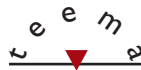


Marjo Palviainen ja Leena Finér

# Ravinteiden pidättyminen kasvillisuuteen päätehakkuun ja maanmuokkauksen jälkeen



## Kasvillisuus ja metsän ravinnekierto

**M**etsäkasvillisuus jaetaan puustoon sekä pensas-, kenttä- ja pohjakerrokseen. Pensaskerrokseen kuuluvat pensaas ja puiden taimet. Kenttäkerrokseen luetaan ruohot, heinät ja varvut. Pohjakerros koostuu sammalista ja jäkälästä. Keskiravinteisilla ja karuilla kasvupaikoilla pensaskerros on niukka ja kenttäkerroksen valtalajeja ovat varvut. Kasvupaikan viljavuuden lisääntyessä pensaskerroksen peittävyys kasvaa ja ruohovartisten kasvien ja heinien osuus kenttäkerroksessa lisääntyy. Pohjakerroksen biomassassa ja peittävyys ovat korkeita etenkin varttuneissa kangasmaiden havumetsissä. Kenttä- ja pohjakerroksesta käytetään yhteisnimitystä pintakasvillisuus. Pintakasvillisuuden määrään vaikuttaa mm. alueen maantieteellinen sijainti, lämpösumma, kasvupaikan ravinteisuus sekä metsikön ikä ja rakenne.

Pääosa metsän orgaanisesta aineesta on kasvillisuudessa. Sen sijaan kasvillisuuden typpivarastot ovat pieniä maaperän varastoihin verrattuna (taulukko 1). Pintakasvillisuudella on tärkeä merkitys ravinnekierrossa, vaikka pintakasvillisuuteen sitoutuneet ravinne määrät ovat pieniä puustoon sitoutuneisiin ravinne määriin verrattuna. Pintakasvillisuus kattaa merkittävän osan metsikön vuotuisesta biomassan tuotoksesta, ravinteiden otosta ja karikesadosta (Mälkönen 1974, Helmisaari 1995). Pintakasvillisuus käyttää enemmän ravinteita tuotettua biomassayksikköä kohden kuin puusto, sillä pintakasvillisuuden ravinne pitoisuudet ovat korkeat ja huo-

mattava osa biomassasta uusiutuu vuosittain. Noin 30 % sammalien, 25–35 % varpujen ja 30–40 % juurien biomassasta uusiutuu vuosittain (Mälkönen 1974). Heinien ja ruohojen maanpäälliset osat uusiutuvat joka vuosi. Pintakasvillisuuden merkitys typen ja fosforin otossa säilyy suurena jopa vanhoissa metsissä (Mälkönen 1974, Helmisaari 1995). Esimerkiksi Itä-Suomessa sijaitsevan Kangasvaaran tutkimusalueen uudistuskypsässä metsässä pintakasvillisuuden ravinteiden otto vastasi arviolta noin puolta metsikön vuotuisesta typen otosta. Suurimmillaan pintakasvillisuuden ravinteiden otto on nuorissa alle 20-vuotiaissa metsissä.

Pintakasvillisuus nähdään uudistusaloilla usein vain kehittyvien taimien kilpailijana. Nopea kasvillisuuden kehittyminen lisää ravinteiden pidättymistä ja vähentää huuhtoutumista. Päätehakkuuta

**Taulukko 1.** Kangasvaaran tutkimusalueen puuston ja pintakasvillisuuden biomassassa ja siihen sitoutuneet typen ja fosforin määrät ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) sekä maaperään (humuskerros ja mineraalimaan ylin 35 cm:n kerros) varastoituneet typen ja käyttökelpoisen fosforin määrät ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) ennen päätehakkuuta.

