

Metsätehon raportti 245
29.12.2017

Metsävaratiedon hyödyntäminen puuhuollossa

Forest Big Data -hankkeen osaraportti

Tapio Räsänen
Jarmo Hämäläinen
Miika Rajala
Risto Ritala

ISSN 1796-2374 (Verkkojulkaisu)

METSÄTEHO OY
Vernissakatu 1
01300 Vantaa

www.metsateho.fi

Metsävaratiedon hyödyntäminen puuhuollossa

Forest Big Data -hankkeen osaraportti

Tapio Räsänen
Jarmo Hämäläinen
Miika Rajala
Risto Ritala

Metsätehon raportti 245
29.12.2017

ISSN 1796-2374 (Verkkojulkaisu)

© Metsäteho Oy

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	3
SUMMARY	5
1 JOHDANTO	7
2 METSÄVARATIEDON KÄYTTÖTAPAUKSIA	9
2.1 Forest Big Data -käyttötapausten kartoitus ja sovellus- mahdollisuuksien arviointi.....	9
2.2 Sovellustiekartta.....	18
3 METSÄTIEDON EKOSYSTEEMI JA ESIMERKKEJÄ SOVELLUS- KONSEPTEISTA	22
3.1 Metsätiedon ekosysteemi	22
3.2 Pilotoitavat konseptit ja sovellukset	26
3.2.1 Kehittynyt katkonnan ohjaus ja simulointi	27
3.2.2 Korjuukelpoisuusluokitus.....	29
3.2.3 Ajourakone (puunkorjuun työmaasuunnittelu).....	31
3.2.4 Dynaaminen metsäsuunnittelu	33
3.2.5 Laatutietovarasto ja sahaussimulaattori	34
3.2.6 Sähköinen puukauppa	36
3.2.7 Tiestöä koskeva ominaisuus- ja laatutieto.....	36
4 TARKASTELU	38
LÄHTEET	40
LIITTEET	

TIIVISTELMÄ

Metsäalan Forest Big Data -hankekokonaisuus toteutettiin 2014–2016 osana laajempaa Data to Intelligence (D2I) -tutkimusohjelmaa, jossa kehitettiin menetelmiä isojen ja heterogeenisten datojen käsittelyyn, analysointiin ja hyödyntämiseen. FBD-työssä määriteltiin metsävaratietoa koskevaksi tavoitetilaksi vuoteen 2020 ”*kaikkia metsäalan toimijoita palveleva seuraavan sukupolven metsävaratietojärjestelmä – metsätietoekosysteemi -, joka sisältää nykyistä tarkemmat, monipuolisemmat ja ajantasaisemmat puusto-, maasto- ja tiestötiedot*”. Kehitetävän metsätietoekosysteemin tavoitteena on parantaa metsävarojen hyödyntämisastetta, puutavaralogistiikan kustannustehokkuutta ja metsänhoidon kannattavuutta sekä tuoda lisätuottoja arvoketjuun, luoda uusia tuotteita ja palveluja sekä huippuosaamista. Forest Big Data jakautui useisiin eri partnereiden vetämiin osahankkeisiin, joissa kehitettiin metsätiedon hankintamenetelmiä, datan yhdistämisen ja estimoinnin menetelmiä sekä määriteltiin ja kokeiltiin uusia metsätiedon hyödyntämiskonsepteja. Varsinaisia käyttösovelluksia FBD:ssä ei ollut tarkoitus rakentaa. Tähän raporttiin on koostettu keskeiset tulokset metsätiedon hyödyntämisestä koskevasta osiosta. Forest Big Datan jälkeen sovelluskonseptien kehitystyö on jatkunut mm. maa- ja metsätalousministeriön Metsätieto ja sähköiset palvelut -hankkeessa sekä Metsätehon rahoittamana työnä ja osa esitettävistä tuloksista onkin kuvausta, mihin vaiheeseen näissä osahankkeissa on nyt edetty.

Hankkeen alussa tehtiin metsävaratiedon käyttömahdollisuuksien alustava kartoitus kehitystyön suuntaamiseksi ja FBD-vision jäsentämiseksi. Osapuolet tekivät potentiaalisiksi näkemistään metsätiedon käyttötapauksista kuvaukset, joissa esitettiin sovelluksen, tietojärjestelmän tai datantuotantomenetelmän tarkoitus, konsepti ja toiminnallisuus. Samankaltaiset käyttötapaukset ryhmiteltiin yhtenäisiksi kokonaisuuksiksi. Erityyppiset metsävaroja ja puustoa kuvaavat tietoaaineistot ja toiminnoissa syntyvä data sekä niiden käyttömahdollisuudet yhdistettiin laajemmiksi sovellusaluekokonaisuuksiksi kattaen koko puuhuoltoketjun metsäomaisuuden hallinnasta ja käytön suunnittelusta puunkorjuuseen ja tuotannonohjaukseen. Käyttötapauksen kartoituksen jälkeen aloitettiin sovellusten määrittelyyn ja pilotointiin sekä tuotteistamiseen tähtäävä suunnittelu ja sovellusaihioiden priorisointi, johon liittyen järjestettiin työpajat metsätiedon hyödyntäjille ja sovelluskehittäjille. Tietotarpeita jäsennettiin edelleen puunkorjuun, metsäomaisuuden hallinnan ja metsäsuunnittelun sekä metsänhoitotöiden teematyöpajoissa. Puutavarakuljetuksia ja metsäteitä koskevia tietotarpeita ja kehittämistä käsiteltiin erillisissä työpajoissa. Tässä yhteydessä käsiteltiin myös tietoaaineistot ja käyttösovellukset yhdistävää palvelualustaa (Forest Big Data platform) sen toiminnallisuusvaatimusten ja liiketoiminnallisen konseptin arvioimiseksi. Forest Big Data -sovellustiekartta laadittiin suuntaamaan tutkimusohjelman sisältöä ja ohjelman jälkeisiä kehityshankkeita. Hankkeessa aloitettiin tutkimuspilotteja, jotka ovat olleet esiselvitysten tyyppisiä tai konseptointiin tähtäävää määrittelyä ja demonstrointia.

FBD-hankkeessa valmistelluista sovelluskonsepteista ja piloteista kuvataan lyhyesti seuraavat (suluissa palvelun tai sovelluksen omistaja tai kehittämisestä vastaava tai sitä rahoittanut osapuoli):

- katkonnan ohjaus ja simulointipalvelu ValueForce, työnimellä KAOS (Savcor Oy / Trimble Forestry)
- korjuukelpoisuusluokitus (Arbonaut Oy, Suomen metsäkeskus)

- puunkorjuun työmaasuunnittelun Ajourakone-sovellus (Karttakeskus Oy, Metsäteho Oy)
- dynaaminen metsäsuunnittelu (Simosol Oy)
- laatutietovarasto ja sahaussimulaattori (Metsäteho Oy, TimberVision Oy)
- sähköinen puukauppapaikka Kuutio.fi (Suomen Puukauppa Oy).

Forest Big Data -visiossa tulevaisuuden metsätiedon ekosysteemi rakentuu keskeisesti julkisesti hallinnoitavan metsävaratietojärjestelmän ja sen avoimen, joustavan ja maksuttoman käytön varaan. Julkista metsävaratietoa sääntelee uudistuva metsätietolaki. Muun metsätiedon omistuksen ja käytön pelisäännöistä on sovittava laajapohjaisesti alan toimijoiden kesken. Metsäkonetiedon osalta näin onkin jo tehty vuoden 2017 aikana. Tarkoituksena on, että metsäninventointien tuottamaa ja muuta julkista metsätietoa täydennetään ja rikastetaan metsäoperaatioiden ja tuotannon yhteydessä kertyvällä datalla ja metsätieto integroidaan entistä tiiviimmin puuhuollon perustaksi. Metsätietoekosysteemin keskeisiä elementtejä ovat lisäksi toimialan yhteiset tietojärjestelmäpalvelut ja sovellukset (mm. Kuutio.fi, WoodForce, LogForce, ValueForce ja ForestHub), metsänomistajille suunnattavat sähköiset palvelut ja sovellukset (mm. Metsään.fi), avoimet ja kaupalliset metsäalalla hyödynnettävät tietoaaineistot, metsäkoneiden tuottama data, tietostandardit sekä metsätiedon palvelualusta. Kaupallisilla tietopalveluilla ja sovelluksilla nähdään kokonaisuudessa olevan suuri rooli.

Vision lähtöajatuksena on, että paremmalla puusto-, maasto- ja tiestötiedolla ja sen tehokkaalla käytöllä sekä tiedon varaan rakentuvilla uusilla toimintamalleilla pystytään parantamaan koko metsäsektorin kilpailukykyä. Alustavasti arvioitiin, että nykyistä tarkemman ja laajasti käytettävissä olevan metsätiedon hyödyntäminen koskettaa ainakin 7 miljardin euron vuotuista liiketoimintaa, josta puunhankinnan ja puuntuottamisen osuus on noin puolet ja toinen puolikas kohdistuu puunjalostukseen. Hyödyt voivat olla toiminta-, työvoima- ja tietojärjestelmäkustannussäästöjä, lisätuottoja, pääomatehokkuuden lisäystä, palvelukyvyn tehostumista, ympäristötehokkuuden parantumista tai kokonaan uutta liiketoimintaa. Hyötypotentiaalini arvioitiin olevan vähintään 100 miljoonaa euroa vuodessa, kun tietoaaineistot ja niitä hyödyntävät päätöstukijärjestelmät ovat kattavasti käytössä.

Tässä raportissa esitettyjä tarvekartoitusten yhteenvetoja ja alustavia määrittelyjä voidaan hyödyntää tietojärjestelmien ja sovellusten tuotteistamisessa vapaasti.

SUMMARY

The Forest Big Data project for forestry was implemented in 2014–2016 as part of a broader Data to Intelligence (D2I) research program which developed methods for handling, analyzing and utilizing large and heterogeneous data. The FBD project defined a target for forest resource data by 2020 to be *"a next generation forestry information system serving forest sector operators – a forest information ecosystem – containing more detailed, more versatile and up-to-date tree, terrain and road data"*. The aim of the forest information ecosystem is to improve the utilization rate of forest resources, the cost-effectiveness of wood supply logistics and the profitability of forest management, and to bring additional returns to the value chain, to create new products, applications and services, and excellence. Forest Big Data was divided into several subprojects drawn up by different partners. In the subprojects forest information procurement methods, data aggregation and estimation methods were developed, and new forest information utilization concepts were defined and experimented. The actual applications were not intended to be built in the FBD. This report summarizes the key results in the section on exploitation of forest information. Some of the results presented are due to the continuing work of Forest Big Data in the project "Forest information and Electronic Services" of the Ministry of Agriculture and Forestry.

At the beginning of the project, a preliminary study was made on the use of forest resource information to direct the development work and to define the FBD vision. The parties involved in the project specified the potential use cases of future forest information from their points of view. The use cases described the purpose, concept and functionality of the use case application, information system or the data production method. Similar use cases were grouped into broader application development areas covering the entire wood supply chain from forest management and planning to harvesting operations and production control. After mapping the use cases, a preliminary designing, planning and prioritization of applications and IT services was started along with workshops dedicated to forest information user parties and application developers. Information needs were further structured in the thematic workshops of harvesting, forest management and forestry planning as well as silvicultural operations. Information needs and development of timber transport and forest roads were discussed in separate workshops. In this context, a service (Forest Big Data platform) connecting the data sources and applications was also discussed to evaluate its functional requirements and business concept. Forest Big Data roadmap was designed to direct the content of the research program and post-program development projects. The project started pilots that have been the type of preliminary studies or definitions and demonstrations aiming at creating the concept.

The application concepts and pilots prepared in the FBD project are briefly described next (in brackets the owner of the service or the application, or the party responsible for the development or financing of the project):

- bucking control and simulation service ValueForce (Savcor Oy / Trimble Forestry)
- forest trafficability maps (Arbonaut Oy, Finnish Forestry Centre)
- harvesting work site planning application Ajourakone (Karttakeskus Oy, Metsäteho Oy)
- dynamic forest planning (Simosol Oy)
- wood quality data warehouse and sawing simulator (Metsäteho Oy, TimberVision Oy)
- electronic wood marketplace Kuutio.fi (Suomen Puukauppa Oy).

In Forest Big Data vision, the future forest information ecosystem is based on the publicly funded forest resource data and its open, flexible and free use. Public forest resource information is regulated by the renewed Forest Data Act. The game rules for ownership and use of other type of forest data must be broadly agreed between the involved parties. As for forest machine data, this has already been done in 2017. The aim in the vision is to supplement and enrich forestry inventories and other public forest information with operational and production data. The key elements of the future forest information ecosystem include commonly applied commercial services and applications (e.g. Kuutio.fi, WoodForce, LogForce, ValueForce and ForestHub), digital forest services and applications for forest owners (e.g. Metsään.fi), open and commercial forest data as well as data provided by forest machines, tailored data standards and a forest data platform to be developed. Commercial information services and applications have a great role to play in the whole.

The goal behind the FBD vision is that better forest, terrain and road information and its more efficient use, as well as knowledge-based new operating models, can improve the competitiveness of the entire forest sector. It was estimated that the utilization of more accurate and widely available forest information affects a total of at least EUR 7 billion per year of business, of which wood procurement and wood production account for about half and the other half is allocated to wood processing. Benefits can be savings in operating, workforce and IT costs, additional revenue, increased capital efficiency, increased service capability, improved eco-efficiency or wholly new business. The utilization potential was estimated to be at least EUR 100 million a year, when the information resources and the decision support systems are fully utilized.

The summaries of the information needs mappings and the preliminary definitions presented in this report can be used freely in the commercialization of information systems and applications.

1 JOHDANTO

Digile Oy:n (nykyisin DIMECC Oy) johtamassa Data to Intelligence (D2I) -tutkimusohjelmassa (2012-2016) kehitettiin menetelmiä isojen ja heterogeenisten datojen – ns. Big Datan – käsittelyyn, analysointiin ja hyödyntämiseen. Tekes, yritykset ja tutkimusorganisaatiot rahoittivat tutkimusohjelman. Tutkimustyö jakautui seitsemälle liiketoiminta-alueelle (miniekosysteemi), joista yksi keskittyi metsätietoon nimellä Forest Big Data (FBD). Forest Big Data -osio liitettiin ohjelmaan kaksi vuotta ohjelman käynnistymisen jälkeen ja hankkeet toteutettiin aikavälillä 2014–2016.

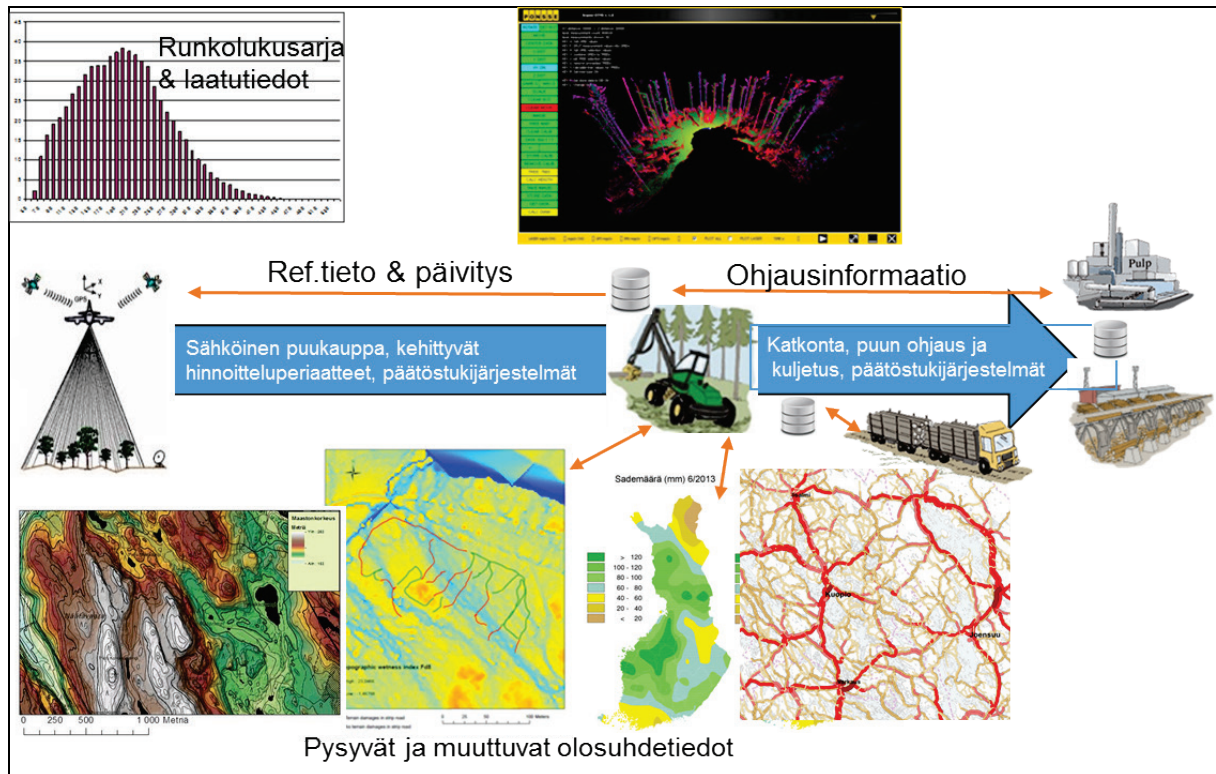
Forest Big Data -kokonaisuudessa oli mukana yhteensä 20 partneria, jotka edustivat metsäyhtiöitä ja vastaavia tulosten soveltajatahoja, ICT-yrityksiä ja tutkimusorganisaatioita. Partnerit olivat: Arbonaut Oy, Finnish Wood Research, Metsähallitus, Metsä Group, Metsäteho Oy, Suomen metsäkeskus, Ponsse Oyj, Savcor Oy, Simosol Oy, Stora Enso Oyj, TimberVision Oy, Trestima Oy, UPM-Kymmene Oyj, Aalto yliopisto, Maanmittauslaitoksen paikkatietokeskus (FGI), Luonnonvarakeskus (Luke), Tampereen teknillinen yliopisto, Helsingin yliopisto, VTT ja Itä-Suomen yliopisto.

