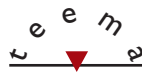


Timo Penttilä, Hannu Hökkä ja Raija Laiho

## Harvennusten ekologiset perusteet ja tuotosvaikutukset ojitetuilla rämeillä



### Tausta

Nykyisin suometsistämme hakataan vuosittain alle 10 miljoonaa m<sup>3</sup> raakapuuta. Valtakunnanmetsien inventoinnin (VMI) tiedoista laskettujen skenaarioiden mukaan suometsien vuotuiset hakuumäärät voivat nousta 15–20 miljoonaan m<sup>3</sup>:iin seuraavien 20 vuoden aikana. Lisäystä odotetaan kertyvän erityisesti mäntyvaltaisten kasvatusmetsien harvennuksista. Ojitettujen suomänniköiden harvennushakkuiden metsänhoidollisia perusteita ja tuotosvaikutuksia on kuitenkin tutkittu varsin vähän.

Harvennushakkuiden tärkeimpänä tavoitteena on ohjata puiden käytettävissä olevat kasvuresurssit lukumääräisesti harvemmille puuyksilöille niiden kasvuedellytysten parantamiseksi ja 'resurssien keskittämisen' avulla parantaa puuntuotannon taloudellista kannattavuutta. Lisäksi harvennushakkuilla voidaan ehkäistä erilaisia liikatiheydestä aiheutuvia tuhoja ja vähentää siten luonnonpoistumaa. Harvennus merkitsee lähes aina metsikön kokonaisrunkopuutuotoksen alenemista. Jotta harvennus olisi taloudellisesti mielekäästä, kokonaisrunkopuun tuotostappion tulee kompensoitua kasvamaan jäävän puuston käyttöpuutuotoksen määrän ja/tai arvon kautta. Käytännössä tämä edellyttää, että harvennus lisää yksittäisten puiden runkopuun kasvua eikä ainakaan merkittävästi heikennä laatuominaisuuksia. Ainakin sahapuulaadun kannalta olennaista on, että kuolleet oksat karsiutuisivat mahdollisimman nopeasti ja että elävät oksat eivät olisi kovin järeitä. Suurempaan

tukkipuutuotokseen tähtäävän nopeamman järeytymisen ja metsikön suurenevan arvokasvun lisäksi harvennuksista saadaan etuja myös sitä kautta, että runkojen suurempi keskijäreys alentaa korjuukustannuksia ja ainakin osa hakkuutuloista aikaistuu harventamattomana kasvatettavaan metsään verrattuna.

Harvennuksissa kasvamaan jäävän puuston nopeutuvan paksuuskasvun taustalla on oletus siitä, että tiheässä metsässä puiden välillä on kasvua rajoittaviin resurssiin liittyviä vuorovaikutuksia, jotka hidastavat yksittäisten puiden kasvua. Näihin vuorovaikutuksiin viitataan yleisesti käsitteellä *puiden välinen kilpailu*. Miten harvennushakkuusta odotetut tavoitteet toteutuvat, riippuu ilmeisen paljon siitä, millainen kilpailutilanne metsikön puiden välillä vallitsee harvennuksen toteutusvaiheessa. Jos kilpailua ei ole lainkaan, kasvureaktioitakaan ei ole odotettavissa. Toisaalta liian voimakas kilpailu on jo saattanut heikentää puuyksilöiden elinvoimaa niin paljon, että ne eivät kykene hyödyntämään harvennuksen aiheuttamaa muutosta. Kohtuullisen kilpailun vallitessa puiden reaktioihin vaikuttaa ehkä merkittävästikin se, mistä kasvuresurkseista kulloinkin on eniten kilpailua.

