoimaan lähivuosien kehitys. Yleisluonteisia katsauksiamme myyrätuhoihin löytyy mm. seuraavasti: Henttonen (1991a,b, 1992a, 1993), Henttonen ym. (1994).

Myyrätuhoja on esiintynyt ennenkin (Kangas 1935, Myllymäki 1975, Teivainen 1981). Yleinen mielipide metsäammattilaisten piirissä kuitenkin on, että myyräongelma on pahentunut. Osin tämä voi johtua pellonmetsitysten lisääntymisestä, mutta eräissä pitkissä seurantasarjoissa Länsi- ja Etelä-Suomessa on ollut havaittavissa myös myyrähuippujen voimistumista 1970-luvulta 1990-luvulle, joskin viimeisin huippu 1994 jäi Pohjanmaalla vaatimattomammaksi kuin useat edelliset. Johtuuko voimistuva trendi ympäristömuutoksista, kuten esimerkiksi lisääntyneestä peltojen paketoinnista tai typpilaskeutuman rehevöittävästä vaikutuksesta, ei ole selvillä.

Myyrien kannanvaihtelut ovat olleet tutkijoiden kiivaan tutkimuksen kohteena jo vuosikymmeniä. Nykyisin vallalla oleva käsitys vaihteluiden syistä perustuu erityisesti pikkupetojen, lumikkojen ja kärppien merkitykseen. Tietenkin myös ravintotilanteen muutoksilla ja taudeilla on oma merkityksenä, mutta niin empiiriset kuin kokeelliset tutkimukset todistavat selkeästi nimenomaan lumikkojen ratkaisevasta osuudesta (Henttonen ym. 1987, Korpimäki & Krebs 1996).

Tuhon aiheuttajat

Myyrätuhoista valtaosa on peltomyyrien aiheuttamia, ainakin taloudellisesti laskettuna. Peltomyyrä jyrsii taimen kuorta maanpinnan ja lumirajan välissä tai silppuaa pienimmät taimet tikuiksi. Peltomyyrä on erityinen ongelma pellonmetsityksissä ja rehevillä heinittyvillä metsämailla. Nimestään huolimatta peltomyyrä on yleensä syyllinen myös metsämailla tapahtuviin taimien runkovioituksiin. Koivun taimi on peltomyyrältä turvassa kun tyven läpimitta on noin 4 cm eli kun tuohikaarna muodostuu. Tämä tapahtuu noin 4 vuoden iässä; kun myyrävuodet Etelä- ja Keski-Suomessa toistuvat 3 vuoden välein, voi jokainen taimikko periaatteessa joutua myyrätuhon kohteeksi. Kuusella ja männyllä tuhot myös keskittyvät pieniin taimiin, mutta joskus jopa kaksi-kolmemetriset ja tyveltään liki kymmensenttisetkin taimet joutuvat peltomyyrien uhriksi.

Idänkenttämyyrä esiintyy maamme eteläisessä puoliskossa, erityisesti Pohjanmaalla, osin samoissa elinympäristöissä peltomyyrän kanssa, joskin kenttämyyrien suosituinta elinympäristöä ovat laajat viljellyt peltoaukeat.

Pohjois-Suomessa lapinmyyrä korvaa peltomyyrän heinä- ja turvemaiden lajina. Lapinmyyrä on paljon peltomyyrää parempi kaivautuja, ja se jyrsii kuorta myös juuren niskasta ja juurista. Tuho saattaa kohdistua jopa täysikasvuisiinkin mäntyihin (Korhonen 1987, Korhonen ym. 1983, Siitonen & Nikula 1990).

Metsämyyrien aiheuttamat tuhot kohdistuvat pääasiassa havupuiden taimien kärkisilmuihin ja vuosikasvaimiin. Metsämyyrien aiheuttamia latvatuhoja ei asiaa tuntematon helposti huomaa, vaikka ne ovat selvästi erottuvia. Männyn taimen kärkisilmujen tuhon tai vuosikasvaimen katkaisun johdosta puu muodostaa uuden päärangan jostain ylimmistä ehjäkärkisistä sivuoksista. Vuosikasvaimen latvaan kehittyy kääpiöoksista muodostunut tupsu (Henttonen 1992b). Metsämyyrät syövät männyntaimista usein latvasilmujen lisäksi myös ylimpien sivuoksien kärkisilmut. Tällöin uusi pääranka muodostuu usean vuosikerran päästä latvasta. Näitä tuhoja lienee sekoitettu myös hirvituhoihin, varsinkin jos tuho on havaittu vasta useampi vuosi tapahtuman jälkeen. Metsämyyrän jäljiltä ylin vuosikasvain jää kokonaisena poikaoksaksi, hirven jäljiltä kuivuva vuosikasvain on yleensä lyhyempi. Aivan nuoressa taimikossa latvatuhojen seurausvaikutukset eivät ole niin pahoja kuin jos kohteena on 2–4 metrinen nuori männikkö. Kuusella latvatuhot eivät aiheuta vastaavia päärangan vaihtoja kuin männyllä.

Löyttyniemen (1983) mukaan ainakin puolessa keinotekoissa vuosikasvaimen katkaisuissa syntyy runkoon mutka, joka näkyy viiden vuoden kuluttua. 10 vuoden kuluttua näkyvät mutkat ovat yleensä hävinneet, vaikka kyllä näkyvät sahauksessa (Heikkilä & Löyttyniemi 1992).

Vesimyyrä esiintyy tuholaisena pehmeillä eloperäisillä mailla, usein vesien ja ojien lähellä. Talvella vesimyyrät elävät täysin maanalaista elämää, ja lajin aiheuttamat tuhot kohdistuvat taimien juuriin, myös melko kookkaiden, useampimetristen taimien juuriin. Kallistuvat ja pikkuhiljaa kuivuvat taimet kertovat vesimyyrien vierailusta. Varsinkin Etelä-Suomessa ja paikoin Pohjanmaallakin vesimyyrien runsaudet vaihtelevat usein omaan tahtiinsa ja pienialaisesti. Vesimyyrien aiheuttamia paikallisia tuhoja voi esiintyä silloinkin kun muut myyrät ovat vähissä. Ennusteemme myyräkantojen vaihtelusta perustuvat ennen kaikkea peltomyyrään, jolloin em. kaltaiset paikalliset vesimyyrätuhot voivat tulla yllätyksenä. Myöskään jäljempänä kuvattavat torjuntakeinot eivät kovin hyvin päde vesimyyrään sen elintavoista johtuen.

Myyrätutkimus peltojen metsitysmenetelmät- hankkeessa

Hankkeessa on runsaasti koealueita eri puolella Suomea (Ferm ym. 1993). Olemme valinneet otoksen, jonka koealueilla olemme seuranneet myyrätilannetta loppukesällä vuosittain 1990–1994. Näille alueille voimme antaa tarkan myyräindeksin, ja muille alueille voimme antaa suuntaa-antavan indeksin lähialueiden ja valtakunnallisen inventoinnin perusteella.

Hanke sattui myyräkantojen vaihtelun kannalta sopivaan ajankohtaan. Myyräkannat olivat suurimmassa osassa maata alhaalla tai nousun alussa 1990, jolloin koealueista perustettiin puolet. Myyräkannat olivat monilla koealueilla huipussaan 1991, jolloin loput koealueista perustettiin. Melkoinen osa koealueista sai olla myyriltä rauhassa ainakin kesän 1990. Tämän johdosta esimerkiksi heinänkäsittely- ja maanmuokkausmenetelmien vertailu on mahdollista ilman myyräongelmaa.

Emme tässä kirjoituksessa käsittele paljonkaan pellonmetsityshankkeen koealueilta saatuja tuloksia, koska aineistosta on parhaillaan tekeillä laaja opinnäytetyö (Anne Matilainen). K.o. tutkimuksessa verrataan yksityiskohtaisesti mm. tuhoja suhteessa

myyrätiheyksiin, erilaisten heinäntorjunta- ja maanmuokkauskäsittelyjen vaikutuksia myyrätuhojen määrään, vioitettujen taimien säilymistä, puulajien välisiä eroja jne. Sen sijaan keskitymme tässä pellonmetsitykseen yleensä myyrätuhojen kannalta ja esittelemme joitain varsinaisen hankkeen ohella tekemiämme, erityisesti myyrätuhojen torjuntaan liittyviä tutkimuksiamme. Nämä työt on tehty etupäässä kivennäismailla Itä-Hämeessa, joka tunnetusti Suomen pahimpia myyrätuhoalueita. Tältä osin tulokset täydentävät hankkeen usein turvepelloilla tehtyjä tutkimuksia. Olemme tehneet ylimääräiset kokeemme rauduskoivulla, koska se on pellonmetsityksen tärkein puulaji.

Miksi myyrä syö kuorta?

Puun kuori ei ole peltomyyrälle herkkua. Pelkkää kuorta syöden se menehtyy melko nopeasti. Miksi peltomyyrä sitten syö kuorta? Myyrän kyky syödä ja sulattaa ravintonsa sisältämiä kemiallisia haitta-aineita riippuu sen pääravinnon (heinät ja ruohot) määrästä ja laadusta. Kuoren haitta-aineiden käsittely myyrän elimistössä edellyttää pääravinnolta riittävää valkuais- ja kivennäispitoisuutta. Erityisesti natrium on tässä suhteessa tärkeä ravinne. Kun myyrillä on ongelmia ravinnon saannin ja laadun kanssa, voi syödyn ravinnon määrä moninkertaistua eläinten yrittäessä tasapainoilla tarpeellisten ravintoaineiden ja haitta-aineiden sulattamisen kanssa, tai yksinkertaisesti yrittäessä saada riittävästi jotain tiettyä ravintoainetta. Tällöin myös kuorta syödään runsaasti (Harju & Tahvanainen 1994). Haitta-aineista huolimatta kuoressa voi myös olla myyrälle tarpeellisia ravinteita.

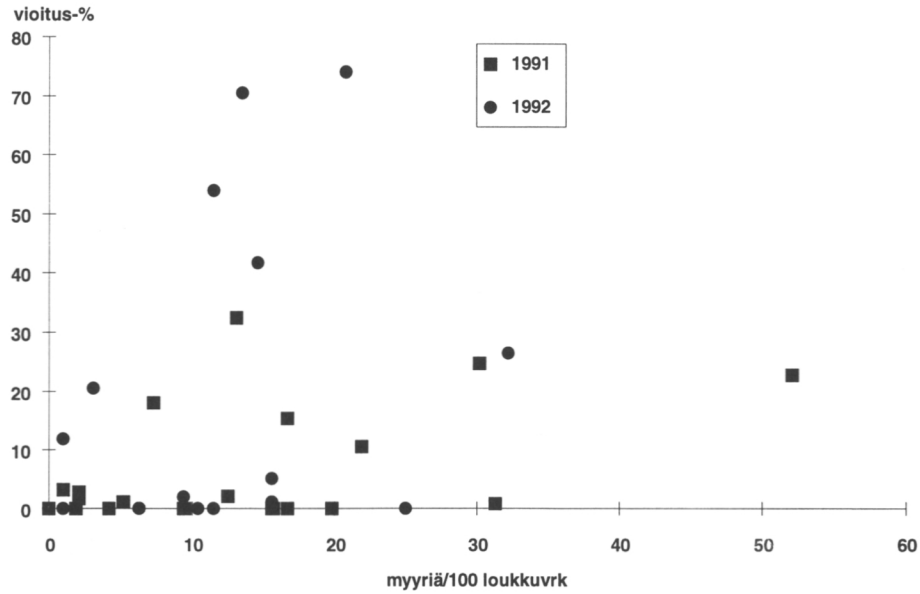
Edellä totesimme, että pellonmetsityksissä huomattavia tuhoja tapahtuu usein jo kesällä, mikä on torjunnan ajoittamisessa otettava huomioon. Metsämailla kesäaikaisia tuhoja ei juurikaan tapahdu. Hansson (1990) vertaili Keski-Ruotsissa eri ravinneliuoksilla kyllästettyihin koetikkuihin kohdistuvaa myyränsyöntiä sekä pakettipelloilla että metsämaiden hakkuualueilla. Peltomyyrät jyrsivät erityisesti natriumtikkuja pakettipelloilla kesällä, mutta metsämailla talvella. Ehkäpä peltomaiden kasvien ravinnetasapainossa on jotain, mitä myyrät yrittävät korvata kesäaikaisella kuorensyönnillä. Metsämailla kyse todennäköisemmin on ravintopulasta sinänsä. Myös pakettipeltoa erilaisilla mineraalilannoitteilla käsittelemällä on myyrien aktiivisuus saatu kohdistumaan sellaisille koeruuduille, joissa natrium oli lannoitteen olennainen osa (Inoye ym. 1987).

Jos myyrillä on pakettipelloilla pulaa "suolasta", niin voitaisiinko tuhoja torjua lannoituksella. Kokeita on mietitty, mutta tulos voi olla kummin päin tahansa: lisänatriumin turvin myyrät voisivat joko huoletta syödä entistä enemmän haitta-aineita eli kuorta, tai sitten niiden ei tarvitsisi natriumin vuoksi enää syödä kuorta, ei ainakaan kesäaikana.

Myyrätuhojen esiintyminen

Myyrätuhojen määrän otaksutaan yleensä riippuvan melko kiinteästi myyrätiheydestä. Kuva 1 pellonmetsityshankkeen koealueilta kuitenkin osoittaa, ettei suhde ole aivan yksiselitteinen. 1991 oli myyrien huippukesä Länsi- ja Keski-Suomessa, ja vioitukset ovat syntyneet edeltävän talvena ja osin myös alkukesästä 1991. 1992 oli edellisellä

alueella jo romahdusvuosi, mutta mm. Savossa monin paikoin vasta huippuvaihe. Tämän vaiheen tuhot ovat tapahtuneet syksyn 1991 ja alkukesä 1992 välisenä aikana. Itsestään selvää on, että suurissa myyrätiheyksissä tapahtuu suuria tuhoja, mutta mielenkiintoista on se, että suurissakaan tiheyksissä ei aina tapahdu tuhoja lainkaan. Silloinkin kun tuhoja tapahtuu, niiden voimakkuus ei tiukasti riipu suoraan myyrätiheydestä. Selvittelyn kohteena parhaillaan onkin, miten nämä koealueet mahdollisesti eroavat toisistaan maaperänsä, kenttäkerroksensa ja lähiympäristönsä suhteen.



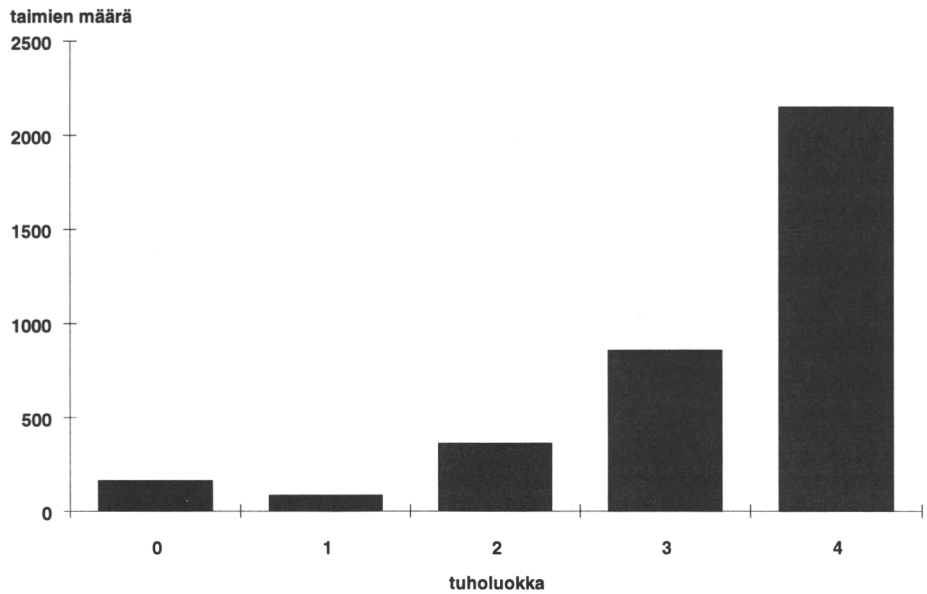
Kuva 1. Myyrätiheyden (indeksi on myyriä 100 loukkuvuorokautta kohden) vaikutus rauduskoivun taimien vioittumisasteeseen (ylipäätään vioitettujen taimien prosentuaalinen osuus) eräillä pellonmetsityshankkeen koealueilla.

Tuhojen esiintymiseen voi vaikuttaa myös talvinen lumitilanne. Kostea talvi, jolloin lumi osittain sulaa useaan kertaan ja jäätyy maan pintaan, voi heikentää myyrien normaalia ravinnonsaantia. Seurauksena voi olla pahoja tuhoja. Jos lumen alla maan pinnalla on jäinen kerros, niin usein ainoat jäättömät kohdat ovat taimien tyvellä. Esimerkiksi talvella 1988–89 ainakin Keski-Suomessa olosuhteet olivat tällaiset, ja tuhot olivat suuret (esimerkkinä kuva 2; kts. myös Henttonen ym. 1994: kuva 1). Toisaalta vastaavassa kannanvaihtelun vaiheessa 1991–92 samoilla alueilla lumen alla oli runsaasti tyhjää tilaa, myyräkanta säilyi aina lumen sulamiseen asti, ja vaikka tuhoja syntyi (kts. seuraava kpl ja kuva 3), eivät ne olleet niin pahoja kuin edellisen myyrähuipun jäljiltä.

Määrittelemme tuholuokat inventoinneissamme seuraavasti:

Tuholuokka	luonnehdinta
0	ei myyränsyöntiä
1	pieni syöntijälki
2	alle puolet ympärysmitasta kaluttu
3	alle 3/4 ympärysmitasta kaluttu
4	ympärikaluttu
5	myyrän katkaisema, tai selvästi myyrävaurion vuoksi kuollut
6	muut tuhot, mm. jänis

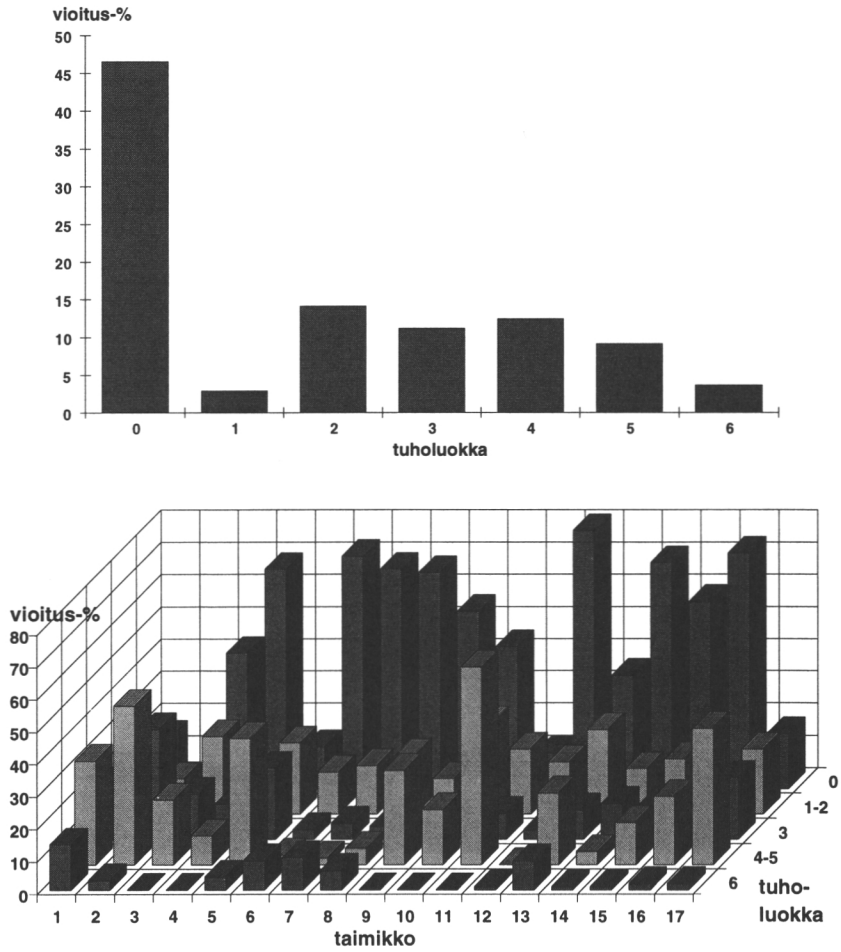
Ympärikaluttu taimi (luokka 4) kuolee viimeistään tuhoa seuraavan kasvukauden alettua. Myös tuholuokka 3:n taimen yleensä menehtyvät, vaikka saattavat pysyä hengissä kasvukauden tai pari. Tosin sanoen, luokkien 4–5 taimet ovat varmasti menetettyjä. Luokan 2 taimien kohtalo on vaihteleva. Tuhojen pitkäaikaisvaikutuksiin palataan jäljempänä.



Kuva 2. Esimerkki pahasta myyrätuhosta eräässä Metsänjalostussäätiön rauduskoivukokeessa Leivonmäellä 1988 (koe 118401). Tuholuokka 4 sisältää kuvassa myös luokan 5. Osa tuhon jälkeen luokissa 2 ja 3 olleista taimista on kuollut myöhemmin.

Taimikkojen välinen suuri vaihtelu tuhojen määrässä näkyy myös kuvasta 3. Kyseessä on Joutsa-Leivonmäki-Luhanka-alueella 1991–92 tehdyn laajan taimisuojakokeen suojaamattomien kontrollitaimien vioittumisaste. Kuvan 3 yläosassa on tuholuokittain vioittumisen keskiarvo 17 taimikossa. Hieman alle puolet taimista säilyi keskimäärin koskemattomina. Kuvan alaosassa on esitetty eri tuholuokkien jakautuminen kussakin

17 taimikossa erikseen. Taimikoiden välinen suuri vaihtelu korostaa jälleen taimikoiden erityispiirteiden tarkemman tutkimisen tärkeyttä.



Kuva 3. Rauduskoivun taimien vioittumisasteen vaihtelu 1991–92 Itä-Hämeessä. Yläkuva: tuholuokkien keskimääräinen jakautuminen 17 taimikossa. Alakuva: Tuholuokkien jakautuminen taimikkokohtaisesti. Tuholuokat 1 ja 2 sekä 4 ja 5 on alakuvassa yhdistetty.

Puulajin valinta

Rauduskoivu on suosituin puulaji pellonmetsityksissä, mutta se on myös herkin tuhoille. Pahoille riskialueille tai tuhojen jälkeisissä uusintaviljelyksissä kannattaa istuttaa kuusta, jollei halua käyttää karkotteita tai varsinkin taimisuojia. Tuhoja tapahtuu kuusellekin, mutta se on jonkin verran kestävämpi kuin rauduskoivu, eikä kärsi pienestä myyränsyönnistä niin herkästi kuin raudus. Jos valinta pitää tehdä rauduksen ja hieksen välillä myyrätuhoriskin perusteella, niin hies on tutkimustemme mukaan hieman kestävämpi.

Jalot lehtipuut ovat lisänneet suosiotaan pellonmetsityksissä. Myös lehtikuusta istutetaan jonkin verran. Kaikki nämä ovat alttiita nisäkästuhoille, ja erityisen herkkä on tammi, jota kaikki nelijalkaiset rakastavat (Gill 1992a,b). Suosittelemme erikoistoimenpiteitä, kuten taimisuojia ja/tai tehokasta muokkausta ja heinäntorjuntaa jalojen lehtipuiden viljelijöille (kts. myös Valkonen ym. 1995). Valkosen ym. (1995) tutkimuksessa suuri osa koealueista oli rannikkovyöhykkeellä, jossa kunnon myyrähuippuja vesimyyrää lukuunottamatta ei ole viime vuosina esiintynyt, joten jalojen lehtipuiden eroista myyrätuhoille ei saatu riittävää aineistoa.

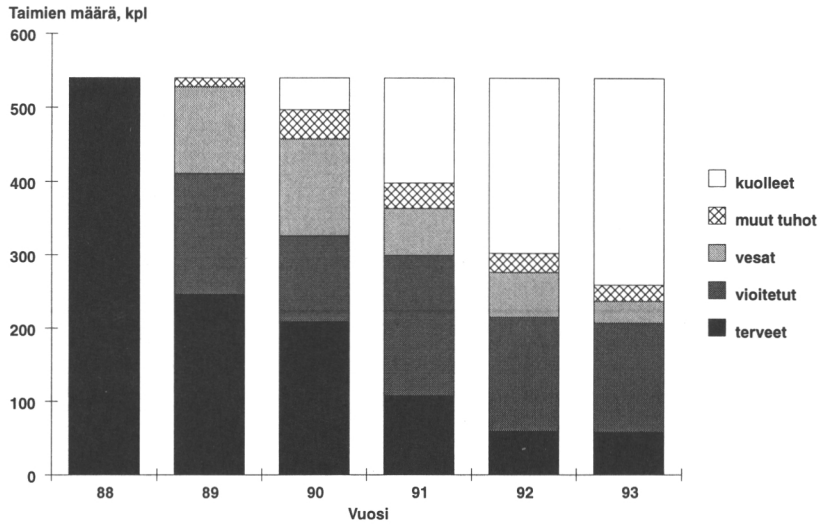
Tervaleppä saattaa olla poikkeus. Lepät sisältävät sellaisia haitta-aineita, joihin nisäkkäät yleensä suhtautuvat hyvin karsaasti (Bryant ym. 1983, omat julkaisemattomat kokeemme). Emme ole vielä tehneet tervalepän taimilla valintakokeita, mutta odotukset ovat parempia kuin koivuilla ja useimmilla jaloilla lehtipuilla. Myös Valkosen ym (1995) tutkimuksessa tervalepät selvisivät nisäkäsuhasta hyvin.

Miten vioitetut taimet säilyvät?

Myyrätuhojen voimakkuus vaihtelee myyrähuipusta toiseen ja taimikoiden välillä. Myyrät vioittavat runsaasti taimia myös siten, ettei taimi välittömästi kuole, kuten kuvasta 3 käy ilmi. Olemme esittäneet arvion, että vioitettuja mutta ei välittömästi kuolleita taimia on keskimäärin saman verran kuin pystyyn tapettuja. Välitön tuho on suurin vastaperustetuissa taimikoissa, joissa pienet taimet ovat myyrien katkottavissa tai ympärikaluttavissa. Hieman vanhemmissa taimikoissa välitön täystuho on vähäisempää, mutta lievempiä vioituksia on vastaavasti runsaasti. Kaluamajäljet tarjoavat hyvän reitin monenlaisille infektioille, joiden pitkäaikaisvaikutukset ovat huonosti tunnettuja. Jos myyrätuhoinventointi suoritetaan heti tuhon jälkeen, ja tuhoiksi luetaan vain kuolleet taimet, aliarvioidaan tuhoja melkoisesti. Toisaalta, lievempien tuhojen tunnistaminen paria vuotta myöhemmin voi myös asiaa tuntemattomalle olla hankalaa, koska taimet tehokkaasti kylestävät syöntijäljen (Henttonen 1995a).

Kuvassa 4 on esitetty erään, Luhangassa sijaitsevan, alusta lähtien tarkkaan seuratun rauduskoealueen kehittyminen. Taimet istutettiin syksyllä 1988, pahana myyrävuonna. Alle puolet taimista säilyi täysin turvassa myyriltä seuraavaan vuoteen 1989. Noin kolmannes taimista oli lievästi vioitettuja. Noin neljännes oli kaluttu ympäri, mutta tuottivat itsestään tyvisilmuista uusia vesoja. Vuonna 1991 oli uusi myyrähuippu, mutta jo ennen sitä taimien kuolevuus oli lisääntynyt. Viisi vuotta istuttamisen jälkeen vain pieni osa taimista oli täysin koskemattomia, ja toisaalta taimia oli jatkuvasti kuollut lisää. Myös ensimmäisen tuhon jälkeen syntyneiden vesojen säilyvyys oli heikko. Vaikka alkuvaiheen tuho oli kohtalainen, niin silti välittömästi alkuvaiheen tuhon jälkeen tehty inventointi antaa liian hyvän kuvan taimikon pitkäaikaisista kehittymisnäkymistä.

Myyrien aiheuttamista vioituksista sieni-infektiot pääsevät helposti taimeen. Infektio alkaa usein syöntikohdasta leviävänä värivikana ja koron muodostumisena. Nuorissa taimissa värivika saattaa edetä pystysuunnassa yli puoli metriä ensimmäisinä vuosina. Pelkkä värivika (kova laho) jo voi alentaa puun laatua, mutta vikaisuus voi mikrobilajiston muutoksen myötä ajallaan johtaa todelliseen lahoon.



Kuva 4. Syksyllä 1988 Luhangassa istutetun raudustaimikon kehittyminen, taimien säilyminen ja kuoleminen myyrätuhon jälkeen. Taimien määrä pystyakselilla. Ryhmä muut sisältää lähinnä jänisten katkomia taimia. Vesat tarkoittavat alkuperäisen verson kuoltua tyvisilmuista kasvaneita versoja.

Voivatko ensiharvennuskoivikoissa havaitut lahot sitten johtua taimivaiheessa tapahtuneesta myyrän vioituksesta? Olemme tutkineet nk. Raulon koivikoista kerätyistä näytteistä tyvellä ensimmäisissä vuosirenkaissa mahdollisesti esiintyvät kylestymäjäljet (kts. Henttonen 1995a), mutta emme paria tapausta lukuunottamatta havainneet merkkejä taimivaiheessa tapahtuneesta vioituksesta. Toisaalta olemme tutkineet myyrien vioittamien taimien sienilajistoa pian vioituksen jälkeen (Henttonen ym. 1994), ja olemme löytäneet monia sienilajeja, jotka voivat aiheuttaa erityyppisiä lahovikoja. Joukosta löytyi niin varsinaisia lahottajasieniä kuin katkolahoa aiheuttavia sienilajeja. Koivulle haitallisia lajeja löytyi näytteistä jo pari kuukautta vioituksen jälkeen.

Keskeinen kysymys on, leviääkö alkanut infektio uusiin vuosirenkaisiin vaurion kylestäneen puuosan yli, vai pystyykö puu koteloittamaan alkaneen infektion. Valistunut arvauksemme on, että ainakin osassa koivikoista myyränsyönti on ollut lahovian syynä, mutta myönnämme samaan hengenvetoon, että muitakin syitä, ehkäpä tärkeämpiäkin varmasti on. Ruohokaskaiden munintaraoista leviää tunnetusti laikkutautia (Juutinen ym. 1976). Raudus on myös melko herkkä maaperän vaikutuksille, ja epäedullinen maaperä voi myötävaikuttaa monistakin eri syistä syntyneiden infektioiden menestymiseen, mitä ei tapahtuisi suotuisassa maaperässä.

Torjuntamenetelmistä

Maanmuokkaus ja heinäntorjunta

Myyrätuhoja voidaan torjua viljelyketjun eri vaiheissa usealla tavalla. Eri toimenpiteiden kustannukset vaihtelevat, joten kustannustietous ja uudistamisvarmuus ovat

huomioon otettavia tekijöitä. Halvin ei aina ole varminta eikä välttämättä edullisinta pitemmällä aikavälillä.

Myyrätuhojen estäminen pellonmetsityksessä perinteisin menetelmin edellyttää kunnollista maanmuokkausta ja kemiallista heinäntorjuntaa, esim tankkiseosta. Pelkkä maanmuokkaus ilman kemiallista torjuntaa ei yleensä anna kunnollista suojaa myyrätuhoja vastaan. Kasvillisuus uudistuu jo istutuskesänä tarjoten myyrille suojaa ja ravintoa. Maanmuokkauksessa suositamme täyskyntöä, kunnollista penkkikyntöä tai mätästystä. Sellainen pallekyntö, missä yksi ainoa viilto kynnetään, ei ole suositeltava, koska peltoon jää runsaasti heinäistä aluetta myyrille. Myös yhden nurinkäännetyn palteen alla myyrät voivat viihtyä ja syödä taimien juuria.

Pellonmetsityksessä kemiallisen heinäntorjunnan hyöty on huomattava, vaikka käytettäisiin muitakin suojausmenetelmiä kuten taimisuojia. Mutta taimisuojissakin taimet kasvavat selvästi paremmin käsitellyssä maassa kuin villissä heinikossa. Kemiallinen heinäntorjunta vähentää selvästi myyrätuhoja, koska myyrien ravintokasvit ja suoja vähenevät (Teivainen ym. 1986). Eräässä Roundupilla käsittelemässämme pellon lohkossa oli muutamia peltomyyriä, mutta koskemattomassa kontrollilohkossa tiheys vastasi yli 200 myyrää hehtaarilla. Torjunnan ansiosta pellonmetsityksen nimenomainen riesa, kesäaikainen syönti vähenee, eikä talvellakaan lumen alle pääse ravinnon puutteen vuoksi muodostumaan runsasta myyräkantaa. Lisäksi taimien alkukasvu on parempi, koska juuristokilpailu heinikon kanssa olennaisista ravinteista vähenee. Paremmin kasvavat taimet varttuvat nopeammin myyriltä karkuun.

Kemiallisesta heinäntorjunnasta niin kuin mekaanisesta heinimisestäkin on hyötyä muutenkin. Heinikon kurissapitäminen ehkäisee myös kaskaiden aiheuttamia haittoja. Ruohokaskaat munivat nuorten koivuntaimien kuoren alle, ja näistä munintaraoista sienitaudit leviävät helposti.

Perinteinen kemiallisen torjunnan tie on kuitenkin muutosten kourissa. Yleiseurooppalainen suuntaus vie kohti niukempaa torjunta-aineiden käyttöä. Pelkästään glyfosaattia käytettäessä olisi aina ongelmana maassa oleva siemenpankki, josta uusi kasvusto puhkeaa vuodessa parissa komeasti esiin; tosin kasvilajisto muuttuu myyrien kannalta selvästi huonommaksi.

Luontainen uudistaminen

Luontainen uudistuminen rauduksella pellonmetsityksessä ei ole antanut hyviä tuloksia. Luontaiseen uudistamiseen voi myös lukea muokatun pellon kylvön koivun siemenellä. Tällä menetelmällä jotkut väittävät myyrätuhojen jäävän historiaan. Suurena riskinä kuitenkin on, että taimia paljon nopeammin kasvava heinikko pian tukahduttaa pienet taimet. Varsinkin jos kemiallinen torjunta olennaisesti vähenee, on varsinkin rehevillä mailla kylvön onnistuminen melkoisen epävarmaa. Jos luontainen uudistuminen onnistuisi paremmin, niin myyrätuhotkin jäisivät pienimmiksi.

Taimien katkominen

Kesällä ympärikaluttu taimi kuivaa nopeasti, joten sen jatkohoito ei yleensä onnistu. Sen sijaan talvella syöty taimi voidaan katkaista syöntikohdasta ennen kasvukautta, jolloin tyvisilmuista kasvaa yksi tai useampi uusi verso; toivoa vain sopii, etteivät sienitaudit iske näin hoidettuihin taimiin. Vastaistutettujen taimien katkohoito antaa huonoja tuloksia, koska juuristo ei ole vielä kunnolla kehittynyt. Sen sijaan jos myyrät kaluavat jo pari vuotta hyvin kasvaneen ja juuristoltaan kehittyneen taimen, voi katkohoidolla saada ainakin aluksi hyviä tuloksia. Tällainen verso voi yksinään kasvaa yli metrin heti ensimmäisenä kesänään, mutta katkaisun tuloksena voi kehittyä myös monta uutta kilpailevaa versoa eli puska. Katkohoidossa ovat sieni-infektiot jälleen vaarana. Jos ei luota näin syntyneen taimikon tulevaan laatuun, voi syntynyttä taimikkoa käyttää verhopuustona alle istuttaville kuusen taimille.

Karkotteet

Istuttamisen jälkeen voi käyttää karkotteita, jotka tehoavat pahalla hajullaan ja maullaan. Karkotteet eivät siis ole myrkkyjä. ERSA-on tällä hetkellä ainoa laillinen karkote myyräntorjuntaan, mutta uusiakin aineita tullee lähivuosina markkinoille. Korostettakoon, että mitään myrkkyjä myyriä vastaan ei Suomessa enää ole käytössä, eikä rotanmyrkkyjä saa lain mukaan käyttää maastossa. Kaikki rotanmyrkyt eivät edes tehoa myyriin.

Olemme saaneet kokeistamme hyvinkin vaihtelevia tuloksia. Syksyllä levitettynä ERSA on talviaikana antanut usein kohtalaisen hyvän suojan (Henttonen & Kaikusalo 1989, Korhonen 1990). Myös kentältä suoraan saamamme palaute on usein ollut positiivinen. Toisaalta olemme kuitenkin havainneet, että teho vaihtelee riippuuen sääolosuhteista ja että kesäaikaiset torjuntatulokset ovat heikkoja (Henttonen ja Suominen, valmisteilla). Erityisesti, jos sade huuhtoo taimia heti käsittelyn jälkeen tai jos karkote levitetään kostealle pinnalle, tulos ei ole hyvä. ERSAA voi käyttää kesällä koivuntaimien tyvelle kesäsyönnin torjumiseksi. Mutta tällöin käsittely pitää toistaa syksyllä talvea varten. Olemme tarkemmin esitelleet ERSAn käytön yksityiskohtia muissa kirjoituksissamme (Henttonen 1991a,c).

Taimisuojat

Taimisuojien käyttö tarjoaa uuden vaihtoehdon pellonmetsityksessä. Edellä jo mainitsimme kemiallisen heinäntorjunnan kapenevista näkymistä sen huomattavista hyödyistä huolimatta. Lisäksi metsitettävät pellot kuuluvat yhä useammin kaupunkilaismetsätilallisille, joiden suhtautuminen kemialliseen heinäntorjuntaan on kielteisempi kuin perinteisellä maaseutuväestöllä. Metsänhoitoyhdistysten on pystyttävä tarjoamaan tälle runsastuvalle asiakaskunnalle vaihtoehtoja niin tuhojentorjunnassa kuin puulajivalikoimassa. Esimerkiksi tammen suosio on kasvussa, mutta valitettavasti se ja useat muut jalot lehtipuut ovat herkkiä nisäkkäiden aiheuttamille tuhoille.

Eräiden arvioiden mukaan keskiarvo myyrien tuhoamista koivuntaimista on pellonmetsityksessä 30 %, ja monessa yhdistyksessä 50–80%:n tuhot myyrävuosina ovat normaalia elämää. Lisäksi lievistä vaurioista leviävät sieni-infektiot eivät ole mukana em. luvuissa. Jos peltojen metsitysvarmuus olennaisesti paranisi esimerkiksi taimisuojien avulla, voitaisiin tinkiä muista kustannuksista, kuten kemiallisesta torjunnasta. Nykyisissä pellonmetsitysohjeissa on joustava asenne; pellonmetsitystä ei ahdeta yhteen muottiin, vaan paikallisten olosuhteiden, kokemuksen ja asiantuntemuksen sekä metsittäjän omien mielipiteiden mukaan voidaan kulloinkin valita sopivin vaihtoehto – tietenkin yleisten ohjeiden asettamien taloudellisten rajojen puitteissa. Taimisuojat sisältyvät yhtenä vaihtoehtona hyväksyttyihin menetelmiin. Jos verrataan pahan myyrätuhon ja uusintaviljelyn kustannuksia peltohehtaarilla siihen, että taimista olisi heti esim. 70% suojattu, niin suojaus olisi kannattanut. Taimisuojat voivat suojata myös ruohokaskailta.

On ehdotettu, että jos metsitysvarmuus olennaisesti paranisi taimisuojien avulla, niin taimitiheyttä voitaisiin alentaa, ja näin säästää kustannuksia. Hyvälaatuisen koivutukin kehittymiselle olennainen kysymys kuitenkin on, tapahtuuko luonnollinen karsiutuminen tarpeeksi varhain. Varhainen karsiutuminen ehkäisee myös ruskotäpläkärpäsen aiheuttamien värivikojen määrää. Jos kaikki taimet esim. tiheydessä 1200/ha kasvaisivat hyvin, karsiutuminen saattaisi vielä luonnistua. Mutta vikaa voi viljelyketjussa olla monessa kohtaa, alkaen taimista, istuttajista jne. johtaen siihen, että taimitiheys loppujen lopuksi jäisi liikaa alle 1200/ha. Niinpä useat asiantuntijat eivät mielellään laskisi rauduskoivun nykyistä istutustiheyttä (1600/ha) pellonmetsityksessä, jotta karsiutuminen onnistuisi kunnolla (mm. J. Raulo, suull.).

Suomessa on kaksi yritystä, jotka markkinoivat käyttämisen arvoisia taimisuojia metsätalouteen, ennen kaikkea pellonmetsitykseen. Englantilaisella Tubexilla on Suomessa edustaja, kotimainen valmistaja on puolestaan Oy Agrame Ab. Emme esittele muita suojia, esimerkiksi spiraaleja tai verkkoja, koska ne eivät sovellu käytännön pellonmetsitykseen. On tietenkin olemassa monia kotikutoisia konsteja, joita voi käyttää, vaikkapa alumiinipaperia tai LVI-muoviputkea, mutta emme puutu niihinkään.

Olemme esitelleet taimisuojia ja niiden perusominaisuuksia muualla (Henttonen & Niemimaa 1993, Henttonen 1995b). Tiivistämme seuraavassa eräitä pääkohtia, ja esittelemme sitten eräitä koetuloksiamme. Suojia on eripituisia ja -paksuisia monenlaiseen käyttöön riippuen mm. lumen syvyydestä ja maaperän laadusta (kts. taulukko 1). Suojat on tehty polypropeenista, johon on lisätty ainetta, joka aikanaan aiheuttaa suojan hajoamisen ja muovin häviämisen. Valmistajien mukaan kaupalliset suojat hajoavat itsestään 5–7 vuodessa.

Mallit eroavat perusominaisuuksiltaan. Erot vaikuttavat asentamisnopeuteen, kuinka syvässä lumessa niitä voi käyttää, pystyssä pysymiseen, taimen kasvuun jne. Suojan hinta luonnollisesti riippuu sen koosta. Halvimpien ja pienimpien mallien hinta jää alle markan, keskikokoiset ovat 2–4 markan tuntumassa, ja isommat kalliimpia. Koska tarkka hinta riippuu tilauksen koosta ja mahdollisista sesonkialennuksista, emme esittele hintoja tarkemmin.

Agramen malleista todettakoon, että kaksiosaisen asentaminen vie hieman aikaa, joskin uusimman Sinisen Suojan kiinnitys on parantunut. Myyräsuojan lukitus ei ole tukeva ja sen asentaminen on hankalaa; muuten samankaltainen mutta kiinteä Tyvisuoja on tässä suhteessa kätevämpi.

Tubexin Taimisuojat edellyttävät tukikepin, mikä lisää hieman asentamisaikaa ja myös kustannuksia. Viistokärkisten Quill-mallien ongelma on kaatuminen keväällä roudan sulaessa (taulukko 3).

Olemme Metlassa tehneet laajoja kenttäkokeita eräillä, ennen kaikkea varhaisimmilla Tubexin taimisuojamalleilla. Olemme seuranneet myös Agramen suojia, joskaan meillä ei niistä ole valmiina kokeellisia kenttätuloksia, yleisvaikutelmia kylläkin. Taimisuojien (kokeissamme Quill, koivu, sekä Taimisuoja, 60 cm) suurin etu on niiden antama erinoaminen suoja myyriä vastaan. Agramen vastaava malli, Sininen Suoja, tuskin eroaa ratkaisevasti tässä suhteessa. Yli 2000 vuonna 1992 tutkitusta suojatusta taimesta yhtään ei oltu syöty vuoden 1991 myyrähuipun aikana. Kontrolleista oli eri tavoin syötyjä noin puolet (kts. kuva 3).

Taulukko 1. Tiivistelmä Suomessa markkinoilla olevista käyttökelpoisista taimisuojista myyrätuhojen torjumiseksi. Koko (cm) = pituus x halkaisija (Agramella ylä- ja alahalkaisija, Tubexilla vaihtelurajat).

Malli	Koko	Ominaisuudet
Agrame:		
Sininen suoja	35 x 10–12	kaksiosainen, koottava
Perussuoja	22 x 10–12	yksiosainen lieriö
Myyräsuoja	17 x 4–7	yksiosainen, kyljestä avoin, mekaanisesti lukittava
Tyvisuoja	17 x 6–9	yksiosainen kartio
Tubex:		
Myyräntyvikaulus	22,5 x 4,5	yksiosainen, kyljestä avoin, reunat sulkeutuvat limittäin itsestään
Taimisuoja	60 x 8,4–11,4	yksiosainen, vaatii tukikepin
Taimisuoja	90 x 8,4–11,4	yksiosainen, vaatii tukikepin
Taimisuoja	120 x 8,4–11,4	yksiosainen, vaatii tukikepin
Quill, koivu	75 x 7,5–8,5	yksiosainen, viistokärkinen
Quill, havupuut	45 x 5	yksiosainen, viistokärkinen
Quill, havupuut	75 x 5	yksiosainen, viistokärkinen

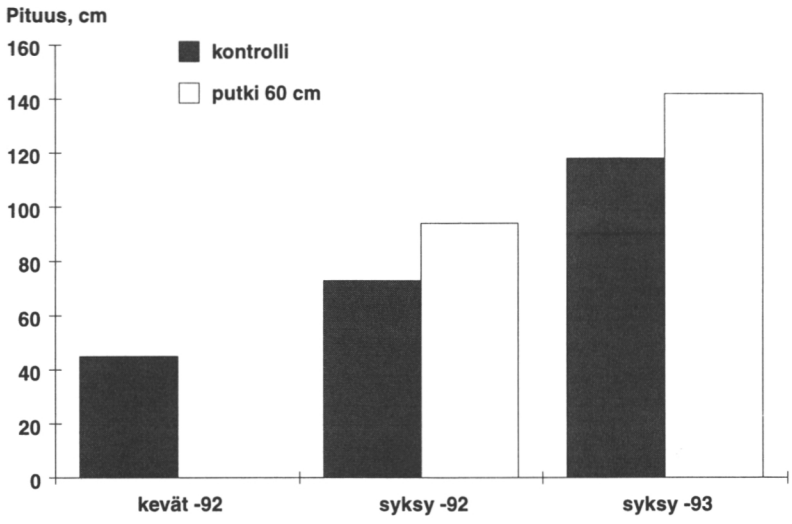
Kokeissamme pienet rauduskoivuntaimet (istutushetkellä 40–50 cm) kasvoivat 60 cm:n taimisuojassa merkitsevästi paremmin kuin suojaamattomat (kuva 5). Sen sijaan kookkailla, istutettaessa putken mittaisilla (55–65 cm) tai pitemmillä taimilla kasvua edistävää vaikutusta ei enää yleensä esiintynyt. Todennäköistä on, että lyhyemmät mallit eivät lisää koivuntaimen kasvua. Myös lehtikuusen kaupallisten pienten taimien (20–30 cm) kasvua ja säilymistä 30 ja 50 cm:n Taimisuojat paransivat merkitsevästi.

Pitemmissä malleissa on eräänlainen kasvihuoneilmasto, joka edistää taimen kasvua niin kauan kuin taimi ei ole kasvanut ulos putkesta. Kesän kuivuudessa kookkaissa putkissa vallitseva korkeampi suhteellinen kosteus näyttää myös hyödyttävän taimia.

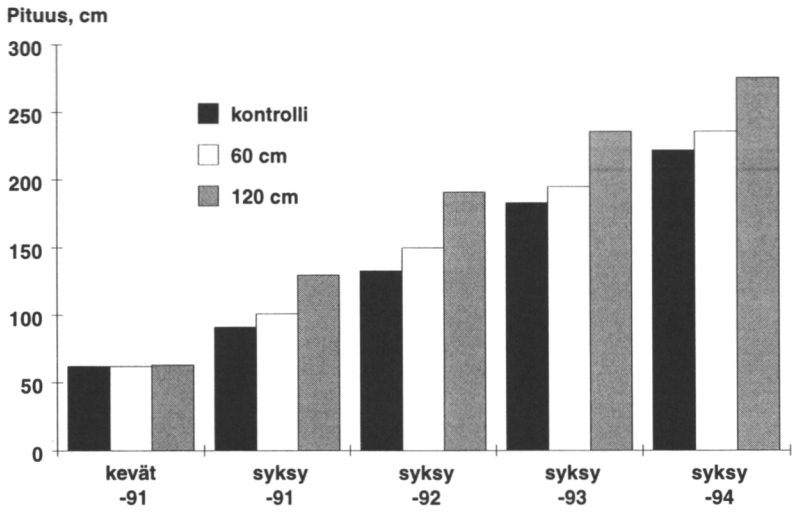
Tubexin Taimisuojilla on pari kertaa havaittu putken sisällä olevien taimien kuolemista kasvukauden alussa runsaspeitteisessä hiesumaaperässä. Samalla taimierällä toisenlaisessa maaperässä ongelmaa ei ole esiintynyt. Luultavasti kyse on siitä, että kokonaan putken sisällä lämpimässä kevätauringossa olevan taimen kasvu käynnistyy

juurten ollessa vielä umpijäässä. Seurauksena on verson kuivuminen, mutta kesän myötä tyvisilmuista kasvaa uusi verso, joka taas seuraavana keväänä saattaa kuolla.

Pitkässä Taimisuojassa (120 cm) visakoivun taimet kokeissamme puolestaan kasvoivat paremmin kuin 60 cm:n Taimisuojissa tai suojaamattomina (kuva 6). Valkosen ym. (1995, s. 68) tutkimuksessa pitkä Taimisuoja (120 cm) edisti tammen kasvuun siten, että neljän kasvukauden jälkeen suojaamattomien taimien keskipituus oli 31 cm, suojattujen 94 cm.

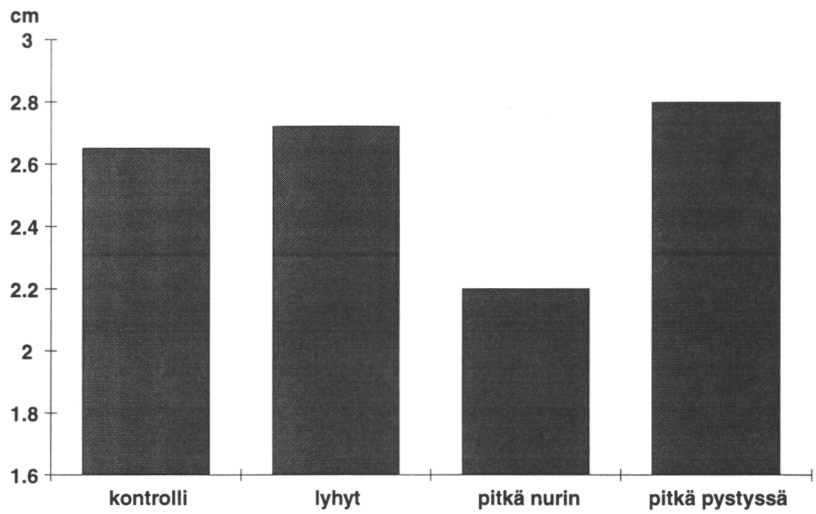


Kuva 5. Keväällä 1992 istutettujen pienikokoisten raudustaimien kasvu kahden ensimmäisen kasvukauden aikana taimisuojissa ja suojaamattomina.



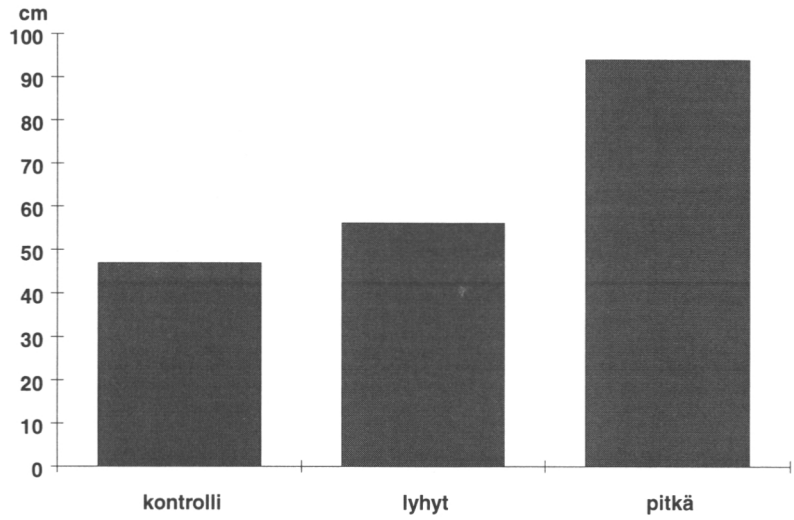
Kuva 6. Taimisuojan pituuden vaikutus visakoivutaimien kasvuun.

Visakokeessamme ilmeni kuitenkin mielenkiintoinen ongelma. Kun pitkät suojat syksyllä 1995 poistettiin 5 kasvukauden jälkeen, kolmanneksella taimista rungon kehitys oli häiriintynyt niin, ettei taimi omin avuin pysynyt pystyssä, vaan taipui täysin luokille, latva maahan. Kuvasta 7 näkyy, kuinka 120 cm:n suojissa kasvaneiden, mutta kaatuvien visakoivujen rungon halkaisija oli selvästi pienempi kuin pystyssä pysyvien tai 60 cm:n suojissa tai kontrolleina kasvaneiden. Pitkässä suojassa visa tuottaisi enemmän oksatonta runkoa kuin lyhyemmässä suojassa (kuva 8), mutta mainitun kasvuhäiriön johdosta pitkien suojien käyttöön koivulla pitänee suhtautua varauksella. Olemme äskettäin kuulleet (J. Brunvatne, suull.), että Norjassa on alustavasti tehty koivulla samantapaisia havaintoja, minka seurauksena on suositelu korkeintaan 60 cm:n suojien käyttöä. Kirjallisuudessa ei ole vastaavanlaisia havaintoja taimisuojien aiheuttamista kasvuhäiriöistä tammella tai muilla jaloilla lehtipuilla.



Kuva 7. Visakoivutaimien rungon läpimitta 50 cm:n korkeudella viiden kasvukauden jälkeen eri mittaisissa Taimisuojissa. Lyhyt = 60 cm, pitkä = 120 cm, pitkä nurin = taimet jotka eivät omin avuin pysyneet pystyssä, pitkä pystyssä = normaaleja taimia.

Suurin ongelma tietyille malleille on routa. Erityisesti savikkomailla kevätrouta (tai pintarouta eli rouste) liikuttelee viistokärkistä Quill-mallia. Kokeissamme savikkomaiden putkista melkoinen osa oli vinossa tai kaatunut kevätroudan vaikutuksesta (taulukko 2). Tilannetta pahentaa, jos samaan aikaan tuulee lujaa. Myös alkutalven vaihteleva sää jäätymisineen ja sulamisineen voi olla Quill-malleille vaikea. Niinpä savikkomailla suosittelemme välttämään Quill-mallia. Sen sijaan hiekkaisemmilla multamailla tai moreenimailla kaatumisongelmaa ei ole vastaavassa määrin esiintynyt.



Kuva 8. Taimisuojan pituuden vaikutus viiden kasvukauden jälkeen visakoivutaimien alimman kunnon oksan korkeuteen. Lyhyt = Taimisuoja 60 cm, pitkä = Taimisuoja 120 cm.

Taulukko 2. Kevätroudan ja maaperän vaikutus Quill-koivu-suojien kaatumiseen Joutsa-Luhanka-Leivonmäki-alueella.

maaperä	taimikon istutusvuosi	kaatuneita (%) 1992
hiekkainen	1991	0
multa	1990	<5
	1991	0
	1991	0
	1991	0
	1990	<10
multa – savi	1991	30
	1991	<1
	1991	20
savikko	1990	30
	1990	25
	1991	9
	1991	80
	1991	40
	1991	28
	1991	80
	1991	25

Lumesta ei ole ollut ongelmaa. Emme ole itse myöskään havainneet myyrien menneen sisälle suojiin, vaikka ne olisivat kokonaan lumen peitossa. Kentältä on tullut pari tällaista havaintoa, mutta suhteessa useaan kymmeneneen tuhanteen suojaan luku on olematon. Kaikista pienimmät suojat ovat varsin kevyitä ja voisivat siksi liikua paikoiltaan. Emme ole tarhakokeissamme kuitenkaan havainneet, että peltomyyrät pystyisivät talvella liikuttelemaan pieniä suojia. Toinen vaara voisi olla, että pinta-

kasvillisuuden nopea kasvu voisi liikutella pieniä suojia, niin että myyrät pääsisivät suojan alle. Tästäkään meillä ei – ainakaan vielä – ole havaintoja.

Valmistajat lupaavat taimisuojien hajoavan riittävän nopeasti, jotteivat ne haittaa taimen kasvua. Useimmille malleille aika ei vielä riitä kertomaan lupausten pitävyyttä. Loppukesällä 1995 kuitenkin havaitsimme, että vanhimmissa, 1991 aloitetuissa Taimisuoja- ja Quill-kokeissa parhaiten kasvaneet koivut olivat tyveltään jo vaarassa joutua suojan puristukseen, eikä suoja osoittanut 5 kasvukauden jälkeen välittömiä hajoamisen merkkejä. Yläosissa oli jo hieman haurastamista, mutta tyvellä varjossa ja osin maassa suoja oli vahva. Sellaisia koivutaimikkoja, joissa k.o. suojamallit ovat olleet jo neljä vuotta, on syytä käydä tarkastamassa, sillä nopeimmin kasvavilla taimilla saattaa tulla ongelmia. Uusimmissa Taimisuoja- ja Quill-malleissa suojan sivuilla kulkee laser-leikattu pisteura, joka helpottaa tyven hajoamista. Agramen suojista ei vielä ole näin pitkäaikaisia kokemuksia, mutta ainakin Sinisen Suojan kaksiosaisuus helpottanee hajoamista. Agramen yksiosaisen Perussuojan hajoamisnopeus on vielä odoteltavana.

Tiivistäisimme kokemuksemme taimisuojista seuraavasti: taimisuojat ovat varmin yksittäinen keino pellonmetsityksessä myyrätuhoja vastaan, ja yhdessä kemiallisen heinäntorjunnan kanssa lähes varma yhdistelmä, mutta oikean, kulloisenkiin tilanteeseen sopivan suojamallin valinta edellyttää harkintaa, ja suojien käyttö edellyttää aktiivista seurantaa. Suojien hinta on myös pohtimisen arvoinen kysymys, mutta se on suhteutettava pellonmetsityksen ja mahdollisen tuhon aiheuttamiin kokonaiskustannuksiin.

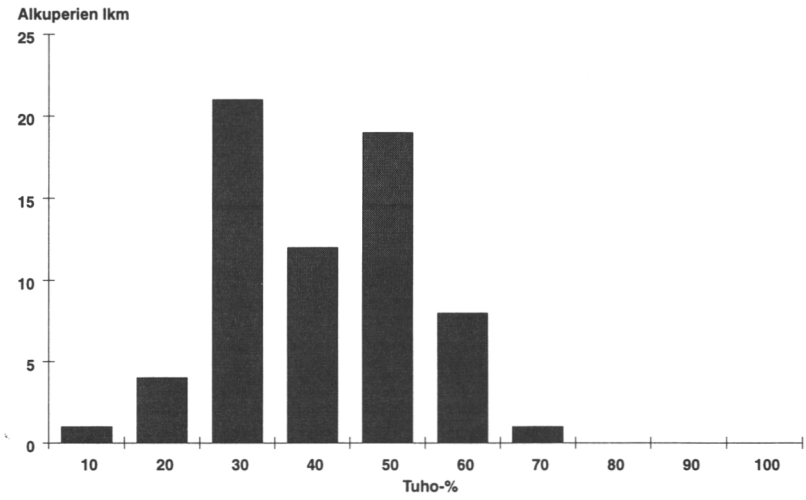
Taimimateriaali

Varsinaisten myyrätorjuntatoimenpiteiden ohella on syytä pohtia, mitä voidaan tehdä taimimateriaalin yleisen kestävyyden parantamiseksi. Taimissa luontaisesti olevien, syöntiä estävien haitta-aineiden määriä voidaan yrittää lisätä sekä resistenssijalostuksella että taimitarha-aikaisilla kasvatusmenetelmillä.

Monien haitta-aineiden määrillä kasviyksilössä on perinnöllinen tausta, ja tästä johtuen nisäkkäät voivat syödä eri alkuperää olevia taimia aivan eri tavoin (Rousi ym. 1989, 1990, 1993). Yksinkertaisimmillaan, analysoimalla esimerkiksi tuhoja jo tehdyissä laajoissa jälkeläiskenttäkokeissa, voidaan harkita tuhoherkimpien alkuperien poistoa viljelymateriaalista. Kuvat 2 ja 9 ovat esimerkki Metsänjalostussäätiön perustamasta laajasta kokeesta, jossa päämääränä oli tutkia keskisuomalaisia raudusalkuperiä. Kokeen tarkoitus kuitenkin muuttui, kun peltomyyrät tuhosivat alkuperäisen kokeen (kuva 2). Kuvassa 9 on esitetty, kuinka tuho jakautui keskisuomalaisessa raudusviljelymateriaalissa. Eniten oli alkuperiä, joista myyrät olivat syöneet 30 – 50%, mutta materiaalissa oli myös tätä keskijoukkoa selvästi herkempiä ja kestävämpiä alkuperiä. Jos kyseisestä viljelymateriaalista hylättäisiin alkuperät, joissa tuhoa oli 40% tai enemmän, niin voisi kuvitella tuhoherkkyyden jälkeläistössä pienenevän.

Toisaalta, todennäköisesti jo lähivuosina yritetään geenisiirroilla saada lisää pahaa makua viljeltäviin puulajeihin. Ongelmana on myös se, että perinnöllis-kemiallinen kestävyys myyriä tai muita nisäkkäitä vastaan ei automaattisesti takaa kestävyyttä monia muita tuholaisia tai abioottisia tekijöitä vastaan (Rousi ym. 1996). Mitä ominaisuuksia pitäisi valita?

Taimitarhan kasvatusolosuhteilla voi olla merkitystä taimen myöhemmälle kestävyydelle maastossa. Varjostus, jolla voidaan jäljitelä esimerkiksi kasvatustiheyttä, herkisti koivuntaimen latvan jäniksensyönnille (Rousi ym. 1993). Mitä enemmän tai pitempään kesällä taimitarhassa koivuntaimi saa typpeä, sen herkemmin talvehtimistilassa olevia taimia söivät ainakin laboratorio-oloissa sekä myyrät että jänikset (Rousi ym. 1993, omat tulokset). Myös fosforin ja kalin lisäys lisäsi myyränsyöntiä (omat tulokset). Tällä kaikella on selvä kemiallinen tausta. Toisaalta, enemmän typpeä saaneet taimet ovat kookkaampia ja niillä on mahdollisuudet nopeammin kasvaa myyrien ulottumattomiin. Kumpi taimenkasvatusstrategia on parempi: pieni ja sitkas, mutta hidas, vai iso, nopea ja mehevä.



Kuva 9. Myyränsyönnin esiintyminen keskisuomalaisessa rauduksen viljelymateriaalissa. Metsänjalostussäätiön koe 118401. Tuho-% kertoo kuinka suuressa osassa tiettyä alkuperää oli myyränsyöntiä, ja pystyakselilla näytetään kuinka monessa alkuperässä oli tietynsuuruinen tuho-%. Kaikkiaan kokeessa oli 66 alkuperää ja 3696 taimea.

N-PK-kokeemme, joka on tehty yhdessä Risto Rikalan (Suonenjoki) kanssa, taimia on seurattu kenttäkokeissa jo neljä kasvukautta, ja tulokset ovat hieman yllättävät. Vaikka eniten typpeä taimitarhassa saaneet taimet pian kasvatuksen jälkeen olivat herkimpiä myyrille, näyttävät ne kentällä kuitenkin säilyneen parhaiten, joskaan erot eivät ole kovin suuria. Olennaista kuitenkin on, että "typellä lihotetut" taimet eivät menestyneet huonoimmin. Sen tekivät vähiten typpeä saaneet, mutta valintakokeiden perusteella kestävimmän käsitelyn taimet. Syynä saattaa olla yksinkertaisesti se edellä mainittu vaihtoehto, että kookkaammat taimet ovat lyhyemmän aikaa alttiina myyrille.

Joka tapauksessa taimimateriaalin laatua arvioitaessa lienee syytä omaksua mennyttä monipuolisempi, taimimateriaalin perusbiologian ja fysiologian paremmin ymmärtävä näkökulma.

Kiitokset monille yhteistyökumppaneille, joiden nimeä ei löydy tämän artikkelin tekijöiden joukosta, mutta joita emme silti ole unohtaneet: Ari Ferm (†), Jyrki Hytönen, Arja ja Sakari Lilja, Risto Rikala, Matti Rousi, Otso Suominen, Jorma Tahvanainen.

Kirjallisuus

Bryant, J.P., Wieland, G.D., Reichardt, P.B., Lewis, V.E. & McCarthy, M.C. 1983. Pinosylvin methyl ether deters snowshoe hare feeding on green alder. Science 222:1023–1025.

Gill, R.M.A. 1992a. A review of damage by mammals in north temperate forests: 1. Deer. Forestry 65:145–169.

— 1992b. A review of damage by mammals in north temperate forests: 2. Small mammals. Forestry 65:281–308.

Ferm, A., Hytönen, J., Koski, K., Vihanta, S. & Kohal, O. 1993. Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonatoja 463:1–127.

Hansson, L. 1990. Mineral selection in microtine populations. Oikos 59:213–224.

Harju, A. & Tahvanainen, J. 1994. The effect of silver birch (Betula pendula) powder on physiological performace of field voles (Microtus agrestis). Ann. Zool. Fennici 31:229–234.