FBD-työn suunnitteluvaiheessa määriteltiin yhteinen visio eli metsävaratietoa koskeva tavoitetilavuoteen 2020 ja jäsennettiin sen pohjalta tutkimus- ja kehittämistehtävät. Visioksi määriteltiin *”kaikkia metsäalan toimijoita palveleva seuraavan sukupolven metsävaratietojärjestelmä – metsätietoekosysteemi –, joka sisältää nykyistä tarkemmat, monipuolisemmat ja ajantasaisemmat puusto-, maasto- ja tiestötiedot”*. Kehitettävän metsätietoekosysteemin katsottiin parantavan metsävarojen hyödyntämistä, puutavaralogistiikan kustannustehokkuutta ja metsänhoidon kannattavuutta sekä tuovan lisätuottoja arvoketjuun, luovan uusia tuotteita ja palveluja sekä huippuosaamista. Metsävaratieto todettiin keskeiseksi osaksi metsäsektorin infrastruktuuria ja arvioitiin, että tarkemmasta metsätiedosta hyötyvät kaikki arvoketjun toimijat (Hämäläinen ym. 2014).

Kuvassa 1 on havainnollistettu keskeiset puun toimitusketjuun liittyvät kehittämistavoitteet. FBD-vision kannalta keskeisiä tutkimus- ja kehittämiskysymyksiä olivat:

- Nykyistä tarkempien ja monipuolisempien puustotunnusten tuottamisen menetelmät. Pää tavoitteeksi nähtiin menetelmien kehittäminen puulajikohtaisten järeysjakaumien eli runkolukusarjojen muodostamiseen hila- ja käsittelykuviotasolla. Lisäksi puuston teknistä laatua kuvaavien tunnusten arviointi nähtiin tärkeäksi.
- Pysyviä ja muuttuvia maaperäolosuhteita kuvaavien aineistojen hyödyntäminen puuhuollon tukena. Erytishuomion kohteena oli maaston kantavuuden ennustaminen puunkorjuuta varten.
- Tiestön kuntoa ja kuljetuskelpoisuutta kuvaavien aineistojen kartoitus ja tiestötietoja koskevan kehittämisohjelman laadinta.
- Nykyisten hakkuukonedatujen hyödyntämismahdollisuuksien analysointi, jossa pääkysymyksenä referenssitiedon tuottaminen kaukokartoitusta varten sekä metsävaratiedon päivitys. Lisäksi tutkittiin metsäkoneiden sensortechniikan kehittämismahdollisuuksia tulevaisuuden tiedonkeruuta ja koneautomaatiota silmällä pitäen.
- Tuotantolaitoksilla kerättävien datojen hyödyntämismahdollisuuksien selvittäminen. Pääkysymyksenä oli sahojen vastaanottomittaus- ja tukkiröntgendatujen käyttö puuston laatutunnusten ennakoinnissa.

- Eri lähteistä saatavien datojen fuusiointi ja välitys dataa hyödyntäville sovelluksille.
- Kehittyvän metsätiedon hyödyntämismahdollisuudet, käyttötapaukset ja hyödyt.
- Uusien metsätiedon soveltamiskonseptien määrittely ja pilottisovellusten rakentaminen.



Kuva 1. Tavoitteena on nykyistä tarkempi ja monipuolisempi puusto-, maasto- ja tiestötieto sekä tehokas eri tietolähteiden hyödyntäminen.

FBD-hankkeen tarkoituksena ja roolina oli tuottaa tutkimusperustaa ja testata sovelluskonsepteja seuraavan sukupolven metsävaratietojärjestelmää varten. Järjestelmän tai pareminkin järjestelmäkokonaisuuden (metsätietoekosysteemin) varsinainen rakentaminen on laajan toimijaverkoston asia ja maa- ja metsätalousministeriöllä on siinä avainrooli.

FBD-kokonaisuus jakautui karkeasti metsätiedon hankintamenetelmien kehittämiseen, datan yhdistämisen ja estimoinnin menetelmiin sekä uusien metsätiedon hyödyntämiskonseptien määrittelyyn ja kokeiluun. Tähän raporttiin on koostettu tulokset viimeksi mainitusta, metsätiedon hyödyntämisestä koskevasta osiosta.

2 METSÄVARATIEDON KÄYTTÖTAPAUKSIA

2.1 Forest Big Data -käyttötapausten kartoitus ja sovellusmahdollisuuksien arviointi

Forest Big Data -hankkeen alussa tehtiin metsävaratiedon käyttömahdollisuuksien alustava kartoitus hankkeen suuntaamiseksi ja FBD-vision jäsentämiseksi. Hankkeessa mukana olevat osapuolet tekivät potentiaalisiksi näkemistään uuden big data -tyyppisen metsätiedon käyttötapausten kuvaukset, joissa esitettiin tulevaisuuden sovelluksen, tietojärjestelmän tai datan-tuotantomenetelmän tarkoitus, konsepti ja toiminnallisuus. Käyttösovelluksista kuvattiin lähtöaineistot (input) ja syntyvä lopputulos tai data (output). Kuvauksissa esitettiin ne liiketoiminnalliset ja tiedonhallinnan prosessit, joihin sovellusta tai järjestelmää on tarkoitus käyttää tai joihin se vaikuttaa sekä sen yhteydet muihin tietojärjestelmiin. Niissä arvioitiin myös, kuinka järjestelmä vaikuttaa käyttäjän liiketoiminnan ja tiedonhallinnan prosesseihin sekä niissä tapahtuvaan arvomuodostukseen. Kuvausten tarkoituksena oli arvioida käyttötapausten merkittävyyttä metsätalouden ja puuhuollon operaatioissa, kehittämisen ja käyttöönoton aikajännettä sekä priorisoida käyttötapausta kehitystä ja FBD:ssä tehtävää pilotointia varten.

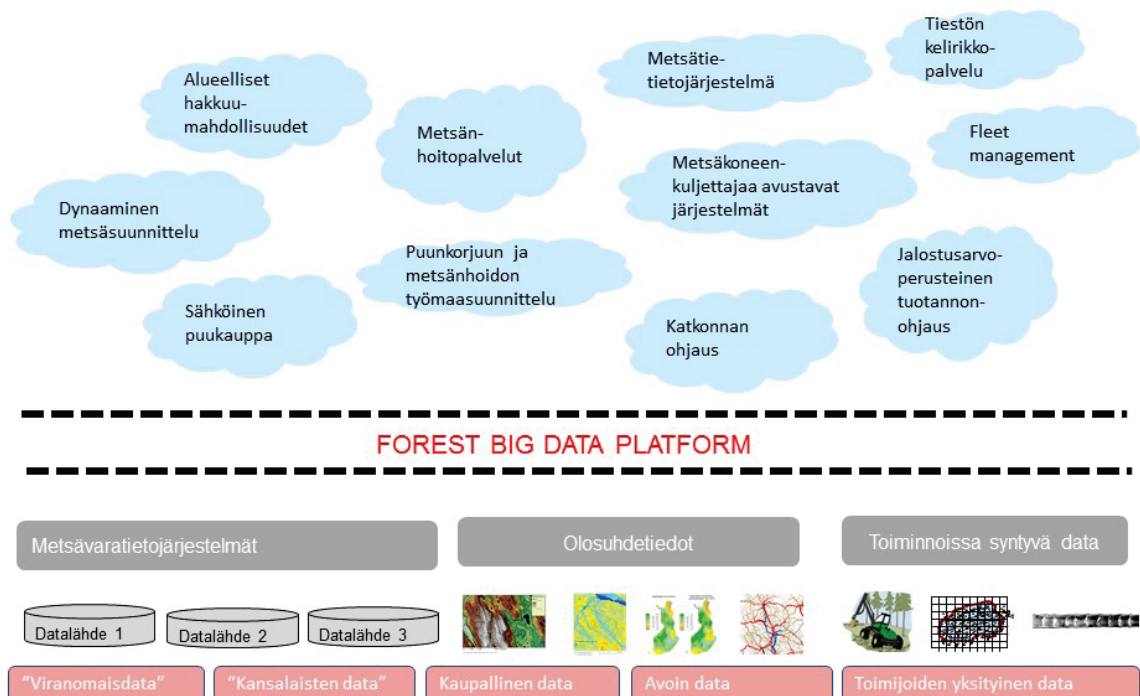
Osa käyttötapauksista oli datan tuottajien näkökulmista tehtyjä, mutta suurin osa operatiivisen toiminnan ja datan käyttäjän lähtökohdista kuvattuja. On huomattava, että metsätiedolla on myös muita, esimerkiksi metsäpolitiikkaan ja viranomaistoimintaan liittyviä käyttötapausta, mutta niitä ei ole käsitelty tässä yhteydessä. Kuvaukset käsiteltiin yhteisesti työpajoissa. Samankaltaiset käyttötapaukset yhdistettiin ja ne ryhmiteltiin yhtenäisiksi kokonaisuuksiksi. Käyttötapauksista muodostettiin jatkotyöskentelyn pohjaksi toimijoiden ja prosessien mukainen liitteessä 1 oleva taulukko. Muodostetut käyttötapaukset olivat:

- Puusto- ja maaperätiedon tuottaminen ja päivitys
- Puusto- ja maaperätiedon lokaali päivitys
- Tutkimusaineistojen haku ja hyödyntäminen
- Metsäsuunnittelu- ja arvonnääritys (ml. käsittelykuvioiden muodostaminen)
- Metsäkohteiden puuston- ja arvonnääritys
- Puunhankinnan strateginen suunnittelu
- Puunkorjuun jaksosuunnittelu
- Puunkorjuun työmaasuunnittelu
- Katkonnan suunnittelu ja ohjaus
- Kuljetusten suunnittelu
- Tuottavuuden analysointi
- Puunkorjuun suunnittelu ja toteutus (kuljettajaa tukevat työkalut)
- Kuljetusten suunnittelu ja toteutus (kuljettajaa tukevat työkalut)
- Metsänhoidon työmaasuunnittelu
- Metsänhoitotyön suunnittelu ja toteutus (kuljettajaa tukevat työkalut)
- Tuotannon ohjaus (tuotantolaitoksen raaka-ainetta koskevat tietotarpeet)

Puhuollon kehitystarpeiden näkökulmasta sekä Forest Big Data -vision ja käyttötapausten arvioinnin perusteella erityyppiset metsävaroja ja puustoa kuvaavat tietoaineistot ja toimin-

noissa syntyvä data sekä niiden käyttömahdollisuudet jäsennettiin laajemmiksi sovellus-aluekokonaisuuksiksi sisältäen koko puuhuoltoketjun metsäomaisuuden hallinnasta ja käytön suunnittelusta tuotannonohjaukseen (kuva 2).

Metsätiedon käyttösovellusten visioinnin ja kehittämisen kannalta tärkeää on arvioida, millaisia tietolähteitä on olemassa, millaisia ovat aineistojen tietosisältö, kattavuus, ajantasaisuus ja kustannukset ja miten erilaiset aineistot ovat yhdistettävissä toimivaksi kokonaisuudeksi. Aineistot voivat olla tyypiltään avoimia, kaupallisia tai yksityisiä, esimerkiksi puunkorjuussa tai tuotannossa syntyvää yhtiön sisäisessä käytössä olevaa mittausdataa. Tulevaisuudessa datat voivat olla myös joukkoistamalla hankittuja, jolloin esimerkiksi metsäammattilaiset tai metsänomistajat liikkeessaan metsissä ovat datan ensi vaiheen tuottajia (esim. kuvadata). Joukkoistetun metsätiedon keruumenetelmien kehittämisessä ollaan vasta alkuvaiheessa, eikä sen merkityksestä ja sovelluksista ole vielä syntynyt selvää käsitystä.



Kuva 2. Forest Big Datan käyttömahdollisuuksia metsätaloudessa ja teollisuuden puuhuollossa.

Metsätalouden ja puuhuollon toimintojen suunnittelussa ja ohjauksessa keskeistä on käytettävissä oleva metsävaratieto. Yksityismetsien metsävaratiedon käyttöä säätelee metsätietolaki, jonka muutos on hyväksytty joulukuussa 2017 eduskunnassa. Uudistunut metsätietolaki avaa Suomen metsäkeskuksen tietoaineistot aiempaa laajemmin toimijoiden käyttöön. Julkisesti tuotetun metsävaratiedon tietosisältö- ja laatuvaatimukset on määritetty metsäkeskuksen metsävaratietojärjestelmässä. Käyttösovellusten kannalta metsävaratiedon olennaisin piirre on sen hilapohjaisuus (16 m x 16 m pikselit). Metsävaratiedon tuotanto perustuu nykyisin toisaalta sekä uusien inventointialueiden laserkeilaukseen, jossa käytetään hyväksi ilma-kuvausta ja maastoreferenssimittauksia, että olemassa olevan kuviotasoisien metsäsuunnitte-

lutiedon laskennalliseen päivitykseen. Tulevaisuudessa metsävaratiedon ylläpito tulee osaltaan perustumaan jatkuvaan ajantasaistukseen mm. omavalvontatietoa, hakkuukoneista saatavaa korjuukohdetietoa sekä kaukokartoitusaineistoja hyödyntäen. Käyttötapauskartoituksessa esille tuoduissa monissa sovelluksissa tavoitteena on nykyistä tarkemman, runkolukusarjatasoisen puuston järeysjakaumia ja laatua kuvaavan, metsävaratiedon käyttö. Forest Big Datan yksi painoalueista onkin ollut uusien metsävaratiedon tuotantomenetelmien ja puuston kokojakaumamallien kehittäminen tätä tarvetta varten.

Puunkorjuun, kuljetusten ja metsänhoitotöiden suunnittelussa ja ohjauksessa olosuhteilla on operaatioiden kustannustehokkuuden ja työjäljen laadun kannalta suuri merkitys. Maaston kantavuus on korjuun toteutuksen kannalta olennainen tekijä, jossa on sekä topografiasta ja maaperästä johtuvia pysyviä ominaisuuksia, että vuodenajasta ja sääoloista aiheutuvaa vaihtelua. Olosuhdetiedon saaminen osaksi metsävaratietokokonaisuutta nähtiin monissa käyttötapaauksissa sovelluskehityksen edellytykseksi. Maaston kantavuuden mallintamiseksi on käytettävissä julkista ja maksutonta paikkatietoaineistoa, mm. Maanmittauslaitoksen kahden metrin korkeusmallia sekä muita maastotietokannan paikkatietotasojia. Muiden datantuottajien maaperää kuvaavia aineistoja on toistaiseksi käytetty vain tutkimustarkoituksessa korjuun olosuhteiden kuvaukseen. Olosuhteita kuvaavaa big dataa odotetaan tulevaisuudessa saatavan suoraan metsäkoneista. Tähän tähtääviä tutkimushankkeita onkin jo aloitettu.

Käyttötapausten kuvausten yhteydessä käsiteltiin myös tietoaaineistot ja käyttösovellukset yhdistävää palvelualustaa (Forest Big Data platform) sen toiminnallisuusvaatimusten ja liiketoiminnallisen konseptin arvioimiseksi. Palvelualusta on kuvattu kappaleessa 4.1.

Ensimmäisen vaiheen käyttötapausten kartoituksen jälkeen hankkeessa aloitettiin sovellusten määrittelyyn ja pilotointiin sekä tuotteistamiseen tähtäävä suunnittelu, jonka yhteydessä tehtiin hankkeen sisäinen sovellusaihioiden priorisointi. Sen jälkeen Forest Big Datassa mukana olevien osapuolien kanssa käynnistettiin tutkimuspilotteja, jotka ovat olleet esiselvitysten tyyppisiä tai konseptin luontiin tähtäävää määrittelyä ja demonstrointia. Niistä on saatu tuloksia tai sovelluksen demoversioita, joiden perusteella idean soveltamiskelpoisuutta pystytään joko alustavasti tai jo pidemmällekin arvioimaan. Näitä on kuvattu kappaleessa 4.2.

Hankkeessa pidettiin neljä teematyöpajaa, joissa tavoitteena oli keskustellen löytää uusia tiedon hyödyntämisen alueita ja esimerkkejä big datan käytöstä muilta toimialoilta sekä hakea painotuksia pilottihankkeiden suuntaamiseksi kehittämistarpeiden mukaisesti. Työpajojen teemat ja keskeiset keskustelujen lopputulemat ja kehittämis ehdotukset olivat:

1. Forest Big Data ja tulevaisuuden sähköiset palvelut

Uusia näkemyksiä tuotiin esille erityisesti teollisuuden tuotanto- ja toimitusketjujen ohjaukseen liittyen:

- arvoketjuajattelu on saatava vahvasti mukaan koko tuotantoketjun ohjaukseen raaka-aineen hankinnasta tuotteiden markkinointiin ja tietojärjestelmien on sitä tuettava mm. kehittämällä välineitä myynnin ennustamiseen ja arvoketjun optimointiin
 - big data ja analytiikka jalostusarvon laskennassa
- tukkipuun arvoerot on saatava selville jo leimikkotasolla, jolloin puukauppaa voidaan kehittää kohti jalostusarvon mukaista täsmähinnoittelua

- tuotannonohjauksessa arvomatriisien leventäminen on mahdollisuus (katkonnan ohjauksen väline)
 - informaatioviiveet on poistettava tuotanto- ja toimitusketjun prosesseista.
2. Forest Big Data ja tulevaisuuden sovellukset (ICT-asiantuntijoille suunnattu työpaja)
- Sovelluskehittäjien näkökulmasta palvelualusta-ajatus on kannatettava. Sen suunnittelussa on kuitenkin huomioitava seuraavia asioita
- datan tietosisältöjä ja attribuutteja voi olla tarpeen rajata suorituskykyvaatimuksista johtuen
 - datan liian tiukka raja voi kuitenkin pudottaa tulevaisuuden sovelluksia ulos – ovi on pidettävä auki myös muille kuin välittömästi hyödynnettäville datoilta
 - tietokantojen kopiointitarvetta palveluun on; tallennustilan hinta ei välttämättä ole kynnyskysymys
 - tiedontuottajien oikeudet raakadataan on selvitettävä
 - laserkeilausaineisto voitaisiin antaa toimijoiden vapaaseen käyttöön: raakadatalle voidaan löytää ajan myötä uusia sovellutuksia.
- Työpajassa esitettiin, että big datan ympärille tulisi perustaa innovaatiojärjestelmä tai -alusta, jossa voitaisiin demonstroida ja kehittää uusia sovelluksia. FBD-ratkaisujen vienti nähtiin mahdollisuutena, joka riippuu ratkaisun strategisesta merkityksestä.
3. Forest Big Data ja puutavarakuljetusten sähköiset palvelut
4. Forest Big Data – Puutavarakuljetusten ja tiestön data
- Kuljetuksia ja tiestöä koskevat kehittämistarpeet, sovellusaihiot ja visio metsäautoteitä koskevasta datasta on esitetty Forest Big Data -hankkeen osaraportissa Tiestödatan nykytila, visio ja toimenpideohjelma (Metsätehon raportti 239).

