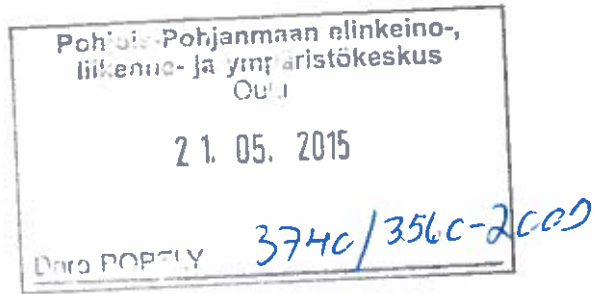


Mts. 26.5.15 PO



Paikkatietoon yhdistetyn koneistutuksen kehittäminen Pohjois-Pohjanmaalla

Loppuraportti

Katja Kangas, Eero Kubin, Miia Parviainen, Reijo Seppänen,
Samuli Kemppainen, Jouni Karhu, Jouni Kortetjärvi ja Pertti Nissi

Metsäntutkimuslaitos
Oulun toimintayksikkö
Hanke 11917

1. Hankkeen toteuttaja

Hankkeen päätoteuttajana toimi Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema/Oulun toimipaikka yhteistyössä OSAO:n Taivalkosken yksikön kanssa.

2. Hankkeen nimi ja hanketunnus

Nimi:	Paikkatietoon yhdistetyn koneistutuksen kehittäminen Pohjois-Pohjanmaalla
Hanketunnus:	11917
Ohjelma:	Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelma 2007 - 2013
Toimenpidelinja:	Maa- ja metsätalouden kilpailukyvyn parantaminen
Toimenpide:	Yhteistyö maatalouden ja elintarvikealan sekä metsätalouden uusien tuotteiden, menetelmien ja tekniikoiden kehittämiseksi

3. Yhteenveto hankkeesta

Koneelliseen metsänistutukseen on kehitetty erilaisia laiteratkaisuja, joilla päästään sopivissa työolosuhteissa hyvään istutustulokseen. Vaikka koneelliseen metsänistutukseen kehitetyt laitteet ovat olleet markkinoilla jo useita vuosia, istutetaan koneellisesti tällä hetkellä vain muutamia prosentteja istutusaloista. Koneellisesta metsänistutuksesta ja sen soveltumisesta eri istutusaloille sekä -ajankohdille löytyy kasvavassa määrin tietoa Etelä- ja Keski-Suomessa tehdyistä tutkimuksista. Pohjois-Suomeen ja korkeille alueille siirryttäessä olosuhteet kuitenkin muuttuvat. Siten on tarpeellista selvittää koneistutuksen soveltuvuutta ja tuottaa uutta tietoa metsänhoitosuosittelun tarkentamiseen myös Pohjois-Suomessa.

Metsänhoidon koneellistumisen lisäksi nykyaikainen metsätalous kaipaa yhä tarkempaa ja reaaliaikaisempaa tietoa metsistä. Erilaisia paikannustekniikoita ja paikkatietoa hyödynnetäänkin jo mm. hakkuukoneissa, puunhankinnan kuljetuksissa ja maanmuokkauksessa. Myös metsävaroja, kuten puustoa ja kasvupaikkaa, koskevat kuviokohtaiset tiedot kerätään ja ylläpidetään nykyään yleisesti paikkatietomuodossa, ja niitä voidaan hyödyntää metsänhoidon suunnittelussa. Metsän uudistamiseen liittyvää puuvaratietoa on lisäksi mahdollista kerätä ja kytkeä paikkaan myös koneistutuksen yhteydessä.

Euroopan maaseuturahaston rahoittaman ”Paikkatietoon yhdistetyn koneistutuksen kehittäminen Pohjois-Pohjanmaalla” -hankkeen (1.1.2012 – 31.12.2014) tavoitteena oli selvittää koneistutuksen ja paikkatiedon käyttöönottoa metsänuudistamisessa. Hankkeessa tutkittiin koneistutuksen soveltuvuutta Pohjois-Suomen vaihteleviin olosuhteisiin, etenkin korkeille alueille ja paksukunttaisille kangasmaille, sekä mahdollisuutta istutuskauden pidentämiseen myöhäiseen syksyyn. Koneistutuksen yhteydessä kerättiin taimikohtaista paikkatietoa. Hanke tuo merkittävän lisän muualla Suomessa tehtävään koneistutustutkimukseen etenkin paikkatiedon osalta, sillä paikkatietoa ei ole aikaisemmin kerätty koneistutuksen yhteydessä. Hankkeen päätoteuttajana toimi Metsäntutkimuslaitos (Metla) yhteistyössä Oulun seudun ammattiopiston (OSAO) Taivalkosken yksikön kanssa.

Tutkimusta varten perustettiin kolme tutkimusaluetta Pohjois-Pohjanmaalle eri korkeusvyöhykkeille. Tutkimusalueet sijaitsevat lissä, Pudasjärvellä ja Kuusamossa. Kullekin tutkimusalueelle perustettiin koealoja, joiden koko 30m*30m. Tutkitut tekijät olivat kunnan paksuus (ohutkuntainen ja paksukuntainen kuvio) sekä istutusajankohta (kesäkuu, heinäkuu, elokuu ja lokakuu). Istutukset kyseisillä tutkimusalueilla tehtiin vuonna 2013. Tutkimusta jatkettiin kesällä 2014 kahdella uudella tutkimusalueella Taivalkoskella ja Kuusamossa. Jatkotutkimuksen päätavoitteena oli jatkaa tarkan paikkatiedon keräämisen kehittämistä koneistutuksen yhteydessä sekä tutkia tarkemmin koneistutuksen soveltuvuutta paksukunttaisille kohteille. Tutkimuksessa selvitettiin, parantaako kunttakerroksen ohentaminen koneistutuksen yhteydessä istutustulosta. Uudet tutkimusalueet jaettiin kahdeksaan koealaan, joista puolella kunttakerrosta ohennettiin istutuksen yhteydessä ja puolella kunttakerrosta ei ohennettu. Sekä kesällä 2013 että 2014

istutetut taimet inventoitiin elo-lokakuussa 2014. Kaikilta koekentiltä mitattiin lisäksi ympäristömuuttujia, kuten kivisyyttä, maaperän raakoostumusta sekä lämpötilaa koskemattomasta maasta, 10 cm mättään yläpuolelta ja mättäästä juuripaakun kohdalta.