### Valo- vaiko juuristikilpailua?

Laajoihin suometsien inventointiaineistoihin perustuvissa tutkimuksissa on osoitettu, että yksittäisten

puiden kasvu pienenee metsiköiden suhteellisen tiheyden kasvaessa ja että tämä kilpailuvaikutus kohdistuu yhtälailla sekä pieniin että suuriin puihin. Suoranaisia harvennusvaikutuksia näistä inventointiaineistoista ei kuitenkaan voitu luotettavasti analysoida. Siihen tarkoitukseen tarvitaan järjestettyjä kenttäkokeita, joissa tutkittaviin ilmiöihin vaikuttavia häiriötekijöitä voidaan helpommin kontrolloida. Kokeissakin puiden välillä vallitsevan kilpailun luonnetta on vaikea mitata suoraan. Kilpailuun liittyviin teorioihin nojautuen voidaan kuitenkin tehdä välillisiä päätelmiä mm. eri asemassa olevien puiden suhteellisen kasvun ja koon välisten vuoro-suhteiden sekä metsikkörakenteen ja sen dynamiikan perusteella.

Puhtaassa valokilpailutilanteessa vallittujen puiden suhteellinen kasvu on puun kokoon nähden hitaampaa kuin vallitsevien puiden, ts. vallitut puut kärsivät kilpailusta selkeästi enemmän. Kilpailun sanotaan tällöin olevan yksisuuntaista. Yksisuuntaisessa kilpailussa vallitsevien ja vallittujen puiden kokoerot kasvavat, vallitut puut eriytyvät aluspuutoksi ja lopulta varjoon jääneet puut kuolevat. Yksittäisten puiden tasolla valokilpailu ilmenee latvusten varjoon jäävissä alaosissa olevien neulasten ja oksien kuolemisenä. Puut myös suuntaavat uuden yhteyttävän neulasmassan tuotantoa valoon eli mahdollisimman ylös, jolloin puiden latvusraja nousee, latvussuhde pienenee ja latvukset tupsuuntuvat. Puhtaan valokilpailun tilanteessa pelkästään vallittujen puiden poistaminen harvennuksessa ei juurikaan paranna valtapuiden elinvoimaa eikä siten lisää niiden kasvua.

Juuristokilpailu hidastaa jokseenkin yhtä paljon sekä suurten että pienten puiden kasvunopeutta suhteessa puiden kokoon. Tällöin kilpailu on kaksisuuntaista. Puiden kokoerot eivät muutu, jolloin esim. lähtökohdaltaan erirakenteiset metsiköt myös säilyvät erirakenteisina suhteellisen tiheyden kasvamisesta ja kilpailun voimistumisesta huolimatta. An-kara juuristokilpailu voi aiheuttaa kaiken kokoisten puiden kuolemista. Yksittäisissä puissa latvusraja ei juuristokilpailun takia nouse, mutta elinvoiman heikkeneminen alentaa silti yhteyttävän massan puukohtaista määrää optimitasoon verrattuna. Puiden latvuksissa neulasten ja oksien kuolemista voi tapahtua latvuksen kaikissa osissa. Kaksisuuntaisen kilpailun tilanteessa alaharvennus lisää myös

vallitsevien puiden elinvoimaa ja kasvua. Kasvun lisäksi niin vallitsevien kuin vallittujenkin puiden ravinnetilan voi myös odottaa paranevan.

Valokilpailu on tyypillistä tiheinä ja tasarakenteisina kehittyville ja latvustoltaan sulkeutuneille valopuulajien metsiköille sellaisilla kasvupaikoilla, joilla ravinteisuus, kuivuus tai liika kosteus ei rajoita kasvua. Juuristokilpailua taas esiintyy erityisesti silloin, kun mainitut maaperään liittyvät kasvu-tekijät rajoittavat puiden kasvua. Tällöin metsiköt yleensä kehittyvät siinä määrin epätasaisina ja aukkoisina, että latvusto ei sulkeudu. Käytännössä valo/juuristokilpailu -vaihtelun ääripäiden esiintyminen puhtaina tapauksina lienee boreaalisissa metsissä varsin harvinaista, ja esim. männiköidemme kasvatusemetsissä esiintyy yleisesti sekä valo- että juuristokilpailua yhtä aikaa.