Puuhuollon suunnittelun, ohjauksen ja seurannan tietotarpeita sekä seuraavan sukupolven metsävaratiedon hyödyntämismahdollisuuksia käsiteltiin Metsätehon osakkaiden kanssa myös yhteisissä tietotarvetyöpajoissa. Työpajat pidettiin erikseen puunkorjuun, metsäomaisuuden hallinnan ja metsäsuunnittelun sekä metsänhoitotöiden osa-alueilla ja niihin osallistui ko. toimintojen kehittämisestä vastaavia henkilöitä. Kuljetuksia ja tiestöasioita näissä työpajoissa ei käsitelty.

Tietotarvetyöpajoissa käytiin läpi nykyisten toimintamallien ja niissä käytettävien tietojärjestelmien vahvuuksia ja heikkouksia sekä arvioitiin, miten uudella tiedolla voitaisiin sekä nostaa operaatioiden kustannustehokkuutta, lisätä suunnittelun ja ohjauksen vaikuttavuutta ja parantaa toimintojen laatua. Tavoitteena oli koota yhteen näkemyksiä Forest Big Datan sovellustiekartan muodostamiseksi sekä selvittää, mikä olisi palvelualustan rooli tietojärjestelmäkokonaisuudessa käyttäjien näkökulmasta. Sovelluskehityksen alustava roadmap oli keskustelujen pohjana. Työpajoissa käytiin läpi myös tietosisältöjä ja aineistoja, joita toimialueen uusissa sovelluksissa voitaisiin hyödyntää. Tietosisältöjen yksityiskohtainen määrittely on tehtävä jatkossa palvelualustan tietomallin suunnittelua varten. Yhteenvedot työpajojen keskusteluista ja kehitysehdotuksista esitetään seuraavassa.

Puunkorjuu

Työpajan tavoitteena oli korjuun suunnittelun ja ohjauksen toimintamallin ja tietojärjestelmien visiointi sekä keskeisten käyttösovellusten tietotarpeiden ja tiedonhallinnan määrittely. Keskustelussa linjattiin yhteiset tavoitteet seuraavasti:

- korjuun suunnittelun ja ohjauksen järjestelmissä puustotiedot ovat keskeisiä lähtötietoja ja niiden tarkkuuden parantaminen on tavoitteena
- runkolukusarja ja riittävät puuston laatua kuvaavat tiedot tarvitaan määrällisen ohjauksen tarpeisiin; puustotiedoissa puulajisuhteiden tarkkuus on tärkeää
- ympärivuotisen korjuun lisääminen on tavoite, johon uusilla suunnittelu- ja päätöksenteon tukijärjestelmillä omalta osaltaan pyritään
- korjuussa tavoitellaan vuosisuoritteiden määrän lisäystä, mutta suunnittelun ja ohjauksen on tuettava myös kvartaali- tai kuukausitason tarkempaa suunnittelua
- käsittelykuvion koon kasvattamisessa lähdetään metsäsuunnittelun kuviotiedoista liikkeelle
- olosuhdetietojen kuvauksen tulee perustua objektiivisuuteen korjuukelpoisuuden arviointia ajatellen
- korjuukelpoisuuden laskennassa mikrokuviotason estimaatti voi olla lähtökohtana, mutta lopputuloksena tulisi olla suurempaa korjuukokonaisuutta kuvaava ennuste
- korjuukelpoisuuden ennustaminen olosuhteiden muuttuessa on keskeinen kehittämistavoite
- kaavatiedot olisi saatava mukaan avoimiin kartta-aineistoihin
- sähkölinjatietojen saatavuudessa on vielä paljon kirjavuutta
 - olisi tavoiteltavaa, että ne saataisiin jatkossa yhdestä paikasta
 - kattavien ja tarkkojen sähkölinjatietojen avulla on mahdollisuus myös edistää korjuuorganisaatioiden myrskytuhovalmiutta
- julkisten tiehankkeiden suunnitelmista olisi tarpeen olla ennakkotietoa metsäyhtiöissä, jotta osataan tehdä korjuuohjelmiin tarpeelliset varaukset.

Kustannustehokkaan puunkorjuun kehittämiseksi tärkeimmät käyttösovellukset ovat työpan mukaan

1. Kehittynyt katkonnan ohjaus ja simulointi
 - korjuun ohjaukseen ja erityisesti sahojen raaka-aineen hankintaan liittyen aloitettu Forest Big Datan rinnalla oma katkonnan ohjauksen ja simuloinnin järjestelmän kehittämisen KAOS-hanke, joka on kuvattu kappaleessa 4.2
2. Korjuukelpoisuusluokitus ja sen sisällyttäminen metsävaratietoon
 - ks. pilottihanke, kappale 4.2
3. Muuttuvien olosuhteiden mukainen korjuukelpoisuuden tarkennus
 - edellyttää perusteiden tutkimusta
4. Korjuun työmaasuunnittelu (ns. ajourakone-sovellus)
 - demonstroitihanke on aloitettu ja kuvataan kappaleessa 4.2.

Metsäomaisuuden hallinta ja metsäsuunnittelu

Metsäomaisuuden hallinnan ja metsäsuunnittelun työkalujen ja sovellusten kehittäminen on metsänomistajille metsäpalveluja tarjoavien organisaatioiden, metsäyhtiöiden ja yritysten intresseissä. Forest Big Data:ssa on otettu käyttöön termi dynaaminen metsäsuunnittelu, jonka mukaisesti metsänkäsittelyn toimenpiteet suunnitellaan joustavasti metsänomistajan tarpeiden mukaan hyödyntäen ajantasaista metsävaratietoa ja muuta päätöksenteon tuen informaatiota.

Työpajakeskusteluissa metsäsuunnittelun kehittämisestä ja sen tietotarpeista esitettiin seuraavia näkemyksiä:

- dynaamisen metsäsuunnittelun tavoitteena on joustava metsänomistajan tarpeisiin ja metsän käytön mahdollisuuksiin sopeutuva metsätilaa koskeva suunnitelma
 - paikallinen puun kysyntätilanne ja alueen puutavaralajien keskihinnat pitäisi voida ottaa suunnittelussa huomioon
 - metsänomistajalle pitää tarjota mahdollisuus tehdä metsäsuunnitelma tilalleen helposti itse
- metsäsuunnittelun tietovarastoja ovat perustietoina käytettävät hilatiedot (puusto ja olosuhteet) sekä muodostetut toimenpidekuviot
 - hilapohjaisen metsävaratiedon käyttö on keskeinen tavoite metsäsuunnittelun lähtötietona
 - metsän käsittelyn historiatieto olisi kiinnostavaa saada osaksi metsävaratietoa
- dynaamisen metsäsuunnittelun elementtejä ovat
 - metsänomistajan euromääräiset tavoitteet päätöksenteon keskeisenä kriteerinä
 - kohteiden priorisointi ja valinta
 - toimenpidekuvion automaattinen muodostus jatkuvasti
 - olosuhdetieto voi olla suunnittelun rajoitteena käytettävä tekijä
 - optimaalisten kohteiden rajaaminen voi muuttua, vaikka tilakokonaisuuden tavoite pysyy muuttumattomana
 - toimenpide-ehdotusten valinnan taustalla on oltava yleiset metsänhoitosuositukset
 - käsittelykuvion koon kasvattaminen aikajakson mukaan
 - kasvumallien kirjasto ja mallien paikallinen kalibrointimahdollisuus
- suunnitteluprosessin tulisi perustua mahdollisimman pitkälle ajantasaisen ennakkotiedon käyttöön ja maastokäyntien kohdistua vain vaikeimmin suunniteltaviin kuvioihin, mm. taimikoihin
- puuston kokoa ja laatua kuvaavat tiedot metsäsuunnittelussa ovat
 - puulajin ja tukin keskijäreys, joka on keskeinen tunnus ja indikoi myös puuston laatua ja siten sen jalostusarvoa
 - oksarajatietoja voitaisiin hyödyntää, mikäli ne olisivat saatavissa riittävän luotettavasti
 - hakkuukoneelta saatava jäävän puuston mittausdata mahdollistaisi myös metsäsuunnittelua palvelevan päätehakkuun runkolukusarjaennusteen
- erilaisten tuhojen (hirvi, lumi, tuuli) tunnistamiseksi ja vakavuuden estimointiin olisi mahdollisuuksia tulevaisuudessa kehittää uusia kaukokartoitustuotteita (esim. hyperspektrikuvat)

- korjuussa toteutuneet ajouratiedot voitaisiin siirtää vektoritietoina toimenpidekuvioiden myöhemmin hyödynnettäviksi tiedoiksi
- tieto käsittelemättä jääneistä kuvion osista voitaisiin myös siirtää hakkuukoneelta metsäsuunnittelujärjestelmään
- koealamittausdatan hallinta FBD-palvelualustan kautta
 - esim. Trestiman mittaussovelluksen kuvadataa voitaisiin käyttää hilatason ennusteiden tarkennuksessa ja päivityksessä
- metsäsuunnittelun tai operaatioiden toteutuksen yhteydessä voi syntyä uutta tai tarkentavaa tietoa metsälakikohteista, joka voitaisiin siirtää tiedon ylläpitäjille; tähän ei kuitenkaan toistaiseksi ole menettelytapaa
- metsien käsittelyn rajoitteita kuvaavien tietojen tuottaminen yhdeksi aineistokokonaisuudeksi olisi metsäsuunnittelun kannalta toivottavaa.

Dynaamisessa metsäsuunnittelussa metsätiedon palvelualusta nähtiin tarpeelliseksi erilaisten aineistojen yhdistämisessä suunnittelun lähtötiedoiksi (ks. palvelualustan kuvaus kappaleessa 4.1). Palvelualustaa ja aineistoja koskevia tarpeita, vaatimuksia ja kysymyksiä ovat

- puustotietojen päivityksessä voidaan hyödyntää toimenpidetietoa ja sitä varten on luotava toimenpidetiedon hankinta- ja hallintamenetelmät sekä pelisäännöt
 - hilamuotoisella tiedolla voi olla tieto tehdystä toimenpiteestä ja sen ajankohta
- eri ajankohtien data-aineistojen fuusiointimenetelmät on kehitettävä ja otettava datan epävarmuus huomioon metsävaratiedon päivityksessä
- datafuusiopalvelut voivat olla vakiona alustalla toteutettavia tai sovellusten omia
- suunnittelu-sovellusten paikkatiedon hallinnan teknologia ja algoritmit määrittävät onko hila- vai vektorimuotoinen toimenpidetieto kokonaisuuden kannalta tehokkaampaa
 - polygoni (ml. vektori- ja pistejoukot) voi olla mahdollinen palvelualustan tukema tietorakenne, jos sille on perusteita
- jatkuvasti ajantasaistettuna palvelualustan kautta luettava data voi olla liian raskas sovellusten kannalta
- palvelualustan on oltava joustava tietosisällön osalta uusien asioiden tuontia varten, tietomallin perusteiden ja ytimen on kuitenkin oltava sovellusten kannalta selvä.

Työpajan ehdotus oli, että metsäsuunnittelun työkalupakki voitaisiin kehittää toimialan yhteiseksi, sillä itsessään metsäsuunnittelu ei ole minkään metsäyhtiön ydintoimintaa.

Metsänhoitotyöt

Metsänhoitotöiden tietotarvetyöpajan tavoitteena oli metsänhoidon operaatioiden menetelmävalinnan ja suunnittelun sekä toimintamallien visiointi ottaen huomioon tietotarpeet, uudet tietoa-aineistot (kuva 3) sekä tulevaisuuden tietojärjestelmät ja sovellukset suunnittelussa ja ohjauksessa.

Metsänhoidon operaatioille asetettavia yleisiä tavoitteita ovat

- metsänhoidon laatutavoitteiden täyttyminen
 - menetelmän ja toteutustavan oikea valinta (indikaattorina nopea uudistamisketju ja puuston alkukehitys)
 - metsänomistajien tavoitteiden huomiointi
- resurssien käytön tehokkuus

- yrittäjien ympärivuotinen työskentely
 - kausityöntekijöiden käyttö
- metsänhoitotöiden kustannusten alentaminen
 - toimenpiteiden oikea ajoitus mm. taimikonhoidon käsittelykertoja minimoimalla.

Tavoiteltavat parannukset nykyisiin toimintamalleihin ovat

- suunnittelussa käytettävän tiedon **laatu**: tietosisältö, tarkkuus ja luotettavuus
- suunnittelutiedon **käytettävyys**
 - tiedon kumuloituminen
 - tiedon siirtyminen toimijoiden välillä
 - avustavat järjestelmät (työn suunnittelija ja toteuttaja)
- suunnittelun, operaatioiden ohjauksen sekä laadunseurannan **kustannustehokkuus**
 - avoimen datan ja laskentamallien hyödyntäminen
 - maastotyön minimointi
 - operaatioissa syntyvän tiedon käytettävyyden lisääminen.

Työpajassa esitettiin seuraavia näkemyksiä:

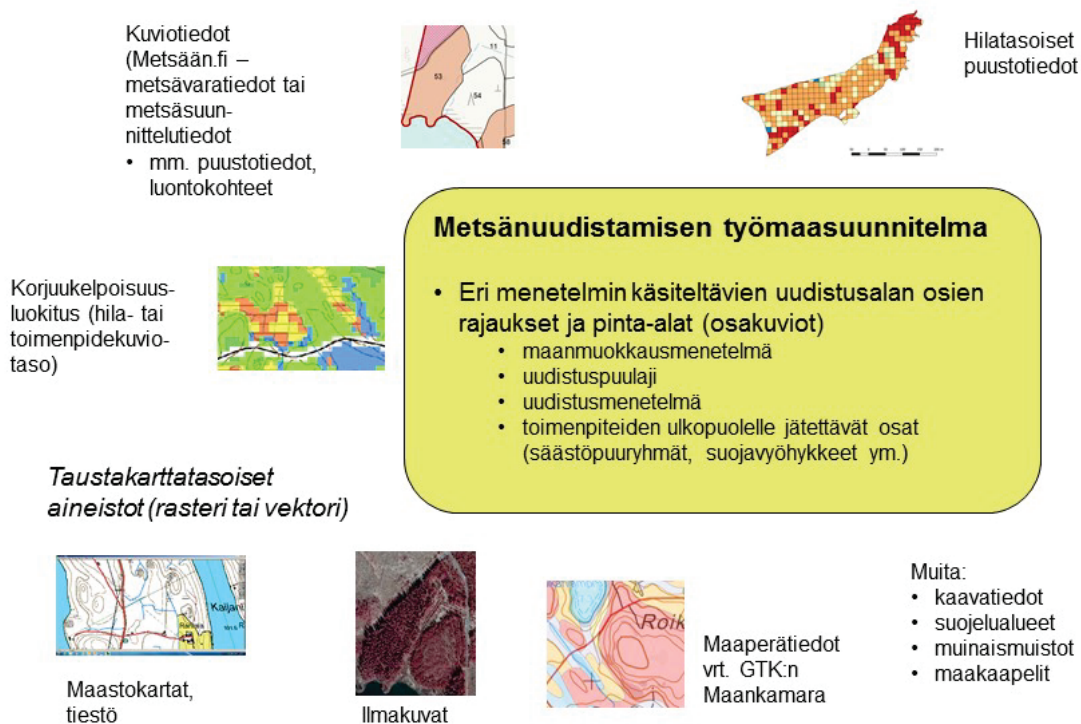
- metsänhoitotöiden suunnittelulle ja ohjaukselle asetettavia keskeisiä tavoitteita ovat
 - suunnittelun helppous: hyvät, toimivat toimenpide-ehdotukset
 - metsänomistajan motivoituminen
 - kustannustehokkuus
- metsänuudistamisen ja taimikonhoidon lisäksi tietotarpeita tulisi tarkastella myös kasvatuslannoitusta ja ojitusta ajatellen
- kasvupaikan boniteetti on kenties keskeisin arvioitava tunnus, jolla on käyttöä useiden eri työläjien suunnittelussa: uudistamisen suunnittelun lisäksi mm. kasvatuslannoituksen kohdentamisessa
 - boniteetin tulkintaa laserkeilauksesta olisi syytä selvittää tutkimuksessa
- tyvilahon ja tyvitervastaudin esiintyminen on iso ongelma joillakin alueilla ja johtaa usein puulajin vaihtoon
 - kaukokartoitustutkimuksessa voitaisiin yrittää selvittää tällaisten alueiden automaattista tunnistusta mahdollisesti maaperätietoon liitettynä
- pahimpien hirvituhoalueiden arviointi kaukokartoituksen sekä hirvivahinko- ja muun tietämyksen perusteella olisi myös hyvä tieto metsänuudistamisen suunnittelussa ja puulajin valinnassa
- metsänuudistamistöiden suunnittelussa istutusaikaikkunoiden määrittäminen on keskeinen menetelmä pyrittäessä jakamaan työkuormaa tasaisesti koko istutuskaudelle
 - kohteiden sijoittamiseksi istutusaikaikkunoihin tarvittaisiin nykyistä tarkempaa olosuhdetietoa
 - korjuusta saatava tieto hakkuutähteiden poisviennistä on yksi ajoituksen määrittämiseen liittyvä tieto
- käsittely-yksiköiden koon kasvattaminen ja siten kustannustehokkuuden lisääminen ovat tärkeimpiä tavoitteita metsänhoidon kehittämisessä
 - pyrkimys on isoihin työmaakokonaisuuksiin
 - työn suorittajalle voidaan tarjota työkalut kohdetasoiseen tarkempaan suunnitteluun
- pinta-alatietoa tarvitaan kohteen hinnoitteluun ja kustannuslaskentaan
 - tarve on erilainen metsäpalveluyrittäjillä ja yksityisillä metsänomistajilla

