



Kestävän täsmämetsätalouden todentaminen ja menetelmät -hankkeen loppuraportti





KESTÄVÄN TÄSMÄMETSÄTALouden TODENTAMINEN JA MENETELMÄT –HANKKEEN LOPPURAPORTTI

Teksti ja sisältö:

Astola Heikki (2), Hytönen Harri (1), Korva Tuomas (1),
Malinen Jukka (3), Masalin Mika (1), Melkas Timo (3),
Ovaskainen Heikki (3), Peuhkurinen Jussi (2), Riekkä Kirsi
(3), Räsänen Tapio (3), Sirro Laura (2), Tarvainen Riku (3)
ja Salojärvi Alina (1)

1 = Suomen metsäkeskus, 2 = VTT ja 3 = Metsäteho Oy

Kannen kuva:

Tuomas Korva



**Euroopan unionin
rahoittama**
NextGenerationEU

Sisällysluettelo

Kestävän täsmämetsätalouden todentaminen ja menetelmät –hankkeen

loppuraportti	2
Sisällysluettelo	3
1 Hankkeen esittely	4
1.1 Perustiedot hankkeesta	4
1.2 Hankkeen tavoitteet	4
1.3 Yhteenvedo hankkeesta	5
2 Hankkeen toteutus ja toteutusvaiheen arviointi	14
2.1 Menetelmät ja aineisto	14
2.2 Aikataulut ja resurssit	16
2.3 Kustannukset ja rahoitus	16
2.4 Raportointi, julkaisut ja seuranta	18
2.5 Toteutusvaiheen arviointi	20
2.6. DNSH-kriteerien toteutuminen	22
3 Tulokset ja niiden arviointi	22
3.1 Tulosten esittely	22
TP1 Menetelmäkehitys metsän- ja luonnonhoidon sekä ilmastokestävyyden tehostamiseksi ja todentamiseksi	22
TP2: Täsmäpuunkorjuun menetelmäkehitys	31
TP3: Täsmätiedon tietotarpeet ja kehitys	38
TP:4 Menetelmien pilotointi	60
TP:5 Viestintä	63
Liitteet	67

1 Hankkeen esittely

1.1 Perustiedot hankkeesta

Hankkeessa Kestävän täsmämetsätalouden todentaminen ja menetelmät (KESTOTÄSMÄ) kehitettiin, pilotoitiin ja jalkautettiin uusia menetelmiä, joilla parannetaan metsien kestävän käytön, puunkorjuun ja luonnonhoidon todentamista sekä suunnittelua. Työtä tehtiin tiiviisti viidessä toisiaan tukevassa työpaketissa, jotka kattoivat (1) menetelmäkehityksen metsän- ja luonnonhoidon sekä ilmastokestävyyden tehostamiseksi ja todentamiseksi, sekä (2) menetelmäkehityksen täsmäpuunkorjuuseen. Hankeen yhtenä osa-alueena oli myös (3) täsmätiedon tietotarpeiden kartoitus ja kehitys. Hankkeen (4) tuloksia pilotoitiin käytännön sovelluksissa, sekä (5) viestintää tehtiin monikanavaisesti ja kohdistetusti.

Hanketta toteuttivat yhdessä Suomen metsäkeskus (koordinaattori), Metsäteho Oy ja VTT. Työn tuloksena saatiin kustannustehokkaita ja käytännön toimijoita tukevia ratkaisuja tiedon keruuseen, analysointiin ja hyödyntämiseen, mikä osaltaan tukee metsien monimuotoisuuden, hiilensidonnan sekä ilmastokestävyyden kehitystä.

1.2 Hankkeen tavoitteet

Hankkeen tavoitteena oli kehittää ja ottaa käyttöön uusia menetelmiä, joilla voidaan todentaa metsien kestävyyttä, luonnonhoitoa ja puunkorjuuta entistä tarkemmin. Tavoitteena oli hyödyntää täsmämittauksen, etäluvun ja data-analytiikan mahdollisuuksia metsätalouden suunnittelussa ja päätöksenteossa sekä tehostaa puunkorjuuta siten, että ympäristöarvot ja hiilensidonta huomioidaan paremmin. Lisäksi tavoitteena oli kartoittaa eri toimijoiden tiedontarpeet, pilotoida ratkaisuja käytännössä ja varmistaa niiden soveltuvuus alan käyttöön sekä levittää tulokset laajasti kestävän metsätalouden menetelmien käyttöönoton edistämiseksi.

KESTOTÄSMÄ-hanke vastasi Suomen kestävän kasvun ohjelman RRF-metsätaloushankkeille asetettuihin tavoitteisiin kehittämällä menetelmiä, joilla voidaan parantaa ilmastokestävyyttä ja luonnon monimuotoisuutta turvaavaa metsien käsittelyä sekä edistää käytäntöjen jalkautumista alan toimijoille. Hanke vastasi myös Hiilestä kiinni -kehittämishankkeiden tavoitteisiin tukemalla ilmastokestävän metsätalouden edellytyksiä ja luomalla seurantaan perustuvia ratkaisuja hiilinielujen ja -varastojen ylläpidon, ilmastonmuutokseen sopeutumisen sekä kestävyys todentamisen tueksi.

1.3 Yhteenveto hankkeesta

KESTOTÄSMÄ-hankkeen tavoitteena oli kehittää ja pilotoida uusia menetelmiä metsien kestävyys- ja täsmämetsätalouden tukemiseksi. Hanke tähtäsi ratkaisuihin, joilla voidaan parantaa ilmastokestävyyttä, luonnon monimuotoisuutta turvaavaa metsänkäsittelyä sekä tehostaa puunkorjuuta, puunkorjuun omavalvontaa ja tarkastustoimintaa moderneja paikkatietoon ja kaukokartoitukseen perustuvia teknologioita hyödyntäen. Lisäksi hankkeessa kartoitettiin alan toimijoiden tiedontarpeita ja määriteltiin pelisääntöjä täsmämetsätalouden tiedonkeruun ja käytön tueksi.

Hankkeen toteuttajina olivat Suomen metsäkeskus, VTT ja Metsäteho. Hankkeen toteutusaika oli 2023–2025, ja se sai rahoituksensa 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.

Metsäkeskuksen osuudessa kehitettiin drone- ja maastoaineistoihin perustuvia puustotulkintoja taimikoissa, nuorissa metsissä sekä uudistusaloilla. Tulokset osoittivat, että droneaineistot soveltuvat hyvin Metsäkeskuksen tekemään tarkastustoimintaan, sekä päätöksentekoon. Lisäksi seurattiin säästöpuiden säilymistä uudistusaloilla dronetiedonkeruumenetelmällä ja todettiin, että niiden määrä pysyy vakaana ja nettotilavuus kasvaa testikohteilla. Metsäkeskus kehitti myös uusia ratkaisuja tarkastustiedon, sekä niillä kerättyjen luontotietojen esittämiseen Metsään.fi-palvelussa sekä pilotoi maastolaserkeilauksen mahdollisuuksia metsä- ja luontotiedon keruuseen. Metsäkeskuksessa kehitettiin myös menetelmiä, joilla voidaan tunnistaa ja seurata hakkuissa säästettyjä kohteita, kuten säästöpuita ja vesistöjen suojavyöhykkeitä, hyödyntämällä kaukokartoitusaineistoja sekä digitaalisesti kerättyjä tarkastusaineistoja (esim. dronekuvaukset). Hankkeessa pilotoitiin myös satelliittiaineistojen kasvillisuusindeksi-arvojen avulla tehtävää tarkastuskohdevalintaa. Tavoitteena oli löytää rahoitusehtojen vastaisia metka nuoren metsän hoidon kohteita, joilla ilmoitettua työtä ei ollut tehty tai tehty työ oli vähäistä. Valikoidut kohteet tarkastettiin maastossa ja onnistuneen pilotoinnin myötä menetelmä siirtyy pysyväksi käytännöksi Metsäkeskuksen tarkastustoiminnassa.

VTT vastasi satelliittiaineistoihin perustuvasta menetelmäkehityksestä. Hankkeen käyttöön saatiin Euroopan avaruusjärjestön (ESA) Third Party Missions (TPM) -ohjelman kautta laaja kokoelma erittäin korkean erotuskyvyn satelliittikuvia. Aineistona käytettiin myös Maanmittauslaitoksen tiheää laserkeilausaineistoa ja laserkeilausaineistosta laskettuja latvusmalleja. Niiden avulla kehitettiin

koneoppimiseen perustuva menetelmä säästöpuiden ja muun puuston seurantaan. Testitulokset osoittivat, että satelliittikuvien avulla voidaan luokitella puiden latvuksia ja varjoja ja seurata säästöpuiden säilymistä, vaikka mallin opetusaineistona käytetyn laserkeilausaineiston ja tarkasteluhetken satelliittikuvan välinen aika olisi useita vuosia. Vertaamalla satelliittikuvalta tehtyä luokitusta ja laserkeilausaineistosta laskettua alkutilanteen puustokarttaa voidaan tunnistaa puustossa tapahtuneita muutoksia puuryhmän tai jopa yksittäisen puun tasolla. Menetelmä parantaa mahdollisuuksia seurata erityisesti säästettyjen puiden kehitystä kustannustehokkaasti ja säännöllisesti laserkeilauskierrosten välisenä aikana.

Satelliittiaineistoja hyödyntävässä osuudessa kehitettiin lisäksi metsikkökuvioiden pitkän aikavälin seurantamenetelmä. Menetelmä perustuu Sentinel-2 ja Landsat -satelliittikuva-aikasarjojen analyysiin. Menetelmäkehityksessä käytettiin avointen aineistojen lisäksi PlanetScope-satelliittikuvia, jotka saatiin hankkeen käyttöön ESA:n TPM-ohjelman kautta. Menetelmä tuottaa vuosittaisen sovitettua arvoa (sovitussindikaattorin) sekä muutoksen voimakkuutta ja suuntaa kuvaavaa suuren (muutosindikaattorin). Indikaattorien vertailu testialueen (Ylivieska) metsänkäyttö- ja kemera-ilmoituksiin osoitti, että avohakkuut, ensiharvennukset ja taimikon varhaishoidot ja niiden ajankohdat on mahdollista tunnistaa kehitetyn menetelmän avulla.

Metsätehon osuudessa keskityttiin täsmäpuunkorjuun menetelmäkehitykseen, täsmämetsätalouden tietotarpeiden kartoitukseen sekä täsmätiedon kehitystiekarttaan.

Työssä kehitettiin ajourasuunnittelutyökalu puunkorjuun suunnittelun tueksi ja analysointiin sen toimivuutta vertailemalla suunnitelmia käytännössä toteutuneisiin ajourastoihin. Lisäksi kehitettiin menetelmiä harvennusvoimakkuuden seurantaan omavalvontana ja laadunhallintaan hakkuukonedatan avulla. Uusi tarkkuuspaikannusteknologia mahdollistaa entistä luotettavamman omavalvonnan ja harvennuksen ohjauksen. Ajouraverkostojen tiheyttä analysoitiin laajasti, ja tulokset osoittivat, että ylitieheä verkosto johtuu yleensä kohteen ominaisuuksista, ei niinkään kuljettajan toiminnasta.

Tietotarpeiden kartoituksessa muodostettiin kokonaiskuva täsmämetsätalouden tukiaineistoista ja niiden kehittämistarpeista. Työssä laadittiin täsmätiedon kehitystiekartta, joka ohjaa jatkossa tutkimusta, tiedonkeruuta ja tietojärjestelmien kehittämistä. Kartoitus toi esiin erityisesti täsmäpuunkorjuun ja luonnonhoidon suunnittelun ja seurannan tietotarpeet, mutta myös laajemmin metsätalouden ja metsävaratiedon hyödyntämisen kysymykset.

Hankkeen viestintä toteutettiin suunnitelmallisesti ja monikanavaisesti yhteistyössä hankekumppaneiden kanssa, ja sen tavoitteena oli lisätä vaikuttavuutta sekä jalkauttaa täsmämetsätalouden menetelmiä käytäntöön. Hankkeelle perustettiin verkkosivut ja laadittiin yhteinen viestintäsuunnitelma, jonka mukaisesti viestintää tehtiin muun muassa tiedottein, julkaisuina, sosiaalisessa mediassa sekä asiantuntijaverkostoissa. Tuloksia esiteltiin alan tilaisuuksissa, ja erityisesti elokuussa 2025 järjestetyssä seminaarissa sekä syyskuun webinaarisarjassa, jotka tavoittivat metsätalouden toimijat ja maanomistajat.

Viestinnässä hanke nosti täsmämetsätalouden ja kestävän metsien käytön teemoja esille monipuolisin keinoin. Hankkeelle perustettiin omat verkkosivut partneriorganisaatioihin, sekä laadittiin yhteinen viestintäsuunnitelma. Viestintää on tehty lisäksi mediatiedottein sekä vertaisarvioitujen ja vertaisarvioimattomien julkaisujen kautta. Hankkeen tuloksia on esitelty esimerkiksi Location Innovation Hubin metsäverkostossa, sekä muissa asianmukaisissa tilaisuuksissa, joissa kohdeyleisö on ollut paikalla. Hanke järjesti elokuussa 2025 seminaarin, jossa esiteltiin sen keskeiset tulokset metsäalan toimijoille, joilla on rooli menetelmien jalkauttamisessa. Lisäksi tuloksia jaettiin syyskuussa 2025 kolmiosaisessa webinaarisarjassa toimijoille sekä maanomistajille suunnatussa Monitavoitteiseksi täsmämetsätalouden osaajaksi etänä -hankkeen maastopäivässä ja webinaarissa.

Hankkeen tulokset osoittavat, että paikkatietoon ja kaukokartoitukseen perustuvat ratkaisut tarjoavat uusia mahdollisuuksia metsien hoidon ja käytön tarkkuuden, kustannustehokkuuden ja läpinäkyvyyden lisäämiseen. Drone- ja satelliittiaineistot täydentävät ja ovat kustannustehokas vaihtoehto perinteiselle maastossa tehtävälle mittaamiselle, ja hakkuukonedatan analytiikka avaa väyliä entistä parempaan omavalvontaan ja laadunhallintaan. Tulokset tukevat siirtymää kohti ilmastokestävää ja luonnon monimuotoisuutta turvaavaa metsätaloutta sekä luovat perustaa uusille käytännön sovelluksille.

Sammandrag

Syftet med projektet KESTOTÄSMÄ var att utveckla och pilottesta nya metoder för att stödja hållbarhet i skogsbruket och precisionsskogsbruk. Projektet strävade efter lösningar som förbättrar klimatresiliens, naturvårdande skogshantering, egenkontroll vid avverkning och inspektionsverksamhet samt effektiviserar virkesuttag genom att utnyttja modern teknik baserad på geodata och fjärranalys. Dessutom kartlades informationsbehovet hos aktörer inom branschen och det definierades spelregler för insamling och användning av data inom precisionsskogsbruk.

Projektet genomfördes av Finlands skogscentral, VTT och Metsäteho.

Genomförandetiden var 2023–2025 och projektet finansierades av Finlands program för hållbar tillväxt samt EU:s engångsverktyg för återhämtning (Next Generation EU), särskilt dess återhämtnings- och resiliensfacilitet (RRF). Projektet var en del av jord- och skogsbruksministeriets åtgärdshelhet "Hiilestä kiinni".

Inom skogscentralens del utvecklades tolkningar av trädbestånd baserat på drönar- och fältdata i plantskogar, unga skogar och förnyelseområden. Resultaten visade att drönardata lämpar sig väl för skogscentralens granskningsverksamhet och beslutsfattande. Dessutom följdes bevarandet av sparträd i förnyelseområden med hjälp av drönarbaserad datainsamling, och det konstaterades att antalet sparträd förblev stabilt och nettovolymen ökade på testområdena. Skogscentralen utvecklade också nya lösningar för att presentera granskningsdata och naturinformation i tjänsten Metsään.fi samt pilottestade möjligheterna med markbaserad laserskanning för insamling av skogs- och naturdata. Metoder utvecklades också för att identifiera och följa objekt som sparats vid avverkning, såsom sparträd och skyddszoner vid vattendrag, genom att utnyttja fjärranalysdata och digitalt insamlade granskningsdata (t.ex. drönarbilder). Projektet pilottestade även urval av granskningsobjekt med hjälp av vegetationsindexvärden från satellitdata. Målet var att hitta metka-objekt för vård av ung skog som inte uppfyllde finansieringsvillkoren, där det anmälda arbetet inte hade utförts eller endast utförts i liten omfattning. De utvalda objekten inspekterades i fält, och efter en lyckad pilot har metoden tagits i permanent bruk inom skogscentralens granskningsverksamhet.

VTT ansvarade för metodutveckling baserad på satellitdata. Genom ESA:s Third Party Missions-program fick projektet tillgång till ett omfattande material av satellitbilder med mycket hög upplösning. Material från Lantmäteriverkets laserskanning och krontäckningsmodeller beräknade från dessa användes också. Med hjälp av dessa utvecklades en metod baserad på maskininlärning för att följa antalet sparträd och övrigt trädbestånd. Testresultaten visade att det är möjligt att

klassificera trädkronor och skuggor samt följa sparträdens bevarande med satellitbilder, även om tiden mellan laserskanningsdata och satellitbilden är flera år. Genom att jämföra klassificering från satellitbilden med trädkartan från laserskanningsdata kan förändringar i trädbeståndet identifieras på grupp- eller individnivå. Metoden förbättrar möjligheterna att följa utvecklingen av sparade träd kostnadseffektivt och regelbundet mellan laserskanningsomgångar.

Inom satellitdatautnyttjandet utvecklades även en metod för långsiktig uppföljning av skogsbestånd. Metoden baseras på analys av tidsserier från Sentinel-2 och Landsat-satellitbilder. Förutom öppen data användes PlanetScope-satellitbilder som erhöles via ESA:s TPM-program. Metoden producerar ett årligt anpassat värde (anpassningsindikator) samt ett mått på förändringens styrka och riktning (förändringsindikator). Jämförelse med skogsanvändnings- och kameraanmälningar i testområdet (Ylivieska) visade att kalhyggen, första gallringar och tidig plantskogsvård samt deras tidpunkter kan identifieras med den utvecklade metoden.

Metsätehos del fokuserade på metodutveckling för precisionsvirkesuttag, kartläggning av informationsbehov inom precisionsskogsbruk samt en utvecklingsfärdplan för precisionsdata.

Arbetet resulterade i ett verktyg för planering av körstråk vid virkesuttag, vars funktionalitet analyserades genom att jämföra planerade stråk med faktiskt genomförda. Metoder utvecklades också för att följa gallringsstyrka som egenkontroll och kvalitetsstyrning med hjälp av data från skogsmaskiner. Ny teknik för precisionspositionering möjliggör mer tillförlitlig egenkontroll och styrning av gallring. Körstråksnätverkens täthet analyserades brett, och resultaten visade att överdriven täthet oftast beror på objektets egenskaper snarare än förarens agerande.

Kartläggningen av informationsbehov gav en helhetsbild av stödmaterial för precisionsskogsbruk och dess utvecklingsbehov. En utvecklingsfärdplan för precisionsdata utarbetades, som i framtiden styr forskning, datainsamling och utveckling av informationssystem. Kartläggningen lyfte särskilt fram informationsbehov inom planering och uppföljning av precisionsvirkesuttag och naturvård, men även bredare frågor kring utnyttjande av skogsbruk och skogsresursdata.

Projektets kommunikation genomfördes planerat och via flera kanaler i samarbete med projektpartner, med målet att öka genomslaget och implementera metoder för precisionsskogsbruk i praktiken. Projektet fick en egen webbplats och en gemensam kommunikationsplan utarbetades, enligt vilken kommunikation skedde

via bland annat pressmeddelanden, publikationer, sociala medier och expertnätverk. Resultaten presenterades vid branschevenemang, särskilt vid seminariet i augusti 2025 och webinarieserien i september, som nådde skogsbruksaktörer och markägare.

I kommunikationen lyfte projektet fram teman kring precisionsskogsbruk och hållbar användning av skogar på mångsidiga sätt. Projektet fick egna webbplatser hos partnerorganisationer och en gemensam kommunikationsplan utarbetades. Kommunikation skedde även via pressmeddelanden samt genom både granskade och ogranskade publikationer. Projektresultaten har presenterats exempelvis i Location Innovation Hub:s skogsnätverk och andra relevanta evenemang med målgruppen närvarande. Projektet organiserade ett seminarium i augusti 2025 där centrala resultat presenterades för aktörer inom skogssektorn med roll i metodimplementering. Resultaten delades också i en tredelad webinarieserie i september 2025, samt i fält- och webinarieevenemanget "Monitavoitteeseksi täsmämetsätälouden osaajaksi etänä", riktat till aktörer och markägare.

Projektets resultat visar att lösningar baserade på geodata och fjärranalys erbjuder nya möjligheter att öka precision, kostnadseffektivitet och transparens i användningen- och vården av skog. Drönar- och satellitdata kompletterar och är ett kostnadseffektivt alternativ till traditionell fältmätning medan analys av skogsmaskinsdata öppnar möjligheter till ännu bättre egenkontroll och kvalitetsstyrning. Resultaten stöder övergången till klimatresilient och naturvårdande skogsbruk samt skapar grund för nya praktiska tillämpningar.

Summary

The goal of the KESTOTÄSMÄ project was to develop and pilot new methods to support forest sustainability and precision forestry. The project aimed to create solutions that enhance climate resilience, promote biodiversity-friendly forest management, and improve timber harvesting, self-monitoring, and inspection activities by utilizing modern geospatial and remote sensing technologies. Additionally, the project mapped the information needs of stakeholders in the forestry sector and defined guidelines to support data collection and usage in precision forestry.

The project was carried out by the Finnish Forest Centre, VTT Technical Research Centre of Finland, and Metsäteho. It ran from 2023 to 2025 and was funded by Finland's Sustainable Growth Programme and the EU's one-time recovery instrument (Next Generation EU), specifically through the Recovery and Resilience Facility (RRF). The project was part of the Ministry of Agriculture and Forestry's "Hiilestä kiinni" initiative.

In the Forest Centre's part of the project, tree stand interpretations based on drone and field data were developed for seedling stands, young forests, and regeneration areas. Results showed that drone data is well-suited for inspections and decision-making by the Forest Centre. The survival of retention trees in regeneration areas was monitored using drone-based data collection, and it was found that their numbers remained stable and net volume increased at test sites. The Forest Centre also developed new solutions for presenting inspection and nature data in the Metsään.fi service and piloted the use of terrestrial laser scanning for forest and nature data collection. Methods were also developed to identify and monitor retained features during harvesting, such as retention trees and riparian buffer zones, using remote sensing and digitally collected inspection data (e.g., drone imagery). Satellite-based vegetation index values were also piloted for selecting inspection targets. The goal was to identify Metka-funded young forest management sites that did not meet funding conditions due to incomplete or insufficient work. Selected sites were inspected in the field, and the successful pilot led to the method being adopted as a permanent practice in the Forest Centre's inspection operations.

VTT was responsible for developing satellite-based methods. Through the European Space Agency's Third Party Missions (TPM) program, the project gained access to a wide collection of very high-resolution satellite images. Dense laser scanning data from the National Land Survey and canopy models derived from it

were also used. These supported the development of a machine learning-based method for monitoring retention trees and other forest stands. Test results showed that satellite imagery can be used to classify tree crowns and shadows and monitor retention tree survival, even when the time gap between the laser scanning data used for training and the satellite image is several years. By comparing satellite-based classifications with initial forest maps derived from laser scanning, changes in forest structure can be identified at the group or even individual tree level. This method improves the ability to monitor the development of retained trees cost-effectively and regularly between laser scanning cycles.

The satellite data component also developed a long-term monitoring method for forest compartments. This method is based on time series analysis of Sentinel-2 and Landsat satellite images. In addition to open data, PlanetScope satellite images obtained through ESA's TPM program were used. The method produces an annual fitted value (fitting indicator) and a metric describing the magnitude and direction of change (change indicator). Comparing these indicators with forest use and kemera notifications in the test area (Ylivieska) showed that clear-cuttings, first thinnings, and early tending of seedling stands and their timing can be identified using the developed method.

Metsäteho focused on developing precision wood harvesting methods, mapping information needs for precision forestry, and creating a roadmap for precision data development. The work included developing a strip road planning tool to support wood harvesting planning and analyzing its effectiveness by comparing plans with actual strip road networks. Methods were also developed for monitoring thinning intensity through self-monitoring and quality control using harvester data. New precision positioning technology enables more reliable self-monitoring and thinning control. Strip road network density was extensively analyzed, and results showed that overly dense networks are typically due to site characteristics rather than operator behavior.

The information needs mapping provided a comprehensive overview of support data for precision forestry and identified development needs. A roadmap for precision data development was created to guide future research, data collection, and system development. The mapping highlighted especially the data needs for planning and monitoring precision timber harvesting and nature management, as well as broader questions related to forest management and forest resource data utilization.

Project communication was carried out systematically and through multiple channels in collaboration with project partners, aiming to increase impact and

promote the practical adoption of precision forestry methods. A website was created for the project, and a joint communication plan was developed. Communication included press releases, publications, social media, and expert networks. Results were presented at industry events, particularly at a seminar in August 2025 and a webinar series in September, which reached forestry professionals and landowners.