Etenkin kangasmaiden männiköiden tuotokseen ja biomassallokaatioon liittyvissä tutkimuksissa on varsin yleisesti lähdetty siitä olettamuksesta, että harvennushakkuuvaiheessa puut kilpailevat lähinnä valosta. Tämän kilpailutilanteen on arvioitu vallitsevan jo melko nuorissa, mutta latvustoltaan sulkeutuneissa metsiköissä. Valokilpailun merkityksen painotus kuvastuu myös nykyisten metsänhoitosuosittelujen kriteereistä. Toisaalta kuitenkin tiedetään, että boreaalisissa oloissa ilmaston kylmyyteen liittyvä ravinteiden saatavuus, kangasmailla typen ja turvemaiden yleensä kivennäisravinteiden, rajoittaa yleisesti männyn kasvua. On siten ilmeistä, että latvusten valokilpailun lisäksi metsikön puiden välillä on yleensä myös juuristokilpailua. Ravinteiden lisäksi juuristokilpailua voi olla kuivissa oloissa vedestä ja märissä oloissa hapestasta eli aerobisesta huokostilasta. Todennäköisesti juuristokilpailun suhteellinen merkitys kasvaa ravinteiden saatavuuteen liittyvien kasvuolojen heikentyessä, siis kasvupaikan karuntuessa tai ilmaston kylmetessä, samoin kuin kuivuuden tai kasvupaikan liikamärkytyksen lisääntyessä.

Metsiköiden rakenne on turvemaan mäntymetsissä yleensä hyvin erilainen kuin kangasmailla: rämemänniköt ovat aukkoisia ja erirakenteisia sekä ikänsä että kokonsa suhteen. Nämä piirteet säilyvät varsin hyvin sararämeillä useita vuosikymmeniä ojituksen jälkeen, vaikka tihentyvissä metsissä luontainen dynamiikka muuttaneekin esim. läpimittajakaumia alunperin laskevista normaalijakaumien suuntaan.

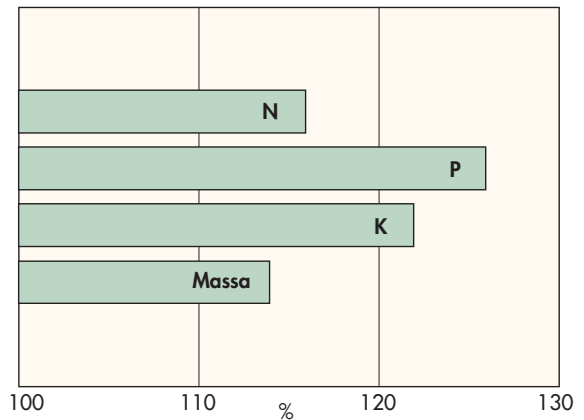
Kasvupaikkatekijöihin ja metsikködynamiikkaan liittyvien ekologisten perusteiden vuoksi voidaan olettaa, että mäntyvaltaisissa ojitusaluemetsissä puiden välinen kilpailutilanne painottuu enemmän juuristokilpailun kuin latvusten valokilpailun suuntaan. Tästä todennäköisesti seuraa, että myös harvennusvaikutukset ovat erilaiset kuin sellaisissa metsiköissä, joissa puiden välillä on ensisijaisesti valokilpailua. Erilaisten tuotosvaikutusten lisäksi on todennäköistä, että harvennushakkuiden sekä metsiköiden ravinne dynamiikan ja vesitalouden vuorovaiikutukset ovat suometsissä erilaisia ja puuntuotoksen kannalta merkittävämpiä kuin kangasmaiden metsissä.

Metsäntutkimuslaitos perusti 1980-luvun loppupuolelta alkaen suometsien harvennuskokeita 9–15 metrin valtapituusvaiheessa oleviin ojitusaluiden harvennushakkuuleimikoihin yhteistyössä Metsähallituksen sekä metsäteollisuusyritysten kanssa. Käsittelyinä olivat harventamaton kontrolli, nyky-suositusten mukainen eli 'normaali harvennus' sekä lievä ja voimakas harvennus, jossa puustoa jätettiin 30 % enemmän/vähemmän kuin normaalissa harvennuksessa. Kokeissa selvitetään sekä puutason että metsikkötason reaktioita harvennuskäsittelyihin.

