

Luonnonvara- ja
biotalouden
tutkimus 15/2016

Monilähdetietoa hyödyntävien karttaopasteiden tarve puunkorjuussa

Haastattelututkimus hakkuukoneenkuljettajille

Jarkko Kauppinen, Kari Väätäinen, Simo Tauriainen, Kalle Einola,
Jukka Malinen ja Matti Sirén

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 15/2016

Monilähdetietoa hyödyntävien karttaopasteiden tarve puunkorjuussa

Haastattelututkimus hakkuukoneenkuljettajille

Jarkko Kauppinen, Kari Väätäinen, Simo Tauriainen, Kalle Einola,
Jukka Malinen ja Matti Sirén

Luonnonvarakeskus, Helsinki 2016



ISBN: 978-952-326-195-2 (Painettu)

ISBN: 978-952-326-196-9 (Verkkajulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkajulkaisu)

URN: [http://urn.fi/URN:ISBN: 978-952-326-196-9](http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-196-9)

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Jarkko Kauppinen, Kari Väätäinen, Simo Tauriainen, Kalle Einola, Jukka Malinen ja Matti Sirén

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2016

Julkaisuvuosi: 2016

Kannen kuva: Kuvakollaasi Kari Väätäinen / Luke

Painopaikka ja julkaisumyynti: Juvenes Print, <http://luke.juvenesprint.fi>

Tiivistelmä

Monilähdetietoa hyödyntävien karttaopasteiden tarve puunkorjuussa

Jarkko Kauppinen¹, Kari Väätäinen², Simo Tauriainen³, Kalle Einola³, Jukka Malinen¹, Matti Sirén²

¹ Itä-Suomen Yliopisto, Metsätieteiden osasto, Yliopistokatu 2, 80101 Joensuu

² Luonnonvarakeskus, Yliopistokatu 6, 80100 Joensuu

³ Ponsse Oyj, Ponssentie 22, 74200 Vieremä

Uudet julkiset suurten tietomassojen paikkatietoaineistot ja menetelmät maaston ja puuston kuvaamiseksi mahdollistavat tiedon uudenlaisen hyödyntämisen puunhankinnan suunnittelussa ja toteutuksessa.

Tutkimuksen päätavoitteena oli selvittää hakkuukoneenkuljettajien näkemys uusien, monilähdetietoa hyödyntävien opastavien karttasovellusten tarpeesta ja merkityksestä koneellisessa hakkuussa. Päätavoitteen lisäksi tutkimuksessa selvitettiin kokonaiskuvaa haastateltavien työstä, työn suunnittelusta ja siihen vaadittavasta informaatiosta. Tutkimuksessa haastateltiin 24 hakkuukoneenkuljettajaa, joilla oli pitkä kokemus (ka 15,7 vuotta) koneellisesta hakkuusta.

Hakkuun suunnittelun suurimpina tiedontarpeina oli kohteen kulkukelpoisuustiedon ja leimikon erityiskohteiden esittäminen. Tiedon tarve kasvoi maastoltaan vaikeilla kohteilla sekä pimeään ja lumipeitteiseen talviaikaan hakattaessa. Myös tiedon tarve koneen komponenttien kunnosta koettiin suureksi. Kuljettajien ensikokemuksen perusteella muodostunut näkemys esitetyistä karttaopasteista oli varsin positiivinen. Merkitykseltään suurimmiksi koettiin jo käytössä olevat karttapohjat, kuten peruskartta ja ilmapalokuva. Kulkukelpoisuutta, sekä kantavuutta että rinnejyrkkyksiä, esittäneet karttaopasteet koettiin hyvin tarpeellisiksi. Erot karttaopasteiden välisissä merkityksissä olivat kuitenkin suhteellisen pienet ja kaikki esitetyt opasteet koettiin merkitykseltään vähintään kohtalaiselle tasolle. Maaston kulkukelpoisuutta kuvaavalla karttapohjalla esitetty ajouraennuste sai yli puolelta kuljettajista merkityksen suuri tai erittäin suuri vaikkakin useat epäilivät ajouraennusteen tarkkuutta ja luotettavuutta. Yleiskuvaksi voidaan muodostaa se, että muutama hyvä karttaopaste on riittävä ja kartalle esitettävä tieto tulisi olla visuaalisesti selkeä ja määrällisesti alhainen.

Tiedon tarve ja karttapohjaisen opastuksen merkitys oli kuljettajien kokemustasosta riippumaton, joten opastavista karttajärjestelmistä olisi apua koko kuljettajakunnalle. Kun tarpeeseen sopivaa tarkkaa ja oikein esitettyä karttaopastetta saadaan käyttöön, se antaa mahdollisuuden parantaa paitsi työn tuottavuutta, myös työn jäljen laatua, harvennusten kasvukykyä, työturvallisuutta, koneiden käyttökuntoa sekä operaatioiden keston ennustettavuutta. Tarkkaan monilähdetietoon perustuvan karttapastuksen potentiaalin voidaan arvioida olevan 5–15 % nykytilan kustannustehokkuudesta koneellisessa puunkorjuussa.

Tutkimus kuului DIGILE OY:n tutkimusohjelmaan “Data to Intelligence (D2I)”, ja se toteutettiin Forest Big Data-hankkeen Task 3:n “Intelligent and Self-learning Decision Support Systems” sisällä. Hanke toteutettiin yhteistyössä Ponsse Oyj:n, Luonnonvarakeskuksen ja Itä-Suomen Yliopiston kanssa.

Asiasanat: kuljettajaa opastavat järjestelmät, karttaopaste, koneellinen hakkuu, monilähdeaineisto, laserkeilausaineisto

Abstract

Importance of multisource information and map-based operator assistance in mechanised wood harvesting

Jarkko Kauppinen¹, Kari Väättäin², Simo Tauriainen³, Kalle Einola³, Jukka Malinen¹, Matti Sirén²

¹ University of Eastern Finland, Departure of forestry, Joensuu

² Natural Resources Institute Finland

³ Ponsse Ltd, Vieremä

Novel and publicly available Big data from forests and terrain as well as advanced data processing methods offer new ways for enhancing wood procurement. The main objective of this study was to clarify the demand and the relevance of map-based operator assistance in mechanised wood harvesting by interviewing harvester operators. In addition, working conditions, work planning and the information required for efficient and high quality harvesting were acquired from harvester operators. Only experienced operators were selected to the study. The average working experience in mechanized harvesting was 15.7 years among 24 operators.

Terrain trafficability, machine mobility and locating of areas with cutting restrictions were the most important information for the planning and execution of cutting. Need of the information increased in areas with difficult terrain and times when operation was conducted in dark and during snowy winter. The information of machine component condition was stated as high importance as well. The first responses and opinions of operators on the map-based assistance examples were positive, in general.

Base maps, aerial photos and trafficability/mobility maps were seen as the most important map-based information for supporting the cutting operations. Base maps and aerial photos are commonly used in loggings, whereas terrain trafficability/mobility maps were presented first time to the operators during the study. The visualisation of strip road network estimation in the digital terrain map was experienced useful, although operators were skeptical about the accuracy and reliability of the strip road network estimation. According to the operators, few informative maps or map-layers are adequate, the information should be visualised in a clear and easily understandable format and the number of presented data is limited as low.

The need of information and the importance of map-based assistance were not depended on the level of experience among operators, and thus, map assisting systems are beneficial for all forest machine operators from the beginners to experts. The use of precise map assisting with multisource data would offer many benefits in mechanized wood harvesting. It is not only the increase of productivity, but also the increase of harvesting quality, growth potential of remaining stand, work safety, operating order of machines and the prediction accuracy of remaining operation time. Intelligent map based assistance can be estimated to improve cost-competitiveness by 5–15 % in mechanized wood harvesting.

This study was part of Forest Big Data –project and task “Self-learning Decision Support Systems” belonging to DIGILE Ltd’s Data to Intelligence (D2I) research program. Study was conducted together with Ponsse Ltd, University of Eastern Finland and Natural resources institute Finland.

Keywords: operator tutoring systems, map assistance system, mechanised wood harvesting, multi-source information, LIDAR data

Sisällys

1. Johdanto	6
1.1. Lähtökohta ja tarve	6
1.2. Tavoite	7
2. Tutkimuksen toteutus ja aineisto	8
2.1. Tutkimusmenetelmä	8
2.2. Aineisto	8
3. Tulokset	9
3.1. Hakkuukoneen tietojärjestelmien käyttö ja merkitys.....	9
3.2. Hakkuun suunnittelu.....	9
3.3. Hakkuun työmallit.....	11
3.4. Tiedon tarve	12
3.5. Kuljettajien vastaukset karttaopaste-esimerkeistä	14
3.5.1. Peruskarttakuvat	14
3.5.2. Ilmavalokuva	15
3.5.3. Kantavuusennustekartta	16
3.5.4. Ilmavalokuva- ja pohjavesikartta	17
3.5.5. Maastomallikartat - rinnekohte	18
3.5.6. Karttaopasteet puuston kertymästä ja harvennusvoimakkuudesta	20
3.5.7. Ajouraehdotus peruskarttapohjalla	22
3.5.8. Ajouraehdotus tarkassa maastomallikartassa	23
3.5.9. Opaste tienvarsivaraston tilan tarpeesta	24
4. Yhteenveto ja päätelmät	26

1. Johdanto

1.1. Lähtökohta ja tarve

Työympäristön ja koneen tietojärjestelmien välittämän informaation tehokas havainnointi, tulkinta sekä olennaisen tiedon valikointi ja priorisointi työn suunnittelun ja päätöksenteon tueksi muodostavat perustan tuottavalle metsäkonetyölle ja hyvälle korjuujäljelle. Usein korjuukohteesta ei ole tarjolla riittävän kattavaa ja tarkkaa tietoa, vaan kuljettajat joutuvat tekemään päätöksiä epävarmuuden ja puutteellisen tiedon vallitessa. Ylimäen ym. (2012) mukaan kuljettajat tarvitsevat tietoa ja opastusta erityisesti suunnittelun ja päätöksenteon tueksi. Esimerkkeinä korjuutyön kokonaissuoritukseen olennaisesti vaikuttavista tehtävistä ovat ajouraverkoston sekä puutavaran metsäkuljetuksen suunnittelu ja toteutus.

Konetyön tuottavuutta ja laatua voidaan parantaa hyödyntämällä metsäkoneiden ja metsätietojärjestelmien Big dataa sekä niihin pohjautuvia älykkäitä opastavia järjestelmiä. Big datalla tarkoitetaan aineistoa, jota kertyy suuria määriä, suurella nopeudella ja joka on useimmiten heterogeenistä (Hämäläinen ym. 2014). Opastavilla järjestelmillä pyritään erityisesti vähentämään kuljettajan henkistä kuormitusta ja epävarmuutta päätöksentekotilanteissa, joissa kuljettaja kaipaa lisäinformaatiota työn tehokkaaseen ja laadukkaaseen toteutukseen.

Uudet julkiset suurten tietomassojen paikkatietoaineistot ja menetelmät maaston ja puuston kuvaamiseksi mahdollistavat tiedon uudenlaisen hyödyntämisen puunhankinnan suunnittelussa ja toteutuksessa (Räsänen ym. 2013, Hämäläinen ym. 2014). Esimerkiksi laserkeilausaineistoista johdetut ja kuvannetut karttanäkymät tarjoavat sijainti- ja mittatarkkaa tietoa korjuukohteen maaston muodoista; korkeusvaihteluista, rinnekaltevuuksista, ojalinoista tms. (Räsänen ym. 2013, Väättäinen ym. 2013). Hakkuukoneeseen tallentuvaa puutavaralajien ja -määrien sijaintitietoa voitaisiin hyödyntää nykyistä tehokkaammin metsäkuljetuksen suunnittelussa siirtämällä tätä tietoa kuormatraktorille. Tulevaisuudessa suurten tietomassojen ja tietojärjestelmien avulla muodostetuilla uusilla tavoilla karttaopasteilla voidaan kehittää puunkorjuuta tukemalla korjuun ennakkosuunnittelua sekä korjuunaikaista suunnittelua ja toteutusta. Lisäksi monilähdetiedon avulla toteutetulla älykkäällä laskennalla voitaneen pian opastaa kuljettajalle tehokkaita, polttoainetaloudellisia sekä konetta ja ympäristöä säästäviä, kuljettajalle ja kohteelle parhaiten sopivia työtapoja/-malleja sekä reitti- ja ajouraverkko vaihtoehtoja.

Viimeaikaiset käytännön testit monilähdetietoa hyödyntävistä karttaopasteista puunkorjuun suunnittelun ja toteutuksen apuna ovat olleet rohkaisevia. Tarkkaan laserkeilausaineistoon pohjautuvat karttaopasteet, kuten LoggingMap, DTW (Depth-to-water map) ja BestWay, ovat saaneet positiivista palautetta kuljettajilta sekä suunnittelijoilta demoversioiden käyttötesteissä (Väättäinen ym. 2013, Bergkvist ym. 2014, Johansson 2015). LoggingMap-konseptilla kuljettajille esitettiin tarkkaa maasto- ja puustomalliaineistoa sekä niistä laskettuja tunnuksia karttakuvina (Väättäinen ym. 2013). Vastaavasti Skogforskin julkaisema BestWay -sovellus tukee korjuun suunnittelua ehdottamalla koojauravaihtoehtoja leimikolla ja kauttakulku kohtia varastolta leimikolle (Johansson 2015).

Kuljettajan kyky prosessoida informaatiota on rajallinen. Esitetyn informaation määrä, laatu ja ajoitus vaikuttavat siihen, kokeeko tiedon käyttäjä esitetyn informaation hyödylliseksi ja tarpeelliseksi. Tämän vuoksi on hyvä tiedostaa käyttäjien tarpeet ja mielipiteet tarjottavasta lisäinformaatiosta opastavia järjestelmiä kehitettäessä. Tutkimus kuului DIGILE OY:n tutkimusohjelmaan "Data to Intelligence (D2I)", ja se toteutettiin Forest Big Data-hankkeen Task 3:n "Intelligent and Self-learning Decision Support Systems" sisällä. Hanke toteutettiin yhteistyössä Ponsse Oyj:n, Luonnonvarakeskuksen ja Itä-Suomen Yliopiston kanssa. Tämä raportti on tiivistelmä tutkimuksesta toteutetusta progradutyöstä "Uuden karttapohjaisen opastuksen tarve koneellisessa hakkuussa" (Kauppinen 2016).

1.2. Tavoite

Tutkimuksen päätavoitteena oli selvittää hakkuukoneenkuljettajien näkemys uusien opastavien karttasovellusten tarpeesta ja merkityksestä koneellisessa hakkuussa. Päätavoitteen lisäksi tutkimuksessa selvitettiin kokonaiskuvaa haastateltavien työstä, työn suunnittelusta ja siihen vaadittavasta informaatiosta. Kokonaiskuvan saamiseksi kyselytutkimuksessa kartoitettiin:

1. Kuljettajien taustatiedot ja hakkuutyön nykytilanne sekä siinä hyödynnettävät järjestelmät.
2. Kuljettajan työn suunnittelu ja siinä tarvittava informaatio sekä uuden informaation tarve.
3. Kuljettajan kokema käsitys esitettyjen karttaopaste-esimerkkien hyödyllisyydestä.

2. Tutkimuksen toteutus ja aineisto

2.1. Tutkimusmenetelmä

Tutkimusaineisto kerättiin puolistrukturoitua haastattelumenetelmää käyttäen. Haastateltavat valittiin tutkimukseen ottamalla yhteyttä korjuuyrittäjiin Itä-Suomesta ja kysymällä heiltä haastatteluun sopivia kuljettajia. Haastatteluun valikoitumisen edellytyksenä oli vähintään 5 vuoden kokemus koneellisesta hakkuusta ja että hakkuukoneena oli Ponsse. Kuljettajahaastattelut toteutettiin hakkuukoneen hytissä kuljettajien työaikana. Tutkimuksessa haastateltiin 24 hakkuukoneenkuljettajaa ja nauhoitettujen haastattelujen kesto oli keskimäärin 75 minuuttia ja kokonaismäärä 30 tuntia. Aineisto kerättiin syys-lokakuussa 2015.