The project's communication highlighted themes of precision forestry and sustainable forest use through diverse means. Dedicated websites were created within partner organizations, and communication was carried out via media releases and both peer-reviewed and non-peer-reviewed publications. Results were presented in forums such as the Location Innovation Hub's forest network and other relevant events with target audiences. In August 2025, the project organized a seminar to present key results to forestry stakeholders involved in method implementation. Additionally, results were shared in a three-part webinar series in September 2025 and during a field day and webinar organized by the "Monitavoitteiseksi täsmämetsätalouden osaajaksi etänä" project for stakeholders and landowners.

The project results demonstrate that geospatial and remote sensing-based solutions offer new opportunities to improve the accuracy, cost-efficiency, and transparency of forest management and use. Drone and satellite data complement and provide a cost-effective alternative to traditional field measurements, and analytics based on harvester data open new avenues for improved self-monitoring and quality control. The results support the transition toward climate-resilient and biodiversity-friendly forestry and lay the foundation for new practical applications.

2 Hankkeen toteutus ja toteutusvaiheen arviointi

2.1 Menetelmät ja aineisto

Hanke toteutettiin työpaketeissa ja edelleen niiden alaisissa tehtävissä (Taulukko 1.)

Tehtävä	Menetelmät ja aineisto	Toteutusaika
TP1 Menetelmäkehitys metsän- ja luonnonhoidon sekä ilmastokestävyyden tehostamiseksi ja todentamiseksi		
1.1 Kaukokartoitusperusteisen tulkinnan kehittäminen		
Säästettyjen alueiden tulkinta	CHM, latvusrajatut tulkintayksiköt, metsänkayttöilmoitus geometriat	03/2024–09/2025
Kasvatushakkuiden korjuujäljen valvonnan menetelmän uudistaminen	Lasekeilausaineisto 5 p, maanpintamallit, metsävarahilat, dronetiedonkeruu (lidar + rgb)	03/2024–10/2025
1.2 Metsäkeskuksen keräämän tarkastustiedon jatkojalostaminen ja analysoinnin kehittäminen		
Drone-tiedonkeruu	Drone rgb, Drone lidar, Puukarttakoealat	06/2023–08/2024
Maalasertiedonkeruu	Maalasertiedonkeruu, Puukarttakoealat	06/2024–08/2024
Metsään.fi	Järjestelmäkehitys, tarkastustietojen siirto ja käyttöliittymän rakentaminen m.fi	10/2024–10/2025
Drone-tiedonkeruu latvusten alla, Drone IR	Lennätys ja kuvaus latvusten alla ajourilla, sekä lämpökamerakuvaus	08/2025–10/2025
1.3 Säästöpuiden säilymisen seuranta erittäin korkean resoluution satelliittikuvien avulla	Koneoppiminen, erittäin korkean erotuskyvyn satelliittikuvat (Pléiades, Pléiades Neo, Worldview-2), laserkeilausaineisto, latvusmallit	03/2023–09/2025
1.4 Metsikkökuvioiden pitkän aikavälin kehityksen seuranta	Aikasarja-analyysi, Sentinel-2, Landsat ja Planetscope satelliittikuvat	03/2023–09/2025
Korkean resoluution satelliittikuvat		
Drone-tiedonkeruu (aikaisemmin dronekuvatuilta kohteilta)		
TP2: Täsmäpuunkorjuun menetelmäkehitys		
2.1 Korjuun ja ajouraston ennakkosuunnittelu	Moni-Indeksi-hankkeen tuottamat monimuotoisuusindeksikartat ajourasuunnittelun tueksi. Suomen metsäsäätiön rahoittama erillishanke.	01/2024–06/2025

	Avoimet aineistot, mm. digitaalinen korkeusmallirasteri, korjuukelpoisuusluokitus sekä ojatieto	
	Optimointi menetelmä simuloitu hehkutus, tulosten tarkastelu hakkuukoneen hpr-datan perusteella.	09/2024–09/2025
2.2 Harvennusvoimakkuuden seuranta vyöhykkeittäin ja puulajeittain	Metsätehon omana työn kerätyt puuston ja kantojen tarkkuuspaikannetut aineistot	06/2023–09/2025
	Hakkuukoneen hpr-dataa Metsätehon osakasyrityksiltä	06/2023–09/2025
2.3 Puunkorjuun ja luonnonhoidon laadunhallinnan todentaminen	Avoimet aineistot sekä hakkuukoneen hpr-data	03/2023–09/2025
	Maastotarkistukset	03/2023–06/2024
	Ajouraleveyden tulkinta ultraäänilaitteella, maastomittaukset	04/2024–09/2025
TP3: Täsmätiedon tietotarpeet ja kehitys		
3.1 Tietoaineistojen nykytilan kuvaus	Tietoaineistojen selvitys ja kuvaukset Metsätehon omana työnä, aineistojen käytön kysely metsäyhtiöille	10/2023–09/2025
3.2 Tietotarvekartoitus	Tietotarpeiden kuvaus Metsätehon työnä ja keskustelut metsäyhtiöiden kanssa	10/2023–09/2025
3.3 Toimintatavat ja pelisäännöt	Pelisääntömuutosten valmistelu ja keskustelut metsäkonetiedon pelisääntötyöryhmässä ja MMM:n toteutustiedon seurantaryhmässä	10/2024–09/2025
TP:4 Menetelmien pilotointi		
Satelliittitulokinnat tarkastuskohteiden valinnassa	NDVI kuukausittaiset maksimi-arvot (Sentinel 2), maastotarkastukset	03/2025–09/2025
TP:5 Viestintä	Viestintä esityksin sähköisesti ja erilaisia medioita ja viestintäkanavia hyödyntäen.	10/2023–10/2025

Taulukko 1. Tehtävät ja menetelmät, sekä toiminnan aikataulut.

2.2 Aikataulut ja resurssit

Hankkeen aikataulu oli 1.3.2023–30.9.2025 (31.10.2025-smk). Hankkeen kokonaisbudjetti oli 1 352 836 €, josta MMM:ltä haettu osuus oli 976 643 €

Metsäkeskuksessa projektipäällikkönä toimi koko hankkeen ajan Tuomas Korva. Metsäkeskuksessa hankkeen toteutukseen osallistui yhteensä 49 henkilöä, joista 21:llä kertyi työaika vähintään yhden työviikon verran. Metsätehossa hankkeeseen osallistui 11 henkilöä ja hankkeen projektipäällikkönä toimi Jukka Malinen. VTT:llä projektipäällikkönä toimi Laura Sirro ja hankkeeseen osallistui yhteensä 5 henkilöä.

Hanke piti tarpeen mukaan organisaatioiden tai työpakettien rajat ylittäviä Teams-palavereja ja työpakettien sisällä töitä organisoitiin tehtävien vaatimilla tavoilla etäyhteydellä ja kasvokkain. Lisäksi pidettiin koko projektiryhmän tiimipalavereita keskimäärin kerran kuukaudessa.

Ohjausryhmän kokoontui keskimäärin kaksi kertaa vuodessa koko hankkeen ajan. Hankkeen ohjausryhmä koostui seuraavista henkilöistä: Riissanen Niina (MMM), Lönnqvist Anne (VTT), Loiskekoski Maarit (YM), Jylhä Lea (MTK), Rakemaa Anna (SMK), Heikki Pajujoja (Metsäteho Oy) ja Roosa Hartikainen (Metsäteollisuus ry). Roosa Hartikaisen lisäksi Metsäteollisuus ry edustajana olivat ennen häntä Karoliina Niemi ja Jimi Rajajärvi.

2.3 Kustannukset ja rahoitus

Metsäkeskuksen hankebudjetti oli yhteensä 499 400 €, mistä MMM:n rahoitusosuus oli 100 %. Metsäkeskus käytti yhteensä 511 119 € mikä ylitti alkuperäisen budjetin 11 719 €:lla. Ylitys johtui budjetoitua suuremmasta henkilötyöpanoksesta, sekä ostopalvelujen kustannuksesta. Metsäkeskus hakee MMM:ltä yhteensä myöntöpäätöksen mukaista summaa 499 400 €. Budjetin tilanne laskettu 27.10.2025. Pieniä muutoksia voi tulla, kun kaikki lokakuun kulut kirjautuvat mukaan.

Metsäkeskus					
	2023	2024	2025	Yhteensä	Kustannusarvio
Vuosittainen palkkakustannus (€)	39 977	103 243	128102	271322	263000
Matkakulut yhteensä (€)	5 025	4 364	2789	12178	15500
- kotimaan matkat (€)	5025	4 364	3 929	13318	
- ulkomaan matka (€)					
Ostopalvelut (€) (sis alv)	31067	5 575	96446	133089	130000
Muut kustannukset yhteensä (€)	525		11468	11993	12000

- julkaisukustannukset (€)					
- tarvikkeet (€)	525		11468		
- laitteet (€)					
- yleiskustannukset (€)	11 993	30 973	38431	81397	78900
- muut mahdolliset kustannukset (€)					
Kustannus yhteensä (€)	88 587	144156	278376	511119	499400
Rahoitus yhteensä (€)	88 587	144156	278376	511119	499400
- MMM:ltä haettu osuus (€)	88587	144156	266657	499400	499400

Taulukko 2. Metsäkeskuksen Budjetti tilanne 27.10.2025

VTT hankebudjetti oli yhteensä 252 751 €, mistä MMM:n rahoitusosuus oli 70 %.

VTT käytti yhteensä 236 162 €, josta haetaan MMM:ltä yhteensä 165 314 €

VTT					
	2023	2024	2025	Yhteensä	Kustannusarvio
Vuosittainen palkkakustannus (€)	26957	41076	46 593	114626	120265
Matkakulut yhteensä (€)	0	1073	0	1073	1300
- kotimaan matkat (€)		1073		1073	1300
- ulkomaan matka (€)					
Ostopalvelut (€)					
Muut kustannukset yhteensä (€)	28492	42996	48 975	120463	131186
- julkaisukustannukset (€)				0	1700
- tarvikkeet (€)		23		23	6000
- laitteet (€)					
- yleiskustannukset (€)	26688	40665	46 128	113481	119062
- muut mahdolliset kustannukset (€)	1804	2307	2 848	6959	4424
Arvonlisävero (€)					
Kustannusarvio yhteensä (€)	55449	85145	95 568	236162	252751
Rahoitus yhteensä (€)	55449	85145	95 568	236162	252751
- MMM:ltä haettu osuus (€)	38814	59601	66 898	165313	176 900
- Oma rahoitus yhteensä (€)	16635	25543	28 670	70848	75851

Taulukko 3. VTT toteutunut budjetti

Metsätehon hankebudjetti oli yhteensä 600 685 €, mistä MMM:n rahoitusosuus oli 50 %. Metsäteho ylitti hankebudjetin ja käytti yhteensä 665 375 €. Ylitys johtui budjetoitua suuremmasta henkilötyöpanoksesta. Metsäteho hakee MMM:ltä myöntöpäätöksen mukaista summaa 300 341,50 €.

Metsäteho					
	2023	Toteuma 31.10.2024	1.11.2024– 30.4.2025	Yhteensä	Kustannusarvio
Vuosittainen palkkakustannus (€)	71747	108136	127836	307719	339957
henkilösivukulut	14590	29706	28156	72452	
Matkakulut yhteensä (€)		2601	3873	6474	9000
- kotimaan matkat (€)		2601	3873	6474	9000
- ulkomaan matka (€)					
Ostopalvelut (€)			1679	1679	4000
Muut kustannukset yhteensä (€)		163359	113692	277051	247728
- julkaisukustannukset (€)					
- tarvikkeet (€)			20		
- laitteet (€)					
- yleiskustannukset (€)		163359	113672	277031	247728
- muut mahdolliset kustannukset (€)					
Arvonlisävero (€)					
Kustannusarvio yhteensä (€)	86337	303802	275236	665375	600685
Rahoitus yhteensä (€)	149250	303802	105272	665375	600685
- MMM:ltä haettu osuus (€)	74625	120444	169964	300341,5	300343

Taulukko 4. Metsätehon toteutunut budjetti

2.4 Raportointi, julkaisut ja seuranta

Hankkeessa laadittiin seuraavat vertaisarvioidut artikkelit tai niiden käsikirjoitukset:

Tarvainen R, Riekk K, Ovaskainen H, Poikela A, Kärhä K, Malinen J (2025)
Estimating growing stock in first-thinning stands using harvester data. Tarjottu sarjaan Silva Fennica.

Tarvainen R, Riekk K, Ovaskainen H, Poikela A, Kärhä K, Malinen J (2025) Strip road trees at first thinnings – variation by identification methods and spatial arrangement of trees. Käsikirjoitus

Sirro L., Peuhkurinen J., Korva T., Masalin M., Monitoring of loss and survival of trees using very high-resolution satellite images. Käsikirjoitus.

Astola H., Sirro L., Peuhkurinen J., Satellite time-series analysis method for forest stand development monitoring. Käsikirjoitus.

Hankkeessa laadittiin seuraavat ammattiyleisölle suunnatut vertaisarvioimattomat artikkelit:

Arponen M-S (2024) Ajouraverkostojen laadun seuranta automaattisten ajouratunnusten avulla. Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö, Metsätalouden koulutusohjelma, Hämeen Ammattikorkeakoulu, Hämeenlinna. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/handle/10024/875700>.

Arponen M-S, Riekk K, Ovaskainen H, Malinen J (2025) Automaattinen ajouraverkostojen laadunseuranta AATU – menetelmän pilotointi. <https://www.metsateho.fi/automaattinen-ajouraverkostojen-laadunseurantamenetelma-aatu-toimi-hyvin-pilotoinnissa/>

Haavisto V, Riekk K, Melkas T, Malinen J (2023) Luonto- ja luonnonhoitokohteiden automatisoitu tunnistaminen hakkuulaitteen sijaintitiedon avulla. <https://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tuloskalvosarja-2023-9-Luonto-ja-luonnonhoitokohteiden-automatisoitu-tunnistaminen-hakkuulaitteen-sijaintitiedon-avulla.pdf>

Korva T (2025) Maastolaserkeilausmenetelmän pilotointi tarkastustoiminnan tiedonkeruuseen. **Julkaisu xx.10.2025**

Riekk K, Ovaskainen H, Malinen J (2025) Metsäkoneiden ajouraverkostojen automaattinen suunnittelutyöväline MoniURA. <https://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tuloskalvosarja-11-2025-MoniURA-3.pdf>

Räsänen T, Melkas T, Peuhkurinen J, Strandström M, Tarvainen R (2025) Täsmämetsätalouden ja luonnonhoidon tietotarpeet ja aineistot. Metsätehon raportti. **Julkaisu xx.xx.2025**

Räsänen T, Melkas T, Peuhkurinen J, Strandström M, Tarvainen R (2025) Täsmämetsätalouden ja luonnonhoidon tietotarpeet ja aineistot. Metsätehon tuloskalvosarja. **Julkaisu xx.xx.2025**

Sorsa J, Riekk K, Malinen J (2025) Hakkuukonetietoihin perustuvien korjuun laadun laskentapalveluiden menetelmäkuvaukset: SPAH ja AATU.

<https://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tuloskalvosarja-15-2025-SPAH.pdf>

Tarvainen R, Riekk K, Ovaskainen H, Poikela A, Kärhä K, Malinen J (2025) Jäävän puuston estimointi ensiharvennuksella hakkuukonetiedon avulla. Metsätehon tuloskalvosarja x/2025. Julkaistaan vertaisarvioidun artikkelin julkaisun jälkeen.

Tarvainen R, Riekk K, Ovaskainen H, Malinen J (2025) Ajourapuiden tunnistaminen hakkuukonetiedosta ja kuvion sisäinen puuston vaihtelu. Metsätehon tuloskalvosarja, julkaistaan vertaisarvioidun artikkelin julkaisun jälkeen.

Ylä-Pöntinen J, Ovaskainen H, Tarvainen R, Riekk K, Melkas T, Kärhä K, Malinen J (2025) Hakkuukoneen paikannuksen tarkkuus ja ajourapuuston hyödyntäminen lähtöpuuston määrittämisessä. <https://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tuloskalvosarja-6-2025-Hakkuukoneen-paikannuksen-tarkkuus-.pdf>

Hankkeesta laadittiin seuraavat mediatiedotteet ja uutiset:

Suomen metsäkeskus, Kaukokartoituksella voidaan todentaa tehtyjä metsänhoitotöitä ja niiden laatua, 19.1.2024

2.5 Toteutusvaiheen arviointi

Metsätehossa työpaketin 2 osalta toiminta nojasi olemassa olevaan osaamiseen ja aiempiin tutkimuksiin. Monimuotoisuuden ja luonnonhoidon osaamisen sekä näiden kiteyttäminen optimointityökaluun sopivaksi tiedoksi edellytti lisäresurssointia, joka järjestettiin erillisellä hankehakemuksella Suomen metsäsäätiölle. Suomen metsäsäätiö rahoitti 1 ½ vuotisen Moni-Indeksi-hankkeen, jonka tuloksena tulleet monimuotoisuuskartat palvelivat hyvin KESTOTÄSMÄ-hankkeen ajourasuunnittelua.

Harvennusvoimakkuuden seuranta hakkuukonedatan perusteella nojaa hakkuukonedataan, jossa hakkuukoneessa on tarkkuuspaikannus ja jonka hakkuulaitteen sijaintitieto on laskettavissa puomiston anturoinnin perusteella. Hankkeen edetessä selvisi, että konevalmistajien valmiudet toimittaa koneita operatiiviseen käyttöön eivät vastanneet myyntipuheita ja odotuksia. Tämän vuoksi tutkimusaineiston saannin suhteen oli rajoitteita ja tulokset ovat viivästyneet suunnitellusta. Tästäkin huolimatta jo julkaistut tulokset ovat olleet rohkaisevia ja menetelmäkehitystä tukevia. Metsätehon on kuitenkin vastannut aineiston keruusta omalla rahoituksellaan ja jatkaa kehitystyötä myös KESTOTÄSMÄ-hankkeen jälkeen.

Tietotarvekartoitus (työpaketti 3) toteutettiin pääosin Metsätehon sisäisenä määrittely- ja kuvaustyönä sekä keskusteluina Metsätehon osakasyhtiöiden kanssa. Metsäkonetiedon laajempaa hyödyntämiseen tähtäävä pelisääntökeskustelu avattiin ja sen toivotaan johtavan yleisemminkin metsätalouden toiminnoissa ja luonnonhoidossa syntyvän tiedon nykyistä avoimempaan jakamiseen. Täsmämetsätalouden tukiaineistojen, suunnittelumenetelmien sekä palveluiden ja sovellusten kehittämistä koskevia tarpeita ja ehdotuksia saatiin hankkeessa kuvattua ja priorisoitua. Niiden käynnistämiseksi on kuitenkin haettava uusia jatkohankkeita, yhteistyömuotoja ja rahoitusvaihtoehtoja.

VTT:n osalta hankkeen toteutus sujui pääosin suunnitellusti. Satelliittikuviin perustuvan menetelmäkehityksen tavoitteita täsmennettiin hankkeen kuluessa ja osin tämän takia hankkeen VTT:n projektiryhmä laajeni alkuperäisestä. ESA:n TPM ohjelmasta ei saatu alun perin suunniteltua määrää korkean erotuskyvyn satelliittiaineistoa ja suunniteltuja alueita jouduttiin osittain vaihtamaan. Suunnitelman muutos ei vaikuttanut hankkeen tavoitteiden saavuttamiseen.

Metsäkeskuksen osalta hankkeen toteutus käynnistyi suunnitelman mukaisesti. Syksyn 2023 aikana havaittiin kuitenkin tutkimussuunnitelmassa puutteita erityisesti digitaalisen tarkastus- ja luontotiedon jakamiseen liittyen. Lisäksi todettiin, että säästöpuiden säilymisen seuranta dronekuvien avulla ei ollut tarkoituksenmukaista suunnitellussa laajuudessa, sillä kuvien välinen aikaväli oli liian lyhyt luotettavan tulokinnan tekemiseksi. Tämän vuoksi päätettiin vähentää suunniteltujen kuvausten määrää.

Vapautunut ostobudjetti kohdennettiin ohjausryhmän hyväksynnällä ja hankkeen muutosehdotuksen mukaisesti Metsään.fi-palvelun tarkastustietojen esittämisen kehittämiseen. Tämän toimenpiteen myötä hankkeessa rakennettiin toiminnallisuus, jonka kautta digitaalisesti kerättyä tarkastus- ja luontotietoa voidaan jakaa maanomistajille ja metsäalan toimijoille Metsään.fi:ssä. Tarkastustietojen esittämisen toteutukseen liittyvät toimenpiteet Metsään.fi-palvelussa on kuvattu (Liitteessä 3).

Ohjelmistokehitykseen oli varattu aikaa hankkeen päättymiseen asti, mutta keväällä 2025 arvioitiin, että kehitystyön aikatauluun liittyvien haasteiden vuoksi tarvitaan yksi lisäkuukausi. Ohjausryhmän hyväksynnällä haettiin kuukauden jatkoa Metsäkeskuksen hankeajaksi. Metsään.fi-palvelun tarkastustiedot julkaistaan päivityksen yhteydessä 28.10.2025.

2.6. DNSH-kriteerien toteutuminen

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

- a) ilmastomuutoksen hillinnälle,
- b) ilmastomuutokseen 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 Menetelmäkehitys metsän- ja luonnonhoidon sekä ilmastokestävyyden tehostamiseksi ja todentamiseksi

3.1.1 Kaukokartoitusperusteisen tulkinnan kehittäminen

Säästettyjen kohteiden tunnistamisen tavoitteena oli kehittää malli, minkä avulla voidaan todentaa hakkuissa säästettyjä kohteita, kuten säästöpuita, säästöpuuryhmiä ja vesistöjen suojakaistoja. Pohja-aineistona käytettiin latvusmallia (CHM), jota täydennettiin dronekuvaamalla kerätyllä tarkastustiedolla, josta voidaan erottaa myös elävät ja kuolleet säästöpuut. Analyysissä käytettiin parametreinä puuston pituutta, latvuksen pinta-alaa ja metsänkäyttöilmoituksen geometriaa, sekä tietoa hakkuutavasta. Suojavyöhykkeiden tunnistamiseen hyödynnettiin Tapio Oy:n toteutuneiden suojavyöhykkeiden tulkinta -hankkeessa toteuttamaa työkalua, joka hyödyntää hakkuualueiden rajoja, latvusrajattuja puustoryhmiä sekä maastotietokannan vesistöjä. Menetelmät tekevät näkyväksi talousmetsissä tehdyt luonnonhoitotyöt ja mahdollistavat säästettyjen kohteiden integroinnin metsävaratietoihin omana puustoluokkana, sekä mahdollistaa kohteiden huomioimisen jatkossa metsänhoidon suunnittelussa ja hakkuukertymien laskennassa. Ratkaisut ovat valmiita käyttöönottoon, ja tietojen tuotanto Metsäkeskuksen metsätietojärjestelmään on tarkoitus aloittaa vuosina 2025–2026.

Kasvatushakkuiden korjuujäljen uusien seurantamenetelmien kehityksessä tarkoituksena oli tunnistaa aineistoja, joilta voidaan hakea

kasvatushakkuukohteita, joilla korjuun jälkeinen tilanne ei ole metsälain vaatimusten mukainen. Lisäksi tarkoituksena oli testata menetelmiä, joilla havainnot voidaan varmistaa ja joiden pohjalta kerätty tieto on riittävää asian jatkotoimenpiteiden kannalta. Aineistoina käytettiin kansallisen laserkeilaus- ja ilmakuvausohjelman tuotteita, erilaisia satelliittikuvia, dronella kerättyä ilmakuvaa sekä laser-aineistoja ja maastomittauksia. Eri aineistoista tuotettuja tunnuksia verrattiin keskenään eri menetelmien tuottamien tunnusten tarkkuuden selvittämiseksi. Lisäksi arvioitiin eri tiedonkeruumenetelmien ja niihin liittyvien aineistokäsittelyjen kustannuksia. Havaintojen perusteella pystyttiin kehittämään uusia menetelmiä riskikohteiden hakemiseen aineistoista, muun muassa NDVI-aineiston käyttöä havaintoja luokittelevana aineistona otettiin käyttöön hankkeen aikana. Käytettävissä osalle kohteista oli myös KALLIO 2 -ohjelmaa vastaavan pistetiheyden laserkeilausaineistoa, josta voitiin tehdä vertailua tulevaisuuden käytössä olevan aineiston osalta. Hankkeen tuloksia voidaan hyödyntää kun arvioidaan millä tavalla tietoa kasvatushakkuiden tilasta kannattaa jatkossa kerätä osana Metsäkeskuksen tarkastustoimintaa sekä miten riskikohteiden havainnoimista voidaan edelleen kehittää.

