



Joensuun tutkimusasema



MATTI MALTAMO, JYRKI KANGAS
JA RAUNO TOLONEN

VESAKON ALKUKEHITYS JA SEN VAIKUTUS TAIMIKKOON

Kirjallisuustarkastelu

JOENSUU 1989

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN

TIEDONANTOJA 343

JOENSUUN TUTKIMUSASEMA

VESAKON ALKUKEHITYS JA SEN VAIKUTUS TAIMIKKOON

Kirjallisuustarkastelu

Matti Maltamo, Jyrki Kangas ja Rauno Tolonen

Joensuu 1989

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	3
11. Tutkimuksen tausta	3
12. Uudistusalalle syntyvä lehtipuusto	6
2. VESASYNTYISET LEHTIPUUT	8
21. Vesominen biologisena ilmiönä	8
22. Vesomiseen vaikuttavat tekijät	12
221. Eri puulajien vesomiskyky	12
222. Puun koko ja ikä	13
223. Kaatoajankohta	14
224. Säätetekijät	17
225. Kaatotapa	17
226. Kannon korkeus	18
227. Kasvupaikka	19
3. KOIVUN LUONTAINEN UUDISTUMINEN	21
31. Koivun siemensato	21
32. Siementen leviäminen	21
33. Siementen itäminen	22
4. VESAKON VAIKUTUS KASVATETTAVAAN TAIMIKKOON	24
41. Lehtipuiden vaikutukset kasvuoloihin	24
42. Vesakon vaikutus kasvatettaviin taimiin	24
43. Sekametsän kasvu ja tuotos koko kiertoajalla	33
5. VESAKON TORJUNTA JA KEHITYS TORJUNNAN JÄLKEEN	34
51. Vesakon ennaltaehkäisy	34
52. Vesakontorjunnan ajankohta ja suoritus	38
53. Taimikon ja vesakon kehitys perkauksen jälkeen ...	42
6. TUTKIMUSTARPEITA	48
KIRJALLISUUS	51

TIIVISTELMÄ

Kirjallisuuskatsauksessa selvitetään vesakon alkukehitystä ja sen vaikutusta kasvatettavaan puulajiin. Vesakolla tarkoitetaan tässä yhteydessä sekä siemen- että vesasyntyisiä lehtipuita. Ensin tarkastellaan vesasyntyisten lehtipuiden biologiaa sekä vesomiseen vaikuttavia tekijöitä. Siemensyntyisistä lehtipuista keskitytään koivun siemensatoon, siemenen leviämiseen ja itämiseen. Vesakon vaikutusta sekä männyn että kuusen taimikkoon tarkastellaan puuntuotoksellisesta näkökulmasta. Lopuksi selvitetään vesakon torjuntaa ja sen kehitystä torjunnan jälkeen.

Vesominen on kasvifysiologisesti tarkasteltuna korvautumissilmio, jossa vahingoittuneen kasvin osan tilalle kasvaa uusi osa. Vesat ovat peräisin joko adventiivi- tai proventiivisilmuista. Vesomiskyky vaihtelee huomattavasti eri puulajien, kuten myös saman puulajin eri yksilöiden, välillä. Vesomiskyvyltään parhaimpia puulajeja maassamme ovat eri pajut.

Puun kannon vesomiseen vaikuttavia tekijöitä ovat mm. puun koko ja ikä, kaatoajankohta, kaatotapa, kannon korkeus, kasvupaikka sekä kaatoajankohdan ja sen jälkeisten viikkojen sää. Eniten vaikutusta vesomiseen on luetelluista asioista kaatoajankohdalla, emopuun iällä ja säällä.

Vesakko haittaa mäntytaimikon kehitystä huomattavasti enemmän kuin kuusitaimikon kehitystä. Vesakolla on suurempi vaikutus taimien paksuus- kuin pituuskasvuun, joten toisaalta sopiva lehtipuusekoitus parantaa taimien laatua. Väähäinen määrä lehtipuita voi jopa parantaa havupuiden pituuskasvua. Kuusen kohdalla lehtipuustoa yleensä jopa tarvitaan taimikon alkuvaiheessa estämään hallatuhoja.

Vesakkoa voidaan ennaltaehkäistä poistamalla lehtipuusto jo viimeisessä harvennuksessa sekä varsinaiselta uudistusosalta että reunametsistä. Jätepuuston poisto muutamia vuosia ennen päätehakkuuta vähentää myös vesakon muodostumista.

Perkauksen ajankohta on valittava sopivaksi. Liian aikaiset perkaukset huonontavat kasvatettavan puulajin laatua esim. lisäämällä taimien paksuuskasvua. Lisäksi perkaus on muutaman vuoden kuluttua suoritettava uudelleen, sillä nopeakasvuiset vesat saavuttavat taimet. Toisaalta myöhästyneen perkauksen takia kasvatettava taimikko saattaa tuhoutua lehtipuiden piiskauksen ja varjostuksen johdosta.

Vesakkoa voidaan torjua mekaanisesti, mekaanis-kemiallisesti ja kemiallisesti. Eräs mielenkiintoinen torjuntavaihtoehto on reikäperkaus, jossa vesat poistetaan ainoastaan taimen ympäriltä.

1. JOHDANTO

11. Tutkimuksen tausta

Metsikön puiden välisestä kasvun vaihtelusta huomattava osa johtuu puiden välisestä kilpailusta (Bella 1971, Daniels 1976, Lorimer 1983, Martin ja Ek 1984, Pukkala ja Kolström 1987). Taimikkovaiheessa muutokset yksittäisten puiden kilpailuoloissa ovat nopeita ja voimakkaita. Kun taimi vapautuu pintakasvillisuuden puristuksesta, suurin kilpailun aiheuttaja on lähiympäristön taimisto. Varhaiskehityksessään nopeiden, mutta kokonaistuotokseltaan vähäisten, etupäässä vesasyntyisten, lehtipuiden aiheuttama kilpailu heikentää usein metsänuudistamisen tulosta. Varsinainen kasvatettava puusto voi kärsiä lehtipuiden varjostuksesta ja piiskauksesta jopa niin paljon, että koko taimikko tuhoutuu ja lehtipuusto valtaa kasvupaikan.

Lehtipuuston syntyminen uudistusalalle voi toisaalta olla myös toivottavaa. Lehtipuiden, etenkin rauduskoivujen, merkitys taimikon täydentäjinä on havaittu useissa taimikkoinventoinneissa (Karjula ym. 1982). Kuusen taimikoissa lehtipuiden antama suoja hallaa vastaan on usein välttämätöntä (Heikurainen 1985). Lisäksi koivulla on suotuisia vaikutuksia maaperän ominaisuuksiin (Viro 1955).

Lehtipuuston kehitystä säädellään erilaisilla toimenpiteillä, kuten perkauksilla. Liian aikaiset tai myöhästyneet toimenpiteet voivat kuitenkin saada aikaan päinvastaisen tuloksen kuin on haluttu. Kasvatettava taimikko voi kärsiä hallasta, perkaus voi heikentää kasvatettavan puulajin laatua tai vesakko voi hyvinkin pian kasvaa takaisin entistä tiheämpänä.

Vesakko voi vaikuttaa ratkaisevasti kasvatettavan taimikon kehitykseen. Uudistamisketjuja suunniteltaessa on tunnettava niin vesakon kuin kasvatettavan puustonkin kehitysmeka-

nismit. Metsänuudistamisen onnistumisen turvaamiseksi on vesakon merkitys otettava huomioon kaikkien toimenpiteiden yhteydessä. Esimerkiksi jo emopuuston hakkuiden toteutustavalla ja uudistusalan valmistustoimenpiteillä on vesakon muodostumisen kautta vaikutuksensa uudistamiseen.

Vesakkoa on tutkittu enimmäkseen vesametsätalouden ja lyhytkiertoviljelyn näkökulmasta (esim. Andersson ym. 1983, Ferm ym. 1985, Hytönen 1985, Wright 1988). Vesametsätalous on vanhin ja laajimmalle levinnyt metsänuudistamismenetelmä. Siitä on runsaasti mainintoja mm. von Carlowitzin vuonna 1713 ilmestyneessä teoksessa Sylvicultura Oeconomica. Tuolloin vesametsätalous olikin tärkein metsänhoitomenetelmä Keski-Euroopassa (Huuri ym. 1989). Vesametsätaloutta harrastettaessa puiden hyvä vesomiskyky on etu ja metsä uudistetaan kasvullisesti edellisen puusukupolven kannoista. Kiertoaika on vesametsänkasvatuksen yhteydessä verraten lyhyt.

Uudistusalan vesottumista koskeva tutkimus on toistaiseksi keskittynyt etupäässä itse lehtipuuston syntymiseen ja siihen vaikuttaviin tekijöihin sekä toisaalta varsinaiseen vesametsätalouteen. Vähemmälle huomiolle on jäänyt vesakon merkitys havupuun taimien kilpailijana ja metsänuudistamisen onnistumisessa. Etenkin vesakon kehityksen ja torjunnan taloudelliset seuraukset käytännön metsätalouden harjoittamiseen ovat jääneet tutkimuksessa paitsioon.

Vesomisen fysiologiaa on kuitenkin tutkittu eri puolilla maapalloa (esim. Wenger 1951, Debell ja Alford 1972, Blake 1981, Auclair 1988). Suomessa on viime vuosina tutkittu erityisesti vesoja muodostavia silmuja, niiden sijaintia, määrää ja kehityskelpoisuutta (esim. Kauppi ym. 1987, 1988a, 1988b). Vesomiseen vaikuttavista tekijöistä on Suomessa tutkittu eniten kaatoajankohtaa (esim. Heikinheimo 1930, Mikola 1942, Etholén 1974, Moilanen ja Oikarinen 1980, Ferm ja Issakainen 1981 ja Ali-Alha 1987). Myös kannon kor-

keuden (Rummukainen 1967), kaatotavan (Ferm ja Issakainen 1981), kasvupaikan (Mikola 1942, Etholén 1974) ja sään vaikutusta (Etholén 1974, Moilanen ja Oikarinen 1980) sekä vesakon kehitystä (Ferm ym. 1985) on jonkin verran tutkittu. Yhteenvedon vesomiseen liittyvistä tekijöistä eri puula-jeilla on julkaissut mm. Blake ja Raitanen (1981). Vesomisen tutkimuksesta on tehnyt selkoa Ferm (1988) sekä Ferm ja Kauppi (1989).

Vesakon vaikutuksia taimikkoon ovat viime vuosina tutkineet lähinnä ruotsalaiset (Walfridsson 1976, Karlsson 1978, Folkesson ja Barring 1982, Andersson 1984, Andersson ja Björkdahl 1984, Barring 1984). Suomessa tietoa vesakon vaikutuksista on kertynyt etupäässä erilaisten taimikkoinventointien (esim. Kinnunen ja Nerg 1982, Pohtila ja Valkonen 1985, Saksa 1986) kautta. Lisäksi on tutkittu mm. erilaisia perkausmenetelmiä (esim. Johansson 1983, Andersson 1984, Fryk 1985), perkauksen tekniikkaa (esim. Arvidsson 1984, Hokka ja Herranen 1976a, 1976b, Frölander-Ulf 1977) ja perkauksen vaikutuksia taimikkoon (esim. Valtanen 1982, Björkdahl 1983, Liukka 1988).

Vesakontorjunta muodostaa huomattavan osuuden metsänuudistamisketjun kustannuksista. Vesakontorjuntaohjelman optimointi on siten tärkeä osa metsänuudistamista. Usein on taloudellisesti järkevää kasvattaa edelleen vesakkoa tai ainakin yksittäisiä lehtipuita (vrt. esim. Saramäki 1977). Voidaankin kenties puhua vesakonkasvatusohjelmasta -torjuntaohjelman sijasta.

Eri tutkimuksissa epäyhtenäisesti käytetty terminologia vaikeuttaa tutkimustulosten vertailua ja yhteenvetoa. Sanoilla vesa (engl. sprout) ja vesakko (engl. coppice) on toisinaan tarkoitettu vain vesasyntyisiä lehtipuita, toisinaan niillä on viitattu myös siemensyntyisiin lehtipuiden taimiin. Nykysuomen sanakirjan (1980) mukaan vesa on lehtipuiden ja pensaiden varren tyviosasta, juuresta tai kannosta kasvava nuori varsi, tai toisessa merkityksessään nuori leh-

tipuu syntytavasta riippumatta. Vesakko puolestaan on kanto- tai juurivesojen muodostama kasvusto; usein myös lehtipuiden siementaimien muodostama nuori kasvusto. Tässä tutkimuksessa sanoja käytetään laajemmissa merkityksissään. Vesa on siis nuori lehtipuun taimi ja vesakko nuorten lehtipuun taimien muodostama kasvusto.

Tämä kirjallisuustutkimus on osa Metsäntutkimuslaitoksen Joensuun tutkimusasemalla meneillään olevaa tutkimushanketta metsänuudistamisen vaihtoehtojen valinta. Tutkimushanke liittyy metsän uudistamisen vaihtoehtoja vertailevan laskentaohjelman "VILJOn" (Parviainen ym. 1985) kehittämiseen. Hankkeeseen liittyvässä, osittain Kannuksen tutkimusaseman tutkijoiden kanssa yhteistyönä toteutettavassa, osatutkimuksessa on tarkoitus tarkastella vesakon alkukehitystä ja sen metsänkasvatuksellista merkitystä.

Vesakon syntymistä ja kehittymistä tarkastellaan tässä kirjallisuuskatsauksessa sekä vesa- että siemensyntyisten lehtipuiden osalta. Siemensyntyisten lehtipuiden kohdalla keskitytään koivuun, mutta muutoin käsitellään kaikkia yleisiä lehtipuitamme. Vesakon kehityksen ohella tarkastellaan myös vesakon vaikutusta havupuihin sekä perkauksen suorittamista ja puuston kehitystä sen jälkeen. Työssä keskitytään lähinnä Pohjoismaissa tehtyihin tutkimuksiin.

12. Uudistusalalle syntyvä lehtipuusto

Uudistusalalle muodostuvista lehtipuista suurin osa on siemensyntyisiä. Kalelan (1961a) tutkimuksessa metsittyneelle pellolle kehittyivät koivut, raita ja tervaleppä siemenestä, kun taas haapa ja harmaaleppä syntyivät juurivesoista.

Uudistettavan metsän joukossa olevat lehtipuut voivat uudistamista edeltävinä vuosina tuottaa runsaastikin siementä, joka itää vasta hakkuun jälkeen ja muodostaa uudistusalalle vesakkoa. Vesakkoa syntyy lisäksi reunametsän siemennyk-

sestä. Jos uudistusalan jätepuuston joukossa on riittävän suuria lehtipuita, nekin voivat siementää uutta vesakkoa, varsinkin jos jätepuustoa ei heti raivata pois (Fries 1984).

Vesasyntyisiä lehtipuita voi avohakkuun jälkeen muodostua lähinnä haavan juurivesoina, jos uudistuslalla on ollut vanhoja haapoja (Mikola 1942). Vanhat koivut sen sijaan eivät juurikaan pysty muodostamaan vesoja (Kauppi ym. 1988a). Lisäksi vesasyntyisiä lehtipuita voi muodostua vanhan puuston alla kituvista pienistä lehtipuista, jotka säilyvät hengissä metsikön uudistamiseen saakka. Avohakkuun jälkeen nämä jätepuut yleensä raivataan pois, jolloin niiden kannoista voi alkaa kasvaa runsaastikin vesakkoa (Bäckström 1984).

Vesasyntyisten lehtipuiden merkitys kasvaa yleensä huomattavasti ensimmäisen perkauksen jälkeen. Tällöin poistettujen nuorten lehtipuiden kannot ovat erittäin herkkiä vesomaan. Perkauksen jälkeen kasvupaikalle saattaa syntyä nopeasti entistä tiheämpi vesakko (Anderson 1984).

Lehtipuiden määrä voi vaihdella hyvin runsaasti erilaisissa taimikoissa. Karlssonin (1978) tutkimuksessa lehtipuiden kokonaismäärä kuusentaimikoissa vaihteli välillä 6000-27000 kpl/ha. Yksittäisistä puulajeista esim. rauduskoivuja saattoi olla jopa 16500 kpl/ha ja haapojakin yli 10000 kpl/ha. Männyntaimikoissa on puolestaan lehtipuiden määrä vaihdellut esim. Valtasen (1982) aineistossa välillä 4000-17000 kpl/ha. Vesoista syntyvän lehtipuuston määrä voi olla vielä huomattavasti suurempikin.

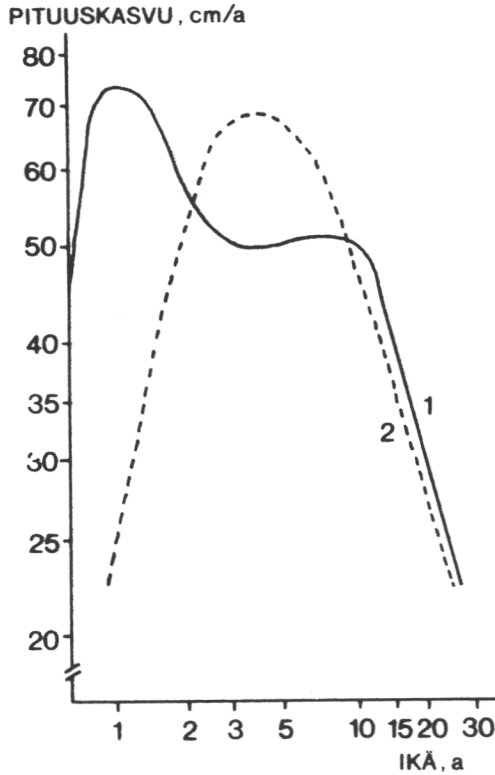
2. VESASYNTYISET LEHTIPUUT

21. Vesominen biologisena ilmiönä

Vesominen on kasvullista, silmuista alkunsa saavaa vegetatiivista uudistumista. Vesominen on ominaista kaikille lehtipuille, mutta taipumus vesojen muodostamiseen vaihtelee voimakkaasti eri puulajeilla. Myös saman puulajin eri yksilöiden kesken voi olla suurta vaihtelua vesomisessa (Mikola 1942). Vesoja muodostuu yleensä eniten lajin levinneisyysalueen ääri-laidoilla, epäedullisissa kasvuoloissa ja olosuhteissa, joissa vaaditaan nopeaa kasvupaikan valtausta (Ferm ja Issakainen 1981).