Heikkilä, R. & Löyttyniemi, K. 1992. The effect of simulated moose damage on young Scots pine. Silva Fennica 26:19–26.

Henttonen, H. 1991a. Myyrätuhot peltojen metsityksessä. Julkaisussa. Peltojen metsitysmenetelmät (toim. Ferm, A. & Polet, K.). Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391:92–99.

— 1991b. Heinäntorjunnalla myyräkannat kuriin. Metsälehti 7:5.

— 1991c. Myyräkarkotteista. Metsälehti 16:17.

— 1992a. Myyrätuhojen nykynäkymiä. Metsä ja Puu 6:36–38.

— 1992b. Metsämyyrän merkki: kärkisilmun tuhosta jää mäntyyn laatuvika. Metsälehti 7:11.

— 1993. Myyrätorjunnan nykynäkymiä. Julkaisussa: Metsänsuojelututkimuksen tuloksia (toim. Kurkela, T. & Lipponen, K.). Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 460:13–17.

— 1995a. Tunnista vanha myyränsyöntijälki. Metsälehti 12:16.

— 1995b. Uusilla taimisuojilla myyriä torjumaan. Metsälehti 11:19.

— & Kaikusalo, A. 1989. Myyräkarkotteet testissä. Metsälehti 14:20.

— & Niemimaa, J. 1993. Karkottaa myyrät ja hajoaa luontoon: uudet taimisuojat Metlan testissä. Metsälehti 4:24.

— , Lilja, A. & Niemimaa, J. 1994. Myyrien ja hyönteisten aiheuttamat sieni-infektiot koivun taimien uhkana. Julkaisussa: Taimitarhapäivät Suonenjoella 17.–18.8. 1993 (toim. Smolander, A. & Rautala, J.). Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 496:125–129.

— , Oksanen, T., Jortikka, A. & Haukisalmi, V. 1987. How much do weasels shape microtine cycles in the northern Fennoscandian taiga? Oikos 50:353–365.

Inoye, R.S., Huntly, N.J. & Tilman, D. 1987.Response of Microtus pennsylvanicus to vegetation fertilized with various nutrients, with particular emphasis on sodium and nitrogen in plant tissues. Holarct. Ecol. 10:110–115.

Juutinen, P., Kurkela, T. & Lilja, S. 1976. Ruohokaskas Cicadella viridis (L.), lehtipuun taimien vioittajana sekä vioitusten sienisaastuma. Folia Forestalia 284:112.

Kangas, E. 1935. Myyrien ja jänisten tuhoja Punkaharjulla. Metsätaloudellinen aikakauskirja 10:231–238.

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 144:1–61.

— 1990. Myyrät metsitettävillä pelloilla. Kasvinsuojelupäivät, Helsinki, ss. 104–107.

— , Teivainen, T., Kaikusalo, A., Kananen, A. & Kuhlman, E. 1983. Lapinmyyrän aiheuttamien tuhojen esiintyminen Pohjois-Suomen mäntymetsissä huippuvuoden 1978 jälkeen. Folia Forerstalia 572:1–18.

Korpimäki, E. & Krebs, C.J. 1996. Predation and population cycles of small mammals. BioScience (painossa).

Löyttyniemi, K. 1983. Männyn taimen kehitys latvan katkeamisen jälkeen. Folia Forestalia 560:1–11.

Myllymäki, A. 1975. Outbreaks and damage by field rodents and other harmful small mammals in Finland. Ecol. Bull. 19:17–29.

Siitonen, J. & Nikula, A. 1990. Lapinmyyrän puustolle aiheuttamat tuhot Länsi-Lapin ojitetuilla soilla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 362:56–61.

Rousi, M., Tahvanainen, J. & Uotila, I. 1989. Inter- and intraspecific variation in the resistance of winter-dormant birch (Betula spp.) against browsing by the mountain hare. Holarct. Ecol. 12:187–192.

— , Henttonen, H. & Kaikusalo, A. 1990. Resistance of birch (Betula pendula and B. platyphylla) seedlots to vole (Microtus agrestis) damage. Scand. J. Forest Res. 5:427–436.

— , Tahvanainen, J., Henttonen, H. & Uotila, I. 1993. The effect of shading and fertilization on the resistance of winter-dormant white birch (Betula pendula) to vole and hare feeding. Ecology 74:30–38.

Teivainen, T. 1981. Myyrätuhojen rytmi vuosina 1973–80 piirimetsälautakunnittain. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 8:1–3

— , Jukola-Sulonen, E.-L. & Mäenpää, E. 1986. Pintakasvillisuuden kemiallisen torjunnan vaikutus peltomyyräpopulaation kehitykseen. Folia Forestalia 651:1–19.

Valkonen, S., Rantala, S & Sipilä, A. 1995. Jalojen lehtipuiden ja tervalepän viljely ja kasvattaminen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 757:1–112.

Hirvituhojen vaikutus pellonmetsitysalojen alkukehitykseen

Risto Heikkilä & Sauli Härkönen

Tiivistelmä

Pellonmetsityskoealojen hirvituhot viitenä ensimmäisenä istutuksen jälkeisenä vuotena olivat suurimmat koivuntaimilla. Rauduskoivua oli vioitettu yleisemin kuin hieskoivua. Männyntaimien tuhot lisääntyivät viidennen kasvukauden jälkeen, kun taimet tulivat tuholle alttiiseeen pituuteen. Eri koepaikkakuntien välillä oli suurta vaihtelua ilmeisesti hirvikannan epätasaisesta jakautumisesta johtuen. Toistuvaa syöntiä esiintyi yli 20 %:ssa vioitetuista koivuista ja 14 %:ssa männyistä. Tuhojen välttämiseksi tulisi metsityksessä riskialueilla käyttää kuusta. Suojaustoimenpiteet voidaan kohdistaa alkuvaiheessa taimikoihin, joissa alkanut tuho ei vielä ole vaikuttanut niiden kehityskelpoisuuteen.

Johdanto

Hirven ravinnonkäytöstä johtuvia taimikkotuhoja tavataan sekä metsämaalla että peltojen metsitysaloilla. Metsitettävien peltojen ominaisuudet voivat vaihdella suuresti sijainnin ja maaperätekijöiden suhteen. Yleiseksi ohjeeksi on muodostunut välttää hirvituhoja pyrkimällä perustamaan taimikoita lähelle asutusta, teitä ym. häirintää. Muiden tekijöiden vaikutuksista on ollut verrattain vähän tietoa käytettävissä. Puulajivalinnassa voidaan vaikuttaa tuhoriskiin, sillä kuusentaimia vahingoitetaan vain harvoin. Peltometsityksillä puulajin valintaan vaikuttavat kuitenkin monet muutkin tekijät, eikä sillä keinoin ole aina mahdollista poistaa hirvituhoriskiä. Koivun viljelyn yleistyttyä pellonmetsityksessä hirvituhoihin on jouduttu kiinnittämään erityisen paljon huomiota, sillä koivun lehdillä ja versoilla on suuri merkitys hirven kesä- ja talviravinnossa. Hirvien kesäelinpiirit ovat usein asutuksenkin piirissä olevien peltojen lähettyvillä. Talvialueet sensijaan ovat yleensä metsäalueilla ja talvehtimiskeskuksia tavataan usein perinteisesti samoissa metsissä.

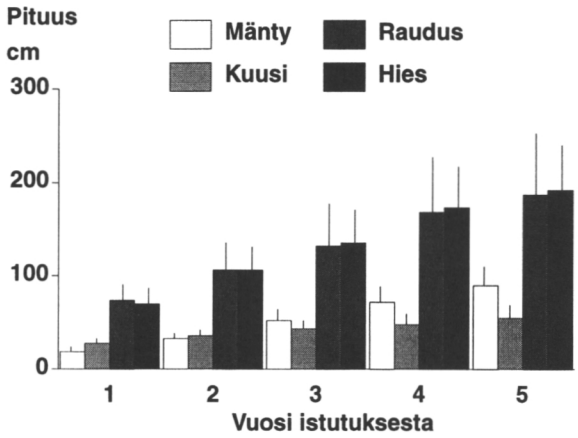
Pellonmetsitysalojen hirvituhotutkimuksen tavoitteena on tuhojen yleisen merkityksen lisäksi erityisesti kartoittaa niitä tekijöitä, jotka vaikuttavat tuhoriskin syntymiseen, torjuntamahdollisuuksia sekä tuhon ja sen seurausten vaikutusta taimien ja taimikoiden kehityskelpoisuuteen. V. 1990 perustettujen koealojen seurantaan kuuluu myös selvittää, voidaanko ympäröivään maisemaan kuuluvien tekijöiden avulla ennakoida jatkuvan tuhorasituksen alaisiksi joutuvia kohteita. Tässä väliraportissa tarkastellaan tähänastisten inventointien tuloksia hirvituhojen esiintymisestä istutetuilla taimilla ja keskitytään tuhojen yleiseen esiintymiseen ja osittain tuhojen torjuntaan. Täydellisempi analysointi, kuten uudistamismenetelmien vertailu, taimikoiden sijaintiin liittyvät tekijät ja taimien kehityskelpoisuuden tarkastelu on mahdollista inventointitietojen täydentyessä ja osatutkimusten edetessä.

Aineisto ja menetelmät

V. 1990–91 istuttamalla perustettujen koealojen vuotuisten inventointien tulokset laskettiin. Kaikkiaan 16 istutustaimikkoa kuului tarkasteluun. Hirvituhojen yleisyyttä ja kohdistumista tarkastellaan puulajeittain. Vuosittain vioitetut osuudet elossa olevista taimista, tuhojen voimakkuuden arviointi, latvatuhojen esiintyminen ja tuhojen toistuminen kuuluvat tähän tutkimukseen.

Tulokset

Taimien pituus vaikuttaa suuresti niiden saatavuuteen ja hirvituhon mahdollisuuteen. Koivuntaimet olivat tarkastelujaksona suhteellisen pitkiä (kuva 1), mikä suurelta osalta selittää niillä tavattujen tuhojen yleisyyden. Männyntaimet alkoivat vasta viime vaiheessa lähestyä yleisintä hirvien syöntikorkeutta. Tämä ilmenee myös vioitettujen taimien osuuksissa (kuva 2 A) ja latvatuhoissa (kuva 2 B). Männyn syönti oli vasta viidennen kasvukauden jälkeen selvästi lisääntymässä. Vioitettujen rauduskoivujen osuus ei yleensä juuri poikennut hieksestä, joskin viimeisessä inventoinnissa rauduskoivutuhojen osuus oli huomattava.



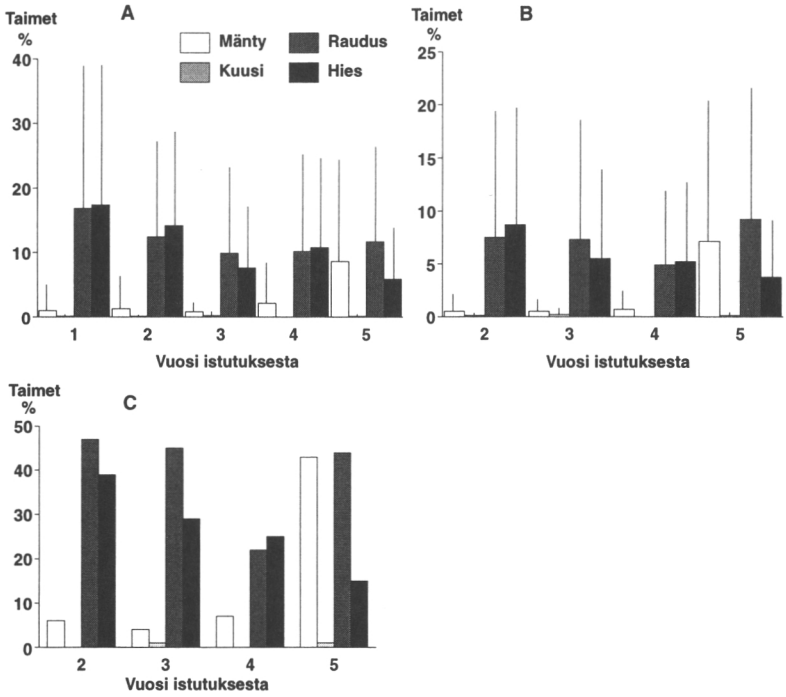
Kuva 1. Taimien pituus eri vuosina istutuksen jälkeen ($\bar{x}$ ± S.D.)

Sekä vioitettujen taimien että latvatuhojen osuuksille oli ominaista verrattain suuri hajonta. Niinpä latvatuhot olivat maksimissaan huomattavastikin keskiarvoja suurempia (kuva 2 C). Kituvien ja kuolleiden taimien vuotuiset maksimiosuudet olivat varsinkin männyllä ja rauduksella suhteellisen korkeita taimikoiden kehityskelpoisuutta ajatellen (kuva 3).

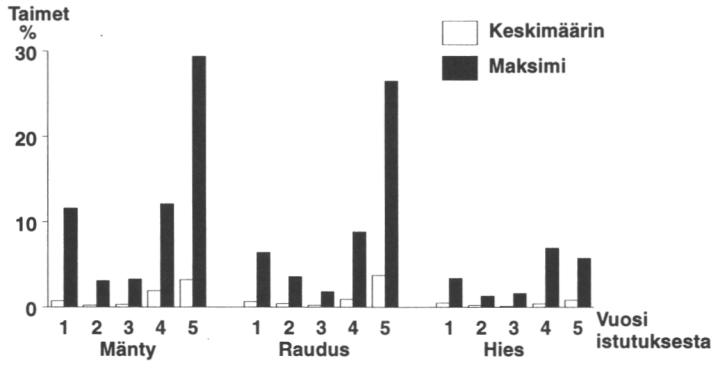
Vioitusten toistuminen samoilla taimiyksilöillä vaikeuttaa nopeasti kehityskelpoisuutta ja lisää seuraustuhojen mahdollisuutta. Tarkastelujakson aikana vioitetuista männyntaimista 14 % oli vioitettu useammin kuin kerran. Rauduksella vastaava osuus oli 26 % ja hieksellä 27 % (kuva 4). Koska kaikkien puulajien kehitys taimikkokoh-

taisen tuhon arvioinnin suhteen oli vielä alkuvaiheessa, toistuvan syönnin merkitystä ja vaikutuksia päärankakehitykseen tai pensastumiseen ei vielä voitu päätellä.

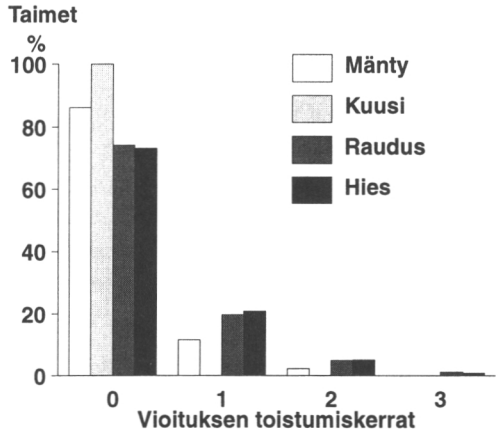
Kahden ensimmäisen inventointivuoden jälkeen tehtiin analyysi taimikoiden välittömän ympäristön vaikutuksesta tuhojen esiintymiseen. Reunametsien kehitysluokkiin ja puulajisuhteisiin liittyvät tekijät eivät kuitenkaan tässä vaiheessa selittäneet tuhojen esiintymistä.



Kuva 2. A. Vuosittain vioitettujen taimien osuus ($\overline{x}$ ± S.D.). B. Latvatuhon osuus eri vuosina istutuksesta ($\overline{x}$ ± S.D.). C. Maksimaalinen latvatuhon osuus koealueilla.



Kuva 3. Kituvien ja kuolleiden taimien vuotuinen osuus



Kuva 4. Toistuneiden vioitusten määrä ja osuudet kosketuista taimista

Tarkastelua

Hirvituhojen esiintymiselle peltometsityksillä oli tyypillistä niiden keskittyminen osalle koealoista. Pääasiallisena syynä suureen vaihteluun ovat todennäköisesti alueelliset erot hirvitiheyksissä. Hirvitiheyksiin vaikuttavat monet tekijät alkuperäisten, hirvialueiden muodostumiseen johtaneiden syiden jäädessä pitkänkin ajan taakse. Metsitettyjen turvemaiden suuren osuuden on aiemmin todettu olevan tyypillistä hirvialueille (Heikkilä & Härkönen 1993). Koealueisiin rajoittuvista hirvien elinympäristöjen ominaisuuksien vaikutuksista on mahdollista saada tarkempaa tietoa kokeiden jatkuessa.

Toistuneesti vioitettuja taimia tavattiin verrattain yleisesti. Koivulla toistuvaa syöntiä tavataan yleisesti (Bergström 1984). Syynä mäntyjen toistuvaan syöntiin on todennäköisesti kasvun elpyminen ja saatavuuden paraneminen (Löyttyniemi 1985). Kertaluonteisen rankavian jälkeinen taimen laatukehitys riippuu suuresti katkaisukohdan paksuudesta (Heikkilä & Löyttyniemi 1992, Heikkilä ym. 1993). Alkukehitysvaiheessa katkaistut latvat saattavat kehittyä verrattain hyvin, mikä voidaan ottaa huomioon taimikoiden suojauksessa. Lahovikojen etenemisestä ja merkityksestä koivulla pelto- ja metsämaalla saadaan tuloksia vasta pitempiaikaisen seurannan jälkeen.

Tuhojen torjunnassa kuusen valinta puulajiksi on varmin keino hirven osalta. Tulevaisuutta ajatellen on maan eteläosissa kuitenkin otettava huomioon metsäkauriin todennäköinen lisääntyminen. Lajin aiheuttamaa kuusentaimikkotuhoa on jo tavattu. Vaikka hirven tiedetään jossain määrin hylkivän hieskoivua valintatilanteessa (Danell & Bergström 1989, Heikkilä 1991), tällä ei ole juurikaan merkitystä metsityspäätöstä tehtäessä. Huomattavan suuria hirvituhoja on käytännössä tavattu esimerkiksi silloin, kun hieskoivu on perusteltuna vaihtoehtona istutettu turvepellolle. Taimitarhakasvatuksen jälkeinen edullinen ravinnetilanne saattaa selittää tuhojen yleisyyttä ensimmäisinä vuosina. Pellonmetsitysaloilla ravinteita kuten typpeä on yleensäkin huomattavan paljon metsämaahan verrattuna (Hytönen & Ekola 1993).

Männyntaimikoiden suojaaminen talvikaudeksi on mahdollista sekä kemiallista että mekaanista (muoviputket) latvasuojausta käyttäen (Heikkilä 1995). Sensijaan lehtipuiden osalta tilanne on vaikeampi. Tosin korkeaa muovisuojaa voidaan käyttää alku-

kehitysvaiheessa. Pienistä hirvieläimistä metsäkauriin aiheuttama tuho voidaan jopa suurelta osalta estää noin metrin korkuisilla putkilla. Kemiallinen latvan suojaus on tällöin kuitenkin tarpeen jatkossa. Koivuntaimilla tehtyjen kokeiden alustavat tulokset ovat myös osoittaneet, että suojauksen talvikautinen teho ei aina ole yhtä hyvä kuin männyllä jonka neulasto ilmeisesti pidättää suhteellisen paljon torjunta-ainetta. Koivun kemiallinen suojaus on mahdollista myös kesällä. Vioittavuuskokeiden mukaan eräät muut lehtipuut kuten pihlaja, tervaleppä ja tammi ovat ainakin kesällä huomattavasti koivua herkempiä torjunta-aineiden toksisille vaikutuksille. Osittain vioitettujen taimikoiden suojauksella voidaan niiden kehityskelpoisuus useissa tapauksissa vielä säilyttää.

Kirjallisuus

Bergström, R. 1984. Rebrowsing on birch (Betula pendula and B. pubescens) stems by moose. Alces 19:3–13.

Danell, K. & Bergström, R. 1989. Winter browsing by moose on two birch species: impact on food resources. Oikos 54:11–18.

Heikkilä, R. 1991. Moose browsing in Scots pine plantation mixed with deciduous tree species. Tiivistelmä: Hirven ravinnonkäyttö lehtipuusekotteisessa mäntytaimikossa. Acta Forestalia Fennica 224. 13 s.

— 1995. Latvan suojaaminen auttaa. Metsälehti 20.

— & Härkönen, S. 1993. Moose (Alces alces L.) browsing in young Scots pine stands in relation to the characteristics of their winter habitats. Tiivistelmä: Hirven ravinnonkäyttö mäntytaimikoissa ja sen riippuvuus ympäristötekijöistä. Silva Fennica 27(2):127–143.

— , Lilja, A. & Härkönen, S. 1993. Rauduskoivuntaimien toipuminen latvan katkeamisen jälkeen. Folia Forestalia 809. 10 s.

— & Löyttyniemi, K. 1992. Growth response of young Scots pines to artificial stem breakage simulating moose damage. Tiivistelmä: Hirvivioitusta jäljittelevän verson katkaisun vaikutus nuoren männyn kehitykseen. Silva Fennica 26(1):19–26.

Hytönen & Ekola 1993. Maan ja puuston ravinnetila Keski-Pohjanmaan metsitetyillä pelloilla. Folia Forestalia 822. 32 s.

Löyttyniemi, K. 1985. On repeated browsing of Scots pine saplings by moose (Alces alces). Seloste: Männyntaimien toistuvasta hirvivioituksesta. Silva Fennica 19(4):387–391.

Suomen peltojen maalajit, ravinnetaso ja viljavuusluokitus

Leila Urvas

Tiivistelmä

Suomen pelloista on kolmasosa maalajiltaan hietaa, yksi viidennes savea ja toinen viidennes eloperäisiä maita, joihin luetaan turpeet, multamaat ja liejut. Hankalia hiesumaita on kymmenesosa ja moreeneja noin 15 prosenttia. Ravinteisuudet eri maalajeilla vaihtelevat niin paljon, että koko maan keskiarvojen perusteella ei viljavuusluokkia voi määritellä. Viimeisten vuosikymmenien aikana peltojen ravinnetasot ovat kuitenkin parantuneet huomattavasti ja happamuus vähentynyt. Yleisesti ottaen kaikkien peltojen muokkauskerroksessa on ravinteita riittävästi, jos ei liikaakin, puuntaimien istuttamista varten. Puunkasvatusta varten olisi ehkä syytä määrittää myös jankon ravinnetaso.

Johdanto

Maatalouspoliitikkojen mielestä Suomessa on liikaa peltoa – on ollut jo neljännesvuosisadan ajan. Käytännön toimia peltoalan pienentämiseksi on tehty 1960-luvulta lähtien mm. metsittämällä peltoja. Kuitenkin uutta peltoa on raivattu lähes sama määrä tilalle.

Peltojen metsitys ei ole aina sujunut toivotulla tavalla, minkä vuoksi vuonna 1990 aloitettiin peltojen metsitysmenetelmiä tutkiva projekti. Aivan aluksi ryhdyttiin miettimään, miten maataloudessa käytettyä viljavuustutkimusta voitaisiin hyödyntää. Aiheesta tehtyjen muutamien julkaisujen (Ekola 1991, Hytönen & Ekola 1993, Tamminen 1990, Urvas 1991) mukaan peltojen muokkauskerroksen ravinnetaso on riittävä, jopa korkea taimien kasvua ajatellen. Kuitenkin arvioitaessa ravinteiden riittävyyttä puiden kasvun kannalta, olisi tarpeellista tehdä maa-analyysi myös muokkauskerroksen alta jankosta (Kaunisto 1991).

Viljavuuspalvelu Oy on tehnyt tulkinnan omille analyyseilleen eri puulajien kasvatusta varten (Mäntylahti, suull. 1991). Tätä tulkintakaaviota käyttäen voidaan arvioida metsitettäväksi aiottujen peltojen ravinnetasoja (taulukko 1).

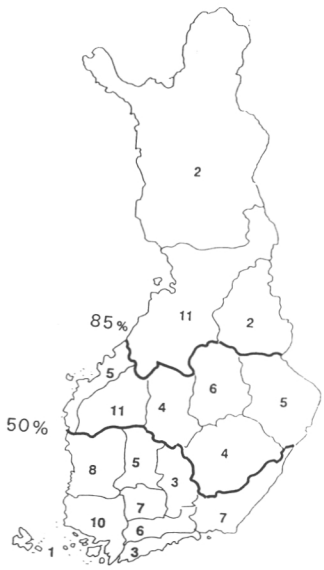
Taulukko 1. Metsämaa-analyysin tulkinta happamaan ammoniumasetaattiin (pH 4,65) uuttuvien ravinteiden mukaan (Viljavuuspalvelu, Mäntylahti 1991, suull.).

Liukoinen ravinne	Ravinteisuusluokka		
	Matala	Tyydyttävä	Hyvä
Kivennäismaakerroksessa, mänty ja kuusi			
Liukoinen kalsium mg/l	alle 30	30–520	yli 520
Liukoinen kalium mg/l	-"- 20	20–40	-"- 40
Liukoinen magnesium mg/l	-"- 20	20–40	-"- 40
Liukoinen fosfori mg/l	-"- 2	2–4	-"- 4

Peltojen pinta-alat

Suomessa on peltoa runsas kaksi miljoonaa hehtaaria. Tilastollisen vuosikirjan (1994) mukaan vuonna 1993 peltoa oli viljelykäytössä 2 260 569 hehtaaria. Maatilarekisterissä vuodelta 1986 maatilojen maankäyttölajit oli esitetty myös maataseutukeskuksittain (kuva 1). Tämän tilaston mukaan Varsinais-Suomen, Etelä-Pohjanmaan ja Oulun maaseutukeskuksien alueilla oli jokaisella 10 prosenttia Suomen pelloista, muilla alueilla vähemmän. Koko maan pelloista puolet oli yhdeksän eteläisimmän maaseutukeskuksen alueilla, joiden pohjoisraja kulkee vähän Porin, Tampereen, Lahden ja Lappeenrannan pohjoispuolella. Toisaalta Lapin ja Kainuun maaseutukeskusten alueilla pellot edustivat vain neljää prosenttia koko peltoalasta.

Viljavuuspalvelun viimeisimmässä viisivuotisraportissa vuosilta 1981–85 on laskettu sinne lähetetyistä maanäytteistä jokaisen maalajin prosentuaalinen osuus kunkin pitäjän ja maaseutukeskuksen osalta erikseen. Tilastot ovat laajat ja ainoat, joista saa tietoa maalajien esiintymisestä pelloilla kunnittain. Viljavuuspalvelun maalajijakaumaprosenttien ja maatilarekisterin peltohehtaarien mukaan laskettiin koko maan peltojen maalajijakauma, joka on esitetty taulukon 2 alimmalla rivillä.



Kuva 1. Maaseutukeskusten peltojen osuus (%) koko maan peltopinta-alasta, 50:n ja 85:n prosentin rajat merkitty karttaan vahvennetulla viivalla.

Peltojen maalajit

Suomen pelloista oli 1980-luvun puolivälissä yli kolmasosa (35,4 %) hietamaita, joko karkeata tai hienoa hietaa. Laajimmat hietapellot olivat Pohjanmaalla. Etelä-Pohjanmaan, Österbottenin ja Oulun läänin maaseutukeskusten alueiden pelloista oli puolet hietamaita ja ne edustivat 38 prosenttia koko maan hietapelloista. Myös Satakunnan ja Itä-Hämeen pelloista yli 40 % oli hietoja.

Savimaita, joihin luetaan aito-, hieta-, hiesu- ja liejusavi, oli toiseksi eniten (19,8 %) eli noin viidesosa peltoalasta. Savipellot esiintyvät suurimmaksi osaksi Etelä-Suomessa. Varsinais-Suomen maaseutukeskuksen alueella oli kolmannes Suomen savipelloista, toinen kolmannes oli Uudenmaan ja Kymenlaakson alueilla. Oulun pohjoispuolella on todella vaikea löytää savea pellon muokkauskerroksesta.

Moreenipellot olivat kolmanneksi yleisimpiä (14,6 %). Ne ovat keskittyneet Savoon. Pelkästään Mikkelin ja Kuopion läänien alueilla oli kolmasosa Suomen moreenipelloista. Maaseutukeskuksittain tarkasteltuna Mikkelin alueen pelloista 66 % oli moreeneita, Kainuun 39, Kuopion 29, Keski-Suomen 26 ja Lapin 23 prosenttia.

Viljellyn hiesun osuus koko maan pelloista oli runsas 10 prosenttia. Tästä alasta puolet löytyi Hämeestä ja Kuopion ympäristöstä. Pirkanmaan maaseutukeskuksen pelloista lähes puolet (46,5 %) oli hiesua. Varsinais-Suomesta, Pohjanmaalta ja Lapista ei juuri ole hiesunäytteitä löytynyt.

Hiekkamaat sopivat paremmin metsänkasvuun poutivuutensa takia, minkä vuoksi hiekkapeltojen määrä jäi alle prosentin koko peltoalasta.

Taulukko 2. Viljavuuspalveluun vuosina 1981–85 lähetettyjen maanäytteiden maalajijakaumat prosentteina maatalouskeskuksittain. (Maanäytteitä yhteensä 703 810 kpl, Kähäri ym. 1987).

Maatalouskeskus	Moreenit & hiekat	Hiedat	Hiesut	Savet	Multamaat & turpeet
Uudenmaan	2	23	12	54	9
Nylands Svenska	4	18	2	70	6
Varsinais-Suomen	6	23	3	61	7
Finska Hushålls.	7	32	0	57	4
Satakunnan	10	42	7	21	20
Pirkanmaan	8	30	46	5	10
Hämeen	6	31	14	35	14
Itä-Hämeen	16	44	24	4	12
Kymenlaakson	16	36	9	24	15
Mikkelin	67	14	1	0	18
Kuopion	30	30	23	0	17
Pohjois-Karjalan	21	36	24	0	19
Keski-Suomen	26	32	24	0	18
Etelä-Pohjanmaan	12	50	2	9	27
Österbottens	10	52	1	8	29
Oulun	12	50	3	1	34
Kainuun	40	24	6	0	30
Lapin	25	29	1	0	45
Koko maa	15	36	10	20	19

Humuksen hajotessa turvepellot vähenevät

Eloperäisten maiden osuus on vuosien mittaan vähentynyt humuksen hajoamisen vuoksi. Ohuet turvekerrokset painuvat raskaiden koneiden alla ja turve sekoittuu allaolevaan kivennäismaahan. Näin muodostuvat multamaat (humusta 20–40 %). Niiden osuus 1980-luvulla oli 13 prosenttia. Yli puolet multamaapelloista sijaitsi Pohjanlahden tuntumassa, Oulun, Österbottenin, Etelä-Pohjanmaan ja Satakunnan maatalouskeskusten alueilla. Osa

multamaista on jonkun kivennäismaan päällä muokkauskerroksessa ja osa taas turpeella, johon on ajettu kivennäismaata maanparannusaineeksi.

Varsinaisten turvepeltojen määrä koko maassa oli vähäinen (5,7 %). Eniten niitä oli sekä suhteellisesti että määrällisesti Pohjanmaalla ja Lapissa, yhteensä 58 % kaikista suopelloista. Lapissa joka kolmas peltohehtaari oli turvetta. Vuosina 1961–70 koko maan pelloista oli vielä 11,2 % turvetta.

Maan ravinteiden määritysmenetelmät

Suomessa aloitettiin järjestelmällinen peltojen viljavuustutkimus vuonna 1947 koe- ja koulutiloilta. Vuodesta 1950 lähtien Maatalouskoelaitoksen maantutkimusosastolla ryhdyttiin tutkimaan myös yksityisten tilojen peltomaita, mutta näytemäärän kasvaessa analysointi siirrettiin ensin Maatalouslaboratoriolle ja vuonna 1952 toimintansa aloittaneelle Viljavuuspalvelu Osakeyhtiölle.

Laajoja kokeiluja sopivan menetelmän löytämiseksi oli tehty jo 1930-luvulla, mutta vasta 1940-luvun lopulla hapan ammoniumasetaattimenetelmä vakiintui viljavuusanalyysin perustaksi (Vuorinen & Mäkitie 1955). Samaa uuttonestettä käytetään edelleen, mutta mittauslaitteet ovat muuttuneet. Kalsium-, kalium- ja magnesiummääritykset tehtiin liekkifotometrillä vuoteen 1986 asti, jolloin siirryttiin käyttämään plasmaemissiospektrometriä. Fosfori mitattiin alusta asti aina vuoteen 1981 kolorimetrillä ja siitä lähtien on käytetty spektrofotometriä.

Maatalouden tutkimuskeskuksessa hivenaineiden ja raskasmetallien määrityksessä on käytetty hapanammoniumasetaatti-EDTA-uuttoa 1970-luvulta lähtien (Lakanen & Erviö 1971). Viljavuuspalvelu otti menetelmän käyttöösä vuonna 1986 (Viljavuustutkimuksen .. 1991). Aikaisemmin heillä oli oma menetelmänsä lähes jokaiselle hivenaineelle erikseen.

Myös tulosten ilmoitustapa on vuosien varrella muuttunut. Aluksi pidettiin tärkeänä, että tulosten ilmoitustapa oli mahdollisimman kansanomainen. Näin päädyttiin ilmoittamaan maan ravinnepitoisuus- eli viljavuustulokset maanviljelijöiden tuntemina konkreettisina ilmauksina eli eri lannoitteiden (superfosfaatti, kalisuola ym.) painomäärinä hehtaaria kohti (kg/ha tai tn/ha).

Kansainvälinen maaperäseura ryhtyi 1960-luvun alussa suosittelemaan kasvien ja maan ravinnepitoisuuksien ilmoittamista alkuaineina, jotta eri maiden tulokset olisivat vertailukelpoisia ja yhteistyö helpottuisi. Myös lannoiteteollisuuden pyrkimykset olivat samansuuntaisia. Vuonna 1965 viljavuusanalyysin tulosten ilmoitustapa muuttui kilogrammasta hehtaaria kohti (kg/ha) milligrammaksi litraa kohti (mg/l) ilmakuivattua jauhettua maata (Kurki ym. 1965). Myös uusi viljavuusanalyysin tulkintakaavio otettiin käyttöön. Vuosien varrella kyseistä kaaviota on tarkennettu, viimeisin on vuodelta 1992 (taulukko 3).

Viljavuusluokkia on aina ollut seitsemän. Maat on jaettu kolmeen ryhmään: karkeat kivennäismaat, savet ja eloperäiset maat. Lannoitussuositukset maanviljelijöille annetaan tämän kaavion mukaan. Käytössä oleva VISU-ohjelma (lannoitussuositusohjelma, joka perustuu viljavuusanalyysiin) toimii myös tämän mukaan. Metsämaiden ravinteiden tulkintakaaviossa luokkia on vain kolme ja maat ryhmitellään kivennäismaihin ja turpeisiin.

Plasmaemissiospektrometrien myötä myös Metsäntutkimuslaitoksessa on ryhdytty analysoimaan enenevässä määrin liukoisia ravinteita. Vuosittain järjestetään eri laboratorioiden välillä vertailututkimus, jossa Viljavuuspalvelun, Metsäntutkimuslaitoksen ja Maatalouden tutkimuskeskuksen Ympäristöntutkimuslaitoksen samoista maanäytteistä samalla uuttonesteellä uutettujen ravinteiden pitoisuudet ovat olleet täysin vertailukelpoisia (Kivistö 1994, suull.).

Taulukko 3. Viljavuuspalvelun perustutkimuksen tulkinta vuodelta 1992 (raja-arvot lasketaan kuuluviksi ylempään viljavuusluokkaan).

Maan ominaisuus ja maaliryhmä	Viljavuusluokka					
	Huono	Huonon-lainen	Välttävä	Tyydyttävä	Hyvä	Korkea	Arvelutt. korkea
Happamuus, pH						
- Savimaat	5,1	5,5	5,9	6,3	6,7	7,5
- Karkeat kivennäismaat	4,9	5,3	5,7	6,1	6,5	7,2
- Eloperäiset maat	4,4	4,8	5,2	5,6	6,0	6,6
Kalsium, Ca mg/l						
- Savimaat	1000	1500	2000	2600	3600	5600
- Karkeat kivennäismaat	400	800	1400	2000	2600	4000
- Eloperäiset maat	600	1000	1600	2600	3600	5600
Fosfori, P mg/l						
- Savimaat	1,5	3,0	6,0	12	30	70
- Karkeat kivennäismaat	2,0	5,0	10	20	40	70
- Eloperäiset maat	2,0	4,0	8,0	15	30	50
Kalium, K mg/l						
- Savimaat (ei liejusavet)	60	100	200	300	500	800
- Hieta, muut moreenit, hiesu, hiue, multamaat ja liejusavet	40	70	120	200	350	500
- Turve, hiekkamoreeni ja hiekkamaat	30	50	80	150	250	400
Magnesium, Mg mg/l						
- Savimaat	100	150	200	400	600	
- Karkeat kivennäismaat	50	80	120	200	400	
- Eloperäiset maat	50	80	120	200	400	
- Suhde Mg:Ca	1:80	1:40	1:20	1:10	1:5	1:2
- Suhde Mg:K	1:10	1:5	1:3	1:2	1:1	
Rikki, S mg/l	3	6	10	15	50	150

Peltojen viljavuus

Suomen peltojen ravinnetason eli viljavuuden kehitystä on seurattu 1950-luvulta lähtien (taulukko 4). Laajin koko maata kattava seuranta löytyy Viljavuuspalvelu Osakeyhtiön viisivuotisraporteista (Kähäri ym. 1987). Vuosiraporteista viimeisin on vuodelta 1989 (Kähäri 1990). Myös Maatalouden tutkimuskeskuksessa on tutkittu vuosien 1974 ja 1987

peltojen ravinnetasoa (Sippola & Tares 1978, Erviö ym. 1990), joskin näytemäärät jäivät pariin tuhanteen, kun Viljavuuspalvelussa analysoidaan vuosittain kymmeniätuhansia tai jopa satakintuhatta näytettä.

Taulukko 4. Peltomaiden viljavuuden kehitys vuosina 1955–1989 Viljavuuspalvelun tilastojen mukaan (Kähäri ym. 1987, Kähäri 1990).

Vuodet	Happamuus pH(H_2O)	Kalsium mg/l	Kalium mg/l	Magnesium mg/l	Fosfori mg/l
1955–1960	5,50	1400	120	-	5,4
1961–1965	5,55	1390	123	188	5,0
1966–1970	5,59	1433	140	177	7,7
1971–1975	5,66	1473	141	189	10,7
1976–1980	5,70	1434	148	189	11,1
1981–1985	5,84	1448	150	212	11,8
1989	5,89	1527	149	240	12,1

Kalkituksen ansiosta koko maan peltojen pH-luku on noussut neljässä vuosikymmenessä 0,39 pH-yksikköä ja oli vuonna 1989 keskimäärin 5,89 (Kähäri 1990). Eri viisivuotiskausista vuosina 1971–75 ja 1981–85 pH nousi voimakkaimmin. Alueittain tarkasteltuna peltojen pH-luvut nousivat keskimääräistä enemmän Varsinais-Suomen, Itä-Hämeen, Mikkelin, Kuopion, Pohjois-Karjalan ja Keski-Suomen maaseutukeskusten alueilla. Happamuuden väheneminen oli hitainta Ahvenanmaalla, missä alunperin maan pH-luvut olivat korkeimmat.

Vaihtuvan kalsiumin keskiarvojen nousu on ollut todella hidasta. Koko maan keskiarvot (1400–1527 mg/l) yltävät vain karkeiden kivennäismaiden viljavuusluokkaan tyydyttävä, mikä viljavuusluokka on asetettu kasvien kannalta optimitasoksi. Eräänä selityksenä vaihtuvan kalsiumin hitaalle kasvulle voi olla fosforipitoisuuden nousun aiheuttama kalsiumin sitoutuminen sellaiseen muotoon, ettei sitä saada näkyviin nykyisellä uuttomenetelmällä.

Ahvenanmaa poikkeaa koko muusta maasta korkeiden kalsiumlukujensa vuoksi. Siellä keskiarvo on vaihdellut 2204–3370 mg/l, kun samanaikaisesti Lapin, Kainuun ja Oulun maaseutukeskusten keskiarvot ovat olleet kahdenpuolen 1000 mg Ca/l. Vuonna 1989 Lappikin oli jo päässyt 1109 milligrammaan kalsiumia litrassa maata.

Maalajin vaikutus eroihin on selvä (Kähäri ym. 1987). Savimailla, jotka pääosin ovat Etelä-Suomessa, oli eniten kalsiumia vaihtelun ollessa liejusavien 1900:sta aitosavien 2800:an mg/l. Alhaisimmat kalsiumluvut olivat hienolla hiekalla ja liejulla.

Kalium on vielä selvemmin sidoksissa maalajeihin. Kun turpeiden kaliumluvut olivat korkeimmillaan 95 mg/l ja karkeilla kivennäismailla 160 mg/l, niin eri savilajeilla keskiarvot vaihtelivat 240–290 mg/l (Kähäri ym.1987).

Koko maan vaihtuvan kaliumin keskiarvot nousivat aina 1980-luvun puoliväliin asti, mutta vuosikymmenen jälkipuoliskolla ne pysyivät lähes samana. Voimaperäisen nurmiviljelyn alueilla Itä- ja Pohjois-Suomessa korkeimmat kaliumin keskiarvot saavutettiin viisivuotiskautena 1976–80. Sen jälkeen kaliumtaso aleni johtuen siitä, että sadoissa poistui enemmän kaliumia kuin mitä sitä annettiin lannoitteissa. Vuoden 1987 jälkeen keskimääräiset kaliumluvut ovat kääntyneet nousuun (Kähäri 1990).

Magnesiumia on eniten Etelä-Suomen savikoilla. Ennen muita aitosavi on se maalaji, jossa on runsaasti magnesiumia (Kähäri ym. 1987). Puutokset taas on havaittu karkeilla kivennäismailla Keski- ja Itä-Suomessa. Alhaisimmat magnesiumkeskiarvot olivat Mikkelin ja Pohjois-Karjalan maaseutukeskusten alueilla sekä Ahvenanmaalla. Aina 1980-luvulle asti magnesiumia oli pelloissa keskimäärin alle 200 mg/l, mutta vuonna 1989 oli päästy jo 240:een mg/l.

Fosforin puutos oli yleistä 1950-luvulla. Peltojen fosforilukujen keskiarvo oli vain 5,4 mg/l. Neljässä vuosikymmenessä kovan kamppanjoinnin tuloksena fosforiluvut ovat nousseet tasaisesti ja vuonna 1989 maan keskiarvo oli jo 12,1 mg/l. Fosforilannoitteiden käytöllä on päästy siihen asti, että viljavuustaso tyydyttävä on saavutettu. Riski fosforin huuhtoutumisesta vesiin on samalla lisääntynyt. Vesien saastumisen estämiseksi on 1990-luvulla ryhdytty mm. tarkistamaan fosforin lannoitussuosituksia. Uusi tulkintakaavio on valmistumassa.

Fosforin liukoisuuteen vaikuttavat sekä maan happamuus että savespitoisuus. Liukoisen fosforin määrät ovat olleet suurimmat turpeissa ja karkeissa kivennäismaissa. Savespitoisuuden kasvaessa liukoisen fosforin pitoisuudet kivennäismaissa pienenevät. Esimerkkinä voidaan mainita, että aitosavissa oli vuosina 1981–85 fosforia keskimäärin 7,5 mg/l, kun hienossa hiekassa pitoisuus oli 19,0 mg/l (Kähäri ym. 1987).

Alueellisista eroista merkittävin on Ahvenanmaa. Kalkkipitoisten maiden pH:t ovat korkeat ja koska liukoisen fosforin pitoisuudet lisääntyvät hyvin voimakkaasti pH:n noustessa yli 6,4:n, on tästä seurauksena se, että Ahvenanmaan pelloilla on aina ollut enemmän liukoista fosforia kuin mantereella. Viisivuotiskeskiarvot ovat vaihdelleet 11,2:sta 27,4:än ja vuoden 1987 keskiarvo oli peräti 31,5 mg/l.

Suomen Akatemian rahoittaman, koko maata käsittävän peltojen kivennäisainetutkimuksen tuloksia (Sippola & Tares 1978) vuodelta 1974 verrattiin samoilta paikoilta vuonna 1987 otettujen maanäyteiden tuloksiin (Erviö ym. 1990). Peltomaiden happamuus oli vähentynyt 0,18 pH-yksikköä ja maiden viljavuus oli parantunut, kalium- ja fosforipitoisuudet jopa merkittävästi. Hivenaineista boorin, koboltin, kromin, kuparin, raudan ja molybdeenin pitoisuudet olivat lisääntyneet. Sinkin puutosoireet havaittiin kyllä jo 1980luvun alkupuolella, mutta lannoitussuositusten toteutuminen ei vielä näkynyt vuoden 1987 tuloksissa, sillä peltojen sinkkipitoisuus oli pienentynyt edellisestä tutkimuksesta samoin kuin mangaanipitoisuuskin.

Raskasmetallipitoisuudet ovat alhaisia Suomen pelloissa verrattuna Keski-Euroopan, etenkin Belgian raskasmetallipitoisuuksiin (Sillanpää 1982). Alumiinipitoisuus oli hivenen korkeampi 1987 kuin 1974. Kadmiumpitoisuudet alkoivat nousta selvästi 1980-luvun alkupuolella. Syynä olivat silloin käytetyt pohjoisafrikkalaiset kadmiumpitoiset fosforilannoitteet, joiden tilalla nykyään ovat puhtaat kotimaiset. Muiden raskasmetallien kuten lyijyn ja nikkelin pitoisuudet alenivat.

On mielenkiintoista havaita, että vaikka Viljavuuspalvelussa käytettiin aikaisempina vuosikymmeninä eri menetelmiä hivenaineiden määrityksessä kuin Maatalouden tutkimuskeskuksessa ja vaikka eri vuosina otetut näytteet eivät olleet samoilta paikoilta kuten HAPRO-aineistossa (Erviö ym. 1990), kehitys on ollut samansuuntaista. Samoin kuin HAPRO-tutkimuksessa myös Viljavuuspalvelun tilastojen mukaan peltojen boori-, kupari- ja rautapitoisuudet ovat nousseet ja mangaanipitoisuus on ollut laskemaan päin (Kähäri ym. 1987).

Suurin eroavuus oli sinkkipitoisuuksissa. HAPRO-aineistossa pitoisuus laski, mutta Viljavuuspalvelussa se nousi. Ero voi johtua siitä, että HAPRO-tutkimuksessa olivat mukana vain timoteipellot ja Viljavuuspalveluun lähetetään näytteet tilojen kaikista pelloista. Sinkin puutokset nimittäin havaittiin ensimmäiseksi juuri heinäpelloista. Viljavuuspalvelun tilastojen mukaan molybdeeni-, rikki- ja seleenipitoisuuksissa ei ole tapahtunut oleellisia muutoksia, mutta vertailtavana olikin vain kaksi viisivuotisjaksoa.

Muutokset multavuuksissa

Metsitettyjä peltoja tutkittaessa on todettu, että maan tiheyden ja orgaanisen aineen osuuden välillä on voimakas riippuvuus (Hytönen & Ekola 1993). Näin ollen myös metsitettävän pellon muokkauskerroksen orgaanisen aineksen määrällä eli multavuudella voi olla merkitystä esimerkiksi eri puulajien kasvatukseen. Peltopuolella korostetaan sitä, että orgaaninen aines eli humus ja sen hajoamistuotteet parantavat kivennäismaan rakennetta sekä lisäävät maan veden ja ravinteiden pidätyskykyä. Viljelymaan parhaana humuspitoisuutena pidetään 15 prosenttia.

Viljelysmaat jaetaan orgaanisen aineksen (org. aines = 1,73 x hiiliprosentti) pitoisuuden mukaan multavuusluokkiin (taulukko 5). Tätä luokitusta on käytetty vuodesta 1960 lähtien. Maalajeista puhuttaessa jo esitettiin, että turve- ja multamaiden yhteinen osuus Viljavuuspalveluun lähetetyistä näytteistä on vähentynyt 1960-luvun 27:stä 1980-luvun 18:aan prosenttiin (taulukko 5). Muutos johtuu osittain viljelyn aiheuttamasta humuksen häviämisestä (Urvas 1985), mutta osana voi olla myös metsitys. Peltojen metsityshän on tavallisesti aloitettu talouskeskuksesta kaukana sijaitsevilta, hankalien tieyhteyksien takana olevilta suopelloilta. Metsittämisestä voi johtua myös se, että vähämultaisten peltojen osuus on pienentynyt. Karkeat kivennäismaat ovat yleensä vähämultaisia ja poutivat helposti, minkä vuoksi niistä ollaan valmiita luopumaan ensimmäiseksi. Multavuusluokituksen ääripäissä tapahtuneiden muutosten takia multavien, runsasmultaisten ja erittäin runsasmultaisten kivennäismaiden osuus on kasvanut. Erittäin runsasmultaisia peltoja on suhteellisesti eniten Etelä-Pohjanmaalla, missä aikoinaan ohutturpeiset suot raivattiin pelloiksi, viljelytoimenpiteiden vuoksi muokkauskerros muuttui vähitellen multamaaksi ja tällä hetkellä erittäin runsasmultaisia kivennäismaapeltoja on siellä joka viides hehtaari. Koko maan pelloista neljäsosa oli runsasmultaisia 1980-luvulla ja multavia lähes puolet.

Pellon ja metsän vertailu

Kun tarkastellaan peltojen keskimääräisiä ravinnetasoja Viljavuuspalvelun metsämaa-analyysin tulkintakaavion mukaan, ovat peltojen liukoisen kalsiumin määrät lähes kolminkertaiset metsämaan viljavuusluokan hyvä vähimmäisvaatimukseen (520 mg/l) verrattuna. Happamaan ammoniumasetaattiin uuttuvan kaliumin määräksi hyvällä metsämaalla riittää 40 mg/l, kun sitä pelloissa on keskimäärin 149 mg/l. Uuttuvaa fosforiakin on keskimäärin kolme kertaa niin paljon kuin metsämaan viljavuusluokassa hyvä tulisi vähintään olla. Magnesiumin keskiarvo on jopa kuusinkertainen. Erikoisesti juuri peltojen korkeaan magnesiumpitoisuuteen vaikuttanee se, että Suomen pelloista on kolmasosa

hienojakoisia kivennäismaita – savia ja hiesuja, joissa tunnetusti on luontaisesti runsaasti magnesiumia. Muidenkin ravinteiden kohdalla voi maalajilla olla oma merkityksensä kuten pitkäaikaisella viljelylläkin. Esimerkiksi turpeiden tiheys kasvaa viljeltäessä, mikä vaikuttaa myös ravinnetasoon (Urvas 1985).

Taulukko 5. Muokkauskerroksen orgaanisen aineksen pitoisuuden mukaan laaditut multavuusluokat (orgaaninen aines = 1,73 x hiiliprosentti) ja Suomen peltojen multavuuden kehitys. Multavuusluokat vuosina 1961–70 (Kurki 1972) ja 1981–85 (Kähäri ym. 1987) prosentteina koko aineistosta.

Muokkauskerroksen org. aineksen pitoisuus, %	Multavuusluokka	Lyhenne	Multavuusluokan osuus, %	
			1961—70	1981—85
alle 3 %	vähämultainen	vm	6,9	3,3
3 – 5,9 %	multava	m	43,1	45,9
6 – 11,9 %	runsasmultainen	rm	20,3	24,8
12 – 19,9 %	erittäin runsasmultainen	erm	3,1	8,8
20 – 39,9 %	multamaa	Mm	15,4	11,8
yli 40 %	turpeet	t	11,2	5,8

Peltojen viljavuusluokkia ja metsämaiden ravinteisuusluokkia verrattaessa (Ekola 1991, Urvas 1991) tulokseksi saatiin, että karkean kivennäismaan viljavuusluokka 2 eli huonolainen vastaa metsässä ravinteisuusluokkaa hyvä. Savipellolla viljavuusluokassa 1 eli huono on jo riittävästi ravinteita puiden kasvulle. Turvemailla typen määrä ratkaisee valitaanko puulajiksi mänty vai kuusi. Peltoja metsitettäessä viljavuusanalyysiäkin tärkeämpää on ottaa huomioon maalaji ja sille luontaisesti sopiva puulaji. Vihjeeksi voi mainita, että vanhoissa metsissä käenkaali-mustikkatyypit kuusineen ja koivuineen viihtyivät hyvin savimailla, kun taas kanervatyypin mäntykangas oli karkeilla kivennäismailla tyypillisimmillään (Urvas & Erviö 1974).

Kirjallisuus

Ekola, E. 1991. Peltomaiden ominaisuudet ja metsänkasvatus. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391:60–65.

Erviö, R., Mäkelä-Kurtto, R. & Sippola, J. 1990. Chemical characteristics of Finnish agricultural soils in 1974 and 1987. In Acidification in Finland, ed. by P. Kauppi, K. Kenttämies and P. Anttila. Springer Verlag 214–230.

Hytönen, J. & Ekola, E. 1993. Maan ja puuston ravinnetila Keski-Pohjanmaan metsitetyillä pelloilla. Folia Forestalia. 822. 32 s.

Kaunisto, S. 1991. Maa-analyysin mahdollisuudet eräiden Alkkian metsitettyjen suopeltojen ravinnetilan arvioinnissa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391:66–70.

Kurki, M. 1972. Suomen peltojen viljavuudesta II. Helsinki. 182 s.

— Lakanen, E., Mäkitie, O., Sillanpää, M. & Vuorinen, J. 1965. Viljavuusanalyysien tulosten ilmoitustapa ja tulkinta. Ann. Agric. Fenn. 4:145–153.

Kähäri, J. 1990. Suomen peltojen viljavuuden kehittyminen vuosina 1986–89. Viljavuuspalvelu 1990. 12 s.

— Mäntylahti, V. & Rannikko, M. 1987. Suomen peltojen viljavuus 1981–1985. Helsinki. 105 s.

Lakanen, E. & Erviö, R. 1971. A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soils. Acta Agr. Fenn. 128:223–232.

Sillanpää, M. 1982. Micronutrients and the nutrient status of soils: global study. FAO soils bulletin 48. 444 s.

Sippola, J, & Tares, T. 1978. The soluble content of mineral elements in cultivated Finnish soils. Acta Agric. Scand.,Suppl. 20:11–25. Suomen tilastollinen vuosikirja 1994. 1994. Helsinki. 648 s.

Tamminen P. 1990. Metsämaiden alueellinen viljavuus. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 370:61–72.

Urvas, L. 1985. Viljelyn vaikutus turpeen ravinnepitoisuuteen. Suo 36(3):61–64.

— 1991. Pelto- ja metsämaiden ravinteisuuden vertailu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391:55–59.

— & Erviö, R. 1974. Metsätyypin määräytyminen maalajin ja maaperän kemiallisten ominaisuuksien perusteella. Maatal.tiet. Aikak. 46:307–319.

Viljavuustutkimuksen tulkinta peltoviljelyssä. 1992. Viljavuuspalvelu Oy. Helsinki. 64 s.

Vuorinen, J. & Mäkitie, O. 1955. The method of soil testing in use in Finland. Selostus: Viljavuustutkimuksen analyysimenetelmästä. Agrogeol. Julk. 63:1–14.

Metsitetyn peltomaan fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet sekä niiden vaikutus puuston kasvuedellytyksiin

Antti Wall & Juha Heiskanen

Tiivistelmä

Tutkimusaineisto koostui 38:sta entiselle peltomaalle perustetusta männyn taimikosta Keski-Pohjanmaalla. Maa- ja neulasnäytteet kerättiin ja puustotunnuksia mitattiin kaikkiaan 73 koealalta vuosina 1991–1992. Maanäytteet kerättiin erikseen kemiallisten ja fysikaalisten ominaisuuksien määrittämistä varten maan pinnasta 40 cm syvyyteen 10 cm kerroksittain. Metsitetyt peltomaat jaettiin viiteen maatyyppiin muokkauskerroksen (0–20 cm) ja pohjamaan (30–40) cm maalajin perusteella. Suurimmalla osalla taimikoista muokkauskerroksen maalaji oli eloperäinen. Pohjamaan kivennäismaa koostui pääosin hienoista lajitteista yleisimmän maalajin ollessa savinen hiesu. Maatyyppijako luonnehti maan ravinnemääriä ja vedenpidätyskykyä: kivennäismaassa oli eniten ravinteita typpeä lukuunottamatta ja turvemaassa vähiten. Turvemaankin ravinnemäärät olivat pääravinteiden osalta kaliumia lukuunottamatta huomattavan suuret. Maan kokonaisravinnemäärät lisääntyivät syvyyssuunnassa. Kivennäismaan vedenpidätyskyky oli pienin ja turvemaan suurin. Neulasten ravinnepitoisuuksien perusteella kaliumin, boorin ja sinkin puutos oli yleistä. Tulosten perusteella peltomaan ravinnetilan korjaaminen lannoituksella saattaa olla usein tarpeen metsitystä varten. Peltomaan korkea tiiviys ja vedenpidätyskyky voivat rajoittaa puiden hapensaatavuutta ja kasvua. Märillä peltomailla heikkoa ilmanvaihtoa on siten syytä parantaa kuivatuksella ja maanmuokkauksella.

Johdanto

Peltomaiden metsitykset ovat onnistuneet hyvin vaihtelevasti. Peltomaan puuntuotoskyky riippuu osaltaan maaperätekijöistä, jotka poikkeavat metsämaiden ominaisuuksista. Metsämaiden puuntuotoskykyä eli viljavuutta voidaan arvioida käyttämällä puustoon (Hägglund 1976, Gustavsen 1980), pintakasvillisuuteen tai muihin kasvupaikkatunnuksiin perustuvia tuotosluokkia (esim. Ilvessalo 1920, Cajander 1949, Viro 1947, Heikurainen 1973, Westman 1981, Lipas 1985). Peltomaiden luokitus metsänkasvatusta varten on ongelmallisempaa, sillä pintakasvillisuuden tai puuston ominaisuuksiin perustuvat menetelmät eivät sellaisenaan sovellu pelloilla käytettäviksi. Hytösen ja Ekolan (1993) mukaan peltojen kasvupaikkaluokittelu on pintakasvillisuuden perusteella on varsin vaikeaa. Turvepeltojen ravinteisuuden silmävarainen arviointi on Hynösen (1992) mukaan mahdollista pintakasvillisuuden, peltoa ympäröivien soiden ja kankaiden sekä suon historian ja käytön perusteella.

Maataloudessa peltojen viljavuusluokittelu perustuu uuttuvien ja helppoliukoisten ravinteiden määrään (Viljavuustutkimuksen... 1992). Metsäkasvupaikoilla maan viljavuuden ja maan joidenkin ravinteiden välillä on todettu yhteys (Viro 1951, Urvas & Erviö 1974, Starr & Westman 1978, Lipas 1985, Westman 1987, Tamminen 1991, 1993). Kangasmailla kokonaistyppi ja uuttuvat ravinteet selittävät viljavuutta likimain yhtä hyvin kuin pelkät metsätyypit (Tamminen 1993). Maan fysikaalisista ominaisuuk-

sista mm. raekoostumuksen ja vedenpidätyskyvyn on todettu vaikuttavan puuntuotoskykyyn (Urvas & Erviö 1974, Heiskanen 1988, Westman 1990, Tamminen 1993).

Metsitetyillä pelloilla taimivaiheen jälkeen ilmenevät puiden ravinneperäiset kasvuhäiriöt voivat heikentää ja vaurioittaa puustoa jopa niin, että metsitys epäonnistuu (Hynönen 1992, Hytönen & Ekola 1993). Ravinneperäiset kasvuhäiriöt ovat yleinen ongelma erityisesti suopelloille perustetuissa taimikoissa (Hynönen 1992, Hytönen & Ekola 1993), mutta kivennäismaan pelloillakin boorin puutosta ja kasvuhäiriöitä voi esiintyä runsaasti (Hytönen & Ekola 1993). Pääravinteiden puutosta ei ole yleensä esiintynyt lukuunottamatta eräillä suopelloilla esiintyvää kaliumin puutetta (Hytönen & Ekola 1993).

Maanviljelytoimet, kuten maanmuokkaus, lannoitus, kalkitus ja kivennäismaan lisäys suopelloille muuttavat peltomaan fysikaalisia ja kemiallisia ominaisuuksia metsämaista poikkeaviksi (Ekola 1991). Peltomaan pinnassa on yleensä selvästi erottuva muokkauskerros, jonka paksuus on noin 20 cm (Kurki 1982). Muokkauskerros eroaa koostumukseltaan pohjamaasta lähinnä orgaanisen aineen pitoisuuden perusteella (Wall 1995). Maanviljelys vaikuttaa erityisesti muokkauskerroksen ravinnetilaan, mm. kalkituksen aiheuttama pH:n nousu ja kalsiumin määrän lisääntyminen ovat selvästi havaittavissa (Urvas & Soini 1984, Urvas 1985). Lisäksi maan vesitalous ja sen vaihtelut vaikuttavat maan lämpö-, happi-, ja routaoloihin (Heiskanen 1988, 1989, Heiskanen ja Raitio 1991), jotka saattavat olla peltomaalla puuston kasvulle epäedulliset. Esimerkiksi puille tärkeä mykorritsanmuodostus voi heikentyä peltomaan anaerobisten olosuhteiden vuoksi (Halonen & Laiho 1991).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on kartoittaa peltomaiden fysikaalisia ja kemiallisia ominaisuuksia ja arvioida näiden ominaisuuksien vaikutusta puuston kasvuedellytyksille ja metsänkasvatukselle.

Aineisto ja menetelmät

Aineisto kerättiin Keski-Pohjanmaalla sijaitsevilta entisiltä peltomailta, jotka on metsitetty männylle (Hytönen 1991, Hytönen & Ekola 1993). Taimikot on istutettu vuosina 1973–1974 (varttuneet taimikot) tai 1981–1982 (nuoret taimikot). Tutkittuihin 38 taimikkoon perustettiin kaikkiaan 73 kappaletta 100 m^2 kokoista ympyräkoealaa. Puustoltaan yhtenäisiin taimikoihin perustettiin yksi koeala ja puustoltaan epäyhtenäisiin kaksi koealaa. Vuonna 1991 syys-lokakuussa koealoilta kerättiin määrätilavuiset maanäytteet ravinneanalyysejä ja vedenpidätyskykymittauksia varten. Helmikuussa 1992 mitattiin puustotunnuksia ja kerättiin neulasnäytteet. Puuston valtapituus ilmaistiin koealan kolmen pisimmän männyn keskipituutena.

Maanäytteistä määritettiin kokonaistyppi Kjedahlin menetelmällä. Muiden ravinteiden (P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Cu, Zn, Al, Na) ns. kokonaispitoisuudet määritettiin tuhkistamalla näyte ja liuottamalla tuhka suolahappoon. Boori määritettiin H_3PO_4-H_2SO_4-uutoksesta (Halonen & Tulkki 1983). Lisäksi näytteistä määritettiin happamaan (pH 4,65) ammoniumasetaattiin uuttuvat P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Cu, Zn ja Na sekä Al KCl-uutoksesta (Halonen & Tulkki 1983), joista jatkossa käytetään nimitystä uuttuvat ravinteet. Maanäytteiden ravinneanalyysitulokset ilmaistiin maan luonnollista tilavuutta kohden hehtaarikohtaisina arvoina (kg/ha) 10 cm paksuisessa maakerrokses-

sa. Maan ravinne- ja vesitalousnäytteiden kivennäismaan raekoostumus määritettiin pipettimenetelmällä (Elonen 1971, Heiskanen & Tamminen 1992). Neulasanalyysin suoritus oli pääpiirteissään kuten maa-analyysienkin.

Maanäytteiden vedenpidätyskyky mitattiin painelevymenetelmällä (Heiskanen & Tamminen 1992, Heiskanen 1993). Maanäytteet kyllästettiin vedellä, jonka jälkeen ne punnittiin ja näytteen tilavuus metallikuutiossa mitattiin viivaimella. Näytteen massa tässä vesipitoisuudessa vastasi vesipitoisuutta noin -0,1 kPa matriisipotentiaaliarvolla. Lisäksi mitattiin vesipitoisuudet painelevylaitteistolla vesipotentiaaliarvoilla -1, -5, -10 ja -100 kPa. Vesipotentiaaliarvon -1500 kPa vesipitoisuus mitattiin häiriintyneestä irtonäytteestä.

Tulokset

Metsitetyn peltomaan koostumus

Aineisto jaettiin koealoittain muokkauskerroksen ja pohjamaan perusteella maatyyppeihin (taulukko 1), joiden perusteena oli Aaltosen ym. (1949) esittämä ryhmitys: kivennäismaa (orgaaninen ainespitoisuus <15 %), multamaa (orgaaninen ainespitoisuus 15–40 %) ja turve (orgaaninen ainespitoisuus >40 %). Muokkauskerros oli yleisimmin eloperäinen (75 % koealoista), kun taas pohjamaa oli tavallisesti kivennäismaata (77 % koealoista). Suurin osa koealoista luokiteltiin kuuluvaksi kivennäismaapohjaiseen multamaahan, jonka muokkauskerroksen maalaji on useinmiten syntynyt maanmuokkauksen aiheuttamasta kivennäismaan ja turpeen sekoittumisesta. Kivennäismaapohjaisten maatyyppien osuus oli suurempi nuorissa taimikoissa kuin varttuneissa taimikoissa. Luokka turvepohjainen multamaa on kehittynyt paksuturpeisesta suosta, jonka muokkauskerros on muuttunut multamaaksi runsaan kivennäismaalisäyksen takia.

Taulukko 1. Metsitettyjen peltojen maatyypit.

