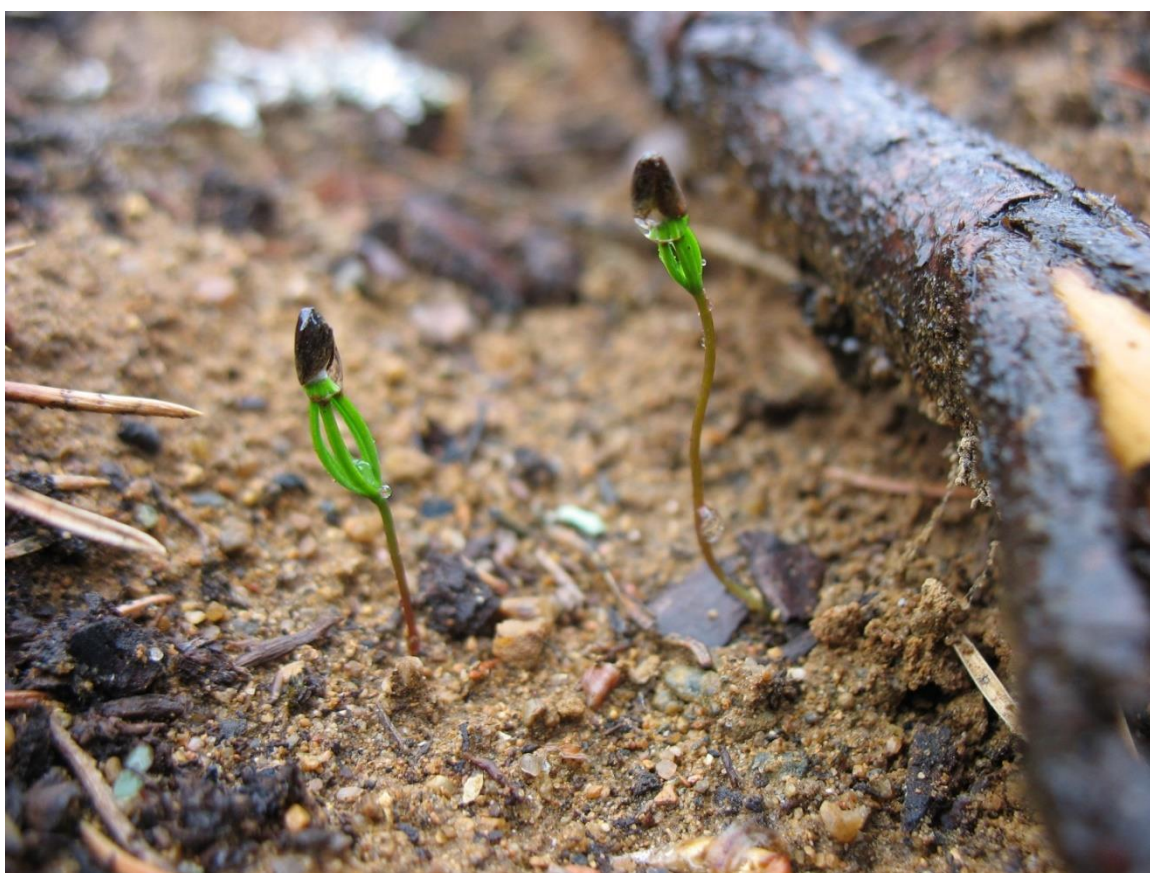


METSIEN KASVUN EDISTÄMINEN JALOSTETUN METSÄNVILJELYAINEISTON AVULLA (MEKANEN) -HANKKEEN LOPPURAPORTTI

*Pekka Helenius, Katri Himanen, Seppo Ruotsalainen, Mari Rusanen, Sakari Välimäki & Leena Yrjänä,
Luonnonvarakeskus*



Sisällys

Hankkeen tausta ja tavoitteet	3
Hankkeen rahankäyttö	3
Hankkeessa tehty työ, tulokset ja niiden arviointi	4
Osahanke 1. Puulajivalikoiman monipuolistaminen	4
Synteesiraportti	4
Vaahteran siementen laatu ja niissä esiintyvän hyönteislajin tunnistus.....	6
Lehmuksen siementen elävyyden määrittystapojen vertailupilotti	14
Pilottikokeet Douglaskuusen taimilla ja vaahteran siemenillä.....	18
Osahanke 2. Metsäkylvön kehittämisen kautta lisää kasvua, kannattavuutta ja ilmastohyötyä.....	19
Jalostetun siemenen käyttö metsäkylvössä	19
Turvemaiden jyrsinkylvö.....	20
Kylvön omavalvonta ja uudistumistarkastus.....	21
Metsäkylvökauha.....	21
Metsäkylvön kohdevalinnan tarkentaminen.....	24
Osahanke 3. Pitkän aikavälin suojelumenetelmien kehitys metsien geenivaroille.....	25
Jalojen lehtipuiden geenivarakoelmien suojelu ja käytettävyys	25
Kryosäilytysmenetelmän kehittäminen vuori- ja kynäjalavalle.....	29
Hankkeen julkaisut ja muut suoritteet	33
Vertaisarvioidut artikkelit & käsikirjoitukset	33
Raportit.....	33
Lehtiartikkelit / haastattelut.....	33
Esitelmät / posterit.....	34
Blogit / podcastit	35
Opinnäytetyö.....	36
Kirjallisuus.....	36
Liitteet.....	36
Liite 1	37
Liite 2	38

Hankkeen tausta ja tavoitteet

Metsien kasvun edistäminen jalostetun metsänviljelyaineiston avulla (MEKANEN) -hanke on osa maa- ja metsätalousministeriön (MMM) maankäyttösektorin ilmastotoimenpidekokonaisuutta, jolla metsien hiilinieluja pyritään säilyttämään ja kasvattamaan mm. huolehtimalla metsien kasvukyvystä ja terveydestä, ehkäisemällä metsäkatoa sekä metsittämällä joutomaita. Ilmastomuutoksen hillinnän kannalta tärkeää on hiilinielujen kasvattamisen lisäksi niiden säilymisen turvaaminen, sillä vaikka ilmastomuutos Suomen oloissa edistää metsien kasvua, myös metsien terveyteen kohdistuvat riskit lisääntyvät ilmaston lämmetessä.

Ilmastotoimenpidekokonaisuuden tavoitteiden toteutumista tukevat, MEKANEN-hankkeen tavoitteet olivat 1) tuottaa tietoa puulajivalikoiman monipuolistamisesta ilmastomuutoksen sopeutumiskeinona, 2) parantaa männyn kylvöalojen taimettumista kylvömenetelmiä kehittämällä, ja sitä kautta lisätä jalostetun siemenen osuutta metsäkylvössä, ja 3) turvata kotimaisten jalojen lehtipuiden alkuperien säilyminen ja kestävä käyttö. Hanke toteutettiin vastaavasti kolmessa, itsenäisessä osahankkeessa, joiden vastuututkijat, yksityiskohtaiset tavoitteet, toiminta, keskeiset tulokset ja viestintä on raportoitu alla osahankkeittain. Koko hankkeen vastuututkija oli Pekka Helenius.

Hankkeen pääkohderyhmiä eli tulosten hyödyntäjiä ovat kaikki metsänomistajaryhmät, maanmuokkaus- ja kylvöurakoitsijat, siemen- ja taimituottajat sekä maa- ja metsätalousministeriö. Jalojen lehtipuiden geenivaroja koskeva osuus tukee kansallisen geenivaraohjelman tavoitteiden saavuttamista.

Hankkeen ainoana toteuttajana oli Luonnonvarakeskus (Luke), mutta työt suunniteltiin ja toteutettiin yhteistyössä Suomen metsäkeskuksen, UPM Metsän, Metsä Group Oy:n, Viper-Metal Ajutech Oy:n, Metsäkoneet Valtoahon ja Ruokaviraston kanssa. Hanke käynnistyi 1.5.2020 ja päättyi 31.12.2022.

Hankkeen rahankäyttö

Hankkeen kokonaisbudjetti oli 599682 euroa, josta maa- ja metsätalousministeriön osuus oli 499734 euroa ja Luonnonvarakeskuksen osuus 99948 euroa. Hankkeen vuosibudjetit olivat 211 363 euroa (2020), 273 267 euroa (2021) ja 115 052 euroa (2022). Suurin osa (91 %) kokonaisbudjetista oli allokoitu palkkakuluihin ja yleiskustannuksiin. Hankkeen toteutuneet kokonaiskustannukset olivat yhteensä 602 054 euroa, joten budjetin ylitys oli 0,4 %.

Hankkeessa tehty työ, tulokset ja niiden arviointi

Osahanke 1. Puulajivalikoiman monipuolistaminen

Seppo Ruotsalainen & Katri Himanen

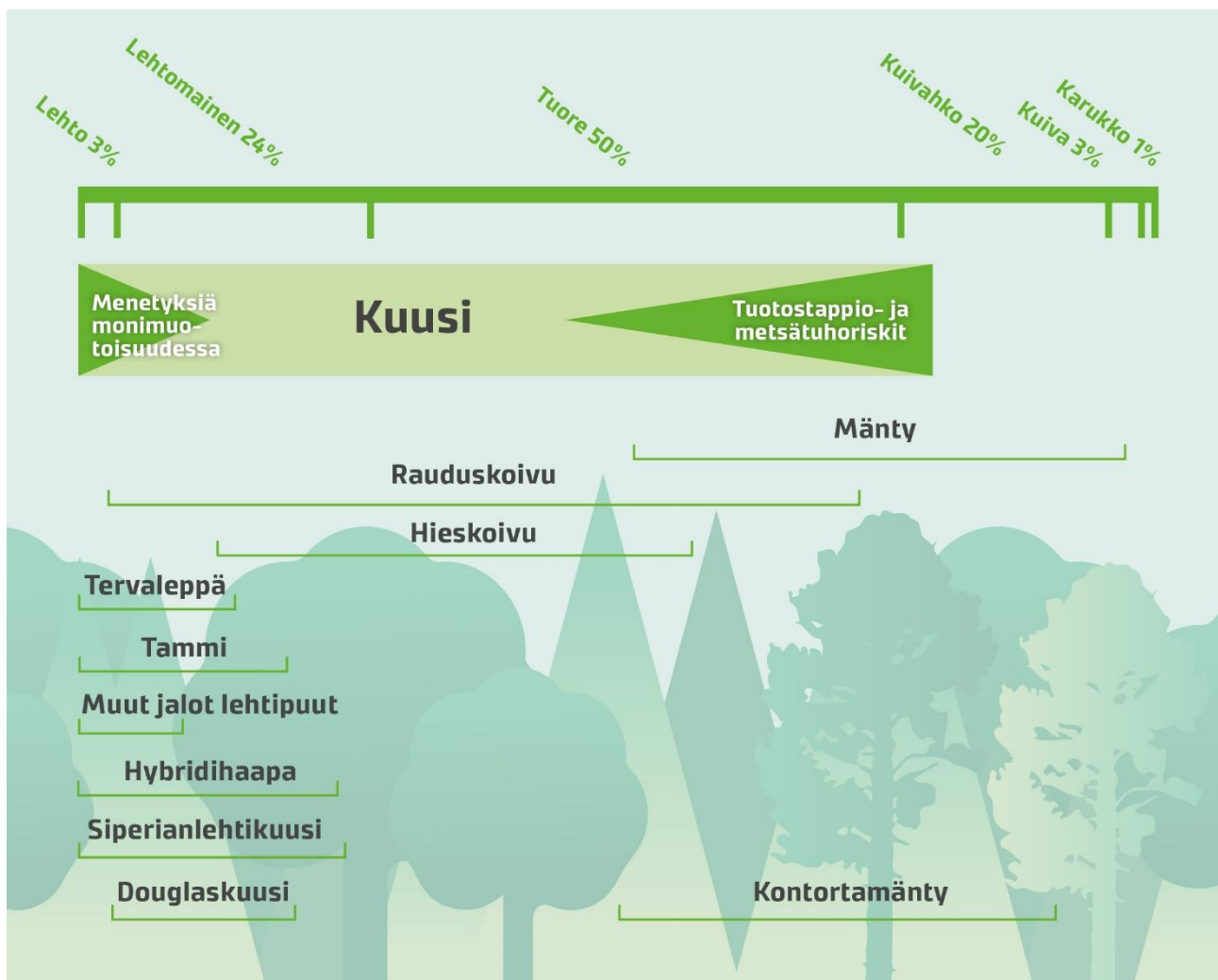
Synteesiraportti

Osahankkeen keskeisin tehtävä oli Puulajivalikoiman monipuolistaminen metsänviljelyssä – synteesiraportin kirjoittaminen. Raportti laadittiin vuosina 2020–2022 Lukessa metsänhoidon, metsänjalostuksen ja metsätuhojen tutkijoiden yhteistyönä. Raporttia varten kartoitettiin lainsäädännön sekä sertifiointijärjestelmien kanta puulajivalikoiman monipuolistamiseen ja ulkomaalaisten puulajien käyttöön. Lisäksi tarkasteltiin, millaisia ominaisuuksia pääpuulajejamme vähemmän käytetyillä puulajeilla on metsätuhoriskien ja niiden ehkäisyn, sekä puuntuotoksen ja sen lisäämisen kannalta ilmaston lämmetessä, sään ääri-ilmiöiden lisääntyessä ja tuhopaineen kasvaessa. Puulajiston monipuolistamisella, erityisesti kotimaisten lehtipuiden viljelyn lisäämisellä voidaan myös tukea metsäluonnon lajistollista monimuotoisuutta.

