

Juha Laitila ja Johanna Routa

## Traktori- ja autohakkurin tuottavuus ja puun varastointiajan vaikutus mäntyrunkopuuhakkeen ominaisuuksiin

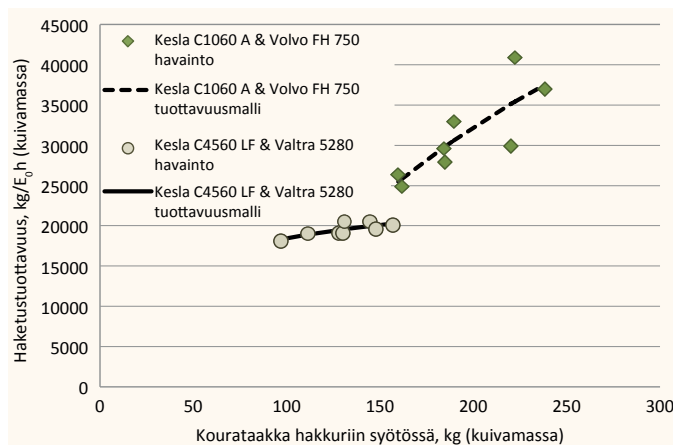
Seloste artikkelista: Laitila, J. & Routa, J. (2015). Performance of two size class professional chippers and the impact of storage time on Scots pine (*Pinus sylvestris*) stem wood chips characteristics. *Silva Fennica* vol. 49 no. 5 Article id 1382.

doi <http://dx.doi.org/10.14214/sf.1382>

Tutkimuksessa selvitettiin traktori- ja autohakkurin tuottavuus, polttoaineen kulutus sekä puun varastointiajan ja hakkurin seulojen aukkokoon vaikutus mäntyrunkopuuhakkeen laatuun ja ominaisuuksiin. Aikatutkimusaineisto kerättiin maasto-

tietokoneella ja eri työvaiheiden, kuten puutaakan nouto tai syöttö hakkuriin, kesto ja lukumäärä kirjattiin muistiin. Polttoaineen kulutus mitattiin työpäivän päätteeksi polttoainemittarilla tankkauksen yhteydessä. Terminaalissa toteutetuissa haketuskokeissa olivat mukana traktorikäyttöinen Kesla C4560 -rumpuhakkuri ja kuorma-autoalustainen Kesla C1060 A -rumpuhakkuri. Tutkitut hakkurit saivat käyttövoimansa 209 kW tehoisesta Valtra S280 -traktorista ja 559 kW tehoisesta Volvo FH 750 -kuorma-auton moottorista.

Haketuskokeessa oli mukana kahdeksan puuerää ensiharvennuksilta korjattua mäntykuitupuuta, joiden varastointiaika vaihteli kahdesta kuukaudesta 21 kuukauteen. Karsittuna korjatun mäntykuitupuun pituus oli 4–5 metriä ja pölkkyjen minimilatvaläpimitta oli 6 cm. Puut hakettiin hakeauton kuormatilaan, autokuormat punnittiin siltavaa’alla ja purkupaikalla hakkeesta otettiin näytteet kosteuden, palakokojakauman, kuivatuoretiheyden, tuhkapitoisuuden, uuteainepitoisuuden, haihtuvien aineiden ja lämpöarvon määrittystä varten. Haketettu puu oli sulaa ja ulkolämpötila oli +4–6 °C. Haketuskokeessa traktorihakkurin seula-aukkojen koko oli 80×80 mm ja autohakkurin aukkokoko oli 100×100 mm.



Kuva 1. Hakkureiden haketustuottavuus (kg/E<sub>0</sub>h) kourataakan mukaan.

Traktorihakkurin haketustuottavuuden keskiarvo oli 19 508 kg/E<sub>0</sub>h (kuivamassa) ja autohakkurin tehotuntituottavuus oli puolestaan 31 184 kg/E<sub>0</sub>h. Kourataakan keskikoko hakkuriin syötössä oli traktorihakkurilla 131 kg ja autohakkurilla 195 kg. Molemmilla hakkureilla haketustuottavuus nousi kourataakan suuretessa, mikä vahvistaa, moottoritehon ohella, aiempia havaintoja kourataakan vaikutuksesta runkopuun haketustuottavuuteen (kuva 1). Haketuksen ajanmenekin keskiarvo kuivatonna kohden mitattuna oli 117 sekuntia autohakkurilla ja 185 sekuntia traktorihakkurilla. Polttoaineen kulutuksen keskiarvo kuivatonna kohden mitattuna oli puolestaan 3,1 litraa traktorihakkurilla ja 3,3 litraa autohakkurilla. Haketuksen ohella em. polttoaineen kulutukseen sisältyi puutavaran kuormaukseen ja hakkuriin syöttöön käytetty energia.

