Metsätiedon palvelualusta puunkorjuun laadunhallinnassa ja talousmetsän luonnonhoidon todentamisessa

Metsätehon tuloskalvosarja 3/2021

Pyry Seppälä, Jukka Malinen, Kirsi Riekki, Heikki Ovaskainen, Markus Strandström, Tapio Räsänen, Asko Poikela ja Juha-Antti Sorsa

Metsäteho Oy

ISSN 1796-2390

Metsäteho

Tausta ja yleiset tavoitteet

- Metsätiedon palvelualustalla voidaan välittää, prosessoida ja jalostaa eri lähteistä saatavaa metsätietoa puunhankinnan ja metsäomaisuuden hallinnan tarpeisiin.
- Tässä kalvosarjassa demonstroidaan metsätiedon palvelualustaa hyödyntäviä puunkorjuun laaturaportoinnin ja talousmetsien luonnonhoidon todentamisen toimintoja ja muodostetaan niille käyttötarpeita.
- Pyrkimyksenä on parantaa ja selkeyttää tiedonkulkua puunkorjuun eri sidosryhmien välillä:
  - Helpottamalla puunkorjuun laadun seurantaa ja talousmetsien luonnonhoidon toteutumista automaattisen tai puoliautomaattisen tiedontuotannon avulla.
  - Ottamalla käyttöön nykyistä puunkorjuun korjuujäljen valvontaa laajempi tarkastelukulma: huomioidaan perinteisen korjuujäljen lisäksi talousmetsien luonnonhoidon toimenpiteiden toteutuminen, kuten säästettävien luonto- ja monimuotoisuuskohteiden säilyminen.
  - Ottamalla raportoinnissa huomioon **korjuun lähtökohdat**, jotta korjuujäljen tulkintaa voidaan suhteuttaa muun muassa vallinneisiin korjuuolosuhteisiin ja korjuun ennakkosuunnitteluun.

Lähtökohdat ja keskeinen sisältö

- Tuloskalvosarjassa ei esitellä varsinaista sovelluksia vaan määriteltyjä toiminnallisuuksia ja niiden tuottamien raporttien sisältöä sekä tietotarpeita.
  - Toiminnallisuuksien osalta määritellään tällä hetkellä käytettävissä olevat tietolähteet ja tiedontuotantomenetelmät sekä lisätutkimusta vaativat tulevaisuuden tiedontuottomenetelmät ja tietotarpeet.
- Työ osoittaa esimerkkejä metsätiedon palvelualustaa hyödyntävistä sovelluksista. Toiminnallisuuksissa ei tarkastella tuotetun puuraaka-aineen tai katkonnan laatua. Lisätietoa metsätiedon palvelualustasta ks. Hämäläinen ym. (2017, 2019).
  - Palvelualustan sovelluksilla olisi mahdollista todentaa ja raportoida puunkorjuun osalta
    - korjuujälki (harvennukset ja jatkuvan kasvatuksen hakkuut)
    - talousmetsien luonnonhoidon toimenpiteiden toteutuminen, kuten luonto- ja monimuotoisuuskohteiden säästyminen
    - muiden säästettävien kohteiden (kulttuuriperintökohteet, muinaismuistot) säilyminen
    - puunkorjuun energiankulutus ja päästöt.

CSOFT-analyysi

CSOFT-mallissa on jäsennelty laaturaportin

- potentiaalinen asiakaskunta
- raportoinnin tuottamat palvelut
- raportointisovelluksesta ja palvelualustasta vastaavat organisaatiot
- rahoituskeinot
- raportin tuottamisen mahdollistava teknologia.

Asiakkaat (C)	• Urakanantajat: metsäyhtiöt, Metsähallitus, metsänhoitoyhdistykset • Urakoitsijat: metsäkoneyritykset ja heidän alihankkijansa • Metsänomistajat: Yritys- ja yksityismetsänomistajat, valtio (Metsähallitus) • Viranomaistaho: Metsäkeskus, Luonnonvarakeskus • Sertifiointitaho: PEFC, FSC
Palvelut (S)	• Korjuuoperaatioiden laadun ja kestävyyden todentaminen ja seuranta • Korjuuoperaatioiden laadun ja kestävyyden parantaminen raportteihin pohjautuen • Tiedonkulun parantaminen: Metsänomistajien ja urakoitsijoiden informointi • Koneellisen puunkorjuun päästöjen ja energiatehokkuuden seuranta • Metsien käytön seuranta • Metsävaratiedon ajantasaistus toimenpidetietojen perusteella • Sertifiointikriteerien noudattamisen valvonta puunkorjuussa
Organisaatio (O)	• Metsätiedon palvelualustasta vastaava organisaatio • Sovelluskehittäjät
Rahoitus (F)	• Yksityinen ja julkinen rahoitus • Sovelluksen ja aineistojen hankinta/käyttöperustainen hinnoittelu • Kustannusten jakaminen käyttäjätahojen kesken
Teknologia (T)	• Metsätiedon palvelualusta, Metsätiedon palvelualustaa hyödyntävät sovellukset ja -työkalut, datalähteet: kaukokartoitus ja hakkuukone, tekniset rajapinnat

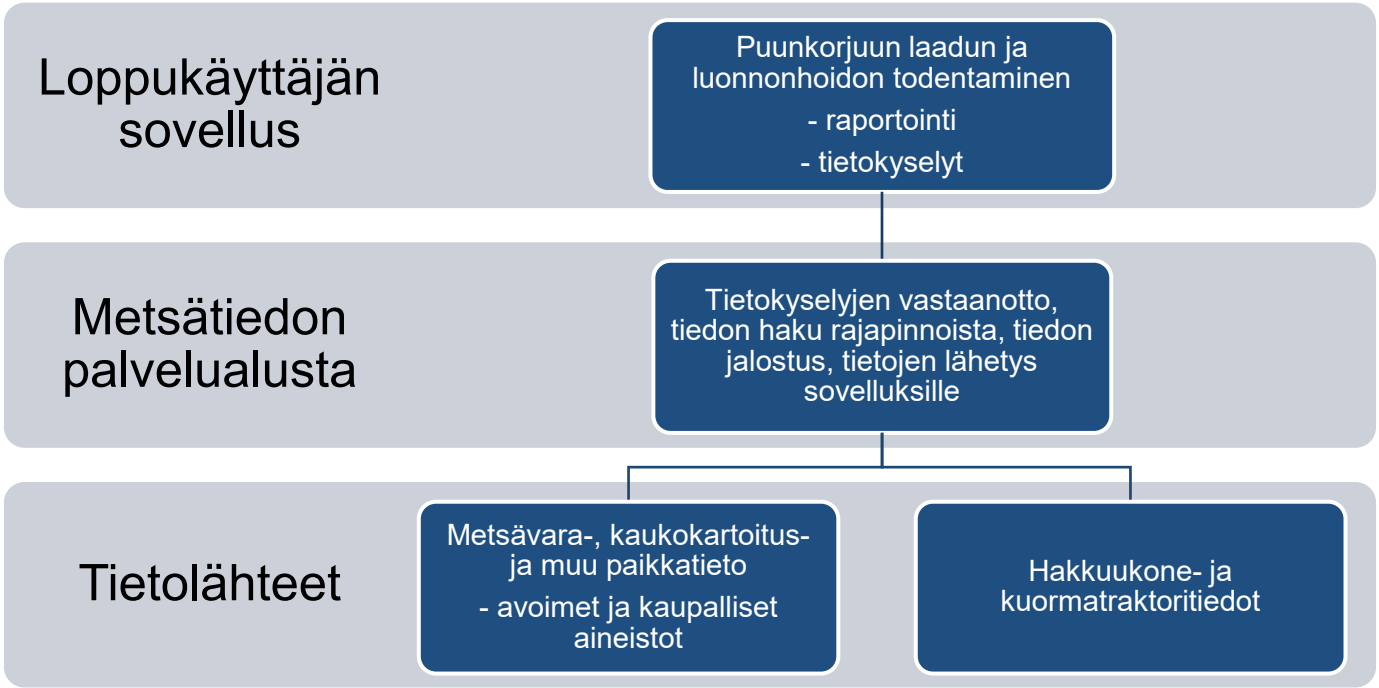
Laaturaportoinnin hyödyt ja positiiviset vaikutukset (PESTE)