	Biomassa	Typpi	Fosfori
Puusto	201688	415	48
Pintakasvillisuus	5166	47	4
Maaperä (humus + 0–35 cm)		1691	29

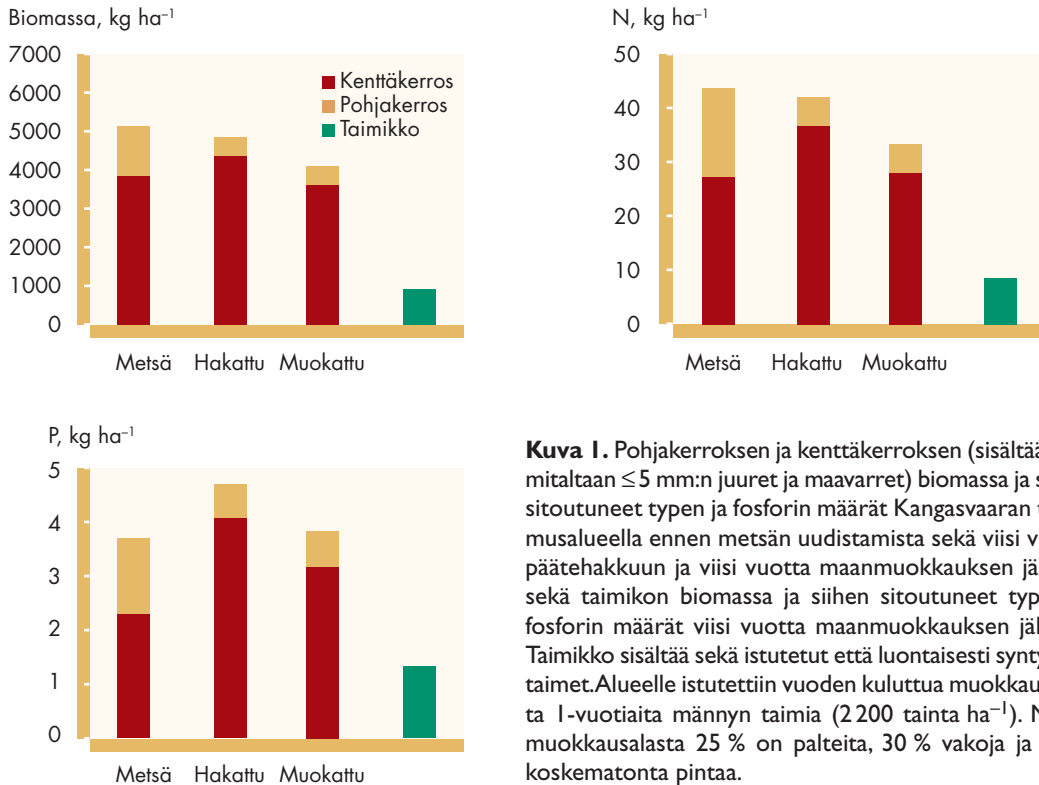
seuraava kasvillisuuden kehitys on erilaista eri kasvupaikoilla ja eri tavoin käsitellyillä maanpinnoilla (Kellomäki 1972, Ferm ja Sepponen 1981, Salemaa ja Jukola-Sulonen 1998). Kasvillisuuden kehitys on nopeampaa viljavilla kuin karuilla kasvupaikoilla. Jo muutaman vuoden kuluttua päätehakkuusta pintakasvillisuus voi käyttää ravinteita lähes yhtä paljon kuin alueella ennen hakkuuta kasvanut puusto (Palviainen 2005). Itäsuomalaisessa kuusivaltaisessa mustikkatyypin sekametsässä Kangasvaarassa tutkittiin kasvillisuuteen sitoutuneita ravinnevarastoja ja muutoksia niissä päätehakkuun ja äestyksen jälkeen.