Tutkimuksessa saadut tulokset viittaavat siihen, että Pohjois-Pohjanmaalla kuusen istutuskautta voidaan jatkaa, ainakin laikkumättäitä tekevällä koneistutuksella, kesäkuuta pidemmälle, paikoin jopa myöhäissyksyyn. Taimien kunto on keskimäärin paras elokuun istutuksissa ja heikoin kesäkuun istutuksissa. Taimien menestymisessä oli kuitenkin alueellisia eroja ja esimerkiksi Kuusamossa myös lokakuussa istutetut taimet olivat menestyneet erittäin hyvin. Myöhäinen istutusajankohta ei tässä tutkimuksessa lisännyt roustevaurioiden määrää eikä myöhäisellä istutusajankohdalla myöskään havaittu olevan selkeää vaikutusta taimien vuosikasvuun. Taimien kunto oli heikoin Pudasjärvellä, jossa vähintään 60 % taimista esiintyi hallan aiheuttamia tuhoja kaikkina istutuskuukausina. Kuusen uudistamisen merkittävä riskitekijä halla korostui tässä tutkimuksessa, sillä halla oli merkittävin taimituhojen aiheuttaja sekä vuoden 2013 että 2014 istutuksissa. Tulosten mukaan uudistamistyöt kannattaa alkukesällä aloittaa vähemmän hallanaroilta kohteilta ja hallanarat kohteet uudistaa heinäkuusta alkaen. Koneistuksessa mätäs tehdään istutuksen yhteydessä, joten taimi saa siten tuoreen kasvualustan. On mahdollista, että myös manuaalisesti istutetut taimet menestyvät, jos ne istutetaan koneellisesti tehtyihin laikkumättäisiin heti maanmuokkauksen jälkeen. Istutuskautta pidentämällä vältetään istutustöiden ruuhkautumiselta alkukesään.

Tämän tutkimuksen perusteella koneellinen istutus soveltuu myös paksukunttaisille kohteille, sillä kunnakerroksen paksuudella ei ollut selvää vaikutusta taimien kuntoon. Myöskään kunnakerroksen ohentamisella ei havaittu selvää vaikutusta taimen menestymiseen. Kunnakerrosta ohentamalla voidaan kuitenkin parantaa mättäiden laatua taimille sopivana kasvualustana etenkin kohteissa, joista ei ole kerätty hakkuutähteitä. Koneistutettavilta aloilta olisi kuitenkin suositeltavaa kerätä hakkuutähteet, sillä ne huonontavat mättäiden laatua ja hidastavat istutustyötä. On kuitenkin syytä huomioida, että tässä tutkimuksessa saadut tulokset perustuvat vain yhden vuoden seurantaan. Pidempiaikaista tutkimusta tarvitaan seuraamaan taimien kunnon ja kasvun kehitystä jatkossa tulosten luotettavuuden ja yleistettävyyden parantamiseksi.

Paikkatiedon keräämistä varten istutuskone varustettiin maanrakennuspuolelle kehitetyllä 3D-mittalaitteistolla, joka perustuu RTK-GNSS satelliittipaikannukseen. Järjestelmä koostuu istutuspuun, puomiston ja rungon anturoinnista, näyttö- ja tietokonelaitteista sekä satelliittipaikantimista. Kahden GNSS-antennin ansiosta koneen paikka ja suunta ovat koko ajan tiedossa, ja tukiaseman tai verkkokorjauspalvelun tuottaman korjaussignaalin avulla järjestelmällä saavutetaan jopa senttimetriluokan tarkkuus. Taimikohtaisen paikkatiedon kerääminen onnistuu 3D-mittajärjestelmän avulla helposti, sillä taimen sijaintitieto tallentuu samalla napinpainalluksella, kun taimi istutetaan. Samalla kuljettajan omavalvonta tehostuu, sillä kuljettaja pystyy seuraamaan reaaliaikaisesti hytissään olevan näytön avulla istutuksen etenemistä ja työlajen laatua.

Vuonna 2013 tehdyissä istutuksissa ei päästy taimista kerätyn paikkatiedon osalta tavoiteltuun alle 10 cm:n paikannustarkkuuteen 3D-mittalaitteistossa ilmenneen kalibrintivirheen takia. Koska kalibrintivirhe pystyttiin korjaamaan, jatkettiin istutuksia kesällä 2014 mittalaitteiston todellisen paikannustarkkuuden selvittämiseksi Taivalkosken ja Kuusamoon perustetuilla uusilla koealoilla. Paikannustarkkuus vaihteli alueittain siten, että paras tarkkuus saavutettiin Taivalkoskella (79 % taimista alle 10 cm paikannustarkkuudella), kun taas Kuusamossa istutetuista taimista vain vähän yli puolet oli tallennettu vastaavalla tarkkuudella. Eroa voidaan ainakin osittain selittää etäisyydellä RTK-korjausviestiä lähettävään tukiasemaan, joka oli Taivalkoskella huomattavasti lähempänä (6 km) kuin Kuusamossa (30 km). Istutuskoneeseen vaihdettiin kesken Kuusamon istutusten, keväällä 2014 markkinoille tulleet uudentyyppiset paikannusantennit, joiden etäisyys tukiasemaan voi olla jopa 60 - 80 km entisen 20 - 30 km:n sijaan. Tämä vaihdos vaikutti paikannustarkkuuteen huomattavasti, sillä uusilla antennilla saavutettiin myös Kuusamossa 75 % tapauksista alle 10 cm:n tarkkuus.

Maanrakennuspuolelle kehitetyllä 3D-mittausjärjestelmällä päästään tutkimustulosten valossa erittäin tarkkoihin paikannustuloksiin, ja näin ollen se soveltuu taimikohtaisen paikkatiedon keräämiseen. Kuljettaja pystyi näkemään tietokoneen näytöllä istutettujen taimien paikat sekä istuttamatta jääneet kohdat ja seuraamaan taimien menekkiä. Tuloksena syntyvän taimikartan, jossa jokaisella istutetulla taimella on

tarkka sijaintitieto, voi lähettää suoraan paikkatietomuodossa työn tilaajalle ja valvontaviranomaiselle. Uudistusala koskeva taimikohtainen tieto on sen jälkeen käytettävissä metsäsuunnittelussa ja koneellisessa taimikonhoidossa, ensiharvennuksessa ja myöhemmissä harvennuksissa.

Paikkatiedon keräämiseen liittyy kuitenkin vielä haasteita. Yleisimmin ilmenneet ongelmat liittyivät 3D-järjestelmän kalibrointiongelmiin ja ympäristöstä aiheutuviin haasteisiin. Myös pitkä etäisyys korjausviestiä lähettävään tukiasemaan aiheuttaa paikannuksiin epätarkkuutta. Varsinaista istutustyötä edellä mainitut ongelmat eivät häiritse, mutta esimerkiksi satelliittikatveen aikana järjestelmä ei pysty tallentamaan tietoja – ainakaan suurella tarkkuudella. Näin ollen tuloksena saatava taimikartta voi olla osittain hyvinkin aukkoinen, vaikka todellisuudessa taimia on istutettu suunnitelman mukaisesti. 3D-koneohjausjärjestelmään olisi tärkeää lisäksi kehittää pinta-alakohtainen taimilaskuri, mikä mahdollistaisi reaaliaikaisen istutustiheyden omavalvonnan. Ominaisuutta ei pystytty hankkeen puitteissa sisällyttämään olemassa olevaan ohjelmistoon, sillä ohjelmiston kehittäminen vaatisi suurempia investointeja ja laajempaa kysyntää. Suurin kynnys 3D-järjestelmien hyödyntämisen yleistymiselle on kuitenkin laitteiden korkea hinta. 3D-järjestelmän hankkiminen on suuri investointi, joka voi kuitenkin olla kannattavaa, mikäli kaivukonetta käytetään istutustöiden lisäksi myös koneohjausjärjestelmää edellyttäviin maanrakennustöihin.