Haastattelun tueksi laadittiin kyselylomake, joka sisälsi sekä avoimia kysymyksiä että strukturoituja monivalintakysymyksiä. Monivalintakysymyksiin vastattiin viisivalintaisella asteikolla. Esimerkiksi monilähdetiedon tarvetta työn suunnittelun tueksi kysyttiin viisivalintaisella asteikolla: 1 ei lainkaan tarvetta, 2 vähäinen tarve, 3 kohtalainen tarve, 4 suuri tarve, 5 erittäin suuri tarve.

Haastattelu koostui kolmesta osasta, joista ensimmäisessä kysyttiin taustatietoja kuljettajasta, kuljettajan työskentelystä sekä työtä tukevista järjestelmistä. Tämän avulla pyrittiin luomaan kokonaiskuva koneellisen hakkuun nykytilasta ja sen erityispiirteistä. Kyselyn toinen osa kohdistui työn suunnitteluun hakkuutyön eri vaiheissa ja hakkuun suunnitteluun liittyvän tiedon tarpeeseen. Kyselyn kolmannessa osassa kuljettajille esitettiin havainnekuvia karttaopastusesimerkeistä hakkuun tueksi. Kuljettajat kommentoivat kuvaesimerkkejä ja valitsivat mieleisensä opastusesimerkin. Haastattelulomake ja opastuksen esimerkkikuvat on esitetty liitteessä 1.

Monivalintakysymyksissä tarkasteltiin kuljettajan iän ja työkokemuksen vaikutusta vastauksiin. Tilastollisena menetelmänä käytettiin Mann-Whitneyn U-testiä.

2.2. Aineisto

Tutkimuksessa haastateltiin 24 hakkuukoneenkuljettajaa, joilla oli pitkä kokemus koneellisesta hakkuusta (ka 15,7 vuotta) (Taulukko 1). Haastateltujen kuljettajien työajasta lähes 70 % kohdistui harvennuskohteille. Puutavaralajien määrä harvennuksilla oli pienimmillään 5 kappaletta ja suurimmillaan 12 kappaletta (ka 8,3 kappaletta). Työmaiden maasto-olosuhteet jakautuivat keskimäärin 61 % kivennäismaille, 30,1 % turvemaille ja 8,8 % rinnemaille. Haastateltavien hakkuukoneet olivat PONSSE-hakkuukoneita (PONSSE Ergo 6/8W, Fox, Beaver, Scorpion).

Taulukko 1. Haastateltujen hakkuukoneenkuljettajien taustatietoja.

	keskiarvo	keskihajonta
Kuljettajan ikä, v	40,8	11,2
Kokemus koneellisesta hakkuusta, v	15,7	9,0
Harvennusten osuus, %	25,4	7,7
Tavaralajeja keskimäärin, kpl	8,3	1,1
-minimi	6,5	1,0
-maksimi	10,1	1,3
Maaston jakautuminen hakkuulla		
-kivennäismaat	61,0	15,0
-turvemaa	30,1	13,4
-rinnemaa	8,8	6,2

Kyselytutkimuksen haastateltavat jakautuivat tasaisesti kolmeen kokemusluokkaan (Taulukko 2, Liite 1). Vastaavasti ikäluokka jaettiin neljään osaan: alle 30, 30–40, 40–50 ja yli 50. Nuoria, alle 30 vuotiaita haastatteluun valikoitui vain kaksi kuljettajaa (Taulukko 3, Liite 2).

3. Tulokset

3.1. Hakkuukoneen tietojärjestelmien käyttö ja merkitys

Haastatelluista kuljettajista 50 % käytti hakkuukoneessaan Stora Enso Oyj:n kartta- ja tietojärjestelmää, jota käyttää myös Harvestia (8,3 % haastatelluista). Metsä Groupin osuus kartta- ja tietojärjestelmistä oli 20,8 % ja Metsähallituksen 8,3 %. Sahayritysten kartta- ja tietojärjestelmiä käytti 12,5 % kuljettajista ja loput 8,3 % käytti hakkuukoneen omaa kartta- ja tietojärjestelmää hakkuissaan.

Kuljettajien näkemys metsäyhtiöiden kartta- ja tietojärjestelmien tuomasta hyödystä hakkuukonetyössä oli suuri tai erittäin suuri (ka 4,3 asteikolla 1-5). Vastaavasti kuljettajien kokema hyöty hakkuukoneen tietojärjestelmästä (Ponsse Opti 4G) oli suuri tai erittäin suuri (ka 4,4).

Kuljettajista 87,5 % hyödynsi hakkuukoneen ajopiirtoa työn suunnittelussa. Työmaan keston ja loppumisen hahmottamisessa ajopiirrosta oli apua. Ajopiirto auttoi myös työvuoron vaihdossa osoittamaan korjuun etenemisen. Erityisen merkittäväksi koettiin ajopiirron apu pimeällä. Haastateltavista 29,2 % siirsi hakkuukoneen ajopiirtoreitin kuormatraktoriin. Nämä kuljettajat käyttivät Metsä Groupin tai Metsähallituksen kartta- ja tietojärjestelmää. Muiden vastanneiden kohdalla järjestelmät eivät tukeneet ajopiirron siirtoa koneelta toiselle. Silti noin kolmannes tästä ryhmästä siirsi hakkukoneen reittiverkoston, joko puhelimitse kuvatedoston siirrolla (esim. WhatsApp) tai paperipiirroksen avulla metsäkuljetuksen suorittajalle.

Pääosa kuljettajista hyödynsi peruskarttaa koko ajan ja sen avulla tehtiin paljon suunnittelua ja päätöksiä kohteella liikkumisesta. Kuitenkin viidenneksellä haastatelluista ei ollut kartta- ja tietojärjestelmästä saatavissa peruskarttaa työnsä tueksi. Ilmakuvaa hyödynnettiin lähes aina, jos se oli saatavissa metsäyhtiön kartta- ja tietojärjestelmästä. Haastatelluista neljännes kuljettajista hyödynsi karttajärjestelmän ilmakuvaa työnsä tukena. Lisäksi yli kolmannes kuljettajista hankki itsenäisesti ilmakuvan kohteelle, vaikkei se ollut heidän kartta- ja tietojärjestelmässään käytössä. Lisäksi pieni osa (8,3 %) kuljettajista hyödynsi nykyisessä työssään lisänäyttöä (esim. tabletti) hakkuussa, kun haluttiin lisäinformaatiota kohteesta.

Kaikki kuljettajat seurasivat koneen suoritearvoja. Kuljettajista 45,8 % seurasi suoritearvoja työmaakohtaisesti ja silloin, kun hakkuu loppui (20,8 %). Haastatelluista 29,2 % seurasi päivittäin suoritearvoja ja hyödynsi niitä omassa työskentelyssään. Eniten suoritearvoista seurattiin koneen työaikaa ja tuntituotosta sekä polttoaineenkulutusta (€/l). Myös keskituotosta, puun keskikokoa ja euroja seurattiin jonkun verran.

3.2. Hakkuun suunnittelu

Kuljettajista 91,7 % teki työmaaohjeiden avulla ennakkosuunnittelua. Vastausten mukaan huolellinen leimikon ennakkosuunnittelu vaikuttaa suurelta osin puunkorjuun kokonaistuottavuuteen, työn laatuun, korjuuvaurioihin ja turvalliseen korjuuseen. Kuljettajat näkivät ennakkosuunnittelussa tärkeinä asioina asutusten, luontokohteiden, varastopaikan, tiestön ja sähkölinjojen huomioon ottamisen. Erityisen tärkeäksi koettiin leimikon maaperän kantavuuden, maaston muotojen, pehmeikköjen ja ojaverkoston tiedostaminen. Rinnekohteet nähtiin vaikeiksi ja ne vaativat hyvin huolellista suunnittelua. Koneiden ja autojen parkkitilojen, käänköpaikan sekä öljyjen ja polttoaineiden säilytyksen selvittäminen kuuluivat olennaisesti kuljettajien ennakkosuunnitteluun. Kommentti ”Paljon ajateltava siten, että tänne tullaan hakkaamaan vielä uudelleen” kuvasti harvennuksien suunnittelun tärkeyttä.

Vastaaajista osa (20,8 %) tutustui edellisen työmaan loputtua ennakkoon tulevan leimikkoon leimikkokartan ja korjuuohjeiden avulla. Noin kolmannes vastaaajista (29,2 %) kävi etukäteen varmistamassa maastossa karttatiedon perusteella todettuja ongelmakohtia ennen hakkuun aloitusta. Vastaaajista useimmat pyrkivät hakkaamaan vaativimmat kohteet valoisan aikana. Kuljettajista 83,3 % oli lähes aina yhteydessä maanomistajaan ja metsäyhtiöön ennen hakkuun aloittamista.

Vastausten mukaan vastuuta leimikon ennakkosuunnittelusta on siirtynyt kuljettajalle yhä enemmän. Kuljettajista 58,3 % totesi, että ennakkosuunnittelua työnjohdon puolelta ei tehdä tarpeeksi nykyisin ja se on osittain puutteellista. Haastateltujen kuljettajien ja metsäyhtiöiden välillä havaittiin olevan eroja. Työnjohdon puolelta suurimpina ennakkosuunnittelun ongelmina nähtiin vajavainen maaston tuntemus, konetyön vaatimusten ymmärtämättömyys ja pimeän ajankohdan heikko huomioon ottaminen. Vastaajista 70,8 % oli työssään havainnut, että leimikoiden nauhoitus on vähentynyt. Kuljettajat kokivat tämän asian vaikuttavan paljon korjuun sujuvuuteen. Plussaa tuli heijastavien leimikkonauhojen käyttöönotosta. Niiden havainnoiminen oli selvästi helpompaa kuin perinteisten etenkin pimeään aikaan.

Haastatelluilla kuljettajilla oli korjuuseen tulevasta leimikosta yhdenmukainen korjuuohjetieto, joka sisälsi muun muassa leimikkokartat, katkontaohjeet (mitat, laadut, puutavaralajit, hintamatriisit) ja myyjän yhteystiedot. Vaikka tämä tieto lähetetään sähköisesti korjuun toteuttajalle, haastateltavista 8,3 % käytti vielä paperikarttoja hakkuussa. Ennen hakkuiden aloittamista noin kolmannes (29,2 %) kuljettajista hyödynsi yrittäjäsovellusta ja metsäyhtiön metsäsovellusta kotikoneellaan tutustuen ennakkoon tulevaan leimikkoon.

Varastopaikka oli useimmiten määrätty työhjeessa (87,5 % vastaajista), vaikkakin kuljettajilla oli mahdollisuus vaikuttaa vielä varastopaikan sijaintiin. Vastaajista 12,5 % kertoi suunnittelevansa itse varastopaikan sijainnin metsäyhtiön suunnittelun ulkoistamisen takia. Yleisimpinä ongelmina kuljettajat näkivät ennalta annettujen varastopaikkojen sijainnissa merkkauksen puutteita, sijainnin epätarkkuutta, tien käyttöluvan varmistamista ja kääntöpaikan merkintää. Kolmannes kuljettajista (33,3 %) piti hyvänä ennakkotietona merkatuille varastopaikoille kuorman purkupuolen määrittämisen, jotta säästytäisiin turhilta tievaurioilta tai turhalla varastopaikan puuston hakkuulta. Kuitenkin selvä enemmistö haastateltavista koki hyvänä asiana sen, että varastopaikat olisi urakanantajan puolesta annettu ja merkitty.

Ajourien ennakkosuunnittelussa peruskarttaa pidettiin tärkeänä tukena maaston havainnoinnin lisäksi. Peruskartasta havainnoitiin muun muassa korkeuskäyriä, korkeusvaihteluita, ojastoa, pehmeikköjä ja jyrkänteitä. Ajourasuunnittelussa maastosta havainnoitiin muun muassa maaston kaltevuutta, kivikkoisuutta, pehmeikköjä, korjuuohjetta, tuulen ja auringon suuntaa sekä puulajivalintaa. Ajourien suuntaukseen voivat vaikuttaa myös maanomistajien toiveet. Ajouran suuntauksen tueksi tehtiin havaintoja viereisestä ajourasta, kasoista ja karsituista latvoista. Myös karttaa ja ajopiirtoa käytettiin apuna. Muutaman kokeneemman kuljettajan mukaan ajouraväliä on helppo seurata ja mitata, kun hakataan täydellä puomin mitalla ja seurataan maastoa. Kuljettajista 62,5 % kävi tietyn väliajoin tekemässä tarkistusmittauksia ajouraväleihin tai sen teki ulkopuolinen henkilö.

Vastaajista vajaa kolmannes (29,2 %) hyödynsi ilmakuvaa ajouraverkon suunnittelussa. Lisäksi neljännes vastaajista käy usein jalkautumassa maastoon sekä korjuun alussa että hakkuun aikana. Ajouraverkoston suunnittelussa hakkuun aikana nähtiin yhtenä ongelmana metsäkuljetuksen suorittamista liian nopeasti, koska edellisen ajouran puutavaralajikasat voisivat helpottaa seuraavan ajouran tekoa (20,8 % kuljettajista). Kuljettajista 87,5 % eteni hakkuulla järjestelmällisesti varastopaikalta leimikon perälle ja 12,5 % eteni hakkuulla leimikon rajoja kiertäen.

Leimikon rajojen määrittämisessä hyödynnettiin koneen GPS-järjestelmää ja karttaohjelmaa. Rajoja varmistettiin myös perinteisesti maastossa kävellen ja tarkastellen. Rajojen varmistamisessa hyödynnettiin työnjohdon apua, jos karttatietoa ja nauhoitusta ei ollut kattavasti. Lisäksi 20,8 % kuljettajista, joilla oli apunaan ilmakuvakartta, yrittivät havainnoida sen perusteella metsikön muuttamista rajoilla. Kuljettajat käyttivät yleensä kaiken mahdollisen saatavilla olevan hyödyn, ettei hakkuita tulisi väärältä puolelta. Leimikon rajojen varmistamisessa kuljettajat kokivat tarpeelliseksi leimikoiden kattavan ja riittävän nauhoituksen, heijastavien nauhojen käytön pimeään aikaan ja osa toivoi ilmakuvankartan saamista järjestelmänsä. Myös maanomistajien aktivointi olisi hyvä lisäapu rajojen selvittämiseen.