### Miten päätehakkuu ja maanmuokkaus vaikuttavat kasvillisuuteen?

Päätehakkuuikäisissä kuusikoissa runkojen mukana kasvupaikalta poistuu noin 60 % puustoon sitoutuneesta biomassasta sekä noin 20 % tyyppistä ja fosforista (Palviainen 2005). Korjatun puun mukana poistuu yleensä selvästi enemmän ravinteita kuin mitä hakkuun jälkeen huuhtoutuu. Päätehakkuualoille jää paljon kuollutta kasvibiomassaa hakkuutähteinä. Myös osa pintakasvillisuudesta kuolee, sillä hakkuukoneet vaurioittavat kasvillisuutta ja sulkeutuneelle metsälle tyyppilliset lajit, kuten mustikka, puolukka, metsäkerrossammal ja seinäsammal kärsivät muuttuneista valo-, lämpö- ja kosteusolosuhteista (Nykqvist 1997, Palviainen ym. 2005a,b). Ravinteiden saatavuus lisääntyy, sillä puuston poistaminen vähentää ravinteiden ottoa, mutta samanaikaisesti ravinteita vapautuu paljon kuolleesta kasvibiomassasta. Pintakasvillisuudella on tärkeä rooli ravinteiden pidättäjänä, sillä taimikon ravinnetarve on vuosikautia suhteellisen pieni. Ensimmäisinä vuosina pääosa pintakasvillisuuden biomassasta ja ravinteista on varastoitunut juuriin ja maavarsiin (Palviainen ym. 2005a). Hakkuutähteistä, karikkeesta ja humuskerroksesta vapautuvat ravinteet rehevöittävät kasvillisuutta muutaman vuoden viiveellä. Etenkin kenttäkerroksen biomassa kasvaa päätehakkuun jälkeen nopeasti heinien ja ruohojen runsastuessa. Kangasvaaran tutkimusalueella pintakasvillisuuden biomassa ja siihen sitoutuneet ravinnemäärät alenivat päätehakkuun jälkeen puoleen tai jopa alle sen, mutta ne palautuivat ennen hakkuuta

vallinneelle tasolle 4–5 vuodessa, ja fosforin määrä kasvoi jopa suuremmaksi kuin ennen hakkuuta (kuva 1, Palviainen ym. 2005a). Metsälauha ja maitohorsma runsastuivat päätehakkuun jälkeen, sillä ne hyötyvät lisääntyneestä valon ja ravinteiden saatavuudesta (Palviainen ym. 2005b). Monet pioneerilajit, kuten maitohorsma ja metsälauha pystyvät sitomaan tehokkaasti fosforia (Palviainen ym. 2005b). Pohjakerros toipuu päätehakkuusta hitaammin kuin kenttäkerros. Kangasvaaran tutkimusalueella pohjakerroksen biomassa ei palautunut hakkaamattoman metsän tasolle vielä 7 vuodessa. Sen sijaan kenttäkerroksen biomassa palasi hakkaamattoman metsän tasolle 4 vuodessa ja kasvoi sen jälkeen suuremmaksi kuin hakkaamattomassa metsässä (Palviainen ym. 2005a). Merkittävä osa (noin 70 %) kenttäkerroksen biomassasta on juurissa. Juuristo muuttui päätehakkuun jälkeen pinnallisemmaksi.

Maanmuokkaus tehdään yleensä 2–3 vuoden kuluttua avohakkuusta. Suuri osa pintakasvillisuudesta tuhoutuu, sillä yleensä noin puolet maan pinnasta muokataan. Päätehakkuualoilla hakkuutähdeksat estävät heinittymistä. Maanmuokkausaloilla osa hakkuutähteistä on hautautuneena palteiden alle, mikä saattaa edistää kasvillisuuden kehitystä. Lisäksi paljastunut kivennäismaa tarjoaa pioneerilajeille uusia kasvupaikkoja. Yleensä kangaskarhunsammal runsastuu muokkauksen jälkeen ja nuokkuvarstammal ilmestyy paljastuneelle kivennäismaalle (Ferm ja Sepponen 1981, Salemaa ja Jukola-Sulonen 1998). Maitohorsma runsastuu palteissa ja kevätpiippo vaoissa. Kasvillisuus kehittyy eri tahdissa palteisiin, vakoihin ja koskemattomille pinoille. Kangasvaarassa pintakasvillisuuden biomassaa saavutti palteissa koskemattoman pinnan tason neljäntenä vuonna muokkauksen jälkeen. Vakoihin kasvillisuus kehittyi hitaasti. Vakojen biomassa oli vielä viidentenä vuonna muokkauksesta vain yksi kolmasosa koskemattoman pinnan ja palteiden biomassasta. Kenttäkerros, mukaanlukien juuret, kehittyivät nopeammin palteisiin kuin vakoihin. Kenttäkerroksen kasvillisuus kehittyi hitaasti vakoihin, koska humuskerroksen poistamisen myötä poistetaan myös osa maaperän siemenpankista ja maavarsista. Humuskerroksen poistaminen vähentää myös ravinteiden saatavuutta ja lisää lämpötilan ja kosteuden vaihteluja juuristokerroksessa. Palteisiin kenttäkerroksen kasvillisuus kehittyi no-