4. Raportti

4.1. Hankkeen tavoitteet

4.1.a) Ylemmän tason tavoitteet

Metsänhoito on ajan mittaan koneellistunut ja tulevaisuudessa koneellisten menetelmien käyttö lisääntyy entisestään. Esimerkiksi maanmuokkaus on kokonaan ja kylvö noin 70-prosenttisesti koneellistettu. Myös puuntaimien koneelliseen istutukseen on olemassa erilaisia laiteratkaisuja, joilla päästään sopivissa työolosuhteissa hyvään istutustulokseen. Koneellisesti istutetaan tällä hetkellä kuitenkin vain muutamia prosentteja istutusala.

Koneistutuksen määrän arvioidaan lisääntyvän lähivuosina, koska ammattitaitoisen metsätyövoiman määrä vähenee metsäikäntyessä. Myös metsänomistajien omatoimisen työn määrä vähenee ikääntymisen ja kaupunkilaistumisen myötä. Uudistus- eli päätehakkuun jälkeen metsänomistajalla on uudistamisvelvoite eli velvollisuus huolehtia siitä, että alueella kasvaa taloudellisesti kasvatuskelpoinen taimikko. Koneistutuksen käyttöönotto ja sen menetelmien kehittäminen ovat siten tärkeitä sekä hyvän metsänhoidon että metsätalouden kestävyys- ja kannattavuuden ylläpitämiseksi. Myös kansalliseen metsäohjelmaan (KMO 2015) sisältyy esitys edistää koneellisten metsänkäsittelymenetelmien kehittämistä ja käyttöönottoa.

4.1.b) Hankkeen tavoitteet

Koneelliseen metsänistutukseen liittyvä tutkimus on tähän mennessä painottunut Etelä- ja Keski-Suomeen. Ammattitaitoisen metsätyövoiman väheneminen ja metsänhoitotöiden koneellistaminen ovat johtaneet tarpeeseen selvittää koneistutuksen käyttömahdollisuutta metsänuudistamisessa myös Pohjois-Suomessa. Paikkatietoon yhdistetyn koneistutuksen kehittäminen Pohjois-Pohjanmaalla –hankkeen (1.1.2012 – 31.12.2014) tarkoituksena on ollut edistää metsänhoitotöiden toteutusta, tuottaa uutta tietoa metsänhoitosuosituksen tarkentamiseen Pohjois-Suomessa sekä edistää istutuskoneen ja paikkatiedon käyttöönottoa metsänuudistamisessa.

Hankkeen päätavoitteet olivat:

- 1) Tutkia koneistutuksen soveltuvuutta Pohjois-Pohjanmaan vaihteleviin kasvupaikkaolosuhteisiin, etenkin paksukunttaisille soistuville kangasmaille.
- 2) Tutkia mahdollisuutta istutuskauden pidentämiseen Pohjois-Pohjanmaalla.
- 3) Kerätä koneistutuksen yhteydessä taimikohtaista paikkatietoa, jota voidaan hyödyntää myöhemmissä metsänhoitotoimenpiteissä ja istutuskoneen kuljettajan omavalvonnassa, sekä kehittää olemassa olevaa paikkatieto-ohjelmistoa koneistutukseen soveltuvaksi.

Koneistutuksen kehittäminen ja sen soveltuvuus erilaisille kasvupaikoille on tärkeää ja ajankohtaista. Samalla siinä kehitettävä paikkatieto luo pohjaa myöhemmille metsänhoitotoimenpiteille. Suurimpana hyödynsaajana ovat metsänomistajat ja koneyrittäjät. Koneistutuksen yleistymisen lisää koneyrittäjien työllisyyttä, konekaluston käyttöastetta ja parantaa investointien kannattavuutta. Hanke tuo merkittävän lisän muualla Suomessa tehtävään koneistutustutkimukseen erityisesti paikkatiedon osalta, sillä paikkatietoa ei ole aikaisemmin kerätty koneistutuksessa. Tulokset, etenkin paikkatiedon osalta, ovat sovellettavissa myös muualla Suomessa.

4.2. Hankkeen toteutus

4.2.c) Toimenpiteet

Hankkeessa tehdyt toimenpiteet on kuvattu alla tiivistettynä. Tarkempi kuvaus on esitetty hankkeen loppuraportissa.

Tutkimusalueet

Tutkimusta varten perustettiin kolme tutkimusaluetta eri korkeusvyöhykkeille: <100m mpy, 100 – 200m mpy ja >200m mpy. Tutkimusalueet sijaitsevat Iissä, Pudasjärvellä ja Kuusamossa. Kullekin tutkimusalueelle perustettiin koealoja, joiden koko 30m*30m. Tutkitut tekijät olivat kuntan paksuus (ohutkuntainen ja paksukuntainen kuvio) sekä istutusajankohta (kesäkuu, heinäkuu, elokuu ja lokakuu). Istutukset kyseisillä tutkimusalueilla tehtiin vuonna 2013.

Kesällä 2014 toteutettiin lisätutkimus, jonka päätavoitteena oli jatkaa tarkan paikkatiedon keräämisen kehittämistä koneistutuksen yhteydessä. Samalla tutkittiin tarkemmin koneistutuksen soveltuvuutta paksukunttaisille kohteille. Tutkimuksessa selvitettiin, parantaako kunttakerroksen ohentaminen koneistutuksen yhteydessä istutustulosta. Lisätutkimusta varten perustettiin kaksi uutta tutkimusaluetta paksukunttaisille kohteille Kuusamoon ja Taivalkoskelle. Kumpikin tutkimusalue jaettiin kahdeksaan koealaan, joista puolella kunttakerrosta ohennettiin istutuksen yhteydessä ja puolella kunttakerrosta ei ohennettu. Toistojen lukumäärä oli siten 4. Istutukset tehtiin vuoden 2014 kesäkuussa.

Koneistutus ja paikkatiedon kerääminen

Hankkeessa haluttiin kerätä mahdollisimman tarkkaa taimikohtaista sijaintitietoa ja hankkeen alkuvaiheessa selvitettiin eri paikannusvaihtoehtojen käyttökelpoisuutta. Paikannuslaitteiston tärkeimmäksi kriteeriksi asetettiin se, että paikannus pitää pystyä tekemään nopeasti taimen istutuskohdasta, koska istutuskone pysyy paikallaan vain muutamien sekuntien ajan tainta istuttaessaan.

