

Puulajivalikoiman monipuolistaminen metsänhoidossa ilmastokestävyyden lisäämiseksi -hankkeen loppuraportti

26.11.2024

Raportin koostanut: Katri Himanen

Teksti ja sisältö: Leena Aarnio, Jan-Peter George, Juha Heiskanen, Katri Himanen, Saija Huuskonen, Minna Kivimäenpää, Jussi Lappalainen, Jaana Luoranan, Minna Luoto, Jari Miina, Lauri Männistö, Riikka Otsamo, Raito Paananen, Johanna Riikonen, Hanna Ruhanen, Miia Saarimaa, Karri Uotila, Tiina Ylioja, Leena Yrjänä



**Euroopan unionin
rahoittama**
NextGenerationEU



Maa- ja metsätalousministeriö



1. Hankkeen esittely

1.1. Perustiedot hankkeesta

Puulajivalikoiman monipuolistaminen metsänhoidossa ilmastokestävyyden lisäämiseksi -hankkeessa (PUUVA) kehitettiin menetelmiä ja toimintatapoja, joiden avulla puulajistoa voidaan monipuolistaa metsänviljelyssä sekä viljellyissä nuorissa metsissä erityisesti sekapuustoisuuden avulla. Lisäksi projekti sisälsi viestintää puulajivalikoiman monipuolistamisen tarpeesta ja kehitetyistä menetelmistä.

Hankkeen toteuttajina olivat Luonnonvarakeskus (Luke) ja Suomen metsäkeskus (Metsäkeskus). Hankkeen toteutusaika oli 20.5.2022–15.11.2024 ja sen rahoitus tuli Suomen kestävän kasvun ohjelmasta ja EU:n kertaluonteisesta elpymisvälineestä (Next Generation EU), erityisesti sen elpymis- ja palautumistukivälineestä (RRF). Hanke oli osa maa- ja metsätalousministeriön Hiilestä kiinni -toimenpidekokonaisuutta.

Hankkeen yhteistyökumppaneina olivat Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliitto MTK ry, Mellanå Plant Ab, Metsä Group, Siemen Forelia Oy, Tapio Palvelut Oy, Tornator Oyj sekä UPM Metsä.

Hanke koostui viidestä toisiaan tukevasta työpaketista, joista kolme oli Luken toteuttamia, yksi Metsäkeskuksen ja yksi yhdessä toteutettava.

1.2. Hankkeen tavoitteet

Hankkeen päätavoite oli kehittää ja jalkauttaa käytäntöön menetelmiä ja toimintatapoja, joiden avulla puulajistoa voidaan monipuolistaa metsänviljelyssä ja lisätä sekapuustoisuutta nuorissa metsissä. Taustalla on tarve sopeutua viljelymetsätaloudessa ilmastonmuutokseen sekä lisätä metsien monimuotoisuutta mukauttamalla puulajien viljelysuhteita ilmastonmuutokselle alttiin ja laajasti viljellyn kuusen osuutta pienentäen. Hankkeen yksityiskohtaisiksi tavoitteiksi määriteltiin:

Tavoite 1: Kehitetään vähemmän käytettyjen puulajien siemen- ja taimihuoltoa viljelymateriaalin saatavuuden turvaamiseksi.

Tavoite 2: Kuvataan uudistamisketjut sekametsien perustamiseksi ja kehitetään avoimiin tietoaineistoihin perustuva menetelmä, jolla tunnistetaan uudistamisketjujen soveltamiskohteet.

Tavoite 3: Kehitetään menetelmä taimikonhoidon tarpeen ja ajoituksen määrittelyyn aiemman puusukupolven, uudistamistoimenpiteiden ja kasvupaikan ominaisuuksien pohjalta niin, että myös taimikon sisäinen vaihtelu ja sekapuustoisuus otetaan huomioon.

Tavoite 4: Jalkautetaan käytäntöön toimintatavat ja menetelmät, jotka monipuolistavat siemen- ja taimituotannon ja uudistamisen puulajivalikoimaa ja tuottavat sekapuustoisia nuoria metsiä.

PUUVA-hanke vastasi Suomen kestävän kasvun ohjelman RRF-metsätaloushankkeille asetettuihin tavoitteisiin, joilla pyritään kehittämään ilmastokestävyyttä ja luonnon monimuotoisuutta turvaavia metsänhoidon ja -käsittelyn menetelmiä sekä edistämään näiden käytänteiden jalkautumista koulutuksen avulla. Hanke vastasi myös Hiilestä kiinni -kehittämishankkeiden tavoitteisiin, joita ovat ilmastokestävä maa- ja metsätaloutta kohti tapahtuvan siirtymän edistäminen, hiilinielujen ja -varastojen ylläpitäminen, ilmastonmuutokseen sopeutuminen ja näitä tukevien tietojen käyttöönoton edistäminen.

1.3. Yhteenveto hankkeesta

Puulajivalikoiman monipuolistaminen metsänhoidossa ilmastokestävyyden lisäämiseksi -hankkeen (PUUVA) tavoitteena oli kehittää menetelmiä ja toimintatapoja, joiden avulla puulajistoa voidaan monipuolistaa metsänviljelyssä sekä viljellyissä nuorissa metsissä erityisesti sekapuustoisuuden avulla. Lisäksi projekti sisälsi viestintää puulajivalikoiman monipuolistamisen tarpeesta ja kehitetyistä menetelmistä.

Hankkeen toteuttajina olivat Luonnonvarakeskus (Luke) ja Suomen metsäkeskus (Metsäkeskus). Hankkeen toteutusaika oli 20.5.2022–15.11.2024 ja sen rahoitus tuli Suomen kestävän kasvun ohjelmasta ja EU:n kertaluonteisesta elpymisvälineestä (Next Generation EU), erityisesti sen elpymis- ja palautumistukivälineestä (RRF). Hanke oli osa maa- ja metsätalousministeriön (MMM) Hiilestä kiinni -toimenpidekokonaisuutta. Hankkeen kokonaisbudjetti oli Lukessa 1 229 195 €, mistä MMM:n osuus oli 860 400 €. Metsäkeskuksen budjetti hankkeessa oli 290 500 €, mistä MMM:n osuus oli 100 %.

Hankkeen vetäjänä toimi Lukessa erikoistutkija Katri Himanen ja varapäällikkönä erikoistutkija Jari Miina. Metsäkeskuksessa vastuuhenkilöinä olivat Raito Paananen, Minna Luoto sekä Miia Saarimaa.

Hanke koostui viidestä toisiaan tukevasta työpaketista, joista kolme oli Luken toteuttamia, yksi Metsäkeskuksen ja yksi yhdessä toteutettava. Työpaketit olivat Vähemmän käytettyjen puulajien siemen- ja taimituotannon kehittäminen, Menetelmä uudistamisen suunnitteluun, Sekametsien perustaminen, Sekapuustoisten taimikoiden taimikonhoito sekä Tiedon jalkauttaminen käytäntöön.

Hankkeen tulosten perusteella metsänviljelyssä vähemmän käytettyjen puulajien siemen- ja taimituotannossa haasteena on mm. arkangelinlehtikuusen kukintojen paleltuminen ja laajamittaiset käpyjen hyönteistuhot sekä siementen korkea hinta, erityisesti tammella. Hankkeen laskelmien perusteella vähemmän käytettyjen puulajien taimituotannossa yksikkökustannukset nousevat voimakkaasti tyyppisten pienten eräkokojen (< 10 000 tainta) tapauksessa, mutta tuotannossa on saavutettavasti selviä mittakaavaetuja pääpuulajiemme tapaan. Siemen- ja taimituotannon kehittämistulokset on julkaistu mm. useana tietokorttina Luken verkkosivuilla.

Metsänomistajille tehdyn kyselyn perusteella vähemmän käytettyjen puulajien viljelyn taustalla on tavallisesti metsänomistajan kokeilunhalu. Hirvieläintuhot ovat tärkein syy epäonnistumisille. Arkangelinlehtikuusen, tervalepän ja tammen viljelyalojen maastoinventoinneissa todettiin viljellyn puulajin keskimääräisen runkoluvun jääneen alhaiseksi, mutta valtaosassa taimikoita luontainen taimiaines nosti taimikon kokonaisrunkolukua selvästi. Tuhot olivat melko harvinaisia kaikkien viljeltyjen puulajien elossa olleilla taimilla ja vähiten niitä oli tervalepällä. Isossa osassa taimikoista metsänhoidossa oli huomautettavaa, etenkin taimikon harvennus oli monilla aloilla tarpeen, mutta tekemättä.

Hankkeessa päivitettiin Metsäkeskuksen Lähde-metsätietojärjestelmää, mikä mahdollistaa aiempaa monipuolisempien metsänhoitoehdotusten teon Metsään.fi-järjestelmässä. Kehitystyö jäi osittain viemättä käytäntöön, koska uudet sekaviljelymallit (työpaketti 3) eivät valmistuneet ajoissa. Kyseiset sekaviljelymallit ovat tällä hetkellä testattavana ja ne saadaan tuotantoon hankkeen päättymisen jälkeen. Muuten metsävaratiedon monipuolistamisen osalta hankkeen tavoitteet täyttyivät, vaikka rahoitusta jäi ostopalveluiden osalta runsaasti käyttämättä. Alittuneet kustannukset johtuivat myös siitä, että tietojärjestelmien toteutukset tulivat ennakoitua halvemmaksi. Ulkoisten ohjaavien paikkatietoaineistojen kehitystyössä realisoitui synergiahyötyjä muiden Hiilestä kiinni -hanketoteutuksien kanssa.

Hankkeen tulosten perusteella pääpuulajiemme muodostamien sekametsien perustamisessa on otettava huomioon kasvupaikan viljavuus ja maalaji. Tämän lisäksi ns. kosteusindeksi kuvaa uudistamisalan tai sen osan soveltuvuutta eri puulajien uudistamiseen. Hankkeen maastokokeiden perusteella istutuskusikoiden täydennysviljely rauduskoivulla 1–3 vuoden viiveellä ei tuota yksijaksoisia kuusi-koivusekametsiä. Hankkeessa luotiin Luken Motti-ohjelmistoon sekaviljelyn ja sekapuustojen käsittelyn kuvaukset.

Hankkeen viestintä oli monipuolista ja artikkeleiden lisäksi julkaistiin mm. animaatiovideoita. Punkaharjun tutkimusmetsään perustettiin kolme havaintoalaa: sekametsien perustaminen, puulajivalikoiman monipuolistaminen vähemmän käytetyillä puulajeilla ja kuusi-koivusekametsän perustaminen taimikonhoidossa. Puulajikirjon monipuolistaminen ja sekametsien hoito kiinnostivat mediaa: hankkeen aikana annettiin yhteensä 43 haastattelua ja hanketta pyydettiin pitämään lukuisia esityksiä.

Sammandrag

Målet med projektet för Diversifiering av urvalet av trädslag inom skogsvården för att öka klimateresiliensen (PUUVA) var att ta fram metoder och verksamhetssätt med hjälp av vilka urvalet av trädslag kan diversifieras inom skogsodlingen och i odlade ungskogar, särskilt med hjälp av blandskogsbestånd. I projektet ingick också kommunikation om behovet av diversifiering av urvalet av trädslag och om de framtagna metoderna.

Projektet genomfördes av Naturresursinstitutet och Finlands skogscentral. Projektet pågick 20.5.2022–15.11.2024 och dess finansiering kom från Finlands program för hållbar tillväxt och från EU:s återhämtningsinstrument (Next Generation EU), särskilt från EU:s facilitet för återhämtning och resiliens (RRF). Projektet var en del av jord- och skogsbruksministeriets (JSM:s) åtgärdsplan Fånga kolet. Den totala budgeten för projektet vid Naturresursinstitutet var 1 229 195 euro, varav JSM:s andel var 860 400 euro. Finlands skogscentrals budget i projektet var 290 500 euro, varav JSM:s andel var 100 procent.

Projektledare vid Naturresursinstitutet var specialforskare Katri Himanen och vice projektledare var specialforskare Jari Miina. De ansvariga personerna vid Finlands skogscentral var Raito Paananen, Minna Luoto och Miia Saarimaa.

Projektet bestod av fem arbetspaket som stöder varandra. Av dessa genomfördes tre av Naturresursinstitutet, ett av Finlands skogscentral och ett gemensamt. Arbetspaketen var Utveckling av frö- och plantproduktionen av mindre använda trädslag, Metod för förnygringsplanering, Anläggning av blandskogar, Plantskogsskötsel i blandskogsbestånd samt Omsättning av kunskap i praktiken.

Resultaten av projektet visar att utmaningen vid frö- och plantproduktion av mindre använda trädslag inom skogsodlingen är bland annat att rysslärkens blomställningar fryser och att dess kottar drabbas av omfattande insektsskador samt att fröerna är dyra, särskilt när det gäller ek. Enligt kalkylerna inom projektet stiger enhetskostnaderna vid plantproduktion av mindre använda trädslag kraftigt vid fall av typiska små seriestorlekar (<10 000 plantor), men inom produktionen går det att nå avsevärda skalfördelar, precis som med våra huvudträdslag. Resultaten av utvecklingen av frö- och plantproduktionen har publicerats bland annat i form av flera informationskort på Naturresursinstitutets webbplats.

Enligt en enkät genomförd bland skogsägare är den bakomliggande orsaken till odling av mindre använda trädslag vanligen skogsägarens vilja att testa någonting nytt. Hjortdjursskador är den största anledning till misslyckanden. Vid terränginventeringar av odlingsarealerna för rysslärk, klibbal och ek konstaterades att det genomsnittliga stamantalet för det odlade trädslaget var lågt, men att det naturliga plantuppslaget ökade det totala stamantalet avsevärt i merparten av plantbestånden. Skador var relativt ovanliga på de levande plantorna av alla odlade trädslag, men minst skador hade klibbalen. Anmärkningsvärt var att i skogsvården av en stor del av planbestånden fanns det ett behov av gallring av plantbeståndet, men ingen gallring hade gjorts.

Inom projektet uppdaterades Finlands skogscentrals datasystem Lähde, vilket möjliggör registrering av mer mångsidiga skogsvårdsförslag än tidigare i systemet Metsaan.fi. Denna utveckling fullbordades dock inte helt inom projektet och en del av finansieringen beviljad Finlands skogscentral användes inte.

Resultaten av projektet visar att vid anläggning av blandskogar som utgörs av våra huvudträslag ska ståndortens bördighet och jordart beaktas. Därtill beskriver det s.k. humiditetstalet hur lämplig förnyelseytan eller en del av den är för förnygring av olika träslag. Enligt fältförsöken inom projektet genererar hjälpplantering av vårtbjörk i planterade granbestånd med 1–3 års dröjsmål inte enskiktade gran- och björkblandskogar. Inom projektet skapades beskrivningar av blandad odling och av hantering av blandbestånd i Naturresursinstitutets program Motti.

Projektkommunikationen var mångsidig och utöver artiklar publicerades bland annat animerade videor. I forskningsskogen i Punkaharju inrättades tre observationsområden: anläggning av blandskogar, diversifiering av urvalet av träslag genom mindre använda träslag samt anläggning av gran- och björkblandskog vid plantskogsskötsel. Diversifieringen av urvalet av träslag och vården av blandskogar väckte stort intresse bland medier: under projektets gång gavs totalt 43 intervjuer och många förfrågningar om presentation av projektet mottogs.

Summary

The aim of the project Species Diversification in Silviculture to Support Climate Resilience (PUUVA) was to develop methods and practices to increase the use of broadleaved trees and other less utilized tree species in artificial forest regeneration and to help the establishment of mixed species stands. The project also included knowledge dissemination aimed to increase the awareness of forestry professionals and forest owners of the need to diversify the species selection as well as of the new management options developed.