Poliittinen (P)	Taloudellinen (E)	Sosiaalinen (S)	Teknologinen (T)	Ekologinen (E)
• Metsäalan toimintojen läpinäkyvyyden lisääminen • Metsäteollisuuden hyväksyttävyyden parantaminen • Oma-aloitteinen metsätalouden kestävyyden mittaus	• Kustannustehokas datan siirto ja käsittely • Kustannustehokas puunkorjuun laadun ja metsätalouden luonnonhoidon todentaminen • Asiakassuhteiden ylläpito • Metsäomaisuuden kokonaisvaltainen hoito • Maastotyömäärän vähentäminen	• Metsäalan yleisen hyväksyttävyyden parantaminen • Tiedonkulun parantaminen • Näyttöön perustuva metsätalous ○ Kestävän metsänkäytön todentaminen	• BigData-teknologia monilähteisen paikkatiedon tuottamisessa • Kaukokartoitus • Metsäkoneella tuotetun datan hyötykäyttö ○ Metsäkoneiden omat mittalaitteet ○ Metsäkoneisiin asennettavat ulkoiset mittalaitteet	• Metsävarojen kestävä käyttö • Ei-puuntuotannollisten asioiden huomiointi ja seuranta • Kattavampi tiedontuotto luontokohteista

Puunkorjuun laaturaportoinnin ja talousmetsän luonnonhoidon todentamisen mahdollisuudet

- Raportit tuotetaan sovelluksilla, jotka hyödyntävät metsätiedon palvelualustaa.
  - Itse raportti koostetaan tietopalvelualustan avulla useista eri tyyppisistä tietolähteistä ja aineistoista, joita tiedontuottajat jakavat omissa rajapinnoissaan tai tiedostoina.
- Metsätiedon palvelualusta sijoittuu sovelluksen ja tiedontuottajien aineistojen ”väliin”. Palvelualusta yhdistää hajallaan olevat eri tiedontuottajien tietolähteet, esikäsittelee tietoja (esim. kasvun laskenta, automaattinen kuviointi) ja lähettää tiedon sovellukselle. Palvelualusta toimii sovellusten lähettämien kyselyjen perusteella.
- Tulevaisuudessa metsätiedon palvelualusta voi sisältää uusia aineistoja, joita ei vielä tällä hetkellä voida tuottaa. Tällä mahdollistetaan
  - raportin käyttämien kohdesuureiden tarkkuuden ja luotettavuuden parantaminen monilähteisellä tiedolla
  - uusien raportoitavien suureiden käyttöönotto.

Metsätiedon palvelualustan toimintaperiaate



Metsätehon metsätiedon t&k-palvelualusta

- Metsätiedon palvelualustasta on rakennettu testijärjestelmä Metsätehon ja maa- ja metsätalousministeriön yhteishankkeena osana Metsätieto ja sähköiset palvelut -kärkihanketta.
- Pilottialustan avulla on testattu tietopalvelualustakonseptin toimivuutta datalähteiden ja niitä hyödyntävien sovellusten kannalta.
- Tarkasteluun sisällytettiin myös tietopalvelualustan organisointi- ja rahoitusvaihtoehtojen selvitys sekä ehdotus alustan tuotteistamisesta.
- Testialusta on rakennettu Microsoft Azure -pilvialustalle ja tietojen kyselykielenä toimii paikkatietoalalla käytettyyn GeoJSON-formaattiin perustuva ForestJSON-kyselykieli, joka kehitettiin palvelualustan tarpeisiin
- Metsäteho jatkaa metsätiedon palvelualustan toiminnallisuuden kehittämistä t&k-tarpeisiin.

Metsätehon metsätiedon t&k-palvelualustaan liitetyt aineistot

J = julkinen, Y = yksityinen, * = maksullinen

Metsäkeskus

- Hilamuotoinen metsävaratieto: SMK ja Luke (VMI) (J)
- Metsävarakuviot: SMK (J)
- Kemera-aineistot ml. METSO-kohteet: SMK (J)
- Metsänkäyttöilmoitukset: SMK (J)
- Korjuukelpoisuusluokitus: SMK ja Arbonaut (J)
- Erityisen tärkeät elinympäristöt : SMK (J)
- Riistakohteet (Digiriistametsä): SMK (J)

Muut tiedon tuottajat

- Suomen kuntajako 2017: MML (J)
- Säähavainnot ja -ennusteet (rajapintapalvelusta): FMI (J)
- Metsäpaloindeksi (rajapintapalvelusta): FMI (J)
- Topografinen kosteusindeksi TWI: Luke
- Maastotietokanta: MML (J)
- Maanpinnan kosteusennuste (rajapintapalvelusta): FMI (J*)
- Muutostulkinta-alueet satelliitti-aineistoista (testialue): Terramonitor (Y)
- Maaston korkeusmalli DEM: MML (J)
- Metsäkonetieto (Y)

Potentiaaliset aineistot t&k-tietopalvelualustaan

J = julkinen, Y = yksityinen

Metsävara-, kaukokartoitus- ja muu paikkatieto: (Eri tiedontuottajia)

- Korjuusuunnittelujärjestelmien paikkatieto: urakanantaja, metsäkoneyritykset (Y)
- Kiinteistörekisteri: MML (J)
- Dynaaminen korjuukelpoisuusluokitus (Harvester Seasons): FMI (J)
- Ajourakone: CGI
- DTW-kosteusindeksi: Luke (J)
- Maalajikartta: GTK (J)
- Syke-aineistot: Syke (J)
- Lajien levinneisyysalueet: Suomen lajitietokeskus (J)
- Tilakohtaiset metsäsuunnitelmat: Metsänhoitoyhdistykset, metsäyhtiöt (Y)
- Museoviraston kulttuuriympäristön tietokanta: Museovirasto (J)

Metsäkonetieto

- Hakkuukonetiedot (hpr-tiedostot): (Y)
  - hakkuukoneen ja -laitteen sijainti
  - runkokohtaiset pituus- ja läpimittatiedot
  - pölkkykohtaiset tiedot, mm. puutavaralajikoodi
- Hakkuukoneen StemCode-merkinnät (hpr) (Y)
- Metsäkoneiden ajouranauhoitukset (fpr) (Y)
- Metsäkoneiden mom-tiedostot (Y)
- Metsäkoneiden CAN-väylätiedot (Y)

Esimerkkejä metsätiedon palvelualustan toiminnasta puunkorjuun laaturaportoinnissa ja talousmetsän luonnonhoidon todentamisessa

Esimerkit kuvaavat mahdollisuuksia raportin sisällön suhteen. Raportointia hyödyntävän tahon päätettäväksi jää, mitä tunnuksia he raporttiinsa sisällyttävät.

Tietopalvelualustan aineistot ja toiminnallisuudet on kuvattu esimerkeissä.

Automaattinen hakkuukuvioiden ja ajouraverkoston luonti

Hakkuukuvion yleistietojen automaattinen tuottaminen

SMK-hila- ja kuviomuotoinen metsävaratieto
- Korjuukelpoisuus
- Kasvupaikka
- Kehitysluokka…

Korjuusuunnittelu-järjestelmään syötetyt tiedot
- Kantokäsittely, hakkuutapa
- Lohkon tunnistetiedot
- Muu ennakkotieto

Hakkuukoneen hpr-tiedostot
-Hakkuukoneen sijaintitiedot
- Hakkuutapa
-Hakkuun alkamis- ja päättymisajankohta

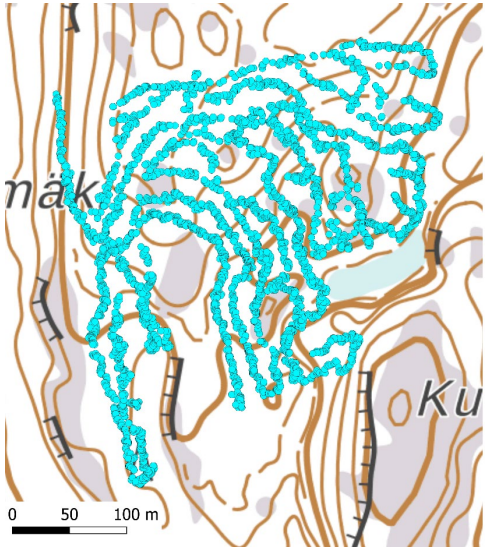
Metsätiedon palvelualusta
- Kuvion yleistietojen laskenta hiloilta automaattisesti rajatulle hakkuukuviolle

Hakkuukuvion yleistiedot

Kuvio	Pinta-ala (ha)	Hakkuutapa	Hakkuu aloitettu	Lähikuljetusajankohta	Korjuukelpoisuus	Juurikäävän torjunta
151_1	7,39	3, Harvennus	2.11.2015 9:44	-	Kivennäismaa, kelirikko	Kyllä
Pääryhmä	Alaryhmä	Metsikön keski-ikä (v)	Kasvupaikka	Vallitseva maalaji	Kehitysluokka	Pääpuulaji
1, Metsämaa	1, Kangas	52	3	10, Keskikarkea tai karkea kangasmaa	3, Varttunut kasvatusmetsikkö	2, Kuusi