Kasvifysiologisesti vesominen on korvautumis- eli restitutioilmiö, jossa vahingoittuneen kasvin osan tilalle kasvaa uusi osa. Kun esimerkiksi puu kaadetaan, kasvi menettää koko maanpäällisen osansa, jolloin maanpäällisten osien ja juurten välinen tasapaino häiriytyy voimakkaasti. Puu yrittää korvata menetyksen vesomalla. Vesat eivät kuitenkaan pysty yhteyttämään tarpeeksi energiaa koko juuristolle, minkä takia osa juurista lahoaa. Tämän seurauksena vesat alkavat puolestaan kärsiä veden ja ravinteiden puutteesta, mitä ne yrittävät torjua kasvattamalla uutta juuristoa. Lopulta saavutetaan tasapaino maanpäällisten osien ja juurten välillä (Mikola 1942). Puu voi alkaa vesoa, vaikka se ei olisi menettänyt mitään osiaan. Tällöin vesominen voi johtua esim. paleltumisesta tai eläinten aiheuttamista vaurioista.

Vesat kasvavat ensimmäisinä vuosina nopeammin kuin siementaimet (Kauppi ym. 1988b). Vesoille on tyyppillistä useat, 1-3 viikkoa kestävät erittäin nopean kasvun jaksot (Johnson 1979). Kuvassa 1 on vertailtu siemen- ja vesasyntyisten hieskoivujen vuotuisen pituuskasvun kehitystä (Usoltsev 1978).



Kuva 1. Vesa- ja siemensyntyisten koivujen vuotuisen pituuskasvun kehitys (1=vesasyntyiset, 2=siemensyntyiset) (logaritmiset asteikot) (Usoltsev 1978).

Vesasyntyiset puut voivat olla kolmen vuoden ikäisinä jo 1-1,5 metriä pidempiä kuin vastaavanikäiset siemensyntyiset taimet (Kauppi ym. 1988b). Erot kasvussa johtuvat siitä, että vesoilla on ensimmäisinä kasvuvuosina käytössään emopuun koko juuristo. Myös eräät kasvihormonit vaikuttavat vesojen kasvua voimistavasti (esim. Daniel ym. 1979). Lisäksi vesojen fotosynteesikapasiteetti on parempi kuin siemensyntyisillä taimilla (Kiviniitty ym. 1987). Vesojen pituuskasvu hidastuu muutaman vuoden päästä, jolloin siemensyntyiset taimet ohittavat ne kasvussa (Ferm ym. 1985).

Vesat ovat peräisin adventiivi- tai proventiivisilmuista. Suomessa on yleisesti käytössä seuraavanlainen Mikolan (1942) esittämä jaotus.

Juurivesat syntyvät adventiivisilmuista. Silmut muodostuvat silloin, kun puu kituu tai puun kaadon jälkeen. Kotimaisista puulajeista haavan tärkein uudistumistapa on juurivesominen. Myös harmaaleppä muodostaa usein juurivesoja.

Tyvivesat ovat peräisin proventiivisilmuista, jotka syntyvät samanaikaisesti kuin kasvin varsinaisten kasvupisteiden silmut. Proventiivisilmut jäävät kuitenkin lepotilaan, kunnes jokin kasvin tasapainotilan järkkymisen aiheuttanut ärsyke ne herättää. Kotimaisista puulajeista koivu muodostaa yleensä tyvivesoja. Poistamalla koivusta tyvisilmut on saatu aikaan myös adventiivisiä silmuja ja vesoja (Rinne ym. 1987).

Kaupin ym. (1987, 1988a) tutkimuksissa todettiin hieskoivun proventiivisilmujen alkuperän, sijainnin, rakenteen ja määrän vaikuttavan suuresti puun vesomiskykyyn. Vanhoissa ja nuorissa puissa on yhtä paljon silmuja, mutta vanhoissa puissa silmut sijaitsevat suurissa rypäissä, mikä haittaa vesojen muodostumista. Vesasyntyisillä puilla silmujen määrä on suurempi kuin siemensyntyisillä. Jopa 90 % silmuista sijaitsee maanpinnan alapuolella, mutta syntyneistä vesoista kolmasosa on peräisin maanpinnan yläpuolisista silmuista. Lisäksi maanpäällisistä silmuista syntyneet vesat ovat osoittautuneet vahvemiksi (Kauppi ym. 1988b). Jos silmujen sijainti kannossa tiedetään, voidaan kannon vesomiskyky ennustaa (Kauppi ym. 1988a).

Hieskoivuvesakon alkutiheys saattaa olla jopa 200 000 vesaa/ha, mutta itseharvenemisen takia tiheys on jo 20- vuotiaalla vesakolla alle 10 000 vesaa/ha (Ferm ym. 1985). Itseharveneminen on voimakkainta suurimman pituuskasvun aikoihin ensimmäisinä kasvukausina. Vesojen läpimitajakauma on tyypillisesti kaksihuippuinen painottuen pie-

niin läpimittoihin. Itseharveneminen kohdistuuakin juuri vesakon keskiläpimittaa pienempiin yksilöihin (Tolonen 1988).



Kuva 2. Vesakon tyviläpimittajakauman kehitys viiden vuoden ajalta (Tolonen 1988).

Tarkasteltaessa vesakon läpimittajakauman kehitystä viiden vuoden ajalta voidaan jo toisena kasvukautena havaita kaksi toisistaan erottuvaa vesaluokkaa. Seuraavina vuosina luokkajako korostuu, ja jakauma on painottunut pieniin läpimittoihin. Kuudentena kasvukautena heikompi vesaluokka on jo kuollut ja tyviläpimittajakauma lähenee normaalijakaumaa (kuva 2) (Tolonen 1988).

Kalelan (1962) mukaan vesojen luontainen kuoleminen vähenee voimakkaasti seitsemännen ikävuoden jälkeen ja loppuu melkein kokonaan 13- vuotiaana. Ensimmäistä itseharvenemisaaltoa saattaa myöhemmin kuitenkin seurata vielä toinen.

Itseharvenemista on useassa yhteydessä pyritty kuvaamaan malleilla. Yleisimmin käytetty itseharvenemismalli on Yodan (1963) kehittämä empiirinen potenssimalli.

$$W = C p^{-3/2}$$

missä W = kasvin keskimääräinen kuivamassa

p = kasvuston tiheys

C = kasvilajille ominainen vakio

Mallin eksponentti on vakio riippumatta kasvilajista, alkutiheydestä tai kasvupaikasta. Mallissa oletetaan, että kaikilla kasvivyksilöillä on samanlainen geometrinen rakenne ja että itseharvenemista tapahtuu vasta kasvuston peittävyuden ylittäessä 100 %.

22. Vesomiseen vaikuttavat tekijät

221. Eri puulajien vesomiskyky

Vaikka koivu muodostaakin useilla uudistusaloilla suurimman osan vesoista, se on muihin lehtipuihin verrattuna huono vesoja. Rauduskoivua pidetään vielä hieskoivua huonompana vesojen muodostajana (Mikola 1942, Leikola ja Mustanoja 1961). Toisaalta Fermin ym. (1985) mukaan käsitys ei välttämättä pidä paikkaansa, joskin rauduskoivun vesomiskyky heikkenee hieskoivua nopeammin puun koon kasvaessa. Eniten vesoja muodostunee puun elinvoiman ollessa parhaimmillaan. Vesa-syntyisillä koivuilla tämä vaihe ajoittuu 15-20 vuoden ikään, siemensyntyisillä n. 30- vuotiaisiin puihin (Mikola 1942).

Harmaaleppä vesoo voimakkaasti. Tyvi- ja etenkin juurivesoja muodostuu runsaasti jo aivan nuorissakin taimissa (Kalela 1961b). Vähiten vesoja on noin 7- vuotiaissa lepissä, mikä johtunee samaan ikävaiheeseen osuvasta suuresta luontaisesta harvenemisestä (Rummukainen 1967). Haapa muodostaa runsaasti juurivesoja, jotka tuottavat edelleen uusia juurivesoja. Seurauksena on tiheä ja kloonimainen vesakko (Kellomäki 1987). Kotimaisista puulajeista eniten vesovat kuitenkin eri pajulajit (Ali-Alha 1987).

Eri puulajien vesomiseroja voidaan vertailla joko vesovien kantojen osuuden tai kannossa olevien vesojen määrän perusteella. Ali-Alhan (1987) tutkimuksessa eri puulajien vesomiserot tulivat hyvin esiin. Kun kiiltopaju tuotti vesoja lähes poikkeuksetta, niin rauduskoivun kannoista kolmasosa

jäi vesattomiksi. Luontaisesti syntyneet rauduskoivut tuottivat vesoja lähes aina, kun taas istutuskoivuista yli puolet oli vesattomia. Muista puulajeista sekä hieskoivun, raidan että lepän kannoista noin 10 % oli vesattomia. Haapa vesoi puolestaan yllättävän huonosti, sillä lähes kolmasosa kannoista oli vesattomia. Toisaalta Moilasen ja Oikarisen (1980) tutkimuksessa haavan vesomattomien kantojen lukumäärä oli paljon pienempi kuin hieskoivun kantojen määrä.

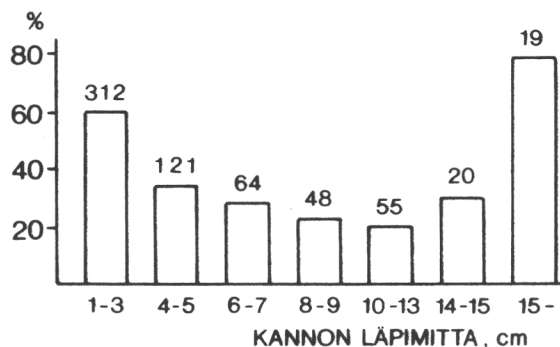
Myös kanton kehittyvien vesojen määrissä on havaittu suuria eroja eri puulajien kesken. Ali-Alhan (1987) mukaan rauduskoivulla oli vesoja keskimäärin vain 6 kpl/kanto, hieskoivulla, raidalla ja lepällä n. 10 kpl/kanto, kun taas kiiltopajulla vesoja oli yli 30 kpl/kanto. Eniten vesoneissa kiiltopajun kannoissa oli jopa yli 200 vesaa. Fermin ja Issakaisen (1981) tutkimuksessa hieskoivu muodosti eri alueilla vain 1-1,5 ja 2,8-4,7 vesaa, joskin erään toisen hieskoivuaineiston keskimääräiseksi vesamääräksi laskettiin 43±14 kpl/kanto.

222. Puun koko ja ikä

Periaatteessa puun vanhetessa vesomiskyky huononee. Iän myötä puun elinvoimaisuus heikkenee, joskaan itse vesoja muodostavat silmut eivät ainakaan hieskoivulla häviä (Kauppi ym. 1988a). Vesomiskyvyn heikkeneminen johtuu Fermin ym. (1985) mukaan ainakin seuraavista asioista: iän kasvaessa suvullinen lisääntyminen korostuu, jolloin siementen tuotanto heikentää silmuja, vesomiselle tarpeellisten hormonien määrä vähenee puun tyvessä, puun kuori ja muut mekaaniset esteet puun tyvellä vaikeuttavat silmujen kasvua ja puhkeamista sekä vanhempien puiden kannoissa vesojen ja kannon väliset yhteydet ravinnon ja veden kulun suhteen voivat muodostua hankaliksi.

Puun koon vaikutus vesomiseen on todettu useissa tutkimuksissa. Esim. Kaitainen ja Kilkki (1960) totesivat pois-

tetun verhopuuston koolla olevan merkitystä kantojen vesomiseen. Puun koolla on jokseenkin suoraviivainen riippuvuus ikään, joten puun koko vaikuttaa vesomiseen lähes samalla tavalla kuin ikä. Kuitenkin vesomistulos paranee puun koon kasvaessa tiettyyn rajaan asti. Koivun vesomiskyky on parhaimmillaan puun läpimitan ollessa noin 10 cm (Ferm ym. 1985), (kuva 3).



Kuva 3. Vesomattomien koivunkantojen osuus kannon läpimitasta riippuen. Pylvään yläpuolella läpimittaluokan havaintojen määrä (Ferm ym. 1985).

Myös Ali-Alha (1987) totesi keskikokoisten leppien ja kiiltopajujen kantojen vesovan paremmin kuin aivan pienten kantojen. Suurimmat kannot olivat tässä tutkimuksessa kantoläpimitaltaan 10 cm. Toisaalta, jos suuret puut onnistuvat muodostamaan vesoja, vesat saattavat olla hyvin elinvoimaisia (Ferm ym. 1985). Pituuskasvu on yleensä kuitenkin sitä huonompaa mitä suuremman puun vesa on kyseessä (Andersson ja Björkdahl 1984).

223. Kaatoajankohta

Kaatoajankohtaa pidetään yleisesti kaikkein merkittävimpana vesomiseen vaikuttavana tekijänä. Pohjoismaissa katkaisuaikajankohtaa on tutkittu paljon. Kaatoajankohta on myös te-

kijä, johon voidaan käytännössä vaikuttaa. Kirjallisuudessa kaatoajankohdan vaikutus on mainittu jo viime vuosisadan puolella (Flinta 1882). Suomessa ovat katkaisuaajankohdan vaikutusta lehtipuiden vesomiseen kangasmailla tutkineet mm. Heikinheimo (1930), Mikola (1942), Rummukainen (1967), Etholén (1974) sekä Moilanen ja Oikarinen (1980). Turvemmailla vastaavaa asiaa ovat tutkineet Ferm ja Issakainen (1981) ja Hytönen (1985). Heikinheimon (1930) tutkimukset koskevat harmaaleppää, Etholénin (1974) koivua ja haapaa, Hytösen (1985) pajuja, Rummukaisen (1967) hieskoivua, harmaaleppää sekä pihlajaa ja muiden tutkimukset hieskoivua.

Suomalaisissa tutkimuksissa on yleensä todettu vesojen lukumäärän vaihtelevan lievästi kaatoajankohdan mukaan vesominimin ollessa kesä-heinäkuussa kaadetuilla puilla. Kaatoajankohdasta riippumatta on yleensä havaittu suhteellisen vähän täysin vesattomia kantoja. Puulajeittain tarkasteltuna harmaalepällä ja pajulla on todettu selvä ero vesomisessa kasvukauden ja lepokauden välillä, kun taas koivun ja haavan osalta erot eivät ole niin merkittäviä. Tutkimustuloksissa on kuitenkin eroja. Moilanen ja Oikarinen (1980) havaitsivat hieskoivulla selvän minimivesomisajankohdan kesäkuun alussa, kun taas Etholén (1974) sekä Ferm ja Issakainen (1981) totesivat vain lieviä eroja minimin sattuessa kesä-heinäkuuhun. Rummukainen (1967) havaitsi puolestaan koivun ja pihlajan minimivesomisajankohdaksi kesäkuun puolivälin, kun taas lepällä vastaava ajankohta oli kuukautta myöhemmin. Hytönen (1985) löysi kesäaikaisten kaatojen jälkeen hieskoivulla vesomismaksimin. Haavan ja pajun vesominimin on todettu vuodenaikaisesti olevan myöhemmin kuin koivulla (Etholén 1974).

Kaiken kaikkiaan kaatoajankohdan vaikutusta vesomiseen käsittelevien tutkimusten tulokset ovat melko epäyhtenäisiä. Vesomiseen vaikuttavat tekijät näyttävät olevan kytkeytyneitä toisiinsa eikä täten yhden tekijän perusteella pystytä kunnolla selvittämään vesomisvaihteluja. Esimerkiksi paksujen kantojen vesomiseen kaatoajankohta vaikuttaa paljon

vähemmän kuin ohuiden kantojen vesomiseen (Rummukainen 1967).

Muissa Pohjoismaissa ruotsalaiset Andersson (1966) ja Johansson (1984) löysivät koivun vesomisminimin touko-kesäkuulta, kun taas Karlberg (1954) ei löytänyt eroja vesomisessa ja norjalainen Haveraaen (1963) suositteli heinäkuuta perkauksen ajankohdaksi. Anderssonin (1966) tutkimuksessa löydettiin huomattava vesomisminimi: vain kolmasosa touko-kuun alun ja kesäkuun alun välillä kaadetuista koivuista vesoi. Yleensäkin katkaisuaajankohdan vaikutuksella on suuria puulajikohtaisia eroja. Joillakin lajeilla vesomismaksimi on talvella, joillakin kesällä, on myös mahdollista, että kaatoajankohdalla ei ole vaikutusta lainkaan (Blake ja Raitanen 1981).

Kaatoajankohta vaikuttaa vesojen määrän lisäksi myös vesojen pituuskasvuun ja biomassatuotokseen. Hytönen (1985) havaitsi heinä-elokuussa kaadettujen ulkomaisten pajujen vesojen biomassatuotoksen ja valtapituuden suorastaan romahhtavan. Etholén (1974) totesi, että kesällä kaadettujen hieskoivun vesojen valtapituus jäi pienemmäksi kuin muina vuodenaikoina kaadettujen hieskoivujen vesojen valtapituus. Lisäksi eri aikoina kaadettujen puiden vesojen pituuserot korostuvat seuraavina vuosina. Heikinheimon (1930) mukaan huhti-, touko- tai kesäkuussa kaadettujen puiden vesat ovat pienimpiä.