3.1.2 Metsäkeskuksen keräämän tarkastustiedon jatkojalostaminen ja analysoinnin kehittäminen

Tavoitteena oli kehittää **dronetiedonkeruun menetelmiä**, joilla voidaan tuottaa tarkkaa ja kattavaa seurantatietoa metsien kestävästä käytöstä todentamiseen kaikissa metsänkäsittelymuodoissa. Dronekeilauksen mahdollisuuksia testattiin verrattuna perinteiseen dronekuvaukseen ja siitä tehtävään fotogrammetriseen puustotulkintaan. Tavoitteena oli arvioida, tarjoaako dronekeilaus tarkempaa ja luotettavampaa tietoa puuston rakenteesta ja kehityksestä, sekä selvittää menetelmien käytettävyyttä taimikoissa ja nuorissa metsissä. Näissä kehitysluokissa dronemenetelmien potentiaalia tarkasteltiin erityisesti tehtyjen hoitotöiden laadun arvioinnissa, jossa tarvitaan yksityiskohtaista ja toistettavaa tietoa puuston määrästä, puulajisuhteista ja rakenteesta.

Hankkeessa hyödynnettiin dronekuvausta (fotogrammetria), sekä dronekeilausta (LiDAR). Kuvauskohteita oli Ylivieskassa (10), Mikkelissä/Lappeenrannassa (14), Porissa (10) ja Kotkassa (10). Maastotyöt tehtiin vuosina 2023–2024, jolloin kaikilta kohteilta mitattiin referenssiaineistoksi noin 50 puun koealat puulaji-, pituus- ja läpimittatietoineen. Puiden tarkat sijainnit määritettiin GNSS-mittauksin, mikä mahdollisti puukohtaisen mittatarkkuuden arvioinnin. Maastotiedonkeruu tehtiin Metsäkeskuksen omana työnä.

Dronekuvauksesta tuotettiin fotogrammetrinen puustotulkinta, ja dronekeilauksella saatiin tarkka pistepilviaineisto metsän rakenteesta. Tuloksia verrattiin maastomittauksiin vastinparivertailun avulla. Menetelmiä testattiin erityisesti taimikoissa ja nuorissa metsissä sekä arvioitaessa niissä tehtyjen hoitotöiden laatua. Dronetiedonkeruu, sekä puustotulkinta hankittiin ostopalveluna.

Fotogrammetria soveltui hyvin yli 6 metriä korkeiden puiden tunnistamiseen, mutta taimikoissa ja alikasvoksen tunnistamisessa sen tarkkuus oli heikompaa kuin dronekeilaamalla. Dronekeilaus paransi alle 6 metrin puuston ja tiheiden rakenteiden tunnistusta.

Molemmat menetelmät kykenivät tuottamaan käyttökelpoista tietoa puuston määrästä ja rakenteesta, mutta LiDAR tarjosi hieman tarkempaa ja monipuolisempaa aineistoa erityisesti nuorissa metsissä. Dronekeilaus ja -kuvaus olivat tuloksien perusteella sopiva tiedonkeruumenetelmä esimerkiksi Metka nuoren metsän hoidon tarkastuksille erityisesti silloin, jos epäilyksenä on jäävän puuston liian suuri keskipituus.

Maalaserkeilaamalla kerättyä tietoa nuorissa metsissä pilotoitiin yhdessä Kestävästi tuotetun pienpuun saatavuuden parantaminen Pohjois-Karjalassa (KES-SU) -hankkeen kanssa. Maalaser-pilotista löytyy hankesivuilta kattava tulosraportti, joten tässä on esitetty vain yleisiä johtopäätöksiä.

Maalaserkeilaus-pilotointi oli kokeellinen ja koealojen määrä suhteellisen pieni, mutta tulokset antoivat lupaavia viitteitä maastolaserkeilauksen soveltuvuudesta Metsäkeskuksen tarkastustoimintaan. Puuston pituuden määrittäminen onnistui odotettua paremmin, ja virheet pysyivät keskimäärin vähäisinä. Läpimitan tarkkuudessa esiintyi vielä hajontaa, erityisesti kuusikoissa, mikä tarjoaa kehityskohteita jatkotutkimuksille.

Automaattinen puulajitunnistus toimi vähintään yhtä hyvin kuin manuaalinen ja visuaalinen tulkinta, mikä osoittaa menetelmän olevan ajansäästöä tarjoava ja inhimillisen virheen riskiä vähentävä vaihtoehto.

Resurssitehokkuuden näkökulmasta dronepohjainen tiedonkeruu on nopeampaa ja edullisempaa kuin maastolaserkeilaus, mutta laserkeilaus tuottaa tarkkaa ja yksityiskohtaista aineistoa yksittäisten runkojen mittaamiseen. Yksittäisten koealojen tulosten vaihtelu korostaa jatkotutkimusten tarvetta menetelmän luotettavuuden arvioimiseksi erilaisissa metsikkötyypeissä ja olosuhteissa.

Kokonaisuutena pilotin tulokset osoittavat, että maastolaserkeilaus on lupaava menetelmä tarkastustoiminnan tueksi, erityisesti puuston pituuden mittauksessa

ja automaattisen prosessoinnin luotettavuudessa. Suurin käyttöönoton haaste liittyy tiedonkeruun kustannustehokkuuteen.

Metsään.fi tuotavien tarkastustietojen toteutuksen myötä palveluun integroidaan laajasti tarkastuksilta kerättyä tietoa, mikä parantaa merkittävästi metsänomistajien ja metsäalan toimijoiden mahdollisuuksia tarkastella toteutettujen toimenpiteiden vaikutuksia sekä arvioida tuen myöntämisen edellytyksiä tai metsälain toteutumista. Palveluun tuotavat tiedot esitetään selkeästi sekä karttanäkymässä että kohdekohtaisissa tarkastustuloksissa.

Karttanäkymässä visualisoidaan muun muassa tarkastuskoealojen sijainnit, säästöpuuryhmät, suojakaistat, suojelutiheiköt ja elinympäristöt.

Tarkastuskoealojen tiedot saadaan suoraan avattua karttanäkymästä koeala-kohtaisesti. Digitarkastuksilta tuodaan lisäksi dronekuvia, jotka aktivoituvat automaattisesti tietyssä mittakaavassa. Tarkastuksen tuloksien arviointi esitetään visuaalisesti hyväksytyjen ja hylättyjen alueiden väreillä, ja hylkäyksen syyt ovat nähtävissä erillisessä ikkunassa. Metsälain mukaisilla tarkastuksilla arvostelu on pääsääntöisesti asteikolla hyvä, huomautettavaa tai virheellinen.

Erityistä huomiota on kiinnitetty luontotietojen esittämiseen. Metsään.fi-palvelussa voidaan tarkastusten perusteella tuoda näkyviin tarkastuksilla mitatut säästöpuuryhmät. Elinympäristöt, kuten metsälain 10 §:n mukaiset erityisen tärkeät kohteet, luonnonsuojelulain mukaiset alueet sekä sertifiointijärjestelmien ja suositusten mukaiset monimuotoisuuskohteet, esitetään omilla geometrioillaan ja teemoituksillaan. Näille kohteille tuodaan myös tietoa niiden säilymisestä, joko luokituksin tai prosenttiosuuksina.

Vesistöjen suojakaistat ja muut tarkoituksella luonnontilaan jätetyt alueet, kuten riistatiheiköt, esitetään kartalla omilla teemoituksillaan. Näiden kohteiden geometria, pinta-ala ja lisätiedot ovat nähtävissä erillisessä ikkunassa. Tiedot mahdollistavat entistä tarkemman arvioinnin siitä, miten luonnon monimuotoisuus ja ympäristönsuojelu on huomioitu toteutetuissa metsänhoitotoimenpiteissä.

Kohdekohtaisissa tarkastustuloksissa esitetään muun muassa tarkastettu ja hyväksytty pinta-ala, pääpuulaji, puuston rakenne, mahdolliset valokuvat sekä toimenpiteiden hyväksyttävyys. Työlajikohtaisesti tarkastustiedot vaihtelevat, mutta kaikissa tarkastuslajeissa pyritään tuomaan esiin olennaiset tiedot selkeässä ja käyttäjäläystävällisessä muodossa.

Yhteenvetona voidaan todeta, että Metsään.fi-palvelun tarkastustietojen laajennus mahdollistaa entistä monipuolisemman ja visuaalisesti havainnollisen esitystavan, joka tukee sekä metsänhoidon suunnittelua että viranomaisvalvontaa, samalla

edistään luonnon monimuotoisuuden ja ympäristön huomioimista metsätaloudessa.

3.1.3 Säästöpuiden säilymisen seuranta erittäin korkean resoluution satelliittikuvien avulla

Tavoitteena oli kehittää tarkkoja satelliittikuvia hyödyntävä menetelmä säästettyjen puiden säilymisen seurantaan. Menetelmää voidaan käyttää esimerkiksi laserkeilausaineiston 6–10 vuoden välein tapahtuvien päivitysten välisenä aikana. Kehitettävä menetelmä ei ota kantaa siihen mikä tarkoitus säästetyillä puilla on (säästöpuu, siemenpuu), vaan se tarkastelee kaikkien puiden säilymistä.

Menetelmäkehitystä varten saatiin Euroopan avaruusjärjestön (ESA) Third Party Missions (TPM) -ohjelman kautta Pléiades Neo, Pléiades-1 ja Worldview-2-satelliittikuvia neljältä testialueelta Suomessa: Ylivieskasta, Keuruulta, Mikkelistä ja Juuasta. Lisäksi käytettiin laserkeilausaineistosta tuotettua latvusmallia (<https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/document/tietotuotekuvaus-latvusmallit.pdf>). Ylivieskan alueelta oli käytössä myös Maanmittauslaitoksen tiheää laserkeilausaineistoa vuodelta 2023.

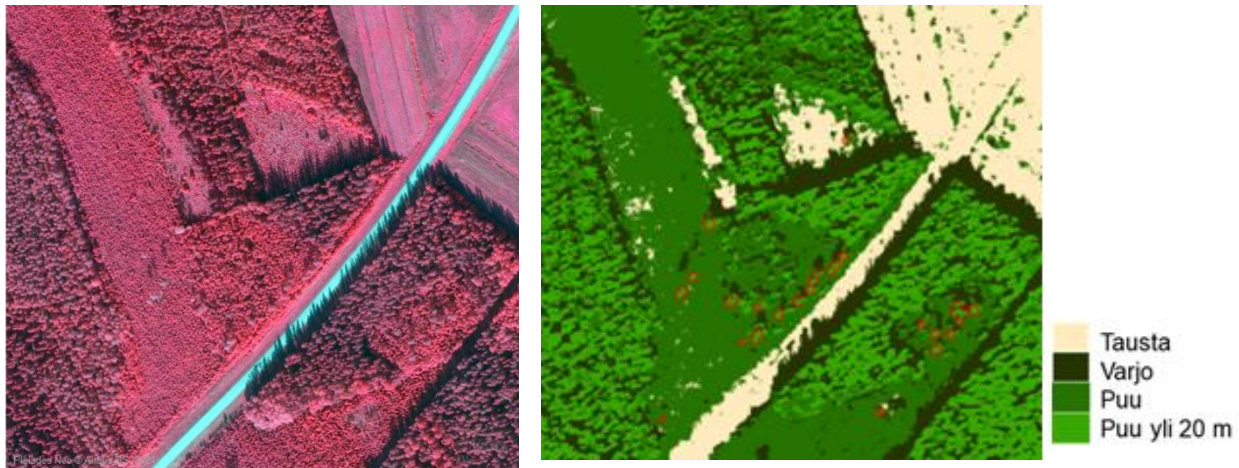
Kehitetty menetelmä perustuu koneoppimiseen, U-Net -neuroverkkomalliin ja kahden ajankohdan puustokarttojen vertailuun. Alkutilannetta kuvaava rasterimuotoinen puustokartta saadaan latvusmallista ja myöhemmän ajankohdan puustokartta tuotetaan opettamalla luokittelumalli alkutilanteen kartan avulla ja soveltamalla luokittelumallia satelliittikuvaan. Kahta saatua rasterimuotoista puustokarttaa vertaamalla voidaan arvioida puustossa tapahtuneita muutoksia. Vaihtoehtoisesti puiden säilymisen arvioinnissa voidaan alkutilanteen puustokartta korvata tarkasteltavien säästöpuiden sijainnin kertovalla vektoriaineistolla.

Laserkeilauksella tuotetusta latvusmallista laskettua puustokarttaa käytetään koneoppimismallin opetuksessa. Tämän takia alueilla, joissa laserkeilauksen ja satelliittikuvien aikaväli on useita vuosia, opetusaineistosta poistetaan muuttuneet kohteet Sentinel-2-kuviin perustuvan muutostulkinnan avulla.

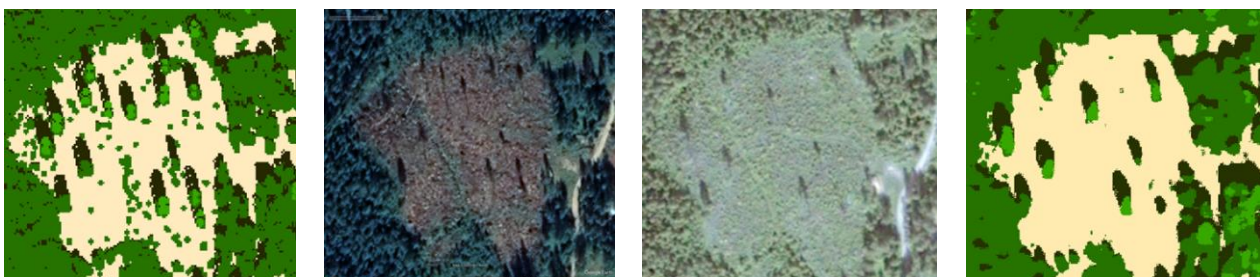
Kehitetty käsittelyketju toteutettiin F-Tep-pilvipalvelualustalle (f-tep.com) ja menetelmää sovellettiin testialueilla. Tarkkuuden numeerinen arviointi oli mahdollista ainoastaan Ylivieskassa, missä satelliittikuvat ja laserkeilauksella tuotettu latvusmalli olivat samalta vuodelta. Keuruulla tuloksia arvioitiin Metsäkeskuksen toimittaman säästöpuuaineiston avulla. Mikkelistä ja Juuassa arvioinnissa hyödynnettiin Google Earth-palvelun satelliittikuvia.

Menetelmä on sovellettavissa myös ilmakuville, jolloin voitaisiin hyödyntää esimerkiksi kansallisen ilmakuvausohjelman aineistoa. Soveltaminen ilmakuville vaatii kuitenkin menetelmän testaamista ja mahdollisesti kehittämistä, koska ilmakuvien kuvausajankohta voi vaihdella suhteellisen pienenkin alueen sisällä merkittävästi. Lisäksi ilmakuvauksia tehdään myös aikaisin keväällä ja lehtipuiden havainnointi lehdettömän ajan kuvilta voi olla haastavaa.

Satelliittikuviin perustuvan luokittelun lisäksi hankkeessa kokeiltiin säästöpuiden ja säästöpuuryhmien tunnistamista laserkeilauksella tuotetusta latvusmallista koneoppimismenetelmiä käyttäen. U-Net-malli opetettiin käyttäen referenssiaineistona Metsäkeskuksen Keuruun alueella tuottamaa säästöpuuaineistoa. Keuruun alueen aineistoilla opetettua mallia sovellettiin Tampereen laserkeilausalueelle.



Kuva 1. Vuoden 2024 Pléiades Neo -satelliittikuvasta tehty väärävarikuva (vasemmalla) ja vastaava luokitus (oikealla) Keuruun alueelta. Punaisella rajatut alueet ovat Metsäkeskuksen säästöpuuaineiston kohteita. Alueen koko on noin 500 m x 500 m. Pléiades Neo © Airbus DS (2024).



Kuva 2. Tulosesimerkki Juuan alueelta. Vasemmalla vuoden 2018 latvusmallista laskettu puustokartta, seuraavana vastaava alue Google Earth -palvelun satelliittikuvassa vuonna 2018. Toinen oikealta alue vuoden 2021 Pléiades-1-satelliittikuvassa ja oikealla satelliittikuvasta luokittelijalla tuotettu puustokartta. Alueen koko on noin 150 m x 150 m. Pléiades-1 © CNES (2021) distribution Airbus DS.

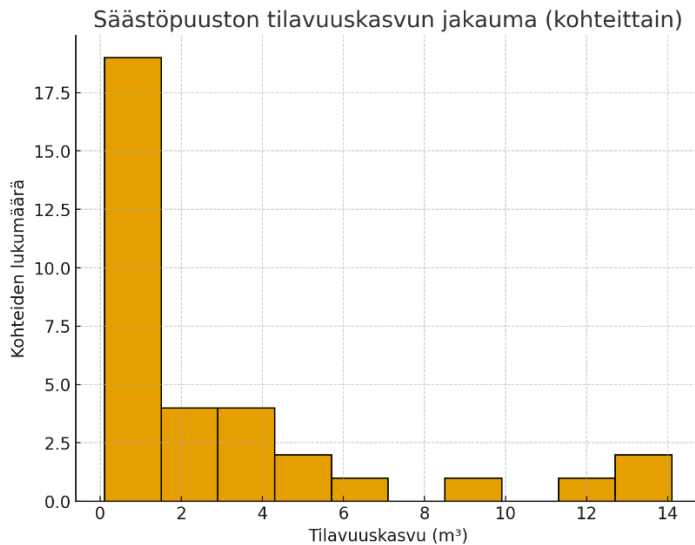
Dronekuvaus säästöpuiden säilymisen ja kasvun seurannassa

Tämän osatehtävän tavoitteena oli tarkastella uudistusalojen säästöpuuston kehitystä ja säilymistä pitkällä aikavälillä. Seurannan aineistona hyödynnettiin vuosina 2020–2021 Metsäkeskuksen dronekuvatuista tarkastuskohteista valittuja alueita, jotka kuvattiin uudelleen vuonna 2023. Näin tarkasteluväliksi muodostui 2–3 vuotta, mutta todellisuudessa ensimmäisten hakkuiden ja uuden kuvauksen välillä aikaa oli kulunut enemmän, sillä vanhimpien kohteiden metsänkäyttöilmoitukset oli laadittu jo vuonna 2017.

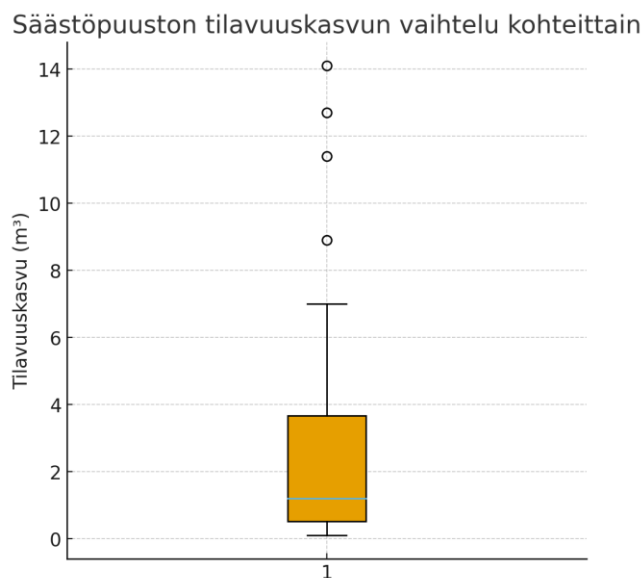
Säästöpuuston säilymistä arvioitiin 34 kohteella. Näiltä alueilta kertyi yhteensä 2 441 elossa olevaa säästöpuuta ja 92 poistunutta yksilöä. Tulosten perusteella yli 96 % säästöpuista oli säilynyt tarkasteluajanjaksolla. Valtaosalla kohteista säilyvyys oli lähes täydellistä, mutta muutamilla alueilla (mm. kohteet 16, 18, 21 ja 23) havaittiin keskimääräistä enemmän poistumaa (ks. liite 1).

Säästöpuuston kasvua arvioitiin dronepohjaisilla puustotulkinnoilla. Keskimääräinen läpimitan lisäys oli 1,5 cm ja pituuskasvu 1,1 m tarkastelujakson aikana. Kokonaisuudessaan pystyssä olevien säästöpuuston tilavuuskasvu oli 98,4 m³. Keskimääräinen kasvu kohteittain oli 2,9 m³ ja mediaani 1,2 m³, mikä osoittaa, että vain harvoilla kohteilla kasvu oli suurta, kun taas valtaosassa kohteista kasvu jäi vähäiseksi (kuviot 1 ja 2). Tämä voi osaltaan kertoa siitä, että säästöpuiksi on valittu järeitä puita, joiden kasvu on luonnostaan vähäistä tai jo kuolleita puita.

Tuloksia ei yleistetty hehtaarikohtaisiksi, sillä hankkeen tavoitteena ei ollut tuottaa keskimääräisiä tunnuksia uudistusalojen säästöpuustosta. Otokoko oli rajallinen, ja sen perusteella tarkoituksena oli ensisijaisesti testata menetelmän soveltuvuutta pitkäaikaiseen seurantaan sekä muodostaa yleiskuva säästöpuuston säilymisestä satunnaisotannalla valituilla kohteilla. Projektiryhmä arvioi, että tarkasteluväli (2–3 vuotta) ei olisi todennäköisesti laajemmallaakaan perusjoukolla tuonut näkyviin selkeitä muutoksia säästöpuiden määrässä, mutta asetetut tavoitteet saavutettiin tällä 34 kohteen vertailulla. Yleisemmän tason arviointiin säästöpuiden säilymisestä suomen metsissä, tarvittaisiin todennäköisesti pidempää aikaväliä seurantaan ja huomattavasti suurempaa perusjoukkoa. Menetelmänä tähän sopisi paremmin Kestotäsmä- hankeessa kehitetty ja Metsäkeskuksen tiedontuotantoon tuleva säästettyjen kohteiden paikkatietoaineisto, missä myös dronekuvaus on yhtenä todentamisen välineenä.



Kuvio 1. Säästöpuuston tilavuuskasvun jakauma (kohteittain)



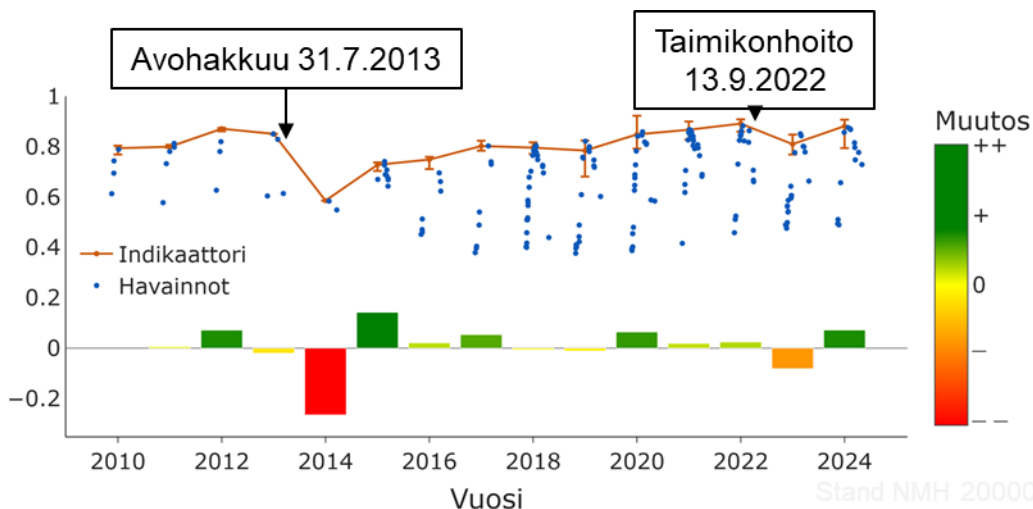
Kuvio 2. Jakauma säästöpuuston tilavuuskasvun vaihtelusta kohteittain

3.1.4 Metsikkökuvioiden pitkän aikavälin kehityksen seuranta

Hankkeessa kehitettiin satelliittikuviin perustuva metsikkökuvioiden pitkän ajan seurantamenetelmä. Tavoitteena oli kehittää automaattinen menetelmä, jolla voi havaita metsikkökuvioiden nopeat muutostapahtumat, kuten hakkuut ja hoitotoimenpiteet ja vähittäinen muutos, kuten vesakoituminen. Aineistona käytettiin Ylivieskan seudulla vuosien 2001–2024 Landsat-5, -7, -8 ja 9 sekä Sentinel-2-kuvia. Avoimesti saatavilla olevien Sentinel-2- ja Landsat-kuvien lisäksi menetelmäkehityksessä hyödynnettiin kaupallista Planetscope-aineistoa, joka saatiin käyttöön ESA:n TPM-ohjelman kautta.

Metsikkökuvioiden muutosten seuranta perustuu satelliittikuvien aikasarjasta laskettuun kasvillisuusindeksiin (NDVI). Indeksien laskennassa käyttökelpoisten satelliittikuvien määrä vaihtelee vuosittain huomattavasti ja pilvet, pilvien varjot ja eri datalähteiden erot aiheuttavat indeksiin ei-toivottua virhettä (kohinaa). Hankkeessa toteutettu menetelmä sisältää näiden kohinaisten näytteiden poiston metsikkökohteille lasketuista aikasarjoista. Poikkeavat näytteet suodatetaan sovittamalla epälineaarinen funktio iteratiivisesti vuosittain kasvukaudelta laskettuihin NDVI-arvoihin ja poistamalla kullakin sovituskierroksella epäsovin näyte. Tätä toistetaan, kunnes ennalta asetettu osuus näytteistä on poistettu tai näytteiden vuosittaiselle lukumäärälle asetettu minimimäärä on saavutettu. Kasvukauden alku- ja loppuajankohdat arvioidaan myös vuosittaisesta aineistosta ja kasvukauden ulkopuoliset NDVI-arvot korvataan menetelmässä vakioarvolla funktiosovituksen onnistumisen varmistamiseksi.

