

Olli-Pekka Tikkanen ja
Irina A. Chernyakova

Asutushistorian vaikutus Vodlajärven kansallispuiston nykyiseen metsämaisemaan Luoteis-Venäjällä

Seloste artikkelista: Tikkanen, O.P. & Chernyakova, I.A. (2014). Past human population history affects current forest landscape structure of Vodlozero National Park, Northwest Russia. *Silva Fennica* 48(4), article id 1207. <http://dx.doi.org/10.14214/sf.1207>

Luonnonmaisemat ovat tärkeitä paitsi luonnon monimuotoisuuden suojelun myös ekosysteemin prosessien ja toiminnan tutkimisen kannalta. Ne tarjoavat tärkeän verrokin tutkittaessa ja kehitettäessä ekologisesti kestävää metsänhoitoa ja toimivaa luonnonsuojelualueverkostoa.

Asutus ja sen mukana levinnyt maanviljelys ja kaskeaminen ovat muokanneet oleellisesti metsien ja maiseman rakennetta boreaalisella vyöhykkeellä. Tämän takia asutushistoria voi olla tärkeä tekijä, joka vaikuttaa nykyisiin metsämaisemiin ja niiden rakenteisiin. Asutuksen lisäksi metsätalous on muokannut metsiä laajalti ja voimakkaasti 1800-luvulta alkaen. Kaskeamisesta ja metsätaloudesta johtuen laajat metsäiset luonnonmaisemat ovat kadonneet suurimmasta osasta Pohjois-Eurooppaa.

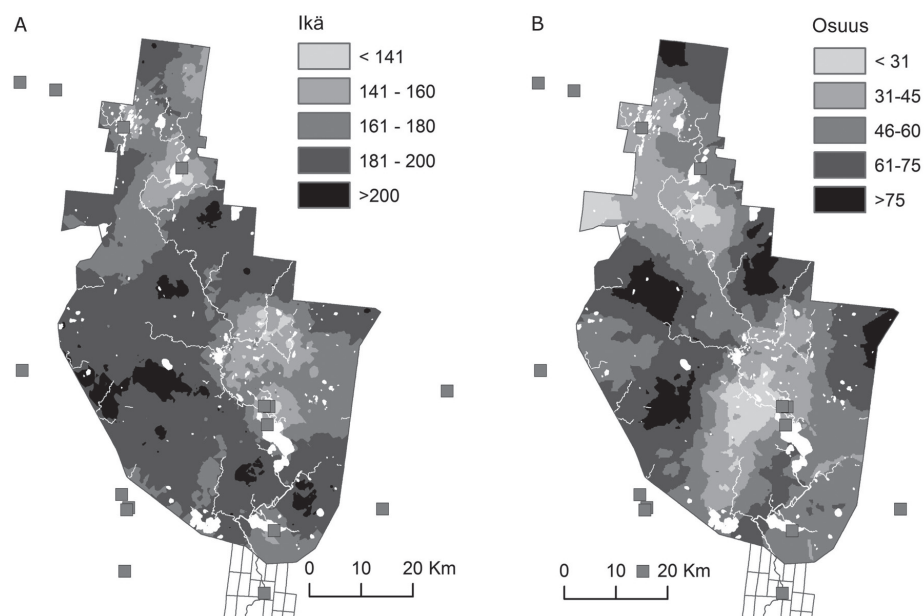
Euroopan yksi laajoista yhä säilyneistä luonnontilaisista metsäalueista löytyy Luoteis-Venäjältä, Karjalan tasavallan ja Arkangelin läänin rajamailta, alueelta, jossa sijaitsee vuonna 1991 perustettu Vodlajärven kansallispuisto. Se on yksi Euroopan suurimmista kansallispuistoista, pinta-alaltaan 4734 km² kattava pohjoisessa Ileksa-joen valuma-alueen

ja etelässä Vodlajärven rantavyöhykkeineen. Noin 40 prosenttia puiston pinta-alasta on boreaalista metsää.

Selvitimme alueen historiallisten kylien sijainnit ja asukasluvun kukoistuskautena 1900-luvun alussa. Analysoimme metsien rakennetta inventointiaineistoja hyödyntäen. Inventointiaineistosta selvitettiin metsikkötasolla puulajisuhteet, puuston tilavuus ja ikä suhteessa etäisyyteen kylistä niiden lähiympäristössä vyöhykkeittäin (0–5 km) sekä ruudukko-otamalla laajassa mittakaavassa (0–20 km). Tavoitteenamme oli, että yhdistämällä tiedon menneestä asutuksesta ja nykypäivän metsien rakenteesta, saamme tietoa siitä, miten ihmistoiminta on vaikuttanut maiseman rakenteeseen ja miten se on muuttunut kylien autioituttua.

Käytössämme oli vuoden 1905 väestönlaskun tiedot, joiden perusteella tunnistimme asutut kylät ja niiden väkiluvun. Suurin osa seutukunnan kylistä tyhjennettiin vuonna 1958. Vodlajärven eteläpäässä sijaitseva alueen keskus Kuganavolok on nykyisin ainoa isompi pysyvästi asuttu kylä. Vodlajärven kansallispuiston metsät inventoitiin puiston perustamisen jälkeen vuosina 1995–1996. Metsien rakenteen analyysimme perustui näihin inventointitietoihin. Inventoinnissa metsiköt oli luokiteltu venäläisen metsäluokittelun mukaisesti kasvillisuustyyppeihin.

Analysoimme metsien rakennepiirteet kuuden entisen kylän ympäristöstä vyöhykkeittäin (0,0–0,5 km; 0,5–1 km; 1–2 km; 2–3 km; 3–4 km; 4–5 km) ja metsätyypeittäin. Puuston ikä, tilavuus, koivun osuus ja kuusen osuus laskettiin vyöhykkeittäin metsäkuvioiden pinta-alalla painotettuna keskiarvona. Suurmaiseman analyysin toteutimme käyttäen puiston laajan pohjoisosan (3443 km²) puustotietoja siten, että valitsimme systemaattisesti 352 mustikkatyyppin metsikköä, jotka muodostivat ruudukkomaisen hilan. Näistä metsiköistä analysoimme samat puustotiedot kuin kylien lähimaiseman kohdalla. Lisäksi määritimme metsiköiden etäisyyden lähimpään entiseen kylään puistossa tai sen ulkopuolella.



Kuva 1. Mineraalimaan metsien ikä ja kuusen osuus puustosta Vodlajärven kansallispuiston pohjoisosassa spatiaalisen interpoloinnin perustella. Entisten kylien sijainti on osoitettu harmailla neliöillä.

Kylien ympäristöstä tavattiin kahdeksaa eri metsätyyppiä, joista mustikkatyyppin mineraalimaan metsät olivat vallitsevia eteenkin lähellä kyliä (0–1 km; 70%). Kauempana kylistä niiden osuus oli hieman pienempi (42–52%). Karhunsammalkorvet ja sararämeet olivat kaksi muuta vallitsevaa puustoista kasvillisuustyyppiä. Kylien vaikutus näkyi näiden kolmen puustoisen kasvillisuustyyppin metsien ikärakenteessa siten, että puuston keski-ikä vanheni kylien lähistön noin 100 vuodesta etäisimpien vyöhykkeiden noin 200 vuoteen. Samalla mineraalimaan metsissä etäisyyden kasvaessa kylistä myös puuston keskitilavuus kasvoi noin 150 m³/ha:sta noin 30%. Puulajisuhteissa koivun osuus väheni 1–2 km päässä kylistä noin 35%:sta noin 5%:in ja kuusen osuus kasvoi noin 25%:sta lähes 60%:iin.