Pelkän vuosirytmien mukaisen vesomisvaihtelun lisäksi on tutkittu kuukausirytmien vaikutusta kuun vaiheiden mukaisesti. Vanhan kansan uskomuksissa on ala- ja yläkuun vaiheiden uskottu vaikuttavan voimakkaasti puiden vesomiskykyyn. Kun asiaa on tutkittu, ovat ala- ja yläkuun käsitteet menneet sekaisin kasvavan ja katoavan kuun käsitteiden kanssa. Timonen (1964) kuitenkin tarkasteli asiaa juuri ala- ja yläkuun mukaisesti ja havaitsi "kuutamokoealallaan" selvän kuukausirytmien. Myös Moilanen ja Oikarinen (1980) löysivät haavalle vesomisminimin alakuun vaiheessa, kun taas hieskoi-

vulle ei minimiä löytynyt. Moilanen ja Oikarinen (1980) tutkivat vielä vesomisen vaihtelua vuorokauden sisällä, mutta eivät havainneet mitään vuorokausirytmää. Kuun vaiheiden vaikutuksesta puiden vesomiskykyyn on viime aikoina keskusteltu Metsälehdessä (esim. Leikola 1989). Mielipiteet ovat vaihdelleet puolesta ja vastaan.

224. Säättekijät

Etholénin (1974) mukaan kaatoajankohdan ja sitä seuraavien viikkojen säättekijöillä on suurempi merkitys vesomiselle kuin itse kaatoajankohdalla. Keskikesällä on usein kuivaa. Tällöin kaadettujen puiden silmut eivät kykene muodostamaan runsaasti vesoja, mutta jos lämpötilahuipun aikana esiintyy sateita, voi vesomisminimi vaihtua maksimiksi (Blake ja Tschaplinski 1986). Korkea lämpötila sinällään heikentää vesomista ja itse vesojen kehitystä. Toisaalta taas Moilasan ja Oikarisen (1980) mukaan kaatohetken lämpötilalla ja sademäärällä ei ole vaikutusta vesomiseen.

Myös auringon säteilyn määrä vaikuttaa vesomiseen. Johanssonin tutkimuksissa (1986, 1987) valon voimakkuuden lisäksi vaikutti hieskoivun vesovien kantojen määrään lisäävästi, mutta vesojen lukumäärään kannossa ei valon voimakkuudella ollut merkitystä. Lämpötila on vesomiselle valon voimakkuutta merkittävämpi tekijä. Kuitenkin sekä alhainen lämpötila että vähäinen valon voimakkuus vaikuttavat molemmat vesojen kasvua heikentävästi ja jopa estävät vesojen syntymisen (Johansson 1986, 1987).

225. Kaatotapa

Kaatotavalla ei ole yleensä havaittu olevan merkitystä puiden vesomiskyvyn kannalta (Mikola 1942, Leikola ja Mustanoja 1961, Ferm ja Issakainen 1981). Tämä johtuu suureksi osaksi siitä, että vesat syntyvät useimmiten juurenniskojen

välistä tai maan alta. Kalela (1961b) neuvoo kuitenkin tekemään vesojen kaatopinnat mahdollisimman epätasaiseksi ja rikkinäiseksi. Ferm ja Issakainen (1981) totesivat vesurilla ja moottorisahalla kaadettujen puiden vesovan hieman huonommin kuin raivaussahalla kaadetut puut. Erolla ei kuitenkaan havaittu olevan tilastollista merkitystä. Hytösen (1985) mukaan pajun kantojen vaurioittaminen kaadon yhteydessä lisäsi selvästi vesattomien kantojen osuutta ja vähensi vesojen pituuskasvua.

226. Kannon korkeus

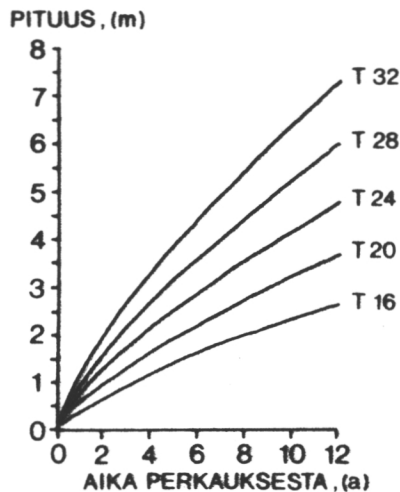
Kannon korkeuden vaikutus riippuu siitä, missä osassa puuta vesovat silmut sijaitsevat. Jos suurin osa silmuista on maan tasalla tai sen alla, kannon korkeudella ei ole merkitystä (Johansson 1984).

Silmujen sijainti vaihtelee puulajeittain. Yleissuuntaus kannon korkeuden vaikutukselle kuitenkin on, että mitä korkeampi kanto sitä vähemmän puu vesoo. Tästäkin asiasta on hyvin ristiriitaisia tutkimustuloksia. Jos puuhun jätetään korkea kanto, vesat syntyvät kantaan ja ne kuolevat tällöin kannon lahotessa. Muutoin vesat joutuvat vesomaan maan pintaa lähellä olevista silmuista. (Mikola 1942, Ferm ja Issakainen 1981). Toisaalta asiasta on myös päinvastaisia havaintoja. Rummukaisen (1967) kokeissa lyhimpiin kantoihin kasvoi alussa n. 10 cm pidemmät vesat kuin pitkiin kantoihin. Vajaan kahden vuoden päästä tilanne oli muuttunut. Lyhyistä kannoista kasvaneet vesat olivat vain 1,3 metriä pitkiä, kun taas pitkien kantojen vesat olivat pituudeltaan 2,2-2,3 metriä. Johanssonin (1986) mukaan rauduskoivuilla oli selvä ero vesomisessa 0 ja 10 cm kantaan katkaistujen puiden välillä. Maanpinnan tasalta katkaistut puut vesoivat huomattavasti huonommin. Samoin pajuilla (Hytönen 1985) ja punalepällä (Alnus rubra) (Harrington 1985) vesojen kuolleisuus osoittautui sitä suuremmaksi mitä lyhyemmäksi kanto jätettiin.

Käytännössä on kokeiltu myös yhden vesan jättämistä kaatamatta, jotta saman vesaryhmän muut kannot vesoisivat huommin. Rummukaisen (1967) mukaan tällä ei ole kuitenkaan ollut vaikutusta.

227. Kasvupaikka

Kasvupaikan vaikutuksesta vesomiseen on eri tutkimuksissa saatu ristiriitaisia tuloksia. Sekä Mikola (1942) että Etholén (1974) totesivat koivun vesovan karummalla kasvupaikalla nopeammin kuin viljavalla. Rummukainen (1967) ja Johansson (1987) esittivät puolestaan päinvastaisen käsityksen. Kasvupaikan merkitys vesojen määrälliseen muodostumiseen lienee vähäinen, mutta vesat kasvavat viljavilla kasvupaikoilla paremmin. Kuvassa 4 on esitetty Björkdahlin (1983) tutkimuksessa määritetyt hieskoivun vesojen alustavat pituusikäyrät eri boniteeteilla. Myös Ali-Alhan (1987) ja Johanssonin (1987) tutkimuksissa vesojen valtapituudessa todettiin eroja eri kasvupaikkojen välillä siten, että valtapituus oli suurempi rehevillä kasvupaikoilla.



Kuva 4. Björkdahlin (1983) mukaiset hieskoivun vesojen alustavat pituuskehityskäyrät eri boniteeteilla.

Kasvupaikan viljavuutta enemmän kivennäismaalla vesomiseen vaikuttaa maaperän kosteus. Sarvas (1948) totesi vesomisen olevan etenkin soistuvilla mailla voimakasta, joskin myös tuoreet maat vesottuvat kuivia paremmin. Vesasyntyiset hieskoivikot ovat turvemaileda yleisiä. Erityisesti ohutturpeisilla soilla on vesomiselle yleensä hyvät olosuhteet (Ali-Alha 1987).

3. KOIVUN LUONTAINEN UUDISTUMINEN

31. Koivun siemensato

Sekä hies- että rauduskoivun siemensadoissa on vuosittain suuria vaihteluja. Myös eri puuyksilöiden välillä on hyvin suuria eroja siementuotannossa. Hyvät siemenvuodet eivät toistu säännöllisesti (Koski ja Tallqvist 1978). Kuitenkin Sarvaksen (1948) mukaan hyviä siemenvuosia on noin joka kolmas, joihin keskittyikin suurin osa siementuotannosta. Vaikka uudistualalle kertyy vain murto-osa maksimaalisesta siemensadosta, on siementä siltikin hyvin runsaasti.

Siemensato vaihtelee puittain sen mukaisesti, kasvavatko ne yksinään, hakkuuaukean reunoilla vai sekametsässä (taulukko 1).

Taulukko 1. Koivun siemenen määrä erilaisilla koivuilla. Kyseessä ovat hieskoivut lukuunottamatta yhtä yksinäistä koivua. Koivut ovat 10-16 metriä pitkiä. Hörnefors, Västerbottenin lääni (Fries 1984).

	1000 siementä	Koivujen lukumäärä
Yksinäiset koivut	1160-6450	2
Hakkuuaukean reunakoivut	80- 570	3
Sekametsän koivut	400- 620	3

Clausenin (1978) mukaan latvuksen suuruus ratkaisi sen, kuinka suureksi siemensato muodostui eräällä Pohjois-Amerikan koivulajilla (Betula alleghaniensis).

32. Siementen leviäminen

Suurin osa koivun siemenestä putoaa tutkimusten mukaan joko elokuussa (Heikinheimo 1932, 1937, Kohh 1936) tai syyskuussa

(Fries 1984). Maksimaalinen määrä koivun siementä putoaa Sarvaksen (1948) mukaan 10-12 metrin päähän puusta, kun taas Friesin (1984) tutkimuksessa siementä oli yksinäisillä koi-
vuilla eniten n. 25 metrin päässä puusta. Sarvaksen (1948) mukaan siementen leviäminen on runsasta aina 40-50 metrin etäisyydelle saakka, jonka jälkeen leviäminen nopeasti huononee. Avohakkuualalle voi reunapuusto kuitenkin siementää koivua vielä sadankin metrin päähän reunasta. Reunapuuston sisältä leviää vielä 40 metrin päästä reunasta siementä uudistus-
alalle, 15 metrin päässä reunasta olevien puiden uudistus-
alalle levittämät siemenmäärät ovat hyvinkin suuria.

Rauduskoivun siemen leviää laajemmalle kuin hieskoivun siemen. Tämä johtuu siitä, että rauduskoivun siemen putoaa 25 % hitaammin. Lisäksi rauduskoivut ovat yleensä pidempiä ja sijaitsevat korkeammilla paikoilla kuin hieskoivut. Hies- ja rauduskoivun siementen painoissa ei ole eroa (Sarvas 1948).

33. Siementen itäminen

Koivun siemenistä itää noin 55-65 %. Hyvinä siemenvuosina itävien siementen osuus on yleensä suurempi kuin huonoina. Siemenen itämiseen vaikuttavia tekijöitä ovat mm. maanpinnan muokkaus, lämpötila, lannoitus ja maalaji (Sarvas 1948, Fries 1984, Kärkkäinen 1985). Maanmuokkauksen ajankohdalla ei ole juurikaan merkitystä varsinaiselle taimettumiselle. On kuitenkin huomattu, että jos muokataan siemenen putoamisen jälkeen, itävyys on huonompi (Fries 1984). Kangasmaat, joiden pintaa ei ole rikottu, ovat yleensä huonoja itämisalustoja (Sarvas 1948).

Erilaisista maanmuokkausmenetelmistä aurasjäljen pientareella, täysmuokatuilla alueilla ja lautasauran muokkausjäljessä oli runsaasti taimia Raulon ja Mälkösen (1976) tutkimuksen mukaan. Vaikka jyrsimen muokkausjäljessä taimettuminen oli heikompaa, kivennäismaan paljastaminen yleensä

edisti voimakkaasti taimettumista. Myös metsäpalot ja kulotus aikaansaavat koivun uudistumiselle otolliset olosuhteet (Heikinheimo 1915, Sarvas 1948). Siemenpuualoilla koivun uudistuminen on heikompaa kuin avohakkuukohteissa (Sarvas 1948). Lannoituksella ei ole juurikaan vaikutusta kivennäismailla koivun siementaimien määrään uudistusosalalla (Raulo ja Mälkönen 1976).

Olosuhteet koivun siemenen itämiselle ovat otolliset vain muutaman vuoden ajan maanpinnan käsittelyn jälkeen. Sitten pintakasvillisuus ja muut tekijät estävät tehokkaasti koivun siemenellisen lisääntymisen. Myös kasvupaikka vaikuttaa koivun luontaiseen uudistumiseen. Jos maanpintaa ei ole rikottu, on uudistuminen heikkoa varsinkin tuoreilla kangkailla. Jos taas pinta on rikottu, on koivun siemenellinen lisääntyminen tuoreilla kasvupaikoilla huomattavasti parempaa kuin kuivilla. Toisaalta koivu uudistuu herkästi suoperäisillä ja lievästi soistuvilla mailla, vaikka pintaa ei olisikaan rikottu (Sarvas 1948).

Koivun siementen säilyvyyttä maassa ovat tutkineet ruotsalaiset (Granström 1982, Granström ja Fries 1985, Granström 1987). Vuosi siemennyksen jälkeen maassa oli vielä yli 25 % siemenistä (Granström 1982). Itämiskykyisiä oli vuoden jälkeen 6 % ja kahden vuoden päästä 3 % alkuperäisistä siemenistä (Granström ja Fries 1985). Vaikka itämiskykyisten siementen määrä putoaakin murto-osaan alkuperäisestä jo parissa vuodessa, koivun siementä on kuitenkin vielä riittävästi aikaansaamaan uudistusosalalle koivuntaimikon. Kasvupaikalla tai eri koivulajeilla ei todettu olevan merkitystä (Granström ja Fries 1985).

4. VESAKON VAIKUTUS TAIMIKKOON

41. Lehtipuuden vaikutukset kasvuoloihin

Lehtipuista ainakin koivulla on havupuumetsikössä maata parantava vaikutus. Koivu vaikuttaa monella tavalla metsämaahan: koivun karikkeissa on enemmän ravinteita kuin havupuiden karikkeissa, maan happamuus vähenee koivujen ansiosta ja lisäksi koivun juuret toimivat maan kuohkeuttajana (Sirén 1955). Koivusekoitus parantaa varsinkin kuusikoiden sade- ja valaistusoloja, ja sekametsästä lumi ja routa sulavat aikaisemmin (Raulo 1981). Toisaalta Bergin ja Staafin (1987) mukaan koivun karikkeet hajoavat niin hitaasti, että niiden vaikutus happamuuden vähentäjänä havupuumetsissä on pitkällä aikavälillä hyvin vähäistä.

Sekametsä on yleensä kestävämpi erilaisia tuhoja vastaan (Kallio 1979). Koivusekoitus toimii tehokkaana suodattimena esim. männynversoruosteen itiöiden leviämislle (Raulo 1981). Koivun juuret vähentävät sekametsässä saman puulajin juuriyhteyksiä ja hidastavat täten esim. juurikäävän leviämistä. Myös monet hyönteistuhot ovat sekametsässä lievempiä. (Raulo 1981).

Lehtipuuston sisällä minimilämpötilat ovat suurempia kuin havupuumetsikössä tai aukealla. Niin Leikola (1975) kuin Karlssonkin (1978) ovat todenneet lämpötilaeron olevan noin yksi aste. Sirénin (1955) tutkimuksessa lämpötilaerot vaihtelivat yhdestä asteesta jopa 4,5 asteeseen.

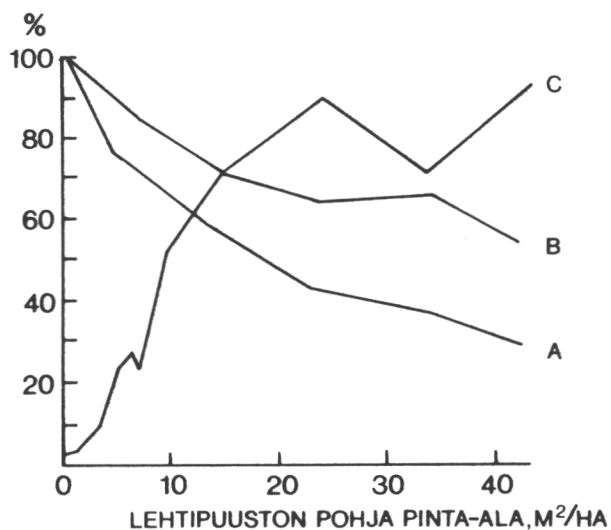
42. Vesakon vaikutus kasvatettaviin taimiin

Lehtipuuston vaikutusta männyn taimiin ovat tutkineet lähinnä ruotsalaiset. Ruotsalaisissa tutkimuksissa lehtipuuston vaikutus männyn taimiin on todettu myönteiseksi (esim. Karlsson 1978). On jopa esitetty, että perkauksia

ei tarvita lainkaan (Andersson ja Bergman 1973). Suomessa taas esimerkiksi Jakkila ja Pohtila (1978) totesivat, että lehtipuustosta ei ole mitään sellaista etua, jota sen haitat eivät kumoaisi.