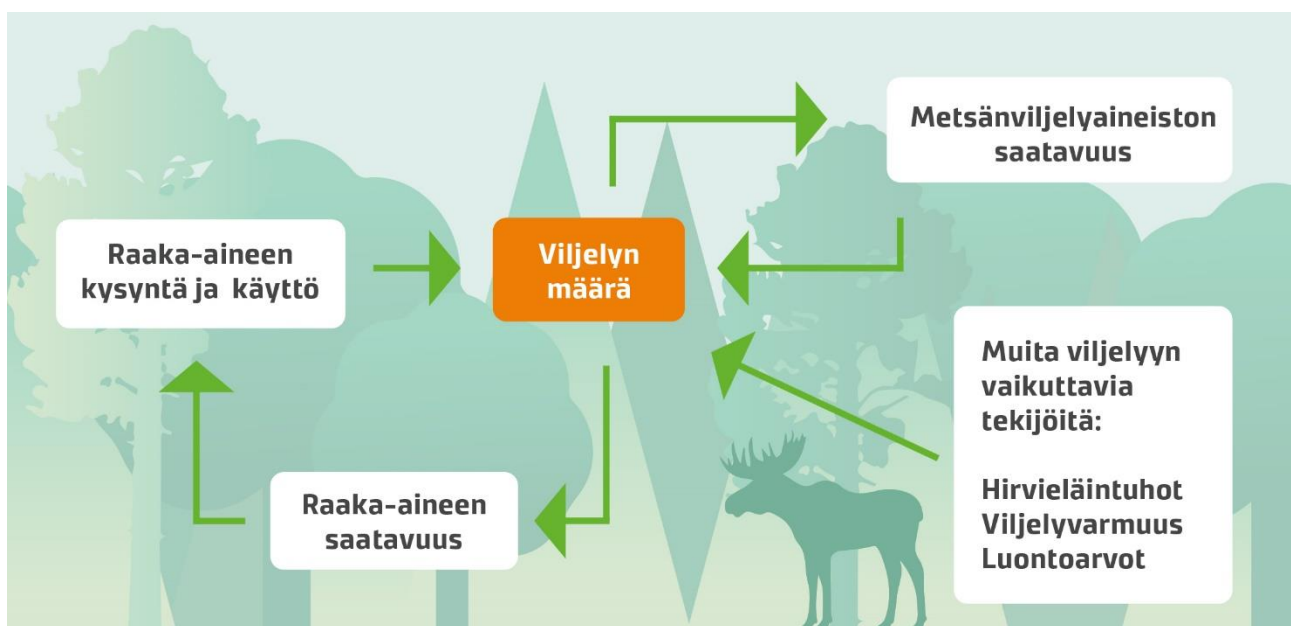
Raportissa selvitettiin lupaavimpien puulajien Suomen oloihin soveltuvien alkuperien siementen saatavuutta, siemenhuollon järjestämisen vaihtoehtoja ja mahdollisia jalostustarpeita. Lisäksi perehdyttiin siihen, onko pääpuulajeilla nykyisin käytettyjä taimituotantomenetelmiä ja metsänviljelyketjua tarpeen mukauttaa näille puulajeille sopiviksi, ja millainen niiden viljelyketjun kustannus on verrattuna pääpuulajeihin.

Raportissa tunnistettiin seitsemän vaihtoehtoista puulajia (mm. tammi ja siperianlehtikuusi), joita voitaisiin tietyissä olosuhteissa viljellä kuusen sijasta nykyistä laajamittaisemmin. Kuusen liiallinen viljely karuilla kasvupaikoilla aiheuttaa kasvutappio- ja metsätuhoriskin kasvua. Ravinteikkaimmilla kasvupaikoilla puulajivalikoima on laajin, joten kuusen yksipuolinen viljely vähentää metsäluonnon monimuotoisuutta (kuva 1). Johtuen puulajien kasvupaikkavaatimuksista, vähemmän käytettyjen puulajien viljelyn osuus on vääjäämättä rajallinen.

Pääpuulajien ulkopuolisten lajien viljelyn vähäisyys johtaa puuraaka-aineen saatavuuden niukkuuteen, jolloin raaka-aineelle ei kehity kysyntää eikä käyttökohteita. Kun kysyntää ei ole, viljelyn mielekkyys vähenee. Hirvieläintuhot vähentävät monien puulajien viljelyn mahdollisuuksia. Luontoarvojen ja monimuotoisuuden painottaminen puolestaan kannustavat monipuolistamaan puulajivalikoimaa (kuva 2). Laajamittaisin keino monipuolistaa metsänviljelyssä käytettävää puulajivalikoimaa olisi luoda edellytykset männyn ja koivun viljelyn palauttamiseksi 1990-luvun lopun tasolle.



Kuva 1. Kasvupaikka-alue, jolla kuusta nykyisin viljellään, sekä männylle, rauduskoivulle ja vähemmän käytetyille puulajeille sopivat kasvupaikka-alueet. Kasvupaikkatyyppien viereiset prosenttiluvut kertovat niiden osuuden metsämaasta Etelä-Suomessa.



Kuva 2. Vähemmän käytettyjen puulajien viljelyn määrään vaikuttavia tekijöitä.

Osahankkeen tulokset julkaistiin Luken raporttisarjassa helmikuussa 2022. Julkaisua seurasi 17.3.2022 järjestetty webinaari. Raportista ja sen tuloksista kerrottiin lisäksi useissa seminaariesityksissä, blogeissa ja haastatteluissa. Raportin tulokset vaikuttivat myös merkittävästi mm. EU-rahoitteisen Puulajivalikoiman monipuolistaminen metsänhoidossa ilmastokestävyyden lisääjänä (PUUVA) -hankkeen sisältöön, joka käynnistyi Luken ja Suomen metsäkeskuksen yhteistyönä kesällä 2022.

Puulajiraportin laadinnan lisäksi osahankkeessa toteutettiin vähemmän käytettyjen puulajien siemenhuoltoon ja taimien kasvattamiseen liittyviä kokeiluja, jotka kuvataan tarkemmin alla.

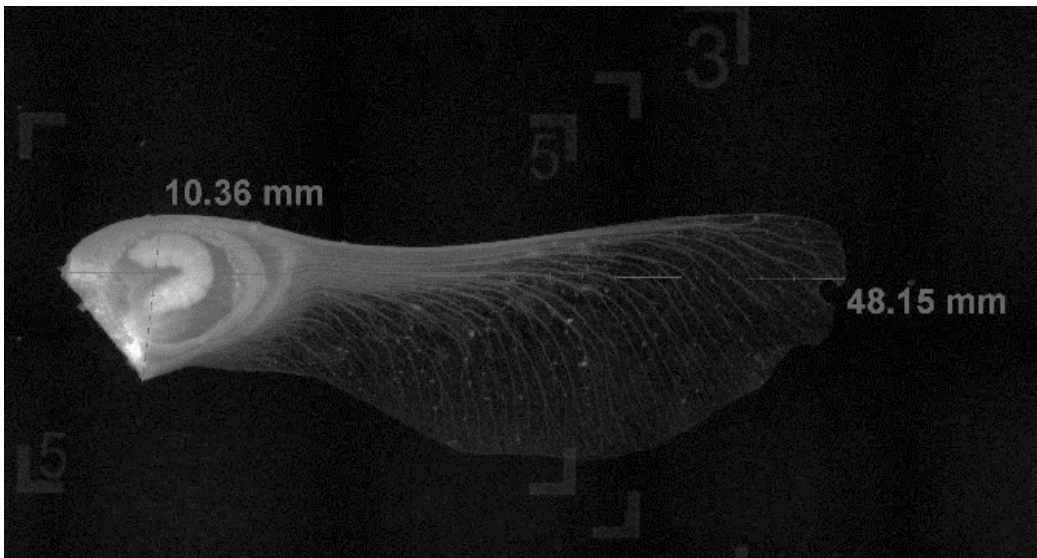
Vaahteran siementen laatu ja niissä esiintyvän hyönteislajin tunnistus

Katri Himanen

Vaahteralla (*Acer platanoides*) on Suomessa tällä hetkellä rekisterissä kolme ns. siementaimi-siemenviljelystä (yhteensä 2,69 ha), joista suurin on vuonna 2005 siemenviljelykseksi perustettu Hollolassa sijaitseva viljelys (sv446). Kaksi muuta on alun perin perustettu geenivarakokoelmiksi. Vaahteran viljelysten käyttöalueet noudattavat likimain kuusen lähtöisyysalue 1:n rajoja.

Vuonna 2020 Savonlinnassa sijaitsevalta Turvalan siemenviljelykseltä (sv485) (geenivarakokoelmana nimi Kuikanniitty) kerätyissä siemennäytteissä havaittiin niiden läpivalaisussa hyönteisen toukkia (kuva 3), sekä siemeniä, jotka vaikuttivat toukan syömiltä. Siemenet näyttivät päälle päin normaalisti kehittyneiltä. Toukat olivat noin 8–10 mm pituisia ja kermankeltaisia. Toukkien päät olivat ruskeita ja useimpien yksilöiden selässä oli symmetrinen, ruskea alue (kuva 4).

Toukkia esiintyi varsin yleisesti, mutta näytteiden otantatavan vuoksi niiden tarkkaa osuutta koko siemensadosta ei pystytty arvioimaan. Toukkia preparoitiin Luken Viikin toimipaikassa tehtyä DNA-eristystä varten 20 kpl, ja yhtä lukuun ottamatta toukat paljastuivat sekvensoinnin perusteella vaahterakiiltokääriäisen (*Cydia inquinatana* (Hübner, 1799) toukiksi. Yksi näytteistä oli sekvensoinnin perusteella loispistiäislajin *Scambus inanis* (Schranck, 1802) (syn. *S. annulatus*) toukka.



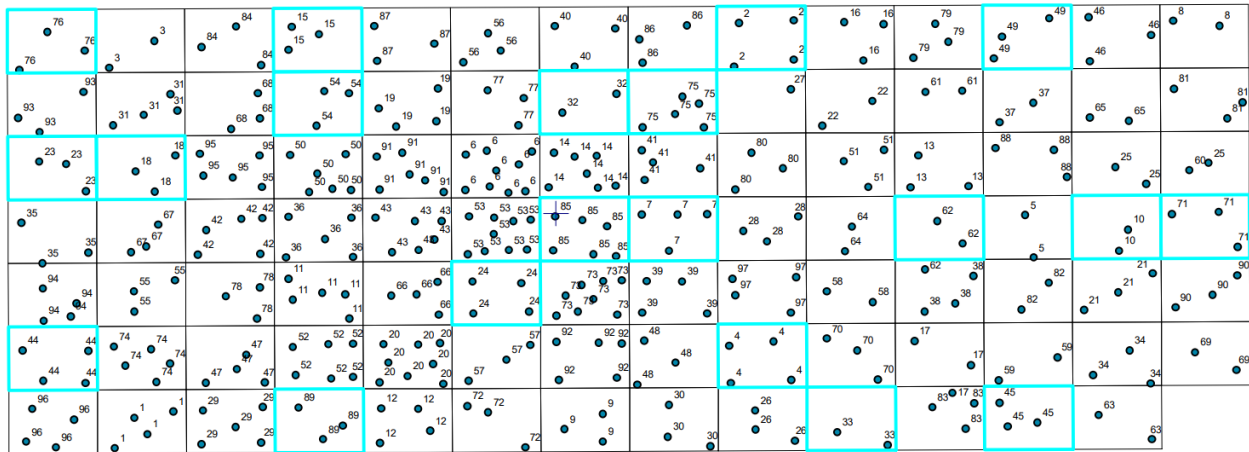
Kuva 3. Vaahteran siemenen sisällä läpivalaisussa nähtävä toukka, joka varmistui DNA-sekvensoinnissa vaahterakiiltokääriäiseksi. Kuva: Katri Himanen (Luke)



Kuva 4. Vaahterakiiltokääriäisen toukka. Kuvat: Katri Himanen (Luke)

Näytteenkeruu 2021

Hyönteisen, ja sen aiheuttaman tuhon yleisyyden, sekä yleisesti siementen laadun arvioimiseksi Turvalan siemenviljelykseltä kerättiin uudelleen siemennäytteitä syksyllä 2021. Entiselle peltomaalle vuonna 1999 perustettu siemenviljelys on pinta-alaltaan 0,34 ha ja se koostuu 97 perheestä. Perheiden emopuut ovat lähtöisin 13 metsiköstä eteläisimmästä Suomesta. Kunkin perheen puut on istutettu 5 m × 7 m ruutuun (kuva 5). Kokoelmaa on harvennettu perustamisen jälkeen kahdesti, mutta puuston tiheys vaihtelee sen eri osissa. Puiden pituus vaihtelee välillä 1,5–10 m, keskipituuden ollessa noin 7 m (kuva 6).



Kuva 5. Savonlinnassa sijaitsevan Turvalan vaahterasiemenviljelyksen (Sv485) kartta, jossa näkyvät vuonna 2021 GPS-paikannettujen elävien puiden sijainnit. Kukin ruutu edustaa yhtä perhettä, eli niillä on sama äiti. Siemenhyönteisen kartoituksessa siemeniä kerättiin turkoosilla ympäröidyistä ruuduista. Kartta: Henri Hämäläinen (Luke)

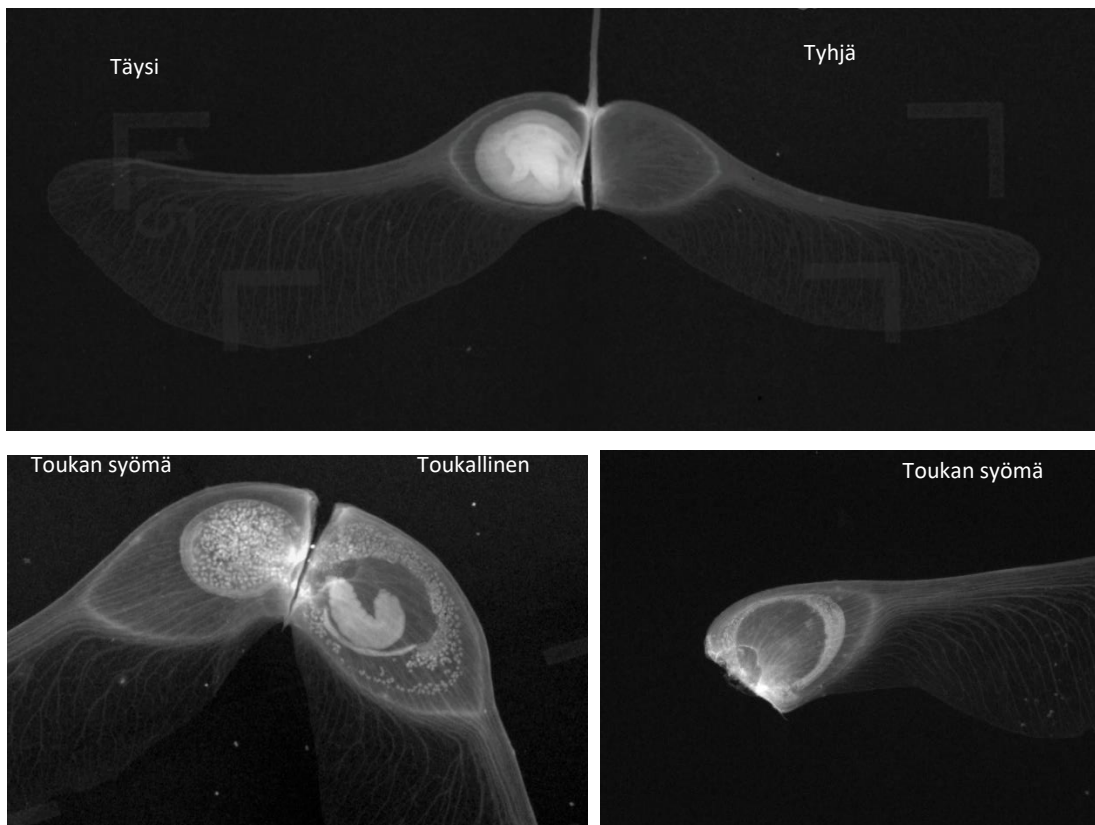


Kuva 6. Turvalan siemenviljelys syksyllä 2021. Kuva: Katri Himanen (Luke)

Kunkin puun kukintarunsaus oli arvioitu kesäkuussa 2021 asteikolla 0, 1, 2. Tämän perusteella valittiin siemenkeruuta varten kaksikymmentä runsaasti kukkivaa puuta siemenviljelyksen eri puolilta, kukin eri perheestä. Joissain tapauksissa keruupäivänä 14.9.2021 siementen määrä oli oletettua vähäisempi, jolloin vaihdettiin puu toiseen. Valitut kaksikymmentä puuta ja perhettä olivat peräisin kymmenestä eri metsiköstä Etelä-Suomesta. Kustakin puusta kerättiin kaikki siemenet kolmesta eri oksasta sahaamalla siemenryhmä tai koko oksa alas puusta. Kunkin oksan siemenet analysoitiin omana joukkonaan. Keräyksen aikaan siemenet olivat pääosin sävyltään vihertäviä, mutta osassa tuleentumiseen liittyvä ruskettuminen oli jo alkanut.