Hakkeen kosteus vaihteli (37–56 %) varastointiajasta riippuen, mutta kalorimetrinen lämpöarvo ei poikennut tilastollisesti merkitsevästi eri puuerien välillä. Uuteaineiden ja haihtuvien aineiden määrässä ei myöskään ollut tilastollisesti merkitseviä eroja puuerien välillä. Molempien hakkureiden tuottaman hakkeen palakokojakauma oli samankaltainen, eikä kuitupuun varastointiajalla ollut merkitystä palakokojakaumaan missään kokoluokassa. Tämä saattaa johtua siitä että haketetun puun kuiva-ainetiheys oli samanlainen varastointiajasta riippumatta. Hakkurin seulojen aukkokoolla ei ollut vaikutusta mäntyrunkopuuhakkeen laatuun ja palakokojakaumaan. Uusien terävien terien käyttö sen sijaan vaikuttaa hakkeen laatuun, koska tuotetussa hakkeessa ei ollut ylisuuria paloja ja toisaalta hienoaineksen määrä oli melko pieni.

■ Juha Laitila & Johanna Routa, Luke, Joensuu  
Sähköposti etunimi.sukunimi@luke.fi

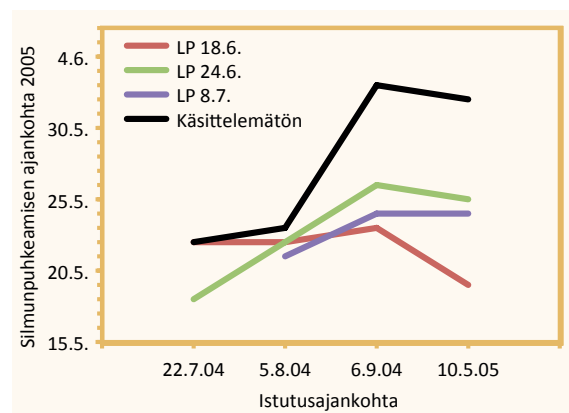
Jaana Luoranen ja Risto Rikala

## Varhaisen lyhytpäiväkäsittelyn ja kesäistutuksen vaikutukset kuusen taimien kehitykseen istutuksen jälkeen

Seloste artikkelista: Luoranen, J. & Rikala, R. 2015. Post-planting effects of early-season short-day treatment and summer planting on Norway spruce seedlings. *Silva Fennica* vol. 49 no. 1 article id. 1300.  
<http://dx.doi.org/10.14214/sf.1300>

**L**hyhytpäivä- (LP) käsittelyä käytetään taimitarhoilla yleisesti, kun tuotetaan hallankestäviä taimia syysistutukseen ja pakkasvarastoon. LP-käsittely on yleensä aloitettu vasta heinäkuun puolivälissä, jolloin taimet ovat istutettavissa elokuun puolivälissä. Kesäistutuksen yleistyessä hallankestäviä taimia kuitenkin tarvittaisiin jo aiemmin keuhällä. Liian varhain aloitetun LP-käsittelyn jälkeen taimet saattavat lähteä uudelleen kasvuun. Varhaisen, kesäkuussa tai heinäkuun alussa aloitettujen LP-käsittelyiden ja istutusajankohdan vaikutuksia yksivuotiaiden kuusen paakkutaimien jälkikasvurisktiin, silmun puhkeamiseen, kasvuun ja elossa oloon tutkittiin kenttäkokeessa Suonenjoella. Kolme viikkoa kestäneet LP-käsittelyt aloitettiin 18.6., 24.6. ja 8.7.2004. LP-käsittelyiden jälkeen taimia istutettiin entiselle taimitarhakentälle 22.7., 5.8., 6.9. ja 10.5. Vertailuksi istutettiin käsittelemättömiä taimia samoina ajankohtina.