- säästöpuuryhmien esittäminen kartoilla voi olla tarpeen FSC-sertifioituilla kohteilla jatkossa; tieto voitaisiin tallentaa jo hakkuuvaiheessa tai kaukokartoitukseen perustuen
- tieto luontokohteista ja muista käsittelyjen ulkopuolelle jäävistä alueista olisi syytä välittää työohjeiden mukana karttamuodossa työn toteuttajalle
 - WoodForce-palvelussa tämä olisi mahdollista tehdä
 - ehdotettiin, että FBD:ssä otettaisiin yhdeksi pilotiksi toimijoiden yhteisesti käytettäväksi tarkoitetun paikkatietoaineiston tuottaminen, johon koottaisiin eri lähteistä metsänkäyttöä koskevat rajoitusalueet ja muut metsäsertifiointijärjestelmien vaatimat kohdetiedot
- työmaakartta toimii myös opaskarttana sovelluksissa
 - metsänhoitotoita varten kulkuyhteys kohteelle olisi voitava esittää kartalla: tieyhteys, ajourat, varastopaikat lavettialueita varten sekä kääntöpaikat; myös kantavuus olisi hyvä olla mukana esitettävissä tiedoissa
- maalajitiedon käyttömahdollisuus uudistamisen suunnittelussa nähtiin lähinnä olevan kylvökohteiden rajaamiseksi pois hienojakoisimmilla mailla
- kivisyyden arvioinnissa paremman tulkintamenetelmän puuttuessa voitaisiin kokeilla muokkauskohteiden ilmakuvatulkintaa ja jonkinlaista yleistysmenetelmää
 - kivisyys on hankalasti tulkittava tunnus, jonka arviointi on maastossakin mekaanisin menetelmin vaikeaa
 - maalajilla ja kivisyydellä ei liene selkeää yhteyttä, mutta kivisyyden ennustamista maalajiin perustuen ei ole tutkittukaan
 - laserkeilausaineistoista kivisyyttä voitaisiin ehkä tulkita vasta maanmuokkauksen jälkeen; eri aineistojen yhdistämistä voitaisiin kokeilla
- muokkauspinta-alojen tulkinnassa voitaisiin käyttää tuoreita riittävän tarkkoja ja edullisia satelliittikuvia, joita kuvaparivertailulla vanhempiin kuviin käyttäen pinta-alat voitaisiin ainakin puoliautomaattisesti selvittää
- metsänuudistamisen onnistumisen tilanne tulisi saada selville heti uudistamisen jälkeen
 - omavalvontamenetelmiä on kehitettävä niin, että koko kohdetta koskeva tilanne olisi riittävän luotettavasti selvitettävissä
- kattavista taimikoninventoinneista pyritään pääsemään eroon, koska uudistamistulos on saatava kiinni jo aiemmin
- taimikon varhaishoitotarpeen arviointi perustuu lähinnä uudistushakkuu- ja viljelyvuoden käyttöön lähtötietona
 - olosuhdetieto voi olla siinä lisätietona, mutta ei ole yleensä kriittinen arvioitaessa hoitotarvetta
 - isoilla uudistuskohteilla heinäntorjuntatarvetta on maastoinventoinneilla vaikea täsmällisesti arvioida ilmiön vaihtelevuuden vuoksi
- varttuneen taimikon perkaustarpeen arviointi perustuu nykyisin ensisijaisesti taimikon ikään ja siihen tietoon, onko varhaishoito tehty ja milloin se on tehty
 - kaukokartoitusmenetelmiä käyttäen perkaustarvearvio voisi perustua esim. laserkeilauksesta saatavaan pituuteen sekä puulaji- tai lehtialaindeksin tulkintaan
 - rästikohteiden löytäminen on ensisijainen tavoite tulkintamenetelmän kehittämisessä; eri aineistoja ja lähtötietoja yhdistävässä menetelmässä voitaisiin käyttää mm. kosteusindeksiä, joka voi olla yksi taimikon ja vesakon kasvuun vaikuttava taustatekijä
- pohjavesialueista tulisi saada käyttöön paikkatietoaineistot, jotta niille ei suunniteltaisi lannoituksia.

Forest Big Datassa ei ollut mukana erityistä metsänhoitoa käsittelevää pilottihanketta. Työpa-
jan tarkoituksena olikin keskustelujen perusteella tehdä ehdotus kehitystyön kohdentami-
sesta mahdollisessa jatko-ohjelmassa sekä varautua tietotarvemäärittelyjen avulla myös pal-
velualustassa metsänhoidon tietoaineistojen käsittelyyn ja hallintaan. Ehdotuksena oli tehdä
pilottihankkeen valinta seuraavista toiminnallisuusvaatimuksiltaan eritasoisista sovelluskoko-
naisuuksista:

- A. Tarkennettu kasvupaikkaluokitus uudistamisen suunnittelussa
- B. Metsänuudistamisen työmaasuunnittelu
- C. Taimikkosimulaattori

Työpajassa päädyttiin vaihtoehtoon A, josta sovelluskonseptin määrittely voitaisiin tehdä ot-
taen siihen mukaan kivisyyttä ja muita maaperän ominaisuuksia kuvaavat aineistot ja mene-
telmät, mm. maanmuokkauksen yhteydessä kerättävät aineistot.



Kuva 3. Esimerkki metsänuudistamisen ja metsänhoitotöiden suunnittelussa käytettävistä tietoaineistoista.

2.2 Sovellustiekartta

Forest Big Data -sovellustiekartta laadittiin suuntaamaan tutkimusohjelman sisältöä ja ohjel-
man jälkeisiä kehityshankkeita. Tiekartasta ei ole tehty erillistä dokumenttia, vaan sen keskei-
nen sisältö esitetään tässä. Tiekartan teon vaiheet olivat:

1. Big datan käyttömahdollisuuksien tunnistaminen ja jäsentäminen

- nykyisiin toiminnallisiin prosesseihin perustuva tarvelähtöinen arviointi lähtökohtana

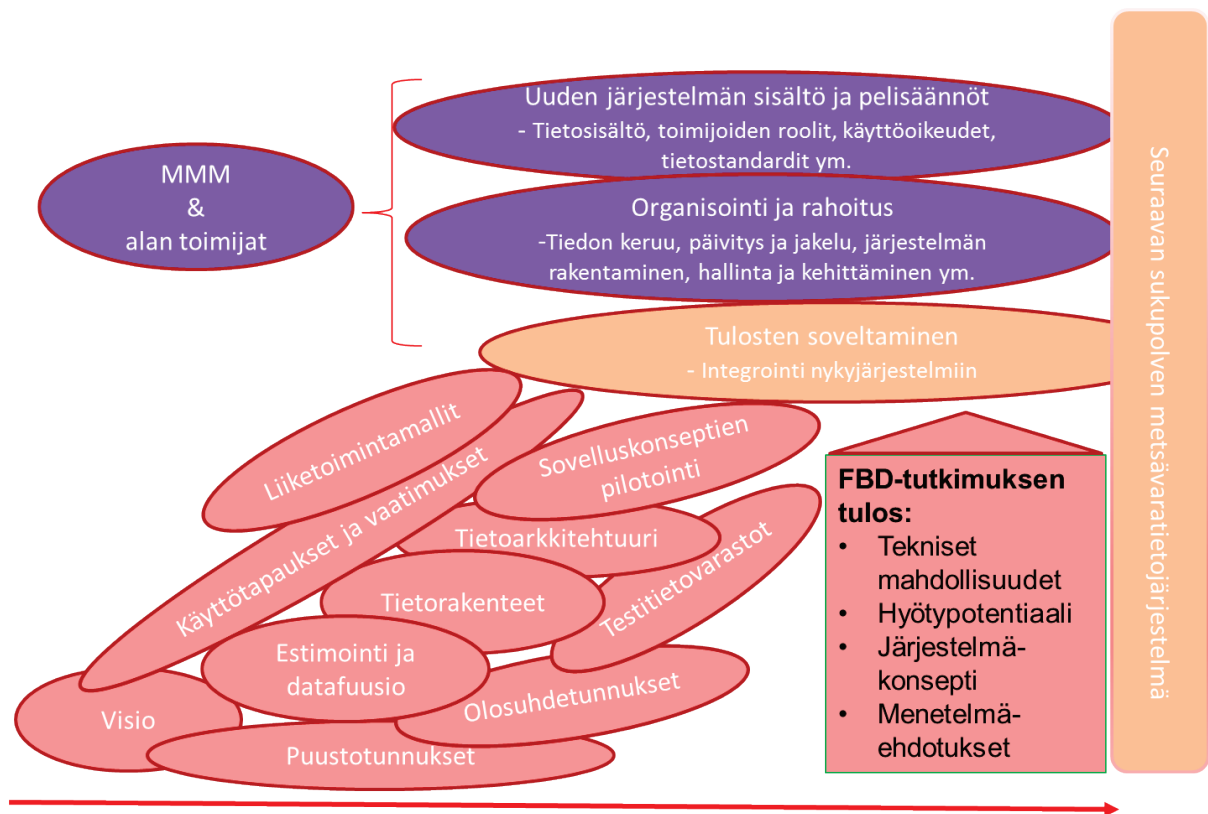
- sovellukset muilla toimialoilla (digitalisaatio ja teollinen internet)
 - uudet mahdollisuudet ja muutokset toimintamalleihin
 - teollinen tuotannonohjaus
 - liikennedata, ajoneuvojen ja työkoneiden väylätieto, kuvantulkintamenetelmät
- kustannussäästöt ja uudenlaiset ansaintalogiikat kehitystyön motivaationa
- toimialan yhteinen visio ja tahtotila laadittiin seuraavan sukupolven metsävaratieto-järjestelmään ja metsätietoekosysteemiin tähtäävän toimintaohjelman muodosta-miseksi (kuva 4)
 - sovellustiekartta kehitystyön hahmottamisessa

2. Forest Big Data -ekosysteemin vaiheistus

- FBD -palvelualustan toimintamallien ja organisointivaihtoehtojen sekä tietojärjestel-mäpalveluiden määrittely käyttötapauksista johdettuna
- tietoekosysteemin sovellusten ja palveluiden sekä niissä olevien rakenteiden, toimin-nallisten osien ja tietorajapintojen vaihtoehtojen selvittäminen ja määrittely
- palvelualustalla käytettävien menetelmien, ohjelmistojen ja algoritmien määrittely, kehitystyön aloittaminen ja pilotointi
- järjestelmien kokonaisuus, yhteensopivuus ja integrointi toimijoiden tietojärjestelmiin
 - toimijakohtaiset tietojärjestelmäratkaisut
 - kaupalliset sovelluspalvelut
 - rajapintapalvelut

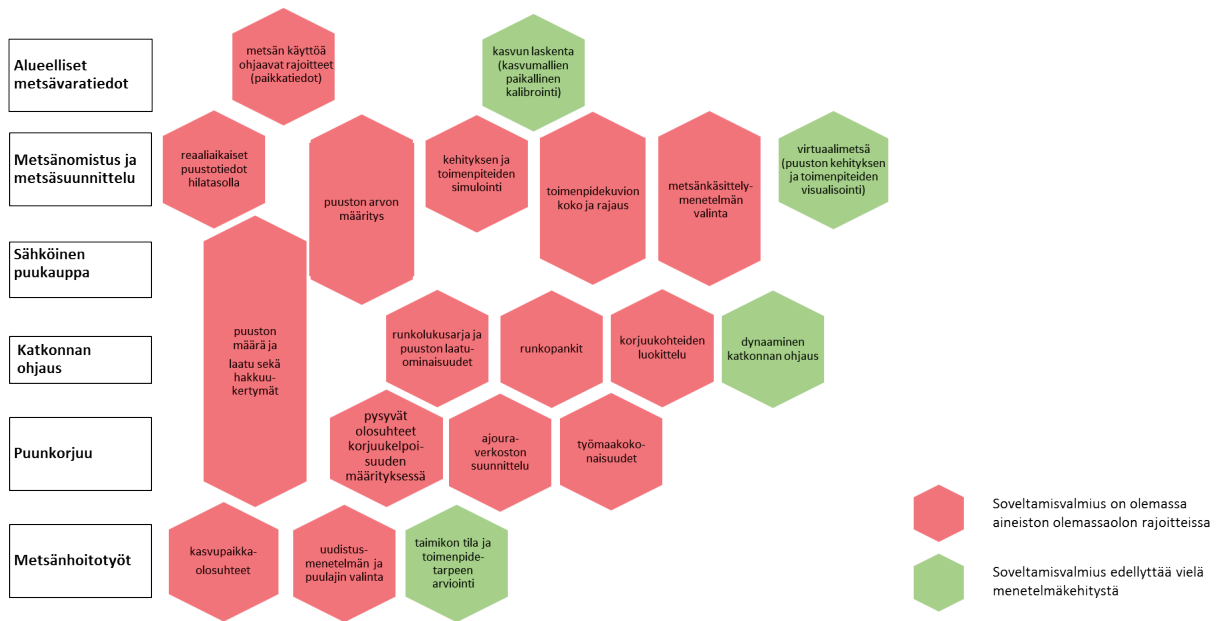
3. Käyttösovellusten priorisointi kehittämishankkeiksi ja sovelluskonseptien pilotointi

- pilotoitavien kärkihankkeiden valinta
 1. lyhyellä aikavälillä nykyisissä tietojärjestelmissä käyttöön otettavat sovellukset (kuva 5)
 2. pitkän aikavälin sovellukset sekä niiden tutkimuksen ja kehityksen jäsentäminen ja työnjako (kuva 6)
- piloteissa tehdään tarkennettu käyttötapausten kuvaus, tietotarvemäärittelyt ja datan laatua koskevat vaatimukset
- piloteille laaditaan oma työsuunnitelma ja sovitaan rahoituksesta.

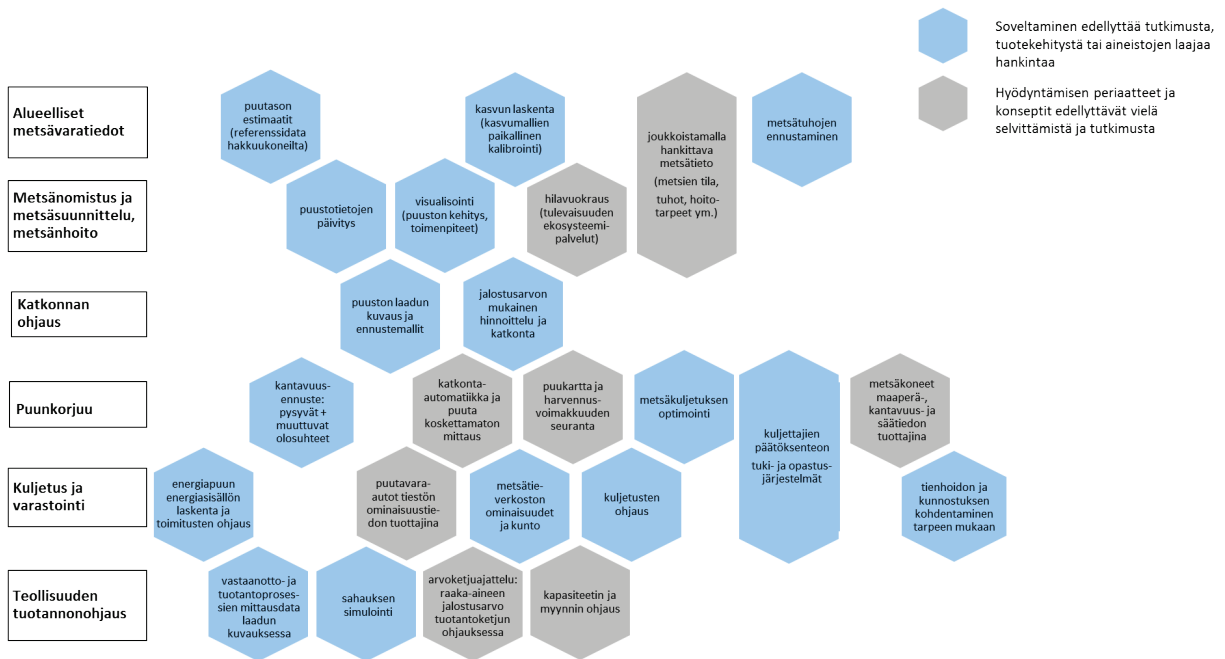


Kuva 4. Hahmotelma Forest Big Data -vision toteutuksesta.

Sovellusten kehittäminen on tiekartassa jaettu lyhyellä aikavälillä pilotoitaviin ja käyttöön otettaviin sovelluksiin (kuva 5) ja pitkän aikavälin kehittämistä ja tutkimusta vaativiin sovelluksiin tai konsepteihin (kuva 6). Lyhyen aikavälin hankkeissa on mahdollista jo nyt käytössä olevilla aineistoilla rakentaa joko sovelluksen ensi vaiheen versio ja sen pilotoinnin jälkeen edetä tuotannollisen sovelluksen kehityshankkeeseen. FBD:ssä mukana olleet tämänkaltaiset pilottihankkeet on esitelty luvussa 4.2.



Kuva 5. Forest Big Datan sovellustiekartan lyhyen aikavälin sovellusaihiot.