Siementen keräyksen yhteydessä havaittiin maassa tuoreita vaahteran siemeniä, joissain siemenviljelyksen osissa runsaasti. Edellisinä kahtena vuorokautena oli ollut kovia tuulia, ja arveltiin, että puuskat olivat edesauttaneet siementen ennenaikaista varisemista. Lähimmällä Ilmatieteen laitoksen mittausasemalla (Savonlinnan lentokenttä 27 km päässä) 13.–14.9.2021 mitattu kovin tuulen puuska oli 20,1 m/s ja yli 17 m/s puuskia oli ollut useita. Maahan pudonneiden siementen laadun arvioimiseksi kerättiin 23.9. näytteet maassa olevista tuoreista siemenistä kustakin kahdestakymmenestä 5 m × 7 m ruudusta, joista oli kerätty siemennäytteet puista. Jokaisesta ruudusta kerättiin siemenet neljältä, pinta-alaltaan yhden neliömetrin ympyräkoelalta (Ø 56 cm), joiden keskipiste oli 1,5 m ruutujen nurkista sen keskipistettä kohden. Siemeniä kerättiin näin ollen yhteensä kahdeksaltakymmeneltä yhden neliömetrin koelalta. Kultakin koelalta löytyneet siemenet analysoitiin erikseen.

Luken Suonenjoen siemenlaboratoriossa siemenet läpivalaistiin niiden laadun määrittämiseksi edellisvuoden tapaan (Faxitron MX-20; Faxitron Bioptics LLC, Tucson, AZ, USA; röntgenputken jännite 18 kV, 4 s kuvausaika). Suurimmat puista kerätyt oksakohtaiset näytteet puolitettiin tai jaettiin neljäsosaan ISTA:n ohjeen mukaan (ns. hand halving method, ISTA handbook on... 2004), mutta suurin osa oksakohtaisista siemennäytteistä kuvattiin kokonaan. Kuvattavia siemeniä oli näin ollen 22–128 kpl per oksa ja yhteensä kuvattiin ja arvioitiin 4194 siemenen laatu (kuva 7). Kaikki maasta kerätyt siemenet, yhteensä 367 kpl, kuvattiin ja arvioitiin vastaavasti.



Kuva 7. Erilaatuisia vaahteran siemeniä läpivalaistuina. Osassa toukan syömiä siemeniä ulostepuru näkyy selvästi, osa siemenistä näyttää tyhjäksi koverretuilta. Tyypillistä on, että toukallisen siemenen viereinen siemen on syöty, ja parina olevien siementen välillä näkyy toukan kulkureitti. Kuvat: Katri Himanen (Luke)

Sekä puista että maasta kerätyistä siemenistä preparoitiin 34 elävää toukkaa sekvensointia varten (yhteensä 68 kpl). Toukat leikattiin siemenistä ja säilöttiin yksittäin Eppendorf-putkissa Luken Viikin toimipaikassa tehtyyn DNA:n eristykseen saakka 97 % Aa etanolissa -18 °C:ssa. Eristystä varten kukin toukka huuhdeltiin kolme kertaa steriilillä mq-vedellä ja kuivatettiin vakuumihaihduttimessa. DNA:n eristykseen käytettiin Qiagenin DNaesy® Blood & Tissue Kitiä. Näytteisiin lisättiin ATL-puskuri ja proteinaasi K kittiprotokollan mukaisesti ja näytteitä inkuboitii 56 °C noin 2–3 tuntia välillä vortexoiden sekä TissueLyserillä hajottaen tunnin välein. Tarvittaessa käytettiin myös steriiliä sauvamurskainta toukkien hajottamiseen. Näytteet fuugattiin nopeasti ja supernatantti siirrettiin puhtaaseen putkeen. Loput vaiheet eristyksestä tehtiin QIAcube eristysrobotilla, eluutiutilavuudella 100 µl. Eristyksen jälkeen mitattiin näytteiden konsentraatiot ja puhtausarvot käyttäen Nanodrop laitteistoa. Näytteistä tehtiin PCR ThermoFisherin DreamTag Green Master Mixiä käyttäen.

Aluketiedot:

LC01490	Forward	GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG
HCO2198	Reverse	TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA

Tutkittava geenialue on COI.

PCR:n jälkeen ajettiin tuotteet 1 % agaroosigeeliin. Eristetyistä näytteistä saatiin selkeä yksi PCR-tuote, tuotteet puhdistettiin Exo-Sap menetelmällä. Puhdistetut PCR-tuotteet lähetettiin MacroGenille sekvensoitavaksi Forward-alukkeen (LCO 1490) kanssa. MacroGenilta saaduista sekvensseistä poistettiin huonolaatuiset sekvenssialueet sekvenssin alusta ja lopusta Geneious Prime ohjelmiston avulla. Editoidut sekvenssit ajettiin Bold Systemsin Barcode Of Life Data System (v4) Identification Engine tunnistusohjelmistolla lajintunnistusta varten.

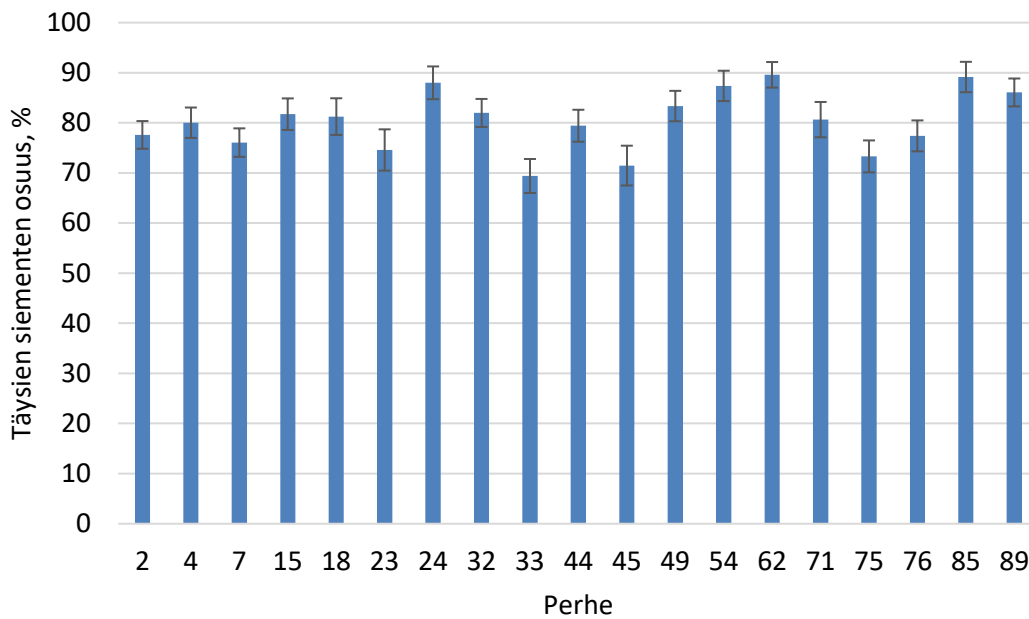
Tulokset

Latvuksista kerätyistä siemenistä lähes kolme neljäsosaa oli röntgenkuvauksen perusteella täysiä ja terveitä (taulukko 1). Toukkien tuhoamia siemeniä löytyi jokaisesta koepuusta. Reilussa kahdessa prosentissa siemeniä oli toukka, mutta toukan syömiä siemeniä oli yli nelinkertaisesti: kukin toukka vaikuttaa syövän useita siemeniä. Kaikki syödyt siemenet olivat niin pahoin vaurioituneita, että niiden voi arvioida olevan itämiskyvyttömiä.

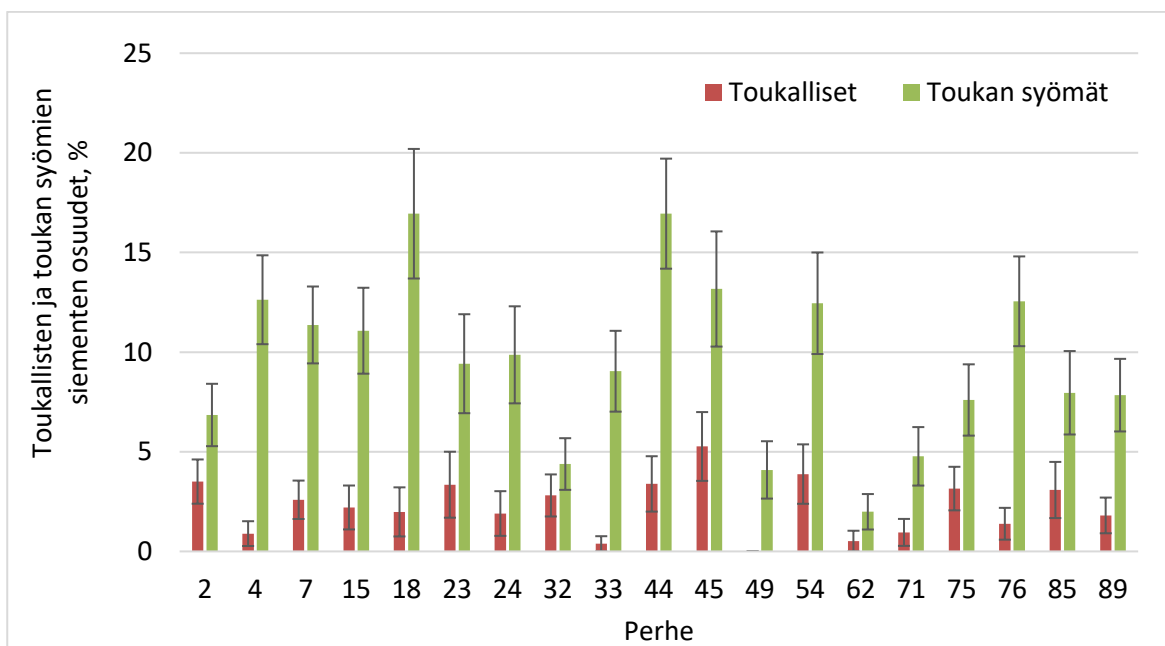
Taulukko 1. Turvalan vaahterasiemenviljelykseltä kerättyjen siementen laatu läpivalaisun perusteella.

	Siemeniä yhteensä, kpl	Osuus siemenistä, %					
		Täydet ja terveet	Tyhjät	Toukalliset	Toukan syömä	Vajaasti kehittyneet	Muut itämiskyvyttömät
Puusta kerätyt	4194	73,8	8,5	2,2	9,0	3,2	3,3
Maasta kerätyt	367	39,2	13,6	10,6	30,2	3,3	3,0

Alustavan tilastollisen analyysin perustella täysien ja toukan syömien siementen osuudet vaihtelivat tilastollisesti merkitsevästi puittain / perheittäin ($p < 0,001$) (kuvat 8 & 9). Tyhjien, toukallisten, vajaasti kehittyneiden ja muiden itämiskyvyttömien siementen osuuksien erot puiden / perheiden välillä eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.



Kuva 8. Mallin (GLM) ennusteet sekä ennusteiden keskivirheet täysien siementen osuudelle Turvalan vaahterasiemenviljelyksen perheissä. Kustakin perheestä kerättiin siemeniä yhdestä puusta.



Kuva 9. Mallin (GLM) ennusteet sekä ennusteiden keskivirheet toukallisten ja toukan syömien siementen osuudelle Turvalan vaahterasiemenviljelyksen perheissä. Kustakin perheestä kerättiin siemeniä yhdestä puusta.

Yli puolesta (48 kpl) neliömetrin maakoeruudusta löytyi siemeniä. Näiden laatu oli latvuksista kerättyjä siemeniä huonompi. Toukallisia siemeniä oli lähes viisinkertaisesti ja yhteensä toukkien pilaamien siementen osuus oli yli 40 %.

DNA saatiin eristettyä kaikista 68 toukkanäytteestä. Sekvensoinnin perusteella kaikki toukat olivat vaahterakiiltokääriäisiä lukuun ottamatta yhtä puusta kerättyä toukkaa, joka kuului *Scambus-loispistiäissukuun*. Tarkkaa lajia ei pystytty tälle yksilölle määrittämään.

Johtopäätökset

Vaahterakiiltokääriäistä esiintyi yleisesti Turvalan siemenviljelyksellä / geenivarakoelmalla: laji saatiin varmistettua DNA-sekvensoinnilla. Kukin toukka vaikuttaa syövän useamman siemenen. Toukalliset siemenet ovat yliedustettuina maahan ennen aikaisesta varisemisesta siemenissä, joten osa hyönteisen siementuhoista jää piiloon tarkasteltaessa vain puissa olevia siemeniä. Lajin ekologiasta on vähän kirjallisuutta, joten jää spekulointia tasolle, liittyykö ennen aikainen variseminen perhosen talvehtimiseen tai muodonmuutokseen, toisin sanoen, onko siemenen putoamisesta maahan ennen siementen tavallista varisemista sille – tai puulle – jotain hyötyä.

Vaahtera on tällä hetkellä erittäin vähämerkityksellinen puulaji metsätaloudessa. Havainto osoittaa, että jos toistaiseksi vähemmän käytettyjä puulajeja aletaan ottaa laajamittaisempaan viljelyyn, myös siementuotannossa havaitaan todennäköisesti erilaisia ennen ohitettuja ilmiöitä ja mahdollisia tuhojen torjuntatarpeita.