Istutuksen jälkeen samana syksynä jälkikasvua esiintyi vain 18.6. aloitetun LP-käsittelyn taimilla. Ero ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä muihin LP-käsittelyihin tai käsittelemättömiin taimiin verrattuna. Seuraavana keväänä heinä-elokuussa istutettujen taimien silmut puhkesivat LP-käsittelystä riippumatta 6–10 päivää aiemmin kuin syyskuussa tai vasta keuhällä istutettujen taimien silmut (kuva 1). Sitä vastoin syksyllä ja keuhällä istutetuilla taimilla LP-käsittely aikaisti silmun puhkeamista käsittelemättömiin taimiin verrattuna. Kevuhällä havaittiin puhkeamattomia silmuja kaikissa käsittelyissä. Kol-



**Kuva 1.** Kesällä 2004 eri ajankohtina LP-käsittelyjen ja kesällä ja syksyllä 2004 sekä keväällä 2005 istutettujen kuusen taimien silmun puhkeaminen keväällä 2005. LP-käsittely kesti kolme viikkoa ja päivän pituus käsittelyn aikana oli 14 tuntia ja yön pituus 10 tuntia.

men vuoden kuluttua istutuksesta heinä-elokuussa istutetuilla taimilla oli enemmän monilatvaisuutta kuin syys- tai toukokuussa istutetuilla taimilla. LP-käsittellyt ja käsitlemättömät taimet eivät tässä suhteessa eronneet. Kesällä istutetut taimet kasvoivat seuraavien vuosien aikana enemmän kuin syksyllä tai keväällä istutetut taimet LP-käsittelystä riippumatta.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että kolmen viikon mittaisella varhaisella, noin kesäkuun puolivälin jälkeen aloitetulla LP-käsittelyllä voidaan tuottaa taimia heinäkuun lopun ja elokuun alun istutuksiin. Aiemmista tutkimuksista tiedetään, että tällaiset taimet kestävät halloja syyskuun ensimmäisiin päiviin asti käsitlemättömiä taimia paremmin. Kokeessamme taimia istutettiin entiselle taimitarhakentälle, missä kesäkuun loppupuolella aloitettujen LP-käsittelyjen taimilla oli vain niukasti jälkikasvuja. Seuraavana keväänä taimet puhkaisivat kuitenkin silmunsa syys- ja kevälistutusten taimia aiemmin ja altistuivat näin herkemmin kevähalloille. Kesällä istutettujen taimien parempi pituuskasvu myöhempinä vuosina saattaa johtua nopeasta juurtumisesta sekä aiemmasta silmun puhkeamisesta. Toisaalta aiempi silmun puhkeaminen saattoi aiheuttaa myös taimien monilatvaisuutta.

■ Jaana Luoranen & Risto Rikala, Luke, Suomenjoki  
Sähköposti jaana.luoranen@luke.fi

Sakari Tuominen, Andras Balazs, Heikki Saari, Ilkka Pöjönen, Janne Sarkeala ja Risto Viitala

## Miehittämättömät lentolaitteet (UAV) luonnonvarojen hallinnassa

Seloste artikkelista: Tuominen, S., Balazs, A., Saari, H., Pöjönen, I., Sarkeala, J. & Viitala, R. (2015). Unmanned aerial system imagery and photogrammetric canopy height data in area-based estimation of forest variables. *Silva Fennica* vol. 49 no. 5 article id 1348.  
<http://dx.doi.org/10.14214/sf.1348>

**M**iehittämättömiä lentolaitteita (unmanned aerial vehicle, UAV) on käytetty pitkään sotilastarkoituksissa erityisesti tiedustelu- ja valvontatehtäviin. Operatiivinen käyttö siviilitarkoituksiin on toistaiseksi ollut vähäisempää, mutta nämä laitteet ovat käyttökelpoisia erilaisissa valvonta-, etsintä- tai kartoitustehtävissä. Luonnonvarojen hallinnassa laitteiden sopivia käyttötarkoituksia ovat esimerkiksi metsäpalojen valvonta ja eritoten metsien ja viljelysten kaukokartoitus.

Miehittämättömät lentolaitteet ovat kokonsa ja rakenteensa suhteen hyvin erityyppisiä. Niiden koko vaihtelee joidenkin satojen grammojen painoisista kädestä lentoon laukaistavista tavanomaisen lentokoneen kokoihin. Erilaisia UAV-konfiguraatioita on helikoptereista kiinteäsiipisiin, helikopterityyppiset ovat joko multikoptereita (3–8 roottoria) tai pääroottori-pyrstöroottorimalleja, kiinteäsiipiset ovat pienlentokoneita muistuttavia tai lentävän siiven tyyppisiä, varustettuina joko vetävällä tai työntävällä potkurilla.