Kylien vaikutus, jota tutkittiin regressioanalyysin avulla, näkyi myös kansallispuiston pohjoisosan suurmaisemassa. Kylien vaikutus metsien keski-ikään hävisi nopeasti jo muutaman kilometrin matkalla, mutta puulajisuhteiden osalta kylien vaikutus kuusen runsauteen ulottui jopa 15–20 km päähän. Kuusen keskimääräinen osuus puustosta kasvoi selvästi 15 km etäisyyden jälkeen ja oli runsaimmillaan

metsiköissä, jotka sijaitsivat yli 20 km päässä puiston ja sen lähiympäristön vanhoista kylistä. Kylien vaikutusta metsien ikään ja kuusivaltaisuuteen on havainnollistettu spatiaalisen interpoloinnin avulla kuvassa 1.

Metsien inventointiaineisto osoittaa, että menneen asutuksen vaikutus puiston metsissä oli edelleen näkyvissä jopa 38 vuotta kylien tyhjentämisen jälkeen. Kylien asukkaiden puun käyttö lämmitykseen sekä rakennuspuuna kuin myös mahdollinen lyhytkiertoinen kaskeaminen näkyi yhä selkeästi puuston iässä ja tilavuudessa aina 2 km etäisyydelle asti kylistä. Tämä ei sinänsä ollut yllättävää, koska tulos oli ennakoitavissa myös aikaisempien Vienan-Karjalassa tehtyjen tutkimusten perusteella.

Sitä vastoin suurmaisematasolla havaittu asutukseen vaikutus kuusen osuuteen puustosta oli yllättävää. Kuusen voimakasta runsastumista 15 km päässä kylistä on vaikea selittää muulla kuin sillä, että alueen aiempi asutus on johtanut lisääntyneeseen metsäpalojen määrään kyliä ympäröivällä alueella. Tämä on voinut olla joko metsien tarkoituksellista kaskeamista ja siitä seurannutta tahatonta palojen leviämistä lähimetsiin. Myös muu kyliä ympäröivässä

maastossa liikkuminen (heinänteko luonnonniityillä, marjastus, metsästys, kalastus) on todennäköisesti osaltaan lisännyt metsäpalojen määrää asutetulla alueella.

Arvioitaessa asutuksen vaikutusta metsien rakenteeseen yleisemmin, on syytä muistaa, että tutkimusalue ja etenkin sen pohjoisosa on ollut hyvin harvaan asuttua. Alueen asukastiheys on ollut alle 2 henkeä neliökilometrillä. Tiheimmin asutetuilla alueilla ihmistoiminnan vaikutus metsien rakenteeseen ja puulajisuhteisiin suurmaisematasolla on todennäköisesti ollut paljon voimakkaampi. Tutkimuksen perusteella voidaan päätellä aikaisemmalla maankäytöllä ja asutuksella olevan pitkäaikaisia vaikutuksia metsämaiseman rakenteeseen ja boreaalisen metsämaiseman palautumiseen täysin luontaiseen tilaan. Se voi kestää hyvin pitkään – jopa vuosisatoja.

Lähteet

- Huttunen P. (1980). Early land use, especially the slash-and-burn cultivation in the commune of Lammi, southern Finland, interpreted mainly using pollen and charcoal analyses. *Acta Botanica Fennica* 113: 1–45.
- Lilja S. & Kuuluvainen T. (2005). Structure of old *Pinus sylvestris* dominated forest stands along a geographic and human impact gradient in mid-boreal Fennoscandia. *Silva Fennica* 39: 407–428.
- Pitkänen A., Huttunen P., Jugner H. & Tolonen K. (2002). A 10 000 year local forest fire history in a dry heath forest site in eastern Finland, reconstructed from charcoal layer records of a small mire. *Canadian Journal of Forest Research* 32: 1875–1880.
- Tikkanen O.-P., Ruokolainen A. & Heikkilä R. (2014). Recovery of boreal forest near abandoned villages in western White Sea Karelia, Russia. *Scandinavian Journal of Forest Research* 29: 152–161.
- Östlund L., Zackrisson O. & Axelsson A.L. (1997). The history and transformation of a Scandinavian boreal forest landscape since the 19th century. *Canadian Journal of Forest Research* 27: 1198–1206.

■ Olli-Pekka Tikkanen, Itä-Suomen yliopisto, metsätieteiden osasto, Joensuu; Irina A. Chernyakova, Petroskoin valtion yliopisto, historian laitos, Petroskoi, Venäjä
Sähköposti olli-pekka.tikkanen@uef.fi

Marjut Turtiainen

Mustikka- ja puolukkasatojen mallintaminen Suomessa: Erilaisia lähestymistapoja laatia malleja metsäsuunnittelulaskelmia varten

Seloste väitöskirjasta: Turtiainen, M. 2015. Modelling bilberry and cowberry yields in Finland: different approaches to develop models for forest planning calculations. *Dissertationes Forestales* 185. 56 sivua + 5 osajulkaisua. <http://dx.doi.org/10.14214/df.185>

Luonnonmarjojen poiminta on alkuperäinen, olennainen ja pysyvä osa suomalaista kulttuuria. Vastikään tehdyn laajan virkistyskäyttötutkimuksen mukaan marjastusta harrastaa lähes 60% suomalaisista, ja se on yksi suosituimmista ulkoiluharrastuksista kävelylenkkeilyyn ja luonnon vesissä uinnin jälkeen. Marjastuksen suosioon vaikuttaa epäilemättä jokamiehenoikeus, joka on Suomessa poikkeuksellisen laaja moniin muihin maihin verrattuna.

Virkistäytymisen ohella marjastuksesta saadaan taloudellista hyötyä. Marjoja poimitaan runsaasti kotitalouksien omaan käyttöön ja myyntiin, ja joillekin ihmisille marjojen myynnistä saatavat verovapaat ansiot ovat merkittävä lisätulonlähde. Luonnonmarjoilla on myös monia terveyttä edistäviä vaikutuksia, ja viime vuosina kiinnostus niitä kohtaan on kasvanut niin Suomessa kuin ulkomaillakin.

Myös metsänomistajat arvostavat puuntuotannon ohella yhä enemmän metsiensä tuottamia muita hyötyjä, kuten metsämarjoja, ja haluavat ottaa ne huomioon metsänkäsitelyssä. Jotta metsänomistajien arvot ja tavoitteet voitaisiin huomioida metsäsuunnittelulaskelmissa, tarvitaan numeerisia malleja erilaisille metsän hyödyille, kuten marjasadoille. Marjasatomallien ei välttämättä tarvitse ennustaa absoluuttisia satoja (kg/ha) – olennaisempaa on tietää, kuinka hyvä tulevaisuuden marjantuotos on verrattuna nykyiseen marjantuotokseen. Mallien perusedellytyksenä on kuitenkin se, että niissä käytetään selittäjinä sellaisia puusto- ja kasvupaikkatun-

Taulukko 1. Eri osatutkimusten mallinnusaineistoihin ja -menetelmiin liittyviä perustietoja.