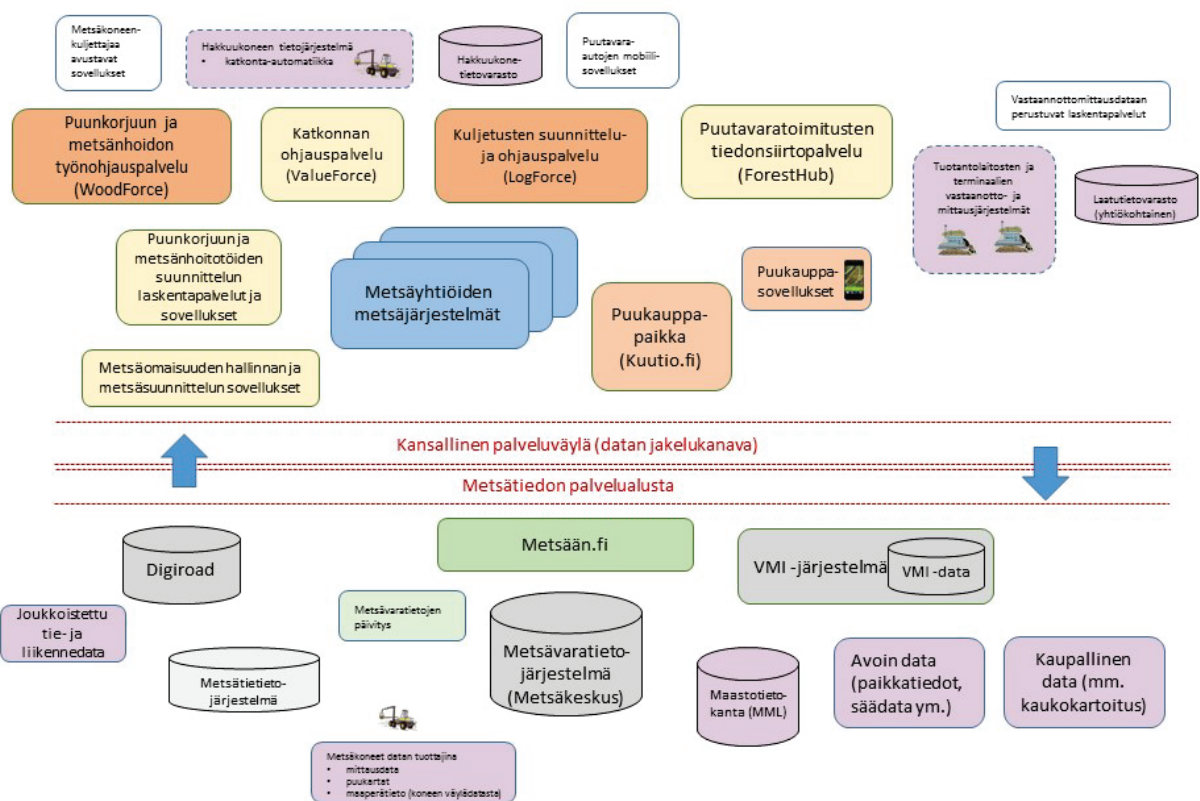
Kuva 6. Forest Big Datan sovellustiekartan pitkän aikavälin kehittämistä ja tutkimusta vaativat sovellusalueet.

3 METSÄTIEDON EKOSYSTEEMI JA ESIMERKKEJÄ SOVELLUSKONSEPTEISTA

3.1 Metsätiedon ekosysteemi

Forest Big Data -visiossa tulevaisuuden metsätiedon ekosysteemi rakentuu keskeisesti seuraavan sukupolven metsävaratietojärjestelmän ja sen avoimen, joustavan ja maksuttoman käytön varaan (kuva 7). Metsävaratiedon käytön ja hallinnan periaatteista ja toimintamalleista on sovittava yhteisesti lainsäädännön edellyttämällä tavalla. Metsätietoekosysteemin keskeisiä elementtejä ovat

- metsävaratietojärjestelmä
 - tietovarastot
 - liityntäpalvelut (tiedonjakelun rajapinnat)
 - metsävaratiedon ajantasaistusjärjestelmä
- palvelualusta tietoaaineistojen ja käyttösovellusten yhdistämiseksi
- kansallinen palveluväylä (KaPa) mahdollisena teknisenä välitysratkaisuna palvelujen välisiin liityntöihin ja käyttäjätunnistukseen
- metsänomistajien sähköiset palvelut
 - Metsään.fi
 - viranomaisasioinnin tietopalvelut
 - puukauppapaikka (Kuutio.fi) ja sitä tukevat puukauppasovellukset
 - metsäomaisuuden hallinnan sovellukset
 - metsätalouden tietopalvelut
- toimialan yhteiset tietojärjestelmäpalvelut ja sovellukset
 - työnohjausjärjestelmät (LogForce ja WoodForce)
 - sanomanvälityspalvelut (ForestHub)
 - suunnittelu- ja seurantasovellukset ja -ohjelmistot (mm. ValueForce)
- metsäkoneiden tietojärjestelmät ja päätöksenteon tuen sovellukset
- tietostandardit (metsätietostandardit, StanForD, papiNet)
- julkiset paikkatieto- ja muut aineistot, mm.
 - MML:n maastotietokanta
 - Digiroad
 - säädata
 - maaperä- ja ympäristötietoaaineistot
- kaupalliset tietoaaineistot
 - osa kaukokartoitusaineistoista
- muut avoimet tietoaaineistot
 - osa kaukokartoitusaineistoista
 - esim. joukkoistamalla kerätyt tietoaaineistot



Kuva 7. Metsätiedon ekosysteemi – tulevaisuuden visio. Lähde: Räsänen, T., Metsäteho Oy. Esitys Forest Big Data -tulosseminaarissa 8.3.2016 (päivitetty 28.12.2017).

Metsävaratiedon käytön keskeinen kysymys on, miten monilähteistä heterogeenista dataa voidaan hallita sekä hyödyntää sovelluksissa mahdollisimman helposti. Tiedon soveltamismahdollisuudet riippuvat osin siitä, minkälaisella tarkkuudella, luotettavuudella ja kustannuksilla puusto- ja olosuhdetietoja onnistutaan määrittämään. Tavoitteena on luoda tietojärjestelmäkokonaisuus, joka pystyy vastaamaan kiinnostuksen kohteena olevan alueen, jopa yksittäisen puun, osalta kysymyksiin:

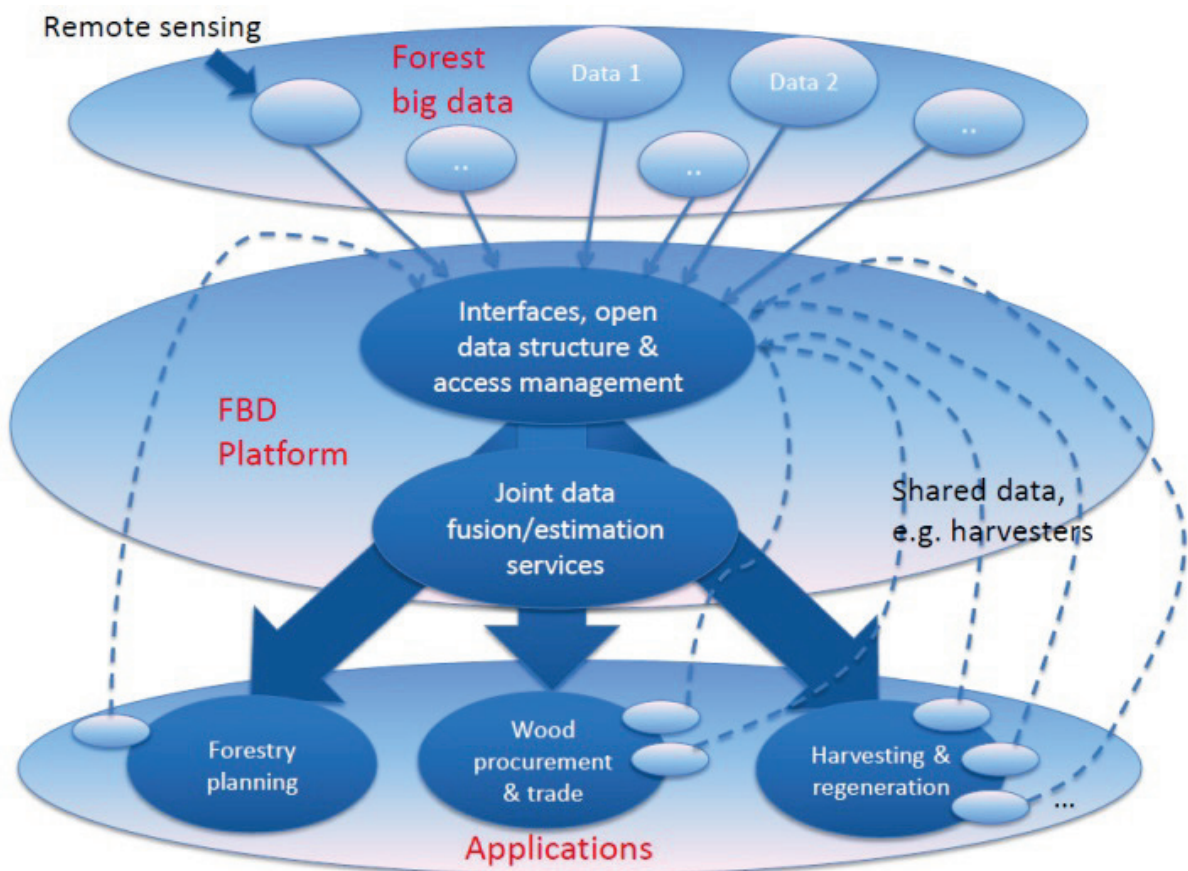
- Mitä tiedämme tämän puun/puuston käsittelyn ja hyötykäytön kannalta olennaisista ominaisuuksista?
- Kuinka suuri epävarmuus liittyy ominaisuuksia koskevaan tietoon?

Palvelualustan tehtävänä on toimia väylänä, jonka kautta käyttösovellukset ja niissä tarvittavat aineistot voidaan yhdistää toisiinsa standardisoitujen rajapintojen avulla (kuva 8). Sen määrittelyssä lähtökohtina ovat olleet

- datan tarjoaminen sovelluksille jakelualustan kautta
- yhtenäinen näkymä dataan yhteisen tietorakenteen ja rajapinnan kautta
- datalähteiden ajantasaistaminen ja yhdistäminen helposti hyödynnettäväksi estimaatiksi → jakelualustan peruspalvelu
- lähtökohtaisesti palvelualustalla ei ole omia tietovarastoja.

Tavoitteena on, että palvelualustan avulla luodaan sovelluskehittäjille mahdollisuudet joustavasti hyödyntää eri aineistontuottajien ja eri tietovarastoissa olevia aineistoja sekä toisaalta luoda tuottajille kanavat aineistojen jakeluun. Palvelualustakonseptia pilotoitiin FBD:ssä, ja

Arbonaut Oy teki siitä demoversion yhdessä Tampereen teknillisen yliopiston kanssa (Rajala & Ritala 2016).



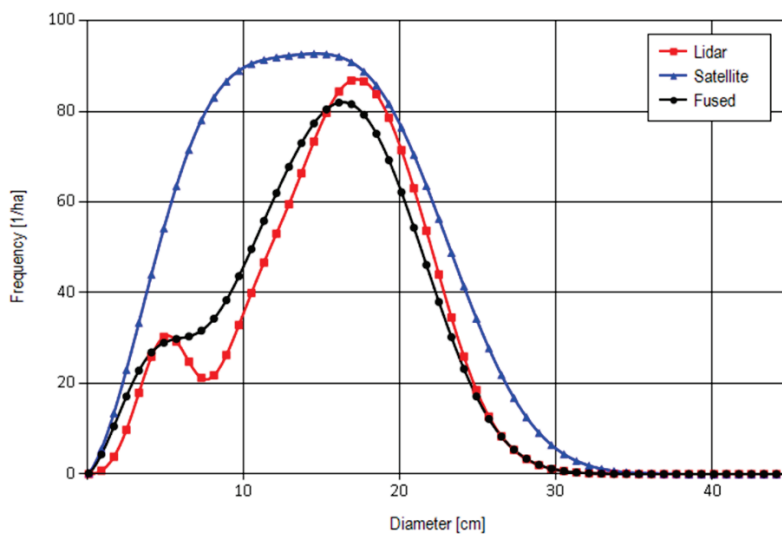
Kuva 8. Forest Big Data -palvelualusta datan ja sovellusten yhdistäjänä (Rajala & Ritala 2016).

Yhteinen tietorakenne

- tietorakenteeltaan palvelualustan on oltava vakio ja iältään pitkäkestoinen
 - alustalla sovellettava tietomalli yhteensopiva metsätietostandardin tietorakenteiden kanssa
 - teknologia voi ajan kuluessa vaihtua, mutta tietomalli saisi perusteiltaan olla pysyvä, kuitenkin uusilla tietorakenteilla täydentyvä
- datalähteen datan ja metadatan esittäminen yhtenäisessä kompaktissa muodossa jakelualustalle ja sovelluksille
 - myös jakelualustan tuottama yhdistetty estimaatti jaetaan sovelluksille samassa muodossa
- mahdollista määritellä samalla rakenteella metsäalueita, grid-soluja ja yksittäisiä puita
 - dataesityksen perusyksikkönä 16 m x 16 m hilaolu (grid)
 - soveltuu myös muun datan, kuten maaperädatan esittämiseen
- tieverkkojen esittämisessä grid-pohjainen topologiamalli ei toimi optimaalisesti, vaan tulisi käyttää verkkomallia
 - palvelussa voi olla topologioiden muunnosmahdollisuus.

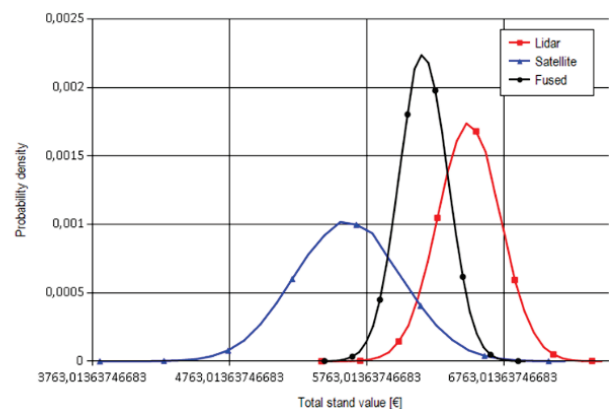
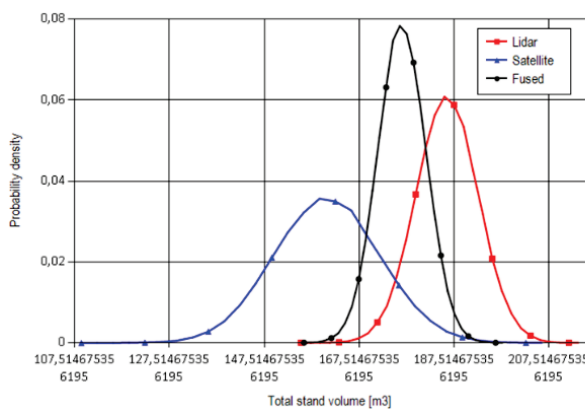
Eri lähteistä saatavan datan yhdistäminen (datafuusio) ja ajantasaistaminen

- oletuksena on, että datalähteiden yhdistäminen tuottaa entistä tarkempaa ja luotettavampaa tietoa
- yhdistäminen perustuu datalähteisiin liittyvän epävarmuustiedon hyödyntämiseen → datalähteiden painotus estimaatissa
- datalähteet ajantasaistetaan tapahtumatiedon perusteella sekä kasvumalleilla esim. nykyhetkeen tai tulevaisuuden ajankohtaan
- ajantasainen estimaatti runkolukusarjasta sekä pituuskäyrästä parametrierpävarmuuksineen jokaisesta hilasolusta sekä aggregoituna metsäalan puustolle (kuva 9)
 - edellisistä voidaan laskea kaikki oleelliset attribootit epävarmuuksineen, kuten tilavuus puutavaralajeittain (kuva 10).



Kuva 9. Esimerkki: puuston läpimittajakauma kuviotasolla. Yhdistetty estimaatti ("Fused") on saatu fuusioimalla hilatason datalähdekohtaiset jakaumat ja sitten aggregoimalla kuviotasolle.

- Metsäalueen puuston tilavuus + epävarmuus
- Metsäalueen puuston arvo + epävarmuus
- Epävarmuuden hyödyntäminen datafuusion lisäksi myös päätöksenteossa



Kuva 10. Esimerkki: metsäalueen puuston tilavuus ja arvo. Epävarmuus pienenee fuusioidussa estimaatissa verrattuna yksittäisiin datalähteisiin.

Palvelualustalle ja käyttösovelluksille asetettavia kehitystavoitteita ja vaatimuksia sekä niiden välistä työnjakoa on kuvattu lähinnä metsäyhtiöiden tietojärjestelmien hallinnan näkökulmasta kuvassa 11. Toimialan yhteisillä käyttösovelluksilla on mahdollista rajoitetusti korvata nykyisin toimijoilla olevia omia tietojärjestelmiä, mikä voi olla kustannusvaikutuksiltaan houkutteleva vaihtoehto. Esimerkkinä nykyisten tietojärjestelmien korvattavuudesta ovat metsänomistajille suunnatut metsäomaisuuden hallinnan ja metsäsuunnittelun ohjelmistot. Olen- naista on silloin kuitenkin varmistaa palvelun jatkuva saanti, mikä edellyttää palvelun tarjo- ajalta vakiintunutta toimintaa ja palvelun jatkuvaa kehittämistyötä sekä mahdollisesti asiakas- kohtaista räätälöintimahdollisuutta. Datan omistukseen, käyttöoikeuksiin ja hinnoitteluun liit- tyvät kysymykset on myös varmistettava. Kokonaan uusiin käyttötarkoituksiin hyödynnettä- vissä sovelluksissa on samalla tavoin suunniteltava sovelluksen yhteydet organisaation muihin järjestelmiin ja tietovarastoihin.



Kuva 11. Palvelualustan ja käyttösovellusten tehtävät ja vaatimukset.

3.2 Pilotoitavat konseptit ja sovellukset

Käyttötapausten priorisointien ja hankkeessa mukana olleiden osapuolien kehittämistavoitteiden perusteella osasta käyttötapauksia aloitettiin sovelluksen tai tietojärjestelmän toteutukseen tähtäävä työ. Tavoitteena oli, että jo Forest Big Data -hankkeessa voitaisiin pilotoida tai demonstroida käyttötapauksen mukaista konseptia edellyttäen, että siinä tarvittavat aineistot ovat olemassa ja että pilotoinnilla on mahdollista saada arvioita sovelluksen toteuttamiskelpoisuudesta, hyödyistä ja kustannuksista. Pääosa hankkeen aikana valmistelluista sovelluskonsepteista ja piloteista esitellään lyhyesti seuraavassa.