Maatyyppi	Muokkauskerros (0–20) cm	Pohjamaa (30–40 cm)	Koealoja, kpl	
			Nuoret taimikot	Varttuneet taimikot
Kivennäismaa	kivennäismaa	kivennäismaa	8	10
Kivennäismaapohjainen multamaa	multamaa	kivennäismaa	13	9
Kivennäismaapohjainen turvemaa	turve	kivennäismaa	10	6
Turvepohjainen multamaa	multamaa	turve	-	1
Turvemaa	turve	turve	5	11
Yhteensä			36	37

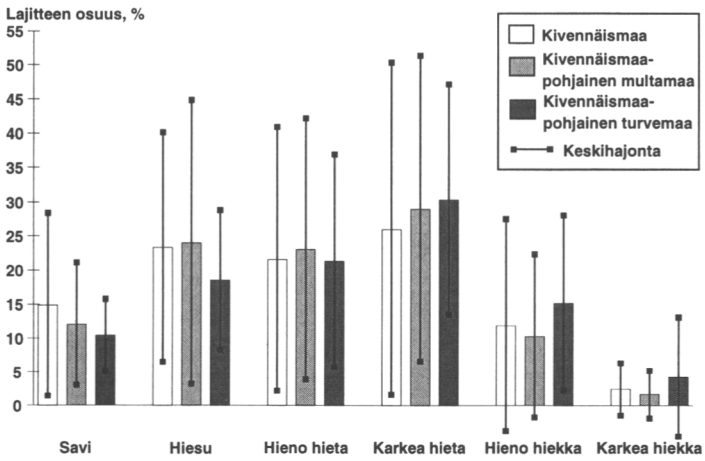
Maatyyppien kivennäismaapohjainen turvemaa ja turvemaa muokkauskerroksen turvelaji oli 80 %:lla koealoista rahkaturve, 10 %:lla saraturve, tupasvillarahkaturpeen sekä sararahkaturpeen osuus oli kummallakin 5 %. Turpeen maatumisaste oli von Postin asteikolla ilmaistuna H5–9. Kivennäismaat olivat melko hienoja (keskiraekoko 0,05 mm) ja savilajitteen osuus oli keskimäärin 16 % (taulukko 2). Maan raekoostumus oli samankaltainen muokkauskerroksessa ja pohjamaassa. Kivennäismaapohjaisten pelto-

maiden raekoostumus oli melko samankaltainen (kuva 1). Hiesu sekä karkea hieta olivat yleisimmät maalajit ja savi oli harvinainen.

Maan tiheys lisääntyi pinnasta syvemmälle mentäessä (kuva 2). Maan tiheyden syvyyssuntainen kasvaminen johtui kivennäisaineen määrän lisääntymisestä, sillä orgaanisen aineen määrä pieneni syvyyssuunnassa lukuunottamatta turvemaata, jossa orgaanisen aineen määrä hiukan lisääntyi. Turvemaan pelloista 63 %:lla oli käytetty kivennäismaata maanparannusaineena, mikä näkyi muokkauskerroksen kohonneena tiheytenä ja tuhkapitoisuutena (kuva 3).

Taulukko 2. Kivennäismaapeltojen keskimääräinen raekoostumus maakerroksittain aineistossa. Keskiarvon jälkeen suluissa keskihajonta.

Maakerros	Lajitteen osuus, massa-%					
	Savi	Hiesu	Hieno hieta	Karkea hieta	Hieno hiekka	Karkea hiekka
0–10 cm	16,5 (12,3)	29,3 (18,4)	14,4 (8,6)	25,4 (21,1)	12,4 (14,2)	2,0 (2,5)
10–20 cm	16,7 (11,3)	28,1 (18,0)	12,2 (9,6)	26,8 (22,9)	13,1 (14,6)	3,1 (4,8)
20–30 cm	16,9 (12,7)	27,5 (19,2)	13,1 (5,7)	27,6 (24,7)	12,1 (15,2)	2,7 (3,6)
30–40 cm	14,9 (13,5)	23,3 (16,8)	21,5 (19,4)	26,0 (24,4)	11,9 (15,6)	2,4 (3,9)



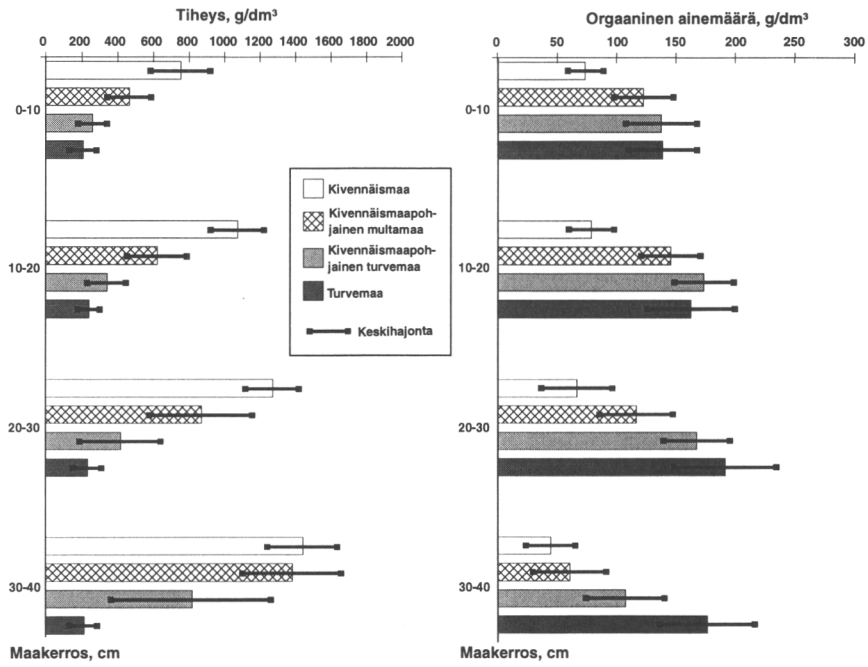
Kuva 1. Keski-pohjanmaan metsitettyjen kivennäismaapohjaisten peltojen keskimääräinen raekoostumus syvyydellä 30–40 cm. Pystyviivat pylväissä kuvaavat keskihajontaa.

Peltomaan vedenpidätyskyky

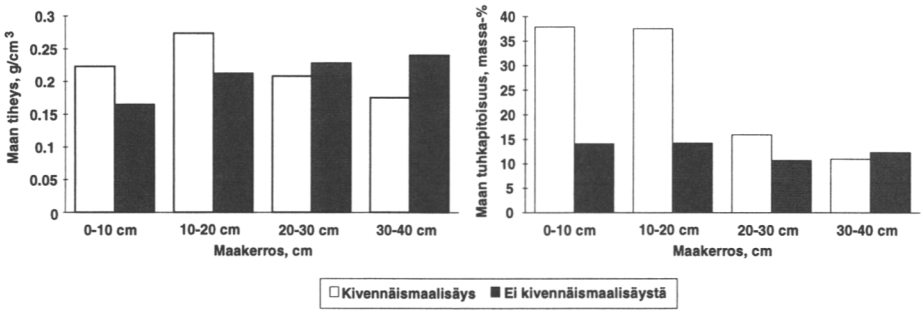
Maan vedenpidätyskyky ilmaistaan maan vesipitoisuutena suhteessa maan vettäpidättävään voimaan eli vesipotentiaaliin. Maan huokostilan likiarvona käytettyä vesipotentiaaliarvoa -0,1 kPa vastaava vesipitoisuus oli suurin turvemaan pohjakerroksessa (83 %) ja pienin (45 %) kivennäismaan pohjakerroksessa (kuva 4). Huokostila aleni syvemmälle mentäessä muissa maatypeissä paitsi turvemaassa, jossa huokostila lievästi kasvoi maakerroksen syvyyden lisääntyessä. Vesipotentiaalivälin -0,1...-10 kPa

vesipitoisuudella voidaan kuvata likimäärin maan ilmatilaa tilanteessa, kun vajovesi on poistunut maasta eli kenttäkapasiteetissa. Maan ilmatila kenttäkapasiteetissa oli keskimäärin kivennäismaan kerroksessa 0–10 cm 16 % ja kerroksessa 30–40 cm 8 % maan tilavuudesta. Vastaavasti turvemaan ilmatila kerroksessa 0–10 cm oli 16 % ja kerroksessa 30-40 cm 11 % maan tilavuudesta. Vesipotentiaalivälin -10...-1500 kPa vesimäärää pidetään kasveille käyttökelpoisena. Tämä vesimäärä vaihteli kivenäismaan 24 %:sta turvemaan 55 %:iin. Käyttökelpoisen veden määrä oli kivennäismaapohjaisissa maatyypeissä suurempi muokkauskerroksessa kuin pohjamaassa, mutta turvemaassa tilanne oli päinvastainen. Vesipotentiaaliarvoa -1500 kPa vastaavaa vesipitoisuutta käytetään kuvaamaan lakastumisrajan vesipitoisuutta. Lakastumisrajan vesipitoisuus oli kivennäismaassa keskimäärin 15 % ja turvemaassa 20 %.

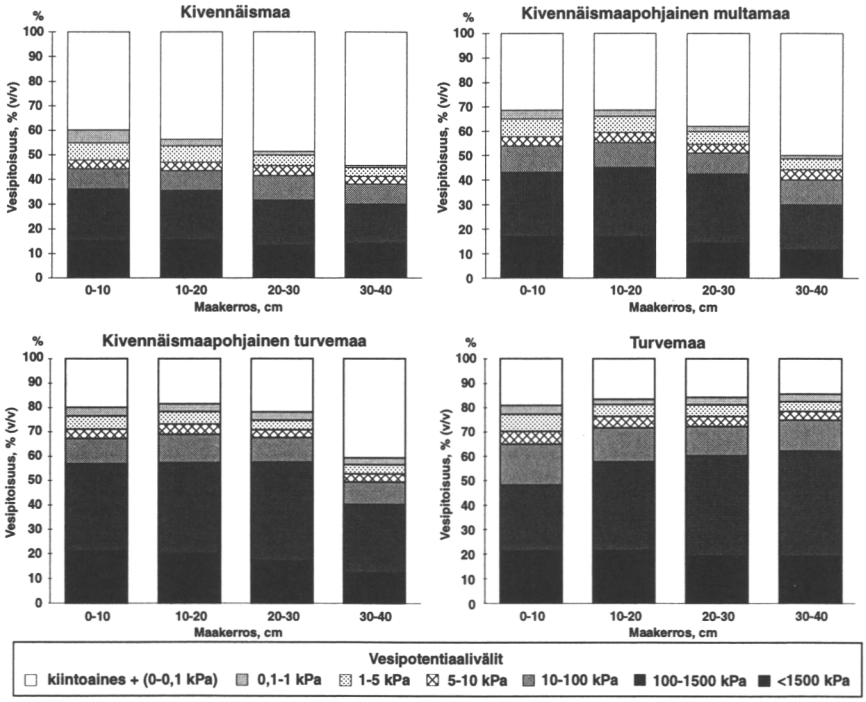
Maan vedenpidätyskyky korreloi voimakkaasti maan koostumuksen kanssa (kuva 5, taulukko 3). Vedenpidätyskyky kasvoi kivennäisaineen määrän pienetessä ja orgaanisen aineen määrän lisääntyessä. Maan suurinta mitattua vesipotentiaalia (-0,1 kPa) vastaavan vesipitoisuuden kanssa voimakkain korrelaatio oli kivennäisaineen määrällä. Vesipotentiaaliarvon aletessa kivennäisaineen määrän vaikutus vesipitoisuuteen heikkeni ja orgaanisen aineen määrän vaikutus voimistui. Vesipotentiaaliarvolla -1500 kPa vesipitoisuuden kanssa korreloi voimakkaimmin kivennäismaan savilajitteen osuus.



Kuva 2. Maan tiheyden ja orgaanisen aineen määrän syvyyssuuntainen vaihtelu eri maatyypeissä.



Kuva 3. Kivennäismaalisäyksen vaikutus turvemaan tiheyteen ja tuhkapitoisuuteen.

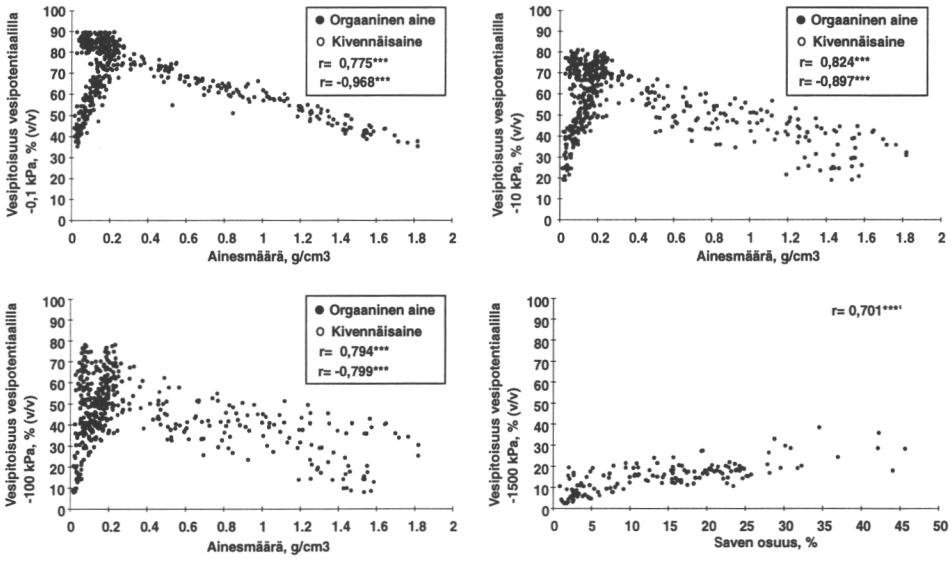


Kuva 4. Metsitetyn peltomaan keskimääräinen vedenpidätyskyky maatypeittäin ja kerroksittain.

Peltomaan ravinnemäärät

Peltomaan 40 cm paksuisen pintakerroksen sisältämät ravinnemäärät vaihtelivat maatyypeittäin (kuva 6 ja 7). Ravinteita oli typpeä lukuunottamatta eniten kivennäismaassa ja vähiten turvemaassa. Kokonaistyppeä oli eniten turvemaassa ja vähiten kivennäismaassa. Ravinnemäärät lisääntyivät maan pinnasta syvyyssuunnassa lukuunottamatta typpeä, jonka määrä väheni kivennäismaapohjaisissa maatyypeissä syvemmälle mentäessä. Eniten maassa oli kokonaisrautaa ja vähiten kokonaisbooria. Kivennäismaan 20 cm paksuisessa pintakerroksessa kokonaistyppeä oli keskimäärin 4500 kg/ha, koko-

naiskalsiumia 4000 kg/ha, kokonaiskaliumia 3500 kg/ha ja kokonaisfosforia 2100 kg/ha. Vastaava turvemaan typen määrä oli kaksinkertainen, kalsiumin ja fosforin puolet, mutta kaliumin kymmenesosa kivennäismaan vastaavien ravinteiden määrästä. Kokonaisbooria oli kivennäismaan 20 cm paksuisessa pintakerroksessa keskimäärin 6 kg/ha ja turvemaassa 1 kg/ha.



Kuva 5. Kivennäis- ja orgaanisen aineen määrän ja savilajitteen osuuden vaikutus maan vedenpidätyskykyyn.

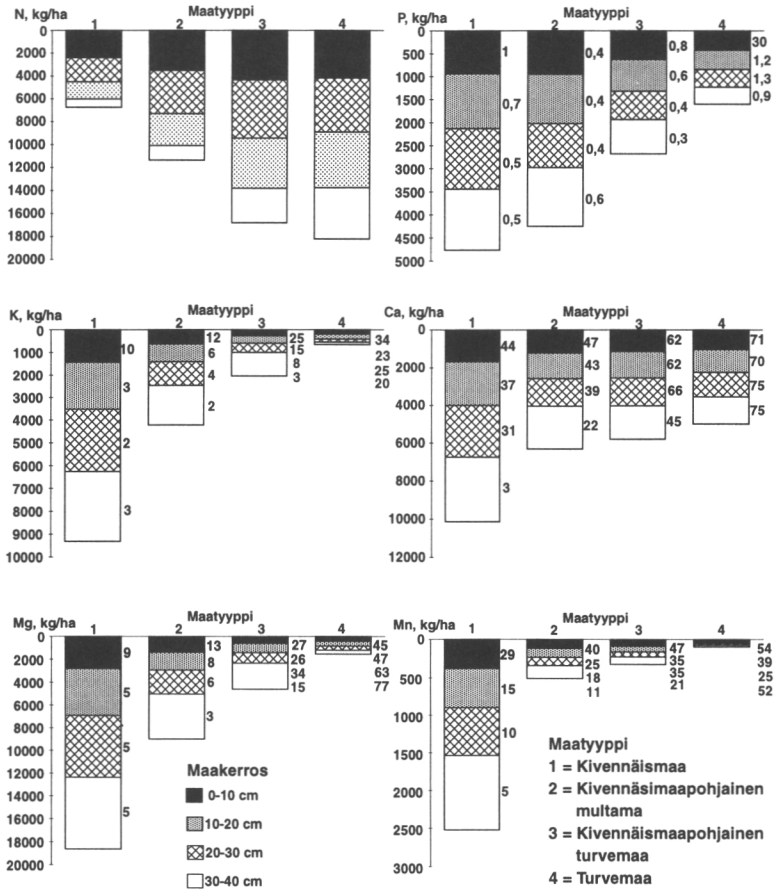
Taulukko 3. Maan orgaanisen aineen osuuden, tiheyden, orgaanisen- ja kivennäisaineen määrän sekä raekoostumuksen ja maan vesipitoisuuden väliset Spearmanin korrelaatiokertoimet eri vesipotentiaaliarvoilla.

	- 0,1kPa	-1 kPa	-5 kPa	-10 kPa	-100 kPa	-1500 kPa
Org. pit., %	,954***	,949***	,931***	,915***	,830***	,469***
Tiheys, g/cm^3	-,969***	-,951***	-,904***	-,878***	-,769***	-,420***
Org.määrä, g/cm^3	,776***	,780***	,824***	,824***	,794***	,513***
Kiv. määrä, g/cm^3	-,968***	-,956***	-,920***	-,897***	-,799***	-,429***
Savi, %	,173*	,141	,221**	,292***	,394***	,701***
Hiesu, %	,092	,139	,220**	,279***	,312***	,494***
Hieno hieta, %	,388***	,427***	,484***	,497***	,454***	,321***
Karkea hieta, %	-,099	-,065	-,153	-,233**	-,292***	-,522***
Hieno hiekka, %	-,230*	-,246**	-,334***	-,351***	-,379***	-,340***
Karkea hiekka, %	-,061	-,094	-,109	-,100	-,058	-,029

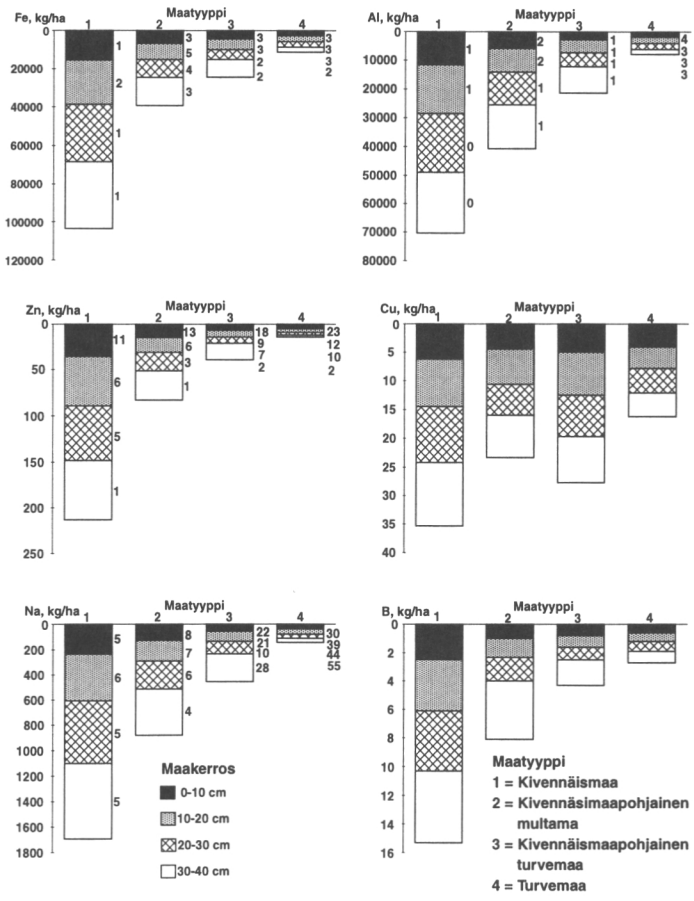
Maan keskimääräinen pH arvo oli suurin kivennäismaassa (5,3) ja pienin turvemaassa (4,5). Happamuus väheni maan pinnasta syvemmälle mentäessä (kuva 8). Happamaan ammoniumasetaattiin uuttuvien ravinteiden eli ns. kasveille käyttökelpoisten ravinteiden osuus kokonaisravinteista pieneni syvyyssuunnassa (kuva 6 ja 7). Turvemailla

uuttuvien ravinteiden osuus kokonaisravinteista oli suurempi kuin muilla maatyypeillä. Kuitenkin kivennäismaan 40 cm paksuisen pintakerroksen sisältämät uuttuvat ravinnemäärät olivat suuremmat kuin muiden maatyyppien. Muokkauskerroksessa (0–20 cm) uuttuvan kalsiumin määrä oli kivennäismaapohjaisessa multamaassa keskimäärin 1100 kg/ha ja muissa maatyypeissä 1500 kg/ha. Uuttuvan kaliumin määrä oli kivennäismaan 0-20 cm kerroksessa 140 kg/ha ja uuttuvan fosforin määrä oli 15 kg/ha. Vastaavat turvemaan luvut olivat 80 kg/ha ja 12 kg/ha.

Maan eri ravinteiden välillä oli yleisesti hyvin voimakkaat vastaavuussuhteet eli korrelaatiot. Poikkeuksena oli fosfori, jonka uuttuva määrä ei korreloinut kokonaisfosforinkaan määrän kanssa. Yleensä yhden ravinteen määrän lisääntyessä muidenkin määrä kasvoi. Sensijaan typen määrän lisääntyessä muiden ravinteiden määrä väheni.



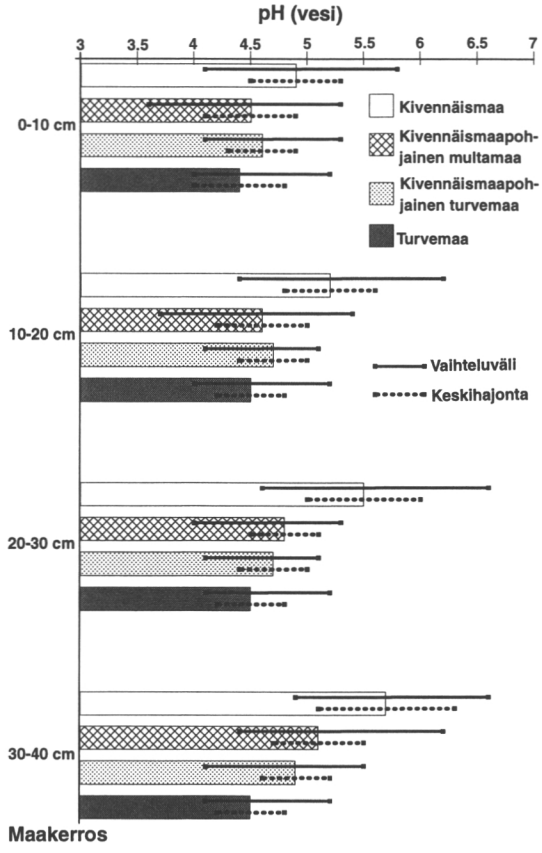
Kuva 6. Metsitetyn peltomaan kokonaisravinteiden määrät maatyypeittäin ja kerroksittain. Happamaan ammoniumasetaattiin uuttuvien ravinteiden osuus (%) kokonaisravinteista on merkitty pylväiden viereen.



Kuva 7. Metsitetyn peltomaan kokonaisravinteiden määrät maatyypeittäin ja kerroksittain. Happamaan ammoniumasetaattiin uuttuvien ravinteiden osuus (%) kokonaisravinteista on merkitty pylväiden viereen.

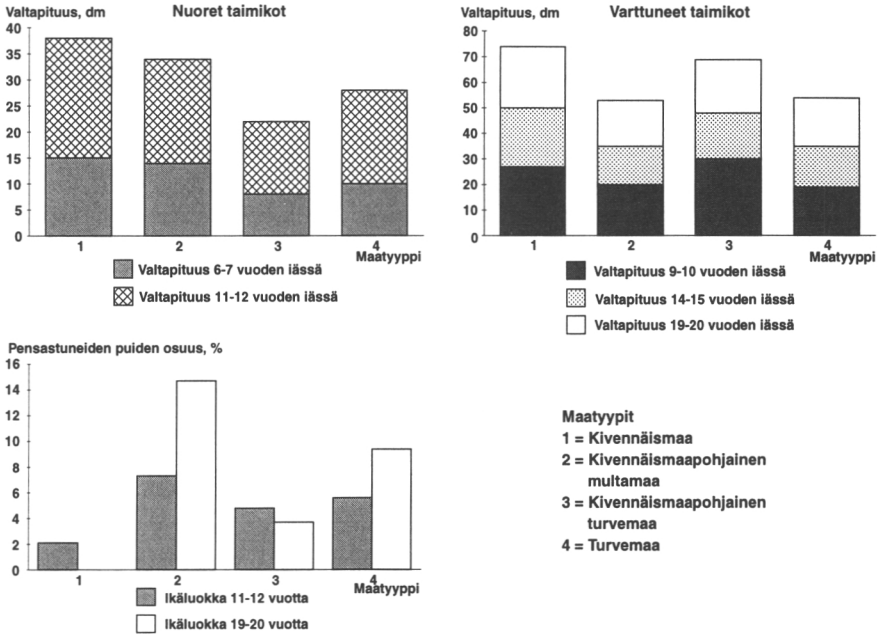
Maan fysikaalisten ja kemiallisten ominaisuuksien, neulasten ravinnepitoisuuksien ja puuston kasvun väliset suhteet

Männyn valtapituuden kehitys oli nopeampaa kivennäismaan peltomaassa kuin muiden maatyyppien (kuva 9). Kivennäismaalla 20 vuoden ikäisen taimikon keskimääräinen valtapituus oli 7,4 m ja turvemaalla 5,3 m. Eri maatyyppien väliset taimien pituuserot syntyivät taimikon varhaisessa kehitysvaiheessa ja pituuskasvun erot säilyivät taimikon myöhäisemmässä kehitysvaiheessa. Varttuneessa kivennäismaan taimikossa oli suhteellisen paljon ranganvaihdoksia (2 kpl/runko), mikä ei kuitenkaan merkittävästi hidastanut pituuskehitystä. Sen sijaan kasvuhäiriön aiheuttama mäntyjen pensastuminen näkyi kivennäismaapohjaisen multamaan ja turvemaan taimikoiden hitaampana pituuskehityksenä. Nuorissa taimikoissa ranganvaihdoksia ja pensastumista esiintyi vähiten kivennäismaan taimikoissa ja eniten kivennäismaapohjaisten turvemaiden taimikoissa.



Kuva 8. Maan pH maatyypeittäin ja kerroksittain.

Maan ravinnemäärien ja neulasten ravinnepitoisuuksien yhteys männyn pituuskasvuun oli melko heikko (taulukko 4). Maan ravinteista typen määrän lisääntyessä väheni pituuskasvu. Kokonaissinkin, kokonaisboorin, uuttuvan fosforin, uuttuvan mangaanin ja uuttuvan sinkin lisääntyessä pituuskasvu lisääntyi. Neulasten ravinteista fosforin, kaliumin ja sinkin pitoisuuden kasvaessa pituuskasvu lisääntyi, mutta magnesium ja mangaani pitoisuuden kasvaessa pituuskasvu pieneni. Maan ravinnemäärien ja neulasten ravinnepitoisuuksien väliset riippuvuudet olivat yleensä melko heikkoja (taulukko 5). Voimakkain riippuvuus oli maan ja neulasten kokonaiskaliumin välillä.



Kuva 9. Varttuneiden ja nuorten taimikoiden valtapituus ja kasvuhäiriöisten puiden osuus (%) maatyypeittäin.

Taulukko 4. Valtapuiden viiden viimeisen vuoden pituuskasvun ja maan kokonais- ja uuttuvien ravinteiden määrän sekä neulasten ravinnepitoisuuksien väliset Spearmanin korrelaatiokertoimet.

Maan kokonaisravinteiden määrä, kg/ha		Maan uuttuvien ravinteiden määrä, kg/ha		Neulasten ravinnepitoisuudet, mg/kg	
N	-,420***	-	-	N	,106
P	,115	P	,270*	P	,323**
K	,191	K	,118	K	,450***
Ca	,172	Ca	,007	Ca	,161
Mg	,130	Mg	,004	Mg	-,280*
Mn	,219	Mn	,255*	Mn	-,290*
Na	,100	Na	-,184	-	-
Al	,221	Al	,044	-	-
Fe	,110	Fe	-,141	Fe	-,050
Zn	,255*	Zn	,435***	Zn	,280*
Cu	,188	-	-	-	-
B	,410***	-	-	B	,147

Taulukko 5. Neulasten ravinnepitoisuuksien ja vastaavien maan kokonais- ja uuttuvien ravinteiden määrien väliset Spearmanin korrelaatiokertoimet.

	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Zn	B
Kokonaisravinteet	,040	,219	,699***	,260*	-,376**	-,260*	-,075	,209	,081
Uuttuvat ravinteet	-	,305**	,429***	-,007	,105	-,143	-,166	,335**	-

Tulosten tarkastelu

Tämän tutkimuksen aineistona olleet metsitetyt pellot edustavat Keski-Pohjanmaalla 1970- ja 1980- lukujen alussa männylle metsitettyjä peltoja. Myöhemmin metsitetyt ja tulevaisuudessa metsitettävät pellot voivat olla maan ominaisuuksiltaan erilaisia, sillä pellonmetsityksen edetessä siirrytään luultavasti huonoimmilta pelloilta paremmille. Nyt tutkitusta aineistosta puuttuvat hyvätuottoiset kivennäismaan pellot. Jatkotutkimuksia onkin syytä suunnata myös tällaisille alueille, vaikka turvepeltojen osuus peltoalasta on suuri Pohjanmaalla, Kainuussa ja Lapissa (Kähäri ym. 1987). Peltomaan kemiallisten ja fysikaalisten ominaisuuksien muuttumisesta maanviljelyn lopettamisen jälkeen ei ole aikasarjojen puuttumisen takia tietoja. Tämän takia peltomaan ravinnetilan ennustaminen puuston kiertoajalle on epävarmaa. Havainnot maan fysikaalisten ja kemiallisten ominaisuuksien merkityksestä puuston kasvuun ja ravinnetilaan perustuvat yhteen puulajiin ja puuston nuoriin ikäluokkiin. Puulaji ja puuston ikä vaikuttavat maan ravinteiden ja puuston kasvun välisiin suhteisiin (Tamm 1964). Edellä mainitut seikat rajoittavat tämän tutkimuksen tulosten yleistettävyyttä.

Peltomaan muokkauskerroksen ja pohjamaan koostumuksen perusteella erotettiin viisi maatyyppiä. Nämä maatyypit voidaan yksinkertaisesti ja melko luotettavasti määrittää myös käytännön pellonmetsitystyössä. Maatyypit erosivat toisistaan maan fysikaalisen koostumuksen, ravinnemäärien ja vedenpidätyskyvyn perusteella. Kivennäismaapellon muokkauskerroksen orgaanisen aineen pitoisuus ja huokostila on selvästi suurempi kuin kangasmailla. Ohutturpeisista soista tehtyjen peltojen muokkauskerrokseen on sekoittunut usein kivennäismaata niin runsaasti, että muokkauskerroksen maalaji on muuttunut multamaaksi. Tavallinen kivennäismaan lisääminen turvemaiden viljelyssä (Valmari 1983) on muuttanut paksuturpeisten suopeltojen koostumusta ja luonnetta kasvualustana (Kaunisto 1991). Kivennäismaalisäys kasvattaa turpeen tiheyttä ja tuhkapitoisuutta (Pessi 1961a, Kaunisto 1991), mikä on havaittiin tässäkin tutkimuksessa. Pessin (1960, 1961b) mukaan kivennäismaalisäyksen kohottava vaikutus tuntuu pitkään myös maan kaliumin määrissä.

Maaluokituksen avulla voidaan karkeasti arvioida maan pintakerroksen ravinnemääriä. Eniten ravinteita typpeä lukuunottamatta oli kivennäismaassa ja ravinnemäärät vähenivät orgaanisen aineen osuuden kasvaessa. Keski-Pohjanmaalla peltomaan typen, kaliumin, kalsiumin ja fosforin, magnesiumin, mangaanin, boorin kuparin ja sinkin määrät olivat huomattavasti suuremmat kuin ojitetuilla soilla (Kaunisto & Paavilainen 1988), mutta suunnilleen saman tasoiset kuin Pohjois-Savon turvepelloilla (Hynönen 1992). Maatyypin sisällä ravinnemäärien hajonta oli kuitenkin niin suuri, että maan ravinnemääriä ei yksin maatyypin perusteella voida luotettavasti määritellä. Ravinnemäärien hajontaan saattoivat vaikuttaa erot kivennäisaineen raekoostumuksessa, turpeen maatumisasteessa ja turvelajissa. Lisäksi maanviljelyn lopettamisajankohta ja käytetyt lannoite- ja kalkitusmäärät saattoivat vaihdella. Saadut tulokset korostavat kemiallisen maa-analyysin merkitystä peltomaan ravinnemäärien selvittämisessä silloin, kun on syytä epäillä maan ravinnetilaa ongelmalliseksi. Turvepellon ravinnetilan arviointi puustonkasvatusta varten on suositeltu tehtäväksi muokkauskerroksesta ja sen alapuolelta (Kaunisto 1991). Näin on syytä tehdä myös muun tyyppisillä pelloilla muokkauskerroksen ja pohjamaan ominaisuuksien eroavuuden takia. Koska yksittäisen

pellon ravinnemäärien sisäinen vaihtelu on suurta (Hytönen & Ekola 1993), pellon ravinnetilan arviointi on syytä tehdä useasta kohdasta.

Valtapuiden pituuskasvulla ilmaistu puuntuotoskyky ei täysin noudattanut maatyyppijaon mukaista ravinteisuussarjaa. Kivennäismaan männiköiden pituuskasvu oli muita nopeampaa, mutta muiden maatyyppien järjestys puuston pituuskasvun suhteen vaihteli eri ikäluokissa. Kasvuhäiriöt hidastivat varttuneiden taimikoiden pituuskehitystä erityisesti kivennäismaapohjaisilla multamailla. Männylle metsitettyjen peltojen kasvuhäiriöiden aiheuttajaksi on havaittu boorin puute erityisesti suopelloilla (Raitio 1979, Hynönen 1992, Hytönen & Ekola 1993).

Peltomaan kokonaistypen määrä korreloi negatiivisesti ja kokonaisboori, uuttuva mangaani, uuttuva fosfori, kokonais- ja uuttuva sinkki positiivisesti puuston pituuskasvun kanssa. Sitävastoin metsämaalla typen ja kalsiumin määrä korreloivat positiivisesti pituusboniteetin kanssa (Viro 1951, Lipas 1985, Tamminen 1991, 1993). Peltomaan kokonaistypen ja -kalsiumin määrät ovat niin suuria, että ne eivät ole puustonkasvun minimitekijöitä. Sitävastoin neulasten ravinnepitoisuuksien perusteella kaliumin, sinkin ja boorin puutos oli yleistä erityisesti eloperäisillä peltomailla.

Peltomaan vedenpidätyskyky oli suurin turvemaassa ja pienin kivennäismaassa. Metsämaan vedenpidätyskyky korreloi kivennäismaalla positiivisesti puuntuotoskyvyn kanssa (Viro 1962, Heiskanen 1988). Korkea vedenpidätyskyky voi alentaa maan puuntuotoskykyä liiallisen vesipitoisuuden seurauksena (Viro 1962). Metsäpuiden taimien hapensaatavuuden ja kasvun kannalta maan ilmatilan tulisi olla vähintään 20 % (Warkentin 1984), johon tutkittujen peltomaiden huokoskokojauma harvoin yltää. Turvemailla riittävä ilmanvaihto voi edellyttää jopa yli 40 % ilmatilaa (Heiskanen 1995). Koska arvioitu kenttäkapasiteetin ilmatila oli tutkituissa peltomaissa keskimäärin alle 20 %, on ilmeistä, että maan alhainen happipitoisuus voi rajoittaa metsän kasvua peltomailla. Maan todellisen happitilanteen määrittäminen edellyttäisi kuitenkin kasvukaudenaikaista maan vesipitoisuuden seurantaa. Märillä peltomailla tehokas kuivatus on tarpeen maan ilmanvaihdon lisäämiseksi.

Runsaiden pääravinnevarojen perusteella peltomaan puuntuotoskyky voi olla huomattavan suuri edellyttäen, että vesitalous on kunnossa ja ravinnetalous on tasapainoinen. Ojituksella ja maanmuokkauksella voidaan vaikuttaa maan vesi- ja happitalouteen. Maan ravinnetilaa voidaan korjata lannoituksella.

Kirjallisuus

Aaltonen,V.T., Aarnio, B., Hyyppä, E., Kaitera, P., Keso, L., Kivinen, E., Kokkonen, P., Kotilainen, M.J., Sauramo, M., Tuorila, P. & Vuorinen, J. 1949. Maaperäsanaston ja maalajien luokituksen tarkistus v. 1949. Maataloustieteellinen aikakauskirja 21:36-66.

Cajander, A. K. 1949. Forest types and their significance. Acta Forestalia Fennica 56(5). 71 s.

Ekola, E. 1991. Peltomaiden ominaisuudet ja metsänkasvatus. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391:60-65.

Elonen, P. 1971. Particle-size analysis of soil. Seloste: Maan raekoostumuksen määrittäminen. Suomen maataloustieteellisen seuran julkaisuja 122. 122 s.

Gustavsen, H.G. 1980. Talousmetsien kasvupaikkaluokittelu valtapituuden avulla. Folia Forestalia 454. 31 s.

Halonen, A. & Laiho, O. 1991. Metsitettyjen peltojen mykorritsat. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391:86-91.

Halonen, O., Tulkki, H. & Derome, J. 1983. Nutrient analysis methods. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 121. 28 s.

Heikurainen, L. 1973. Soiden metsänkasvatuskelpoisuuden laskentamenetelmä. Acta Forestalia Fennica 131. 35 s.

Heiskanen, J. 1988. Metsämaan vedenpidätyskyvystä ja sen suhteista eräisiin kasvupaikasta mitattuihin tunnuksiin. Lisensiaattityö. Helsingin yliopisto, Metsänhoitotieteen laitos. 92 s.

— 1989. Kangasmaiden vesitalous. Kirjallisuustarkastelu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 339. 53 s.

— 1993. Variation in water retention characteristics of peat growth media used in tree nurseries. Tiivistelmä: Taimitarhoilla käytettyjen kasvuturpeiden vedenpidätys-tunnusten vaihtelu. Silva Fennica 27: 77-97.

— 1995. Irrigation regime affects water and aeration conditions in peat growth medium and the growth of containerized Scots pine seedlings. New Forests 9:181-195

— & Raitio, H. 1991. Maan vesipotentiaali paljasjuuristen männyntaimien taimitarhakasvatuksessa. Silva Fennica 25: 23-36.

— & Tamminen, P. 1992. Maan fysikaalisten ominaisuuksien määrittäminen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 424. 32 s.

Hynönen, T. 1992. Maan ominaisuuksien vaikutus turvamaapeltojen metsittämiseen.Helsingin yliopisto, maatalous-metsätieteellinen tiedekunta. Tutkielma maatalous- ja metsätieteiden lisensiaatin tutkintoa varten. 181 s.

Hytönen, J. 1991. Pellonmetsityksen onnistuminen Keski-Pohjanmaalla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391:22-28.

— & Ekola, E. 1993. Maan ja puuston ravinnetila Keski-Pohjanmaan metsitetyillä pelloilla. Folia Forestalia 822. 32 s.

Hägglund, B. 1976. Skattning av höjdboniteten i unga tall- och granbestånd. Summary: Estamating site index in young stands of Scots pine and Norway spruce in Sweden. Institutionen för skogsproduktion, Skogshögskolan. Rapporter och uppsatser 39. 66 s.

Ilvessalo, Y. 1920. Tutkimuksia metsätyyppien taksatorisesta merkityksestä nojautuen etupäässä kotimaiseen kasvutaulujen laatimistyöhön. Acta Forestalia Fennica 15.

Kaunisto, S. 1991. Maa-analyysin käyttö kasvupaikan ravinnetilan arvioimiseksi eräillä Alkkian metsitetyillä suopelloilla. Folia Forestalia 778. 32 s.

— & Paavilainen, E. 1988. Nutrient stores in old drainage areas and growth of stands. Seloste: Turpeen ravinnevarat vanhoilla ojitusalueilla ja puuston kasvu. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 145. 39 s.

Kurki, M. 1982. Suomen peltojen viljavuudesta. III.Viljavuuspalvelu Oy:ssä vuosina 1955–1989 tehtyjen viljavuustutkimusten tuloksia. Pariset Oy. 181 s.

Kähäri, J., Mäntylahti, V. & Rannikko, M. 1987. Suomen peltojen viljavuus 1981-1985. Viljavuuspalvelu.105 s.

Lipas, E. 1985. Kasvupaikan puuntuotoskyvyn ja lannoitustarpeen arviointi maan ominaisuuksien avulla. Folia Forestalia 618. 15 s.

Pessi, Y. 1960. Kivennäisaineen merkityksestä mutasuon maanparannusaineena Leteensuon koeaseman pitkäaikaisten kenttäkokeiden perusteella. Acta Agraria Fennica 95(3). 27 s.

— 1961a. The ash content of the plough layer of peat lands cultivated by different methods. Selostus: Viljeltyjen turvemaiden muokkauskerroksen tuhkapitoisuudesta. Maataloustieteellinen Aikakauskirja 33(4):215-222.

— 1961b. Results from a soil improvement and fertilizing test on fen land at Leteensuo. Selostus: Mutasuon maanparannus- ja lannoituskokeen tuloksia Leteensuolta. Maataloustieteellinen Aikakauskirja 33:223-232

Raitio, H. 1979. Boorin puutteesta aiheutuva männyn kasvuhäiriö metsitetyllä suopellolla. Oireiden kuvaus ja tulkintaFolia Forestalia 412. 16 s.

Starr, M. & Westman, C.J. 1978. Easily extractable nutrients in the surface peat layer of virgin sedge-pine swamps. Seloste: Helppoliukoiset kasvinravinteet luonnontilaisten sararämeiden pintaturpeessa. Silva Fennica 12(2):65-78.

Tamm, C. O. 1964. Determination on nutrient requirements of forest stands. International Review of Forest Research 1:115-170.

Tamminen, P. 1991. Kangasmaan ravinnetunnusten ilmaiseminen ja viljavuuden alueellinen vaihtelu Etelä-Suomessa. Folia Forestalia 777. 40 s.

— 1993. Pituusboniteetin ennustaminen kasvupaikan ominaisuuksien avulla Etelä-Suomen kangasmetsissä. Folia Forestalia 819. 26 s.

Urvas, L. 1985. Viljelyn vaikutus turpeen ravinnepitoisuuteen. Suo 36(3):61-64.

— & Erviö, R. 1974. Metsätyypin määräytyminen maalajin ja maaperän kemiallisten ominaisuuksien perusteella. Journal of Scientific Agricultural Society of Finland 3:75-82.

— & Soini, S. 1984. The effect of intensive grass cultivation on the plant nutrient balance in peat soil. Proc. 7th Int. Peat Congress, Dublin (4):71-85.

Wall, A. 1995. Peltojen maaperäluokitus puustonkasvatusta varten. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 540:22-28.

Valmari, A. 1983. Suon viljely. Suomen suot ja niiden käyttö. Suoseura ry. IPS:n Suomen kansallinen komitea. Helsinki. s 42-48.

Warkentin, B.P. 1984. Ed. Dureya, M.L. & Landis, T.D. Physical properties of forest-nursery soils: Relation to seedling growth. Forest Nursery Manual: Production of bareroot seedlings.

Westman, C.J. 1981. Fertility of surface peat in relation to the site type and potential stand growth. Seloste: Pintaturpeen viljavuustunnukset suhteessa kasvapaikkatyyppiin ja ja puuston kasvupotentiaaliin. Acta Forestalia Fennica 172. 77 s.

— 1987. Site classification in estimation of fertilization effects on drained mires. Kasvupaikkojen luokitus lannoitusvaikutuksen arvioinnissa ojitetuilla rämeillä. Acta Forestalia Fennica 198. 55 s.

— 1990. Metsämaan fysikaaliset ja fysikaalis-kemialliset ominaisuudet CT-OMaT kasvupaikkasarjassa. Silva Fennica 24(1): 141–158.

Viljavuustutkimuksen tulkinta peltoviljelyssä. 1992. Viljavuuspalvelu Oy. 64 s.

Viro, P.J. 1947. Metsämaan raekoostumus ja viljavuus varsinkin maan kivisyyttä silmällä pitäen. Communicationes Instituti Foresralis Fenniae 35(2).

— 1951. Nutrient status and fertility of forest soil. I. Pine stands. Communicationes Institute Forestalis Fenniae 39(4). 54 s.

— 1962. Forests site evaluation in Lapland. Communicationes Institute Forestalis Fenniae 55 (9):1-13.

Turvepeltojen lannoitus ravinne-epätasapainon korjaamiseksi

Jyrki Hytönen & Pekka Pietiläinen

Tiivistelmä

Tutkimuksessa selvitettiin lannoituksen vaikutus turvepelloilla kasvavien mäntytaimikoiden ravinnetilaan. Kokeita perustettiin yhdeksän, joista osassa lannoitteina käytettiin kaupallisten lannoitteiden ohella puun-, turpeen-, ja kivihiilentuhkaa. Neulasnäytteistä määritettiin ravinnepitoisuuksien lisäksi osalla kokeista kokonaisvalkuaisainepitoisuus sekä liukoisen arginiinin pitoisuus. Maa-analyysien avulla tarkasteltiin maan ravinnemääriä. Kokeilla ei esiintynyt typen tai fosforin puutosta. Näiden ravinteiden pitoisuudet neulasissa ja ravinnemäärät maassa olivat usein varsin korkeita. Neulasten kalium- ja booripitoisuudet olivat osassa kokeista matalia. Lannoituskäsittelyt (myös tuhkat), jotka sisälsivät booria, lisäsivät neulasten booripitoisuuksia selvästi, usein yli 10 mg/kg. Samoin kaliumlannoitus, joko nopealiukoisena kalisuolana tai kalisuolan ja hidasliukoisen biotiitin yhdistelmänä, kohotti neulasten kaliumpitoisuuksia ja poisti kaliumin puutoksen. Lannoituksella, erityisesti kaliumia ja booria sisältävillä lannoitteilla ja tuhkilla, voidaan korjata turvepelloilla esiintyviä ravinne-epätasapainoja ja ravinteiden puutosta.

Johdanto

Eloperäisten maiden (turpeet, multamaat, liejut) osuus Suomen peltoalasta on vuosien mittaan vähentynyt humuksen hajoamisen johdosta. Suuri osa multamaista on syntynyt ohutturpeisista turvepelloista turvekerroksen sekoittuessa kivennäismaan kanssa tai kun turvepelloille on ajettu painomaata. Sekä multamaapeltoja että turvepeltoja on eniten Länsi-Suomessa Pohjanmaan rannikkoalueella (Kähäri ym. 1987). Kaikista Suomen turvepelloista 58 % sijaitsee Pohjanmaalla ja Lapissa.

Peltomaassa on pääravinteita usein runsaasti (Hynönen 1992, Hytönen & Ekola 1993). Maalajista tai viljelyhistoriasta aiheutuva peltojen välinen ravinteisuuden vaihtelu on kuitenkin huomattavan suuri. Mm. turvepelloilla yleisesti suoritettu kivennäismaan lisäys voi maalajista ja käyttömääristä riippuen vaikuttaa pitkäaikaisesti maan ravinnetalouteen, erityisesti kaliumin, mutta myös fosforin määrään (Anttinen 1957, Pessi 1961). Lähtölannoitus taimien istutuksen yhteydessä ei olekaan voimakkaassa viljelyssä olleilla suopelloilla tarpeen ja typpilannoitus on jopa pienentänyt taimien kasvua (Paavilainen 1970, 1977). Turvepelloilla typen kokonaismäärät ovat usein kaksinkertaiset, mutta useinpien muiden ravinteiden määrät puolestaan huomattavasti pienemmät kuin kivennäismaiden pelloilla (Hytönen & Ekola 1993, Wall 1995). Ravinteiden suhteet (erityisesti typen ja muiden ravinteiden suhteet) maassa ovat siten turvepelloilla huomattavasti kärjistyneemmät kuin kivennäismaiden pelloilla.

Kivennäismaiden pelloilla Keski-Pohjanmaalla ei neulasanalyysien mukaan esiintynyt pääravinteiden puutetta. Turvepelloilla sen sijaan saattaa esiintyä kaliumin puutetta (Hytönen & Ekola 1993). Vaikka turvepelloilla hivenravinnetilanne on usein heikompi kuin kivennäismaiden pelloilla on boorin puutetta esiintynyt myös kivennäis-

maiden pelloilla, eikä boorin määrä maassa riipukaan kovin paljon maalajista (Kurki 1975, Hytönen & Ekola 1993). Jo 1970-luvun puolivälissä, jolloin peltojen metsitysala oli vielä vähäinen, yli puolet kasvuhäiriöhavaintojen pinta-alasta oli metsitetyillä pelloilla (Veijalainen 1983). Myös uusimpien pellonmetsitysinventointien mukaan kasvuhäiriöt ovat pellonmetsitysalueilla yleinen ongelma (Hytönen 1991a, 1991b, Valtanen 1991, Hynönen 1992, Hytönen & Ekola 1993). Ne heikentävät taimien pituuskavua tai se voi jopa loppua kokonaan. Turvemailla esiintyviä kasvuhäiriötä on tutkittu melko laajasti ja sekä niiden makroskooppisia (Veijalainen 1975, Veijalainen ym. 1984, Kolari 1988) että mikroskooppisia (Raitio & Rantala 1977, Raitio 1979) tuntomerkkeja on kuvattu. Ravinneanalyysien mukaan nuorilla männyillä kasvuhäiriöriskiä ilmentävät usein neulasten korkeat typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuudet sekä matalat boori-, kupari-, ja sinkkipitoisuudet (Reinikainen & Veijalainen 1983).

Turvepelloille mäntytaimikoihin perustetuissa lannoituskokeissa tutkittiin mahdollisuuksia korjata epätasapainoista ravinnetilannetta lannoituksella. Lannoituksen, erityisesti boori- ja kaliumlannoituksen, vaikutuksia puuston ravinnetilaan tarkasteltiin neulasanalyysillä.

Aineisto ja menetelmät

Lannoituskokeita perustettiin metsitetyille turvepelloille, joissa epäiltiin joko neulasanalyysin tai silmänvaraisen tarkastelun perusteella ravinteiden epätasapainoa tai jonkun ravinteen puutosta. Koejärjestelynä kaikissa kokeissa käytettiin satunnaistettuja lohkoja.

Koejärjestelyt

Ylivieskan alue 1 oli maatalouskäytössä vuonna 1973, minkä jälkeen pelto muokattiin kaksisiipisellä maatalousauralla syksyllä 1974 ja viljeltiin männyllä keväällä 1975 (taulukko 1). Seuraavina vuosina esiintyneiden myyrätuhojen vuoksi aluetta täydennettiin v. 1979. Taimien ympärille levitettiin Suometsien PK-lannosta v. 1979 (yhteensä n. 30 kg/ha) ja vuonna 1982 (yhteensä n. 100 kg/ha). Alueelle perustetussa lannoituskokeessa vertailtiin raakafosfaattia (P_{rf}) ja superfosfaattia (P_{sf}) sekä fosforin, kaliumin (K) ja boorin (B) yhdistelmiä (taulukko 2). Ylivieskan alueella 3 oli viljelty viljaa vuonna 1975. Männyntaimet istutetiin kynnön ja äestyksen jälkeen keväällä 1976 (taulukko 1). Lannoituskokeen käsittelyt, jotka sisälsivät kaupallisten lannoitteiden ohella puuntuhkan on esitetty taulukossa 2.

Haapajärvelle perustettiin lannoituskoe v. 1980 viljeltyyn kaksimetriseen mäntytaimikkoon. Taimikosta ennen kokeen perustamista otettujen neulasnäytteiden (II/1989, 18 kpl) perusteella pidettiin mahdollisena kaliumpuutoksen tai ravinneperäisen kasvuhäiriön ilmaantumista tulevaisuudessa, sillä neulasten kalium- (vaihteluväli 2,7–5,1 mg/g, keskiarvo 4,1 mg/g), ja booripitoisuudet (vaihteluväli 3,0–13,3 mg/kg, keskiarvo 6,7 mg/kg) olivat matalat (Paarlahti ym. 1971, Jukka 1988). Neulasten typpi- ja fosforipitoisuudet (keskimäärin 18 mg/g ja vastaavasti 1,8 mg/g) olivat sensijaan varsin korkeat.

Taulukko 1. Yleistietoja lannoituskokeista.

Koe	Istutus-vuosi	Lannoitus kk/vuosi	Taimikon ikä[2]	Neulasnäytteet, kk/vuosi	Lannoituksen vaikutusaika[3]	Maanäytteet otettu kk/vuosi	Turvekerrospaksuus, cm	Koealojen koko, m^2
Ylivieska 1	1975	VI/1988	13	XI/92&III/94	5&6	X/94	83	250–500
Ylivieska 3	1976	V–VI/1988	12	XI/92&III/94	5&6	X/94	50	260–400
Haapajärvi	1980	V/1991	12	III/94	3	X/94	57	300–625
Kyyjärvi A	1986	III–IV/91[1]	6	III/93	2	X/94	-	900
Kyyjärvi B	1986	V/91	6	XII/92&III/94	2&3	XI/94	-	900
Vaala	1991	kevät/92	1	III/95	3	X/92	30	300
Vuolijoki	1991	kesä/92	1	II/95	3	X/92	69	450
Ranua 1	1979	VI/91	13	II/95	4	IX/95	>100	600
Ranua 2	1991	VI/91	0	II/95	4	IX/95	>100	810

1 = puun kuorituhkan levitys III/92, Fyto-2H ja Kunnostuslannos 2 V/91.
2 = ikä kasvukausina istutuksesta lannoitukseen
3 = lannoituksen ja neulasnäytteiden oton välisten kasvukausien lukumäärä

Kyyjärvelle n. 10 ha suuruiselle pellonmetsitysalueelle, jolla kasvoi 60–80 cm pitkä mäntytaimikko perustettiin kaksi lannoituskoetta vuonna 1991 (taulukko 1). Toisessa kokeessa vertailtiin puuntuhkaa, turpeentuhkaa ja kivihiilentuhkaa ja toisessa kokeessa tutkittiin fosforin, kaliumin ja boorin yhdistelmiä (taulukot 2 ja 3). Kaliumlannoitteena oli joko kalisuola tai kalisuolan ja biotiitin yhdistelmä niin, että ravinteiden määrät käsittelyissä olivat samat. Biotiitin kalium on erittäin vaikealiukoista. Alueelta ennen kokeen perustamista (III/1991) otettujen neulasnäytteiden (n = 6) perusteella alueella pidettiin kaliuminpuutteen tai ravinneperäisen kasvuhäiriön ilmaantumista mahdollisena sillä etenkin neulasten kaliumpitoisuudet olivat matalat (vaihteluväli 2,9–3,6 mg/g, keskiarvo 3,2 mg/g) eivätkä booripitoisuudetkaan olleet korkeita (vaihteluväli 6,6–13,1 mg/kg, keskiarvo 8,7 mg/kg). Typpi- ja fosforipitoisuudet (keskimäärin 15 mg/g ja vastaavasti 1,7 mg/g) olivat hyvät.

Vuolijoen kokeessa lannoitteena oli puuntuhka (taulukot 1, 2 ja 3) ja Vaalassa lisäksi Metsän kali-hivenlannos ja Metsän PK-lannos. Vuolijoen kokeessa oli lisäksi mukana heinäntorjunta, mutta koska sillä ei ollut vaikutusta neulasten ravinnepitoisuuksiin tarkastellaan tässä vain tuhkalannoituksen vaikutusta. Vaalan kokeesta tarkastellaan vain mäntyjä, vaikka kokeessa oli lisäksi muitakin puulajeja. Kokeiden tarkat perustamistiedot on esitetty aiemmin (Ferm ym. 1993).

Ranualle perustettiin samanlainen lannoituskoe 12-vuotta vanhaan mäntytaimikkoon ja samana keväänä istutettuun (1Mk+1A) mäntytaimikkoon (taulukot 1 ja 2). Ranualla kaikki vertailtavat lannoituskäsittelyt sisälsivät fosforia, booria ja kaliumia. Osassa lannoitteista kaliumia oli myös hidasliukoisessa muodossa.

Maa- ja neulasnäytteiden otto ja analysointi

Kaikilta kokeilta koostettiin koealakohtainen neulasnäyte vähintään viidestä puusta otetusta osanäytteestä. Näytteiden ottohetkellä lannoituksesta oli kulunut kahdesta kuuteen vuotta (taulukko 1). Neulasista analysoitiin niiden N-, P-, K-, Ca-, Mg-, Fe-, Mn-,

Zn-, Cu- ja B-pitoisuudet Metsäntutkimuslaitoksen standardimenetelmillä (Halonen ym. 1983) Kannuksen tutkimusaseman laboratoriossa. Vuoden 1994 maaliskuussa Ylivieskan kokeelta 1 ja 3, Kyyjärven kokeelta B ja Haapajärven kokeelta kerätyistä neulasnäytteistä määritettiin Muhoksen tutkimusaseman laboratoriossa ravinnepitoisuudet (Halonen ym. 1983) sekä kokonaisvalkuaisainepitoisuus (Bramhall ym. 1969) ja liukoisen arginiinin pitoisuus (Messineo 1966).

Taulukko 2. Lannoituskäsittelyt.

Koe	Toistot kpl	Lannoituskäsittelyt
1. Ylivieska 1	3	0, B, P_{rf}, P_{sf}, $P_{rf}B$, $P_{sf}B$, K, KB, $P_{rf}K$, $P_{sf}K$, $P_{rf}KB$, $P_{sf}KB$
2. Ylivieska 3	3	0, B, $P_{sf}K$, $P_{sf}KB$, Suo-PK, N+Suo-PK, Puuntuhka 5
3. Haapajärvi	3	0, Metsän-PK , Kunnostuslannos 2
4. Kyyjärvi A	3	0, PT4, PT9, KT0, KT4, KT20, TT10, TT20, Fyto-2H, Kunnostuslannos 2
5. Kyyjärvi B	4	0, P, K, B, PK, PB, KB, PKB, $K_{ks/b}$, $K_{ks/b}B$, $PK_{ks/b}$, $PK_{ks/b}B$, Kunnostuslannos 2
6. Vaala	4	0, Puuntuhka 5, Metsän kali-hivenlannos, Metsän-PK
7. Vuolijoki	4	0, Puuntuhka 5
8. Ranua 1	3	0, PKB, $PK_{ks/b}B$, Kunnostuslannos 2, Metsän kali-hivenlannos
9. Ranua 2	2	0, PKB, $PK_{ks/b}B$, Kunnostuslannos 2, Metsän kali-hivenlannos

Kunnostuslannos 2: P 4 mg/g, K 7,5 mg/g, Mg 8 mg/g, Ca 13 mg/g, Zn 0,08 mg/g, Cu 0,08 mg/g, B 0,2 mg/g, S 5 mg/g.

Metsän kali-hivenlannos: K 30 %, Ca 1,5 %, Mg 7,0 %, B 0,4 %, Zn 0,4 %.

Biotiitti: P 0,4 %, K 6 %, Mg 11 %, Ca 10 %. Fyto 2H: N 0,3 %, P 0,4 %, K 4,8 %, Ca 20,4 %, Mg 6,7 %, B 0,05 % (ks. Veijalainen 1993).

Tuhkien ravinnepitoisuudet taulukossa 3.

1. P_{rf} = raakafosfaatti 304 kg/ha, P_{sf} = kaksoissuperfosfaatti 225 kg/ha, K = kalisuola 100 kg/ha, B = lannoiteboraatti 10 kg/ha.
2. B = lannoiteboraatti 7,1 kg/ha, P_{sf} = kaksoissuperfosfaatti 225 kg/ha, K = kalisuola 167 kg/ha, N = urea 216 kg/ha, Suo-PK = Suometsien PK-lannos 500 kg/ha, Puuntuhkaa 5 t/ha.
3. Metsän PK-lannos = 500 kg/ha, Kunnostuslannos 2 = 1125 kg/ha.
4. PT4 = puuntuhkaa 4,3 t/ha, PT9 = puuntuhkaa 8,6 t/ha, KT0 = kivihiilentuhkaa 0,4 t/ha, KT4 = kivihiilentuhkaa 4 t/ha, KT20 = kivihiilentuhkaa 20 t/ha, TT10 = turpeentuhkaa 10 t/ha, TT20 = turpeentuhkaa 20 t/ha, Fyto-2H = 600 kg/ha, Kunnostuslannos 2 = 1125 kg/ha.
5. P = apatiitti 280 kg/ha, K = kalisuola 160 kg/ha, B = lannoiteboraatti 14,3 kg/ha, $K_{ks/b}$ = kalisuola 80 kg/ha + biotiitti 667 kg/ha. Käsittelyissä $PK_{ks/b}$ ja $PK_{ks/b}B$ apatiittia 264 kg/ha, koska biotiitti sisältää hieman fosforia.
6. Puuntuhka 5 = puuntuhkaa 5 t/ha, Metsän kali-hivenlannos 333 kg/ha, Metsän-PK 625 kg/ha.
7. Puuntuhka 5 = puuntuhkaa 5 t/ha.
8. ja 9. P = apatiitti 280 kg/ha , B = lannoiteboraatti 14,3 kg/ha, K = kalisuola 160 kg/ha, $K_{ks/b}$ = kalisuola 80 kg/ha + biotiitti 667 kg/ha, Kunnostuslannos 2 = 1125 kg/ha, Metsän kali-hivenlannos = 267 kg/ha. Käsittelyssä $PK_{ks/b}B$ apatiittia 264 kg/ha, koska biotiitti sisältää hieman fosforia.

Maanäytteet otettiin tilavuustarkkoina lannoittamatomilta koealoilta koostaen ne kolmesta osanäytteestä 0–10 cm pintakerroksesta ja muokkauskerroksen alapuolelta 30–40 cm kerroksesta. Kyyjärven kokeelta A, jossa oli käytetty lannoitteina erilaisia tuhkia otettiin pintaturvekerroksesta (0–10 cm) kaikilta koealoilta maanäytteet. Näytteistä

määritettiin (taulukko 4) Metsäntutkimuslaitoksen Kannuksen tutkimusasemalla pH (vesi, 1:2,5), orgaanisen aineen osuus, tiheys, ja typen (Kjeldahl), fosforin, kaliumin, kalsiumin, magnesiumin, mangaanin, raudan ja sinkin kokonaismäärät (tuhkan HCl-uutos, ja fosforin, kaliumin, kalsiumin ja magnesiumin uuttuvat määrät (hapan ammoniumasetaattiuutto) sekä boorin kokonaismäärä (H_3PO_4-H_2SO_4-uutto). Maan pintakerroksen orgaanisessa aineessa typpeä oli eniten Ranuan kokeilla (3,5 %) ja Ylivieskan kokeella 1 (3,1 %). Ylivieskan kokeella 3 (2,3 %) ja Kyyjärven kokeilla (A 2,5 % , B 1,9 %) orgaanisen aineen typpipitoisuus oli matalampi.

Taulukko 3. Tuhkien ravinnepitoisuudet.

Koe	Tuhka	P mg/g	K mg/g	Ca mg/g	Mg mg/g	Mn mg/g	Fe mg/g	Zn mg/g	Cu mg/g	B mg/g
Ylivieska 2	Puu	25,9	143	140	141	8,0	5,7	0,05	0,06	0,2
Kyyjärvi A	Puu	9,3	27,6	140	91	5,5	17,4	2,0	0,1	0,2
	Turve	12,7	3,7	67	9	1,3	47	0,1	0,1	0,02
	Kivih.	1,2	3,2	15	5	0,3	29,5	0,3	0,04	0,2
Vaala ja Vuolijoki	Puu	9,6	24,7	202	15	0,01	17,5	2,3	0,1	0,3

Ylivieska 2: Puun kuorituhkaa Sievin lämpölaitokselta.
Kyyjärvi A, Vaala ja Vuolijoki: Puun kuorituhkaa Wisaforest Oy:n voimalaitokselta Pietarsaaresta.
Kyyjärvi A: Turpeentuhka Saarijärven Kaukolämpö Oy:ltä, kivihiilentuhka Outokumpu Kokkola Zinc Oy:ltä Kokkolasta.

Taulukko 4. Orgaanisen aineen määrä, tiheys ja maan ravinnemäärät lannoituskokeilla lannoittamattomilla koealoilla 0–10 cm:n pintakerroksessa.