The project was executed by Natural Resources Institute Finland (Luke) and Finnish Forest Centre (Forest Centre) during 20.5.2022–15.11.2024 and it was funded by the Recovery and Resilience Plan of Finland and by the EU's Next Generation EU recovery plan through Ministry of Agriculture and Forestry. The project was a part of Catch the Carbon Program. The total budget of the project in Luke was 1 229 195 €, of which 860 400 € was funded by the Ministry of Agriculture and Forestry. The budget of Forest Center was 290 500 € which was funded entirely by the Ministry of Agriculture and Forestry.

In Luke the project manager was senior scientist Katri Himanen, and the deputy manager was senior scientist Jari Miina. In Forestry Centre the project was led by Raito Paananen, Minna Luoto and Minna Saarimaa.

The project consisted of five work packages, of which three were conducted by Luke, one by Forest Centre and one which was jointly organized. The first work package studied the seed and seedling production of less utilized tree species such as oak and Siberian larch. The second work package developed methods for planning forest regeneration activities. The third work package focused on studying establishment of mixed stands and the fourth on early young stand management of mixed stands. The fifth work package covered knowledge dissemination and transfer.

The extensive frost damages of the female flowers and insect damages of the cones of Siberian larch as well as the high seed prices, in oak in particular, are challenges in seed and seedling production of less utilized tree species. According to simulations in the project the seedling prices increase rapidly as the seedling batch size decreases, particularly in batches smaller than 10 000 seedlings, typical for the less utilized tree species. The economies of scale, however, apply in the less utilized species as well, offering the possibility to enhance the production.

According to a questionnaire targeted for forest owners the most common motivation for cultivating the less utilized tree species is personal interest or curiosity. Moose or deer damage were the most common reasons for the failure of the plantings. According to measurements conducted in the project on regeneration sites of Siberian larch, black alder, and oak the average the number stems per ha of the cultivated tree species were lower than recommended, but the overall stand densities were satisfactory. The proportion of damaged

trees was low on the sites and the least damaged species was black alder. In most sites the early stand management had been neglected.

The Forest Centre Lähde information system was updated in the project enabling more diverse suggestions for forest regeneration in the Metsään.fi system. The system development was, however, not completed and part of the funding for Forest Centre was not utilized.

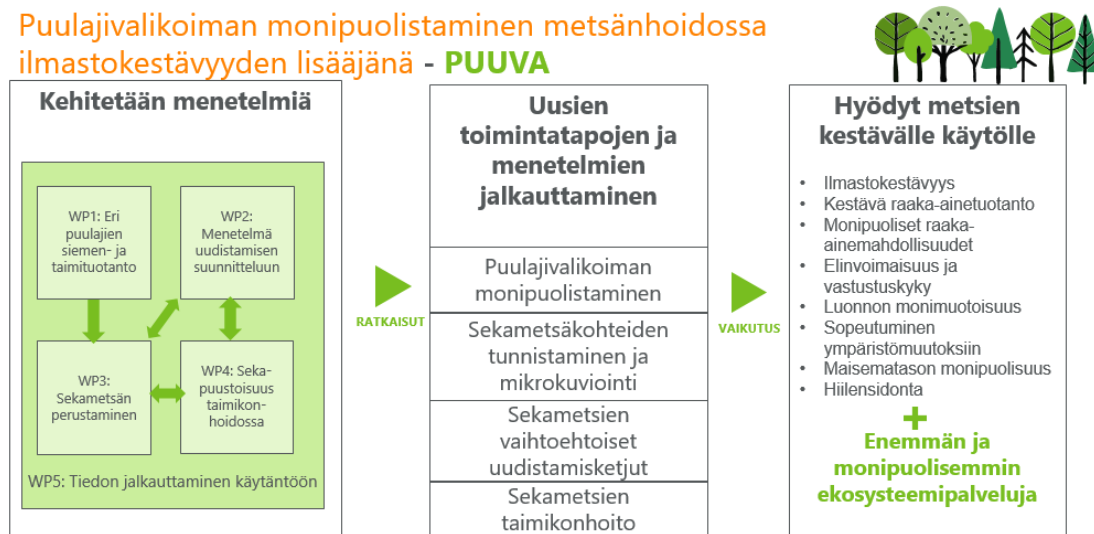
According to the project's results soil fertility and soil type need to be considered in establishing mixed stands. Additionally, a soil wetness index describes the suitability of a site or micro site for the establishment of each species. A field experiment conducted in the project showed that planting silver birch seedlings one to three years after the initial stand establishment with Norway spruce does not result in single-storied spruce-birch mixed stands. In the project descriptions for mixed stand establishment and management was created for the Motti software.

Knowledge dissemination was a central part of the project, and it was carried out through multiple channels. Several scientific and popular articles were published and animated videos were created to assist forest owners and professionals. Three demonstration plantings were established to Punkaharju research forest: one showing mixed stand establishment, one demonstrating the regeneration results of less utilized tree species and one exhibiting young stand management to create a spruce-birch mixed stand. 43 interviews were given during the project and the researchers were called to give several talks, demonstrating the media and public interest to the topics.

2. Hankkeen toteutus ja toteutusvaiheen arviointi

2.1. Menetelmät ja aineisto

Hanke toteutettiin työpaketeissa ja edelleen niiden alaisissa tehtävissä (kuva 1, taulukko 1). Merkittävä osa hankkeen aineistoista kerättiin empiirisesti maastokokein, tutkimustaimitarhalla tai siemenviljelyksillä. Hankkeessa tehtiin laboratorioanalyysjä, mm. hyönteislajiston tunnistamiseksi. Lisäksi hankkeessa toteutettiin metsänomistajakysely. Hankkeessa päivitettiin Metsäkeskuksen metsätietojärjestelmää sekä Luken Motti-ohjelmistoa.



Kuva 1. PUUVA-hankkeen rakenne ja tavoitellut vaikutukset

Taulukko 1. PUUVA-hankkeen työpakettien alaiset tehtävät ja niissä käytetyt menetelmät sekä toteutusaikataulu.

Tehtävä	Menetelmät ja aineisto	Toteutusaika
TP1: Vähemmän käytettyjen puulajien siemen- ja taimituotannon kehittäminen / Luke		
1.1 Kukintojen ja käpyjen suojele hyönteistuhoilta ja abioottisilta tuhoilta	i) Käpy- ja siemenhyönteisnäytteiden maastokeruu sekä DNA-analyysi laboratoriossa. ii) Kukintojen paleltumisen seuranta maastossa sekä oksien pakkastetit laboratoriossa.	i) VII/2022-IX/2024, ii) IV/2023-IX/2024
1.2 Jalojen lehtipuiden ja douglaskuusen laadukkaat siemenalkuperät	i) Douglaskuusen siemenlähteiden kartoitus tietokannoista ja maastossa. ii) Populaatiogeneettinen mallinnus laskennallisesti käyttäen geenivarakokoelmien kukintatietoja.	i) III-IX/2023, ii) XII/2023-VI/2024.
1.3 Taimituotannon kehittäminen; tuotannon optimointi, kasvualustat	i) Turpeelle vaihtoehtoisten kasvualustojen testaus koetaimitarhalla, ii) Tervalepän, tammen ja douglaskuusen taimituotannon tutkimus taimitarhalla ja maastoistutuksin, iii) taimierien kustannuslaskenta mallintamalla	i) XI/2022-X/2023, ii) V/2022-IX/2024, iii) VII-X/2024
TP2: Menetelmä uudistamisen suunnitteluun / Metsäkeskus		
2.1 Hakkuu- ja hoitoehdotusten laajentaminen	Lähde-metsätietojärjestelmän kehitys	VI/2022-X/2024
2.2 Uudistamishdotusten kehittäminen, mikrokuviointi	Uusien muuttujien tarkastelu uudistamishdotusten laadinnassa	VI/2022-X/2024
2.3 Vähemmän käytettyjen puulajien uudistamistulos	Kysely metsänomistajille, jotka metsänkäyttöilmoitusten perusteella ovat viljelleet harvinaisempia puulajeja.	I/-XI/2023
TP3: Sekametsien perustaminen / Luke		
3.1 Uudistamisketjut sekametsien perustamisessa	i) SEKAVA-kokeiden maastomittaus, ii) Sekaviljelyn kuvaus Motti-ohjelmistossa.	V/2022-X/2024
3.2 Vähemmän käytettyjen puulajien uudistamismenetelmien kehitys	Tervalepän, lehtikuusen ja tammen uudistusalojen maastoinventointi Etelä- ja Keski-Suomessa.	III/2023-X/2024
3.3 Kuusitaimikoiden täydennysviljely rauduskoivulla	Taimien istutus maastoon ja menestymisen inventointi	V/2023-X/2024
TP4: Sekapuustoisten taimikoiden taimikonhoito / Luke		
4.1 Taimikonhoitoketjut sekapuustoille	i) Taimikonhoitoketjujen kirjallinen kuvaus ii) Sekapuustojen alkukehityksen laskenta iii) Sekametsien taimikonhoidon kuvauksen laatiminen Motti-ohjelmistoon.	V/2022-X/2024
4.2 Taimikonhoidon demonstraatiokohteet	Demonstraatio-maastokohteiden perustaminen	V/2023-VI/2024
TP5: Tiedon jalkauttaminen käytäntöön / Luke ja Metsäkeskus		
	Viestintä esityksin, sähköisesti ja erilaisia medioita ja viestintäkanavia hyödyntäen.	V/2022-X/2024

2.2. Aikataulu ja resurssit

Hankkeen ainoina toteuttajina olivat Luke ja Metsäkeskus. Luke vastasi yksin työpakettien 1, 3 ja 4 toteutuksesta ja Metsäkeskus työpaketista 2. Työpaketti 5 oli organisaatioiden yhteinen. Rahoituspäätöksessä MMM myönsi Lukelle 860 400 € rahoituksen vähintään 30 %:n omarahoituksella ja Metsäkeskukselle 290 500 € 100 %:n tukitasolla.

Luken sisällä työorganisoitiin työpaketeittain ja kullekin niistä sovittiin vastuututkija, joka vastasi töiden organisoinnista sekä seurasi työpaketin resurssien käyttöä. Työpakettien 1 ja 5 vastuututkijana toimi koko hankkeen projektipäällikkö, erikoistutkija Katri Himanen, työpaketin 3 vastuututkijana oli erikoistutkija Saija Huuskonen ja työpaketista 4 vastasi erikoistutkija Jari Miina, joka toimi lisäksi hankkeen varapäällikkönä.

Lukessa hankkeen toteutukseen osallistui yhteensä 77 henkilöä, joista 25 henkilöä oli tutkijoita ja muut teknistä henkilöstöä tai asiantuntijoita.

Metsäkeskuksessa projektipäällikkönä toimi hankkeen alussa metsätietopäällikkö Raito Paananen, hänen jälkeensä projektipäällikkö Minna Luoto ja viimeisten hankekuukausien aikana luontotietopäällikkö Miia Saarimaa.

Hanke piti tarpeen mukaan organisaatioiden tai työpakettien rajat ylittäviä Teams-palavereja ja työpakettien sisällä töitä organisoitiin tehtävien vaatimilla tavoilla etäyhteydellä ja kasvokkain.

Hankkeen ohjausryhmä koostui MMM:n edustajasta Sanna Paanukoskesta, Luken ohjelmajohtajasta Mikko Kurttilasta (sijaisena tutkimuspäällikkö Johanna Routa) sekä kummankin organisaation projektipäälliköistä sekä työpakettipäälliköistä. Ohjausryhmä kokoontui kahdesti vuodessa, yhteensä kuusi kertaa. Kaikki kokoukset järjestettiin Teams-etäyhteydellä. Vuoden 2023 syksyille yritettiin järjestää ohjausryhmän live-tapaamista ja maastoretkeilyä, mutta se ei ohjausryhmän jäsenten aikatauluhaasteiden vuoksi toteutunut.

Hankkeelle luotiin jo hakemusvaiheessa ns. yhteistyökumppaniryhmä, johon kuuluivat Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliitto MTK ry, Mellanå Plant Ab, Metsä Group, Siemen Forelia Oy, Tapio Palvelut Oy, Tornator Oyj sekä UPM Metsä. Ajatuksena oli, että yhteistyökumppanit voivat omien resurssiensa puitteissa sparrata hanketta ja tuoda näkökulmia hankkeen painotuksiin. Ryhmälle toimitettiin nähtäväksi hankkeen väliraportit ja heille järjestettiin maastoretkeily elokuussa 2023 Punkaharjulle ja Savonlinnaan, jossa tutustuttiin hankkeen havaintokohteisiin sekä vähemmän käytettyjen puulajien siemenviljelyksiin ja viljelykohteeseen. Ryhmän toiminta oli hankkeen aikana suhteellisen löyhää ja ns. tarvepohjaista. Ryhmän siementuottajien siemenviljelyksiä voitiin hyödyntää näytteenkeruussa työpaketissa 1, Mellanå Plant Ab auttoi ruotsinkielisen viestinnän toteutuksessa ja Metsä Group piti hankkeen loppuwebinaarissa sidosryhmäpuheenvuoron. Hankkeen tutkijat osallistuivat myös yhteistyökumppaneiden järjestämiin webinaareihin esittelemällä hankkeen tuloksia.

Hankkeen toteuttajat vastasivat kaikilta osin hankkeen sisällöstä ja rahankäytöstä eikä ohjausryhmällä tai yhteistyökumppaneilla ollut juridista vastuuta hankkeen toteutuksesta.

Tulevia hankkeita ajatellen ohjausryhmän koko oli tässä hankkeessa kooltaan turhan niukka. Napakan koon taustalla oli ajatus yhteistyökumppaniryhmän hyödyntämisestä sisällöllisenä keskustelukumppanina ja ohjausryhmän keskittyminen rahoituksenkäytön seurantaan ja muuhun hankehallintoon. Käytännössä hanke olisi voinut hyötyä hieman laajemmasta ohjausryhmästä, vaikka ohjausryhmän kokoukset olivatkin toteutuneessakin muodossa hyödyllisiä. Sekä ohjausryhmän että yhteistyökumppaniryhmän yhteistyötä haastoi hankkeen alkuvaiheessa korona-pandemian aiheuttamat rajoitukset, mikä johti yhteydenpitoon pitkälti etäyhteyksillä tai sähköpostitse. Yhteistyö olisi voinut saada vielä konkreettisempia ja syvempiä ulottuvuuksia, jos hankkeen alussa olisi voitu kokoontua fyysiseen tapaamiseen tms.

2.3. Kustannukset ja rahoitus

Luken kokonaiskustannusmallin mukainen budjetti hankkeessa oli 1229 195 €. Hanke oli aliprojektoitu työpaketeittain siten, että budjettiltaan suurimmat työpaketit olivat TP1 ja TP3 (taulukko 2). Pääosa kustannuksista koostui henkilökustannuksista eli palkoista ja niiden sivukuluista sekä Luken yleiskustannuksista. Muita kuluja syntyi aineista, tarvikkeista ja tavaroista, matkakuluista sekä ostopalveluista. Rahoituspäätöksessä ei eritelty työpaketteja eikä kululajeja, joten työpakettikohtainen ja kululajien mukainen budjetointi luotiin tukemaan työpakettien etenemisen seurantaan.

Luken toteutuneet kokonaiskustannukset hankeaikana olivat 1 253 435,43 €, mikä ylitti alkuperäisen budjetin 24 240,43 €:lla. Toteutuskustannukset ylittyivät työpaketeissa 3 ja 4, kun taas työpaketeissa 1 ja 5 alitettiin budjetti.

Luke hakee MMM:ltä yhteensä myöntöpäätöksen mukaisen summan 860 400,00 € ja kattaa muut kustannukset itse. Luken omarahoitusosuus on näin ollen 31,3 %. Hankkeella ei ollut muita rahoituslähteitä tai tuloja.