Osa-tutkimus	Laji ¹	Alue ²	Lähestymistapa ³	Aineisto	Mallinnusmenetelmä
I	mu, pu	Itä- ja Keski-Suomi	as.	27 as.tuntijaa; kukin arvioi 100 metsikköä ^{4,5}	Pareittaisiin vertailuihin perustuva regressiotekniikka
II	mu, pu	Itä-Suomi	as.	3 as.tuntijaa, yhteensä 627 metsikköä ^{5,6}	Lineaarinen regressioanalyysi
III	mu, pu	Itä-Suomi	emp.	Yhteensä 362 satomittausta pysyviltä koealoilta (v. 1981–1984) ⁵	Sekamallitekniikka
IV	mu, pu	Koko maa	as.	266 as.tuntijaa; kukin arvioi 117 metsikköä ^{5,7}	Lineaarinen regressioanalyysi, sekamallitekniikka
V	pu	Koko maa	emp.	34 metsikköä, joilta sato-mittauksia v. 2001–2012 ⁸	Yleistetty lineaarinen sekamalli

¹ Marjalaji, jolle satomalli laadittiin (mu = mustikka, pu = puolukka).

² Alue, jolta tutkimusaineisto kerättiin / oli kerätty.

³ Lähestymistapa, jota mallinnuksessa käytettiin (as. = asiantuntijamallinnus, emp. = empiirisiin mittauksiin perustuva mallinnus).

⁴ Asiantuntijoina toimivat metsäammattilaiset (7 henkilöä), marjastajat (10) ja luontoyhdistyksen jäsenet (10).

⁵ Arviointi / mittaus tehtiin erikseen mustikalle ja puolukalle.

⁶ Asiantuntijoina toimivat Pohjois-Karjalan metsäkeskuksen suunnittelijat.

⁷ Asiantuntijoina toimivat metsäammattilaiset kaikista Suomen metsäkeskuksista.

⁸ Metsiköissä pysyviä koeruntuja, joilta kypsien marjojen lukumäärä oli inventoitu tutkimusjakson aikana yht. 193 kertaa (ts. kussakin metsikössä oli tehty keskimäärin 5,7 vuotuisia marjasatoinventointia).

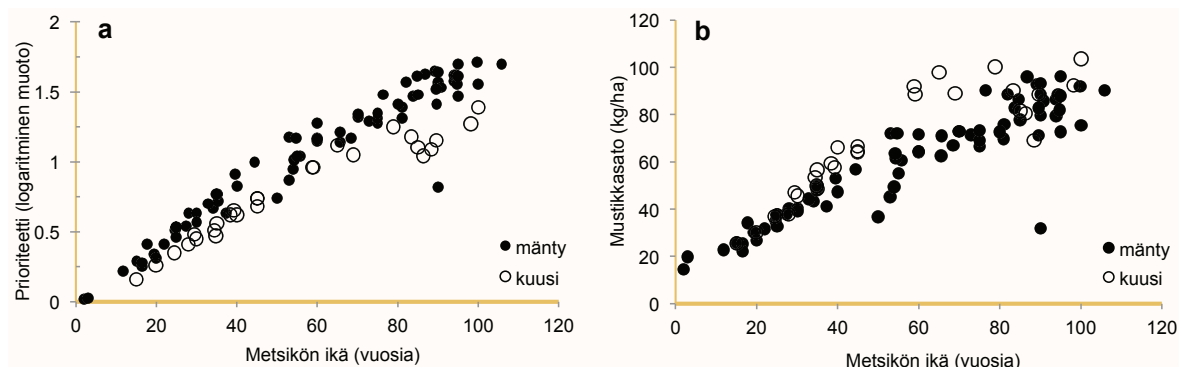
nuksia, joita arvioidaan yleisesti metsäsuunnittelun yhteydessä.

Marjasatomallien laadinnassa voidaan käyttää periaatteessa kahta erilaista lähestymistapaa: voidaan mallintaa i) empiirisiä marjasatomittauksia tai ii) asiantuntijatietämystä. Ensiksi mainitussa lähestymistavassa maastoon perustetuilta koealoilta mitataan tutkimuksen kohteena olevan marjalajin marjasato ja lisäksi mitataan koealan metsikkötunnukset, ja tähän aineistoon sovitetaan malli. Asiantuntemuksen mallinnus puolestaan perustuu oletukseen, että kokeneilla marjastajilla ja metsäalan ammattilaisilla on selkeä käsitys siitä, millaiset metsiköt tuottavat parhaat marjasadot ja millaisista metsiköistä marjoja ei saa. Mallinnuksessa asiantuntijoiden antamia metsikkökohtaisia marjasatoarvioita selitetään kasvupaikka- ja puustotunnuksilla, jotka on mitattu etukäteen maastossa. Asiantuntijatietämystä hyödynnetään mallinnuksessa lähinnä siksi, että asiantuntijaa-aineiston kerääminen on melko helppoa ja nopeaa, kun taas empiiristen marjasatomittausten tekeminen (miehellään pysyvillä koealoilla useana vuotena peräkkäin) on työlästä, aikaa vievää ja kallista.

Väitöskirjatyön tavoitteena oli laatia satomalleja kahdelle Suomen tärkeimmälle luonnonmarjalajille, mustikalle ja puolukalle. Tavoitteena oli laatia erityisesti sellaisia malleja, joita voidaan hyödyntää monitavoitteisen metsäsuunnittelun laskelmissa.

Väitöskirjatyö koostui viidestä eri osatutkimuksesta. Malleja laadittiin käyttäen sekä asiantuntijatietoon (osatutkimukset I, II, IV) että empiirisiin mittauksiin (III, V) perustuvia lähestymistapoja (taulukko 1). Asiantuntijatietämystä hyödyntävissä osatutkimuksissa käytettiin erilaisia aineistonkeruumenetelmiä: asiantuntijat arvioivat erilaisten metsiköiden marjantuotoskykyä i) valokuvien perusteella (osatutkimus I), ii) visuaalisesti maastossa (II) ja iii) kyselylomakkeiden perusteella (IV). Empiirisissä osatutkimuksissa aineisto kerättiin myös erilaisin menetelmin: marjasatomittauksia tehtiin i) systemaattisesti sijoitetuilla koealoilla (III) ja ii) hyväksi havaituissa marjametsiköissä (V). Aineiston tilastollinen analysointi ja mallinnusmenetelmä vaihtelivat osatutkimuksesta toiseen (taulukko 1). Väitöskirjatyön toinen tavoite olikin testata erilaisia aineistonkeruumenetelmiä ja mallinnustekniikoita, ja arvioida niiden käyttökelpoisuutta.

Osatutkimusten I–IV mallit laadittiin siten, että ne ennustavat satoa keskimääräisenä satovuotena. Osatutkimuksen V satomallilla ennustetaan paitsi keskimääräistä vuotuisia puolukkasatoa myös puolukkasatojen ajallista (vuosittaista) vaihtelua. Kyseisessä puolukan satomallissa käytettiin selittäjänä metsikkötunnusten ohella myös puolukan esiintymisen runsautta kuvaavaa peittävyttä. Peittävyysarvioille johdettiin oma mallinsa hyödyntäen



Kuva 1. Kahdella eri mustikkasatomallilla lasketut ennusteet tuoreen kankaan mänty- ja kuusivaltaisille Pohjois-Karjalassa sijaitseville metsiköille. Mallit perustuvat a) valokuvien ja b) kyselylomakkeiden perusteella tehtyihin asiantuntija-arvioihin.

valtakunnan metsien inventoinnin pysyviltä koealoilta vuonna 1995 kerättyä kasvillisuusaineistoa.

Osatutkimusten I–III mallit ovat alueellisia, koska aineisto oli alueellinen (kerätty Itä- ja Keski-Suomen alueilta) (taulukko 1). Osatutkimuksessa IV määriteltiin ne yhden tai usean metsäkeskuksen muodostamat alueet, joille johdettiin omat satomallinsa (mustikalle ja puolukalle erikseen). Mustikan tapauksessa päädyttiin seuraavaan aluejakoon: Kainuu vs. muu Suomi. Puolukan tapauksessa Suomi jaettiin kahteen alueeseen seuraavasti: Pohjois-Karjala, Kainuu ja Lappi vs. muu Suomi. Osatutkimuksen V mallit ovat valtakunnallisia.