Koe	Kerros	pH vesi	Org. aine %	Tiheys g/dm	Ravinnemäärät, kg/ha N tot.	P tot.	P AAs	K tot.	K AAs	Ca tot.	Ca Aas	Mg tot.	Mg AAs	B tot.	Fe tot.	Zn tot.	Cu tot.
Ylivieska 1	0–10	5,5	74,9	171	4172	491	2,1	126	67	6728	1300	423	240	0,7	3665	6	
	0–40	5,7	84,6	181	4720	298	0,8	99	16	7416	1578	423	330	0,8	3473	2	
Ylivieska 3	0–10	4,8	49,8	241	3761	534	3,6	222	55	2068	486	598	85	0,6	3306	10	
	30–40	4,9	34,6	738	2726	488	1,4	613	14	2557	317	1487	47	1,7	5744	10	
Haapajärvi	0–10	4,7	45,9	290	3349	347	2,5	160	41	777	492	159	65	0,8	2686	3	
	30–40	4,8	18,3	877	2378	382	1,2	425	6	1171	476	531	42	2,3	2853	2	
Kyyjärvi A	0–10	4,4	89,9	186	4188	280	16,5	103	68	3391	857	175	137	0,6	2366	3	3
	30–40	4,5	70,7	348	3573	242	1,3	220	5	2012	380	437	50	1,0	767	3	2
Kyyjärvi B	0–10	4,7	57,8	222	2650	260	8,5	170	71	3680	680	277	133	0,7	1156	4	3
	30–40	4,6	50,3	829	1968	212	0,9	687	5	1863	218	799	35	1,2	2644	5	2
Vaala	0–10	4,6	62,1	434	6640	550	14,4	191	119	783	454	174	221	0,6	3574	1	
	30–40	4,8	2,9	1235	741	722	2,3	679	24	762	41	690	8	2,7	3341	3	
Vuolijoki	0–10	4,5	53,5	292	5129	983	5,0	136	35	1032	582	181	113	1,0	58397	58	
	30–40	4,5	53,7	268	3740	241	1,5	185	9	655	345	481	73	0,9	5056	10	
Ranua 1	0–10	4,7	88,1	267	8521	811	7,8	89	53	997	709	136	62	0,6	4498	3	
	30–40	5,0	92,4	241	6915	496	3,4	52	19	1198	873	146	107	0,7	3598	1	
Ranua 2	0–10	4,6	91,1	315	10035	960	15,0	112	76	1311	974	131	95	0,4	3747	10	
	30–40	5,0	94,4	391	11748	845	7,0	82	7	1430	1097	216	187	0,4	3598	2	

Kaksisuuntaisella varianssianalyysillä tutkittiin lannoituskäsittelyiden vaikutusta neulasten ravinnepitoisuuksiin. Ylivieskan koe 1 ja Kyyjärven koe B olivat faktoriaalisia kokeita, joissa käytettiin nelisuuntaista varianssianalyysiä. Fosforilannitelajien (Yli-

vieska 1) ja kaliumlannoitteiden (Kyyjärvi B) vaikutusta tutkittiin erikseen samoin kuin kunnostuslannoksen vaikutusta Kyyjärven kokeessa B. Varianssianalyysin jälkeen eri käsittelyjen keskiarvojen eroja lannoittamattomaan kontrolliin nähden verrattiin Dunnettin testillä tai t-testillä.

Tulokset

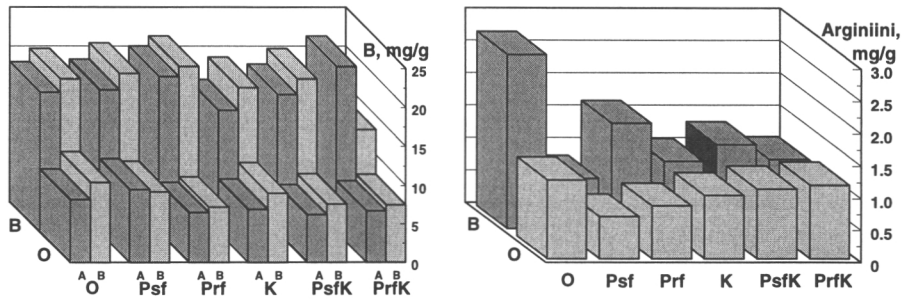
Lannoituskäsittelyjen vaikutuksia tarkastellaan neulasanalyysitulosten perusteella. Neulasten ravinnepitoisuudet lannoittamattomilla koealoilla on koottu taulukkoon 5 koekohtaisina keskiarvoina. Boorilannoitus nosti kaikilla kokeilla neulasten booripitoisuutta ja useimmilla kokeilla kaliumlannoitus neulasten kaliumpitoisuutta.

Taulukko 5. Neulasten keskimääräiset ravinnepitoisuudet lannoittamattomilla koealoilla. Ravinteet, joiden pitoisuuksiin lannoituksella oli tilastollisesti merkitsevä vaikutus on tummennettu.

Koe	Ravinne									
	N	P	K	Ca	Mg	B	Fe	Mn	Zn	Cu
			mg/g					mg/kg		
1. Ylivieska 1 -92	15,6	2,0	4,8	1,5	1,1	**10,4**	27,0	169	39,7	3,6
1. Ylivieska 1 -94	15,3	1,9	4,9	1,3	1,0	**8,2**	-	-	-	-
2. Ylivieska 3 -92	19,4	1,9	**4,9**	1,5	0,8	**6,3**	-	245	33,7	3,2
2. Ylivieska 3 -94	16,2	1,9	**4,7**	1,5	0,8	**5,8**	-	-	-	-
3. Haapajärvi	17,9	1,8	**3,8**	2,0	**1,0**	**9,2**	4,9	463	31,8	4,6
4. Kyyjärvi A	13,3	1,8	4,4	1,9	1,1	**6,6**	31,8	218	42,7	3,6
5. Kyyjärvi B -92	15,8	1,9	**5,0**	1,8	**1,0**	**5,9**	-	191	36,4	4,4
5. Kyyjärvi B -94	13,0	1,7	**4,7**	2,0	1,0	**4,6**	-	-	-	-
6. Vaala	14,6	1,6	**3,7**	1,4	1,1	**8,9**	**26,1**	217	26,3	-
7. Vuolijoki	15,6	1,6	**3,2**	1,7	0,9	**13,3**	15,2	324	26,9	4,1
8. Ranua 1	15,1	1,6	4,9	1,8	1,0	**16,7**	18,5	512	35,5	3,6
9. Ranua 2	13,8	1,9	**3,4**	1,3	1,2	**9,7**	17,8	247	41,3	3,2

Ylivieska 1

Neulasten fosfori- ja kaliumpitoisuudet olivat sopivalla tasolla ilman lannoitustakin (Paarlahti ym. 1971,) eikä lannoitus enää kohottanut niitä (taulukko 5). Myöskään hidasliukoisen (apatiitti) ja nopealiukoisen fosforilannoitteen (kaksoissuperfosfaatti) välillä ei ollut eroa. Eräät lannoituskäsittelyt (K, KB, $P_{sf}B$, $P_{sf}K$, $P_{sf}KB$) laskivat neulasten typpipitoisuutta, vaikkakaan erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Boorilannoitus lisäsi tilastollisesti erittäin merkittävästi neulasten booripitoisuusta viisi ja kuusi vuotta lannoituksen jälkeen 10,3 ja 11,2 mg/kg ($p<0,0001$, kuva 1). Alueella ei kuitenkaan esiintynyt akuuttia boorin puutosta (taulukko 5, Veijalainen ym. 1984, Hytönen & Ekola 1993). Pelkän boorin lisäys kohotti neulasten arginiinipitoisuutta, mutta K- , KB-, P_{sf}-, P_{sf}B-lannoitukset laskivat neulasten arginiinipitoisuutta (kuva 1). Lannoituskäsittelyt eivät aiheuttaneet muutoksia neulasten valkuaisainepitoisuuksissa.



Kuva 1. Lannoituksen vaikutus neulasten boori- ja arginiinipitoisuuksiin Ylivieskan kokeella 1. Prf = raakafosfaatti, Psf = kaksoissuperfosfaatti, K = kalisuola. B = boorilannoitus, 0 = ei boorilannoitusta. Neulasnäytteet A) kuusi ja B) viisi vuotta lannoituksesta.

Ylivieska 3

Kokeelta 5 ja 6 vuotta lannoituksesta otettujen neulasnäytteiden tulokset olivat hyvin samanlaiset. Suurin ero oli neulasten typpipitoisuuksissa (taulukko 5). Kaliumia sisältävät lannoituskäsittelyt kohottivat neulasten kaliumpitoisuuksia hieman, mutta ainoastaan tuhkalannoitus lisäsi neulasten kaliumpitoisuutta lannoittamattomaan vertailukäsittelyyn verrattuna tilastollisesti merkitsevästi (kuva 2). Lannoittamattomillakaan koealoilla ei ollut akuuttia kaliumin puutosta. Kaikki booria sisältävät lannoituskäsittelyt kohottivat neulasten booripitoisuuksia keskimäärin 11 mg/g. Lannoittamattomilla vertailukoealoilla mäntyjen neulasten booripitoisuudet olivat kumpanakin vuonna puutosrajalla (Veijalainen ym. 1984). Neulasten arginiinipitoisuus laski voimakkaimmin B ja $P_{sf}KB$ lannoiteyhdistelmillä (kuva 2). Lannoitukset eivät vaikuttaneet neulasten valkuaisainepitoisuuksiin.

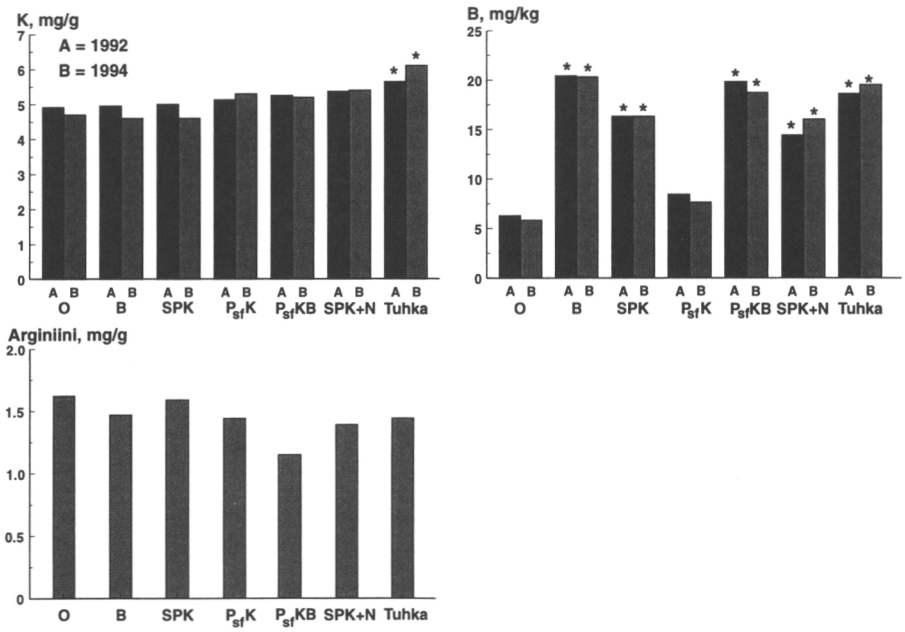
Haapajärvi

Lannoittamattomien koealojen neulasten kaliumpitoisuudet olivat matalia (3,6 mg/g) ja lannoitus Suometsien-PK:lla tai Kunnostuslannos 2:lla nosti (p= 0,0381) ne sopivalle (4,8 mg/g) tasolle (Paarlahti ym. 1971). Lannoitus kohotti myös neulasten booripitoisuuksia (p=0,0152) keskimäärin 11 mg/kg. Vertailukoealoilla oli boorinpuutos, lukuunottamatta yhtä koealaa, jossa mäntyjen booripitoisuudet olivat varsin korkeat. Lannoitus laski hieman neulasten magnesiumpitoisuuksia (p=0,006).

Kyyjärvi A

Neulasnäytteet otettiin kaksi kasvukautta lannoituksen jälkeen lannoitusvaikutuksen nopeuden selvittämiseksi. Puuntuhkalannoituksesta oli kulunut vasta yksi kasvukausi. Jo tuolloin tuhkalannoitukset ja Fyto-2H sekä Kunnostuslannos 2 olivat lisänneet neulasten booripitoisuutta tilastollisesti erittäin merkitsevästi (p=0,0001, kuva 3). Lannoittamattomilla koealoilla neulasten booripitoisuudet olivat välttävällä tasolla. Neu-

lasten kaliumpitoisuus oli vertailukoealoilla 4,4 mg/g, suuren puuhtuhka-annoksen saaneilla koealoilla 5,6 mg/g ja Kunnostuslannos 2:lla lannoitetuilla koealoilla 5,4 mg/g. Nämä erot eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä. Puuntuhkalannoitus oli lisännyt tilastollisesti merkitsevästi kasvualustan kaliumin, kalsiumin, magnesiumin, mangaanin, boorin ja sinkin määrää. Lisäksi suurin kivihiilentuhkamäärä oli lisännyt maan boorin määrää tilastollisesti merkitsevästi. Muilla lannoitteilla ei ollut tilastollisesti merkitseävää vaikutusta maan ravinteiden määriin. Osaksi suurimman puuntuhkalannoituksen vaikutus johtui maan korkeasta tiheydestä yhdellä ko. käsittelyn saaneella koealalla.

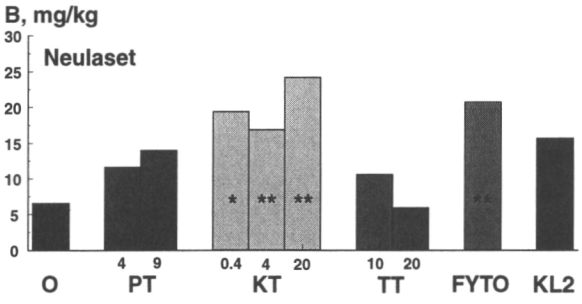


Kuva 2. Lannoituksen vaikutus neulasten typpi-, kalium-, boori- ja arginiinipitoisuuksiin. Lannoituskäsittelyt taulukossa 2 ja 3. SPK = Suometsien PK-lannos, Psf = superfosfaatti. Tähti pylvään päällä osoittaa tilastollisesti merkitsevän eron lannoittamattomaan vertailukäsittelyyn nähden.

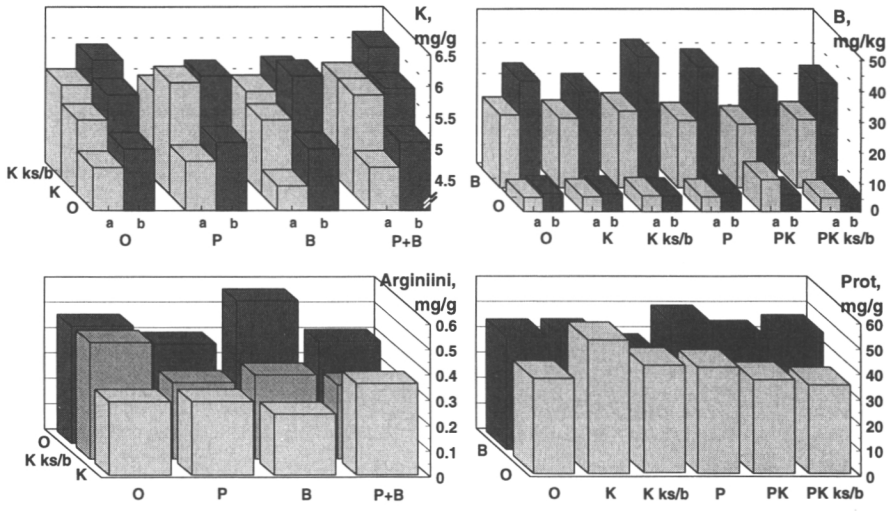
Kyyjärvi B

Nelasten typpipitoisuutta, vaikkakaan ei tilastollisesti merkitsevästi, laskivat K-, KB-, ja $K_{ks/b}B$-lannoitukset. Kaliumlannoitus kohotti neulasten kaliumpitoisuutta jo kahden-kolmen vuoden kuluttua lannoituksesta (kuva 4), p_{2v}=0,0002, p_{3v}=0,0000). Sekä pelkkä kalisuola että kalisuolan ja hidasliukoista kaliumia sisältävän biotiitiin yhdistelmä vaikuttivat neulasten kaliumpitoisuuksiin samalla tavalla. Lannoittamattomillakaan koealoilla ei esiintynyt akuuttia kaliumin puutosta. Kolmannen vuoden toista alemmat ravinnepitoisuudet saattoivat johtua vuosienvälisistä tai näytteiden ottoajankohtien aiheuttamista eroista. Kaliumlannoitus alensi hieman neulasten magnesiumpitoisuutta

kaksi (p=0,0174), mutta ei enää kolme vuotta lannoituksesta. Kaikki lannoituskäsittelyt, jotka sisälsivät booria kohottivat neulasten booripitoisuuksia molempina vuosina (p=0,0000). Lisäys oli toisena vuonna keskimäärin 29 mg/kg ja kolmantena 16 mg/kg boorilannoittamattomiin koealoihin verrattuna. Neulasten booripitoisuudet olivat matalia mikäli lannoituskäsittely ei sisältänyt booria. Myös Kunnostuslannos 2 nosti neulasten kalium- ja booripitoisuutta. Kaliumlannoitus (K) nosti voimakkaimmin neulasten valkuaisainepitoisuutta (kuva 4). K- ja KB-lannoitukset laskivat neulasten arginiinipitoisuutta (kuva 4).



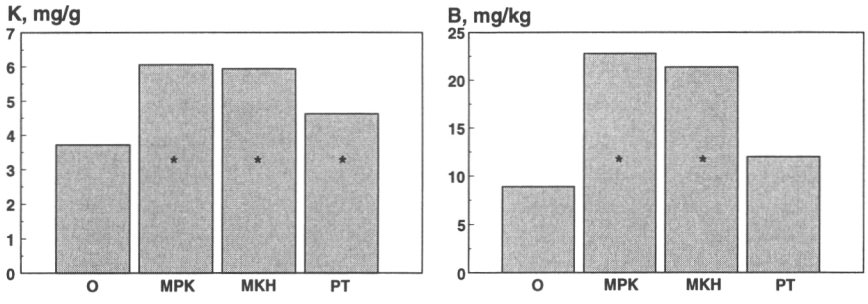
Kuva 3. Lannoituksen vaikutus neulasten booripitoisuuksiin kaksi vuotta lannoituksesta. PT = puun tuhka, KT = kivihiilen tuhka, TT = turpeen tuhka, Fyto = Fyto-2H, KL2 = Kunnostuslannos 2. Tähdet pylväiden sisällä osoittavat tilastollisesti merkitsevän eron lannoittamattomaan vertailukäsittelyyn nähden.



Kuva 4. Lannoituksen vaikutus neulasten kalium-, boori-, valkuaisaine- ja arginiinipitoisuuksiin. Lannoituskäsittelyt taulukossa 2. a = kolme kasvukautta lannoituksesta, b = kaksi kasvukautta lannoituksesta.

Vaala

Kaikki lannoituskäsittelyt kohottivat neulasten kaliumpitoisuuksia (p=0,000) lannoittamattoman koejäsenen 3,7 mg/g:sta lannoitettujen 4,6–6,1 mg/g:aan (kuva 5). Metsän PK-lannos ja Metsän kali-hivenlannos kohottivat myös neulasten booripitoisuuksia noin 13 mg/kg (p=0,0018). Vaikka puuntuhkakin oli hieman kohottanut neulasten booripitoisuuksia vaikutus ei ollut tilastollisesti merkitsevä (kuva 5). Metsän kali-hivenlannos oli lisäksi kohottanut neulasten rautapitoisuutta (p=0,038).



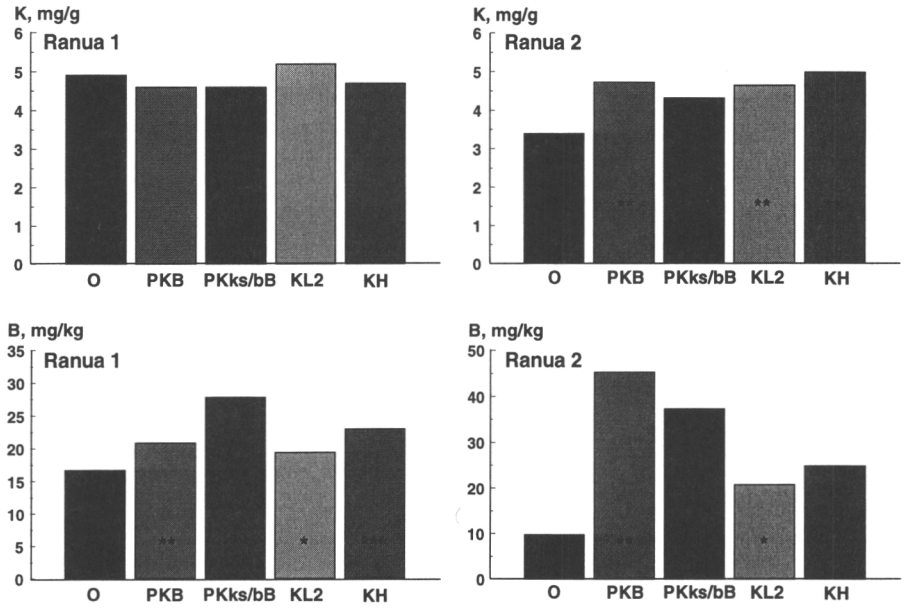
Kuva 5. Lannoituksen vaikutus neulasten kalium- ja booripitoisuuksiin. Lannoituskäsittelyt taulukossa 2 ja 3. MPK = Metsän PK-lannos, MKH = Metsän kali-hivenlannos, PT = Puuntuhka. Tähti pylvään sisällä osoittaa tilastollisesti merkitsevän eron lannoittamattomaan vertailukäsittelyyn nähden.

Vuolijoki

Tuhkalannoitus kohotti neulasten kaliumpitoisuuksia lannoittamattomien koealojen 3,2 mg/g:sta 3,9 mg/g:aan (p=0,04). Kaikilla koealoilla taimilla oli lievä tai ankara kaliumin puutos lannoituksesta huolimatta. Tuhkalannoitus lisäsi myös neulasten booripitoisuutta lannoittamattomien koealojen 12,6 mg/kg:sta 19,9 mg/kg:oon (p=0,000). Lannoittamattomillakaan koealoilla ei esiintynyt boorin puutosta.

Ranua 1 ja 2

Vaikka neulasten booripitoisuus oli ilman lannoitustakin hyvä, erityisesti nuoressa taimikossa, kohottivat kaikki lannoituskäsittelyt booripitoisuutta tilastollisesti merkitsevästi (kuva 6, Ranua 1: p=0,0004, Ranua 2: p=0,0000). Nuoressa taimikossa lannoitus lisäsi neulasten booripitoisuutta keskimäärin 6 mg/kg ja varttuneessa 22 mg/kg. Varttuneemmassa taimikossa lannoituskäsittelyt kohottivat myös neulasten kaliumpitoisuutta tilastollisesti merkitsevästi (p = 0,0014). Lannoittamattomissa männyissä oli ankara kaliumin puutos (Paarlahti ym. 1971), joka lannoituksella oli poistunut. Vasta istutetussa taimikossa lannoitus ei vaikuttanut neulasten kaliumpitoisuuksiin.



Kuva 6. Lannoituksen vaikutus neulasten kalium- ja booripitoisuuksiin Ranuan kokeilla. Lannoituskäsittelyt taulukossa 2. KL2 = Kunnostuslannos 2, KH = Kali-hivenlannos. Tähdet pylväiden sisällä ilmaisevat tilastollisesti merkitsevät eron lannoittamattomaan vertailukäsittelyyn nähden.

Tarkastelu

Kokonaistypen ja -fosforin määrä kaikkien tutkimuksen peltojen peltojen pintakerroksessa oli korkeampi kuin ojitetuilla soilla (Kaunisto & Paavilainen 1988, Laiho & Laine 1994). Maan typpipitoisuus oli erityisen korkea Ranuan kokeilla (3,5 % orgaanisesta aineesta) ja typpeä oli maan pintakerroksessa yli 10 t/ha. Neulasanalyysin mukaan typestä ei yhdelläkään kokeella ollut puutosta, vaan yleensä neulasten typpipitosuudet olivat osin varsin korkeita. Turvepelloilla (Kontunen-Soppela ym. 1991), rehevillä soilla (Pietiläinen 1994) ja typpilaskeuma-alueilla (Ferm ym. 1990) männyn neulasten typpipitoisuus kohoaa. Neulasiin kertyvä ylimääräinen typpi sitoutuu pääosin arginiiniin (Ferm ym. 1990, Pietiläinen & Lähdesmäki 1986). Neulasten typpipitoisuuden ylittäessä 18 mg/g neulasten valkuaisainekoostumuksessa tapahtuu muutoksia, jotka laskevat kylmänkestävyyttä (Pietilä ym. 1991). Tässä tutkimuksessa neulasten typpipitoisuus oli vain yhdessä kokeessa näin korkea. Neulasten arginiinipitoisuutta laskivat samat lannoiteyhdistelmät, jotka laskivat neulasten typpipitoisuuksia. Fosforin kokonaismäärä ja uuttuvan fosforin määrä oli useimmilla kokeilla matalampi kuin keskimäärin Keski-Pohjanmaan turvepelloilla (Hytönen & Ekola 1993). Yhdelläkään kokeella ei kuitenkaan tavattu fosforin puutosta, eikä fosforilannoitus lisännyt neulasten fosforipitoisuutta.

Kokonaiskaliumia pintakerroksessa oli selvästi vähemmän kuin Keski-Pohjanmaan metsitetyillä pelloilla keskimäärin, vaikkakaan erot uuttuvan kaliumin määrässä eivät olleetkaan suuret (Hytönen & Ekola 1993). Vertailukoealoilla esiintyi selvää kaliumin

puutosta neulasanalyysin mukaan noin puolella kokeista. Keski-Pohjanmaalla ja Pohjois-Savossa suopeltojen männyntaimikoissa esiintyi ankaraa kaliumin puutosta (<3,5 mg/g) n. 20 % metsiköistä ja yli puolella taimikoista neulasten kaliumpitoisuus oli alle 4,5 g/kg (Hynönen 1992, Hytönen & Ekola 1993). Maan kaliumin määrät kaliumin-puutoksen vaivaamilla koealueilla eivät olleet muihin kokeisiin verrattuna poikkeuksellisen pieniä, mutta ne olivat kaikilla kokeilla matalia. Vähiten oli kaliumia Ranuan kokeilla, joissa kaliumin puutos oli voimakas. Kaliumlannoitus lisäsi neulasten kaliumpitoisuutta useimmissa kokeissa. Lannoitusvaikutuksen puuttuminen Ylivieskan kokeelta 1, saattoi johtua taimikon aiemmasta PK-lannoituksesta ja Kyyjärven tuhkakokeella lannoituksen ja neulasnäytteiden keruun lyhyestä väliajasta (puuntuhkalla 1 vuosi). Vuolijoen kokeessa puuntuhka nosti kolmessa vuodessa neulasten kaliumpitoisuuksia, vaikkakin ne vieläkin olivat hyvin alhaiset ja Ylivieskan kokeella 1 puuntuhka oli ainoa lannoite, joka kohotti neulasten kaliumpitoisuutta viiden-kuuden vuoden kuluttua lannoituksesta. Alkuvaiheessa sekä helppoliukoinen kalisuola että kalisuolan ja hidasliukoista kaliumia sisältävän biotiitin yhdistelmä on nostanut neulasten kalimpitoisuutta yhtä paljon. Saattaa olla, että jatkossa hidasliukoinen kaliumlannoite vaikuttaa pidempään kuin pelkkä kalisuola (Kaunisto ym. 1993).

Boorin puutosta esiintyi yli puolessa tämän tutkimuksen kokeista. Kaikilla kokeilla booria sisältävät lannoituskäsittelyt nostivat neulasten booripitoisuuksia melko paljon (eri kokeilla 6–29 mg/kg). Puuntuhkan lisäksi myös kivihiilentuhka osoittautui hyväksi boorinlähteeksi, kuten on jo aiemmin todettu kasvihuonekokeessa (Veijalainen ym. 1993). Neulasten booripitoisuuden alittaessa raja-arvon 6–7 mg/kg lisääntyy kasvuhäiriöisten puiden osuus jyrkästi (Reinikainen & Veijalainen 1983, Hytönen & Ekola 1993). Ravinneperäiset kasvuhäiriöt ovat pellonmetsitysalueilla yleinen ongelma (Veijalainen 1983, Hytönen 1991a, 1991b, Valtanen 1991, Ferm ym. 1992, Hynönen 1992, Hytönen & Ekola 1993). Kasvuhäiriöisiä puita esiintyi pelloilla laikuittain.

Kasvien boorin ottoon vaikuttavat mm. maan pH, sekä kalsiumin ja magnesiumin määrä. Booria peltomaan pintakerroksessa oli tässä tutkimuksessa varsin niukasti (keskimäärin alle 1 kg/ha). Myös muiden tutkimusten mukaan booria peltomaassa on yleensä melko vähän (Kaunisto 1991, Hynönen 1992, Hytönen & Ekola 1993). Tässä tutkimuksessa peltojen pH ja Vuolijokea ja Vaalaa lukuunottamatta myös kokonaiskalsiumin määrä määrä oli korkeampi kuin Keski-Pohjanmaan metsitettyjen peltojen keskimäärin (Hytönen & Ekola 1993). Peltojen viljelyn aikainen kalkitus on voinut aiheuttaa ravinnetaloudellisia ongelmia. Kalkituksen aiheuttama pH:n kohoaminen voi vaikuttaa puiden ottoa heikentävästi (Lehto & Mälkönen 1994). Turve- ja kivennäismaiden lannoituskokeissa kalkitus on alentanut neulasten booripitoisuuksia (Kaunisto 1982, 1987, Lipas 1990, Lehto & Mälkönen 1994) ja turvemailla on männyn neulasten ravinnepitoisuustarkasteluissa todettu boorin ja kalsiumin vuorovaikutus (Raitio & Rantala 1977, Raitio 1979, Reinikainen & Silfverberg 1983). Kalkitus voi myös vaikuttaa kasvien kalsiumin, magnesiumin ja boorin suhteisiin (Raitio 1979, Lipas 1990, Teasdale & Richards 1990, Hytönen & Ekola 1993). Kokeilla esiintyneet neulasten korkeat typpipitoisuudet sekä korkea typen ja boorin suhde voivat lisätä kasvuhäiriön riskiä (ks. Reinikainen & Veijalainen 1983, Veijalainen ym. 1984, Kolari 1988, Hytönen & Ekola 1994).

Pellonmetsitysalueilla sinkkiä on huomattavasti vähemmän kuin vanhoilla ojitusalueilla (Kaunisto & Paavilainen 1988, Kaunisto 1991, Hynönen 1992, Ekola & Hy-

tönen 1993). Tämä näkyi myös neulasten sinkkipitoisuuksissa. Ainoastaan yhdessä kokeessa neulasten sinkkipitoisuus oli yli 40 mg/kg.

Tässä tutkimuksessa ei tarkasteltu lannoituksen vaikutusta puuston kasvuun. Paavilainen (1970, 1977) on todennut aiemmin, että lannoitus istutuksen yhteydessä ei ole parantanut taimien kasvua suopelloilla ensimmäisen 10 vuoden aikana ja että typpilannoitus on jopa alentanut taimien pituus- ja paksuuskasvua. Paavilaisen kokeissa lannoitteet eivät kuitenkaan sisältäneet booria tai muita hivenravinteita ja taimia vaivasikin 10 vuoden ikäisinä kasvuhäiriöt, jotka saattoivat heikentää taimien pituuskasvua. Turvepellolla tuhkalannoitus etenkin suurilla puuntuhkamäärillä on lisännyt neulasten kalium- ja booripitoisuuksia sekä vähentänyt tai jopa poistanut puiden kasvuhäiriöt ja lisännyt puiden kasvua (Ferm ym. 1992).

Tutkituilla turvemaiden pellonmetsitysalueilla ei esiintynyt typen tai fosforin puutosta. Sen sijaan osassa kokeista männyillä oli selvä kaliumin ja boorin puutos, joka lannoituksella pystyttiin poistamaan. Tuhkalannoitus ja lannoitteet, jotka sisälsivät nopealiukoista kaliumia nostivat neulasten kaliumpitoisuuksia yhtä hyvin. Lannoitteet, jotka sisälsivät booria kaksin-, jopa viisinkertaistivat neulasten booripitoisuuden verrattuna lannoittamattomiin puihin. Tämän tutkimusten tulosten ja pellonmetsitysten inventointien yhteydessä tehtyjen ravinnetarkastelujen perusteella näyttää siltä, että turvepeltojen lannoituksessa on käytettävä ainakin kaliumia, booria sekä mahdollisesti muitakin hivenravinteita sisältäviä lannoitteita. Lannoitus on nostanut neulasten ravinnepitoisuuksia yhtä hyvin sekä 1- että 12-vuotiaissa mäntytaimikoissa. Paksuturpeisilla pelloilla lannoituspäätöstä tehtäessä olisi kiinnitettävä huomioita painomaan käyttöön, sillä se voi lisätä kaliumin määrää pellon pintakerroksessa huomattavsti (Anttinen 1957, Pessi 1961). Mikäli lannoitusvaikutus osoittautuu pitkäaikaiseksi, voisi jo taimikon istutuksen tai taimikon hoidon yhteydessä annettu boori tai kali-boorilannoitus olla useilla turvemaiden pelloilla oikea toimepide. Sen sijaan fosforilannoituksen tarve lienee varsin harvinaista, eikä typpeä ole syytä käyttää.

Kirjallisuus

Anttinen, O. 1957. Saraturvesuon saveus- ja lannoituskokeen tuloksia. Valtion maatalouskoetoiminnan julkaisuja 163. 20 s.

Bramhall, S., Noack, N., Wu, M. & Lowenberg, A. 1969. A simple calometric method for determination of protein. Anal. Biochem. 31: 146–148.

Ferm, A., Hokkanen, T., Moilanen, M & Issakainen, J. 1992. Effects of wood bark ash on the growth and nutrition of a Scots pine afforestation in central Finland. Plant and Soil 147:305–316.

— , Hytönen, J., Lähdesmäki, P., Pietiläinen, P. & Pätilä, A. 1990, Effects of high nitrogen deposition on forests: Case studies close to fur animal farms. Teoksessa Kauppi, P., Anttila, P. & Kenttämies, K. (toim.). Acidification in Finland. s. 635–668.

— , Hytönen, J., Koski, K., Vihanta, S. & Kohal, O. 1993. Peltojen metsitysmenetelmät. Kenttäkokeiden esittely ja metsitysten kehitys kolmen ensimmäisen vuoden aikana. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 463. 127 s.

Halonen, O., Tulkki, H. & Derome, J. 1983. Nutrient analysis methods. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 121. 28 s.

Hynönen T. 1992. Maan ominaisuuksien vaikutus turvemaapeltojen metsittämiseen. Helsingin yliopisto, maatalous-metsätieteellinen tiedekunta. Lisensiaattityö. 181 s.

Hytönen J. 1991a. Peltojen metsityksen tuloksia Keski-Pohjanmaalta. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 394: 18-30.

— 1991b. Pellonmetsityksen onnistuminen Keski-Pohjanmaalla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391: 22-28.

— & Ekola, E. 1993. Maan ja puuston ravinnetila Keski-Pohjanmaan metsitetyillä pelloilla. Folia Forestalia 822. 32 s.

Jukka, L. (toim.). 1988. Metsänterveysopas. Kirjayhtymä. 112 s.

Kaunisto, S. 1982. Development of pine plantations on drained bogs as affected by some peat properties, fertilization, soil preparation and liming. Seloste: Männyn istutustaimein kehityksen riippuvuus eräistä turpeen ominaisuuksista sekä lannoituksesta, muokkauksesta ja kalkituksesta ojitetuilla avosoilla. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 109. 56 s.

— 1987. Effect of refertilization on the development and foliar nutrient contents of young Scots pine stands on drained mires of different nitrogen status. Seloste: Jatkolannoituksen vaikutus mäntytaimikoiden kehitykseen ja neulasten ravinnepitoisuuksiin typpitaloudeltaan erilaisilla ojitetuilla soilla. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 140, 58 s.

— & Paavilainen, E. 1988. Nutrient stores in old drainage areas and growth of stands. Seloste: Turpeen ravinnevarat vanhoilla ojitusalueilla ja puuston korjuu. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 145. 39 s.

— 1991. Maa-analyysin käyttö kasvupaikan ravinnetilan arvioimiseksi eräillä Alkkian metsitetyillä suopelloilla. Folia Forestalia 778. 32 s.

— , Moilanen, M. & Issakainen, J. 1993. Apatiitti ja flogopiitti fosfori- ja kaliumlannoitteina. Folia Forestalia 810. 30 s.

Kontunen-Soppela, S., Lähdesmäki, P., Pietiläinen, P., Hytönen, J. & Ferm, A. 1991. Typpiaineenvaihdunnan häiriöstä johtuva kasvuhäiriö pellonmetsitysmäntyjen vaivana. Teoksessa: Ferm, A. & Polet, K. Peltojen metsitysmenetelmät. Tutkimushankkeen väliraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391:80–85.

Kolari K. 1988. Metsäpuiden kasvuhäiriöt. Kasvuhäiriöprojektin loppuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonmantoja 310. 35 s..

Kurki M. 1975. Eloperäisten maiden hivenravinnetilanteesta. Suo 26(5): 93-94.

Kähäri, J., Mäntylahti, V. & Rannikko, M. 1987. Suomen peltojen viljavuus 1981–1987. 105 s.

Laiho, R. & Laine, J. 1994. Nitrogen and phosphorus stores in peatlands drained for forestry in Finland. Scandinavian Journal of Forest Research 9: 251-260.

Lehto, T. & Mälkönen, E. 1994. Effects of timing and boron fertilization on boron uptake of Picea Abies. Plant and Soil 163: 55–64.

Lipas, E. 1990. Kalkituksen aiheuttama boorinpuute kangasmaan kuusikoissa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 352. 22 s.

Massineo, L. 1966. Modification of the Sakaguchi reaction. Spectrophotometric determination of arginine in proteins with and without previous hydrolysis. Arc. Biochem. Biophys. 117: 534–540.

Paarlahti K., Reinikainen A. & Veijalainen H. 1971. Nutritiomal diagnosis af Scots pine stands by needle and peat analysis. Seloste: Maa- ja neulasanalyysi turvemaiden männiköiden ravitsemustilan määrityksessä. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 61(1). 110 s.

Paavilainen, E. 1970, Koetuloksia suopeltojen metsittämisestä. Folia Forestalia 77. 25 s.

— 1977. Männyn istutus suopeltojen metsityksessä. Folia Forestalia 261. 27 s.

Pessi, Y. 1961. Results from a soil improvement and fertilizing test on fenland at Leteensuo. Maataloustieteellinen aikakauskirja 33:223–232.

Pietilä, M., Lähdesmäki, P., Pietiläinen, P., Ferm, A., Hytönen, J. & Pätilä, A. 1991. High nitrogen deposition causes changes in amino acid concentration and protein spectra in needles of the Scots pine (Pinus sylvestris). Environmental Pollution 72:103–115.

Pietiläinen, P. 1994. Seasonal fluctuation in the nitrogen assimilation of Scots pine. Acta Univ. Oul. A 218. 33 s.

— & Lähdesmäki, P. 1986. Free amino acid and protein levels and gamm-glutamyltransferase activity in Pinus sylvestris apical buds and shoots during the growing season. Scandinavian Journal of Forest Research 1:387–395.

Raitio, H. 1979. Boorin puutteesta aiheutuva männyn kasvuhäiriö metsitetyllä suopellolla. Oireiden kuvaus ja tulkinta. Folia Forestalia 412. 16 s.

— & Rantala, E-M. 1977. Männyn kasvuhäiriön makro- ja mikroskooppisia oireita. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 91(1). 30 s.

Reinikainen, A. & Veijalainen, H. 1983. Diagnostical use of needle analysis in growth disturbed Scots pine stands. Communicationes Instituti Forestaliae Fenniae 116:44–48.

— & Silfverberg, K. 1983. Signicance of whole-tree nutrient analysis in the diagnosis of growth disorders. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 11: 48–58.

Teasdole, R.D. & Richards, D.K. 1990. Boron deficiency in cultured pine cells. Qvantitetive studies of the injection with Ca and Mg. Plant Physiology 93:1071–1077.

Valtanen, J. 1991. Peltojen metsityksen onnistuminen Pohjois-Pohjanmaalla 1970-luvulla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 381. 52 s.

Veijalainen, H. 1975. Kasvuhäiriöistä ja niiden syistä metsäojitusalueilla. Suo 26(5):87–92.

— 1983. Geographical distribution of growth disturbances in Finland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 116:13–16.

— 1993. Fyto-2H-valmisteen vaikutus männyn neulasten ravinnepitoisuuksiin suometsissä. Suo 44(4–5):93–103.

— , Reinikainen, A. & Kolari, K.K. 1984. Metsäpuiden ravinneperäinen kasvuhäiriö Suomessa. Folia Forestalia 601. 41 s.

— , Silfverberg, K. & Hytönen, J. 1993. Metsäteollisuudeen bioliete ja kivihiilen tuhka rauduskoivun taimien ravinnelähteenä. Suo 44(3):67–73.

Wall, A. 1995. Peltojen maaperäluokitus puustonkasvatusta varten. Teoksessa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.): Metsäntutkimuspäivä Kälviällä 1994. Metsäntutkimulaitoksen tiedonantoja 540:22–28.

Muokkauksen vaikutus männyn istutustaimien juuriston kehittymiseen suopellolla

Päivi Karhunen & Seppo Kaunisto

Tiivistelmä

Kaistamuokkauksen vaikutusta 15 ja 26 vuoden ikäisten mäntytaimikoiden juurien suuntautumiseen ja lyhytjuurenkärkien määrään tutkittiin suopellon metsityskokeissa Karvian Alkkiassa. Alkuperäiseltä suotyypiltään alueet ovat todennäköisesti olleet karuja, ombrotrofisia rämeitä tai nevoja. Muokkaustapoja oli yhteensä kolme: viilukyntö, jyrsintävaotus ja matala (20 cm) palleauraus. Kaikissa muokkaustavoissa syntyi vako ja palle ja taimirivien välille jäi tasapintaa.

Näytteenottokohdasta mitattuna juuristo oli pinnallisin vaossa ja syvin palteessa. Juuriston absoluuttisessa korkeusasemassa vallitsevaan maanpinnan tasoon verrattuna järjestys oli ilmeisesti päinvastainen. Juuristo oli pinnallisempi keskisaralla kuin saran reunassa. Vakoa lukuunottamatta juuristo oli muokkauskerroksessa. Juuria oli palteessa joissakin tapauksissa jopa kymmeniä kertoja enemmän kuin vaossa ja puolitoista-kaksi kertaa niin paljon kuin tasapinnalla. Juuristot olivat näinollen kehittyneet selvästi epäsymmetrisiksi, mutta eivät kuitenkaan kokonaan palteen suuntaisiksi. Lyhytjuurien määrissä erot olivat vähäisiä sekä sivu- että syvyyssuunnassa. Juuriston pituus pinta-alayksikköä kohti laskettuna oli pienempi, mutta juuristo ulottui keskimäärin syvemmälle ja lyhytjuurenkärkiä juurimetriä kohti laskettuna oli enemmän kuin metsäojitetuilla rämeillä.

Johdanto

Puiden juuret ovat turvemailla yleensä pinnallisempia kuin kivennäismailla. Tähän on syynä lähinnä pohjaveden läheisyyden aiheuttama maan vähähappisuus. Tilanteissa, joissa pohjaveden syvyysvaihtelu on vähäistä, juuriston ja pohjaveden syvyyden välillä on positiivinen korrelaatio (Kaunisto 1971, Mannerkoski 1985). Normaali metsäojitus lisää juuriston keskimääräistä syvyyttä kuitenkin verrattain vähän (Heikurainen 1955, 1959, Paavilainen 1966).

Brittein saarilla on käytetty auravaotusta ja erittäin tehokasta auraojitusta, joissa taimet on istutettu auranpalteisiin. Näissä olosuhteissa juuristot ovat kehittyneet voimakkaasti epäsymmetrisesti palteiden suuntaisiksi (Savill ym. 1974 Savill 1976, Hendrick 1989, Coutts ym. 1990), mikä on heikentänyt puiden tuulenkestävyyttä (Carey & Barry 1975, Savill 1976). Kuitenkin jo verrattain matalakin vako vaikeuttaa juuriston kasvua ojitetulla suolla Suomen olosuhteissa (Kaunisto & Metsänen 1979).

Suopelloilla metsityksen onnistuminen edellyttää muokkausta. Palteisiin istutetut taimet ovat suopelloilla menestyneet alkuvaiheessa selvästi paremmin kuin muokkaamattomaan pintaan istutetut (Paavilainen 1970, 1977). Pääasiallinen syy lienee pintakasvillisuuden kilpailun väheneminen, mutta myös maan lämpö- ja vesiolot palteissa ovat paremmat (Kauppila & Lähde 1975).

Vanhoille suoviljelyksille on monesti levitetty kivennäismaata. Pessin (1966) mukaan määrät vaihtelevat välillä 200–400 m^3/ha. Painomaa kohottaa turpeen tuhkapitoi-

suutta ja tiheyttä (Pessi 1961, Kaunisto 1991, Hytönen & Ekola 1993). Turpeen tiivistymistä on lisännyt myös peltoviljelyssä käytettyjen koneiden paine. Vaotuksen vaikutusta juuriston symmetrisyyteen suopelloilla ei Suomessa ole aikaisemmin tutkittu. On mahdollista, että peltomaan suurempi tiheys metsäojitettujen soiden pintaturpeeseen verrattuna voi vielä korostaa juuriston palteen suuntaista kehitystä.

Tässä tutkimuksessa selvitetään muokkauksen, lähinnä vaotuksen, vaikutusta männyn juuriston symmetrisyyteen ja laatuun suopellolla tarkastelemalla juuriston syvyysjakautumaa ja pituutta sekä lyhytjuurenkärkien määrää palteessa, vaossa ja tasapinnalla.

Aineisto ja menetelmät

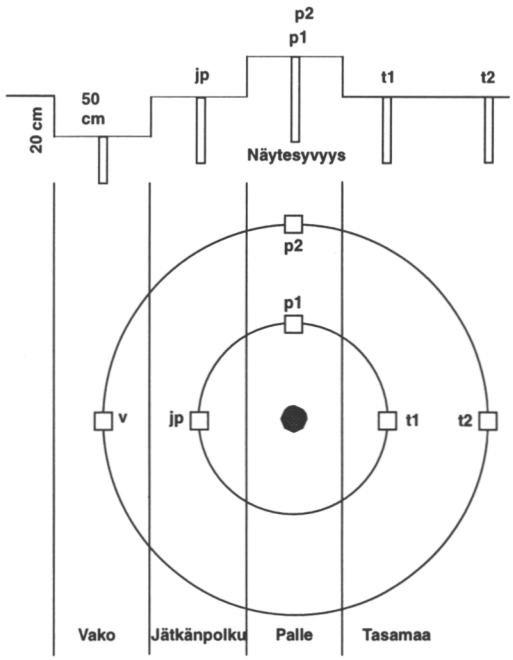
Tutkimusaineisto koottiin Metsäntutkimuslaitoksen Parkanon tutkimusaseman suopellon metsityskokeilta 42 ja 161 Karvian Alkkiasta (Kaunisto ym. 1986). Pelloiksi raivatut suot olivat alunperin karuja, ombrotrofisia rämeitä tai nevoja. Peltoviljely oli muuttanut etenkin muokkauskerroksen ominaisuuksia erittäin paljon. Maan tiheys oli 0–10 cm:n kerroksessa moninkertainen 30–40 cm:n syvyydessä olevaan turpeeseen (Kaunisto 1991) samoinkuin luonnontilaisiin (Westman 1981) tai metsäojitettuihin soihin (Kaunisto & Paavilainen 1988) verrattuna. Orgaanisen aineen osuus muokkauskerroksessa oli vain kolmas- tai neljäsosa maan orgaanisen aineen osuudesta 30–40 cm:n syvyydessä. Tiheyden ja orgaanisen aineen osuuden eron muokkauskerroksen ja sen alla olevan turpeen välillä aiheutti ympäröiviltä kankailta pelloille tuotu painomaa, jota muokkauskerroksen tiheyden perusteella arvioituna on tuotu alueelle 300–800 m^3/ha (lähinnä hietamoreenia, Kaunisto 1991). Painomaa oli lisännyt kivennäisravinteita ja kohottanut pH:ta muokkauskerroksessa.

Koe 42 aurattiin norjalaisella Planteplog -auralla, joka teki 20 cm syvän ja 50 cm leveän vaon. Männyn taimet istutettiin toukokuussa 1967. Kokeessa 161 tutkittiin muokkaustapojen sekä hiven- ja pääravinnelannoituksen vaikutusta pellonmetsityksen onnistumiseen. Maanmuokkausmenetelmiä oli kolme: 1. Täyskyntö + jyrsintä ja palteet Lamu V -jyrsimellä, joka muokkasi pintamaan n. 15–20 cm:n syvyyteen sekä teki matalahkon vaon ja palteen vaon molemmin puolin, (2) kaistamuokkaus Lamulla ja (3) viilukyntö. Näistä ovat tässä tutkimuksessa mukana muokkaustavat 2 ja 3. Männyn taimet (1M+1A) istutettiin touko-kesäkuussa 1977. Sarkaleveys oli kummassakin kokeessa 20 m.

Kultakin tutkimukseen mukaan otetulta koealalta valittiin näytepuiksi yksi puu saran reunasta ja yksi saran keskeltä. Tutkimukseen valittiin kummankin kokeen puitteissa mahdollisimman samankokoisia puita mahdollisuuksien mukaan aukkopaikoista siten, että etäisyys seuraavaan elävään puuhun oli vähintään 4 metriä. Näin pyrittiin saamaan yhteen maanäytteeseen vain yhden puun juuria. Puita oli 10 kpl kokeessa 42 ja 34 kpl kokeessa 161. Puiden keskipituus oli 8,8 m ja keskiläpimitta 13,9 cm (keskihajonnat 0,8 m ja 2,5 cm vastaavasti) kokeessa 42 ja 4,3 m ja 7,6 cm (keskihajonnat 0,6 m ja 1,8 cm) vastaavasti kokeessa 161.

Juurinäytteet otettiin puun ympäriltä kahdelta kehältä (kuva 1), joista ulomman säde oli matka näytepuun keskipisteestä vaon keskustaan (kokeella 42 n. 100 cm) ja sisemmän kehän säde matka näytepuun keskipisteestä ns. jätkänpolun keskustaan (ko-

keella 42 n. 50 cm). Kokeessa 161 ei ollut jätkänpolkua, joten näytteenottokohtia oli puun ympärillä viisi ja vako sijaitsi hieman lähempänä puuta (n. 50–90 cm puusta). Näytteenottokohdan tarkka etäisyys mitattiin jokaisessa kohdassa erikseen. Kolme näytteenottokohdista sijaitsi sisemmän ympyrän kehällä, yksi jätkänpolulla (jp), yksi palteessa (p1) ja yksi tasamaalla (t1). Ympyrän ulommalla kehällä oli samoin kolme näytteenottokohtaa, yksi vaossa (v), yksi palteessa (p2) ja yksi tasapinnalla (t2).



Kuva 1. Näytteenottokohtien sijainti puun ympärillä. Puu sijaitsee kuvassa ympyröiden keskipisteessä. Ulompi kehä ulottuu vaon keskustaan, ja sen etäisyys puusta on n. 100 cm. Sisempi kehä kulkee "jätkänpolun" keskustan kautta ja sen etäisyys puusta on n. 50 cm. Kokeessa 161 ei ollut jätkänpolkua, joten sisemmän kehän näytteet ovat siellä vain tasamaalta (t1 ja t2) ja palteesta (p1 ja p2).

Näytteet otettiin lokakuussa 1991. Maan pinnasta poistettiin karikekerros ja näytteet otettiin 5 cm:n kerroksina palteessa 45 cm:n, tasapinnalla 35 cm:n ja vaoissa 25 cm:n syvyyteen. Puista mitattiin pituus ja rinnankorkeusläpimitta. Lisäksi mitattiin vaon syvyys.

Juurinäytteitä oli yhteensä 1550 kpl, joista 1210 kpl oli kokeesta 161 ja 340 kpl kokeesta 42. Juuret irrotettiin turpeesta vesihuuhtelulla. Juurien pituudet mitattiin stereomikroskoopilla millimetriruudukon päällä. Juuret luokiteltiin paksuuden mukaan kolmeen luokkaan: alle 1 mm, 1–3 mm ja yli 3 mm. Juurista laskettiin kaikki juurenkärjet sekä dikotomisesti haarautuneet kärjet. Tässä yhteydessä tarkastellaan pääasiassa vain alle 1 mm:n paksuisia juuria, koska tätä paksumpia juuria maanäytteissä esiintyi vain hyvin vähän. Aineistosta laskettiin näytteenottokohdittain juurien keskimääräinen syvyys sekä pituudella että massalla painotettuna ja juurten pituus jokaisessa 5 cm:n näytekerroksessa metreinä neliömetriä kohti. Juurenkärkien lukumäärä laskettiin juu-

rimetriä kohti (kpl/m juurta). Muokkauskäsittelyt vaikuttivat samalla tavalla juurien pituuteen ja massaan sekä näillä painotettuihin keskisyvyyksiin. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan vain juurien pituutta ja pituudella painotettua keskisyvyyttä

Tilastolliset analyysit tehtiin SAS -ohjelmistolla. Analyyseissä käytettiin askeltavaa regressioanalyysiä, varianssianalyysiä ja kovarianssianalyysiä. Aineistossa tehtiin kovarianssikorjaus siten, että regressioanalyysin perusteella valittiin jatkuvista muuttujista ne, joita käytettiin luokkamuuttujien ohella selittäjinä kovarianssianalyysissä. Juuriston syvyydelle tulivat kovariaateiksi kokeessa 42 puun pituus, vaon syvyys, näytteenottokohdan etäisyys puusta ja puun rinnankorkeusläpimitta. Kokeessa 161 vastaavasti mukaan tulivat vaon syvyys ja puun pituus. Juurien pituutta selittäviksi regressiomuuttujiksi tulivat kokeessa 161 vaon syvyys, puun pituus ja näytteenottokohdan etäisyys puusta. Kokeessa 42 näiden lisäksi tuli mukaan rinnankorkeusläpimitta. Juurenkärkien määrää selittäviksi regressiomuuttujiksi tulivat kokeessa 42 puun pituus, vaon syvyys ja puun rinnankorkeusläpimitta ja kokeessa 161 vastaavasti puun pituus, vaon syvyys ja näytteenottokohdan etäisyys puusta.

Tulokset ja tarkastelu

Juuriston syvyys

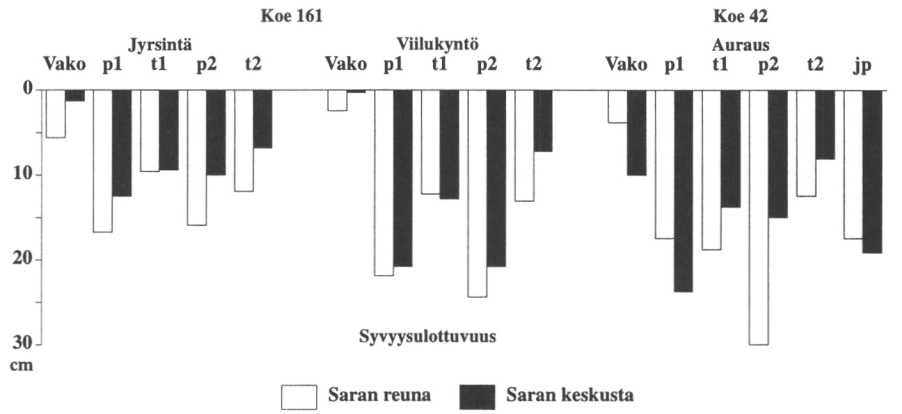
Näytteenottokohdan sijainti puun ympärillä vaikutti sekä juuriston keskimääräiseen syvyysulottuvuuteen että juurien pituudella painotettuun keskisyvyyteen tilastollisesti erittäin merkitsevästi kaikissa tapauksissa (kuvat 2 ja 3). Molemmat olivat selvästi pienempiä vaossa kuin muilla pinnanmuodoilla ja pienempiä tasapinnalla kuin palteessa. Erot eri pinnamuotojen välillä olivat suurempia kokeessa 161 kuin kokeessa 42.

Jos kuitenkin otetaan huomioon palteen pinnan korkeusasemaero tasapintaan verrattuna, on ilmeistä, että juuret olivat tasapinnalla suunnilleen samalla syvyydellä tai syvemmällä kuin palteessa. Vaon kohdalla juuristo oli tätäkin tasoa syvemmällä, koska juuria oli tunkeutunut esim. kokeen 161 jyrsityillä koealoilla keskimäärin 8 cm ja viilukynnetyillä 16 cm sekä kokeessa 42 keskimäärin 15 cm syvyisen vaon alitse.

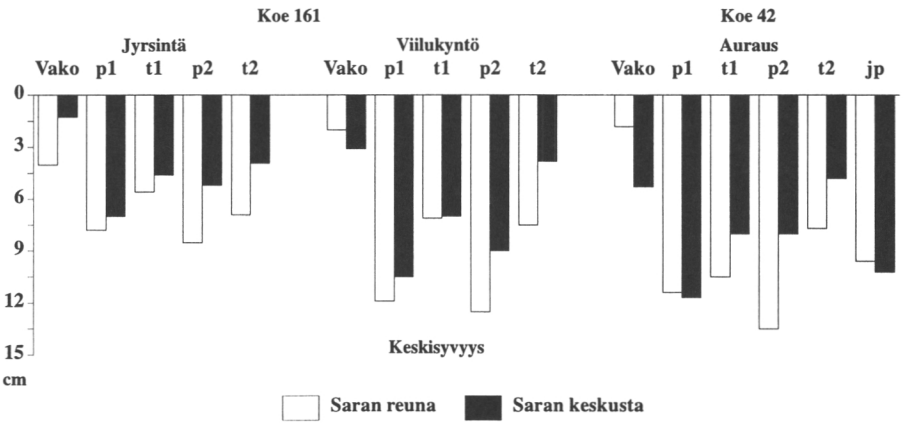
Saran keskellä juuristo oli yleensä pinnallisempi kuin saran reunassa, mihin todennäköisesti oli syynä saran reunan keskisarkaa parempi kuivatus (kuvat 2 ja 3). Kokeessa 161 juuriston syvyysulottuvuus oli selvästi suurempi viilukynnetyillä kuin jyrsintämuokatuilla koealoilla. Syynä saattaa olla osittain se, että myös vako oli viilukynnetyillä syvempi (ks. myös Kaunisto & Metsänen 1979), mutta myös todennäköisesti muutoinkin suurempi maan ilmavuus kuin jyrsintämuokatuilla koealoilla. Juuriston pituudella painotettu keskisyvyys tasapinnalla oli kokeessa 42 selvästi suurempi kuin kokeessa 161, mikä todennäköisesti aiheutui siitä, että kokeessa 42 puusto oli 11 vuotta vanhempi ja kooltaan lähes kaksinkertainen kokeen 161 puustoon verrattuna. Kummassakin kokeessa erikseen puun koko tuli mukaan kovariaattina.

Kummassakin kokeessa juuriston syvyys oli selvästi suurempi kuin Heikuraisen (1955) ja Paavilaisen (1966) metsäojitetuilta soilta keräämissä aineistoissa (taulukko 1). Esim. 10 cm:n pintakerroksessa oli kokeessa 161 keskimäärin 80 % ja kokeessa 42 51 % juurista, kun Heikuraisen aineistossa oli vastaavassa kerroksessa juurista n. 96 % ja Paavilaisen Liesinevan aineistossa 5 m:n sarkaleveydellä 74 % ja 20 m:n sarka-

leveydellä (sama kuin tässä tutkimuksessa) 91 %. Vakoa lukuunottamatta koko juuristo oli kuitenkin peltoviljelyn aikana syntyneessä muokkauskerroksessa. Pituudella painotettu keskisyvyys tässä tutkimuksessa vaihteli kokeessa 161 välillä 4–8 cm ja kokeessa 42 välillä 5–10 cm (kuvat 2 ja 3), kun Heikuraisen aineistossa keskisyvyys oli 4,1–4,7 cm pohjavesipinnan syvyydestä riippuen.



Kuva 2. Juuriston keskimääräinen syvyysulottuvuus. Selitykset kuvassa 1. (Puun sijainti saralla $p < 0{,}001$ kokeessa 161 ja $p < 0{,}05$ kokeessa 42, sijainti puun ympärillä $p < 0{,}001$ kummassakin kokeessa, maanmuokkausmenetelmä $p < 0{,}001$ kokeessa 161).



Kuva 3. Juuriston pituudella painotettu keskisyvyys. Selitykset kuvassa 1.(Näytteenottokohdan sijainti puun ympärillä $p < 0{,}001$ kummassakin kokeessa, puun sijainti saralla ja maanmuokkausmenetelmä $p < 0{,}001$ kokeessa 161).

Juurien pituus

Valtaosa juurista oli alle 1 mm:n paksuisia (taulukko 2). Näitä oli juurien koko pituudesta laskettuna 20 cm:n pintakerroksessa tasapinnasta otetuissa näytteissä keskimäärin

90 % kokeessa 161 ja 79 % kokeessa 42. Yli 3 mm:n paksuisia juuria oli vain n. 1. % kokeessa 161 ja 4 % kokeessa 42. Alle 1 mm:n paksuisia juuria oli poikkeuksetta kaikissa muokkauskäsittelyissä vähiten vaossa ja lähes poikkeuksetta eniten palteessa (kuva 4). Juuria oli vaossa sitä vähemmän mitä syvempi vako oli. Samanlaisia tuloksia ovat saaneet myös Kaunisto ja Metsänen (1979) tupasvillanevan metsityskokeesta kootusta aineistosta. Vaotus aiheuttaa siis selvästi epäsymmetrisen juuriston. Ero juurien määrässä palteen ja tasapinnan välillä oli kuitenkin huomattavasti pienempi kuin tasapinnan ja vaon välillä.

Taulukko 1. 10 cm:n pintakerroksessa sijaitsevien juurien osuus (%) saran reunassa ja keskisaralla eri kokeissa.

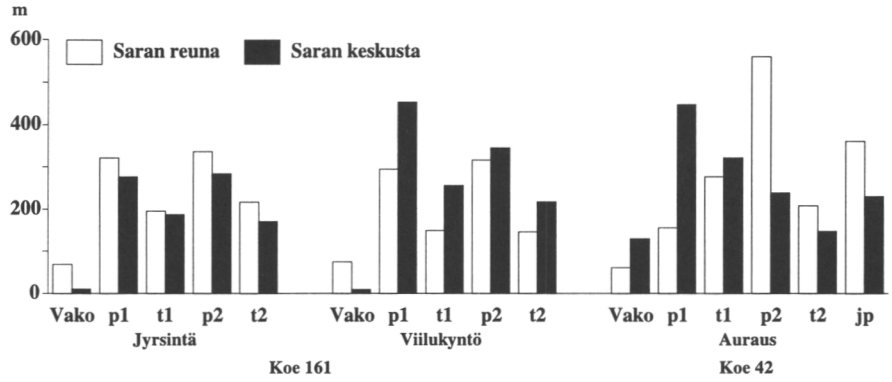
	Koe 161		Koe 42
	Jyrsintä	Viilukyntö	Auravaotus
Saran reuna	76	75	48
Saran keskusta	92	78	55
$\bar{x}$	84	77	51

Taulukko 2. Juurien pituus pinta-alayksikköä kohden (m/m^2) eri paksuusluokissa 20 cm:n pintakerroksesta sekä paksuusluokkien osuudet juurten koko pituudesta. Mukana vain tasapinnasta otetut näytteet.

Koe	Muokkaus-tapa	Paikka saralla	Juurten paksuusluokka, mm <1	1-3	>3	
161	Jyrsintä	Saran reuna	206	12	3	221
		Saran keskusta	179	11	2	193
		$\bar{x}$	192	12	3	207
		%	93	6	1	100
	Viilukyntö	Saran reuna	148	25	1	174
		Saran keskusta	237	18	2	257
		$\bar{x}$	192	22	2	216
		%	89	10	1	100
42	Auravaotus	Saran reuna	243	71	15	329
		Saran keskusta	235	32	7	274
		$\bar{x}$	239	52	11	302
		%	79	17	4	100

Alle 1 mm:n paksuisten juurien kokonaispituus 20 cm:n kerroksessa oli kokeessa 42 jonkin verran suurempi kuin kokeessa 161 (kuva 4). Kokeessa 161 juurien pituus saran reunassa oli suurempi kuin saran keskellä kaistamuokatuilla koealoilla, mutta viilukynnetyillä tilanne oli päinvastainen. Kokeessa 42 ei ollut selvää eroa juurien pituudessa saran reunan ja keskustan välillä. Juurien pituus oli viilukynnetyillä saroilla suurempi kuin kaistamuokatuilla. Kaikissa tapauksissa juuria oli huomattavasti vähemmän kuin Heikuraisen (1955) metsäojitetuilta soilta kootussa aineistossa. Palteessa juuria oli enimmillään suunnilleen yhtä paljon kuin Paavilaisen (1966) tutkimuksessa, mutta vastaavalla sarkaleveydellä tasapinnalla vain puolet tai kolmannes. Tuloksia on kuitenkin vaikeata verrata toisiinsa, koska tässä tutkimuksessa näytteet edustivat vain yh-

den puun juuriston määrää verrattain lähellä puuta, kun taas Heikuraisen ja Paavilaisen aineistoissa oli kysymys sulkeutuneen metsikön juuristosta.