Tässä tutkimuksessa testattiin miehittämättömän lentolaitteen käyttökelpoisuutta metsien kaukokartoituksessa, ja UAV-sensorien tuottaman kaukokartoitusaineiston soveltuvuutta puustotunnusten tulkintaan. Metsien kaukokartoituksessa miehittämättömien lentolaitteiden etuja ovat pienen lentolaitteen matalat lentokustannukset, joustavuus lentopaikkavaatimusten suhteen ja mahdollisuus toimia suoraan kohdealueelta. Haittapuolina voidaan



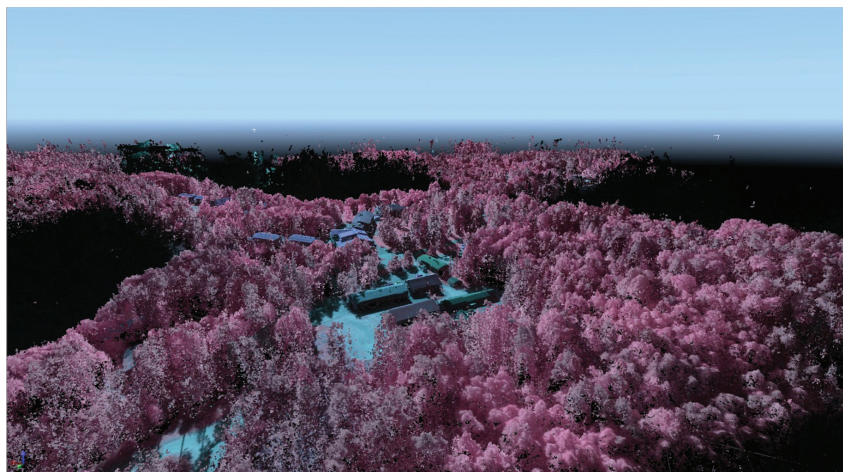
**Kuva 1.** Bramor UAV:n nousu katapultilta ja laskeutuminen varjon varassa.

pitää pienen lentolaitteen rajallista sensorikuormaa ja lyhyttä toiminta-aikaa. Lisäksi lentosäädökset asettavat miehittämättömät lentolaitteet erilaiseen asemaan tavanomaiseen lentokoneeseen verrattuna. Ne ovat vapaita monista lennättäjää ja lentolaitetta koskevista miehitetyn lentämisen määräyksistä, niiden lentokorkeus on rajoitettu 150 metriin ja visuaalisen näköyhteyden päähän lennättäjästä, paitsi silloin kun toimitaan varatussa ilmatilassa. Tässä tutkimuksessa ilmatila oli suljettu muulta liikenteeltä, jolloin voitiin lentää pidempiä lentolinjoja autopilotin varassa.

Tutkimusalueena käytettiin Evon opetusmetsäaluetta, ja kuvausaineiston tulkinnan maastoreferenssinä käytettiin opetusmetsäalueelta mitattuja ympyräkoealoja. Lennätykset toteutettiin kesien 2011–12 aikana, lentolaitteena käytettiin Gatewing ja Bramor -tyyppisiä kevyitä lentolaitteita (lisätietoja lentolaitteista: <http://www.c-astral.com/en/products/bramor-c4eye> ja <http://uas.trimble.com/>). Kummallakin laitteella kuvaussensorina käytettiin väärivärikameraa, jolla otetuista kuvista tuotettiin 3-kanavainen (lähi-infra, punainen ja vihreä) ortokuvamosaiikki, sekä digitaaliseen stereofotogrammetriaan perustuva puuston 3D pintamalli. Puuston pintamallista tuotettiin laserkeilaukseen perustuvan maaston pintamallin avulla latvuston 3-ulotteinen pituusmalli, jota käytettiin ortokuvan ohella puustotunnusten estimointiin.

Fotogrammetrinen puuston latvusmalli muistuttaa laserkeilauksella tuotettua latvusmallia sillä erotuksella, että kun laserkeilauksella on mahdollista saada samasta pulssista useita kaikuja latvuksen eri korkeuksilta ja maanpinnasta, fotogrammetrisella menetelmällä saadaan vain yksi heijastus samasta pisteestä (ei havaitse kohteita, jotka ovat toisen kohteen alla). Fotogrammetrisen pintamallin ja ortokuvan yhdistelmästä irrotettavat kaukokartoituspiirteet ovat muutoin samantyyppiset, kuin laserkeilausaineiston ja ilmakuvan yhdistelmällä: sävy- ja tekstuuripiirteet sekä latvusmallin pisteiden korkeusjakaumaa kuvaavat piirteet.