Hakkuukonekuvio ja ajouraverkosto

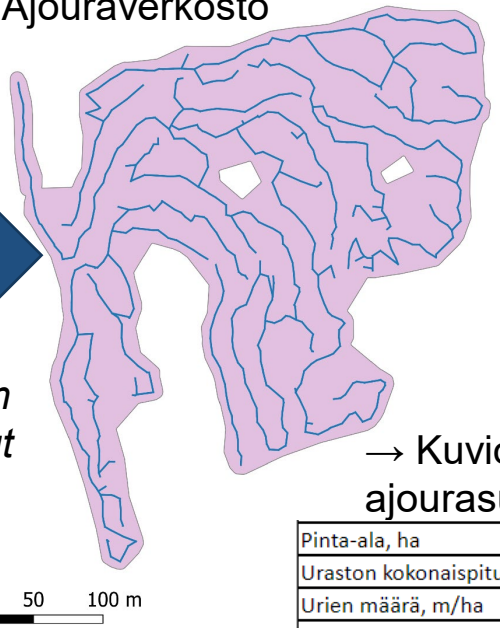
Hakkuukoneen sijainnit StanForD-tiedostoista (hpr)

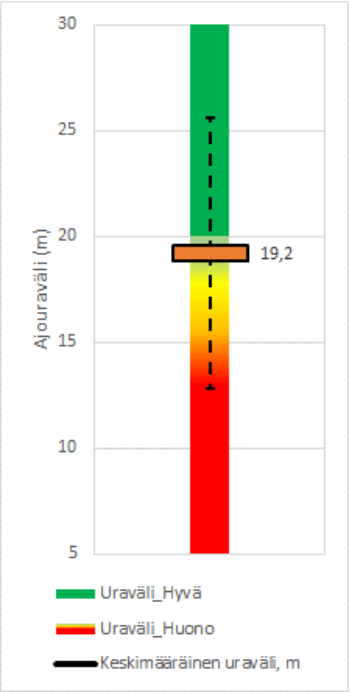


Tietopalvelualusta

- *Kuvioinnin ja ajouraverkoston laskentapalvelut*

Hakkuukonekuvio
Ajouraverkosto



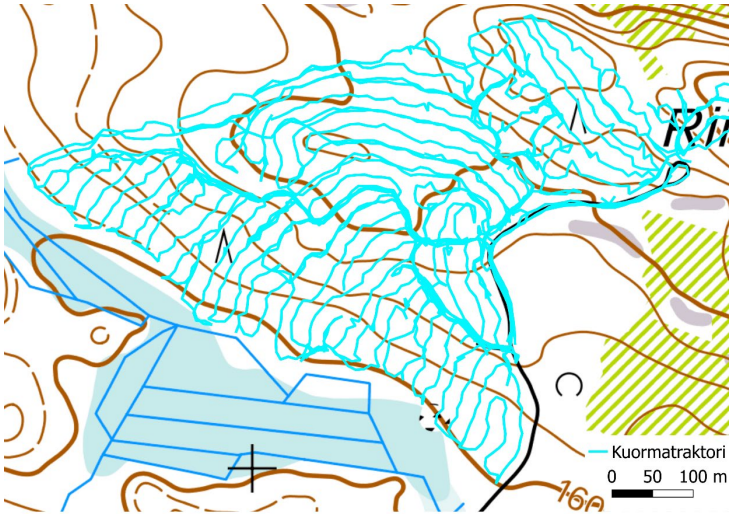


→ Kuvion pinta-ala ja ajourasuureet

Pinta-ala, ha	7,39
Uraston kokonaispituus, m	4367
Urien määrä, m/ha	591
Uraston pinta-ala, ha	1,94
Keskimääräinen uraväli, m	19,2
Uravälin keskihajonta, m	6,4

Kokoojaurat ja maaston kantavuus

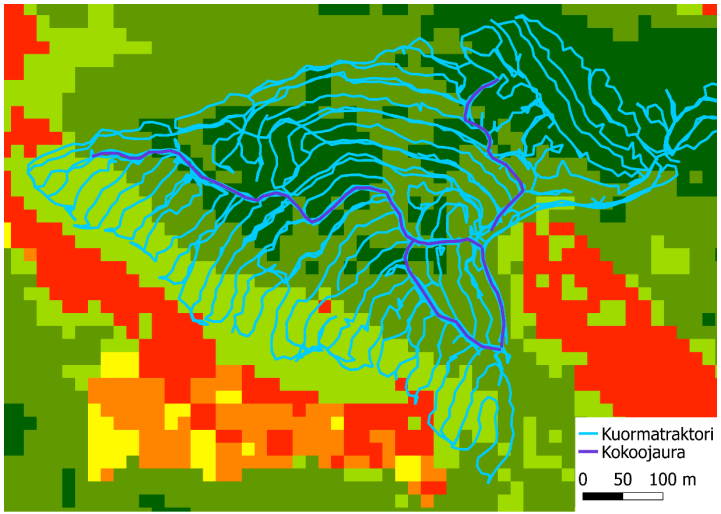
Kuormatraktorin ajouranauhoitus (fpr-tiedostot) (WoodForce / karttajärjestelmä)



Tietopalvelualusta

- *Kokoojauran tunnistus*
- *Reittiominai-suuksien yleistys*
- Korjuukelpoisuus-luokitus

Kokoojaurat KKL-tasoa vasten



Toteuma:
ajourasto, kokoojaurat, kuvio, %

KKL1	39	36	38	Kiv.maa / kelirikko
KKL2	47	64	40	Kiv.maa / normaali kesä
KKL3	14	-	20	Kiv.maa / kuiva kesä
KKL4	-	-	-	Turvemaa / normaali kesä
KKL5	-	-	-	Turvemaa / kuiva kesä
KKL6	0,6	-	1,6	Talvi

Kokoojaurien ja Ajourakoneen kulkuvyöhykkeiden osuvuusvertailu

Kokoojaurat

Kokoojaurat violetilla ja topografinen kosteusindeksi (TWI)

Ajourakone

Ajourakoneen muodostamat kulkuvyöhykkeet vihreän sävyillä

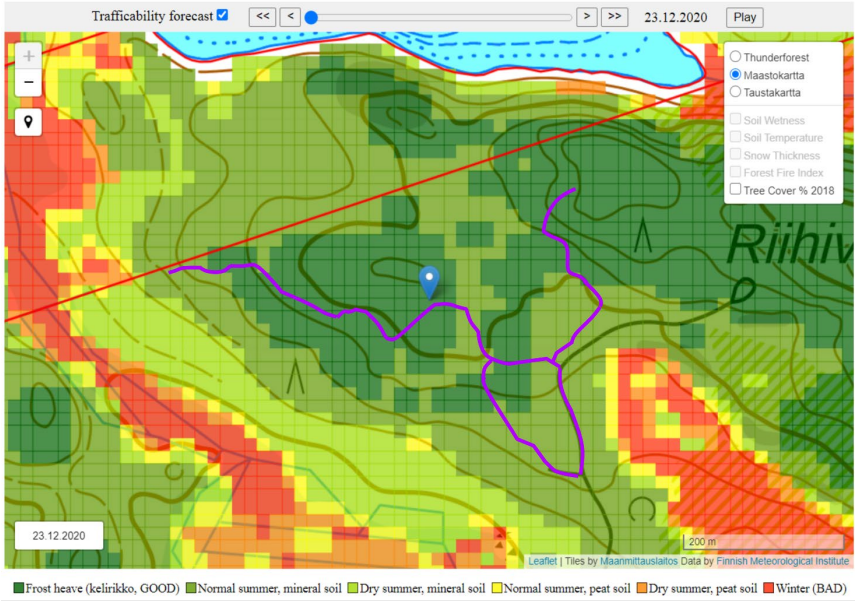
Tietopalvelualusta

Kokoojaurien ja kulkuvyöhykkeiden osuvuusvertailu

Vertailun tulokset

- Keskietäisyys, m
- Vastaavuus, %
- Ajourien jakautuminen korjuukelpoisuus-luokkiin