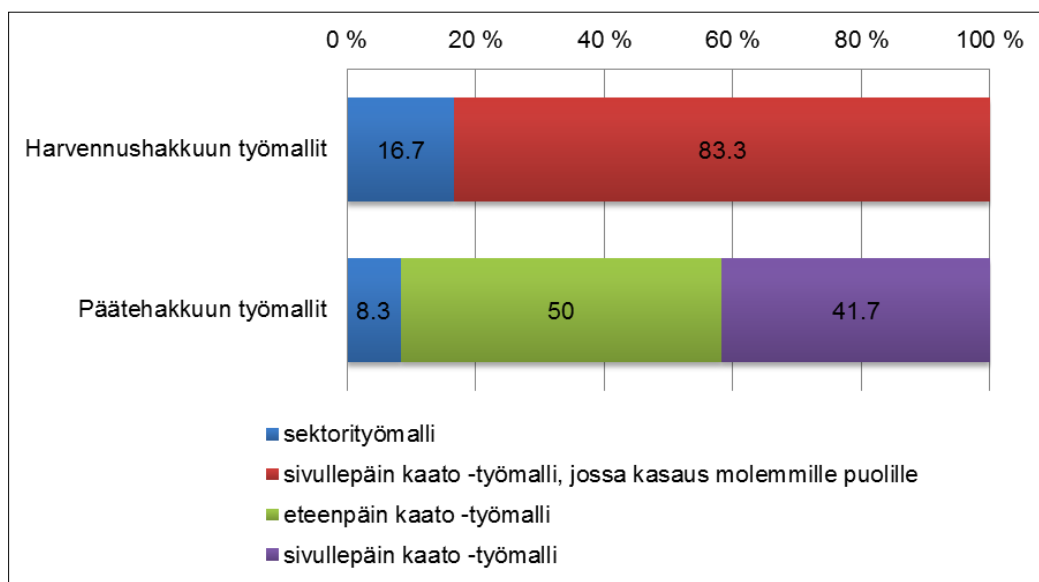
Vastaajista enemmistön mukaan kulkukelpoisuuden määrittämisessä auttaisi parhaiten tarkka kartta, josta näkyisi selvästi ja tarkkaan kohteen maaston muodot. Kuljettajista 20,8 % koki, että kar-

tassa harjanteet ja notkelmat pitäisi näkyä nykyistä paremmin. Kuljettajien mielestä hakkuille tulisi määrittää nykyistä parempi ohjeistus koneella leimikoilta toiselle siirtymisestä. Kohteiden väliltä voi löytyä hankalia pehmeiköitä tai muita kohtia, jotka vaativat erityishuomioita siirtymisten suunnittelussa. Talvisin voi myös leimikon löytäminen olla vaikeaa kun on pimeää ja puissa paljon lunta. Tämä lisää ennakkotiedon merkitystä. Lähes puolet vastanneista (45,8 %) toivoi leimikoista nykyistä parempaa ennakkotietoa.

3.3. Hakkuun työmallit

Kuljettajista 83,3 % käytti harvennushakkuilla sivullepäin kaato -työmallia, jossa kasausta tapahtui molemmille puolille ajouraa (Kuva 1). Sektorityömallia hyödynsi 16,7 % kuljettajista, joskin tapauskohtaisesti he vaihtelivat sektorityömallia sivullepäin kaato -työmallin kesken. Sivullepäin kaato -työmallia pidettiin parhaana vaihtoehtona harvennushakkuilla. Erityisesti havujen sijoittelu ajouralle ja puutaralajien erottelu omiin kasoihin on helpompaa kuin sektorityömallissa. Kuljettajien mukaan myös metsäkuljetuksen kannalta on helpompaa, kun puut laitetaan kohtisuoraan ajouran viereen, jolloin puiden päiden merkinnät nähdään paremmin. Sivullepäin kaato -työmalli on kuljettajien mielestä parempi tiheässä metsässä ja kohteilla, jossa työvaikeustekijöitä on normaalia enemmän. Kuljettajista noin kolmannes (29,2 %) koki sektorityömallin nopeaksi työmalliksi hakkuuseen, mutta koko korjuu huomioon ottaen se soveltui huonosti harvennuksille ja käytäntöön. Kahden kuljettajan mielestä sektorityömalli myös rasitti konetta enemmän kuin muut työmallit.

Päätehakuilla puolet vastanneista (50,0 %) käytti eteenpäin kaato -työmallia, 41,7 % sivullepäin kaato -työmallia ja 8,3 % sektorityömallin ja eteenpäin kaato -työmallin yhdistelmää. Päätehakuilla käytettiin yleensä sivullepäin kaato -työmallia silloin, kun otettiin talteen myös hakkuutähteet. Havujen laitto ja niiden puiminen ratkaisee monesti sen, mitä työmallia päätehakuilla käytetään. Puun laadun havainnoimisella oli myös merkitystä työmallin valinnassa, koska esimerkiksi eteenpäin kaato -työmallissa tyvi- ja runkolahoviat näkyivät selvemmin kuin muissa työmalleissa.



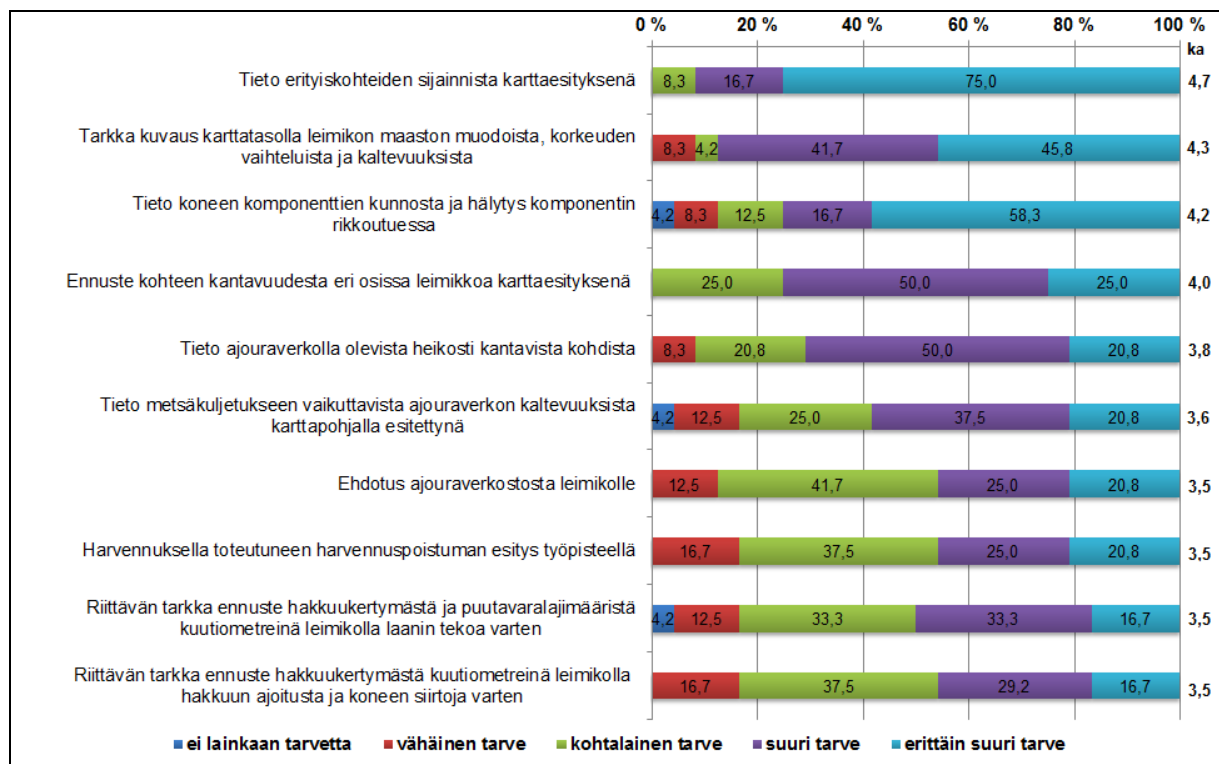
Kuva 1. Kuljettajien yleisimmin käyttämät työmallit harvennus- ja päätehakuilla.

Kuljettajat vaihtelivat työmalleja eri hakkuutilanteissa. Sääolosuhteet, maaston muodot, aurinko ja tuuli vaikuttavat työmallien valintaan. Hakkuu leimikon, tielinjan tai sähkölinjan rajalla vaikutti myös työmallin valintaan. Heikosti kantavat kohteet ja kuusivaltaiset kesäharvennukset ohjaavat työmallin valintaa malliin, jossa saadaan riittävästi havutusta ajouralle. Osa kuljettajista pohti sektorityömallin opetusta opiskelijoille, vaikka se ei ole kentän toimijoiden mielestä paras vaihtoehto käytäntöön.

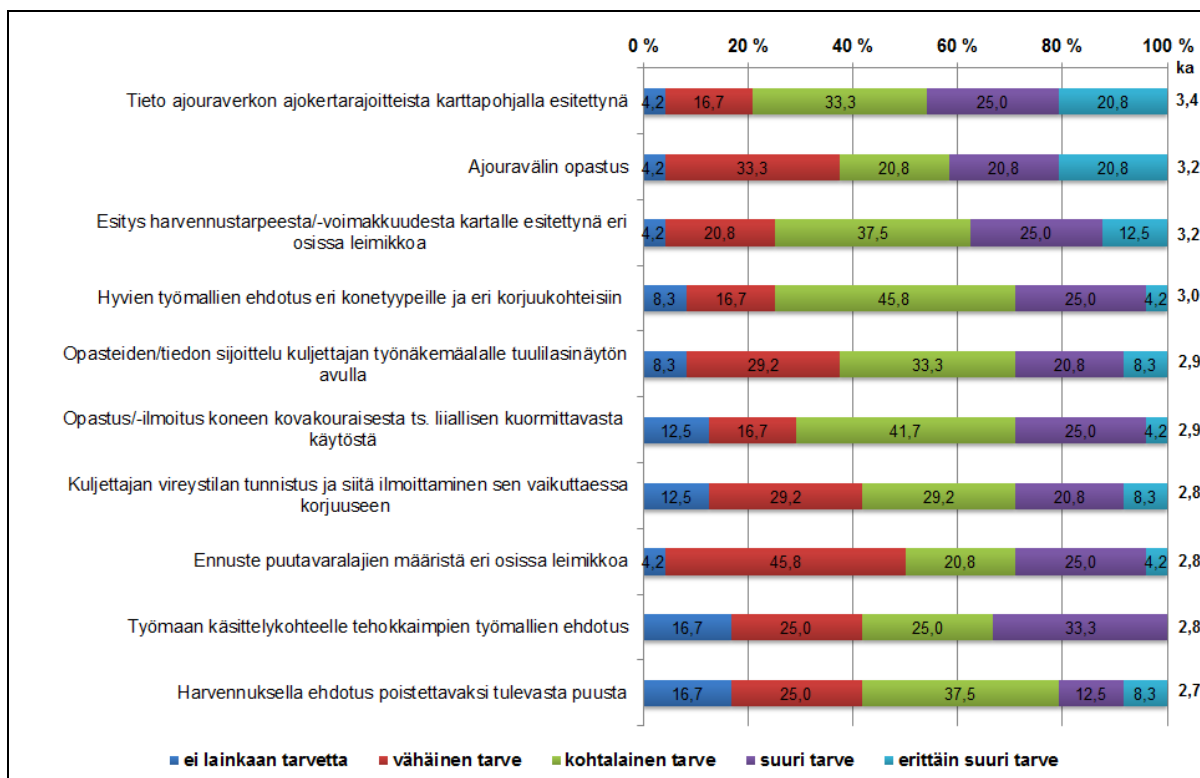
3.4. Tiedon tarve

Monivalintakysymysten perusteella tärkeimmiksi tiedon ja opastuksen tarpeiksi hakkuun suunnittelussa ja toteutuksessa koettiin tieto erityiskohteiden sijainnista karttaesityksenä (ka 4,7 asteikolla 1-5), tarkka kuvaus leimikon maaston muodoista, korkeusvaihteluista ja kaltevuuksista (ka 4,3) sekä tieto koneen komponenttien kunnosta ja hälytys komponentin rikkoutuessa (ka 4,2) (Kuva 2). Vastajat arvottivat nämä tiedon ja opastuksen tarpeet selvästi muita vaihtoehtoja useammin erittäin suureksi tarpeeksi. Eniten ”ei lainkaan tarvetta” -vastauksia saivat työmaan käsittelykohteelle tehokkaimpien työmallien ehdotus ja harvennuksella ehdotus poistettavasta puusta (osuus 16,7 %) (Kuva 3). Nämä tekijät saivat samalla pienimmän keskimääräisen tarvemäärityksen (ka alle 2,8). Lisätietoa ja opastusta kohteen kulkukelpoisuudesta koettiin olevan suurta tarvetta erityisesti kantavuuden, mutta myös maaston jyrkkyyksien esityksen osalta. Pidemmälle viedyistä karttapohjaisista opasteista ajouraverkkoehdotuksesta 45,8 % vastaajista koki olevan suurta tai erittäin suurta tarvetta. Selvä enemmistö (83,3 %) osoitti vähintään kohtalaista tai suurempaa tarvetta harvennuksella toteutuneen harvennuspoistuman esityksestä työpisteellä.

Ennustetiedot hakkuukertymästä varastopaikan tekoa varten 83,3 % vastaajista koki vähintään kohtalaisen tarpeelliseksi tai sitä enemmän. Vastaavan tarvemerkityksen sai tarkka ennuste jäljellä olevasta hakkuukertymästä koneiden siirtojen ajoitusta varten. Hyvien työmallien ehdotus korjuutilanteeseen konemallikohtaisesti sai suuren kannatuksen (75 % vähintään ”kohtalainen tarve” tai sitä suurempi).



Kuva 2. Hakkuukoneenkuljettajien tarve uudelle tiedolle ja opastukselle, jonka voisi esittää koneen tietojärjestelmän kautta (1–10 tarpeellisinta keskiarvon mukaan).



Kuva 3. Hakkuukoneenkuljettajien tarve uudelle tiedolle ja opastukselle, jonka voisi esittää koneen tietojärjestelmän kautta (11–20 tarpeellisinta keskiarvon mukaan).

Kuljettajien mukaan tarve hakkuun opastukseen on päätehakkuulla vähäisempää kuin harvennuksella. Lähes kaikki haastatellut kuljettajat olivat sitä mieltä, että päätehakkuilla opastusta ei juuri tarvita. Mahdollisena päätehakkuun opastuksena voitiin nähdä sähkölinjojen sijaintitietoa, leimikolle menoa, tukin laadun ohjeistusta, puutavaralajien määrittelyn tarkentamista tai erityiskohteiden ja säästöpuiden ohjeistusta. Opastuksen merkitys valoisaan aikaan ei ollut myös niin suuri kuin pimeään aikaan. Lisäksi ohjeistuksen pitää olla johdonmukaista ja sellaista, että siinä puhutaan yhteistä kieltä työnjohdon ja koneen kuljettajan välillä.