Turvalan viljelys sijaitsee satojen kilometrien päässä vaahteran luontaisesta esiintymisalueesta, vaikkakin taajamissa ja pihapiireissä vaahtera on yleinen koristepuu ympäri Suomea. Tulos osoittaa, että puulajista riippuvaiset hyönteiset – tässä tapauksessa siementuotannon näkökulmasta tuhohyönteinen – voivat vakiintua puulajin tämänhetkisen luontaisen esiintymisalueen ulkopuolelle.

Siementen laatu oli yleisesti ottaen siemenviljelyksellä hyvä ja vertailukelpoinen pääpuulajien tavanomaiseen siemenlaatuun. Täysien siementen ja toukkien tuhoamien siementen osuudet vaihtelivat tilastollisesti merkitsevästi puiden / perheiden välillä. Keräämällä sama määrä siementä eri puista / perheistä ei näin ollen saada yhtä paljon itäviä siemeniä, mikä voi geenivarojen säilytyksessä olla huomioon otettava seikka.

Kiitokset

Henri Hämäläinen ja Tarja Salminen toimittivat Turvalan siemenviljelyksen kohteen kartta- ja ennakkotiedot sekä vastasivat pitkälti siementen keruusta. Jenni Toivakka avusti niin ikään siementen keruussa. Sirpa Kolehmainen röntgenkuvasi näytteet. Tuija Hytönen, Juha-Matti Pitkänen ja Suvi Sutela suorittivat DNA-eristuksen. Tuija Hytönen toimitti kuvauksen eristysmenetelmästä ja sekvensoinnista. Tiina Ylioja toimi entomologisena asiantuntijana. Työ ei olisi toteutunut ilman heidän apuaan.

Lehmuksen siementen elävyyden määrittystapojen vertailupilotti

Katri Himanen & Anu Laakso (Ruokavirasto)

Vuonna 2021 useita jalojen lehtipuiden geenivarakokoelmia rekisteröitiin siemenviljelyksiksi, mukaan lukien metsälehmuksen (*Tilia cordata*) Preitilän ja Turvalan siemenviljelykset (sv 484 ja sv 485). Siemenviljelyssiemenerien tullessa markkinoille herää myös tarve määrittää siementen elävyys ja itävyys. Metsälehmuksen siemenissä on syvä siemenhorros, jonka purkaminen vaatii 1,5 vuoden lämmin- ja kylmästratifioinnin, minä vuoksi siementen idätystestaus on hidasta. Metsälehmuksen siemenet eivät myöskään viileinä vuosina tuleennu täydellisesti, joten niiden laadun tarkkailua on syytä opetella.

Ruokaviraston Loimaan siemenlaboratoriossa tehtiin Luken Paimion geenivarakokoelmasta (siemenviljelyksenä sv 484) kerätyillä siemenillä tetrazolium-värjäyskokeilu puittain kerättyjen siementen elävyyden arvioimiseksi. Siemenet oli kerätty lokakuun puolivälissä 2020 ja kustakin puusta siemeniä testattiin 100 kpl. Tetrazolium-värjäys on ISTA:n hyväksymä menetelmä siementen elävyyden arvioimiseksi. Menetelmässä preparoituja siemeniä liotetaan tetrazolium-liuoksessa, minkä jälkeen edelleen leikellyistä siemenistä arvioidaan visuaalisesti niiden solukoiden elävyys. Väritön tetrazolium reagoi hengittävissä soluissa esiintyvän dehydrogenaasi-entsyymin kanssa muuttuen punaiseksi (kuva 10). Menetelmän heikkoutena on sen käsityövaltaisuus, minkä vuoksi suurien siemenmäärien testaus on kallista.

Samoista siemenieristä otettiin värjäystestin jälkeen Luken Suonenjoen siemenlaboratoriossa noin 50 siemenen harhattomat näytteet, jotka läpivalaistiin ja siementen elävyys arvioitiin. Röntgenkuvauksen käyttökelpoisuutta rajoittaa laitteiden korkea hinta, mutta itse kuvaus ja siementen laadun arviointi on nopeaa.

Siemenenäkökohtaisen tarkastelun lisäksi valittiin 20 siementä, jotka röntgenkuvattiin yksilöidysti, ja lähetettiin edelleen Ruokavirastoon tetrazolium-analyysiin. Analyysiin ei kelpuutettu siemeniä, jotka olivat läpivalaisun perusteella tyhjiä.

Tulokset

Siementen röntgenkuvauksen ja tetrazolium-testauksen antamat arviot siemenerien elävyydestä olivat jokseenkin yhtenevät (taulukko 2). Menetelmät antoivat toisiinsa nähden, milloin ali-, milloin yliarvion elävyydestä. Terveiden ja täysin tyhjen siementen erottaminen röntgenkuvasta on varsin helppoa (kuva 11), mutta osa siemenistä on vaikeasti tulkittavia ilman lisäanalyysijä.

Yksilöityjen siementen vertailussa tulokset olivat myös varsin yhtenevät. Kuolleet siemenet tunnistettiin pääosin samoin. Tetrazolium-menetelmässä ei arvioitu sitä, täyttävätkö siemenen sisärakenteet siemenkuoren kokonaan, ts. onko siemen vajaasti tuleentunut. Nämä siemenet olivat erotettavissa täysistä röntgenkuvauksessa, mutta on epäselvää, kuinka vajaakokoisuus vaikuttaa itävyyteen.

Johtopäätökset

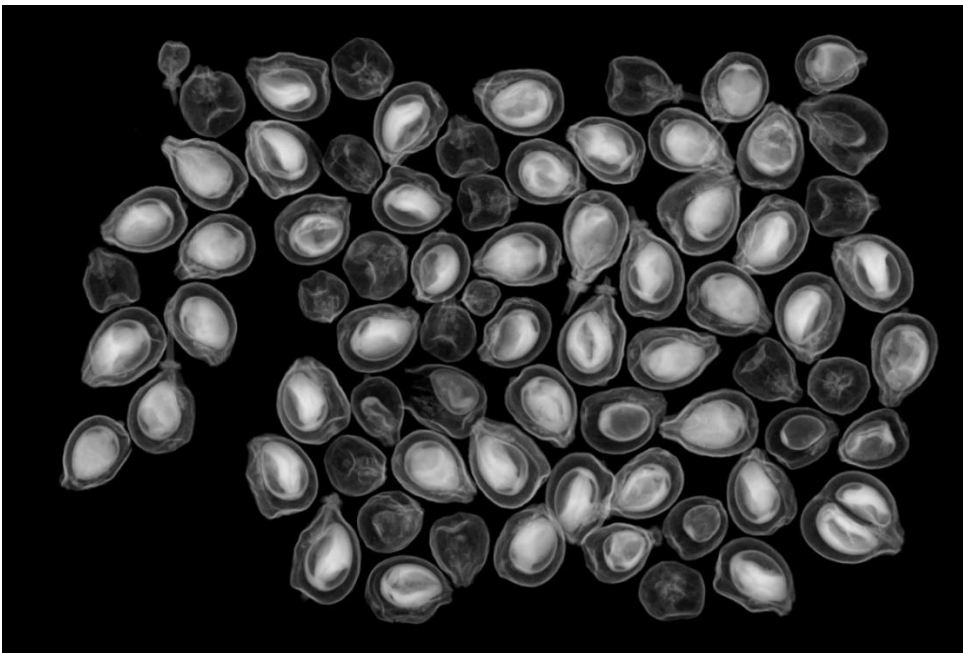
Metsälehmuksen siementen elävyyttä voidaan pilotin perusteella arvioida sekä tetrazolium-värjäyksellä että röntgenkuvaamalla. Jotta menetelmien luotettavuutta toisiinsa ja idätystestillä todettavaan itävyyteen nähden voitaisiin arvioida paremmin, tarvittaisiin vertailutesti isommalla siemeneräkohtaisella siemenmäärällä. Tehdyn pilotin hyödyllisyyttä rajoittaa pieni siemenmäärä, jolloin menetelmien väliset erot voivat johtua satunnaisvirheestä. Erien välisessä vertailussa analysoidut siemenet eivät olleet myöskään värjäytestissä ja läpivalaisussa samoja, vaan rinnakkaisnäytteet.

Taulukko 2. Metsälehmuksen siemenerien elävyys Ruokavirastossa tehdyn tetrazolium-värjäyksen ja Lukessa tehdyn röntgenkuvauksen perusteella.

Tunnus	Alkuperä	Elävyys (%) Tetrazoliumin perusteella	Itämiskykyisten siementen osuus (%) röntgenkuvauksen perusteella
0106 13	Inkoo, Rövass	56	69
0110 05	Dragsfjärd, Ekhamn	87	97
0201 10	Turku, Katariinanlaakso	92	96
0234 02	Säkylä, Kraputie	76	86
0246 03	Siikainen, Vuorijärven lehto	56	56
0301 01	Karjalohja, Karkali	86	74
0318 08	Hollola, Tiirismaa	51	32
0425 07	Valkeala, Tukkulinvuori	87	88
0430 05	Hamina, Uuperinmäen kallionaluslehto	81	75
0520 06	Toijala, Alhonlahden rantalehto	58	54
0610 05	Mikkeli, Vassaansaaren lehto	76	90



Kuva 10. Metsälehmuksen siemeniä tetrazolium-testin jälkeen. Ylemmässä kuvassa olevat siemenet ovat eläviä, alemmassa kuvassa elinkelvottomiksi arvioituja siemeniä. Kuvat: Anu Laakso (Ruokavirasto).



Kuva 11. Röntgenkuva metsälehmuksen siemenistä. Kuva: Katri Himanen (Luke)

Taulukko 3. Yksittäisten siementen laadun arvio tetrazolium-testin ja röntgenkuvauksen perusteella.

Siemenkoodi		Arvio röntgenkuvan perusteella	Arvio tetrazoliumin perusteella
4984	A	Elävä	Elävä
4985	B	Osa solukosta elävää	Elävä
4985	C	Kuollut	Kuollut. Pilaantunut, n. puolet solukosta elävää
4986	D	Kuollut	Kuollut. Alkio kehittymätön.
4986	E	Osa solukosta elävää	Kaksonen, joista toinen elävä
4986	F	Osa solukosta elävää	Elävä
4986	G	Kuollut	Kuollut. Kokonaan kuollut, vararavintosolukko puuttuu lähes täysin
4987	H	Vajaa, mutta elävä	Elävä
4987	I	Vajaa, mutta elävä	Elävä
4987	J	Osa solukosta elävää	Elävä
4987	K	Vajaa, mutta elävä	Elävä
4987	L	Elävä, mutta vajaa tai epämuodostunut	Elävä
4988	M	Elävä, mutta vajaa tai epämuodostunut	Elävä
4988	N	Elävä, mutta vajaa tai epämuodostunut	Elävä
4988	O	Elävä, mutta vajaa tai epämuodostunut	Elävä
4989	P	Osa solukosta elävää	Elävä
4989	Q	Epävarma, ehkä kuollut	Kuollut. Kokonaan kuollut.
4990	R	Kuollut	Kuollut. Kokonaan kuollut.
4990	S	Elävä	Elävä
4990	T	Osa solukosta elävää.	Elävä

Kiitokset

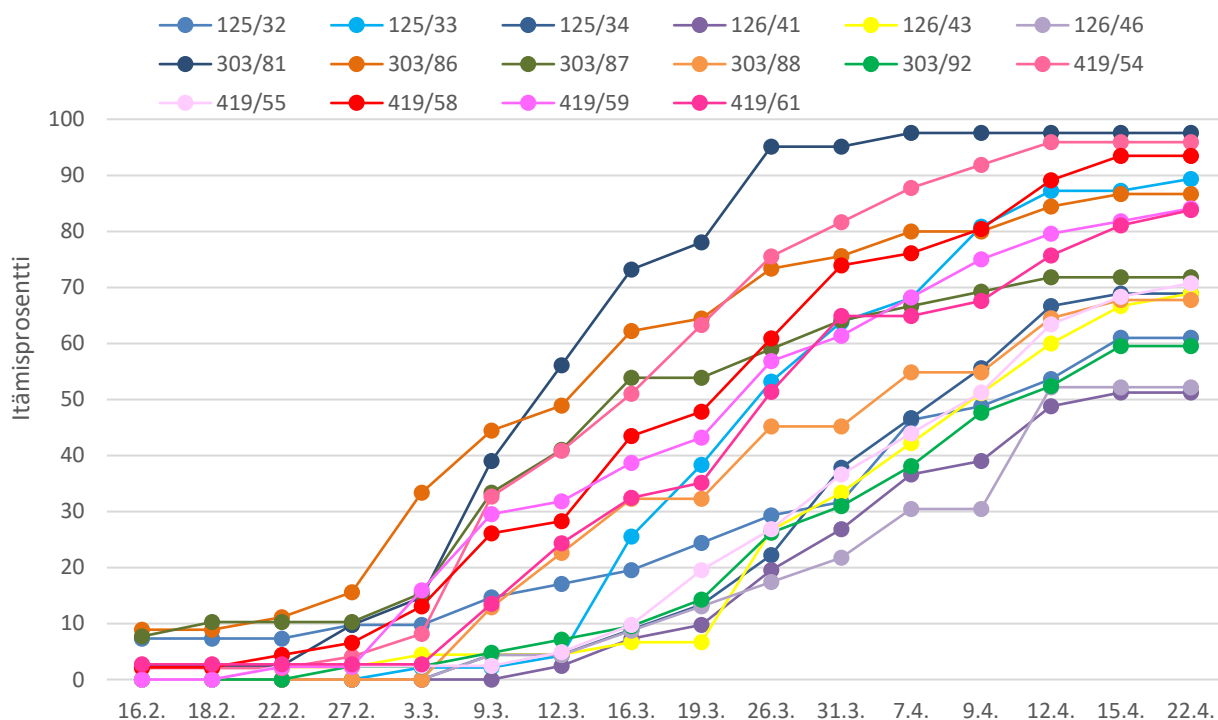
Ruokaviraston siemenlaboratoriojaoston itävyyslaboratorion henkilöstö suoritti tetrazolium-värjäykset. Jaana Larila (Ruokavirasto) sekä Leena Yrjänä ja Esa Ek (Luke) osallistuivat myös siementen keruuseen ja töiden organisointiin.