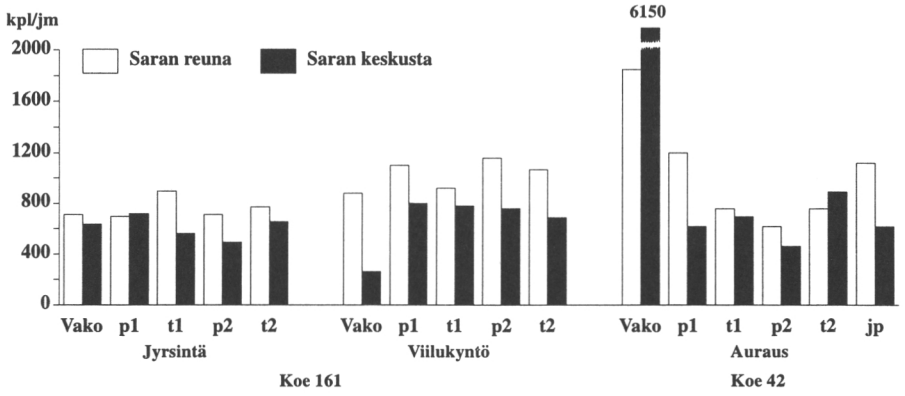


Kuva 4. Alle 1 mm paksujen juurten kokonaispituus (m/m^2) näytteenottokohdittain 20 cm:n pintakerroksessa. Selitykset kuvassa 1. (Puun sijainti saralla $p < 0,03$ kokeessa 161, näytteenottokohdan sijainti puun ympärillä kummassakin kokeessa $p < 0,001$).

Lyhytjuurenkärkien lukumäärä

Ainoa lyhytjuurien määrään tilastollisesti merkitsevästi vaikuttanut muuttuja oli muokkaustapa kokeessa 161. Lyhytjuurenkärkiä oli enemmän viilukynnetyillä kuin jyrsintämuokatuilla koealoilla (kuva 5). Kokeessa 161 juurenkärkiä oli jonkin verran vähemmän vaossa kuin muilla pinnanmuodoilla, mutta kokeessa 42 tilanne oli päinvastainen. Tämä aiheutui kokeen 42 vaon kohdan näytteissä olleista suurista koralloidirakenteisista mykorritsamuodostumista (ks. myös Zak 1973). Nämä lyhytjuurenkärjistä muodostuneet kimput sisälsivät tuhansia dikotomisia haarautumisia peräkkäin yhdessä kimpussa. Kokeen 42 juurista löytyi myös tuberkkelirakenteisia muodostumia, joissa juurenkärjet olivat sulautuneet toisiinsa ja muodostivat kovia, pahkamaisia rakenteita. Em. poikkeusta lukuunottamatta lyhytjuurien lukumäärä samoinkuin dikotomisesti haarautuneiden osuuskin oli jonkin verran suurempi saran reunassa kuin keskisaralla. Tähän on mahdollisesti syynä saran reunan paremmat kuivatusolot. Samaan viittaa myös lyhytjuurien suurempi määrä viilukynnetyillä kuin jyrsityillä koealoilla kokeessa 161.

Valtaosassa aineistoa lyhytjuurenkärkien määrä 20 cm:n pintakerroksessa vaihteli välillä 500–1150 kpl/jm. Dikotomisesti jakautuneiden osuus näistä oli 35–85% kokeessa 161 ja 35–96 % kokeessa 42. Lyhytjuurenkärkien määrä juurimetrillä vastaa suunnilleen Halosen ja Laihon (1991) laskemia haarautumisindeksejä 9–18 vuotiaille turvepeltojen männyntaimille, mutta oli moninkertainen verrattuna Heikuraisen (1955) ja Paavilaisen (1966) metsäojitetuilta soilta esittämiin. Liukoisen typen saatavuuden tiedetään vaikuttavan mykorritsojen määrään (esim. Laiho ym. 1987). Heikuraisen ja Paavilaisen tutkimuksissa ei ilmoitettu turpeen ammoniumtyppipitoisuutta. Aikaisemman tutkimuksen mukaan (Kaunisto 1991) tässä tutkimuksessa käytettyjen kokeiden pintaturpeessa oli nitraattityppeä tuskin lainkaan ja ammoniumtyppeäkin vähän verrattuna eräisiin metsäojitetuilta soilta mitattuihin arvoihin (esim. Kaunisto 1982, Kaunisto & Paavilainen 1988).



Kuva 5. Juurenkärkien lukumäärä (kpl/juurimetri) näytteenottokohdittain. Selitykset kuvassa 1. Muokkaustapa $p < 0{,}001$ kokeessa 161.

Lyhytjuurien absoluuttinen määrä väheni syvyyden funktiona (ks. myös Paavilainen 1966 ja Heikurainen 1955), mutta toisin kuin Heikuraisen aineistossa, juurien pituuteen suhteutettuun määrään syvyys ei vaikuttanut. Myös juurien dikotominen haarautuminen oli syvimmässä analysoidussa turvekerroksessa yhtä runsasta kuin pintakerroksissa. Osasyynä saattaa olla, että toisin kuin luonnontilaisilla tai metsäojitetuilla soilla, kivennäisravinteet olivat todennäköisesti jakautuneet verrattain tasaisesti koko n. 20 cm:n muokkauskerrokseen.

Päätelmät

Tulosten mukaan kaistamuokkaus, jonka yhteydessä syntyy palle ja vako, aiheutti selvästi epäsymmetrisen juuriston suopeltojen mäntytaimikoissa. Valtaosa juurista kehittyi palteen suunnassa. Vaon puolella juuristo kehittyi huonoimmin ja vain pieni osa juurista pääsi alunperin 15–20 cm syvän vaon alitse 15 tai 26 vuodessa. Osa palteen suuntaisesta juuristosta oli kuitenkin tänä aikana tunkeutunut selvästi palteen ja tasapinnan välisen rajan alapuolelle ja kehittynyt kohtalaisesti myös tasapinnan suuntaan, mikä vähentää tuulivaurioriskiä.

Tuulivaurioiden riskin kannalta kriittiseksi puuston pituudeksi on Brittein saarilla esitetty 13–20+ m (Malcolm 1991, ks. myös Pyatt 1990). Tämän tutkimuksen kokeessa 161 puusto oli vielä taimikkoa ja kokeessa 42 n. 8–10 m:n pituista, nuorta kasvatusmetsikköä. Näin ollen kumassakin kokeessa puusto oli vielä selvästi em. riskirajan alapuolella.

Tämän tutkimuksen perusteella ei voida varmuudella arvioida tuulivaurioiden todennäköisyyttä varttuneemmissa suopeltojen puustoissa Suomen olosuhteissa. Juuristotutkimuksia jatkettaessa tulisikin etsiä mahdollisimman kookkaiksi kehittyneitä puustoja tutkimuskohteiksi. Toisaalta juuriston kohtalaisen hyvä kehittyminen tasapinnan suuntaan vähentänee tuulivaurioiden riskiä Brittein saarten tilanteeseen verrattuna. Samaan suuntaa vaikuttaa myös se, että tuulet ovat Suomessa keskimäärin heikompia

kuin Brittein saarilla. Paksuturpeisilla suopelloilla lienee varmuuden vuoksi kuitenkin syytä käyttää matalaa vaotusta.

Juuriston keskisyvyys oli suurempi kuin metsäojitetuilla soilla, mutta vakoa lukuunottamatta juuristo oli kuitenkin kokonaan peltoviljelyn aikana syntyneessä muokkauskerroksessa. Tutkimuksessa ei selvitetty maan ilmavuutta, joten sen vaikutusta ei tiedetä. Eräänä syynä juuriston syvyyteen saattaa olla ravinteiden todennäköisesti verrattain tasainen vertikaalinen jakaantuminen koko muokkauskerroksessa, mikä mahdollistaa runsaan ravinteiden saannin syvemmältä kuin metsäojitusalueilla. Toisaalta juuristo pysynee tällöin muokkauskerroksessa hyvissäkin kuivatusoloissa, kuten saran reunaosassa tässä tutkimuksessa, koska kivennäisravinteita on niukasti muokkauskerroksen alapuolella (Kaunisto 1991). Paksuturpeisilla suopelloilla, joissa on käytetty painomaata maanparannusaineena kannattanee suosia matalaa vaotusta näin ollen myös ravinnetalouden vuoksi. Tämä on syytä ottaa huomioon myös suopeltojen mätästyksessä.

Kirjallisuus

Carey, M. L. & Barry, T. A. 1975. Coniferous growth and rooting patterns on machine sod-peat bog (cutover) and Trench 14, Clonsast. Irish Forestry 32(1):18–29.

Coutts, M. P., Walker, C. & Burnand, A. C. 1990. Effects of establishment method on root form of lodgepole pine and Sitka spruce and on the production of adventitious roots. Forestry 63(2):143–159.

Halonen, A. & Laiho, O. 1991. Metsitettyjen peltojen mykorritsat. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391:86–91.

Heikurainen, L. 1955. Rämemännikön juuriston rakenne ja kuivatuksen vaikutus siihen. Acta Forestalia Fennica 65(3). 86 s.

— 1959. Sekametsikön juuristosta ojitetulla suolla. Acta Forestalia Fennica 67(2). 32 s.

Hendrick, E. 1989. The effect of cultivation method on the growth and root anchorage of sitka spruce. Irish Forestry 46(1):19–28.

Hytönen, J. & Ekola, E. 1993. Maan ja puuston ravinnetila Keski-Pohjanmaan metsitetyillä pelloilla. Folia Forestalia 822. 32 s.

Kaunisto, S. 1971. Lannoituksen, muokkauksen ja vesipinnan etäisyyden vaikutus kylvötaimien ensi kehitykseen turvealustalla. Kasvihuoneessa suoritettu tutkimus. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 75(2):1–64.

— 1982. Development of pine plantations on drained bogs as affected by some peat properties, fertilization, soil preparation and liming. Seloste: Männyn istutustaimien kehityksen riippuvuus eräistä turpeen ominaisuuksista sekä lannoituksesta, muokkauksesta ja kalkituksesta ojitetuilla avosoilla. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 109. 56 s.

— 1991. Maa-analyysin käyttö kasvupaikan ravinnetilan arvioimiseksi eräillä Alkkian metsitetyillä suopelloilla. Folia Forestalia 778. 32 s.

— & Metsänen R. 1979. Turpeen muokkauksen ja lannoitteiden sijoittamisen vaikutus männyn taimien juuriston kehitykseen tupasvillanevalla. Folia Forestalia 390. 14 s.

— , Kinnunen, K., Lehtinen, S., Nevanranta, K. & Tukeva, J. 1986. Alkkian kenttäkokeet 1961–1986. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 236. 98 s.

— & Paavilainen, E. 1988. Nutrient stores in old drainage areas and growth of stands. Seloste: Turpeen ravinnevarat vanhoilla ojitusalueilla ja puuston kasvu. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 145. 39 s.

Kauppila, A. & Lähde, E. 1975. Koetuloksia maan käsittelyn vaikutuksesta metsämaan ominaisuuksiin Pohjois-Suomessa. Folia Forestalia 230. 29 s.

Laiho, O., Sarjala, T., Hyvärinen, R. & Rautiainen, L. 1987. Lannoituksen vaikutus männikön mykorritsoihin. Folia Forestalia 699. 22 s.

Malcolm, D. C. 1991. Afforestation in Britain. – A commentary. Scottish Forestry 45(4):259–274.

Mannerkoski, H. 1985. Effect of water table fluctuation on the ecology of peat soil. Tiivistelmä: Vedenpinnan vaihtelun vaikutus turvemaan ekologiaan. Helsingin yliopiston suometsätieteen laitoksen julkaisuja 7. 190 s.

Paavilainen, E. 1966. Maan vesitalouden järjestelyn vaikutuksesta rämemännikön juurisuhteisiin. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 61(1). 110 s.

— 1970. Koetuloksia suopeltojen metsittämisestä. Folia Forestalia 77. 24 s.

— 1977. Männyn istutus suopeltojen metsityksessä. Folia Forestalia 326. 27 s.

Pessi, Y. 1961. The ash content of the plough layer of peatlands cultivated by different methods. Selostus: Viljeltyjen turvemaiden muokkauskerroksen tuhkapitoisuudesta. Maataloustieteellinen aikakauskirja 33(4):215–222.

— 1966. Suon viljely. WSOY. Porvoo. 139 s.

Pyatt, D.G. 1990. Long term prospects for forests on peatland. Scottish Forestry 44(1):19–25.

Savill, P.S. 1976. The effect of drainage and ploughing of surface water gleys on rooting and windthrow of Sitka spruce in Northern Ireland. Forestry 49(2):133–141.

Westman, C.J. 1981. Fertility of surface peat in relation to the site type and potential stand growth. Seloste: Pintaturpeen viljavuustunnukset suhteessa kasvupaikkatyyppiin ja puuston kasvupotentiaaliin. Acta Forestalia Fennica 172. 77 s.

Zak, B. 1973. Classification of Ectomycorrhizae. In: Marks, G. C. & Kozlowski, T. T. (Eds.). Ectomycorrhizae. Their ecology and physiology. Academic Press. New York. 444 s.

Nurmilauhan ja hieskoivun taimen juuriston vaikutus maaperäeläinten sijoittumiseen kivennäismaan peltojen maaperässä

Markku Lehtinen

Tiivistelmä

Maaperän ravintoresurssit ja fysikaaliset olosuhteet määräävät millaiseksi maaperän eliöyhteisö muodostuu. Ravintoresurssit ovat osin lähtöisin kasvavasta ja kuolevasta juuristosta. Juuristo muokkaa monin tavoin myös maaperän fysikaalisia olosuhteita. Näin ollen juuristo osaltaan on vaikuttamassa maaperän eliöyhteisön rakenteeseen. Mikäli jonkin eliölajin runsaus on tästä syystä juurivyöhykkeessä muuta maaperää korkeampi, kutsutaan tilannetta juurivyöhykevaikutukseksi.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää nurmilauhan (*Deschampsia caespitosa*) ja hieskoivun taimien (*Betula pubescens*) juurivyöhykevaikutusta kivennäismaiden pelloilla. Tarkastelun kohteena olivat sukkulamadot (Nematoda), änkyrimadot (Enchytraeidae), punkit (Acari) ja hyppyhäntäiset (Collembola). Tutkimus tehtiin manipulatiivisena kenttäkokeena kahdella ravinteisuudeltaan erilaisella pellolla.

Juurivyöhykevaikutus vaihteli tutkituillla kasvilajeilla peltomaan laadun mukaan. Vähäravinteisella pellolla nurmilauhan yhteydessä kasvaneiden koivun taimien juurivyöhykevaikutus ilmeni sukkulamadoilla ja Oribatei-punkeilla ja pelkän koivun taimen juurivyöhykevaikutus Astigmata-punkeilla. Nurmilauhan juurivyöhykevaikutus ilmeni Oribatei- ja Astigmata-punkeilla. Runsasravinteisessa pellossa nurmilauhan juurivyöhykevaikutus ilmeni sukkulamadoilla ja Astigmata-punkeilla ja pelkän koivun taimen juurivyöhykevaikutus hyppyhäntäisillä.

Johdanto

Kasvien juuret muuttavat maaperän fysikaalis-kemiallisia olosuhteita ja ovat monin tavoin merkittävä ravintoresurssi maaperän eliöstölle.Tästä syystä juuristo vaikuttaa maaperäeläinten, esimerkiksi sukkulamatojen, änkyrimatojen, punkkien ja hyppyhäntäisten, sijoittumiseen maaperässä.

Juurten erittämät orgaaniset yhdisteet, kuten aminohapot, toimivat liima-aineen tavoin sitoen maapartikkeleita yhteen (Gray & Williams 1971). Tämä lisää maan huokoisuutta ja helpottaa siten kaasujen vaihtumista maaperässä. Ilmatilan kaasukoostumuksella, muun muassa hiilidioksidi- ja happipitoisuudella, on merkityksensä maaperäeläimille (Wallwork 1970). Kasvanut maan huokoisuus myös edesauttaa sellaisten eläinten liikkumista, jotka eivät ole kaivautujia vaan jotka kulkevat maapartikkeleiden välissä. Tällaisia eläimiä ovat mm. punkit ja hyppyhäntäiset. Lisäksi kasvin aineenvaihdunnan seurauksena juurta ympäröivän maaperän happamuus, kosteuspitoisuus, epäorgaanisten aineiden määrä ja hiilidioksidipitoisuus muuttuvat. Olosuhteet suosivat tietynlaista sieni- ja bakteerilajistoa.

Eräät maaperäeläimet käyttävät ravintonaan elävää juuren solukkoa. Sukkulamadot on eläinryhmä, josta löytyy useita tällaisia lajeja. Suun rakenne kertoo näiden lajien ra-

vintotottumuksesta. Terävällä, stilettimäisellä suuosallaan ne pystyvät leikkaamaan juuren pintasolukon lujatekoista soluseinää.

Sienirihmasto on monen maaperäeläimen ravintoa. Useat sukkulamadot, punkit ja hyppyhäntäiset syövät sitä sellaisenaan, ja änkyrimadot sulattavat sitä suolistossaan muun orgaanisen materiaalin ohessa. Juuristossa viihtyy monia eri sienilajeja. Eräät sienet elävät ulko- tai sisäparasiitteina juuren elävässä solukossa. Toiset sienet pilkkovat kuolevaa juuren solukkoa. Oma tärkeä ryhmänsä maaperäeläinten ravintoresurssien kannalta ovat kasvin kanssa symbioosissa elävät mykorritsasienet. Kasvilta saadun energian turvin ne ulottavat, toisinaan tiheätkin rihmastonsa, juuristosta maaperään.

Bakteerit kuuluvat maaperäeläinten ruokavalioon. Monet sukkulamadot ja eräät hyppyhäntäiset syövät niitä sellaisenaan, ja punkit ja änkyrimadot nauttivat niitä muun ravinnon ohessa. Juuristo elättää suuren joukon eri bakteerilajeja. Orgaanista materiaalia pilkkovat, epäorgaanisia yhdisteitä hapettavat ja typpeä sitovat bakteerit saavat kasvulleen välttämättömän energian juuren eritteistä. Eräät bakteerilajit elävät symbiontteina tai parasiitteina juuren elävässä solukossa ja toiset hajottavat kuolevaa juuristoa. Bakteerit tarvitsevat tietyt ympäristötekijät siirtyäkseen lepovaiheesta aktiiviseen vaiheeseen, ja juurivyöhyke tarjoaa usein olosuhteet tällaiseen muutokseen.

Juurivyöhykkeen vaikutus maaperäeläimiin vaihtelee. Eri kasvilajien juuret houkuttelevat eri tavoin hyppyhäntäisiä ja sukkulamatoja puoleensa. Paljon orgaanista ainetta sisältävässä maaperässä juurivyöhykkeen merkitys ravintoresurssien lähteenä on pienempi kuin kivennäismaassa. Punkeilla ja änkyrimadoilla ravinnon laatuun kohdistuvat erityiset vaatimukset saattavat liittyä nuoruus- tai lisääntymisvaiheeseen, jolloin juurivyöhykkeen merkitys sopivan ravinnon lähteenä on vain tilapäinen.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää nurmilauhan ja hieskoivun taimen juurivyöhykevaikutusta mineraalipeltomaassa. Tarkastelun kohteena olivat sukkulamadot, änkyrimadot, punkit ja hyppyhäntäiset. Nurmilauha on pioneerilaji kesantopelloissa, ja on todennäköistä, että sen juuriston eläinlajisto vaikuttaa myös peltoon istutettujen koivun taimien juuriston eläinlajistoon. Erityisesti tutkimuksessa kiinnosti nurmilauhan vaikutus koivun taimien juuriston sukkulamatojen runsauteen, sillä eläinryhmään kuuluu juuria syöviä ja siten mahdollisesti koivun taimelle vahinkoa aiheuttavia lajeja.

Aineisto ja menetelmät

Tutkimus tehtiin manipulatiivisena kenttäkokeena. Kahteen Pohjois-Pohjanmaalla, Sievin Asemakylässä (63°58' N, 24°17' E) sijaitsevaan ravinteisuudeltaan erilaiseen mineraalipeltoon järjestettiin kumpaankin neljä eri käsittelyä. Käsittelyt olivat juureton vertailu (V), nurmilauhan juurellinen (N), koivun taimen juurellinen (K) ja nurmilauhan ja koivuntaimen juurellinen (NK) mineraalipeltomaa. N ja V käsittelyistä näytteet otettiin putkikairoilla, ja K ja NK käsittelyissä tutkittava maaperä eroteltiin juuristosta laboratoriossa piikin ja pinsettien avulla. Maaperäeläimet eroteltiin maanäytteistä dynaamisin menetelmin ja niiden lukumäärät laskettiin. Aineiston tilastollinen testaus tapahtui Mannin-Whitneyn U-testillä ja CANOCO tietokoneohjelmison DCA-monimuuttujamenetelmällä (Ranta ym. 1989).

Tulokset

Vähäravinteisessa pellossa nurmilauhan juuriston seassa kasvaneiden koivun taimien juuristossa (NK) oli tilastollisesti merkitsevästi enemmän sukkulamatoja kuin juurettomassa maassa (V). Runsasravinteisessa pellossa sen sijaan ainoastaan nurmilauha (N) osoitti juurivyöhykevaikutusta sukkulamatojen suhteen (taulukko 1).

Taulukko 1. Käsittelyjen vaikutus sukkulamatojen, hyppyhäntäisten ja Oribatei-punkkien määrään. Mannin-Whitneyn U-testi: * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, - = ei merkitsevää eroa.

	Vähäravinteinen pelto				Runsasravinteinen pelto			
	Käsittely	V	NK	K	Käsittely	V	NK	K
Sukkulamadot								
	N	-	-	-	N	*	-	-
	V		**	-	V		-	-
	NK			-	NK			-
Hyppyhäntäiset								
	N	-	-	-	N	-	-	-
	V		-	-	V		-	*
	NK			-	NK			**
Oribatei-punkit								
	N	**	-	-				
	V		*	-				
	NK			-				

Molemmissa pelloissa runsaimmin änkyrimatoja oli koivun taimen juuristoa ympäröivässä maaperässä, mutta erot juurettomaan maahan verrattuna eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Vähäravinteisessa pellossa Oribatei-punkkeja esiintyi runsaasti ja käsittelyjen välillä oli tilastollisesti merkitseviä eroja (taulukko 1). Sekä nurmilauha että sen yhteydessä kasvanut koivun taimi osoittivat juurivyöhykevaikutusta.

Astigmata-punkkeja oli sekä vähä- että runsasravinteisessa pellossa tilastollisesti enemmän nurmilauhan juuriston yhteydessä kuin juurettomassa maassa. Käsittelyt eivät vaikuttaneet Mesostigmata- ja Prostigmata-punkkien määrään kummallakaan pellolla.

Hyppyhäntäisiä oli runsasravinteisessa pellossa tilastollisesti enemmän nurmilauhattoman maan koivun taimen juuristossa kuin nurmilauhan yhteydessä kasvaneiden koivun taimien juuristossa ja juurettomassa maassa (taulukko 1).

CANOCO tietokoneohjelmiston DCA:lla (ter Braak 1986) tutkittiin kuinka käsittelyt yhteisötasolla poikkesivat toisistaan. Nurmilauhan ja koivun taimen juuriston vaikutukset yhteisön rakenteeseen olivat DCA:n antamien tulosten perusteella erilaiset vähäravinteisessa ja runsasravinteisessa pellossa. Runsasravinteisessa pellossa tutkittujen kasvilajen juurivyöhykkeen vaikutukset olivat vähäisiä. Vähäravinteisessa pellossa juurikäsittelyt sen sijaan poikkesivat toisistaan ja juureton maakäsittelystä. Koivun taimen juuristossa punkkien tiheys yleisesti ja nurmilauhan juuristossa Oribatei-punkkien tiheys erityisesti oli selittävänä tekijänä yhteisörakenteen eroavaisuuksiin juurettomaan maahan nähden.

Tulosten tarkastelu

Monimuuttuja-analyysin tulokset osoittivat, että kivennäismaan pellon fysikaalis-kemialliset ominaisuudet vaikuttavat maaperäeliöstön yhteisörakenteeseen sekä siihen, minkä eläinryhmän taholta juurivyöhykevaikutusta nurmilauhalla ja koivun taimella ilmenee.

Nurmilauhan ja sen yhteydessä kasvavan koivun taimen aiheuttama juurivyöhykevaikutus sukkulamatoihin riippuu maaperän ominaisuuksista. Vähäravinteisessa ja happamassa pellossa nurmilauhan yhteydessä kasvaneilla koivun taimilla ilmeni selvä juurivyöhykevaikutus, mutta runsasravinteisessa pellossa sitä ei havaittu. Siellä ainoastaan nurmilauhan juuristossa sukkulamatojen tiheys poikkesi merkitsevästi juurettomasta maasta. Kummassakin pellossa sienirihmaston määrää indikoiva ergosterolipitoisuus oli juurettomassa maassa erittäin alhainen.Tämä viittaa siihen, että sienijuurivyöhykkeen ulkopuolella näiden peltojen sukkulamadot ovat enimmäkseen bakteerinsyöjiä. Koska peltojen -käsittelyt poikkesivat toisistaan, voi myös olettaa sukkulamatoyhteisöjen rakenteen ainakin bakteerinsyöjien runsauden suhteen poikkeavan pelloissa toisistaan. Mahdollisesti tämä yhteisörakenteiden välinen ero osaltaan heijastelee niitä syitä, miksi vain vähäravinteisessa pellossa nurmilauha selvästi vaikutti koivun taimen juuriston sukkulamatojen runsauteen. Kasvillisuuden, maan fysikaalisten ominaisuuksien ja happamuuden tiedetään vaikuttavan maaperän sukkulamatoyhteisön rakenteeseen (De Goende 1993).

Änkyrimadoille ei nurmilauhan eikä koivunkaan juuristolla näyttänyt olevan merkitystä. Suolistoanalyysien perusteella änkyrimadot syövät kasvinpaloja, sienirihmaa ja maamineraalihiukkasia (Wallwork 1970). Havainnot siitä, että änkyrimadot valitsisivat ravintonsa ja että niillä olisi mieltymystä sienirihmastoon (Mitchell 1976), ei tutkituissa pelloissa tullut esiin ainakaan juurivyöhykkeen suosimisena.

Koska eliöryhmien runsaus- ja biomassa-arviot vaihtelevat ruohikoissa vain vähän on päätelty, että nissä olisi yleisesti tietynlaiset ravintoresurssit maaperäeläimille (Persson & Lohm 1977). Monimuuttuja-analyysistä saadut tulokset kuitenkin osoittivat peltojen yhteisörakenteiden poikkeavan toisistaan. Paras selittävä tekijä oli peltojen välinen ero Oribatei-punkkien runsaudessa. Runsasravinteisesta pellosta punkit puuttuivat miltei kokonaan. Vähäravinteisessa pellossa tiheys nurmilauhan juuristossa sen sijaan oli 65 000 yksilöä/m^2 0–5 cm:n syvyydessä. Olettaen noin 70 %:n Oribateista elävän peltomaassa kesäaikaan ylimmässä 5 cm:ssä (Persson & Lohm 1977) runsautta voi pitää korkeana (Wallwork 1970, Persson & Lohm 1977). Syitä peltojen väliseen Oribatei-punkkien merkitsevään runsauseroon voitaneen hakea peltojen kemiallisista ominaisuuksista ja niiden vaikutuksista ravinnoksi kelpaavaan mikroflooraan, sillä fysikaalisilta ominaisuuksiltaan pellot olivat samantyyppiset. Vähäravinteisen pellon Oribatei-punkit kuuluivat pääosin Oppioidea-yläheimoon. Runsaana esiintyneen Oppia novan tiedetään käyttävän ravintonaan humuspartikkeleita ja sieni-itiöitä (Wallwork 1958). Pellossa esiintyneen Ceratozetoidea-yläheimon yleisimpien sukujen on todettu syövän sienirihmaa (Mitchell & Parkinson 1976). Koska Oribateit olivat merkitsevästi runsaampia nurmilauhan, ja nurmilauhan yhteydessä kasvavan koivun taimen juuristossa kuin juurettomassa maassa, voi olettaa maaperän kemiallisten tekijöiden lisäksi myös juurivyöhykkeellä olevan merkitystä sekä sienirihmaa, että humuspartikkeleita syövien Oribatei-punkkien runsauteen.

Detritusta ja mikroflooraa ravintonaan käyttäville Astigmata-punkeille peltojen nurmilauhan juuristovyöhykkeellä näyttää olleen merkitystä. Mesostigmata-punkeilla tulokset olivat samansuuntaisia, vaikkakaan erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Detrituksen syöjien lisäksi osa havaituista Mesostigmateista oli karnivoreja edustaen näin nurmilauhan juuristovyöhykkeessä ravintoketjun loppupäätä.

Runsasravinteisessa pellossa hyppyhäntäisillä oli havaittavissa juurivyöhykkeen valintaa. Nurmilauhan läsnäollessa koivun taimen juuristo ei herättänyt nurmilauhaan verrattavaa mielenkiintoa, vaikka yksinään koivun taimen juurivyöhyke houkutteli merkitsevästi hyppyhäntäisiä puoleensa. Hyppyhäntäisten ravinto vaihtelee useimmilla lajeilla sen mukaan mitä on saatavilla (Wallwork 1970). Juuristovyöhykkeessä se on lähinnä bakteeripitoista orgaanista materiaalia ja sienirihmaa (Clarholm 1983, Read ym. 1985). Runsasravinteisessa pellossa tällaisen ravinnon saatavuus tai laatu on ollut parempi nurmilauhan juurivyöhykkeessä kuin koivun juuristossa.

Kirjallisuus

Clarholm, M. 1983. Dynamics of soil bacteria in relations to plants, protozoa and inorganic nitrogen. Sveriges lantbruksuniversitetet. Rapport 17: 7-16.

De Goende, R. 1993. Terrestrial nematodes in a changing environment. Grafisch service centrum. Wageningen.

Gray, T. R. G. & Williams, S. T. 1971. Soil micro-organisms. Longman inc. New York.

Mitchell, M. J. & Parkinsson, D. 1976. Fungal feeding of Oribatid mites in an aspen woodland soil. Ecology 57: 302-312.

Persson, T. & Lohm, U. 1977. Energetical significance of the Annelids and Arthropods in a swedish grassland soil. Ecological bulletins No 23.

Ranta, E., Rita, H. & Kouki, J. 1989. Biometria. Yliopistopaino. Helsinki. 569 s.

Read, D. J., Francis, R. & Finlay, R. D. 1985. Mycorrhizal mycelia and nutrient cycling in plant communities. Special publication of the British ecological society 4: 193–217.

Ter Braak, C. J. F. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector teqhnicue for multivariate direct gradient analysis. Ecology 67(5): 1167–1179.

Wallwork, J. A. 1958. Notes of the feeding behaviour of some forest soil Acarina. Oikos 9: 260–271.

— 1970. Ecology of soil animals. McGraw-Hill. London.

Puun lyhytkiertoviljely pelloilla

Veli Pohjonen

Tiivistelmä

Metsäpuiden lyhytkiertoviljelyä pelloilla on Suomessa tutkittu vuodesta 1973. Jo Helsingin yliopiston, Metsänjalostussäätiön ja Metsäntutkimuslaitoksen varhaiset kokeet osoittivat ulkomaiset, koripajuihin kuuluvat, voimakkaasti vesovat pajut satoisiksi. Ruotsissa professori Gustaf Sirén kehitti niille energiametsän viljelyksi (energiskogsodling) nimeämänsä kasvatusmenetelmän. Jalostettuja energiapajuja viljellään hyväkuntoisilla pelloilla, viljanviljelyn voimaperäisyydellä, täyskoneellisesti ja hyvin lyhyellä, 2–5 vuoden korjuukierrolla.

Imatran Voima Oy:n Kopparnäsin energiapuiston pelloilla Inkoossa toimeenpantiin vuosina 1983–1993 metsäpuiden lyhytkiertoviljelyn kolmivaiheinen koesarja, jonka tavoitteena oli selvittää Sirénin energiametsän viljelyn menetelmien ja valittujen pajulajien ja -kloonien soveltuvuus Suomen etelärannikon pelto-oloissa. Kokeisiin valittiin yhteensä 70 energiapajun kloonia Ruotsin kokeissa satoisimmiksi todetuista tai kasvinjalostuksellisesti lupaavimmista jalosteista.

Kopparnäsin koesarja osoitti, että ruotsalaisen energiapajun viljelymenetelmän voi siirtää peltojen metsityksen voimaperäiseksi menetelmäksi Suomeen, ainakin maamme etelärannikolle, Etelä-Ruotsia (noin Upsalan tasolle asti) vastaaviin ilmasto- ja peltojen maaperäoloihin. Ruotsissa viljelyvarmoiksi, tasaisen satoisiksi ja verraten pakkasenkestäviksi havaitut koripajun (*Salix viminalis*) kloonit menestyvät myös Suomen etelärannikon oloissa. Vannepaju (*Salix burjatica*) on parhaimmillaan yhtä satoisa kuin koripaju, mutta useimmat vannepajun kloonit ovat arkoja *Melampsora*-ruosteelle.

Suositeltavat koripajun kloonit Suomen etelärannikon ilmasto-oloihin ovat ruotsalaiset 78183 ja 78021 sekä suomalainen E7888 Somero. Niiden mahdollinen viljelyalue rajoittuu kuitenkin Salpausselän eteläpuolelle ja lounaisrannikolle, hyväkuntoisille kivennäismaan pelloille. Vannepajun kloonien viljelyvarmuus on niin heikko, että nykyisiä jalosteita ei voi suositella käytännön viljelyyn.

Koripajulla ja vannepajulla on huomattava lajin sisäinen (kloonien välinen) vaihtelu. Mitä tahansa kloonia ei voi suositella viljelyyn. Suosituksen on perustuttava pitkäaikaiseen (esimerkiksi 10 vuoden) näyttöön vaihtelevissa sääoloissa. Jaksoon on kuuluttava vähintään yksi ankara talvi. Kloonien välinen vaihtelu antaa hyvät mahdollisuudet suunnitelmalliselle kasvijalostukselle.

Peltojen menestyksekäs viljely lyhytkiertopajuilla perustuu huolelliseen ennakkomuokkaukseen, rikkakasvien torjuntaan ennen viljelyä ja pari vuotta viljelyn jälkeen, sekä voimaperäiseen hoitoon koko pajun kiertoaikana. Lyhytkiertometsitykseen ei riitä sama voimaperäisyyden aste kuin on tarpeen peltojen metsityksessä pitkän kierron puulajeilla.

Peltojen metsänviljely lyhytkiertopajuilla vaatii viljelijältä saman tason tietotaidon ja viljelyasenteen kuin on tarpeen sokerijuurikkaan viljelyssä. Vaatimus koskee erityisesti valmiutta rikkakasvien täsmätorjuntaan viljelyä edeltävänä vuonna ja heti viljelyn jälkeen.

Riittävän vesomisen varmistamiseksi pajun lyhytkiertoviljelmä on leikattava jo ensimmäisen vuoden jälkeen. Pajun lyhytkiertoviljelyssä on tavoiteltava suurta vesalukua. Pajukon satoisuus on olennaisesti suhteessa vesalukuun, ei niinkään näennäisen hyvään pituuskasvuun.

Kun peltojen metsänviljelyyn valitaan lajiksi satoisa lyhytkiertopajun klooni, ja viljelyyn voimaperäinen, huolellinen ote, hyväkuntoisilla Suomen etelärannikon pelloilla on mahdollisuus huomattavan hyväkasvuisiin ja runsassatoisiin viljelmiin. Viljelyvarmoilla, tasaisen hyväsatoisilla ja talvenkestävillä koripajun klooneilla on mahdollista saavuttaa pitkän ajan puuvartisen biomassan keskikasvu 10–12 tn/ha/a, tilavuusmitassa 30–35 m^3/ha/a.

Johdanto

Lyhyttä kuitua lyhyellä kierrolla

Teollista käyttöä tavoittelevan metsäpuiden lyhytkiertoviljelyn varhaisimman kokeen lienee perustanut yhdysvaltalainen poppelin jalostaja Ernst J. Schreiner 1931 (Schreiner 1970). Hän koeviljeli Mainen osavaltioon, Oxford Paper -yhtiön maalle 15 poppelikloonia. Viljelytiheys oli perinteistä metsänviljelyä suurempi, sillä pistokkaat istutettiin tiheyteen 1,2 x 0,3 metriä (1 x 4 jalkaa), eli noin 27000 tainta hehtaarille. Schneiner mittasi poppelinvesojen biomassan tuotoksen neljän vuoden iässä. Tulos oli hämmästyttävä. Tiheään viljelty poppelinvesakko oli tuottanut puubiomassaa (runko ja kuoret, ei lehtiä) keskimäärin 5,1 tn/ha/a, ja paras klooni 7,1 tn/ha/a. Kiintokuutioiksi laskien, käyttäen kuiva-tuoretiheyttä 330 kg/m^3, keskituotos kaikille klooneille oli 15,4 m^3/ha/a. Paras klooni kasvoi 21,5 m^3/ha/a. Schreiner päätteli, että voimaperäisesti viljellen ja käyttäen lyhyttä kiertoaikaa puubiomassaa voi tuottaa merkittävästi enemmän kuin luonnonmetsät tai pitkäkiertoiset viljelymetsät tuottavat keskimäärin. Hän esitti 1930-luvun puolivälissä Oxford Paper -yhtiölle ajatuksen poppelin lyhytkiertoviljelystä laajemmassa kuin koemittakaavassa. Ajatus ei kuitenkaan saanut kannatusta, ehkäpä siksi että selluteollisuudella ei ollut vielä 1930-luvulla sopivaa menetelmää lyhytkuituisen massan keittoon. Suomessa metsäpuiden lyhytkiertoviljelyn tausta juontuu toisen maailmansodan jälkeiseen nousukauteen. 1940-luvun lopulla maassamme virisi huoli, että paperiteollisuus voi ajautua raaka-aineen pulaan, ellei luonnonmetsien kasvatus tehostu tai ellei puuta viljellä lisää. Raaka-aineen laskelmat osoittivat myös, että pelkkä talousmetsien mänty ja kuusi eivät tulisi riittämään. Lyhyt lehtipuun kuitu oli hyväksyttävä paperin valmistukseen pitkän havukuidun rinnalle.

Serlachiuksen ja Sarvaksen pistokastuonti 1953

Vuonna 1953 metsäteollisuusmies, sittemmin vuorineuvos Ralph Erik Serlachius ja metsäntutkija, sittemmin Metsäntutkimuslaitoksen ylijohtaja Risto Sarvas etsivät koeviljelyyn Suomessa vielä kokeilemattomia lehtipuita. Schreinerin tavoin he päättelivät, että teollisuus saa lisäkuitua nopeasti, kun metsänviljelyyn valitaan lyhytkiertoinen lehtipuu. He päätyivät Tanskassa maineikkaaseen, kloonina viljeltävään vannepajuun *Salix* "Aquatica Gigantea Nro 56". Mainesanan tälle lajille olivat antaneet Itämeren rantavaltioiden tynnyrintekijät, jotka ostivat vannepajujen raippoja tynnyriensä sidosvanteiksi. Vannepajun klooni Nro 56 kuuluu Siperiasta alunperin löytyneisiin, helposti viljeltäviin, oksatonta ja paksuhkoa vesaa kasvaviin viljelypajuihin. Tanskassa annetun kauppanimen (Aquatica Gigantea) käännöksenä kloonin suomalaiseksi nimeksi vakiintui jättimäinen vesipaju tai pelkkä vesipaju. Nimi on kuitenkin huono ja harhaanjohtava. Lajinimenä sille ja muille läheisille klooneille kuvaavampi on vannepaju, *Salix burjatica* Nasarov (Pohjonen 1987). Vannepajuja ei ollut kokeiltu Suomen metsänviljelyssä aikaisemmin. Koripajuja 1940- ja 1950-luvun vaihteessa tutkinut Eeva Relander (sittemmin Tapio) tosin tunsi ne. Hän oli tuonut tynnyrinvanteen tuotantoon muun muassa pienehkön erän kloonin Nro 56 pistokkaita. Serlachius ja Sarvas hankkivat kloonia kuitenkin ensimmäisen merkittävän erän. Tanskasta tuotiin 5000 pisto-

kasta. Ne viljeltiin Metsäntutkimuslaitoksen kokeisiin Tuusulaan, Lapinjärvelle ja Punkaharjulle (Hagman 1976). Parhaiten juurtuneet vannepajun pistokkaat kasvoivat Metsäntutkimuslaitoksen koekentillä emopuiksi. Niiden menestymistä, talvehtimista, kasvunopeutta ja kasvutapaa seurattiin 1950- ja 1960-luvulla muiden vierasperäisten puiden rinnalla. Emopuista leikattiin pistokkaita koristepensaiksi. Vannepaju levisi puutarha- ja pensasaitapajuna Etelä-Suomeen. Kun pajun lyhytkiertoviljelyn tutkimus virisi myöhemmin 1960- ja 1970-luvulla, Serlachiuksen ja Sarvaksen tuomat emopuut olivat koemetsien tärkein pistokkaiden lähde. Serlachiuksen ja Sarvaksen ajatus vannepajun kasvattamisesta kuiduttavan teollisuuden raaka-aineeksi oli metsäpuiden lyhytkiertoviljelyn suomalainen, varhainen ehdotus. Kuten Schreinerin ehdotukselle oli käynyt 20 vuotta aikaisemmin, ei myöskään Serlachiuksen ja Sarvaksen ehdotus johtanut koeviljelyyn, ei ainakaan sillä nopeudella ja siinä laajuudessa, kuin he ehkä 1953 ajattelivat. Kuitupaju jäi hybridihaavan (*Populus* x *wettsteinii*) varjoon. Jalostettujen haapojen ja poppeleiden kasvu- ja laatuominaisuudet tuntuivat 1950-luvulla pajua lupaavammilta.

Gustaf Sirén viljeli ensimmäiset kokeensa 1955

Vuonna 1955 Pohjois-Suomen metsäntutkija Gustaf Sirén perusti Rovaniemelle, Mortin taimitarhalle ensimmäiset metsäpuiden lyhytkiertoviljelyn kokeensa. Siréniä kiinnosti hybridipoppeleiden (mm. *Populus* x *euramericana*) kasvuvoima. Ensimmäiset maastoon viljellyt kenttäkokeet tuhoutuivat kuitenkin parissa vuodessa hirvi- ja jänistuhoihin. Muutamia hybridipoppelin taimia viljeltiin Lapinjärvelle (Uudenmaan lääniin) pihapuiksi. Ne lähtivät nopeaan kasvuun. Ajatus nopekasvuisista vesovista puista jäi askarruttmaan Sirénin mieltä. Sirén nimitettiin metsänviljelyn professoriksi Ruotsiin 1965. Samana vuonna hän aloitti nopeakasvuisten lehtipuiden kasvatuksen Laxån taimitarhalla, lähellä Örebron kaupunkia. Ensin hän kokeili hybridipoppeleita, mutta jo varhain mukaan tulivat nopeakasvuiset pajut. Laxån tutkimusvaihe kesti vuoteen 1973. Kokeet siirtyivät Bogesundiin, Tukholman lähistölle. Bogesundissa Sirén oivalsi, mikä merkitys vesojen kasvuvoimalla on. Kun hän kasvatti poppeleita ja pajuja taimitarhan penkissä vesoina, säännöllisesti kasteltuina ja riittävästi lannoitettuina, hänen huomionsa kiinnittyi pian voimallisesti kasvaviin vesoviin ja pensastaviin pajuihin.

Lyhytkiertoviljelyä pelloille

Helsingin yliopiston metsänhoidon professori Paavo Yli-Vakkuri kiinnostui nopeakasvuisten pajukasvien heimosta (Salicaceae) 1960- ja 1970-luvun vaihteessa. Kiinnostuksen herätti Suomessa ennen kokematon metsänviljelyn haaste. Ensimmäisen kerran taloushistoriamme aikana metsänviljelyyn tuli 1960-luvun puolivälissä tarjolle runsaasti hyvälaatuista, viljavaa peltoa. Suomalaisen pellon perinteiset tuotteet leipä- ja rehuvilja, kuten karjatalouskin, olivat ylittäneet omavaraisuuden. Peltoa alkoi vapautua viljoilta ja nurmelta vuosi vuodelta yhä enemmän. Liikapelloille haettiin vaihtoehtoja. Niistä helpoin, peltojen jättäminen maksusta viljelemättä määräajaksi, oli vain tilapäinen ratkaisu, sillä ns. peltopaketoinnin päätyttyä ylituotannon saattoi ennustaa ole-

van entistä selvempää. Toinen vaihtoehto, peltojen jättäminen heitteille, metsittymään omia aikojaan, tuntui luonnonvaran tuhlaukselta. Kolmas vaihtoehto oli metsänviljely pelloilla. Se tuntui luontevalta Suomeen. Metsänviljely pelloilla käynnistyi 1968. Aluksi viljeltiin perinteisen metsänviljelyn opein pitkän kiertoajan puita: mäntyä, kuusta ja koivua. Maanviljelijät kuitenkin vieroksuivat pitkän kierron puulajeja. He näkivät metsänviljelyn peltojen metsityksenä, paluuna taaksepäin talouden kehityksessä. Yli-Vakkuri ja hänen oppilaansa etsivät peltojen metsänviljelyyn vaihtoehtoa. Pitkän kierron puulajien ja laajaperäisen kasvatuksen oheen kaivattiin nopeakasvuisia, lyhyen kierron kuitupuita ja niiden voimaperäistä kasvatusta. Yli-Vakkurin koulukunta otti tavoitteekseen aktiivisen ja eteenpäin katsovan metsäpuiden viljelyn pelloilla, ei passiivisen ja taaksepäin katsovaa peltojen metsitystä. Vuonna 1971 valmistui perusselvitys pajujen mahdollisuuksista pellolle viljeltävien puiden jalostuksessa (Malmivaara ym. 1971). Koska pajuja oli tuskin lainkaan jalostettu metsänviljelyyn, luonnonvaraisten pajujen elinvoima oli metsäpuiden jalostajalle haaste: voisiko peltoheittoja vaivaavan pajun kasvuvoiman kääntää viljelijän hyödyksi. Pajut ovat nopeakasvuisia elinkaarensa alkuvaiheessa. Pajut kukkivat ja siementävät nopeasti. Valinnalla ja risteytyksin pajusta oli ilmeisen mahdollinen jalostaa peltojen metsänviljelyyn vielä luonnonpajuja sitkeämpiä, vielä entistä paremmin heinän kanssa kilpailevia ja vielä entistä nopeakasvuisempia lajikkeita. Pajulajikkeiden jalostuksen arvioitiin johtavan nopeasti sadon nousuun samoin kuin poppelilla oli tapahtunut. Uuden pajulajikkeen jalostusarvo säilyy, koska pajua voi lisätä kloonaamalla viljelemällä seuraavan sukupolven emopuusta lisättyinä pistokkaina. Aluksi jalostuksen päähuomion saivat puumaiset, Suomessa talvenkestävät pajut. Niiden optimikiertoajaksi Suomen pelloilla arveltiin 20 vuotta. Kiertoaika perustui valkopajun (*Salix alba*) ja salavan (*Salix fragilis*) viljelystä ja metsänhoidosta ulkomailla saatuihin kokemuksiin. Nopeakasvuista, vartevaa valkopajua kasvoi viljelypuuna kymmenien tuhansien hehtaarien alalla Tonavan alajuoksulla Etelä-Euroopassa ja Paraná-joen varrella Argentiinassa. Valkopaju ja salava olivat poppelin ja hybridihaavan jälkeen pajukasvien heimon lupaavimmat puut. Valkopaju ja salava eivät kasva Suomessa alkuperäisinä. Jalostettu valkopaju tuntui silti lupaavalta, sillä eräs valkopajun klooni, hopeapaju (*Salix alba* 'Sibirica') talvehtii ja kasvaa tyvekkäänä puistopuuna Perämeren pohjukkaan asti.

Kanadasta yhden vuoden kasvatus

Vuonna 1971 Kanadasta kantautui tieto lyhytkiertopuun uudesta kasvatusmenetelmästä. Poppelin tutkija Louis Zsuffa oli vertaillut kolmen valitsemansa poppeliristeymän kasvua istuttamalla ne samantapaiseen tiheyteen, 37000 kappaletta hehtaarille, kuin Schreiner 40 vuotta aikaisemmin. Zsuffa mittasi poppeliklooniensa kasvun jo vuoden kuluttua istutuksesta. Mittaus tuotti vielä hämmästyttävämmän tuloksen kuin Schreinerin koe 1935. Paras klooni kasvoi tuoretta puubiomassaa (runko ja oksat kuorineen, ei lehtiä) 47 tonnia hehtaarille (tn/ha) vuodessa. Kuutiokasvuksi Zsuffa laski 64 kiintokuutiota hehtaarille vuodessa (poppelinvesan kuiva-tuoretiheys on 330 kg/m^3; tuoremassassa on 55 prosenttia vettä). Poppelivesakon kasvunopeus askarrutti metsäntutkijoita sekä Kanadassa että Suomessa; ilmasto-olommehan eivät juuri poikkea toisistaan. Suomen metsien runkopuun keskikasvu 1970-luvun alussa oli 2,6 m^3/ha/a. Vilja-

villa metsämailla 10 kiintokuution keskimääräinen vuosikasvu on sekä kuusikoissa että koivikoissa verraten yleinen. Noin 35-vuotiaana täystiheät viljelykuusikot kasvavat käenkaali-oravanmarjatyypillä parhaana vuonnaan 14 m^3/ha/a (Koivisto 1959). Tiheänä vesakkona kasvavan poppelikon puubiomassan kasvunopeus nousi perinteisiin metsänkasvun lukemiin verrattuna aivan omalle tasolleen. Jos perinteinen puunkasvatus tavoittelee runkopuuta, Zsuffan kasvatus tavoitteli vain puubiomassaa. Häntä ei kiinnostanut, missä muodossa biomassa oli. Vastaväitteet runkomaisen sadon paremmuudesta vesasatoon verrattuna Zsuffa kuittasi toteamalla, että kuituteollisuus tarvitsee puusta lopulta vain kuitua. Zsuffan havainnot vuonna 1971 merkitsivät käännettä metsäpuiden lyhytkiertoviljelyssä. Zsuffa oivalsi ensimmäisenä vesakkona kasvavan viljelmän massalain. Suuri biomassan kasvunopeus seuraa vesojen lukumäärää, ei runkomaisten lyhytkiertopuiden näennäisen hyvää pituuskasvua.

Rovaniemen koe 1973

Pajun jalostusta koskevien tutkimusten ja Kanadasta kantautuneiden vesakkopoppelin kasvutietojen pohjalta metsäpuiden lyhytkiertoviljelyn tutkimus tiivistyi myös Suomessa. Keväällä 1973 viljeltiin uusi runkomaisten ja pensastavien lyhytkiertopuiden vertailu (Pohjonen 1974). Koepaikaksi tuli, osaksi sattumalta, Perä-Pohjolan koeasema Rovaniemellä. Lyhytkiertopuut viljeltiin koeaseman hyväkuntoiselle, nurmiviljelystä kynnetylle turvemaan pellolle. Jo 1970-luvun alussa se oli tyypillistä pohjois-suomalaista peltomaata, jolle maatalous etsi uutta tuotantoa. Lyhytkiertoviljelyyn valittiin neljä puulajia: runkomaiset harmaaleppä (*Alnus incana*) ja hybridihaapa sekä pensastavat kiiltopaju (*Salix phylicifolia*) ja Tanskasta tuotu vannepajun klooni Nro 56. Harmaaleppä ja hybridihaapa viljeltiin siementaimina, koska ne eivät juurru pistokkaana. Kiiltopaju ja vannepaju ovat sensijaan aitoja vesovan lyhytkiertoviljelyn puulajeja. Ne voi istuttaa emopuusta leikattuina pistokkaina. Zsuffan kokeen tavoin Rovaniemen lyhytkiertoviljelmää kasvatettiin vain yksi vuosi. Zsuffan kokeen tavoin vesasatojen mittaus tuotti hämmästyttävän tuloksen. Vannepaju kasvoi hehtaaria kohti tuoretta puubiomassaa 39 tn/a (Kanadan kokeessa 47). Kiiltopaju kasvoi vastaavasti 27, hybridihaapa 19 ja harmaaleppä 11 tonnia. Runsaasti vesovien, yksivuotisten pajujen kasvuvoimaa korosti vielä se, että siementaimista kasvaneet hybridihaapa ja harmaaleppä olivat mittaushetkellä itse asiassa jo kahden vuoden ikäisiä. Runsaasti vesovilla puilla suuren biomassatuotoksen saavuttaminen on helpompaa kuin runkomaisilla puilla. Vesovien pajujen kasvuvoimaa ilmentää niiden pistokkaiden juurtumisalttius. Kasvuvoima toteutuu käytännön lyhytkiertoviljelyssä vasta, kun kasvusto kasvaa riittävän tiheänä, yli 100000 vesaa hehtaarilla. Näin suureen vesalukuun pääsee esimerkiksi, kun viljelytiheys on 20000 pistokasta hehtaarille, ja kun jokaisesta pistokkaasta kasvaa vähintään 5 vesaa. Rovaniemen koe ohjasi metsäpuiden lyhytkiertoviljelyä vesovien pajujen suuntaan. Koska Serlachiuksen ja Sarvaksen aikoinaan tuoma vannepaju kasvoi kiistatta parhaiten, sen viljelyominaisuudet kannatti selvittää tarkemmin. Toisaalta kotimaisten pajujen kasvuvoimakin näytti lupaavalta, semminkin kun vannepajun talvehtiminen tiedettiin jo Eeva Tapion kokeista heikoksi sekä Keski- että Pohjois-Suomessa. Rovaniemen koe tuki myös Kanadassa virinnyttä ajatusta, että metsäpuiden lyhytkiertoviljelyssä voi olla mahdollinen myös lyhin, vain yhden vuoden

kiertoaika. Vesojen paleltumisesta syksyisin tai talvisin ei tarvitsisi kantaa huolta, jos riittävän suuren vesasadon voisi korjata vuosittain. Vannepajun kantojen arvioitiin talvehtivan lumen alla ja kasvavan taas seuraavana kesänä uuden vesasadon. Vannepajun osalta arvio oli Rovaniemelle väärä. Vuosien 1974–1976 koe näytti, että vannepaju ei kestä napapiirin talvea edes juurina (Pohjonen 1985).

Metsänjalostussäätiö etsi lisää lyhytkiertopajuja

Metsänjalostussäätiö aloitti 1973 lyhytkiertoviljelyyn sopivien, Suomesta löytyvien pajulajien ja kloonien valinnan. Ensimmäisessä vaiheessa säätiö keräsi eri puolilta Suomea runkomaisia, pituuden perusteella nopeakasvuiselta näyttäviä pajuja. Vuosina 1973–1975 löytyi 375 lupaavaa kloonia. Pääosa keräyspajuja oli kotoperäisiä: raitaa (*Salix caprea*), halavaa (*Salix pentandra*), mustuvapajua (*Salix myrsinifolia*) ja kiiltopajua (*Salix phylicifolia*). Osa keräyksen tuloksista oli Etelä-Suomessa koristepuina kasvavia vierasperäisiä pajuja, kuten valkopajua, salavaa ja vannepajuja. Voimakkaasti pensastavaa koripajua Metsänjalostussäätiön keräykseen ei kuitenkaan sattunut. Keräyksen parhaat, juurtuvat lythytkiertopajut viljeltiin kahteen laajaan vertailukokeeseen Nurmijärvelle, etelä-suomalaisen kivennäismaan pellolle. Ensimmäinen viljelykoe oli kolmivuotinen, 1975–1977. Vannepaju oli molempien kokeiden perusteella ylivoimainen kotimaisiin pajuihin verrattuna. Kolmen vuoden kokeessa satoisin oli klooni *Salix burjatica* V769 Lieto, joka tuotti tilavuusmitassa laskien 44 m^3/ha/a. Metsänjalostussäätiön keräyksessä tämä klooni löytyi Liedon taimitarhalta. Kloonin alkuperää ei pystytty jäjittämään. Viiden vuoden kokeessa paras vannepajun klooni, *S. burjatica* V768 Jyväskylä, tuotti 26 m^3/ha/a. Tämä klooni löytyi jyväskyläläiseltä mehiläistarhurilta, mutta tämänkään kloonin alkuperää ei enää pystytty jäljittämään. Klooni V769 Lieto tuotti lähes yhtä hyvin, 23 m^3/ha/a. Kolmanneksi paras klooni (22 m^3/ha/a) oli *S. burjatica* V761 Mikkeli. Se löytyi keräyksen yhteydessä Mikkelissä kasvavasta pensasaidasta. Myöhemmin selvisi, että klooni oli sama, minkä Eeva Tapio toi vannepajukokeisiinsa 1940-luvun lopulla. Vannepajun kasvuvoima tuntui 1970-luvun kokeiden perusteella kiistattomalta kotimaisiin pajuihin verrattuna. Rovaniemen kokeen ja kahden Nurmijärven kokeen perusteella se oli lupaavin lyhytkiertopaju, johon metsäpuiden lyhytkiertoviljelyn tutkimus kannatti suunnata.

Lyhytkiertoviljelyn tutkimuksen suuntaaminen 1970- ja 1980-luvun vaihteessa

Metsäntutkimuslaitoksessa käynnistyi 1978 kymmenvuotinen energiametsien tutkimushanke, PERA-projekti (puu energiaraaka-aineena). Sen keskeisenä lyhytkiertoviljelyn tavoitteena oli kehittää nimenomaan vannepajulle sopivat viljelymenetelmät. Viljelymaita oli saatavana Keski- ja Pohjois-Suomen pakettipelloilla ja turvesuon pohjilla. Keväällä 1980 Tanskasta hankittiin koeviljelyyn 100 000 kappaletta lisää vannepajun Nro 56 pistokkaita. Samana keväänä silloiselle Kannuksen energiametsäkoeasemalle (nyk. tutkimusasemalle) viljeltiin hehtaarin laajuinen vannepajun koe, jossa vertailtiin kuutta eri kloonia. Viljelmää kohtasi kuitenkin yllättävä takaisku. Toisena kasvuvuonnaan siihen iskeytyi ruostesieni. Se lamautti hyvin kasvuun lähteneiden van-

nepajun vesojen elinvoiman. Syyskesällä 1981 viljelmä oli kauttaaltaan ruosteen saastuttama. Vannepajun lehdet mustuivat. Heikentyneet vesat eivät kestäneet talvea, ja kasvusto paleltui kantoa myöten. Myös seuraava kantovesakko kasvoi heikentyneenä. Heinät saivat kasvustosta yliotteen, ja vuoden 1982 kasvu oli jo lähes olematon. Tuhoutuneena viljelmä oli kynnettävä nurin 1983. Syypää oli pajun ruosteisiin kuuluva *Melampsora sp.*, jonka väli-isännäksi pääteltiin Kannuksen taimitarhalla pienenä metsikkönä kasvava lehtikuusi. Kannuksen vannepajuviljelmä antoi merkittävän tiedon metsäpuiden lyhytkiertoviljelyyn. Yhden kloonin monokulttuurina viljelty metsikkö on altis tuhoille. Jotta mahdolliset tuhot voi todeta, koeviljelmiä on kasvatettava riittävän laajoina, vähintään hehtaarin metsikköinä ja riittävän pitkän, vähintään 10 vuoden ajan. Koejaksolle tulisi myös sattua ainakin yksi ankara pakkastalvi. Kannuksessa koettu tuho lopetti vannepajun tutkimuksen kivennäismaiden pelloilla. Se jatkui kuitenkin perustutkimuksena turvesuon pohjilla. Lyhytkiertoviljelyn tutkimus pelloilla siirtyi uuteen vaiheeseen. Etelärannikolla alkoi koripajun viljelytutkimus Ruotsissa saatujen kokemusten mukaan.

Imatran Voima Oy:n lyhytkiertokokeet 1983–1993

Koejärjestelyt

Vuonna 1983 Imatran Voima Oy aloitti 10-vuotisen lyhytkiertopajujen kasvatustutkimuksen Kopparnäsin energiapuiston pelloilla Inkoossa. Tutkimuksen perusaineisto koostui 63 pajukloonista, jotka Gustaf Sirén oli valinnut Ruotsin vastaavasta koeohjelmasta. Kloonit tuotiin Suomeen pistokkaina keväällä 1983. Suomalaisia klooneja kokeeseen valittiin vertailuun kaksi: *Salix viminalis* E7888 Somero ja *Salix burjatica* E7899 Parainen. Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa testattavien kloonien lukumäärä oli siten 65 (taulukko 1). Useimmat (31) klooneista olivat koripajuja. 16 kloonia kuului vannepajuihin (todennäköisimmin lajiin *S. burjatica*, osa mahdollisesti hybridiin *S x dasyclados*). Mukana oli myös 6 raidan ja koripajun risteymähybridiä *Salix x smithiana* (*S. caprea x S. viminalis*). Yhdeksän Ruotsista tuoduista klooneista oli alunperin viety Suomesta. Ne voivat esiintyä eri kokeissa vuoroin suomalaisella, vuoroin ruotsalaisella klooninumerolla. Erityisesti kaksi vannepajun kloonia on nimetty monin tunnuksin. Alkuperäinen Tanskan tuonti *Salix burjatica* 'Aquatica no 56' sai Suomessa numeron E4856. Ruotsissa sama klooni kulkee numeroilla 77056 ja 88003. Eeva Tapion Suomeen tuoma (vrt. Pohjonen 1987) hybridi *Salix x dasyclados* on saanut Suomessa tunnuksen V761 Mikkeli ja Ruotsissa numeron 77075. Lisätietoa lyhytkiertopajujen kloonitunnuksista on antanut Pohjonen (1991). Gustaf Sirén toi lyhytkiertopajuja Suomeen toisenkin erän, keväällä 1992. Tuodut kloonit olivat valittuja risteytyksiä ruotsalaisen jalostusohjelman toisesta vaiheesta. Useimmilla klooneilla oli jo lajikenimi (taulukko 2). Ensimmäisenä koevuonna (1993) pistokkaat viljeltiin rivikokeeksi, kahteen toistoon. Rivien tilajärjestys oli Ruotsissa kehitetty: paririvit, jossa rivien väli oli 70 cm, parien väli 130 cm ja pistokkaiden väli rivien sisällä 50 cm. Jokainen rivi koostui yhdestä kloonista. Rivi oli 50 metriä pitkä, ja siinä oli 100 pistokasta. Koe leikattiin kantoon ensimmäisen kasvuvuoden jälkeen, ja syntynyttä vesakkoa kasvatettiin vuodet 1984–1986 (Rivikoe Ia). Toinen toistoista korjattiin kasvu-

kauden 1986 jälkeen. Kasvamaan jäänyttä toistoa seurattiin erikseen vuodet 1984–1987 (Rivikoe Ib). Uudelleen vesotettua toistoa seurattiin vuodet 1987–1989 (Rivikoe II). Rivikoe Ib korjattiin kasvukauden 1987 jälkeen, ja sen kantovesakkoa seurattiin vuodet 1988–1989 (Rivikoe III).

Taulukko 1. IVO:n Energiapuistoon, Inkoon Kopparnäsiin keväällä 1983 valitut lyhytkiertopajujen kloonit. Avain lyhenteille: bur – *S. burjatica* (vannepaju), das – *S. dasyclados* (vannepaju), sch – *S. schwerinii* (ruskopaju), vim – *S. viminalis* (koripaju), und – *S. x undulata*, smi – *S. smithiana*, fra – *S. fragilis* (piilipuu), rub – *S. x rubens*, alb – *S. alba* (valkopaju), sal – *Salix sp.* (tunnistamaton), pen – *S. pentandra* (halava), tri – *S. triandra* (jokipaju). Alias kuvaa koonille aikaisemmin käytettyä tunnusta.

Kloonitunnus	Alias	Laji	Kloonitunnus	Alias	Laji
77056	56	bur	78166	L78-166	sal
77075	75	das	78183	L78-183	vim
77077	77	sch	78195	L78-195	vim
77082	82	vim	78196	L78-196	bur
77083	83	und	78198	L78-198	vim
77192	192	smi	79004	L79-4	vim
77590	590	fra	79026	L79-26	vim
77666	666	smi	79036	L79-36	vim
77670	670	smi	79046	902	vim
77681	681	smi	79050	809	vim
77683	683	vim	79052	908	bur
77690	690	smi	79054	JGT	bur
77699	699	vim	79069	E78-22	sch
77801	801	vim	79097	CSD1	bur
77802	802	rub	79113	CSV2	vim
77803	803	alb	79118	LSL5	sal
78003	L78-3	vim	80049	L80-49	vim
78013	L78-13	vim	80051	L80-51	vim
78021	L78-21	vim	80072	GB80-2	vim
78022	L78-22	sal	80073	GB80-3	vim
78044	L78-44	bur	81090	8100	bur
78060	L78-60	bur	81091	8101	smi
78090	L78-90	vim	81092	8102	vim
78091	L78-91	vim	81095	8103	pen
78101	L78-101	vim	82055	P6011	bur
78102	L78-102	vim	82056	E7894	bur
78104	L78-104	bur	82057	P6010	tri
78112	L78-112	vim	82067	E7901	vim
78115	L78-115	vim	88003	4856	bur
78118	L78-118	vim	88005	V768	bur
78120	L78-120	vim	E7888	Somero	vim
78133	L78-133	bur	E7899	Parainen	bur
78146	L78-146	bur			

Keväällä 1984 Kopparnäsiin viljeltiin ensimmäinen ruutukoe (7,5 x 7,5 metrin ruuduin). Koe leikattiin kantoon ensimmäisen kasvuvuoden jälkeen (1984) ja uudelleen seuraavan vuoden (1985) jälkeen hirvi- ja myyrätuhojen vuoksi. Ruutukokeen sato määritettiin ensimmäisen kerran kasvukauden 1986 jälkeen (Ruutukoe IVa). Sen jäl-

keen koetta seurattiin Ruutukokeena IVb kasvukaudet 1987–1989, ja edelleen Ruutukokeena IVc vuodet 1990–1991. Puolet ruutukokeesta korjattiin kasvukauden 1991 jälkeen ja sen vesakkoa seurattiin vuodet 1992–1993 ruutukokeena IVd.