Kohinaisten näytteiden poiston jälkeen lasketaan metsän kehitystä kuvaavat indikaattorit vuosittaisten sovitusten vaihtelusta, ja sovitetun funktion suhteesta jäljelle jääneisiin NDVI-arvoihin. Esimerkki Ylivieskan metsikkökuviolle lasketusta sovitus- ja muutosindikaattorista on alla.



Kuvio 3. Esimerkki Ylivieskan kohteelle tuotetusta NDVI-kasvillisuusindeksiin perustuvasta muutosindikaattorista. Vertailuaineistona kohteen metsänkayttöilmoitusten ja kemera-hakemusten mukaiset ajankohdat.

Tuloksia tarkasteltiin vertaamalla indikaattoreiden arvoja metsänkayttöilmoituksiin ja kemera-hakemuksiin. Vertailun perusteella indikaattorien avulla on mahdollista tunnistaa avohakkuut, taimikonhoitotyöt ja harvennukset. Menetelmällä voi olla mahdollista saada tunnistettua myös taimikon varhaisperkaus, mutta tätä ei voitu todentaa, koska tietoa varhaisperkauksista ei ollut käytettävissä. Menetelmän luotettavuus paranee aikasarjaa tihentämällä. Lisäksi tulee huomioida, että

menetelmä vaatii kohdekuvion rajauksen lähtötietona. Epätarkkuus kohteen rajauksessa todennäköisesti vaikuttaa toimenpiteen tunnistusta heikentävästi. Testaus ja pilotointi laajemmalla aineistolla jäi hankkeen loppuvaiheeseen ja tässä raportissa ei ole esitetty näiden testien tuloksia.

TP2: Täsmäpuunkorjuun menetelmäkehitys

3.1.5 Puunkorjuun ja ajouraston ennakkosuunnittelu

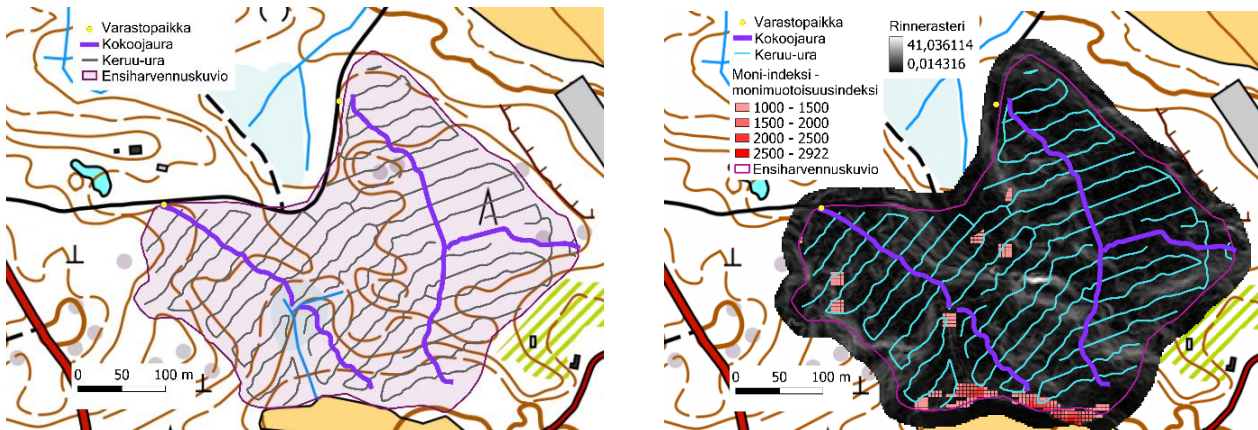
Puunkorjuun ja ajouraston ennakkosuunnittelua varten Metsäteho on aiemmin tutkinut erilaisia ajouraverkostojen suunnittelutapoja, laatinut valtakunnallisen PEFC-vesistöbufferoinnin sekä laatinut reititysoptimointirasterin ajourastosuunnittelulle.

Kestotäsmä-hankkeessa kehitettiin ajouraverkoston suunnittelumenetelmä (MoniURA), joka laatii vektorimuotoisen ajouraverkoston huomioiden mm. Maanmittauslaitoksen digitaalisen korkeusmallirasterin, Suomen metsäkeskuksen korjuukelpoisuusluokituksen, Maanmittauslaitoksen maastotietokannasta ojat, sekä Metsätehon Moni-Indeksi-kartat. Optimoinnissa huomioidaan lisäksi ajouran kokonaispituus sekä keruu-urilla ajouraverkoston uravälit ja kattavuus.

Moni-Indeksi-hanke oli erillinen Suomen metsäsäätiön hanke, jonka tehtävänä oli tuottaa monimuotoisuusindikaattorit yhdelle karttatasolle 4*4 metrin hiloina ja tukea siten MoniURAn ajourastosuunnittelua että yleistä luonnonhoidon suunnittelua.

MoniURA-työkalua testattiin vertaamalla MoniURAn laatimia suunnitelmia toteutuneisiin hakkuisiin hakkuukonedatan perusteella. MoniURAn laatimissa ajourastosuunnitelmissa ajouraverkostojen keskimääräinen uraväli, pitkittäiskaltevuus ja korjuukelpoisuusluokitus vastasivat toteutuneita ajourastoja. Ajourien sivuttaiskaltevuudet olivat MoniURA-suunnitelmissa hieman pienempiä kuin toteutuneilla ajourastoilla.

MoniURA-suunnittelutyökalu on herättänyt kiinnostusta sekä konevalmistajien että ohjelmistotalojen keskuudessa. Tuotteistamiseen tähtäävä kehitystyö alkaa Kestotäsmän päätyttyä EU-rahoitteisessa OptiForValue-hankkeessa.



Kuva 3. Esimerkki MoniURA-työkalun tuottamasta ajouraverkoston ennakkosuunnitelmasta ensiharvennuskohteelle.

3.1.6 Harvennusvoimakkuuden seuranta

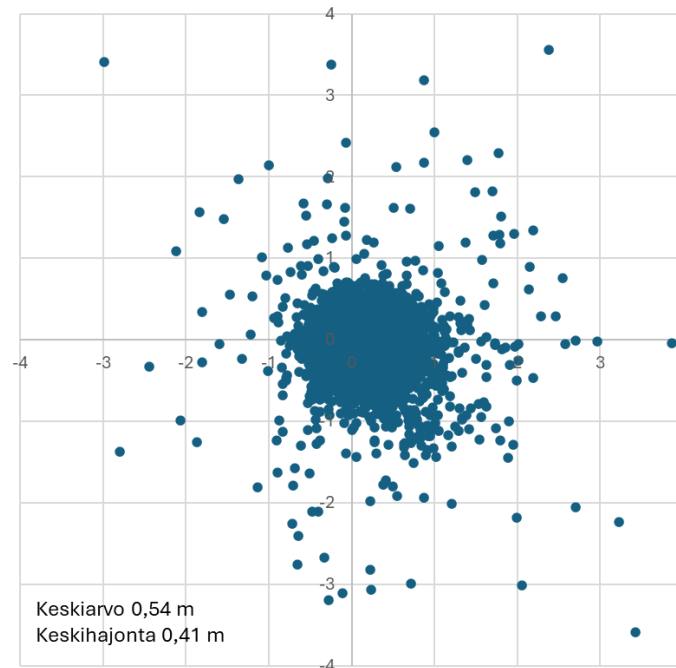
Reaaliaikaisen satelliittipaikannuksen korjauksen (Real Time Kinematic, RTK) käyttöönotto metsäkoneissa on parantanut paikannustarkkuutta merkittävästi: aiempi metrien tarkkuus on noussut desimetritasolle. Tämä kehitys lisää huomattavasti koneiden sijaintitiedon luotettavuutta ja laajentaa sen hyödyntämismahdollisuuksia. Lisäksi hakkuukoneen nosturi voidaan varustaa antureilla, joiden avulla saadaan tietoa nosturin kärjen sijainnista. Tämä kuvastaa hakkuulaitteen – ja siten myös kaadetun puun – sijaintia puunkaatohetkellä. Näin avautuu uusia mahdollisuuksia kaadettujen puiden tarkempaan paikantamiseen sekä automaattiseen harvennusvoimakkuuden seurantaan.

Tarkempaa sijaintitietoa hyödynnettiin tutkimuksessa, jossa selvitettiin ajourapuiden avulla korjattavan leimikon lähtö- ja jäävän puuston määrittämistä ensiharvennuksella. Lisäksi tutkittiin, miten hpr-tiedostoihin tallennettuja tietoja voidaan käyttää ajourapuiden tunnistamiseen. Erityisesti selvitettiin, mikä on suurin mahdollinen etäisyys ajouran keskilinjasta, jonka sisällä puu voidaan vielä luokitella ajourapuuksi. Samalla tarkasteltiin yleisesti sitä, kuinka hyvin hakkuulaitteen sijainti kuvastaa todellista kaadetun puun sijaintia.

Tutkimuksen maastomittaukset tehtiin touko–kesäkuussa 2024 Sastamalassa (Pirkanmaa) ja Teuvalla (Etelä-Pohjanmaa). Aineisto koostui seitsemästä noin yhden hehtaarin suuruisesta mittausalueesta, jotka oli aiemmin harvennettu hakkuukoneella, ja joista oli saatavilla hpr-tiedostot. Mittausalueilla kartoitettiin harvennettujen puiden kantojen läpimitat, sijainnit ja puulajit. Kantojen paikantamisessa käytettiin Trimble R12i -GNSS-tarkkuuspaikanninta. Kaikkiaan mitattiin yhteensä 4 271 kantoa.

Koko aineiston perusteella kaadettujen puiden sijainnin keskimääräinen ero hakkuulaitteen sijaintitiedon ja maastomittauksen välillä oli 0,54 metriä, ja

keskihajonta 0,41 metriä (Kuva 4). Puulajikohtaiset erot olivat vähäisiä: tarkkuus oli paras männyillä ja heikoin koivuilla.



Kuva 4. Kaadetun puun sijainnin (origo) ja hakkuulaitteen sijainnin ero puunkaatohetkellä, m.

Tutkimus antoi hyvän käsityksen siitä, millaiseen tarkkuuteen tällä hetkellä päästään, kun kaadetun puun sijaintia määritetään hakkuulaitteen sijainnin perusteella. Tässä käytettiin RTK-korjausta hakkuukoneen paikannuksessa, ja nosturi oli anturoitu nosturin kärkeen saakka.

Ajourapuiden tunnistamisessa ajourien alueelta, ajourilta kaadetun puuston ajatellaan kuvaavan leimikon lähtöpuustoa. Toisin sanoen ajourapuista muodostuu otos lähtöpuustosta. Hakkuukone oli telojen kanssa 3,0 metriä leveä, joten se vaatii vähintään tämän levyisen kulkukäytävän puustoon.

Ajourapuustoja tarkasteltiin poimimalla runkojoukkoja eri levyisiltä vyöhykkeiltä ajouran keskilinjan ympäriltä. Tulokset osoittivat, että poimittujen puiden määrä vähenee selvästi, kun poiminta-alueen leveys ylittää hakkuukoneen leveyden. Tämä on luonnollista, sillä suuremmilla etäisyyksillä ajouran keskilinjasta siirrytään varsinaisesta ajouran avaamisesta metsän harventamiseen.

Ajourapuuston avulla voidaan tunnistaa lähtöpuusto, mutta menetelmän tarkkuus vaihtelee muun muassa puuston rakenteen, maaston, ajouraverkoston ja kuvion muodon mukaan. Ajouran leveydellä on merkittävä vaikutus poistettavien puiden

määrään. Tulosten perusteella poistuman tilavuudessa havaittiin taitekohta, kun urapuiden poimintaleveys oli 3–4 metriä.

Ajouraleveyden määrittämisessä ja sen perusteella tehtävissä laskelmissa noin puolen metrin sijaintitarkkuus puustosta tuottaa jo varsin hyviä tuloksia. Hajonnan pienentäminen tästä edelleen edellyttää kuitenkin tarkempaa paikkatietoa.

Harvennusvoimakkuuden seurannasta kirjoitettiin tieteellinen artikkeli, joka on vertaisarvioinnissa hankkeen päättyessä. Tutkimuksen tavoitteena oli määrittää lähtöpuusto ajouraotannan perusteella ja vähentää siitä hakattu puusto, jolloin voidaan estimoida ensiharvennuksen jälkeinen puusto. Työssä tarkasteltiin runkoluvun ja pohjapinta-alan estimointia, koska ne ovat tärkeimmät tunnusluvut ensiharvennusten laadunseurannassa. Maastoaineistona käytettiin samoja seitsemää kohdetta kuin Ylä-Pöntisen työssä.

Tulokset osoittivat, että menetelmässä on potentiaalia automaattiseen harvennuksen laadunseurantaan. Lähtöpuuston estimointi onnistui hyvin, erityisesti runkoluvun estimaatti ei eronnut referenssiarvosta merkittävästi (Taulukko 5). Jäävän puuston estimointitarkkuudessa oli enemmän vaihtelua pohjapinta-alan ollessa monella kohteella aliarvio (Taulukko 6). Aliarviot monella kohteella herättivät kuitenkin jatkokysymyksiä siitä, osuvatko ajourat systemaattisesti ja objektiivisesti kuviota edustaviin kohtiin vai ohjaako hakkuukoneen kuljettaja koneen luonnollisia aukkoja ja pienempää puustoa kohti.

Mittaus- alue	Estimoitu runkoluku, N/ha	Referenssi- runkoluku, N/ha	Ero, %	Estimoitu pohjapinta- ala, m ² /ha	Referenssi- pohjapinta- ala, m ² /ha	Ero, %
A	1596	1641	-2,7	22,0	24,4	-10,0
B	1369	1203	13,8	17,4	16,2	7,5
C	1749	1671	4,7	24,1	24,9	-3,2
D	1586	1602	-1,0	22,0	24,4	-9,6
E	1399	1376	1,7	22,4	24,1	-7,0
F	1500	1363	10,1	22,2	22,0	0,9
G	2016	1771	13,8	27,1	26,6	1,7
Ka.	1602	1518	5,5	22,5	23,2	-3,3

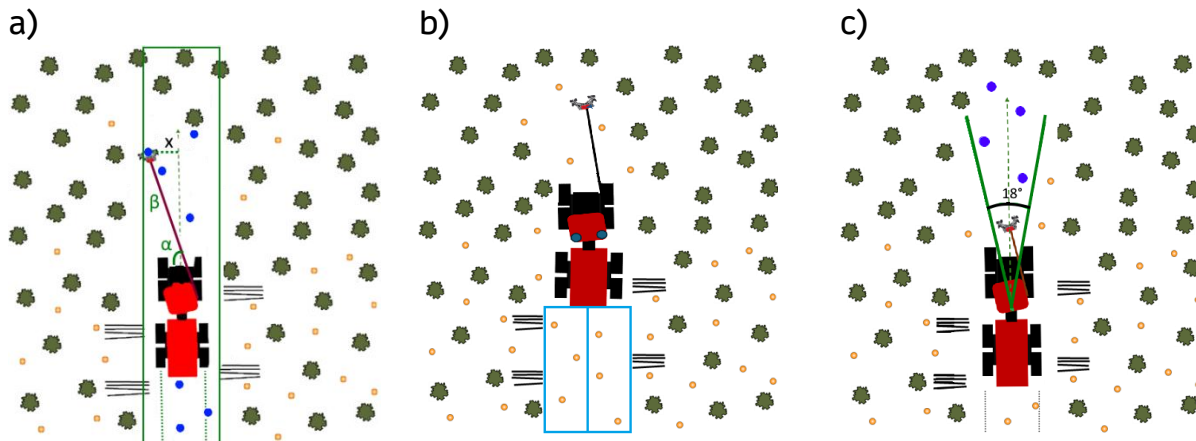
Taulukko 5. Lähtöpuuston runkoluvun ja pohjapinta-alan estimaatit ja referenssiarvot.

Mittaus- alue	Estimoitu runkoluku, N/ha	Referenssi- runkoluku, N/ha	Ero, %	Estimoitu pohjapinta- ala, m ² /ha	Referenssi- pohjapinta- ala, m ² /ha	Ero, %
A	770	1016	-24,2	12,6	17,8	-29,1
B	720	552	30,4	10,3	9,1	13,1
C	860	797	7,9	13,4	14,4	-7,0
D	729	809	-9,9	12,8	16,0	-21,9
E	758	841	-9,9	13,4	16,7	-19,9
F	859	733	17,2	14,5	14,4	1,0
G	1103	1023	7,8	16,5	19,4	-15,0
Ka.	828	824	0,5	13,3	15,4	-13,6

Taulukko 6. Jäävän puuston runkoluvun ja pohjapinta-alan estimoidut ja referenssiarvot.

Harvennusvoimakkuuden seuranta ajouraotantamenetelmällä vaatii, että otantaan luettavat puut ovat luotettavasti ajouralta poistettuja runkoja.

Harvennusvoimakkuuden seuranta -tutkimuspapereiden jälkeen tehtiin toinen tutkimus, jossa vertailtiin ajourapuiden eri tunnistusmenetelmiä. Tutkimuksessa esiteltiin kolme eri tunnistusmenetelmää. Yksi menetelmä perustui koneen puomin parametreihin, joiden avulla määritettiin puun sijainti ajouran keskilinjasta, toisessa menetelmässä koordinaatistoon piirretyn ajouran ympärille luotiin vyöhyke, jonka sisälle osuvat puut muodostavat otoksen. Kolmas menetelmä hyödynsi vain harvesterin puomin kulmatietoa, jolloin koneen eteen muodostuvan sektorin avulla määritetään ajouraotannan puut (Kuva 5). Menetelmillä luotuja otantoja verrattiin maastoreferenssiin Reynoldsin error indexin avulla sekä koko aineiston laajuudesta keskineliövirheen neliöjuuren avulla.



Kuva 5. Ajourapuiden tunnistusmenetelmiä: a) puomin parametreihin, b) vyöhykkeeseen ajouran ympärillä ja c) puomin kulmatietoon perustuva menetelmä.

Tutkimuksen keskeisin havainto oli vyöhykemenetelmän ja puomin parametreista lasketun puun sijainnin menetelmien hyvä estimointitarkkuus. Pelkkään puomin kulmaan perustuvan sektoriotannan tarkkuus oli huomattavasti heikompi.

Samassa tutkimuskokonaisuudessa tehtiin toinenkin tutkimus, jossa tarkasteltiin ajouran leimikolle sijoittamisen vaikutusta otantaan. Toisin sanoen työn tavoitteena oli tarkastella kuvion sisäistä puuston vaihtelua runkoluvun ja pohjapinta-alan osalta. Metsäkuvio on yleensä Suomessa kasvupaikalta ja puustoltaan yhtenäinen alue, jolloin voidaan olettaa puuston vaihtelun olevan marginaalista kuvion sisällä. Tutkimus toteutettiin luomalla systemaattinen teoreettinen ajouraverkosto, jota siirrettiin metrin välein niin monta kertaa, että koko kuvio oli näytteistetty.

Tulosten perusteella kolmella kohteella seitsemästä oli merkittävää vaihtelua ajouranäytteiden välillä: runkoluvun keskihajonta oli kohteilla yli 100 r/ha ja suurimmillaan 190 r/ha. Pohjapinta-alahavainnot olivat samansuuntaisia: samoilla poikkeavilla kohteilla keskihajonta oli yli 2 m²/ha ja suurimmillaan 2,8 m²/ha. Muilla tutkimuksen leimikoilla vaihtelu näytteiden välillä oli sen sijaan hyvin vähäistä.

3.1.7 Puunkorjuun ja luonnonhoidon laadunhallinnan todentaminen

Puunkorjuun ja luonnonhoidon laadunhallinnan todentamisen pohjana ovat Metsätehon aiemmin kehittämät automaattiset menetelmät hakkuukonetietoon perustuvaan kuviointiin, ajouraverkostojen ja niiden tunnuslukujen tuottamiseen sekä toteutuneiden vesistöjen suojavyöhykkeiden leveyksien määrittämiseen.

Toteumatiedon tuottamista varten Metsäteho on kehittänyt KESTOTÄSMÄ-hankkeessa SPAH-laskentapalvelun, jonka avulla hakkuukoneen tai -laitteen sijaintitiedoista tuotetaan kuviorajaukset ja hakkuukoneen sijainneista ajouraverkostot. Lisäksi tuotetaan poistumapuukartat, mikäli hakkuulaitteen sijainnit ovat käytettävissä. SPAH-laskentapalvelu on toteutettu PostgreSQL/PostGIS-ympäristöön. SPAH-laskentapalvelu mahdollistaa hakkuukoneen sijaintitiedon tehokkaan prosessoinnin, joka on perusta kaikelle hakkuukonetiedon jatkokäytölle. Kestotäsmä-hankkeessa pilotoitiin monimuotoisuuskohteiden säilymisen todentamista hakkuulaitteen sijaintitiedon avulla. Pilottia on kuvattu työpaketissa 4.

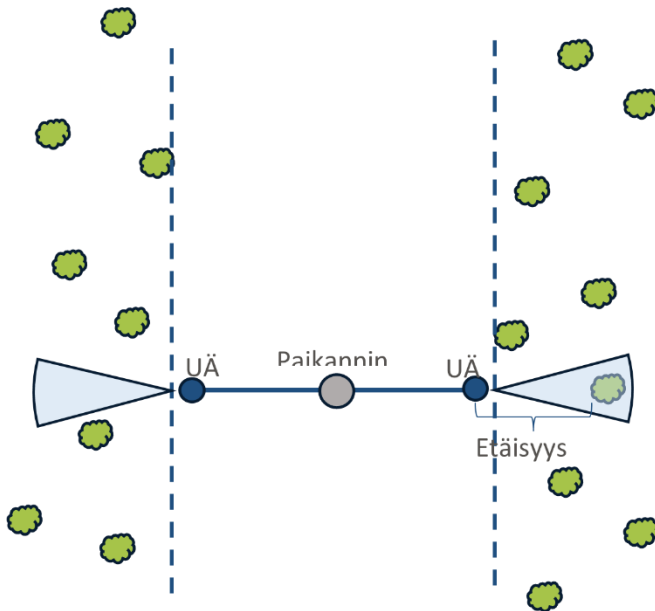
Puunkorjuun laadunhallintaan kehitettiin KESTOTÄSMÄ-hankkeessa automaattinen laadunseurantamenetelmä AATU. Sen avulla voidaan tunnistaa hakkuukonetiedosta laskettujen ajouraverkostojen tunnusluvuista ensiharvennuskohteita, joille toteutettu ajouraverkosto mahdollisesti poikkeaa metsänhoidon suosituksista. Löydetyiltä kohteilta voidaan edelleen selvittää korjuuseen vaikuttaneita taustatekijöitä avoimien paikkatietoaineistojen avulla. Menetelmää pilotoitiin Kestotäsmä-hankkeessa ja pilotointi on kuvattu työpaketissa 4.

Kestotäsmä-hankkeen aikana Metsätehossa nousi esiin myös idea ajouraleveyden määrittämisestä ultraäänimittausten avulla. Ajouraleveys on yksi puunkorjuun laadun osatekijä, josta ei nykyisellään saada automaattista mittaustietoa. Ultraäänianturit ovat nykyisin edullisia, testattuja ja kestäviä ja yleistyneet käyttöön mm. autojen peruutustutkissa. Näin ollen Kestotäsmä-hankkeessa valmistettiin ultraäänimittalaite, jolla kokeiltiin, voidaanko korjuukohteen ajouraleveyttä määrittää jatkuvatoimisena totaolimittauksena.

Mittalaitteen avulla jäljitellään puunkorjuun tilannetta, jossa ultraäänianturit on asennettu hakkuukoneen sivuille, ja ne mittaavat etäisyyksiä lähimpiin uranvarsipuihin (kuva 6). Ensimmäisissä testeissä laitteella saatiin mitattua ensiharvennuskokoisten uranvarsipuiden etäisyyksiä. Puunrunkojen edessä olevan alikasvoksen ja oksien havaittiin kuitenkin häiritsevän mittauksia.

Laitteen testimittauksia ja konseptin kehittämistä jatketaan Metsätehossa Kestotäsmä-hankkeen päättyttyä. Testimittausten onnistuessa ultraäänimittausten

avulla voidaan tuottaa hakkuukoneen kuljettajalle jatkuvaa työnaikaista tietoa toteutuneesta uraleveydestä, jolloin hän voi tarvittaessa vaikuttaa tältä osin korjuun laatuun nopeastikin. Mittalaitteen kehitystyö tukee myös ajouraleveyden mallinnuksen kehittämistä.