### Harvennuksen vaikutukset

Harventamattomilla koealoilla pienten puiden suhteellinen kasvu oli vähintään yhtä nopeaa kuin suurimmilla puilla. Tämä kuvastaa kaksisuuntaista kilpailua eli juuristokilpailua. Koska pohjavesipintahavaintojen perusteella kyse ei ollut kuivuudesta eikä liikamärkytyksestä, kilpailun on täytynyt olla ravinnekilpailua. Harvennuksen jälkeen kaikkiin latvuserroksiin kuuluvien puiden ravinnetila parani. Kilpailua näytti olleen kivennäisravinteista mutta ei niinkään typestä, jonka määrä neulasissa lisääntyi vain samassa suhteessa kuin neulasten koko (kuva 1).

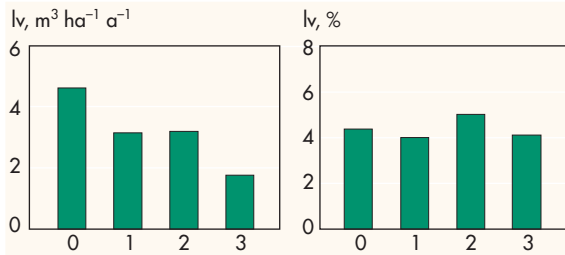
Puutasolla harvennus lisäsi pohjapinta-alan kasvua rinnankorkeudella kaikissa latvuserroksissa. Sen sijaan harvennus ei vaikuttanut koko rungon tilavuuskasvuun tai biomassaan ainakaan ensimmäisten viiden vuoden aikana. Tämä viittaa siihen, että tiheässä asennossa kasvu suuntautuu voimakkaammin rungon yläosaan ja harvassa rungon ala-



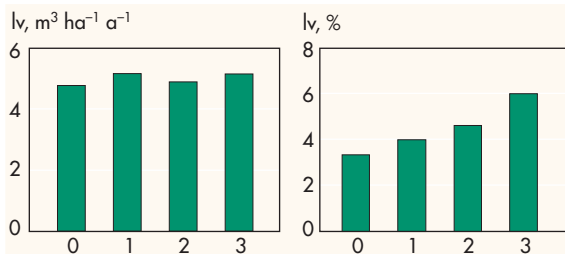
**Kuva 1.** Harvennuksen suhteellinen vaikutus (harventamaton = 100 %) uusimpien neulasten kuivamassaan ja ravinne sisältöön. Lähde: Hökkä ym. 1996.

osaan. Voimakkaasti harvennetuilla koealoilla puiden oksa- ja neulasmassat olivat kuitenkin suurempia kuin harventamattomilla. Tämä kuvaa elinvoiman ja yhteyttämistehon parantumista, mikä heijastuu runkopuun kasvuun myöhemmin. Puutason tulokset vahvistivat käsitystä siitä, että harvennusvaihetta lähestyvissä turvemaan männiköissä ravinnekilpailu on yleensä valokilpailua voimakkaampaa.

Metsikkötasolla harvennukset pienensivät runkopuun kokonaistuotosta ensimmäisen 5-vuotijakson aikana, kuten oli odotettavissa. Metsiköissä, joissa tiheys oli selkeästi nyky-suositusten mukaisten leimausrajojen alapuolella, kasvutappiot näyttivät jäävän pysyviksi, koska ainakin alkuvaiheen suhteelliset kasvureaktiotkin olivat vähäisiä (esimerkkinä kuva 2). Runsaspuustoisemmissa metsiköissä sen sijaan reilustikin harvennetut puustot lisäsivät suhteellista kasvuaan voimakkaasti (esimerkkinä kuva 3). Näissä tapauksissa puuston järetyminen ja lisääntyvä käyttöpuutuotos kompensoivat kokonaiskasvun alenemisen ja pitemmällä aikavälillä todennäköisesti parantavat metsänkasvatuksen taloudellista tulosta.



