

Maastolaserkeilauksen mahdollisuudet metsävarojen inventoinnissa ja tiekartta tekniikan operatiiviseen käyttöönottoon



POHJOIS-KARJALA
Maakuntaliitto



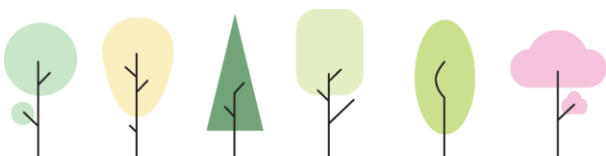
Euroopan unionin
osarahoittama



Metsäkeskus



UNITE
METSÄN, IHMISEN JA KUISEN VUOROVAIKUUS



1 Johdanto

Suomen metsäkeskus tuottaa yksityismetsistä operatiivisen tason inventointitiedon 6–9 vuoden kaukokartoituskerroilla. Tämä inventointitieto on keskeinen informaatioinfrastruktuuria, joka mahdollistaa Suomen metsätalouden nykypäivän digitalisaation. Yhdessä tutkimuksen kanssa kehitetty inventointiprosessi on kansainvälisestikin todettu korkealaatuiseksi. Samalla tämä kehittämistyö on mahdollistanut suomalaisten alan yritysten kasvun ja suuntautumisen vientimarkkinoille.

Tällä hetkellä yksi keskeinen kehittämisen tarve nykyisessä inventointiprosessissa on kaukokartoitusdatan tarkan tulkinnaa vaatima referenssikoealamittaus. Nykymuotoisena koealamittaus vaatii paljon työtä ja sen kustannukset ovat 2 miljoonaa euroa vuosittain. Koalamittauksen tarkkuuden ja kustannustehokkuuden parantaminen on keskeinen kilpailuetu Suomessa kehitetylle inventointimenetelmälle. Tämä on tärkeää sekä kotimaisen metsädatan tuottamisessa että teknologian ja osaamisen viennissä ulkomaille. Kaukokartoitus on erittäin kilpailtu ja jatkuvasti kehittyvä ala, mikä luo paineita myös nykyisen laserkeilaukseen perustuvan inventoinnin kehittämiseksi. Uuden teknologian käyttöönotto edellyttää myös suurten datamäärien laskennan, tulkinnaa ja automaation kehittämistä.

Kestävästi tuotetun pienpuun saatavuuden parantaminen Pohjois-Karjalassa (KESSU) -hankkeen Työpaketissa 2 testattiin maastolaserkeilauslaitteita ja -menetelmiä tarkan metsänmittaustiedon tuottamiseen. Keskeisenä lähtökohtana on ollut kysymys siitä, voidaanko uusilla teknologioilla tuottaa yhtä tarkkaa tai jopa tarkempaa referenssimittaustietoa kaukokartoitusperusteisen metsävarojen inventoinnin lähtöaineistoksi kuin perinteisillä mittausmenetelmillä (mittasakset, pituusmitta, ym.) on tähän asti tuotettu.

2 Maastolaserkeilauksen mahdollisuudet metsävarojen inventoinnissa

Hankkeen tulokset osoittivat, että nuoren kehitysvaiheen tiheissä metsissä, kuten kohteilla, jotka ovat potentiaalisia pienpuun keruukohteita, maastolaserilla tuotetut mittaustiedot poikkesivat selvästi perinteisesti mitatusta tiedosta. Syynä tähän oli muun muassa se, että runkojen erottaminen pistepilvestä vaikeutuu tiheään alikasvoksen ja runkojen oksikkuuden vuoksi, ja pituustulkintaa heikentää latvusten sekoittuminen pistepilvessä.

Hankkeen tulokset myös osoittivat, että maastolaserkeilauksella voidaan tuottaa varttuneissa metsissä tarkkaa mittaustietoa, joka vastaa hyvin perinteisin menetelmin mitattua tietoa. Erityisesti Faro Orbis -mobiilikeilain yhdistettynä esimerkiksi

VirtSilv-ohjelmistolla toteutettuun tulkintaan ylsi puu- ja metsikkötasolla hyviin tarkkuuksiin. Samalla tasolla olivat myös Riegl-maalaserkeilausaineistosta tuotetut tulkinnot varttuneista metsissä.