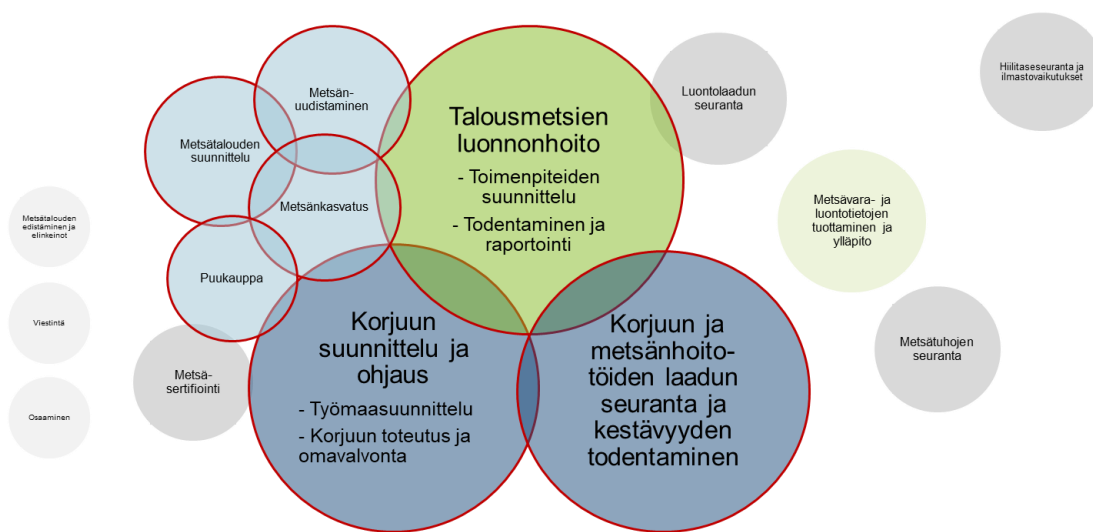
Kuva 6. Ajouraleveyden mittausperiaate ultraäänilaitteella. Mittauksessa jäljitellään tilannetta, jossa ultraäänianturit (UÄ) olisivat kiinni hakkuukoneen sivuilla. Mittaus suoritetaan pitkin ajouran keskijanaa, jonka sijainti määritetään tarkkuuspaikantimella. Ultraäänianturit mittaavat etäisyyttä uranvarsipuihin uran molemmilta puolilta jatkuvatoimisesti.

TP3: Täsmätiedon tietotarpeet ja kehitys

3.1.8 Tietotarvekartoitus

Tietotarvekartoitus tehtiin määrittelemällä ne täsmämetsätalouden ja -luonnonhoidon tehtävät ja kysymykset metsätalouden ja puunhankinnan osa-alueittain, jotka toimenpiteiden suunnittelussa, ohjauksessa ja seurannassa on tarpeellista ottaa huomioon. Tietotarpeet määritettiin ensin laajemmiksi kokonaisuuksiksi, jotka sitten jaettiin ja kohdennettiin n. 400 yksityiskohtaiseksi kysymykseksi. Määrittelyissä keskityttiin puunkorjuun suunnittelun ja ohjauksen, metsänuudistamisen suunnittelun, korjuun ja metsänhoitotöiden laadun seurannan sekä talousmetsien luonnonhoidon suunnittelun ja todentamisen tietotarpeisiin. Mukaan otettiin myös metsäomaisuuden hallinnan, metsätalouden suunnittelun, metsäkasvatuksen ja puukaupan osa-alueet, joissa suunnitteluun liittyy yhä enemmän vaihtoehtojen selvittämistä, toimenpide-ehdotusten arviointia sekä metsänhoidon ja hakkuiden ympäristövaikutusten seurannan vaatimuksia.

Metsien ennallistamismahdollisuuksien selvittämistä ja kohteiden valintaa ei käsitelty hankkeessa, koska ennallistamisen tavoitteet ja kriteerit ovat vielä valmisteltavana. Monet kartoituksessa käsitellyt tietotarvekysymykset ja tietolähteet soveltuvat kuitenkin hyvin myös ennallistamisen tematiikkaan. Kartoituksessa huomioitiin myös metsätalouden osa-alueet, jotka eivät suoraan liity metsissä tehtäviin toimenpiteisiin, mutta joissa tarvittavan informaation muodostamiseksi voitaisiin käyttää nykyistä tarkempaa tietoa toimijoilta kerättynä alueellisena tietona. Esimerkkeinä näistä ovat metsäsertifiointi ja luontolaadun alueellinen tai valtakunnallinen seuranta.



Kuva 7. Tietotarvekartoituksen osa-alueet.

Tietotarvekartoituksen tulokset ja havaitut kehittämistarpeet esiteltiin Metsätehon isoimmille osakkaille ja niistä keskusteltiin yhtiökohtaisesti. Keskustelujen tuloksena kuvauksia täydennettiin ja tarkennettiin. Tietotarpeen merkityksestä ja kehittämistarpeesta saatiin lisänäkemystä myös aineistojen käyttökyselyn vastauksista.

Metsäomaisuuden hallinta, metsien käytön suunnittelu ja puukauppa

Metsäomaisuuden hallintaan, metsien kasvatukseen ja käytön suunnitteluun sekä sähköiseen puukauppaan on metsänomistajille tarjolla eri toimijoiden verkkopalveluita ja mobiilisovelluksia. Avoin metsävara-, luonto- ja muu paikkatieto sekä metsätiedon standardointi ovat mahdollistaneet varsin yhdenmukaisen tietopohjan sovellusten ja palveluiden kehittämiseksi. Silti metsävaratietojen sisällössä, tarkkuudessa ja ajantasaisuudessa on tietolähteistä aiheutuvaa vaihtelua ja täsmätiedon näkökulmasta myös puutteita. Metsänhoidon ja

hakkuiden suunnittelun ja päätöksenteon lähtökohtana ovat yleensä kuviokohtaiset puustotiedot ja valmiiksi lasketut toimenpide-ehdotukset. Kuvion sisäistä puuston ja sen laadun, kasvupaikkojen ja olosuhteiden vaihtelua sekä metsätuhoriskejä pitäisi voida kuvata tarkemmin. Hilamuotoinen metsävara- ja luontotieto ja yksinpuintulkintaan perustuva puukohtainen tieto mahdollistanevat jatkossa esimerkiksi lehtipuuvaltaisten tai puuston rakennepiirteiltä poikkeavien kohteiden erottamisen muusta kuviosta täsmämetsän- ja luonnonhoitoa varten.

Metsien käytön suunnittelua ja seurantaan varten metsänomistajalle tulisi verkkopalveluissa ja mobiilisovelluksissa tarjota myös tietoa toimenpiteiden ulkopuolelle jätettävistä luontokohteista, elinympäristöistä, lajiesiintymistä ja niiden suojavyöhykkeistä. Metsäkeskuksen säästettyjen kohteiden aineisto (mm. säästöpuuryhmät ja vesistöjen suojavyöhykkeet) tullee toteutuessaan kattamaan suuren osan niistä kohteista, jotka on hakkuissa jätetty käsittelemättä. Aktiivisen metsätalouden ulkopuolelle jätettäville kohteille on jatkossakin tarve päivittää puustotiedot metsävarojen inventoinneissa tai kaukokartoituksen muutostulkinnalla sekä laskea niille puuston kasvu ja hiilensidonta. Hakkuuehdotuksia niille ei ole enää tarve muodostaa, mutta mahdolliset luonnonhoidon toimenpidesuosituksot voitaisiin liittää kohdetietoihin.

Metsänuudistamisen suunnittelu ja laadun seuranta

Metsänuudistamisen toimenpiteillä on metsien monimuotoisuuteen ja elinympäristöjen säilymiseen erityisen pitkäkestoiset vaikutukset. Metsänuudistamisen päätöksiä tehdään sekä käytettävissä olevaan puusto- ja olosuhdetietoon että epävarmempaan mallipohjaiseen tai kokemusperäiseen tietoon perustuen. Toimenpiteiden suunnittelussa arvioidaan uuden puuston kasvuun vaikuttavat olosuhdetekijät, luontainen taimettumispotentiaali, taimien kasvuun lähdön ja taimikkotuhojen riskit sekä maanmuokkauksen ympäristövaikutukset erityisesti vesistöihin. Jos kasvupaikkatyypin, maalajin karkeuden ja kivisyyden tai kosteuden vaihtelu uudistusalueella on suurta tai jos alueen joissakin osissa on olemassa merkittävä tuhoriski (esim. kuusenjuurikäpää todettu hakkuussa tai on olemassa hirvieläintuho- riski), on jakaminen pienkuvioiden täsmämetsänhoidollinen vaihtoehto. Edellytyksenä on, että muodostettavien pienkuvioiden yhteispinta-ala on toteutuksen kannalta riittävän suuri ja uudistamistyöt ovat pienkuvioiden sijoittumisen kannalta käytännössä ja kustannustehokkaasti tehtävissä.

Hakkuukonedatasta voidaan muodostaa paikkatietoa eri puulajien esiintymisestä alueen sisällä sekä mitatun pituustiedon perusteella myös arvio eri kuvionosien boniteetista. Kuviotiedoissa ei maaperän ja sen kosteuden vaihtelua kuvaavaa

tietoa yleensä ole, joten se tulisi saada selville muista tietolähteistä. Maalaji- ja kivisyystietoa ei kuitenkaan ole nykyisellään saatavissa sillä tarkkuudella, että sitä voitaisiin pienkuvioinnissa käyttää. Kaukokartoituksesta toivotaan jatkossa saatavan tietoa maaperän kosteusvaihtelusta, mutta tarkan maalajitiedon tuottamiseksi ei ole näköpiirissä kustannustehokkaita menetelmiä.

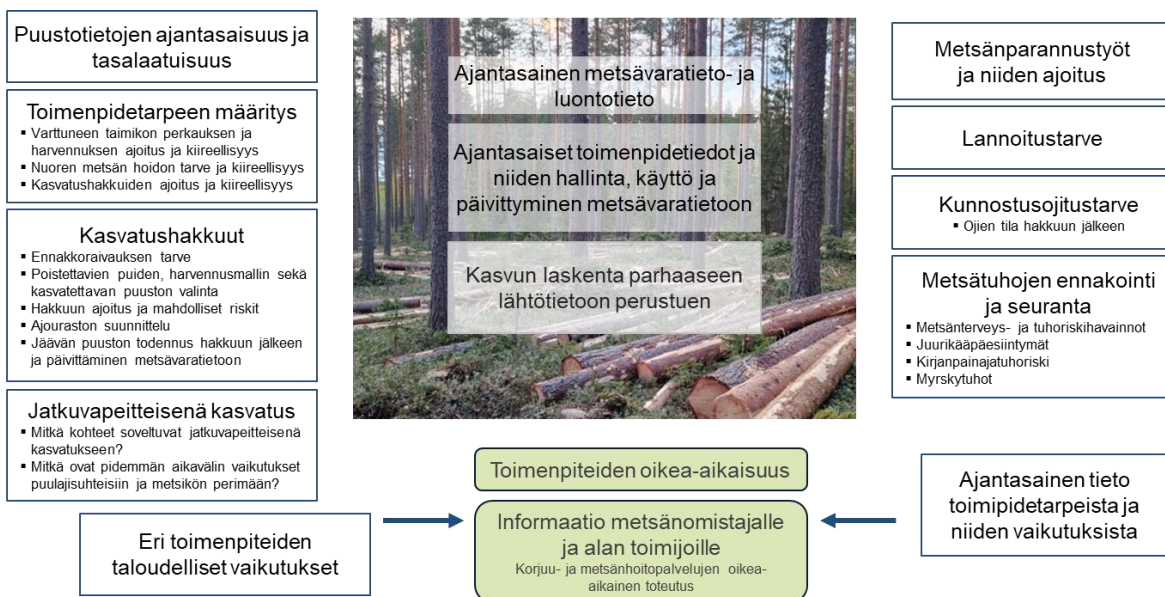
Kehittämisehdotuksena on, että metsänuudistamisen suunnittelua varten toteutuneen päätehakkukuvion rajat muodostettaisiin metsäyhtiöiden tietojärjestelmissä hakkuukoneen hpr-tiedoista automaattisesti tai käytettäisiin Metsäkeskuksen Kaato -palvelusta toimijalle palautunutta kuviointitietoa. Tiedot tulisi myös voida siirtää metsänomistajalle ja työn suunnittelijalle. Kun uudistusalueen rajat ja pinta-ala ovat tarkasti tiedossa, on vaihtoehtojen arviointi sekä resurssien mitoitus ja taimihankintojen teko luotettavampaa.

Toimenpiteiden todentamista ja laadunseuranta varten tarvitaan työn aikana maanmuokkaus- ja istutuskoneilla tai niiden karttasovelluksilla kerättyä toteumatietoa, toiminnanohjauksen omavalvontatietoa sekä mahdollisesti urakanantajan maastotarkastuksista ja koealamittauksista saatavaa tietoa. Manuaalityönä tehtävän istutuksen ja kylvön laatukontrolliin ei automaattiseen toteumatiedon tallennukseen perustuvia sovelluksia liene tarjolla. Maastoresoluutioltaan tarkkojen ilma- tai satelliittikuvien käyttö laadunseurantaan olisi mahdollista edellyttäen, että laadultaan riittäviä kuvia olisi jatkuvasti saatavissa ja tulkinta olisi automatisoitu. Taimikon varhaisperkaustarpeen ja sen kiireellisyyden arviointiin on erityinen tarve kehittää käytäntöä palvelevia menetelmiä. Laserkeilauksen ja ilmakuviin suoratulokinnasta on saatu siihen lupaavia tuloksia, mutta rajoitteena siinä voi olla kuva-aineiston ikä.

Metsänkasvatus

Metsänkasvatus ja toimenpiteiden suunnittelu ja toteutus edellyttävät ajantasaista ja laadukasta tietoa puustosta, kasvupaikasta ja tehdyistä toimenpiteistä. Tiedon tarve korostuu erityisesti metsänhoitotoimenpiteiden ja kasvatushakkuiden ajoituksessa ja metsän terveyden seurannassa. Laserkeilauksen, ilma kuva- ja yksinpuintulokinnin avulla voidaan tuottaa tarkkaa tietoa puuston rakenteesta varttuneemmissa puustoissa, mutta erityisesti nuorissa metsissä tiedon laatu vaihtelee. Taimikon hoitotarpeen ja ajoituksen arvioimiseksi tarvitaan puustotietojen ohella tarkempaa ja ajantasaisempaa tietoa vesakon määrästä, koosta (kantoläpimitta) ja pituudesta. Mikäli Metsäkeskuksen inventoinnista on kulunut aikaa, tulisi todellinen hoitotarve, alueen rajausta ja toimenpiteen ajoitus varmistaa, jotta voidaan valita kohteelle oikea perkaus- tai harvennusmenetelmä. Taimikon ja nuoren metsän hoidon toimenpidetarpeen kiireellisyyttä tulisi pystyä

arvioimaan jatkuvasti nykyistä inventointikiertoa tiheämmin. Keskeisimpiä kartoituksessa esiin nousseita kasvatushakkuiden suunnittelun tietotarpeita ovat ajantasaiset puustotiedot sekä hakkuun toteutukseen vaikuttavat tekijät, kuten ennakkoraivaustarve, poistettavien puiden valintaperusteet ja kulloinkin käytettävä harvennusmalli. Jatkuvapeitteisen metsänkasvatuksen keskeisin tietotarve liittyy menetelmän sovellettavuuteen. Tarvitaan tarkempaa tietoa siitä, millaiset metsiköt soveltuvat jatkuvapeitteiseen kasvatukseen ja mitä vaikutuksia sillä on pitkällä aikavälillä puulajisuhteisiin, metsikön geneettiseen monimuotoisuuteen ja tuhoriskeihin. Metsänterveyden seuranta ja tuhoriskien ennakointi edellyttävät ajantasaista havaintotietoa. Digitaaliset seurantajärjestelmät ja riskikartat tukevat metsänomistajia ja metsäalan toimijoita päätöksenteossa. Tuhohavaintojen tulisi olla nopealla syklillä päivittyviä ja rajapintojen kautta haettavissa tuhojen seuranta- ja ennustepalveluista. Metsänparannustöiden keskeinen tietotarve liittyy metka-tukikelpoisuuden arviointiin. Mitkä kuviot soveltuvat taimikonhoidon ja nuoren metsän kunnostuksen kohteiksi? Mitkä ovat potentiaalisia kohteita boori- ja tuhkalannoitukselle? Onko alueella kunnostusojitustarvetta? Hakkuun jälkeen tehtävä jäävän puuston todennus ja sen automatisointi sekä tehtyjen toimenpiteiden ja hakkuun jälkeisten puustotietojen päivittäminen metsävaratietoon nähtiin tärkeänä kehityssuuntana pidemmällä aikavälillä. Metsäkeskuksen Kaato -palvelussa voidaan jo nyt siirtää toteutuneen hakkuualueen tiedot metsävaratietojen päivittämiseksi ja Metsään.fi-palveluun vientiä varten. Metsänhoitotöiden toteutustietojen toimittamisen toimintamallista on myös sovittu, mutta tietojen siirto on vielä vähäistä. Jäävän puuston tietojen toimittamiseen hakkuukonedataan perustuen ei vielä ole teknisiä edellytyksiä.

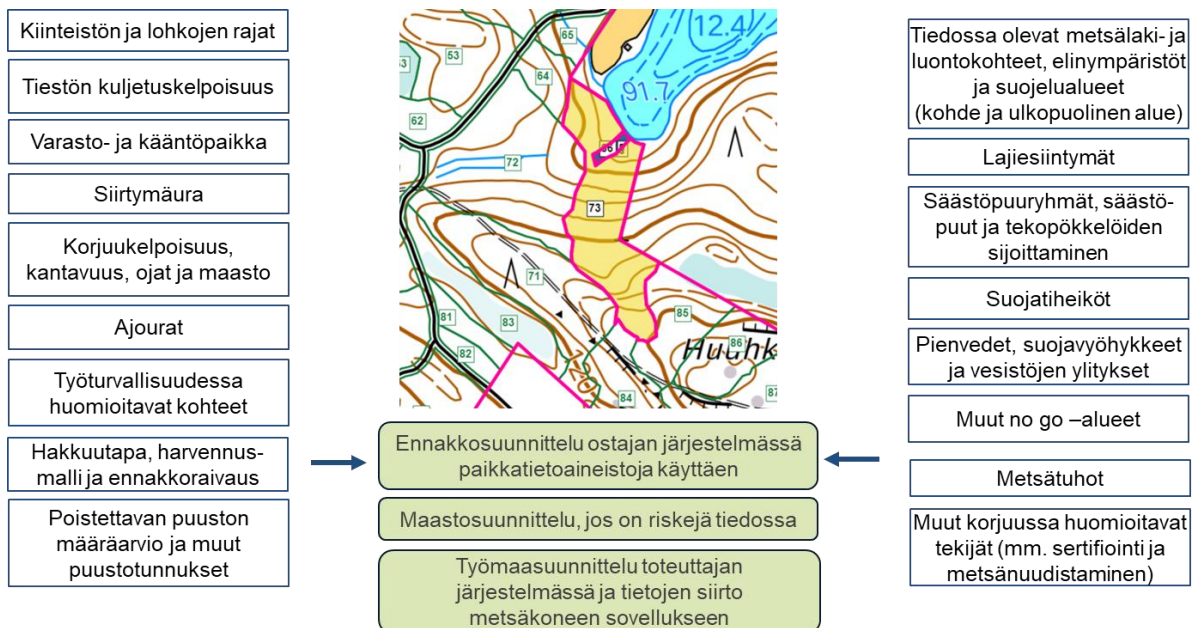


Kuva 8. Metsänkasvatuksen suunnittelun tietotarpeet ja tietolähteet.

Puunkorjuun suunnittelu ja ohjaus

Puunkorjuun operatiivisessa suunnittelussa ja ohjauksessa on paljon huomioitavia asioita, joista valtaosa pystytään käsittelemään metsäyhtiöiden ja muiden toimijoiden korjuun tietojärjestelmissä paikkatieto- ja kartta-aineistoja käyttäen ennakolta jo puukaupan teon yhteydessä ja leimikkoon tutustuttaessa (kuva 9). Avoimet metsävara- ja elinympäristökuviot, kiinteistötiedot ja metsänkäyttöilmoitukset ovat korjuun suunnittelun perusaineistoja. Niitä käyttäen suunnitellaan leimikon ja korjuulohkojen rajat ja hakkuun ulkopuolelle jätettävät kohteet sekä arvioidaan puutavaralajien hakkuukertymät. Lisäksi yleisesti käytössä on muita maastoa ja vesistöjä, korjuukelpoisuutta, luontokohteita ja lajien elinympäristöjä kuvaavia aineistoja. Tietotarpeiden kuvaamisessa painopiste oli korjuun laadun ja työturvallisuuden varmistamisessa, ympäristöriskien huomioimisessa sekä korjuussa tehtävien luonnonhoidon toimenpiteiden suunnittelussa.

Puuston määrätietojen ja keskitunnusten tarkkuus, luotettavuus ja ajantasaisuus ovat oleellisia arvioitaessa hakkuukertymiä puukauppaa, korjuun ja puutavaran toimitusten suunnittelua sekä katkonnan ohjausta varten. Täsmäpuunkorjuun tarpeisiin nähden kuvioittaiset puustotunnukset eivät aina ole riittävällä tarkkuustasolla. Hilatietojen avulla lohkojen kertymäarvioita voitaisiin kenties tarkentaa ja kohdentaa eri puutavaralajien määrät lohkon eri osille.



Kuva 9. Korjuun suunnittelussa selvittettävät asiat.

Puuston teknistä laatua kuvaavat tunnukset puuttuvat nykyisistä kuvio- ja hilatiedoista. Niiden ennustamiseen ei ole vielä olemassa laserkeilaukseen tai muihin kaukokartoitusaineistoihin ja yksinpuintulkintaan perustuvia malleja, joilla esimerkiksi elävän latvuksen tai kuivaoksaisten rungonosan pituutta voitaisiin määrittää. Puuston ulkoisen laadun arviointi onkin tehtävä maastossa silmävaraisesti. Kuviotiedoissa ei myöskään ole mukana runkolukusarjatietoa, joka kuvaisi puulajikohtaisesti puuston kokojakaumaa. Runkolukusarjatiedolle olisi käyttöä erityisesti katkontavaihtoehtojen ja katkonnan ohjausparametrien laskennassa, mutta mahdollisesti myös puukaupparjojen muodostamisessa ja vertailuissa. Tulevaisuudessa runkolukusarjojen muodostamiseksi olisikin mahdollista kehittää hakkuukonedataan perustuvia menetelmiä.

Korjuun työmaasuunnittelussa pyritään siihen, että hakkuu ja metsäkuljetus voidaan toteuttaa kustannustehokkaasti aiheuttamatta vaurioita maaperään ja kasvatettavaan puustoon, erityisesti juuristoon. Ilmaston muuttuessa maaperän kantavuudessa on yhä enemmän alueellista, paikallista ja vuosittaista vaihtelua, joka tulisi ennakoida suunnittelussa. Ajouraverkoston kattavuudella ja sijoittumisella erityisesti harvennuskohdeilla on vaikutusta korjuun ajanmenekkiin, tuottavuuteen ja laatuun sekä puuston kehitykseen hakkuun jälkeen. Maaperän kantavuus vaihtelee vuodenajan ja sääolosuhteiden mukaan, joten ajourasuunnittelu on vahvasti ajankohdan olosuhteisiin sidottu.

Tietotarvekartoituksessa yhdeksi keskeiseksi kehittämiskohteeksi metsäyhtiöt nostivatkin sääolosuhteet huomioivan reaaliaikaisen kantavuusennusteen laskentapalvelun kehittämisen, jota hyödyntäen ajourat voitaisiin suunnitella. Palvelun pitäisi olla API -rajapintaratkaisulla integroitavissa korjuun suunnittelu- ja toiminnanohjausjärjestelmiin.

Metsäkonetyössä tärkeimpiä työturvallisuuden varmistamisessa huomioitavia asioita ovat turvaetäisyydet metsäkoneisiin, liikkumista haittaavat näköesteet metsäteillä ja varastoalueella, varoetäisyydet sähkölinjoihin, jyrkänteet, vesistöjen ylitykset, myrskytuhoalueilla kaatuneet puut ja muut vaaratekijät sekä metsäpaloriski metsäpalovaroituksen aikana. Pienjänniteilmajohdot eivät yleensä näy kartoilla eivätkä ilmakuvilla. Ne tulisivatkin selvittää korjuun suunnittelun yhteydessä maastossa, koska ne voivat olla merkittävä työturvallisuusriski pimeällä ja varastoalueilla työskenneltäessä. Muista maastossa pysyvästi olevista turvallisuuteen vaikuttavista kohteista tietoa saadaan maastotietokannasta, taustakartoista ja ilmakuvilta. Korjuun suunnittelussa ne on syytä tallentaa paikkatietoihin ja esittää karttamerkein metsäkoneen karttasovelluksessa.

Puunkorjuun laadun seuranta

Puunkorjuun laadun seuranta kattaa sekä varsinaisen korjuujäljen että luonnonhoidon laadun omavalvonnan ja seurannan. Korjuujäljen laatua arvioitaessa kiinnitetään huomiota hakkuun jälkeiseen puuston ja maaperän tilaan. Korjuun laatuun vaikuttavat mm. ajourien kokonaispituus, leveys ja ajouraväli, ajourien painaumat, puuston ja juuriston vauriot, onko kasvatettavan puuston tiheys harvennusmallin ja metsikön laadun mukainen, säästettävien alueiden ja lahoppuuston huomiointi (ml. tekopötkkelöiden teko), suojavyöhykkeiden leveys sekä varastopaikan ja tiestön kunto (kuva 10).