Parhaiten taimikohtaisen paikkatiedon keräämiseen soveltuvaksi järjestelmäksi osoittautui maanrakennuspuolella yleisesti käytössä oleva 3D-mittausjärjestelmä, josta käytetään myös nimitystä 3D-koneohjaus. 3D-mittalaitteita on markkinoilla runsaasti (mm. Trimble, Scanlaser, Novatron ja Topgeo) ja järjestelmien toimintaperiaatteissa ei ole merkkien välillä juurikaan eroja, koska niiden käyttämä paikkatietotekniikka on samankaltaista. 3D-mittausjärjestelmä koostuu kauhan, puomiston ja rungon anturoinnista, näyttö- ja tietokonelaitteista sekä satelliittipaikantimista. Järjestelmä yhdistää alustakoneen paikantimien sekä antureiden tuottaman tiedon puomin asennosta, jolloin puomin päässä olevan istutuspään tarkka sijainti määrittyy. Kahden GNSS-antennin ansiosta koneen paikka ja suunta ovat koko ajan tiedossa, ja tukiaseman tai verkkokorjauspalvelun tuottaman korjaussignaalia käyttämällä järjestelmällä saavutetaan jopa senttimetriluokan tarkkuus.

Koneistutukset tehtiin metsäalustaisella Volvo 140 kaivinkoneella, johon asennettiin Bracke P11.a istutuskone. Istutuskoneen taimikasettiin mahtuu kerralla 72 tainta. Kaivinkone vuokrattiin hankkeen käyttöön Pohjois-Karjalan koulutus kuntayhtymän (PKKY) Valtimon yksiköstä. Alustakaivinkone ja siihen asennettu istutuskone varustettiin paikkatiedon keräämistä varten Scanlaserin Oy:n Icon icp41 3D-mittalaitteistolla. Mahdollisimman hyvän tarkkuuden saavuttamiseksi hankkeessa käytettiin lisäksi reaaliaikaista Leican SmartNet RTK verkkokorjauspalvelua. RTK tukiasemaverkon muodostaa pysyvästi paikoilleen asennettujen, mitattujen ja laskettujen GNSS vastaanottimien muodostama verkko. Liikkuvalle vastaanottimelle lähetettävä korjausdata tuotetaan verkon tukiasemien yhdessä tuottamasta datasta. RTK

tukiasemaverkon käytön etuja on, että liikkuvan vastaanottimen saama korjausdata on tasalaatuista verkon alueella ja mittaustarkkuus säilyy myös kauempana tukiasemasta. Ilmakehästä johtuvat virheet voivat kuitenkin heikentää mittaustarkkuutta etäisyyden kasvaessa tukiasemaan. Jotta taimikohtaisen paikkatiedon kerääminen onnistuisi mahdollisimman helposti ja ilman, että kuljettajan täytyy tehdä erillisiä tallennustoimenpiteitä, asennettiin tallennuskäskeytys istutuskäskynapille, mikä mahdollisti paikkatiedon tallentamisen istutuskäskynapin painamisen yhteydessä.

3D-koneohjausrjestelmän paikannustarkkuuden tarkastamiseksi hankkeen käyttöön vuokrattiin Leica Viva tarkkuus-GPS -laite Leica Geosystems Oy:ltä. Laitteessa on GS12 GNSS -sensori, jossa on SmartCheck+ itsetarkistava kaksinkertainen alkutuntemattomien laskenta ja jatkuva tarkistus. Luvattu alkutuntemattomien ratkaisun luotettavuus on parempi kuin 99.99 %. Laitteen luvattu mittaustarkkuus on: RTK 10 – 20 mm + 1 ppm, staattinen 5 mm + 0.5 ppm. Tarkkuus-GPS-laitteessa käytettiin reaaliaikaista SmartNet Verkko RTK korjauspalvelua.

Koneistutukset tehtiin vuonna 2013 ajalla 3.6. – 11.10.2013. Paksukunttaisimmilla kohteilla kunttakerrosta ohennettiin istutuksen yhteydessä siten että mättään teon yhteydessä kuljettaja työnsi istutuspaällä ylimääräisen kunttakerroksen (noin 10 – 15 cm) syrjään ennen mättään tekoa. Tällä menettelyllä oli tavoitteena saada paksukunttaisimmilla kohteilla nostettua kivennäismaata laikkumättään päälle. Samalla saadaan työnnettyä syrjään mahdolliset hakkuutähteet. Tavoiteltu istutustiheys kesän 2013 istutuksissa oli lissä ja Pudasjärvellä 1600 tainta/ha ja Kuusamossa 2000 tainta/ha. Koneistutustyöt tehtiin Valtimon kahden PKKY:n opettajan ja yhden aikuisopiskelijan toimesta.

Vuoden 2014 jatkotutkimuksessa koneistutukset tehtiin 3.6.-13.6.2014. Kesän 2014 istutuksissa tavoiteltu istutustiheys oli sekä Taivalkoskella, että Kuusamossa 2000 tainta/ha. Koneistutustyön tekivät hankkeessa työskennelleet OSAO:n Taivalkosken yksikön opettajat.

Kesäkuun istutusten yhteydessä istutuskoneella tehtiin kaikissa istutuskohteissa (Olhava, Sulakoski ja Merenvaara) jokaisen lohkon yhteyteen noin 20 kpl rykelmä pelkkiä mättäitä, jotka istutettiin perinteiseen tapaan manuaalisesti pottiputkella. Tällä koejärjestelyllä halutaan verrata sitä, onko koneellisesti ja manuaalisesti istutetun taimen kasvuun lähdössä ja kasvussa eroja. Taimia ei ole vielä inventoitu, joten tuloksia ei ole tällä hetkellä käytettävissä.

Koneistutuksissa käytetyt taimet olivat kullekin paikalle sopivaa siemenalkuperää Metsäkuusamo Oy:n taimitarhalta Kuusamosta. Kuusamon tutkimusalueella käytettiin taimia, jotka olivat kuusamolaista siemenalkuperää (kesä-, heinä- ja elokuun istutukset) ja posiolaista alkuperää (lokakuun istutus). Iin ja Pudasjärven tutkimusalueilla käytettiin Pudasjärven siemenalkuperää. Kesä-, heinä- ja elokuussa istutetut taimet olivat kasvatettu edellisen vuonna kasvihuoneessa ja säilytetty ulkona talven yli. Lokakuussa istutetut taimet oli kasvatettu istutusvuonna. Kaikki istutetut taimet olivat Plantek 121- paakussa, sillä tarjolla ei ollut koneistutukseen hyvin soveltuvassa Plantek 81 paakussa olevaa taimiainesta. Kesän 2014 jatkotutkimuksen taimet tilattiin myös Metsäkuusamo Oy:ltä. Taivalkoskelle istutettavat taimet olivat alueelle sopivaa siemenviljelysiementä kookkaassa Plantek 81 paakussa ja Kuusamoon yleiskeräyssiemettä Plantek 121- paakussa.