Taulukko 2. Luken työpaketeittainen budjetti ja sen toteuma PUUVA-hankkeessa.

	TP1		TP3		TP4		TP5	
	Budjetti	Toteuma	Budjetti	Toteuma	Budjetti	Toteuma	Budjetti	Toteuma
Henkilöstökustannukset yhteensä (HSK 51 %)	191685,00	200680,58	179267,00	208257,39	116951,00	143571,94	84541,00	84317,81
Matkat	13000,00	4834,58	30000,00	15254,88	25000,00	10606,68	20000,00	6100,96
Ostopalvelut	2000,00	1536,30	-	-	-	-	-	2056,00
Aineet, tarvikkeet ja tavarat	23000,00	9458,43	35000,00	5082,14	-	818,01	5000,00	451,35
Yleiskustannukset (88 %)	168683,00	176598,91	157755,00	183266,49	102917,00	126343,30	74396,00	74199,68
Yhteensä ilman alvia	398368,00	393108,80	402022,00	411860,90	244868,00	281339,93	183937,00	167125,80

Metsäkeskuksen hankebudjetti oli 290 500 €, mistä MMM:n rahoitusosuus oli 100 %. Metsäkeskus käytti yhteensä 186 750,77 €.

Taulukko 3. Metsäkeskuksen työpaketeittainen budjetti ja sen toteuma PUUVA-hankkeessa.

	TP2	TP5	Yhteensä
	Toteuma	Toteuma	Toteuma
Henkilöstökustannukset yhteensä	97 931,42	5 408,01	103 339,43
Matkat	6088,1	88,35	6 176,45
Ostopalvelut	19913,92		19 913,92
Aineet, tarvikkeet ja tavarat	9784,83		9 784,83
Yleiskustannukset	45048,46	2487,68	47 536,14
Yhteensä (sis. Alv)	178 766,73	7 984,04	186 750,77

2.4. Raportointi, julkaisut ja seuranta

Hankkeessa laadittiin seuraavat vertaisarvioidut artikkelit tai niiden käsikirjoitukset:

Huuskonen, S.; Lahtinen, T.; Miina, J.; Uotila, K.; Bianchi, S.; Niemistö, P. 2023. Growth Dynamics of Young Mixed Norway Spruce and Birch Stands in Finland. *Forests* 14:56. <https://doi.org/10.3390/f14010056>

Saksa, T., Miina, J. & Luukkonen, O. 2023. Uprooting as pre-commercial thinning operation in young Norway spruce stands. *Silva Fennica* 57(2), article id 22027. <https://doi.org/10.14214/sf.22027>

Miina, J., Salmivaara, A., Uotila, K., Luoranen, J. & Huuskonen, S. 2024. Open geospatial data can predict the early field performance of Scots pine, Norway spruce and silver birch seedlings in Nordic boreal forests. *Scandinavian Journal of Forest Research* 39(5): 232-247. <https://doi.org/10.1080/02827581.2024.2390910>.

Heiskanen, J., Ruhanen, H., Himanen, K., Kivimäenpää, M. & Silvan, N. 2024 Growth of Nordic container forest tree seedlings in some peatless and peat-reduced growing media. *New Forests*. <https://doi.org/10.1007/s11056-024-10048-8>

Luoranen, J., Kivimäenpää, M., Ruhanen, H., Himanen, K. & Riikonen, J. 2024. Douglaskuusen taimien pakkasenkestävyys on mäntyä ja kuusta huonompi: lyhytpäiväkäsittely douglaskuusen pakkasenkestävyyden parantajana. *Metsätieteen aikakauskirja*, artikkeli 23013. <https://doi.org/10.14214/ma.23013>

Bianchi, S., Miina, J., Männistö, L. & Huuskonen, S. Early development of planted Norway spruce in recently established stands, growing pure and in admixture. *Käsikirjoitus*

Hankkeessa laadittiin seuraavat ammattiyleisölle suunnatut vertaisarvioimattomat artikkelit

Yrjänä, L. & Himanen, K. Douglaskuusen siemenlähteiden jäljillä. *Sorbifolia*. *Hyväksytty julkaistavaksi*.

Luoranen, J., Kivimäenpää, M. & Himanen, K. Tammen taimien karaistuminen ja talvehtiminen. *Sorbifolia*. *Hyväksytty julkaistavaksi*.

Hankkeessa laadittiin seuraavat tietokortit ja blogit

Heiskanen, J. [Turvetta korvaavien kasvualustojen testaaminen vähemmän käytettyjen puulajien taimituotannossa - Jukuri](#)

Himanen, K. & Kivimäenpää, M. [Arkangelinlehtikuusen ja tervalepän kukintojen paleltumisherkyys – Jukuri](#)

Luoranen, J. [Douglaskuusen ja lehtikuusen taimien istutuksen onnistuminen – Jukuri](#)

Uotila, K. [Metsätaimituotannon monipuolistaminen ja pienerien tuotantokustannukset - Jukuri](#)

Ylioja, T., Aarnio, L., Leino, K., Hytönen, T. & Himanen, K. [Siemen- ja käpyhyönteisten esiintyminen tammella, arkangelinlehtikuusella ja douglaskuusella – Jukuri](#)

Himanen, K. 2024. Istuttaisinko tammea tai tervaleppää? Ska jag plantera ek eller klibbal? <https://www.luke.fi/fi/blogit/istuttaisinko-tammea-tai-tervaleppaa>
<https://www.luke.fi/sv/bloggar/ska-jag-plantera-ek-eller-klibbal>

Miina, J., Huuskonen, S., Männistö, L. & Uotila, K. 2024. [Sekapuustoisuuden suosiminen lisää metsien kokonaiskestävyyttä ja muuttaa metsänhoitoa | Luonnonvarakeskus](#)

Huuskonen, S., Matala, J., Nikula, A. 2023. Monipuulajisuus lisää metsien kestokykyä – haasteena toimivat uudistamis- ja kasvatuksetjut ja hirvieläintuhot. <https://www.luke.fi/fi/blogit/monipuulajisuus-lisaa-metsien-kestokyky-haasteena-toimivat-uudistamis-ja-kasvatuksetjut-ja-hirvielaintuhot>

2.5. Toteutusvaiheen arviointi

Hankkeen toteutukseen liittyi aikataulullisia ja henkilöstöön liittyviä ongelmia. Hanke pääsi käynnistymään useamman kuukauden suunniteltua myöhemmin rahoituspäätöksen viivästyessä. Hankkeen ensimmäisen toteutusvuoden kesä menetettiin tästä syystä taimitarha- ja maastotöiden toteutuksen osalta, mikä hidasti

hankkeen rahankäyttöä sen alkupuolella ja toisaalta loi kiirettä jatkovuosille. Rahoituspäätöksessä hankkeen kesto oli lisäksi lyhennetty 1,5 kuukautta suunnitellusta, mikä lisäsi kiirettä hankkeen toteutuksessa. Tulevaisuutta ajatellen olisi tärkeää, että ilmoitetut myöntöaikataulut pitäisivät paikkansa ja toisaalta hankesuunnitelmissa olisi syytä olla vielä enemmän väljyyttä, jotta mahdollisia viivästyksiä on helpompi paikata. Lyhyet hankkeet sopivat ylipäänsä huonosti moniin kokeellisiin metsäntutkimuksen aiheisiin, mikä ohjaa aiherajauksia ja tekemisen mahdollisuuksia.

Metsäkeskuksessa toimi projektipäällikkönä kolme eri henkilöä, joista kaksi ei hankkeen päättyessä ollut enää talon palveluksessa. Myös muun hankehenkilöstön osalta oli Metsäkeskuksessa vaihtuvuutta. Organisaatiossa hankkeen aikana toteutuneet mittavat yt:t vaikuttivat tähän vaihtuvuuteen ja toisaalta henkilöstön mahdollisuuksiin panostaa tähän hankkeeseen. Nämä seikat myötävaikuttivat siihen, ettei Metsäkeskus pystynyt käyttämään kaikkea myönnettyä rahoitusta.

Myös Luonnonvarakeskuksessa koettiin hankkeen aikana hankehenkilöiden irtisanoutumisia ja organisaatiossa toteutettiin toimipaikka-yt:t, mikä koski hankkeen keskeistä toteutuspaikkaa Suonenjokea. Nämä tapahtumat vaikuttivat hankehenkilöstön ajankäyttöön ja jaksamiseen, mikä vaikutti siihen, kuinka laajamittaisina erät kokeet olivat erityisesti työpaketti 1:ssä mahdollista toteuttaa. Molemmissa toteuttajaorganisaatioissa vallinneen muutostilanteen takia hankkeen sisäinen viestintä ja koordinaatio jäi hankkeen alussa ajateltua vähäisemmäksi.

Hankkeen toteuttamista ja maksatushakemusten tekoa vaikeuttivat hankkeen aikana ilmoitetut raportointivaatimukset sekä rahoituksen käyttöön liittyvät rajoitukset. Ns. tosiasiallisten tuensaajien raportointi oli uutta hankehenkilöstölle, taloushallinnolle ja yrityksille, joista tarvikkeita ja palveluita hankittiin. Tuensaajatietojen keräämiseen kului suhteellisen paljon työaika, eikä kaikkia tietoja saatu kerättyä. Rahoittaja ei hyväksynyt kaikkia hankkeen suunniteltuja ja ohjausryhmässä hyväksytyjä toimia rahoituskelpoisiksi, mikä aiheutti hämmennystä ja pieniä taloudellisia tappioita toteuttajaorganisaatioille. Tulevaisuutta ajatellen olisi viisasta käydä hankkeen rahoitusehdot läpi hankkeen alussa riittävällä tarkkuudella, jotta vastaavilta epäselvyyksiltä vältyttäisiin.

Huolimatta edellä kuvatuista haasteista, hankkeessa onnistuttiin toteuttamaan laajoja ja merkityksellisiä työkokonaisuuksia, sekä lukuisia pilottikokeita. Hankehenkilöstö piti kymmeniä luentoja ja antoi kymmeniä haastatteluja ja hankkeen tulokset vietiin siten monin tavoin heti käytännön metsätalouden hyödynnettäviksi. Ennakoimattomista haasteista huolimatta monitahoinen ja kymmeniä henkilöitä työllistänyt hanke saatiin vietyä päätökseen ja hankesuunnitelman mukaiset tavoitteet pääosin saavutettiin.

2.6. DNSH-kriteerien toteutuminen

Hanke on noudattanut Euroopan Komission "Ei merkittävää haittaa" -periaatetta. Hankkeella ei ole ollut merkittäviä negatiivisia vaikutuksia:

- a) ilmastonmuutoksen hillinnälle,
- b) ilmastonmuutokseen sopeutumiselle,
- c) vesivarojen ja merten luonnonvarojen kestäväälle käytölle ja suojelulle,
- d) kiertotaloudelle,
- e) ympäristön pilaantumisen ehkäisemiselle ja vähentämiselle,
- f) biologisen monimuotoisuuden ja ekosysteemien suojelulle ja ennallistamiselle.

3. Tulokset ja niiden arviointi

3.1. Tulosten esittely

TP1: Vähemmän käytettyjen puulajien siemen- ja taimituotannon kehittäminen

Tehtävä 1.1. Kukintojen ja käpyjen suojele hyönteistuhoilta ja abioottisilta tuhoilta

Tehtävässä tutkittiin arkangelinlehtikuusen ja tervalepän emikukintojen pakkaskestävyyttä maastossa ja laboratoriossa pakkastestein. Näytteet kerättiin keskisuomalaisilta siemenviljelyksiltä kukinnan aikaan. Tulosten perustella lehtikuusi on varhaisen kukintansa vuoksi altis pahoille pakkasvaurioille, mikä vaikuttaa merkittävästi siemenviljelysten siementuottoon. Tervalepän emikukintojen kuolleisuuden havaittiin olevan suurta, mutta pakkasen ja kuolleisuuden välinen yhteys ei ole yhtä suoraviivainen kuin lehtikuusella. Molemmilla lajeilla siemenviljelysten perustamisessa on syytä kiinnittää nykyisiä viljelyksiä enemmän huomiota mikroilmastoltaan suotuisten paikkojen valintaan. Tarkastelu on julkaistu tietokorttina (Himanen & Kivimäenpää 2024).

Tehtävässä tarkasteltiin hankesuunnitelman mukaisesti arkangelinlehtikuusen ja douglaskuusen käpyhyönteislajistoa ja sen lisäksi tammen terhoissa esiintyvää siemenhyönteislajistoa. Toukkanäytteitä kerättiin siemenviljelyksiltä, metsiköistä sekä jälkeläiskokeilta. Toukkien DNA eristettiin laboratoriossa ja DNA-sekvenssejä verrattiin tietokantaan. Sekä lehtikuusella että douglaskuusella esiintyy tutkimuksen perusteella yleisesti männynkäpykoisan toukkia, jotka aiheuttavat käpyjen tuhoutumisen. Hyönteinen esiintyy yleisesti myös kuusen siemenviljelyksillä. Lehtikuusen siemenviljelyksillä tehtyjen inventointien perusteella 50–100 % kävyistä oli havaintovuosina koisan tuhoamia, eli käpyjen hyönteistuhoilta on ratkaiseva vaikutus lehtikuusen siemenen saatavuuteen. Sekä lehtikuusella että douglaskuusella löydettiin lisäksi siemeniä, joissa esiintyi siemenkiilukaisen toukka, mutta näiden osuus oli siemenerissä hyvin pieni. DNA-tekniikan avulla kiilukaislajia ei voitu varmuudella tunnistaa. Tammen terhoista tavattiin yleisesti tammikiiltokääriäisen toukkia, mutta tuhoilla ei vaikuta olevan suurta siementuotannollista merkitystä. Tulokset on julkaistu tietokorttina (Ylioja, Aarnio, Leino, Hytönen & Himanen 2024).

Tehtävä 1.2 Jalojen lehtipuiden ja douglaskuusen laadukkaat siemenalkuperät

Tehtävässä kartoitettiin pohjoisamerikkalaisen douglaskuusen siemenkeruuseen sopivia metsiköitä. Metsiköitä löytyy useilta toimijoilta, mutta ainoastaan Metsäntutkimuslaitoksen istutuksista voitiin varmistaa emopuiden alkuperä. Maastokartoitusten perusteella Luken tutkimusmetsistä löytyy Solbölestä, Ruotsinkylästä sekä Punkaharjulta kustakin yksi Tête Jaune -alkuperällä perustettu nuorehko, pienialainen metsikkö, joista voi kehittyä harvennuksista huolehtimalla siemenkeruuseen soveltuvia metsiköitä. Toisena vaihtoehtona on kerätä käpyjä varttuneiden Luken metsiköiden harvennusten tai päätehakkuiden yhteydessä. Tarkastelusta on laadittu artikkeli (Yrjälä & Himanen), joka on hyväksytty julkaistavaksi Sorbifolia-lehdessä.

Tehtävässä tarkasteltiin myös Luken omistamien, siemenviljelyksiksi rekisteröityjen jalojen lehtipuiden geenivarakokoelmien siemensatojen perimän monimuotoisuutta. Analyysissä hyödynnettiin vuosina 2021–2023 kerättyjä tammen, vaahteran ja metsälehmuksen kukintarunsauden aineistoja. Siemensatojen perimän monimuotoisuuden havaittiin vaihtelevan suuresti havaintovuosien välillä ja oli erilainen eri puulajeilla. Aineistoa ja laskelmia hyödynnettiin edelleen keruun intensiteettiä varioivassa simulointitutkimuksessa. Tulosten perusteella runsaina kukintavuosina siemenerän perimän monimuotoisuus laskee hyvin vähän, vaikkei kaikkea siementä kerätä. Huonoina kukintavuosina perimän monimuotoisuuden turvaaminen edellyttää koko sadon keruuta.