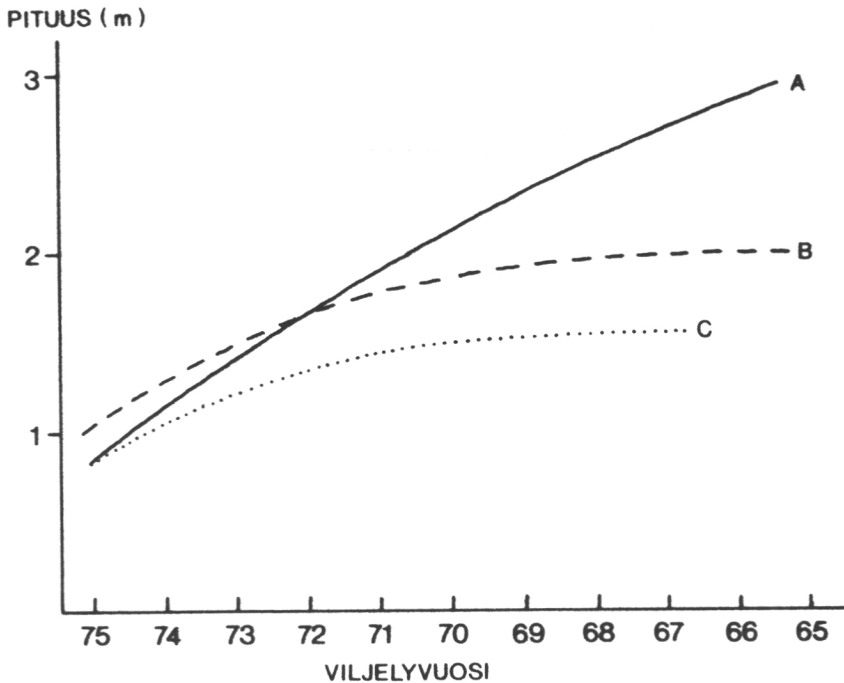
Mänty kärsii nuoruusvaiheessaan kuusta enemmän lehtipuiden piiskauksesta ja varjostuksesta (Walfridsson 1976). Mäntyjä lyhyemmät ja yhtäpitkät lehtipuut eivät enää kykene häiritsemään mäntyjä, vaan niiden vaikutus on lähinnä positiivinen (Andersson 1982). Anderssonin (1982) tutkimuksen mukaan Västerbottenissa vesasyntyisten koivujen pituuskasvu on mäntyjä nopeampaa. Neljän vuoden jälkeen pituusero on jo 0.8-1 m. Siemensyntyiset koivut sen sijaan eivät kasva mäntyjä nopeammin. Kasvunopeuksiin vaikuttaa myös kasvupaikka. Friesin (1984) mukaan kuivilla kankailla mäntyjen ja koivujen pituuskasvut vastaavat toisiaan, kun taas tuoreilla mailla koivun pituuskasvu on mäntyä nopeampaa.

Mäntyjen paksuuskasvu voi kärsiä huomattavasti lehtipuusekoituksen vuoksi, kun taas vaikutus pituuskasvuun on vähäisempi (Andersson 1982). Walfridssonin (1976) mukaan lehtipuuston seassa kasvaneiden havupuiden läpimitta on vain 30-40 % vapaana kasvaneiden havupuiden läpimitasta (kuva 5). Vähäinen lehtipuusekoitus voi jopa parantaa pituuskasvua (Jonsson 1962).



Kuva 5. Männyn taimien suhteellinen läpimitta (A), pituus (B) ja mekaaniset vauriot (C) lehtipuuden määrän funktiona (Walfridsson 1976).

Andersson ja Bergman (1973) totesivat, että männyn pituus on sama riippumatta siitä, onko lehtipuustoa paikalla vai ei. Pohtilan ja Valkosen (1985) mukaan jo vesakon 50 % peittävyys heikentää pituuskasvua huomattavasti (kuva 6).



Kuva 6. Männyn istutustaimien keskipituus vesojen peittävyuden mukaan perustamisvuosittain tasoitettuna (Pohtila ja Valkonen 1985).

- A = vesoja 0-35 % pinta-alasta
- B = vesoja 36-65 % pinta-alasta
- C = vesoja 66-100 % pinta-alasta

Havupuihin vaikuttaa lehtipuuston määrää enemmän niiden etäisyys vesoihin (Karlsson 1978). Anderssonin (1982) mukaan metriä lähempänä sijaitsevat lehtipuut vaikuttavat havupuihin, ja riittää, jos lehtipuita on 500-1000 hehtaarilla. Oksat aiheuttavat puiden välillä eniten kilpailua. Seurauksena tästä kilpailusta on mm. silmuvaurioita, silmujen putoamista, oksien katkeamisia, kuoren irtoamisia vuosikasvaimista ja monilatvaisuutta (Andersson ja Bergman 1973). Mäntyjen kuoleminen ei kuitenkaan välttämättä ole vesakosta johtuvaa, vaan esim. Anderssonin (1982) mukaan kasvupaikan märkyys, rakkasammaleisuus ja ruohoisuus vaikuttavat enemmän kuin lehtipuiden määrä.

Koska vesakon varjostus pienentää enemmän paksuus- kuin pituuskasvua, taimen runkomuoto paranee. Oksien paksuuskasvu vähenee varjostuksen voimistumisen myötä (Kangas 1989). Myös Kellomäki ym. (1988) ja Hägg (1989) totesivat, että männyn oksien keskiläpimitta pienenee mäntykoivusekametsikössä, kun mäntyjen ja koivujen välinen etäisyys pienenee ja puiden välinen kilpailu kasvaa. Männyn tekninen laatu siis paranee.

Viime aikoina on naapuripuiden varjostavuutta pyritty kuvaamaan peittävyysprosentin lisäksi myös kulmasummalla (Pukkala ja Kolström 1987, Kangas 1989). Kangas (1989) havaitsi männyn taimen pituuden puolivälistä jo 45 asteen kulmalla määritetyn kulmasumman selittävän taimien välistä kasvun vaihtelua. Männyn taimien paksuuskasvu taantui tarkasteltavan kulmasumman ylittäessä 120 astetta. Jos kulmasumma kertyi taimen etelä-länsipuolelta, oli varjostavuuden vaikutus selvästi suurempi kuin pohjois-itäsuunnan varjostavuudella.

Vesakko vaikuttaa myös välillisesti havupuuntaimiin. Sillä on oma vaikutuksensa esim. hirven viihtymiseen taimikoissa (Yli-Vakkuri 1956, Löyttyniemi ja Lääperi 1988). Taimikkotekijöiden, kuten taimikon vesottuneisuuden ja metsänhoidollisen tilan vaikutuksista hirvituhoihin onkin kiistelty paljon. Vaikeutena on se, että ei ole pystytty luomaan objektiivista kuvaa hirvestä ja taimikkotekijöistä. Eri tutkimusten mukaan tietyt taimikkotekijät joko lisäävät tai vähentävät hirvituhoalttiutta. Hirvituhoalttius lisääntyy sillä perusteella, että vesakko houkuttelee hirviä taimikkoon, jolloin hirvet syövät myös männyntaimia. Toisen käsityksen mukaan jos taimikossa on vesakkoa, hirvet syövät sitä ja jättävät havupuun taimet rauhaan. Ilmeisesti taimikkotekijöitä merkityksellisempiä hirvituhoalttiudelle ovat ympäristötekijät kuten taimikon sijainti, ympäröivät metsät ja topografia (Löyttyniemi ja Lääperi 1988).

Hirvet syövät mieluiten pihlajaa ja haapaa. Koivuvesakkoa

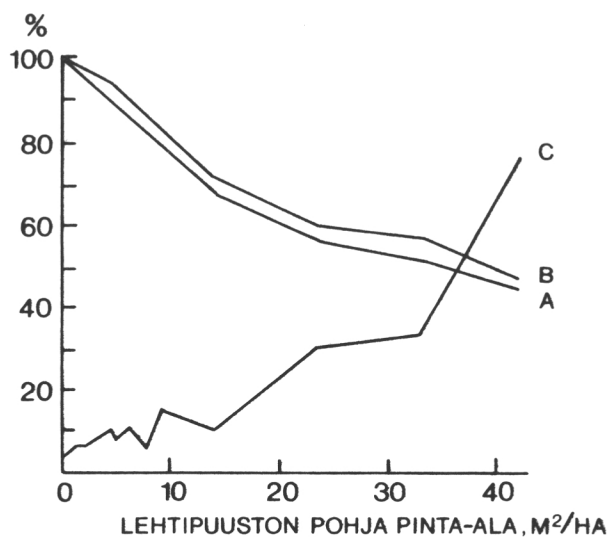
hirvi ei talvella syö kovinkaan mielellään (Löyttyniemi ja Lääperi 1988). Eri koivulajeista rauduskoivu on hirvälle hieskoivua mieluisampaa ravintoa (Bergström ja Danell 1984).

Eräiden sienitautien esiintymisellä on yhteys taimikon vesottuneisuuteen. Erityisesti männynversoruoste, jonka toinen isäntäkasvi on haapa, saattaa aiheuttaa suuriakin pituuskasvutappioita (Jalkanen ja Kurkela 1984). Pohjois-Suomessa vain 15 % männnyistä selviytyi ilman latvakasvaimen männynversoruostetartuntaa (Jalkanen ja Kurkela 1984). Lievän männynversoruostetuhon seurauksena saastuneeseen kasvaimeen syntyy koro, kun taas latvakasvaimen tuhoutuessa on seurauksena ranganvaihto. Suurimmat kasvutappiot kohdistuvat niihin taimiin, joiden latvakasvain tuhoutuu useamman kerran. Pelkkä ranganvaihtokin aiheuttaa välittömän 35-40 % kasvutappion. Vuosittain toistunut arpisuus pudotti kolmannen vuoden kasvua 27 % ja keskimäärin vuodessa 10 %. Männynversoruosteen aiheuttama arpi kylestyy nopeasti ja pituuskasvu toipunee 3-5 vuodessa, kun taas ranganvaihdosta mänty toipuu 2-3 vuodessa. (Jalkanen ja Kurkela 1984). Männynversoruosteen aiheuttamia tuhoja ovat tutkineet lisäksi mm. Bergman ja Anderson (1969).

Useissa suomalaisissa taimikkoinventoinneissa on pyritty arvioimaan vesakon vaikutuksia havupuiden taimien kehitykseen. Taimikoiden alkukehityksessä vesakkoa pahempi tuhonaiheuttaja on aluskasvillisuus (Kinnunen 1977, Kinnunen ja Nerg 1982, Yli-Vakkuri ym. 1969). Valtasen (1982) mukaan vesakosta ei ole taimille haittaa vielä männyn kasvaessa kahden metrin pituuteen. Myöhemmin vesakko muodostuu pahimmaksi uhaksi taimikoille. Vesojen määrään kasvupaikan viljavuus vaikuttaa positiivisesti äestysaloilla, mutta aurasaloilla vesakon tiheys on likimain sama kasvupaikasta riippumatta (Saksa 1986). Myös Kinnunen ja Nerg (1982) totesivat Lounais-Suomessa vesakon peittävyuden olevan suurinta mustikka-tyypillä, kaksi kertaa suurempaa kuin mitä se on puolukka- tai kanervatyypillä. Toisaalta taas Leikolan ym. (1977) tutkimuksessa vesottuminen oli Lounais-Suomessa voimakkainta

kuivahkojen kankaiden istutustaimikoissa.

Kuusi sietää lehtipuiden varjostusta huomattavasti paremmin kuin mänty (Walfridsson 1976). Kuusi tarvitsee usein verhopuustoa suojaksi hallaa vastaan (esim. Heikurainen 1985). Koivun karike rikkoo kasvupaikalla yhtenäistä sammalpeitettä mahdollistaen kuusen siemenen itämisen lehtipuuston alla (Sirén ja Olenius 1945). Männyn kylvöaloilla ja tuoreiden kankaiden kuusentaimikoissa lehtipuuston kuuselle aiheuttamat vauriot johtuivat Liukan (1988) mukaan lähinnä varjostuksesta, kun taas Karlssonin (1978) tutkimuksessa kuusen vauriot olivat peräisin lehtipuiden piiskauksesta. Sirénin ja Oleniuksen (1945) mukaan verhopuusto aiheuttaa kuusentaimikolle myös jonkin verran lumituhoja. Walfridssonin (1976) mukaan lehtipuiden aiheuttamat mekaaniset vauriot ovat kuusella (kuva 7) pienempiä kuin männyllä (kuva 5).



Kuva 7. Kuusen taimien suhteellinen läpimitta (A), pituus (B) ja mekaaniset vauriot (C) lehtipuiden määrän funktiona (Walfridsson 1976).

Karlssonin (1978) tutkimuksessa kuuset jaettiin viiteen luokkaan sen mukaan, millainen yhteys niillä oli ympäröivien lehtipuiden latvustoon. Tulosten mukaan kuusen viimeisen vuoden pituuskasvu oli nopeinta keskimmaisissä luokissa eli silloin, kun yhteyksiä on jonkin verran naapuripuihin. Myös muutamassa muussa tutkimuksessa (esim. Folkesson ja Barring 1982, Andersson 1984) on todettu lievän lehtipuusekoituksen kiihdyttävän kuusen pituuskasvua. Anderssonin (1984) tutkimuksessa pituuskasvu oli nopeinta n. 600 lehtipuun sekoituksessa ja pituuskasvu pysyi suurinpiirtein samanlaisena aina 2000 kpl/ha saakka. Vastaavasti käyttäytyi myös paksuuskasvu. Toisaalta taas mm. Liukan (1988) ja Walfridssonin (1976) tutkimuksissa kookkaimpia olivat ne kuuset, jotka saivat kasvaa vapaasti, ja harvakin verhopuusto pienensi pituuskasvua.

Lehtipuuston varjostus pienentää myös kuusten oksien läpimittaa ja parantaa näin puun teknistä laatua (Andersson 1984). Kuusilla puuaineksen laatu ei ole niin merkittävä tekijä kuin männyllä, mutta rehevillä kasvupaikoilla kuuset kehittyvät kuitenkin helposti paksuoksaiksi.

Kuusten mekaanisten ja varjostuksesta aiheutuvien vaurioiden vastapainona ovat hallatuhot, joita aiheutuu 4-5 metrin pituuteen saakka (Leikola ja Pylkkö 1969). Varsinkin turve- mailla hallavauriot ovat yleisiä. Niitä aiheutuu myös silloin, kun verhopuusto poistetaan liian aikaisin (Heikurainen 1985) tai sitä on liian vähän (Andersson 1984). Leikolan ja Pylkön (1969) tutkimuksissa 1500 kpl/ha on todettu riittäväksi verhopuuston määräksi estämään hallatuhoja. Samansuuntaisiin verhopuuston määriin on päädytty myös ruotsalaisissa tutkimuksissa (Andersson 1984). Samalla kun verhopuusto suojaa hallatuhoilta, se suojaa kuusen taimia myös liialliselta auringonpaisteelta ja sen varjostus estää pintakasvillisuuden kehitystä (Sirén ja Olenius 1945). Verhopuuston käytöstä ei kuitenkaan ole täyttä yksimielisyyttä. Esim. Leikolan (1975) mukaan verhopuuston käyttö Pohjois-Suomessa tulisi rajoittaa minimiin, sillä varjostuksella on

huomattava vaikutus havupuiden kasvuun.

Verhopuuston poistamatta jättäminen tukahduttaa ennen pitkää kuusen ja aiheuttaa kasvutappioita (Heikurainen 1985, Bär-ring 1984). Paras tulos kuusen osalta saavutetaan kuitenkin kasvattamalla joukossa tietyn suuruista lehtipuusekoitusta (Mielikäinen 1985). Tällöin minimoituvat niin mekaaniset-, varjostus-, kuin hallavauriotkin eikä kuusikon pituuskasvu-kaan kärsi (Karlsson 1978).

Itä-Savon männyn ja kuusen viljelytaimikoiden inventointien (Yli-Vakkuri 1969, Rautiainen ja Räsänen 1980) tulosten perusteella kuusen istutusaloista OMT:llä lähes neljäsosa taimista kärsi vesakosta. Männyn kylvöaloilla ja tuoreiden kankaiden kuusentaimikoissa vesakosta oli haittaa 10 % taimista. Vähiten vesottuneita olivat kuivahkojen kankaiden männyn istutusalat, joilla vain 3 % taimista kärsi vesakosta. Vesottuneilla aloilla havupuun taimet olivat pienempiä kuin vesottumattomilla uudistusaloilla.

Taulukko 2. Vesottuneiden koealojen keskipituudet ja keskiläpimitat verrattuna vesottumattomien taimikoiden (arvo 100) vastaaviin tunnuksiin (Yli-Vakkuri 1969, Rautiainen ja Räsänen 1980).

	Läpimitta	Pituus
männyn viljely	72	83
kuusen viljely	87	97

Myös taulukon 2 luvuista käy ilmi se, että vesakko vaikuttaa mäntyyn enemmän kuin kuusen taimiin ja toisaalta läpimitan kehitykseen enemmän kuin pituuden kehitykseen.

Vesakon vaikutuksesta koivun taimiin ei ole juurikaan tutkimuksia. Rauho (1981) toteaa, että luontaisesti syntyneisiin koivuihin vesakko pääsee vaikuttamaan vahingollisesti.

Kookkaat istutustaimet pysyvät Raulon (1981) mukaan vesakon edellä koko nuoruusiän. Itä-Savon kolmevuotiaiden rauduskoivun istutusten inventoinnin yhteydessä (Parviainen ym. 1988) todettiin 50 % taimikoista olevan perkaustarpeessa, joskaan siihen saakka vesakko ei ollut haitannut istutustaimien kehitystä.

43. Sekametsän kasvu ja tuotos koko kiertoajalla

Mielikäisen (1980) mukaan mänty kärsii runsaasta rauduskoivusekoituksesta. Jos koivua on enintään 20 % puuston tilavuudesta, ei sillä ole vaikutusta tai se jopa parantaa männyn kasvua. Hieskoivu on männylle rauduskoivua heikompi kilpailija, eikä se aiheutakaan vastaavanlaisia kasvutappioita kuin rauduskoivu. Nuoren mänty-koivusekametsän kokonaiskasvu on suurinta silloin, kun rauduskoivun osuus on 50 %. Koko 80 vuoden kiertoaikaa tarkasteltaessa mänty-koivusekametsä tuottaa runkokuuta saman verran tai 1-2 % enemmän kuin pelkkä mäntymetsä. Tukkipuun tuotos laskee kuitenkin 10 % puhtaan männikön tuotoksesta.