**Kuva 1.** Pohjakerroksen ja kenttäkerroksen (sisältää läpimitaltaan  $\leq 5$  mm:n juuret ja maavarret) biomassa ja siihen sitoutuneet typen ja fosforin määrät Kangasvaaran tutkimusalueella ennen metsän uudistamista sekä viisi vuotta päätehakkuun ja viisi vuotta maanmuokkauksen jälkeen sekä taimikon biomassa ja siihen sitoutuneet typen ja fosforin määrät viisi vuotta maanmuokkauksen jälkeen. Taimikko sisältää sekä istutetut että luontaisesti syntyneet taimet. Alueelle istutettiin vuoden kuluttua muokkauksesta 1-vuotiaita männyn taimia ( $2\,200$  tainta  $\text{ha}^{-1}$ ). Maanmuokkauslatasta 25 % on palteita, 30 % vakoja ja 45 % koskemattonta pintaa.

peasti, sillä palteissa ravinteiden saatavuus on hyvä ja palteisiin kasautuu muokkauksen yhteydessä siemeniä ja maavarsia (Kellomäki 1972). Lisäksi löyhä ja ilmava maa sekä kohonneet maan lämpötilat edistävät juurten kasvua palteissa. Sammalet puolestaan kehittyivät hitaasti palteisiin, mutta ne valtasivat nopeasti vaot. Sammalten biomassa oli vaoissa yhtä suuri kuin koskemattomalla pinnalla jo toisena vuonna muokkauksen jälkeen. Sammalille palteet ovat todennäköisesti liian kuivia kasvupaikkoja. Palteiden pinta kuivuu nopeasti, koska kohonneet maanpinnan läheiset lämpötilat lisäävät haihduntaa ja sadevesi imeytyy palteisiin nopeasti niiden löyhän rakenteen vuoksi. Pintakasvillisuus toipuu hitaammin maanmuokkauksesta kuin päätehakkuusta (kuva 1). Raskaammin muokatuilla aurasaloilla Etelä-Suomessa on kestänyt lähes 10 vuotta ja Pohjois-Suomessa 15 vuotta ennen kuin maaperä peittyi kasvillisuuteen (Kellomäki 1972). Kangasvaaran tutkimusalueella maanmuokkauksen

jälkeen pintakasvillisuuteen varastoitui likimain yhtä paljon fosforia kuin hakkaamattomassa metsässä, vaikka biomassa olikin selvästi pienempi kuin metsässä (kuva 1). Metsänuudistamisen jälkeen pintakasvillisuudella on tärkeämpi rooli ravinteiden pidättäjänä kuin taimikolla. Viisi vuotta muokkauksen jälkeen pintakasvillisuuden biomassa oli lähes viisi kertaa suurempi ja se sisälsi 3–4 kertaa enemmän ravinteita kuin taimikko (kuva 1).