Tehtävä 1.3 Taimituotannon kehittäminen; tuotannon optimointi, kasvualustat

Tehtävässä tutkittiin Luken tutkimustaimitarhalla tervalepän, douglaskuusen ja tammen taimituotantoa. Tervalepän taimien ympäryskokeessa paakkutaimien kasvualustaan sekoitettiin tervalepän kasvupaikoilta kerättyjä symbionttisia *Frankia*-juurinytyjä. Ajatuksena oli testata, voidaanko taimien laatua ja

istutuksenjälkeistä menestymistä parantaa hyödyntämällä *Frankia*-bakteeria. Hyvin pienellä määrällä nystymursketta saatiin taimitarhalla aikaan huomattava kasvun lisäys, jonka ansiosta taimien kasvatusaika voidaan lyhentää. *Frankia*-taimien juuristo oli muita käsittelyjä kehittyneempi. Myös pelkkä kemiallinen lannoitus edesauttoi juuriston kehittymistä. Lannoitus ei vähentänyt *Frankia*-ympin vaikutusta. Taimia istutettiin myös Punkaharjun havaintokoealueelle, missä havaittiin ympin saaneiden taimien kuolleisuuden olevan hieman kontrollitaimia ja lannoituksen saaneita taimia alempi. Myös ja ilmiänsuultaan terveiden taimien määrä oli suurempi ympin saaneissa taimissa. Tukkimiehentäivioituksia oli sen sijaan enemmän *Frankia*-ympin saaneilla taimilla. Maastossa taimet tuplasivat pituutensa ensimmäisen istutuksen jälkeisen kesän aikana riippumatta käsittelystä, minkä vuoksi ympin saaneet taimet säilyivät kookkaimpina ja kontrollitaimet lyhyimpiä ja läpimitaltaan pienimpinä. Taimitarhakokeesta on valmisteilla metsätieteiden kandidaatin työ Itä-Suomen yliopistoon.

Tammen taimituotannon tehokkuuden kehittämiseksi kasvatettiin yksivuotiaita taimia kolmessa eri paakkutyypissä. Taimia istutettiin myös havaintokoealalle Punkaharjulla heinäkuun alussa 2023 kesäistutuksena ja keväällä 2024 normaalina kevätistutuksena. Taimikasvatuskoe sisälsi myös kahden alkuperän pakkaskestävyyden vertailukokeen. Sen ensimmäisessä osassa Rasilan siemenviljelykeltä ja lisälimestä kerätyistä terhoista kasvatettujen taimien pakkaskestävyyksiä verrattiin kolmena ajankohtana syksyllä 2023 altistustesteissä. Toisessa osassa selvitettiin samojen alkuperien taimien selviytymistä talvesta ulkona Suonenjoen tutkimustaimitarhalla. Lisäksi hankkeessa perustettiin pieni istutuskoe, jossa selvitettiin turvallista istutusajankohtaa pakkaspakkasvarastoiduille tammen paakkutaimille.

Tulosten perusteella tammen taimia voidaan kasvattaa pienissä ja myös sivureiällisissä kennostoissa, jos ne istutetaan kesällä heti, kun juuripaakku sitoo kasvualustan. Kevään istutuksiin taimet on kasvatettava korkeissa, sivureiättömissä paakuissa. Taimisaanto oli vielä kohtuullisen hyvä kesällä, mutta syksyä kohti se heikkeni, koska sivureiällisissä paakuissa juuret kasvoivat ulos paakuista ja katkeilivat kennoista poisotettaessa. Pakkastesteissä alkuperien välillä ei ollut eroja, mutta talven ulkona olleilla taimilla pohjoisempi lisälmen alkuperä kesti talviolosuhteita Rasilan alkuperän taimia paremmin. Parhaiten taimet selviytyivät pakkasvarastossa ulkovarastoinnin sijaan. Pakkasvarastointi on lopetettava keväällä jo touko-kesäkuun vaihteessa, muuten kasvukausi jää liian lyhyeksi, eivätkä taimet talveennu riittävästi. Kesäistutus sopii hyvin tammen taimille ja mahdollistaa osaltaan taimikasvatuksen kustannusten alentamisen. Alkuperien pakkasen kestävyyseroista on laadittu artikkeli *Sorbifolia*-lehteen (Luoranen, Kivimäenpää & Himanen), joka julkaistaan vuoden 2025 alussa.

Tehtävässä tutkittiin myös, selittävätkö kastelu- ja lannoituskäytännöt aiemmin havaitun douglaskuusen taimien kotimaista metsäkuusta heikomman karaistumisen taimivaiheessa. Kokeessa vertailtiin erilaisia kastelu- ja lannoitustasoja yksivuotiaiden taimien kasvatuksessa sekä kahta eri douglaskuusialkuperää ja eri tuleentumisvuosilta olevia siemeneriä samasta alkuperästä. Siemenerällä tai lannoitustasolla ei havaittu merkittävää vaikutusta kasvuun, mutta korkeamman kastelutason taimet olivat hieman pidempiä kuin matalamman kastelutason taimet. Juuret eivät pääosin sitoneet paakkuja ensimmäisenä syksynä. Taimien pakkaskestävyyttä mitattiin kahdesti lokakuussa. Pakkastestin perusteella Mustilan siemenerän pakkaskestävyys oli Kouvolan siemeneriä heikompi, mutta Kouvolan eri tuleentumisvuosina kerättyjen siemenerien välillä ei havaittu johdonmukaisia eroja. Runsaampi kastelu alensi pakkaskestävyyttä hieman erityisesti lokakuun alussa, kun taas lokakuun lopussa korkeampi lannoitustaso heikensi sitä. Tulosten perusteella douglaskuusen taimet pärjäävät kuusen taimia alhaisemmilla lannoitus- ja kastelutasoilla ensimmäisenä kasvukautena. Korkeammat tasot saattavat alentaa pakkaskestävyyttä syksyllä.

Tehtävässä laadittiin myös Metsätieteen aikakauskirjassa julkaistu artikkeli (Luoranen ym. 2024), jossa koottiin useamman tutkimuksen tuloksia douglaskuusen taimien pakkaskestävyydestä. Lajin pakkaskestävyys on heikompi kuin kuusen ja männyn, mutta sitä voidaan parantaa taimitarhalla aikaistamalla taimien pituuskasvun päättymistä ja karaistumista lyhytpäiväkäsittelyllä heinäkuussa. Tässä tehtävässä tehdyssä kokeessa havaittiin, että douglaskuusen taimet on otettava pakkasvarastosta ja istutettava jo toukokuussa, muuten taimien kasvukausi jää liian lyhyeksi, eivätkä yksivuotiaana istutetut taimet selviydy istutuksen jälkeen ainakaan keskisen Suomen alueella. Tulokset on julkaistu tietokorttina (Luoranen 2024).

Tämän lisäksi vähemmän käytettyjen puulajien taimien kasvunpäättymistä ja karaistumista pääpuulajeihin verrattuna seurattiin kesällä ja syksyllä 2022. Pituuskasvun päättymisen vertailu tehtiin kuusen ja douglaskuusen sekä koivun ja tervalepän ensimmäisen kasvatuskesän taimien välillä. Karaistumisen ja karaistumisen purkautumisen osalta varsinaiset altistustestit tehtiin Luken rahoittamassa StressTools hankkeessa. Taimien kasvunpäättymistä käsittelevä aineisto kesältä 2022 on raportoitu Pekka Ihalaisen AMK-opinnäytetyössä (Ihalainen 2024). Tulosten mukaan tervaleppä, ainakin käytetyllä kylvö-, kastelu- ja lannoitusohjelmalla, lopetti pituuskasvun ja muodosti kärkisilmut aiemmin kuin rauduskoivun taimet. Douglaskuusen yksivuotiaat taimet kasvoivat selvästi pitempään kuin kuuset ja muodostivat päätesilmut vasta syyskuussa.

Turpeelle vaihtoehtoisten kasvualustojen käyttökelpoisuutta tutkittiin hankkeessa kahdessa kokeessa. Ensimmäisessä testattiin koekasvihuoneolosuhteissa rahkasammalen, karjanlannan mädätejäännöksen sekä turpeen ja näiden sekoitusten vaikutusta tervalepän, rauduskoivun ja arkangelinlehtikuusen kasvuun. Rauduskoivu ja lehtikuusi kasvoivat parhaiten puhtaassa kasvuturpeessa, kun taas tervaleppä menestyi yhtä hyvin sammaleessa ja sammalen ja mädätejäännöksen seoksessa. Rauduskoivulla tehdyssä kaupallisen mittakaavan tuotantokokeessa taimet kasvoivat parhaiten kasvuturpeessa. Rahkasammalessa ja sammalen ja mädätejäännöksen seoksessa taimet jäivät pienikokoisiksi ja taimisaannot heikoiksi. Tulokset on raportoitu tieteellisissä artikkeleissa (Heiskanen ym. 2024) sekä tietokortissa (Heiskanen 2024).

Tehtävässä 1.3 tutkittiin lisäksi pientuotantoerien koon vaikutusta taimien tuotantokustannukseen kuusella, tammella ja tervalepällä. Tuotantokustannuksia arvioitiin mallintamalla tuotantoprosessi ja hyödyntämällä Monte Carlo -simulointia. Rakennettu systeemimalli kattaa tuotantoketjun siemenen käsittelystä taimien toimitukseen asti. Erityisenä huomion kohteena oli määrittellä ja kohdistaa taimille kiinteät tuotantoeräkohtaiset kustannukset pienerien tuotannon kustannusten selvittämiseksi. Systeemimallilla tehtiin kirjallisuuteen ja asiantuntija-arvioihin pohjautuva deterministinen yksityiskohtainen peruslaskelma tuotantoketjusta kustannustekijöittäin taulukkomuodossa, josta syötettiin keskeisimmät kustannustekijät simulointiin.

Monte Carlo -simulointi mahdollistaa kustannusvaihteluiden arvioimisen todennäköisyysjakaumien perusteella. Simuloinnissa tuotettiin tuhansia eri skenaarioita, jotka auttavat hahmottamaan tuotannon epävarmuustekijöitä ja määrittelemään taimelle tuotantohinnan epävarmuustekijöiden vallitessa. Hajonnan määrittely oli asiantuntija-arvioihin perustuva. Puulajista riippumatta taimien tuotanto hyöttyy selvästi mittakaavaeduista. Kuusen taimilla, joilla suurten volyymien tuotantohinnat ovat alhaiset, taimien hinta lähestyy n. 0,25 €/a, kun tuotantoerän koko on 25 000 tainta, mutta kasvavaa voimakkaasti pienemmillä tuotantoerillä. Erityisen voimakasta kustannusten nousu on alle 10 000 taimen erissä, ja 5 000 taimen erän alittuessa kustannustaso alkaa olla tuplaantunut simuloinnin korkeimmasta tuotantomäärästä. Tervalepällä tuotantokustannukset ja kustannusten mittakaavaedut ovat hyvin samantyylliset kuin kuusella, etenkin 1-vuotisilla ns. kevättaimilla. Lyhyen tuotantoketjun ns. kesätaimi on hieman edullisempi tuottaa.

Tuotantoerän koon kasvaessa tammen tuotantokustannus alenee euromääräisesti jotakuinkin vastaavasti kuin kuusen, mutta suhteellinen kustannuksen alentuminen on huomattavasti lievempää. Korkea tuotantokustannus suuremmilla tuotantoerillä johtuu ennen kaikkea tammen terhojen korkeasta hinnasta. Jos terhon keskimääräinen hinta on 1,00 €, 1-v kevättammen tuotantokustannukset nousevat huomattavasti kautta linjan, eivätkä vain pienet erät ole taloudellisesti haastavia, vaan tuotantoerästä riippumatta tammen taimituotanto on kallista. Kun tuotantoerä on 25 000, on taimen tuotantokustannus noin 2,30 € kappaleelta. Myös tuotantokustannuksen 95 % -luottamusväli laajenee hyvin leveäksi, mikä osoittaa kustannusten määrittelyn suuren epävarmuuden ja taimen hinnoittelun riskit. Simulaatiot osoittavat, että tammen tuotantokustannukset voivat olla moninkertaisia kuuseen verrattuna, erityisesti silloin, jos terhon tuotannon tai keräyksen kustannuksia ei saada tehostettua yhdessä taimituotannon kanssa. Simulointitulokset on raportoitu tietokortilla (Uotila 2024).

Tehtävässä 1 saavutettiin kaikilta osin hankesuunnitelmassa asetetut tavoitteet. Lisäksi tehtiin muutamia ylimääräisiä pilotteja ja laajettiin aineiston keruuta lisälajeihin. Tehtävä vastaa hyvin rahoitusohjelman vaatimuksiin metsätalouden ilmastokestävyuden ja monimuotoisuuden parantamisesta. Kehittämällä

vähemmän käytettyjen ja erityisesti monimuotoisuudelle arvokkaiden lehtipuulajiemme siementen ja taimien saatavuutta sekä alentamalla niiden hintaa voidaan lisätä niiden viljelyä. Vieraslaji douglaskuusen osalta on oleellista tuoda tutkimuksellisesti esille sen viljelyyn liittyvät riskit, mm. kotimaista kuusta heikompi viljelyvarmuus.

TP2: Menetelmä uudistamisen suunnitteluun

Tehtävä 2.1 Hakkuu- ja hoitoehdotusten laajentaminen

Tehtävässä 2.1 tavoitteena oli kehittää Metsäkeskuksen Lähde-järjestelmää ja järjestelmän käyttämää Simo-laskentaa siten, että ne pystyvät tuottamaan kuviolle nykyistä monipuolisempia uudistamisketjuja. Metsävaratieto sisältää nykyisellään ehdotuksia sekä hakkuista että metsänhoidollisista toimenpiteistä. Uudistamisketjujen toimenpide-ehdotukset ovat tähän saakka olleet liian yksipuolisia Metsäkeskuksen metsävaratiedossa. Valtaosa ehdotuksista on joko kuusen istutusta tai männyn kylvöä. Hyvin pieni osuus ehdotuksista on luontaisia männyn uudistamishdotuksia (siemenpuuhakkuita). Jatkossa näihin ehdotuksiin lisätään mahdollisuus sekaviljelyyn, jossa taimikko perustetaan useamman puulajin yhdistelmällä. Sekaviljelyssä uuden puusukupolven perustaminen voi esimerkiksi koostua kuusesta ja männystä.

Tavoitteena oli myös kehittää Simo-laskentaa siten, että hankkeen Työpaketti 3:ssä kehitetyt sekametsän uudistamisketjut saadaan Metsäkeskuksessa käyttöön sekä kehittää Metsäkeskuksen Lähde-järjestelmää siten, että se tukee uutta laskentaa, ja valmistella uusien uudistamisketjujen käyttöönotto Metsäkeskuksessa. Tätä varten tunnistettiin ja määriteltiin tietokannan tietomallien päivitystarpeet, jotka mahdollistavat useat hakkuu- ja metsänhoitotyöehdotukset rinnakkain.

Seuraavassa esitellään tiiviisti tehtävässä 2.1 saavutetut tulokset.

Sekaviljelyehdotusten simuloiminen Lähde-järjestelmässä

Lähteeseen tehtiin hankkeessa tietomallimuutoksia, jotka mahdollistavat sekaviljelyehdotusten tekemisen metsävarakuviolle. Sekaviljelyehdotusten muodostumisen päättely perustuu pääryhmään, kasvupaikkaluokkaan, kuivatustilanteeseen, maalajiin ja maantieteelliseen sijaintiin. Muodostumisessa ei huomioida päätehakkupuustoa millään tavalla. Olemassa oleva määrittely ja toteutus uudistamiskypsyysrajoista säilyy ennallaan.