Pilottikokeet Douglaskuusen taimilla ja vaahteran siemenillä

Katri Himanen

Luken Suonenjoen tutkimustaimitarhalla vuosina 2020–2021 kasvatetuilla douglaskuusen taimilla testattiin taimien karaistumista edistävän lyhytpäiväkäsittelyn käyttöä ja vaikutuksia mm. taimien pakkaskestävyyteen. Vertailu kuusen ja männyn taimiin on osoittanut, että douglaskuusen taimet karaistuvat niitä heikommin. Suomesta kerättyjen siemenalkuperien välillä on myös eroja karaistumisen ajoituksessa ja syvyydessä. Tutkimusaineistoa on hyödynnetty ja työtä jatkettu muissa hankkeissa ja siitä on laadittu käsikirjoitus: *Luoranen, J., Kivimäenpää, M., Ruhanen, H., Himanen, K. & Riikonen, J. Douglaskuusen taimien huono pakkaskestävyys kotimaisiin puulajeihin verrattuna haastaa taimituotantoa: lyhytpäiväkäsittely taimien pakkaskestävyyden parantajana.*

Syksyllä 2020 kerätyillä vaahteran siemenillä toteutettiin talvella 2020–2021 siemenhorroksen purkuun ja idätystestaukseen liittyvää kokeilua Luken siemenlaboratoriossa. Kokeilun perusteella saatiin varmistettua vaahterassa esiintyvä syvä siemenhorros, sekä sen purkamiseen ja idätykseen soveltuvat lämpötilat. Turvalan siemenviljelykseltä (sv 485) Savonlinnasta perheittäin kerättyjen siementen primäärinen siemenhorros saatiin purettua säilyttämällä siemeniä keruun jälkeen kosteassa turpeessa +4 °C lämpötilassa 3,5 kk ajan (kuva 12). Perheiden välillä havaittiin eroja itämisen nopeudessa ja täydellisyydessä.



Kuva 12. Vaahteran stratifioitujen (3,5 kk +4 °C) siementen itäminen 7 °C lämpötilassa (16.2.–7.4.) ja sen jälkeen 20 °C:ssa. Kukin viiva kuvaa yhtä perhettä. n=50 siementä.

Osahanke 2. Metsäkylvön kehittämisen kautta lisää kasvua, kannattavuutta ja ilmastohyötyä

Pekka Helenius

Vuotuinen männyn metsäkylvöala Suomessa on yli 20 000 hehtaaria, josta suurin osa kylvetään koneellisesti maanmuokkauksen yhteydessä. Nykyisestä, noin kymmenen prosentin taimettumisesta johtuen kylvöön kuluu lähes 7 000 kg siementä, mikä on 80 % kaikesta metsänviljelyyn Suomessa käytetystä siemenestä. Alhainen taimettuminen johtuu useimmissa tapauksissa kylvöalustan vaihtelevasta laadusta, kylvösiemenen melko sattumanvaraisesta sijoittumisesta kylvöalustalle, sekä näistä aiheutuvista kuivuus-, rouste-, eroosio- ja syöntituhoista.

Osahankkeen tavoitteena oli tutkimuksen ja menetelmäkehityksen keinoin parantaa taimettumista männyn koneellisessa kylvössä. Parantuneen taimettumisen myötä pienentynyt siementarve mahdollistaisi jalostetun siemenen osuuden kasvattamisen kylvössä, ja sitä kautta metsien kasvun nopeutumisen ja laadun paranemisen tulevaisuudessa. Männyllä jalostetun siemenen käyttö verrattuna metsikkösiemenen käyttöön parantaa puiden tilavuuskasvua 15–25 prosenttia. Käytännön tasolla tärkein tavoite oli siemenen hallitun peittämisen mahdollistavan konekylvömenetelmän kehittäminen.

Jalostetun siemenen käyttö metsäkylvössä

Osahankkeen alussa selvitettiin jalostetun siemenen (1. & 1,5. polven aineisto) käytön osuus männyn metsäkylvössä metsänhoitoyhdistyksiin, metsäyhtiöihin ja siementuottajille lähetetyllä kyselyllä. Osuus vaihtelee Etelä-Suomen yli 90 prosentista Pohjois-Suomen 30 prosenttiin, koko maan keskiarvon ollessa 61 %. Pinta-alana jalostetun siemenen käytön lisäyspotentiaali on noin 8500 hehtaaria, josta pääosa on Pohjois-Karjalassa, Pohjois-Pohjanmaalla ja Lapissa (taulukko 4).

Edellä mainittu lisäyspotentiaali johtuu pääosin jalostetun siemenen rajallisesta saatavuudesta. Lisäksi pieni osa (5–10 %) metsänomistajista ostaa aina kaikkein halvinta siementä. Hehtaariohtainen ero kylvökustannuksessa metsikkösiemenen ja jalostetun siemenen välillä on 50–100 euroa. Sen sijaan nettotulojen nykyarvo on jalostettua siementä käytettäessä 2–3 kertainen jalostamattomaan metsikkösiemeneseen verrattuna (Ahtikoski ym. 2018).

Taulukko 4. Siemenviljelysiemenen osuus metsäkylvössä, sekä sen lisäyspotentiaali maakunnittain.

Maakunta	Kylvö- ala, ha	Pinta-ala (ha), jolla SV-siemenen osuus					SV-siemenen lisäyspotentiaali (ha)
		90 %	65 %	30 %	0 %	Yht.	
Uusimaa	175	175					18
Varsinais-Suomi	198	198					20
Satakunta	305	305					31
Kanta-Häme	122	122					12
Pirkanmaa	391	391					39
Päijät-Häme	218	218					22
Kymenlaakso	207	207					21
Etelä-Karjala	342	342					34
Etelä-Savo	1 013	1 013					101
Pohjois-Savo	969	969					97
Pohjois-Karjala	3 637		3 637				1273
Keski-Suomi	1 023	1 023					102
Etelä-Pohjanmaa	1 452		1452				508
Pohjanmaa	291	146	146				66
Keski-Pohjanmaa	454		454				159
Pohjois-Pohjanmaa	3 865		1933	1933			2029
Kainuu	3 077	1539	1539				692
Lappi	3 919			1960	1960		3331
Yhteensä	21658	6647	9160	3892	1960		8555
SV-siemenellä kylvetty pinta-ala, ha		5982	5954	1168	0	13104	

Turvemaiden jyrskylvö

Syksyllä 2020 tutustuttiin uuteen, jatkuvatoimiseen turvemaiden jyrskylvömenetelmään Tornator Oy:n mailla Ilomantsissa. Kaivinkoneella vedettävän, omalla moottorilla varustetun kaksirivisen NEVA 111.2 -jyrsimen tuottavuus on 0,6 hehtaaria tunnissa, eli yli kaksinkertainen kaivinkoneella tehtävään kylvöön verrattuna. Korkean tuottavuuden lisäksi jyrskylvömenetelmän etuna on vähäinen maisema- ja maastovaikutus, sillä muokkausjälki on pinnallinen ja katoaa näkyvistä muutamassa vuodessa (kuva 13). Jyrsimellä on myös mahdollista levittää fosfori- ja kaliumlannoitetta muokkausjälkeen kylvön yhteydessä. Tällä hetkellä valmiina on kaksi jyrskylvöyhdistelmää.



Kuva 13. Vasemmalla jysinkylvöyhdistelmä kylvämässä mäntyä lokakuun puolivälissä 2020. Oikealla jysinkylvetty ala neljän vuoden kuluttua kylvöstä. Kuvat: Pekka Helenius (Luke)

Kylvön omavalvonta ja uudistumistarkastus

Keväällä 2021 laadittiin ohjeet ja lomakkeet metsäkylvöalojen maastotarkastuksiin ja koneellisen kylvön omavalvontaan kylvötyön aikana (liitteet 1 ja 2). Sekä uudistumistarkastusta että omavalvontaa kokeiltiin Metsä Groupin kylvötyömailla kesällä 2021. Kokeilusta saadun palautteen perusteella ohjeisiin ja lomakkeisiin tehtiin muutoksia. Uudistumistarkastus ja kylvön omavalvonta otetaan Metsä Groupissa operatiiviseen käyttöön näillä näkymin 2023.

Metsäkylvökauha

Luonnonvarakeskus ja Suomen metsäkeskus lähtivät kehittämään kylvösiemenen hallitun peittämisen ja sitä kautta siemenkulutuksen pienentämisen mahdollistavaa kaivinkonekylvöteknologiaa yhteistyössä töysäläisen kauhavalmistaja Ajutech Oy:n kanssa jo vuonna 2015. Yhteistyön tuloksena syntyneellä metsäkylvökauhan prototyypillä tehtiin ensimmäiset koekylvöt Ähtärissä keväällä 2016. Kauha on ojakauman mallinen, siinä on sähkötoiminen kylvölaite siemensäiliöineen, sekä videokamera kylvölaitteen toiminnan seuraamista varten. Kauhan pohjassa on yksiakselinen, hydraulimoottorilla pyöritettävä seulamoduuli, jolla kauhaan laikun teon yhteydessä kertynyttä maata voidaan seuloa peitoksi siementen päälle.

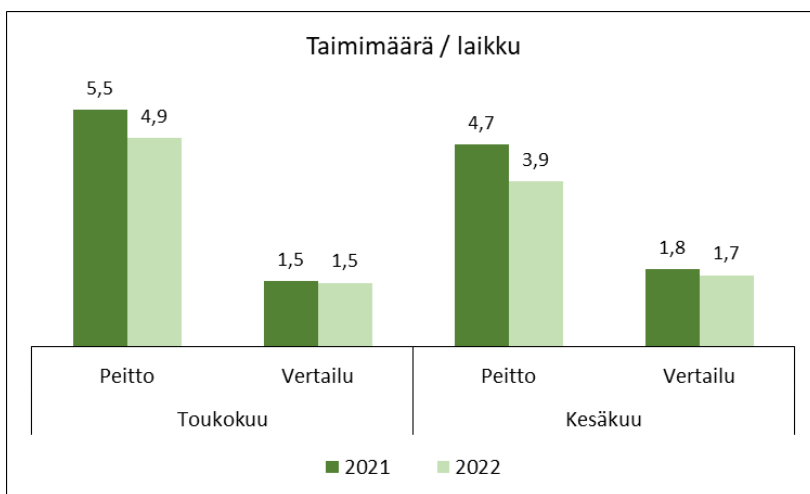
MEKANEN-hankkeessa metsäkylvökauhasta suunniteltiin ja toteutettiin uusi kehitysversio. Suunnittelussa hyödynnettiin kesällä 2018 toteutetusta kauhan ensimmäisestä laajasta maastotestauksesta saatuja kokemuksia (Pesonen 2019). Merkittävin muutos aikaisempaan versioon oli kauhan pohjaan asennettu erillinen kylvömuokkausterä (kuva 14), joka vähentää tarvetta kauhan kääntämiseen kylvötyön aikana, ja sen myötä parantaa tuottavuutta. Lisäksi kylvösuuttimen eteen asennettiin kartio, joka levittää siemenet laajemmalle alalle laikussa.



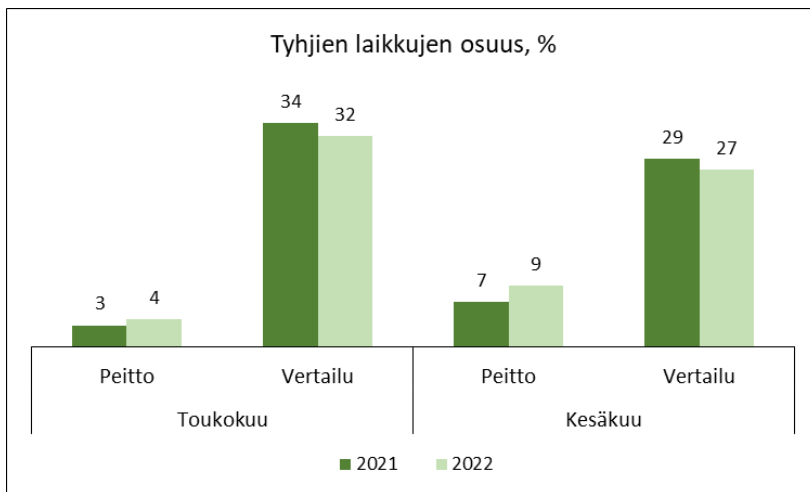
Kuva 14. Metsäkylvökauhan vuoden 2021 kehitysversiona on erillinen kylvömuokkausterä, joka vähentää tarvetta kauhan kääntämiseen kylvötyön aikana. Kuva: Pekka Helenius (Luke)

Uudella kehitysversiolla perustettiin siementen peittämisen vaikutusta orastumiseen selvittävä maastokoe UPM Metsän maille Karstulaan kesällä 2021. Samalla testattiin kauhan pohjaan asennetun kylvömuokkausterän ja kylvösuuttimen eteen asennetun siementen sirottimen toimintaa ja kestävyyttä.

Toukokuun kylvössä peittäminen lähes nelinkertaisti ensimmäisen syksyn taimimäärän peittämättömyyden käsittelyyn verrattuna (kuva 15). Kesäkuun kylvössä ero peitetyn käsittelyn hyväksi oli yli kaksi- ja puolikertainen. Siementen peittäminen vähensi tyhjien laikkujen osuuden kolmanneksesta alle kymmeneen prosenttiin (kuva 16). Koe inventoitiin toiseen kertaan syyskuussa 2022. Taimimäärä oli hieman vähentynyt peittolaikuissa, mutta se oli toukokuun kylvössä edelleen yli kolminkertainen ja kesäkuun kylvössä yli kaksinkertainen peittämättömiin laikkuihin verrattuna.



Kuva 15. Keskimääräinen laikkukohtainen taimimäärä eri käsittelyissä ensimmäisenä (2021) ja toisena (2022) kylvön jälkeisenä syksynä.



Kuva 16. Tyhjien laikkujen osuudet eri käsittelyissä ensimmäisenä (2021) ja toisena (2022) kylvön jälkeisenä syksynä.

Maaperäominaisuudet ja sitä kautta siementen itämisolosuhteet vaihtelevat yleensä jonkin verran laikun eri osissa. Esimerkiksi lähellä kivennäismaan pintaa olevat pienehköt kivet estävät kapillaariveden nousun syvemmältä maasta ja haittaavat taimien orastumista ja vakiintumista.

Kylvölaitteeseen talven 2020–2021 aikana suunniteltu siementen sirottelija toimi maastossa odotetusti; siemenet levisivät laikun pinnalla laajemmalle alalle kuin ilman sirottelijaa (kuva 17). Tämä lisää todennäköisyyttä siihen, että osa siemenistä päätyy itämisen kannalta suotuisimpiin kohtiin laikun pinnalla. Lisäksi taimikon varhaisperkaus on helpompaa, kun taimet ovat etäällä toisistaan.



Kuva 17. Vasemmalla ilman siementen sirottelijaa ja oikealla sirottelijan kanssa kylvetty laikku. Kuvat on otettu eri vuosina kylvetyistä ja eri-ikäisistä taimista. Kuvat: Pekka Helenius (Luke)

Parhaaseen orastumistulokseen päästään mahdollisimman tasaisella, noin 1 cm paksuisella peitolla. Yli 2 cm peitto hidastaa orastumista ja osittain estää sen. Näin ollen kaivinkoneen kuljettajan osaamisella ja kokemuksella on suuri merkitys lopputuloksen kannalta.