Kuusi-koivusekametsä eroaa mänty-koivusekametsästä siten, että kuusi menestyy varjossa, mikä mahdollistaa hallanaran kuusitaimikon kasvattamisen koivu- tai leppäpuuston alla. Runsas rauduskoivusekoitus heikentää myös kuusen kasvua. Koko kiertoajan puitteissa rauduskoivusekoitus lisää 3-5 % runkokuun tuotosta. Tukkipuun kokonaistuotos ja kantorahatulot lisääntyvät 6-11 %. Kuusi-koivusekametsikön etuna on kasvutilan tehokas hyväksikäyttö. Jos kuusitaimikko on aukkoinen, voidaan hieskoivua käyttää kuusikon täydentäjänä, sillä se ei heikennä kuusikon kasvua. Muutoin hieskoivun kasvattaminen on taloudellisesti kannattamatonta kuusen joukossa (Mielikäinen 1985).

5. VESAKON TORJUNTA JA KEHITYS TORJUNNAN JÄLKEEN

51. Vesakon ennaltaehkäisy

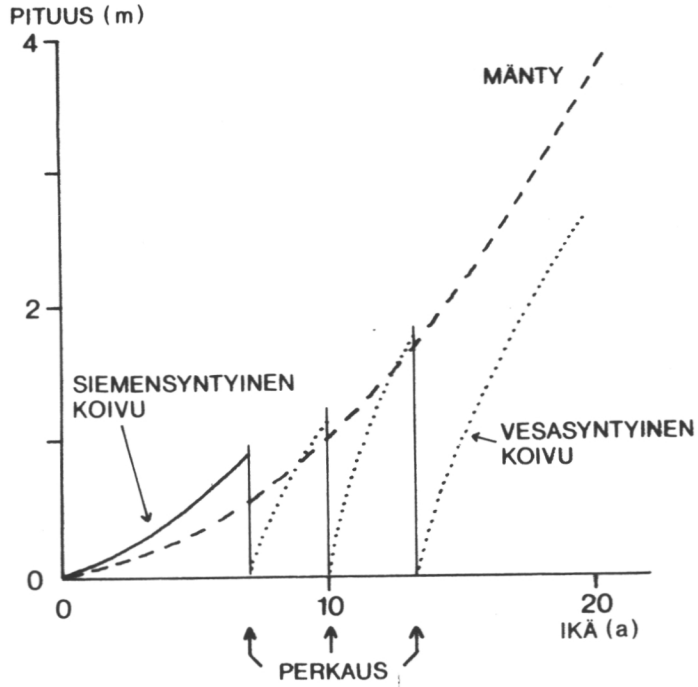
Uudistusalan lehtipuuston määrä saadaan vähentymään teke-
mällä eräitä toimenpiteitä jo ennen uudistamista. Kasvupai-
kalla oleva lehtipuusto voidaan poistaa jo viimeisessä har-
vennuksessa, jolloin lehtipuuden kannot ja juuret ehtivät
kuolla ennen avohakkuuta. Uudistuskypsän metsän keskellä
eivät kannot pääse vesomaan eivätkä näiden lehtipuuden sie-
menet ole enää itämiskykyisiä puustoa uudistettaessa
(Bäckström 1984). Lehtipuuden aikaisempaa poistoa puoltaa
myös niiden havupuuta lyhyempi biologinen kiertoaika. Jos
kasvupaikalla kuitenkin on esim. haapoja vielä ennen avo-
hakkuuta, voidaan ne taskuttaa tai kaulata muutamia vuosia
ennen avohakkuuta. Tämä tulee kustannussyistä kuitenkin ky-
symykseen vain silloin, kun käsiteltävät puut ovat suuria
(Tham 1983).

Lehtipuuden poisto hyvissä ajoin ennen uudistamista myös
aukkoa ympäröivistä reunametsistä niiden harvennusten yhtey-
dessä vähentää uudistusalan vesottumista. Riittävä etäisyys
on n. 20 metriä, joskin siemenen leviämiseen vaikuttaa myös
puuston tiheys (Fries 1984). Lehtipuuden poisto tulevan
aukon reunametsistä voi kuitenkin käytännössä olla vaikeaa
mm. omistussuhteiden takia.

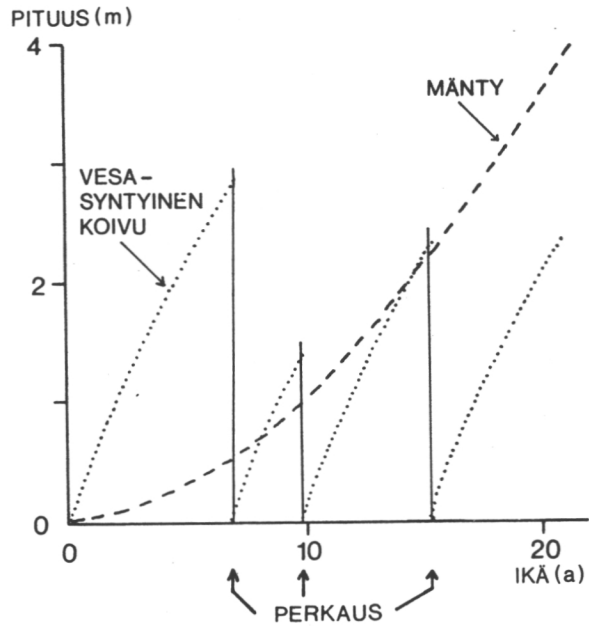
Myös uudistuslalla kasvava jätepuusto voi haitata taimien
kehitystä. Se voi siementää lisää vesakkoa tai haitata itse
runsaslukuisena. Vesottumisen vähentämiseksi tulisi jäte-
puusto poistaa jo muutamia vuosia ennen avohakkuuta, jolloin
kannot ehtisivät lahota ennen kuin olosuhteet kanto- ja juu-
rivesoille muodostuisivat otollisiksi. Toisaalta, jos jäte-
puustoa on vähän, voidaan sen poisto lykätä ensimmäiseen
perkaukseen ja antaa näin taimille etumatkaa verrattuna syn-
tyviin vesoihin (Bäckström 1984).

Maanmuokkauksen yhteydessä paljastettu kivennäismaa luo hyvät edellytykset koivun siemenen itämiselle. Bjurbäckin ja Wigertin (1975) mukaan 92 % lehtipuustosta on syntynyt paljastetulle kivennäismaalle. Jotta edellytykset koivun luontaiselle uudistumiselle heikentyisivät, pitäisi paljastetun kivennäismaan määrää vähentää. Toisaalta lehtipuuston syntyminen uudistuslalle on usein toivottavaa. Koivun merkitys havupuutaimikoiden täydentäjänä on todettu useissa taimikkoinventoinneissa (esim. Saksa 1986).

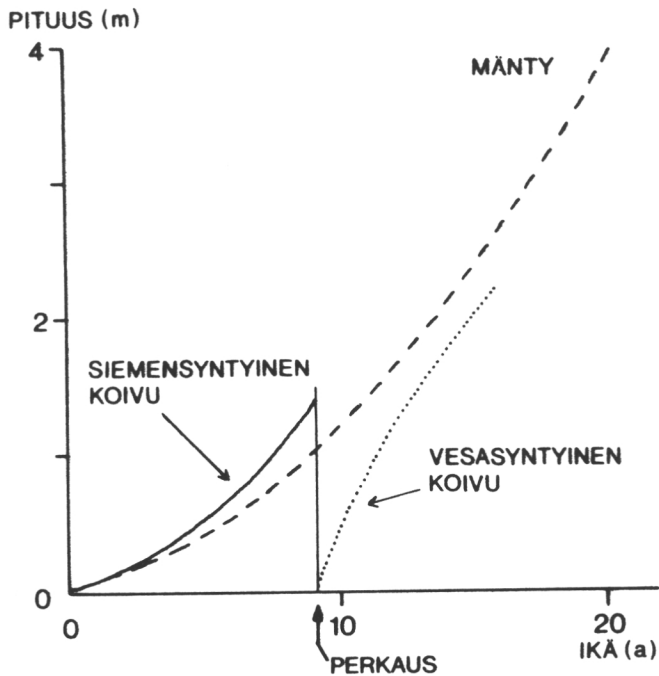
Istutettavien taimien koko vaikuttaa siihen, miten vesakko pääsee vallalle kasvupaikalla. Jos uudistetaan luontaisesti, muodostuu vesakon pituusetumatka suureksi (Fries 1984). Eräs mahdollisuus on istuttaa välittömästi hakkuun ja maanmuokkauksen jälkeen, jolloin taimet täytyy suojata tukkimiehentäitä vastaan (Axelsson 1987). Kuvissa 8-11 on esitetty Ruotsin metsänhoitolain mukaisia perkausohjelmia istutettaessa eri kokoisia männyntaimia (Tham 1983). Kyseinen kasvupaikka on boniteetti T20, joka vastaa Suomessa karua kuivahkoa kangasta (VT). Kuvista käy ilmi, että kun lehtipuiden kanssa samanikäistä mäntytaimikkoa on perattava kolmekin kertaa, ei vesakko enää tavoita kolmevuotiaina istutettuja mäntyjä.



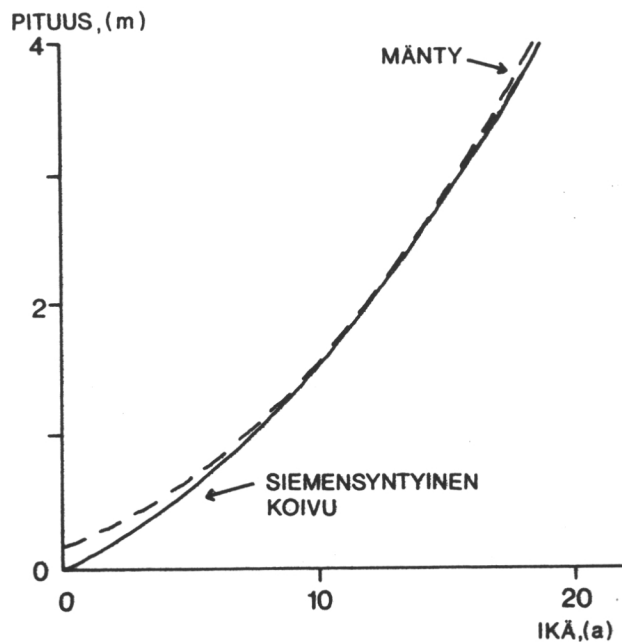
Kuva 8. Perkausohjelma samanikäiselle männylle ja siemensyntyiselle koivulle (T20) (Tham 1983).



Kuva 9. Perkausohjelma samanikäiselle männylle ja vesasyntyiselle koivulle (T20) (Tham 1983).



Kuva 10. Perkausohjelma 1-vuotiaina istutetuille männyille ja siemensyntyisille koivuille (T20) (Tham 1983).



Kuva 11. Perkausohjelma 3-vuotiaina istutetuille männyille ja siemensyntyisille koivuille (T20) (Tham 1983).

Ruotsissa on suunniteltu myös erilaisia istutustapoja perkauksen helpottamiseksi. Jos taimet istutettaisiin tiheisiin riveihin, välissä voisi kulkea korjuukone, joka kaa-taisi vesakon ja ottaisi sen myös talteen. Taimiriveissä puut olisivat niin tiheässä, ettei vesakkoa pystyisi sinne muodostumaan (Bäckström 1984).

52. Vesakontorjunnan ajankohta ja suoritus

Liian aikaiset perkaukset huonontavat männyn laatua (Lähde 1986). Etenkin Pohjois-Suomessa vesakon pituuskasvu on yli-voimaista havupuihin nähden, minkä takia perkaus voi mennettää merkityksensä jo kahdessa vuodessa (Etholén 1974). Useissa yhteyksissä on ehdotettu perkauksien siirtämistä niin myöhäiseen vaiheeseen, että muodostuva vesakko ei enää saavuttaisi taimikon pituutta (Virtanen ym. 1984, Valtanen 1982). Ikäheimo ja Norokorpi (1986) tulivat siihen tulokseen, että perkaustarve on ajankohtainen mäntyjen ollessa n. 8-9 vuoden ikäisiä. Perkaustarve aikaistuu, jos kyseessä on luontainen uudistaminen siemenpuilla tai kylvö. Raulon (1981) mukaan luontaisesti syntynyt koivu pitäisi vapauttaa vesakosta jo kolme- ja viisivuotiaina.

Keskusmetsälautakunta Tapion ohjeiden (1989) mukaan pitäisi etukasvuinen lehtipuuvesakko perata mänty- ja koivutaimikoiden päältä näiden ollessa 0,5-1,5 metrin pituisia. Kuusen verhopuusto olisi puolestaan poistettava kuusen ollessa 1-1,5 metrin mittaista. Lehtipuustoa ei Tapion ohjeiden mukaan saisi jättää kasvamaan kuin sellaisiin aukko-paikkoihin, joissa se täydentää kasvatettavan puulajin taimikkoa.

Kuusikon verhopuuston poiston ajankohtaa on tutkittu runsaasti (esim. Heikurainen 1985, Andersson 1984 ja Liukka 1988). Heikuraisen (1985) tutkimuksissa parhaan tuloksen kuusikon päällisen verhopuuston poisto on antanut silloin, kun se on tehty kuusten ollessa 4 metriä pitkiä. Ruotsissa

on erityisesti tutkittu verhopuuston poistoa eri vaiheissa. Anderssonin (1984) mukaan 1800 verhopuun jättäminen kuusikon päälle vaikutti olosuhteisiin niin paljon, että vain 54 % kannoista vesoi. Jos puita jätettiin 1000, ilmaantui vesoja yhtä paljon kuin täysperkauksessakin. Saman suuruiset verhopuuston määrät riittävät myös estämään hallavauriot. Jos verhopuita oli 1000 kpl/ha, vaurioita aiheutui 5 %:lle taimista. Sen sijaan n. 1700 verhopuuta vaikutti siten, että hallavaurioita oli enää 1 %:lla taimista (Anderson 1984).

Leikolan ja Rikalan (1983) tutkimuksessa vertailtiin neljää koealaa, joista yksi oli luonnontilainen leppäverhopuusto kuusikon päällä ja muut määrämittäisesti, alaharvennuksella sekä täysperkauksella käsiteltyjä verhopuustoja. Tulosten mukaan harvennettukin leppäverhopuusto suojasi kuusten taimia vakavilta hallavaurioilta. Verhopuuston alle tuli käsittelystä riippuen vain 25-75 % aukean saamasta säteilystä. Taimet kasvoivat parhaiten harvennetuilla verhopuustoaloilla. Aukealla halla haittasi kuusia, luonnontilaisella koealalla taas valon puute. Kuusten kuolleisuus oli kuitenkin luonnontilaisella koealalla pienintä. Kun verhopuusto poistettiin sen ollessa 5-10 vuoden ikäistä ja kuusten ollessa 1,5 metrin pituisia, eivät verhopuuston alaiset taimet olleet saaneet pituusetumatkaa aukean taimiin nähden eikä päinvastoin.

Reikäperkaus on yksi täysperkauksen vaihtoehto. Reikäperkauksessa taimien ympäriltä kaadetaan vesakko pois, mutta jätetään se muualle kasvamaan. Näin menetellen on perkaus halvempaa. Reikäperkauksessa jäävät kannot eivät pääse vesottumaan yhtä paljon huonompien valaistusolosuhteiden takia (Andersson 1984).

Eräissä Ruotsissa kehitetyssä menetelmässä (esim. Johansson 1983, Andersson 1984 ja Fryk 1985) verhopuusto poistetaan kolmessa vaiheessa:

1. Annetaan lehtipuuston kasvaa täystiheänä 3-4 metrin pituuteen saakka, kunnes harvennetaan se tiheyteen 3000-4000 kpl/ha. Kuusen taimet ovat tällöin 0,5-1 metriä pitkiä.

2. Kun ensimmäisestä perkauksesta on kulunut 5-6 vuotta, harvennetaan lehtipuusto tiheyteen 1000-1500 kpl/ha. Kuuset ovat tällöin pituudeltaan jo 1,5-2 metriä. Verhopuustosta saadaan energiapuuta 15-25 m³/ha.

3. Jälleen 5-6 vuoden päästä poistetaan loput lehtipuut, jotka ovat 8-12 metriä pitkiä ja niistä muodostuva hakkuukertymä on 20-40 m³/ha. Puut soveltuvat tällöin myös ainespuuksi.

Tällä menetelmällä saavutettavia etuja ovat suoja hallaa vastaan, vesottumisen väheneminen ja energia- tai ainespuun tuottomahdollisuus. Lisätuloja aiheutuu siitä, että lehtipuut voidaan myös hyödyntää sen sijaan, että ne perattaisiin jopa kolmesti pienenä vesakkona (Johansson 1983).

Eräänlainen sovellus verhopuuston käytöstä on myös se, että kuusten päältä lehtipuut myrkytetään pystyyn, jolloin kuolleet puut suojaisivat kuusia hallaa vastaan. Lopulta kuuset kasvaisivat lehtipuiden ohi, jotka ajan myötä lahoaisivat pystyyn (Bäckström 1984). Menetelmä on kuitenkin maisemallisesti hyvin arveluttava. Kyseenalaista on myös kuolleiden puiden antaman hallansuojan tehokkuus.

Vesakkoa voidaan torjua joko mekaanisesti, mekaanis-kemiallisesti tai kemiallisesti. Lehtipuiden hyvä vesomiskyky heikentää mekaanisen vesakontorjunnan merkitystä, sillä paikalla on jo muutaman vuoden päästä entistä tiheämpi vesakko, jolloin käsittely joudutaan uusimaan (Etholén 1974).