Tässä tehtävässä tehty kehitystyö mahdollistaa sekametsän uudistamishdotuksen kuviolle siten, että kuviolle ehdotetaan esimerkiksi 50 % kuusen istutusta ja 50 % männyn istutusta, jonka tavoitteena on tuottaa kuviolle sekametsä.

1. Tuore kangas keskikarkealla tai karkealla maalajilla koko Suomessa
 - a. Pääryhmä on 1 (metsämaa)
 - b. Kasvupaikkaluokka on 3 (tuore)
 - c. Maalaji on 10 tai 30
 - d. Koko Suomi
2. Mhtyoehdotus on kuusen (työlaji = 302) ja männyn istutus (työlaji = 301), toteutusosuudet
 - a. molemmille 50 %.
3. Tuore kangas karkealla moreenilla tai karkealla lajittuneella maalajilla Etelä-Suomessa
 - a. Pääryhmä on 1 (metsämaa)
 - b. Kasvupaikkaluokka on 3 (tuore)

- c. Maalaji on 11,12,31 tai 32
 - d. Etelä-Suomi
4. Mhtyoehdotus on kuusen (työlaji = 302) ja männyn istutus (työlaji = 301), toteutusosuudet
- a. molemmille 50 %.
5. Mustikkaturvekankaat koko Suomessa
- a. Pääryhmä on 1 (metsämaa)
 - b. Alaryhmä on 2 tai 3 (korpi tai räme)
 - c. Kuivatustilanne 7,8 tai 9 (ojikko, muuttuma tai turvekangas)
 - d. Kasvupaikkaluokka on 3 (tuore)
 - e. Koko Suomi
6. Mhtyoehdotus on kuusen (työlaji = 302) ja männyn istutus (työlaji = 301), toteutusosuudet
- a. molemmille 50 %

Laskennallinen taimikon perustamisehdotus näille kohteille on kuusen ja männyn sekaistutus, jossa molemmille puulajeille simuloidaan 50 % toteutusosuus. Toteutusosuus-muuttuja lisättiin Lähdejärjestelmän tietomalliin ja sen välitys laskentaan, käyttö Lähde-Simo laskennassa ja tietojen palautus Lähdejärjestelmään kehitettiin hankkeen aikana. Toteutus saadaan tuotantoon heti sen jälkeen, kun Luke ja Afry saavat viimeisteltyä sekaviljelymallien käyttöönoton Afryn laskentaytimessä.

Tietomallimuutosten ansiosta Lähdejärjestelmään on mahdollista tallentaa muitakin sekaviljely-yhdistelmiä (esim. kuusi-rauduskoivu), mutta tätä ei lähdetä tekemään automaattisesti metsävaratiedon perusteella.

Hilan tietomallin laajennus

Tässä tehtävässä selvitettiin kosteusindeksin käyttöä sekaviljely uudistamisehdotuksien muodostumiskriteerinä. Esimerkiksi, jos kuvio saa kaksi uudistamisehdotusta rinnakkain, voidaanko laskentaa ohjaavan aineiston avulla arvioida, viljelläkö kuvio kauttaaltaan sekametsäksi vai viljelläkö esimerkiksi kuvion kuivemmalle laidalle mäntyä ja kosteammalle laidalle kuusta. Hankkeen tehtävässä 2.2 lopulta päätettiin rikastaa metsävarahila-aineistoa tuomalla kosteusindeksitieto (TWI) osaksi hilan tietosisältöä. Ajatuksena on, että hilan kosteusindeksitietoa voidaan hyödyntää kuviotasolla ja uudistamisehdotusten simuloinneissa. Tieto on vapaasti kaikkien tiedon hyödyntäjien saatavilla, koska hila-aineisto on avoimesti jaossa Metsäkeskus.fi sivuston kautta. Myöhemmin tämä tieto on mahdollista tuoda metsävarakuviolle, jolloin sitä voisi käyttää tarkempiin uudistamisehdotusten simulointeihin kosteusindeksitietoa hyödyntäen.

Toteutuneiden uudistamistöiden ilmoittaminen Metsään.fi-palvelusta

Uuteen Metsään.fi-palveluun lisätyn toiminnallisuuden avulla metsänomistajat voivat nyt ilmoittaa toteutuneista taimikon perustamistöistä. Tämä mahdollistaa myös sekaviljelytietojen tallentamisen, jolloin esimerkiksi taimikon perustaminen sekaviljelymenetelmällä voidaan ilmoittaa useammalla puulajilla samalle kuviolle. Lisäksi taimikon perustamistoimenpiteessä voi ilmoittaa eri puulajien runkolukumäärät hehtaarikohtaisesti. Esimerkiksi mänty 500 r/ha ja kuusi 1100 r/ha. Tämän tiedon perusteella on mahdollista ennustaa nykyistä tarkemmin taimikon jatkokehitys, sillä ilmoitetut taimikon perustamistiedot sekä niihin liittyvät runkolukuarvot tallennetaan osaksi metsävarakuvioiden tietoja. Näitä tietoja hyödynnetään puustotietojen laskennassa, mikä parantaa metsävaratiedon laatua erityisesti taimikoiden osalta. Uudet ja tarkemmat tiedot tukevat jatkossa entistä monipuolisempaa ja tarkempaa metsänhoitosuunnittelua.

Lähde-Simo laskentajärjestelmän kehitys

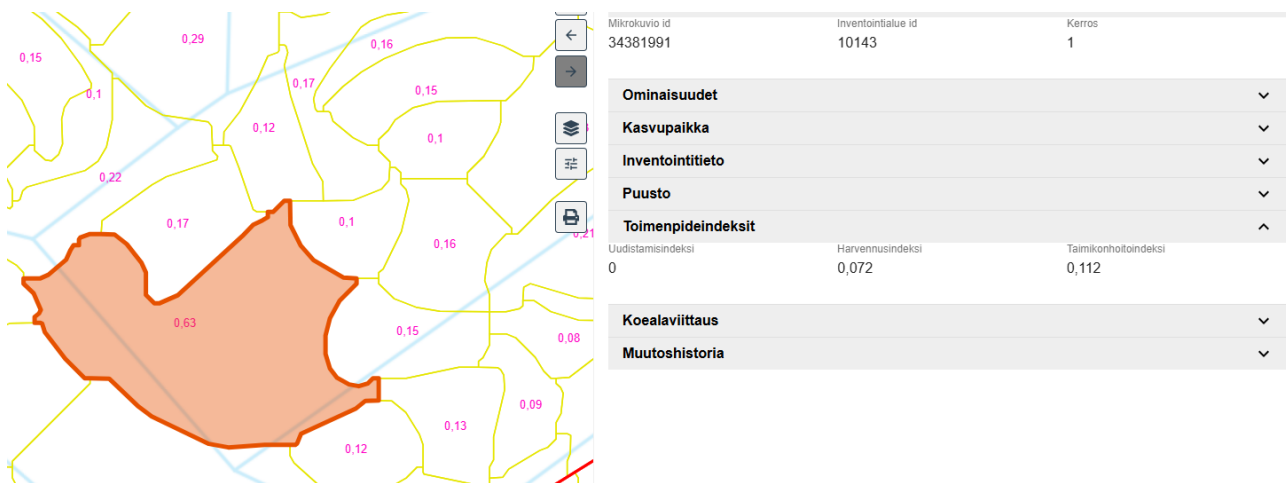
Hankkeessa kehitettiin Lähde-Simo laskentajärjestelmää, jotta se voi käsitellä uusia muuttujia, jotka lisättiin Lähteen tietomalliin. Lähde-Simo laskentajärjestelmään integroitiin Luken kehittämät sekaviljelymallit, mutta niitä ei ehditty ottamaan käyttöön Lähde-Simo tuotannossa, koska mallien kehitystyö ei edennyt riittävän

nopeasti. Mallien testaus on jo käynnissä Lähde-Simossa ja ne saadaan otettua käyttöön hankkeen päättymisen jälkeen.

Tehtävä 2.2 Menetelmän kehittäminen

Tehtävän 2.2. tavoitteena on selvittää, voisiko uudistamiskuvioiden sisäistä vaihtelua huomioida toimenpideehdotuksissa. Hankkeessa tarkasteltiin, olisiko uudistamiskuvioiden sisäistä vaihtelua mahdollista huomioida toimenpideehdotuksissa. Tarkastelu johti lopputulokseen, jossa metsävarakuviota ei ole järkevää lähteä jakamaan pienemmiksi kuvioiksi pelkästään tulevaisuuteen ehdotetun taimikonperustamishdotuksen perusteella. Tämänkaltainen menettely vaatisi merkittävän määrän kokonaan uudenlaista määrittelyä ja toteutusta Lähde-järjestelmään, sekä muun ohella päivityksiä myös esimerkiksi laskentatietojen siirtämiseen käytettävään metsätietostandardiin.

Alkuperäisenä tavoitteena oli siis tehdä nykyistä pienipiirteisempiä toimenpide-esityksiä mikrokuviotasolle. Hankkeen toteutuksen aikana kävi selväksi, ettei nykyisenmuotoisia toimenpide-esityksiä voi alkaa simuloimaan mikrokuviolle, koska myös tietorakenteiden muutokset tulisivat olemaan liian suuria. Kuitenkin mikrokuviolle voidaan simuloida ns. toimenpideindeksit kolmelle eri toimenpiteelle (tavoitteen mukainen taimikonhoitotarve on yksi näistä) ja näitä on mahdollista jatkokehittää tulevaisuudessa (Kuva 2).



Kuva 2. Mikrokuviot ja toimenpideindeksit

Seuraavassa esitellään tiiviisti tehtävässä 2.2 saavutetut tulokset.

Sekaviljelytietoa voi kerätä ja ehdottaa maastossa

Metsävarakuvioiden tietomallin muutokset tehtiin Metsäkeskuksen maastotiedonkeruusovellukseen Ahmaan. Tämä kehitystyö mahdollistaa sekaviljelyehdotusten antamisen maastotyönä sekä Lähteessä simuloitujen toimenpide-ehdotusten viemisen Ahma-sovellukselle ja niiden käyttämisen maastotyössä.

Ulkoiset paikkatietoaineistot laskennan ohjauksessa metsänuudistamisen monipuolistamisen näkökulmasta

Hankkeen aikana Lähde-järjestelmään kehitettiin ominaisuus, joka mahdollistaa toimenpide-ehdotusten simuloinnin ohjauksen ulkoisia paikkatietoja hyödyntäen. Tämä ominaisuus toi hyötyjä myös muille Metsäkeskuksen Hiilestä kiinni -hankkeille. Metsänuudistamishdotusten simulointien osalta tämä

mahdollistaa uudistamishdotusten monipuolistamisen ja tarkemman simuloinnin tulevaisuudessa. Esimerkiksi Lähteeseen voidaan tuoda tieto kuivuusriskistä tai todennetuista juurikäävän esiintymisalueilta (jos näitä tai muita ohjaavia aineistoja saadaan Metsäkeskukseen) ja tämän tiedon perusteella kyseisillä alueilla voidaan estää kuusen viljelyehdotukset.

Tehtävissä 2.1 ja 2.2 tuotetun tiedon käyttö

Tehtävissä 2.1 ja 2.2 saavutettiin hankesuunnitelmassa asetetut tavoitteet siltä osin, kun järjestelmäkehitys oli työpaketti 3 tehdyn sekaviljelymallien käyttöönoton näkökulmasta mahdollista. Metsäkeskuksen Lähdejärjestelmään tehtiin hankkeessa tietomallimuutoksia, jotka tukevat sekaviljelyä ja kosteustiedon tuomista hilalle. Tämä mahdollistaa sekaviljelyehdotusten simuloinnin, toteutuneiden uudistamistöiden raportoinnin Metsään.fi:stä metsänomistajan toimesta, sekä myöhemmin tarkemman uudistamishdotusten simuloinnin kosteusindeksitietoa hyödyntäen.

Lähdejärjestelmässä simuloitujen sekaviljelyehdotukset viedään avoimeen metsävaratietoon ja Metsään.fi-palveluun. Uusia tietoja ei saada välittömästi Metsäkeskuksen palveluihin, koska muutokset ovat niin suuria tietomallissa, ettei nykyinen metsätietostandardi tai Metsään.fi vielä kykene käsittelemään tietoa. Metsätietostandardin versio 2.0 tulee tukemaan tätä tietoa ja Metsään.fi kykenee näyttämään tiedot talven 2024 kehitystöiden jälkeen.

PUUVA-hankkeen yhtenä tavoitteena oli kehittää menetelmä taimikonhoidon tarpeen ja ajoituksen määrittelyyn aiemman puusukupolven, uudistamistoimenpiteiden ja kasvupaikan ominaisuuksien pohjalta niin, että myös taimikon sisäinen vaihtelu ja sekapuustoisuus otetaan huomioon. Tämä tavoite saavutettiin osittain Metsäkeskuksen puolesta. Lähdejärjestelmään on kehitetty ominaisuus, jolla voidaan ohjata toimenpide-ehdotusten simuloitavia ulkoisia paikkatietoaineistoja käyttäen. Tämä mahdollistaa uusien aineistojen hyödyntämisen SIMO-laskennassa.

Ilmoitetut taimikon perustamistiedot sekä niihin liittyvät runkolukuarvot tallennetaan osaksi metsävarakuvioiden tietoja. Näitä tietoja hyödynnetään puustotietojen laskennassa, mikä parantaa metsävaratiedon laatua erityisesti taimikoiden osalta. Uudet ja tarkemmat tiedot tukevat jatkossa entistä monipuolisempaa ja tarkempaa metsänhoitosuunnittelua.

Kosteusindeksitieto on tuotu hilalle. Tieto on myös jakelussa asiakkaille Metsäkeskus.fi sivuston kautta. Jatkokehityksessä hilan kosteusindeksitietoa voidaan hyödyntää myös kuviotasolla ja uudistamishdotusten simuloinneissa.

Tehtävä 2.3 Vähemmän käytettyjen puulajien uudistamistuloksen selvitys

Tehtävän tavoitteena oli tehdä selvitys vähemmän käytettyjen puulajien viljelyiden onnistumisesta laatimalla metsänomistajille suunnattu kyselytutkimus. Kyselyllä oli tavoitteena kartoittaa uudistumisten toteutumista suhteessa metsänkäyttöilmoituksiin, käytön tavoitteita sekä uudistamistulosta. Kysely toimitettiin noin 900 metsänomistajalle, joilla on vuosina 2010–2019 Metsäkeskukseen toimitetuissa metsänkäyttöilmoituksissa uudistushakkuukuviolle ilmoitettu viljeltäväksi (istutus tai kylvö) muuta kuin mäntyä, kuusta tai rauduskoivua. Vastauksia saatiin 145 kappaletta.

Kyselyn perusteella metsänomistajien kokemukset vieraamman puulajin käytöstä olivat positiivisia. Merkittävimmät syyt lehtikuusen ja tammen valintaan olivat kokeilunhalu ja kiinnostus käytettyä puulajia kohtaan. Tervalepällä merkittävämmäksi syyksi nousi kasvupaikan ja uudistusalueen ominaisuuksista johtuvat tekijät. Lisäksi tärkeinä perusteina mainittiin pyrkimys metsälajiston monimuotoisuuden lisäämiseen ja maisemalliset tekijät. Taloudellisen hyödyn tavoittelu oli merkittävä tekijä visakoivun viljelyssä. Ilmastonmuutokseen varautuminen nousi merkittäväksi syyksi nuorimmissa taimikoissa. Taimikot oli suurimmaksi osaksi perustettu valituille puulajeille soveltuville kasvupaikoilla ja niiden metsänhoidollinen tila

oli hyvä. Täysin epäonnistuneita taimikoita ei ollut. Hirvieläimet olivat merkittävimmät lehtikuusi- ja tammi-istutuksiin kohdistuneet tuhoaiheuttajat, mutta kaiken kaikkiaan tuhoja oli vähän. Taimikoiden hoitotoimenpiteitä oli kyselyn perusteella tehty aktiivisesti. Kaiken kaikkiaan suhtautuminen vieraampien puulajien kasvatukseen on kyselyyn vastanneilla ollut enemmän positiivista kuin negatiivista. Kyselytutkimuksen tuloksista valmistuu marras-joulukuun 2024 aikana artikkeliluonnos Metsätieteen aikakauskirjan Tieteen tori -osioon.