Tämän hetken tulosten perusteella arvio metsäkylvökauhalla saavutettavasta taimettumisesta on 25–30 %. Teoriassa yhtä vakiintunutta tainta kohti riittää siis keskimäärin 4 siementä. Sää-, kasvupaikka- ja muiden olosuhteiden vaihtelun takia näin pieni siemenmäärä voi kuitenkin johtaa liian suureen tyhjien laikkujen määrään etenkin myöhäisemmissä kylvöissä. Nykyisetkin koneellisen kylvön siemenmääräsuositukset perustuvat ajatukseen, että huonoissakin olosuhteissa saadaan edes kohtuullinen kylvötulos. Näin ollen turvallinen suositus metsäkylvökauhan siemenmääräksi on 8 siementä/laikku = 130 g/ha, mikä on noin puolet nykyisestä koneellisen kylvön siemenmääräsuosituksesta.

Metsäkylvökauha ei sovellu jatkuvatoimisia konekylvömenetelmiä alhaisemman tuottavuuden takia Keski- ja Pohjois-Suomen laajoille kylvöaloille. Sen sijaan Etelä-Suomen pienemmillä uudistusaloilla metsäkylvökauhalla voidaan siemenkulutuksen vähentämisen ohella huomioida tarkemmin uudistusalan sisäinen maaperävaihtelu ja tehdä kosteammilla paikoilla mättäitä istutusta varten ja kaivaa ojaa täsmämetsänhoidon periaatteiden mukaan. Menetelmän pääomakustannukset ovat myös jatkuvatoimisia menetelmiä paljon alhaisemmat.

Metsäkylvökauha on otettu kiinnostuneena vastaan metsäalan toimijoiden keskuudessa, mutta sen vaikutusta kylvösiementarpeeseen ja jalostetun siemenen osuuteen koko maan tasolla on tässä vaiheessa vielä liian aikaista arvioida. Seuraava kehittämiskohde on siemen hallitun peittämisen mahdollistava jatkuvatoiminen konekylvömenetelmä.

Metsäkylvön kohdevalinnan tarkentaminen

Uudistettava puulaji ja uudistamismenetelmä valitaan yleensä metsätyypin ja maalajitiedon perusteella. Metsätyyppiluokitus on kuitenkin subjektiivinen ja etenkin rajatapauksissa liian epätarkka menetelmä kylvölle soveltuvan kohteen tunnistamiseen. Luotettavaa tietoa maalajista ei myöskään ole aina saatavilla. Nämä tekijät yhdessä kylvön edullisuuden kanssa lisäävät riskiä sen käyttöön kylvölle soveltumattomien, rousteherkkien maiden uudistamisessa. Vaikka roustetta pidetään lähtökohtaisesti viljavien maiden vitsauksena, se voi heikentää kylvötulosta merkittävästi jo kuivahkon kankaan moreenimaalla. Riskikohteiden tunnistaminen ja välttäminen on kylvön onnistumisen kannalta kriittistä, sillä rousteen vaikutusta kylvötulokseen ei voida kompensoida lisäämällä siemenmäärää tai muuttamalla maanmuokkausta.

Metsä Group Oy:n kanssa suunniteltiin uusi, päätehakkuupuuston tilavuuteen perustuva kylvökohteiden valintatyökalu, jonka avulla pyritään löytämään ja poissulkemaan metsätyyppi- ja maalajitietoa tarkemmin kylvöön soveltumattomat kohteet. Työkalu perustuu hypoteesiin, että sekä puuston kasvu, että kylvön epäonnistumisriskiin vaikuttavan rousteen esiintyminen johtuvat samasta asiasta eli maaperän hienoaineksen osuudesta.

Hypoteesin testaamista varten kerättiin maaliskuuhuhtikuussa 2021 uudistamista edeltäneen päätehakkuupuuston hehtaarikohtaiset tilavuudet yhteensä 30:ltä, kolme vuotta vanhalta, koneellisesti kylvetyltä uudistamisalalta Metsä Groupin tietokannoista. Keruu tehtiin kohdennetusti niin, että havaintoja saatiin tasaisesti 200 ja 350 m³ / ha välillä. Samoilta kohteilta inventoitiin taimien määrä touko-kesäkuussa 2021.

Suurimmillaan kylvötaimien määrä oli tilavuusluokassa 220–239 m³/ha. Kylvötaimien määrä alkoi laskea merkittävästi (kylvön epäonnistumistodennäköisyys lisääntyi) päätehakkuupuuston tilavuuden ylittäessä 260 m³/ha. Arviota tukevat myös aiemmat havainnot puuston tilavuuden ja kylvön onnistumisen välisestä yhteydestä (Leikas 2016). Arviointimenetelmä on kuitenkin ”yksisuuntainen”, eli edellä mainitun tilavuusrajan alittuminen ei suoraan tarkoita kohteen soveltuvuutta kylvöön, koska se voi johtua myös puuston iästä ja/tai käsittelystä.

Inventoinnin tuloksista valmistui Pro gradu Itä-Suomen yliopistoon (Männistö, 2022). Kyseinen opinnäytetyö on myös tulossa Tapion metsänhoidon suosituksiin tutkimushavainnoksi rousteriskin tunnistamisessa kylvön kohdalla.

Jatkossa kylvön epäonnistumistodennäköisyyden selittäjänä tullaan mahdollisesti testaamaan myös puuston valtapituutta, joka on tilavuutta tunnottomampi metsän käsittelylle.

Osahanke 3. Pitkän aikavälin suojelumenetelmien kehitys metsien geenivaroille

Mari Rusanen, Sakari Välimäki & Leena Yrjänä

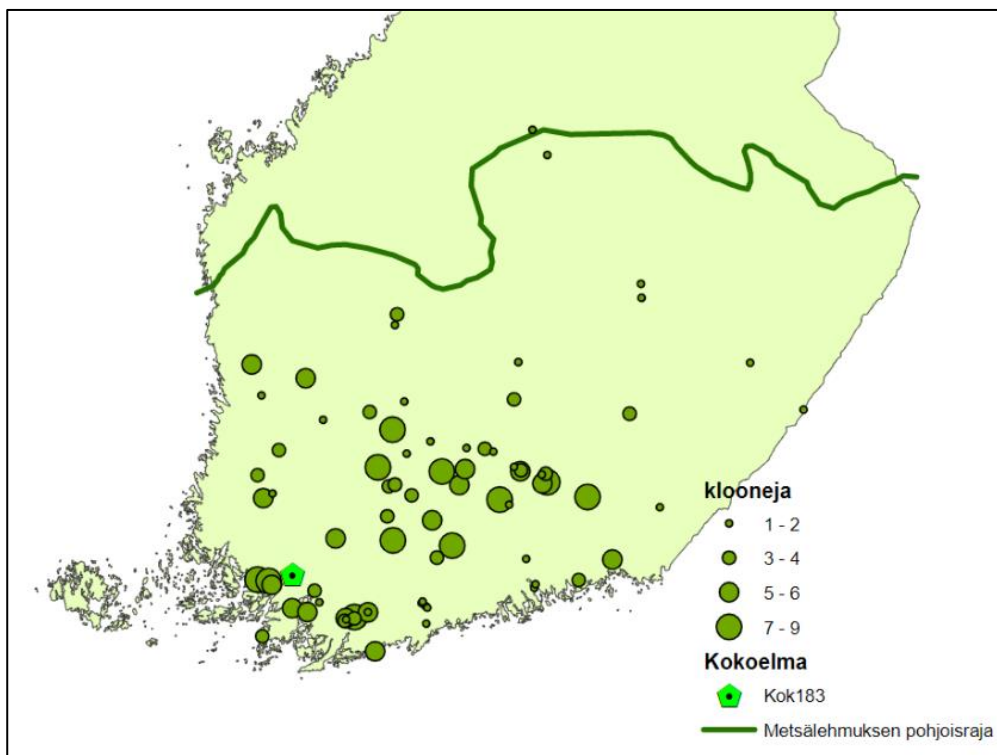
Osahankkeessa edistettiin jalojen lehtipuiden geenivarakokoelmien suojelua ja käytettävyyttä määrittämällä käytännöt siementen myyntiin saattamiseksi, sekä kehitettiin pitkän aikavälin kryosäilytysmenetelmä vuori- ja kynäjalavalle.

Jalojen lehtipuiden geenivarakokoelmien suojelu ja käytettävyys

Jalojen lehtipuiden (vaahtera, lehtosaarni, tammi, metsälehmus, kynä- ja vuorijalava) metsänviljelyaineiston lähteinä on muutaman vuoden ollut käytettävissä Metsähallituksen vuosina 2006 ja 2005 perustamat tammen ja vaahteran fenotyyppisesti valittuun aineistoon pohjautuvat siemenviljelykset sekä metsälehmuksella yksi lisättävä kloonit, muuten jalojen lehtipuiden metsänviljelymateriaali on kerätty perusaineiston luokkiin siemenlähde tunnettu tai valikoitu kuuluvista metsiköistä. Osahankkeessa edistettiin jalojen lehtipuiden geenivarojen suojelua ja käytettävyyttä määrittämällä käytännöt geenivarakokoelmien siementen myyntiin saattamiseksi.

Ensimmäiset jalojen lehtipuiden geenivarakokoelmat perustettiin 1990-luvun lopulla näiden pienissä, hajallaan sijaitsevilla populaatioissa kasvavien puulajien geneettisen monimuotoisuuden säilyttämiseksi. Aineisto kokoelmiin kerättiin lajien koko levinneisyysalueilta Suomessa mahdollisimman kattavasti (kuva 18). Kokoelmia suunniteltaessa otettiin huomioon mahdollinen myöhempi siementen tuottaminen kokoelmissa, tosin metsänviljelyaineistoa koskeva lainsäädäntö ehti muuttua ennen kuin kokoelmat varttuivat siementuotantoikänsä.

Lehtosaarnikokoelmien rekisteröinnistä luovuttiin koska laji kärsii niin laajalti saarnensurmasienestä (*Hymenoscyphus fraxineus*), että sen siemenen tuottaminen metsänviljelyyn ei ole järkevää niin kauan kuin toimivaa torjuntakeinoa ei ole. Myös vanha vuorijalavakokoelma jätettiin hankkeen ulkopuolelle vähäisen kloonimäärän vuoksi. Ruokavirasto tarkasti jalojen lehtipuiden geenivarakokoelmat ja hyväksyi ne metsänviljelyn perusaineistoksi siemenviljelyksinä. Hyväksynnän yhteydessä määritettiin kaikille kokoelmille suositeltava käyttöalue. Tammen käyttöalue arvioitiin 2018 mitattujen jälkeläiskokeiden tulosten perustella, joiden mukaan tammea voidaan käyttää aiemmin arvioitua laajemmalla alueella. Näin ollen myös Metsähallituksen tammisiemenviljelyksen käyttöalue laajennettiin kattamaan 1200 d.d. – 1350 d.d. kun se oli aiemmin rajattu pohjoisessa lämpösummaan 1250 d.d.



Kuva 18. Metsälehmuksen geenivarakokoelma ja sen alkuperät.

Taulukko 5. Geenivarasiemenviljelykset ja niiden käyttöalueet.

Siementaimisiemenviljelykset		Käyttöalue		
tunnus	puulaji	min	max	kunta
Sv479 (Kok182)	tammi	1200	1350	Raasepori
Sv484 (Kok185)	vaahtera	1200	1350	Paimio
Sv485 (Kok186)	vaahtera	1200	1350	Savonlinna
Sv487 (Kok190)	metsälehmus	1100	1350	Savonlinna
Kloonisiemenviljelykset		Käyttöalue		
tunnus	puulaji	min	max	kunta
Sv482 (Kok183)	metsälehmus	1100	1350	Paimio
Sv483 (Kok184)	vuorijalava	1100	1350	Paimio
Sv486 (Kok205)	kynäjalava	1100	1350	Paimio
Sv488 (Kok232)	kynäjalava	1100	1350	Kaarina

Geenivarasiemenviljelykset ovat kooltaan pieniä, mutta niiden materiaali on kerätty useista luontaisista metsiköistä, joten niiden tuottama siemen on teoreettisen tarkastelun pohjalta geneettisesti monimuotoisempaa kuin yksittäisestä, pienistä metsiköstä kerätty siemen. Monimuotoisuuden varmistamiseksi hankkeessa arvioitiin vähimmäismäärä kukkiville ja siementä tuottaville puille saatavilla olevan tiedon perusteella. Tältä pohjalta vuosina 2021 ja 2022 järjestettiin kukinnan ja siementuoton arviointi keruukelpoisuuden määrittämiseksi (Kuva 19). Kumpanakin tarkkailuvuonna muutamilla kokoelmilla kukinnan tai siementuoton vähäisyys esti siementen keruun (vuonna 2021 tammella, sekä vuonna 2022 tammella ja kynäjalavalla).

Alan toimijoiden kiinnostusta siementen keräämiseen kysyttiin vuosina 2021 ja 2022. Tiedustelu kohdistettiin rajalliseen joukkoon (6 alan vakiintunutta toimijaa lajien levinneisyysalueella), koska haluttiin testata järjestelyjen toimivuutta pienessä mittakaavassa.

Keruita järjestettiin kumpanakin vuonna ainoastaan yhdellä kohteella. Tähän vaikutti keruukohteiden saavutettavuuden lisäksi se, että kaikilla toimijoilla ei ole aiempaa kokemusta jalojen lehtipuiden siementen käsittelystä, varastoinnista tai taimikasvatuksesta. Kerätty siemenmäärä oli kokonaisuudessaan pieni, vuonna 2021 0,730 kg lehmusta ja vuonna 2022 0,065 kg vuorijalavaa.