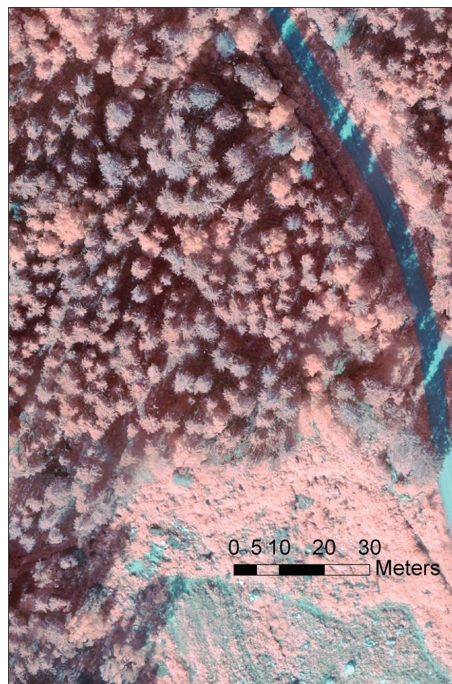
Puustotulkinnan tarkkuuden käytetyllä aineistolla todettiin olevan samaa luokkaa kuin referenssimenetelmänä pidettävän laser- ja ilmakuvaperusteisen puustotulkinnan tarkkuuden samalta testialueelta. Kun tutkittiin puustotunnuksia parhaiten ennustavia kaukokartoituspiirteitä, 3D-latvusmallista irrotetut piirteet olivat eniten edustettuja valittujen piirteiden joukossa, kuva-aineistosta irrotetut tekstuuripiirteet toiseksi eniten, ja kuva-aineiston sävypiirteet vasta kolmannella sijalla. Ortokuvan resoluutiolla havaittiin olevan melko vähän vaikutusta puustotunnusten estimointitarkkuuteen, kun verrattiin 20 ja 50 cm:n resoluutioista ortokuvaa. Sen sijaan tarkan latvusmallin tuottaminen edellyttää korkeaa kuvausresoluutiota.



**Kuva 2.** Fotogrammetrinen pintamalli Evokeskuksen lähistöltä (Huom. vesialueet antavat laineiden peiliheijastuksen takia epärealistisia korkeusarvoja järvien kohdalla).

Johtopäätöksinä voidaan todeta, että käytetyllä menetelmällä on potentiaalia metsien kaukokartoituksessa, ja käytetyn lentolaitteen ja sensorin yhdistelmän tuottama aineisto soveltuu metsikkötason puustotunnusten estimointiin. Laajojen metsäalueiden inventoinnissa konventionaalisen lentokoneen käyttäminen sensorialustana todennäköisesti pysyy käyttökelpoisempänä vaihtoehtona, mikä johtuu miehittämättömän lentolaitteen teknisistä ja ilmailusäädöksellisistä rajoitteista. Tutkimuksessa käytetty väärävarikamera ei mahdollisesti ole paras sensori fotogrammetrisen 3D-latvusmallin tuottamiseen, (infrapuna-alueella saadaan vähän heijastusta puiden välistä), ja jatkotutkimuksissa on tarpeen testata usean sensorin yhdistelmää.

■ Sakari Tuominen, Luke, Vantaa  
Sähköposti sakari.tuominen@luke.fi



**Kuva 3.** Ote ortokuvamosaiikista

Juho Hautsalo

## Tammen pituuskasvun ja selviytymiskyvyn populaatio-kohtainen vaihtelu lajin esiintymisalueen pohjois-rajalla

Seloste artikkelista: Hautsalo J., Mathieu P., Elshibli S., Vakari P., Raisio J., Pulkkinen P. (2015). Variation in height and survival among northern populations of pedunculate oak (*Quercus robur* L.): results of a 13-year field study. *Silva Fennica* vol. 49 no. 2 article id 1274. <http://dx.doi.org/10.14214/sf.1274>

Suomalaiset tammipopulaatiot (*Quercus robur* L.) ovat hyvin pieniä, eristyneitä ja niissä perinnöllisen erilaistumisen on todettu olevan suurempaa ja kokonaisvaihtelun pienempää kuin Keski-Euroopan populaatioissa. Tällaiset ovat tyypillisiä piirteitä lajin esiintymisalueen reunalla sijaitseville populaatioille. Ilmastonmuutoksen ennustetaan nostavan vuotuisia keskilämpötiloja ja lisäävän etenkin talven sademäärää, mutta siitä, miten esimerkiksi jalot lehtipuumetsämme sopeutuvat näihin ja muihin elinympäristön muutoksiin, ei ole kattavaa tutkimustietoa. Tässä tutkimuksessa selvitettiin suomalaisten tammimetsien jälkeläisten sopeutumiskykyä erilaisiin kasvuympäristöihin mittaamalla pituuskasvua ja elossa säilyneiden puiden määrää viidellä koepaikalla Etelä- ja Keski-Suomessa. Tutkimuksen tavoitteena oli määrittää, esiintyykö suomalaisten tammimetsiköiden välillä eroja jälkeläisten pituuskasvussa ja selviytymiskyvyssä sekä millaiset osat perimällä ja ympäristöllä on niiden määräytymisessä.