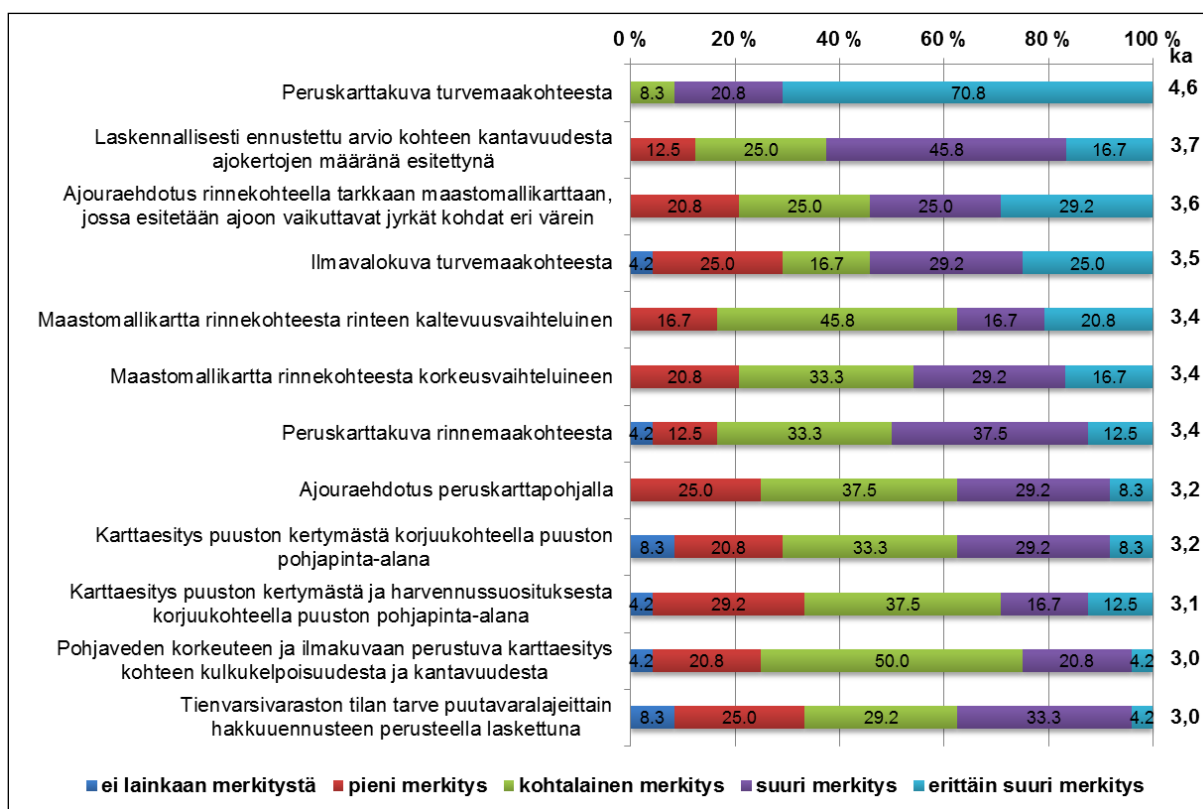
Vastaajat saivat monivalintakysymysten lisäksi esittää jonkun muun tärkeäksi koetun tiedon tarpeen, joka auttaisi hakkuun suunnittelua ja toteutusta. Vastauksista nousi esille seuraavia kohtia:

- Tiedonsiirron parantaminen ja järjestelmien yhteistoiminta
- GPS-järjestelmän toimivuus ja yhteysongelmat
- Hakkuukoneen ajopiirron siirtäminen kuormatraktoriin
- Ennakkoraivauksen lisääminen
- Keliennusteet paremmaksi
- Varoitukset ajokoneelle liikakuormista
- Enemmän tukkipituuksia
- Parempi palkka
- Varoitukset huomioitavista kohteista (sähkölinjat yms.)
- Leimikon ennakkosuunnittelua paremmaksi ja nauhoitusta lisää.
- Ajouravälin seuranta, peruutus- ja kourakamera

3.5. Kuljettajien vastaukset karttaopaste-esimerkeistä

Haastatelluille kuljettajille esitettiin 12 erilaista karttaopastetta, joihin kuljettajat tutustuivat yhdessä haastattelijan kanssa. Tutustumisen jälkeen kuljettajat antoivat näkemyksensä karttaopasteen tuoman tiedon merkityksestä hakkuun suunnitteluun ja toteutukseen. Kuljettajien mielipiteet kunkin opasteen hyvistä ja huonoista puolista kerättiin. Kuvan 4 mukaan peruskarttakuvan tarjoaman tiedon merkitys hakkuuseen koettiin hyvin suureksi. Peräti 70,8 % vastaajista koki peruskarttakuvan turvemaakohteesta erittäin merkittävaksi tietolähteeksi/opasteeksi, kun vastaavasti näkemys peruskarttakuvasta rinne- ja maasto-kohteella erittäin merkittävaksi opasteeksi kokivat vain 12,5 % vastanneista. Vastausasteikon vastauskeskiarvot olivat edellisellä 4,6 asteikolla 1-5 ja jälkimmäisellä 3,4.

Uusien karttaopaste-ehtotuksien välittämä tieto ei avautunut kaikille samalla tavoin karttaa ensikertaa tulkittaessa. Silti useimmat vastanneista kokivat uusien karttaopasteiden tarjoaman tiedon enimmäkseen kohtalaisesti tai suuresti merkitseväksi hakkuussa. Vastauksen ”ei lainkaan merkitystä” antoivat vain pieni osa vastanneista (0 - 8,3 %). Karttaopasteet, joissa tiedon merkitys suuren ja erittäin suuren merkityksen tasoilla sai yli 50 %:n osuuden, olivat maksimaalisen ajokertamäärän opastus, ajouraehtotus rinnekohteella sekä ilmavalokuva. Vastaavasti karttaopasteet, jotka saivat luokista ”ei lainkaan merkitystä” ja ”vähäinen merkitys” vastauksia muita eniten, olivat tienvarsivaraston tilan tarve hakuttavalle puutavaralle, puuston kertymä pohjapinta-alana kohteella sekä ilmavalokuva. Vastauksen hajonta oli suurimpia juuri ilmavalokuvasta koetun tiedon merkityksestä.



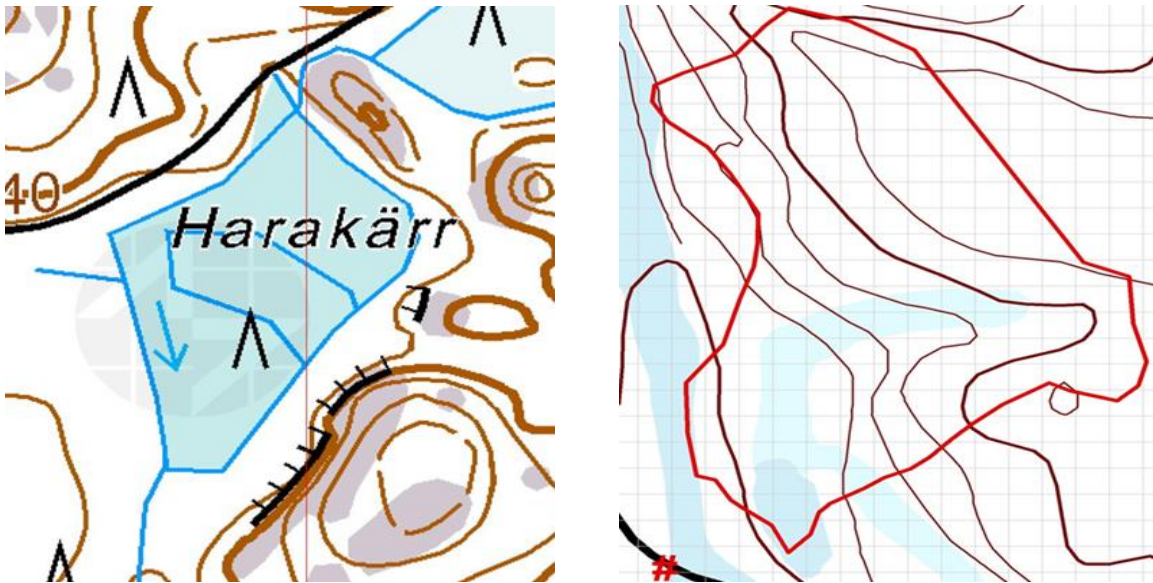
Kuva 4. Hakkuukoneen kuljettajien näkemys opastuksen sisällöstä ja esitystavan merkityksestä.

3.5.1. Peruskarttakuvat

Peruskarttakuvan tuomalla tiedolla oli pääosin suuri tai erittäin suuri merkitys hakkuun suunnitteluun ja toteutukseen (Kuva 5). Turvemaakohteen peruskarttakuvan tarjoaman tiedon merkityksen keskiarvo oli 4,6 asteikolla 1-5 kun vastaavasti rinnekohteella se oli 3,4 (Kuva 5). Vastanneiden mukaan peruskarttaa hyödynnettiin leimikon rajojen ja maaston muotojen määrittämiseen, hakkuun ja

ajourien suuntaamiseen, ojien sijainnin ja suunnan hahmottamiseen sekä varastopaikan ja ajouraverkoston suunnitteluun. Kommentti, *”Näkee maastosta pehmeikön ja jyrkänteen ja sen perusteella voi tehdä ajourasuunnittelua. Tämä kartta pitää olla ennen ja hakkuun aikaan. Selvä asia, jos tätä ei ole, niin hakkuusta ei tule mitään”*, kertoo peruskarttakuvan merkityksen puunkorjuussa.

Vastanneista kolmannes piti peruskartan tuomaa opastusta puutteellisena korjuulle. Peruskartalta toivottiin muun muassa parempaa kartan tarkkuutta (29,2 %), pehmeiden alueiden tarkempaa kuvausta (20,8 %), laajemman informaation tarjontaa (12,5 %) ja yhdysteiden merkitsemistä toiselle leimikolle (16,7 %). Parempaa karttatiedon tarkkuutta kuvasi kommentti: *”Tämä on hyvä apu, koska korkeuskäyrät näkyvät, mutta niistä ei saa irti, että millainen korkeus on käyrissä. Korkeudet eivät ole tarkkoja, jossain voi olla jyrkempi. Tällä on pakko mennä, kun muuta ei ole olemassa.”*



Kuva 5. Peruskarttakuvaesimerkit turvema- ja rinnekohteelta. Vasemmalla turvemaakohde ja oikealla rinnekohte.

3.5.2. Ilmavalokuva

Yli puolet vastanneista arvioi ilmavalokuvan esittämän tiedon merkityksen suureksi tai erittäin suureksi vastausasteikon keskiarvon ollessa 3,5 asteikolla 1-5 (Kuva 6). Ilmavalokuvaa hakkuussa käyttäneet arvioivat kuvan ja tiedon merkityksen systemaattisesti muita suuremmaksi. Vastanneista 20,8 %:lla ilmavalokuva tuli tarjolle karttajärjestelmän mukana ja 12,5 %:lla ilmavalokuva oli hankittu muuta kautta joko itsenäisesti tai vastuuhenkilön toimesta. *”Tällä kuvalla saa infoa metsien eroista. Hakkaaja voi tilata tämän järjestelmään lisäavuksi. Peruskartalla ei näy monesti kaikkia oja ja ilmavalokuvan avulla ne saadaan näkyviin. Parantaa ennakointia ja suunnittelua, leimikon rajat myös paremmin saa selville ja hakkuun aloituksessa tärkeää aina”* - kuljettajakommentti kuvastaa, miten tärkeä opaste ilmavalokuva oli niille, jotka sitä käyttivät.

Kuljettajat hyödynsivät ilmavalokuvaa lisäksi puulajien etsintään, metsän rakenteen selvittelyyn, urasuunnitteluun ja tiestön tarkasteluun. Haastatelluista kuljettajista 8,3 % hyödynsi ilmavalokuvaa lisänäytön avulla. Kuljettajat olivat yhtä mieltä, että ilmavalokuvan tulisi olla riittävän uusi. Kuljettajista 62,5 % oli sitä mieltä, että ilmavalokuvan pitäisi tulla korjuuohjeen mukana, jolloin sitä voitaisiin hyödyntää parhaalla mahdollisella tavalla. Myös 16,7 % kuljettajista koki, ettei talvella ilmavalokuvalla ole merkitystä ja 12,5 % kertoi sakeassa metsässä työskentelyn haittaavan ilmavalokuvan tuomaa informaatiota.



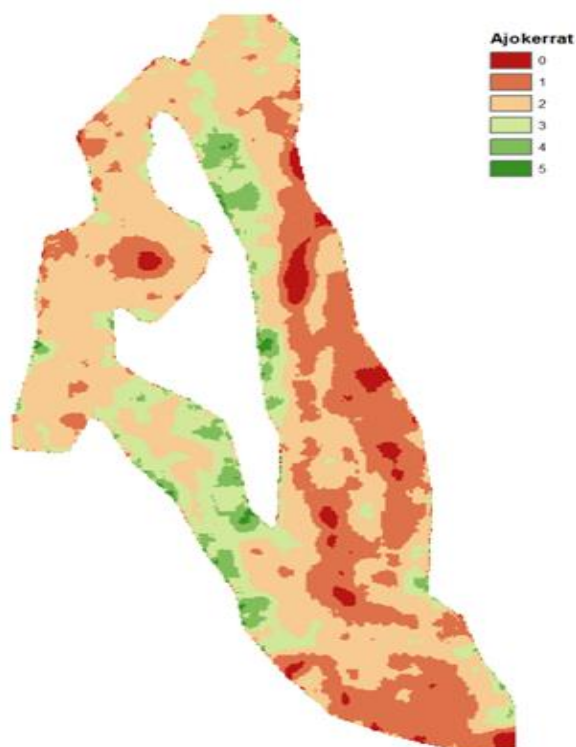
Kuva 6. Ilmavalokuva korjuukohteesta.

3.5.3. Kantavuusennustekartta

Laserkeilausaineistosta laadittu kantavuusennuste ja siitä muodostettu kartta maksimaalisista ajokerroista kohteella sai kuljettajilta ”suuri merkitys” tai ”erittäin suuri merkitys” -vastauksia 62,5 % (ka 3,7 asteikolla 1-5) (Kuva 7). Kuljettajien mukaan karttaopastuksen tuoma informaatio parantaisi leimikon ennakkosuunnittelua, kuten esimerkiksi ajourien suunnittelua, kovemman maan tarkastelua ja kohteen märkyden määrittämistä. Neljännes kuljettajista oli sitä mieltä, että karttaennuste kuuluisi olla myös työnjohdolla korjuukelpoisuutta määritettäessä. Osa kuljettajista (16,7 %) epäili ennusteen vaikuttavan liikaa ajourasuunnitteluun, mikä lisäisi ajourien pirstaleisuutta. Vastauksissa osa kuljettajista toi esille kartan soveltuvuuden kuormatraktorikuljettajille.

Kommentit täsmensivät kartan hyödyntämistä puunkorjuussa: *”Näitä tietoja ei saada nykyisin kuin kokeilemalla ja sen takia todella tärkeä tieto ennakkoon. Turvemaiden kesäkorjuuseen voisi olla hyvä tieto. Kun tietää, minne mennä. Tavallinen peruskartta kertoo, että on suota, mutta se ei kerro millaista suota se on. Tällä kartalla voitaisiin päästä siihen tietoon kiinni. Periaatteessa voisi olla hyvä tieto suunnitella kokoojauria ja ei tarvitsisi miettiä, mistä kohtaa alue kestää.”* Kuljettajista noin puolet oli joutunut keskeyttämään hakkuun kohteen liiallisen märkyden takia, mikä lisäsi kuljettajien mielenkiintoa karttaopastetta kohtaan.

Karttaopasteen kuvausta pidettiin yleisesti varsin selkeänä ja värit vastasivat hyvin tarkoitusta. Opasteen lisäystarpeena nähtiin muun muassa ajourasuositus kulkukelpoisuuden mukaan ja kivikkaisuuden merkitseminen.

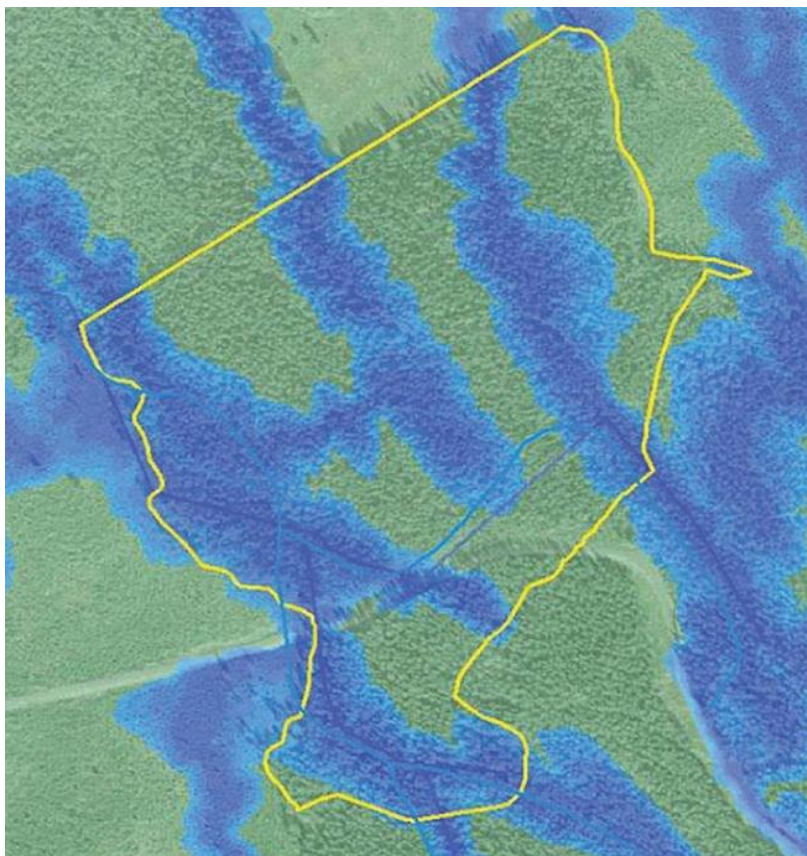


Kuva 7. Laserkeilausaineiston pohjalta tehty ennuste ajokertojen määrästä turvemaakohteella, kun sallittu raiteen syvyys on alle 10 cm. (Lindeman ym. 2013)

3.5.4. Ilmavalokuva- ja pohjavesikartta

Ilmavalokuva- ja pohjavesikartta -yhdistelmä (Kuva 8), jossa kosteat/pehmeät alueet ja kantavat alueet oli ennustettu kartalle sinisen ja vihreän värisävyillä, sai puolelta kuljettajista vastaukseksi ”keskimääräinen merkitys” keskiarvon ollessa 3,0 asteikolla 1-5. Kartan sinisen sävyt osoittavat pohjaveden korkeutta maanpinnasta (DTW = depth-to-water), joka on laskettu laserkeilausaineiston avulla. Yleisesti karttaesityksen arviointi oli hankalaa kuljettajien keskuudessa. Karttaesityksellä nähtiin olevan eniten merkitystä kulkukelpoisuuden määrittelyyn, ajourasuunnitteluun, talvella ja pimeään aikaan, harvennuksille sekä isoille hakkuille. Puutteina nähtiin korkeuskäyrien puuttumista ja sinisen alueen syvyyden pehmeiden määrittelyä.