### Kasvillisuuden vaikutus ravinteiden huuhtoutumiseen päätehakkuun ja maanmuokkauksen jälkeen

Päätehakkuun jälkeen puuston ravinteiden otto loppuu ja pintakasvillisuuden otto vähenee väliaikaisesti. Tämä voi lisätä ravinteiden huuhtoutumista. Lisäksi kuollut pintakasvillisuus voi toimia hakkuutahtien tavoin huuhtoutuvien ravinteiden lähteenä

ja juuriston muuttuminen pinnallisemmaksi saattaa lisätä huuhtoutumista syvemmistä maakerroksista. Päätehakkuu heikentää pintakasvillisuuden ravinteiden sitomiskykyä vain lyhytaikaisesti, sillä biomass ja kasvillisuuteen sitoutuneet typpimäärät palautuivat ennen hakkuuta vallinneelle tasolle viidessä vuodessa ja fosforin määrät kasvoivat jopa suuremmiksi. Maanmuokkauksen jälkeen kasvillisuus kehittyi nopeasti palteisiin. Tämä voi merkittävästi vaikuttaa ravinteiden huuhtoutumiseen, sillä palteissa on paljon kuollutta orgaanista ainesta ja ravinteiden vapautuminen on nopeaa. Ravinteiden pidättymisen kannalta on tärkeää, että pintakasvillisuus kykenee sitomaan paljon etenkin fosforia, sillä fosfori vapautuu nopeasti hakkuutähteistä (Palviainen ym. 2004). Sekä päätehakuun että maanmuokkauksen jälkeen ravinteiden huuhtoutuminen maakerrosten läpi väheni Kangasvaaran tutkimusalueella samaan aikaan, kun pintakasvillisuus toipui. Pintakasvillisuuden vasteet metsänkäsittelytoimenpiteisiin vaikuttavat epäilemättä merkittävästi huuhtoutumien määrään, ajoittumiseen ja keston.

## Viitteet

- Ferm, A. & Sepponen, P. 1981. Aurasjäljen muuttuminen ja kasvillisuuden kehittyminen metsänuudistusaloilla Lapissa 10 vuoden aikana. *Folia Forestalia* 493: 19 s.
- Helmisaari, H.-S. 1995. Nutrient cycling in *Pinus sylvestris* stands in eastern Finland. *Plant and Soil* 168–169: 327–336.
- Kellomäki, S. 1972. Maanpinnan reliefin ja kasvillisuuden kehityksestä auruksen jälkeisinä vuosina Perä-Pohjolan metsänuudistusaloilla. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos, Tiedonantoja 8. 56 s.
- Mälkönen, E. 1974. Annual primary production and nutrient cycle in some Scots pine stands. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 84. 87 s.
- Nykvist, N. 1997. Changes in species occurrence and phytomass after clearfelling, prescribed burning and slash removal in two Swedish spruce forests. *Studia Forestalia Suecica* 201.
- Palviainen, M. 2005. Logging residues and ground vegetation in nutrient dynamics of a clear-cut boreal forest. *Dissertationes Forestales* 12. 38 s. + 4 osajulkaisua.
- , Finér, L., Kurka, A.-M., Mannerkoski, H., Piirainen, S. & Starr, M. 2004. Decomposition and nutrient release from logging residues after clear-cutting of mixed boreal forest. *Plant and Soil* 263: 53–67.
- , Finér, L., Mannerkoski, H., Piirainen, S. & Starr, M. 2005a. Changes in the above- and below-ground biomass and nutrient pools of ground vegetation after clear-cutting of a mixed boreal forest. *Plant and Soil* 275: 157–167.
- , Finér, L., Mannerkoski, H., Piirainen, S. & Starr, M. 2005b. Responses of boreal forest ground vegetation species to clear-cutting – Aboveground biomass and nutrient contents during the first 7 years. *Ecological Research* 20: 652–660.
- Salemaa, M. & Jukola-Sulonen, E. L. 1998. Avohakkuu ja kangasmetsän aluskasvillisuus. Julkaisussa: Lappalainen, I. (toim.). Suomen luonnon monimuotoisuus. Suomen Ympäristökeskus. Oy Edita Ab, Helsinki. s. 166–167.

■ MMT Marjo Palviainen, Helsingin yliopisto, metsäekologian laitos; prof. Leena Finér, Metsäntutkimuslaitos, Joensuun toimintayksikkö. Sähköposti marjo.palviainen@helsinki