Korjuukelpoisuus – dynaaminen mallinnus



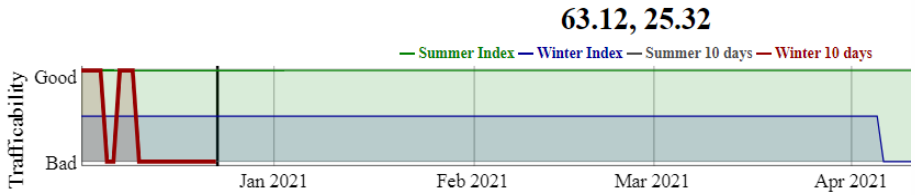
Taustakartta: Ilmatieteen laitos (2020)

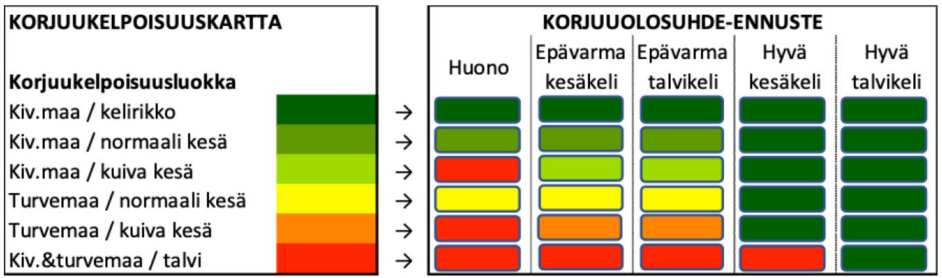
Dynaaminen ennuste korjuukelpoisuudelle

- Esimerkkikuvat Ilmatieteen laitoksen Harvester Seasons -palvelusta
- Kulkukelpoisuuden hyvä arvosana:
  - Kesäkorjuu: jos maaperän kosteusprosentti on pienempi kuin 40 %.
  - Talvikorjuu: jos lunta on yli 40 cm tai routaa 20 cm.

Tietopalvelualusta

- Syöte Ajourakoneelle
- Kokoojaurien toteuman vertailu dynaamiseen korjuukelpoisuuteen





Ajouratunnusten raportoinnin täydentäminen

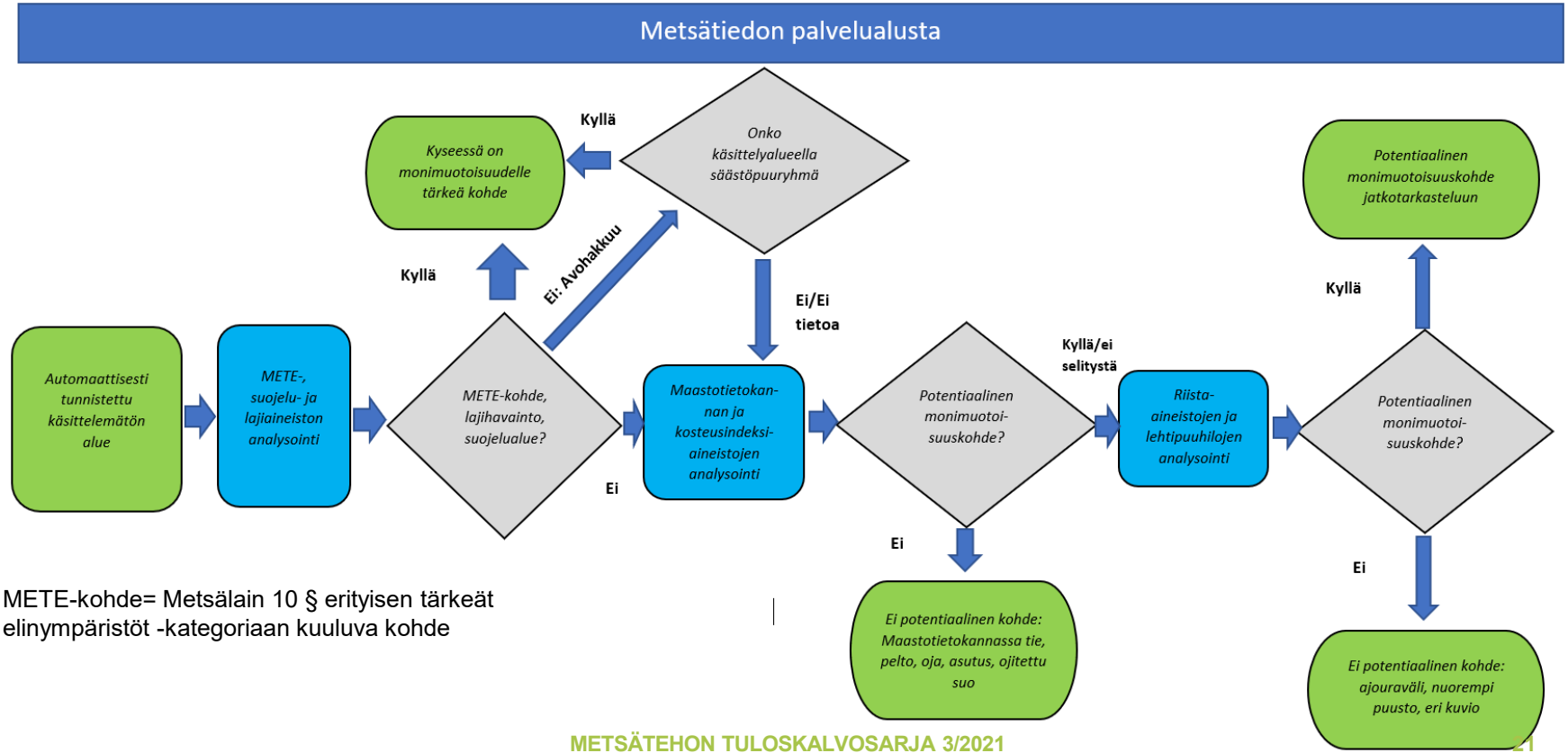
- Ajouratunnusten raportoinnin lisäksi oleellisia ovat myös muut ajouravaurioiden ennaltaehkäisyyn ja minimointiin tähdänneet toimenpiteet kuten
  - metsäkoneiden varustelu: käytetyt telaratkaisut, erityisesti ajokoneessa
  - ajourien kantavuuden parantaminen hyvällä havutuksella
  - hakkuuajankohta: hakkuuajankohta Etelä-Suomen harvennusleimikoilla ei ole ollut enää vähään aikaan kovin merkittävä tekijä maastovaurioiden minimoinnissa leudoista ja sateisista talvista johtuen.
- Ajourasyvyyksien ja uraleveyksien automaattinen mittaus ei ole vielä mahdollista ilman ulkoisia mittalaitteita, esimerkiksi laserkeilainta.

Talousmetsien luonnonhoidon automaattinen todentaminen ja potentiaalisten kohteiden tunnistus

Luontokohteiden automaattinen todennus ja tunnistus

- Menetelmä talousmetsien luonnonhoidon todentamiseen ja potentiaalisten luontokohteiden tunnistamiseen monilähteisten paikkatietoaineistojen avulla on määritelty Mustolan (2021) pro gradu -työssä. Menetelmä on automatisoitavissa lähes sellaisenaan.
  - Ennalta tunnettujen luontokohteiden käsittelemättömyys voidaan **todentaa** Metsälain 10 § erityisen tärkeät elinympäristöt (METE)- ja METSO-aineistojen ja hakkuukuvioiden avulla.
  - Lisäksi voidaan **tunnistaa** käsittelemättömistä alueista potentiaalisia monimuotoisuuskohteita täydentävien paikkatietoaineistojen perusteella. Monimuotoisuusarvojen varmistaminen vaatii tällöin maastotarkastuksen.
    - Potentiaalisten luontokohteiden minimipinta-alat: avohakkuut 50 m², harvennukset 100 m² ja hakkuukuvioiden väliset käsittelemättömät alueet 200 m².
- Säästöpuiden ja -puuryhmien sekä tekopökkelöiden tunnistamiseen tarvitaan hakkuukonetiedon lisäksi tarkempaa tietoa, esimerkiksi hakkuukoneen kuljettajan merkintä.