Kuljettajista 20,8 % piti kantavuusennustekartan tuomaa opastusta (Kuva 7) parempana ja selkeämpänä kuin pohjavesi-ennustekarttaa, kun taas 16,7 % koki peruskartan riittävän ennustamaan tarpeeksi hyvin myös pohjaveden ja kantavuuden. Toisaalta 12,5 % kuljettajista koki pohjavesikarttaesityksen parempana kuin kantavuusennustekartan opastusta kulkukelpoisuudesta. Neljännes kuljettajista koki karttaesityksen hyödyt myös työjohdon puolelle ja heidän ennakkosuunnitteluun. Kuljettajista 12,5 % ei osannut arvioida karttaesitystä lainkaan. Lisäksi 8,3 % kuljettajista näki pohjavesitiedon näkemisen tärkeänä polttoaineen säilytyskieltojen takia.



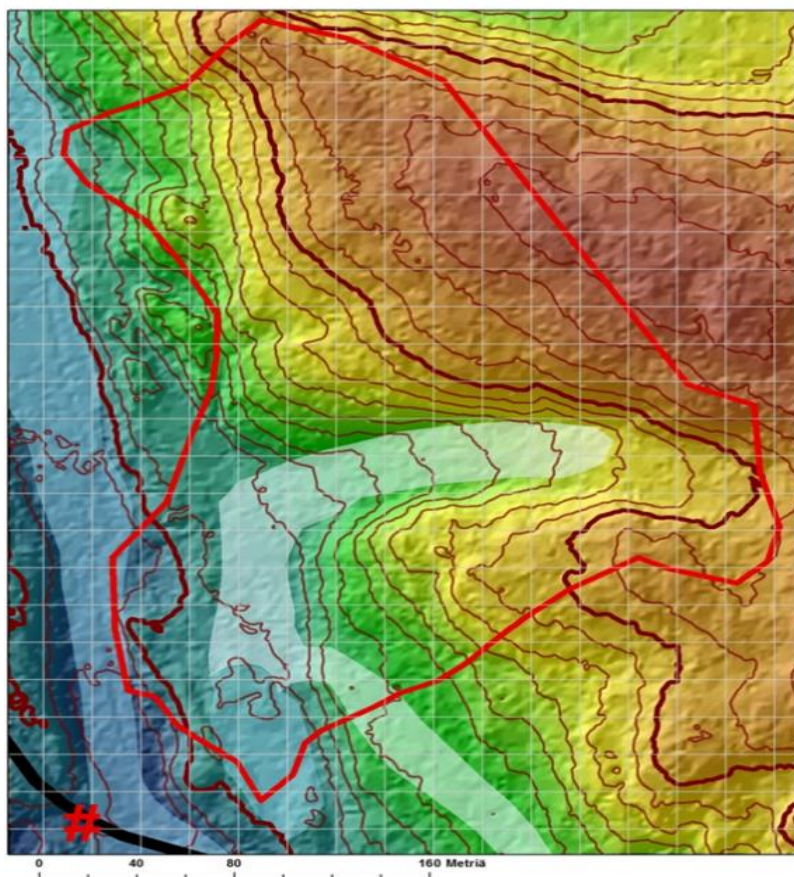
Kuva 8. Pohjaveden korkeuteen ja ilmapokuvaan perustuva karttaesitys kohteen kulkukelpoisuudesta ja kanta-
vuudesta. Mitä sinisempää, sitä kosteampaa ja pehmeämpää. Vihreät kohdat kantavia kivennäismaapohjia.
(Bergkvist ym. 2014)

3.5.5. Maastomallikartat - rinnekohte

Rinnekohteeseen laserkeilausaineistosta laaditusta maastomallikartasta (Kuva 9), jossa kohteen korkeudet esitettiin eri värisävyin ja korkeuskäyrin, kuljettajat antoivat useimmin ”kohtalainen” tai ”suuri merkitys” vastauksen (ka 3,4 asteikolla 1-5). Vastanneista yli puolet (54,2 %) koki kartalla olevan suuri merkitys tai erittäin suuri merkitys hakkuun suunnitteluun ja toteutukseen. Maastomallikarttaan oli tuotu esille myös kosteat alueet peruskartalta.

Verrattaessa maastomallikarttaa vastaavan kohteen peruskarttaan (Kuva 6) kuljettajat näkivät, että maastomallikartta oli parempi tarkkuudeltaan, värisävyiltään ja informaatioltaan. Karttaesityksen puutteina nähtiin kivikoiden, louhikoiden, ojien ja sähkölinjojen puuttumista. Lisäksi kuljettajien vastauksista (29,2 %) ilmeni, että karttaan tutustumalla paremmin, informaatiota voitaisiin hyödyntää paremmin käytännössä. Vastanneiden mukaan karttaesityksen tarjoaman tiedon hyödyt kohdistuvat suurimmaksi osaksi rinnemaiden korjuuseen ja korkeuskäyrien tarkasteluun (58,3 %).

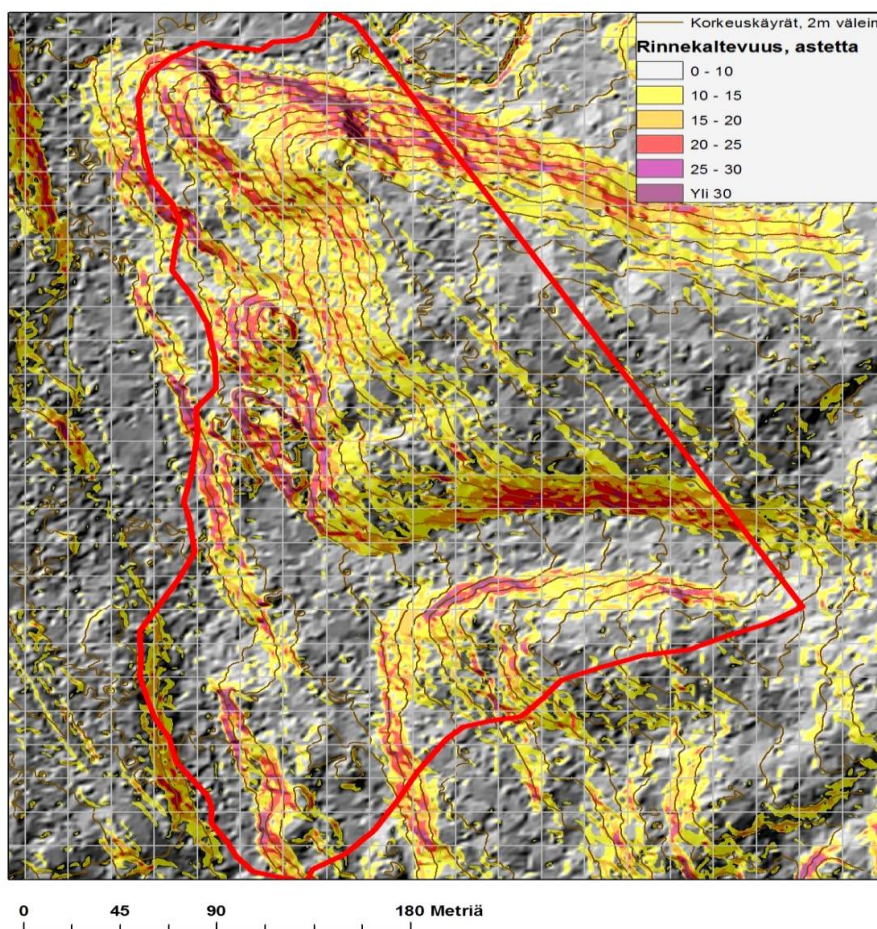
Kuljettaja, joka oli kokeillut aiemmin karttaesitystä hakkuussa, kommentoi karttaopasteesta; *”Tämä olisi hyvä ja tarpeellinen. Kuvan perusteella voisi selvittää pystyjyrkät rinteet, mitä peruskartalta ei oikein voi nähdä. Värit tukevat karttaa hyvin. Näkisi, missä on ne pahat rinnepaikat!”* Vastavasti eräs kartan ensikertaa nähneistä kuljettajista esitti näkemyksen siitä, että karttaa olisi hyvä testata käytännössä; *”Kartan perusteella voisi sanoa, että onpas vaikea kohde ja korkeuskäyrää on. Miksi tämmöistä ei ole jo nyt käytössä, se voisi helpottaa tekemistä. Kokeiluun vaan.”*



Kuva 9. Maastomallikartta rinnekohteesta korkeusvaihteluineen, jossa kohteen korkeudet ja korkeuskäyrät on esitetty eri värisävyin. Pehmeikköalueet on poimittu peruskarttatiedosta. Kuva-analyysi: Sami Lamminen.

Toinen rinnekohteesta laadittu maastomallikartta toi esille rinteen jyrkkyydet pinnan kaltevuuden asteluokissa eri värisävyin (Kuva 10). Vastauksissa yleisimmät luokat olivat ”kohtalainen” ja ”suuri merkitys” (ka 3,4 asteikolla 1-5). Kuljettajien ensikokemukset karttaesityksestä olivat varovaisia, mutta mielipiteet muuttuivat, kun karttaan tutustuttiin paremmin. Kuljettajista 41,7 % piti karttaesitystä suurena tai erittäin suurena merkityksenä rinnemaiden korjuulle. Karttaesityksen tuoman tiedon hyödyntämisen toimivuutta käytännössä epäili 37,5 % kuljettajista.

Karttaesityksen värein määriteltyä rinnekaltevuutta pidettiin hyvänä asiana. Kuljettajien mukaan värien avulla voitaisiin nähdä, miten väri ja käytäntö vastaavat toisiaan (33,3 % vastaajista). Kuljettajista 70,8 % koki, että karttaesityksen perusteella voitaisiin nähdä asioita ennalta ja siten parantaa ennakkosuunnittelua ja hakkuun aikaista työskentelyä. Kuitenkin kuljettajien mukaan karttamallin hyödyntäminen vaatii myös hyvää GPS-paikannusta ja tarkkuutta, joten sen takia opastukseen suhtauduttiin varauksin. *”Tämä on joskus varmaan tulevaisuutta karttaesityksenä. Ei voi olla montaa karttapohjaa, muutama hyvä riittää. Alkuun näyttää sekavalta karttapohjalta, mutta silmän totuessa voisi oppia jo lukemaan. Värien mukaan voisi kuitenkin kokeilla tekemistä käytännössä.”*



Kuva 10. Laserkeilausaineistosta laadittu maastomallikartta, jossa esitetään kohteen rinnekaltevuudet eri värisävyin ja korkeuskäyrin. Mitä tummempaa on värisävy, sitä jyrkempää. Kuva-analyysi: Sami Lamminen.

Karttaesityksen informaation mahdollisuudet nähtiin hyvänä varsinkin pimeään aikaan. Karttaopastetta jo aiemmin kokeillut kuljettaja kommentoi: *”Tästä näkyy urat ja miten ne voitaisiin tehdä. Kartan avulla voisi ennakoida urien suunnittelussa ja pimeällä erittäin hyvä. Tämä antaa tarkemman tiedon, mistä mennä, esimerkiksi jyrkänteessä voi näkyä loivempi kohta tällä kartalla, josta voi mennä, mutta peruskartalla sitä ei näy. Kartta antaa mahdollisuuden tehdä työtä ja tehdä sellaisia uria, joita ei aina peruskarttopohjan avulla voisi ajatella.”* Kuljettaja kuitenkin korosti, että karttaan ja asteisiin täytyy aina suhtautua varauksin käytännössä ja maastossa työskenneltäessä.

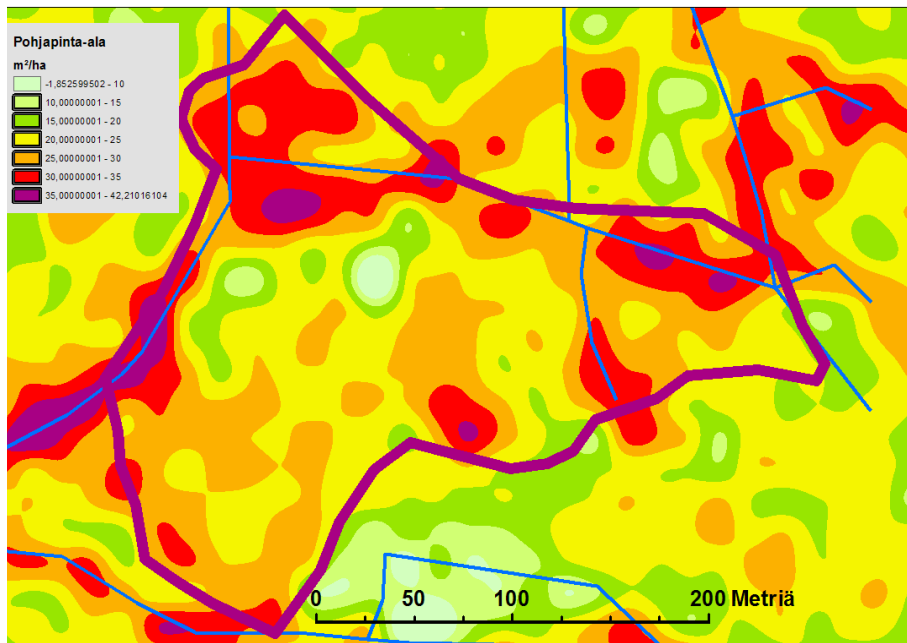
Kuljettajista 16,7 % piti karttaesityksen tuomaa hyötyä korjuuseen minimaalisena, koska kartta oli sekava ja vaikea lukuinen. He eivät nähneet myös karttaesityksellä olevan merkitystä hakkuun aikana, vaan ainoastaan ennen hakkuuta. Lisäksi heidän mukaan kokeneille kuljettajille merkitys oli pieni, mutta nuoremmille ja vasta-alkajille kartalla nähtiin olevan merkitystä.