Keväällä 1986 Kopparnäsiin viljeltiin toinen ruutukoe edellistä suuremmin ruuduin (15 m x 15 m). Se leikattiin kantoon ensimmäisen kasvuvuoden jälkeen. Sadonmuodostusta seurattiin Ruutukokeena Va vuodet 1988–1989. Puolet kokeen ruuduista kasvoi korjaamatta kasvukauden 1991 yli (Ruutukoe Vb) ja edelleen kasvukauden 1993 yli (Ruutukoe Vc). Toinen puoli kokeen ruuduista leikattiin vuoden 1990 jälkeen, ja sen kantovesakkoa seurattiin vuosi 1991 (Ruutukoe Vd).

Keväällä 1991 Kopparnäsiin perustettiin uusi sarja ruutukokeita. Vuonna 1983 tuoduista klooneista oli seuloutunut jatkotutkimuksiin kuusi kappaletta: koripaju 78183, koripaju E7888 Somero, koripaju 78021, vannepaju V761 Mikkeli, vannepaju 81090 ja valkopaju 77803 (*Salix alba*). Ne viljeltiin 13 x 13 metrin ruuduin, leikattiin kasvukauden 1991 jälkeen ja seurattiin Ruutukokeena VI vuodet 1992–1993. Toinen kevään 1991 ruutukoe perustettiin seuraavin valituin kloonein: koripaju 79046, koripaju 78198, koripaju 78118, koripaju 79004 ja vannepaju E7899 Parainen. Myös ne viljeltiin 13 x 13 metrin ruuduin ja korjattiin kasvukauden 1991 jälkeen. Koetta seurattiin Ruutukokeena VII vuodet 1992–1993.

Kolmas kevään 1991 ruutukoe oli koripajun E7888 Somero ja Vannepajun V761 Mikkeli viljelytiheyskoe. Kokeiltavat tiheydet olivat 10000, 15000 ja 20000 pistokasta hehtaarille. Koe viljeltiin 13 x 13 metrin ruuduin, korjattiin kasvukauden 1991 jälkeen, ja sitä seurattiin Ruutukokeena VIII vuodet 1992–1993.

Kopparnäsin koealueen viimeinen koe viljeltiin keväällä 1992. Kokeeseen valittiin kaksi menestyneintä koripajun kloonia: 78183 ja E7888 Somero, sekä Ruotsista 1992 tuodut uudet jalosteet (taulukko 2). Koe viljeltiin 13 x 13 metrin ruuduin, korjattiin kasvukauden 1992 jälkeen, ja sitä seurattiin Ruutukokeena IX vuosi 1993. Kopparnäsin kokeiden yhteenveto on taulukossa 3.

Taulukko 2. IVO:n Energiapuistoon, Inkoon Kopparnäsiin keväällä 1992 Ruotsista tuodut koripajun jalosteet.

Kloonitunnus	Lajikenimi	Alkuperä
810217	Eva	tuntematon
811110	Lisa	tuntematon
812509	-	tuntematon
821624	Hanna	78021 x 79065
832501	Marie	78112 x 77683
832502	Anki	78112 x 77683
832503	Gustaf	78021 x 78013

Ensimmäinen koejakso 1983–1986

Kopparnäsin lyhytkiertokokeiden ensimmäinen jakso kesti neljä vuotta, 1983–1986. Jaksolla kasvoivat Rivikoe Ia (viljelyvuosi 1983) ja Ruutukoe IVa (viljelyvuosi 1984). Rivikoe Ia mitattiin kolme kertaa (syksyisin 1984, 1985 ja 1986) ja Ruutukoe IVa

kerran (1986). Ensimmäinen koejakso oli luontevaa päättää talvikauden 1986–1987 poikkeuksellisen koviin pakkasiin.

Jo Rivikokeen Ia ensimmäinen mittaus syksyllä 1984 antoi lupaavia kasvutuloksia (taulukko 4). Koko kokeessa, kaikkien 33 kloonin keskimääräinen vuosikasvu oli kuivamassana 4,5 tn/ha/a ja tilavuusmitassa 16,0 m^3/ha/a. Parhaiten kasvoi vannepajun klooni 78196 (8,6 tn/ha/a tai 30,1 m^3/ha/a), koripajuista taas Ruotsissa tunnettu klooni 78101 (8,4 tn, 29,9 m^3). Kuuluisa Tanskan tuonti, vannepaju no 56 (E4856) pääsi vasta sijaluvulle 19 kuivamassan kasvullaan 5,4 tn/ha/a.

Taulukko 3. Koejärjestelyt Kopparnäsin lyhytkiertopajujen tutkimuksessa 1983–1993.

Koe	Vuodet	Klooneja, kpl	Koetyyppi loppu-lmittauksessa	Juurakon ikä loppumittauksessa	Vesojen ikä
Ia	83-86	33	rivikoe	4	3
Ib	83-87	18	rivikoe	5	4
II	87-89	20	rivikoe	7	3
III	88-89	13	rivikoe	8	3
IVa	83-86	24	ruutukoe	3	1
IVb	83-89	24	ruutukoe	5	3
IVc	83-91	24	ruutukoe	6	4
IVd	91-93	24	ruutukoe	10	3
Va	86-89	10	ruutukoe	4	3
Vb	86-91	5	ruutukoe	6	5
Vc	86-93	5	ruutukoe	8	7
Vd	91	5	ruutukoe	6	1
VI	91-93	6	ruutukoe	3	2
VII	91-93	5	ruutukoe	3	2
VIII	91-93	2	ruutukoe	3	2
IX	92-93	8	ruutukoe	2	1

Taulukko 4. Kymmenen satoisinta lyhytkiertopajun kloonia Kopparnäsin Rivikokeessa Ia syksyllä 1984. Juurten ikä 2 vuotta, vesojen ikä 1 vuosi. Lyhenteet: bur – vannepaju, vim-koripaju, alb – valkopaju. Vesojen kuiva-tuoretiheys 284 kg/m^3. Keskikasvu laskettu kahdelle vuodelle, viljelyvuodesta 1983 lähtien.

Sija	Klooni	Sato tn/ha	Keskikasvu tn/ha/a	Keskikasvu m^3/ha/a
1	bur 78196	17,1	8,6	30,1
2	vim 78101	16,7	8,4	29,4
3	alb 77803	16	8	28,2
4	vim 78013	14,9	7,5	26,2
5	vim 77801	14,5	7,3	25,5
6	bur 78146	13,6	6,8	23,9
7	vim 78183	13,6	6,8	23,9
8	vim 78021	13,6	6,8	23,9
9	bur 78044	13	6,5	22,9
10	vim 79004	13	6,5	22,9
Keskiarvo 33 kloonia		9,1	4,6	16

Taulukossa 4 (ja muissa taulukoissa tämän jälkeen) sadolla tarkoitetaan kasvustossa mittaushetkellä ollutta, 10 cm:n kantoleikon yläpuolista puuvartista biomassaa. Siihen

kuuluvat vesat oksineen, mutta ei lehtiä, eikä kantoa. Sato määritettiin otantamenetelmällä mittaamalla koealoilta vesojen runkolukusarjoja millimetrin tarkkuudella joko 110 cm:n tai 30 cm:korkeudelta, ja muuntamalla runkolukusarjat regressiomalleilla biomassaksi. Kuivamassa muunnettiin tilavuusmitaksi (rungot ja oksat kuorineen m^3/ha) Hytösen ja Fermin (1984) vannepajulle määrittämin kertoimin siten, että 1–8 vuoden ikää vastaavat kuivatuoretiheydet olivat 284, 320, 345, 360, 380, 380, 380 ja 380 kg/m^3. Biomassan keskimääräisen vuotuisen kasvunopeuden laskentaan on huomioitu myös viljelyvuosi, vaikka sen satoa ei normaalisti käytetä hyväksi. Rivikokeen koko sato 9,1 tn/ha kasvoi siten vesomisen jälkeisenä vuonna (1984), mutta keskikasvuun on laskettava kaksi vuotta, viljelmän perustamisesta lähtien.

Kloonien keskinäinen paremmuusjärjestys oli muuttunut jo vuosien 1984 ja 1985 mittausten välillä (taulukko 5). Valkopaju 77803 oli esimerkiksi kolmas 1984 ja ensimmäinen 1985, kun taas koripaju 78183 oli vasta seitsemäs 1984, mutta 1985 jo toinen. Osaksi tämä selittyy todellisilla kasvueroilla kloonien välillä ja eri kloonien erilaisella kasvureaktiolla sääoloiltaan erilaisiin kasvukausiin. Todennäköisimmin järjestyksen heittely johtuu kuitenkin kokeen luontaisesta vaihtelusta (virhehajonnasta). Toistamattomassa kokeessa virhehajontaa on vaikea todeta. Ehkä tärkeämpää kuin yksittäisen kloonin järjestysnumero on kloonin esiintyminen jatkuvasti kärkiryhmässä. Se viestii kloonin keskimääräistä paremmista kasvuominaisuuksita ja tasaisesta sadontuottokyvystä eri kasvukausina eli viljelyvarmuudesta (Kallinen ym. 1976).

Taulukko 5. Kymmenen satoisinta lyhytkiertopajun kloonia Kopparnäsin Rivikokeessa Ia syksyllä 1985. Juurten ikä 3 vuotta, vesojen ikä 2 vuotta. Lyhenteet: alb – valkopaju, bur – vannepaju, vim – koripaju. Vesojen kuiva-tuoretiheys 320 kg/m^3. Keskikasvu laskettu 3 vuodelle, viljelyvuodesta 1983 lähtien.

Sija	Klooni	Sato tn/ha	Keskikasvu tn/ha/a	Keskikasvu m^3/ha/a
1	alb 77803	47,4	15,8	49,4
2	bur 81090	46,3	15,4	48,2
3	vim 78183	44,9	15	46,8
4	bur 78196	38,5	12,8	40,1
5	bur 78044	38,5	12,8	40,1
6	vim 78021	35,8	11,9	37,3
7	vim 78101	34,5	11,5	35,9
8	vim 78198	34,3	11,4	35,7
9	vim 78013	31,3	10,5	32,8
10	vim 78118	30,9	10,3	32,2
Keskiarvo 33 kloonia		27,2	9,1	28,3

Rivikokeen Ia kolmannessa mittauksessa, syksyllä 1986, kloonien paremmuusjärjestys oli taas muuttunut. Nyt satoisin klooni oli koripaju 78101 (taulukko 6). Tämä klooni on Ruotsista, Klippanilta löytynyt suorakasvuinen hedeklooni. Lupaavan satoisana se levisi Ruotsin maatiloille 1980-luvulla. Myöhemmin se osoittautui talvenaraksi niin Ruotsissa kuin Suomessakin. Kymmenestä parhaasta kloonista viisi oli koripajuja, neljä vannepajuja ja yksi valkopaju. Ruotsissa todettu koripajujen paremmuus alkoi paljastua Kopparnäsin kokeessa vuonna 1986. Satoisin suomalainen koripaju E7888 Somero kasvoi 31,9 m^3/ha/a, hivenen keskiarvoa paremmin. Satoisin vannepaju

(52,5 m^3/ha/a) oli Ruotsin Keksnäsistä löytynyt emiklooni 81090. Myös Tanskan tuonti 77056 kasvoi hyvin, 39,1 m^3/ha/a. Nämä molemmat kloonit ovat lamoavia kasvutavaltaan, mikä ei ole korjuun koneellistamisen kannalta eduksi. Valkopaju 77803 oli nyt yhdeksäs. Niin Suomessa kuin Ruotsissa tämä klooni kasvoi joissakin kokeissa verraten hyvin, mutta pitkän aikajakson sarjoissa se karsiutui kärjestä, koska sen talvenkestävyys on heikohko. Runkomaisista pajuista tämä klooni on kuitenkin edelleen lupaavimpia, ja sillä on arvoa risteytysjalostuksessa. Rivikoe Ia kaadettiin syksyn 1986 mittausten jälkeen. Jo tämän ensimmäisen mittaussarjan perusteella oli ilmeistä, että Ruotsista tuodut lyhytkiertopajut olivat ainakin Suomen eteläranikolla satoisampia kuin kotimaasta löytyneet pajut. Tämä johtunee yksinkertaisesti siitä, että ilmasto-oloiltaan suotuisampaan Etelä-Ruotsiin on aikojen saatossa tuotu kori- ja koristepajuiksi verrattomasti enemmän kori- ja vannepajuja kuin Suomeen. Kun satoisimmalle suomalaiselle vertailupajulle E7888 Somero annetaan suhdeluku sata, parhaat ruotsalaiset kori- ja vannepajut olivat 50 – 70 prosenttia satoisampia.

Taulukko 6. Kymmenen satoisinta lyhytkiertopajun kloonia Kopparnäsin Rivikokeessa Ia syksyllä 1986. Juurten ikä 4 vuotta, vesojen ikä 3 vuotta. Lyhennykset: vim – koripaju, bur – vannepaju, alb – valkopaju. Vesojen kuiva-tuoretiheys 345 kg/m^3. Keskikasvu laskettu 4 vuodelle, viljelyvuodesta 1983 lähtien.

Sija	Klooni	Sato tn/ha	Keskikasvu tn/ha/a	Keskikasvu m^3/ha/a
1	vim 78101	75,9	19,0	55,0
2	vim 78198	73,0	18,3	52,9
3	bur 81090	72,4	18,1	52,5
4	bur 78044	67,9	17,0	49,2
5	vim 78183	59,3	14,8	43,0
6	vim 78021	58,8	14,7	42,6
7	bur 79052	56,2	14,1	40,7
8	bur 77056	54,0	13,5	39,1
9	alb 77803	53,0	13,3	38,4
10	vim 78013	50,5	12,6	36,6
Keskiarvo 24 kloonia		42,9	10,7	31,1

Jo Kopparnäsin energiapuiston ensimmäinen koe antoi myös suuntaviittaa ulkomaisten lyhytkiertopajujen optimikiertoajasta. Vaikka kokeen keskimääräinen vuosi kasvu (MAI) nousi toisesta vuodesta neljänteen (16, 28 ja 31 m^3/ha/a), todellinen vuotuinen kasvu (CAI) saavutti huippunsa jo kolmanten vuonna viljelystä (vuodet 2–4, CAI: 32, 53 ja 39 m^3/ha/a). Kopparnäsin rivikokeen 1a perustaminen onnistui hyvin: pistokkaiden juurtumisaste oli korkea ja rikkakasvien torjunta ensimmäisenä kasvukautena lähes täydellinen. Kasvusto sulkeutui jo toisena kasvuvuonnaan. Tällaisissa oloissa lyhytkertopajujen optimikiertoaika voi olla huomattavan lyhyt, 3–4 vuotta.

Rivikokeessa 1a mitattiin merkittävän suuria kasvuja. Sääolosuhteet vuosina 1984–1986 olivat suotuisat eikä talvituhoja ollut. Ensimmäisen kokeen hoito oli myös tavallista voimaperäisempää. Osaksi huipputuloksia selittää rivikokeen järjestely, mikä antaa etua keskiarvoa paremmille klooneille. Tämän ei tulisi kuitenkaan vaikuttaa kokeen keskiarvoon. Edellyttäen, että rivikoe on perustettu riittävän suurena (leveänä),

kaikkien kloonien keskiarvon tulisi asettua samalle satotasolle, mille vastaavanlaajuisena, vastaavankasvuisella kloonilla ja vastaavalla voimaperäisyydellä hoidettu käytännön viljelmä pääsee.

Rivikokeessa otantamenetelmällä syksyllä 1986 laskettu keskimääräinen satotulos todennettiin keväällä 1987 korjaamalla koko koe raivaussahalla 10–15 cm:n kantoon. Rivejä ei korjattaessa eroteltu. Kaikki kloonit vesoineen, oksineen ja latvuksineen kerättiin traktorivaakaan. Keväällä vesoissa ei ollut enää edellisen syksyn lehtiä. Keskimääräiseksi satotulokseksi saatiin 39 tn/ha (kuivamassaa), eli 9 % vähemmän kuin kokeen keskiarvo taulukossa 6. Neljälle vuodelle laskettu korjuussa todettu keskikasvu oli vastaavasti 9,8 tn/ha/a tai 28,3 m^3/ha/a.

Syksyllä 1986 mitattiin myös Ruutukoe IVa ensimmäisen kerran. Sen juurakot olivat kolmen vuoden ja vesat yhden ikäisiä (taulukko 7). Koe oli jouduttu leikkaamaan kantoon poikkeuksellisesti sekä ensimmäisen että toisen vuoden jälkeen talvisten myyrä- ja hirvituhojen vuoksi. Keskikasvu on siksi luontevaa laskea toisesta perustamisvuodesta, 1985 lähtien.

Taulukko 7. Kymmenen satoisinta lyhytkiertopajun kloonia Kopparnäsin Ruutukokeessa IVa syksyllä 1986. Juurten ikä 3 vuotta, vesojen ikä 1 vuosi. Lyhennykset: vim – koripaju, smi – *Salix smithiana* (*S. caprea x viminalis*) Vesojen kuiva–tuoretiheys 284 kg/m^3. Keskikasvu laskettu 2 vuodelle, viljelyvuodesta 1985 lähtien. Kaikki viisi satoisinta kloonia olivat koripajuja.

Sija	Klooni	Sato (1 a) tn/ha	Keskikasvu tn/ha/a	Keskikasvu m^3/ha/a
1	vim 79026	8,2	2,7	9,6
2	vim 80072	6,0	2,0	7,0
3	vim E7888	5,7	1,9	6,7
4	vim 79036	5,6	1,9	6,6
5	vim 77683	5,5	1,8	6,5
6	vim 80051	5,5	1,8	6,5
7	smi 77681	5,5	1,8	6,5
8	vim 78091	5,4	1,8	6,3
9	vim 78101	5,0	1,7	5,9
10	vim 78183	4,8	1,6	5,6
Keskiarvo	33 kloonia	4,6	1,5	5,4

Kaikki viisi satoisinta kloonia olivat koripajuja. Tässä mittauksessa keskiarvon (yhden vuoden vesasato 4,6 tn/ha) alapuolelle jäivät muun muassa lupavina pidetyt vannepaju 77075 (4,1 tn/ha), koripaju 78021 (3,6 tn/ha) ja koripaju E7901 Tammisaari (2,8 tn/ha). Parhaan vannepajun, 78044, sato oli 4,7 tn/ha. Ruutukokeen IVa mittauksessa 1986 raidan ja koripajun risteytysklooni *S. x smithiana* 77681 pääsi 10 parhaan kloonin joukkoon. Tältä risteymältä on odotettu pajun lyhytkiertoviljelyssä paljon, odotetaanhan sen yhdistävän raidan runkomaisen muodon ja talvenkestävyyden koripajun juurtumisalttiuteen, vesomiskykyyn ja nopeaan kasvuun. Odotukset eivät ole kuitenkaan lyhytkiertokokeissa täyttyneet. Kopparnäsissä *S. x smithiana* ei esiintynyt enää vuoden 1986 jälkeen minkään kokeen kärjessä.

Johtopäätökset vaiheen 1983–1986 jälkeen.

Kopparnäsin lyhytkiertoviljekokeiden ensimmäinen vaiheessa pajut kasvoivat suotuisissa sääoloissa. Mikään talvista 1983/84–1985/86 ei ollut pajujen talvehtimisen kannalta ankara. Kokeet perustettiin huolella. Niiden rikkakasvit torjuttiin, niitä lannoitettiin ja hoidettiin seuraten tarkoin Ruotsissa kehitettyjä menetelmiä. Professori Gustaf Sirén valvoi kokeita henkilökohtaisesti lukuisin Ruotsista tekeminsä vierailuin. 1980-luvun puolivälissä Kopparnäsin lyhytkiertokokeissa kasvoivat epäilemättä Suomen nopeakasvuisimmat metsät. Rivikokeen Ia kaikkien kloonien neljän vuoden keskikasvulle (MAI) 28,3 m^3/ha/a vetävät vertoja vain Metsänjalostussäätiön kokeet 1973–1983. Myös kaikkien kloonien vuotuinen kasvu (CAI) oli huomattavan korkea, parhaimmillaan yli 50 m^3/ha/a. Kopparnäsin Rivikoe Ia osoitti, että Suomen oloissa on mahdollinen päästä viljelystä poistuvilla hyväkuntoisilla pelloilla samansuuruiseen biomassan tuotantoon, josta Ruotsin lyhytkiertoviljelyn kokeissa puhuttiin, ja josta Suomen vuodesta 1973 lähtien suoritetuissa varhaisissa kokeissa oli saatu viitteitä. Onnistuneeseen lyhytkiertoviljelyyn tarvitaan suotuisat ilmasto-olot, viljava, hyväkuntoinen pelto, huolelliset viljelymenetelmät ja sopiva klooni. Nämä ehdot täyttyivät Suomen etelärannikolla, Inkoossa, Kopparnäsin energiapuistossa. Kloonien osalta Gustaf Sirénin valinta onnistui. Parhaat tuodut koripajukloonit olivat kymmeniä prosentteja satoisampia kuin vertailun suomalaiset kloonit. Jo ensimmäiset lyhytkiertopajujen vertailukokeet kuitenkin osoittivat, että kloonien välillä on huomattavia kasvueroja, sekä lajien välillä että myös lajin sisällä. Edes kaikki ruotsalaiset koripajut eivät olleet yhtä satoisia, vaikka eri koripajukloonit näyttävät hyvin samanlaisilta. Lyhytkiertoviljelyn tutkimuksen alkuvaiheessa oli arvioita, että pääosa koripajun klooneja on yhtä ja samaa Keski-Eurooppalaista – Itä-Eurooppalaista alkuperää, jota on suvuttomasti lisätty, ja jonka peruskasvustosta on poimittu useita klooneja eri nimillä ja numeroilla. Jo Kopparnäsin ensimmäiset kokeet antoivat viitteen siitä, että lyhytkiertopajuissa on huomattava lajin sisäinen vaihtelu. Se antaa mahdollisuuksia suunnitelmalliselle kasvinjalostukselle.

Kopparnäsiin tuotujen kloonien suuri määrä, 65 kappaletta arvelutti aluksi. Näin suurella määrällä oli vaikea järjestää toistettuja, täydelleen arvottuja kokeita koepaikassa, jonka henkilökunta ei ollut harjaantunut lajien ja kloonien valintaa tukeviin kenttäkokeisiin. Jotta koemateriaali pysyi hallinnassa, eivätkä pistokkaat olisi päässeet istuttaessa sekoittumaan, kokeet päätettiin järjestää toistamattomina rivikokeina tietäen etukäteen, että tulosten tulkinnassa voi olla vaikeuksia. Jälkikäteen analysoiden valitusta menetelmästä oli enemmän etua kuin haittaa. Suuresta, monilajisesta joukosta seuloitui jo varhaisessa vaiheessa muiden edelle koripaju ja vannepaju. Syksyllä 1986 kymmenestä lupaavimmasta kloonista seitsemän oli koripajuja ja kolme vannepajuja. Etukäteen ehkä kiinnostavimmat, vähän Suomessa kokeillut hybridit ja lajit menestyivät heikosti. Kolme koripajun kloonia ansaitsee erityismaininnan. Klooni 77683 oli viides Ruutukokeessa Ia. Se oli Ruotsin valintaohjelman parhaita 1970- ja 1980-luvulla, ja Ultunan maatalousyliopisto suositteli sitä käytännön viljelyyn. 1990-luvulla klooni on kuitenkin jo hävinnyt viljelyyn suositeltavien kloonien joukosta (*Salix.* Våren 1994). Klooni 78101 oli Rivikokeessa Ia paras. Kloonia on viljelty runsaasti Ruotsissa eräänä satoisimpana koripajuna. 1990-luvun puolivälin tietämys luokittelee kloonin kuitenkin talvenkestävyydeltään heikoksi, mikä alentaa sen viljelyvarmuutta.

Paras Suomesta valittu koripaju oli E7888 Somero, joka oli kolmas ruutukokeessa Iva. Tämän kloonin valitsi Esa Heino vuonna 1980 Someron kaupungista, erään omakotitalon pensasaidasta. Vannepajuista paras, 81090 (kolmas Rivikokeessa Ia), tunnetaan Ruotsissa paremmin vanhalla klooninumerolla 8100. Se on toinen kahdesta käytännön viljelyyn Ruotsissa suositellusta kloonista (*Salix.* Våren 1994). Vaikka Kopparnäsin kokeissa oli koko joukko Suomesta valittuja vannepajun klooneja, ne eivät menestyneet erityisemmän hyvin. Ainoastaan alkuperäinen Tanskan tuonti No 56 (klooninumerolla 77056) pääsi kahdeksanneksi Rivikokeessa Ia. Kopparnäsin kokeiden kasvinjalostuksellisesti mielenkiintoisimmat kloonit olivat kuusi raidan ja koripajun risteymää (*Salix x smithiana = S. caprea x viminalis*). Jalostushypoteesin mukaan niissä olisi voinut yhdistyä koripajun nopea kasvu ja raidan hyvä talvenkestävyys. Ilmiötä ei Kopparnäsin kokeessa todettu. Hybridit karsiutuivat jo varhain jatkosta. Vielä suurempi pettymys oli *Salix schwerinii*, jota myös ruskopajuksi kutsutaan. Ruskopaju on kotoisin ankarien talvipakkasten vyöhykkeeltä Siperiasta. Lyhyenäkin kesänä ruskopajulla on näyttävä pituuskasvu. Ellei pituuskasvuun liity runsasta vesomista, biomassan tuotos jää kuitenkin heikoksi. Ruskopaju on heikko vesomaan. Sen ongelma on myös mantereinen kasvutapa: se lähtee nopeaan kasvuun keväällä liian varhain ja keväthallat vikuuttavat sitä usein.

Kopparnäsin kokeiden ensimmäisessä vaiheessa, 1983–1986 Rivikoetta Ia seurattiin täysi kierto (perustamisvuosi ja kolme vesakasvun vuotta). Sen ja Ruutukoe IVa:n lyhyemmän seurannan perusteella jatkotutkimuksiin suositeltavat kloonit olisivat olleet koripajut 78101, 78198 ja 79026 sekä vannepaju 78044. Kokeiden toisessa vaiheessa, 1987–1989, päätettiin kuitenkin vielä seurata kaikkia muitakin klooneja.

Toinen koejakso 1987–1989

Kopparnäsin lyhytkiertokokeiden toinen jakso on luontevaa aloittaa keväästä 1987. Sitä oli edeltänyt poikkeuksellisen ankara talvi 1986–1987. Tammi-helmikuussa 1987 Suomenlahden eteläranniko llakin oli kolmen viikon ajanjakso, jolloin lämpötila oli pysyvästi alle -20 astetta. Ankara pakkasjakso vikuutti useimpia vierasperäisiä pajuja. Pakkanen vaurioitti erityisesti vesoja. Heikoimmista klooneista paleltuivat myös juurakot. Kolme laajaa koetta oli viljelty Kopparnäsiin ennen kriittistä pakkastalvea: rivikoe I (keväällä 1983), Ruutukoe IV (keväällä 1984) ja Ruutukoe V (keväällä 1986). Pakkasten iskiessä koekentällä kloonit kasvoivat sekä juurakoltaan että vesakoltaan eri ikäisinä. Pakkasen vaikutuksesta lyhytkiertopajuihin saatiin verraten monipuolinen kuva. Talvipakkasen vaikutus kori- ja vannepajuihin oli pääpiirteiltään tiedossa jo Kannuksen tutkimusaseman 1980-luvun alun kokeiden perusteella. Vannepaju oli todettu säännöllisesti vahvemmaksi kuin koripaju. Erityisesti koripajusta havaintoja oli kuitenkin vain muutamasta kloonista. Rivikoe I jaettiin keväällä korjuun vuoksi kahtia. Korjattu sarka vesoi, ja sen kasvua seurattiin rivikokeena II. Korjaamatonta sarkaa seurattiin vielä kasvukausi 1987 Rivikokeena Ib. Alkuperäisestä 33 kloonin joukosta korjaamattomalle saralle sattui 18 kloonia.

Kloonien talvenkestävyyserot tulevat näkyviin absoluuttisia satoja paremmin, kun klooneille lasketaan kasvukauden 1987 kasvun perusteella suhteellisen toipumisen taulukko (taulukko 8).

Taulukko 8. Lyhytkiertopajun kloonien suhteellinen toipuminen pakkastalvesta 1986–1987. Vertailuklooni on koripaju E7888 Somero, jonka sadonlisäystä kasvukautena 1987 (5367 tn/ha) on merkitty sadalla. Suhteellinen toipuminen kloonien välillä on sadonlisäysten osamäärä. Lyhenteet: bur – vannepaju, sal – *Salix sp.* tunnistamaton, vim – koripaju. Rivikoe Ib.

Sija	Klooni	Suhteellinen toipuminen
1	bur 78196	900
2	bur 81090	607
3	bur 78146	570
4	bur 78133	499
5	bur 79052	411
6	sal 78022	392
7	bur 78104	372
8	bur E4856	316
9	bur 77056	300
10	vim 78118	228
vertailu	vim E7888	100

Suhteellinen toipuminen kuvaa, kuinka pakkasaltis klooni pystyy lisäämään satoaan kovan pakkastalven jälkeen. Kloonin vesat ovat paleltuneet vaihtelevassa määrin, mutta paleltuneetkin vesat ovat edelleen kuivamassana mitattavaa satoa pakkastalven jälkeen. Huonoimmin toipuva klooni ei pysty lisäämään satoa enää ollenkaan, koska sen juurakkokin on voinut menehtyä. Hyvin toipuva klooni lisää satoaan voimakkaasti vesoen, jolloin seuraavassa satomittauksessa ovat mukana sekä paleltuneet vanhat vesat että terveet uuden kasvukauden vesat. Pakkasenkestävä klooni lisää satoaan normaalisti. Suhteellisen toipumisen vertailuklooniksi valittiin Suomessa talvenkestävimpänä pidetty koripaju E7888 Somero. Kohtuullisesti vesoen se pystyi lisäämään pakkastalven jälkeisenä kasvukaunna kuiva-ainesatoaan 5,7 tn/ha (11,3 m^3/ha). Tätä merkittiin suhdeluvulla 100. Koripajuista parhaiten toipui klooni 78118 (suhdeluku 228). Ruotsissa talvenkestävinä tunnetut 78112 (vertailuluku 206) ja 78183 (vertailuluku 135) toipuivat myös Someron kloonia paremmin. Vannepajut toipuivat pakkastalvesta koripajuja selvästi paremmin. Kestävin klooni oli 78196 vertailuluvulla 900. Tanskan tuonti E4856 sai vastaavasti arvon 300. Vannnepajut kestivät talven silminnähden vähäisemmin pakkasvaurioin, ja niiden vesominen oli runsasta. Osa koripajuja taas paleltui maata myöten, heikoimmat juurineen. Suhteellisen toipumisen vertailussa oli menestyi odotetun hyvin myös yksi mustuvapajun (*Salix myrsinifolia*) tyyppinen mutta lajiltaan tunnistamattomaksi jäänyt maatiaisklooni (sal 78022). Se ei kärsinyt pakkasvauriota kovanakaan talvena, ja se pystyi lisäämään satoaan seuraava kasvukaunna normaaliin tapaan. Koska suhteellinen toipuminen oli mahdollinen laskea vain Rivikokeeseen Ib sattuneille klooneille, talvenkestävyydeltään kiinnnostaville klooneille vim 78101, vim 78021, vim 78683 ja bur 77075 (= Mikkeli V761) ei saatu tässä kokeessa vertailuarvoa.

Rivikoe Ia jatkui kasvukautena 1987 Rivikokeena II. Tämän saran kloonit kokivat pakkastalven juurakkoina, koska vesat oli korjattu pakkasen tieltä. Etukäteisarvio oli, että juurakot talvehtivat lumen alla normaalisti, ja vesominen keväällä on normaalia. Kloonit talvehtivat verraten hyvin, mutta niiden vesakasvu oli odotettua heikompi (taulukko 9).

Taulukko 9. Kymmenen satoisinta lyhytkiertopajun kloonia Kopparnäsin Rivikokeessa II syksyllä 1987. Juurten ikä 5 vuotta, vesojen ikä 1 vuosi. Lyhennykset: vim – koripaju, bur – vannepaju. Vesojen kuiva-tuoretiheys 284 kg/m^3. Keskikasvu laskettu 1 vuodelle vesomiskeväästä 1987 lähtien.

Sija	Klooni	Sato (1 a) tn/ha	Keskikasvu tn/ha/a	Keskikasvu m^3/ha/a
1	vim 78198	10,5	10,5	37,0
2	vim 78112	10,2	10,2	35,9
3	vim 78183	9,5	9,5	33,5
4	vim E7888	9,2	9,2	32,4
5	vim 78013	8,6	8,6	30,3
6	vim 78195	8,5	8,5	29,9
7	vim 79050	7,7	7,7	27,1
8	bur 78044	7,7	7,7	27,1
9	bur 79054	7,5	7,5	26,4
10	alb 77803	7,5	7,5	26,4
Keskiarvo 29 kloonia		5,5	5,5	19,4

Kokeen satokeskiarvo oli 5,5 tn/ha, mikä on tässä tapauksessa myös biomassan keskikasvu. Sitä vastaava vesojen tilavuuskasvu on 19,4 m^3/ha/a. Seitsemän parasta kloonia olivat koripajuja. Tämä viestii, että koripajut selviävät myös ankarasta talvesta, jos paleltuneet vesat korjataan ennen seuraavaa kasvukautta. Keskimääräistä parempia koripajun klooneja olivat nyt 78198, 78112, 78183 ja E7888 Somero. Sen sijaan pakkasenkestävänä tunnettu koripaju 78021 (14,4 m^3/ha/a) oli tässä kokeessa keskiarvoa heikompi. Siperiasta pakkasenkestävyyttään valittu ruskopaju (*S. Schwerinii* 77077) oli pettymys: se vesoi pakkastalven jälkeen niin heikosti, että satoa ei pystytty mittaamaan.

Kasvukauden 1988 jälkeen Rivikokeen II vesat olivat kahden vuoden ikäisiä. Kokeessa oli enää mukana 20 kloonia, joiden keskisato oli 15 tn/ha. Tillavuusmitassa laskettu vesojen keskikasvu oli 23,5 m^3/ha/a (taulukko 10).

Taulukko 10. Kymmenen satoisinta lyhytkiertopajun kloonia Kopparnäsin Rivikokeessa II syksyllä 1988. Juurten ikä 6 vuotta, vesojen ikä 2 vuotta. Lyhennykset: vim – koripaju, alb – valkopaju. Vesojen kuiva-tuoretiheys 320 kg/m^3. Keskikasvu laskettu 2 vuodelle vesomiskeväästä 1987 lähtien.

Sija	Klooni	Sato (2 a) tn/ha	Keskikasvu tn/ha/a	Keskikasvu m^3/ha/a
1	vim 78183	23,7	11,9	37,0
2	vim 78112	23,4	11,7	36,6
3	vim E7888	22,8	11,4	35,6
4	vim 78118	19,6	9,8	30,6
5	alb 77803	18,6	9,3	29,1
6	vim 79050	17,9	9,0	28,0
7	vim 78195	17,8	8,9	27,8
8	vim 79004	17,7	8,9	27,7
9	vim 78102	17,6	8,8	27,5
10	vim 78198	16,7	8,4	26,1
Keskiarvo 20 kloonia		15,0	7,5	23,4

Kahdessa kasvukaudessa koripajut olivat toipuneet helmikuun 1987 pakkasista niin, että vannepajuja ei ollut enää vuoden 1988 kymmenen parhaan pajun joukossa. Ensimmäinen vannepaju, 79054 oli sijaluvulla 14. Huomattakoon kuitenkin, että kestävät vertailukloonit bur 77075 ja E4856 eivät olleet mukana Rivikokeessa II. Koripajuista parhaat olivat 78183, 78112 ja E7888. Talvenkestävä vim 78021 oli tässä mittauksessa keskitasoa. Sen keskikasvu oli 23,4 m^3/ha/a. Ruskopaju sch 77077 menestyi jälleen heikosti. Sen keskikasvuksi mitattiin 6,6 m^3/ha/a.

Rivikokeen II kahden vuoden ikäisten vesojen keskisato, 15,0 tn/ha, oli selvästi pienempi kuin Rivikokeen Ia vesojen keskisato samassa iässä: 27,2 tn/ha (taulukko 5), vaikka vesomisvoimakkuuden perusteella olisi voinut arvioida toisinkin. Heikompi keskisato selittynee ainakin osaksi sillä, että kahden vuoden takaisen pakkastalven vaikutus tuntui yhä. Syksyllä 1989 Rivikokeen II vesat olivat 3 vuoden ikäiset. Kaikkien kloonien keskikasvu oli nousussa: kuiva-aineena 12,5 tn/ha/a ja tilavuusmitassa 36,2 m^3/ha/a (taulukko 11).

Taulukko 11. Kymmenen satoisinta lyhytkiertopajun kloonia Kopparnäsin Rivikokeessa II syksyllä 1989. Juurten ikä 7 vuotta, vesojen ikä 3 vuotta. Lyhennys: vim – koripaju. Vesojen kuiva-tuoretiheys 345 kg/m^3. Keskikasvu laskettu 3 vuodelle, vesomiskeväästä 1987 lähtien.

Sija	Klooni	Sato (3 a) tn/ha	Keskikasvu tn/ha/a	Keskikasvu m^3/ha/a
1	vim 78198	62,4	20,8	60,3
2	vim 78021	52,3	17,4	50,5
3	vim 78183	51,2	17,1	49,5
4	vim 79050	50,2	16,7	48,5
5	vim E7888	46,2	15,4	44,6
6	vim 78112	47,4	15,8	45,8
7	vim 79004	44,6	14,9	43,1
8	vim 78013	43,4	14,5	41,9
9	vim 78118	43,3	14,4	41,8
10	vim 78195	41,4	13,8	40,0
Keskiarvo 20 kloonia		37,5	12,5	36,2

Vuoden 1989 tulosten perusteella näyttää siltä, että kloonit olivat kolmessa vuodessa toipuneet täysin aikaisemmasta pakkastalvesta. Kolmen vuoden keskimääräinen vesasato Rivikokeessa II (37,5 tn/ha) oli lähes samaa luokkaa kuin vastaava sato Rivikokeessa Ia (42,9 tn/ha, taulukko 6). Kolmannen vesomisvuoden kasvunlisäys (CAI, Current Annual Increment) oli Rivikokeesa II huomattava, keskimäärin 22,5 tn/ha/a. Parhaat toipujat olivat kaikki koripajuja. Niiden hyvä toipumiskyky selittyy runsaalla vesomisella. Esimerkiksi koripajun 78183 keskimääräinen vesaluku oli 18,6 kappaletta kannossa, kun esimerkiksi vannepajulla 79054 oli vain 7,7 vesaa kannossa. Vielä heikompi vesoja oli ruskopaju 77077. Vuonna 1989 siinä oli vain 2,6 vesaa kannossa. Kolmen vuoden sato jäi 13,9 tonniin hehtarilla ja keskikasvu tilavuusmitassa tasolle 13,4 m^3/ha/a.

Rivikoe Ia ja sen jatko Rivikoe II muodostavat yhdessä seitsemän vuoden koesarjan. Sen aikana koe leikattiin kerran kantoon punnitsematta (perustamisvuosi 1983). Sen jälkeen molemmat vesakierrot kestivät kolme vuotta: Rivikoe Ia vuodet 1984–

1987 ja Rivikoe II 1987–1989. Koko seitsemän vuoden ajalta on mahdollinen tarkastella paitsi vuosittain mitattuja satoja ja kasvuja (taulukot 4–7 sekä 10 ja 11), myös kumulatiivisena kertynyttä puuvartisen biomassan satoa ja sen todellista keskikasvua (taulukko 12).

Yhteensä koepari tuotti biomassaa seitsemän vuoden aikana kuiva-aineena 80,4 tn/ha ja tilavuusmitassa 233 m^3/ha. Vastaava todellinen keskikasvu oli kuiva-aineena 11,5 tn/ha/a ja tilavuusmitassa 33,3 m^3/ha/a. Hyviä kasvuvuosia olivat 1985, 1986 ja 1989, jolloin kuivamassa lisääntyi yli 15 tn/ha/a. Tilavuuskasvun parhaat vuodet olivat 1985 ja 1989. Tilavuuden vuosikasvu oli 50–60 m^3/ha/a.

Taulukko 12. Puuvartisen biomassan tuotanto 1983–1989 Rivikokeissa Ia ja II. Perustamisvuonna 1983 vesat leikattiin, mutta niitä ei punnittu. Sen jälkeen kaksi kolmen vuoden satokiertoa: Rivikoe Ia 1984–1986 ja Rivikoe II 1987–1989.

Vuosi	Kumulat. sato, tn/ha	Vuosikasvu tn/ha/a	Keskikasvu tn/ha/a	Kumulat. sato, m^3/ha	Vuosikasvu m^3/ha/a	Keskikasvu m^3/ha/a
1983	0	0	0	0	0	0
1984	9,1	9,1	4,5	31,9	31,9	16,0
1985	27,2	18,8	9,1	85,1	53,2	28,4
1986	42,9	15,7	10,7	124,3	39,2	31,1
1987	48,4	5,5	9,7	143,6	19,3	28,7
1988	57,9	9,5	9,7	171,3	27,7	28,5
1989	80,4	22,5	11,5	233,1	61,8	33,3

Rivikokeen III vesat oli leikattu kasvukauden 1987 jälkeen. Kokeen kloonit olivat kärsineet edellisenä kylmänä talvena pakkasvaurioita. Vesat toipuivat seuraavana keväänä ja kesänä vaihtelevassa määrin, vannepajut ylipäänsä paremmin kuin koripajut. Hyvät toipujat vahvistuivat rivikokeessa suhteellisesti nopeimmin ja otettuaan kasvutilaa huonoilta toipujilta. Tämä ilmiö heijastui vielä kasvukauden 1988 satotuloksiin, vaikka vesat oli leikattu välillä – vannepajut olivat satotuloksilla koripajujen edellä (taulukko 13).

Kokeen 19 kloonin keskimääräinen kuivamassasato 6,8 tn/ha vastaa tilavuusmitassa 23,9 m^3/ha. Kuivamassaa kertyi vähemmän kuin yksivuotisiin vesoihin Rivikokeessa Ia (9,1 tn/ha, taulukko 4), mutta enemmän kuin Rivikokeessa II (5,5 tn/ha, taulukko 9). Vannepaju oli odotetusti paras. Satoisin klooni 78044 kasvoi laskennallisesti jopa 55,6 m^3/ha/a, mutta tässä tuloksessa on mukana pahoin pakkasesta kärsineiden koripajujen luomaa reunavaikutusta. Kaksi muuta hyvin kasvanutta vannepajun kloonia oli 78196 ja E7856. Parhaiten pakkastalvesta toipunut koripaju 78021 kasvoi vannepajujen tasolla, 52,8 m^3/ha/a. Myös E7888 Somero kasvoi hyvin, 33,5 m^3/ha/a. Muista kokeistamielenkiintoiset koripajun kloonit 78183 ja 78112 eivät olleet mukana Rivikokeessa III. Talvenkestävänä pidetty siperialainen ruskopaju (*S. Schwerinii*) 77077 kasvoi Rivikokeessa III huonosti. Sen satoa ei pystytty mittaamaan syksyllä 1988. Kasvukauden 1989 jälkeen koripajut ottivat Rivikokeessa III johtoaseman. Kymmenestä parhaasta kloonista yhdeksän oli koripajuja (taulukko 14).

Taulukko 13. Kymmenen satoisinta lyhytkiertopajun kloonia Kopparnäsin Rivikokeessa III syksyllä 1988. Juurten ikä 6 vuotta, vesojen ikä 1 vuotta. Lyhennykset: bur– vannepaju, vim – koripaju, alb – valkopaju. Vesojen kuiva-tuoretiheys 284 kg/m^3. Keskikasvu laskettu yhdelle vuodella, vesomiskeväästä 1988 lähtien.

Sija	Klooni	Sato (1 a) tn/ha	Keskikasvu tn/ha/a	Keskikasvu m^3/ha/a
1	bur 78044	15,8	15,8	55,6
2	vim 78021	15,0	15,0	52,8
3	bur 78196	14,3	14,3	50,4
4	vim E7888	9,5	9,5	33,5
5	vim 79046	9,3	9,3	32,7
6	bur E4856	8,4	8,4	29,6
7	vim 77082	7,6	7,6	26,8
8	bur 81090	7,2	7,2	25,4
9	vim 78003	6,7	6,7	23,6
10	alb 77803	6,2	6,2	21,8
Keskiarvo 19 kloonia		6,8	6,8	23,9

Taulukko 14. Kymmenen satoisinta lyhytkiertopajun kloonia Kopparnäsin Rivikokeessa III syksyllä 1989. Juurten ikä 7 vuotta, vesojen ikä 2 vuotta. Lyhennykset: vim – koripaju, alb – valkopaju. Vesojen kuiva-tuoretiheys 320 kg/m^3. Keskikasvu laskettu kahdelle vuodelle, vesomiskeväästä 1988 lähtien.

Sija	Klooni	Sato (2 a) tn/ha	Keskikasvu tn/ha/a	Keskikasvu m^3/ha/a
1	vim 78021	54,9	27,5	85,8
2	vim E7888	51,3	25,7	80,2
3	vim 79046	37,2	18,6	58,1
4	vim 78013	34,8	17,4	54,4
5	vim 77082	33,1	16,6	51,7
6	alb 77803	32,3	16,2	50,5
7	vim 78003	24,9	12,5	38,9
8	vim 79050	21,5	10,8	33,6
9	vim 78091	15,0	7,5	23,4
10	vim 79004	15,0	7,5	23,4
Keskiarvo 13 kloonia		26,6	13,3	41,6

Kasvukautena 1989, toisena vuonna pakkastalvesta 1986–1987, Rivikokeen III lyhytkiertopajut näyttivät toipuneen aikaisemmista pakkasvaurioista täysin. Kahden vuoden kuiva-ainesato koko kokeessa oli kuiva-aineena 26,6 tn/ha. Vastaavassa iässä Rivikokeen Ia kuiva-ainesato oli 27,2 tn/ha (taulukko 5). Erityisesti koripajut toipuivat vuonna 1989 hyvin. Talvenkestävät kloonit 78021 ja E7888 Somero vahvistivat asemiaan. Kymmenen parhaan joukossa oli jälleen valkopajun klooni 77803. Sen sijaan vannepajut taantuivat tässä kokeessa.

Rivikokeiden Ia ja II tavoin Rivikoe Ib ja sen jatko Rivikoe III muodostavat yhdessä seitsemän vuoden koesarjan. Ensimmäinen vuosi 1983 oli jälleen niin sanottu nollavuosi, jonka sato leikattiin vain vesomisen edistämiseksi. Sen jälkeen ensimmäinen vesakierto kesti neljä vuotta (1984–1987) ja toinen vesakierto kaksi vuotta (1988–1989) (taulukko 15).

Taulukko 15. Puuvartisen biomassan tuotanto 1983–1989 Rivikokeissa Ib ja III. Perustamisvuonna 1983 vesat leikattiin, mutta niitä ei punnittu.Sen jälkeen kaksi satokiertoa: 4 vuotta rivikokeena Ib 1984–1987 ja 2 vuotta rivikokeena III 1987–1989.

Vuosi	Kumulat. sato, tn/ha	Vuosikasvu tn/ha/a	Keskikasvu tn/ha/a	Kumulat. sato, m^3/ha	Vuosikasvu m^3/ha/a	Keskikasvu m^3/ha/a
1983	0	0	0	0	0	0
1984	10,4	10,4	5,2	36,7	36,7	18,4
1985	29,6	19,2	9,9	92,5	55,7	30,8
1986	47,9	18,3	12,0	138,8	46,4	34,7
1987	61,8	13,9	12,4	169,4	30,5	33,9
1988	68,7	6,8	11,4	193,4	24,1	32,2
1989	88,4	19,8	12,6	252,5	59,1	36,1

Yhteensä koepari tuotti puuvartista biomassaa seitsemän vuoden aikana kuiva-aineena 88,4 tn/ha ja tilavuusmitassa 253 m^3/ha. Vastaava keskikasvu oli 12,6 tn/ha/a, eli 36,1 m^3/ha/a. Ruutukoetta IVa seurattiin ruutukokeena IVb pakkastalven 1986–1987 jälkeen. Tämän kokeen perustaminen onnistui heikommin kuin rivikokeiden perustaminen. Ruutukoe IV jouduttiin leikkaamaan kahdesti, kasvukauden 1984 ja 1985 jälkeen, jotta riittävä vesominen saatiin aikaan. Pakkastalven koittaessa vesat olivat vain yhden vuoden ikäisiä. Ne kärsivät pahoin pakkasista, ja kaikkien kloonien kasvu oli kehnoa kesällä 1987. Itse asiassa kokeen keskisato putosi vuoden 1986 tasolta 4,6 tn/ha vuoden 1987 tasolle 3,7 tn/ha (taulukko 16).

Taulukko 16. Kymmenen satoisinta lyhytkiertopajun kloonia Kopparnäsin Ruutukokeessa IVb syksyllä 1987. Juurten ikä 4 vuotta, vesojen ikä 2 vuotta. Lyhennykset: bur – vannepaju, vim – koripaju. Vesojen kuiva-tuoretiheys 320 kg/m^3. Keskikasvu laskettu kahdelle vuodelle viimeisestä vesomiskeväästä 1986 lähtien.

Sija	Klooni	Sato (1 a) tn/ha	Keskikasvu tn/ha/a	Keskikasvu m^3/ha/a
1	vim79026	8,2	4,1	14,4
2	vim 80072	6,0	3,0	10,6
3	vim E7888	5,7	2,9	10,0
4	vim 79036	5,6	2,8	9,9
5	vim 77683	5,5	2,8	9,7
6	vim 80051	5,5	2,8	9,7
7	smi 77681	5,5	2,8	9,7
8	vim 78091	5,4	2,7	9,5
9	vim 78101	5,0	2,5	8,8
10	vim78183	4,8	2,4	8,5
Keskiarvo 33 kloonia		4,6	2,3	8,1

Kuten muissakin kokeissa vannepajut talvehtivat suhteellisesti paremmin kuin koripajut. Parhaiten satoa tuotti klooni 77075, joka tunnetaan myäs numerolla V761 Mikkeli. Sen kuiva-ainesato kahden vuoden iässä oli 11 tn/ha, ja sitä vastaava keskikasvu 5,5 tn/ha/a, eli 17,2 m^3/ha/a. Seuraavana vuonna, kasvukauden 1988, vannepaju 77075 oli edelleen paras. Sen sato oli noussut vuodessa noin 20 tonnilla, tasolle 31,2 tn/ha (taulukko 17).

Paras koripajun klooni, 78195, oli tuottanut selvästi vähemmän. Sen kuiva-ainesato oli 20 tn/ha. Keskimäärin kokeen 24 kloonia tuottivat kolmantena kasvukautenaan 9,1 tn/ha/a.

Kasvukauden 1989 jälkeen Ruutukokeen IVb kloonit olivat kasvaneet kolme kasvukautta pakkastalven jälkeen. Kloonien toipuminen jatkui edelleen. Koko kokeen keskisato nousi 6,5 tn/ha/v, tasolle 19,3 tn/ha. Vannepaju 77075 oli edelleen paras (taulukko 18).

Taulukko 17. Kymmenen satoisinta lyhytkiertopajun kloonia Kopparnäsin Ruutukokeessa IVb syksyllä 1988. Juurten ikä 5 vuotta, vesojen ikä 3 vuotta. Lyhennykset: bur – vannepaju, vim – koripaju. Vesojen kuiva-tuoretiheys 345 kg/m^3. Keskikasvu laskettu kolmelle vuodelle viimeisestä vesomiskeväästä 1986 lähtien.

Sija	Klooni	Sato (3 a) tn/ha	Keskikasvu tn/ha/a	Keskikasvu m^3/ha/a
1	bur 77075	31,2	10,4	30,1
2	vim 78195	20,0	6,7	19,3
3	bur 79097	18,2	6,1	17,6
4	vim 78183	16,6	5,5	16,0
5	vim 79036	16,5	5,5	15,9
6	vim E7888	15,2	5,1	14,7
7	vim E7901	15,0	5,0	14,5
8	vim 80072	13,8	4,6	13,3
9	vim 78112	13,3	4,4	12,9
10	vim 80073	13,1	4,4	12,7
Keskiarvo 24 kloonia		12,8	4,3	12,4

Taulukko 18. Kymmenen satoisinta lyhytkiertopajun kloonia Kopparnäsin Ruutukokeessa IVb syksyllä 1989. Juurten ikä 6 vuotta, vesojen ikä 4 vuotta. Lyhennykset: bur – vannepaju vim – koripaju. Vesojen kuiva-tuoretiheys 365 kg/m^3. Keskikasvu laskettu neljälle vuodelle viimeisestä vesomiskeväästä 1986 lähtien.

Sija	Klooni	Sato (4 a) tn/ha	Keskikasvu tn/ha/a	Keskikasvu m^3/ha/a
1	bur 77075	37,5	9,4	25,7
2	vim E7888	34,0	8,5	23,3
3	vim78112	32,8	8,2	22,5
4	bur 79097	29,8	7,5	20,4
5	vim 78101	29,3	7,3	20,1
6	vim E7901	28,3	7,1	19,4
7	vim 79036	27,0	6,8	18,5
8	vim 78021	26,7	6,7	18,3
9	vim78183	24,0	6,0	16,4
10	vim78003	21,1	5,3	14,5
Keskiarvo 24 kloonia		19,3	4,8	13,2

Parhaiden kloonien toipuminen pakkastalvesta oli merkittävä. Esimerkiksi vannepajun neljän vuoden keskikasvu 26 m^3/ha/a on aivan kohtuullinen, ottaen huomioon että kasvujaksoon sattui kova pakkastalvi. On lisäksi huomattava, että ruutukokeessa jokainen ruutu mitataan omana kasvustonaan, ja mittauksessa jätetään huomioimatta reuna-

rivit. Ruudun kokona 7,5 m x 7,5 m on pienehkö, mutta tulokset ovat siitä huolimatta käytännölle suuntaa antavia. Ruutukokeen IV tuloksissa on merkittävää myös koripajun 78101 käyttäytyminen. Tämä kloonihan oli Rivikokeen Ia satoisin pakkasettomana kasvujaksona 1983–1986 (taulukko 6). Pakkanen vaurioitti kloonia pahoin, eikä se esiinny 10 parhaan joukossa vuosina 1987 (taul. 16) ja 1988 (taul. 17). Mutta hyvin vesovana se pystyi toipumaan ja oli satoisuudeltaan viides vuonna 1989 (taul. 18). Tämä on jälleen merkki hyvän vesomiskyvyn tärkeydestä metsäpuiden lyhytkiertoviljelyssä. Ruutukoe V viljeltiin keväällä 1986. Kun aikaisemmin viljellyt kokeet tuottivat tässä vaiheessa jo melkoisesti pistokkaita, koe oli mahdollinen viljellä ruutukokoon 15 m x 15 m, eli kaksi kertaa suuremmiksi ruuduiksi kuin Ruutukoe IV. Pistokkaita saatiin riittävästi 10 kloonista. Niiden joukossa ei kuitenkaan ollut koripajun vertailukloonia E7888 Somero. Ruutukokeen Va perustaminen onnistui hyvin. Koe leikattiin viljelysuunnitelman kantoon ensimmäisen kasvukauden (1986) jälkeen. Pakkastalven 1986–1987 jälkeisenä kesänä vesojen kasvu oli kuitenkin niin heikkoa, että koe jätettiin mittaamatta. Ensimmäinen satomittaus tehtiin kasvukauden 1988 jälkeen, kun vesat olivat kahden vuoden ja juuret kolmen vuoden ikäisiä. Hyvin onnistuneesta perustamisesta johtuen tässä kokeessa on luonnollista laskea keskikasvu kokeen perustamisesta lukien (taulukko 19).

Taulukko 19. Lyhytkiertopajun kloonien satoisuusjärjestys Kopparnäsin Ruutukokeessa Va syksyllä 1988. Juurten ikä 3 vuotta, vesojen ikä 2 vuotta. Lyhennykset: vim – koripaju, bur – vannepaju, alb – valkopaju. Vesojen kuiva-tuoretiheys 320 kg/m^3. Keskikasvu laskettu kolmelle vuodelle, perustamiskeväästä 1986 lähtien.

Sija	Klooni	Sato (2 a) tn/ha	Keskikasvu tn/ha/a	Keskikasvu m^3/ha/a
1	vim 78183	9,7	3,2	10,1
2	vimE7901	8,3	2,8	8,6
3	vim 77801	8,1	2,7	8,4
4	bur 81090	7,7	2,6	8,0
5	alb 77803	6,8	2,3	7,1
6	vim 77683	6,5	2,2	6,8
7	vim 78021	5,0	1,7	5,2
8	vim 79026	5,0	1,7	5,2
9	vim78195	4,4	1,5	4,6
10	bur79097	3,9	1,3	4,1
Keskiarvo 10 kloonia		6,5	2,2	6,8

Muihin kokeisiin verrattuna Ruutukokeen Va kaksivuotisten vesojen kuiva-ainesato, 6,5 tn/ha on heikko. Myös keskikasvu (3 vuodelle), 6,8 m^3/ha/a on vähäinen. Merkillepantavaa on, että koripajut vallitsivat parhaiten kasvavien kloonien joukkoa. Kasvukauden 1989 Ruutukokeen Va vesat olivat kolmen vuoden ikäisiä. Myös tälle kokeelle kesä 1989 oli suotuisa. Kokeen keskimääräinen kuiva-ainesato nousi vuodessa yli 20 tn/ha, tasolle 27,8 tn/ha (taulukko 20).

Kokeen kolmen parhaan kloonin keskikasvu neljän vuoden ajalta on noin 30 m^3/ha/v. Se on samaa tasoa kuin esimerkiksi rivikokeen Ia kaikkien kloonien keski-

kasvu samalla iällä (taulukko 6). Parhaiten kasvoi kohtuullisen talvenkestävä koripajun ruotsalaisklooni 78021.

Taulukko 20. Lyhytkiertopajun kloonien satoisuusjärjestys Kopparnäsin Ruutukokeessa Va syksyllä 1989. Juurten ikä 4 vuotta, vesojen ikä 3 vuotta. Lyhennykset: vim – koripaju, alb – valkopaju, bur – vannepaju. Vesojen kuiva-tuoretiheys 345 kg/m^3. Keskikasvu laskettu neljälle vuodelle, perustamiskeväästä 1986 lähtien.

Sija	Klooni	Sato (3 a) tn/ha	Keskikasvu tn/ha/a	Keskikasvu m^3/ha/a
1	vim 78021	49,0	12,3	35,5
2	vim E7901	43,9	11,0	31,8
3	vim 78183	36,1	9,0	26,2
4	vim 77683	35,3	8,8	25,6
5	alb 77803	30,1	7,5	21,8
6	vim 79026	24,5	6,1	17,8
7	vim 77801	19,9	5,0	14,4
8	vim 78195	16,9	4,2	12,2
9	bur 81090	12,8	3,2	9,3
10	bur 79097	9,8	2,5	7,1
Keskiarvo 10 kloonia		27,8	7,0	20,1

Johtopäätökset vaiheen 1987–1989 jälkeen

Kopparnäsin lyhytkiertokokeiden toista jaksoa hallitsivat kevättalven 1987 pakkasvauriot. Pakkanen oli niin ankara, että se vaikutti paitsi vesoihin myös juuriin. Kaikkien jaksolla kasvaneiden kokeiden satotulokset olivat heikkoja kasvukautena 1987 ja vielä 1988. Vasta vuonna 1989 toipuminen pakkastalvesta oli ohi. 1989 mitattiin myös huomattavan suuria kasvuja, osaksi nopean vesomisen ansiosta. Toisen koejakson perusteella saatu parhaiden kloonien luettelo oli lähes tyystin erilainen kuin ensimmäisen koejakson tuottama luettelo. Kun satoisa koripajun klooni 78101 tuntui ylivoimaiselta syksyllä 1986, sen suositeltavuus oli syksyllä 1989 varsin kyseenalainen. Nyt suositeltavilta klooneilta tuntuivat vähemmän satoisat, mutta talvenkestävät koripajut 78021 ja 78183.

Suuren vuotuisen ja myös kokeiden välisen vaihtelun vuoksi on vaikeaa löytää viljelyyn suositeltavia klooneja pelkkien kokeiden suurten satotulosten perusteella. Käytännön kannalta huippusatoisten kloonien joukkoa tärkeämpi on viljelyvarmojen kloonien joukko. Käytännön viljelijää ei niinkään kiinnosta se, että jokin klooni on huippusatoisa hyvänä vuonna ja mahdollisesti epäonnistuu huonona vuonna. Häntä kiinnostaa klooni, joka on tasaisen satoisa vuodesta toiseen, joka on viljelyvarma.

Eri kloonien viljelyvarmuutta arvioitiin kasvukauden 1989 jälkeen seuraavasti. Jokaisen rivi- ja ruutukokeen vuotuisessa mittauksessa todettiin 10 parhaiten menestynyttä kloonia. Mittauksessa parhaalle annettiin 10 pistettä, toiseksi parhaalla 9 pistettä, ja niin edelleen, ja numerolle 10 yksi piste. Eri koemittausten pisteet laskettiin yhteen vuosilta 1983–1989. Kolme varmimmin huippujoukossa esiintynyttä kloonia olivat koripajut 78183 (83 pistettä), E7888 Somero (67 pistettä) ja 78021 (61 pistettä)

Viljelyvarmuuspisteiden laskenta tällä tavalla vahvistaa itse itseään, koska jo alunperin hyvin menestyvät kloonit tuottavat parhaiten pistokkaita jatkotutkimuksiin, ja niillä on siksi jatkossa mahdollisuus esiintyä kokeissa muita useammin. Viljelyvarmuuspistet eivät ole siksi absoluuttisia mittareita, vaan vain suuntaa antavia. Myöhemmin mukaan tulevilla klooneilla ei esimerkiksi ole aluksi viljelyvarmuuspisteitä ollenkaan, vaikka ne olisi edelleen jalostettu kahdesta viljelyvarmasta kloonista.

Vuoden 1986 välitulosten perusteella suositeltavin klooni pajunlyhytkiertoviljelyyn olisi ollut koripaju 78101. Se oli tuolloin suosittu klooni myös Ruotsissa. Ankaran pakkastalven 1986–1987 jälkeen ajatus muuttui, ja viljelyyn olisi suositeltu ilmeisesti vannepajua, esimerkiksi kloonia 81090. Parin vuoden päästä ajatus olisi muuttunut taas, koska koripajut toipuivat parhaiten. Viljelyvarmin koripajun klooni 78183 sijoittui kohtuullisen hyvin jo ensimmäisen koejakson 1983–1986 mittauksissa.

Kopparnäsin lyhytkiertokokeissa oli kaksi koesarjaa: rivikokeet I, II ja III, joista voi tehdä kaksi seitsemän vuoden koejakson kasvuanalyysiä (taulukot 12 ja 15). Koska kyseeesä on rivikoe, analyysi on järkevää tehdä reuna- ja kilpailuvaikutusten vuoksi vain kaikkien kloonien keskiarvoilla, joka näissä kokeissa kuvaa yhden koesaran keskimääräistä kasvua vuosittain.

Kopparnäsin ensimmäinen seitsemän vuoden sarja (taulukko 12) kasvoi yhden perustamisvuoden ja sen jälkeen kaksi kolmen vuoden vesakiertoa. Koe tuotti puuvartista biomassaa kaikkiaan 80 kuivatonnia tai 233 kiintokuutiota hehtaarilta. Koealueen todellinen keskikasvu oli 11,5 tn/ha/a eli 33,3 m^3/ha/a. Paras vuosi oli 1989 jolloin puuvartinen biomassa lisääntyi 22,5 tn/ha/a eli 61,8 m^3/ha/a.

Kopparnäsin toinen seitsemän vuoden sarja (taulukko 15) kasvoi vastaavasti yhden perustamisvuoden, mutta senjälkeen neljän vuoden kierron ja kahden vuoden kierrot. Tämä koe tuotti puuvartista biomassaa 88 kuivatonnia tai 253 kiintokuutiota hehtaarilta.

Biomassan tuotos on siis samaa tasoa kuin edellisessä koesarjassa. Vastaavasti koealueen todellinen seitsemälle vuodelle laskettu keskikasvu oli 12,6 tn/ha/a eli 36,1 m^3/ha/a. Myvö tämän koesarjan paras kasvuvuosi oli 1989, jolloin puuvartinen biomassa lisääntyi 19,8 tn/ha/aeli 59,1 m^3/ha/a.