3.2.1 Kehittynyt katkonnan ohjaus ja simulointi

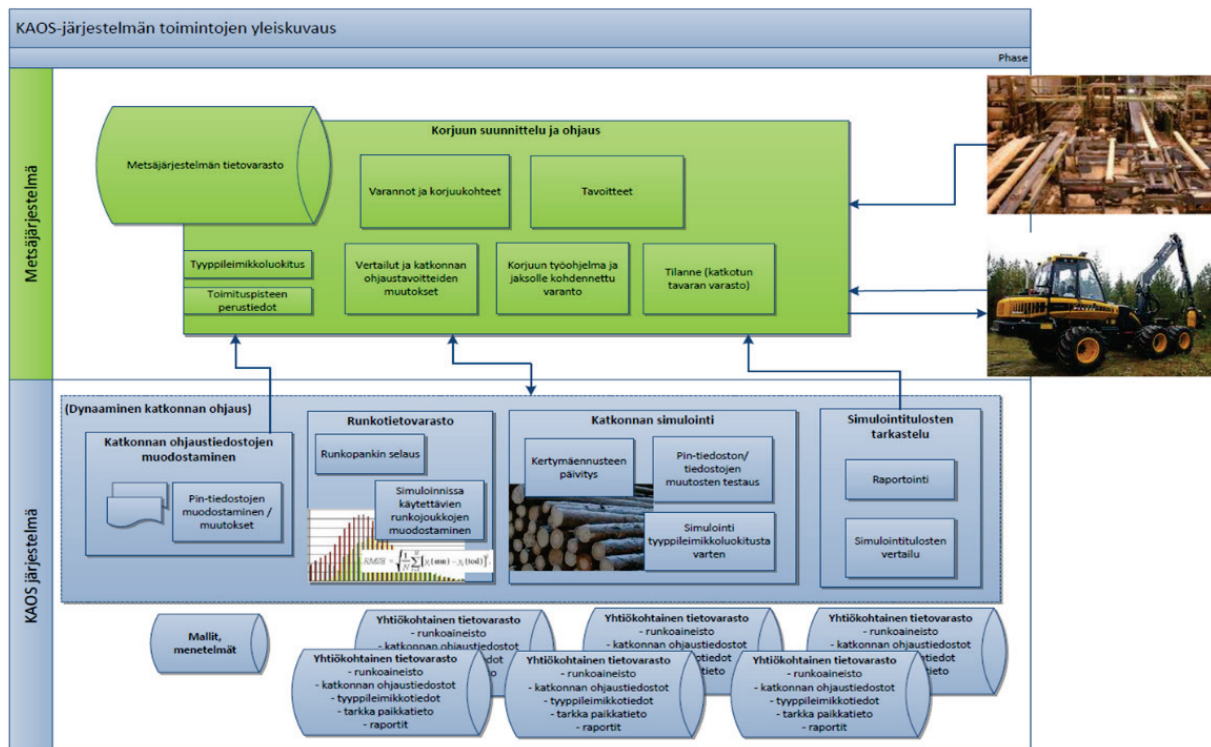
Katkonnan suunnittelun ja ohjauksen kehittämiseksi aloitettiin Forest Big Datan kanssa yhtä-aikaisesti Metsätehon koordinoimana erillinen valmistelutyö (KAOS-hanke), jonka määrittelyistä osa toteutettiin FBD:ssä. Valmistelussa mukana olivat Metsätehon osakkaista Metsähalitus, Metsä Group, Stora Enso ja UPM sekä metsäkonevalmistajista John Deere Forestry Oy, Komatsu Forest Oy ja Ponsse Oyj.

Hankkeen tavoitteena on kehittää puunhankkijoiden käyttöön yhteinen katkonnan ohjauksen ja simuloinnin tietojärjestelmä ja siihen liittyvät jatkuvat palvelut, joka sisältää seuraavat osat:

- Yhteinen logiikka, jolla kukin puunhankkija voi itsenäisesti omien korjuukohteiden puustotunnusten perusteella runkotietovarastoja hyödyntäen simuloida korjuukohteita ja muodostaa hakkuukoneille katkonnan ohjaustiedostoja.
- Katkonnan ohjaustiedostojen muodostamisen editori ja ohjaustietojen tietovarasto.
- Mahdollisesti yhteinen runkotietovarasto, jonka tietosisältö on yleistetty siten, etteivät eri puunhankkijoiden ja metsäomistajien tiedot käy tietovarastosta ilmi. Lisäksi kunkin puunhankkijan oma runkotietovarasto, johon muilla osapuolilla ei ole käyttöoikeutta.
- Palvelu on liitetty kunkin puunhankkijan metsäjärjestelmään hyödyntäen avoimia ja julkisesti saatavilla olevia standardeja (StanForD2010 ja metsätietostandardi).
- Tietojärjestelmän ylläpitoon ja jatkokehitykseen liittyvä jatkuva palvelu.

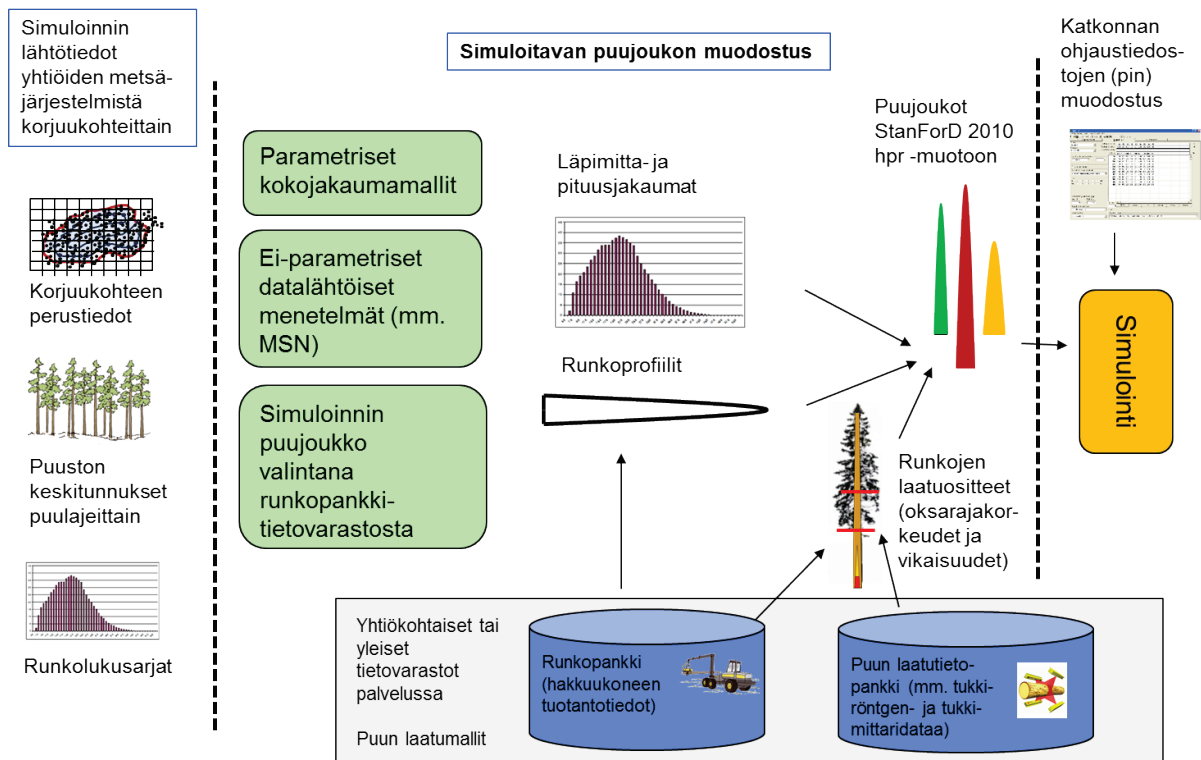
Valmisteluvaiheessa tehtiin katkonnan ohjaus- ja simulointijärjestelmän käyttötapausten ja toiminnallisuusvaatimusten kuvaukset, joiden yhteydessä määritettiin toteutushankkeen vaiheistus ja kehityksen roadmap. Valmisteluvaiheen jälkeen aloitettiin kilpailutuksen tuloksena järjestelmän ja palvelun määrittelyvaihe Savcor Oy (Trimble Forestry) toteuttajana ja Ponsse Oyj alihankkijanaan. Määrittelyt sisälsivät

- prosessi- ja menetelmäkuvaukset
- tietovirtakuvaukset
- integraatiokuvauksen ml. XML-sanomat
- käyttötapauskuvaukset
- jatkuvan palvelun määrittelyt (kuva 12).



Kuva 12. Katkonnan ohjausjärjestelmän yleiskuvaus. Lähde: Savcor Oy.

Katkonnan ohjaus- ja simulointijärjestelmässä uusia metsävaratietoja on tarkoitus hyödyntää leimikoiden laskentapuujoukon muodostuksessa (kuva 13). Mitä tarkemmalla tasolla puustotieto on jo korjuun varantotiedoissa puukaupan tai metsäsuunnittelun yhteydessä saatuna, sitä luotettavammat katkonnan simuloinnin puutavaralajikohtaiset kertymä- ja jakaumaennusteet laskennasta ovat saatavissa. Järjestelmän kehittämisen yhtenä tärkeänä aiheena on puuston laadun kuvaus- ja ennustemenetelmien sisällyttäminen kokonaisuuteen. Katkonnan ohjauksen ja puukaupan välineeksi on määrittelyvaiheessa ideoitu tyypileimikointia, jossa korjuukohteita luokitellaan ryhmiin niiden puustotunnusten perusteella, joilla on eniten merkitystä jalostusarvon kannalta. Puuston järeys ja oksaisuusominaisuudet ovat näistä tärkeimpiä. Big data -tyyppisellä lähestymisellä yhdistämällä sahojen vastaanotto- ja tukkiröntgenmittauksia leimikoiden hakkuukoneen mittaustietoon nähdään olevan tässä suurta potentiaalia. Hakkuukoneiden runkokohtaiset mittaustiedot ovatkin järjestelmässä hyödynnettävä keskeinen tietovarasto, josta saadaan tarkan puuston mittaustiedon lisäksi myös puuston laatua kuvaavaa tietoa irti pölkkykohtaisesta katkontadatasta. Näitä ns. runkopankkeja voidaan käyttää myös laskentapuujoukkojen muodostamiseen hakemalla tietokannasta piirteitä, jotka parhaiten kuvaavat leimikoiden puustojen samankaltaisuutta.



Kuva 13. Laskentapuujoukon tietolähteiden ja muodostamismenetelmien vaihtoehdot katkonnan simulointia varten.

Katkonnan ohjaus- ja simulointijärjestelmän toteutusvaihe aloitettiin marraskuussa 2016 ja sen odotetaan valmistuvan kesään 2018 mennessä. ValueForce-palvelun toteuttaa Savcor Oy / Trimble Forestry yhteistyössä Ponsse Oyj:n kanssa.

3.2.2 Korjuukelpoisuusluokitus

Maaston staattista kantavuutta kuvaavan korjuukelpoisuusluokitusaineiston tuottamiseen tähtäävä pilottihanke aloitettiin FBD:ssä keväällä 2015 toimenpidekuvioiden koon kasvattamista selvittäneen työn jälkeen. Luokituksessa käytettävät menetelmät kehitti Arbonaut Oy, joka tuotti myös pilotoinnissa kesällä 2016 testatun aineiston. Metsäyhtiöt, Metsähallitus, Suomen metsäkeskus ja Metsäteho olivat mukana luokituksen ensimmäisen vaiheen kokeiluissa, jotka tehtiin neljälle testialueelle. Positiivisten tulosten perusteella kesän 2016 aikana selvitettiin luokituksen onnistumista toteutuneilla korjuukohteilla samoilla testialueilla.

Korjuukelpoisuusluokituksen tavoitteita ovat

- puunkorjuun kausivaihtelun vähentäminen lisäämällä kelirikko- ja kesäaikaan korjattavien kohteiden määrää
- kesäkorjuukelpoisten turvemaan kohteiden etsiminen
- korjuuajankohdan huomioiva taso, jota voidaan käyttää automaattisen toimenpideyksikön määrittämisessä yhtenä lähtötasona (ns. dynaaminen toimenpidekuviointi)
- yhteensopiva puustotulkintahilan kanssa.

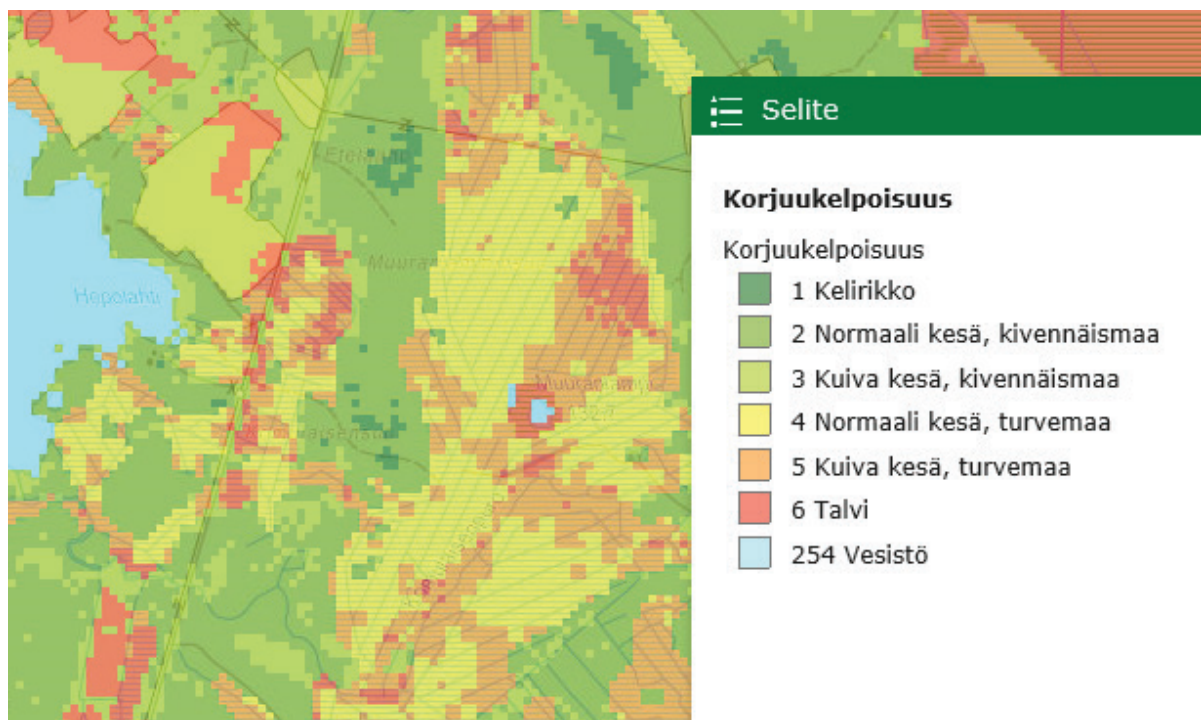
Kehitettyssä laskentamenetelmässä muodostetaan hyltasoinen staattinen korjuukelpoisuusennuste, joka voidaan tuottaa laajoille alueille hyödyntäen avoimia paikkatietoaineistoja. Käytettyjä lähtöaineistoja ovat

- laserkeilausaineisto (harvapulssi ALS)
 - maastomalli → kosteusindeksin laskenta
 - kasvillisuuden laskenta
 - ojien kuivavara-analyysi
- MML:n maastotietokanta (suo/kangas, ojat, vesistöt, pellot, rakennettu ympäristö)
 - turvemaat ja ei-metsätalousmaat.

Menetelmän kehityksessä ja testauksessa/kalibroinnissa on käytetty lisäksi alueittaista maastohavaintoaineistoa, joka pilotissa on ollut Metsäkeskuksen keräämää koeala-aineistoa.

Testausta jatkettiin keväällä 2017 ja luokitus on tehty myös MEOLO-hankkeen tutkimusalueille. Kesällä 2017 päätettiin, että Metsäkeskus tilaa korjuukelpoisuusluokituksen uusille laserkeilausalueille, jotka on valittu yhdessä toimijoiden kanssa (kuva 14). Syksyllä 2017 valmistuivat yhteensä 24 keilausalueen kartat. Metsäpinta-alana se vastaa noin 3,5–4 miljoona hehtaaria. Kartat ovat ladattavissa Metsäkeskuksen WMS-palvelusta osoitteesta

<https://metsakeskus.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=ede3c15b78da423bb15e3b62af5ce85f>



Kuva 14. Esimerkki korjuukelpoisuusluokituksesta. Lähde: Suomen metsäkeskus.

3.2.3 Ajourakone (puunkorjuun työmaasuunnittelu)

Uusiin digitaalisiin metsävara- ja paikkatietoaineistoihin perustuvan puunkorjuun työmaasuunnittelun sovelluksen tai palvelun kehittämistä ideoitiin ja määriteltiin Forest Big Data -tutkimusohjelmassa Metsätehon koordinoimana. Tavoitteeksi asetettiin toteuttaa puunkorjuun toimijoiden yhteinen suunnittelusovellus, jota käytetään työmaakartan muodostamista varten. Tuloksena syntyvää karttaa on tarkoitus käyttää puunhankintaorganisaatioissa korjuun suunnittelun tukena ja se voidaan välittää edelleen yrittäjän työnohjausjärjestelmään tai yrittäjän käyttöön sopivassa muodossa muiden työmaata koskevien tietojen ja korjuuohjeiden mukana. Pitkän aikavälin kehitystavoitteena on, että myös yrittäjä voi tehdä itse suunnitelmat palvelun avulla. Ensi vaiheessa tavoitteena on erityisesti harvennusten kokoojaurien sijoittaminen kantavuudeltaan parhaisiin paikkoihin ottaen huomioon metsäkuljetusmäärät leimikon eri osista.

Palvelusovelluksella tuotetaan leimikon ennakkosuunnittelutiedot

- ajoura- ja varastopaikkasuunnitelma välitettäväksi operatiiviseen työmaasuunnitteluun
- harvennuksilla kokoojaurien sijoittaminen kantavuuden kannalta oikeisiin paikkoihin on keskeistä
- metsäkuljetusmatkan minimointi on tavoitteena.