Kaikkien osatutkimusten mallit laadittiin metsämaan kivennäismaille. Osatutkimuksen II aineisto mahdollisti mustikka- ja puolukkasatomallien laatimisen myös rämeille ja korville. Nämä mallit ovat kuitenkin melko alustavia, eikä niiden tuloksia esitellä tässä.

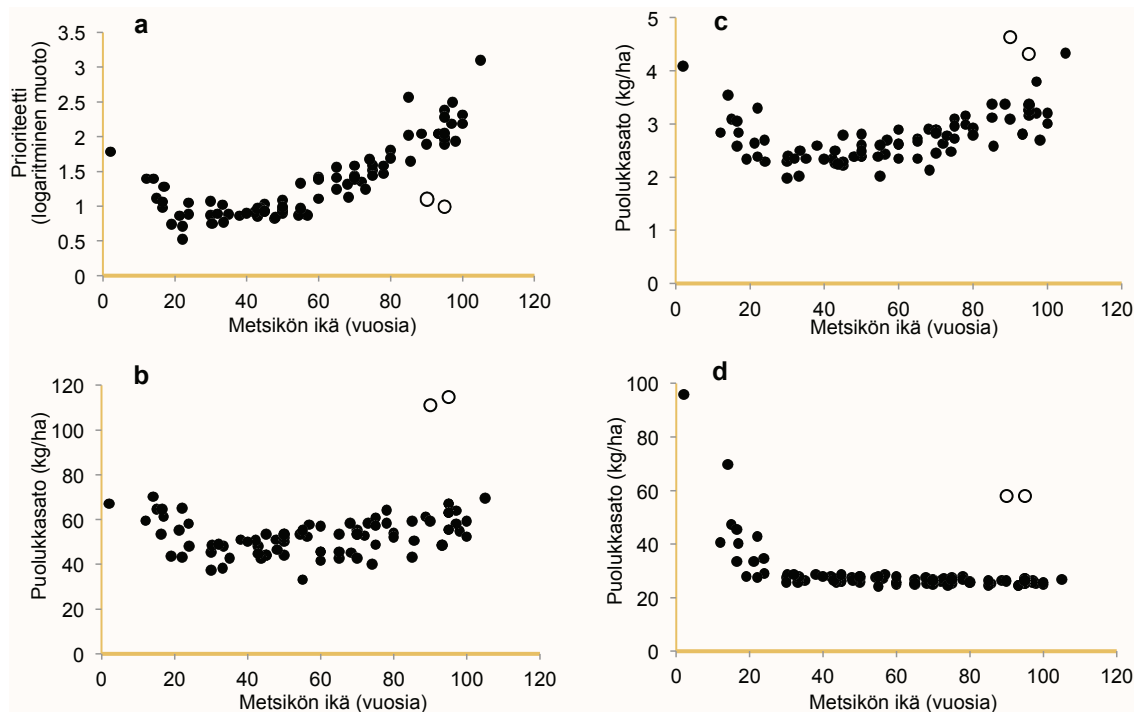
Mustikkamallien mukaan tuoret ja kuivahkot kankaat ovat satoisimpia mustikkamaita. Metsikön iällä on positiivinen vaikutus mustikkasatoon (poikkeuksena osatutkimuksessa IV laadittu Kainuun mustikkamalli, joka osoittaa mustikkasadon lievästi vähenvän metsikön iän myötä). Mallien mukaan parhaat mustikkasadot voi löytää uudistuskypsistä, harvakoista metsistä (kuva 1). Se, miten metsikön puulaji vaikuttaa mustikan tuotokseen, on hieman epäselvää. Yleensä kuitenkin mustikat viihtyvät ja tuottavat hyvän sadon havupuuvaltaisissa metsiköissä.

Puolukka on harvojen ja valoisien mäntykankaiden laji, mikä ilmeni selvästi myös väitöskirjatyön

tuloksista. Kasvupaikoista kuivahkot ja sitä kuivemmat kankaat ovat parhaita puolukkamaita. Näillä kasvupaikoilla metsikön kehitysvaiheen ja puolukan tuotoksen väliset riippuvuudet eivät olleet samanlaisia eri osatutkimuksissa: joidenkin osatutkimusten mallit korostavat avohakkuualueiden, pienten taimikoiden ja siemenpuumetsiköiden satoja, kun taas toisten osatutkimusten mallit antavat hyviä satoja paitsi kiertoajan alun metsiköille, myös harvoille uudistuskypsille metsiköille (kuva 2). Tätä asiaa on syytä selvittää vielä jatkotutkimuksin. Muutoin tämän työn tulokset metsikkötunnusten ja mustikan ja puolukan tuotoksen välisistä riippuvuuksista olivat suurelta osin yhtäläisiä aikaisempien tutkimustulosten kanssa.

Väitöskirjatyö osoitti, että asiantuntemuksen mallinnus on varteenotettava keino laatia satomalleja eri luonnonmarjalajeille, vaikka tätä lähestymistapaa on usein kritisoitu asiantuntija-arvioihin liittyvien epävarmuustekijöiden vuoksi. Tämän tutkimuksen havainto rohkaisee hyödyntämään asiantuntemusta, kun muille metsien ei-puuaineisille tuotteille laaditaan malleja. Erityisesti visuaalisiin maastohavaintoihin perustuva menetelmä osoittautui lupaavaksi menetelmäksi myös muita sovelluksia ajatellen.

Tutkimuksessa laadittujen mallien ensisijaisena käyttötarkoituksena on toimia monitavoitteisen metsäsuunnittelun apuvälineenä. Ne ovat rakenteeltaan melko yksinkertaisia ja jättävät huomioimatta monia tärkeitä marjasatoon vaikuttavia tekijöitä, kuten sääolosuhteet tai pölytyksen onnistumisen. Kuitenkin ne sisältävät olennaisimman tiedon käytännön



Kuva 2. Neljällä eri puolukkasatomallilla lasketut ennusteet kuivahkon kankaan mäntyvaltaisille Pohjois-Karjalassa sijaitseville metsiköille. Mallit perustuvat a) valokuvien ja b) kyselylomakkeiden perusteella tehtyihin asiantuntija-arvioihin sekä c) Itä-Suomessa ja d) koko maan alueella tehtyihin marjasatomittauksiin. ○ siemenpuumetsiköt ● muut metsiköt.

metsäsuunnittelun kannalta: ne ilmaisevat kuinka erilaiset metsänkäsittelytoimenpiteet vaikuttavat marjasatoihin. Mallit osoittavat, että harvennushakkuilla voidaan lisätä sekä puolukan että mustikan tuotosta. Avohakkuun seurauksena mustikkasadot romahtavat, mutta puolukka marjoo hyvin myös uudistusaloilla.