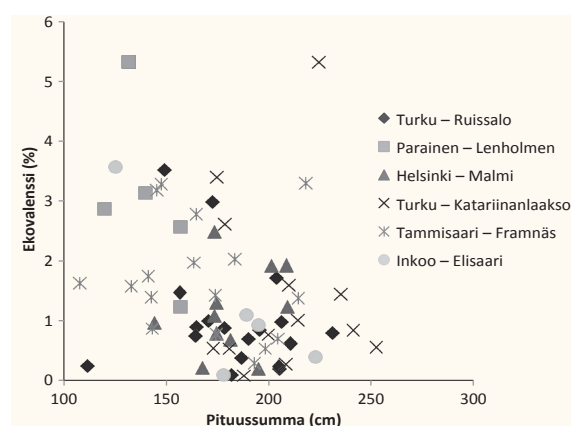
Etelä-Suomen kenttäkokeet (Parainen, Paimio, Lohja ja Elimäki) perustettiin suhteellisen tasaisille entisille peltolohkoille. Keski-Suomen Muurameen perustettiin koe metsämaalle suotuisalle etelärinteelle. Koemateriaali kasvatettiin kuudesta eri tammimetsästä kerätyistä terhoista, ja vuoden ikäiset taimet istutettiin muokatuille ja aidatuille koepaikoihin ja suojattiin lisäksi muoviputkin. Vertailtavat tammimetsät olivat Ruissalo ja Katariinanlaakso Turusta, Lenholm Paraisilta, Framnäs Tammisaaresta,

Elisaari Inkoosta ja Malmin hautausmaa Helsingistä. Populaatioiden eroja tutkittiin sekä alkuperä- että perhetasolla, jolloin vertailtiin saman puun terhoista lähtöisin olleita jälkeläisiä.

Pituuskasvu mitattiin ja taimien elävyys havainnoitiin 13 vuotta istutuksen jälkeen. Tulokset analysoitiin tilastollisesti varianssianalyysillä. Populaatioiden vaihtelua analysoitiin myös yhdistämällä pituuskasvu ja selviytymiskyky niiden keskiarvojen tulo eli pituussumman avulla. Pituussumman vaikutusta eli sitä, kuinka herkästi istutettujen taimien pituuskasvu ja selviytyminen reagoivat ympäristöön, arvioitiin Wriccken (1962) ekovalenssi-yhtälön avulla. Ekovalenssi on niin sanottu stabiliteettimittari, joka kertoo yhden genotyypin neliösummien suhteen aineistossa ilmenevään genotyyppi-ympäristö-yhteisvaikutukseen. Mitä matalampi ekovalenssi on, sitä vakaammin genotyyppi suoriutuu eri ympäristöissä. Analyysissä pyrittiin löytämään mahdollisimman korkean pituussumman omaavia (eli hyvin kasvavia ja selviytyviä) alkuperiä ja perheitä, joiden ekovalenssiarvo on mahdollisimman pieni, jolloin niiden selviytyminen ja kasvu on ollut tasaisen hyvää kaikissa ympäristöissä.

Koepaikalla, alkuperällä, perheellä ja näiden yhdysvaikutuksilla (koepaikka-alkuperä ja perhekoepaikka) oli tilastollisesti merkitsevät vaikutukset ( $P \leq 0.001$ ) puiden pituuskasvuun ja selviytymiseen lukuun ottamatta perheen ja koepaikan yhdysvaikutusta pituuskasvun osalta. Pisimmät ja parhaiten selviytyvät taimet olivat Turun Katariinanlaakson tammien jälkeläisiä, kun taas keskimäärin heikoin selviytyminen oli Tammisaaren taimilla ja heikoin pituuskasvu Paraisten tammilla.