Maastoinventoinnit

Istutettujen taimien menestymistä seurattiin inventoimalla. Iin, Pudasjärven ja Kuusamon tutkimusalueille vuonna 2013 istutetut taimet inventoitiin syksyllä 2014 (elo- ja syyskuu). Taimista mitattiin pituuskasvu ja arvioitiin taimen kunto asteikolla: terve, heikentynyt, kituva, kuollut ja hävinnyt. Lisäksi arvioitiin mahdollinen tuho, tuhon syy ja tuhon ilmiäsu sekä mättään heinittyminen ja mättään laatu kasvupaikkana, jossa huomioitiin mättään kivisyys, tiiviys ja kivennäismaan osuus. Mättään laatua laskivat mättään kivisyys ja/tai kivennäismaan puuttuminen ja/tai jos mättästä ei ollut saatu tiivistä esimerkiksi hakkuutähteiden vuoksi. Koeympyröiltä laskettiin myös koealojen istutustiheys.

Vuonna 2014 tehdyssä jatkotutkimuksessa Taivalkoskelle ja Kuusamoon istutetut taimet inventoitiin syyskuussa 2014. Taimista mitattiin samat muuttujat kuin vuonna 2013 istutetusta taimista. Tässä lisätutkimuksessa kultakin tutkimuslohkolta valittiin etukäteen 70 inventoitavaa tainta 3D-koneohjausrjestelmän istutuksen yhteydessä tallentamien koordinaattien perusteella. Inventoitavat taimet valittiin siten, että kunkin tutkimuslohkon taimien koordinaatit järjestettiin niiden sijainnin mukaan

ja niistä sen jälkeen valittiin taimi systemaattisesti tietyin välein taimia kunnes niitä oli kultakin lohkolta 70 kpl yhteensä. Taimet valittiin tällä menettelyllä, jotta inventoitavaan otokseen tulisi taimia tasaisesti koko koealan alueelta, jolloin mahdolliset erot koealan eri osissa voidaan huomioida.

Kaikille vuonna 2013 perustetuille tutkimusalueille asennettiin lämpötilamittareita mittaamaan lämpötilaa koskemattomasta maasta (-10cm), mättäiden sisältä (-10cm, juuripaakun kohdalta), sekä mättään pinnan yläpuolelta (+10cm). Lämpötilamittaukset aloitettiin alkukesästä 2013 ja niitä jatkettiin vuoden 2014 syksyyn. Myös kesällä 2014 perustetuilla uusilla koealoilla aloitettiin lämpötilamittaukset koskemattomasta maasta, mättäiden sisältä sekä 10 cm mättäiden pinnan yläpuolelta heti koneistutuksen jälkeen kesäkuussa.

Lämpötilamittausten avulla selvitettiin mahdollisia eroja eri tutkimusalueiden sekä ohut- ja paksukunntaisten kohteiden välillä. 10 cm mättään pinnan yläpuolelta mitattujen aineistojen perusteella tutkittiin hallaöiden (lämpötila maanpinnan lähellä alle 0 °C) ja ankaran hallan (lämpötila alle -4 °C) esiintymistä tutkimusalueilla. Mättäistä (juuripaakun kohdalta) mitattujen aineistojen avulla tutkittiin mättäiden lämpötilaa talvella (mättään ensijäätymisen ja sulamisen välinen ajan eli talviajan pakkasumma) sekä mättäiden ja koskemattoman maan välisiä eroja. Mättäistä (juuripaakku) mitattujen lämpötila-aineistojen perusteella selvitettiin myös juurten kasvun kannalta olennaisen lämpötilojen esiintymistä. Aikaisempien tutkimusten mukaan juurten kasvu keväällä alkaa maan lämpötilan noustua noin 3 – 5 °C:een.

Koealan kivisyys mitattiin kaikilta koealoilta ympyräkoealan pohjois-etelä suuntaiselta halkaisijalta 10 pisteestä 2,5 m:n välein. Kivisyyden mittausta tehtiin rassista 0 – 30 cm syvyydeltä. Mitatulla halkaisijalta merkittiin kuinka monessa pisteessä rassi osui kiveen. Jokainen osuma lisää kivisyyttä 10 %. Lisäksi kaikilta koealoilta kerättiin maanäytteet raekokoanalyysiä varten. Kukin maanäyte koostui viidestä osanäytteestä.

Jokaisen koealan keskipisteen ympäriltä lisäksi inventointiin neljä mätästä seuraavan periaatteen mukaan: keskipaalua lähin etelän, lännen, pohjoisen ja idän suuntainen mätäs kunkin ilmasuunnan linjalla. Inventoitavista mättäistä ja niihin istutetuista taimista mitattiin seuraavat tekijät: taimen pituus (maanpäällinen osa istutushetkellä), istutussyvyys ja etäisyys laikun reunasta; humuskerroksen paksuus; kivennäismaan paksuus; mättään pituus, leveys ja korkeus; laikun pituus, leveys ja syvyys; maalaji, kivisyys, hakkuutähteiden peittävyys metrin säteellä istutuspaikasta sekä mättään laatu.

Yhteistyö

Hankkeen alusta alkaen Metsäntutkimuslaitos on tehnyt tiivistä yhteistyötä erittäin hyvässä hengessä partnerinsa OSAO:n Taivalkosken yksikön kanssa. OSAO:n kanssa on tehty yhteistyötä etenkin paikkatiedon keräämisratkaisun ja istutuskoneen valinnassa. Taivalkosken yksikön kaksi opettajaa myös istuttivat kesän 2014 koealat sekä vastasivat molempina istutusvuosina taimihuollosta. OSAO:n Taivalkosken yksikkö hyödynsi hanketta myös opetuksessaan. Joukko metsäpuolen opettajia sekä kaksi ensimmäisen vuoden luokkaa kävi tutustumassa hankkeeseen ja koneistutukseen Pudasjärven kohteella elokuussa 2013. Lisäksi OSAO:n toisen vuoden oppilaat opettajineen osallistuivat merkittäväällä panoksella hankkeen toteutukseen, sillä he rakensivat nuotiopaikan Kuusamon yhteismetsän työnäytösalueelle.

Istutuskoneen osalta hanke teki hedelmällistä yhteistyötä Pohjois-Karjalan koulutus kuntayhtymän (PPKY) Valtimon yksikön kanssa, jolla oli sopiva alustakone ja istutuspää hankittuna opetuskäyttöön. Hanke varusti alustakaivinkoneen paikkatiedon keräämiseen tarkoitettulla 3D-mittalaitteistolla. Yhteistyötä PPKY:n kanssa tehtiin myös istutuksissa, sillä istutuskoneen kuljettajat tulivat Valtimon yksiköstä.

Paikkatietoratkaisun osalta tehtiin tiivistä yhteistyötä 3D-mittalaitteistoihin erikoistuneen Scanlaser Oy:n kanssa. He räätälöivät laitteiston hankkeen tarpeita vastaavaksi.