Tutkimuksen malleja voidaan hyödyntää myös muihin tarkoituksiin. Malleja, jotka ennustavat marjasadon suuruutta kiloina hehtaaria kohden, voidaan käyttää arvioimaan tietyn maantieteellisen alueen luonnonmarjavarjoja. Malleja täytyy kuitenkin ensin kalibroida, sillä jotkut mallit tuottavat yliarvioita kun taas toiset mallit aliarvioivat satoja (ks. esim. kuva 2). Näin on itse asiassa jo tehtykin. Osatutkimuksen IV alueelliset mustikka- ja puolukkasatomallit on kalibroitu aikaisempien empiiristen marjasatotutkimusten avulla tuottamaan mahdollisimman tarkkoja ennusteita keskinkertaiselle satovuodelle, ja näillä kalibroituilla malleilla on laskettu Suomen kangasmetsien alueelliset ja valtakunnalliset mustikka- ja

puolukkasadot. Laskelmien mukaan Suomen kangasmetsien vuotuinen mustikkasato on keskimäärin 168 miljoonaa kiloa ja puolukkasato 244 miljoonaa kiloa. Tulevaisuudessa satomalleja voidaan hyödyntää myös esimerkiksi marjastajien avuksi tehtävien marjastuskarttojen laatimisessa.

Kirjallisuutta

- Sievänen, T. & Neuvonen, M. (toim.). 2011. Luonnon virkistyskäyttö 2010. Metlan työraportteja 212. 190 s.
- Turtiainen, M., Salo, K. & Saastamoinen, O. 2005. Satomalleilla lasketut Suomen kangasmetsien alueelliset ja valtakunnalliset mustikka- ja puolukkasadot. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. Tiedonantoja 167. 44 s.

■ MMT Marjut Turtiainen, Itä-Suomen yliopisto, metsätieteiden osasto, Joensuu
Sähköposti marjut.turtiainen@uef.fi

Katri Himanen ja Markku Nygren

Kuusen siementen liotus- lajittelu vaikuttaa paakku- taimien laatuun ja kokoon

Seloste artikkelista: Himanen K., Nygren M. (2015). Seed soak-sorting prior to sowing affects the size and quality of 1.5-year-old containerized *Picea abies* seedlings. *Silva Fennica* 49(3), article id 1056.

<http://dx.doi.org/10.14214/sf.1056>

Kuusen 1,5- tai 2-vuotiaiksi kutsutut taimet ovat tällä hetkellä yleisin metsäviljelyssä käytetty paakkutaimityyppi. Näiden taimien kasvatus alkaa juhannuksen aikoihin tehtävällä kylvöllä ja niitä kasvatetaan ensimmäisen vajaaksi jäävän kasvukauden lisäksi myös seuraava kesä. Itämisolosuhteet ovat näillä 1,5-vuotiailla taimilla erilaiset varhain keväällä kylvettäviin 1-vuotiaisiin kuusen taimiin verrattuna. Keskikesällä lämpötilat nousevat muovihuoneessa helposti yli 30 °C, mikä hidastaa itämistä.

Kuusen siemeniä voidaan liottaa vedessä ennen kylvöä itämisen jouduttamiseksi. Yksinkertaisimmillaan siemeniä pidetään 12–24 tuntia huoneenlämpöisessä tai viileämmässä vedessä ja vettä voidaan ilmastaa akvaariopumpulla tai vastaavalla laitteella. Ilmastus pitää siemenet liikkeessä tasaisemman veden imeytymisen takaamiseksi ja hapettaa vettä. Liotukseen voidaan myös yhdistää siementen lajittelu. Hyönteistoukan sisältävät, tyhjtät ja vaurioituneet siemenet kelluvat, joten liotuksen

jälkeen pinnalle jäävät siemenet voidaan poistaa ja näin parantaa kylvöerän laatua.

Liotuksen on aiemmissa tutkimuksissa todettu jouduttavan itämistä 1,5–2 vuorokautta. Tämä on havaittu sekä laboratorio-olosuhteissa että 1-vuotiailla kuusen taimilla taimitarhalla. Aikaisemmin tapahtuva itäminen pidentää taimien kasvu-aikaa ja vaikuttaa näin ollen taimien kokoon. Menetelmää ja lajittelun vaikutusta ei kuitenkaan ole testattu 1,5-vuotiailla taimilla. Tutkimuksessa selvitettiin 15 tunnin ilmastetun liotuksen jälkeen kelluneiden ja pohjaan painuneiden siementen laatua röntgenkuvauksella sekä sitä, kuinka paljon liotus aikaistaa orastumista taimitarhaolosuhteissa. Lisäksi tutkittiin kuinka käsittely vaikuttaa myyntikelpoisten taimien osuuteen sekä taimien morfologiaan. Tutkimuksessa käytettiin kahta kaupallista metsikkösiemenettä.

Kaikki uponneet (pohjafraktio) siemenet olivat röntgenkuvauksen perusteella täysiä ja vauriottomia. Pinnalle jääneistä (pintafraktio) siemenistä 2 % ja 13 % sisälsi siemenkiilukaistoukan (*Megastigmus strobilobius* Ratzeburg) siemenestä riippuen. Vajaasti tuleentuneita siemeniä oli 8 % ja 11 %, niin ikään siemenestä riippuen.

Pohjafraction siemenet orastuivat, eli taimet ilmaantuivat turpeen pinnan yläpuolelle, 2,5–3,5 vuorokautta kuivana kylvettyjä kontrollisiemeniä aiemmin. Pohjafraction siemenistä kasvaneet taimet olivat pintafraktion tai kontrollisiementen taimia kookkaampia sekä ensimmäisen että toisen kasvukauden päätteeksi. Käsittelyn seurauksena taimet olivat pidempiä, niiden tyviläpimitta oli suurempi ja verson sekä juuriston kuivamassa olivat suurempia kuin kontrollitaimissa. Taimen koko, erityisesti

Taulukko 1. Kuusen 1,5-vuotiaiden paakkutaimien keskimääräinen orastumisaika (\pm SE) taimitarhalla sekä taimien lopullisen pituuden, läpimitan, verson ja juuriston kuivamassan malliennusteet (\pm SE). Kontrollitaimien siemenet kylvettiin varastokuivina. Pohja- ja pintafraktion siemeniä liotettiin 15 h ilmastetussa vedessä ja ositteet erotettiin tämän jälkeen.

Orastumisaika, vrk	Siemenenä A			Siemenenä B		
	Kontrolli 16,9 (\pm 0,4)	Pohjafraktio 14,3 (\pm 0,1)	Pintafraktio 15,4 (\pm 0,2)	Kontrolli 18,0 (\pm 0,5)	Pohjafraktio 14,4 (\pm 0,1)	Pintafraktio 15,1 (\pm 0,2)
Pituus, cm	29,7 (\pm 0,31)	31,5 (\pm 0,29)	29,9 (\pm 0,36)	28,4 (\pm 0,31)	30,4 (\pm 0,30)	29,8 (\pm 0,32)
Läpimitta, mm	3,30 (\pm 0,11)	3,49 (\pm 0,11)	3,41 (\pm 0,11)	3,27 (\pm 0,11)	3,45 (\pm 0,11)	3,38 (\pm 0,11)
Verson kuivamassa, g	2,96 (\pm 0,09)	3,30 (\pm 0,09)	3,11 (\pm 0,09)	2,76 (\pm 0,09)	3,09 (\pm 0,09)	2,91 (\pm 0,09)
Juuriston kuivamassa, g	0,83 (\pm 0,03)	0,94 (\pm 0,03)	0,92 (\pm 0,03)	0,79 (\pm 0,03)	0,89 (\pm 0,03)	0,92 (\pm 0,03)



Kuva 1. Taimet kasvatettiin osana kaupallista taimierää. Koearkit on merkitty valkoisin liuskoin. Taimierän alkukasvatus tapahtui muovihuoneessa ja toisen kasvukauden taimet viettivät ulkona kasvatuskentällä. Kuva: Katri Himanen

tyviläpimitta ennustaa taimen maastomenestymistä: tanakat taimet selviävät ohuita paremmin hengissä ja ne kasvavat nopeammin istutuksen jälkeen. Myyntikelpoisten taimien osuus oli neljä prosenttiyksikköä suurempi pohjafraktiosta kasvatetuissa taimissa verrattuna pintafraktiosta kasvatettuihin sekä kontrollitaimiin.