Mekaanisista vesakontorjuntamentelmistä yleisin on puiden kaataminen. Se tehdään vesurilla tai nykyisin raivaussahalla. Lisäksi puut voidaan tappa mekaanisesti myös esim.

halkaisemalla pinta, kaulaamalla sekä katkaisemalla tai reppimällä pienet puut maasta (Tham 1983). Ruotsissa on kehitetty myös erityisiä perkauskoneita, mutta ne soveltuvat paremmin pajun korjuuseen energiametsätalouden yhteydessä (Arvidsson 1984).

Mekaanis-kemiallinen vesakontorjunta on lisääntynyt raivaussahoihin liitettävien kantokäsittelylaitteiden yleistymisen vuoksi (esim. Heino 1975, Hokka ja Herranen 1976a). Raivaussahan perässä voi myös kulkea toinen henkilö, joka käsittelee kannot selkäruiskun avulla. Kantokäsittely vähentää lehtipuiden vesomista huomattavasti, sillä kemiallisen torjunnan jälkeen 80 % kaikista kannoista ei vesonut (Hokka ja Herranen 1976a). Taskutus on puolestaan menetelmä, jossa puun pinta rikotaan ja puuainees käsitellään kemiallisesti. Taskutus voidaan tehdä kirveillä, porilla tai ruiskuilla (Arvidsson ym. 1984).

Kemiallinen torjunta voidaan tehdä joko maasta tai ilmasta. Maasta tehtävä kemiallinen vesakontorjunta tapahtuu joko reppuruiskulla tai moottorikäyttöisellä selkäruiskulla (Rummukainen 1972, 1977, Frölander-Ulf 1977). On myös olemassa metsätraktorikäyttöisiä vesakontorjuntaruiskuja, jotka kuitenkin vaurioittavat kookkaampia taimia (Hokka ja Herranen 1976b). Muita kemiallisia menetelmiä ovat vaahtokäsittely, ULV-ruiskutus ja paljasversoruiskutus (Etholén 1972, 1976, Frölander-Ulf 1977). Lehvästöruiskutukset pitäisi ajoittaa tietyille kasvukauden osalle, jotta havupuille aiheutuvat vahingot jäisivät mahdollisimman pieniksi. Pohtilan ja Pohjolan (1983) mukaan lämpösumman kertymisen avulla ilmaistuna sopivin ajankohta on suurinpiirtein välillä 550 - 850 dd. Optimiajankohtaan vaikuttaa tietysti myös käytettävä torjunta-aine.

Kemiallinen torjunta varsinkin ilmasta suoritettuna on kohdannut viime aikoina kovasti kritiikkiä. Fenoksiherbisidit, joita käytetään torjunnassa, aiheuttavat kasvuhäiriöitä puutumattomissa havupuun taimissa (Rummukainen 1969, Lyly 1979,

Meriluoto 1980). Haitta voidaan kuitenkin välttää ajoittamalla ruiskutus havupuiden kasvun mukaan. Kemiallisen torjunnan rajoittamista on perusteltu sen metsäekosysteemin toiminnalle ja muille metsän tuotteille aiheuttamien haittavaikutuksien takia (Raatikainen 1977, Tahvanainen 1977). Ruotsissa kiellettiinkin vuonna 1983 kaikki kemialliset menetelmät vesakontorjunnassa (Backström 1984).

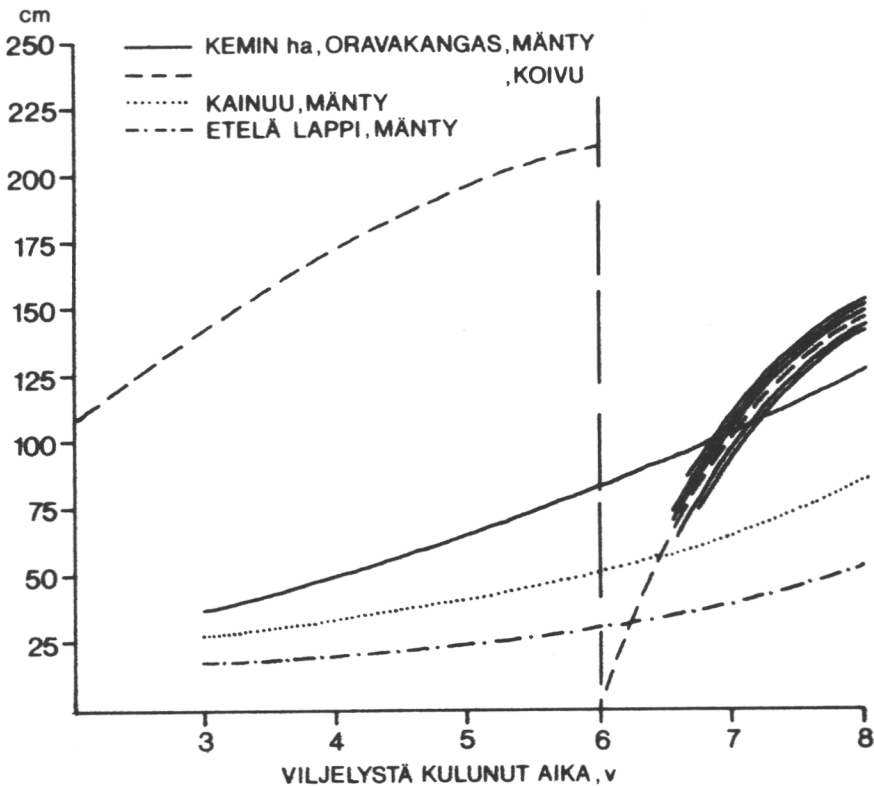
53. Taimikon ja vesakon kehitys perkauksen jälkeen

Vaikka perkaus on yleensä välttämätöntä suorittaa, on sillä monia seurauksia, jotka on laskettava negatiivisiksi taimikon kehityksen kannalta. Valtasen (1982) mukaan perkaus kasvattaa mäntyjen tyvipaksuutta viidenneksellä, puille kasvaa oksia lisää, oksat ovat paksumpia ja oksakulma on pienempi. Nämä kaikki seikat ovat männyn laatua huonontavia seikkoja. Männyn paksuuskasvun lisäyksen ovat huomioineet myös mm. Jakkila ja Pohtila (1978) sekä Ikäheimo ja Norokorpi (1986) inventoimissaan samoja koealoja eri ajankohdina. Perkaamattomilla koealoilla voi kuusen osalta pituuskasvu olla parempi kuin peratuilla, mutta männyn kohdalla ei vastaavaa ole havaittavissa (Ikäheimo ja Norokorpi 1986). Toisaalta perkaamatta jättäminen aiheuttaa ranganvaihtoja, vähentää männyn kokonaiskasvua ja aiheuttaa puiden kuolemista.

Perkaus vähentää puuston kokonaistilavuutta verrattuna luonnontilaiseen metsikköön, vaikka pelkän männyn tilavuuskasvu lisääntyykin. Ikäheimon ja Norokorven (1986) tutkimuksessa tiheimmälläkin täysperkausalalla oli puuntuotoskyky vajaassa käytössä. Samaan tulokseen päädyttiin myös Tillin (1980) tutkimuksissa 10-vuotiaassa kuivahkon kankaan männikössä, jossa perkaamattomalla kontrollikaistalla kokonaistilavuus oli käsiteltyjä alueita huomattavasti suurempi. Tällainen tilanne ei tule kuitenkaan jatkumaan kauan, sillä männyt kuolevat lehtipuiden puristuksessa ja lehtipuustokin harvenee itseharvenemisen kautta. Asiaa onkin mielekkäämpi

tarkastella kokonaistuotoksen sijasta myöhemmän käyttöpuun tuotoksen ja puuaineen laadun sekä lopulta taloudellisen tuoton kannalta.

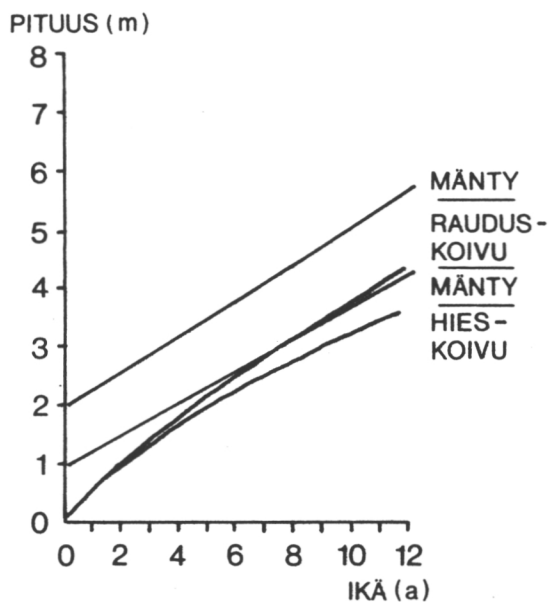
Perkauksen jälkeen vesakko alkaa kehittyä nopeasti kannoista uudelleen. Jos on käytetty kemiallisia vesakontorjunta-aineita, ei kehitys ole yhtä nopeata kuin muutoin (Hokka ja Herranen 1976a). Yleensä ei kuitenkaan pystytä kovinkaan paljon vaikuttamaan vesakon muodostumiseen, vaikka monet vesomiseen vaikuttavat tekijät otetaankin huomioon.



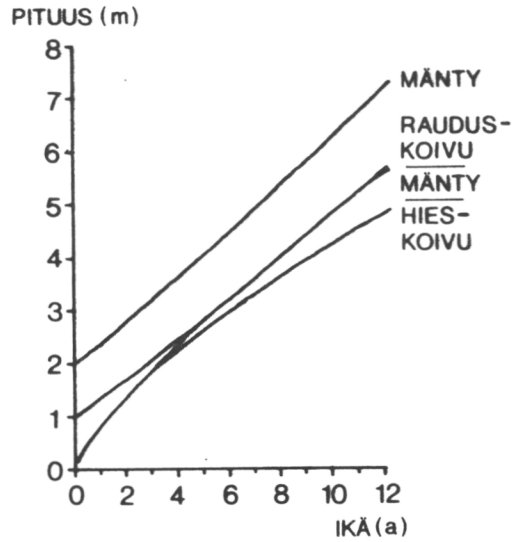
Kuva 12. Mäntytaimiston ja koivuvesakon pituuskehitys tuoreella kangasmaalla Kemin hoitoalueessa ennen ja jälkeen taimiston perkauksen (Etholén 1974).

Vesakko saavuttaa havupuun taimet verraten nopeasti, jonka jälkeen on suoritettava entistä työläämpi uusintaperkaus

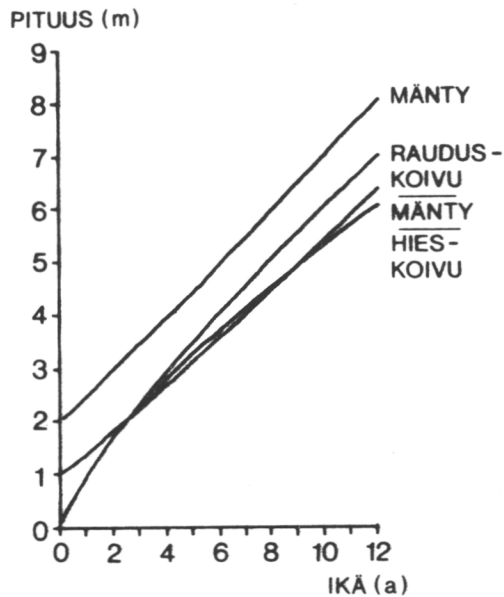
(kuva 12). Vesakon kehitysnopeutta havupuihin nähden voidaan tarkastella vertailemalla eri puulajien pituuskasvukäyriä perkauksen jälkeen (kuvat 13-17) (Björkdahl 1983). Vesasyntyinen koivu saavuttaa vielä perkaushetkellä metrin pituisena olleet männyt, mutta 2 metrin pituiset puut pysyvät vesojen edellä.



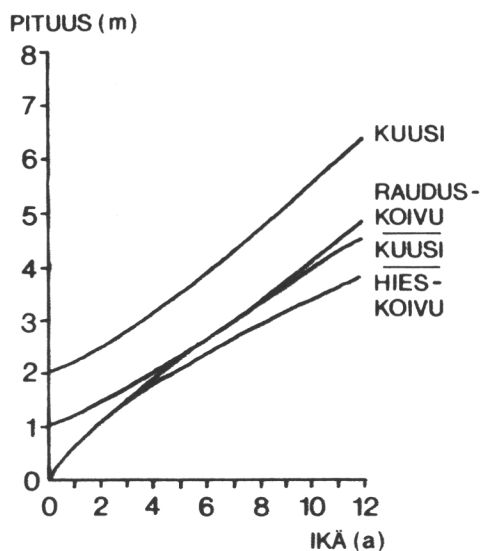
Kuva 13. Männyksen sekä vesasyntyisten raudus- ja hieskoivujen pituuskehityskäyrät boniteetilla T20, leveysaste 60 (Björkdahl 1983).



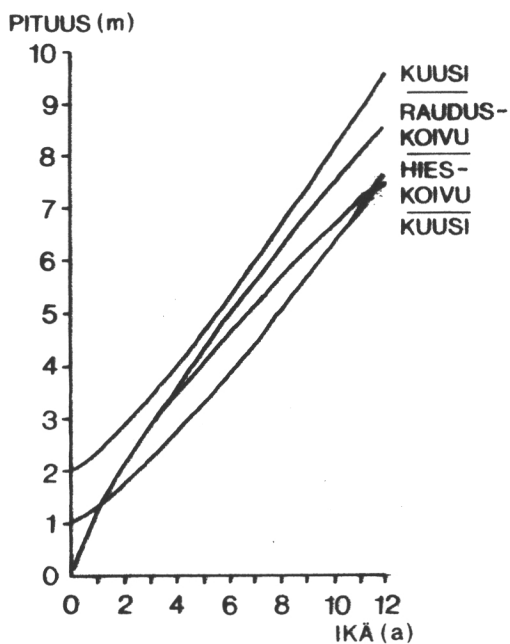
Kuva 14. Männyn sekä vesasyntyisten raudus- ja hieskoivujen pituuskehityskäyrät boniteetilla T24, leveysaste 60 (Björkdahl 1983).



Kuva 15. Männyn sekä vesasyntyisten raudus- ja hieskoivujen pituuskehityskäyrät boniteetilla T28, leveysaste 60 (Björkdahl 1983).



Kuva 16. Kuusen sekä vesasyntyisten raudus- ja hieskoivujen pituuskehityskäyrät boniteetilla G20, leveysaste 60 (Björkdahl 1983).



Kuva 17. Kuusen sekä vesasyntyisten raudus- ja hieskoivujen pituuskehityskäyrät boniteetilla G32, leveysaste 60 (Björkdahl 1983).

Perkaus vaikuttaa myös välillisesti taimikon kehitykseen. Esimerkiksi hirvi viihtyy paremmin hoitamattomissa, paljon lehtipuuta sisältävissä taimikoissa (Yli-Vakkuri 1956). Perattu taimikko ei puolestaan tarjoa hirvälle ruokaa eikä suojaa. Ikäheimon ja Norokorven (1986) mukaan hirvituhoja oli perkaamattomilla aloilla viisinkertaisesti verrattuna täysperattuihin alueisiin. Toisaalta esim. Lähteen (1986) esittämän mielipiteen mukaan varmin keino hirvituhojen lieventämiseksi on taimikon perustaminen ja kasvattaminen tiheänä sekapuutaimikkona. Edelleen Löyttyniemen ja Piisilän (1983) mukaan vesottuneisuudella ei ollut selvää yhteyttä hirvivahinkojen esiintymiseen.

Jakkilan ja Pohtilan (1978) tutkimuksen mukaan perkauksella pystyttiin vähentämään lumituhoja ja hieman myyrätuhoja, kun taas lumikariste ja männynversoruoste lisääntyivät, joskin niiden merkitys oli vähäinen. Taimikon varttuessa perkauksen vaikutus tautien esiintymiselle yleensä vähenee (Ikäheimo ja Norokorpi 1986). Männynversoruosteen esiintymiseen vaikuttaa se, onko haapaa vesakon joukossa vai ei. Jos on, vesakko lisää voimakkaasti taudin esiintymistä ja ainoa hoitokeino on vesakon poistaminen. Jos taas vesakossa ei ole haapaa, se toimii ilmeisesti jonkinasteisena suodattimena tautia vastaan (Ikäheimo ja Norokorpi 1986).

6. TUTKIMUSTARPEITA

Tässä kirjallisuuskatsauksessa on tarkasteltu vesakon alkukehitystä, vesomiseen vaikuttavia tekijöitä sekä vesakon vaikutusta kasvatettavaan taimikkoon. Kirjallisuuskatsausta laadittaessa on tullut esille joitakin metsänuudistamisen onnistumisen kannalta oleellisia seikkoja, joiden tutkiminen on toistaiseksi ollut vähäistä.

Vesomisen fysiologia on vielä osittain selvittämättä. Tässä yhteydessä ei kuitenkaan puututa siihen, mihin vesomisen fysiologiaa koskeva tutkimusta tulisi jatkossa suunnata. Vesomiseen vaikuttavia tekijöitä, kuten kaatoajankohtaa, on tutkittu runsaasti. Onkin luultavaa, että tutkimalla pelkästään eri tekijöiden vaikutusta vesomiseen ei enää juurikaan saada lisätietoa vesomisilmiöstä.

Eräs lähestymistapa vesakon kehitykseen olisi vesojen tarkastelu yksilötasolta. Vesojen kasvumallien laatiminen tarjoaisi entistä paremmat mahdollisuudet tarkastella vesakon ja varsinaisen kasvatettavan taimikon kehitystä niin biologiselta kuin taloudelliseltakin kannalta. Yksilötason mallien laatiminen mahdollistaisi myös vesakon tilajärjestyksen ja kokojakaumien sekä niiden kehityksen selvittämisen. Mallit olisivat suureksi avuksi myös vesakontorjuntamenetelmien kehittämässä. Nykyisillä tietokonekapasiteeteilla ei mallien tuottama suuri tiedon määrä muodostuisi ongelmaksi.