Markkinoitaville metsänviljelyyn tarkoitetuille siemenenerille on ilmoitettava mm. ”itävyysprosentti, tai mikäli sen arvioiminen on mahdotonta tai käytännössä vaikeaa, yksilöidyllä menetelmällä arvioitu elinkykyisten siementen prosenttiosuus” (maa- ja metsätalousministeriön asetus metsänviljelyaineiston kaupasta 1055/2002). Jalojen lehtipuiden siementen itävyyden tai elävyyden määrittämisen

menetelmät eivät meillä ole vakiintuneet ja tiukka ISTA:n (International Seed Testing Association) ohjeiden noudattaminen, kun kerättävä siemenmäärä on vähäinen (< 20 000 taimen kasvattamiseen) johtaisi testaukseen käytettävän siemenosuuden paisumiseen kohtuuttomaksi, varsinkin lajeilla, joiden siemenet ovat suuria kuten tammella. Myös metsälehmuksen (ja lehtosaarnen) pitkä itämisaika on ongelmallinen perinteistä idätystestiä ajatellen. Näiden pulmien selvittämiseksi konsultoitiin Ruokaviraston Loimaan siemenlaboratoriota, jossa myös tehtiin metsälehmuksen siementen elävyyden määrittäminen tetrazolium -värjäyksen avulla Paimion metsälehmuskokoelmasta kerätyille siemenkappaleille, vastaavan siemenkappaleen elävyys määritettiin myös Luken Suonenjoen siemenlaboratoriossa röntgenkuvien perusteella. Tuloksia vertailtaessa havaittiin, että eri menetelmät antoivat jokseenkin yhtenevät tulokset. Suonenjoen siemenlaboratoriossa tehtiin myös kokeiluja vaahteran siementen itävyydestä ja talvihorroksen purkautumisesta. Pilottiluonteinen toimintaketjun kokeilu ja siitä saadut kokemukset antavat hyvän pohjan menettelyn käyttöön ottamiselle rutiiniluonteisesti, jos tälle on tarvetta ja jalojen lehtipuiden siemenelle kysyntää.



Kuva 19. Vasemmalla metsälehmuksen siemeniä ja oikealla vaahteran kukinto. Kuvat: Erkki Oksanen (Metla)

Geenivarakokoelmat rekisteröitiin metsänviljelyaineistorekisteriin siemenviljelyksinä, mikä saattaa luoda mielikuvan jalostetusta aineistosta. EU-direktiivin 1999/105/EY neljännen artiklan neljäs kohta

antaa mahdollisuuden rekisteröidä lievemmillä kriteereillä geneettisesti monimuotoista aineistoa. Olisi selvitettävä mahdollisuus rekisteröidä geenivara-aineistot esimerkiksi luokkaan siemenlähde tunnettu tai valikoitu, tai nostettava tämä asia laajemmin selvitettäväksi EU-säädösten uusimisen yhteydessä.

Osahankkeessa määritetyt minimikukinta- ja siementuottorajat tulee laskea ja arvioida tarkemmin lajien geneettisten ominaisuuksien pohjalta ja käyttää näitä rajoja myös siementen keruun optimointiin (ks. seuraava kohta). Tämä voisi tapahtua samassa yhteydessä geenivarakokeiden geneettisen evaluoinnin kanssa.

Siemenviljelyksien siemensato on korjattava kattavasti kaikista klooneista. Pienenkin geenivara-siemenviljelyksen sato saattaa hyvänä vuonna ylittää moninkertaisesti siementarpeen, eikä kaikkien lajien siementä voi säilyttää pitkään kuten havupuiden siementä. Olisi määritettävä vähimmäismäärät kerättäville perheille/varteille, jotta kerätyn siemenen voidaan perustellusti sanoa olevan monimuotoisempaa, kuin yksittäisestä esiintymästä kerätty siemen.

Jalavien siemenen variseminen tapahtuu hyvin nopeasti siementen kysymisen jälkeen. Jos keruuilmoitus tehdään Ruokavirastolle siinä vaiheessa, kun siemensato voidaan arvioida riittäväksi, keruuilmoituksen vaatima kaksi viikkoa johtaa siemenen varisemiseen ennen kuin keruu on mahdollista. Lisäksi jalavien siementen käsittelylle ja taimikasvatukselle nousi vuonna 2022 yllättäviä laillisuusesteitä, jotka liittyvät lajien suojelustatukseen.

Kryosäilytysmenetelmän kehittäminen vuori- ja kynäjalavalle

Osahankkeessa kehitettiin kryosäilytys- ja mikrolisäysmenetelmä kynä- ja vuorijalavan lepotilan silmuille. Molemmat jalavalajit ovat Suomessa uhanalaisia ja niitä uhkaa hollanninjalavatauti. Pohjoisiin oloihin sopeutuneiden genotyyppien monimuotoisuutta suojellaan ulkokokoelmissa, joihin on vartettu jalavia eri puolilta Suomea. Kryokokoelmaa voidaan käyttää varmuuskopiona ulkokokoelmille. Kryosäilytyksessä materiaalia säilötään äärimmäisen alhaisiin lämpötiloihin, tässä tapauksessa -196 °C:een nestemäiseen tyyppiin. Nestemäisessä tyyppiin materiaalia voidaan säilyttää hyvinkin pitkiä aikoja, kunhan nestetyypin riittävydestä tankeissa huolehditaan. Silmut kerätään kokoelmaan talvella, kun ne ovat kylmäkaraistuneita. Kasvimateriaali pakastetaan hitaasti ohjelmoitavaa pakastinta käyttäen -38 °C:een, jolloin se selviää paremmin upotuksesta nestemäiseen tyyppiin (kuva 20).



Kuva 20. Vasemmanpuoleisessa kuvassa vuori- ja kynäjalavan oksia. Oikealla vuorijalavan silmuja ja kryoputki, joissa silmut varastoidaan nestetyppeen. Kuvat: Sakari Välimäki (Luke)

Sulatetuista silmuista kasvatetaan versoja mikrolisäyksellä. Mikrolisäys on kasvullisen lisäämisen menetelmä, jolla pienestä emokasvin osasta (ei sukusolulinjan soluista) tuotetaan laboratorioolosuhteissa uusia kasveja, joiden genotyyppi on sama kuin alkuperäisen kasvin. Sulatuksen jälkeen silmut pintasteriloidaan mikrobikontaminaatioiden ehkäisemiseksi ja niistä leikataan pois silmusuomuja ja vartta. Trimmatut silmut asetetaan agarilla jähmetetylle omaan putkeensa aloituslustralle, joka sisältää sokereita, suoloja sekä kasvusäiteitä. Aloituslustralta versot siirretään monistusalustalle, jolla niitä ylläpidetään siirtämällä ne tuoreelle alustalle noin kolmen viikon välein, jotta se pysyisi hengissä ja versoisi. Versojen avulla kasvia voidaan monistaa ja versot voidaan juurruttaa ja koulia laboratorion ulkopuoliseen maailmaan (kuva 21).



Kuva 21. Vasemmalla kuva version kasvattaneista vuorijalavan silmuista kasvatusputkissa aloituslustralle. Oikealla vuorijalavan versoja purkeissa monistusalustalla. Kuvat: Sakari Välimäki (Luke)

Projektissa menetelmää testattiin laajalle aineistolle kynä- ja vuorijalavia. Kaikkiaan silmuja aloitettiin hankkeen aikana noin 1100 kpl. Näistä pakastettuja oli noin 800 kpl ja tuoreita noin 300 kpl. Menetelmän kehitystyössä materiaalina käytettiin silmuja, jotka oli kerätty geenivarakokoelmista, sekä Punkaharjun tutkimusmetsästä. Projektin alussa 2020 esitestauksen perusteella kynäjalavalle soveltuvaa kasvatusalustaa testattiin laajemmalle määrälle kynäjalavagenotyyppejä sekä ensimmäistä kertaa vuorijalavalle. Tuoreista silmuista kasvatus onnistui hyvin, kynäjalavalla 64 % ja vuorijalavalla 44 % aloitetuista silmuista lähti puhtaana kasvuun. Kynäjalavat lähtivät hyvin kasvuun myös pakastetuista silmuista (63 %), mutta vuorijalavat selvästi huonommin kuin tuoreena, ja kontaminaatioita oli paljon. Näiden yhteisvaikutuksesta onnistuminen jäi vuorijalavalla 13 %:iin. Jotta menetelmä olisi käyttökelpoinen, aloitusten onnistumisprosentin täytyy olla korkeampi, erityisesti siksi että jotkin genotyypit onnistuivat selvästi toisia paremmin ja suurta osaa ei pystytty palauttamaan nestetypestä.

Kontaminaatioiden ehkäisy vuorijalavalla muodostui hankkeen päähaasteeksi. Vuosina 2020 ja 2021 kontaminaatioiden vähentämiseksi kokeiltiin useita eri sterilointimenetelmiä, mukaan lukien Plant preservative mixturea (PPM), vetyperoksidia, kloriittia, elohopeakloridia sekä antibiootteja. Mikään näistä ei kuitenkaan sellaisenaan ratkaissut vuorijalavan kontaminaatio-ongelmaa. Erilaista silmunkäsittelyä testattiin myös, silmun uloimmat silmusuomut leikattiin irti jo ennen pintasterilointia kloriitilla, mutta tästäkään ei ollut hyötyä. Myöskään silmujen kerääminen kuivaltaan ilman lunta kuljetuspusseissa ei vähentänyt kontaminaatioiden määrää tai parantanut selviämistä nestetypestä, mutta ei myöskään huonontanut sitä.

Helmikuussa 2022 vuorijalavan silmuja pakastettiin vasta sen jälkeen, kun tikut oli kuivatettu kylmähuoneessa siten, että niiden kosteus oli noin 32 % (lähtötilanne noin 50 %). Tällä pyrittiin välttämään jäätyvän veden silmuille aiheuttamaa vahinkoa. Kuivatettujen vuorijalavan silmujen selviäminen nestetypestä oli parempi kuin ilman kuivatusta pakastettujen. Lisäksi hieman yllättäen niissä oli myös vähemmän kontaminaatioita. Se että kontaminaatiot vähenivät, vaati suhteellisen pitkän sterilointiajan (1 h, 20 g/l Natriumdikloori-isosyanuraatti + 15 min, 70 % EtOH). Kuivatusmenetelmällä 43 % vuorijalavan silmuista saatiin tuotettua puhtaita in vitro -viljelmiä, kun ilman kuivatusta osuus oli noin 11 %, mikä vastasi aiempien vuosien tuloksia.

Usein mikrolisätyt versot juurrutetaan ensin agariin ja koulitaan sitten. Tätä menetelmää testattiin, mutta versoja menetettiin juurrutuksessa. Mikrolisäyksellä tuotettujen versojen juurruttamista testattiin myös ilman erillistä agarilla jähmetettyä juurrutusalustaa. Versot siirrettiin liemeen, jossa oli sokeria sekä auksiinikasvihormonia juurten muodostuksen edistämiseksi. Kolmen päivän jälkeen versot koulittiin turpeeseen. Tällä menetelmällä vuorijalavat menestyivät yleisesti ottaen kynäjalavia

paremmin. Juurrutusmenetelmän kehitystä tehtiin keväisin projektin aikana yhteensä noin 500 versolla (kuva 22).



Kuva 22. Kynä- ja vuorijalavan mikrolisättyjä taimia. Kuva: Sakari Välimäki (Luke)

Koska vuorijalavan kasvatuksessa kryosäilytyksen jälkeen oli vaikeuksia, projektin aikana kryokokoelmaan talletettiin kaiken kaikkiaan enemmän kynäjalavan (noin 5200) kuin vuorijalavan (noin 470) silmuja. Kokoelmassa on nyt silmuja 117 kynäjalavasta geenivarakokoelmista. Nyt kuivatusmenetelmää käyttäen vuorijalavia ollaan pakastamassa tyypeen keväällä 2023, ja täydennystä jatketaan mahdollisesti tulevinä vuosina. Lisäksi työn aikana on talletettu huomattava määrä silmuja menetelmätestausta varten.

Hankkeen julkaisut ja muut suoritteet

Vertaisarvioidut artikkelit & käsikirjoitukset

Välimäki, S., Rusanen, M., Pečínková, D., Tikkinen, M., & Aronen, T. (2021). Cryopreservation and micropropagation methods for conservation of genetic resources of *Ulmus laevis* and *Ulmus glabra*. *Forests*, 12(8), 1121.

Välimäki, S., Rusanen M., Aronen T. (2022). Dehydration Treatment Improves *Ulmus glabra* Dormant Bud Regeneration from Cryostorage. *Forests*. 13(11):1923. doi: 10.3390/f13111923

Luoranan, J., Kivimäenpää, M., Ruhanen, H., Himanen, K. & Riikonen, J. Douglasskuusen taimien huono pakkaskestävyys kotimaisiin puulajeihin verrattuna haastaa taimituotantoa: lyhytpäiväkäsittely taimien pakkaskestävyyden parantajana

Raportit

Ruotsalainen, Seppo; Himanen, Katri; Viherä-Aarnio, Anneli; Aarnio, Leena; Haapanen, Matti; Luoranan, Jaana; Matala, Juho; Riikonen, Johanna; Uotila, Karri; Ylioja, Tiina (2022). Puulajivalikoiman monipuolistaminen metsänviljelyssä: Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 24/2022.

Lehtiartikkelit / haastattelut

Katri Himanen. Rauduskoivua ja harvinaisempia puita kannattaisi monestakin syystä suosia, mutta löytyykö niille kysyntää? Maaseudun Tulevaisuus, 09.11.2020

Katri Himanen. Kaikki alkaa siemenestä. Metsä Groupin Viesti -lehti 4/2020, 02.12.2020

Seppo Ruotsalainen. Kuusikot eivät kestä ilmastonmuutosta, mutta mitä tilalle? Tammimetsiä vai kotimaista mäntyä ja koivua, kuten metsäntutkija ehdottaa. Lapin Kansa, 23.11.2020

Seppo Ruotsalainen. Monilajisuus lisää kestävyyttä. Maatilan Pellervo, 01.06.2021

Seppo Ruotsalainen. Nu krävs alternativ till granen. Skogsbruket, 01.12.2021

Katri Himanen. Puulajien ABC: Mänty. Terve Metsä Stora Enson asiakaslehti, 01.03.2022

Seppo Ruotsalainen & Katri Himanen. Kuusen ylivaltaa vastaan. Metsälehti, 01.04.2022

Katri Himanen. Pula lauteista. Maaseudun tulevaisuus Metsä-liite. 2.5.2022

Katri Himanen. Puulajien ABC: Rauduskoivu. Terve Metsä Stora Enson asiakaslehti 2/2022, 01.06.2022

Katri Himanen. Puulajien ABC: Kuusi viihtyy varjoisemmilla kasvupaikoilla. Terve Metsä Stora Enson asiakaslehti 3/2022, 26.08.2022

Seppo Ruotsalainen & Katri Himanen. Puulajikirjo käyttöön metsänviljelyssä. Hiilestä kiinni - uutiskirje 4/2022.

Pekka Helenius & Kyösti Sipilä. Peittävä kylvökauha. Koneviesti 9/2021.

Pekka Helenius & Kyösti Sipilä. Säästöä siemenissä ja pitempi kylvökausi. Metsälehti 17.6.2021.

Pekka Helenius & Kyösti Sipilä. Puolen hehtaarin tutkimuslaboratorio. Metsän henki 3/2021.