Hankkeessa testatuista maastolaserkeilaimista OWL (Optical Woods Ledger) tuotti tässä vaiheessa epätarkimmat puustotunnukset, mutta valmiin puutason metsänmittausaineiston tuotannossa OWL:n omat ohjelmistoratkaisut olivat selvästi edistyneellä tasolla. iPhone -mobiilikeilainraisussa todettiin myös olevan tulevaisuuden potentiaalia metsäammattilaisen tai metsänomistajan henkilökohtaisena täsmämittalaitteena tekniikan ja puhelinsovellusten kehittyessä.

Mittausten ajankäytön näkökulmasta maastolaser on parhaimmillaan selvästi perinteistä koealamittauksta nopeampi. Erityisesti nopeutta tuovat Faro Orbis -mobiilikeilaimen kaltaiset liikkuvat ratkaisut, joiden avulla saman puujoukon mittaustyö voidaan tehdä jopa nelinkertaisella mittausnopeudella ja moninkertaisesti pienemmällä henkilötyöpanoksella kuin aikaisemmin.

Hankkeen positiivisista löydöistä huolimatta maastolaserkeilaus ei ole vielä nykyisellään valmis operatiiviseen käyttöön, vaan mittauksen käytännön haasteiden ratkaisemiseksi on tunnistettu selkeä tarve jatkokehittämiselle. Operatiivisen toiminnan kannalta kehittämisen keskeisiä teemoja olisivat mm.

- 1) mittauslaitteiden toimintavarmuuden parantaminen,
- 2) pistepilvien rekisteröinnin automaation kehittäminen,
- 3) aineiston reaaliaikainen käsittely ja tarkastus maastossa,
- 4) puutason tulkinnan ja puulajinmäärityksen tarkentaminen (esim. manuaalisten korjaustoimintojen mahdollistaminen),
- 5) koko mittausprosessin laadunvarmistusrutiinien kehittäminen ja
- 6) operatiivisen tason testaus kaukokartoitus pohjaisessa metsävarojen inventoinnissa.

Tulevaisuudessa tärkeänä lähtökohtana voidaan pitää myös kohdevalintaa, eli hyödynnetään maastolaserteknologiaa pääosin vain kohteissa, joissa voimme olla varmoja sen toiminnasta.

Perinteisten mitattujen ja määritettyjen tunnusten (puun läpimitta, pituus, puulaji) lisäksi, maastolaserkeilausaineistoissa on tunnistettua potentiaalia sellaisen referenssitiedon tuottamiseen, jota ei perinteisin menetelmin kannata tai ole mahdollista mitata (kuten puiden oksikkuus, laatu ja terveys). Näistä erityistunnuksista KESSU-hankkeessa testattiin kuolleen puun (maapuut ja pystypyyt) tulkintaa. Testitulokset osoittivat kuolleen puun tulkinnan olevan mahdollista näistä aineistoista. Jatkokehityksessä tarvittaisiin kuitenkin mm. isompia koulutusaineistoja

kuolleen puun tulkinta-algoritmeille ja manuaalitarkastusmenetelmien lisäämistä tuotantoprosessiin.

3 Suunnitelma tekniikan operatiiviseen käyttöönnottoon

KESSU-hankkeessa tehtyjen pilotointien ja testausten tulokset olivat lupaavia – ei niinkään nuoren metsän kartoituksessa, mutta nykyisellä tekniikalla varttuneemmissa metsissä. Tämä antoi hyvän pohjan jatkokehittämisen pohdinnalle ja suunnittelulle. Nuorten metsien maolaser-pohjainen kartoitus tulee ajankohtaiseksi, kun teknologia ja analysointimenetelmät kehittyvät.