3.5.6. Karttaopasteet puuston kertymästä ja harvennusvoimakkuudesta

Karttaopasteelle, jossa oli laserkeilausaineistosta laskettu arvio puuston pohjapinta-alasta (Kuva 11), oli useimmin vastattu ”kohtalainen” tai ”suuri merkitys” (ka 3,1 asteikolla 1-5). Kuljettajista hieman yli puolet (54,2 %) näki karttaesityksen soveltuvan parhaiten puulajin etsintään ja ajourasuunnitteluun sekä kokoojauran tekoon. Heidän mukaan kartan informaatiolla olisi merkitystä uraverkoston luomisessa silloin, kun hakkuujaksoilla halutaan saada tiettyä puutavaralajia nopeasti. Tämän lisäksi 45,8 % kuljettajista koki karttaesityksen hyödyt enemmän isoille hakkuualueille kuin pienille hakkuille, kuljettajista 25 % mielsi karttaesityksen hyödyt enemmän työnjohdon puolelle leimikoiden suun-

nitteluun ja kuljettajista 20,8 % näki karttaesityksen soveltuvan paremmin metsäkuljetuksen suorittajalle. Myös 20,8 % kuljettajista koki karttaesityksen informaation helpottavan varastopaikan sijoittamista, jolloin se voitaisiin sijoittaa sinne, mistä puuta lähtee eniten.

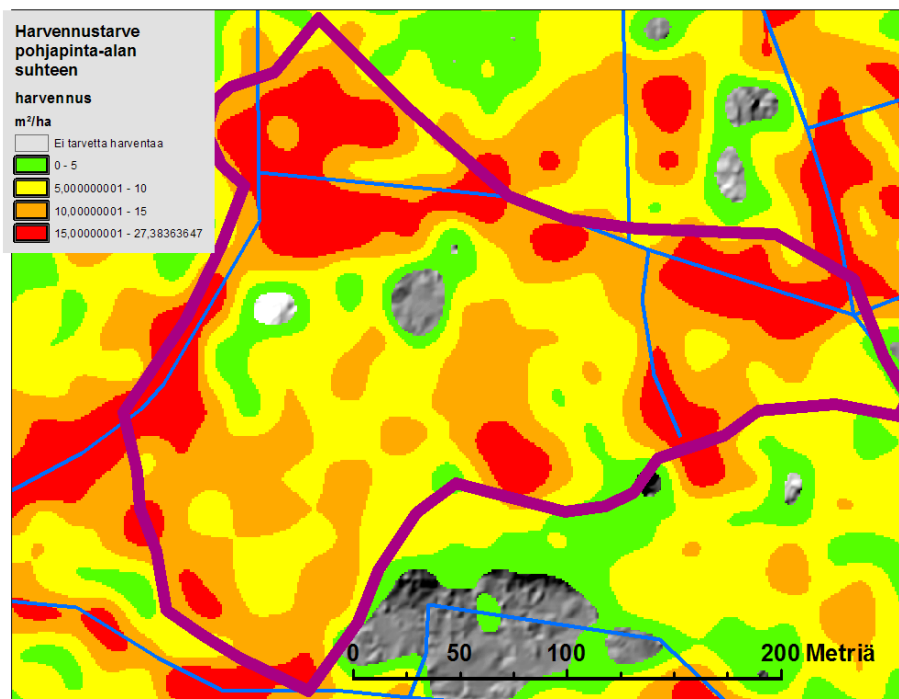
Puuston pohjapinta-alan kuvaustapaa ja puiden paksuuden informaation tarkkuutta epäili 8,3 % kuljettajista. Lisäksi 25 % kuljettajista sanoi karttaesityksellä olevan vähän arvoa, koska hakkuualue käydään kuitenkin läpi kokonaan. Vastaavasti kuin puustokertymän karttaopasteessa, myös tässäkin kuljettajien kommentit olivat samankaltaisia: *”Firman metsiin ja isoilla leimikoilla. Kun koko alue käsitellään, niin ei merkitystä. Ainoastaan vain sellainen tilanne, jos jotain puuta pitäisi hakata ja saada. Yksityisten mailla ja pienillä alueilla ei ole merkitystä.”*



Kuva 11. Laserkeilausaineistosta laskettu arvio puuston pohjapinta-alasta eri kohdissa leimikkoa. Mitä tummempi väritys, sitä runsaammin puustoa. Kuva-analyysi: Sami Lamminen.

Kuljettajien näkemyksen mukaan harvennustarpeen esittävällä karttaopasteella (Kuva 12), oli hakkuun suunnittelulle ja toteutukselle useimmin kohtalainen merkitys (ka 3,0 asteikolla 1-5). Kuljettajista neljännes piti karttaesitystä parempana kuin (Kuvan 12) esitystä. Kolmannes kuljettajista (33,3 %) koki karttaesityksen hyödyllisemmäksi isoille hakkuille kuin pienille hakkuille ja 45,8 % kuljettajista sanoi karttaesityksen hyötyjen kohdistuvan ajouraverkoston ennakkosuunnitteluun.

Kuljettajista 29,2 % mielsi karttaesityksen informaation ja sen hyödyt enemmän työnjohdon puolelle ja heidän leimikoiden suunnitteluihin. Lisäksi kuljettajista 20,8 % vastasi, ettei karttaesityksellä ole merkitystä, koska hakkuualue kuitenkin käydään kokonaan läpi. Yhdeltä vastaajalta poimittu kommentti; *”Jos uria suunnitellaan, mistä voi ajaa ja tiedetään mistä tulee paljon puuta. Etukäteen hyvä tieto, mutta pienillä kohteilla ei ole merkitystä. Tieto pitäisi pystyä yhdistämään kulkukelpoisuuteen ja miten voidaan hakata.”* kuvaa hyvin karttaesityksen yleisen näkemyksen.



Kuva 12. Laserkeilausaineistosta ja harvennussuosituksesta laskettu harvennustarve leimikolla. Mitä tummempi väri, sitä suurempi harvennustarve. Kuva-analyysi: Sami Lamminen.

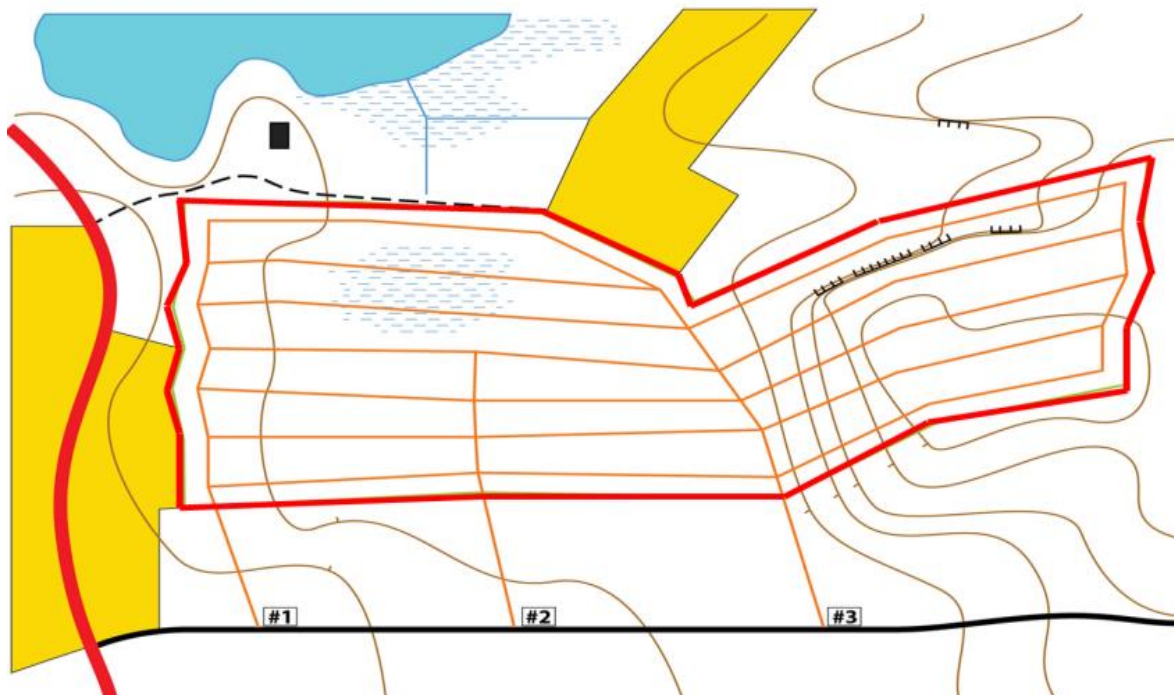
3.5.7. Ajouraehdotus peruskarttapohjalla

Peruskarttapohjalla esitetyllä ajouraehdotuksella (Kuva 13) ja sen tuomalla opastuksella hakkuun suunnittelulle ja toteutukselle oli enimmäkseen kohtalainen tai suuri merkitys (ka 3,2 asteikolla 1-5). Kuljettajista 58,3 % mielsi karttaesityksen ajouraehdotuksen suunta-antavaksi samalla epäillen ehdotuksen toimivuutta käytännössä. Kuljettajien mukaan ajouraehdotuksen perusteella nähtäisiin kulku leimikolle ja leimikon hakkuun aloitus (29,2 % kuljettajista). Hyvänä asiana pidettiin varastopaikkojen määrittelyä karttaan (33,3 % kuljettajista). Kuljettajista 20,8 % epäili karttaesityksen ajouraehdotusta, koska se oli heidän mukaan määritetty väärin. Lisäksi kokeneiden kuljettajien (kokemusta yli 20 vuotta) mielestä ajouraehdotus sopisi paremmin kokemattomille kuljettajille. Osa kuljettajista (12,5 %) toivoi säätilojen huomioon ottamista ajouraennusteeseen. Neljännes kuljettajista suhtautui tietokoneen tekemään ehdotukseen varovaisesti, koska heidän mielestään ennusteen on vaikea ymmärtää käytäntöä sekä koneen ja maaston yhteisvaikutusta kulkukelpoisuuteen.

Avoimissa vastauksissa tuli kannatusta siitä, että ennuste voisi olla tukena ajouraverkon suunnittelussa, vaikka karttaesimerkin ajouraverkoston muotoa kritisoitiin: *”Hyvä pohja lähteä tekemään, mutta pitääkö paikkansa. Tämä malli voisi helpottaa ajon suunnittelua, varsinkin aloitteleville kuskeille. Tämän mukaan voisi aloittaa ja sitten katsoa voiko tehdä tuon mukaan. Monesti ongelmana on leimikon aloitus ja maan peittävyys. Sen takia ennuste on hyvä apuväline. Kaikki kun saisi yhteen pohjaan samalle karttapohjalle.”* *”Antaisi, mutta tämä kuva on huono, ajourien perusteella. Ohjeistuksen tulisi minimoida ajomatkaa varastopaikalle!! Olisi hyvä juttu sen takia, että on karkea arvio kohteesta. Osaako huomioida kuormauksen merkityksen ja mikä on ajouran peruste?”* Enemmistö kuljettajista (54,2 %) oli valmis kokeilemaan ehdotusta käytännössä. Karttaesityksen kehitysehdotuksina pidettiin kaltevuuden esittämistä, pehmeiköiden parempaa merkintää ja lakikohteiden sijaintia kohteella.

Maastokarttaan lisätty:

- Kuviorajat —
- Ajourat —
- Varastoalueet #1, #2, #3

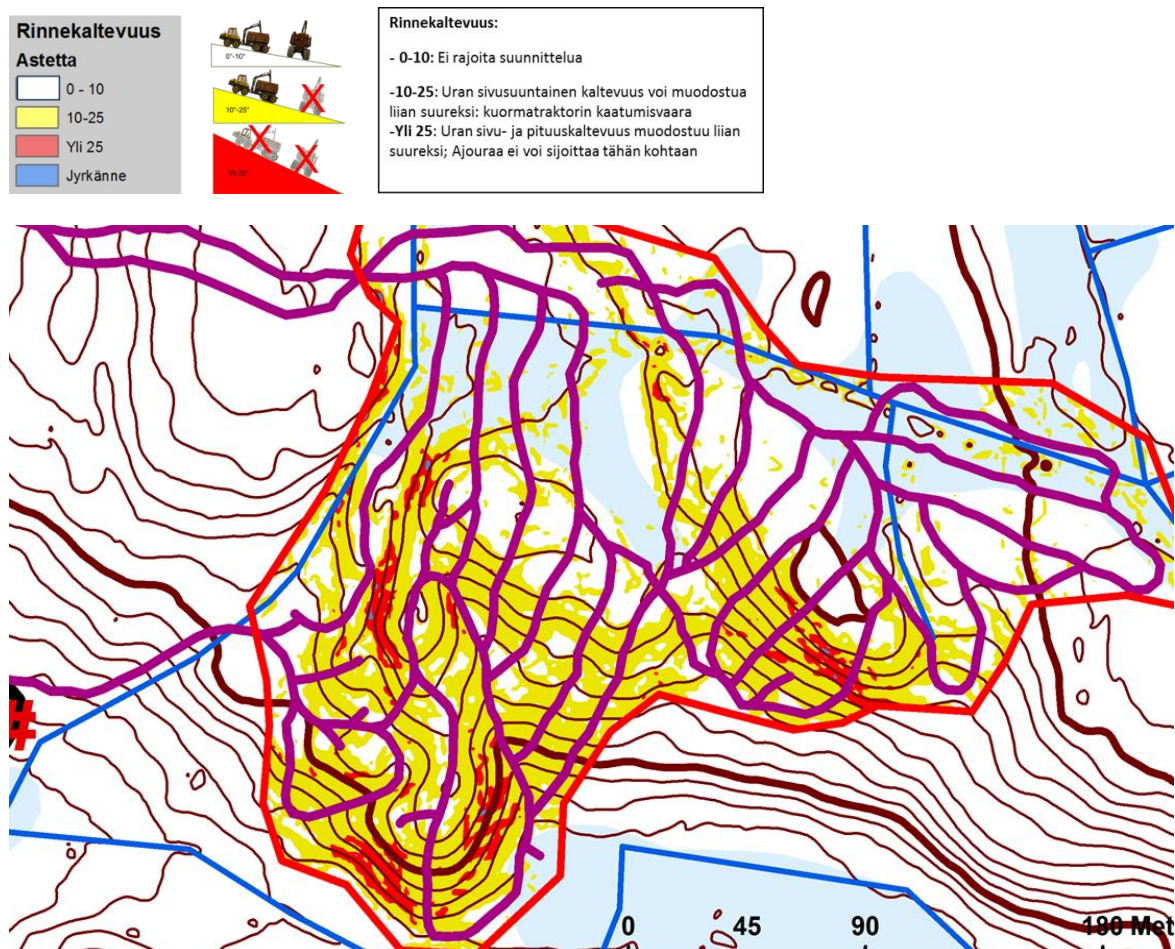


Kuva 13. Kohteen kulkukelpoisuustiedoista laskettu ehdotus ajouraverkosta kohteelle, joka tukee kuljettajaa lopullisen ajouraverkon suunnittelussa.

3.5.8. Ajouraehdotus tarkassa maastomallikartassa

Vastanneista 54,2 % piti karttaopasteen (Kuva 14), jossa oli ajouraehdotus tarkassa maastomallikartassa, merkityksen suurena tai erittäin suurena hakkuun suunnittelussa ja toteutuksessa (ka 3,6 asteikolla 1-5). Yleisesti karttaesitykseen suhtauduttiin positiivisesti, mutta pienin varauksin. Kuljettajista 62,5 % koki ajouraehdotuksen käyttöönotettavaksi, jos siihen pystyisi luottamaan. Heidän mielestä ehdotusta pitäisi testata käytännössä, ennen kuin siitä voisi antaa paremman käsityksen. Kuljettajista yli kolmannes (37,5 %) koki karttaopasteen hyväksi ennakkotiedoksi rinnemaakohteille. Vastanneista 29,2 % piti hyvänä tietona kartalle piirrettyä leimikolle menon ohjeistusta, koska sen suunnitteluun kuluu usein paljon aikaa.