Pekka Helenius & Kyösti Sipilä. Siementen hallitulla peittämisellä lupaavia tuloksia. Metsälehti 7.10.2021.

Pekka Helenius. Uudella metsäkylvötekniikalla nopeammin kasvavia taimikoita. Hiilestä kiinni - uutiskirje 5-2021.

Kyösti Sipilä. Tehokas metsäkylvökauha syntyi kokemusten kautta. Maa- ja metsätalous -lehti 3/2021.

Pekka Helenius & Kyösti Sipilä. Metsäkylvökauhalla merkittävä parannus taimimäärään. Koneyrittäjä 1/2022.

Kyösti Sipilä. Metsäkylvökauha voi tuoda säästöä siemenkuluissa. Metsäkeskuksen asiakaslehti. 17.5.2022.

Pekka Helenius. New direct seeding technology improves seedling emergence. Tree Seed Working Group, News bulletin Vol. 72. 2022.

Pekka Helenius & Kyösti Sipilä. Uusi menetelmä parantaa kylvötulosta. Metsän henki 3/2022.

Mari Rusanen ja Leena Yrjänä. Geenivarojen suojelulla varaudutaan muuttuviin olosuhteisiin. MetsäGroup asiakaslehti, 2021.

Sakari Välimäki. Jalavan geenivarat turvaan nestetyyppeen. Hiilestä kiinni -uutiskirje 1/2022.

[Esitelmät / posterit](#)

Katri Himanen. Metsänviljelymateriaalin valinta muuttuvassa ilmastossa. Metsäkeskuksen ilmastoseminaari - teemana metsien hiilinielun vahvistaminen metsänhoidolla, 10.12.2020.

Katri Himanen. Metsien kasvun edistäminen jalostetun metsänviljelyaineiston avulla. Metsien rooli muuttuvassa ilmastossa -MMM:n webinaari, 30.03.2021.

Katri Himanen. Metsät ja ilmastomuutos – Näkökohtia metsänviljelymateriaalin valintaan muuttuvassa ilmastossa. Metsät ja ilmastomuutos – Ely-keskuksen Ilmastoamukahvit, 28.09.2021.

Katri Himanen. Tervalepän viljelyn lisäämisen haasteet. Dendrologian seuran leppäseminaari, 26.11.2021.

Seppo Ruotsalainen. Puulajivalikoima monipuolistamisraportin esittely. Metsätaimitarhapäivät-webinaari 18.1.2022.

Katri Himanen. Metsänviljelyaineiston valinta ilmastonmuutoksen hillinnässä ja siihen sopeutumiseksi" Metsäkeskuksen ILMO- hankkeen Metsän uudistaminen -webinaarissa. 16.3.2022. Noin 47 hlö.

Katri Himanen. Puulajiston kirjo käyttöön. Monimuotoinen metsäni -metsänomistajapäivä. Kuopio 3.9.2022.

Katri Himanen. Puulajivalikoiman monipuolistaminen metsänviljelyssä. Dendrologian seuran vuosikokousseminaari, 02.12.2022.

Seppo Ruotsalainen & Matti Haapanen. Pacific Northwest Conifers in Finland. Virtual meeting of IUFRO Working Group 2.02.05 on Pacific Northwest Conifers. Introduction, Breeding, Propagation and Deployment of Pacific Northwest Conifers Around the World: 70 years of Progress, Opportunities and Challenges. Nov. 8–10, 2021., 08.11.2021

Pekka Helenius. Metsäkylvökauhakoe kesällä 2021. Metsänjalostuksen ja siementuotannon neuvottelukunnan kokous 16.12.2021

Pekka Helenius. Metsäkylvökauha – missä nyt ollaan ja miten tähän on tultu? Metsätaimitarhawebinaari 19.1.2022.

Pekka Helenius. New concept for mechanical direct seeding of pine. Nordgen Forest Conference. 27–28 September 2022. Lund, Sweden.

Sakari Välimäki. Kryosäilytysmenetelmän kehitys ja jalavan geenivaratyö. Suomen Dendrologian seuran Jalavaseminaari. 5.12.2020.

[Blogit / podcastit](#)

Katri Himanen. Monipuolinen puulajivalikoima on varautumista tulevaan

<https://www.luke.fi/blogi/monipuolinen-puulajivalikoima-on-varautumista-tulevaan/>

Seppo Ruotsalainen. Monipuinen metsä. 14.3.2022. <https://www.luke.fi/fi/blogit/monipuinen-metsa>

Seppo Ruotsalainen. Puulajiston monipuolistaminen on arpapeliä, mutta se voi torjua tulevaisuuden riskejä. 18.3.2022. <https://www.luke.fi/fi/blogit/puulajiston-monipuolistaminen-on-arpapelia-mutta-se-voi-torjua-tulevaisuuden-riskeja>

Katri Himanen. Täydellisen puun metsästys. https://tapio.fi/tiedotteet/uusi-podcast-taydellisen-puun-metsastys-metsanjalostuksesta-hyotyvat-niin-metsanomistaja-kuin-ilmasto/?utm_source=linkedin&utm_medium=some&utm_campaign=ajankohtaista&utm_content=tiedote. 22.4.2022

Opinnäytetyö

Juho Männistö. 2022. Männyn konekylvön kohdevalinnan parantaminen puustotunnusten ja avoimen metsävaratiedon avulla. Metsätieteen Pro gradu. Itä-Suomen yliopisto.

Kirjallisuus

Ahtikoski, A., Haapanen, M., Hynynen, J., Karhu, J. & Kärkkäinen, K. 2018. Genetically improved reforestation stock provides simultaneous benefits for growers and a sawmill, a case study in Finland. Scandinavian Journal of Forest Research 33 (5): 484–492.

ISTA Handbook on seed sampling. 2004. Second edition. International Seed Testing Association. Bassersdorf, Switzerland. ISBN 3-906549-02-X.

Leikas, J. 2016. Männyn kylvökohteiden valinnan tarkentaminen. Opinnäytetyö. Karelia ammattikorkeakoulu, Joensuu.

Pesonen, K. 2019. Siementen peittämisen vaikutus taimien orastumiseen ja työn tuottavuuteen männyn koneellisessa kylvössä. Maisterintutkielma. Helsingin yliopisto.

Liitteet

Liite 1

Koneellisen kylvön omavalvonta

- Kylvökohteelle tultaessa kirjataan ylös kohteen tunnistetiedot, urakoitsijan ja kuljettajan nimet, kylvösiemenen yksilöintitiedot (kantatodistuksen tunnus), kylvötavoite (g/ha) ja kylvöpäivämäärä.
- Ennen muokkauksen ja kylvön aloitusta tarkistetaan muokkaimen ja kylvölaitteen säätöjen ja kylvösiemenen oikeellisuus (männyn kylvöaloilla riittää lähtökohtaisesti kevyempi muokkaus kuin männyn istutusaloiilla, so. kylvöalustan pinnalle voi paikoitellen jäädä hieman humusta).
- Kylvökohteelta mitataan työn edetessä kolme, säteeltään neljän metrin ympyräkoealaa. Mikäli kohde koostuu useista kuvioista, tehdään koealamittaukset jokaiselta yli 1 hehtaarin kuviolta erikseen (?).
 - Ensimmäinen koeala mitataan, kun metsä-äkeellä tai jatkuvatoimisella laikkurilla on muokattu ja kylvetty noin 100 metrin matka, kaivinkonekylvössä 10 minuutin työskentelyn jälkeen. Toinen koeala mitataan kohteen / kuvion puolivaiheilla ja kolmas lopussa.
- Koealalta lasketaan kylvöpisteiden määrä. Kylvöpisteeksi luetaan yli 0,5 m etäisyydellä toisistaan olevat muokkausjäljen kohdat. Muokkausjäljeksi luetaan äesvako, laikku ja mätästysaloilla mätäs.
- Koealalta arvioidaan muokkausjäljen laatu (kaikki kylvöpisteet keskimäärin) kolmiportaisella asteikolla:
 1. Hyvä
 - Äesvaon tai laikun pinta on osin tuhkanharmaata, osin punertavanruskeaa kivennäismaata, tai ko. kivennäismaan ja pitkälle maatuneen humuksen sekoitusta.
 - Mätäs on riittävän matala ja kivennäismaapintainen (pl. turvemaat)
 2. Liian syvä
 - Äesvaon tai laikun pinta on kokonaan punertavanruskeaa tai ruskeanharmaata kivennäismaata.
 - Äespalteeseen tai laikun vieressä olevaan mättääseen on kertynyt runsaasti kivennäismaata.
 - Turvemailla muokkausjäljessä on seisovaa vettä.
 3. Liian matala
 - Äesvaon tai laikun pinta on kivennäismaalla kokonaan humusta
- Kun koeala on mitattu, tarkistetaan pitkällä tikulla tms., että kylvösuuttimet ovat kunnolla auki ja että ne on suunnattu oikein. Mikäli korjaaviin toimenpiteisiin on tarvetta, ne tehdään ennen työn jatkamista.
- Kun kohde on tullut valmiiksi, kirjataan ylös toteutettu pinta-ala:
 - Kaikilta kohteilta kokonaispinta-ala (ha).
 - Äestyksessä ja jatkuvatoimisessa laikutuksessa muokkausjäljen kokonaispituus (m) tai metsätraktorin kulkema matka (m).
 - Kaivinkonemuokkauksessa koealoilta lasketun muokkausjälkimäärän (laikku/mätäs) keskiarvo muutettuna hehtaarikohtaiseksi tiheydeksi.
- Lopuksi mitataan tai arvioidaan ja kirjataan ylös kohteelle käytetty kokonaissiemenmäärä (g). Jos kylvölaitteessa on siemenlaskuri, merkitään ylös kappalemäärä molemmista kylvökanavista.
- Lisätiedot, havainnot jne.

Liite 2

Uudistustarkastus männyn kylvössä

- Tarkastus tehdään touko-kesäkuussa kahden vuoden kuluttua kylvöstä.
- Koealojen määrä, sijoittelu ja siirtosäännöt kuviolla samat kuin istutuksessa.
- Koealan säde istutuksesta poiketen 2,52 m.
- Koealalta lasketaan hyväkuntoisten, yksi- ja kaksivuotiaiden männyn taimien määrä erikseen. Myös muokkausjäljen ulkopuolella olevat taimet huomioidaan laskennassa. Yhdeltä koealalta hyväksytään enintään 10 yksivuotiasta ja 10 kaksivuotiasta tainta.
- Mikäli koealan kokonaistaimimäärä jää alle neljän taimen, lasketaan hyvien kylvöpisteiden määrä koealalla. Kylvöpisteeksi luetaan yli 0,5 m etäisyydellä toisistaan olevat muokkausjäljen kohdat. Muokkausjäljeksi luetaan äesvako, laikku ja mätästysaloilla mätäs.
- Koealalta arvioidaan muokkausjäljen laatu (kaikki kylvöpisteet keskimäärin) kolmiportaisella asteikolla:
 1. Hyvä
 - Äesvaon tai laikun pinta on osin tuhkanharmaata, osin punertavanruskeaa kivennäismaata, tai ko. kivennäismaan ja pitkälle maatuneen humuksen sekoitusta.
 - Mätäs on riittävän matala ja kivennäismaapintainen (pl. turvemaat)
 2. Liian syvä
 - Äesvaon tai laikun pinta on kokonaan punertavanruskeaa tai ruskeanharmaata kivennäismaata.
 - Äespalteeseen tai laikun vieressä olevaan mättääseen on kertynyt runsaasti kivennäismaata.
 - Turvemailla muokkausjäljessä on seisovaa vettä.
 3. Liian matala
 - Äesvaon tai laikun pinta on kivennäismaalla kokonaan humusta
- Koealan soveltuvuus kylvöön arvioidaan kaksiporisella asteikolla
 1. Soveltuu kylvöön
 - Muokkausjäljessä ei ole merkittävästi rousteen vaurioittamia tai tappamia männyn taimia.
 - Muokkausjälkeen tai sen reunoille ei ole kehittynyt männyn taimia merkittävästi varjostavaa pintakasvillisuutta (metsälauha, kastikka).
 2. Ei sovellu kylvöön
 - Rouste ovat vaurioittaneet tai tappaneet taimia, ja/tai pintakasvillisuus varjostaa taimia.
- Muita havaintoja (tuhot, vesitalous, täydennysistutustarve jne.)
- Mikäli koealojen taimimäärien kokonaiskeskiarvo jää alle 2000 taimeen hehtaarilla, eikä selkeää syytä (huono muokkaus, rouste tms.) tähän ole maastossa havaittavissa, kylvöstä tehdään toteutus selvitys metsävaratietokantaan tallennettujen tietojen ja Ilmatieteen laitoksen säätilastojen perusteella.



Vasemmalla hyvää muokkausjälkeä, oikealla liian voimakasta muokkausta. Liian voimakas muokkaus aiheuttaa siementen ja taimien hautautumista maan alle, lisää roustetuhoriskiä ja vähentää taimien käytettävissä olevien ravinteiden määrää. Voimakas muokkaus nopeuttaa myös muokkaimen kulumista ja lisää vetokoneen polttoaineen kulutusta.



Vasemmalla yksivuotias männyn taimi. Keskellä ja oikealla kaksivuotiaita männyn taimia. Kaksivuotiaiden taimien kokoero johtuu erosta itämisajankohdassa, kasvukauden sääoloissa tai maalajissa.



Vasemmalla rousteen pahasti vaurioittama ja oikealla rousteen tappama männyn taimi muokkausjäljessä. Jos koealoilla esiintyy paljon roustetuhoja, kasvupaikka on liian viljava kylvöön. Myös liian voimakas maanmuokkaus lisää roustetuhoja.



Vasemmalla männynversosurma- ja oikealla männynversoruostetuho. Haapa on männynversoruosteen väli-isäntä, joten sen esiintyminen uudistamisalalla (ml. säästöpuut) kasvattaa tuhoriskiä. Männyn sirkkataimet yleensä kuolevat versoruostetartunnan saatuaan, vanhemmille taimille tauti aiheuttaa vakavia laatuviikoja.



Vasemmalla oleva taimi on osittain hautautunut maahan liian voimakkaan maanmuokkauksen aiheuttaman eroosion takia. Oikealla olevan taimen tyvellä on sekä roustevaurio että tukkimiehentäin syöntivioitus. Tukkimiehentäituhoja alkaa yleensä esiintyä taimissa vasta toisena kylvön jälkeisenä kesänä.



Vasemmalla varjostavaa pintakasvillisuutta kylvöaikun reunoilla, mikä kertoo liian viljavasta kasvupaikasta. Keskellä kirjokudospistiäisen aiheuttamaa neulassyöntiä. Oikealla teeren aiheuttama syöntivioitus.