**Kuva 2.** Runkopuun absoluuttinen ja suhteellinen vuotuinen tilavuuskasvu eri käsittelyillä (0 = harventamaton, 1 = lievä harvennus, 2 = normaali harvennus, 3 = voimakas harvennus) harvennusta seuraavan 5-vuotijakson aikana Kuivaniemessä olevassa kokeessa. Harvennushetkellä pohjapinta-ala 19,5 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, valtapituus 10,3 m ja tilavuus 103 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.



**Kuva 3.** Runkopuun absoluuttinen ja suhteellinen vuotuinen tilavuuskasvu eri käsittelyillä (0 = harventamaton, 1 = lievä harvennus, 2 = normaali harvennus, 3 = voimakas harvennus) harvennusta seuraavan 5-vuotijakson aikana Kannuksessa olevassa kokeessa. Harvennushetkellä pohjapinta-ala 24 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, valtapituus 14,8 m ja tilavuus 141 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.

## Malttia harvennuksiin

Rakenteen epätasaisuuden vuoksi ojitetun turvemaan männikön latvusto sulkeutuu suhteessa esim. valtapuuston piteuteen selvästi myöhemmin kuin puuntuotoskyvyllään vastaavan, suhteellisen tasarakenteisen kangasmaamännikön latvusto. Jos valtapituutta käytetään perusteena arvioitaessa ensiharvennuksen toteutusajankohtaa, ollaan turvemaan männiköissä helposti siinä tilanteessa, että ensiharvennusvaiheessa latvusto on edelleen sulkeutumaton. Lisäksi puuston aukkoisuuden ja erirakenteisuuden vuoksi myös runkopuutilavuus on yleensä selvästi pienempi kuin vastaavan valtapiteuden

omaavassa tasarakenteisessa metsikössä.

Usein on suositeltu, että jäävän puuston määrään sovellettaisiin suometsien ensiharvennuksissa mieluummin runkoluku- kuin pohjapinta-alasuositusta. Epätasaisissa suometsissä runkolukua tarkasteleva metsänhoidollinen silmä voi kuitenkin helposti houkutella yhtäältä ennenaikaisiin harvennuksiin ja toisaalta johtaa liian pieniin jäävän puuston pohjapinta-aloihin ja tilavuuksiin. Molemmilla on samansuuntainen, kasvutappioiden riskiä lisäävä vaikutus.

Nykyiset suometsien harvennushakkuusosuutukset pohjautuvat hieskoivumetsiköitä lukuun ottamatta kangasmaametsien suosituksiin siten, että ojitusalueella sovelletaan tuotoskyvyllään vastaavana pidetyn kangasmaan kasvupaikan ohjetta. Täten männikön ensiharvennus tulisi suorittaa, kun puiden alaosat ovat kuolleet tyvitukin pituudelta, mutta ennen kuin kasvatettavan puuston latvussuhde on supistunut pienemmäksi kuin 40 %. Yhdellä harvennuskerralla ei tulisi poistaa enempää kuin kolmannes metsikön runkopuutilavuudesta, jotta merkittävilta kasvutappioilta vältyttäisiin.

Toistaiseksi ei näyttäisi olevan aihetta puuttua voimassa olevien suositusten peruslinjoihin. Turvemailla saadut tulokset antavat pikemminkin aihetta kiinnittää vakavaa huomiota harvennussuositusten noudattamiseen. Harvennuksia ei tulisi tehdä ennen kuin pohjapinta-ala on todella saavuttanut leimausrajan. Muuten voidaan päätyä huomattaviinkin kasvutappioihin. Jos ennenaikaisia harvennuksia joudutaan tekemään esim. ojastojen kunnostuksen yhteydessä, on joka tapauksessa syytä huolehtia, että kasvamaan jätetään riittävän suuri puustopääoma. Koska kaupallisesti kannattava korjuu edellyttää nykyisin 50–60 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> kokonaispoistumaa (hukkapuu mukaan lukien), ei harvennusta tulisi kiirehtiä ainakaan ennen kuin puusto on saavuttanut 150–180 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> runkotilavuuden. Tällöinkään itseharveneminen ei yleensä ole vielä merkittävää. On siten mahdollista, että karuimmilla metsänkasvupaikoilla harvennuksia ei tarvitse tehdä ollenkaan.