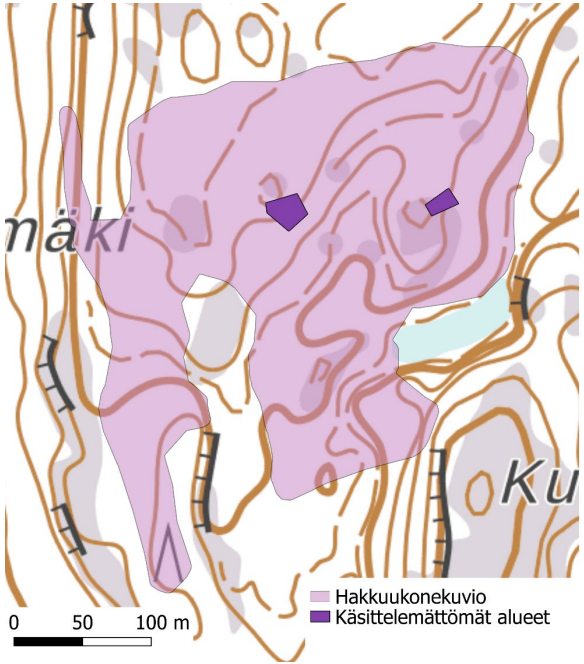
Käsittelemättä jääneiden kohteiden luonto- ja monimuotoisuusominaisuuksien tunnistusprosessi



METE-kohde= Metsälain 10 § erityisen tärkeät elinympäristöt -kategoriaan kuuluva kohde

Luontokohteiden todentaminen ja potentiaalisten kohteiden tunnistaminen

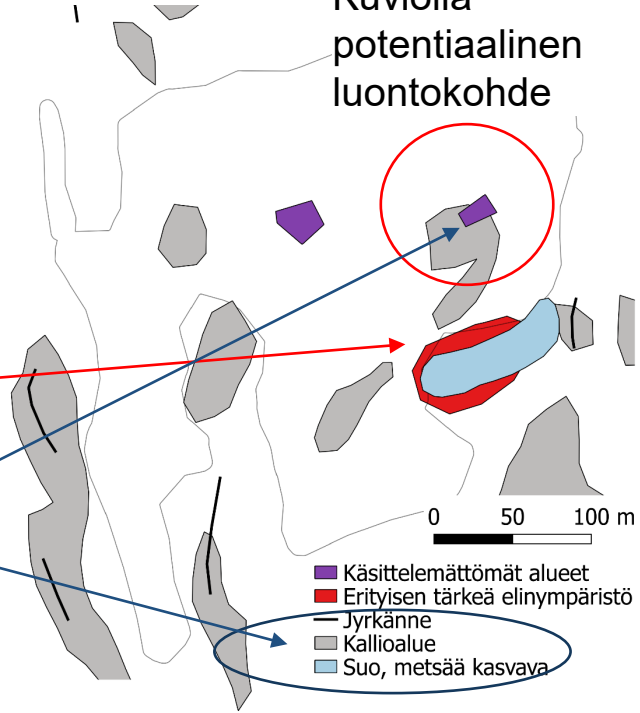
Hakkuukonekuvio (harvennushakkuu)
Käsittelemättömät alueet



Tietopalvelualusta

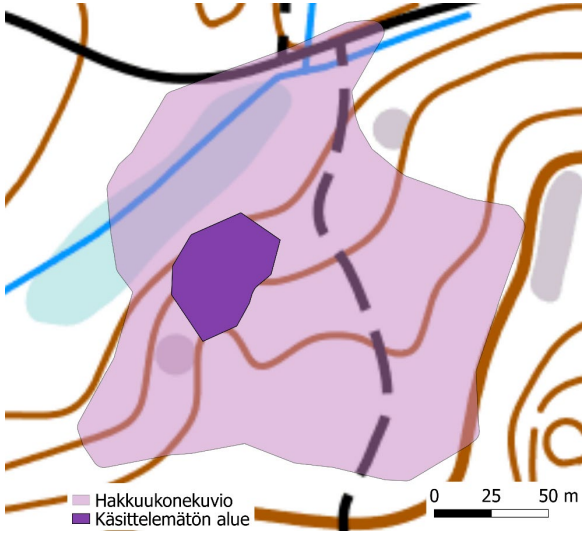
- *Potentiaalisten luonto-kohteiden tunnistus*
- Erityisen tärkeät elin-ympäristöt ja METSO-kohteet (SMK)
- Maastotietokanta (MML)

Kuviolla potentiaalinen luontokohde



Säästöpuuryhmän tunnistus avohakkuulla

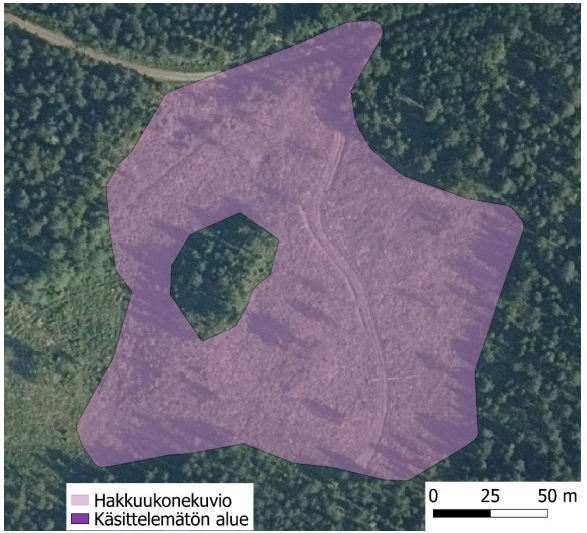
Hakkuukonekuvio
Käsittelemättömät alueet



Tietopalvelualusta

- *Potentiaalisten luontokohteiden tunnistus*
- Lisätieto säästöpuista, esim. kuljettajan merkintä
- Puustotiedot (VMI, SMK-hilat)

Säästöpuuryhmä



Käsittelemätön alue:

- Ei erityisen tärkeitä tai muita tärkeitä luontokohteita
- Ei potentiaalisia luontokohteita peruskartassa

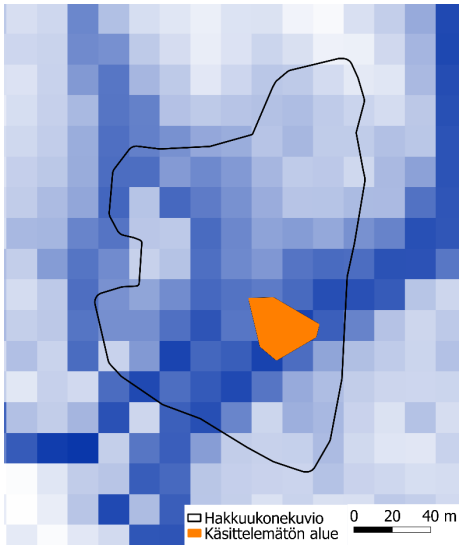
Maaston kosteus voi myös osoittaa potentiaalisen luontokohteen

Hakkuukonekuvio
Käsittelemättömät alueet

Tietopalvelualusta

- *Potentiaalisten luontokohteiden tunnistus*
- Topografinen kosteusindeksi TWI (Luke)

Potentiaalinen luontokohde



Käsittelemätön alue:

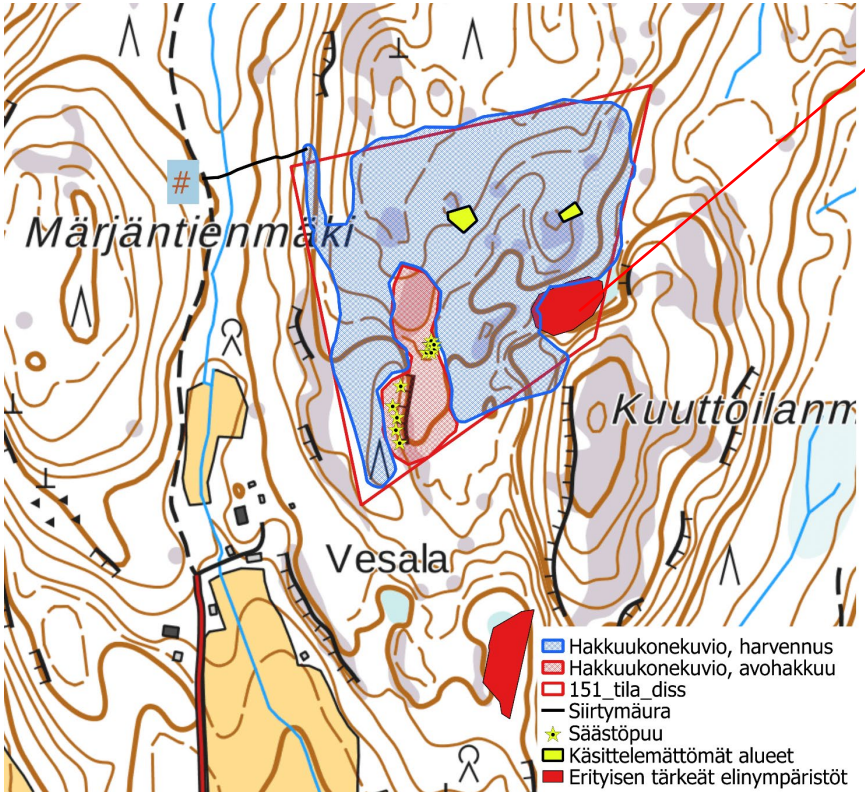
- Ei erityisen tärkeitä tai muita tärkeitä luontokohteita
- Ei potentiaalisia luontokohteita peruskartassa
- Ilmakuvalla pientä puustoa