Koneistutukseen soveltuvan taimimateriaalin osalta hankkeessa tehtiin yhteistyötä Kuusamolaisen taimituottajan Metsäkuusamo Oy:n kanssa. Kone- ja syysistutukseen soveltuvia taimia ei ollut valmiiksi saatavilla, mutta Metsäkuusamo Oy toimitti hankkeen tarpeisiin sopivaa siemenalkuperää ja koului loppukesällä ja syksyllä istutettavat taimet koneistutukseen soveltuviin isompiin potteihin.

Johtopäätöksiä

Tässä lyhytaikaisessa tutkimuksessa saadut tulokset viittaavat siihen, että kuusen istutuskautta voidaan koneellisella istutuksella jatkaa kesäkuuta pidemmälle, paikoin jopa myöhäissyksyyn. Taimien kunto on keskimäärin paras elokuun istutuksissa ja heikoin kesäkuun istutuksissa. Taimien menestymisessä oli kuitenkin alueellisia eroja ja esimerkiksi Kuusamossa myös lokakuussa istutetut taimet olivat menestyneet erittäin hyvin.

Istutuskausi on suositeltu lopetettavaksi etenkin turvemaille ja hienojakoisilla kohteilla syyskuun lopulla, sillä taimet eivät ehdi välttämättä juurtua kunnolla, jolloin niiden rouste- ja routariski kasvaa. Myöhäinen istutusajankohta ei tässä tutkimuksessa lisännyt roustevaurioiden määrää.

Tämän tutkimuksen perusteella koneellinen istutus soveltuu myös paksukunttaisille kohteille, sillä kunttakerroksen paksuudella ei havaittu olevan selvää vaikutusta taimien menestymiseen. Kunttakerroksen vaikutus taimien kuntoon, taimituhojen määrään sekä taimien vuosikasvuun vaihteli tutkimusalueittain eri istutuskaukausina.

3D-mittausjärjestelmä soveltuu erinomaisesti tarkan taimikohtaisen paikkatiedon keräämiseen. Kuljettaja pystyi näkemään tietokoneen näytöllä istutettujen taimien paikat sekä istuttamatta jääneet kohdat ja seuraamaan taimien menekkiä. Tuloksena syntyvä taimikartta, jossa jokaisella istutetulla taimella on tarkka sijaintitieto, voidaan toimittaa suoraan paikkatietomuodossa työn tilaajalle ja valvontaviranomaiselle.

Tallennettujen paikkatietojen pohjalta on mahdollista tarkastella toteutunutta istutustiheyttä ja taimien sijaintia istutetulla kuviolla. Esimerkiksi tehtäessä myöhemmin samalla kuviolla metsänhoidollisia toimenpiteitä, kuljettaja pystyy näkemään tietokoneen näytöllä istutettujen taimien paikat sekä istuttamatta jätetyt ajourat. Paikkatieto parantaa siten metsänuudistamisen laadunhallintaa. Kerättyjä paikkatietoja voidaan hyödyntää myös taimien inventoinnissa sekä kohteen metsäsuunnittelussa, koneellisessa taimikonhoidossa ja puunkorjuussa. Esimerkiksi varhaisperkauksen yhteydessä istutetut taimet voitaisiin tunnistaa karttaan istutushetkellä tehdyn sijaintimerkinnän perusteella ja muut kuin istutetut taimet konenäön avulla. Paikkatiedon avulla istutustyöstä syntyy myös kattava tietopaketti metsänomistajalle sekä metsävaratietoja ylläpitäville tahoille ja lisäksi saadaan tallennettua arvokasta, käytännönläheistä historiatietoa mm. tutkimustoimintaan.

4.2 d) Aikataulu

Taulukko 1. Hankkeen aikataulu

Hankkeen vaihteet	2012	2013	2014
Projektinvetäjän valinta	x		
Hankkeen valmistelu, selvitykset	xxxxxxxx		
Istutuslaitteistoihin tutustuminen Suomessa ja Ruotsissa	xxxxxxxx		
Maastokohteiden valmistelu	xxxxxxxx		x
Sovellusohjelmien ja laitteiden kehittäminen ja kokeilu		xxxxxx	x
Maastokohteiden käsittely		xxxx	x
Istutukset		xxxxx	x
Mittaukset		xx x	xxx
Tulosten käsittely ja raportointi			xxxxxxxxxxxxxxxx
Metsäretkeilyt ja työnäytökset		xx	
Metsäntutkimuspäivä Koillismaalla			xxx

4.2 e) Resurssit

Hankkeelle myönnettiin tukea Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelman 2007-2013 toimintalinjasta maa- ja metsätalouden kilpailukyyn parantaminen, toimenpiteestä yhteistyö maatalouden ja elintarvikealan sekä metsätalouden uusien tuotteiden, menetelmien ja teknikoiden kehittämiseksi.

4.2 f) Toteutuksen organisaatio

Hankkeen päätoteuttajana toimi Metsäntutkimuslaitoksen (Metla) Oulun toimipaikka, yhteistyössä Oulun seudun ammattiopiston (OSAO) Taivalkosken yksikön kanssa. Hanke rahoitettiin pääosin (90%) EU:n Maaseuturahastosta Pohjois-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen myöntämällä rahoituksella. Muita rahoittajatahoja olivat Kuusamon yhteismetsä, Sallan yhteismetsä, Kalajokilaakson metsänhoitoyhdistys, Pudasjärven metsänhoitoyhdistys, Metsänomistajien liitto, Koneyrittäjien liitto, Taivalkosken metsänhoitoyhdistys, Pölkky Oy ja Pohjois-Pohjanmaan liitto.

Hanke toteutettiin aikavälillä 1.1.2012 – 31.12.2014. Hanke toteutti Manner-Suomen maaseutuohjelman toimenpidettä: Yhteistyö maa- ja metsätalouden uusien tuotteiden, menetelmien ja teknikoiden kehittämiseksi ja hanke oli osa Metlan Tulevaisuuden metsät ja metsänhoito – tutkimusohjelmaa.

Hankkeen työtä ohjasi ohjausryhmä, jonka jäseninä olivat: Jarmo Korhonen (puheenjohtaja), Kuusamon yhteismetsä, Seppo Pohjola, Metla (Oulu), Jouko Karjalainen, OSAO Taivalkoski, Eljas Heikkinen, Metsäkeskus, Heikki Rahko, Metsänomistajien liitto, Markku Törmänen Koneyrittäjien liitto ry, Teuvo Puolakanaho, Taivalkosken metsänhoitoyhdistys, Tarmo Myllymäki, Metsähallitus, Kalevi Hirvonen, OSAO Taivalkoski, Teija Tolonen, OSAO Taivalkoski, Timo Saksa, Metla (Suonenjoki) ja Tuomas Pihlaja, Pudasjärven metsänhoitoyhdistys. Maaseuturahaston yhteyshenkilönä toimi Pirjo Onkalo Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksesta.