Orastumisajankohta aikaistui ja taimien koko kasvoi 1,5-vuotiailla taimilla enemmän kuin aiemmin tutkituilla 1-vuotiailla taimilla. Liotuksen vaikutukset vaihtelevat näin ollen taimilajista ja kasvuolosuhteista riippuen. Tutkimuksen perusteella kylvöerästä on mahdollista poistaa itämättömiä siemeniä kylvämällä ainoastaan pohjafraktiosta siemenet. Tällöin menetetään jonkin verran itävää siementä, mutta taimisaanto vastaavasti kasvaa.

Kirjallisuus

- Himanen, K., Helenius, P. & Nygren, M. 2010. Liotuskäsittelyiden vaikutus kuusen siementen itämiseen. *Metsätieteen aikakauskirja* 2/2010: 103–114.
- Himanen, K., Lilja, A., Rytönen, A. & Nygren, M. 2013. Soaking effect on seed germination and fungal infection in *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 28(1): 1–7.
- Himanen, K. & Nygren, M. 2014. Effects of seed pre-soaking on the emergence and early growth of containerized Norway spruce seedlings. *New Forests* 45(1): 71–82.

N Katri Himanen & Markku Nygren, Luke, Suonenjoki
Sähköposti katri.himanen@luke.fi

Mikko Moilanen, Jyrki Hytönen,
Hannu Hökkä ja Anssi Ahtikoski

Lannoituksen puustovaikutukset ja kannattavuus puolukkaturvekankaan männikössä

Seloste artikkelista: Moilanen, M., Hytönen, J., Hökkä, H. & Ahtikoski, A. (2015). Fertilization increased growth of Scots pine and financial performance of forest management in a drained peatland in Finland. *Silva Fennica* 49(3), article id 1301.

<http://dx.doi.org/10.14214/sf.1301>

Ravinteiden puutokset voivat rajoittaa puiden kasvua ojitetuilla soilla. Ravinnetalousongelmat ovat yleisimpiä II-typin puolukka- tai mustikkaturvekankailla, jotka luonnontilassa ovat olleet rämien ja nevan sekatyyppejä tai puuttomia avosoita. Tällaisilla kasvupaikoilla puuntuotospotentiaali on turpeen runsaiden typpivarojen (N) ansiosta korkea, mutta puut kärsivät fosforin (P) heikosta saatavuudesta ja kaliumin (K) niukkuudesta. Ravinnehäiriöisiä alueita arvioidaan olevan 1–2 milj. hehtaaria, mikä on neljäsosa maamme metsäojitetusta pinta-alasta.

Aiempien tutkimusten mukaan fosfori-kaliumlisäys parantaa runsastyyppisillä turvekankailla puiden ravinnetilaa ja voimistaa merkittävästi puiden kasvua. Kuitenkaan tuloksia lannoituksen vaikutuksesta harvennuspoistumaan ja/tai puuston määrään päte-hakkuussa ei ole aiemmin esitetty. Tämän kaltainen tieto on avainasemassa arvioitaessa lannoitusinvestoinnin kannattavuutta.

Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin lannoituksen vaikutusta männyn ravinnetilaan ja runkopuun tuotokseen puolukkaturvekankaan (PtkgII) ojitusalueella. Siikajoella sijaitseva paksuturpeinen sararäme oli ojitettu 1930-luvulla. Mäntyvaltainen puusto oli lannoitusvuonna 1985 nuorta kasvatusmetsikköä. Neulasanalyysi osoitti puuston potevan voimakasta fosforin ja kaliumin puutosta, mutta typen

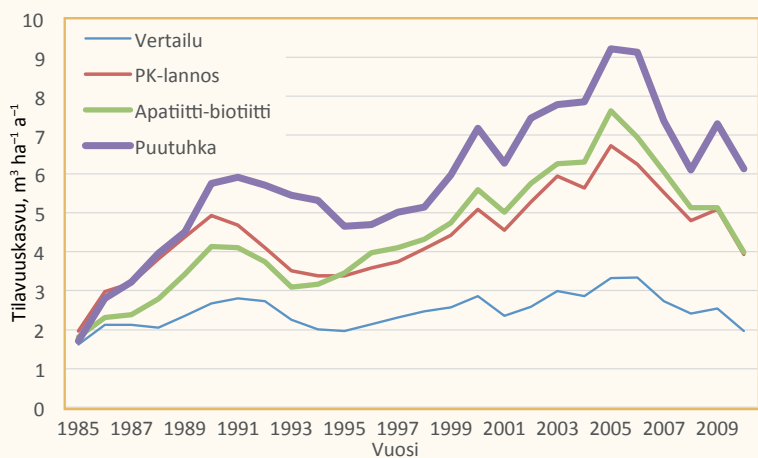
puutetta ei esiintynyt yhtenäkkään neulasanalyysin ajankohtana. Lannoituskäsittelyissä olivat mukana eri yhdistelminä lähes kaikki nykyäänkin suomeen suositellut vaihtoehdot: suometsien PK-lannos, apatiitti+biotiitti, puutuhka, kuhunkin edelliseen lannoitukseen lisäksi typpi sekä lannoittamaton kontrolli. Seitsemän lannoituskäsittelyä toistettiin kuudesti 0,1–0,2 hehtaarin kokoisilla koealoilla.

Lannoituksen vaikutus puiden ravinnetilaan selvitettiin neulasanalyysillä 9, 14 ja 26 vuoden kuluttua toimenpiteestä. Metsikön vuotuinen tilavuuskasvu kokeen perustamista edeltäneeltä ajalta tutkimusjakson loppuun määritettiin kairausmenetelmällä. 26 vuoden kuluttua lannoituksesta metsikkö harvennettiin ja samalla mitattiin koealoittain kokonaispuusto, harvennuspoistuma ja harvennuksen jälkeinen puusto. Harvennuspoistumat (tukkipuu ja kuitupuu erikseen) määritettiin kaikille lannoitusvaihtoehdoille. Hakkuussa sovellettiin metsänhoitosuosituksen mukaisia harvennusmalleja.

Lannoituksen vaikutusta kasvuun testattiin toisittomittauksen varianssianalyysillä. Lannoitusinvestoinnin taloudellista kannattavuutta selvitettiin tutkimusjakson lopussa realisoituneiden harvennuspoistumien ja kasvamaan jäävän puuston järeystunustusten avulla. Taloustarkastelussa sovellettiin nettotulojen nykyarvosta johdettua vuotuista tasatuottoa (engl. equivalent annual income, EAI). Vuotuisen tasatuoton laskenta mahdollistaa vertailun koealojen välillä, vaikka koealat olisivat alun perin mitattu eri aikaväleihin. Laskelmissa käytettiin nykyhetken puun hintoja ja lannoituskustannuksia.

Kaikki fosforia ja kaliumia sisältäneet käsittelyt (PK-lannos, apatiitti+biotiitti, puutuhka) nostivat männynneulasten P- ja K-pitoisuudet puustosajan yläpuolelle. Vaikutus säilyi merkitsevästi tutkimusjakson loppuun saakka, joskin osalla koealoista puuden K-tila tosin näytti heikentyneen, kun käsittelystä oli kulunut yli 20 vuotta. Typpikäsittely ei vaikuttanut neulasten ravinnepitoisuuksiin.