Metsäpuiden lyhytkiertoviljelyn tulosten tulkinnassa sekoitetaan usein käsitteet vuosikasvu (Current Annual Increment) ja keskikasvu (Mean Annual Increment). Kun voimakkaan vesomisen vaihe ja suotuisa kasvukausi sattuvat yhteen lyhytkiertopajukoiden vuosikasvu voi olla huomattavan suuri, noin 20 kuivatonnia tai 60 kiintokuutiota hehtaarilla vuodessa. Vuosikasvun maksimia ei tule kuitenkaan käyttää lyhytkiertoviljelmien todellisen tuotoksen ennustamiseen. Siihen käy vain riittävän pitkän ajanjakson keskikasvu. Kopparnäsin ilmasto- ja pelto-oloissa Ruotsista peräisin olevilla 1970-luvun loppupuolen jalosteilla on mahdollinen päästä noin 12 kuivatonnin tai 35 kiintokuution keskikasvuun (/ha/a, vaikka mukaan sattuisi poikkeavan kylmä talvi.

Kolmas koejakso 1990–1993

Kopparnäsin lyhytkiertokokeiden kolmas jakso alkaa keväällä 1990. Aikaisemmin viljellyt kokeet olivat toipuneet talven 1986–1987 pakkasshokista, ja niiden kasvu oli

vakiintunut. Koejaksolla viljeltiin myö joitakin uusia kokeita niillä klooneilla, jotka vuoden 1989 analyysissä arvioitiin jatkon kannalta lupaavimmiksi.

Yhteensä koejaksolla 1990–1993 kasvoi yhdeksän koetta. Kolme niistä (Ruutukoe IVc, Ruutukoe Vb, Ruutukoe Vc) oli kokenut pakkastalven vesoina. Kaksi koetta (Ruutukoe IVd ja Ruutukoe Vd) juurina. Kolme koetta (Ruutukoe VI, VII ja VIII) viljeltiin keväällä 1991, ja Ruutukoe IX keväällä 1992.

Ruutukoe IVc on jatkoa Ruutukokeelle IVb. Kuuden vuoden iässä (8 vuoden juuret) koripajut vallitsivat. Kun vannepaju oli vielä vuoden 1989 mittauksen paras, se oli pudonnut sijalle 10 vuonna 1991 (taulukko 21).

Taulukko 21. Kymmenen satoisinta lyhytkiertopajun kloonia Kopparnäsin ruutukokeessa Ivc syksyllä 1991. Juurten ikä 8 vuotta, vesojen ikä 6 vuotta. Lyhennykset: vim – koripaju, bur – vannepaju. Vesojen kuiva-tuoretiheys 380 kg/m^3. Keskikasvu laskettu seitsemälle vuodelle jälkimmäisestä perustamisvuodesta 1985 lähtien.

Sija	Klooni	Sato (6 a) tn/ha	Keskikasvu tn/ha/a	Keskikasvu m^3/ha/a
1	vim 78021	44,6	6,4	16,8
2	vim 78112	39,7	5,7	14,9
3	vim 78195	38,7	5,5	14,5
4	vim 78101	38,4	5,5	14,4
5	vim 79036	38,1	5,4	14,3
6	vim 78183	37,1	5,3	13,9
7	bur 78044	32,3	4,6	12,1
8	vim 77683	27,3	3,9	10,3
9	vim 78091	24,9	3,6	9,4
10	bur 77075	24,1	3,4	9,1
Keskiarvo 18 kloonia		27,0	3,9	10,2

Vesat olivat kasvaneet kaksi vuotta edellisestä mittauksesta (taulukko 19). Kuivamassa oli noussut keskimäärin vain 7,7 tn/ha (kahdessa vuodessa). Kuuden vuoden iässä tämä lyhytkiertopajukko oli jo ohittanut optimikiertoaikansa. Yksi koripajun klooni, 78021 poikkesi kuitenkin muista: se pystyi yhä lisäämään keskikasvuaan viiden vuoden keskikasvusta 14,6 m^3/ha/a seitsemän vuoden keskikasvuun 16,8 m^3/ha/a. Tämä klooni kuuluu talvenkestävimpiin ja parhaiten vesoviin ruotsalaisiin lyhytkiertopajuihin.

Vuoden 1991 syksyllä mitattu toinen pitkän ajanjakson koe oli Ruutukoe Vb. Kloonien lukumäärää oli pienennetty alkuperäisestä kymmenestä viiteen. Jäljelle jääneet kloonit kuuluvat kuitenkin aikaisempien tulosten perusteella mielenkiintoisimpiin (taulukko 22).

Hirvet laidunsivat Ruutukokeella Vb talvina 1989–1990 ja 1990–1991. Osa kanto- ja kuoli ja kokeen biomassa vähentyi. Kun 10 kloonin keskibiomassa vuonna 1989 (taulukko 21) oli 27,8 tn/ha, oli viiden kloonin kokeessa 1991 vain 18,1 tn/ha. Tulokset ovat sen vuoksi vain suuntaa antavia. Kokeen mielenkiintoisin klooni on koripaju E7901 Tammisaari, joka on hyvin samantyyppinen kuin E7888 Somero (mahdollisesti samaan alkuperää).

Ruutukoe IV mitattiin viimeisen kerran syksyllä 1993, nyt Ruutukokeena IVd. Koe oli leikattu kantoon kasvukauden 1991 jälkeen, ja vesat olivat kasvaneet sen jälkeen kaksi vuotta. Juurten ikä oli jo 10 vuotta (taulukko 23).

Taulukko 22. Lyhtkiertopajun kloonien satoisuusjärjestys Kopparnäsin Ruutukokeessa Vb syksyllä 1991. Juurten ikä 6 vuotta, vesojen ikä 5 vuotta. Lyhennykset: vim – koripaju, bur – vannepaju, alb – valkopaju. Vesojen kuiva-tuoretiheys 380 kg/m^3. Keskikasvu laskettu kuudelle vuodelle, perustamiskeväästä 1986 lähtien.

Sija	Klooni	Sato (5 a) tn/ha	Keskikasvu tn/ha/a	Keskikasvu m^3/ha/a
1	vim 77801	22,3	3,7	9,8
2	vim E7901	21,5	3,6	9,4
3	bur 81090	21,0	3,5	9,2
4	alb 77803	16,9	2,8	7,4
5	vim 78195	8,9	1,5	3,9
Keskiarvo 5 kloonia		18,1	3,0	7,9

Taulukko 23. Kymmenen satoisinta lyhytkiertopajun kloonia Kopparnäsin Ruutukokeessa IVd syksyllä 1993. Juurten ikä 8 vuotta, vesojen ikä 2 vuotta. Lyhennykset: vim – koripaju, bur – vannepaju. Vesojen kuiva-tuoretiheys 320 kg/m^3. Keskikasvu laskettu kahdelle vuodelle vesomiskeväästä 1992 lähtien.

Sija	Klooni	Sato (2 a) tn/ha	Keskikasvu tn/ha/a	Keskikasvu m^3/ha/a
1	vim 80049	16,9	8,5	26,4
2	vim 78183	15,0	7,5	23,4
3	vim 77801	14,9	7,5	23,3
4	vim 78112	14,7	7,4	23,0
5	vim 80051	14,5	7,3	22,7
6	vim 79036	14,3	7,2	22,3
7	vim 80072	14,1	7,1	22,0
8	vim 78021	14,0	7,0	21,9
9	vim 78101	13,5	6,8	21,1
10	bur 78044	12,4	6,2	19,4
Keskiarvo 18 kloonia		11,9	6,0	18,6

Myös Ruutukoe IVd oli kärsinyt hirvivaurioista. Osa kantoja oli kuollut, ja ruutujen kasvustot olivat jääneet harvahkoiksi. Rikkakasvit pääsivät valtaamaan alaa. Hirvivaurioiden vuoksi kloonien välinen järjestys ei vastanne todellista järjestystä biomassan tuotannossa.

Kokeen biomassa jäi vaatimattomaksi aikaisempiin vesakasvustoihin verrattuna. Koko koealueen keskikasvu oli vain 6,0 tn/ha/v, tai 18,6 m^3/ha/v. Mielenkiintoisin seurattava oli talvenkestävä koripaju 78183, joka selviytyi hirvivaurioista kohtuullisesti. Sen keskikasvu oli 7,5 tn/ha/a (23., m^3/ha/v).

Ruutukoe Vc on jatkoa Ruutukokeelle Vb. Koe toipui aikaisemmista hirvivaurioista kohtuullisesti, ja kokeen biomassa nousi aikaisemmasta mittauksesta 1991 (18,1 tn/ha, taulukko 22) tasolle 34 tn/ha (taulukko 24).

Taulukko 24. Lyhytkiertopajun kloonien satoisuusjärjestys Kopparnäsin Ruutukokeessa Vc syksyllä 1993. Juurten ikä 8 vuotta, vesojen ikä 7 vuotta. Lyhennykset: vim – koripaju, bur – vannepaju, alb – valkopaju. Vesojen kuiva-tuoretiheys 380 kg/m^3. Keskikasvu laskettu kahdeksalle vuodelle, perustamiskeväästä 1986 lähtien.

Sija	Klooni	Sato (7 a) tn/ha	Keskikasvu tn/ha/a	Keskikasvu m^3/ha/a
1	vim 77801	49,4	6,2	16,3
2	vim E7901	44,0	5,5	14,5
3	bur 81090	34,0	4,3	11,2
4	alb 77803	24,4	3,1	8,0
5	vim 78195	18,3	2,3	6,0
Keskiarvo 5 kloonia		34,0	4,3	11,2

Kloonien keskinäinen järjestys ei enää muuttunut. Kaikki kloonien toipumiskyky oli siten samaa luokkaa. Yli viiden vuoden ikäisten vesojen kasvu on kuitenkin jo taantunut.

Osa Ruutukoetta V oli leikattu kasvukauden 1990 jälkeen. Sitä kasvatettiin vain yksi vuosi (1991) vesomisen jälkeen Ruutukokeena Vd. Parhaat koripajun kloonit vesoivat vielä kohtuullisesti. Paras klooni oli 78021, joka kasvoi ensimmäisenä vesavuonnaan 7,5 tn/ha/a eli 26,3 m^3/ha/a (taulukko 25).

Kopparnäsin lyhytkiertoviljelyn tutkimuksen neljä viimeistä koetta (Ruutukokeet VI, VII, VIII ja IX) muistuttavat toisiaan. Kokeet ovat nuoria, ja ne on mitattu vain kerran. Kokeiden rikkakasvitorjunta jäi heikoksi, ja kokeiden perustaminen ylipäänsä onnistui heikommin kuin aikaisemmin. Myös kokeiden jälkihoito oli puutteellinen.

Viimeisiin kokeisiin valittiin aikaisemmissa kokeissa hyvin menestyneitä klooneja. Yksi kokeista oli tiheyskoe (Ruutukoe VIII). Ruutukokeeseen IX tuotiin uusia jalosteita Ruotsista. Ruutukokeiden VI, VII, VIII ja IX tulokset on esitetty taulukoissa 26–29.

Kokeiden lyhyen keston vuoksi taulukoiden 26–29 tulokset ovat vain suuntaa antavia. Muutamat yksityiskohdat ovat kuitenkin aikaisempien kokeiden valossa mielenkiintoisia. Valkopajun klooni alb 77803 ei menestynyt Ruutukokeessa VI (taulukko 26) enää niin hyvin kuin se oli menestynyt Kopparnäsin kokeiden ensimmäisessä ja toisessa jaksossa. Valkopaju kärsi muita klooneja enemmän talvista, ja sen kasvustot harvenivat.

Taulukko 25. Lyhytkiertopajun kloonien satoisuusjärjestys Kopparnäsin Ruutukokeessa Vd syksyllä 1991. Juurten ikä 6 vuotta, vesojen ikä 1 vuotta. Lyhennykset: vim – koripaju, bur – vannepaju. Vesojen kuiva-tuoretiheys 284 kg/m^3. Keskikasvu laskettu yhdelle vuodelle, vesomiskeväästä 1991 lähtien.

Sija	Klooni	Sato (1 a) tn/ha	Keskikasvu tn/ha/a	Keskikasvu m^3/ha/a
1	vim 78021	7,5	7,5	26,4
2	vim 77683	5,7	5,7	20,1
3	vim 78183	5,4	5,4	19,0
4	bur 79097	3,7	3,7	13,0
5	vim 79026	2,5	2,5	8,8
Keskiarvo 5 kloonia		4,9	4,9	17,3

Taulukko 26. Lyhytkiertopajun kloonien satoisuusjärjestys Kopparnäsin Ruutukokeessa VI syksyllä 1993. Juurten ikä 3 vuotta, vesojen ikä 2 vuotta. Lyhennykset: vim – koripaju, bur – vannepaju, alb – valkopaju. Vesojen kuiva-tuoretiheys 345 kg/m^3. Keskikasvu laskettu kolmelle vuoäelle, perustamiskeväästä 1991 lähtien.

Sija	Klooni	Sato (2 a) tn/ha	Keskikasvu tn/ha/a	Keskikasvu m^3/ha/a
1	vim 78183	13,9	4,6	13,4
2	vim E7888	12,0	4,0	11,6
3	bur 81090	8,3	2,8	8,0
4	bur 77075	7,6	2,5	7,3
5	vim 78021	7,0	2,3	6,8
6	alb 77803	8,1	2,7	7,8
Keskiarvo 6 kloonia		9,5	3,2	9,2

Taulukko 27. Lyhytkiertopajun kloonien satoisuusjärjestys Kopparnäsin Ruutukokeessa VII syksyllä 1993. Juurten ikä 3 vuotta, vesojen ikä 2 vuotta. Lyhennykset: vim – koripaju, bur – vannepaju. Vesojen kuiva-tuoretiheys 345 kg/m^3. Keskikasvu laskettu kolmelle vuodelle, perustamiskeväästä 1991 lähtien.

Sija	Klooni	Sato (2 a) tn/ha	Keskikasvu tn/ha/a	Keskikasvu m^3/ha/
1	vim 78198	11,5	3,8	11,1
2	vim 79046	8,8	2,9	8,5
3	vim 78118	8,5	2,8	8,2
4	vim 79004	6,9	2,3	6,7
5	bur E7899	5,8	1,9	5,6
Keskiarvo 5 kloonia		8,3	2,8	8,0

Taulukko 28. Pajun lyhytkiertoviljelmän sato- ja kasvutulokset koripajun (vim) ja vannepajun (bur) viljelytiheyskokeessa (Ruutukoe VIII) Kopparnäsissä 1993. Juurten ikä kolme vuotta, vesojen ikä kaksi vuotta. Vesojen kuiva-tuoretiheys 345 kg/m^3. Keskikasvu laskettu kolmelle vuodelle, perustamiskeväästä 1991 lähtien. Viljelytiheydet 10000, 15000 ja 20000 pistokasta hehtaarille..

Sija	Tiheys	Sato (2 a) tn/ha	Keskikasvu tn/ha/a	Keskikasvu m^3/ha/a
1	vim 20000	12,9	4,3	12,5
2	vim 15000	12,8	4,3	12,4
3	vim 10000	12,1	4,0	11,7
4	bur 20000	11,1	3,7	10,7
5	bur 15000	7,0	2,3	6,8
6	bur 10000	4,5	1,5	4,3
Keskiarvo viminalis		12,6	4,2	12,2
Keskiarvo burjatica		7,6	2,5	7,3

Tiheyskokeen tulokset (taulukko 29) olivat ehkä tärkeimmät koripajun kannalta. Sen voi perustaa tihyksiin 10000, 15000 tai 20000 pistokasta hehtaarille satotason juuri muuttumatta. Koripaju oli kokeessa ylipäänsä satoisampi kuin vannepaju.

Kopparnäsin kokeiden kolmannessa jaksossa kasvamaan jätetyt kokeet olivat toipuneet kevättalven 1987 pakkasvaurioista. Alkuperäinen kloonien joukko oli huvennut merkittävästi. Mukana olivat enää parhaat koripajut ja vannepajut sekä yksi valko-

pajun klooni (alb 77683). Pakkanen oli kuitenkin harventanut kaikki kokeita, ja vanhojen kokeiden satotaso putosi.

Taulukko 29. Lyhytkiertopajun kloonien satoisuusjärjestys Kopparnäsin Ruutukokeessa IX syksyllä 1993. Juurten ikä 2 vuotta, vesojen ikä 1 vuosi. Lyhennys: vim – koripaju. Vesojen kuiva-tuoretiheys 284 kg/m^3. Keskikasvu laskettu kahdelle vuodelle perustamiskeväästä 1992 lähtien.

Sija	Klooni	Sato (1 a) tn/ha	Keskikasvu tn/ha/a	Keskikasvu m^3/ha/a
1	vim 78183	9,7	4,9	17,1
2	vim Anki	4,6	2,3	8,1
3	vim E7888	3,5	1,8	6,2
4	vim Hanna	3,4	1,7	6,0
5	vim 79046	3,0	1,5	5,3
6	vim Gustaf	2,9	1,5	5,1
7	vim Lisa	2,8	1,4	4,9
8	vim 78021	2,5	1,3	4,4
Keskiarvo 5 kloonia		4,0	2,0	7,0

Johtopäätökset vaiheen 1990–1993 jälkeen

Kopparnäsin kokeiden kolmannella jaksolla lyhytkiertoviljelyn voimaperäisyydestä luovuttiin. Vanhoja kokeita ei täydennetty, niiden rikkakasveja ei torjuttu ollenkaan, ja uusien kokeiden perustamista kokeiltiin samanlaisella minimihoidolla, mikä on tavanomaista peltojen normaalissa metsityksessä. Voimaperäisyydestä luopuminen pudotti lyhytkiertoviljelyn satoisuutta jyrkästi.

Kopparnäsin kokeiden kolmannen jakson tärkein anti oli todentaa aikaisemmista jaksoista valittujen kloonien suhteellinen paremmuus vähäisen voimaperäisyyden viljelyssä. Tätä seurattiin suhteellisen viljelyvarmuuden indeksillä (vrt. johtopäätökset vaiheen 1987–1989 jälkeen). Kopparnäsin kolmivaiheisen koesarjan päätteeksi laskettu viljelyvarmuuspisteet on esitetty taulukossa 30.

Viljelyvarmuuden indeksillä mitaten johtopäätös ei ole yllättävä. Ne kloonit, jotka esiintyvät usein eri vuosien mittausten kärjessä saavat myös paljon viljelyvarmuuspisteitä. Koripajun paremmuus vannepajuun verrattuna on selvä. Viljelyvarmuuden taulukkoon eivät päässeet ollenkaan lupaavina pidetyt ruskopaju (*S. schwerinii*) 77077, raidan ja koripajun risteymät (*S. x smithiana*) tai muutkaan Kopparnäsiin 1983 tuodut taulukon 1 lajit. Valkopaju menestyi intensiivisesti hoitaen 1980-luvulla hyvin, mutta sen viljelyvarmuuden indeksi laski koe kokeelta 1990-luvulla, kun viljelyn voimaperäisyydestä luovuttiin.

Kopparnäsin lyhytkiertoviljelyn kokeiden 1983–1993 perusteella Suomen eteläosan oloihin, hyväkuntoisille pelloille perustettavien, voimaperäisesti viljeltävien kasvustojen suositeltavat kolme kloonia ovat:

1) Koripaju – Salix viminalis 78183
2) Koripaju – Salix viminalis 78021
3) Koripaju – Salix viminalis E7888 Somero

Taulukko 30. Lyhytkiertopajun kloonien paremmuusjärjestys suhteellisen viljelyvarmuuden indeksillä mitaten Kopparnäsin kokeissa 1983–1993. Indeksin pisteytys on laskettu 16 kokeen mittauksista, joissa mittauksia oli eri kasvukausien jälkeen yhteensä 28 kappaletta.

Sija	Kloonitunnus	Alias	Laji	Indeksi
1	78183	183	S. viminalis	145
2	78021	21	S. viminalis	112
3	E7888	Somero	S. viminalis	105
4	77803	803	S. alba	62
5	78112	112	S. viminalis	59
6	78195	195	S. viminalis	53
7	78044	44	S. burjatica	49
8	81090	8100	S. burjatica	47
9	77801	801	S. viminalis	45
10	78101	101	S. viminalis	41
11	79036	36	S. viminalis	40
12	77075	75	S. burjatica	39
13	78196	196	S. burjatica	34
14	79097	CSD 1	S. burjatica	34
15	77683	683	S. viminalis	34
16	E7901	7901	S. viminalis	33
17	78198	198	S. viminalis	33
18	78013	13	S. viminalis	27
19	79046	902	S. viminalis	26
20	Anki	832502	S. viminalis	24
21	79050	809	S. viminalis	24
22	79026	26	S. viminalis	21
23	77056	56	S. burjatica	16
24	77082	82	S. viminalis	15
25	80051	51	S. viminalis	13
26	Hanna	821624	S. viminalis	13
27	80072	GB802	S. viminalis	12
28	Lisa	81110	S. viminalis	12
29	78118	118	S. viminalis	11
30	79004	4	S. viminalis	11

Kirjallisuus

Hagman, M. 1976. Eräitä tietoja Salix cv. 'Aquatica N:o 56':sta. Konekirjoite Metsäntutkimuslaitoksen Metsänjalostuksen tutkimusosastolla. 3 s.

Hytönen, J. & Ferm, A. 1984. Vesipajun puuteknisiä ominaisuuksia. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 163. 20 s.

Kallinen, A., Pohjonen, V. & Pääkylä, T. 1976. On crop certainty. Acta Agric. Scand. 26:269–276.

Koivisto, P. 1959: Kasvu- ja tuottotaulukoita. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 51(8). 49 s.

Malmivaara, E., Mikola & J. Palmberg, C. 1971. Pajujen mahdollisuudet metsäpuiden jalostuksessa. Silva Fenn. 5(1):11–19.

Pohjonen, V. 1974. Istutustiheyden vaikutus eräiden lyhytkiertoviljelyn puulajien ensimmäisen vuoden satoon ja pituuskasvuun. Silva Fennica 8(2):115–127.

— 1985. Towards renewable energy in Northern Finland. In: Siuruainen, E. (ed.). Ten years of work at Research Institute of Northern Finland. University of Oulu. A3:31–41.

— 1987. Salix 'Aquatica Gigantea' and Salix x dasyclados Wimm. in biomass willow research. Seloste: Vesipaju ja vannepaju energiapajututkimuksissa. Silva Fennica 21(2):109–122.

— 1991. Selection of species and clones for biomass willow forestry. Acta Forestalia Fennica 221. 58 s.

Salix. Våren 1994. Kloninformation. Sveriges Lantbruksuniversitetet. Uppsala. 4 s.

Schreiner, E. 1970. Mini-rotation forestry. U.S.D.A. Forest Service Research Paper NE-174.

Maaseutumaisema ja peltojen metsitys

Liisa Tahvanainen & Liisa Tyrväinen

Tiivistelmä

Lähivuosien pellonmetsitystavoite on Suomessa lähes 90 000 hehtaaria. Kun peltoja on koko maapinta-alasta vain 7 %, vaikuttaa laajamittainen metsittäminen tuntuvasti maaseutumaisemaan. Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin itäsuomalaisten maanomistajien, virkistyskäyttäjien ja maankäytön asiantuntijoiden pellon metsitykseen liittyviä maisema-arvostuksia. Lisäksi tarkasteltiin tietokonegrafiikan käyttökelpoisuutta maiseman miellyttävyyden visuaalisessa ennustamisessa ja regressiomallien soveltuvuutta maisema-arvojen ennustamiseen numeerisesti suoraan inventointitietoihin perustuen. Koehenkilöt arvioivat maiseman kauneutta diakuvista, jotka oli tuotettu alkuperäisistä valokuvista asteittain metsittämällä käyttäen digitaalista kuvankäsittelymenetelmää sekä vastaavista tietokonegrafiikalla tuotetuista kuvista. Pääsääntöisesti maiseman miellyttävyys väheni metsityksen intensiteetin kasvaessa. Poikkeuksena olivat laajat ja tasaiset peltoaukeat, joissa vähäinen metsitys koettiin maisema-arvoa lisäävänä. Asiantuntijoiden arvioinneissa maisemat poikkesivat toisistaan enemmän kuin maanomistajien ja virkistyskäyttäjien arvioinneissa. Maanomistajien tekemissä arvioissa metsityksen tuoma maiseman muutos oli vähäisempi ja useammin positiivinen kuin muissa ryhmissä. Koska tietokonegrafiikasta arvioitu maisemien paremmuusjärjestys oli hyvin lähellä valokuvista arvioitua järjestystä, voidaan tietokonegrafiikan katsoa soveltuvan hyvin maaseutumaiseman muutosten havainnollistamiseen. Maisemien kauneutta ennustavilla regressiomalleilla, joissa kauneutta selittävinä muuttujina oli maisemaa ja sen vaihtelevuutta kuvaavia tunnuksia, voitiin selittää yli 60 % kauneusindeksin vaihtelusta. Tulokset osoittavat, että normaalissa kuvioittaisessa arvioinnissa kerättävästä sekä karttatiedosta laskettavissa olevista tunnuksista voidaan ennustaa maiseman miellyttävyyttä. Tämä mahdollistaa maisema-arvojen liittämisen metsä- ja tilasuunnitteluun numeerisena ja maiseman käsittelyn muihin hyötyihin rinnastettavana tavoitteena suunnittelussa.

Johdanto

Suomessa EU:n jäsenvaltioiden yhteinen pellonmetsitystukijärjestelmä (2080/92) meritsee huomattavaa metsitysten lisääntymistä. Yleisesti metsitysohjelma suhteessa maaalousmaan alaan on yhteisön maissa ollut sitä korkeampi, mitä enemmän metsämaata maassa on ollut asukasta kohti ja toisaalta, mitä heikompi on ollut maatalouden tuloaso ja kansainvälinen kilpailukyky (Kuhmonen & Nerg 1995). Suomessa metsityshjelman laajuus on vuosina 1995–1999 yhteensä 88 000 hehtaaria (3,7 % peltopinta-alasta), josta 18 000 hehtaaria on arvioitu metsitettävän luopumiseläkejärjestelmään liittyen (Kuhmonen & Nerg 1995).

Suomessa maa- ja metsätalouden asema poikkeaa selvästi Keski- ja Etelä-Euroopan maista. Keski- ja Etelä-Euroopassa metsäalueiden laajentamisen tavoitteena on myös maaseutualueiden elinkeinopohjan vahvistaminen ja monipuolistaminen sekä voimaperäisen maatalouden alueiden suojaaminen eroosiolta (Kukkonen 1995). Muissa EU-maissa maatalousmaan osuus on yli puolet kokonaispinta-alasta, kun osuus Suo-

messa on vain 7 %. Avointa peltomaisemaa on siis niukasti, mutta Suomen metsitysohjelma on laajempi kuin muissa jäsenmaissa suhteessa maatalousmaan alaan.

Laajamittainen peltojen metsittäminen vaikuttaa tuntuvasti koko suomalaiseen maaseutuun; metsitys voi sulkea ja yksipuolistaa maaseudun maisemaa ja vähentää maaseudun elinvoimaisuutta ja ympäristön monipuolisuutta. Suhteellisesti suurin osa pelloista on viime vuosina metsitetty Itä-Suomessa. Alhaisin metsitysintensiteetti on puolestaan ollut siellä missä peltoalueita on eniten eli Lounais-Suomen, Uusimaa-Hämeen, Helsingin ja Keski-Pohjanmaan metsälautakuntien alueilla. (Kuhmonen & Nerg 1995). Metsityksen aiheuttamat visuaaliset muutokset maisemassa ovat pitkäaikaisia. Metsitysten vaikutus maisemaan riippuu kuitenkin ratkaisevasti siitä, minkälaisille alueille ja miten metsitykset suunnitellaan. Tällä hetkellä ei ole juurikaan olemassa tietoa tai ohjeita siitä, millaiset kohteet maisemallisesti parhaiten soveltuisivat metsitykseen. Peltometsitysten suunnittelun avuksi kaivataan tietoa ihmisten maisema-arvostuksista ja siitä, miten niiden perusteella voidaan metsitykset kohdentaa.

Tulevaisuuden maisemamuutosten havainnollistamiseksi voidaan valokuvankäsittelyä tai tietokonegrafiikkaa apuna käyttäen luoda kuva eri käsittelyvaihtoehtojen tuottamasta maisemasta haluttuna ajankohtana. Digitaalinen valokuvankäsittely on aikaa vievää eikä siten sovellu käytännön suunnittelutyöhön muualla kuin erikoiskohteissa. Käytännön suunnittelussa maiseman muutosten havainnollistamisen tulee olla automaattista ja nopeaa. Kuvien tuottaminen ei saa myöskään vaatia ylimääräistä maastotyötä vaan sen tulee perustua normaalissa maastoarvioinnissa kerättävään ja karttatiedosta laskettavissa olevaan informaatioon.

Maaseutusuunnittelussa on voitava ottaa huomioon monenlaisia tavoitteita samanaikaisesti ja samanarvoisina. Näitä tavoitteita ovat esimerkiksi nettotulojen määrä (puun myynnistä, maataloustuotannosta jne.), puuston määrä, alueen virkistys- ja maisema-arvot ja vaikkapa riistanhoito. Nykyiset monikäytön suunnittelun mahdollistavat suunnitteluohjelmistot on laadittu puhtaasti metsätalouden käyttöön. Monipuolinen maaseutusuunnittelu vaatisi kuitenkin työvälineekseen tilan tai alueen kokonaissuunnitteluun soveltuvan ohjelmiston, jossa voidaan käsitellä metsä- ja peltokuvioita yhdessä. Suunnittelusysteemeissä voidaan maaseudun markkinahinnattomat hyödykkeet, kuten maisema, ottaa huomioon, kun tietoa eri alueilla asuvien ihmisten maisema-arvostuksista saadaan.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää eri ihmisten peltometsitykseen liittyviä maisema-arvostuksia Pohjois-Karjalassa ja tarkastella niiden perusteella millaisiin kohteisiin metsitystä ensisijaisesti voitaisiin suositella. Lisäksi tutkittiin mahdollisuuksia maisema-arvostusten huomioonottamiseen maa- ja metsätalouden suunnittelusysteemeissä; voidaanko automaattisesti kuviotiedoista tuotetulla tietokonegrafiikalla riittävän tarkasti havainnollistaa maisemaa ja sen muutoksia ja voidaanko kuviotietoihin perustuvilla malleilla ennustaa maiseman miellyttävyyttä.

Tutkimus toteutettiin osana laajempaa kolmevuotista (1994–1996) tutkimusprojektia "Maaseutumaiseman arvostus ja sen huomioon ottaminen tila- ja aluesuunnittelussa". Tutkimusprojekti kohdistuu tavanomaisiin maaseutumaisemiin eri puolilla Suomea alueilla, joissa peltojen metsityspaineet ovat suurimmat.

Materiaali ja menetelmät

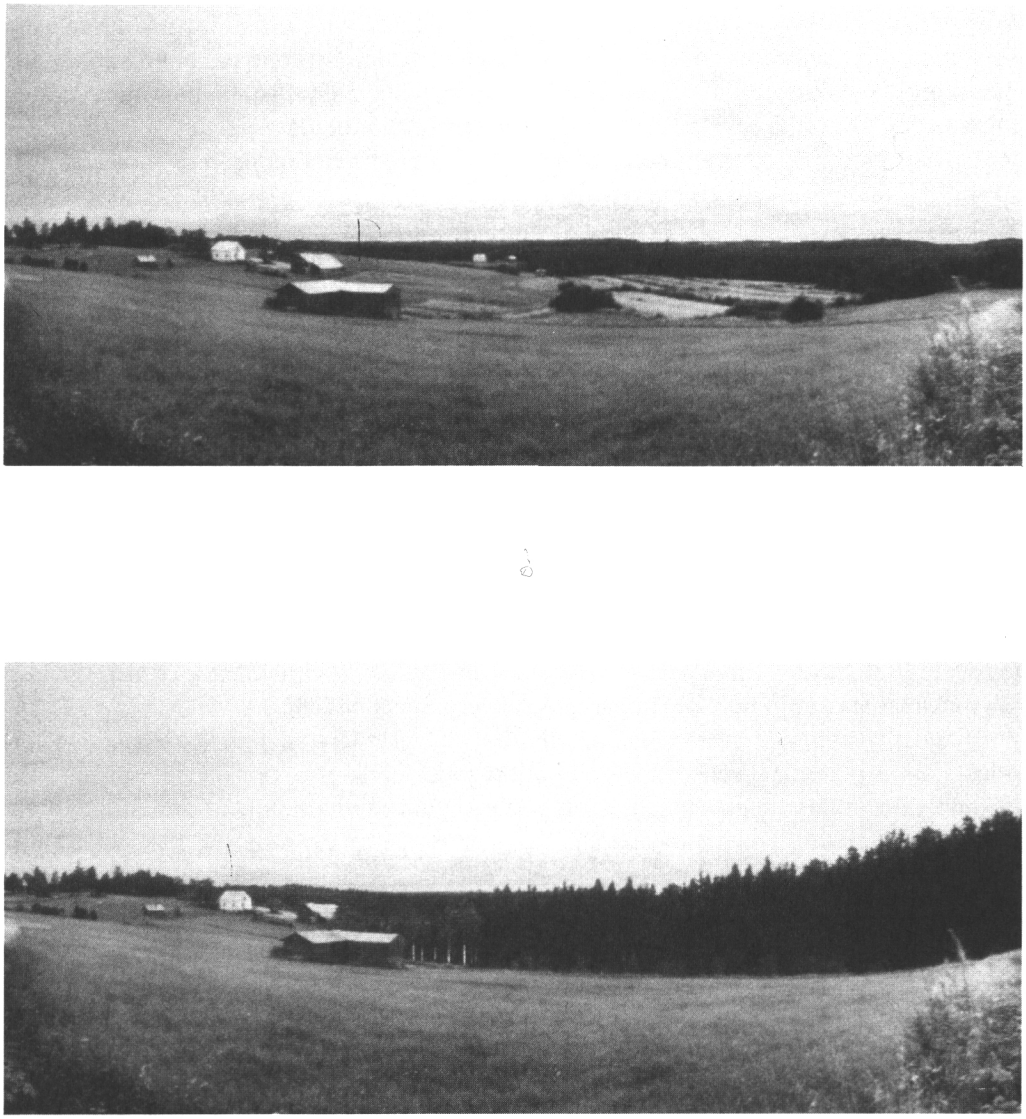
Arvioitavat maaseutumaisemat

Maaseutumaisemakohteet valittiin kolmelta eri tyyppiseltä maisema-alueelta Pohjois-Karjalasta. Alueet sijaitsevat Ilomantsissa, Liperissä ja Liperin Vaivion kylässä. Ilomantsin kohteet edustavat tyypillistä Itä-Suomalaista vaara-aluetta, jossa asutus ja maanviljely ovat keskittyneet vaarojen laelle. Liperin Vaivion kylässä sijaitsevat kohteet edustavat pienipiirteistä ja kumpuilevaa viljelyaluetta. Muu osa Liperiä on vahvaa viljanviljelyaluetta, jota hallitsevat tasaiset ja laajat peltoaukeat. Kultakin alueelta valittiin tutkimuskohteiksi kolme alueelle tyypillistä viljelymaisemaa. Kohteet kuvattiin elokuun loppupuolella panoraamakameralla, jonka objektiivin polttoväli oli 28 mm ja kuvausalue 120°. Kuvat otettiin todelliselta katselukorkeudelta (noin 150 cm) maantieltä, joka oletettiin yleisimmäksi maiseman havainnointipaikaksi.

Peruskuvista tuotettiin digitaalista kuvankäsittelymenetelmää hyväksi käyttäen eri tavoin metsitettyjä maisemia. Jokaisesta maisemasta luotiin alkuperäisen kuvan lisäksi vaihtoehdot, joissa peltopinta-alasta oli metsitetty kolmannes, kaksi kolmannesta sekä koko pinta-ala (taulukko 1, kuva 1). Metsityksessä tarkastelun kohteeksi valittiin varttunut kasvatusmetsä, jolloin metsityksen aiheuttama maiseman muutos on jo selvästi havaittavissa eikä puuston peittävyys enää oleellisesti kiertoajan kuluessa muutu. Metsitys tehtiin kopioimalla tietokoneen näyttöruudulla leikkeitä todellisesta istutusmetsiköstä otetuista valokuvista. Metsitykseen käytettiin 35-vuotiaasta istutuskoivikosta ja 41-vuotiaasta kuusikosta otettuja kuvia.

Taulukko 1. Alkuperäisten maisemien sijainti ja numerointi. Maisemista muokatut diakuvat on numeroitu niin, että ensimmäinen numero vastaa metsittämätöntä maisemaa, toinen kolmasosan metsitystä peltopinta-alasta, kolmas kahden kolmanneksen ja neljäs täydellistä metsittämistä. Diat 31 ja 32 vastaavat täydellistä metsittämistä kohteissa 1–4, 6 ja 8.

Maisema	Diat	Sijainti	
no:	no:	Paikka	Alue
1	1 – 3	Pietinlahti	Liperi
2	4 – 6	Pahkavaara	Ilomantsi
3	7 – 9	Hakovaara	Ilomantsi
4	10 – 12	Kuusijärvi	Vaivio
5	13 – 16	Mustalampi	Vaivio
6	17 – 19	Riihilampi	Liperi
7	20 – 23	Pohjalampi	Vaivio
8	24 – 26	Vaivio	Liperi
9	27 – 30	Kirvesvaara	Ilomantsi
	31	puhdas kuusikko	
	32	puhdas koivikko	



Kuva 1. Esimerkki maiseman muuttumisesta, kun 2/3 peltoalasta on metsitetty. Alkuperäinen maisema on Pahkavaarasta Ilomantsista ja metsitys on tehty siirtämällä leikkeitä noin 40-vuotiasta istutusmetsikköä esittävästä kuvasta.

Maisemavalokuvia vastaavat piirroskuvat tuotettiin tietokonegrafiikalla MONSU-monikäytön suunnitteluohjelmistoa (Pukkala 1993) apuna käyttäen. Grafiikkakuvat perustuivat maastossa kuvioittaisessa arvioinnissa mitattuihin puusto- ja metsikkötunnuksiin sekä karttatietojen perusteella laskettuun maastomalliin. Tarkoituksena oli tutkia sitä, miten hyvin pelkistetyllä viivagrafiikalla voidaan havainnollistaa maisemaa ja sen muutoksia. Maisema-arviointia varten sekä kuvankäsittelyllä tuotetut maisemat että vastaavat tietokonegrafiikalle tuotetut maisemat kuvattiin tietokoneen näytöltä väridiafilmille.

Maisemakuvien miellyttävyyden arviointi

Diakuvien esittämien maisemien miellyttävyyttä arvioitiin kahdella erilaisella menetelmällä diakuvista; käyttämällä pareittaista vertailua sekä arvioimalla kunkin kuvan miellyttävyys asteikolla 1–10. Pareittaista vertailua varten kuvat jaettiin 11 sarjaan, joista kahta viimeistä käytettiin sarjojen keskinäiseen skaalaukseen. Kunkin sarjan sisällä vertailtiin pareittain kaikki mahdolliset kuvaparit. Koehenkilöt arvioivat kustakin kuvaparista olivatko maisemat samanarvoisia vai oliko toisen kuvan esittämä maisema miellyttävämpi kuin toinen ja paljonko miellyttävämpi valittu maisema oli. Maiseman miellyttävyys arvioitiin asteikolla: 1 (yhtä miellyttävät), 3 (hieman parempi), 5 (parempi), 7 (paljon parempi) ja 9 (erittäin paljon parempi kuin toinen esitetyistä maisemista) (Saaty 1982). Myös väliarvoja oli mahdollista käyttää. Tietokonegrafiikalla tuotetut piirroskuvat arvioitiin pelkästään pareittaista vertailua käyttäen.

Kuvien esittämien maisemien miellyttävyyttä arvioivat pohjoiskarjalaiset maanomistajat ja potentiaaliset virkistyskäyttäjät, jotka eivät itse omistaneet maata sekä maankäytön suunnittelun asiantuntijat. Maankäytön suunnittelun asiantuntijat olivat metsä-, maatalous-, ympäristönsuojelu-, kaavoitus- tai muun sellaisen alan asiantuntijoita, jotka joutuvat omassa työssään suunnittelemaan maankäyttöä. Tutkimuksessa oli mukana yhteensä 130 henkilöä, joista maanomistajia oli 61, virkistyskäyttäjiä 35 ja asiantuntijoita 34.

Tulosten laskenta

Pareittaisella vertailulla arvioiduille maisemakuville laskettiin kunkin koehenkilön tekemien arviointien perusteella suhdeasteikolliset kauneusindeksit ominaisarvomenetelmää käyttäen (esim. Saaty 1982, Kangas ym. 1993). Käytetyllä menetelmällä voitiin laskea myös kunkin koehenkilön tekemille arvioinneille kuvasarjoittain arviointien johdonmukaisuus. Tässä tutkimuksessa katsottiin hyväksyttäväksi arvioksi vielä noin 20 % epäjohdonmukaisuus (kts. Saaty & Kearns 1985). Vertailujen epäloogisuuden vuoksi jouduttiin aineistosta poistamaan 19 maanomistajaa, 14 virkistyskäyttäjää ja 1 asiantuntija.

Maisemakuvien saamien kauneusindeksien eroja tutkittiin varianssianalyysin ja pylväsdiagrammien avulla. Eri arviointimenetelmien yhteensopivuutta tarkasteltiin Spearmanin järjestyskorrelaation avulla. Myös tietokonegrafiikasta tehtyjen arviointien

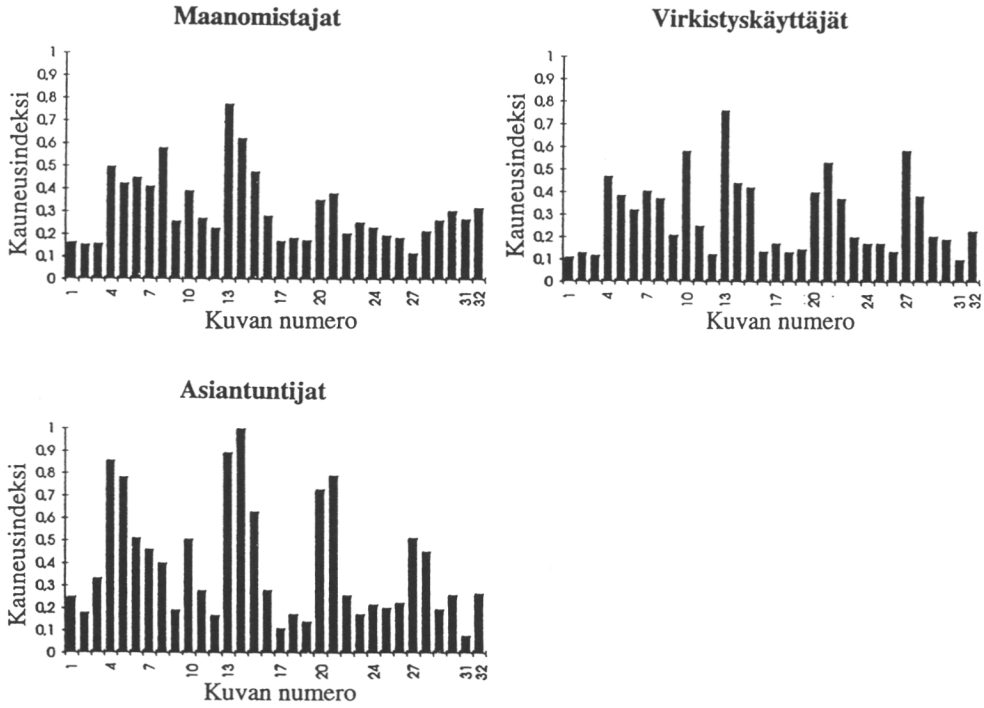
vastaavuutta valokuvista tehtyjen arviointien kanssa tarkasteltiin Spearmanin järjestyskorrelaation avulla.

Lopuksi pyrittiin maiseman miellyttävyyttä selittämään erilaisilla maisemaa kuvaavilla muuttujilla. Selittäjiksi valittiin normaalista kuvio- ja karttatiedosta laskettavissa olevia tunnuksia. Menetelmänä käytettiin lineaarista regressioanalyysiä.

Tulokset

Avoimet topografialtaan vaihtelevat peltomaisemat koettiin selvästi muita maisemia miellyttävimmiksi. Vähiten miellyttäviksi koettiin hyvin tasaiset, laajat peltoaukeat. Pääsääntöisesti kunkin maiseman miellyttävyys pieneni sitä enemmän, mitä enemmän peltopinta-alasta metsitettiin (kuva 2). Poikkeuksena olivat nimenomaan yksitoikkoiset peltoaukeat, joista puuttuivat selkeät maisemaa rajaavat ja jäsentävät elementit. Tällaisissa kohteissa metsitys ei yleensä vaikuttanut maisema-arvoon vaan metsityksellä voitiin saada maisema joissain tapauksilla myös miellyttävämmäksi.

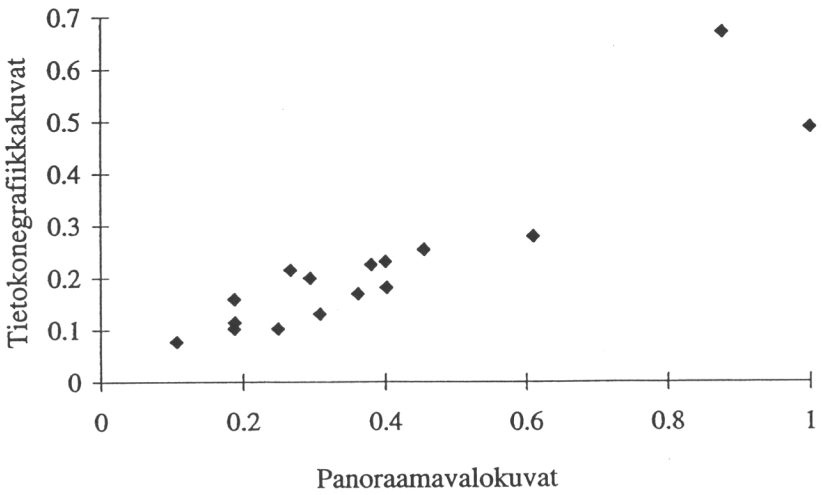
Maisemakuvien arvostelu pareittaisen vertailun lisäksi myös yksin kuvin 1–10 asteikolla antaa kuvan menetelmien luotettavuudesta. Spearmanin korrelaatiokerroin pareittaisella vertailulla saaduille indekseille ja 1–10 asteikolla arvioituina pistemäärinä oli korkea, 0,9. Kuvien miellyttävyyden mukainen järjestys oli suurinpiirtein sama molemmilla menetelmillä.



Kuva 2. Maaseutumaisemien saamat kauneusindeksit eri intressiryhmien arvostuksen mukaan ja peltometsityksen vaikutus maisema-arvoon. Kuvien numerointi on selitetty taulukossa 1.

MONSU-monikäytön suunnitteluohjelmistolla tuotettujen viivagrafiikkakuvien pareittaisessa vertailussa saamat kauneusindeksit korreloivat hyvin valokuvien saamien vastaavien kauneusindeksien kanssa (kuva 3). Spearmanin korrelaatiokerroin oli 0,89.

Maiseman miellyttävyyttä ennustavilla regressiomalleilla voitiin selittää yli 60 % kauneusindeksin vaihtelusta kaikissa intressiryhmissä. Selittäjinä maiseman miellyttävyyttä kuvaavissa regressiomalleissa käytettiin näkyvästä maisemasta mitattavissa olevia tunnuksia, tyypillisesti selittäjiä oli 7–9. Maanomistajien maisema-arvon ennustemalli poikkesi muista niin, että selittäjiä oli vähemmän eikä metsityspuulajilla tai peltonäkemän syvyydellä ollut merkitystä. Muissa ryhmissä, kuten myös yhdistetyssä aineistossa, selittäjinä olivat peltoala ja pellon ja veden osuudet näkyvästä pinta-alasta sekä vedenrajan pituus, peltonäkemän syvyys ja rakennusten määrä maisemassa.



Kuva 3. Tietokonegrafiikkakuvista ja kuvankäsittelyllä muokatuista panoraamavalokuvista arvioitujen maiseman kauneusindeksien korrelaatio.

Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin eri ihmisryhmien maaseutumaisemaan ja peltojen metsitykseen liittyviä arvostuksia. Tutkimuksessa selvitettiin myös tietokonegrafiikan ja kuviotietoihin perustuvien regressiomallien käytön soveltuvuutta maiseman kauneuden ennustamiseksi. Tulokset osoittavat, että maisema-arvon määrittämiseksi voidaan luoda yleisiä ohjeita. Näin ollen maaseudun maisema-arvot voidaan myös liittää monikäytön suunnittelusysteemeihin tavoitteina muiden konkreettisempien tavoitteiden rinnalle.

Yleensä miellyttävimmiksi koettiin topografialtaan vaihtelevat, tasapuolisesti peltoa ja metsää sisältävät maisemat. Kaikkien intressiryhmien tekemissä arvioissa maiseman miellyttävyys pääsääntöisesti laski metsityksen intensiteetin kasvaessa. Kuitenkaan vähäisellä, tässä tutkimuksessa noin 1/3 peltoalasta, metsittämisellä ei juurikaan

ollut vaikutusta maisema-arvoon. Poikkeuksena yleisestä linjasta olivat laajat, tasaiset peltoaukeat joista puuttuivat selkeät maisemaa rajaavat ja jäsentävät elementit. Tällaisissa kohteissa metsitys ei yleensä vaikuttanut maisema-arvoon vaan saattoi joissain tapauksissa muuttaa maiseman jopa miellyttävämmäksi. Maanomistajilla eri tavoin metsitettyjen maisemien kauneuserot eivät olleet yhtä selkeitä ja jyrkkiä kuin muilla ryhmillä. Caryn (1993) mukaan mielikuvat ja ympäristön symbolinen arvo eivät olekaan niin merkityksellisiä ja selviä sellaisilla ihmisryhmillä, jotka itse joutuvat taloudellisesti vastaamaan ympäristön hoidon kustannuksista, kuin muilla. Metsityksen taloudellisen kannattavuuden kasvaessa saattavat maanomistajien maisema-arvostukset muuttua taloudellisen tarkoituksenmukaisuuden mukana; taloudellisesti kannattava koetaan myös positiivisena.

Yleisesti ottaen voidaan sanoa, että metsityskohteiden sijoittaminen on suositeltavinta sellaisiin kohteisiin, missä se ei hallitse maisemaa eikä muuta selkeästi maiseman tunnistettavuuteen liittyviä tekijöitä. Toisin sanoen metsityspinta-ala on pienehkö suhteessa koko näkyvään maisemaan ja on yleisimmästä katselupisteestä tarkasteltuna taka-alalla. Laajoilla peltoaukeilla voi sen sijaan melko voimakaskin metsittäminen tuoda maisemaan kaivattua vaihtelua. Tosin perinteisten laajojen ja avointen peltomaisemien (esim. Pohjanmaa) rikkominen peltoa metsittämällä voi olla maiseman kannalta myös haitallista (Kuhmonen & Nerg 1995).

Itse metsitys ei ole maisemaa välttämättä huonontava tekijä vaan ratkaisevaa on se miten metsitykset sijoitetaan. Lopputuloksen on oltava vaihteleva ja selkeästi jäsentynyt. Avointen alueiden tulisi olla riittävän laajoja ja yksityisistä tiloista olisi mahdollisuuksien mukaan pyrittävä muodostamaan maisemallisesti toisiinsa liittyviä alueita. Yhteiskunnan saaman kokonaishyödyn kannalta ei ehkä ole järkevää tukea metsittämistä yleensä vaan kohdistaa metsitystuet sellaisille alueille ja sellaisiin kohteisiin joissa metsittäminen on kokonaisvaltaisesti tarkasteltuna järkevää. Ylituotannon vähentämisen paineet kohdistuvat nimenomaan vahvan viljanviljelyn alueille. Näille alueille ovat yleensä tyypillisiä laajat, avoimet peltoaukeat, joiden maisemaan oikein sijoitetulla metsityksellä voisi olla positiivinen ja monipuolistava vaikutus. Sen sijaan syrjäseuduilla peltokuviot ovat pieniä, kasvukausi on usein lyhyempi ja tuotos pienempi kuin keskeisillä viljanviljelyalueilla. Tällaisilla alueilla voi peltometsitysten yhteiskunnallinen hyöty olla pieni ylituotannon rajoittamisen näkökulmasta. Sen sijaan viljelyssä olevien peltojen merkitys maisemaan on suuri metsävaltaisilla seuduilla.

Peltojen metsitysohjelmien tarkoituksena on pienentää ylituotantoa niin, että viljelystä luopuvan maatalousyrittäjän toimeentulo turvataan tukemalla metsätaloutta. Kun toimeentulosta johtuvia paineita metsittämiseen on monilla tiloilla eikä metsitysohjelmiin liity laajempia ympäristönhoidollisia tavoitteita, on vaarana, että metsittäminen on sekä tila- että aluekohtaisesti suunnittelematonta. Lähdettiinpä suunnittelussa mistä lähtökohdista tahansa on hyvässä suunnitteluohjelmistossa voitava tavoitteet asettaa sen mukaisesti. Lähtökohtana maatalouden ja metsätalouden suunnittelussa voivat olla virkistyskäyttäjien, maanomistajien tai yhteiskunnan tavoitteet. Lähtökohtana voi myös olla ekosysteemi itse tai jokin sen osa, esimerkiksi metsäkanalintujen elinympäristö vaatimukset. Perinteisesti maankäyttöpäätökset Suomessa kuitenkin tekee maanomistaja. Useimmissa tapauksissa olisi mahdollista suunnitella tilalle tietty määrä metsitystä niin, että se sopisi hyvin maisemakokonaisuuteen. Jos metsityskohteiden hyväksymisessä aletaan käyttää myös muita kuin tilakohtaisia perusteita, esim. alueen luonnon- ja

maisemanhoidollisia tavoitteita, on evätyn metsitystuen osuus voitava muulla tavoin korvata. Ratkaisuna voisi olla esimerkiksi tulonmenetyskorvaus ja esim. maiseman- tai luonnonhoitotuki niille, joilta pellonmetsitys on evätty maiseman- ja ympäristönhoidollisista syistä.

Tarjolla on oltava riittävän tehokkaita ja helppokäyttöisiä suunnittelun apuvälineitä, joilla voidaan myös visuaalisesti havainnollistaa erilaisten käsittelyvaihtoehtojen vaikutuksia. Silloin, kun päätöksentekoon liittyy tulotavoitteiden lisäksi myös maisemallisia tavoitteita voidaan päätöksenteossa käyttää apuna erilaisten toimenpidevaihtoehtojen aiheuttamien muutosten kuvallista havainnollistamista. Tässä tutkimuksessa testattu tietokonegrafiikka osoittautui varsin toimivaksi keinoksi erilaisten käsittelyvaihtoehtojen ja tulevaisuuden skenaarioiden visualisoinnissa. Vaikka grafiikkakuvista puuttuivat kokonaan esimerkiksi rakennukset, yksittäiset puut ja pintakasvillisuus pystyivät koehenkilöt hyvin kuvittelemaan esitettyjen maisemien erot. Tietokonegrafiikan etuna muihin maiseman kauneutta ennustaviin menetelmiin (karttatieto ja numeerinen tieto) on juuri sen havainnollisuus ja edullisuus. Havainnollistamiseen on kehitteillä todellisuutta paremmin muistuttavia valokuvan ja tietokonegrafiikan yhdistelmiä, jotka helpottavat tulevaisuudessa maisemasuunnittelua myös yksityisen maanomistajan tasolla (Muinonen ym. 1995).

Maiseman kauneutta kuvaavat ennustemallit olivat hieman erilaisia eri intressiryhmillä. Parhaiten malleilla kyettiin selittämään asiantuntijoiden maisema-arvostuksia, jotka olivat johdonmukaisimpia ja selkeimpiä. Tulosten perusteella näyttää siltä, että normaalissa kuvioittaisessa arvioinnissa kerättävästä tiedosta sekä karttatiedosta laskettavissa olevista tunnuksista voidaan ennustaa maiseman yleistä miellyttävyyttä ja arvioida maisema-arvostuksiin läheisesti yhteydessä olevia elementtejä. Sen sijaan erikois- ja perinnemaisemien arvon määrittämiseen ja esimerkiksi metsittämisen tuoman muutoksen vaikutuksen arviointiin tiettyä erityisarvoa omaavassa maisemassa ei tällaisia tavanomaisiin maisemakohteisiin suunniteltuja malleja suositella käytettäväksi. Käyttökelpoisten, yleistettävissä olevien preferenssimallien luomiseksi tarvitaan kuitenkin huomattavasti nyt käytettyä laajempi aineisto.

Laajoja pellonmetsitysohjelmia laadittaessa tarvittaisiin kokonaisvaltaista toimintasuunnitelmaa, jossa otettaisiin huomioon myös mm. maisema, peltojen laatu, suojelualuepolitiikka, sosioekonomiset tekijät, metsityksen kannattavuus sekä maatalouden rakenne (Selby & Petäjistö 1995). Nyt tehtävät nopeat maatalouspoliittiset uudistukset vaikuttavat voimakkaasti maaseutuväestön elinmahdollisuuksiin sekä sitä kautta koko eurooppalaisen maaseudun rakenteeseen.

Kirjallisuutta

Cary, J. 1993. The nature of symbolic beliefs and environmental behavior in rural setting. Environment and Behavior 25(5): 555–576.

Kangas, J., Laasonen, L. & Pukkala, T. 1993. A method for estimating forest landowner's landscape preferences. Scandinavian Journal of Forest Research 8(3): 408–417.

Kuhmonen, T. & Nerg, J. 1995. Pellonmetsitystuki osana EU:n metsäpoliittisia toimenpiteitä ja tuen soveltaminen Suomessa. Suomen aluetutkimus – Finnish Regional Research FAR. Selvityksiä 5. 54 s.

Kukkonen, H. 1995. EU-jäsenyyden merkitys metsänomistajalle. Työtehoseuran metsätiedote 7/1995. 4 s.

Muinonen, E., Tahvanainen, L. & Tyrväinen, L. 1995. Combining computer graphics and image-capture techniques in visualization of forest landscapes. European Forest Institute, EFI proceedings 4:147–151.

Pukkala, T. 1993. Metsäsuunnitteluohjelma MONSU. Ohjelmiston toiminta ja käyttö. Moniste. 42 s.

Saaty, T.L. 1982. Decision making for leaders. The analytical hierarchy process for decision in a complex world. Waldsworth, Inc., Lifetime Learning Publications, Belmont, California. 291 s.

— & Kearns , K.P. 1985. Analytical plannning: the organization of systems. International series in modern applied mathematics and computer science, v. 7. Pergamon Press Ltd. 208 s.

Selby, A. & Petäjistö, L. 1995. Peltojen metsitystä tulisi ohjata. Metsälehti 1/1995. Artikkeli.

Pellonmetsityksen yksityistaloudellinen kannattavuus

Jukka Aarnio & Tapio Rantala

Tiivistelmä

Tutkimuksessa tarkastellaan peltojen metsänistutuksen ja luontaisen metsityksen yksityistaloudellista kannattavuutta eri puolilla Suomea. Paras kannattavuus saatiin koivun ja kuusen istutuksella. Männynistutuksissa kannattavuus oli selvästi heikompi ja täydellisen epäonnistumisen riski suurempi. Luontaisesti syntyneiden hieskoivikoiden kasvatuksen kannattavuus oli istutuksia heikompi. Luontaisen metsityksen etuna ovat kuitenkin alhaiset kustannukset. Metsittäjän oman rahoitusosuuden kasvu pienentääkin kannattavuuseroja luontaisen metsittämisen ja istutuksen välillä. Kannattavuustulosten perusteella luontaista metsittämistä voidaan pitää varteenotettavana vaihtoehtona lähinnä turvemailla ja Pohjois-Suomessa. Metsänparannusrahoitus paransi kannattavuutta merkittävästi molemmilla metsitysmenetelmillä ja pienensi kannattavuuseroja maan eri osien välillä.

Johdanto

Suomessa on jo vuodesta 1969 lähtien tuettu peltojen metsitystä julkisin varoin. Valtion harjoittaman tukipolitiikan pääasiallinen tarkoitus on ollut helpottaa maatalouden ylituotanto-ongelmia poistamalla peltoa pysyvästi maataloustuotannosta. Metsitystä on tuettu sekä korvaamalla maanomistajille metsityskustannukset että maksamalla metsityspalkkioita.

Maanomistajien asenteet ja kulloinkin harjoitettu tukipolitiikka ovat vaikuttaneet toteutuneisiin metsityspinta-aloihin. 1970-luvun alkupuolella metsitettiin muutamana vuonna yli 10 000 hehtaaria vuodessa. Pienimmillään metsityspinta-alat olivat 1980-luvun puolivälissä. Metsityspalkkioiden kasvun myötä 1990-luvun alussa ylitettiin jälleen 10 000 hehtaarin vuosittainen metsityspinta-ala (Metsätilastollinen vuosikirja 1994).

Investointina pellonmetsitys antaa tuloja vasta vuosikymmenten kuluttua. Metsityspalkkioilla on pyritty saamaan pitkävaikutteinen investointi maanomistajille houkuttelevammaksi. Tarkasteltaessa metsitystä investointina onkin syytä jättää palkkiot tarkastelun ulkopuolelle ja verrata pelkästään vaihtoehtoisia metsitystapoja, puulajeja ja rahoitustapoja, koska palkkiot maksetaan tietyllä alueella aina samansuuruisena riippumatta metsitysmenetelmistä.

Euroopan Unionissa tuetaan voimakkaasti maataloustuotannon vähentämistä. Peltojen metsitys on keskeisin keino maan siirtämiseksi pysyvästi pois maatalouskäytöstä. EU-jäsenyyden myötä Suomessa laadittiin "Ohjelma maatalouden metsätoimenpiteiksi" (1995), jossa vuosille 1995–1999 asetettiin tavoitteeksi metsittää lähes 90 000 hehtaaria luopumiseläkejärjestelmään liittyvä pinta-ala mukaanlukien. Käytännössä tämä johtanee lähivuosina 15 000–20 000 hehtaarin vuosittaisiin metsityspinta-aloihin.

Varsinaiseen tukijärjestelmään EU-jäsenyys ei tuo suuriakaan muutoksia. Metsityskustannukset korvataan edelleen voimassa olevan metsänparannuslain ehtojen mu-

kaisina. Uutena tukimuotona otettiin vuonna 1995 käyttöön metsityksen jälkihoidosta maksettava palkkio, joka on 500 markkaa hehtaarilta 2 ja 4 vuoden kuluttua metsityksen hyväksymisestä. Pellon arvioidun tuoton perusteella metsittäjälle maksetaan 10 vuoden ajan tulonmenetyskorvausta, joka on rinnastettavissa aiemmin maksettuun metsityspalkkioon. Puunkasvatuksen kannattavuuden näkökulmasta pääperiaatteet säilyvät likimain ennallaan.

Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää aiempiin tutkimustuloksiin (Aarnio & Rantala 1994 ja 1995) tukeutuen peltojen istutuksen ja niiden luontaisen metsittämisen yksityistaloudellista kannattavuutta. Kannattavuus määritetään männyn, kuusen ja rauduskoivun istutukselle ja luontaiselle hieskoivulle. Laskelmat perustuvat käytännön pellonmetsitysaloille perustetuille koealoille. Kannattavuus määritetään sekä maanomistajan itse rahoittamana että osittain valtion metsänparannustuella toteutettuna. Kannattavuusvertailuissa käytetään kriteereinä 3 % ja 5 % nettonykyarvojen ohella sisäistä korkoa.

Aineistot ja menetelmät

Istutuksen inventointiaineistot ja tuotosten laskenta

Tutkimusaineisto saatiin peltojen metsitysten onnistumisinventoinneista Keski-Pohjanmaan, Satakunnan, Pohjois-Suomen ja Pohjois-Savon metsälautakuntien alueilta (Ferm & Polet 1991). Satakunnan aineisto sisälsi Etelä-Pohjanmaan, Pirkka-Hämeen ja Satakunnan metsälautakunnan alueet (Kinnunen 1977, Kinnunen & Nerg 1983). Pohjois-Suomen aineisto (Rossi ym.1993) edusti lähinnä ns. Lapin kolmion aluetta.

Pellot jaettiin edelleen onnistuneisiin (osite 1), osittain onnistuneisiin (osite 2) ja epäonnistuneisiin viljelyihin (osite 3). Aineiston jaottelu on tarkemmin kuvattu Aarnion ja Rantalan julkaisussa (1994). Puuston biologinen ikä vaihteli onnistuneissa 15 ja 27 vuoden ja osittain onnistuneissa istutuksissa 9 ja 26 vuoden välillä. Runkoluku oli yleensä selvästi pienempi kuin alkuperäinen istutustiheys (2 000–2 500 tainta/ha) paitsi Pohjois-Suomessa, jossa luontaisia taimia oli lähes poikkeuksetta syntynyt runsaasti. Epäonnistuneita viljelyitä oli kaikissa tapauksissa selvästi enemmän turvemailla kuin kivennäismailla.

Puuston kehitys simuloitiin Metsälaskelman (MELA) avulla (Siitonen 1983, Ojansuu ym. 1991) ja puuston käsittelyvaihtoehdot noudattivat Metsäkeskus Tapion metsänhoitosuosituksia väljennettynä hakkuiden ajoittumisen osalta (Keskusmetsälautakunta...1989). Harvennushakkuut tehtiin alaharvennuksina. Hieskoivua kasvatettiin vain, jos istutetun pääpuulajin määrä ei riittänyt täystiheän metsikön muodostumiseen.