4.2 g) Kustannukset ja rahoitus

Hankkeen päärahoittajana toimi Euroopan maaseuturahasto (90 %), ja rahoituksen myönsi Pohjois-Pohjanmaan Ely-keskus. Yksityisten rahoittajien osuus oli 10 %: Kalajokilaakson, Pudasjärven ja Taivalkosken metsänhoitoyhdistykset, Kuusamon ja Sallan yhteismetsät, Pölkky Oy, Koneyrittäjien liitto, Metsänomistajien liitto Pohjois-Suomi ry. ja Pohjois-Pohjanmaan liitto. Hankkeen hyväksytty kokonaisrahoitus (taulukko 2.) oli 345.000,00€ ja käyttö 343.44,00€ (erotus 1.556,00€).

Taulukko 2. Hankkeen hyväksytty rahoitus 13.6.2014 muutospäätöksen mukaisesti sekä käyttö 1.10.2012-31.12.2014.

	Hyväksytty rahoitus (euroa)	Käyttö 1.10.2012-31.12.2014
Palkkauskulut ja palkkiot	265.683,99	271.765,00
Ostopalvelut	5.767,00	4.652,00
Vuokrat	28.705,00	27.360,00
Kotimaan matkakulut	30.462,00	28.640,00
Ulkomaan matkakulut	5.010,00	2.426,00
Muut kustannukset	9.373,00	8.600,00
Hyväksyttävät kustannukset yhteensä	345.000,00	343.444,00

4.2 h) Raportointi, seuranta ja viestintä

Rahoittajalle on toimitettu tiivistelmät toiminnasta maksatuskausilta:

- 1.1.2012 - 31.8.2012
- 1.9.2012 - 31.12.2012
- 1.1.2013 - 31.12.2013
- 1.1.2014 - 31.12.2014

Ohjausryhmän kokoukset:

- Ohjausryhmän aloituskokous pidettiin Ympäristötietotalossa 19.6.2012
- Kokous 1/2013 Oulun seudun ammattiopisto, Taivalkosken yksikkö 13.2.2013
- Kokous 2/2013 Oulun yliopisto, Ympäristötietotalo 19.12.2013
- Kokous 1/2014 Oulun seudun ammattiopisto, Taivalkosken yksikkö 13.5.2014
- Kokous 1/2015 Hankkeen lopetuskokous pidettiin sähköpostikokouksena helmikuussa 2015

Viestintä

- Hankkeelle tehtiin www-sivut: <http://www.metla.fi/hanke/7497/index.htm>.
- Hanketta esiteltiin Leikko-lehden numerossa 2/2013
- Miia Parviainen esitteli hanketta tutkimusjohtaja Taneli Kolströmin vieraillessa Metlan Oulun toimipaikassa 28.02.2013
- Hankkeesta laadittiin tiedote Metlan julkaisemaan Taimiuutiset –lehden numero 3/2012
- Hankkeesta tehtiin sekä suomen että englanninkielinen esite
- Eero Kubin piti hankkeesta esitelmän Kubin, E. & Parviainen, M. Gis-Based Machine Planting in Northern Finland. Layout of the new project. Kokous Recent progress in Silvicultural technology - a workshop on new techniques/technologies and simulation and system analyses for target-oriented silviculture, November 1-2, 2012 in Umeå Sweden
- Hankkeessa järjestettiin työnäytös 30.8.2013 paikkatietoon yhdistetystä koneistutuksesta Kuusamon Merenvaaran kohteella. Kaikkiaan näytöksessä vieraili n. 70 koneistutuksesta kiinnostunutta metsäammattilaista.
- Työnäytöksestä ilmoitettiin hankkeen www-sivuilla ajankohtaista-osiossa (<http://www.metla.fi/hanke/7497/index.htm>), ja lisäksi Iijokiseutu ja Koillissanomat –lehdissä.
- Hanketta käsitteleviä lehtiartikkeleita ilmestyi seuraavissa lehdissä:
 - Koillissanomat 2.9.2013
 - Hankintavinkit 9/2013 ja
 - Koneyrittäjä 9/2013
- Katja Kangas esitteli Paikkatietoon yhdistetyn koneistutuksen kehittäminen Pohjois-Pohjanmaalla - hanketta esityksessään "Paikkatiedon rooli maastotöissä ja tutkimuksessa", Ympäristönäytteenottajien sertifiointikoulutuksessa, Metlan Oulun yksikössä 23.1.2014.
- Eero Kubin piti hanketta käsittelevä esitelmän kansainvälisessä NorFor-Workshop –tilaisuudessa Rovaniemellä 5.2.2014.
- Hanketta esittelevä opastetaulu pystytettiin 16.6.2014 Kuusamon yhteismetsän Merenvaaran koealalle.
- Katja Kangas esitteli hanketta 27.8.2014 Suomenjoen Metsäntutkimuslaitoksella tapahtumassa II Workshop on Silvicultural technology: Recent progress in Silvicultural technology - a workshop on new techniques/technologies and simulation and system analyses for target-oriented silviculture.
- Katja Kangas esitteli hanketta FinnMETKO 2014 –messuilla 28.8.- 30.8.2014 Jämsässä. Messuja varten paikkatietoon yhdistetystä koneistutuksesta tehtiin hankkeen toimesta esittelyvideo sekä esitteitä.
- Hanketta esittelevä opastetaulut pystytettiin 10.–11.11.2014 Olhavan, Pudasjärven ja Taivalkosken koealoille.
- Hankkeen loppuseminaarin lehtimainokset ilmestyivät Kalevassa 23.11.2014 ja Koillissanomissa 24.11.2014.

- Hankkeen loppuseminaari pidettiin 4.12.2014 Oulun yliopiston Ympäristötietotalossa. Tilaisuus järjestettiin nimellä: Metsäntutkimuspäivä – Paikkatietoon yhdistetyn koneistutuksen kehittäminen Pohjois-Pohjanmaalla - hankkeen loppuseminaari.
- Eero Kubinin radiohaastattelu hankkeen loppuseminaariin ja tuloksiin liittyen 3.12.2014 Radio Pookissa.
- Kangas, K., Parviainen, M., Seppänen, R., Karhu, J. & Kubin E. 2014. Paikkatietoon yhdistetyn koneistutuksen kehittäminen Pohjois-Pohjanmaalla. Taimiuutiset 4/2014: 10 – 13.