Lisäksi Metsäkeskus teki maastomittauksia kesällä 2023 kohteille, joista saatiin kyselyvastaus ja joissa on viljelty lehtikuusta, tervaleppää tai tammea. Maastossa mitattuja kohteita oli yli 88, mutta todellisuudessa mitattuja kohteita, joissa oli viljelty jotakin kolmesta kiinnostavasta puulajista saatiin 50 kappaletta. Mittausten seassa oli kohteita, joiden mittaustiedot olivat puutteelliset, joten mitattuja kohteita oli yhteensä 47 kappaletta. Tehtävä 2.3 eteni pääosin suunnitellusti, lukuun ottamatta maastomittauskohteiden ennakoitua pienempää määrää. Tulokset maastomittauksista sisältyvät Tehtävän 3.2 toimenpiteisiin.

TP3: Sekametsien perustaminen

Tehtävä 3.1. Monipuoliset uudistamismenetelmät sekametsien perustamisessa

Vaihtoehtoisia sekametsien uudistamisketjuja ja niiden soveltuvuuskriteereitä (ts. potentiaalisten sekametsäkohteiden tunnistamista) tarkasteltiin Luken Etelä- ja Keski-Suomeen perustamalla SEKAVA-kestokokeilla. Kokeilla on puhtaita ja kahden pääpuulajin koealoja. Männyn, kuusen ja rauduskoivun uudistamistulosta kuvattiin sekä maastossa mitatuilla että Metsäkeskuksen, Ilmatieteenlaitoksen, Luken ja Geologian tutkimuslaitoksen avoimista aineistoista saatavilla tunnuksilla. Tarkasteluissa käytettiin kokeilta aikaisemmin (ensimmäisen kasvukauden jälkeen) että PUUVA-hankkeessa (3 ja 5 kasvukautta uudistamisesta) mitattuja aineistoja.

Pääpuulajien uudistamistulosta ensimmäisen kasvukauden jälkeen selittivät sekä maastossa mitatut että avoimista aineistoista saatavilla olevat tunnuksat. Puulajikohtaista istutustaimien eloonjäämistä ja pituuskasvua sekä männyn kylvön onnistumista selittivät kasvupaikkatyyppi, maalaji, topografinen kosteusindeksi ja päätehakuuapuuston puulajisuhteet (Miina ym. 2024). Hankkeessa saatujen tulosten mukaan kustannustehokas, avoin paikkatieto antaa käyttökelpoista lisätietoa uudistamisalalle soveltuvien puulajien valintaan sen sijaan, että suosittaisiin pääsääntöisesti kuusen istutusta. Tulokset tukevat Metsänhoitosuosituksissa esitettyä pääperiaatetta, että uudistamispuulajit valitaan kasvupaikan viljavuuden ja maalajin avulla. Kolmen kasvukauden jälkeen tehdyt SEKAVA-kokeiden uusintamittaukset saatiin päätökseen lokakuussa 2024, joten uusintamittausaineistoa ei ennätetty analysoida hankkeen aikana samalla tavalla kuin uudistamistulosta tarkasteltiin ensimmäisen kasvukauden jälkeen. Huomioarvoista oli kaikilla kolmella pääpuulajilla maastokokeissa havaittu latvan vaihtojen runsaus, mitä näyttää osittain selittävän kasvupaikan viljavuus. Männyn ja kuusen sekaistutus tuottaa yksijaksoisia ja kuusi-koivusekaistutus kaksijaksoisia sekametsiä. Harvaan istutetussa kuusentaimikossa (900 kuusta/ha) oli varhaisperkausvaiheessa noin 400–500 koivua/ha, jotka ovat noin kuusten pituisia. Näille käsittelyaloille odotetaan nousevan vielä lisää täydentäviä luontaisia koivuja niin, että tavoitetiheys 1800 runkoa/ha täytyisi.

Tehtävä 3.2. Vähemmän käytetyille puulajeille soveltuvat uudistamismenetelmät

Tehtävässä tarkasteltiin Metsäkeskuksen keräämää tietoa vähemmän käytettyjen puulajien uudistamistuloksesta (tehtävä 2.3). Metsänomistajakyselyn ja maastoinventoinnin aineistoista analysoitiin puulajien käyttöä metsänuudistamisessa sekä uudistamistulosta.

Vähemmän käytettyjä puulajeja oli uudistettu lähinnä tuoreelle tai lehtomaiselle kankaalle. Tammikohteet oli perustettu keskimäärin lämpösummaltaan lehtikuusi- ja tervaleppätaimikoita lämpimämmille (ts. eteläisemmille) alueille. Kohteille määritettyjen kosteusindeksiarvojen mukaan tervalepikot oli puolestaan perustettu tammi- ja lehtikuusitaimikoita kosteammille aloille. Tervalepikot olivat keskimäärin myös ympäröivää aluetta kosteammilla kasvupaikoilla, kun taas tammella ja lehtikuusella vastaavaa eroa ympäröivään alueeseen ei havaittu.

Viljellyn puulajin keskimääräinen runkoluku oli jäänyt kaikilla puulajeilla suositustiheyksiä alhaisemmaksi. Keskimääräinen viljellyn puulajin runkoluku oli tervalepällä 980 runkoa/ha, lehtikuusella 953 runkoa/ha ja tammella 424 runkoa/ha. Taimikoiden välinen vaihtelu oli suurta, etenkin tervaleppä- ja lehtikuusikuvioilla. Valtaosalla taimikoista esiintyi kuitenkin luontaista taimiainesta, joka nosti taimikon kokonaisrunkoluvun tervalepällä 4759 runkoon/ha, lehtikuusella 3311 runkoon/ha ja tammella 3490 runkoon/ha. Tervaleppien ja lehtikuusten keskipituus oli tilastollisesti merkittävästi luontaisia havupuita suurempi, kun taas luontaiseen lehtipuuhun verrattuna merkittävää eroa ei ollut. Tammen keskipituus ei eronnut tammikuvioilla kasvavasta luontaisesti syntyneestä puustosta. Tuhot olivat melko harvinaisia kaikilla viljellyillä puulajeilla: terveitä puita tervalepistä oli 97 %, lehtikuusista 90 % ja tammista 75 %. Tammella tuhot olivat pääasiassa ohimeneviä, kun taas lehtikuusella ja tervalepällä tuhot olivat yleensä pysyvämpiä ja vaurioita jättäviä. Tuhot olivat jakautuneet myös melko tasaisesti: Missään taimikossa ei esiintynyt suurta määrää tuhoja, mutta myöskään yksikään taimikoista ei ollut kokonaan tuhoton. Isossa osassa taimikoista metsänhoidossa oli huomautettavaa, etenkin taimikon harvennus oli monilla aloilla tarpeen, mutta tekemättä. Lehtikuusikoissa metsänhoitotöitä oli tehty ahkerimmin, sillä tekemistä odottavia toimenpiteitä oli pääsääntöisesti vähiten, mutta samalla myös huonosti tehtyjen toimenpiteiden osuus oli suurin.

Tehtävä 3.3 Täydennysviljely rauduskoivulla

Tehtävässä tarkasteltiin eri viiveillä täydennysistutettujen rauduskoivujen pituuskehitystä. Täydennysistutus tehtiin neljälle SEKAVA-hankkeen kokeelle. Kokeille oli jo aiemmin täydennysistutettu rauduskoivuja vuosi uudistamisen jälkeen ja PUUVA-hankkeessa täydennysistutuksia tehtiin 2 ja 3 vuotta uudistamisen jälkeen. Täydennysrauduskoivujen pituuskehitystä verrattiin uudistamishetkellä istutettujen kuusien ja rauduskoivujen sekä luontaisten siemensyntyisten rauduskoivujen kehitykseen. Tulosten perusteella tehtiin päätelmiä rauduskoivun täydennysistutuksen käyttömahdollisuuksista kuusi-koivusekataimikoiden perustamisessa.

Rauduskoivun täydennysistutus ei näytä olevan ratkaisu, jos luontaisia siemensyntyisiä rauduskoivuja ei synny riittävästi täydentämään kuusen istutusta sekametsäksi. Yhden kasvukauden viiveellä istutettujen rauduskoivujen pituuskehitys oli hitaampaa kuin alkuperäisten istutusrauduskoivujen, mutta täydennyskoivut kasvoivat silti nopeammin kuin istutuskuuset (ja luontaiset koivut). Istutuskuusikon täydentäminen seuraavana keväänä rauduskoivuilla näyttää siis johtavan kaksijaksoiseen kuusi-koivusekametsään. Kun täydennysistutuksessa oli kahden tai kolmen kasvukauden viive, täydennyskoivut 'kituivat' ja niiden pituuskehitys oli hidasta, vaikka täydennysistutus tehtiin kivennäismaapintaisiin mättäisiin. Kahden ja kolmen vuoden viiveellä istutetut täydennyskoivut jäivät jälkeen myös luontaisten koivujen kehityksestä. Myöhemmin istutettujen täydennyskoivujen kasvua hidasti uudistamisalan heinittyminen ja vesoittuminen. Täydennystaimien kehityksestä saatujen tulosten perusteella rauduskoivun täydennysistutusta ei voi suositella sekataimikoiden perustamiseen. Taimien istuttaminen kahtena eri ajankohtana uudistamisalalle lisää myös uudistamiskustannuksia.

Tehtävässä 3 saavutettiin pääosin hankesuunnitelmassa asetetut tavoitteet. Ainoastaan tehtävän 3.2 osaa kuvataan vähemmän käytettyjen puulajien uudistamisketjut ei pystytty toteuttamaan alkuperäisen suunnitelman laajuudessa, sillä kerätty aineisto (TP2) jäi pienemmäksi. Tulosten perusteella voidaan kuitenkin todeta, ettei niiden perusteella ole aihetta tehdä muutoksia nyt käytettyihin uudistamismenetelmiin. Työpaketin merkittävässä roolissa oli tutkimustiedon jalkautus, jota tehtiin

ennakoitua laajemmin. Yksi merkittävä tulos oli Tapion koordinoiman metsänhoitosuositusten päivitystyö Sekametsien kasvatuksen osalta, johon hankkeen tutkijat osallistuivat aktiivisesti ja kokosivat tutkimustietopohjaa suosituksiin. Tehtävä 3 vastasi hyvin rahoitusohjelman vaatimuksiin metsätalouden ilmastokestävyyden ja monimuotoisuuden parantamisesta. Puulajivalikoiman monipuolistuminen ja sekapuustoisuus edistää ilmastonmuutokseen sopeutumista vähentämällä kuusen valta-asemaan liittyviä tuhoriskejä. Työpaketissa tuotettu tieto sekametsien uudistamisesta, jossa tavoitteena on viiveetön ja kasvupaikan ominaisuudet sekä tuhoriskin huomioonottava uudistamispuulaji- ja menetelmä lyhentää ajanjaksoa, jolloin maaperä on hiilen lähde ja taimikon hiilinielu on pieni (ts. välittömät ilmastovaikutukset ovat negatiivisia). Työpaketissa tuotettu tieto sekametsien uudistamisesta ja kasvusta tukee myös talousmetsien luonnonhoitoa ja monimuotoisuutta.

TP4: Sekapuustoisuus taimikonhoidossa

Tehtävä 4.1. Taimikonhoitoketjut sekapuustoisissa taimikoissa

Viljelytaimien, erityisesti kuusen alkukehitys on nopeutunut verrattuna luontaisiin siemen- ja vesasyntyisiin lehtipuun taimiin. Tehtävässä selvitettiin taimikonhoitokertojen tarvetta, sekä varhaisperkauksen ja myöhemmän taimikonhoidon ajoitusta, toteutusta ja kohdentamista sekapuustoisissa taimikoissa kirjallisuuden ja seuraavien analyysien avulla.

Tehtävässä analysoitiin kuusien ja koivujen pituuskehitystä istutuskuusikoissa, joissa sekapuustona hyödynnetään luontaisia siemensyntyisiä koivuja. Kuusen ja koivujen pituuskehityksiä vertaamalla tarkasteltiin taimikonhoitokertojen tarvetta, sekä varhaisperkauksen ja myöhemmän taimikonhoidon ajoitusta sekä kasvamaan jätettävien koivujen valintaa (kuusen ja koivun pituusuhde). Aineistona käytettiin aikaisemmin kuusi-koivusekataimikoista mitattuja aineistoja ja niiden avulla laadittuja pituusmalleja (Huuskonen ym. 2023, Forests; Männistö ym. 2024, Silva Fennica). Hankkeessa tarkasteltiin SEKAVA-koealoille luontaisesti syntyneiden koivujen ja kaikkien lehtipuiden määrää maastossa mitattujen ja avoimista aineistoista saatavien tunnuksien avulla. Tavoite oli selvittää, onko avoimen tiedon avulla mahdollista ennustaa uudistamisalalle syntyvien lehtipuiden määrää.

Havupuutaimikoihin syntyvän lehtipuuston määrää ja pituutta suhteessa havupuihin tarkasteltiin Metsäkeskuksen Keski- ja Itä-Suomesta mittaamien taimikoiden inventointikoealojen avulla. Kuusen ja koivujen pituuskehityksiä vertaamalla tarkasteltiin taimikonhoitokertojen tarvetta, sekä varhaisperkauksen ja myöhemmän taimikonhoidon ajoitusta sekä kasvamaan jätettävien koivujen pituutta suhteessa kuusiin. Kuten oletettua, luontaisten koivujen pituuskehitys on aluksi nopeampaa kuin istutuskuusten. Istutuskuusten pituus kehittyy kuitenkin samaan tahtiin kuin koivujen, jos kuuset saavat kahden kasvukauden etumatkan koivuihin nähden. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että koivun siemenen tulee levitä uudistamisalalle keväällä tehtävää kuusen istutusta seuraavana syksynä. Näin ollen luontaisia siemensyntyisiä koivuja on mahdollista hyödyntää yksijaksoisen sekametsän perustamisessa. Samaan tahtiin kuusten kanssa kasvavia koivuja on jätettävä kasvamaan jo istutuskuusikon varhaisperkauksessa sen sijaan, että kaikki koivut varhaisperataan pois. Myöhemmässä taimikonhoidossa, jossa poistetaan kantovesoja ja säädetään taimikon kasvatustiheyttä, on vielä mahdollista valita uudelleen kasvamaan jäävät koivut, jos varhaisperkauksessa valitut koivut ovat etukasvuissa, huonolaatuisia tai eivät muuten sovellu kasvatettaviksi puiksi. Puhtaiden kuusentaimikoiden taimikonhoitoon suositeltu kaksivaiheinen taimikonhoito soveltuu siten myös kuusi-koivusekapuustojen perustamiseen, sillä muutoksella, että kaikkia koivuja ei tule perata varhaisperkauksessa pois.

Konekitettyjen istutuskuusikoiden myöhemmästä rakenteesta tehtyjen analyysien perusteella kitkennässä jää kasvamaan sekapuustoksi soveltuvia koivuja (Saksa ym. 2023). Motti-simulointien mukaan koivut kehittyvät kuusten kanssa samassa latvuserroksessa ja ensiharvennusvaiheessa koivun osuus puuston kokonaistilavuudesta on noin 10 %. Tulosten mukaan konekitkennän oikealla kohdevalinnalla ja ajoituksella

(kuuset vähän yli metrisiä) menetelmä soveltuu ainoaksi taimikonhoidoksi kuusen istutustaimikoissa. Konekitettyjen kuusikoiden ensiharvennuksessa on mahdollista ylläpitää sekapuustoisuutta.