Optimaaliset käsittelyohjelmat valittiin maksimoimalla nettotuottojen nykyarvo 3 prosentin laskentakorkokannalla. Harvennushakkuita tehtiin 0, 1 tai 2 kertaa kiertoajan kuluessa. Niiden lukumäärään vaikutti lähinnä metsikön tiheys. Kiertoaika piteni edettäessä etelästä pohjoiseen ja siirryttäessä rehevimmiltä kasvupaikoilta karummille. Osittain onnistuneilla kokeilla kiertoajat olivat onnistuneita kokeita lyhyempiä, jos uudeksi pääpuulajiksi tuli hieskoivu, sillä sen kasvu taantuu muita puulajeja aiemmin. Onnistuneissa metsityksissä puuston keskimääräinen vuotuinen kasvu oli pääsääntöisesti koivulla 6–8 m^3, kuusella 4–9 m^3 ja männyllä 4–6 m^3 hehtaarilla. Viljelyn

epäonnistuessa metsiköiden vuotuinen kasvu jäi keskimäärin 2 m^3/ha pienemmäksi (Aarnio & Rantala 1994). Männyn selvästi muita puulajeja heikommat kasvut johtuivat männynistutusten eriasteisista epäonnistumisista sekä niiden sijoittumisesta karuimmille ja muutenkin ravinnetaloudeltaan ongelmallisimmille peltolohkoille.

Luontaisen metsityksen inventointiaineistot ja tuotosten laskenta

Tutkimusaineistona käytettiin peltojen metsitysmenetelmät -tutkimushankkeen kenttäkokeita (Ferm ym. 1993). Pellot sijaitsivat Satakunnan, Uudenmaan-Hämeen, Etelä-Karjalan, Itä-Savon, Pohjois-Savon, Keski-Suomen, Etelä-Pohjanmaan, Pohjanmaan (ruots), Keski- Pohjanmaan, Pohjois-Pohjanmaan ja Lapin metsälautakunnissa. Aineiston jaottelu on tarkemmin kuvattu Aarnion ja Rantalan (1995) luontaista metsitystä käsittelevässä julkaisussa.

Kokeet oli perustettu käytännön pellonmetsitysaloille, ja mittaustietoja oli neljältä vuodelta. Yleisin muokkausmenetelmä oli ojitusmätästys. Hieman yli puolet pelloista oli viljelykäytössä metsityshetkellä tai oli ollut kesantona korkeintaan kolme vuotta. Noin kolmannes pelloista oli pitkään ollut pakettipeltoina tai jäänyt heitteille.

Neljäntenä vuonna maanmuokkauksen jälkeen yleisin puulaji oli hieskoivu, koska suurin osa syntyneistä kuusen ja männyn taimista tuhoutui jo alkuvaiheessa. Tästä johtuen metsiköt oletettiin kasvujen laskennassa puhtaiksi hieskoivikoivikoiksi, vaikka eräillä koealoilla esiintyi jonkin verran myös pieniä kuusentaimia.

Pelloista kolmasosa oli taimettomia tai taimia oli syntynyt alle 500 kpl/ha. Turvemailla epäonnistuneiden peltojen osuus oli hiukan kivennäismaita suurempi. Maan eri osien välillä ei onnistumisessa ollut havaittavissa systemaattisia eroja. Sen sijaan metsitystä edeltäneellä pellon käytöllä oli huomattava vaikutus metsityksen onnistumistodennäköisyyteen; epäonnistumisriski oli huomattavasti suurempi, jos pelto oli ollut pitkään poissa maatalouskäytöstä (Aarnio & Rantala 1995).

Metsiköiden kehitys simuloitiin MELAlla. Puuston käsittelyvaihtoehdot noudattivat Metsäkeskus Tapion metsänhoitosuosituksia väljennettyinä samoin kuin istutusaineistojen käsittelyssä.

Laskentayksiköiden käsittelyohjelmat valittiin maksimoimalla ensimmäisen kiertoajan nettotuottojen nykyarvo 3 %:n laskentakorkokannalla. Jos metsikön runkoluku oli suurempi kuin 1 800 kpl/ha, tehtiin yksi alaharvennus keskimäärin 50 vuoden iällä. Päätehakkuuiäksi tuli 44–74 vuotta. Alhainen runkoluku johti lyhyeen kiertoaikaan. Ainespuun keskimääräinen vuotuinen kasvu vaihteli pääsääntöisesti 3 ja 5 m^3/ha välillä. Puuston aukkoisuus ja alhainen runkoluku alensivat selvästi kasvuja. Kaikki ainespuuksi kelpaava puutavara oletettiin kuitupuuksi, koska hieskoivikoista saadaan yleensä hyvin vähän tukkipuuta runkojen mutkaisuuden ja pienen koon vuoksi.

Tuotosten hinnoitteluperusteet ja kustannukset

Puutavara hinnoiteltiin keskimääräisillä metsälautakunnittaisilla vuoden 1991 kantohinnoilla (Metsätilastollinen vuosikirja 1994). Kuitupuiden hinnat vaihtelivat 73 markasta 117 markkaan kuutiometriltä ja tukkipuiden hinnat 156 ja 244 markan välillä

(Aarnio & Rantala 1994, 1995). Näihin hintoihin tehtiin leimikon järeyden ja tiheyden mukaan vuoden 1991 maaliskuun lopussa päättyneen hintasuositussopimuksen mukaiset yksikköhinnan korjaukset (Puun ... 1990).

Kustannukset määritettiin sekä maanomistajan omalla rahoituksella että valtion metsänparannustuella (Asetus metsänparannusasetuksen muuttamisesta 1563/92). Peltojen metsänistutuksessa kustannukset muodostuivat muokkauksesta, heinäntorjunnasta, istutuksesta sekä täydennysistutuksesta, taimikonhoidosta sekä suunnittelusta ja työnjohdosta (Aarnio & Rantala 1994). Suurin kustannuserä oli omarahoitusvaihtoehdossa istutus ja metsänparannusavustuksella rahoitettaessa täydennysistutus.

Peltojen luontaisessa metsityksessä kustannuksia syntyi pellon muokkauksesta, heinäntorjunnasta sekä suunnittelusta ja työnjohdosta. Neljästä muokkausvaihtoehdosta kallein oli ojitusmätästys ja halvin penkkikyntö. Pintakasvillisuuden torjuntaa tehtiin yksinomaan ennakkokäsittelynä ennen maanmuokkausta. Torjunnan hehtaarikustannukset olivat keskimäärin 700–900 markkaa, mutta joillakin pelloilla ei ennakkotorjuntaa oltu tehty lainkaan.

Pellon metsittymisen seurauksena sen maankäyttölaji muuttuu metsämaaksi. Metsänomistajia verotetaan vanhan pinta-alaperusteisen tai uuden myyntituloihin perustuvan verojärjestelmän mukaan vuonna 1993 alkaneen 13 vuoden siirtymäkauden ajan. Luontaisista metsityksistä tehtiin laskelmat molempien verotusjärjestelmien mukaisina. Sen sijaan istutuksista on vain pinta-alaperusteiset laskelmat.

Pinta-alaverotuksessa vero määritettiin metsälautakunnittaisten keskiarvolukujen perusteella. Maanviljelijöiden keskimääräiseksi tuloveroprosentiksi arvioitiin 30 % (Maatalouslaskenta 1990). Laskelmissa käytettävää metsäveroa määritettäessä otettiin huomioon myös määräaikaiset verovapaudet ja muut vähennykset (Laki maatilatalouden tuloverolain muuttamisesta 718/1990).

Myyntitulojen verotuksessa veroprosentti on tällä hetkellä 25. Nykyisin pidätetään kantorahatuloista 18 % veroa, koska tämän on arvioitu keskimäärin olevan lopullinen veroprosentti tehtyjen puuntuotannon kustannusten vähennysten jälkeen. Tämä oletettiin tässä tutkimuksessa myös lopulliseksi tilakohtaiseksi veroprosentiksi.

Kannattavuuden määrittäminen

Kasvatusvaihtoehtojen kannattavuuskriteereinä käytettiin tulevaisuudessa saatavien nettotuottojen nykyarvoa (nettonykyarvoa) sekä sisäistä korkoa. Nettonykyarvojen avulla voidaan verrata istutuksen, luontaisen metsityksen ja peltokasvien viljelyn keskinäistä edullisuutta. Sisäisen koron avulla kannattavuutta voidaan verrata myös maa- ja metsätalouden ulkopuolisiin sijoituskohteisiin.

Investointien nettonykyarvot määritettiin 3 ja 5 prosentin korkokannoilla. Viljelyvaihtoehdossa nykyarvoihin sisältyvät nettotulot seuraavista puusukupolvista, jotka oletettiin samanlaisiksi kuin ensimmäinen.

Sen sijaan luontaisessa metsityksessä seuraavat puusukupolvet muodostunevat hieskoivua arvokkaammista puulajeista, joten hieskoivun kasvatuksen nettonykyarvot sisälsivät vain ensimmäisen puusukupolven nettotuotot.

Tulokset

Istutus

Maanomistajan tavoitteet pelkistettiin metsitysinvestoinnin taloudelliseen tuottoon, jota kuvataan nettonykyarvolla ja sisäisellä korolla. Kannattavuuseroja aiheuttivat valtaosin alueelliset tekijät, kuten vaihtelut puuntuotoksessa, kustannuksissa, kantohinnoissa ja rahoitusehdoissa.

Kivennäismaiden onnistuneissa metsityskokeissa kannattavuus oli paras Pohjois-Savon rauduskoivunistutuksilla, joissa nettonykyarvot olivat keskimäärin vähän yli 15 000 mk/ha 3 %:n laskentakorkokannalla (taulukko 1). Kuusenistutukset jäivät vain hiukan (noin 1 000 mk/ha) koivuja heikommiksi. Männiköiden nykyarvot olivat vain noin puolet koivun ja kuusen arvoista.

Taulukko 1. Kivennäismaiden onnistuneiden istutuskokeiden nettonykyarvot (mk/ha) 3 % ja 5 % korkokannoilla osittaittain eri rahoitusmuodoilla.

Alue	Kasvupaikka	Puulaji	Omarahoitus Korkokanta		Mp-rahoitus Korkokanta	
			3%	5%	3%	5%
SATAKUNTA	–	Kuusi	10817	-1799	12708	1634
	–	Mänty	5523	-2991	7154	209
KESKI-POHJANMAA	OMT	Koivu	7545	-2212	12329	2618
	MT	Koivu	2229	-4438	6131	4
	MT	Mänty	1701	-4507	4958	-535
	VT	Mänty	503	-4549	4504	-250
POHJOIS-SAVO	–	Koivu	12476	44	15299	3924
	–	Kuusi	12040	-1032	14285	2537
	–	Mänty	6519	-3386	8390	-71
POHJOIS-SUOMI	OMT	Kuusi	-1022	-5029	4123	129
	MT	Kuusi	-1572	-5142	3565	29
	MT	Mänty	-2982	-6188	1898	-1196

Satakunnan kuusikoealoilla ja Keski-Pohjanmaan rehevimmillä (OMT) rauduskoivualoilla nykyarvot olivat vielä yli 12 000 mk/ha. Pohjois-Suomessa rehevimmillä kuusikoealoilla nykyarvo oli noin 4 000 mk/ha käytettäessä 3 %:n laskentakorkokantaa. Heikoin taloudellinen tulos saatiin kaikilla tutkimusalueilla männyllä.

Metsänparannusrahoitus nosti selvästi metsitysten nykyarvoja. Etelä-Suomessa sen vaikutus oli noin 2 000 mk/ha ja Pohjois-Suomessa jopa 5000 mk/ha 3 %:n laskentakorolla. Metsänparannustuki pienensikin alueellisia kannattavuuseroja selvästi, mutta ei kuitenkaan tasoittanut niitä täysin. 5 %:n laskentakorolla ja omarahoituksella kaikki nykyarvot olivat yhtä poikkeusta lukuunottamatta negatiivisia, mutta rahoitettaessa hankkeet metsänparannustuella vain männyn nykyarvot olivat negatiivisia.

Metsitettäessä hankkeet maanomistajan omin varoin saatiin investoinnin sisäiseksi koroksi 3-5 prosenttia Etelä-Suomessa (taulukko 2). Metsänparannustuen käyttö nosti

sisäiset korot 5 ja 8 %:n välille lukuunottamatta Keski-Pohjanmaan mäntykoealoja. Korkein arvo saatiin odotetusti Pohjois-Savon koivukoealoilla.

Pohjois-Suomessa sekä kuusella että männyllä sisäiset korot jäivät selvästi alle 3 %:n. Valtion rahoitustuki kohotti kuitenkin kuusikoealojen arvot yli 5 %:n. Sensijaan mäntykoealojen sisäinen korko jäi tässäkin vaihtoehdossa alle 4 %:n.

Turvemailla kannattavimpia metsityskohteita olivat Keski-Pohjanmaan OMT-koivikot ja Pohjois-Savon OMT-kuusikot (taulukko 3). Omarahoituksella nettonykyarvot olivat noin 5 000 mk/ha 3 % laskentakorolla. Pohjois-Suomessa ainoastaan OMT-kuusikoille saatiin positiivinen nykyarvo. 5 %:n laskentakorolla kaikkien omin varoin tehtyjen metsitysten nykyarvot olivat negatiivisia.

Taulukko 2. Kivennäismaiden onnistuneiden istutuskokeiden sisäiset korot ositteittain eri rahoitusmuodoilla (omarahoitus = a, mp-rahoitus = b). Osite 1: Viljely onnistunut. Osite 2: Viljely epäonnistunut (pääpuulaji vaihtunut).

Alue	Kasvupaikka	Puulaji	Sisäinen korko, %			
			Osite 1		Osite 2	
			a	b	a	b
SATAKUNTA	–	Kuusi	4,4	5,9	-	-
	–	Mänty	3,9	5,1	2,3	2,7
KESKI-POHJANMAA	OMT	Koivu	4,3	6,8	-	-
	MT	Koivu	3,4	5,1	2,9	4,2
	MT	Mänty	3,3	4,5	2,0	3,0
	VT	Mänty	3,1	4,8	-	-
POHJOIS-SAVO	–	Koivu	5,0	7,7	-	-
	–	Kuusi	4,7	6,5	-	-
	–	Mänty	3,9	5,0	3,9	4,9
POHJOIS-SUOMI	OMT	Kuusi	2,8	5,3	-	-
	MT	Kuusi	2,6	5,0	-	-
	MT	Mänty	2,4	3,8	-	-

Taulukko 3. Turvemaiden onnistuneiden istutuskokeiden nettonykyarvot (mk/ha) 3 % ja 5 % korkokannoilla ositteittain eri rahoitusmuodoilla.

Alue	Kasvupaikka	Puulaji	Omarahoitus		Mp-rahoitus	
			Korkokanta		Korkokanta	
			3%	5%	3%	5%
KESKI-POHJANMAA	OMT	Koivu	4869	-3597	8806	835
	MT	Koivu	2432	-4403	6377	74
	MT	Mänty	661	-5101	4049	-1073
	VT	Mänty	-293	-5248	3577	-1032
POHJOIS-SAVO	OMT	Kuusi	5055	-3683	7095	-183
	MT	Kuusi	-942	-5203	991	-1744
	VT	Mänty	-4903	-6942	-2462	-3376
POHJOIS-SUOMI	OMT	Kuusi	1396	-4757	6475	391
	MT	Kuusi	-139	-4827	4968	334
	MT	Mänty	-1711	-5754	3207	-758

Metsänparannustuella nettonykyarvo oli parhaimmillaan Keski-Pohjanmaalla hiukan alle 9 000 markkaa, joka oli huomattavasti alempi kuin kivennäismaiden vastaavat arvot. Julkisen rahoitustuen merkitys tulee selvimmin esille 5 %:n korolla lasketuissa nykyarvoissa, joista jo noin puolet kohosi positiivisiksi. Metsänparannustuen vaikutus korostuu Pohjois-Suomessa, jossa ainoastaan MT-männiköiden 5 %:n korolla lasketut nykyarvot olivat negatiivisia. Yhteinen piirre kaikilla alueilla oli männynistutusten selvästi heikoin kannattavuus. Kuitenkin nettonykyarvojen alueelliset erot olivat turvemailla kaikkiaan huomattavasti pienemmät kuin kivennäismailla.

Maanomistajan omin varoin tehdyissä istutuksissa sisäiset korot vaihtelivat 2 ja 4 %:n välillä turvemailla (taulukko 4). Metsänparannustuki kohotti sisäisiä korkoja kahta poikkeusta lukuunottamatta 4 ja 6 %:n välille. Sisäiset korot olivat turvemailla selvästi alhaisempia kuin kivennäismailla. Merkittäviä alueellisia eroja sisäisissä koroissa ei voitu havaita.

Taulukko 4. Turvemaiden onnistuneiden istutuskokeiden sisäiset korot osittaittain eri rahoitusmuodoilla (omarahoitus = a, mp-rahoitus = b). Osite 1: Viljely onnistunut. Osite 2: Viljely epäonnistunut (pääpuulaji vaihtunut).

Alue	Kasvupaikka	Puulaji	Sisäinen korko, %			
			Osite 1		Osite 2	
			a	b	a	b
KESKI-POHJANMAA	OMT	Koivu	3,8	5,7	-	-
	MT	Koivu	3,4	5,1	1,9	2,7
	MT	Mänty	3,1	4,2	2,0	2,8
	VT	Mänty	3,0	4,2	2,3	3,6
POHJOIS-ŠAVO	OMT	Kuusi	3,7	4,9	-	-
	MT	Kuusi	2,8	3,4	-	-
	MT	Mänty	-	-	1,8	1,7
	VT	Mänty	2,0	2,3	-	-
POHJOIS-SUOMI	OMT	Kuusi	3,2	5,5	1,8	4,2
	MT	Kuusi	3,0	5,5	2,1	4,4
	MT	Mänty	2,6	4,3	2,0	3,4

Luontainen metsittäminen

Luontaisen metsittämisen kannattavuutta selvitettiin periaatteessa samalla tavalla kuin istutuksen tuloksia, jotta vertailu olisi vaihtoehtoisten metsitysmenetelmien välillä helpompaa. Alueellisesti luontaisen metsittymisen koeverkosto oli kattavampi kuin istutuskoealoilla. Metsäverotuksessa vuoden 1993 alusta voimaan tulleen verotuskäytännön johdosta laskettiin tulokset sekä myyntituloon että pinta-alaan perustuvien järjestelmien mukaisesti.

Valtion metsänparannustuella ja pinta-alaverotusta käytettäessä luontaisen metsityksen nettonykyarvo oli kivennäismailla keskimäärin vähän yli 500 mk/ha 3 %:n laskentakorolla. Korkeimmillaan nykyarvo oli vain vähän yli 2 000 mk/ha ja useissa tapauksissa arvot jäivät negatiivisiksi (taulukko 5). Sovellettaessa laskelmiin myynti-

tulojen verotusta kaikki nykyarvot olivat positiivisia. Omarahoituksella ja myyntitulojen verotuksella nettonykyarvo kohosi korkeimmillaan vähän yli 1 500 markan käytettäessä 3 %:n korkokantaa (taulukko 6). Lähes puolet tarkasteltavista vaihtoehdoista antoivat tässä tapauksessa jo negatiivisen arvon. Alueelliset erot eivät muodostuneet merkittäviksi luontaisen metsittämisen kummassakaan rahoitusvaihtoehdossa.

Taulukko 5. Kivennäismaitten luontaisten pellonmetsitysten nettonykyarvot 3 % ja 5 % korkokannoilla valtion metsänparannusavustuksella pinta-alaverotuksella sekä myyntituloverotuksella.

Alue	Muokkaus-tapa (*)	Pinta-alaverotus Korkokanta 3%	5%	Myyntituloverotus Korkokanta 3%	5%
SATAKUNTA	3	230	-1352	2010	-352
ETELÄ-KARJALA	0	-836	-818	1208	438
	1	941	-212	2616	887
	2	-775	-1291	1313	-2
	3	-122	-1322	1765	-112
ITÄ-SAVO	1	-1367	-1167	424	-173
KESKI-SUOMI	1	168	-747	1726	157
	2	1063	-680	2906	347
	3	-362	-1157	1336	-202
ETELÄ-POHJANMAA	1	-839	-984	378	-357
	2	2270	-41	3251	528
	3	866	-781	2120	-116
POHJANMAA (ruots.)	2	2326	55	3220	580
	3	958	-386	1752	79
KESKI-POHJANMAA	3	1408	-346	1989	14
POHJOIS-POHJANMAA	3	187	-462	790	-130
	4	2546	285	2849	530

(*) 0 = ei muokkausta; 1 = penkkikyntö; 2 = täysmuokkaus; 3 = mätästys; 4 = metsänauraus

Metsänparannustuella investoinnin sisäiset korot olivat alimmillaan 0,4 ja korkeimmillaan 8,4 prosenttia (taulukko 7). Sovellettaessa pinta-alaverotusta korot olivat keskimäärin 3,2 % ja myyntituloverotuksessa vastaavasti 5,4 %. Sisäiset korot alenivat keskimäärin 2,4 %-yksiköllä itse rahoittamalla ja myyntituloverotuksella.

Aineisto ei mahdollistanut maanmuokkausmenetelmän vaikutuksen analyysiä kuin suuntaa-antavasti. Yleisimmin käytetty menetelmä oli mätästys, joka ei kuitenkaan vertailtavina olevissa metsälautakunnissa osoittautunut kannattavimmaksi menetelmäksi nykyarvoilla mitattuna. Paras tulos saavutettiin täysmuokkauksella. Metsäaurausta oli käytetty ainoastaan Pohjois-Pohjanmaan metsälautakunnassa, jossa se oli parempi vaihtoehto kuin vertailtavana ollut mätästys.

Taulukko 6. Kivennäismaitten luontaisten pellonmetsitysten nettonykyarvot 3 % ja 5 % korkokannoilla omarahoituksella ilman veroja sekä myyntituloverotuksella.

Alue	Muokkaus-tapa (*)	Omarahoitus Korkokanta 3%	Omarahoitus Korkokanta 5%	Omarahoitus + verotus Korkokanta 3%	Omarahoitus + verotus Korkokanta 5%
SATAKUNTA	3	957	-1850	296	-1997
ETELÄ-KARJALA	0	344	-595	48	-722
	1	2004	-105	1339	-390
	2	-100	-1629	-474	-1723
	3	353	-1861	-223	-2034
ITÄ-SAVO	1	-404	-1133	-616	-1213
KESKI-SUOMI	1	438	-1403	-16	-1516
	2	2426	-628	1738	-746
	3	462	-1379	7	-1507
ETELÄ-POHJANMAA	1	-972	-1869	-1222	-1957
	2	2336	-905	1563	-1086
	3	655	-1993	60	-2103
POHJANMAA (ruots.)	2	2095	-1032	1347	-1208
	3	95	-1854	-391	-1979
KESKI-POHJANMAA	3	435	-1905	-126	-2037
POHJOIS-POHJANMAA	3	-649	-1692	-878	-1725
	4	1593	-1158	930	-1318

(*) 0 = ei muokkausta; 1 = penkkikyntö; 2 = täysmuokkaus; 3 = mätästys; 4 = metsänauraus

Turvemailla nykyarvot olivat positiivisia 3 %:n laskentakorkokannalla metsänparannustuella ja pinta-alaverotuksella lukuunottamatta Keski-Suomen metsälautakuntaa (taulukko 8). Keskimäärin nykyarvo oli 700 mk/ha. Laskettaessa nykyarvot myyntituloverotukseen perustuen kaikki ositteet olivat kannattavia 3 %:n korkokannalla. Nettonykyarvo oli keskimäärin 1 500 mk/ha. Vielä 5 %:n korollakin metsitysinvestointi oli kannattava kolmessa ositteessa. Rahoitettaessa investointi omin varoin ja käytettäessä myyntituloverotusta kannattavuus heikkeni luonnollisesti selvästi edellisistä arvoista. Nykyarvot olivat ainoastaan kolmessa ositteessa positiivisia 3 %:n korkokannalla (taulukko 9).

Sisäisten korkojen keskiarvo oli 3,7 % ja vaihteluväli 1,6–5,1 % käytettäessä metsänparannustukea ja pinta-alaverotusta (taulukko 10). Käytettäessä myyntituloverotusta keskiarvo kohosi 4,9 %:iin. Kun hankkeiden rahoituksessa käytettiin maanomistajan omia varoja, niin sisäiset korot olivat keskimäärin 2,8 % eli yli 2 %-yksikköä alempia kuin metsänparannustuella. Rahoitustavan muuttuessa sisäisten korkojen lasku oli turvemailla samaa suuruusluokkaa kuin kivennäismailla.

Yleisin muokkausmenetelmä turvemailla oli ojitusmätästys, mutta myös penkkikyntöä ja täysmuokkausta käytettiin. Menetelmien väliseen vertailuun aineisto ei kuitenkaan antanut suuria mahdollisuuksia. Nettonykyarvoista ja sisäisistä koroista voitiin kuitenkin todeta penkkikynnön antavan parhaan taloudellisen tuloksen.

Taulukko 7. Kivennäismaiden luontaisten pellonmetsitysten sisäiset korot ositteittain. a = mp-rahoitus, pinta-alaverotus, b = mp-rahoitus, myyntituloverotus, c = omarahoitus ilman verotusta, d = omarahoitus, myyntituloverotus.

Alue	Muokkaus-tapa (*)	Sisäinen korko, % a	b	c	d
SATAKUNTA	3	3,2	4,5	3,4	3,2
ETELÄ-KARJALA	0	0,4	8,4	3,6	3,1
	1	4,4	7,8	4,8	4,4
	2	2,0	5,0	2,9	2,6
	3	2,9	4,8	3,2	2,9
ITÄ-SAVO	1	0,4	4,1	2,2	1,8
KESKI-SUOMI	1	3,2	5,4	3,3	3,0
	2	3,8	5,7	4,3	4,1
	3	2,4	4,5	3,3	2,9
ETELÄ-POHJANMAA	1	1,1	3,8	2,0	1,6
	2	4,9	6,1	4,2	4,0
	3	3,7	4,8	3,3	3,1
POHJANMAA (ruots.)	2	5,1	6,3	4,0	3,7
	3	4,1	5,2	3,1	2,7
KESKI-POHJANMAA	3	4,1	5,0	3,2	2,9
POHJOIS-POHJANMAA	3	3,3	4,5	2,4	2,1
	4	5,7	6,3	3,8	3,6

(*) 0 = ei muokkausta; 1 = penkkikyntö; 2 = täysmuokkaus; 3 = mätästys; 4 = metsänauraus

Taulukko 8. Turvemaitten luontaisten pellonmetsitysten nettonykyarvot 3 % ja 5 % korkokannoilla valtion metsänparannusavustuksella pinta-alaverotuksella sekä myyntituloverotuksella.

Alue	Muokkaus-tapa (*)	Pinta-alaverotus Korkokanta 3%	5%	Myyntituloverotus Korkokanta 3%	5%
KESKI-SUOMI	3	-1297	-1712	527	-704
ETELÄ-POHJANMAA	1	377	-257	2487	360
POHJANMAA (ruots.)	3	190	-593	1221	-37
KESKI-POHJANMAA	1	1616	27	2140	365
	2	571	-416	1255	-27
	3	262	-586	920	-211
POHJOIS-POHJANMAA	3	2361	47	2727	331
LAPPI	1	878	-262	1313	-44
	3	714	-470	1202	-202

(*) 0 = ei muokkausta; 1 = penkkikyntö; 2 = täysmuokkaus; 3 = mätästys; 4 = metsänauraus

Taulukko 9. Turvemaitten luontaisten pellonmetsitysten nettonykyarvot 3 % ja 5 % korkokannoilla omarahoituksella ilman veroja sekä myyntituloverotuksella.

Alue	Muokkaus-tapa (*)	Omarahoitus Korkokanta 3%	Omarahoitus Korkokanta 5%	Omarahoitus + verotus Korkokanta 3%	Omarahoitus + verotus Korkokanta 5%
KESKI-SUOMI	3	-1272	-2702	-1594	-2757
ETELÄ-POHJANMAA	1	1821	-693	1249	-805
POHJANMAA (ruots.)	3	25	-1509	-389	-1647
KESKI-POHJANMAA	1	794	-1279	300	-1391
	2	-408	-1880	-743	-1940
	3	-22	-1381	-370	-1482
POHJOIS-POHJANMAA	3	1336	-1508	681	-1643
LAPPI	1	-332	-1905	-664	-1944
	3	97	-2288	-428	-2373

(*) 0 = ei muokkausta; 1 = penkkikyntö; 2 = täysmuokkaus: 3 = mätästys; 4 = metsänauraus

Taulukko 10. Turvemaiden luontaisten pellonmetsitysten sisäiset korot osittaittain. a = mp-rahoitus, pinta-alaverotus, b = mp-rahoitus, myyntituloverotus, c = omarahoitus ilman verotusta, d = omarahoitus, myyntituloverotus.

Alue	Muokkaus-tapa (*)	Sisäinen korko, % a	b	c	d
KESKI-SUOMI	3	1,6	3,6	2,2	1,9
ETELÄ-POHJANMAA	1	4,3	5,9	4,1	3,9
POHJANMAA (ruots.)	3	3,1	4,8	2,9	2,6
KESKI-POHJANMAA	1	5,1	6,1	3,5	3,2
	2	3,8	4,9	2,7	2,4
	3	2,9	4,2	2,9	2,5
POHJOIS-POHJANMAA	3	5,1	5,7	3,6	3,4
LAPPI	1	4,2	4,9	2,8	2,6
	3	3,8	4,5	3,0	2,8

(*) 0 = ei muokkausta; 1 = penkkikyntö; 2 = täysmuokkaus; 3 = mätästys; 4 = metsänauraus

Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

Viljelyssä ollut pelto voidaan metsittää monella vaihtoehtoisella tavalla. Aktiivisen pellonmetsityksen kautena eli 1960-luvulta lähtien lähes ainoa menetelmä on ollut istutus. Pellonmetsityksiin liittyvät erilaiset ongelmat ovat lisänneet kustannuksia: hehtaarikohtaiset kustannukset ovat olleet selvästi korkeampia kuin vastaavilla metsämaan uudistusaloilla. Halvin ratkaisu maanomistajalle on jättää pelto metsittymään "omia aikojaan" ilman mitään panostusta. Tähän ratkaisuun liittyvät tulo-odotukset ovat useimmiten myös hyvin vaatimattomat. Siksi tässä yksityistaloudellisessa kannattavuusvertailussa päädyttiinkin vertaamaan kahta relevanttia vaihtoehtoa eli istutusta ja pellon aktiivista luontaista metsittämistä hieskoivulle (Aarnio & Rantala 1994 ja 1995).

Pellonmetsitysten tuotosennusteiden laadinnassa lähtötietoina käytettiin Peltojen metsitysmenetelmät -hankkeessa kerättyjä koealatietoja. Istutuksissa puuston ikä oli 15–25 vuotta ja luontaisen metsittämisen koealoilla ainoastaan 4 vuotta. Siksi taimikoiden alkukehitykseen liittyy vielä monia epävarmuustekijöitä, jotka saattavat heikentää kasvuennusteita. MELA-malleilla tehdyt kasvun ja kehityksen ennustejaksot muodostuivat hyvin pitkiksi, jolloin virhemahdollisuudet kasvavat. Ennustettavuutta saattaa heikentää myös se, että mallit on laadittu metsämaan puustoille. Toisaalta istutuskokeet on pääasiassa perustettu 1960- ja -70-lukujen taitteessa, joten maanmuokkauksissa, heinäntorjunnassa ja taimien laadussa tapahtunut kehitys saattaa lisätä istutusten onnistumista ja kasvua.

Sekä istutusta että luontaista metsittämistä koskevissa tutkimuksissa aineistot jaettiin kivennäis- ja turvemaihin, koska aiempien inventointitutkimusten ja aineiston käsittelyn perusteella tiedettiin niiden onnistumisen poikkeavan huomattavasti toisistaan. Yleensä pellot vastaavat puuntuotoskyvyltään hyvin reheviä metsämaan kasvupaikkoja. Molemmissa em. tutkimuksissa pelloilla ei kasvanut sellaista pintakasvillisuutta, jonka perusteella normaali metsätyyppien määrittäminen tehdään. Istutusaineisto oli pääosin luokiteltu OMT- ja MT-tasoiseksi. Luontaisen metsittämisen peltojen oletettiin vastaavan MT:n kasvupaikkoja. Kasvupaikan boniteetti saattoi näin tulla pikemminkin ali- kuin yliarvioiduksi.

Päätöksentekotilanteessa pellonmetsittäjän on aluksi perusteltua verrata istutuksen ja luontaisen metsittämisen kustannusrakennetta ja mahdollista rahoituslähdettä. Lähtökohtana kummassakin vaihtoehdossa on maatalouskäytöstä poistunut paljas pelto. Istutus ja luontainen metsittäminen poikkeavat huomattavasti investointiin sijoitetun pääoman suhteen. Maanomistajan omin varoin toteutettaessa istutus maksoi 6 000–8 000 markkaa hehtaarilta kaikkine jälkihoitotöineen alueesta ja puulajista riippuen. Luontaisessa metsittämisessa vastaavat kustannukset olivat 2 000–3 700 markkaa. Lopulliseen investointipäätökseen vaikuttaa ratkaisevasti mahdollisen metsänparannusrahoituksen saanti. Nykyisillä metsänparannusrahoitusehdoilla em. kustannuksista jäi maanomistajan maksettavaksi istutuksessa 2 000–3 700 ja luontaisessa metsittämisessä 800–1 600 mk/ha rahoitusvyöhykkeestä riippuen.

Tulo-odotukset poikkeavat myös vaihtoehdoissa selvästi toisistaan. Istutuksissa noin puolet hakkuukertymistä on tukkipuuta ensimmäisellä kiertoajalla. Luontaisen metsittämisen alueilla kiertoajat ovat lyhyempiä kuin istutuksissa ja hakkuutulot koostuvat lähinnä kuitupuuksi kelpaavasta hieskoivusta. Käytännössä tämä merkitsee luontaisen metsittämisen alueilla huomattavasti pienempiä hakkuutuloja kuin istutusalueilla. Tällä on luonnollisesti suuri vaikutus myös investoinnin yksityistaloudelliseen kannattavuuteen.

Metsittäjän kannalta parhaassa vaihtoehdossa eli käytettäessä metsänparannusrahoitusta luontaisen metsittämisen nykyarvo oli korkeimmillaan vähän yli 3 000 mk/ha 3 %:n korkokannalla. Koivun ja kuusen istutuksissa korkeimmat nykyarvot olivat noin 15 000 mk/ha. Ns. onnistuneilla istutuskoealoilla saatiin aina luontaista metsittämistä korkeampia nykyarvoja.

Turvemailla ja metsänparannustuella luontaisen metsittämisen sisäiset korot olivat pääsääntöisesti 3 ja 5 %:n välillä ja istutuksissa vastaavat arvot olivat 4 ja 6 %:n välillä. Mikäli hankkeet rahoitettiin maanomistajan omin varoin, sijoittuivat sisäiset korot kummassakin vaihtoehdossa 2 ja 4 %:n väliin. Tämä osoittaa sen, että etenkin turve-

mailla luontainen metsitys on istutukseen nähden kilpailukykyinen vaihtoehto mitattaessa kannattavuutta sisäisellä korolla. Myös kivennäismaiden sisäisiä korkoja tarkasteltaessa oli havaittavissa luontaisen metsittämisen kilpailykyvyn lisääntyminen maanomistajan oman rahoitusosuuden kasvaessa.

Nettonykyarvojen perusteella myyntituloverotus on maanomistajalle selvästi edullisempi kuin perinteinen pinta-alaverotus luontaisesti metsitettäessä. Hyöty oli nykyarvoissa 500–1 800 mk/ha. Sisäisissä koroissa ero oli 1–3 %-yksikköä. Metsikkötarkastelussa erot tulevat korostuneesti esille. Metsänomistajan ei siis pinta-alaverotuksessa kannata ainakaan hyvällä kasvupaikalla kasvattaa vähäarvoista hieskoivua, josta saadaan pelkästään kuitupuuta, koska verotus perustuu kasvupaikan keskimääräiseen tuottoon. Sen sijaan myyntitulojen verotuksessa metsänomistajan voi olla mielekästä tuottaa myös vähempiarvoista koivukuitupuuta.

Sekä peltojen istutuksissa että luontaisessa metsittämisessä on pyrittävä yhä enemmän kiinnittämään huomiota erilaisten riskitekijöiden minimointiin. Molemmissa metsitysmenetelmissä olisi ennakoitava mahdolliset hirvi- ja myyrätuhot onnistumistodennäköisyyden parantamiseksi. Samoin pellon aiemmalla käyttöhistorialla näyttää olevan vaikutusta metsitystulokseen. Luontaisessa metsittämisessä on kiinnitettävä lisäksi huomiota pellon riittävän pieneen kokoon, aluetta ympäröiviin siemenpuihin sekä odotettavissa olevaan siemensadon määrään (Aarnio & Rantala 1995).

Tulokset osoittavat yksityistaloudellisen kannattavuuden olevan paras, kun pellonmetsitys toteutetaan istuttamalla. Julkinen rahoitus parantaa istutuksen suhteellista edullisuutta. Vastaavasti metsittäjän oman rahoitusosuuden kasvu pienentää kannattavuuseroja istutuksen ja luontaisen metsittämisen välillä. Etenkin ongelmallisiksi osoittautuneilla turvemailla luontainen metsittäminen on varteenotettava vaihtoehto. Edettäessä etelästä pohjoiseen päin pienenevät kannattavuuserot metsitysvaihtoehtojen välillä selvästi. Pohjois-Suomessa luontaista metsittämistä voidaan pitää varteenotettavana menetelmänä etenkin, jos julkisia varoja ei ole saatavilla kustannusten peittämiseen.

Kirjallisuus

Aarnio, J. & Rantala, T. 1994. Peltojen metsänistutuksen yksityistaloudellinen kannattavuus. Folia Forestalia. Metsätieteen aikakauskirja 1994(1):3–17.

— & Rantala, T. 1995. Peltojen luontaisen metsityksen yksityistaloudellinen kannattavuus. Käsikirjoitus Folia Forestalia metsätieteen aikakauskirjaan.

Asetus metsänparannusasetuksen muuttamisesta1563/92.

Ferm, A., Hytönen, J., Koski, K., Vihanta, S. & Kohal, O. 1993. Peltojen metsitysmenetelmät. Kenttäkokeiden esittely ja metsitysten kehitys kolmen ensimmäisen vuoden aikana. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 463. 127 s.

— & Polet, K. (toim.) 1991. Peltojen metsitysmenetelmät. Tutkimushankkeen väliraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391. 120 s.

Keskusmetsälautakunta Tapio 1989. Metsänhoitosuositukset. Helsinki. 54 s.

Kinnunen, K. 1977. Istutuksen onnistuminen ja taimistojen alkukehitys Länsi-Suomen yksityismetsissä. Folia Forestalia 318. 25 s.

— & Nerg, J. 1983. Istutustaimikoiden tila 11–12 vuotta viljelystä Länsi-Suomen yksityismetsissä. Folia Forestalia 546. 20 s.

Laki maatilatalouden tuloverolain muuttamisesta 718/1990

Maatalouslaskenta 1990. Osa 4: viljelijöiden tulot ja varallisuus. Maa- ja metsätalous 1992:8

Metsätilastollinen vuosikirja 1993–1994. SVT Maa- ja metsätalous 1994:7. 348 s.

Ohjelma maatalouden metsätoimenpiteiksi. 1995. Maa- ja metsätalousministeriö.

Ojansuu, R., Hynynen, J., Koivunen, J. & Luoma, P. 1991. Luonnonprosessit metsälaskelmassa (MELA) - Metsä 2000-versio. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 385. 57 s.

Puun hintasuositussopimukset 1.4.1990–31.3.1991. Maataloustuottajien keskusliiton metsävaltuuskunnan ja Teollisuuden puuyhdistyksen sopimus.

Rossi, S., Varmola, M. & Hyppönen, M. 1993. Pellonmetsitysten onnistuminen Lapissa. Folia Forestalia 807. 23 s.

Siitonen, M. 1983. A long term forestry planning system based on data from the Finnish National Forestry Inventory. Forest inventory for improved management. Proceedings of the IUFRO Subject Group 4.02 Meeting in Finland. Helsingin yliopiston metsänarvioimistieteen laitoksen tiedonantoja 17:195–207.

Pellonmetsitysalttiuteen vaikuttavat tekijät

Leena Petäjistö & Ashley Selby

Tiivistelmä

Tutkimukset, jotka on tehty Metsäntutkimuslaitoksen metsien käytön osastolla, ovat osa Metsäsektori ja maaseudun elinvoimaisuus-tutkimushanketta. Ne ovat myös osa peltojen metsittämistä koskevaa tutkimusten sarjaa, joka alkoi 70-luvulla.

Toisaalta tutkimuksissa on tarkasteltu pellonmetsitysalttiuteen vaikuttavia käyttäytymis- ja arvotekijöitä maanviljelijän kannalta (Petäjistö ym. 1993, Petäjistö & Selby 1994, Selby & Petäjistö 1994) ja toisaalta maa- ja metsätalouden ja maaseudun muun elinkeinotoiminnan neuvojien mielipiteitä ylituotanto-ongelmien ratkaisukeinoista ja erityisesti pellonmetsityksestä (Petäjistö ym. 1994).

Tausta

Ylituotanto-ongelman ratkaiseminen on ollut keskeisiä osa-alueita Suomen maatalouspolitiikassa. Pellon metsitys on liittynyt kiinteästi tuotannon rajoittamiseen. Suomessa on toteutettu erilaisia maatalouden tuotannonrajoitustoimia 1960-luvulta lähtien. Tuettu peltojen metsitys aloitettiin vuonna 1969. Peltojen metsittämistä tukevaa valtionrahoituksen lainsäädäntöä on uudistettu useaan kertaan. Huomattavista avustusten kasvuista huolimatta metsittämisen pinta-alatavoitteita ei ole kyetty saavuttamaan ennen vuotta 1991.

Selby (1980a ja 1980b) on tarkastellut alueellisia ja paikallisia eroja peltojen metsityksessä yhteiskunnallisten tekijöiden muuttuessa. Tutkimuksissa on selvitetty myös peltojen metsityksen laajuutta ja intensiivisyyttä alue-, tila- ja peltotasolla. Mustosen (1990) tutkimuksessa selvitettiin millaiset maatilat olivat hakeneet palkkiometsitystä ja vertailtiin onko metsittäneissä tiloissa eroja metsitysvilkkaudeltaan erilaisilla alueilla. Tutkimuksen mukaan metsitys ei ollut tehokas tapa vähentää maataloustuotantoa. Tulokset osoittivat tuolloin myös, että eri kuntien välillä vallitsi erilainen käytäntö metsityslupia myönnettäessä ja maatalousviranomaisten valitsema linja vaikutti metsitysten toteutumisiin.

Tutkimusten tarkoitus

Tutkimuksissa lähestyttiin pellon metsitystä sekä maanviljelijän että paikallistason neuvojien kannalta. Maanviljelijöiden metsitysalttiutta selvittävän tutkimuksen tarkoituksena oli tuoda esiin niitä maankäytön muutoksiin liittyviä käyttäytymis- ja arvotekijöitä, jotka edistävät tai estävät halukkuutta metsittää peltoja sekä selvittää tähän halukkuuteen johtavaa prosessia. Toisessa tutkimuksessa tarkoituksena oli selvittää paikallistason maa- ja metsätalouden ja maaseudun muun elinkeinotoiminnan neuvo-

jien mielipiteitä ylituotanto-ongelmien ratkaisukeinoista ja pellonmetsityksistä, sekä neuvontaorganisaatioiden vaikutusmahdollisuuksia maanviljelijöiden päätöksiin.

Aineistot

Maanviljelijöiden metsitysalttiutta selvittävän tutkimuksen perusjoukon muodostivat vähintään kolmen peltohehtaarin yksityistilat. Otanta oli systemaattinen ja se perustui maatilarekisteriin. Otoskuntien valinta perustui Maaseudun elinvoimaisuus-tutkimukseen (Varmola 1987), Etelä-Suomessa sen ns. suppeampaan ja Pohjois-Suomessa laajempaan kuntanäytteeseen.

Aineisto kerättiin postikyselyllä vuonna 1992. Analyyseissä oli mukana 897 tilaa, joista 441 sijaitsi Etelä-Suomessa ja 456 Pohjois-Suomessa.

Paikallistason neuvontaa koskevan tutkimuksen aineistona käytettiin samojen otoskuntien maataloussihteereille, metsänhoitoyhdistysten toiminnanjohtajille ja elinkeinoasiamiehille keväällä 1993 tehtyä kyselyä.

Menetelminä tutkimuksissa käytettiin ristiintaulukointia, pääkomponenttianalyysiä ja regressioanalyysiä. Tarkasteluissa maa on jaettu Etelä-ja Pohjois-Suomeen (Oulun ja Lapin lääni), koska Pohjois- ja Etelä-Suomessa sijaitsevien maatilojen metsittämiskäyttäytyminen oli aiemmissa tutkimuksissa osoittautunut poikkeavan toisistaan.

Tulokset

Maanviljelijöiden tulevaisuuden suunnitelmat

Maatilan toimintaa supistavia toimenpiteitä (maatalouden supistaminen, metsittäminen, metsän myynti) suunniteltiin seuraavan viiden vuoden kuluessa tehtävän noin 21 prosentilla tiloista. Toisaalta noin joka viidennellä maatilanomistajalla oli suunnitelmia laajentaa toimintaa maatilalla. Suunnitelmat supistaa toimintaa lisääntyivät iän myötä ja peltopinta-alan pienetessä. Laajentamissuunnitelmat olivat yleisimpiä suurten tilojen nuorilla omistajilla. Suurten tilojen laajentaessa toimintaansa saattaa maatalouden kokonaistuotanto jopa kasvaa, vaikka tilojen lukumäärä pienenisi huomattavastikin.

Koko peltoalansa aikoi hyvin todennäköisesti metsittää viisi prosenttia kaikista maatilan omistajista. Tilat, joilla metsittämistä harkittiin olivat peltopinta-alaltaan pieniä. Suurin osa niistä oli maataloustuotantoa harjoittamattomia passiivitiloja, joiden peltojen metsittäminen ei poista peltoa maataloustuotannosta. Tulokset olivat samanlaiset kuin Mustosen (1990).

Metsittämisen edellytykset

Tutkimuksessa selvitettiin myös millä ehdoilla tai missä tilanteessa maatilanomistajat olisivat halukkaita metsittämään peltojaan. Myönteisesti metsittämiseen suhtautuviksi katsottiin sellainen maatilan omistaja, joka harkitsi metsittämistä ainakin yhden esite-

tyn (tai itse ajatellun) vaihtoehdon toteutuessa. Tällaisia maatilanomistajia oli yli puolet.

Kaikkiin esitettyihin edellytysvaihtoehtoihin suhtautui kielteisesti yli kolmannes maatilan omistajista. Heistä edelleen kolmannes suhtautui metsittämiseen erittäin kielteisesti, eli ei missään olosuhteissa metsittäisi peltojaan. Tällaisilla maatilanomistajilla voidaan katsoa olevan esteitä metsitystä kohtaan.

Pohjois-Suomessa suhtauduttiin metsittämiseen hieman Etelä-Suomea myönteisemmin. Aktiivitiloilla, eli tiloilla, joita viljeltiin tutkimusajankohtana, suhtauduttiin metsittämiseen kielteisemmin kuin passiivitiloilla.

Tehokkain keino lisätä pellonmetsitystä oli metsityspalkkioiden suurentaminen. Yli kolmannes maatilanomistajista harkitsisi metsittämistä palkkioiden kasvaessa. Sopivana palkkiona pidettiin noin 15 000 mk:n kertakorvausta hehtaarilta. Metsityspalkkioiden kasvu houkuttelisi metsittämään erityisesti sellaisia tiloja, joilla ei tutkimusajankohtana ollut omaa maataloustuotantoa, ja jotka näin ollen eivät välttämättä olisi edes oikeutettuja saamaan metsityspalkkioita. Halukkuus metsittää palkkioiden kasvaessa pieneni peltopinta-alan kasvaessa. Pellonmetsityspalkkiot eivät siis kasvaessaankaan näyttäisi johtavan ainakaan voimakkaaseen maataloustuotannon supistamiseen, koska palkkioiden kasvaessa metsittävistä aktiivitiloista ainakin osa metsittäisi ainoastaan huonoja ja syrjäisiä peltoja.

Metsitysesteet

Yli kaksi kolmasosaa (72 %) vastanneista koki maatilan hyvät pellot ja lähes yhtä moni toimeentulon turvaamisen pellon metsityksen esteiksi. Metsittämispäätöksen peruuttamattomuus oli myös lähes kahden kolmanneksen mielestä este metsittämiselle. Maatalousmaiseman säilyttämistä piti 62 prosenttia perusteena olla metsittämättä.

Metsittämisen esteet Lapin läänissä poikkesivat hieman Etelä-Suomen ja Oulun läänin aineistoista tulkituista esteistä. Metsittämisen esteiksi tulkittiin Etelä-Suomessa ja Oulun läänissa puhtaasti taloudellisiksi esteiksi katsottavat nk. toimeentuloesteet ja myynnin tai peltojen vuokraamisen paremmuus. Lisäksi tulkittiin tunne-esteet, joihin taloudellisilla korvauksilla on vaikeampi vaikuttaa.

Lapin läänissä ei tunne-esteitä voitu näin selkeästi erottaa toimeentuloesteistä, joten tunne-esteisiin vaikuttavia tekijöitä ei voitu siellä selvittää yhtä selkeästi. Tulokset ovat tältä osin saman suuntaisia kuin Selbyn (1980a) aiempien tutkimusten tulokset, joskaan erot metsittämiskäyttäytymisessä Etelä-Suomen ja Pohjois-Suomen välillä eivät enää näyttäisi olevan niin selkeitä kuin aiemmin.

Tilan hallinta-aika vaikutti metsittämishalukkuuteen erityisesti passiivitilojen ollessa kyseessä. Hallinta-aika vaikutti myös yksittäisiin syihin miksi peltoa ei metsitetä. Hallinta-ajan kasvaessa taloudelliset ja maisemalliset syyt menettivät ja tunnesyyt lisäsivät merkitystään.

Tulosten mukaan nuoruus ja koulutus lisäävät rationaalisten päätösten tekemistä ja esimerkiksi eläkkeelle siirryttäessä tunteenomaiselle suhtautumiselle annetaan enemmän sijaa. Toisaalta tunne-esteet näyttäisivät olevan voimakkaasti riippuvaisia tilan koosta ja elinvoimaisuudesta. Elinvoimaisilla ja suurilla aktiivitiloilla tunne-esteet lisääntyvät.

Erityisesti Oulun läänissä voitiin havaita, että tunne-esteisiin liittyi maaseudun elinvoimaisena pitämisen halu. Elinvoimaisuuden ei uskota säilyvän, jos pellot metsitetään, vaan pikemminkin uskotaan muihin vaihtoehtoihin (non food, laajaperäistäminen).

Lyhytkiertoviljelmien perustamisen mahdollisuus on pellon "peltona" säilyttävä metsittämisvaihtoehto. Siinä ei katkaista viljelijän yhteyksiä maatalousmaahan. Lyhytkiertovaihtoehdon voidaan katsoa olevan joko maataloutta tai metsätaloutta. Lisäksi siihen voidaan katsoa liittyvän tunteenomaista suhtautumista, koska lyhytkiertovaihtoehto ei ole peruuttamaton päätös.

Lyhytkiertoviljelmien perustamismahdollisuus kiinnosti ennen kaikkea nuorehkoja aktiiviviljelijöitä ja suuria tuotantoaan laajentavia tiloja. Vaihtoehto edellyttää kuitenkin uudenlaista ajattelutapaa myös maatalouspolitiikan vaihtoehdoista tai viljelijän omista henkilökohtaisista arvoista.

Neuvonnan merkitys

Neuvojille osoitetusta kyselystä kävi ilmi, että asiantuntijoiden ajatusmaailma saatta olla rajattu koskemaan lähinnä omaa sektoria. Syinä voi olla joko oman alan tärkeyden säilyttämisen tarve tai toisen alan vieraus. Ylituotanto-ongelmien ratkaisukeinoista maatalouden voimaperäisyyden vähentäminen sai eniten tukea maataloussihteereiltä, mutta pellon metsityksen vaikuttavuuteen uskoivat metsäalan asiantuntijat vakaammin. Tuloksissa oli siis nähtävissä oman sektorin tärkeyden säilyttäminen.

Neuvojille osoitetusta kyselystä kävi myös ilmi, että paikkasidonnaisuus vaikuttaa asenteisiin paikkakuntatasoa koskevissa asioissa. Suuri osa kyselyn neuvojista oli kotoisin tutkimuskunnasta tai ainakin samasta läänistä kuin missä tutkimuskunta sijaitsi. Kaikkien ylituotantoa supistavien toimenpiteiden uskottiin olevan vaikutukseltaan merkityksellisempiä koko maan tasolla kuin oman toimipaikan kunnan tasolla. Toisin sanoen ylituotannon supistamiskeinot koettiin hyviksi, kunhan ne toteutettiin muualla, mutta ei omassa kunnassa. Peltojen metsitystä piti lähes 70 prosenttia vaikuttavuudeltaan tärkeänä koko maan tasolla. Omassa kunnassa metsitystä piti tärkeänä vain vajaa 40 prosenttia. Näkemykset pellon metsityksen esteistä oman kunnan ja koko maan tasolla eivät kuitenkaan poikenneet toisistaan.

Maanviljelijöille ja neuvojille osoitettujen kyselyjen tulosten vertailu osoitti, että kunnan maataloussihteerin ja viljelijän mielipiteet metsittämisestä olivat samansuuntaiset. Toisin sanoen niissä kunnissa, joissa maataloussihteeri piti pellonmetsitystä hyvänä suhtautuivat myös viljelijät metsitykseen positiivisemmin. Tulokset olivat tältä osin samansuuntaisia kuin Mustosen (1990). Mustosen tulosten perusteella toteutuneisiin pellonmetsityksiin vaikutti maatalousviranomaisten linja.

Johtopäätökset

Peltojen metsittämisen menetelmien tutkimukseen on uhrattu runsaasti varoja ja palkkiot peltojen metsittämisestä ovat olleet merkittäviä. Kuitenkaan ei ole tunnettu peltojen metsittämisen vaikutusta varsinaisen päämäärän toteutumisen kannalta. Varsinaisen

päätöksentekijän metsityshalukkuutta ei ole tunnettu. Toisaalta ei ole tunnettu myöskään paikallistason viranomaisten henkilökohtaisia käsityksiä peltojen metsityksestä.

Ryhdyttäessä toteuttamaan mitä tahansa maatalouspoliittista ohjauskeinoa tulisi ensin selvittää mitkä ovat toiminnan päämäärät ja millä keinoin ne parhaiten saavutetaan. Lisäksi tulisi myös selvittää mahdolliset muut samaan päämäärään johtavat vaihtoehdot ja niiden keinot.

Tässä raportoitujen tutkimusten tulokset osoittivat, että viljelijät eivät ole kovinkaan halukkaita metsittämään peltojaan. Metsityspalkkioiden kasvaessa halukkuus luonnollisesti kuitenkin kasvoi. Useat viljelijät pitivät kuitenkin esimerkiksi maisemanhoitoa metsitystä parempana vaihtoehtona.

Neuvontaorganisaatioiden edustajien mielipiteet ylituotanto-ongelmien ratkaisukeinoista olivat samankaltaisia kuin viljelijöiden mielipiteet, joskin viljelijöiden ratkaisukeinot olivat "pehmeämpiä" kuin neuvojien.

Paikallistason viranomaisille lankeaa usein poliittisten päätösten vaatimien toimenpiteiden toteuttaminen. Neuvojien henkilökohtaiset mielipiteet saattavat heijastua tehtäviin ratkaisuihin. Jos esimerkiksi maataloussihteeri suhtautuu itse epäilevästi peltojen metsittämiseen, on luonnollista, että peltojen metsittämistä on vaikea markkinoida maataloudesta luopumisen keinona. Näin ollen myös neuvojien kouluttamisella ja motivoinnilla on tärkeä rooli maatalouspoliittisten tavoitteiden saavuttamisessa.

Kirjallisuus

Mustonen, M. 1990. Pellon metsittämiseen vaikuttavat tekijät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 365. 70 s.

Petäjistö, L., Mustonen, M. & Selby, J.A. 1993. Metsittääkö vai ei? Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 448. 38 s.

— & Selby, J.A. 1994. Pellonmetsitysalttiuteen vaikuttavat käyttäytymis- ja arvotekijät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 487. 50 s.

— , Selby, J.A. & Mustonen, M. 1994. Maa-ja metsätalouden neuvojien mielipiteitä ylituotanto-ongelmien ratkaisukeinoista: erityistapauksena pellonmetsitys. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 506. Helsinki. 31 s. + liite.

Selby, J.A. 1980a. Field afforestation and its regional variations. Tiivistelmä: Peltojen metsittämisen alueellinen vaihtelu Suomessa. Communicationes Instituti Forestalia Fenniae 99(1). 126 s.

— 1980b. Field afforestation at the farm level. Fennia 158(2):63–81.

— & Petäjistö, L. 1994. Field afforestation in Finland in the 1990s: Objections, preconditions & alternatives. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 502.149 s.

Varmola, R. 1987. Maaseutukuntien luokittelu. Pellervo-Seuran Markkinatutkimuslaitos. Raportteja ja artikkeleita 20. Helsinki. 37 s.

Kirjoittajien osoitetiedot

Aarnio Jukka
METLA, Helsingin tutkimuskeskus
Unioninkatu 40 A, 00170 Helsinki

Heikkilä Risto
METLA, Vantaan tutkimuskeskus
PL 18, 01301 Vantaa

Heiskanen Juha
METLA, Suonenjoen tutkimusasema
77600 Suonenjoki

Henttonen Heikki
METLA, Vantaan tutkimuskeskus
PL 18, 01301 Vantaa

Hytönen Jyrki
METLA, Kannuksen tutkimusasema
PL 44, 69101 Kannus

Härkönen Sauli
METLA, Vantaan tutkimuskeskus
PL 18, 01301 Vantaa

Kaikusalo Asko
Metla, Ojajoen kenttäasema
12700 Loppi

Karhunen Päivi
Suomussalmen kunta
PL 40, 89601 Ämmänsaari

Kaunisto Seppo
METLA, Parkanon tutkimusasema
Kaironiementie 54, 39700 Parkano

Kinnunen Kaarlo
METLA, Parkanon tutkimusasema
Kaironiementie 54, 39700 Parkano

Kolström Taneli
Joensuun yliopisto, Metsätieteellinen tiedekunta
PL 111, 80101 Joensuu

Lehtinen Markku
Oulun yliopisto, kasvitieteen laitos
Linnanmaa
90570 Oulu

Sakari Lilja
METLA, Vantaan tutkimuskeskus
PL 18, 01301 Vantaa

Niemimaa Jukka
METLA, Vantaan tutkimuskeskus
PL 18, 01301 Vantaa

Nuutinen Jaana
Joensuun yliopisto, Metsätieteellinen tiedekunta
PL 111, 80101 Joensuu

Leena Petäjistö
METLA, Helsingin tutkimuskeskus
Unioninkatu 40 A, 00170 Helsinki

Pietiläinen Pekka
METLA, Muhoksen tutkimusasema
Kirkkosaarentie, 91500 Muhos

Pohjonen Veli
Zansibar Forestry Development Project
P.O. Box 3526 Zansibar
Tansania

Rantala Satu
METLA, Vantaan tutkimuskeskus
PL 18, 01301 Vantaa

Rantala Tapio
Helsingin yliopisto, Metsäekonomian laitos
Unioninkatu 40 B
00170 Helsinki

Selby Ashley
METLA, Helsingin tutkimuskeskus
Unioninkatu 40 A, 00170 Helsinki

Siipilehto Liisa
Norkkokuja 3B 35, 01360 Vantaa

Tahvanainen Liisa
Joensuun yliopisto, Metsätieteellinen tiedekunta
PL 111, 80101 Joensuu

Tyrväinen Liisa
Joensuun yliopisto, Metsätieteellinen tiedekunta
PL 111, 80101 Joensuu

Urvas Leila
Maatalouden tutkimuskeskus
Ympäristöntutkimuslaitos
31600 Jokioinen

Valkonen Sauli
METLA, Vantaan tutkimuskeskus
PL 18, 01301 Vantaa

Wall Antti
METLA, Kannuksen tutkimusasema
PL 44, 69101 Kannus

Kannuksen tutkimusasemalla ilmestyneet Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja-sarjan julkaisut:

N:o 98 Jyrki Hytönen 1983. Vaaka- ja pystyistutuksen vertailua pajunkasvatuksessa. Abstract: Comparison of horizontal and vertical planting of willow cuttings. 14 s.

N:o 120 Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 15.9.1983. 40 s.

N:o 132 Ari Ferm ja Jyrki Hytönen 1984. Säilytyksen vaikutus kosteusnäytteeseen puun kuivamassan määrityksessä. Abstract: Effect of sample storage in determination of tree dry mass. 16 s.

N:o 163 Ari Ferm ja Jyrki Hytönen 1984. Vesipajun vesojen puuteknisiä ominaisuuksia. Abstract: On the technical properties of Salix 'Aquatica' sprouts. 20 s.

N:o 206 Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 28.11.1985. Forest Research Day at Kannus 28.11.1985. 99 s.

N:o 245 Jyrki Hytönen 1987. Lannoituksen vaikutus koripajun ravinnetilaan ja tuotokseen kahdella suonpohja-alueella. Summary: Effect of fertilization on the nutrient status and dry mass production of Salix Viminalis on two peat cut-away areas. 31 s.

N:o 250 Metsäntutkimuspäivä Kokkolassa 13.3.1987. Metsäteknologian teemapäivä. 113 s.

N:o 304 Ari Ferm (ed.) 1988. Proceedings of the IEA Task II meeting and workshop on cell culture and coppicing. In Oulu, Finland, August 24—29, 1987. 115 s.

N:o 320 Ari Ferm, Jyrki Hytönen, Kimmo K. Kolari & Heikki Veijalainen 1988. Metsäpuiden kasvuhäiriöt turkistarhojen läheisyydessä. Sammandrag: Tillväxtstörningar i skogsträd i närheten av pälsfamer. Abstract: Growth disturbances of forest trees close to fur farms. 77 s.

N:o 322 Ari Ferm & Maire Ala-Pöntiö (toim.) 1989. Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 1988. 96 s.

N:o 329 Esa Heino 1989. Suomalainen pajukirjallisuus. Finnish bibliography on willow. 30 s.

N:o 346 Juha Nurmi & Keijo Polet (ed.) 1990. Measurement and evaluation of wood fuel. Proceedings of the IEA/BE TASK VI Activity 5 Workshop in Jyväskylä, Finland. October 25-27, 1989. 64 s.

N:o 348 Ari Ferm 1990. Coppicing, aboveground woody biomass production and nutritional aspects of birch with specific reference to Betula pubescens. 35 s.+osajulkaisut.

N:o 374 Ari Ferm ja Esa Heino (toim.) 1991. Keski-Pohjanmaa — Nouseva metsämaakunta. Metsäntutkimuspäivä Ylivieskassa 14.6.1990. 43 s.

N:o 391 Ari Ferm ja Keijo Polet (toim.) 1991. Peltojen metsitysmenetelmät. Tutkimushankkeen väliraportti. Developing methods for afforestation of fields. Interim report. 120 s.

N:o 401 Risto Lauhanen 1992. PATU M 100-kaivuri metsäojituksessa. Abstract: PATU M 100 excavator in forest drainage. 23 s.

N:o 409 Risto Lauhanen 1992. Kunnostusojituksen ongelmat ja tutkimustarpeet. Abstract: Ditch network maintenance, its problems and research needs. 45 s.

N:o 457 Kristian Karlsson (red.) 1993. Skogsforskningsdag i Vörå 1992 — Metsäntutkimuspäivä Vöyrissä 1992. 47 s.

N:o 458 Risto Lauhanen & Tero Takalo 1993. Yksitelainen LA-MA 10-kaivuri metsäojien perkauksessa. Abstract: LA-MA 10 single track backhoe in forest ditch cleaning. 20 s.

N:o 463 Ari Ferm, Jyrki Hytönen, Katri Koski, Seppo Vihanta & Olavi Kohal. Peltojen metsitysmenetelmät. Kenttäkokeiden esittely ja metsitysten kehitys kolmen ensimmäisen vuoden aikana. 127 s.

N:o 540 Jyrki Hytönen & Keijo Polet (toim.) 1995. Metsäntutkimuspäivä Kälviällä 1994. 74 s.

N:o 544 Sauli Takalo, Tero Takalo & Risto Lauhanen 1995. Pontus-pientelamaasturi harvennuspuun metsäkuljetuksessa eräällä työmaalla. 16 s.

N:o 545 Sauli Takalo 1995. Mäntyöljyn mahdollisuudet poltto- ja voiteluaineena. 17 s. + liitteet.

N:o 560 Paula Jylhä 1995. Nuoren metsän ihmistyövaltaisen kunnostushakkuun kannattavuus Keski-Pohjanmaan ojitusalueilla. 40 s.

N:o 566 Jyrki Kangas & Pasi Niemeläinen 1995. Kansalaismielipide Suomen metsistä sekä metsien hoidosta ja käytöstä. 24 s. + liite.

N:o 570 Juha Nurmi & Esa Heino (toim.) 1995. Metsäntutkimuspäivä Kalajoella 1995. 82 s.



Kannus 1995
ISBN 951-40-1488-X
ISSN 0358-4283
KPPAino, Kokkola 1995