Ruotsissa kiellettiin kemiallinen vesakontorjunta 1984 (Backström 1984). Kielto johti vesakon kehityksen merkityksen ja torjunnan tutkimuksen huomattavaan lisääntymiseen Ruotsissa. Myös Suomessa on vastustettu kemiallisten aineiden käyttöä vesakontorjunnassa. Mikäli Suomessa päädytään samaan ratkaisuun kuin Ruotsissa, olisi tarpeen tutkia erityisesti mekaanisen vesakontorjunnan menetelmiä. Ruotsalaisten kokemuksista voidaan varmasti hyötyä myös Suomessa.

Kuusentaimikon päällä kasvatettava verhopuusto muodostaa oman mielenkiintoisen tutkimuskohteensa. Jos kemiallinen vesakontorjunta kielletään, verhopuusto tarjoaa vaihtoehdon, jossa vesakko itse vähentää vesottumista varjostamisen kautta. Tutkimustietoa tarvittaisiinkin edelleen verhopuuston tiheyden vaikutuksesta vesomiseen, sopivasta tiheydestä hallasuojan kannalta sekä oikeasta poistojankohdasta.

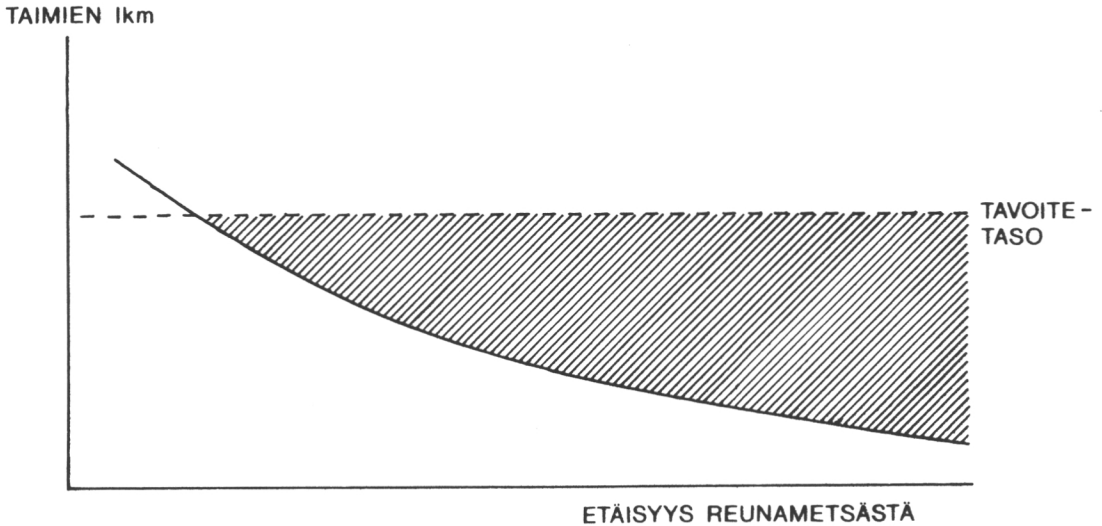
Vesakon oikea perkausajankohta on yleensäkin tärkeä tekijä, sillä oikein ajoitettuna perkauksien määrää voitaisiin kenties vähentää. Esimerkiksi tapauksissa, joissa perkauksia tarvitaan nykyisten ohjeiden mukaan menetellen kolme, voitaisiin ensimmäistä perkausta lykkäämällä selvittää kahdella perkauksella. Toisaalta perkauksen lykkääminen voisi aiheuttaa kasvutappioita. Taloudellisten laskelmien avulla voitaisiin löytää optimiratkaisu tälle ongelmalle.

Vesakon ennaltaehkäisyssä kannattaisi entistä enemmän kiinnittää huomiota edelliseen puusukupolveen. Lehtipuiden taloudellinen kiertoaika on lyhyempi kuin havupuiden. Lehtipuiden poistamisen taloudellisia edellytyksiä ja vaikutuksia viimeisessä harvennuksessa pitäisi edelleen tutkia. Myös reunametsien käsittelyllä on todennäköisesti vaikutusta uudistusalan vesottumiseen ainakin joidenkin puulajien osalta.

Metsänkäsittelyohjeissa (Keskusmetsälautakunta Tapio 1989) suositetaan entistä enemmän lehtipuita ja taimikon kasvattamista sekapuustona. Lehtipuuston määrälle on kuitenkin annettu selkeät ohjeelliset ylärajat. Nykyiset ylärajat eivät kuitenkaan ole aina perusteltuja ja ehdottomia. Tutkimustuloksia tarvittaisiin mm. seuraavista asioista: millä sekoituksella vielä kannattaa suosia havupuita milläkin kasvupaikalla, milloin kannattaa täydennysviljely havupuun taimilla ja milloin kannattaa tehdä hoitotoimenpiteet lehtipuuston hyväksi.

Taimikoita kannattaisi kenties perustaa sekastrategialla siten, että reunapuuston siementämä taimiaines otettaisiin huomioon metsänviljelyssä. Tällöin tultaisiin toimeen vä-

hemmällä määrällä istutustaimia. Erityisesti uudistusalan reunaosissa voitaisiin turvautua reunapuuston siementämään taimiainekseen (kuva 18). Menetelmän hyväksikäyttö edellyttäisi reunapuuston siementen leviämisen ja taimettumisen riittävän hyvää tuntemista.



Kuva 18. Periaatteellinen kuva tarvittavasta taimiaineksestä (varjostettu alue) uudistusallalla, jos reunametsän siementämä puusto huomioidaan uudistamisessa. Tavoite-taso ilmaisee vaadittavan taimikon tiheyden.

Taloudellisia laskelmia voitaisiin tehdä myös puhtaan vesa-metsätalouden kannattavuudesta. Esimerkiksi metsätilojen yhteydessä voisi olla erityisiä vesasyntyisiä metsiä, joita kasvatettaisiin polttopuuvaiheeseen. Hakkuun jälkeen metsikkö uudistuisi edellisen puusukupolven kannoista. Kantojen lahoaminen vaikeuttaa menetelmän käytettävyyttä, mutta menetelmä on kuitenkin tutkimisen arvoinen. Etenkin metsittymään jääneet pellot tarjoavat hyviä koekenttiä vesametsätalouden tutkimiseen.

KIRJALLISUUS

- Ali-Alha, T. 1987. Kaatoajankohdan vaikutus lehtipuiden vesomiiseen. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. Konekirjoite. 87 s.
- Andersson, B. 1982. Lövträdens inverkan på unga tallars överlevnad och tillväxt i Västerbottens kust- och inland. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 80(6):11-24.
- & Bergman, F. 1973. Björkens konkurrens med tallen i tallkulturer. Mo och Domsjö Aktiebolag. Stencil B:39. 10 s.
- Andersson, O. 1966. Något om björkens stubbskottsbildning. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 5:441-450.
- Andersson, S-O. 1984. Om lövröjning i plant- och ungsogar. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 3-4:69-95.
- & Björkdahl, G. 1984. Om björkstubbkottens höjdtveckling i ungdomsskedet. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 3-4:61-67.
- Anderson, S. O., Papadopol, C. S. & Zsuffa, L. 1983. Wood energy plantations in temperate climates. Forest ecology and management 6:281-306.
- Auclair, D. 1988. Growth and physiology of coppice. IEA task II meeting and workshops on cell culture and coppicing in Oulu, Finland, August 24-29, 1987. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 304:42-50.
- Arvidsson, A., Dahlin, B. & Petre, E. 1984. Tekniska lösningar för lövträdsbehandling. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 3-4:113-124.

- Axelsson, M. 1987. Direktplantering - en möjlighet? Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 5-6:22-26.
- Bella, I. E. 1971. A new competition model for individual trees. Forest Science 17:364-372.
- Berg, B. & Staaf, H. 1987. Release of nutrients from decomposing white birch leaves and Scots pine needle litter. Pedobiologia 30:55-63.
- Bergman, F. & Andersson, B. 1969. Ett försök att värdera knäckesjukans (Melampsora pinitorqua) skador på tallungskogar. Mo och Domsjö aktiebolag. Skogsavdelningen skogsbiologi. Björna. 19 s.
- Bergström, R. & Danell, J. 1984. Björk - en smakfråga för älg. Skogen 2:72-73.
- Bjurbäck, B. & Wigert, L-E, 1975. Lövförekomsten på markberedda och planterade hyggen. Statens skogsmästarskola, Skinnskatteberg. Enskilt arbete i skogsproduktion, rapport 3. 48 s.
- Björkdahl, G. 1983. Höjdtveckling hos stubbskott av vårt- och glasbjörk samt tall och gran efter mekanisk röjning. Stencil 18. Institution för skogsproduktion. Garpenberg.
- Blake, T. J. 1981. Dieback and stump senescence following decapitation of eucalypts in relation to auxin and phenols. Canadian Journal of Forest Research 11(2): 291-297.
- & Raitanen, W. E. 1981. A summary of factors influencing coppicing. IEA Report NE-22:1-24.
- & Tschapinski, T. J. 1986. Role of water relations and photosynthesis in the release of buds from apical dominance and the early reinvigoration of decapitated poplars. Physiology Plant 68:287-293.

- Bäckström, P-O. 1984. Ungskogsröjning och lövbehandling. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 3-4:5-14.
- Bärring, U. 1984. Riklig björkförekomstns inverkan på tall och grans ungdomsutveckling. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 3-4: 97-105.
- Clausen, K. 1978. The relation between tree size and flowering in Yellow birch saplings. Flowering and seed development in trees: a symposium. Proceedings at Mississippi State University. s. 77-82.
- Daniel, T. W., Helms, J. A. & Baker, R. S. 1979. Principles of silviculture. McGraw-Hill, N. Y. 500 s.
- Daniels, R. F. 1976. Simple competition indices and their correlation with annual loblolly pine tree growth. Forest Science 22:454-456.
- Debell, D. S. & Alford, L. P. 1972. Sprouting characteristics and cutting practices evaluated for cottonwood. Tree Planters Notes 23:1-3.
- Etholén, K. 1972. Taimiston hoidon tekniikkaa Lapissa. Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen tutkimusaseman tiedonantoja 3. 5 s.
- 1974. Kaatoajan vaikutus koivun ja haavan vesomiseen taimistonhoitoaloilla Pohjois-Suomessa. Summary: The effect of felling time on sprouting of Betula pubescens and Populus tremula in the seedling stands in Northern Finland. Folia Forestalia 213. 16 s.
- 1976. Vahtokäsittelyn käyttömahdollisuudet ja vesakkojen paljasversoruiskutus. Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen tutkimusaseman tiedonantoja 14. 22 s.

- Ferm, A. 1988. Coppicing research in the member countries of IEA Coppicing activity. IEA task II meeting and workshops on cell culture and coppicing in Oulu, Finland, August 24-29, 1987. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 304: 31-41.
- & Issakainen, J. 1981. Kaatoajankohdan ja kaatotavan vaikutus hieskoivun vesomiseen turvemaidilla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 33. 13 s.
- , Kauppi, A., Rinne, P., Tela, H.-L., Saarsalmi, A. & Sevola, Y. 1985. Energiapuun tuottaminen luonnonvesakoissa. Teoksessa: Hakkila, P.(toim.) Metsäenergian mahdollisuudet Suomessa. PERA-projektin väliraportti. Summary: The potential of forestry energy in Finland. Folia Forestalia 624:29-44.
- & Kauppi, A. 1989. Coppicing as a means for increasing hardwood biomass production. Biomass. (in press).
- Flinta, G. 1882. Neuvoja kopan kutomisesta tyttökouluja ja yksityisiä varten ja lyhyitä ohjeita piilipuun viljelemiseen. Yleishyödyllinen käsikirjasto 11:1-36.
- Folkesson, B. & Barring, U. 1982. Exempel på en riklig björkförekomst inverkan på utvecklingen av unga tall- och granbestånd i norra Sverige. Rapport 1. från avdelningen för skoglig herbologi, Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Fries, C. 1984. Den frösådda björkens invandring på hygget. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 3-4:35-49.
- Fryk, J. 1985. Skogsvårdsteknik. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Redogörelse 5. 32 s.
- Frölander-Ulf, O. 1977. Yhteenveto erilaisten vesakontorjuntamenetelmien metsätaloudellisesta käyttökelpoisuudesta. Laudaturtyö. Helsingin yliopisto. Metsänhoitotieteen laitos. 143 s.

- Granström, A. 1982. Seed banks in five boreal forest stands originating between 1813 and 1963. *Canadian Journal of Botany* 60:1815-1821.
- 1987. Seed viability of fourteen species during five years of storage in a forest soil. *Journal of Ecology* 75:321-331.
- & Fries, C. 1985. Depletion of viable seeds of Betula pubescens and Betula verrucosa sown onto some north Swedish forest soils. *Canadian Journal of Forest Research* 15:1176-1180.
- Harrington, C. 1985. Factors influencing initial sprouting of red alder. *Canadian Journal of Forest Research* 14:357-361.
- Haveraaen, O. 1963. På hvilken tid av året skal en rydde björk. *Norskt Skogbruket* 23/24: 692-693.
- Heikinheimo, O. 1915. Kaskiviljelyksen vaikutus Suomen metsiin. Referat: Der Einfluss der Brandwirtschaft auf die Wälder Finnlands. *Acta Forestalia Fennica* 4. 264 s.
- 1930. Kaatoajankohdan vaikutus lehtipuiden vesojen syntyyn ja kasvuun. *Keskusmetsäseura Tapio*. Helsinki. s. 113-117.
- 1932. Skogarnas naturliga föryngring. Centralsällskapets förening för skogskultur, skriftserie nr 3. Helsingfors. 90 s.
- 1937. Metsäpuiden siementämiskyvystä. II. Referat: Über die Besamungsfähigkeit der Wäldbäume. II. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 35(3). 15 s.

- Heikurainen, L. 1985. Verhopuuston vaikutus kuusitaimikon kehitykseen. Summary: The influence of birch nurse crop (Betula pubescens) on the growth of spruce (Picea abies) seedling stands on drained peatlands. *Silva Fennica* 19(1):81-88.
- Heino, E. 1975. Raivaussahaan kytketty kantoruiskutuslaite. Summary: Stump-spraying device fitted to the brush saw. *Metsätehon katsaus* 1976(6). 4 s.
- Hokka, P. & Herranen, T. 1976a. Raivaussahauksen yhteydessä suoritettava kantokäsittely. Metsähallitus, kehittämisjaosto. Koeselostus 105. 10 s.
- 1976b. Metsäauran käyttökokeiluja. Metsähallitus, kehittämisjaosto. Koeselostus 109. 5 s.
- Huuri, O., Huuri, L. & Oja, S. 1989. Selostus vuonna 1713 julkaistusta Hannss Carl von Carlowitzin teoksesta *Sylvicultura Oeconomica*. An account of *Sylvicultura Oeconomica* by Hannss Carl von Carlowitz published in 1713. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 323. 140 s.
- Hytönen, J. 1985. Kaatoajankohdan, kaatotavan ja kannonkorkeuden vaikutus viljeltyjen ja luonnonpajujen sekä hieskoivun vesomiseen. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 206:40-57.
- Hägg, A. 1989. Björkens inverkan på tallens grengrovlek och grenrensning i blandade bestånd. The influence of birch upon the branch diameter and the self-pruning of pine trees in mixed stands. *Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för virkeslära. Rapport* 208. 35 s.
- Ikäheimo, E. & Norokorpi, Y. 1986. Perkauksen vaikutus männyn istutustaimikoiden kehitykseen, laatuun ja tuhoihin Pohjois-Suomessa. Summary: The effect of cleaning on the incidence of damage and the development and quality of Scots pine plantations in northern Finland. *Folia Forestalia* 647. 49 s.

- Jakkila, J. & Pohtila, E. 1978. Perkauksen vaikutus taimiston kehitykseen Lapissa. Summary: Effect of cleaning on development of sampling stands in Lapland. *Folia Forestalia* 360. 27 s.
- Jalkanen, R. & Kurkela, T. 1984. Männynversoruosteen aiheuttamat vauriot ja varhaiset pituuskasvutappiot. Summary: Damage and early losses caused by Melampsora pinitorqua on Scots pine. *Folia Forestalia* 587. 15 s.
- Johansson, A. 1983. Skärmmetoden -biologisk och säker metod till rimliga kostnader. *Skogen* 4, s. 14-16.
- Johansson, T. 1984. Minskning av lövträdsinslag med förebyggande åtgärder. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 3-4:25-33.
- 1986. Development of suckers by two-year old birch (Betula pendula Roth.) at different temperatures at light intensities. *Scandinavian Journal of Forest Research* 1(1):17-26.
- 1987. Development of stump suckers by Betula pubescens at different light intensities. *Scandinavian Journal of Forest Research* 2(1):77-83.
- Johnson, P.S. 1979. Shoot elongation of black oak and white oak sprouts. *Canadian Journal Forest Research* 9(4):489-494.
- Jonsson, B. 1962. Om barrblandskogens volymproduktion. *MSSI*, Band 50:8.
- Kaitainen, V. & Kilkki, P. 1960. Poistetun verhopuuston vesomisesta ja sen metsänhoidolisesta merkityksestä istutuskusikoissa. Konekirjoite. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos.