Tulevaisuudessa tavoitteena on testata käytännössä, miten maastolaserkeilauksella (esim. mobiililaserkeilauksella) kerätty metsänmittausaineisto toimii puustotietojen kaukokartoituspohjaisen inventoinnin lähtöaineistona KALLIO II -ohjelmakaudella. Käytännössä tämä tarkoittaa, että kokonaiselta metsävaratiedon tuotantoalueelta (200 000–300 000 ha) kerätään laaja koeala-aineisto maastolaserkeilauksella (esim. 500 koealaa) ja katsotaan, voisiko tällainen lähtöaineisto toimia jatkossa perinteisen koeala-aineiston korvaajana kokonaan tai ainakin osittain. Tuloksia verrattaisiin samalta alueelta perinteisin mittausmenetelmin kerätyllä referenssiaineistolla tehtyyn metsävaratiedon tulkintaan.

Operatiivisen tulokinnän tulosten vertailu inventointialueella voidaan tehdä erikseen alueelta kerättävien laadunvarmistusaineistojen avulla. Näiden vertailujen lisäksi, tavoitteena on tehdä kokeiluja myös yhdistelmäaineistoilla, joissa osa tiedosta on mitattu perinteisesti maastossa ja osa tuotettu maastolaserkeilausaineistoista. Yhdistelmäaineistotestausten perusteella voidaan arvioida, kuinka paljon maastotyötä on järkevästi korvattavissa uudella menetelmällä ilman, että metsävaratiedon laatu heikkenee. Inventointiyksikkönä voidaan käyttää sekä perinteistä hilaa (16 x 16 m) että yksittäisen puun tai puuryhmän tasolle menevää yksikköä. KALLIO II -ohjelmakaudella tavoitteena on latvus- ja puuryhmätason tulokinnän avulla parantaa kuviotason metsävaratiedon tarkkuutta pienentämällä merkittävästi sitä inventointiyksikköä, jolta puustotiedot lasketaan metsävarakuviolle. Tällä latvustason tulokinnalla voidaan päästä käsiksi mm. tarkempaan runkolukusarjoihin, joiden avulla metsävarakuvion tiedot saadaan laskettua entistä lähemmäs todellisuutta.

Tulevan testin tavoitteena on, että maastolaserkeilaukseen perustuva koealatiedon tuotanto olisi niin laadukasta, että sitä kaukokartoituspohjaisessa metsävarojen inventoinnissa referenssitietona käyttäen voidaan saavuttaa metsävaratiedolle KALLIO II -ohjelmassa asetettavat (tiukentuvat) laatuksiteerit pienemmällä referenssiaineiston hankintakustannuksilla. Referenssitiedon kustannusten pieneneminen voidaan saavuttaa mittausnopeuden kasvaessa ja sillä, että mittauustyö voidaan

suorittaa kokonaisuudessaan yhden henkilön voimin, eikä mittaus sido esimerkiksi niin kutsutuissa puukarttamittauksissa enää kahta maastotyöntekijää. Lisäksi maastolaserkeilauslaitteiden hintojen voidaan odottaa putoavan merkittävästi seuraavan 5 vuoden aikana.

Kustannusten laskemisen lisäksi voidaan ajatella myös skenaariota, jossa helpot kohteet mitattaisiin nopeasti uusilla menetelmillä ja perinteiset mittaukset painotettaisiin vaativampiin kohteisiin, joissa runsaampi referenssiaineisto voi parantaa tiedon tulkintaa (esim. nuorten kehitysvaiheen metsien kuviotiedon tuotanto). Tehokkaampi aineistonkeruu voisi tukea myös laajojen mallinnusaineistojen tuottamista AI-sovelluksiin (esimerkiksi neuroverkkomenetelmiä varten).

Keskeinen haaste uusissa referenssitiedon tulkintamenetelmissä on puulajien tunnistaminen ja puutason ”elävä-kuollut”-luokituksen luotettava tekeminen. Tavoitetaso näissä luokkamuuttujissa on käytännössä hyvin lähellä 100 prosenttia, jotta koealan tietoihin voi luottaa samalla tavalla kuin perinteisesti mitattuihin aineistoihin. Tämä vaatii algoritmien kehittämisen lisäksi myös toimivaa manuaalitarkastus- ja korjausprosessia. Toisin sanoen, epävarmat puut pitäisi pystyä käymään tehokkaasti läpi ja luokittelemaan oikein manuaalisesti. Tulkintaohjelmisto voisi luoda esimerkiksi valmiita tarkastuslistoja, joiden avulla epävarmat tulkinnot ohjattaisiin prosessin manuaalitarkastukseen. Tavoitetilana voitaisiin pitää, että ensimmäinen versio koealan puustotulkinnasta syntyisi jo maastossa, ja sitä voisi käyttää suoraan tiedon laadunvarmistukseen koealalla oltaessa.