Käsittelyistä PK-lannos, apatiitti+biotiitti ja puutuhka lisäsivät voimakkaasti puuston kasvua jo 2–4 vuoden aikana (kuva 1). Sen jälkeen puiden kasvunlisäys voimistui asteittain ja saavutti maksiminsa 20 vuoden kuluttua. Kaikki lannoituskäsittelyt lisäsivät merkittävästi puuston tilavuuskasvua lannoittamattoman puuston kasvuun verrattuna. Lannoitetut puut kasvoivat vielä tutkimusjakson lopussa 2–3 kertaa



Kuva 1. Männyn runkotilavuuden kasvun kehitys vuosina 1985–2010. Merkitsevät erot ($p < 0.05$ Bonferroinin testissä): Vertailu vs. PK; Vertailu vs. Apatiitti-biotiitti; Vertailu vs. Puutuhka; PK vs. Puutuhka; Apatiitti-biotiitti vs. Puutuhka.

enemmän kuin vertailupuut, joten puustovasteen voi olettaa jatkuvan merkittävänä koko metsikön jäljellä olevan kasvatusajan.

Puutuhkan tuottama lisäpuumäärä oli suurempi kuin muilla lannoitusvaihtoehdoilla – todennäköisesti siksi, että tuhkakäsittelyn sisältämät ravinnemäärät olivat suuremmat kuin muilla lannoitteilla. Typpilannoitteena käytetyllä ammoniumnitraatilla ei ollut vaikutusta puuston kasvuun.

Puuston kokonaistilavuus tutkimusjakson lopussa oli vertailualalla $93 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ja lannoitetuilla aloilla käsittelystä riippuen $143\text{--}182 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Lannoitusvaikutus näkyi myös puuston järeysmuutoksena, so. suurentuneena tukkipuusuutena. Harvennuspoistuma oli lannoitetuilla aloilla 1,5–2,2-kertainen vertailupuustoon nähden. Kun harvennuksen jälkeinen eli kasvamaan jätetty puusto oli vertailualoilla $48 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, niin lannoitetuilla aloilla se oli $72\text{--}93 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

Kaikki fosforia ja kaliumia sisältävät käsittelyt tuottivat paremman taloustuloksen kuin lannoittamaton vertailu. Tuhkalannoitus osoittautui kannattavimmaksi toimenpiteeksi, riippumatta sovelletusta laskentakorkokannasta (3–5 %). Tuhka oli jopa kolme kertaa kannattavampaa kuin lannoittamaton käsittelyvaihtoehto kun laskennassa sovellettiin vuotuisen tasatuoton kriteeriä (EAI) ja 3 %:n laskentakorkokantaa. Vielä 5 %:n laskentakorkokannalla tuhkakäsittely osoittautui merkittävästi kannattavammaksi kuin lannoittamaton käsittelyvaihtoehto. Lisäämällä typpeä peruslannoitteeseen (esim. PK) taloudellinen tulos huononi, mikä johtui lannoituskustannusten lisääntymisestä samalla kun typpi-

lannoitteella oli vain vähäinen vaikutus puuston kasvuun. Tulos korostaa lannoite- ja kohdevalinnan merkitystä turvekankaiden lannoituksessa.

Tutkimus osoitti ensimmäistä kertaa, että sovellettaessa metsänhoito-ohjeiden mukaista harvennusmallia osa lannoituksen aikaansaamasta lisäkasvusta jää vielä harvennuksen jälkeiseen puustoon ja on täten realisoitavissa päätehakkuussa. Käytännössä tämä tarkoitti, että lannoitetuilla koealoilla harvennuksen jälkeinen puuston tukkipuusuus oli suurempi kuin lannoittamattomien koealojen vastaava. Näin ollen on oletettavaa, että lannoituksen ansiosta myös päätehakkuun ajankohta aikaistuu lannoittamattomaan verrattuna.

Tutkimuskohteen kaltaisilla kasvupaikoilla ravinnetalousongelmat rajoittavat merkittävästi puuntuotosta. Osa pahimmista ravinnehäiriöalueista on syytä jättää metsätalouden ulkopuolelle, mikäli puuston ravinnetaloutta ei hoideta kuntoon lannoituksella. Tutkimuksessa osoitettiin lannoituksen olevan järkevä ja taloudellisesti perusteltu toimenpide puolukka- turvekankaan männikössä, kun fosforin ja kaliumin puutokset rajoittavat puuston kasvua, mutta typpeä on riittävästi. Investointiin sidottu pääoma realisoituu valtaosin seuraavassa harvennuksessa ja samalla lannoitus aikaistaa päätehakkuun ajankohtaa.

■ MMK Mikko Moilanen, Luke Oulu; MMT Jyrki Hytönen, Luke Kannus; MMT Hannu Hökkä, Luke Rovaniemi; MMT Anssi Ahtikoski, Luke Oulu
Sähköposti: mikko.moilanen@luke.fi

Jukka Malinen, Mika Haring,
Harri Kilpeläinen ja Erkki Verkasalo

Hinnoittelumenetelmän vaikutus puuraaka-aineen ohjautumiseen – simulointitarkastelu

Seloste artikkelista: Malinen, J., Haring, M., Kilpeläinen, H. & Verkasalo, E. (2015). Comparison of alternative roundwood pricing systems – a simulation approach. *Silva Fennica* 49(3), article id 1293.

<http://dx.doi.org/10.14214/sf.1293>

Puuraaka-aineen hinta määräytyy avoimilla markkinoilla puunmyyjän ja -ostajan välisissä neuvotteluissa. Suomessa hinnoitteluperusteena käytetään yleisesti ns. tavaralajihinnoittelua, jossa kullakin puutavaralajilla on oma yksikköhintansa. Hintaan vaikuttaa leimikon hakkuutapa, sijainti, puutavaralajisaannot ja laatu, mutta käytännössä hinnoittelutapa kuitenkin keskiarvoistaa puusta maksettavaa hintaa; hyvistä leimikoista maksetaan tyypillisesti jalostukselliseen arvoon suhteutettuna liian vähän, ja jalostusarvoltaan huonoista leimikoista liian paljon.

Tavaralajihinnoittelulle on tarjolla vaihtoehtoja ja kansainvälisessä tarkastelussa voidaan löytää useita erilaisia hinnoittelumenetelmiä. Hinnoittelun perusteena voidaan käyttää katkonnasta riippumatonta puuraaka-aineen määrää (runkohinnoittelu), jota voidaan täydentää järeysperusteisella laatuvaatimuksella (rungonosahinnoittelu). Sekä runkohinnoittelun että rungonosahinnoittelun perusteena on hinnoittelun vapauttaminen toteutuneesta katkonnasta, jolloin puun ostaja voi suorittaa katkonnan vapaasti kulloisenkin markkinatilanteen tai tuotantotarpeiden mukaisesti. Käytettäessä runkohinnoittelua tai rungonosahinnoittelua puun hinta perustuu yleisesti puukaupan yhteydessä tehtäviin puutavaralajisaantoarvioihin.