Karttaopaste herätti osalla kuljettajista syvempää pohdiskelua: *”Mielenkiintoinen karttaehdotus ja käyttökelpoinen. Laskelmien perusteella lasketut rinteille menot voisivat vahvistaa omia kokemuksia. Tämä toisi esille hakkuun vaativuuden kunnolla esille pimeänä aikana, mutta voiko tämän perusteella jättää jotakin alueita suoraan pois. Etukäteistieto tulevasta on aina hyväksi, silloin siihen voi ruveta ennakoimaan paremmin.”* *”Kuva antaisi hyvää tietoa. Monesti alueet kuusikkovaltaisista ja puustoltaan kattavista ja monesti joutuu pohtimaan, voiko mennä rinteitä alas, tämä voisi poistaa epäilyksiä. Saataisiinko tällä mallilla ja ennusteella kuusivaltaisista harvennuksista kesäkelpoisiksi, koska nyt niitä tehdään talvella? Ottaako tämä ehdotus talven ja kesän vaihtelun huomioon?”*



Kuva 14. Ajouraehdotus rinnekohteella tarkkaan maastomallikarttaan, jossa esitetään ajoon vaikuttavat jyrkät kohdat eri värein. Kuva-analyysi: Sami Lamminen.

Osa kuljettajista toi esille sen (16,7 %), että karttaehdotuksen pitäisi tulla korjuuohjeen mukana, jolloin tieto olisi heti käytössä ennakkosuunnittelun pohjaksi. 20,8 % kuljettajista mielsi ajouraehtotuksen sopivan paremmin kokemattomille kuljettajille. Karttaopasteesta osalla (8,3 %) heräsi epäily siitä, ottiko ennuste huomioon maaperän ominaisuuksia tarpeeksi hyvin. Epäilystä karttaesityksessä herätti myös, miten puulajit ja puutavaralajit ohjaavat hakkuita ja ajourien suunnittelua, jolloin ehdotusta ei voisi noudattaa. Karttaesityksen kehityskohteina nähtiin kivikoiden ja pehmeiköiden parempaa esille tuontia.

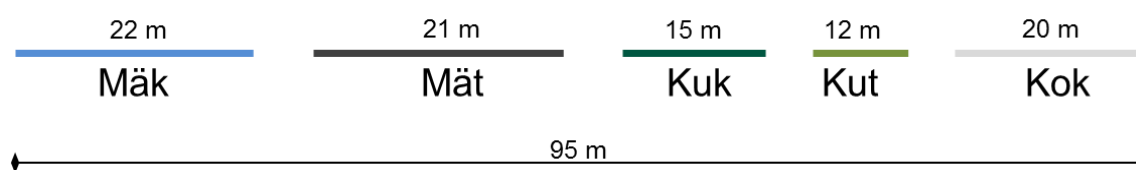
3.5.9. Opaste tienvarsivaraston tilan tarpeesta

Kuljettajien näkemys tarkan hakkuennusteen perusteella laaditusta tienvarsivaraston tilatarpeesta (Kuva 15) hakkuun suunnittelun ja toteutuksen tueksi oli enimmäkseen kohtalainen tai suuri merkitys (ka 3,0 asteikolla 1-5). Kuljettajien vastuksissa oli vaihtelua, johtuen osin käytössä olevista toimintamalleista. Kuljettajien mukaan ei aina tiedetty puuautojen liikkumista, jolloin ennakoarvion perusteella tehty varastotilantarve on epävarma ja sitä voidaan avata turhaan liikaa. Sahat ohjaavat myös varastopaikan tilannetta ja puun tarvetta aina tapauskohtaisesti. Useasti puuta ryhdytään ajamaan tienvarresta pois pian hakkuun aloituksen jälkeen, jolloin selvittää pienelläkin varastopaikan avaamisella. Etenkään isoilla hakkuilla karttaesityksen ennuste ei kuljettajien mukaan toteudu.

Kuljettajista 54,2 % oli sitä mieltä, että ennuste olisi hyvä, jos hakkuennakoarvio olisi riittävän tarkka, mutta usein leimikolla toteutunut puumäärä ei vastaa ennakoarviota. Tarkka hakkuennuste arvio helpottaisi kuljettajien mukaan varastopaikan aukaisua ja sijoittelua. Varastopaikoilla ongel-

mina ovat yleensä tilanrajat, jotka tulevat usein vastaan. Sen vuoksi kolmannes kuljettajista (33,3 %) koki ennakoarvion tilan koosta tarpeelliseksi. Lisätiedoksi ennusteeseen kaivattaisiin vastausten perusteella purkupuolen määräitys (37,5 % kuljettajista), jotta säästyttäisiin turhilta tien rikkomisilta.

Kuljettajakommentti tuo esille opasteen merkitystä: *”Näyttäisi varmasti sen, miten paljon aluetta aukaistaan, ettei turhaan aukaise. Kun pikkusavotta kyseessä, silloin asiat ovat vaikeampia ja varastojen kanssa on ongelmia, jos naapurin puolella tulee rajat vastaan. Jos autoilla ei ole kuljetusta, niin ei voi hakatakaan. Harvennuksilla arvio heittää aina yleensä ylöspäin. Hyvä arvio ja ajomiehelle tosi tärkeä informaatio.”* Kuljettajista 25 % koki ennusteen paremmaksi metsäkuljetuksen suorittajalle ja kuljettajista 20,8 % sanoi ennusteen soveltuvan paremmin kokemattomille kuljettajille. Lisäksi 45,8 % kuljettajista oli sitä mieltä, että ennusteen ja varastopaikan vastuu on työnjohdolla.



Kuva 15. Tienvarsivaraston tilan tarve puutavaralajeittain hakkuuennusteen perusteella laskettuna.

4. Yhteenveto ja päätelmät

DIGILE OY:n tutkimusohjelman ”Data to Intelligence (D2I)” Forest Big Data -hankkeessa tutkittiin puusto- ja olosuhdetiedon hankinnan ja käsittelyn uusia menetelmiä ja niiden antamia mahdollisuuksia metsäsektorin eri toimijoille (Hämäläinen ym. 2014). Tässä tutkimuksessa selvitettiin edellisissä hankkeissa ja tutkimuksissa (Lindeman ym. 2013, Räsänen ym. 2013, Väätäinen ym. 2013, Bergkvist ym. 2014) esiin tuotuja vaihtoehtoja monilähdetiedon esittämisessä metsäkoneenkuljettajille korjuutyön tueksi.

Tutkimus kohdistettiin hakkuukonetyötä jo pidempään tehneisiin kuljettajiin, joilla oli hakkuukonetyöstä kokemusta vähintään viisi vuotta. Valintakriteerin perusteella haastatteluihin poimittiin kuljettajia, joilla oli pitkäaikaisen kokemuksen kautta tullutta laaja-alaista tietoa hakkuukonetyöstä sekä kattavaa näkemystä lisätiedon ja opastuksen tarpeesta hakkuun suunnittelussa ja toteutuksessa. Kun vastauksia tarkasteltiin kuljettajien kokemusluokittain, 32 monivalintakysymyksestä vain kahdessa ilmeni tilastollisesti merkittävä ero (Taulukot 2 ja 4, Liite 2). Ennakkokäsityksestä poiketen myös kokeneimmat kuljettajat kokivat lisätiedon ja opastuksen tarpeen sekä karttaopasteiden merkityksen samankaltaisesti kuin työkokemukseltaan nuoremmat.

Hakkuukoneenkuljettajat antoivat monivalintakysymyksiin pääsääntöisesti suurempia merkitys/tarpeellisuustasoja tässä tutkimuksessa kuin Ylimäen ym. (2012) tutkimuksessa, jossa selvitettiin opastavien järjestelmien tarvetta koneellisen puunkorjuussa. Tosin samaan aiheeseen kohdistuneita kysymyksiä oli vain muutamia, joten tulosten tarkempaa vertailua ei voinut tehdä. Ylimäen ym. (2012) tutkimukseen verrattuna tässä tutkimuksessa monivalintakysymykset kohdistuivat useimmin koko hakkuukohdetta käsittäviin ja enemmän työn leimikkotason suunnitteluun kohdistuneisiin asioihin. Tutkimusmuodolla ja tutkimusten toteutuksen aikaerolla voi myös olla vaikutuksensa merkitystasoihin, sillä Ylimäen ym. (2012) tutkimus tehtiin kyselytutkimuksena vuonna 2012.

Hakkuukoneen tietojärjestelmät, kartta- ja metsätietojärjestelmät sekä koneen oma tietojärjestelmä, koettiin olennaiseksi ja välttämättömäksi osaksi tuottavaa hakkuukonetyötä. Vaikka peruskartassa esitetyn tiedon mitta- ja sijaintitarkkuutta pidettiin suhteellisen heikkona, peruskarttanäytön tarve korjuussa oli ehdoton. Peruskarttanäytössä tärkeinä tietoina koettiin merkinnät varastopaikoista, leimikon rajoista, erityiskohteista ja ojalinjoista maaperätiedon ja korkeustiedon lisäksi. Esimerkiksi karttanäyttöön tallentuvaa ajopiirtoa käyttäneet kokivat sen erittäin hyödylliseksi työn suunnittelussa. Kuljettajien aikaisempi kokemus karttaopasteesta kuten ilmakeuopasteesta lisäsi opasteen merkitystä ja sen tuomaa tiedon tarvetta verrattaessa vastanneisiin, joilla sitä ei ollut käytössä. Ilmakeu autoi muun muassa leimikon rajan tulkinnan ongelmatilanteissa.

Tutkimuksen kuljettajat kokivat työmaan ennakkosuunnittelun vastuuta siirtyneen enemmän kuljettajille ja korjuuyrittäjille. Työnjohdon toteuttamassa ennakkosuunnittelussa koettiin olevan puutteita ja erityisesti leimikon maastomerkinnoissa koettiin olevan parannettavaa. Kuljettajat kaipaivat täsmällisempää ja kattavampaa tietoa leimikon rajoista, jotta työskentely olisi katkotonta ja tehokasta. Jos maastomerkinnot sekä kartta- ja koneen paikannustuki eivät olleet riittäviä, jouduttiin usein ottamaan yhteyttä työnjohtoon ja maanomistajaan. Kuljettajat tiedostivat paikannusjärjestelmän tarkkuuden vaihtelut ja sen, missä tilanteissa ja mihin paikannustietoa voitiin käyttää.

Hakkuun suunnittelun suurimpina tiedontarpeina oli kohteen kulkukelpoisuustiedon ja leimikon erityiskohteiden esittäminen. Tiedon tarpeen merkitys kasvoi maastoltaan vaikeilla kohteilla sekä pimeän ja lumipeitteisen talviaikaan hakattaessa. Myös tiedontarve koneen komponenttien kunnosta koettiin suureksi. Vaikka puuston kertymällä ja sijainnilla on merkitystä korjuun suunnitteluun ja toteutukseen, jäivät merkitystasot edellisiä tekijöitä pienemmiksi. Kuljettajat perustelivat pienempää merkitystä sillä, että merkitty leimikko käydään läpi joka tapauksessa. Toisaalta ajouraverkon suunnitteluun puustokertymällä koettiin olevan vaikutusta.

Kuljettajien ensikokemuksen perusteella annettu näkemys esitetyistä karttaopasteista oli varsin positiivinen. Merkitykseltään suuremmiksi koettiin jo käytössä olevat karttapohjat, kuten peruskartta ja ilmavalokuva. Kuljettajien näkemys näistä karttaesityksistä on tullut kentältä kokemuksen myötä,

joten suoraa vertailua näiden ja ensikertaa nähtyjen opasteiden välillä ei ole syytä tehdä. Kulkukelpoisuutta, sekä kantavuutta että rinnejyrkkyksiä, esittäneet karttaopasteet koettiin hyvin tarpeelliseksi jo esitetyssä muodossaan. Kuvien yksinkertaistaminen ja värimaailman säätäminen tuli esille parannusehdotuksina. Erot opasteiden välisissä merkityksissä olivat kuitenkin suhteellisen pienet ja kaikki esitetyt opasteet koettiin merkitykseltään vähintään kohtalaiselle tasolle. Useista karttaopasteista todettiin myös se, että opasteen tuoma tieto olisi hyödyllinen jo kohteen valinnassa ja ennakkosuunnittelussa työn johdolle.

Maaston kulkukelpoisuutta kuvaavalle karttapohjalle esitetty ajouraopaste sai kuljettajilta tukea ja sen merkitys koettiin suureksi tai erittäin suureksi yli puolella kuljettajista vaikkakin useat epäilivät ennusteen tarkkuutta ja luotettavuutta. Tästä huolimatta menetelmää oltaisiin halukkaita kokeilemaan. Kuljettajien vastauksissa tuli esille ajouraverkon suunnittelun ja toteutuksen suuri vaikutus koko korjuun, myös metsäkuljetuksen ja jäljelle jäävän puuston, lopputulokseen.

Yleiskuvaksi voidaan muodostaa se, että muutama hyvä karttaopaste on riittävä ja kartalle esitettävä tieto tulisi olla visuaalisesti selkeä ja määrällisesti rajallinen. Toisaalta vastausvaihtelusta muodostettuna päätelmänä voisi adaptiivinen ja tilannekohtainen karttaopasteen muodostaminen tai kuljettajakohtainen näytön personointi olla perusteltua. Monen karttaopasteen kohdalla, erityisesti maaperän kulkukelpoisuutta ennustavissa opasteissa, kuljettajat epäilivät ennusteen soveltuvuutta ja paikkansapitävyyttä säätilan muuttuessa eli ennustetun tiedon tulisi olla säätilan mukaan adaptoituva.

Tutkimuksessa esitetyissä karttaopasteissa käytettyä tietoa, joka pääosin perustui laserkeilausaineistoon, olisi saatavilla jo suurelle osalle Suomen talousmetsiä ja korjuukohteita. Osa opaste-esimerkeistä sisälsi useamman aineiston tulkintaa ja analyysiä. Esitetyistä karttaopaste-esimerkeistä koko leimikon kattavaa ajouraennustetta ei ole saatu vielä menetelmätasolla toimivaksi. Ajourien suunnittelun tukisovelluksista lähimpänä käytännön sovellusta on ruotsalaisten kehittämä kokooja- ja yhdysuria ennustava BesWay -sovellus (Johansson 2015.) Tutkimus loi pohjaa karttaopasteiden edelleen kehittämiseksi sekä korjuun ennakkosuunnitteluun että korjuunaikaiseen suunnitteluun.

Työn ennakkosuunnittelun sekä työnaikaisen suunnittelun suuri merkitys korjuun kokonaistulokseen sekä suunnittelun tueksi kaivattavan tiedon tarve huomioiden, työn suunnittelua tukevien järjestelmien potentiaali on merkittävä suomalaisessa puunkorjuussa, sillä työn ennakkosuunnittelun sekä työnaikaisen suunnittelun merkitys korjuun kokonaistulokseen on hyvin suuri, ja suunnittelun tueksi esitetty tieto on osoittautunut puutteelliseksi. Tiedon tarve on kokemustasosta riippumaton ja järjestelmistä on apua kaikille. Kun tarpeeseen sopivaa tarkkaa ja oikein esitettyä karttaopastetta saadaan käyttöön, karttaperustainen kuljettajatuki parantaa paitsi työn tuottavuutta, parantaa se myös työn jäljen laatua, harvennusten kasvukykyä, työturvallisuutta, koneiden käyttökuntoa sekä operaatioiden keston ennustettavuutta. Opastuksen potentiaali voidaan arvioida olevan 5-15 % nykytilan kustannustehokkuudesta koneellisessa puunkorjuussa.