Tavoiteltavia hyötyjä ovat

- laadukkaampi leimikon suunnittelu huomioiden korjuuolosuhteet, puuston sijainti leimikolla, korjuun ulkopuolelle jätettävät leimikon osat ja esteet sekä työturvallisuutta vaarantavat riskikohdat
- parempi korjuujälki
 - maastovaurioille herkkien kohtien osoittaminen ja niiden välttäminen ajourien sijoittelussa mahdollisuuksien mukaan korjuun ajankohta ja kantavuusolosuhteet huomioiden
- metsäkuljetuksen parempi tuottavuus ja kustannuskilpailukyky
 - yrittäjää ja kuljettajaa avustava työkalu kaluston valinnassa, työn ajoituksessa sekä ajettavien kuormien suunnittelussa
 - maaston kantavuus ja sen tarpeen mukainen vahvistaminen keskeisiä tekijöitä myös tässä
- työmaakeskittymien lisääminen tarkentuvan suunnittelutiedon avulla
- ympärivuotisen korjuun lisääminen
- korjuukoneiden vuosisuoritteiden määrän lisäys sekä kvartaali- tai kuukausitason tarkempi suunnittelu
- maastotyön vähentäminen korjuun työmaasuunnittelussa
- kuljettajien päätöksenteon helpottaminen.

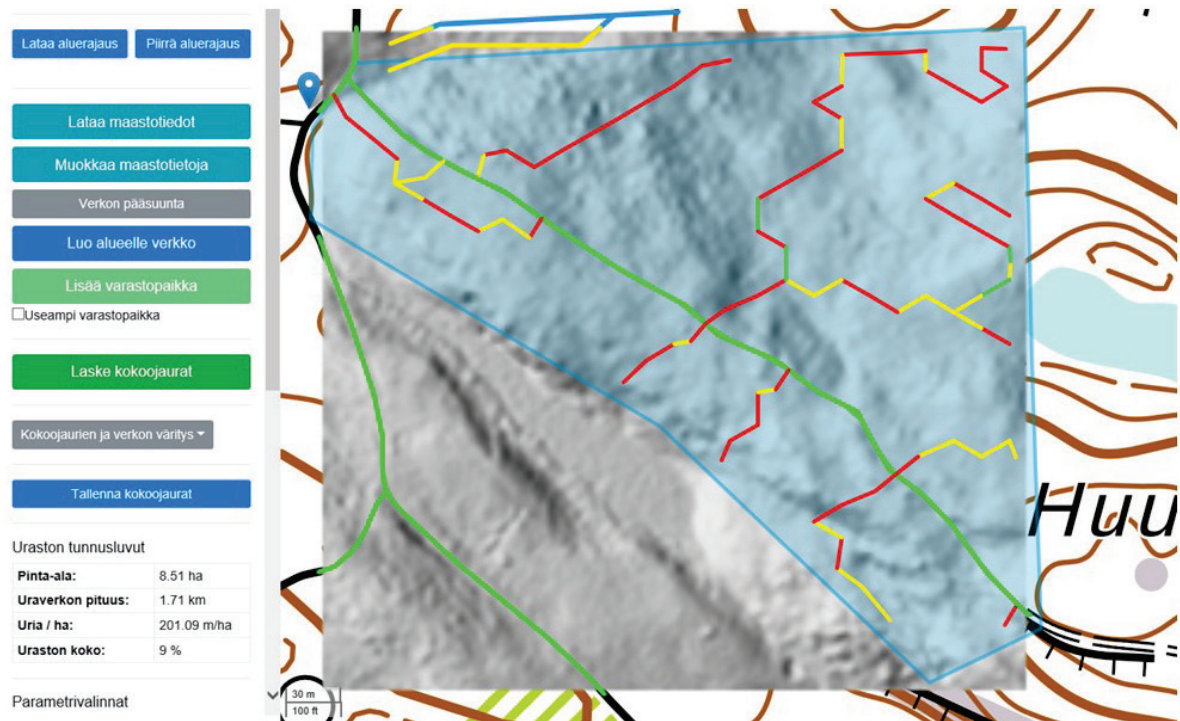
Sovelluksessa käytettävää dataa voivat olla

- maaston korkeusmalli
 - lasketaan kaltevuuskulmat, joita käytetään uraehdotusten laskennassa
- korjuukelpoisuusluokituskartat
- hylätasoinen metsävaratieto

- puuston tunnusluvut ja ajourien sijoittelu
- kuviorajat
 - alueen raja.

Datan hyödyntäminen ei ole rajoitettu mainittuihin, vaan voidaan käyttää muitakin saatavilla olevia aineistoja, kuten SYKE:n ja museoviraston aineistoja, metsälakikohdetietoja tai maastomallin kohteita.

Karttakeskus Oy on pilottihankkeessa tehnyt demoversiot Ajourakone-sovelluksesta, jossa aluksi kehitettiin ajouraverkoston sijoittelualgoritmit ja on sen jälkeen lisätty laskentaan erilaisia ominaisuuksia ja parametreja (kuva 15). Tuotteistamiseen tähtäävää kehittämistä on tehty vuoden 2017 aikana Metsätehon rahoittamana ja tavoitteena on sovelluksen laajempi pilotointi ja testaus metsäyhtiöissä ennen sen lanseerausta.

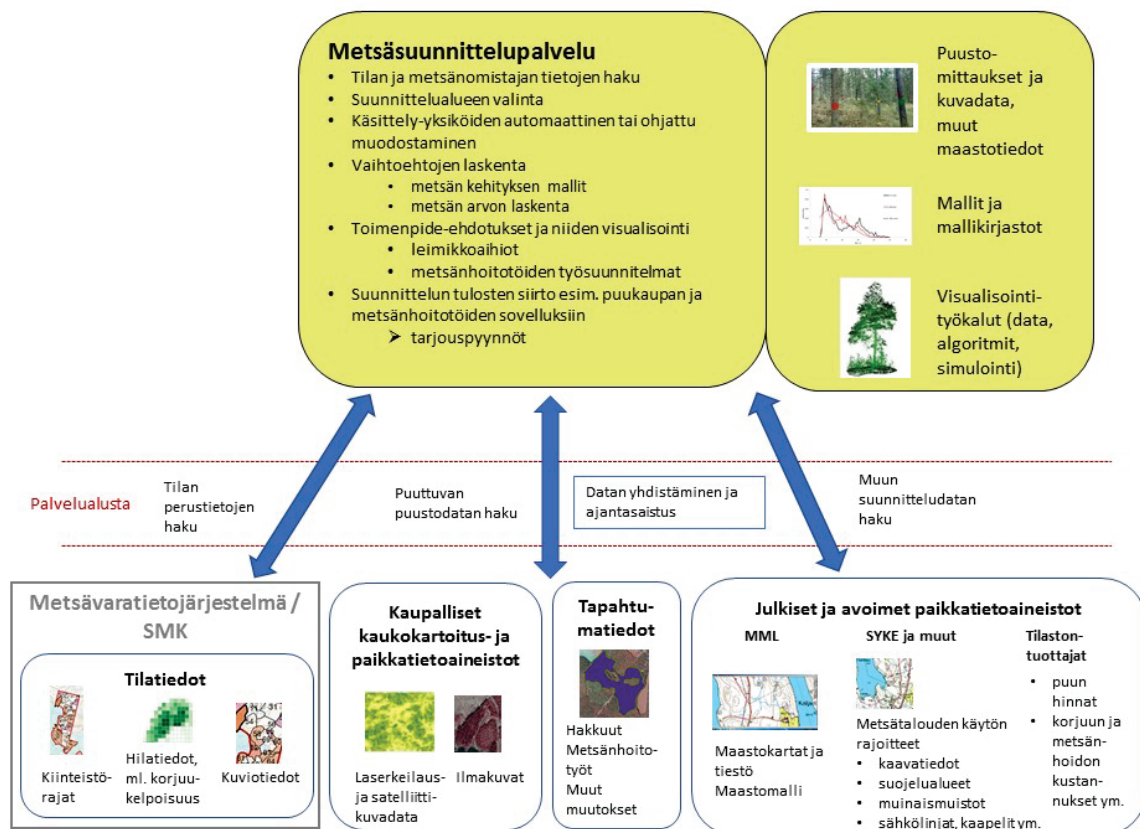


Kuva 15. Ajourakone-sovelluksen tavoitteena on sijoittaa leimikon kokoojaurat kantavuudeltaan parhaisiin paikkoihin ja sen jälkeen laskea varsinaisten ajourien sijoitteluehdotus. Lähde: Karttakeskus Oy.

3.2.4 Dynaaminen metsäsuunnittelu

Perinteisen maastossa tehtävän kuviointiin ja toimenpidetarpeiden arviointiin perustuvan metsäsuunnittelun korvaajana nähdään olevan verkossa laadittava ja esitettävä suunnitelma, jonka metsänomistaja tai suunnitelman käyttäjä voi itse tehdä, päivittää tai vähintäänkin ylläpitää siinä tapahtumatietoja. Tämänkaltaisen verkkometsäsuunnitelma voi olla osa metsänomistajan metsäomaisuuden hallintapalvelua, joka rajapintojen ja metsätietostandardin avulla integroidaan esim. sähköiseen puu- ja metsänhoitotöiden kauppapaikkaan tai metsäalan palveluntuottajien järjestelmiin.

Metsäsuunnittelun tietoaineistot voivat olla julkisia metsävaratietoja tai kaupallisia kaukokartoitusaineistoja ja suunnittelun tukiaineistoina voidaan hyödyntää erilaisia avoimia paikkatietoaineistoja sekä metsäalan hinta- ja kustannustilastoja. Metsätiedon palvelualusta voi tässä kokonaisuudessa toimia välittävänä palveluna tietoaineistojen ja metsäsuunnittelusovelluksen välillä (kuva 16). Onkin ruvettu puhumaan dynaamisesta metsäsuunnittelusta, jossa suunnitelmaa päivitetään ajantasaisten tietolähteiden avulla ja jossa metsänomistajan muuttuvien tarpeiden ja metsänkäytön tavoitteiden mukaan suunnitelma mukautetaan kulloiseenkin tilanteeseen. Dynaamisen metsäsuunnittelun elementtejä on kuvattu enemmän luvun 2.1 *Forest Big Data -käyttötapausten kartoitus ja sovellusmahdollisuuksien arviointi* otsikon *Metsäomaisuuden hallinta ja metsäsuunnittelu* alla. Forest Big Data -hankkeen aikana Simosol Oy on aloittanut dynaamisen metsäsuunnittelun sovelluskehitystyön.



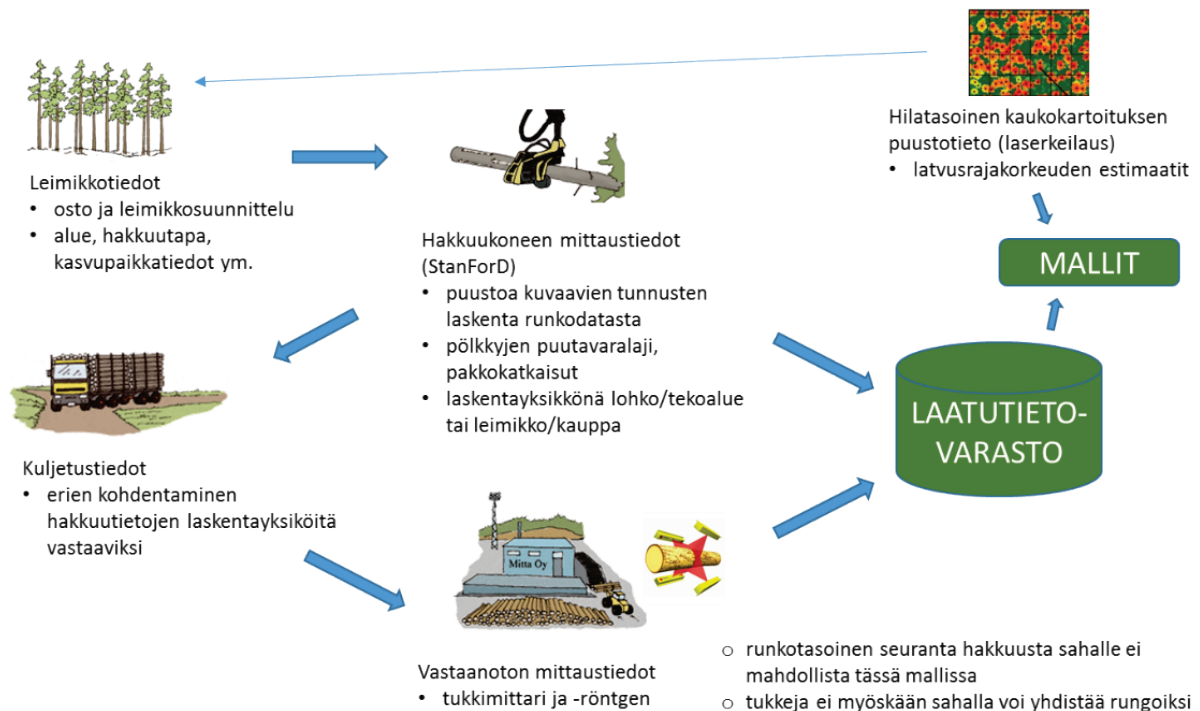
Kuva 16. Palvelu, jossa metsänomistaja voi luoda muuttuviin metsänkäytön tavoitteisiinsa mukautuvan metsäsuunnitelman, voi käyttää erilaisia tietolähteitä ja metsän kehityksen malleja metsätiedon palvelualustan kautta.

3.2.5 Laatutietovarasto ja sahaussimulaattori

Forest Big Data -vision tavoitteiksi on määritetty mm. nykyistä kustannustehokkaampi puutavaralogistiikka sekä lisätuottojen saaminen arvoketjuun. Puutuoteteollisuudessa arvoketjun hallinnan parantamiseen pyritään tehostamalla raaka-aineen hankintaa ja käyttöä tietovarastoja hyödyntämällä. Tarkentuvan metsävaratiedon avulla puutuoteteollisuuden raaka-ainevirtaa on mahdollista kohdentaa jo puukaupasta alkaen tuotannon laatuvaatimusten ja markkinatilanteiden mukaan. Jalostusarvon määräytymisessä keskeiset tekijät on tunnettava ja pysyttävä kuvaamaan ja ottamaan huomioon niissä tuotantoketjun vaiheissa, joissa lopputuotteiden arvoon voidaan vaikuttaa. Sahojen raaka-aineen hankinnassa tämä tarkoittaa leimikoiden ostoa, niiden sijoittamista korjuuohjelmaan sekä puutavaran toimitustarpeet huomioivaa katkonnan optimointia. Jalostusarvoperusteinen tarkastelu on kuitenkin vietävä myös sahaukseen, jatkojalostukseen sekä lopputuotemarkkinoihin asti.

Katkonnan ohjauksen uudessa toimintamallissa ajatuksena on, että korjuukohteilla olisi erilaiset toimitustavoitteisiin ja puuston ominaisuuksiin joustavasti mukautuvat katkonta-asetukset. Välineeksi tähän on hahmoteltu tyyppileimikointia, jossa kohteet luokiteltaisiin niiden tiedossa olevien tai laskennallisesti ennustettujen ominaisuuksien mukaan jalostusarvoltaan erilaisiin tyyppileimikkoluokkiin. Tavoitteena on, että katkonnan ohjauksen tietojärjestelmäkonaisuuteen kuuluu myös puun laatuominaisuusdataa sisältävä tietovarasto (kuva 17). Sitä voidaan käyttää katkontavaihtoehtojen laskennassa niin, että simuloitaviin runkoihin lasketaan katkontaa ohjaavat parametrit (esim. laaturajakorkeudet tai tyvilahon korkeus) joko mallipohjaisesti tai käyttäen laatutietovarastosta laskettuja keskitunnuksia tai jakaumia. Vietäessä leimikoiden jalostusarvotarkastelu sahaukseen saakka tarvitaan laskentasovellus, jolla voidaan simuloida sahausta ja tarkastella ominaisuuksiltaan erilaisten tukkien asetevaihtoehtoja, sahauksen saantoa sekä sahatun puutavaran ja koko leimikon arvoa.

Metsäteho Oy ja Timber Vision Oy tekivät Forest Big Data -hankkeessa sahateollisuuden raaka-aineen hankintaa, kehittyvää katkonnan ohjausta ja jalostusarvotarkasteluja palvelevan laatutietovaraston esiselvityksen, joka sisälsi tutkimusaineiston hankinnan ja analysoinnin. Selvitys tehtiin resurssien puitteissa suhteellisen pienellä aineistolla ja siinä keskityttiin mäntytukin laatutunnuksiin. Kohdesahoiksi valittiin kolme Metsätehon osakkaiden mäntysahaa. Tutkimusaineistot koostuivat 60 leimikosta, joista hankittiin sahan vastaanottomittausten tukki- ja röntgenmittaridatat sekä hakkuukoneen runkokohtaiset mittaustiedot (stm-data). Aineistoista laskettiin keskeisten jalostusarvoa kuvaavien tekijöiden välisiä korrelaatioita. Näitä olivat mm. erilaiset tukkiröntgenmittausten tukkien oksaisuutta kuvaavat tunnuksat, puuston järeys sekä leimikon kasvupaikkaa kuvaavat tekijät. Tavoitteena oli, että tutkimuksen aineistoilla voitaisiin jo kokeilla puunhankinnassa ja puun vastaanotossa syntyvien mittaustietojen yhdistämistä big data -tyyppiseksi tietovarastoksi. Varsinaiseen big data -analytiikkaan aineistot eivät kuitenkaan vielä vähäisen määränsä vuoksi antaneet mahdollisuuksia. Tästä osahankkeesta on julkaistu erillinen Metsätehon raportti 243 Tukkiröntgendata sahapuun ohjauksessa (Räsänen ym. 2017).