Toinen haaste liittyy puiden erottelun eli segmentoinnin ongelmiin. Yksittäiset rungot ja latvukset pitäisi pystyä erottelemaan toisistaan hyvin virheettömästi. Segmentointialgoritmit kehittyvät jatkuvasti eteenpäin, mutta niiden rinnalle on rakennettava myös käytännölliset työkalut mahdollisia manuaalikorjaustarpeita varten. Myös tämä ongelma on algoritmikehityksen lisäksi ratkaistavissa osittain ohjelmisto- ja tuotantoprosessin kehittämällä. Tarvitaan selkeä käyttöliittymiä ja työnkulkuja, joilla suuriakin puuaineistoja voidaan käydä läpi tehokkaasti tietyssä aikarajassa.

Kolmas haaste liittyy nuorten kehitysvaiheen metsien referenssitiedon tuottamiseen maastolaserkeilauksella. Kuten aiemmin todettiin, tiheissä nuorissa metsissä latvukset limittyvät, aluskasvillisuus voi olla runsasta ja rungot ovat ohuita, mikä heikentää sekä segmentointia että mittausten laatua. Tällä osa-alueella on edelleen selvästi kehittämistarpeita, ja työn yhtenä tavoitteena onkin määrittää entistä tarkemmin se millaisista nuorista metsistä maastolaserkeilauslaitteilla on tarkoituksen mukaista toteuttaa metsänmittausta.

Haasteiden lisäksi uusissa menetelmissä on kuitenkin myös paljon mahdollisuuksia. Samassa ajassa voidaan kerätä olennaisesti suurempia aineistoja kuin perinteisin

koealamittauksin. Näistä voisi tulla arvokas lähtöaineisto esimerkiksi neuroverkko-malleille ja muille AI-menetelmille, jotka tarvitsevat suuria opetusaineistoja toimia-akseen hyvin. Lisäksi maastolaserkeilauksella voidaan todennäköisesti määrittää myös sellaisia tunnuksia, joiden mittaaminen perinteisesti on hankalaa tai kallista. Näitä ovat mm. oksikkuus ja lenkous, latvuksen läpäisevyys ja sitä kautta erilaiset terveysindikaattorit. Samalla on syytä arvioida, missä määrin tällaiset tunnuksot ovat mallinnettavissa myös kaukokartoitusinventoinnissa, kun käytettävissä on tarkka maastolaserreferenssi. Myös runkotilavuudet ovat mitattavissa tarkemmin, kun läpimittoja saadaan rungosta useammalta eri korkeudelta.

Tulkintatestaus on syytä jakaa kahteen vaiheeseen, jotka molemmat kestäisivät todennäköisesti yhden toimintavuoden ajan. Ensimmäisenä tehdään laitevalinta, kehitetään algoritmeja olemassa olevilla aineistoilla tai pienillä uusilla testiaineistoilla, sekä kehitetään eteenpäin uusia referenssitiedon tuotantoprosesseja aineistojen mahdolliset manuaalikorjaustarpeet huomioiden. Ensimmäisellä vaiheella pyritään siihen, että tiedonkeruuprosessi on hiottu mahdollisimman hyväksi varsinaista tiedon tuotantotestausta varten. Vaiheessa kaksi toteutetaan tulkinta-aineiston keruu ja varsinainen tulkintatestaus. Maastolaserkeilauksen potentiaalia metsänmittaus-aineiston rikastamiseen (erityistunnukset, laatutunnukset, ym.) tarkastellaan aktiivisesti koko työn ajan. Lisäksi maastolaserkeilainten mahdollisuuksia viranomais-tarkastusten tietojen tulkintaan on myös tarkasteltava tarkemmin jollain aikavälillä (tietarkastukset, hakkuiden korjuuvauriot, ym.). Tulkintatestaus toteutettaisiin kehittämishankkeena ja siihen haetaan rahoitusta, sekä kumppaneita vuoden 2026 aikana.