Luontaisesti syntyvän lehtipuuston määrää tarkasteltiin SEKAVA-kokeilla. Kolmen ensimmäisen kasvukauden aikana luontaisesti syntyvien koivujen määrää vähensi alhainen kasvupaikan viljavuus (MT ja VT < OMT sekä maaperän korkea hiili-typpisuhde), karkea maalaji sekä yllättäen alhainen lehtipuuston osuus päätehakkuupuustossa, erityisesti OMT-kasvupaikalla. Lehtipuun taimien kokonaismäärää kolme vuotta uudistamisesta selitti kasvupaikka, maaperän hiili-typpisuhde ja lehtipuuston osuus päätehakkuupuustossa.

Metsäkeskuksen nuorten taimikoiden (ikä ≤ 10 v) inventointikoeala-aineistolla tarkasteltiin lehtipuiden tiheyttä ja keskipituutta sekä havupuiden ja lehtipuiden pituuksien suhdetta sellaisten tekijöiden avulla, joiden oletettiin vaikuttavan taimikonhoitotarpeeseen. Lehtipuiden runkoluku kasvoi taimikossa kuuden vuoden ikään saakka, jonka jälkeen lehtipuiden runkoluku väheni. Lehtipuiden määrä kasvoi kosteusindeksin arvon kasvaessa. Kasvupaikalla (kangas/turvemaa ja kasvupaikkatyyppi) oli merkittävä vaikutus lehtipuiden määrään sekä havupuiden ja lehtipuiden pituussuhteeseen. Havupuiden pituus kehittyi aluksi hitaammin kuin lehtipuiden, mutta pian havupuiden pituuskasvu saavuttaa lehtipuiden pituuskasvun. Tämän seurauksena havupuiden ja lehtipuiden pituuksien suhde kasvaa taimikon ikääntyessä; MT-kasvupaikalla 3 vuoden iällä suhde on noin 0,4 ja 6 vuoden iällä noin 0,8. Koska tehdyistä varhaisperkauksista ei ollut tietoa, niin sen vaikutusta ei voitu ottaa tarkastelussa huomioon. Tehtyjen varhaisperkauksien vaikutus näkyy aineistossa siten, että havupuiden keskipituus ylittää lehtipuiden keskipituuden (ts. suhde > 1) noin 10 vuoden iällä.

Aikaisempien tutkimuksien ja tässä hankkeessa saatujen tulosten mukaan taimikonhoidon tarvetta ja ajoitusta (Miina ym. 2018, Scand. J. For. Res.; Siipilehto 2021 ja 2022, Metsätieteen aikakauskirja; Savolainen, Sami 2022; pro gradu -työ Itä-Suomen yliopisto) tai työajanmenekkiä (Uotila ym. 2020, Silva Fennica) on mahdollista kuvata ilman maastokäyntiä taimikkoa, kasvupaikkaa ja uudistamismenetelmää kuvaavilla sekä avoimista aineistoista saatavilla tunnuksilla. Olemassa olevien mallien ennusteisiin liittyy kuitenkin suurta epävarmuutta, joten mallit eivät vielä sovellu operatiiviseen taimikonhoidon suunnitteluun. Kaukokartoitusperusteisten menetelmien hyödyntämisellä voidaan lisätä ennusteiden tarkkuutta (Rana ym. 2023; Can. J. For. Res.).

Tehtävä 4.2. Demonstraatiokohteet ja koulutus sekametsien luomiseksi taimikonhoitovaiheessa

Punkaharjun tutkimusmetsään Laukansaassa perustettiin kolme havaintokohtetta: vähemmän käytettyjen puulajien ja pääpuulajien sekametsien uudistamiskohteet sekä kuusentaimikon taimikonhoitokohteet sekametsän perustamiseksi. Havaintokohteet ja niiden perustaminen on kuvattu Luken [Kehityshyppy metsänhoitoon](#) -sivuston [Havaintokohteet](#)-osiossa (kohteet 11–13). Havaintokohteille tullaan laatimaan myös infotaulut yhteistyössä Etelä-Savon metsien kokonaiskestävä käsittely – tutkimuksesta työkaluja (ESKO) -hankkeen kanssa. Kohteille sijoitettavilla tauluilla kerrotaan puulajivalikoiman monipuolistamisen tavoitteista. Kehityshyppy metsänhoitoon -sivuston [Metsänhoitotieto](#)-osioon on päivitetty hankkeen tuottamaa uutta tietoa.

Havaintokohteita on käytetty hankkeen koulutuksessa yhteistyökumppaniretkiä sekä hankeviestinnässä (MTV- uutiset kesällä 2023). Havaintokohteita voidaan käyttää hankkeen jälkeen monissa koulutus- ja viestintätarkoituksissa ja lisäksi ne ovat osa Punkaharjun tutkimusmetsää, joka on suosittu ulkoilualue.

Tehtävässä 4 saavutettiin suurelta osin hankesuunnitelmassa asetetut tavoitteet. Kaksivaiheinen taimikonhoito (varhaisperkaus ja myöhempi taimikonhoito) soveltuu kuusi-koivusekametsien perustamiseen ja kasvatukseen. Istutuskuusikoihin jätetään jo varhaisperkausvaiheessa luontaisia koivuja niin, että turvataan sekametsän perustaminen. Koska kaikki istutuskuusikot eivät ole hyväkasvuisia ja kuusia haittavan lehtipuuston syntymistä on vaikea ennustaa, yksivaiheisen taimikonhoidon kohteiden tunnistaminen ilman

maastokäyntiä ei ole luotettavaa. Mänty-kuusisekataimikoiden hoidossa on otettava huomioon männyn laatukehitys niin, että havupuutaimikon harvennus ajoitetaan myöhemmäksi kuin kuusikon. Punkaharjun tutkimusmetsän havaintokohteet ja niiden perustaminen on dokumentoitu myös Kehityshyppy metsänhoitoon -sivustolla, joten niitä voidaan hyödyntää sekä etä- että lähikoulutuksessa. Sekametsien perustaminen puhtaiden kuusikoiden sijaan ja puulajivalikoiman monipuolistaminen vastaa hyvin rahoitusohjelman vaatimuksiin metsätalouden ilmastokestävyyden ja monimuotoisuuden parantamisesta.

TP 5: Tiedon jalkauttaminen käytäntöön

Luken ja Metsäkeskuksen yhteisessä työpaketissa toteutettiin hankkeessa laadittua viestintäsuunnitelmaa sekä huolehdittiin tulosten käytäntöön viennistä ja sidosryhmäyhteistyöstä. Työpaketti sisälsi myös hankehallintoon kuluneen työajan ja sen puitteissa laadittiin hankkeen väliraportit sekä loppuraportti. Yksityiskohtaiset listat työpaketissa laadituista julkaisuista, pidetyistä esityksistä ja annetuista haastatteluista löytyvät kohdista 2.4 Raportointi, julkaisu ja seuranta sekä 3.2 Tulosten vieminen käytäntöön.

Työpaketti järjesti myös hankkeen kaksi loppuwebinaaria: Tuloksia vähemmän käytettyjen puulajien siemen- ja taimituotannon tutkimuksesta (29.10.2024) sekä Puulajikirjon lisääminen uudistamisessa ja sekametsien taimikonhoito (31.10.2024). Webinaareihin ilmoittautui 157 henkilöä ja linjoilla oli vaihdellen 74–95 henkilöä. Webinaarien palautekyselyn mukaan tilaisuuksiin oltiin hyvin tyytyväisiä (58 % vastaajista antoi tilaisuudelle korkeimman arvosanan, loput toiseksi korkeimman). Avoimien palautteiden perusteella hyvänä pidettiin tilaisuuden jakamista kahteen osaan ja esitysten hyvä valmistelu sekä metsänomistajan videopuheenvuoro saivat erityistä kiitosta.

Työpaketti vastasi hyvin hankkeen omaan tavoitteeseen jalkauttaa käytäntöön toimintatavat ja menetelmät, jotka monipuolistavat siemen- ja taimituotannon puulajivalikoimaa ja tuottavat sekapuustoisia nuoria metsiä. Työpaketti vastasi myös rahoitusinstrumentin ja hiilestä kiinni -kokonaisuuden metsätalouden monipuolistamista koskeviin tavoitteisiin.

3.2. Tulosten vieminen käytäntöön

Puulajivalinnan monipuolistamisesta uudistamisvaiheessa sekä sekametsien taimikonhoidosta on viestitty mediahaastatteluissa, seminaariesityksissä, blogeissa ja tieteellisissä julkaisuissa sekä havaintokohteilla maastossa. Hankkeen tulokset ovat tukeneet Metsähoitosuosituksen laadintaa sekametsien perustamiseksi uudistamis- ja taimikonhoitovaiheessa.

Hankkeessa pyrittiin tavoittamaan erilaisia kohderyhmiä hyödyntämällä monia viestintäkanavia. Metsäalan tilaisuuksissa pidettyjen kutsuesitysten ja -puheenvuorojen lisäksi osallistuttiin tieteellisiin konferensseihin, mikä vastasi kansainväliseen tiedontarpeeseen aiheesta. Hankkeen etenemisestä ja tuloksista viestittiin sosiaalisessa mediassa (X, LinkedIn), Luken Kehityshyppy metsänhoitoon -sivustolla sekä Metsäkeskuksen Metsään-lehdessä. YouTubessa julkaistut animaatiovideot on kohdistettu metsänomistajille ja suurelle yleisölle. Hankkeessa otettiin huomioon ruotsinkielinen yleisö tuottamalla ruotsinkielinen blogiteksti, laatimalla ruotsinkieliset tekstitykset hankkeessa teetettyihin animaatiovideoihin sekä antamalla haastattelu ruotsinkieliseen mediaan.

Työpaketti 1:sen tuloksia voivat hyödyntää esimerkiksi metsätaimiharhat kehittäessään vähemmän käytettyjen puulajien taimituotantoa. Samoin tuotettu tieto kukintojen paleltumisherkkyydestä ja topografian vaikutuksista siemenviljelyksen lämpöoloihin on hyödynnettävissä mahdollisia uusia siemenviljelysten perustamisohjeita laadittaessa ja saman työpaketin populaatiogeneettisiä tarkasteluja voidaan käyttää yritysten siemenkeruupäätöksissä.

Työpaketissa 2 kehitetyt asiat mahdollistavat sekaviljelyehdotusten simuloinnin, toteutuneiden uudistamistöiden raportoinnin Metsään.fi:stä metsänomistajan toimesta, sekä sekaviljelyehdotusten ennustepuustojen tarkemman simuloinnin uusilla kasvumalleilla ja Metsäkeskukseen ilmoitettujen sekaviljelykohteiden ilmoituspuuston tarkemman kasvunlaskennan. Hankkeessa rikastettiin metsävarahilan tietosisältöä tuomalla kosteusindeksitieto hilalle. Tieto on kaikkien saavutettavissa, koska hilatieto on avoimesti jakelussa asiakkaille Metsäkeskus.fi sivuston kautta.

Työpakettien 3 ja 4 tulokset ja niissä luodut käytänteet ovat metsäpalvelu- ja -talousyritysten hyödynnettävissä niiden palvelutarjonnassa. Metsänomistajat hyödyntävät Metsänhoidon suosituksia, joiden päivityksessä (mm. sekametsien metsänhoito) tämän hankkeen tuloksia käytettiin.

Kokonaisuutena hankkeen tulosten käytäntöön vienti tukee Suomen kestävän kasvun ohjelman tavoitteita ilmastokestävyyttä ja luonnon monimuotoisuutta turvaavien metsänhoidon ja -käsittelyn menetelmien käyttöönotosta sekä Hiilestä kiinni -kehittämishankkeiden tavoitteisiin ilmastonmuutokseen sopeutumisesta ja tätä tukevan tiedon käyttöönotosta.

Hankkeessa annettiin seuraavat haastattelut:

Riikonen, J. Ilmastonmuutos edistää ja haastaa suomalaisten puiden kasvua. Maaseudun tulevaisuus 4.11.2024.

Himanen, K. Metsänomistaja haluaa vanhasta laidunmaasta lehdon sekä kainalojuttu Kalliit taimet jarruttavat tammen yleistymistä. Maaseudun tulevaisuus 28.10.2024.

Himanen, K. Hurja omenasato ei ollut ainoa laatuaan: nyt puut puskevat hiki hatussa pihlajanmarjoja ja tammenterhoja. Yle, 09.10.2024.

Huuskonen, S. Metsän resilienssi: Lisää lajikirjoa, ei kuusta kuivuuteen. Keitele & Metsä 23.9.2024

Huuskonen, S. Viidakko vastassa – Oletko valmis kohtaamaan supervesakon? Metsälehti 23.9.2024

Huuskonen, S. Sekametsän kasvatukseen uusia oppeja. Maatilan Pellervo 23.8.2024

Luoto, M. Lehtikuusta tuhoherkän kuusen sijasta – metsänomistaja varautuu ilmastonmuutokseen - Metsäänlehti. 9.7.2024.

Huuskonen, S. Hyvä metsänhoito on aikansa peili. Metsälehti 10/2024. 23.5.2024

Himanen, K. Metsänomistajien kannattaisi istuttaa enemmän vaahteraa ja tammea, tutkija sanoo – nykyinen linja on riskialtis. Ylen verkkosivut. 8.5.2024

Himanen, K. Tahkolla vallitsee suorainen kuusikoiden kolmiodraama. Savon Sanomat. 17.5.2024

Himanen, K. Yle Häme, tv- ja radiouutiset. 7.5.2024

Miina, J. Mikrokuviointia uudistusaloille. Luonnon Varassa -ammattilehti. 18.3.2024

Himanen, K. Kristallipallossa kaupunkimetsien tulevaisuus. Viherympäristö-lehti 1/2024. 4.3.2024

Huuskonen, S. Lisää sekametsiä. Metsänomistajat 1/2024. Saija Huuskonen 1.3.2024.

Himanen, K. Vaaran merkit. Iltalehti, 20.12.2023

Miina, J. Totta ja tarua metsänhoidosta. Metsälehti, 08.12.2023

Huuskonen, S. & Miina, J. Sekametsät mullistavat varhaisoidon. Metsälehti, 24.11.2023

Huuskonen, S. Viljelytiheydet valinkauhassa, toimijat vähentämässä kuusen istutusta. Metsälehti, 17.11.2023

Huuskonen, S. Sekametsä on halpa vakuutus. Metsä Groupin viesti, 08.11.2023

Kiljunen, N. & Paananen, R. Haastattelu vieraampien puulajien viljelystä Metsälehti Makasiinin numeroon 7/2023.

Himanen, K. Onko tulevaisuus tammen? Metsälehti, 27.10.2023

Huuskonen, S. MT-kysely: Valtaosa metsänomistajista haluaa lisätä sekametsien kasvatusta. Maaseudun Tulevaisuus, 16.10.2023

Himanen, K. Gott om förädlat vårtbjörk i Finland. Tidningen Skogsbruket, 15.9.2023.