Koepaikoista paras taimien selviytymisprosentti oli Keski-Suomessa, mikä tukee teoriaa siitä, että sopivassa mikroilmastossa tammi menestyy huomattavasti luontaista esiintymisrajaansa pohjoisempaan. Tammen leviäminen pohjoisemmaksi on mahdollista, mutta vaatisi riittävän elinvoimaisten terhojen kulkeutumista suotuisiin paikkoihin. Eli käytännössä leviäminen pohjoiseen onnistuu ainoastaan kasvattamalla tammen metsätaloudellista käyttöä ja jalostamalla tarkoitukseen sopivaa taimimateriaalia. Paras kasvu oli Paraisten kokeessa, jossa oli kuitenkin kaikista pienin selviytymisprosentti. Huonoin pituuskasvu oli Paimion kokeessa. Kaiken kaikkiaan kokeissa mitatut pituuskasvut ja selviyty-



**Kuva 1.** Tammipopulaation jälkeläisten pituussummat ja niiden ekovalenssiarvot. Jokainen piste vastaa yhden puun jälkeläisten pituussumman keskiarvoa ja sen ekovalenssiarvoa.

misprosentit olivat tasoltaan verrattavissa aiempiin suomalaisilla tammialkuperillä tehtyihin kokeisiin, mikä viittaa kokeiden perustamisen ja hoidon onnistumiseen.

Pituussumman ja sen vakauden tarkastelu osoitti (kuva 1), että Paraisten Lenholmin alkuperä oli selvästi muita heikompi pituussummaltaan ja että Lenholmin taimiperheet reagoivat erilaisiin ympäristöihin muita alkuperiä voimakkaammin. Lenholmin populaation taimet myös kasvoivat parhaiten Paraisten kokeessa ja huonosti muualla, mikä viittaa paikalliseen sopeutumiseen, kun taas muilla populaatioilla menestys eri koepaikoilla oli huomattavasti tasaisempaa. Turun populaatiot vaikuttivat lupaavimmilta, jos etsitään hyvin kasvavaa ja erilaisissa olosuhteissa kestävä materiaalia. Katarina-laaksosta löytyy muutamia erityisen hyvin kasvavia perheitä, ja Ruissalossa on puolestaan hieman heikompi kasvuja, mutta erittäin vakaasti käyttäytyviä perheitä.

Saadut tulokset auttavat ohjaamaan nykyisten tammimetsien suojelua ja jalostuskäyttöä tarpeen vaatiessa. Huomattavat erot sekä populaatioiden sisällä että välillä kannustavat kuitenkin suojelemaan tammimetsiä mahdollisimman laajasti myös tulevaisuudessa, jotta lajilla olisi mahdollisimman hyvät mahdollisuudet sopeutua muuttuvaan ilmastoomme.

■ Juho Hautsalo, Luonnonvarakeskus, Laukaa  
Sähköposti juho.hautsalo@luke.fi

Riikka Linnakoski

## Metsätammen sinistäjäsienet ja niiden merkitys taudinaiheuttajina Lounais-Venäjällä

Seloste artikkelista: Selochnik, N.N., Pashenova, N.V., Sidorov, E., Wingfield, M.J., Linnakoski, R. (2015). *Ophiostomatoid fungi and their roles in Quercus robur die-back in Tellerman forest, Russia. Silva Fennica 49(5), article id 1328.*

<http://dx.doi.org/10.14214/sf.1328>

Ensimmäiset havainnot Itä-Euroopan tammimetsien taantumisesta tehtiin jo 1900-luvun alkupuolella. Rappeutumisoireet ilmenevät lehtien kellastumisena, latvuskatona sekä kuoliolaikkuina rungoissa ja oksissa. Oireet voivat pahimmillaan johtaa puiden kuolemiseen. Tammien huono kunto ja epidemian mahdollinen leviäminen ovat aiheuttaneet erityistä huolta Venäjän Euroopan puoliosissa, joissa rappeutumisoireista on kärsinyt pahimmillaan paikoin jopa yli 60% tammista. Tammien heikentymistä aiheuttavat tekijät ovat olleet vaikeasti selitettäviä, useimmissa tapauksissa tautiepidemialle ei ole pystytty löytämään selkeää yksittäistä taudinaiheuttajaa, tuholaista tai ympäristötekijää. Eräissä Venäjällä tehdyissä tutkimuksissa *Ophiostoma*-sukuun kuuluvien sinistäjäsienen on arveltu olevan mahdollisia ensisijaisia taudinaiheuttajia.