Katkonnasta riippumattomien hinnoittelumenetelmien lisäksi hinnoittelu voidaan myös perustaa puuraaka-aineen jäännösarvoon, jolloin lopputuotteen hinnasta vähennetään kaikki arvoketjussa ai-

heutuneet kustannukset sekä voitto-odotukset aina puukauppaan saakka. Jäännösarvoperusteista hintaa voidaan kutsua myös puustamaksukyvyksi, eli korkeimmaksi mahdolliseksi hinnaksi joka puusta voidaan maksaa. Jäännösarvoperusteista hinnoittelua voidaan soveltaa tavaralajihinnoittelun perustana, mutta yleisemmin jäännösarvot kuvataan puutavaralajeittaisilla hintalistoilla, joissa puutavaralajikappaleiden läpimitta- ja pituusluokilla on oma hintansa. Malisen ja Kilpeläisen tutkimuksen mukaan jäännösarvoperusteinen hinnoittelu huomioi muita hinnoittelumenetelmiä paremmin leimikon jalostusarvon.

Voidaan olettaa, että ostaja, joka maksaa keskimääräistä pienempää hintaa huonolaatuisista leimikoista ja keskimääräistä korkeampaa hintaa parempilaatuisista leimikoista, häviää tarjouskilpailun huonolaatuisten leimikoiden osalta ja voittaa tarjouskilpailun parempilaatuisten leimikoiden osalta. Suljetuilla, ajallisesti rajatuilla puumarkkinoilla tällä on myös heijastusvaikutukset muihin puunkäytäjiin; parempilaatuinen raaka-aine karkaa heidän ulottuviltaan.

Tutkimuksen tavoitteena oli rakentaa diskreetti (epäjatkua) tapahtumapohjainen simulointimalli, jonka perusteella selvitetään jäännösarvoperusteisen hinnoittelutavan ja keskimääräisiin tavaralajihintoihin pohjautuvan hinnoittelutavan vaikutuksia männyn puuraaka-ainevirtoihin suljetulla hankinta-alueella. Simulointimalli sisälsi neljä tavoitteiltaan erilaista puunostajaa: kaksi suurta metsäteollisuusorganisaatiota ja kaksi yksityistä sahaa. Kaikki puunostajat ostavat ja käyttävät A-laatuista tyvitukkaa, sahatukkaa ja pikkutukkaa. Kaikki myös ostavat kuitupuuta, mutta yksityiset sahat myyvät kuitupuun eteenpäin suurille metsäteollisuusorganisaatioille ilman voittotavoitetta. Puuraaka-aineen laatua kuvaavana muuttujana käytettiin puustamaksukykyä; parempilaatuisesta puutavarasta puustamaksukyky on korkeampi. Lisäksi selvitettiin hinnoittelumallien vaikutusta maksettuun kantohintaan kuutiometriä kohti sekä hinnoittelumallien vaikutusta kaukokuljetusmatkoihin.

Simulointimalli hyödynsi Metsäntutkimuslaitoksessa kerättyä aineistoa, joka sisälsi 577 mitattua ja pystyyn laadutettua mäntypuuta 51 leimikolta. Aineistolle määritettiin läpimitta- ja pituusluokittaiset puutavaralajikertymät apterauksen simu-

lointiohjelmalla, jonka perusteella laskettiin kunkin leimikon puustamaksukyky jäännösarvoperiaatteen mukaisesti.

Simulointimallissa hankinta-alueelle sijoitetaan satunnaisesti leimikkoaineistoon perustuvia leimikoita, joista pyydetään ostajilta puunostotarjouksia. Toimijat käyvät kauppaa peliteorian sääntöjen mukaisesti perustuen suljettuihin tarjouksiin, jossa jokainen ostaja toistensa tarjouksista tietämättä pyrkii tarjoamaan leimikosta niin pienen hinnan kuin suinkin, mutta voittamaan kilpailijan tekemän tarjouksen. Puusta tarjottava hinta määräytyy puustamaksukyvyn ja hinnoittelustrategiakertoimen perusteella. Kertoimen suuruuteen vaikuttaa voittotavoite, toimijoiden välinen kilpailu sekä leimikon ja leimikon sisältämien puutavaralajien tarve osto- ja myyntitilanteella.

Simuloinneissa mallitettiin yhteensä viittä erilaista kilpailutilannetta kuudellatoista hinnoitteluskenaariolla. Kilpailutilanteessa 1 kaikki käyttivät keskimääräisiin tavaralajihintoihin perustuvaa hinnoittelua. Kilpailutilanteessa 2 kukin ostaja vuorollaan siirtyi käyttämään jäännösarvoperusteista hinnoittelutapaa. Kilpailutilanteessa 3 kaksi neljästä ja kilpailutilanteessa 4 kolme neljästä ostajasta käytti jäännösarvoperusteista hinnoittelutapaa. Viidennessä vaihtoehdossa kaikki käyttivät jäännösarvoperusteista hinnoittelutapaa.

Simulointimallin validointi osoitti mallin toimivan loogisesti ja puuraaka-aineesta maksetut hinnat olivat lähellä toteutuneita kantohintoja Kaakkois-Suomessa vuoden 2014 Metsätalastollisen vuosikirjan mukaisesti. Pikkutukeilla ja kuitupuulla simulointimallin tuottamat kauppahinnat jäivät kuitenkin Kaakkois-Suomessa toteutuneita kauppahintoja matalammiksi johtuen validoinneissa mukana olleista pitkistä kuljetusmatkoista ja niiden vaikutuksesta puustamaksukykyyn.

Yhden kilpailijan siirryttyä käyttämään jäännösarvoperusteista hinnoittelua kasvoi puustamaksukyky 1,58–4,87 prosenttia ostajasta riippuen. Vastavasti myös metsänomistajalle maksettu kantohinta

kasvoi 1,75–3,7 prosenttia, ollen kuitenkin euromääräisenä hintana aina pienempi kuin puustamaksukykyyn kasvu. Useampien kilpailijoiden siirryessä käyttämään jäännösarvoperusteista hinnoittelua kilpailu parempilaatuisista leimikoista kiristyi ja jäännösarvoperusteisen hinnoittelun edut pienivät. Tilanteessa, jossa kaikki käyttivät jäännösarvoperusteista hinnoittelua, kukaan ei pystynyt erottautumaan toisia paremmaksi, ja sekä puustamaksukyky, että maksettu kuutiometrikohmainen kantohinta olivat samalla tasolla kuin kaikkien käyttäessä keskimääräisiä tavaralajihintoja.

Tutkimuksessa selvitettiin hinnoittelutavan vaikutusta ostetun raaka-aineen laatuun ja hintaan lyhyellä aikavälillä ja suljetuilla markkinoilla. Näin ollen hinnoittelutavalla ei ollut vaikutusta puumarkkinoille tulleen raaka-aineen määrään tai laatuun, vaan hinnoittelutapa vaikutti ainoastaan siihen kuinka tarjolla olleet leimikot jakautuivat eri ostajien välille. Pidemmällä aikavälillä hinnoittelumenetelmällä on kuitenkin vaikutusta myös tarjottujen puutavaralajien määriin ja laatuun. Jos laadukkaasta ja järeästä raaka-aineesta maksetaan selvästi paremmin kuin huonolaatuisesta, kannattaa metsänomistajan investoida tuotanto pidempisiin kiertoaikoihin ja laatua parantaviin metsänhoitotoihin.

Kirjallisuus

- Malinen, J. & Kilpeläinen, H. 2013. Price systems for standing sales of industrial roundwood in Finland. *Baltic Forestry* 19(2): 307–315.
- Metsätalastollinen vuosikirja 2014. Suomen virallinen tilasto: Maa-, metsä- ja kalatalous. 428 sivua.

■ Jukka Malinen & Mika Haring, Itä-Suomen yliopisto, metsätieteiden osasto, Joensuu; Harri Kilpeläinen & Erkki Verkasalo, Luke, Joensuu
Sähköposti jukka.malinen@uef.fi