Luontokohteet: tulosnäkymä (1/2)

Hakkuukonekuvio
Käsittelemättömät alueet

Tietopalvelualusta

- *Potentiaalisten luonto-kohteiden tunnistus*
- Erityisen tärkeät elin-ympäristöt ja METSO-kohteet (SMK)
- Maastotietokanta (MML)
- Lisätieto säästöpuista, esim. kuljettajan merkintä



Erityisen tärkeä elinympäristö:
602 Vähäpuustoinen suo
43 Erittäin tärkeä elinympäristö (Metso 1-2)
601 Pienialainen suo

Todennetaan, että erityisen tärkeä elinympäristö on rajattu hakkuualueen ulkopuolelle

Kuviolta tunnistetaan myös potentiaalinen luontokohde (keltaiset käsittelemättömät alueet)

Luontokohteet: tulosnäkymä (2/2)

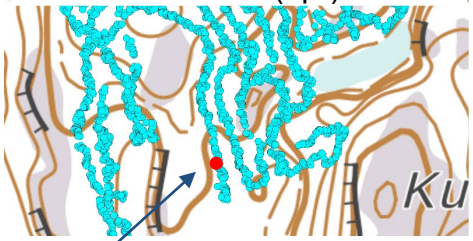
- Luontokohteiden esitystavaksi raportille soveltuu myös yhteenvetotaulukko.

	Käsittely-kuviolla	Tarkennus	Käsitelty	Tehty käsittely	Tiedontuotto
Alueella 10§ kohteita (erityisen tärkeät elinympäristöt)	Kyllä	602, Pienialainen suo	Ei, rajattu käsittelyn ulkopuolelle	-	Puoliautomaattinen
Muut arvokkaat elinympäristöt (SMK)	Ei	-	-	-	Puoliautomaattinen
Potentiaalisia luontokohteita	Kyllä	Kallioalue	Ei, rajattu käsittelyn ulkopuolelle	-	Puoliautomaattinen

Hakkuukuvion puustotiedot

Jäävän puuston tunnuksien estimointi hakkuukone- ja kaukokartoitustiedon avulla

Runkokohtaiset hakkuukonetiedot (hpr)




```
ObjectID = 101
StemID = 1234
SpeciesGroupID = 02
Diameters = [470,453,437,425,... ]
```

Tietopalvelualusta

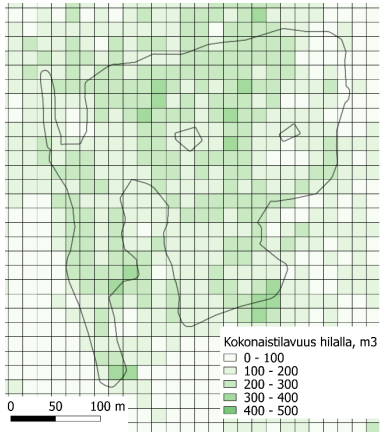
- *Runkokäyrän-sovitus*

Kuvion poistumatilavuudet puulajeittain (ml. kannot ja latvat)

Kuviolle jäävä puusto

Jäävä puusto puulajeittain	Mänty	Kuusi	Lehtipuu	Kaikki
Runkoluku, kpl	402	2343	2583	5328
Runkoluku, kpl/ha	54	317	350	721
Osuus, %	8	44	48	
Tilavuus, m3/ha	28,0	59,2	24,7	111,8
Tilavuus, m3/kuvio	207,3	437,2	182,4	826,8
Pohjapinta-ala, m2/ha	3,9	6,4	3,2	13,5
Pohjapinta-ala, m2/kuvio	28,3	47,0	24,0	99,4

Hilatiedot



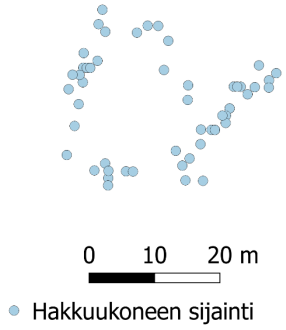
Tietopalvelualusta

Kuvion puusto ennen hakkuuta

- *Hilatietojen kasvunlaskenta*
- *Hilatietojen yleistys hakkuukonekuviolle*

Puukartta hakkuulaitteen sijaintitiedoista

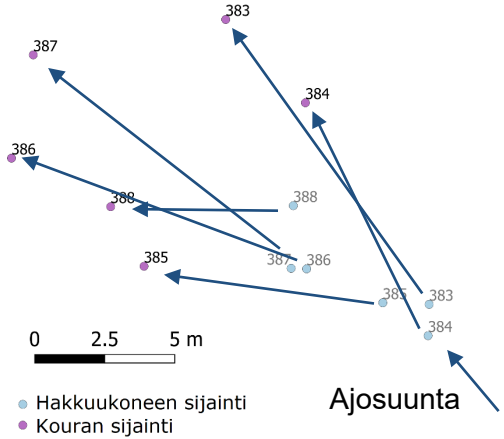
Runkokohtaiset tiedot (hpr): hakkuulaitteen sijainti koneen suhteen (ei saada vielä kattavasti)



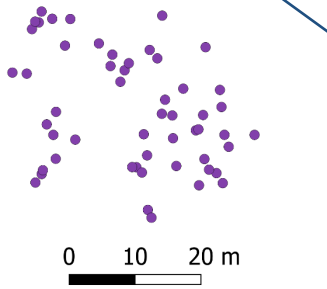

```
ObjectID = 101
StemID = 1234
BaseMachineX = 373200
BaseMachineY = 6750300
MachineBearing = 173
BoomAngle = 85
BoomExtension = 675
```

Tietopalvelualusta

Kouran sijainnin tarkentaminen



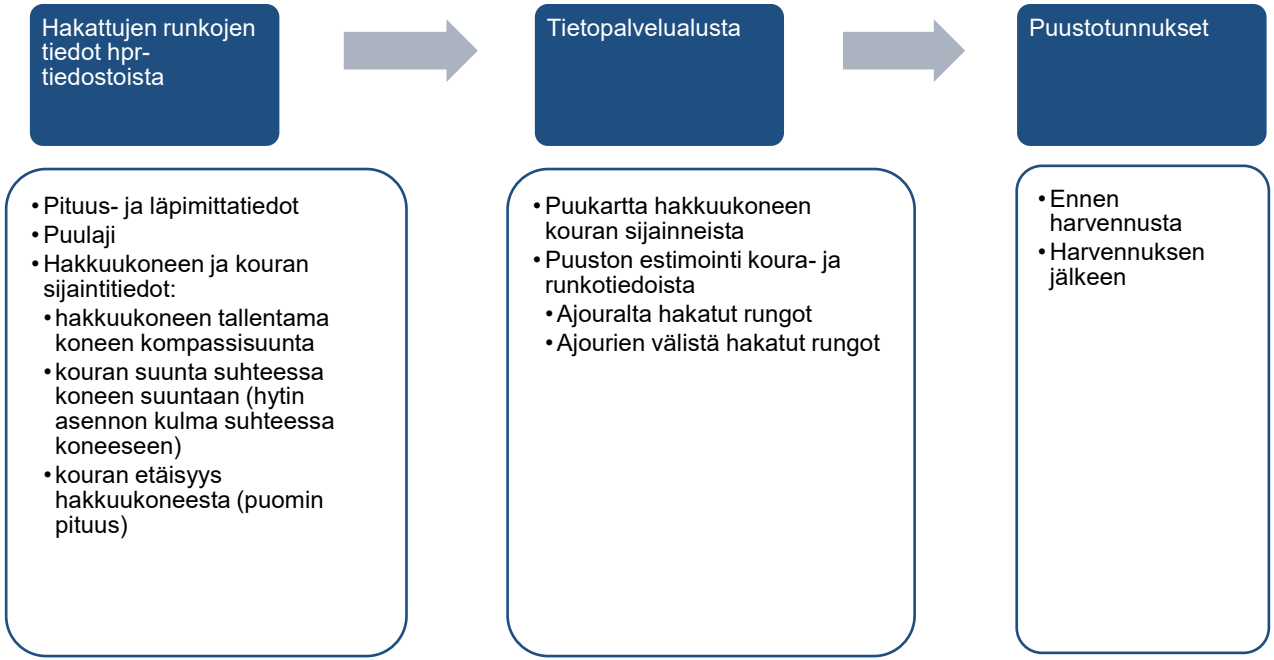
Hakattujen runkojen puukartta



<u>Poistuman puukartasta:</u>

- Hakkuukuvioiden ja käsittelemättömien alueiden (luontokohteet) rajaukset tarkentuvat
- Puustotiedot ajoura-poistumasta ensi-harvennuksilla
- Avohakkuista maastoreferenssejä laserinventoinnille