Sinistäjäsieneksi kutsutaan ryhmää tuntomerkeiltään ja ominaisuuksiltaan samankaltaisia kotolosiiniin (Ascomycota) kuuluvia sienisukuja. Nämä ominaisuudet tekevät sinistäjäsienen tunnistamisen vaikeaksi, ja vasta geeniperimään perustuvat tutkimusmenetelmät ovat edesauttaneet lajiston aikaisempaa parempaa tuntemusta. Sinistäjäsienen systematiikassa onkin tapahtunut paljon muutoksia tunnistusmenetelmien kehittyessä. Tästä huolimatta sinistäjäsieneä voidaan kuitenkin pitää toistaiseksi varsin huonosti tunnettuna eliöryhmänä. Sinistäjäsienet ovat mielenkiintoinen esimerkki eliöiden välisistä vuorovaikutussuhteista. Sinistäjäsienet leviävät tyypillisesti kaarnakuoriaisten, mutta myös muiden hyönteisten ja punkkien kuljettamina. *Ophiostoma*-sukuun kuuluvat lajit ovat yleisimpiä Euroopan ha-



**Kuva 1.** Sinistäjäsiementen patogeenisuus testattiin ympäremällä puhasviljelminä kasvavat sienet nuoriin tammiin. Kuvassa tutkimuksessa löytyneen *Ophiostoma grandicarpum*-sienen puhasviljelmä.

vu- ja lehtipuumetsissä tavattavista sinistäjäsiemenistä. *Ophiostoma*-sukuun kuuluu pääasiassa puun värivi-koja aiheuttavia sienilajeja, mutta myös maailmanlaajuisesti merkittäviä taudinaiheuttajia, tunnetuimpana esimerkkinä Hollanninjalavatautia aiheuttavat lajit. Mahdollisina taudinaiheuttajina sinistäjäsiementen muodostavat riskin erityisesti levitessään luontaisten esiintymisalueidensa ulkopuolelle ilmastonmuutoksen tai kansainvälisen puukaupan myötä.

Tutkimuksen tarkoituksena oli kartoittaa metsätammen sinistäjäsiemenilajistoa Voronezhin alueella Lounais-Venäjällä, jossa tammet ovat kärsineet eristeisistä rappeutumisoireista ensimmäisten raporttien mukaan aina 1950-luvulta lähtien. Lisäksi tutkimuksessa selvitettiin löytyneiden sinistäjäsiemenilajien patogeenisuutta. Sinistäjäsiemenilajiston määrittämistä varten kerättiin näytteitä 60–100-vuotiaista tammista, joissa havaittiin merkkejä rappeutumisoireista. Sinistäjäsiemenilajien mahdollista patogeenisuutta testattiin ympäremällä sienten puhasviljelmiä alueella luontaisesti kasvaviin terveisiin metsätammiin.

Oireellisilta metsätammilta eristettiin tutkimuksessa kolme *Ophiostoma*-lajia, joista runsaslukuisimpana alueella esiintyi *O. quercus*. Laji on hyvin yleinen sinistäjäsiemenilaji, jota tavataan useilta lehtipuulajeilta eri puolilta maailmaa. Patogeenisuuskokeiden perusteella *Ophiostoma*-lajien ei osoitettu

olevan erityisen haitallisia taudinaiheuttajia paikallisille metsätammille. Ainoastaan *O. quercus*-sienen havaittiin olevan lievästi patogeeninen. Ympäyskohdasta varsin hitaasti etenevän kuoliolaikun lisäksi puilla ei havaittu lehtien kellastumista tai muita sienitaudin oireita tutkimuksen aikana.

Tutkimuksemme tulosten perusteella metsätammelta löytyneillä sinistäjäsiemenilajeilla ei näyttäisi olevan erityistä merkitystä ensisijaisina taudinaiheuttajina Voronezhin alueella. Todennäköisesti alueen tammien rappeutuminen on seurausta taudinaiheuttajien ja ympäristötekijöiden aiheuttamasta yhteisvauriosta. Ilmastonmuutoksen myötä on kuitenkin mahdollista, että tutkimuksessa löytyneet *Ophiostoma*-lajit osoittautuvat aiempaa merkittävämmiksi taudinaiheuttajiksi myös nykyisten esiintymisalueidensa ulkopuolella. Puiden ja patogeenien välisten yhteyksien selvittäminen on tärkeää, jotta pystymme paremmin ennakoimaan niihin mahdollisesti liittyviä riskejä. Suomessa lehtipuilla esiintyvien sinistäjäsiemenilajien ekologiasta tai kyvystä aiheuttaa tauteja tiedetään toistaiseksi hyvin vähän.

■ FT Riikka Linnakoski, Helsingin yliopisto,  
Metsätieteiden laitos  
Sähköposti: riikka.linnakoski@helsinki.fi