Kuva 10. Puunkorjuun laadun seurannassa huomioitavat asiat.

Harvennusmalleihin perustuvaa harvennusvoimakkuuden reaaliaikaista seuranta tai malleihin perustuvia poistettavien puiden ehdotuksia ei ole vielä pystytty viemään hakkuukoneen tietojärjestelmiin. Se edellyttäisi joko ennakkoon kaukokartoituksella tuotettua puukarttaa tai malleilla ennustettua puulajikohtaista läpimittajakaumaa niin, että tiedot voitaisiin tarkentaa koneen kulloiseenkin työpisteeseen tai hilaruutuun. Lähtöpuustoa voitaisiin myös keilata hakkuun aikana mobiililaserkeilauksella ja muodostaa mittausdatasta jatkuvasti päivittyvää runkolukusarjaennustetta tai puukarttaa.

Korjuun laadun ja talousmetsän luonnonhoidon todentamisessa tavoitteena on mahdollisimman pitkälle automatisoitu tiedontuotantoketju. Valvonnan ja todentamisen menetelmissä on mahdollista yhdistää kaukokartoituksilla ja maastomittauksilla tuotettua paikkatietoa sekä metsäkoneiden tietojärjestelmillä tuotettua tietoa. Toistaiseksi metsäkonetiedon tuotanto perustuu metsäkoneiden –

erityisesti hakkuukoneen – omiin mittalaitteisiin ja tarkkuuspaikannusmenetelmiin, mutta myöhemmin voi olla mahdollista hyödyntää hakkuukoneissa ja kuormatraktoreissa ulkoisia mittalaitteita, kuten laserkeilaimia. Hakkuulaitteen sijaintitieto mahdollistaa jo tarkan hakkuussa käsitellyn alueen sekä sen sisällä olevien pienialaisten käsittelemättömien kohteiden (mm. säästöpuuryhmät, luontokohteet ja suojavyöhykkeet) rajojen ja pinta-alojen määrittämisen automaattisesti. Ajouraverkostojen muodostus ja niiden laatutunnusten laskenta perustuu samaan menetelmään. Menetelmä on pilotoitu ja otettavissa metsäyhtiöissä käyttöön. Ainoastaan ajouraleveyden mittaamiseen ei ole vielä olemassa tuotantokäyttöön soveltuvaa menetelmää, mutta teknisiä ja kustannuksiltaan edullisia vaihtoehtoja testataan. Tarkemman tiedon tuottamisen lisäksi metsäkonetieto ja ulkoiset mittalaitteet mahdollistavat korjuujäljen maastotarkastuksista luopumisen tai ainakin maastotarkastustarpeen pienentämisen. Metsäkoneilla tuotettavan mittaustiedon avulla voidaan siirtyä otantaan perustuvista korjuujäljen mittaussuunnitelmista kohti totaalimittausta, jossa kaikki tai ainakin lähes kaikki havaittavat mittaushaasteet mitataan.

Talousmetsien luonnonhoidon toimenpiteiden suunnittelu ja seuranta

Talousmetsien luonnonhoito on luonnon monimuotoisuuden ja luonnon tarjoamien hyötyjen ylläpitämistä ja vahvistamista metsänkäsittelyssä. Talousmetsien luonnonhoidon vaatimukset ja ohjeistukset perustuvat velvoittavaan lainsäädäntöön (mm. metsälaki, luonnonsuojelulaki, vesilaki), toimintaa ohjaaviin ohjelmiin sekä maanomistajalle vapaaehtoisten sertifiointijärjestelmien (FSC ja PEFC) asettamiin vaatimuksiin. Kaikista eri lakien mukaan suojeltavista kohteista ei ole olemassa yhdistettyä paikkatietoaineistoa. Metsälakikohteita on selvitetty Metsäkeskuksen tekemissä kartoituksissa, ja tiedot löydettyistä kohteista ovat saatavilla. Suuri osa kohteista on kuitenkin vielä löytämättä, ja niiden rajauksissa voi olla virhettä tai tulkinnanvaraisuutta. Muiden suojeltavien kohteiden, luontotyyppien, elinympäristöjen ja lajiesiintymien selvittämiseksi on olemassa avoimia aineistoja, mutta toimenpiteiden suunnittelua ja seurantaa varten ne on koottava ja muokattava toimijoiden järjestelmiin erikseen.

Säästöpuuryhmien sijoittamista ja rajaamista ei leimikon suunnittelussa ole toistaiseksi juurikaan tehty ennakoon metsäyhtiöiden suunnittelujärjestelmissä tai Metsään.fi -palvelussa. Niiden ennakkosuunnitteluun tarvitaankin jatkossa paikkatietopohjainen työkalu tai laskentapalvelu, jossa metsävaratietoja ja muita paikkatietoja käyttäen leimikon suunnittelija tai metsänomistaja saa automaattisesti ehdotuksen säästöpuuryhmiksi. Säästöpuuryhmäehdotukset voitaisiin viedä myös valmiiksi avoimeen metsävaratietoon ja Metsään.fi -palveluun

ja päivittää niitä toteutustietojen perusteella. Vastaavalle vesistöjen suojakaistojen suunnittelutyökalulle todettiin myös olevan yleistä tarvetta.

Luonnon monimuotoisuuden turvaamisen yhtenä tavoitteena on, että metsiin syntyisi lahoppuujatkumo, jossa eri asteista lahoppuuta olisi jatkuvasti olemassa riippumatta metsän kehitysvaiheesta. Hakkuualueella ja metsäuudistuskohteilla olemassa oleva pysty- ja maalahoppu tulisi jättää koskemattomaksi niin, että lahoppuusiintymien alueella ei metsäkoneilla liikuta eikä maanmuokkausta tehdä. Toimenpiteiden suunnittelua varten tarkkaa tietoa lahoppuuston sijainneista ei kuviotiedoissa tai muissakaan aineistoissa ole, vaan lahoppuusiintymien kartoittaminen on tehtävä maastossa muun suunnittelun yhteydessä. Säästöpuuryhmät on mahdollista sijoittaa jo olemassa olevien kuolleiden puiden yhteyteen. Metsäkaksonen -hankkeessa on tutkittu kuolleiden puiden ja vanhojen järeiden puiden yksinpuintulkintaa ilmakuvilta ja laserkeilausaineistoista ja saatukin niistä lupaavia tuloksia. Metsäkeskus vie tiedot tulkituista kuolleista puista jatkossa Metsään.fi -palveluun, josta ne ovat metsänomistajan nähtävissä. Avoimeen metsävaratietoon niitä ei olla toistaiseksi viemässä. Tekopötkkelöiden teolla luodaan metsiin uutta lahoppuustoa. Tekopötkkelöiden sijaintien ennakkosuunnitteluun ei ole nähty samanlaista tarvetta kuin säästöpuuryhmille. Niiden sijainnit, puulaji ja rinnankorkeusläpimitta voidaan jo nyt tallentaa hakkuukoneen erikoismerkintäkoodeja käyttäen, jolloin tekopötkkelöiden jättäminen voidaan todentaa hakkuun jälkeen.

Vanhat järeät puut, isot lehtipuut (haapa, koivu) ja jalot lehtipuut ovat arvokkaita luonnon monimuotoisuuden lisäämiseksi ja useiden lajien elinympäristöjen turvaamiseksi. Avoimessa metsävaratiedossa ei vielä ole tietoa yksittäisistä arvokkaista puista, joten korjuun toteutusta varten niitä ei voida esittää kartoilla. Kehitettävänä olevan tiheäpötkkelöisen laserkeilausaineiston ja ilmakuvien latvusgeometriaan perustuvan yksinpuintulkinnan arvioidaan kuitenkin mahdollistavan jatkossa isojen puiden tulkinnan. Talousmetsien luonnonhoitoa ajatellen olisi tärkeää, että tiedot monimuotoisuuden kannalta arvokkaista puista saataisiin avoimeen metsävaratietoon omaksi tietoa-aineistokseen, vietyä tiedot Metsään.fi-palveluun ja otettavaksi käyttöön korjuun suunnittelussa ja metsäkoneiden karttasovelluksissa.

Rehevät lehdot ja lehtolaikut ovat elinympäristöinä arvokkaita monille lajeille. Pienialaisuuden vuoksi lehdot eivät aina ole metsävaratiedoissa omina kuvioinaan, elleivät ne ole samalla metsälakikohteita tai elinympäristökuvioita. Hila-aineistoissa ja ilmakuvilla lehtolaikut voivat erottua lehtipuuvaltaisuuden perusteella muusta kuviosta, samoin metsätyypin, maaperän kosteuden tai korjuukelpoisuusluokituksen mukaan. Lehtolaikkujen ja niiden suojavyöhykkeiden

rajaaminen käsittelyalueen ulkopuolelle olisi paras tehdä paikkatietoanalyysiin perustuen metsäsuunnittelun tai puunkorjuun tietojärjestelmissä. Muita vastaavia paikkatietoaineistojen analyysillä erotettavissa olevia kohteita ovat erilaiset pienvesielinympäristöt (lähteet, kosteikot), luonnontilaiset suot, kangasmetsäsaarekkeet ojittamattomilla soilla, korkeat jyrkänteet ja niiden alusmetsät, rotkot, kurut, kalliot, kivikot, louhikot ja erityyppiset paahdeympäristöt. Suojatiheiköt ovat myös pienialaisia kohteita, jotka rajataan muun käsittelyalueen ulkopuolelle riistan ja linnuston elinympäristöjen turvaamiseksi. Suojatiheikköjen paikkoja ei käytännössä suunnitella ennakoon, mutta leimikon maastosuunnittelussa ne voidaan alustavasti valita, merkitä nauhoituksella ja tallentaa paikkatietona kartoille ehdotukseksi koneenkuljettajalle.

Pienvedet ja niiden lähiympäristöt ovat metsäluonnon monimuotoisuuden kannalta arvokkaita kohteita. Luonnontilaisten ja luonnontilaisen kaltaisten pienvesiluontotyyppien luonnontilan vaarantaminen on vesilain nojalla kiellettyä, minkä lisäksi metsälaki turvaa osaa pienvesien lähiympäristöistä. Metsälaki ei määrittele turvattavan välittömän lähiympäristön leveyttä. Lain tulkintasuosituksissa ohjeistetaan rajaamaan riittävän leveä lähiympäristö vähintään valta- ja lisävaltapuiden keskipituuden levyisenä pienveden molemmin puolin tai ympäri. Pienvesien selvittämiseksi ja pienvesityypin sekä sen luonnontilaisuuden määrittämiseksi metsätalouden toimenpiteitä varten on olemassa useita eri paikkatietoaineistoja. Niitä on joko tarkasteltava toimijoiden suunnittelujärjestelmissä erikseen tai vaihtoehtoisesti vesistöjen suojakaistatyökalussa, jonka kehittämistä hankkeessa ehdotetaan.

Luonnonhoidon tavoitteena on varmistaa olosuhteet lakisääteisesti suojeltujen, muiden uhanalaisten ja silmälläpidettävien lajien säilymiselle esiintymispaikallaan metsänkäsittelyn jälkeen tai parantaa lajin elinmahdollisuuksia talousmetsissä. Uhanalaisten lajien turvaaminen metsätaloudessa -toimintamallin mukaisesti. Lähtökohtana turvaamisessa on lajiesiintymästä saatava sijainti- ja lajin suojeluluokitustieto. Havaintotiedot lajiesiintymistä ovat saatavissa Suomen lajitietokeskuksen Laji.fi-portaalista metsätaloutta varten toteutetun Otso-haun avulla. Tietojen saatavuudessa, käyttöoikeuksissa ja käsittelyssä käyttökelpoiseen muotoon toimijoiden tietojärjestelmiin on kuitenkin ollut runsaasti vaikeuksia, epäselvyyttä ja siitä on aiheutunut päällekkäistä työtä. Ongelmat ja niiden korjaamistoimenpiteiden tarve on nyt tiedostettu.

Metsätehon kehittämä paikkatietopohjainen monimuotoisuusindeksi tukee ekologisesti kestävää metsätaloutta erityisesti puunkorjuun suunnittelussa. Sen avulla voidaan tunnistaa metsien sisäistä ekologista vaihtelua ja huomioida

luonnonhoidollisesti arvokkaat kohteet jo suunnitteluvaiheessa. Moni-Indeksi yhdistää useita ekologiaa muuttujia 4 × 4 metrin hilaruuduille. Moni-Indeksi -karttoja voidaan hyödyntää monipuolisesti metsätalouden suunnittelussa. Sen avulla voidaan suunnitella ajouraverkostoja siten, että monimuotoisuuskohteet jäävät korjuun ulkopuolelle ja kohdentaa luonnonhoidon toimenpiteitä (esim. säästöpuuryhmät, suojatiheiköt). Indeksi toimii myös osana automaattista ajourasuunnittelua, kuten MoniURA-menetelmässä (ks. kappale 3.1.5).

Hakkuussa tehtyjen luonnonhoidon toimenpiteiden todentamiskeinoina ovat hakkuukoneen toteutus- ja mittaustiedot, korjuun toiminnanohjausjärjestelmissä tallennetut toimenpidetiedot ja mahdolliset karttamerkinnät sekä kaukokartoitusmenetelmillä tuotetut tiedot toimenpidealueista ja puustossa ja kasvillisuudessa tapahtuneista muutoksista. Hakkuussa käsittelemättä jätettyjen leimikon osien (säästöpuuryhmät, metsälakikohteet, elinympäristöt, lajesiintymät ja suojavyöhykkeet) todentaminen voidaan käytännössä tehdä automaattisesti hakkuukoneen tarkkuuspaikannetun puutiedon ja poistumakuviointimenetelmän avulla korjuun päättymisen jälkeen. Poistumakuviointimenetelmä ei kuitenkaan kerro vielä säästetyn kohteen tyypistä mitään, ellei siihen liitetä muuta paikkatietoon perustuvaa tulkintaa. Jos poistumakuviointimenetelmä on tiedossa olevan metsälaki- tai muun luontokohteen alueella, voidaan tyyppi päätellä sen mukaan. Vesistöjen suojavyöhyke voidaan varsin luotettavasti tulkita rantaviivan tai uomaverkoston paikkatiedon perusteella. Säästöpuuryhmien ja suojatiheiköiden tulkinnassa voidaan käyttää latvusmallia, hilakohtaista puustotietoa tai jatkossa yksinpuin tulkinnan tietoja. Hakkuukoneen erikoismerkintäkoodilla on mahdollisuus tallentaa tehdyt tekopötkkelöt niin, että puun tietoihin rekisteröity tekopötkkelökoodin lisäksi sen koordinaatit, puulaji ja rinnankorkeusläpimitta. Tekopötkkelötiedot voidaan metsäyhtiön järjestelmässä purkaa hpr-tiedostosta, tallentaa tiedot paikkatiedoksi ja tehdä leimikkokohtaiset raportit ja karttatulosteet.

3.1.9 Aineistokartoitus

Tietoaineistojen kartoituksessa käytiin läpi metsätaloudessa ja puunhankinnassa tarvittavia paikkatietoja tuottavat suomalaiset organisaatiot ja yritykset ja selvitettiin ensisijaisesti internetissä saatavilla olevien tietojen perusteella niiden aineistotarjonta. Aineistoja kartoitettiin myös metsätalouden ja puunhankinnan tietotarpeiden lähtökohdista; ts. selvitettiin mitkä aineistot, tietolähteet ja paikkatietoa hyödyntävät työkalut olisivat käytettävissä johonkin tiettyyn tarpeeseen vai eikö sellaisia ole. Aineistoja ei ladattu tai hankittu testattavaksi tai pilotoitavaksi, mutta useita aineistoja on käytetty Metsätehossa jo aiemmin muissa projekteissa ja erilaisissa paikkatietoanalyysissä.

Aineistojen koostamisen jälkeen lähetettiin isoimmille Metsätehon osakkaille kysely aineistojen nykyisestä käytöstä, tulevaisuuden käyttötarpeista ja aineistoja koskevista kehittämis ehdotuksista. Vastaukset käsiteltiin luottamuksellisina, mutta johtopäätökset kehittämis ehdotuksista esitetään tässä raportissa.

Aineistojen lukumäärät sisältöluokituksen, käyttötapaa kuvaavan tyypin ja toimittajien mukaan on esitetty liitteessä 2. Aineistojen ominaisuudet ja käyttömahdollisuudet täsmämetsätaloudessa ja -luonnonhoidossa on kuvattu laajemmin Metsätehon Täsmämetsätalouden ja luonnonhoidon tietotarpeet ja aineistot -raportissa (julkaisu loppuvuodesta 2025). Seuraavassa esitetään yhteenvetona kartoituksessa tärkeimpinä pidettävät aineistojen käyttömahdollisuudet, käytön ongelmat tai rajoitteet ja kehittämis ehdotukset.

Metsävara- ja puustotiedot

Metsäkeskuksen avoimet metsävarojen kuvio- ja hila-aineistot ovat metsätalouden toimijoilla laajassa käytössä, mutta myös muita tietolähteitä hyödynnetään erityisesti toimintoja kehitettäessä. Täsmämetsätaloudessa hakkuut ja metsänhoitotyöt on tarpeen suunnitella joustavasti käyttäen kuvioinnista riippumattomia ja sijainniltaan tarkasti kohdennettuja puusto- ja kasvupaikkatietoja. Suurimpina ongelmina toimijat ovat kokeneet aineistojen ajantasaisuuden sekä joidenkin tietojen epätarkkuuden. Kallio2 -inventointiohjelman, laserkeilauksen pistetiheyden kasvamisen ja yksinpuintulkinnan menetelmien odotetaan mahdollistavan osittaisen puukohtaisen tiedon ja runkolukusarjojen tuottamisen osaksi puustotietoja. Näitä uusia tietoja on mahdollista käyttää monipuolisesti operaatioiden ennakkosuunnittelussa sekä korjuun ohjauksen ja seurannan järjestelmissä. Samalla kuitenkin yhdeksään vuoteen pidentyvän keilausvälin arvellaan aiheuttavan metsävaratietojen ylläpidossa ongelmia, ellei sitä pystytä estämään hakkuiden toimenpidetiedoilla ja kehittyneillä kasvumalleilla.

Elinympäristöjä ja luonnonhoitoa kuvaavat aineistot

Metsänhoidon, puunkorjuun ja luonnonhoidon suunnittelussa ja ohjauksessa käytettävissä olevia luontokohteita ja lajien elinympäristöjä kuvaavia paikkatietoaineistoja on useita, ja ne ovat myös melko kattavasti toimijoiden käytössä. Suomen ympäristökeskuksen avoimessa datassa on aineistoja, jotka on tuotettu ensisijaisesti luonnon- ja vesiensuojelun sekä ympäristönhoidon tarpeisiin. Kaukokartoitusaineistoja voidaan käyttää monimuotoisuudeltaan arvokkaiden elinympäristöjen tunnistamisessa erityisesti puuston rakennepiirteitä ja maaperän kosteutta kuvaavien tunnusten tulkinnan avulla. Maanmittauslaitoksen maastotietokannassa on mm. maastoa, maaperää ja sen vesitaloutta sekä

pienvesikohteita esittävää tietoa, jota muihin tietolähteisiin yhdistämällä pystytään käyttämään pienialaistenkin luontokohteiden tunnistamisessa. Täsmällisen monimuotoisuutta kuvaavan tiedon saatavuudessa on myös puutteita ja menetelmällisiä rajoitteita. Esimerkkinä tästä on maalahopuun määrän ja sijainnin selvittäminen, jonka tulkinta laserkeilausdatasta tai ilmakuvilta ei toistaiseksi ole mahdollista.

Lajitiedot

Suomen Lajitietokeskuksen Laji.fi-palvelu kokoaa paikkatietoa lajihavainnoista yli 600 aineistosta. Havainnot ovat ammattilaisten, harrastajien tai kansalaisten tekemiä. Palvelussa on mahdollista selata kaikille näkyvissä olevia lajihavaintoja ja myös ladata ne avoimena datana. Tiettyjen sensitiivisten lajien osalta sijaintitieto avoimessa aineistossa on tosin karkeistettu. Salassa pidettävän tarkan sijaintitiedon käyttöön saaminen edellyttää aineistopyynnön tekemistä palvelun aineistopyyntöjärjestelmän kautta. Kukin aineiston omistaja arvioi aineiston luovuttamisen ja luvan myöntämisen tapauskohtaisesti. Metsätaloustoimijat voivat tehdä halutessaan aineistopyynnön ns. OTSO-metsätalousrajauksella, jonka rajauksissa on pyritty ottamaan huomioon metsäalan toimijoiden tarpeet. Nykyinen haku ja sen rajaukset eivät kuitenkaan vielä palvele toimijoita täysin halutulla tavalla. Maa- ja metsätalousministeriön ja Ympäristöministeriön vetämä työryhmä on esittänyt muistiossaan (Raakun ja muiden suojeltujen lajien esiintymispaikkojen turvaamista metsätaloudessa koskeva työryhmä 2025) Otso-haun uudistamista.

Suojelualueet

Maanmittauslaitoksen maastotietokantaan on kerätty osana maastotietoa luonnonsuojelualueet, erämaa-alueet, luonnonmuistomerkit, muinaisjäännökset ja suojametsät. Lisäksi maankäytön osalta on tarkemmin luokiteltu merkittävät luontokohteet, niityt, lähteet ja virtavedet, jotka on aina otettava metsänhoidossa huomioon. Suomen ympäristökeskuksen avoimista aineistoista on saatavissa myös eri lakien tai asetusten perusteella valtion mailla suojeltujen alueiden sekä erityyppisten yksityisten suojelualueiden rajaukset.

Kiinteistöt, infra ja tiestö

Metsätalouden toiminnoissa tarvittavat kiinteistöjen rekisteritiedot ja kiinteistörajat saadaan kattavasti ja ajantasaisina Maanmittauslaitoksen kiinteistötietojärjestelmästä (KTJ) ja kiinteistörekisterikartasta. Tiedot ovat myös yleisesti erilaisissa kartta-aineistoissa. Kartoilla olevien digitaalisten tilarajojen osalta on tapauskohtaisesti epätarkkuuksia tai epätietoisuutta rajojen sijainnista,

mikä voi aiheuttaa rajojen selvittämisen ja aukaisutarpeen. Mahdollisuudet tallentaa metsäkoneen karttajärjestelmässä hakkuun aikana havaitut rajapyykit ja tietojen automaattinen siirto vihjetiedoksi maanmittausviranomaiselle voisivat aikaa myöten parantaa kiinteistörajojen luotettavuutta. Sähköjohtojen, maanalaisten kaapeleiden ja johtoverkostojen selvittäminen ennakolta eri verkkotoimijoiden yhteisestä palvelusta on jo pitkään ollut metsäalan toiveena. Traficomien Sijaintitietopalvelun kehittämisessä siihen on pyritty, mutta toistaiseksi palvelun valmistelu on turvallisuussyistä keskeytetty. Metsäkeskuksen keväällä 2025 julkistama yksityisteiden ja siltojen kuntoa havainnollistava karttapalvelu on osoittautunut hyödylliseksi tietolähteeksi metsätalouden toimintoja suunniteltaessa. Toiveena on, että aineisto saadaan vielä kattavammaksi, voidaan pitää ajantasaisena ja että teiden kuntotiedot voitaisiin myös hakea toimijoiden järjestelmiin rajapinnan kautta.

Maankäyttö ja kaavoitus

Kaavoitus voi rajoittaa metsätalouden harjoittamista monin tavoin alueilla, joilla metsän käyttöä ohjaa metsälain lisäksi maankäyttö- ja rakennuslaki. Maankäyttöä ohjaavat kaavamerkinnot ja määräykset ja niistä aiheutuvat rajoitukset metsätaloudelle on otettava aina huomioon suunniteltaessa hakkuita ja metsänhoitotoita kaava-alueilla, erityisesti asemakaava-alueilla, joilla saatetaan vaatia maisematyölupa. Ympäristökeskuksen yleiskaavapalvelun aineisto on sisältänyt tähän saakka lähes kaikki Suomessa voimassa olevat yleiskaavat. Tulevaisuudessa rakennetun ympäristön tiedot ovat saatavissa yhdestä yhteisestä Ryhti -järjestelmästä, jonka vaiheittainen käyttöönotto aloitettiin vuonna 2024. Kaavatietojen kyselypalvelu tulee olemaan osa Ryhti -järjestelmää. Tietotarvekartoituksessa metsäyhtiöt toivat esille kaavatietojen saatavuuden ja ajantasaisuuden nykyiset hankaluudet, erityisesti kuntien asemaakaavojen osalta.