Työnäytöksessä 30.8.2013 vieraili kaikkiaan n. 70 koneistutuksesta kiinnostunutta metsäammattilaista, metsänomistajaa ja koneyritystä. Vieraita oli Oulusta asti, sillä näytökseen oli järjestetty bussikuljetus väliltä Oulu-Pudasjärvi-Taivalkoski-Kuusamo. Työnäytöksen avauspuheenvuorossaan hankkeen johtaja Eero Kubin kertoi hankkeen taustoista ja tavoitteista, Kuusamon Yhteismetsän toiminnanjohtaja Jarmo Korhonen kertoi hankkeesta Yhteismetsän näkökulmasta ja lopuksi projektipäällikkö Miia Parviainen esitteli hankkeen koejärjestelyt. Paikalla olivat asiantuntijoina Timo Räikkönen (istutuskoneen valmistaja Bracke Forest:n edustaja), Mikko Salonen (3D-mittalaitteen edustaja Scanlaser Oy:lta) sekä Anssi Pellikka (paikannusratkaisun edustaja Leica Geosystems:ltä). Näytöksen päätteeksi vieraila oli mahdollisuus tutustua Metlan vuonna 1985 Karhujärvelle perustamaan koekenttään Eero Kubinin johdolla

5. Esitykset jatkotoimenpiteiksi

Koneistutuksen soveltuvuus Pohjois-Pohjanmaan vaihteleviin kasvupaikkaolosuhteisiin ja istutuskauden pidentäminen

Tässä tutkimuksessa saadut tulokset koneistutettujen taimien menestymisestä perustuvat rahoituksen rakenteesta johtuen yhden vuoden seurantaan, joten pidempiaikaista tutkimusta tarvitaan tulosten luotettavuuden ja yleistettävyyden parantamiseksi. Taimien kunnon ja kasvun kehitystä olisi tärkeää seurata myös jatkossa mahdollisessa uudessa hankkeessa, jotta saadaan selville eri istutuskuukausien sekä kunnakerroksen pitkäaikaiset vaikutukset taimien kasvuun ja kuntoon eri korkeusvyöhykkeillä.

Paikkatiedon kerääminen metsänuudistamisen yhteydessä

Hankkeessa käytettiin maanrakennuspuolelle suunniteltua 3D-mittausjärjestelmää, joten se sisältää paljon metsänistutuksessa tarpeettomia toimintoja ja toisaalta tietyistä lisäominaisuuksista olisi ollut merkittävää hyötyä. Vaikka 3D-järjestelmää pystytään jonkin verran muokkaamaan asiakkaan tarpeisiin, ovat muokkauskeinot varsin rajalliset. Paikannuksen tallennus saatiin kytkettyä erittäin helposti kaivinkoneen kahvaan samalle napille istutuskäskyn kanssa. Seuraavista hyödyllisistä muutoksista ja/tai ominaisuuksista keskusteltiin, mutta niitä ei ollut mahdollista toteuttaa hankkeen puitteissa. Kyseisten ominaisuuksien kehittäminen parantaisi paikkatiedon keräämistä ja hyödyntämistä mahdollisuuksia jatkossa.

- Järjestelmään tallentuva aikaleima eli hetki, jolloin istutus on tehty. Aikaleima auttaisi mm. analysoimaan, minä ajankohtana paikannuksessa on esiintynyt eniten ongelmia. Aikaleiman avulla pystyisi selvittämään mm. sen, kuinka paljon 3G tai 4G -verkon kuormittavuus vaikuttaa paikkatiedon keräämiseen. Istutuksissa havaittiin selkeästi se, että merkittävä osa paikannusongelmista, ts. ongelmat Smartnet-korjausviestin tarkkuudessa, näyttivät ajoittuvan klo 11-12 ja klo 16-17 välisille ajankohdille, jolloin mobiiliverkot ovat kuormittuneita. Lisäksi aikaleima olisi hyödyllinen istutustyön ajankäytön seurannassa.
- Järjestelmään tallentuva tieto korjausviestin tarkkuudesta sekä korjausviestin perustana olevista satelliiteista (ns. satelliittigeometria), jotta aineiston jälkikorjaus olisi tarvittaessa mahdollista. Scanlaserin 3D-järjestelmässä pystytään säätämään tallennuksen toleranssia siten, että ns. liian epätarkat paikannukset eivät tallennu järjestelmään. Tämä kuitenkin hidastaa työtä. Selkeämpää olisi, jos paikkatietojen tallennus olisi epätarkkuudesta huolimatta mahdollista, ja epätarkat tiedot voitaisiin korjata jälkikäsitteilyllä tarkemmiksi.
- Järjestelmään tallentuva tieto koneen suunnasta paikkatiedon tallennushetkellä, mikä mahdollistaisi mittauksissa ilmenevien systemaattisten mittausvirheiden korjaamisen tarvittaessa.

- Mahdollisuus rasteripohjaisten peruskarttalehtien siirtämiseen 3D-koneohjausjärjestelmään. Tällä hetkellä 3D-järjestelmät ymmärtävät ainoastaan vektoripohjaisia CAD-tiedostoja. Istutuskoneen kuljettaja kuitenkin tarvitsee tietoa maaston ominaisuuksista esimerkiksi suunnitellessaan istutuskoneelle soveltuvaa kulkureittiä, jolloin peruskarttanäkymä on välttämätön. Hankkeen käyttämässä kaivinkoneessa oli valmiiksi maastotietokone, johon asennettiin Työohjelma-GIS peruskarttapohjien tarkastelua varten. Erillisestä tietokoneesta tulee kuitenkin huomattava lisäkustannus ja lisäksi on erittäin haastavaa sijoittaa kaivinkoneen ohjaamoon sekä tietokone että 3D-näyttö. Olisikin hyödyllistä, jos 3D-näyttö olisi niin iso, että siitä pystyisi helposti hahmottamaan karttaelementtejä ja siihen pystyisi tallentamaan istutettujen taimien tiedot ja näkemään koneen kulkeman reitin.
- Mahdollisuus reaaliaikaisen istutustiheyden laskemiseen ja tarkkailuun järjestelmän avulla. Reaaliaikaisesta istutustiheyden seurannasta olisi hyötyä istutuskoneen kuljettajan omavalvonnassa. Perinteisessä koneistutuksessa omavalvonta toimii siten, että kuljettaja mittaa istutuskohteelta tietyn määrän ympyräkoealoja työn edetessä ja määrittää niiden avulla hehtaariohtaisen istutustiheyden sekä muita työtä kuvaavia laatutekijöitä. Jos istutustiheyden reaaliaikainen seuranta olisi mahdollista, se auttaisi kuljettajaa työn edetessä seuraamaan toteutunutta istutustiheyttä kohteen pinta-alaan nähden ja saavuttamaan siten asetetun taimitiheyden. Tämä myös nopeuttaisi istutuskoneen kuljettajan työtä, koska seurantaa ei tarvitsisi tehdä manuaalisesti. Reaaliaikaista istutustiheyden seurantaa ei pystytty toteuttamaan hankkeessa käytetyn 3D-mittalaitteiston avulla. Ominaisuuden lisääminen 3D-mittalaitteistoon olisi vaatinut laitteiston valmistajan tekemiä muutoksia laitteen ohjelmistoon. Kyseinen kehitystyö valmistajan puolelta olisi vaatinut suurempia investointeja kuin hankkeessa oli mahdollista sekä laajempaa kysyntää toiminnolle.

6. Allekirjoittajat ja päiväys

Oulussa 19.5.2015


Eero Kubin


Samuli Kemppainen