Nykyiset tietomme suometsien harvennusten vaikutuksista perustuvat vielä suhteellisen pieniin aineistoihin ja lyhyehköihin seurantajaksoihin. Niiden varmentaminen laajemmilla tutkimuksilla on meneillään. Mahdollisia muutoksia tai täsmennyksiä harvennussuosituksiin voidaan odottaa muutama vuoden kuluttua.

## Kirjallisuutta

- Cannell, M.G.R. & Grace, J. 1993. Competition for light: detection, measurement, and quantification. *Canadian Journal of Forest Research* 23: 1969–1979.
- Helmisaari, H.-S. 1990. Ravinteet ja perustuotanto. Teoksessa: Lahti, T. & Smolander, H. (toim.), *Johdatus metsien perustiotantobiologiaan*. *Silva Carelica* 16: 157–175
- Hynynen, J. & Arola, M. 1999. Ensiharvennusajankohdan vaikutus hoidetun männikön kehitykseen ja harvennuksen kannattavuuteen. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/1999: 5–23.
- Hökkä, H. & Laine, J. 1988. Suopuustojen rakenteen kehitys ojituksen jälkeen. *Silva Fennica* 22(1): 45–65.
- & Penttilä, T. 1995. Harvennushakkuun vaikutus pohjavedenpinnan syvyyteen ojitusalueilla Pohjois-Suomessa. *Suo* 46(1): 9–19.
- , Penttilä, T. & Hånell, B. 1996. Effect of thinning on the foliar nutrient status of Scots pine stands on drained boreal peatlands. *Canadian Journal of Forest Research* 26: 1577–1584.
- , Alenius, V. & Penttilä, T. 1997. Individual-tree basal area growth models for Scots pine, pubescent birch and Norway spruce on drained peatlands in Finland. *Silva Fennica* 31(2): 161–178.
- Laiho, R. 1997. Plant biomass dynamics in drained pine mires in southern Finland. Implications for carbon and nutrient balance. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 631 – Finnish Forest Research Institute, Research Papers 631. 54 p.
- Miina, J. & Pukkala, T. 1995. Comparison of thinning methods in a Scots pine stand on drained peatland. A simulation study. *Suo* 46(1): 1–7.
- Mäkelä, A. & Vanninen, P. 1997. Impacts of size and competition on tree form and distribution of above-ground biomass in Scots pine. *Canadian Journal of Forest Research* 28: 216–227.
- Nuutinen, T., Hirvelä, H., Hynynen, J., Härkönen, K., Hökkä, H., Korhonen, K.T. & Salminen, O. 2000. The role of peatlands in Finnish wood production – an analysis based on large-scale forest scenario modelling. *Silva Fennica* 34(2): 131–153.
- Penner, M., Penttilä, T. & Hökkä, H. 1995. A method for using random parameters in analyzing permanent sample plots. *Silva Fennica* 29(4): 287–296.
- Penttilä, T. & Laiho, R. 2000. Impacts of thinning on the allocation of biomass and nutrients in Scots pine on a drained peatland site. *Käsikirjoitus, Metla, Vantaan tutkimuskeskus*.
- , Alenius, V., Hökkä, H. & Laiho, R. 2000. Responses of tree growth and foliar nutrients to reduced competition in Scots pine on drained peatland. *Käsikirjoitus, Metla, Vantaan tutkimuskeskus*.
- Schwinning, S. & Weiner, J. 1998. Mechanisms determining the degree of size asymmetry in competition among plants. *Oecologia*, 113: 447–455.

## 15 viitettä

- MH Timo Penttilä, Metla, Vantaan tutkimuskeskus.  
Sähköposti [timo.penttila@metla.fi](mailto:timo.penttila@metla.fi)  
MMT Hannu Hökkä, Metla, Rovaniemen tutkimusasema.  
Sähköposti [hannu.hokka@metla.fi](mailto:hannu.hokka@metla.fi)  
Dos. Raija Laiho, Helsingin yliopisto, metsäekologian laitos.  
Sähköposti [raija.laiho@helsinki.fi](mailto:raija.laiho@helsinki.fi)