Maasto, maaperä ja olosuhteet

Täsmäpuunkorjuussa ja muissakin metsätalouden toiminnoissa sääolosuhteet ja maaperän kyky kantaa työkoneita ratkaisevat usein voidaanko toimenpiteet toteuttaa suunnitellusti. Metsäkeskuksen korjuukelpoisuusluokitus kuvaa maaperän kantavuutta staattisten olosuhteiden pohjalta. Korjuukelpoisuus on luokiteltu kartoissa kuuteen luokkaan. Luokitusta on esitetty muutettavaksi siten, että kantavuutta kuvattaisiin mieluummin laskennallisten tekijöiden tuloksena numeerisena arvona. Luokitus ei siten määrittäisi sitä minä vuodenaikana korjuu olisi tehtävä, jolloin sitä voitaisiin käyttää paremmin dynaamisessa kantavuuden ennustamisessa. Maaperän kosteuden kuvaamiseksi käytetään myös Suomen Ympäristökeskuksen DTW-kosteusindeksimosaiikkikarttoja, jotka pohjautuvat

Luonnonvarakeskuksen tuottamiin kosteusindeksikarttoihin. Ilmatieteen laitoksen Harvester Seasons -palvelu käyttää pohjana korjuukelpoisuuskarttoja ja maaperän kosteusindeksiä. Ne yhdistetään sää- ja vuodenaikaisennusteisiin, jotka ennakoivat maaperän kosteus-, lämpötila- ja lumitilanteita. Palvelu antaa kuuden kuukauden (kesä/talvi) ennusteen hyvistä, epävarmoista ja huonoista korjuuolosuhteista. Rajoitteena Harvester Seasonsin käytölle toistaiseksi on, että sitä ei ole yhdistetty puunkorjuun tietojärjestelmiin. Tietotarvekartoituksessa yhdeksi keskeiseksi kehittämiskohteeksi metsäyhtiöt nostivatkin sääolosuhteet huomioivan reaaliaikaisen kantavuusennusteen laskentapalvelun kehittämisen, joka olisi API -rajapintaratkaisulla integroitavissa korjuun suunnittelu- ja toiminnanohjausjärjestelmiin.

Kaukokartoitusaineistot ja menetelmät

Kaukokartoitusmenetelmät jaettiin tarkastelua varten neljään luokkaan käytettävän kaukokartoitusalueen mukaan: drooni, miehitetty ilma-alus (ilmakuvaus ja ilmalaserkeilaus), kaukokartoitussatelliitit ja maanpinnalta tehtävä kuvaus. Näin voitiin yleisellä tasolla tarkastella aineistojen spatiaalisista ja temporaalisista erotuskyvyistä johtuvia eroja tuotetun tiedon hyödynnettävyyteen sekä tiedon tuottamisen kustannustekijöitä. Spatiaalinen erotuskyky vaikuttaa siihen, miten pieniä yksittäisiä kohteita voidaan havaita ja temporaalinen erotuskyky siihen, miten usein kohteesta saadaan havainto. Kolmas ominaisuus on spektrinen erotuskyky, eli kuinka kapeita aallonpituusalueita voidaan erottaa. Käytännössä spatiaalinen erotuskyky heikkenee sitä mukaa mitä useampaan (kapeampiin), aallonpituusalueeseen havainnot jaetaan (RGB kameralla saadaan korkeampi spatiaalinen erotuskyky kuin multispektri- tai hyperspektrikameralla). Tarkastelun pohjaksi arvioitiin menetelmän tekninen valmius operatiiviseen käyttöön. Visiossa lähtökohdaksi otettiin nykyinen kehitysnäkymä, joka johtaisi arvion mukaan siihen, että menetelmä on kehitetty ja testattu operatiivisessa ympäristössä ja todettu toimivaksi 5–10 vuoden kuluessa.

Metsätalouden tarpeisiin drooni-menetelmillä tuotetaan nykyisin 3D-aineistoja laserkeilauksella ja ilmakuvauksella sekä 2D aineistoja ilmakuvauksella sekä multispektriskannereilla. Aineistojen spatiaalinen erotuskyky on useita satoja pisteitä neliömetrille (3D-aineistot) ja alle senttimetrinä muutamiin tai muutamiin kymmeneen senttimetriin 2D-aineistoilla. Aineiston keruu voidaan tehdä käyttötarpeen mukaan. Drooni-menetelmillä ei voida käytännössä kattaa suuria alueita. Aineistomäärät kasvavat helposti suuriksi, minkä vuoksi suurilla alueilla tiedonsiirto- ja laskentakapasiteetti voi muodostua rajoittavaksi tekijäksi. Tulevaisuudessa droonien tehokkuus paranee (pidempi lentoaika, useita sensoreita samassa droonissa, reaaliaikainen datan esikäsittely, reunalaskenta),

autonomisuus lisääntyy ja voidaan ottaa käyttöön useista drooneista koostuvia laivueita. Droonien käyttömahdollisuudet lisääntyvät jatkuvasti. Drooneja voidaan käyttää myös metsän sisällä tehtävään kuvaukseen, jolloin saadaan tarkempaa tietoa esimerkiksi puuston laadusta ja maastosta. Menetelmät soveltuvat kuitenkin jatkossakin pienehköjen alueiden tiedon keruuseen (tarkastustoiminnassa kuvio tai ryhmä kuvioita, inventointityyppisessä tehtävässä esimerkiksi yksi tila tai tilakokonaisuus). Hyperspektriaineistojen käyttö on vielä tutkimusasteella ja laitteiden hinta korkea.

Ilmakuvaus- ja ilmalaserkeilausaineistoista Suomessa merkittävimpanä säilyy kansallisten keilaus- ja ilmakuvausohjelmien tuottama aineisto.

Laserkeilausaineiston spatiaalinen erotuskyky nousee kahteenkymmeneen pisteeseen neliömetrillä nykyisestä viidestä. Tämä mahdollistaa tarkempien analyysituotteiden tekemisen, kuten tiedon tuottamisen yksittäisen latvuksen tasolla joissain tapauksissa. Puulajien erottelu paranee etenkin sekapuustoissa.

Toisaalta ajallinen erotuskyky heikkenee, kun sama alue keilataan nykyistä harvemmin. Ilmakuvauksen spatiaalinen erotuskyky säilyy entisellään, vaikka laatu voi parantua. Menetelmien sääkriittisyys lisää epävarmuutta ja nostaa kustannuksia, eikä tähän ole nähtävissä parannusta. Menetelmät soveltuvat parhaiten laajojen alueiden (yli 100 neliökilometriä) tiedon tuotantoon. Multispektri- ja hyperspektriaineistojen osalta menetelmät ovat tutkimusasteella ja käyttö on vähäistä, eikä monikanavakeilaus ole joistain arvioista huolimatta yleistynyt metsätiedon tuottamisessa.

Kaukokartoitussatelliittimenetelmät voivat olla joko optisiin tai tutkasatelliittiaineistoihin perustuvia. Optiset aineistot ovat tyypillisesti multispektriaineistoja, mutta myös hyperspektriaineistoja alkaa olemaan saatavilla. Maksuttomien satelliittiaineistojen spatiaalinen erotuskyky on nykyisin noin 10 metriä ja paranee hitaasti. Viidestä kymmeneen vuoden visiossa maksuttomien multispektriaineistojen spatiaalinen resoluutio on noin 5 metriä. Uudet L-kanavan SAR tutkasatelliitit ovat mielenkiintoisia metsätiedon tuottamisessa. Tutkasatelliittien kyky tuottaa ainestoa lähes sääolosuhteista riippumatta tekevät niistä hyvin soveltuvia muutosten seurantaan. Lisäksi tutkasatelliiteilla on mahdollista tuottaa seurantatietoa maan pintakerroksen kosteuden muutoksesta, tosin menetelmät ovat tutkimusasteella. Kaupallisten satelliittien spatiaalinen erotuskyky on maksuttomia aineistoja korkeampi ja temporaalinen erotuskyky on korkea; sama alue voidaan tarvittaessa kuvata vaikka joka päivä. Maksuttomiin satelliittiaineistoihin perustuvat menetelmät sopivat hyvin laajojen alueiden jatkuvaan seurantaan. Satelliittiaineistot voidaan yhdistää ilmakuvaus- ja ilmalaserkeilausaineistojen kanssa esimerkiksi puulajitulkinnan

parantamiseksi. Pilvet ja ilmakehän epäpuhtaudet ovat ongelma optisia satelliittikuva-aineistoja käytettäessä. Kaupallisia satelliitteja käytettäessä voidaan tilauksen yhteydessä määritellä hyväksyttävä kuvaolosuhde. Kaupallisten satelliittien määrä kasvaa, jolloin temporaalinen erotuskyky ja alueellinen kattavuus paranee.

Mobiililaserkeilauksella (MLS) ja maanpäällisellä laserkeilauksella (TLS) tarkoitetaan maanpinnalta, yleensä käsikäyttöisellä laitteistolla, tapahtuvaa laserkeilausta. Maanpinnalta tarkasteltuna saadaan pienipiirteistä ja yksityiskohtaista tietoa puustosta ja kuvion sisäisestä vaihtelusta, koska yksinpuintulkinta onnistuu luotettavasti. Tulevaisuudessa on mahdollista kiinnittää laserkeilain metsäkoneeseen tai muuhun operatiiviseen laitteeseen. Tällöin aineisto kerätään samalla muun operaation ohella, mikä laskee kustannuksia ja kerätty tieto on ajantasaista (esim. puuston tila saadaan välittömästi hakkuun jälkeen) tai jopa reaaliaikaista (esim. kuljettajaa avustava järjestelmä). Haasteena nähdään laitteiston hinta, laitteiston kestävyys hakkuukoneessa sekä kasvavan datan mukana tuleva raskas laskenta.

Metsäkonetiedot

Metsäkonetiedolla tarkoitetaan koneen tietojärjestelmään työn toteutusta varten lähetettävää tietoa ja työn aikana järjestelmässä tuotettavaa uutta tietoa. Hakkuukoneen tuotanto- ja mittaustietojen hyödyntämistä on jo vuosien ajan kehitetty ja otettu metsäyhtiöissä myös käyttöön mm. erilaisiin seuranta- ja analysointitehtävissä. Hakkuukonedatan käyttömahdollisuuksia on esimerkiksi metsävaratiedon päivityksessä (Metsäkeskuksen Kaato -palvelu), maaston kantavuuden ennustamisessa, puusto- ja maaperätietojen keruussa kaukokartoituksen referenssitiedoksi sekä puutavaran laadun ennakkoinnissa sekä luonnonhoidon toimenpiteiden – kuten metsälaki- ja luontokohteiden säästöpuuryhmien tai suojakaistojen todentamisessa. Metsäkonetiedon hyödyntämistä ohjaa *Metsäkonetiedon omistusta, käyttöä ja käsittelyä koskevat periaatteet -suositus*. Tavoitteena on selkeyttää tiedon omistajuuden ja käytön pelisääntöjä sekä edistää sovellusten ja palveluiden kehittämistä.

Metsätuhot

Luonnonvarakeskuksen ja Metsäkeskuksen metsätuhojen seuranta- ja riskiennustepalvelut ovat karttapalveluita, joissa joko esitetään jonkin metsätuho aiheuttajan havaintotietoja tai ennustetaan tuhoriskiä puustotietojen ja leviämistä ennustavien mallien avulla. Käytön rajoitteena on, että palveluista ei ole voinut ladata paikkatietoja toimijoiden tietojärjestelmiin. Kehittämisehdotuksena on, että palveluihin rakennettaisiin rajapinnat, joita käyttämällä voitaisiin tehdä alueellisia

tai kuviokohtaisia kyselyitä havaituista tuhoista ja niiden riskeistä. Tuhojen, erityisesti kirjanpainajan ja muiden nopeasti syntyvien hyönteis- ja abioottisten tuhojen havainnointiin voidaan käyttää erilaisia kaukokartoitusaineistoja ja muutostulkinnan menetelmiä. Niiden tutkimukseen, pilotointiin ja havaintotietojen nopeaan jakamiseen on syytä myös laittaa kehityspanoksia.

3.1.10 Kehittämisehdotukset

Tietotarve- ja aineistokartoituksen yhtenä tavoitteena oli tunnistaa, arvioida ja kuvata täsmämetsätalouden ja -luonnonhoidon aineistojen ja tietolähteiden eri ominaisuuksien, saatavuuden ja käytettävyyden, sekä toimenpiteiden suunnittelun ja seurannan työkalujen kehittämistarpeita. Tavoitteena oli myös arvioida aineistojen käyttöön liittyviä periaatteita ja määrittää toimintamallien kehittämisen tarpeita ja toiminnoissa syntyvän tiedon avoimuutta, käyttöoikeuksia ja jakelun pelisääntöjä. Kehittämisehdotukset on esitelty taulukoissa 7 ja 8 ja ne on kuvattu laajemmin Metsätehon Täsmämetsätalouden ja -luonnonhoidon tietotarpeet ja aineistot -raportissa (julkaistaan loppuvuodesta 2025).

Kehittämisehdotusten kustannuksien ja hyötyjen analysointiin ei hankkeessa ollut mahdollisuuksia. Myöskään ehdotusten priorisointiin ei oteta kantaa, mutta mahdolliset kehittämisen vastuuorganisaatiot ja siihen osallistuvat tahot on nimetty. Tavoitteena on, että kehittämisehdotuksiin voivat tutkimuslaitokset ja alan kehittäjätahot vapaasti tarttua ja että niiden merkittävydestä ja toteutusedellytyksistä keskusteltaisiin metsäalan toimijoiden yhteistyöryhmissä. Ehdotukset tullaan esittelemään Metsätehon puuntuotannon ja puunkorjuun kehittämisryhmissä.

Metsää koskevalle paikkatiedolle voi olla käyttömahdollisuuksia myös muilla toimialoilla, esimerkiksi huoltovarmuuden ennakkoinnissa ja luontomatkailussa. Vastaavasti erilaista muualla tuotettua ympäristö- ja luontotietoa tarvitaan yhä enemmän erilaisissa metsänkäsittelyn seurantatehtävissä ja toimenpiteiden vaikutusten arvioinnissa.

Metsätalouden toiminnoissa metsäkoneilla ja laitteilla tuotettujen aineistojen, niiden jatkojalostamisen ja avoimen jakamisen toimintamallit ovat vielä jäsentymättä. Uuden tiedon tuottamisessa onkin otettava huomioon teknisten edellytysten lisäksi lainsäädännön rajoitteet, liiketaloudelliset näkökohdat ja toimijoiden tuotekehitys.

Kehittämiskohde	Kehittämistarpeet	Vastuuorganisaatiot
Metsävara- ja puustotiedot ja niiden laskenta-aineistot	Puustotunnusten tarkkuuden parantaminen Monimuotoisuuden kannalta arvokkaiden yksittäisten puiden sekä runkolukusarjatietojen sisällyttäminen kuvio- ja hilatietoihin Hakkuun ja metsänhoitotöiden toimenpidetietojen kattavuuden lisääminen Kaato -palvelussa Metsävaratietojen ajantasaisuuden varmistaminen Hila-aineiston, puustotulkinnassa muodostettavien mikrokuvioiden ja latvusrajattujen yksiköiden jakelu Kasvumallien kalibrointi Tarkkuuspaikannetun hakkuukonedatan käyttö puustotulkinnan aineistona (pilotointi) Satelliittikuvien käyttö muutosten seurannassa Laserkeilausaineiston raakadatan tilaamisen ja lataamisen kehittäminen (MML:n latauspalvelu)	Metsäkeskus Kaukokartoitusta ja puustotulkintaa tekevät yritykset Maanmittauslaitos / Paikkatietokeskus VTT Tutkimuslaitokset Metsäteho
Hakkuussa säästetyt luontokohteet ja suojavaöhykkeet	Hakkuussa säästettyjen kohteiden aluerajausten toteutus Kaato -palvelussa - toteutustietojen toimittamisen suosituksen päivitys - prosessoinnin ja tietojen palautuksen muutokset Informaatio säästetyistä kohteista metsänomistajalle hakkuun jälkeen (yhtenäiset käytännöt, aluerajausten siirto paikkatietona) Hakkuukonetietojen käyttö Metsäkeskuksen säästetyt kohteiden tietojen tuotannossa Luonto- ja säästettyjä kohteita koskevien tietojen yhtenäistäminen (tietosisältö, esitystapa, koodistot)	Metsäkeskus Metsäteho Metsäyhtiöt MMM
Lajitiedot	Lajiesiintymätietojen saatavuuden ja luvituksen helpottaminen Toimialalle yhteinen ja ajantasainen lajiesiintymätietojen aineisto Toimijoiden ja viranomaisten välinen tietojen jakelun ja hallinnan toimintamalli	MMM ja YM Lajitietokeskus Metsähallitus Metsäteollisuus ry Metsäyhtiöt Metsäteho Metsäkeskus
Korjuukelpoisuusluokitus ja maaston kantavuustiedot	Maaston staattisen kantavuusluokituksen kehittäminen	Luonnonvarakeskus Tutkimuslaitokset Metsäteho Metsäkeskus
Maalaji- ja maaperätiedot	Maastoresoluutioltaan tarkempien maalaji- ja kivisyysaineistojen kehittäminen	GTK Tutkimuslaitokset
Moni-Indeksi -kartat	Moni-Indeksin validointi ja konseptitestausta	Metsäteho Metsäyhtiöt
Kaavatiedot	Karttojen tuotteistamisen ja jatkuvan tuotannon malli Yleis- ja asemakaavatietojen jakelun parantaminen (Ryhti -palvelun käyttö)	SYKE YM Metsäkeskus
Metsätuhojen seuranta-aineistot ja palvelut	Metsätuhojen seuranta- ja tuhoriskien ennustepalveluiden rajapintojen ja integrointimahdollisuuden kehittäminen	Luonnonvarakeskus Metsäkeskus

Taulukko 7. Tietoaineistojen kehittämistarpeet sekä tietojen jakelun ja käytön periaatteet.

Kehittämiskohde Dynaaminen kantavuuden ennustaminen	Kehittämistarpeet Sääolosuhteet huomioivan reaaliaikaisen maaperän kantavuusennusteen laskentapalvelun kehittäminen (Harvester Seasons) Palvelun integrointi korjuun toiminnanohjausjärjestelmiin Korjuun ulkopuolelle jätettävien kohteiden hallinta työmaasuunnittelussa ja metsäkoneiden karttajärjestelmissä – luontokohteet, arvokkaat elinympäristöt, lajiesiintymät – yhdenmukaiset käsittelyohjeet Karttamerkkien yhtenäistäminen ja metsätietostandardin koodistojen käyttö koneiden karttasovelluksissa Erikoismerkintäkooditietojen jakaminen hakkuukoneen mittalaitteen ja karttasovelluksen välillä Karttasovellusten käyttö erityiskohteiden tallentamisessa ja tietojen siirto (StanForD ogr-tiedosto tai muu tapa) Paikkatietoaineistojen integrointi korjuun ja metsänhoidon toiminnanohjausjärjestelmiin ja karttasovelluksiin (API –rajapinnat)	Vastuuorganisaatiot Ilmatieteen laitos Metsäteho Metsäyhtiöt Sovelluskehittäjät
Koneenkuljettajaa avustavat järjestelmät ja sovellukset	Korjuun ulkopuolelle jätettävien kohteiden hallinta työmaasuunnittelussa ja metsäkoneiden karttajärjestelmissä – luontokohteet, arvokkaat elinympäristöt, lajiesiintymät – yhdenmukaiset käsittelyohjeet Karttamerkkien yhtenäistäminen ja metsätietostandardin koodistojen käyttö koneiden karttasovelluksissa Erikoismerkintäkooditietojen jakaminen hakkuukoneen mittalaitteen ja karttasovelluksen välillä Karttasovellusten käyttö erityiskohteiden tallentamisessa ja tietojen siirto (StanForD ogr-tiedosto tai muu tapa) Paikkatietoaineistojen integrointi korjuun ja metsänhoidon toiminnanohjausjärjestelmiin ja karttasovelluksiin (API –rajapinnat)	Metsäkonevalmistajat Sovelluskehittäjät Metsäteho Metsäkeskus
Ajouraverkoston ennakkosuunnittelu	Ajouraverkoston ennakkosuunnittelun (MoniURA) työkalun kehittäminen ja testaus Rajapinnat suunnittelusovelluksesta korjuun toiminnanohjausjärjestelmiin ja hakkuukoneiden karttasovelluksiin	Metsäteho Metsäyhtiöt Puunkorjuun sovelluskehittäjät Metsäkonevalmistajat
Ajouraverkoston laadunseuranta (AATU)	Automaattisen ajouraverkoston laadunseurannan (AATU) pilotointi ja käyttöönotto metsäyhtiöissä Toimintamalli ajouratunnusten sisällyttämiseksi korjuujäljen seurantaan ja palautteeksi korjuuyrittäjälle ja metsänomistajalle	Metsäteho Metsäyhtiöt Puunkorjuun sovelluskehittäjät
Harvennusvoimakkuuden ja jäävän puuston seurantamenetelmä	Harvennusvoimakkuuden seurantamenetelmien kehittäminen – työn aikainen seuranta kuljettajan tueksi sekä korjuun laadun omavalvontajärjestelmä – laskentamenetelmä yksinpuintulkitun ja malleilla muodostetun puustotiedon yhdistämiseksi hakkuukonetietoon Jäävän puuston estimointimenetelmän kehittäminen – hakkuukoneen mittaustietoihin perustuva menetelmä – hakkuukoneen mobiililaserkeilaus ja puukartan muodostus	Metsäkonevalmistajat Sovelluskehittäjät Metsäteho Metsäyhtiöt Tutkimuslaitokset
Kehittämiskohde Metsänuudistamisen pienkuviointi	Kehittämistarpeet Kasvupaikan ja olosuhteiden mukainen metsänuudistamisen automaattinen pienkuviointi – hakkuukonetietojen ja kaukokartoituksesta saatavan kasvupaikkatiedon yhdistäminen ja käyttö	Vastuuorganisaatiot Metsäyhtiöt Sovelluskehittäjät Luonnonvarakeskus Metsäkeskus

	– Luken mikrokuviointialgoritmien parametrisointi ja testaus – pienkuviointia tukevien laskentamallien kehittäminen (vesakoituminen, taimikkotuhoriskit, vesistövaikutukset)	
Metsänuudistamistuloksen seurannan menetelmät	Pienkuviotietojen hallinta metsävaratiedoissa ja järjestelmissä Uusien kaukokartoitusmenetelmien käyttömahdollisuuksien selvittäminen mm. vesakoitumisriskin arvioinnissa – satelliittikuvat, drooni-ilmakuvat	Metsäyhtiöt Sovelluskehittäjät Kaukokartoitusyritykset
Säästöpuutyökalun jatkokehitys	Avoin laskentapalvelu, joka muodostaa säästöpuuryhmäehdotukset käyttäjän asettamien parametrien mukaan Ehdotusten tuottaminen valmiiksi metsävaratietoihin ja Metsään.fi -palveluun sekä ehdotusten päivitys toteutustiedon perusteella Rajapintapalveluiden kehittäminen integrointeja varten (valmiiden ehdotusten kysely tai säästöpuuryhmäehdotuksen teko)	Metsäteho Metsäkeskus Metsäyhtiöt Sovelluskehittäjät
Suojakaistatyökalu	Avoin laskentapalvelu vesistöjen suojakaistaehdotusten muodostamiseksi (aineistot, laskennan parametrit, vesistövaikutusmallit) Ehdotusten tuottaminen valmiiksi metsävaratietoihin ja Metsään.fi -palveluun sekä ehdotusten päivitys toteutustiedon perusteella Rajapintapalveluiden kehittäminen integrointeja varten (valmiiden ehdotusten kysely tai suojakaistaehdotuksen teko)	SYKE Tutkimuslaitokset Tapio Oy Metsäkeskus Metsäteho Metsäyhtiöt
Luontolaadun todentaminen ja seuranta	Hakkuukonetiedon käyttö metsäyhtiön omassa luonnonhoidon seurannassa (säästettyjen kohteiden hakkuukuviointi, erikoismerkintäkoodien implementointi korjuussa) Luonnonhoitotietojen jakaminen metsänomistajalle Toimintamalli luontolaatutietojen kokoamiseksi toimijoilta alueelliseen seurantaan	Metsäyhtiöt Metsäteho Metsäkeskus Tapio Oy

Taulukko 8. Tietojärjestelmien, sovellusten, menetelmien ja toimintamallien kehittämistarpeet.

TP:4 Menetelmien pilotointi

Metsäkeskuksessa on kehitetty menetelmä, jolla pyritään löytämään nuoren metsän hoidon (nmh) metka-hakemuksista tekemätöntä tai liian vähän tehtyä työtä. Tulkinnessa käytetään Ilmatieteenlaitoksen ja SYKE:n tuottamaa NDVI-kasvillisuusindeksiä, joka on laskettu Sentinel-2-satelliitin aineistosta. NDVI-indeksi on koko Suomen kattava rasteriaineisto 10 x 10 metrin ruudukossa, ja se perustuu kasvillisuuden heijastamaan valoon. Tämän lisäksi hyödynnetään metsävara hila -aineistoa, jonka avulla määritetään kuvion ylispuustoiset alueet ja aukkoisuus. NDVI-indeksin alueellisten keskiarvojen laskentaa varten käytetään metsämaskia ja kitu- ja joutomaita, jotta tarkastelu voidaan rajata metsäisiin alueisiin.

NDVI-analyysissä nmh-ilmoituskuviolle lasketaan indeksin mediaani kolmen vuoden tarkastelujaksolta. Tarkastelussa seurataan indeksin muutosta ajankohtana, jolloin työ on ilmoitettu tehdyksi. Lisäksi lasketaan alueellinen mediaani kahden kilometrin säteellä olevista metsämaskikuvioista. Laskennasta poistetaan kitu- ja joutomaat, jotta mukaan jäävät vain metsäiset kohteet. Näin voidaan havaita yleinen muutos indeksissä ja samalla minimoida vuotuisten sääolojen vaihtelun vaikutus.