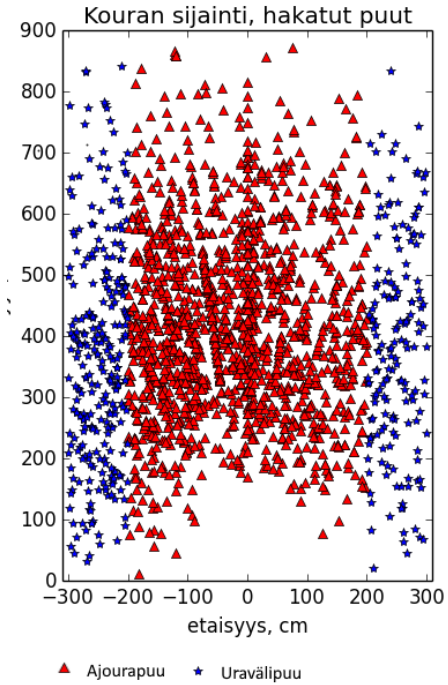
Jäävän puuston tunnusten estimointi hakattujen runkojen perusteella, ensiharvennus (1/2)



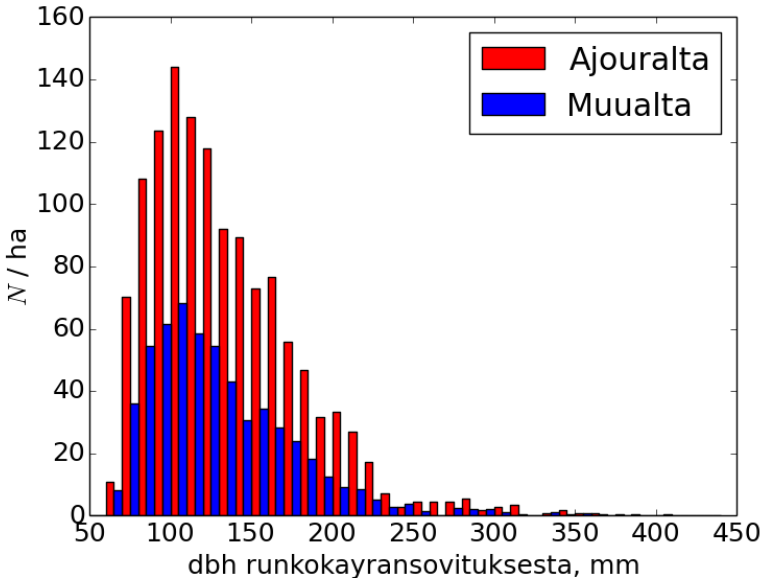
Ajouralta hakatuista rungoista saadaan tarkat dimensiot. Rungot "edustavat" koko leimikon puustoa, eli runkotiedot yleistetään koko hakatulle alueelle.

Jäävän puuston tunnuksien estimointi hakattujen runkojen perusteella, ensiharvennus (2/2)

Hakkuukoneen etualalta poistetut puut suhteessa hakkuukoneeseen ja puiden luokittelu ajourapuiksi ja uravälipuiksi



Poistettujen puiden luokittelu ajourilta ja niiden välistä poistetuiksi tehdään hakkuulaitteen sijainnin avulla



Puustotietojen raportointinäkymä (1/2)

Lähtöpuusto	Mänty	Kuusi	Koivu	Koko puusto
Keskiläpimitta, cm	21,1	19,1	16,7	19,3
Keskipituus, m	16,5	16,6	17,3	16,7
Rungon keskitilavuus, dm^3	179	158	88	142
Runkoluku, runkoa/kuvio	2538	4602	3068	10208
Runkoluku, runkoa/ha	343	623	415	1381
Puulajin osuus, % runkoluvusta/kuvio	24,9 %	45,1 %	30,1 %	
Pohjapinta-ala, m^2/kuvio	59,6	84,7	34,3	178,6
Pohjapinta-ala, m^2/ha	8,1	11,5	4,6	24,2
Tilavuus, m^3/kuvio	453,2	727,1	271,5	1451,7
Tilavuus, m^3/ha	61,3	98,4	36,7	196,4

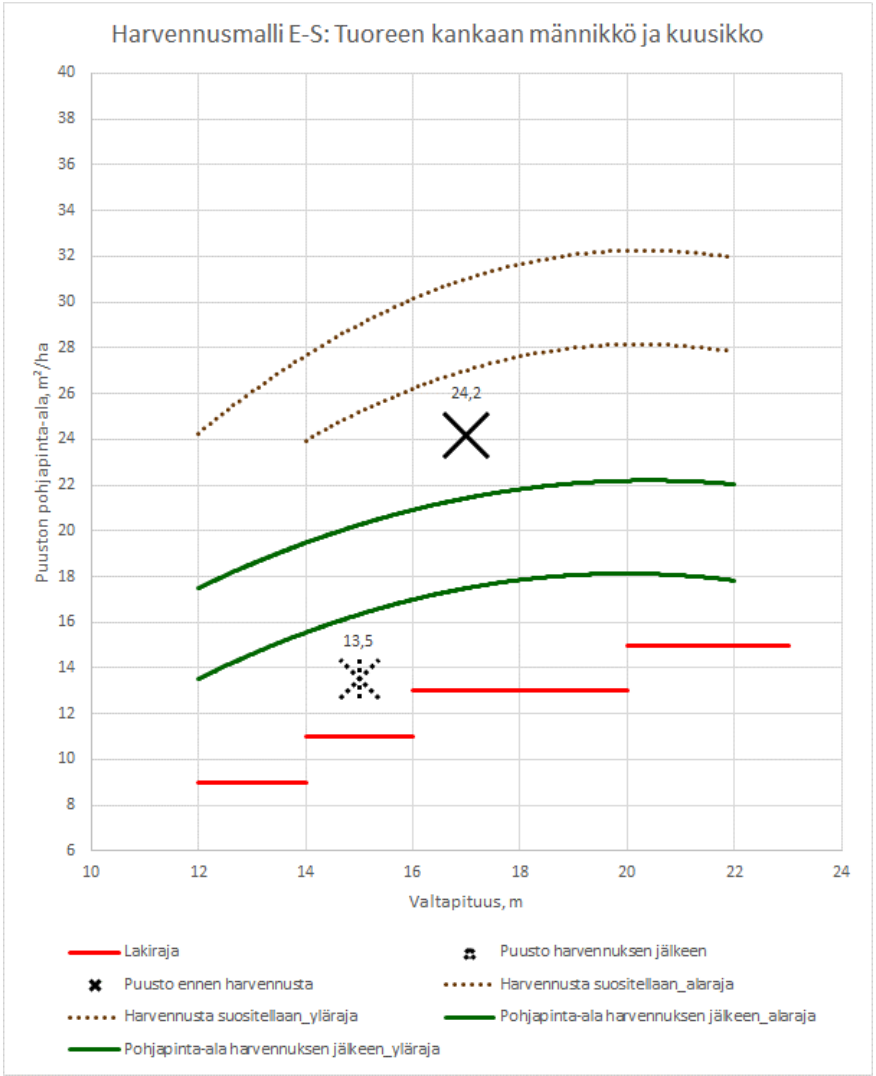
Poistuma	Mänty	Kuusi	Koivu	Koko puusto
Keskiläpimitta, cm	16	16,7	18,8	16,7
Keskipituus, m	15,2	14,5	18,3	15,3
Rungon keskitilavuus, dm^3	115	128	184	128
Poistuma, runkoa/kuvio	2136	2259	485	4880
Poistuma, runkoa/ha	289	306	66	660
Puulajin osuus, % poistetusta runkoluvusta/kuvio	43,8 %	46,3 %	9,9 %	
Hakattu pohjapinta-ala, m^2/kuvio	31,3	37,7	10,3	79,2
Hakattu pohjapinta-ala, m^2/ha	4,2	5,1	1,4	10,7
Poistuman tilavuus, m^3/kuvio	245,9	289,9	89,1	624,9
Poistuman tilavuus, m^3/ha	33,3	39,2	12,1	84,6