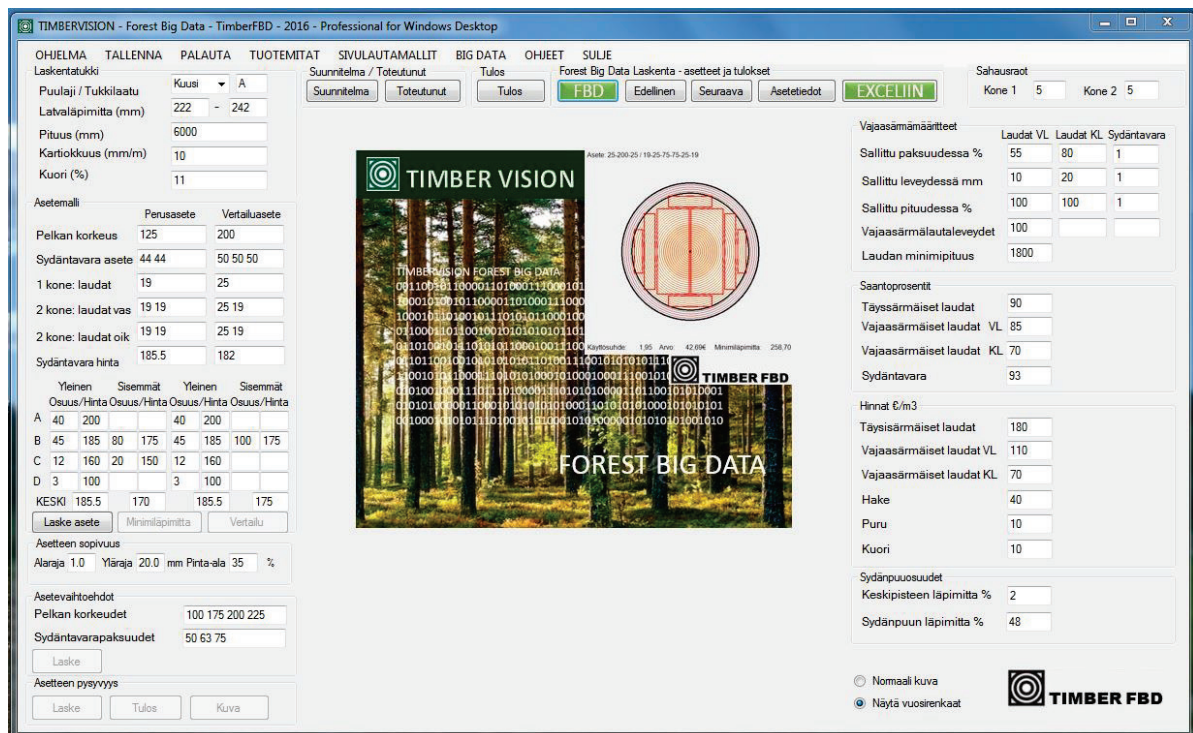
Kuva 17. Periaatekuva laatutietovaraston muodostamisesta.

Osana Forest Big Data -hanketta UPM-Kymmene Oyj teki Metsäteho Oy:n kanssa selvityksen, jonka tavoitteena oli data-analyysin keinoin tutkia leimikoiden ennakko- ja toteutumadataa ja niiden perusteella etsiä vahvimmat ja heikoimmat korrelaatiot oston ennakkotietojen, korjuun toteutumatiетоjen sekä sahalla toteutuneen kaupan jalostusarvon kesken. Työssä laadittiin datat yhdistävä tietomalli jatkossa tehtäviä vastaavia data-analyyssejä varten. Lisäksi selvityksessä verrattiin oston ennakkotietoja ja korjuun toteutumatiетоja keskenään.

Laatutietovaraston kehittämishankkeessa TimberVision Oy kehitti sahaussimulaattorin demonstraatioversion leimikon runkojen tukkiosuuden arvon määrittämiseen. Kehitystyössä on otettu huomioon kolme keskeistä osa-aluetta:

1. leimikoista saatavat tukit
2. sahan prosessien tiedot
3. haluttujen tuotteiden ja tulosten ominaisuudet, arvot ja kertymät.

Simulointiohjelmalla voidaan laskea tukista tai tukkiluokasta määrättyllä asetteella saatavan sahatavaran määrä, laatu ja arvo sekä sivutuotteiden – hake ja puru – määrä ja arvot. Kun leimikko muodostuu rungoista, jotka katkotaan tukeiksi ja sahataan sahatavaraksi, voidaan simulaattorilla määrittää yksittäisen rungon, tukkiosuuden ja koko leimikon arvo. Tavoitteena on, että TimberVisionin sahaussimulaattori on jatkossa osana laatutietovarastoa ja että sitä voidaan käyttää yrityskohtaisissa analyyseissä esimerkiksi jalostusarvon laskennassa. Simulaattorin toiminta on kuvattu Metsätehon raportissa 243 (kuva 18).



Kuva 18. FBD-sahaussimulaattorin käyttöliittymä.

3.2.6 Sähköinen puukauppa

Puukaupan osapuolet aloittivat v. 2015 puukauppaan ja metsänhoitotöiden kauppaan tähtävän verkkopalvelun valmistelun. Sen tuloksena perustettiin Suomen Puukauppa Oy, jonka perustajajäseninä ovat kaikki merkittävät puun myyjät ja ostajat. Puukauppapaikka-hankkeen keskeisimmät tavoitteet ovat puun kysynnän ja tarjonnan entistä tehokkaampi kohtaaminen, puumarkkinoiden volyymin kasvattaminen, markkinoiden avoimuuden lisääminen ja yhteisen palveluportaalin luominen. Kuutioksi (kuutio.fi) nimetty kauppapaikka ja verkkopalvelu avautui käyttöön keväällä 2017.

Metsänomistajat ja puukauppakohteita välittävät tahot voivat jättää palvelun selainkäyttöliittymässä puukauppakohteista tarjouspyyntöjä, joita puunostajat voivat seurata ja vastata niihin tarjouksillaan. Välittäjien ja ostajien osalta käyttö mahdollistetaan selainkäytön lisäksi rajapintojen välityksellä. Rajapinnat rakennetaan myös Suomen metsäkeskuksen tietojärjestelmään, Metsään.fi-palveluun, mobiilisovelluskäyttöä varten, verkkomaksupalveluihin sekä taloushallinnon järjestelmiin. Sanomasisältöihin sovelletaan mahdollisuuksien mukaan metsätietostandardeja. Metsävaratietoja voidaan hyödyntää puukauppapaikassa erityisesti tarjouspyynnön luonnissa, jossa tarjottavalle kohteelle voidaan ladata kuvio- ja puustotiedot Metsään.fi-palvelusta tai jatkossa myös mobiilisovelluksista. Hilatasoisen metsävaratiedon käyttö tulee myöhemmissä kehitysversioneissa mahdolliseksi.

3.2.7 Tiestöä koskeva ominaisuus- ja laatutieto

Forest Big Dataan kuuluneessa osaselvityksessä käsiteltiin puukuljetusten käyttämään tietoon liittyvää digitalisaatiota. Selvityksessä on 1) laadittu katsaus tieverkkoa koskevan datan

ja datantuotannon nykytilasta, 2) kuvattu tuloksia kahdesta hankkeen aikana toteutetusta pilotista sekä 3) laadittu visio ja toimenpideohjelma puukuljetuksia ja tiestöä koskevan pysyvän ja olosuhdedatan sisällöstä sekä datan tuottamisen ja jakamisen toimintamallista. Selvityksen tulokset on esitetty Metsätehon raportissa 239 Tiestödatan nykytila, visio ja toimenpideohjelma (Venäläinen ym. 2016).

Puukuljetusten suunnittelua ja ohjausta varten yksityisteiden ja alemman tieverkon kuntotilanteesta on tarpeen saada ajankohtaisempaa tietoa. Tietoa tarvitaan myös mm. kelirikko- ja painorajoituksista, metsäteiden kääntöpaikoista, puun sallituista kuormauspaikoista ja au-raustilanteesta. Laaditussa visiossa tavoitteena on rakentaa metsätietietojärjestelmä, joka ko-koaa yhteen metsäautoteitä ja alempia yksityisteitä koskevan pysyväluonteisen tiedon sekä kehittää valtakunnallinen ja ajantasainen tiestön keli- ja muun olosuhdetiedon tietopalvelu. Lisäksi tavoitteena on, että perustettu Metsätietietofoorumi määrittelee tietoaineistoja sekä tiedon tuottamisen, jakamisen ja hyödyntämisen pelisäännöt.

Selvityksessä laadittuun toimenpideohjelmaan sisältyvät

- metsätietietojärjestelmän määrittely ja toteutus
- eri toimijoilta jo löytyvän pysyvän tiestödatan yhdistäminen
- kuljetusten olosuhdedatan keräämisen pilotointi ja tietopalvelun kehittäminen
- joukkoistetun tiestö- ja olosuhdedatan sekä datan eri keruumenetelmien pilotit ja tutkimukset
- kuljetusten ja teiden kunnossapidon suunnitelma- ja toteutumatietojen linkittäminen toisiinsa ja
- tiestön kuntotietojen keruumenetelmien kehittäminen.

Suomen metsäkeskus on yhteistyössä Metsätehon kanssa aloittanut 2017 metsätietietojärjes-telmän määrittely- ja toteutushankkeen, jota maa- ja metsätalousministeriö rahoittaa.

Yhteistyössä Liikenneviraston ja Suomen metsäkeskuksen kanssa pilotoitiin metsäteiden kääntöpaikkatiedon tuottamista Digiroad-yhteensopivassa muodossa. Tampereen teknillisen yliopiston pilotissa testattiin matkapuhelimia tiestön kuva- ja anturidatan tuottamisessa. Pilo-tit antoivat rohkaisevia kokemuksia siitä, miten jo tällä hetkellä käytössä olevilla ratkaisulla on suuri potentiaali parantaa tiedon tuottamista ja jakamista.

4 TARKASTELU

Forest Big Data -vision lähtöajatuksena on se, että paremmalla metsätiedolla ja sen tehokkaammalla hyödyntämisellä pystytään parantamaan koko metsäsektorin kilpailukykyä. Tarkoituksena on, että metsäninventointien tuottamaa ja muuta julkista metsätietoa täydennetään ja rikastetaan metsäoperaatioiden ja tuotannon yhteydessä kertyvällä datalla ja metsätieto integroidaan entistä tiiviimmin puuhuollon perustaksi. Pidemmän aikavälin tavoitteena on, että esimerkiksi inventointia täydentäviä erillisiä maastomittauksia ei tarvita vaan päätökset voidaan tehdä sähköisessä muodossa olevan datan ja siihen perustuvien päätöstukijärjestelmien avulla. Edellä esitetyt alustavat käyttötapauskuvaukset osoittavat, että metsätiedolla on monia käyttötarkoituksia ja paljon käyttäjiä. On varmaa, että uusia käyttötapauksia ilmaantuu runsaasti lisää, kunhan datat ja niitä hyödyntävät järjestelmät ovat käytettävissä.

Hankkeen yhteydessä arvioitiin alustavasti myös tarkemman ja laajasti käytettävissä olevan metsätiedon taloudellisia hyötyjä (taulukko 1). Metsätiedon hyödyntäminen koskettaa yhteensä ainakin 7 miljardin euron vuotuista liiketoimintaa, josta puunhankinnan ja puuntuottamisen osuus on noin puolet ja toinen puolikas kohdistuu puunjalostukseen. Puunjalostuksen liikevaihtoon on tässä luettu mukaan vain mekaanisen metsäteollisuuden jalostusarvo, jota voidaan parantaa mm. puuston järeysjakaumien ja laatutietojen hallinnalla. Kuten taulukosta voi päätellä, metsätieto palvelee kattavasti koko toimijakenttää: metsäteollisuutta, metsänomistajia, puunhankinta- ja metsänhoito-organisaatioita, metsäkone- ja puutavara-autoyrityksiä, ICT-yrityksiä, viranomaisia ja kansalaisia.

Taulukko 1. Tarkemman metsätiedon soveltamisalueet ja arvioidut hyödyt.

Prosessi/toiminto/toimija	Liikevaihto/ jalostusarvo, milj. €/v	Lisätuotot	Kustannussäästöt	Työvoimasäästöt	Pääomatehokkuus	Palvelukyky	Ympäristötehokkuus	Uusi liiketoiminta
Puunjalostus	3 800	+	+		+	+		(+)
Puunhankinnan ohjaus ja puun osto	140		+	+	+	+		
Puunkorjuu	590		+	+	+	+	+	
Kaukokuljetus	460		+	+	+	+	+	
Puuntuottaminen	2 000	+	+	+	+	+	+	
Metsätalouden edistäminen	40		+	+		+	+	
ICT-tuotteet ja palvelut	*	+				+		+
Julkiset palvelut	*	+	+	+		+	+	
Muut (kansalaiset, muut liiketoiminta-alueet ym.)	*		+	+		+		+

Parempi puusto-, maasto- ja tiestötieto mahdollistaa kokonaisuutena entistä tehokkaammat toimintamallit, tarjoaa lisätuottojen mahdollisuuksia ja myös uusia liiketoimintamahdollisuuksia. Metsätehon piirissä on arvioitu, että hyötypotentiaali on yhteensä vähintään 100 miljoonaa euroa vuodessa, kun tietoaineistot ja niitä hyödyntävät päätöstukijärjestelmät ovat kattavasti käytössä.

Forest Big Data-hankkeen hyödyntämisosiossa ja hankkeessa kokonaisuutena tuotettiin perusteita seuraavan sukupolven metsävaratietojärjestelmää varten. Saavutettujen tulosten soveltaminen käytäntöön ja tarvittavien jatkotutkimusten toteutus on lähtenyt hyvin liikkeelle. Erittäin olennainen instrumentti siinä on maa- ja metsätalousministeriön käynnistämä Metsätieto ja sähköiset palvelut -hanke (2016-2018). Sen yhteydessä on mm. edistetty metsätiedon saatavuutta, edistetty sähköisen puukaupan rakentamista, korjuukelpoisuusluokituksen tuotteistamista ja metsätiedon palvelualustan konseptitestausta sekä monia metsätiedon tehokasta hyödyntämistä tukevia järjestelmähankkeita Suomen metsäkeskuksessa. Varsinaisten asiantuntijajärjestelmien ja vastaavien sovellusten rakentaminen on toimijoiden ja ICT-toimittajien asiaa. Tässä raportissa esitetyjä tarvekartoituksia ja alustavia määrittelyjä voidaan hyödyntää tuotteistamisessa.

LÄHTEET

Hämäläinen, J., Holopainen, M., Hynynen, J., Jyrkilä, J., Rajala, P.T., Ritala, R., Räsänen, T. & Visala, A. 2014. Perusteita seuraavan sukupolven metsävarajärjestelmälle - ”Forest Big Data”-hanke. Metsätieteen aikakauskirja 4/2014. Saatavissa: <http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff14/ff144235.pdf>.

Hämäläinen, J. (toim.). 2016. Kohti puuhuollon digitalisaatiota. Forest Big Data -hankkeen päätuloksia. Metsätehon tuloskalvosarja 11/2016. Saatavissa: <http://www.metsateho.fi/kohti-puuhuollon-digitalisaatiota/>.

Rajala, M. & Ritala, R. 2016. Data platform promoting forest data utilization through uniform access to heterogeneous data, Metsätehon raportti 240. Saatavissa: <http://www.metsateho.fi/data-platform-promoting-forest-data-utilization>.

Räsänen, T. 2016. Metsätiedon lähteitä ja sovellusmahdollisuuksia. Forest Big Data -tulosseminaari. 8.3.2016. Saatavissa: <http://www.metsateho.fi/forest-big-datan-tulosseminaari-8-3-2016-heurekassa>.

Räsänen, T., Usenius, A., Heikkilä, A., Holmila, P. ja Usenius T. Tukkiröntgendata sahapuun ohjauksessa. 2017. Metsätehon raportti 243. Saatavissa: <http://www.metsateho.fi/tukkirontgendata-sahapuun-ohjauksessa/>.

Venäläinen, P., Räsänen, T. & Hämäläinen, J. 2015. Potential Business Models for Forest Big Data. Metsätehon Raportti 235. Saatavissa: http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/03/Raportti_235_Potential_Business_Models_for_Forest_Big_Data_pv_ym.pdf.

Venäläinen, P., Räsänen, T. & Hämäläinen, J. 2016. Tiestödatan nykytila, visio ja toimenpideohjelma. Forest Big Data -hankkeen osaraportti. Metsätehon raportti 239. Saatavissa: <http://www.metsateho.fi/tiestodatan-nykytila-visio-ja-toimenpideohjelma-forest-big-data-hankkeen-osaraportti>.

Muu aineisto

Raportissa on lisäksi käytetty lähteenä Forest Big Data -tulosseminaarin (8.3.2016) tuloksia. Tilaisuuden esitykset ovat saatavissa: <http://www.metsateho.fi/forest-big-datan-tulosseminaari-8-3-2016-heurekassa>.

Forest Big Data -käyttötapaukset

Toimija (rooli) / Prosessi	A. Inventointi & Tutkimus	B. Metsäomaisuuden hallinta	C. Puuhuollon suunnittelu	D. Puukauppa	E. Korjuu ja kuljetus	F. Metsänhoitotyöt	G. Tuotanto
1. Datan toimittaja	A1 Puusto- ja maaperätiedon tuottaminen ja päivitys A2 Puusto- ja maaperätiedon lokaali päivitys						
2. Metsäntutkija	A3 Tutkimusaineistojen haku ja hyödyntäminen						
3. Metsänomistaja		B1 Metsäsuunnittelu ja arvonmääritys		D1 Metsäkohteiden puuston- ja arvonmääritys		F1 Metsänhoidon työmaasuunnittelu	
4. Puunhankinta-organisaatio		B1 Metsäsuunnittelu ja arvonmääritys	C1 Puunhankinnan suunnittelu	D1 Metsäkohteiden puuston- ja arvonmääritys	E1 Puunkorjuun jaksosuunnittelu E2 Puunkorjuun työmaasuunnittelu E3 Katkonnan suunnittelu E4 Kuljetusten suunnittelu E5 Tuottavuuden analysointi		
5. Metsänhoito-palveluyritys		B1 Metsäsuunnittelu ja arvonmääritys				F1 Metsänhoidon työmaasuunnittelu	
6. Korjuu- tai kuljetusyritys					E2 Puunkorjuun työmaasuunnittelu E3 Katkonnan suunnittelu E4 Kuljetusten suunnittelu E5 Tuottavuuden analysointi		
7. Metsäkoneen tai puutavara-auton kuljettaja					E6 Puunkorjuun suunnittelu ja toteutus E7 Kuljetusten suunnittelu ja toteutus	F2 Metsänhoitotyön suunnittelu ja toteutus	
8. Tuotantolaitos							G1 Tuotannonohjaus