Analyysillä etsittyjen riskikohteiden pilotointi tuotantokäytössä on tehty koko Suomen kattavasti Kestotäsmä-hankkeessa. Ensivaiheen maastotarkastukset kesällä 2025 antoivat lupaavaa näyttöä menetelmän toimivuudesta. Kohdevalinnat olivat osuneet pääosin hyvin. Koska ensimmäisen vaiheen kohteiden maastohavainnoissa huomattiin kuitenkin metsikkökuvion lehtipuustoisuuden tuovan haasteita satelliittitulkintaan, lähdettiin tulkintaa kehittämään suodatus mahdollisuuksia metsävarahiloilta.

Analyysissä hyödynnetään metsävarojen hila-aineistoa nmh-ilmoituskuvioiden lehtipuuden osuuksien tarkasteluun. Metsämaalla sijaitseville hiloille lasketaan kaksi suhdelukua, jotka kuvaavat lehtipuun osuutta: lehtipuun pohjapinta-alan (m^2/ha) suhde kokonaispuuston pohjapinta-alaan (m^2/ha) sekä lehtipuun runkoluvun (kpl/ha) suhde kokonaispuuston runkolukuun (kpl/ha). Analyysiin sisällytetään vain hilat, joilla kokonaispuuston pohjapinta-ala oli vähintään 8 m^2/ha . Kuvioiden rajoille jääneiden, osittain kuvion sisälle osuvien hilojen suhdeluvut painotetaan sen mukaan, kuinka suuri osa hilan pinta-alasta sijoittuu kuvion sisäpuolelle. Lopuksi kullekin nmh-kuvioille lasketaan siihen kuuluvien hilojen keskiarvo molemmista suhdeluvuista. Tällaisilla raja-arvoilla saadaan suodatettua hankalimmat kohteet satelliittitulkinnasta.

Loppukesällä 2025 Metsäkeskus hankki Kestotäsmä-hankkeen rahoituksella kuvausdronen, joka on varustettu sekä RGB- että lämpökamerasensorilla. Hankinta toteutettiin hankesuunnitelman mukaisesti tukemaan korjuujälkikohteiden ja latvusten alapuolelta toteutettavaa aineistonkeruuta, sillä aiemmin selvitetty ostopalveluratkaisu ei osoittautunut tarkoituksenmukaiseksi.

Dronea hyödynnettiin loppukesän ja syksyn aikana useilla kohteilla, lentäen latvusten alla ja kokeillen eri lentokorkeuksia (30–100 m). Lämpökamerasensoria käytettiin kokeellisesti kosteiden alueiden sekä pintaan purkautuvien pohjavesikohteiden paikantamiseen. Tulosten perusteella lämpökameratekniikka voi tuoda lisätehokkuutta puuttuvien metsälakikohteiden kartoittamiseen sekä tunnistettujen kohteiden varmentamiseen.

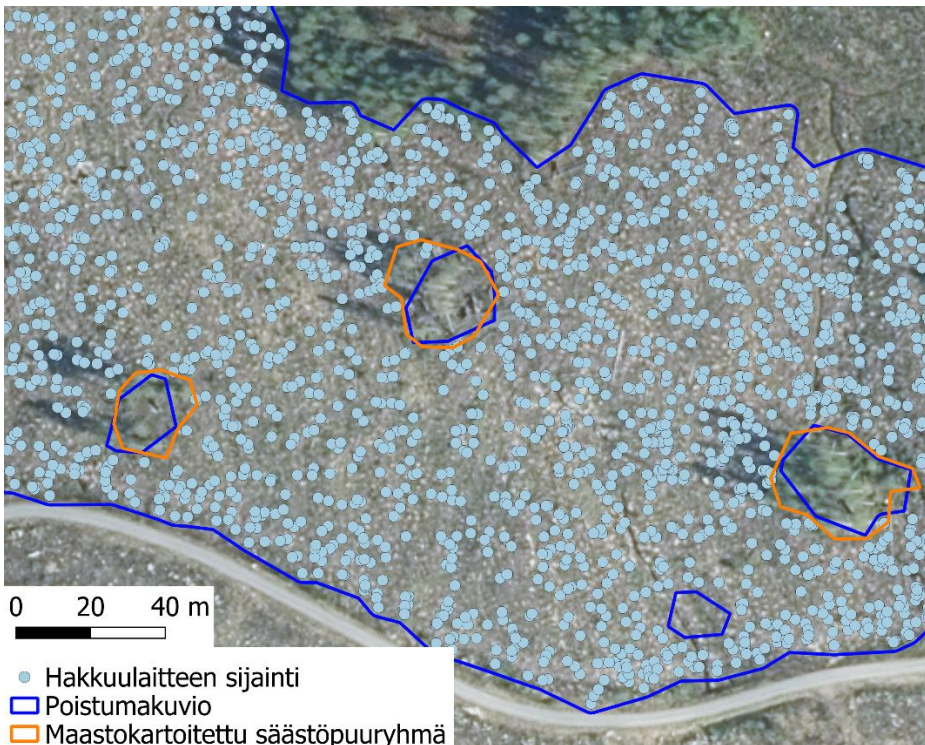
Hankinnan myötä saatiin arvokasta kokemusta siitä, missä määrin kuvaustoimintaa on jatkossa tarkoituksenmukaista toteuttaa ostopalveluna ja missä tilanteissa Metsäkeskuksen oma kuvausaineisto tarjoaa riittävää ja kustannustehokasta tukea päätöksenteolle ja maastotyölle. Lisäksi tunnistettiin uusia käyttömahdollisuuksia dronetiedonkeruulle, joiden avulla voidaan jatkossa tehostaa Metsäkeskuksen prosesseja metsälain valvonnassa.

VTT:n osuuden satelliittikuvien hyödyntämiseen kehitettyjä menetelmiä pilotoitiin Metsäkeskuksen toimittamilla kohdealueilla. Metsikkökuvioiden pitkän aikavälin seuranta pilotoitiin 110 kohdekuviolla Ylivieskan alueelta. Pilottikohteille tuotettiin NDVI-aikasarja ja muutosindikaattori, ja indikaattorille asetetun kynnsarvon ylittäneiden muutosten ajankohdat. Säästöpuiden luokitteluun laadittua U-Net-mallia pilotoitiin Tampereen keilausalueella.

Luonnonhoidon toimenpiteet osana puunkorjuun laadunhallintaa voidaan todentaa yhdistämällä toteutuneita kuviorajauksia muihin aineistoihin. KESTOTÄSMÄ-hankkeen pilotissa selvitettiin hakkuulaitteen sijainneista tuotettujen poistumakuvioiden rajautumisen tarkkuutta luontokohteisiin ja vesistöihin nähden. Säästettyjen kohteiden rajauksina käytettiin mm. Suomen metsäkeskuksen erityisen tärkeitä elinympäristöjä, Maanmittauslaitoksen maastotietokannan vesistöjä sekä maastokartoitusaineistoa mm. säästöpuuryhmiä.

Poistumakuvioiden rajausten tarkkuus oli keskimäärin yksi metri luontokohteisiin nähden. Vesistöjen suojavyöhykkeiden leveyden määrittäytarkkuus laskennallisesti poistumakuvioiden avulla oli noin 1–2 m. Jopa vain 200 m² käsittelemättömiä säästöpuuryhmiä (~ 10 päätehakkuukokoista puuta) pystyttiin tunnistamaan poistumakuvioista, ja yli 600 m² säästöpuuryhmät erotettiin käytännössä kaikki. Esimerkki säästöpuuryhmien tunnistamisesta poistumakuvion avulla on kuvassa 11.

Hakkuukonetiedon käytön avulla käsittelemättömät alueet voidaan todentaa hyvällä tarkkuudella, ja tunnettujen luontokohteiden rajausten vertaaminen toteumakuvioiden kanssa voidaan automatisoida. Näin on mahdollista tehdä kattavasti näkyväksi mm. metsäsektorin luonnonhoidon eteen tekemät toimenpiteet. Jatkossa poistumakuvioiden ja käsittelemättömien kohteiden rajauksia voidaan yhä tarkentaa esimerkiksi erottelemalla säästettäviltä kohteilta poimintahakatut rungot runkotason koodien (StemCode) avulla hakkuukonetietoon.



Kuva 11. Esimerkki säästöpuuryhmien tunnistamisesta hakkuukonetiedosta laskennallisesti tuotetun poistumakuvion avulla. Kuvioon rajautuu käsittelemättömiä alueita, jotka vastaavat hyvin maastokartoitettuja säästöpuuryhmiä.

AATU-menetelmää pilotoitiin toteutuneiden ensiharvennusten hakkuukoneaineistolla (N = 1234). Pilotoinnissa löydettiin ajouraverkostoltaan suosituksista poikkeavia kohteita, ja niistä suurimmalle osalle (96 %) löydettiin poikkeamaa selittävä tekijä avoimista paikkatietoaineistoista. Maaston korkeuserot ja ojat, sekä kuvion muoto olivat yleisimmät syyt poikkeamille. Näin ollen AATU-menetelmän avulla voitiin todeta tällaisten poikkeamien olevan perusteltuja maastonpiirteiden takia. Kuljettajan osaamattomuudesta tai tarkoituksellisista laiminlyönneistä johtuvia poikkeamia ei havaittu tämän työn aineistossa.

AATU-menetelmän hyötynä on mm. valtakunnallinen kattavuus ja objektiivisuus ensiharvennusten ajouraverkostojen laadunseurannassa. Avoimien paikkatietojen käyttäminen ajouraverkostojen poikkeamien tunnistamisessa vähentää korjuun

laadun maastotarkastusten tarvetta ylipäättään. AATUn avulla maastotarkastuksia voidaan lisäksi suunnata sellaisille kohteille, joilla niistä on eniten hyötyä.

Pilotoinnin perusteella AATU on potentiaalinen menetelmä mm. metsäyhtiöiden puunkorjuun laadun automaattiseen omavalvontaan. Jatkossa AATU-menetelmän olosuhdetekijöiden tarkastelu voidaan automatisoida käyttämällä avoimia tietolähteitä, kuten Maanmittauslaitoksen maastotietokantaa ja Suomen metsäkeskuksen hilamuotoista metsävaratietoa.

TP:5 Viestintä

Hankkeen viestintä toteutettiin suunnitelmallisesti ja monikanavaisesti, tukien hankkeen tavoitteita ja lisäten sen vaikuttavuutta. Viestinnässä nostettiin esiin täsmämetsätalouden ja kestävän metsien käytön teemoja eri kohderyhmille suunnatuin sisällöin. Hankkeelle perustettiin omat verkkosivut Metsäkeskuksen sivustolle sekä partneriorganisaatioiden kanaviin, ja laadittiin yhteinen viestintäsuunnitelma, jossa määriteltiin vuosikello toimenpiteineen.

Viestintää toteutettiin muun muassa mediatiedottein, artikkelein, sosiaalisen median kanavissa sekä asiantuntijaryhmien ja raporttien kautta. Hankkeen tuloksia esiteltiin alan verkostoissa, kuten Location Innovation Hubin metsäverkostossa, sekä muissa asiantuntijatapahtumissa. Hankkeen sisäinen viestintä toteutettiin Teams-ryhmän ja säännöllisten kokousten avulla, sekä kahdella projektiryhmän kokoontumisella Joensuussa, sekä Vantaalla.

Viestinnän kohderyhminä olivat erityisesti metsä- ja puunkorjuun ammattilaiset, metsänomistajat sekä metsätalouden sidosryhmät. Tuloksia jalkautettiin elokuussa 2025 järjestetyssä seminaarissa, joka oli suunnattu metsätalouden toimijoille, joilla on rooli menetelmien käyttöönotossa. Lisäksi syyskuussa 2025 järjestettiin kolmiosainen webinaarisarja, jossa esiteltiin täsmämetsätalouden parhaat käytännöt. Hankkeen viestintä sisälsi myös osallistumisen Monitavoitteiseksi täsmämetsätalouden osaajaksi etänä -hankkeen maanomistajille suunnattuun maastopäivään ja webinaariin.

Hankkeen päättyessä tämä loppuraportti julkaistaan saavutettavassa muodossa Metsäkeskuksen verkkosivuilla.

Hankkeessa tehty Metsään.fi-palvelua koskeva järjestelmäkehitystyö mahdollistaa tarkastustietojen näyttämisen Metsään.fi-palvelussa maanomistajille ja metsäalan toimijoille. Tämä tukee metsätalouden toimijoiden toiminnan laadun parantamista, ja hankkeessa tuotettujen aineistojen jakelun kehittäminen kasvattaa

vaikuttavuutta, sillä metsäalan toimijat voivat suoraan hyödyntää tietoja omassa laadunhallintatyössään. Jatkuvasti päivittyvillä toimijoiden käytössä olevilla tarkastusten laaturaporteilla voidaan mahdollistaa esimerkiksi töiden laadun seuranta toimijoittain alueellisesti. Samalla voidaan tuottaa esimerkiksi vertailutietoa toimijan tekemisen tasosta valtakunnalliseen tasoon.

Tarkastustietojen tuomisesta Metsään.fi-palveluun tullaan viestimään toimijatiedotteella ja uutisella heti, kun toiminnallisuudet saadaan Metsään.fi-palvelussa tuotantoon ja ne ovat metsänomistajien ja metsäalan toimijoiden käytettävissä.

Hankkeessa pidettiin seuraavat esitykset:

- Metka-työpaja toimijoille 2.11.2023 (Tuomas Korva, Alustavia tuloksia dronekuvaus/ -keilaus kokeista taimikoissa ja nuorissa metsissä, uuden tarkastustiedonkeruutavan esittely, Vantaa)
- LIH metsäverkostowebinaari 2.11.2023 (Kirsi Riekk, Metsäteho Oy: Hakkuukone- ja poistumakuviointi hakkuukonetiedon perusteella)
- LIH metsäverkostowebinaari 11.1.2024 (Kirsi Riekk, Metsäteho Oy: Ajouratunnusten automaattinen laskenta hakkuukonedatan perusteella)
- LIH metsäverkostowebinaari 5.12.2024
 1. Mika Masalin, Suomen metsäkeskus: Säästettyjen alueiden tulkintamenetelmät
 2. Laura Sirro, VTT: Erittäin korkean resoluution satelliittikuvat säästöpuiden seurannassa
- LIH metsäverkostowebinaari 6.2.2025
 1. Kirsi Riekk, Metsäteho Oy: Automaattinen ajouraverkostojen laadunseuranta AATU
 2. Heikki Ovaskainen, Metsäteho Oy: Kaadetun puun sijantitarkkuus mitattuna hakkuulaitteen tarkkuuspaikannuksella
- Maankäyttö- ja maanpeitetiedon ekosysteemin drooni -tietoisku 16.5.2025 (Tuomas Korva, Droonien hyödyntäminen metsälain valvonnassa ja tulevaisuuden kehitysnäkymät, Helsinki)
- Formec-konferenssi, 9.-13.6.2025, Joensuu
 1. Heikki Ovaskainen, Metsäteho Oy: Terrain slopes in Finnish logging sites and their effect on the movements of harvesters and forwarders
 2. Kirsi Riekk, Metsäteho Oy: Automated planning of strip road networks
 3. Kirsi Riekk, Metsäteho Oy: Automated method for monitoring strip road quality

4. Riku Tarvainen, Metsäteho Oy: Utilizing harvester data from first thinning operations for estimating post-operation tree stock
- Kestotäsmä-loppuseminaari 20.8.2025, Vantaa
 1. Harri Hytönen & Tuomas Korva, Suomen metsäkeskus: Tarkastustoiminnan digitalisoituminen ja korjuujälkipilotin sisältö
 2. Mika Masalin, Suomen metsäkeskus: Säästetyt kohteet Metsäkeskuksen tiedontuotannossa
 3. Laura Sirro, VTT: Satelliittikuvat kestävyiden seurannassa
 4. Jukka Malinen, Metsäteho Oy: Täsmäpuunkorjuun menetelmäkehitys
 5. Tapio Räsänen, Metsäteho Oy: Täsmätiedon tietotarpeet
- E-Täsmä -hankkeen maastokoulutus maanomistajille 21.8.2025 (Mika Masalin, Suomen metsäkeskus: maastossa puhuttiin maanomistajille säästettyjen kohteiden merkityksestä, tiedon keruusta ja paikkatietoaineistojen käytöstä mm. Säästöpuiden ja -ryhmien suunnittelussa, Paimio)
- Kestävän täsmämetsätalouden todentaminen ja menetelmät (KESTOTÄSMÄ) webinaarisarja, osa 1 5.9.2025
 1. Säästettyjen alueiden tunnistus kaukokartoitusmenetelmin, Mika Masalin, Suomen metsäkeskus
 2. Erittäin korkean resoluution satelliittikuvat säästöpuiden seurannassa, Laura Sirro, VTT
 3. Korjuukelpoisuuden ja luonnon monimuotoisuuden huomioiva automaattinen ajourasuunnittelu, Kirsi Rieki, Metsäteho
- E-Täsmä -hankkeen webinaari - Hyvinvoiva metsä - tuottoa ja turvaa tulevaisuuteen, Aineistot apuna täsmämetsätalouden toimenpiteiden kohdentamiseen 9.9.2025, Tuomas Korva, Suomen metsäkeskus
- Kestävän täsmämetsätalouden todentaminen ja menetelmät (KESTOTÄSMÄ) - webinaarisarja, osa 2 10.9.2025
 1. Dronekuvaus ja -keilaus, sekä maastolaserkeilaus metsä- ja luontotiedon keräämisen välineinä, Tuomas Korva, Suomen metsäkeskus
 2. Metsikkökuvioiden pitkän aikavälin kehityksen seuranta Sentinel-2 ja Landsat satelliittikuvien avulla, Heikki Astola, VTT
 3. Harvennusvoimakkuuden seuranta hakkuukonedatan perusteella, Riku Tarvainen, Metsäteho
- Kestävän täsmämetsätalouden todentaminen ja menetelmät (KESTOTÄSMÄ) - webinaarisarja, osa 3 17.9.2025
 1. Metsään.fi tarkastustietojen esittäminen ja tarkastuksien yhteydessä kerättävä luontotieto, Hannu Ala-Honkola Suomen metsäkeskus

2. Kestävää täsmämetsätaloutta tukevat kaukokartoitussovellukset F-TEP pilvipalvelualustalla, Jussi Peuhkurinen, VTT
 3. Täsmämetsätalouden tietotarpeet, ja kehitystiekartta, Tapio Räsänen, Metsäteho
- Metsä- ja luontotiedon tuotannon uudet teknologiat ja innovaatiot, Metsäpäivien sidosryhmätilaisuus 22.10.2025 (Mika Masalin, Suomen metsäkeskus. Luontotiedon uudet aineistot, Helsinki)

LIITTEET

Liite 1.

Säästettyjen alueiden pitkän aikavälin seurannan tulokset kuvioittain

Kohde- alue	Summa - Säilynyt (kpl)	Summa - Kaatunut tai poistettu (kpl)	Keskimäärä inen läpimitan muutos (cm)	Keskimää- räinen pituuskasvu (m)	Summa: Säästöpuu- ston kasvu (m3)
1	394	0	1,2	0,7	11,4
2	92	1	1,3	1	3,7
3	28	0	2,2	0,7	0,5
4	14	0	2,7	1	1,2
5	63	0	3,3	1,2	3,5
6	3	0	1,7	0,4	0,1
7	420	2	1,1	1	14,1
8	13	3	1,7	0,1	0,1
9	58	0	1,2	1	3,6
10	32	1	1,5	1,3	1,1
11	49	1	2,4	1	4,1
12	7	0	2,1	0,7	0,6
13	28	0	1,5	0,8	1,6
14	40	0	1,9	0,7	1,3
15	174	0	1,9	1,1	5,1
16	19	47	1,8	1,9	0,8
17	20	4	1	1,1	1,7
18	56	8	0,8	0,9	1
19	69	0	1,2	0,8	1,2
20	13	0	0,5	2,5	0,1
21	54	10	0,8	0,7	0,3
22	173	0	1,2	0,9	8,9
23	15	6	0	1,4	0,1
24	42	2	1,9	1	0,6
25	19	0	2,4	1,4	2
26	33	0	0,4	0,9	0,2
27	282	0	2,3	1,9	12,7
28	32	0	0,8	0,5	0,5
29	11	0	1,8	1,4	0,6
30	23	0	1,9	1,2	0,2

31	22	1	2	1,8	0,7
32	73	1	1,5	0,9	2,2
33	37	3	3	1,2	7
34	33	2	3,3	1,2	5,6
Yhteensä	2441	92,0	1,7	1,1	98,4

Liite 2.

Aineistokartoituksessa selvitettyt täsmämetsätalouden aineistot ja tietolähteet

Taulukko 1. Aineistojen sisällön ja käyttöalueen tai -tarkoituksen mukainen luokitus ja lukumäärät

Aineistoluokka	Luokan kuvaus	Lukumäärä
Metsävarat ja puusto	Metsävaroja ja puustoa kuvaavat aineistot: mm. metsävarakuviot, hilamuotoiset metsävaratiedot, latvusmallit ja koeala-aineistot	17
Elinympäristö ja luonnonhoito	Metsän elinympäristöjä ja luonnonhoitoa kuvaavat aineistot	27
Maasto, maaperä ja olosuhteet	Maastoa, maaperää, maalajeja, kosteutta ja muita metsän olosuhteita kuvaavat tai ennustavat aineistot ja palvelut	21
Kauko- ja lähikartoitus	Kauko- tai lähikartoitusmenetelmillä tuotetut aineistot ja palvelut	13
Suunnittelu ja toimenpiteet (liiketoiminnan aineistot)	Metsätalouden toimenpiteiden suunnittelun ja seurannan menetelmissä käytettävät tai tietojärjestelmissä muodostuvat aineistot	19
Metsäkonetiedot	Metsäkoneille siirrettävät tai niissä muodostuvat aineistot	11
Lajitiedot	Lajien esiintymistä kuvaavat aineistot	4
Metsätuhot	Metsätuhojen esiintymistä tai riskiä kuvaavat aineistot ja palvelut	10
Kiinteistöt, infra ja tiestö	Kiinteistöjä ja rakennettua ympäristöä kuvaavat aineistot, rekisterit ja palvelut	6
Maankäyttö, suojelualueet ja metsien monikäyttö	Kaavoituksen ja maankäytön suunnittelun aineistot Lakisääteiset ja yksityiset suojelualueet sekä metsätalouskäytön ulkopuolelle kokonaan jätetyt tai rajoitetun käytön alueet Metsien virkistys- ja monikäyttömahdollisuuksia kuvaavat aineistot	16
Yhteensä		144

Taulukko 2. Aineistojen käyttötapaa kuvaava tyyppiluokitus ja lukumäärät.

Aineiston tyyppi	Lukumäärä
Paikkatietoaineisto	80
Kartta- tai katselupalvelu (ei jaettavaa aineistoa)	21
Kaukokartoitusaineisto (ilmakuvat, satelliittikuvat, ilma- ja maastolaserkeilausaineistot)	12
Liiketoiminnan aineisto (suunnittelun ja toiminnanohjauksen aineistot, metsäkoneiden suoraan muodostamat ja niistä prosessoidut aineistot)	12
Tietojärjestelmä tai sovellus (paikkatietoa käsittelevät)	5
Geoprosessointipalvelu (metsätaloudessa käytettävät suunnittelutyökalut)	3
Viranomaisaineistot ja rekisterit (ei-julkiset tai käyttöoikeuksiltaan rajoitetut)	8
Muut (mm. säähavaintoaineistot ja mallit)	3
Yhteensä	144

Taulukko 3. Aineistojen lukumäärät toimittajien, jakelijoiden tai omistajien mukaan.

Aineiston toimittaja, jakelija tai omistaja	Lukumäärä
Suomen metsäkeskus	34
Suomen Ympäristökeskus (SYKE)	38
Kaukokartoitusaineistojen toimittajat (kaupalliset ja julkiset/maksuttomat)	16
Metsäyhtiöt, Metsähallitus, metsäkone- ja laitevalmistajat ja muut metsätalouden toimijat	19
Maanmittauslaitos	10
Geologian tutkimuskeskus (GTK)	4
Suomen Lajitietokeskus	4
Museovirasto	1
Ruokavirasto	2
ELY-keskukset	1
Metsähallitus (avoimet aineistot)	1
Traficom	1
Ilmatieteen laitos	2
Luonnonvarakeskus (Luke)	5
Tapio Oy	2
Metsäteollisuus ry, Sahateollisuus ry	1
Metsäteho Oy	3
Yhteensä	144

This documents contains 70 pages before this page

Dokumentet inneholder 70 sider før denne siden

Tämä asiakirja sisältää 70 sivua ennen tätä sivua

Dette dokument indeholder 70 sider før denne side

Detta dokument innehåller 70 sidor före denna sida

authority to sign

representative

custodial

asemavaltuus

nimenkirjoitusoikeus

huoltaja/edunvalvoja

ställningsfullmakt

firmateckningsrätt

förvaltare

autoritet til å signere

representant

foresatte/verge

myndighed til at underskrive

repræsentant

frihedsberøvende