- Kalela, E. 1961a. Über die natürlliche Bewaldung der Kulturböden im sog. Porkkala-Pachtgebiet. Selostus: Viljelysmaiden luontaisesta metsittymisestä ns. Porkkalan vuokra-alueella. Acta Forestalia Fennica 74(2):1-83.
- 1961b. Metsät ja metsien hoito. Werner Söderström Osa-
keyhtiö. Porvoo. 368 s.
- 1962. Taimistojen luontaisesta harvenemisesta. Referat:
Über die natürlliche Ausscheidung der Pflanzenbestände. Com-
municationes Instituti Forestalia Fenniae 55(19). 10 s.
- Kallio, T. 1979. Kuusen tyvilaho ja männyn tyvitervastauti.
Kansallis-Osake-Pankin Taloudellinen katsaus B 31. 40 s.
- Kangas, J. 1989. Vesakon varjostavuuden vaikutus männyn taimien
kehitykseen. Ennakkotuloksia. Moniste. Joensuu. 3 s.
- Karjula, M., Kaila, S., Parviainen, J., Päivänen, J. & Räsänen,
P. K. 1982. Metsänviljelyn vaihtoehtojen valintaperusteet
kivennäismailla. Kirjallisuustarkastelu. Metsäntutkimus-
laitoksen tiedonantoja 56. Joensuun tutkimusasema. 116 s.
- Karlberg, S. 1954. Om björken i Norrbotten och dess behandling.
Norrlands skogsvårdsförbunds tidskrift. s. 201-232.
- Karlsson, L. 1978. Studie över lövvegetationens inverkan på
granplanteringar i södra Sverige. Summary: A study of the
influence of broad-leaved thicket on plantations of spruce
in southern Sweden. Rapporter och Uppsatser Institutionen
för Skogsförnygring. Skogshögskolan 102. 54 s. + liitteet
5 s.
- Kauppi, A., Rinne, P. & Ferm, A. 1987. Initiation, structure
and sprouting of dormant basal buds in Betula
pubescens. Flora 179:55-83.

- , Rinne, P. & Ferm, A. 1988a. Sprouting ability and significance for coppicing of dormant buds on Betula pubescens Ehrh. stumps. Scandinavian Journal of Forest Research 3(3):43-55.
- , Kiviniitty, M. Ferm, A. 1988b. Growth habits and crown architecture of seed and sprout origin in Betula pubescens Ehrh. Canadian Journal of Forest Research 18:1603-1613.
- Kellomäki, S. 1987. Metsäekologia. Joensuun yliopisto, Metsätieteellinen tiedekunta. 297 s.
- , Lämsä, P., Oker-Blom, P. & Uusvaara, O. 1988. Männyn laatukasvatus: tutkimushankkeen loppuraportti. Summary: Management of Scots pine for high quality timber: final report of the study project. Metsäntutkimuslaitos, metsäteknologian tutkimusosasto. 140 s.
- Keskusmetsälautakunta Tapio. 1989. Metsänhoitosuositukset. 26.9.1989. Moniste. 55 s.
- Kinnunen, K. 1977. Istutuksen onnistuminen ja taimistojen alkukehitys Länsi-Suomen yksityismetsissä. Summary: The survival and initial development of plants in private forests in Western Finland. Folia Forestalia 318. 25 s.
- & Nerg, J. 1982. Männyn kylvö- ja luonnontaimikoiden tila Länsi-Suomen yksityismetsissä. Summary: State of sown and naturally regenerated young scots pine stands in the private forests of Western Finland. Folia Forestalia 535. 16 s.
- Kiviniitty, M., Kauppi, A. & Ferm, A. 1987. The photosynthetic capacity of seedlings and sprouts of Betula pubescens and B. pendula. Abstract in the XIV International Botanical Congress, Berlin (West).
- Kohh, E. 1936. Beobachtungen über Reifen und Fallzeit der Samen im Lehr- und Versuchs-Forstamt v.j. 1930-1935. Mitteilungen der Forstwissenschaftlichen Abteilung der Univ. Tartu (Estland) 27. 124 s.

- Koski, V. & Tallqvist, R. 1978. Tuloksia monivuotisista kukinnan ja siemensadon määrän mittauksista metsäpuilla. Summary: Results of long-time measurements of the quantity of flowering and seed crop of forest trees. *Folia Forestalia* 364. 60 s.
- Kärkkäinen, M. 1985. Miten koivuun tulisi suhtautua metsätaloudessa? Summary: The proper attitude towards birch in forestry. *Silva Fennica* 18(1):71-100.
- Leikola, M. 1975. Verhopuuston vaikutus metsikön lämpöoloihin Pohjois-Suomessa. Summary: The influence of the nurse crop on stand temperature conditions in Northern Finland. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 85(7). 33 s.
- 1989. Vesovatko puut paremmin ylä- vai alakuussa? *Metsälehti* 14:2-3.
- & Mustanoja, K. 1961. Koivun kantojen vesominen. Konekirjoite. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. 15 s.
- & Pylkkö, P. 1969. Verhopuuston tiheyden vaikutus metsikön minimilämpötiloihin hälläöinä. Summary: On the influence of stand density on the minimum temperatures during frost nights. *Silva Fennica* 3(1):20-32.
- , Metsämuuronen, M., Räsänen, P. K. & Taimisto, E. 1977. Männyn viljelytaimistojen kehitys Lounais-Suomessa v. 1967-1975. *Folia Forestalia* 312. 27 s.
- & Rikala, R. 1983. Verhopuuston vaikutus metsikön lämpöoloihin ja kuusen taimien menestymiseen. Summary: The influence of the nurse crop on stand temperature conditions and the development of Norway spruce seedlings. *Folia Forestalia* 559. 33 s.

- Liukka, T. 1988. Perkauksen vaikutus kuusen taimikon kehitykseen Lapin kolmion alueella. Metsänhoitotieteen syventävien opintojen tutkielma. Joensuun yliopisto. 71 s.
- Lorimer, C. G. 1983. Tests of age-independent competition indices for individual trees in natural hardwood stands. *Forest Ecology and Management* 6:343-360.
- Lyly, O. 1979. Vesakontorjunta-aineiden lentolevitys: sen ajoittaminen ja käyttökohteet. Metsähallitus, kehittämisjasto. Tutkimusselostus 130. 44 s.
- Lähde, E. 1986. Metsänhoidon perusteista. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 218. Metsänhoidon tutkimusosasto. 127 s.
- Löyttyniemi, K. & Piisilä, N. 1983. Hirvivahingot männyn viljelytaimikoissa Uudenmaan-Hämeen piirimetsälautakunnan alueella. Moose (Alces alces) damage in young pine plantations in the forestry board district Uusimaa-Häme. *Folia Forestalia* 553. 23 s.
- & Lääperi, A. 1988. Hirvi ja metsätalous. Helsingin yliopisto. Maatalous- ja metsäeläintieteen laitos. Julkaisuja 13. 56 s.
- Martin, G. L. & Ek, A. R. 1984. A comparison of competition measures and growth models for predicting plantation red pine diameter and height growth. *Forest Science* 30(3):731-743.
- Meriluoto, J. 1980. MCPA ja 2,4,5-T-herbisidien käyttökelpoisuus taimiston hoidossa. Summary: Applicability of MCPA and 2,4,5-T-herbicides in sapling stand management. *Silva Fennica* 14(4):319-331.

- Mielikäinen, K. 1980. Mänty-koivusekametsiköiden rakenne ja kehitys. Summary: Structure and development of mixed pine and birch stands. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 99(3). 82 s.
- 1985. Koivusekoituksen vaikutus kuusikon rakenteeseen ja kehitykseen. Summary: Effect of an admixture of birch on the structure and development of Norway spruce stands. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 133. 79 s.
- Mikola, P. 1942. Koivun vesomisesta ja sen metsänhoidollisesta merkityksestä. Referat: Über die Ausschlagbildung bei der Birke und ihre forstliche Bedeutung. Acta Forestalia Fennica 50(3). 102 s.
- Moilanen, M & Oikarinen, M. 1980. Perkäusajankohdan vaikutuksesta hieskoivun ja haavan vesomiseen kangasmaalla. Muoksen tutkimusaseman tiedonantoja 19. Metsäntutkimuslaitos. 12 s.
- Nyky-suomen sanakirja. 1980. 7. painos. Suomalaisen Kirjallisuuden Seura. WSOY. Porvoo.
- Parviainen, J., Sokkanen, S. & Ruotsalainen, M. 1985. Metsän uudistamisen vaihtoehtoja vertaileva laskentaohjelma "Viljo". Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 179. Joensuun tutkimusasema. 93 s.
- , Kangas, J. & Knuutinen, P. 1988. Rauduskoivun kolmivuotiaiden istutustaimikoiden alkukehitys Itä-Savossa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 332. Joensuun tutkimusasema. 48 s.
- Pohtila, E. & Pohjola, T. 1983. Lehvästöruihkutuksen ajoitus kasvukauden aikana. Summary: The timing of foliage spraying during the growing season. Acta Forestalia Fennica 181. 36 s.

- & Valkonen, S. 1985. Varttuneiden viljelytaimikoiden tila Lapin piirimetsälautakunnan alueen yksityismetsissä. Summary: Development and condition of artificially regenerated pine and spruce sampling stands in the privately owned forests of Finnish Lapland. *Folia Forestalia* 631. 19 s.
- Pukkala, T. & Kolström, T. 1987. Competition indices and the prediction of radial growth in Scots pine. Tiivistelmä: Kilpailutekijät ja männyn sädekasvun ennustaminen. *Silva Fennica* 21(1):55-67.
- Raatikainen, M. 1977. Lehvästöruiskutuksen vaikutus marjasa-toihin. Esitelmä vesakontorjunta-ainesymposiumissa. Jyväskylä yliopiston biologian laitos. Tiedonantoja 7:55-91.
- Raulo, J. 1981. Koivukirja. Gummerus. Jyväskylä. 131 s.
- & Mälkönen, E. 1976. Koivun luontainen uudistuminen muokattuilla kangasmaalla. Summary: Natural regeneration of birch (*Betula verrucosa* Ehrh. and *B. pubescens* Ehrh.) on tilled mineral soil. *Folia Forestalia* 252 15 s.
- Rautiainen, O. & Räsänen, P.K. 1980. Männyn ja kuusen viljelytaimikoiden kehitys Itä-Savossa 1968-1976. Summary: Development of Scots pine and Norway spruce plantations in Itä-Savo in 1968-1976. *Folia Forestalia* 426. 24 s.
- Rinne, P., Kauppi, A. & Ferm, A. 1987. Induction of adventitious buds and sprouts on birch seedlings (*Betula pendula* Roth. and *B. pubescens* Ehrh.) *Canadian Journal of Forest Research* 17:545-555.
- Rummukainen, U. 1967. Kokemuksia mekaanisesta vesakontorjunnasta. *Metsälehti* 17.
- 1969. Metsänviljelyalan raivaus. Teoksessa: Lehto, J. (toim.) 1969. Metsänviljely. Kirjayhtymä. Helsinki. s. 43-68.

- 1972. Vesakontorjunta-aineiden ja rikkakasvihävitteiden käytöstä metsänviljelyaloilla Suomessa vuosina 1969-1970. Summary: On the use of brush and weed killers on forest regeneration sites in Finland 1969-1970. Folia Forestalia 136. 38 s.
- 1977. Kemiallisen vesakontorjunnan laajuus ja menetelmät metsänuudistusaloilla Suomessa. Esitelmä. Jyväskylän yliopiston biologian laitos. Tiedonantoja 7:9-16.
- Saksa, T. 1986. Männyn taimikoiden kehitys muokatuilla viljelyaloilla Lieksan ja Rautavaaran hoitoalueissa. Summary: The development of Scots pine plantations on prepared reforestation areas in Northern Karelia in Finland. Folia Forestalia 644. 60 s.
- Saramäki, J. 1977. Ojitettujen turvemaiden hieskoivun kehitys Kainuussa ja Pohjanmaalla. Summary: Development of white birch stand on drained peatlands in northern Central Finland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 91(2). 51 s.
- Sarvas, R. 1948. Tutkimuksia koivun uudistumisesta Etelä-Suomessa. Summary: A research on the regeneration of birch in South Finland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 35(4). 92 s.
- Sirén, G. 1955. The development of spruce forest on raw humus sites in northern Finland and its ecology. Lyhennelmä: Pohjois-Suomen paksusammalkankaiden kuusimetsien kehityksestä ja sen ekologiasta. Acta Forestalia Fenniae 62(4) 408 s.
- & Olenius, L. 1945. Koivusuojuspuuston vaikutus kuusen taimikkoon. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. 107 s.
- Tahvanainen, J. 1977. Herbisidien mahdollisista vaikutuksista metsäekosysteemin dynamiikkaan. Esitelmä. Jyväskylän yliopiston biologian laitos. Tiedonantoja 7:30-33.

- Tham, Å. 1983. *Behandling av lönträd i barrträdsföryngringar. Treatment of broad-leaved trees in coniferous regenerations.* Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsteknik. Rapport 158. 48 s.
- Tilli, S. 1980. *Erilaisten vesakontorjuntamenetelmien vaikutus puuston tuotantoon nuorena VT-männikössä. Joensuun korkeakoulu. Moniste. 71 s.*
- Timonen, E. 1966. *"Kuutamokoeala". Metsähallinnon retkeily Itä-Suomen piirikunnassa. Moniste. 7 s.*
- Tolonen, R. 1988. *Hieskoivuvesakon varhaiskehityksen dynamiikka ja pituuskasvun mallintaminen. Oulun yliopisto, biofysiikan laitos. 57 s. + liitteet 10 s.*
- Usoltsev, V.A. 1978. *(Growth regularities of birch (Betula) coppice and seed origin) Ezhemeslachnyi nouchnyi zhurnal kazn S.S.R. Ministerstvo sel'skoga Khoziaistva 6:87-93.*
- Valtananen, J. 1982. *Perkauksen vaikutus männyntaimikon alkukehitykseen. Teoksessa: Metsäntutkimuspäivä Oulaisissa 1982. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 70:51-62.*
- Viro, V. 1955. *Investigations on forest litter. Selostus: Metsäkariketutkimuksia. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 40(3). 40 s.*
- Virtanen, J., Norokorpi, Y. & Kaunisto, S. 1984. *Metsänuudistamisen ja taimikonhoidon periaatteet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 135. 32 s. + liitteet 12 s.*
- Vuokila, Y. 1982. *Metsien teknisen laadun kehittäminen. Summary: The improvement of technical quality of forests. Folia Forestalia 523. 55 s.*

- Walfridsson, E. 1976. Lövets konkurrens i barrkulturen. Soken 15:631-633.
- Wenger, K. F. 1951. The sprouting of sweetgum in relation to season of cutting and carbohydrate content. Plant physiology 22:261-288.
- Wright, L. L. 1988. Are increased yields in coppice systems a myth? IEA task II meeting and workshops on cell culture and coppicing in Oulu, Finland, August 24-29, 1987. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 304:51-65.
- Yli-Vakkuri, P. 1956. Männyn kylvötaimistojen hirvivahingoista Pohjanmaalla. Summary: Moose damage in seedling stands of pine in Ostrobothnia. Silva Fennica 88(3):1-17.
- , Räsänen, P. K. & Solin, P. 1969. Metsänviljelyn antamista tuloksista Lounais-Suomen, Itä-Hämeen, Itä-Savon, Keski-Suomen ja Kainuun piirimetsälautakuntien alueella. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. Tiedonantoja 2. 92 s.
- Yoda, K., Kira, T., Ogawa, H. & Hozumi, K. 1963. Intraspecific competition among higher plants. 11. Self-thinning in overcrowded pure stands under cultivated and natural conditions. Journal of Biology 14:107-129.

Viimeisimmät Joensuun tutkimusasemalla ilmestyneet
Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja -sarjan julkaisut:

- Nro 171 Kuutiopaakkutaimimenetelmä. Jari Parviainen. Menetelmän biologinen tausta ja yksivuotisten taimien kasvatuskokemuksia. Pertti Harstela ja Leo Tervo: Tuotannon teknologia. 44 s. 1985.
- Nro 179 Jari Parviainen, Seppo Sokkanen, Matti Ruotsalainen. Metsän uudistamisen vaihtoehtoja vertaileva laskentaohjelma "VILJO". 93 s. 1985.
- Nro 195 Leena Finer. Tuloksia Ruokolahden Eräjärvensuon lannoituskokeesta. Fertilization results on an oliogotrophic mire. 26 s. 1985.
- Nro 200 Jukka-Pekka Jäppinen, Markku Kirsi ja Kauko Salo. Luonnonvaraisten sienten sadot ja kaupallinen poiminta Itä-Suomessa, ensisijaisesti Pohjois-Karjalan läänissä. 103 s. 1985.
- Nro 228 Leena Finer. Tuloksia sararämeen fosforilannoitelajikokeesta. Results from a phosphorus fertilization experiment on a mesotrophic mire. 35 s. 1986.
- Nro 258 Itä-Suomen metsätiedepäivä 9. 12. 1986. "Metsäntutkimus käytännön toiminnan perustana?" 61 s. 1987.
- Nro 262 Mikko Toropainen. Pohjois-Karjalan, Itä-Savon ja koko Itä-Suomen metsätilasto 1974–1984. 57 s. 1987.
- Nro 276 Jukka-Pekka Jäppinen. Suomalaisten metsäsienten vientimahdollisuudet. Finnish Forest Mushrooms – The Export Challenge. 79 s. + liitteet. 1987.
- Nro 283 Tiina Heinonen ja Tarja Lukkari. Puulajien kasvupaikkavaatimukset. Alustavia tuloksia männyn, kuusen ja rauduskoivun viljelyn onnistumisesta Nurmeksessa. 19 s. 1987.
- Nro 332 Jari Parviainen, Jyrki Kangas ja Pekka Knuutinen. Kolmevuotiaiden istutusrauduskoivikoiden alkukehitys Itä-Savossa. 48 s. 1989.

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

Joensuun tutkimusasema

Käyntiosoite Yliopistokatu 7

Postiosoite PL 68, 80101 Joensuu

Puhelin (973) 151 4000 (ohivalinnat)

ISSN 0358-4283
ISBN 951-40-1077-9