Himanen, K. Edullisempia tamentaimia. Metsälehti, 15.9.2023

Miina, J. Metsätuhot: Onko Suomi Saksan tiellä? Tulevaisuuteen varaudutaan parhaiten hyvän metsänhoidon ohjeilla ja sekapuustoisuutta suosimalla. Keitele & Metsä, 11.9.2023

Huuskonen, S. & Uotila, K. Vanhat ohjeet romkoppaan – Sekametsän luominen on aloitettava jo varhaisperkauksessa. Metsälehti, 31.8.2023

Himanen, K. & Miina, J. Suomalaiseen metsänhoitoon tulossa iso mullistus – edessä on siirtyminen sekametsien kasvatukseen. MTV Uutiset, 21.8.2023

Miina, J. Raivaamaan. Sekametsä luodaan taimikonhoidossa. Metsälehti, 16.8.2023

Miina, J. Kuusen kaveriksi leppää ja lehmusta. Metsälehti, 7.7.2023

Himanen, K. & Luoranen, J. Tulevaisuuden metsät. Maaseudun tulevaisuus, 30.6.2023

Huuskonen, S. Hirvet napsivat suihin metsien monimuotoisuuden. Maaseudun Tulevaisuus, 10.3.2023

Miina, J. Miten saan parhaan tuoton vuonna 2083? Metsälehti, 2.3.2023

Luoranen, J. & Huuskonen, S. Moni taimi menetetään jo ennen istutusta. Metsälehti, 17.2.2023

Himanen, K. Puulajien ABC: Rauduskoivu. Terve Metsä, Stora Enson asiakaslehti. <https://www.storaensometsa.fi/puulajien-abc-rauduskoivu/>

Huuskonen, S. Metsien ilmastokestävyys voisi parantua, jos sekapuustoisuutta lisättäisiin – silti myös sekametsien kasvatukseen liittyy riskejä. Aarre, 27.1.2023

Himanen, K. & Heiskanen, J. Puuntaimet saattavat siirtyä sammalpedille. MT Metsä Numero 1/2023: 12-13.

Huuskonen, S.: Kaikki lehtipuu pois – vai eikö sittenkään? MHY-lehti, 12.12.2022

Huuskonen, S.: Sekapuustoa sinne, minne ennen kuusta. Metsälehti, 24.11.2022

Huuskonen, S.: Ensiharvennus – vaikea mutta välttämätön. Metsälehti, 13.10.2022

Miina, J.: Kasvupaikat - Kuusta, koivua tai jalompaa. Metsälehti, 30.9.2022

Luoranen, J. & Miina, J. Metsälehti 15/2022. Pelk(k)ää kuusta. 1.9.2022

Miina, J.: Kasvupaikat - Kasvupaikoista yleisin. Metsälehti, 18.8.2022

Miina, J.: Kasvupaikat - Varuistaan tunnettu. Metsälehti, 10.6.2022

Hankkeessa pidettiin seuraavat esitykset

Hynynen, J. & Huuskonen, S. Miten lisätä metsien elinvoimaa, kestävyyttä ja kasvua. Metsäpäivät 24.10.2024

Himanen, K. Ilmasto muuttuu, kuinka valita sopivat taimet? Teollisuuden metsänhoitajien retkeily, Joroinen 22.8.2024 sekä webinaari UPM Metsälle 24.9.2024

Himanen, K. PUUVA-hankkeen tuloksia vähemmän käytettyjen puulajien siemenkysymyksistä. Metsänjalostuksen ja siementuotannon neuvottelukunta 27.8.2024.

Huuskonen, S. Sekametsien perustaminen ja kasvatusta osana ilmastokestävää metsätaloutta – tutkijan puheenvuoro. Metsänhoidon suositukset webinaari. 27.8.2024

Himanen, K. Metsälehmus. Metsälehmus-päivä. Ilomantsi 21.8.2024.

George, J-P. Ex situ conservation units for underutilized tree species: prospects and obstacles for providing genetically diverse forest reproductive material. NordGen Forest conference Rovaniemi 18.9.2024.

Männistö, L. Analyzing spatial distribution of crop trees in spruce-birch mixed stands before precommercial thinning. IUFRO Word Congress 2024

Himanen, K. Leino, K., Hytönen, T. & Ylioja, T. *Cydia inquinatana* as a seed pest in an *Acer platanoides* seed orchard. IUFRO Word Congress 2024 sekä NordGen metsäkonferenssi 18.9.2024.

Himanen, K. Update on the Finnish seed and nursery sector. Spring ahead! National Tree Seed Centre and Tree Nursery Technical Update. Kanada. Webinaari. 21.3.2024.

Himanen, K. Puulajivalinta muuttuvassa ilmastossa. Tulevaisuuden metsä – ilta naismetsänomistajille. Kuopio. Metsäkeskus. Kuopio, 12.3.2024.

Huuskonen, S. Sekapuustoisuuden ylläpito ja puulajivalinnat taimikonhoidossa. Metsäkeskuksen webinaari. 21.3.2024.

Huuskonen, S. Impact story II – Mixed forests. Luke CEO coffee. 5.4.2024.

Huuskonen, S. Metsien käsittelyllä lisää sekametsiä. Lapin metsätalouspäivät. 12.4.2024.

Huuskonen, S. Sekametsien kasvatusta ja ilmastonmuutos. Metsäkeskuksen webinaari: Sekametsät muuttuvassa ilmastossa 30.8.2023. <https://www.youtube.com/watch?v=63I27Tarkc>

Himanen, K. Birch seedling production in Finland. SNS course: Joining Nordic Forces for More Birch. 23.8.2023

Himanen, K. Puulajivalinta muuttuvassa ilmastossa. Kestäviä ratkaisuja metsästä ja luonnosta. Hiilineutraali Pohjois-Savo; metsäpäivä. 24.8.2023.

Himanen, K. Metsänviljelyaineiston valinta ja metsien kasvu. Metsien kasvu -webinaari, Tapio. 19.4.2023

Himanen, K., Luoto, M. & Miina, J. Metsäkeskuksen osastolla esittelemässä hankkeen toimintaa Silva-metsänäyttelyssä. Joensuu 8.–9.9.2023.

Huuskonen, S. Tarinakartta: Sekapuustoisuuden edistäminen tasaikäisessä metsässä (arcgis.com). <https://storymaps.arcgis.com/stories/de7f4aafea714bc898b1687ea767256e>

Riikonen, J. Lyhytpäiväkäsitteltyjen douglaskuusen taimien karaistuminen ja pakkaskestävyys. Metsätaimitarhapäivät 17.1.2023.

Huuskonen, S., Miina, J. & Uotila, K. Forest management regimes for mixed forests in Finland – need for new empirical data and long-term experiments. Symposium Korea IFS of KNU, 21.10.2022.

Huuskonen, S. Sekametsän kasvatus – mahdollisuudet, haasteet, riskit. Stora Enson yritysvastuukahvit, 13.10.2022.

Himanen, K. Puulajiston kirjo käyttöön. PUUVA-hankkeen esittely. Monimuotoinen metsäni - metsänomistajapäivä. Kuopio 3.9.2022.

Himanen, K. Mistä siementä vähemmän käytettyjen puiden viljelyyn? NordGenMetsä -teemapäivä: Muutostuulet metsänuudistamisessa. 1.12.2022.

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

Animaatiot ja video

Terhosta taimeksi. [Terhosta taimeksi – YouTube](#)
Sekametsän perustaminen. [Sekametsän perustaminen – YouTube](#)
Puulajivalinta. [Puulajivalinta - YouTube](#)

Huuskonen, S. Sekapuustoisuuden edistäminen tasaikäisessä metsässä. Youtube-video yhteistyössä Metsäkeskuksen kanssa. <https://youtu.be/8HA3bDvMsl8>

3.3. Tulosten merkitys ja jatkotoimenpiteet

Hankkeessa tarkasteltiin puulajeja – erityisesti tammea, tervaleppää, lehtikuusta ja douglaskuusta – joiden siemen- ja taimituotantoa sekä viljelyä on tutkittu pääpuulajeihimme verrattuna hyvin vähän. Täysin uutta tietoa saatiin mm. lehtikuusella, tammella ja douglaskuusella Suomessa esiintyvistä käpy- ja siemenhyönteislajistosta. Empiriaa tervalepän ja lehtikuusen kukintojen kuolleisuudesta ja sen syistä ei ole tehty aiemmin Suomessa ja hyvin niukasti kansainvälisestikin. Turpeen korvaaminen taimien kasvualustana on kansainvälisen kiinnostuksen kohteena ja tämä hanke tuotti täysin uutta tietoa aiheesta. Myöskään pienten taimituotantoerien kustannusrakennetta ei ole Suomessa aiemmin tarkasteltu.

Hankkeessa tehty työ mahdollistaa myös toteutuneiden uudistamistöiden raportoinnin Metsään.fi:stä metsänomistajan toimesta, sekä sekaviljelyehdotusten ennustepuustojen tarkemman simuloinnin uusilla kasvumalleilla ja Metsäkeskukseen ilmoitettujen sekaviljelykohteiden ilmoituspuuston tarkemman kasvunlaskennan. Avoimiin tietoaistoihin perustuva menetelmä sekametsien toimenpide-ehdotusten simuloimiseksi on tehty Metsäkeskuksen Lähde-järjestelmään. Lähde-järjestelmässä simuloitujen sekaviljelyehdotukset viedään avoimeen metsävaratietoon ja Metsään.fi-palveluun. Vaikka uusia tietoja ei saatu hankkeen aikana Metsäkeskuksen palveluihin, metsätietostandardin versio 2.0 tulee tukemaan tätä tietoa ja Metsään.fi kykenee näyttämään tiedot syksyn 2025 kehitystöiden jälkeen. Lähde-järjestelmään voidaan kuitenkin ottaa vastaan metsänomistajien ilmoittamia uudistamistietoja kaikenlaisista uudistamistöistä.

Hankkeessa rikastettiin metsävarahilan tietosisältöä tuomalla kosteusindeksitieto hilalle. Tieto on kaikkien saavutettavissa, koska hilatieto on avoimesti jakelussa asiakkaille Metsäkeskus.fi sivuston kautta. Hankkeessa tehty työ myös mahdollistaa toteutuneiden uudistamistöiden raportoinnin Metsään.fi:stä metsänomistajan toimesta, sekä sekaviljelyehtotusten ennustepuustojen tarkemman simuloinnin uusilla kasvumalleilla ja Metsäkeskukseen ilmoitettujen sekaviljelykohteiden ilmoituspuuston tarkemman kasvunlaskennan.

Avoimen paikkatiedon hyödyntäminen metsätalouden päätöksenteon tukena on lisääntynyt viime vuosina. Hankkeen käyttämä menetelmä ja siitä saadut tulokset osoittavat, että avoimen tiedon käytöllä olisi mahdollista tarkentaa uudistamispuulajin/puulajien valintaa. SEKAVA-kokeilta julkaistut tulokset perustuvat kuitenkin vasta ensimmäisen kasvukauden jälkeiseen uudistamistulokseen. Kokeet on mitattu hankkeen aikana uudelleen kolme kasvukautta uudistamisesta. Keväällä 2022 perustettujen kokeiden uusintamittaukset päättyivät lokakuussa 2024, joten uusintamittauksien aineistoja oli mahdollista analysoida vain alustavasti. Kolmen vuoden aineistot mahdollistavat puulajien uudistamistuloksen ja alkukehityksen perusteellisemmän arvioinnin. Luontaisen koivun hyödyntämisestä sekametsien perustamisessa saadaan kattavin tieto vasta sen jälkeen, kun kasvatettavat luontaiset koivut on valittu lopullisesti taimikon harvennuksessa. Kattavampi tutkimustieto mahdollistaa sekametsien onnistuneen uudistamisen ohjeistamisen ja uusien käytännön sovellusten laadinnan. Kasvupaikka- ja maalajitiedon lisäksi puulajivalintaa on mahdollista tarkentaa koko uudistamisalalla tai sen eri osissa esim. kosteusindeksillä ja päätehakkuupuuston rakenteella. Näiden tunnusten käytön mahdollisuuksia ja hyötyjä nykyisissä metsätietojärjestelmissä tulisi arvioida tarkemmin.

Sekametsien perustaminen on sekä Suomessa että kansainvälisesti pinnalla oleva aihe ilmaston muuttuessa. Hanke tuotti merkittävää käytännön metsänhoidon päätöksentekoa tukevaa tutkimustietoa. Hankkeen tutkimustulokset yhdessä aikaisemman SEKAVA-hankkeen kanssa muodostivat tutkimustietopohjan Sekametsien metsänhoito-ohjeiden päivytykselle, jota johti Tapio. Uudet metsänhoito-ohjeet sekametsille julkaistiin 27.8.2024.

Hankkeessa viestintä on ollut merkittävässä roolissa, ja hankkeen tuloksia on jalkautettu monipuolisesti käytäntöön lehtihaastatteluin, esityksin, videoin ja blogikirjoituksin jo hankkeen aikana. Rungas mediaesiintyminen kertoo myös siitä, että hanke on ollut ajankohtainen ja tuloksille on ollut tarvetta ja laajaa kysyntää. Hankkeessa laadittu viestintämateriaali (esim. animaatiovideot, verkkomateriaali), palvelee tutkimustiedon jalkauttamista myös hankkeen päättymisen jälkeen. Osa hankkeesta laadituista artikkeleista on hyväksytty julkaistaviksi, mutta ne ilmestyvät hankkeen päättymisen jälkeen. Hankkeessa kerätyistä aineistoista on lisäksi valmisteilla useampia käsikirjoituksia ja esimerkiksi tammikuussa 2025 pidettävillä metsätaitarhapäivillä tullaan pitämään esitys työpaketti 1:ssä luodusta aineistosta ammattiyleisölle.

Hankkeessa Metsäkeskuksen johdolla kerätyn maastomittausaineiston Vähemmän käytettyjen puulajien uudistamistulos -keruuseen harjoittelijana osallistunut Juho Mertanen laati aineistosta opinnäytetyön. Mertanen, Juho 2024. Metsänviljelyn onnistumisen edellytykset tammelle, tervalepälle ja lehtikuuselle. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Metsätalouden koulutus. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2024053119285>. Lukessa harjoittelijana kahtena kesänä työskennellyt Pekka Ihalainen laati työpaketti 1:n taimitutkimusaineistosta AMK-opinnäytetyön. Ihalainen P. (2024) Douglaskuusen ja tervalepän taimien kasvurytmi. AMK-opinnäytetyö. Karelia-ammattikorkeakoulu. Harri Sonninen on laatimassa kandidaatin tutkielman Itä-Suomen yliopistoon niin ikään työpaketti 1:n taimitutkimuksen aineistosta, joka käsittelee *Frankia*-ympin vaikutusta tervalepän taimiin.

Mikäli puulajivalikoimaa halutaan Suomessa monipuolistaa metsänviljelyssä, tutkimusta tarvitaan mm. siemensatojen suojaamisesta pakkasvaurioilta sekä käpytuholaisilta. Erityisesti neljänneksi viljellyin puulajimme lehtikuusi on siementuotanto-ominaisuuksiltaan hyvin haastava ja siemen on lopussa. Hankkeessa on myös tunnistettu vähemmän käytettyjen puulajien siementen hinnan suuri merkitys taimien hinnalle, erityisesti tammella. Vähemmän käytettyjen lajien metsänviljelyaineiston korkea hinta on puulajivalikoiman monipuolistamisen pullonkaula. Sidosryhmäkeskusteluissa on myös nostettu esiin se, että

vähemmän käytettyjen lajien taimien kysyntä ja tarjonta eivät aina kohtaa. Siemen- ja taimituottajat ovat motivoituneita tuottamaan aineistoa harvinaisemmillekin lajeille, mutta kysyntä vaikuttaa heikolta. Toisaalta metsänomistajakunnassa on epätietoisuutta näiden lajien saatavuudesta ja myyntikanavista ja osa kokee, ettei taimiainesta ole saatavilla.

Metsänomistajakyselyn tulosten mukaan hirvieläintuhot ovat tärkein syy viljelyn epäonnistumiselle. Tulos on linjassa sidosryhmiltä kuullun kanssa. Kuusen viljelyn väheneminen ja sille vaihtoehtoisten lajien viljelyn yleistymisen edellytys on siedettävä hirvieläintuhoriski. Tutkimusta tarvitaan mm. puulajien maistuvuuden selvittämiseksi, sillä aihetta on tutkittu verrattain vähän.