Jäävä puusto	Mänty	Kuusi	Koivu	Koko puusto
Keskiläpimitta, cm	16	16,7	18,8	16,7
Keskipituus, m	15,2	14,5	18,3	15,3
Rungon keskitilavuus, dm^3	115	128	184	128
Runkoluku, runkoa/kuvio	402	2343	2583	5328
Runkoluku, runkoa/ha	54	317	350	721
Puulajin osuus, % runkoluvusta/kuvio	8,0	44,0	48,0	
Pohjapinta-ala, m^2/kuvio	28,3	47	24	99,4
Pohjapinta-ala, m^2/ha	3,9	6,4	3,2	13,5
Tilavuus, m^3/kuvio	207,3	437,2	182,4	826,8
Tilavuus, m^3/ha	28	59,2	24,7	111,8

Puustotietojen raportointinäkymä (2/2)

- Toteutunutta harvennusvoimakkuutta voidaan havainnollistaa esimerkiksi harvennusmallien avulla

- Yhtenäisellä viivalla oleva rasti kuvaa puuston tiheyden lähtötilannetta ja katkoviivalla oleva rasti harvennuksen jälkeistä tiheyttä



Jatkotutkimusta vaativat tiedontuotantomenetelmät

Kuvion yleistiedot

- Jatkotutkimusta vaativat tiedontuotantomenetelmät:
  - dynaaminen korjuukelpoisuusluokitus: Säätekijöiden huomiointi korjuukelpoisuuden ennustamisessa
  - ojalinjaleveyden määritys hakkuulaitteella muodostetusta puukartasta.
- Uuden teknologian käyttöönottoa ja jatkotutkimusta vaativat tiedontuotantomenetelmät
  - boniteetin automaattinen määritys: hakkuulaitteessa olevalla kameralla mitataan vuosilustojen määrä, jonka avulla määritetään puun ikä, josta edelleen johdetaan kuvion pituusboniteetti
  - ojalinjaleveyden automaattinen mittaus hakkuukoneen laserkeilaimella.

Puustotunnukset ja jäävän puuston terveydentila

- Jatkotutkimusta vaativat tiedontuotantomenetelmät:
  - jäävän puuston ja lähtöpuuston estimointi poistumatiedon perusteella (hprGallring-periaate, kts. Hannrup ym. 2011)
  - kirjanpainajatuhojen ja tyvilahon puoliautomaattinen tiedontuotanto: kuljettajan merkintä (StemCode) runkokohtaisesti yhdistettynä hakkuukoneen tai -laitteen sijaintitietoon.
- Uuden teknologian käyttöönottoa ja jatkotutkimusta vaativat tiedontuotantomenetelmät:
  - puuston totaalimittaus hakkuukoneeseen kiinnitetyn laserkeilaimen avulla
  - runko- ja juurivauriot: kuormatraktoriin ja/tai hakkuukoneeseen kiinnitettävän laserkeilaimen tai kuvatunnistuksen hyödyntäminen puustovaurioiden havaitsemisessa
  - tyvilaho ja kirjanpainajatuhot: tunnistaminen konenäön avulla.

Ajouratunnukset

- Jatkotutkimusta vaativat tiedontuotantomenetelmät:
  - kokoojaurien automaattinen tunnistus kuormatraktorin ajouranauhoituksista (fpr-tiedostot)
  - ajo- ja kokoojauratiedon vertaaminen maaston korjuukelpoisuustietoon ja ajourakoneen tuottamiin kulkuvyöhykkeisiin
  - ajouraleveyden mittaus hakkuulaitteella tai laserkeilaimella tuotetusta puukartasta
  - ajourien havutuksen automaattinen tunnistus: CAN-väylä- ja hpr-tiedostojen yhdistäminen.
- Uuden teknologian käyttöönottoa ja jatkotutkimusta vaativat tiedontuotantomenetelmät:
  - urapainaumien totaalimittaus: laserkeilain tai TOF-mittaus
  - ajouraleveyden totaalimittaus laserkeilaimella tai kuvantunnistuksella.

Luontokohteet

- Luontokohteiden tunnistaminen hakkuukoneen automaattiseen kuviointiin ja monilähteiseen paikkatietoon perustuen vaatii automatisoinnin.
- Vesistöjen suojavyöhykkeiden jättö- ja tunnistamiskriteerit mm. PEFC- ja FSC-sertifioinneissa vaihtelevat tapauskohtaisesti, joten tunnistamisen automatisointi on vaikeaa.
- Säästöpuu- ja tekopökkelöryhmät:
  - Lisätiedoksi korjuusuunnittelujärjestelmän paikkatietoon ennalta määritetyt säästöpuu- ja tekopökkelöiden sijainnit ja/tai kuljettajan manuaalinen merkkaus puunkorjuun yhteydessä.

Lähteet

Hannrup, B., Bhuiyan, N. & Möller, J. 2011. Utvärdering av ett system för beräkning och återföring av skördarbaserad information till skogliga register och planeringssystem. Arbetsrapport 757/2011. Skogforsk. 72 s.

Hämäläinen, J., Räsänen, T., Ritala, R., Häme, T. & Tergujeff, R. 2017. Seuraavan sukupolven palvelualustan kehittäminen metsätiedon jakeluun. Esiselvitys. Metsätehon raportti 241. 53 s.

Hämäläinen, J., Räsänen, T., Riekki, K., Sorsa, J.-A. & Ritala, R. 2019. Metsätiedon palvelualustan konseptitestaus. Metsätehon raportti 252. Saatavissa: http://www.metsateho.fi/metsatiedon-palvelualustan-konseptitestaus-raportti/.

Ilmatieteen laitos. 2020. Harvester Seasons. [www-sivusto]. [Viitattu: 23.12.2020.] Saatavissa: https://harvesterseasons.com/.

Melkas, T. & Hämäläinen, J. 2015. Hakkuukoneella kerätyn puustotiedon hyödyntäminen. Menetelmäkuvaus kaukokartoituksen referenssitiedon keräämiseen ja metsävaratietojen päivitykseen. Metsätehon raportti 237. 47 s. Saatavissa: http://www.metsateho.fi/hakkuukoneella-keratyn-puustotiedon-hyodyntaminen/.

Melkas, T. & Riekki, K. 2017. Puiden paikannustarkkuus hakkuukoneen tallennettuun sijaintiin ja kouran anturointiin perustuen -laskennallinen algoritmi kouran sijainnin tarkentamiseksi. Metsätehon tuloskalvosarja 9/2017. 21 s. Saatavissa: http://www.metsateho.fi/puiden-paikannustarkkuus-hakkuukoneen-tallennettuun/.

Melkas, T., Riekki, K. & Sorsa, J.-A. 2020. Automated Method for Delineating Harvested Stands Based on Harvester Location Data. Remote Sens. 2020, 12(17), 2754. 45 s. https://doi.org/10.3390/rs12172754.

Mustola, M. 2020. Hakkuukoneen tuottama toteumatieto monimuotoisuudelle arvokkaiden luontokohteiden säilymisen todentamisessa ja potentiaalisten kohteiden tunnistamisessa. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto. 54 s. (Julkaisematon luonnos.)

Ovaskainen, H. (toim.) 2019. Kohti automaattista puunkorjuun laadun mittaamista. Metsätehon raportti 251. 53 s. Saatavissa: https://www.metsateho.fi/kohti-automaattista-puunkorjuun-laadun-mittaamista/.

Ovaskainen, H., Hämäläinen, J., Poikela, A., Räsänen, T, Määttälä, M., Sarjakoski, S., Lahti, M. & Salo, M.. 2019. Ajourakone – hakkuukoneen kuljettajan apuväline korjuun suunnitteluun. Metsätehon tuloskalvosarja 11/2019. 18 s. Saatavissa: http://www.metsateho.fi/ajourakone-hakkuukoneen-kuljettajan-apuvaline-korjuun-suunnitteluun/.

Riekki, K., Melkas, T., Ovaskainen, H., Poikela, A. & Sorsa, J.-A. 2019. Ajourien automaattinen tuottaminen ja ajouratunnusten määrittäminen hakkuukoneen sijaintitietoon perustuen. Metsätehon tuloskalvosarja 4/2019. 28 s. Saatavissa: http://www.metsateho.fi/ajourien-automaattinen-tuottaminen/.

Venäläinen, P., Räsänen, T. & Hämäläinen, J. 2015. Potential Business Models for Forest Big Data - DIGILE's Data to Intelligence (D2I) program. Metsätehon raportti 235/Metsäteho Report 235. 41 s. Saatavissa: http://www.metsateho.fi/potential-business-models-for-forest-big-data-data-to-intelligence-d2i-project-report-task-3-2/.