Viitteet

- Bergkvist, I., Friberg, G., Mohtashami, S. & Sonesson, J. 2014. STIG-projectet 2010-2014. Arbetsrapport Från Skogforsk nr. 818-2014. 18 s.
- 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. Tieteen tori. Metsätieteen aikakauskirja 4/2014. 235-241.
- Johansson, S. 2015. Nästa generations drivnings planering. Vision Nr 1, 2015. Forskning for framtidens skogbruk. Skogforsk. 8-11.
- Kauppinen, J. 2016. Uuden karttapohjaisen opastuksen tarve koneellisessa hakkuussa. Itä-Suomen Yliopiston Metsätieteiden osaston pro-gradu. Käsikirjoitus.
- Lindeman, H., Ala-Illomäki, J., Sirén, M., Vastaranta, M., Holopainen, M. & Uusitalo, J. 2013. Turve-
maan kantavuuden ennustaminen laserkeilausaineistoilla. Metlan työraportteja 263. 31 s.
- Räsänen, T., Hämäläinen, J., Lamminen, S., Lindeman, H., Salmi, M. & Väätäinen, K. 2013. Uudet informaatiolähteet puunhankinnan tukena. EffFibre-loppuraportti. Metsätehon raportti 226. 28 s.
- Väätäinen, K., Lamminen, S., Ala-Illomäki, J., Sirén, M. & Asikainen, A. 2013. Kuljettajaa opastavat järjestelmät koneellisessa puunkorjuussa – kooste hankkeen avaintuloksista. Metlan työraportteja 279. 24 s. Saatavissa: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2013/mwp279.htm>.
- Ylimäki, R., Väätäinen, K., Lamminen, S., Sirén, M., Ala-Illomäki, J., Ovaskainen, H. & Asikainen, A. 2012. Kuljettajaa opastavien järjestelmien tarve ja hyötypotentiaali koneellisessa puunkorjuussa. Metlan työraportteja 224. 70 s.

Liite 1

Haastattelupatteristo hakkuukoneenkuljettajille

Kysely kohdistuu työn suunnitteluun ja siihen, millä tiedolla sekä miten esitettynä voitaisiin auttaa/helpottaa kuljettajan työn suunnittelua ja työn toteutusta siten, **että hakkuu on tehokkaampaa, taloudellisempaa ja turvallisempaa huomioiden samanaikaisesti metsäkuljetuksen sujuvuutta, tehokkuutta ja korjuujälkeä**

A. Taustakysymyksiä

Kysymyksillä kerätään vastaajalta olennaisia taustatekijöitä, joilla voidaan olettaa olevan vaikutusta vastausten muodostumiseen ja sisältöön. Tuloksia voidaan myöhemmin esittää taustatekijöistä laadittujen ryhmien mukaisesti.

A1. Kuljettajan ikä

A2. Kuljettajan kokemus ainespuun hakkuusta vuosina

A21. Kuinka hakkuut jakautuvat hakkuutavoille (ensiharvennus, toinen harvennus, päätehakkuu, onko ollut poimintahakkuita)?

A22. Kuinka paljon kyseisillä harvennuskohteilla on ollut puutavaralajeja keskimäärin ja miten puutavaralajimäärä on vaihdellut?

A23. Maaston jakautuminen hakkuilla eri maapohjille (turvemaat, kivennäismaat, rinne- ja metsämaat). Osuudet %-arvioina.

A24. Työmaan keskikoko ja vaihteluväli; kertymät, pinta-alat

A3. Kuljettajan kokemus puutavaran metsäkuljetuksesta vuosina

A4. Käytetty/käytetyt konemalli/-t ja vuosimalli/-t viimeisen kahden vuoden aikana?

A5. Kuljettajan kokemus hakkuukoneen tietojärjestelmistä vuosina

*Tässä yhteydessä tietojärjestelmät käsittävät **metsäyhtiön omat kartta- ja tietojärjestelmät** sekä **Opti 4G Harvester**, joka tukee hakkuun ja katkonnin suunnittelua sekä raportoi työsuoritetta ja koneen käyttöä*

A51. Käytetty karttajärjestelmä nykyisessä koneessa?

A52. Seuraatko koneen suoritearvoja järjestelmistä?

1. päivittäin, 2. kuukausittain, 3. ei lainkaan

A53. Tukeudutko koneen tietojärjestelmän tarjoamaan tietoon hakkuun aikana ja mitä tietoa järjestelmästä käytät korjuun apuna?

Opti 4G Harvester

Metsäyhtiön kartta- ja tietojärjestelmä (hakkuukoneesta saatavat kartat, muodostuva ajouraverkko)

A54. Kuinka tärkeäksi koet käyttämäsi tietojärjestelmän tuoman avun (*yleisarvio ensin*)? *Koettu hyöty työn suunnittelussa ja toteutuksessa*

1. ei hyötyä, 2. vähäinen hyöty, 3. kohtalainen, 4. selvä, 5. erittäin suuri hyöty

Eriteltyinä:

Opti 4G Harvester

1. ei hyötyä, 2. vähäinen hyöty, 3. kohtalainen, 4. selvä, 5. erittäin suuri hyöty

Käytätkö järjestelmää? 1 kyllä 2 ei 3 ei ole asennettu

Metsäyhtiön kartta- ja tietojärjestelmä

1. ei hyötyä, 2. vähäinen hyöty, 3. kohtalainen, 4. selvä, 5. erittäin suuri hyöty

Käytätkö järjestelmää? 1 kyllä 2 ei 3 ei ole asennettu

A6. **Mitä työmalleja käytät harvennushakkuilla:** Sektorityömalli, sivullepäin kaato -työmalli, jossa yhdelle puolelle kasaus vai sivullepäin kaato -työmalli, jossa kasaus molemmille puolille. (ks. liite1)

A7. **Mitä työmalleja käytät päätehakkuilla:** Sektorityömalli (ts. viuhkahakkuu), sivullepäin kaato -työmalli vai eteenpäin kaato -työmalli. (ks. liite 2)

A8. **Valitsetko ja käytätkö** eri työmalleja eri tilanteissa?

A9. **Mistä kohtaa leimikkoa aloitat yleensä hakkuun?**

A9.1 Kuinka hakkuu etenee; Esim. leimikon rajat kiertäen, järjestelmällisesti laanilta perälle tai toisin päin

A9.2. Vaikuttavatko jotkin tekijät leimikon aloituskohtaan?

A10. Kuinka merkittäväksi koet **huolellisen leimikon hakkuun ennakkosuunnittelun** korjuun kokonaistuottavuudessa, työn laadussa, korjuuvaurioissa ja turvallisessa korjuussa?

A11. Mitä kuuluu kohdallasi ennakkosuunnitteluun. Millaista suunnittelua teet, ennen kuin aloitat hakkuun?

A12. Miten seuraat ensiharvennuksella ajouraväliä?

B. Työn suunnittelu ja tiedon tarve

Tässä voisi ehkä ensin kysyä, mitä tietoa on käytettävissä. Ja sen jälkeen erilaisten vaihtoehtojen tarvetta ja esittämistapoja

Mitä tietoa ja missä muodossa sinulla on nykytilanteessa käytettävissäsi hakkuun suunnitteluun hakkuun eri vaiheissa:

- **Mitä tietoa tarvitset ja käytät** kun hakkaat tilan tienvarsivarastolle (voitko vaikuttaa varaston sijaintiin, vai onko se ennalta annettuna)? **Mitä tietoa tarvitsisit lisänä?**
- **Mitä tietoa tarvitset ja käytät** kun suunnittelet ajouraverkostoa (suuntaus, pääurat yms.) leimikolle? **Mitä tietoa tarvitsisit lisänä?**
- **Mitä tietoa tarvitset ja käytät** kun suuntaat ajouraa hakkuun aikana? **Mitä tietoa tarvitsisit lisänä?**
- **Mitä tietoa tarvitset ja käytät** kun valitset työpisteen (johon siirret koneen) harvennuksella? **Mitä tietoa tarvitsisit lisänä?**
- **Mitä tietoa tarvitset ja käytät** kun varmistat leimikon rajat? **Mitä tietoa tarvitsisit lisänä?**
- **Mitä tietoa tarvitset ja käytät** kohteen kulkukelpoisuuden määrittämisessä? **Mitä tietoa tarvitsisit lisänä?**
- **Kuinka otat huomioon metsäkuljetuksen hakkuussa?**
 - esim. kasojen koko ja sijainti, pehmeiköt (miten käsittelet), ajourien suuntaus, rinteet, kaltevuudet
- Mikä on mielestäsi **hakkuun opastuksen tarve päätehakkuulla** (onko vähäisempi kuin harvennuksella), mihin se erityisesti voisi kohdistua?
- **Kuinka suurella osalla kohteista koet opastuksella** olevan tarvetta (arvio prosentteina)?
- Kuinka **tarkaksi koet koneen GPS-paikannuksen?** Tulisiko olla vielä tarkempi paikannus?
- Olisiko mielestäsi tarvetta saada **paikannus hakkuulaitteen sijainnista** (GPS-paikannus)?

Tiedon tarve

B29. Puuttuuko mielestäsi jotain olennaista taustatietoa nykyisestä hakkuukoneen tietojärjestelmästä, mikä olisi tarpeellista? *Informaatio, joka auttaisi työn suunnittelussa tehokkaampaan, turvallisempaan, ympäristöystävällisempään, pienempään konekuormittumiseen ja käyttöasteen kasvuun korjuussa.*

291. Riittävän tarkka ennuste hakkuukertymästä ja puutavaralajimääristä **kuutiometreinä leimikolla laanin tekoa varten**

1 ei lainkaan tarvetta, 2 vähäinen tarve, 3 kohtalainen tarve, 4 suuri tarve, 5 erittäin suuri tarve

292. Riittävän tarkka ennuste hakkuukertymästä **kuutiometreinä leimikolla hakkuun ajoitusta ja koneen siirtoja varten**

1 ei lainkaan tarvetta, 2 vähäinen tarve, 3 kohtalainen tarve, 4 suuri tarve, 5 erittäin suuri tarve

293. Ennuste puutavaralajien määristä **eri osissa leimikkoo**

1 ei lainkaan tarvetta, 2 vähäinen tarve, 3 kohtalainen tarve, 4 suuri tarve, 5 erittäin suuri tarve

294. Ennuste kohteen **kantavuudesta eri osissa leimikkoo** karttaesityksenä (

1 ei lainkaan tarvetta, 2 vähäinen tarve, 3 kohtalainen tarve, 4 suuri tarve, 5 erittäin suuri tarve

295. Tarkka kuvaus karttatasolla **leimikon maaston muodoista, korkeuden vaihteluista ja kaltevuuksista**

1 ei lainkaan tarvetta, 2 vähäinen tarve, 3 kohtalainen tarve, 4 suuri tarve, 5 erittäin suuri tarve

296. Tieto metsäkuljetukseen vaikuttavista ajouraverkon **kaltevuuksista** karttapohjalla esitettynä

1 ei lainkaan tarvetta, 2 vähäinen tarve, 3 kohtalainen tarve, 4 suuri tarve, 5 erittäin suuri tarve

297. Tieto ajouraverkolla olevista **heikosti kantavista kohdista**

1 ei lainkaan tarvetta, 2 vähäinen tarve, 3 kohtalainen tarve, 4 suuri tarve, 5 erittäin suuri tarve

398. Tieto ajouraverkon **ajokertarojotteista** karttapohjalla esitettynä

1 ei lainkaan tarvetta, 2 vähäinen tarve, 3 kohtalainen tarve, 4 suuri tarve, 5 erittäin suuri tarve

299. Tieto **erityiskohteiden sijainnista** karttaesityksenä
1 ei lainkaan tarvetta, 2 vähäinen tarve, 3 kohtalainen tarve, 4 suuri tarve, 5 erittäin suuri tarve
300. **Ajouravälin opastus**
1 ei lainkaan tarvetta, 2 vähäinen tarve, 3 kohtalainen tarve, 4 suuri tarve, 5 erittäin suuri tarve
301. Työmaan **käsittelykohteelle tehokkaimpien työmallien** ehdotus
1 ei lainkaan tarvetta, 2 vähäinen tarve, 3 kohtalainen tarve, 4 suuri tarve, 5 erittäin suuri tarve
302. Harvennuksella **ehdotus poistettavaksi tulevasta puusta**
1 ei lainkaan tarvetta, 2 vähäinen tarve, 3 kohtalainen tarve, 4 suuri tarve, 5 erittäin suuri tarve
303. Esitys **harvennustarpeesta/-voimakkuudesta** kartalle esitettyinä eri osissa leimikkoa
1 ei lainkaan tarvetta, 2 vähäinen tarve, 3 kohtalainen tarve, 4 suuri tarve, 5 erittäin suuri tarve
304. Harvennuksella **toteutuneen harvennuspoistuman esitys työpisteellä**
1 ei lainkaan tarvetta, 2 vähäinen tarve, 3 kohtalainen tarve, 4 suuri tarve, 5 erittäin suuri tarve
305. Opastus/-ilmoitus koneen kovakouraisesta ts. **liiallisen kuormittavasta käytöstä** (esim. voimakkaat kiihtyvyydet, ääriasennot, suuret momentit...)
1 ei lainkaan tarvetta, 2 vähäinen tarve, 3 kohtalainen tarve, 4 suuri tarve, 5 erittäin suuri tarve
306. Kuljettajan **vireystilan tunnistus ja siitä ilmoittaminen sen vaikuttaessa korjuuseen**
1 ei lainkaan tarvetta, 2 vähäinen tarve, 3 kohtalainen tarve, 4 suuri tarve, 5 erittäin suuri tarve
307. **Ehdotus ajouraverkostosta** leimikolle
1 ei lainkaan tarvetta, 2 vähäinen tarve, 3 kohtalainen tarve, 4 suuri tarve, 5 erittäin suuri tarve
308. Tieto **koneen komponenttien kunnosta ja hälytys komponentin rikkoutuessa**
1 ei lainkaan tarvetta, 2 vähäinen tarve, 3 kohtalainen tarve, 4 suuri tarve, 5 erittäin suuri tarve
309. Opasteiden/tiedon sijoittelu **kuljettajan työnäkemälälle tuulilasinäytön avulla**
1 ei lainkaan tarvetta, 2 vähäinen tarve, 3 kohtalainen tarve, 4 suuri tarve, 5 erittäin suuri tarve
310. Hyvien työmallien ehdotus eri konetyypeille ja eri korjuukohteisiin
1 ei lainkaan tarvetta, 2 vähäinen tarve, 3 kohtalainen tarve, 4 suuri tarve, 5 erittäin suuri tarve
311. **Onko Eco-drive käytössä, jos käytössä, niin onko siitä hyötyä:**
1 ei hyötyä, 2 vähäinen hyöty, 3 kohtalainen hyöty, 4 suuri hyöty, 5 erittäin suuri hyöty

Ehdota tarvittavat kehityskohteet:

312. Tuleeko jotakin muuta mieleen; tietoa, josta olisi hyötyä hakkuun suunnittelussa ja toteutuksessa?
 Muu, mikä?
1 ei lainkaan tarvetta, 2 vähäinen tarve, 3 kohtalainen tarve, 4 suuri tarve, 5 erittäin suuri tarve

C. Opastuksen sisältö ja esitystapa

Tässä haastateltava kommentoi näkemäänsä ja miettii sitä, miten karttanäkymä erilaisin informaatiotasoin ja -opastein tukee kuljettajaa hakkuun suunnittelussa ja toteutuksessa. Jokaiselle kuvalle esitetään samat kysymykset. Kuvaesimerkeissä näytetään myös kuvaopasteita, joissa tietoa on prosessoitu siten, että kuljettajalle tarjotaan tehokkaita työmalleja käyttöön otettavaksi.

C1. Antaako esitetty kuva hakkuulle tarpeellista tietoa

- mihin tieto on käytettävissä, perustelee?
- missä vaiheessa hakkuuta tämä tieto olisi tarpeellinen, perustelee?
- kuinka merkittävä/tarpeellinen tieto on?
1. ei lainkaan merkitystä, 2. pieni merkitys, 3. kohtalainen merkitys, 4. suuri, 5. erittäin suuri merkitys
- onko ehdotuksia, ajatuksia tiedon esittämistapoihin?

Kuva1. Peruskarttakuva turvemaakohteesta

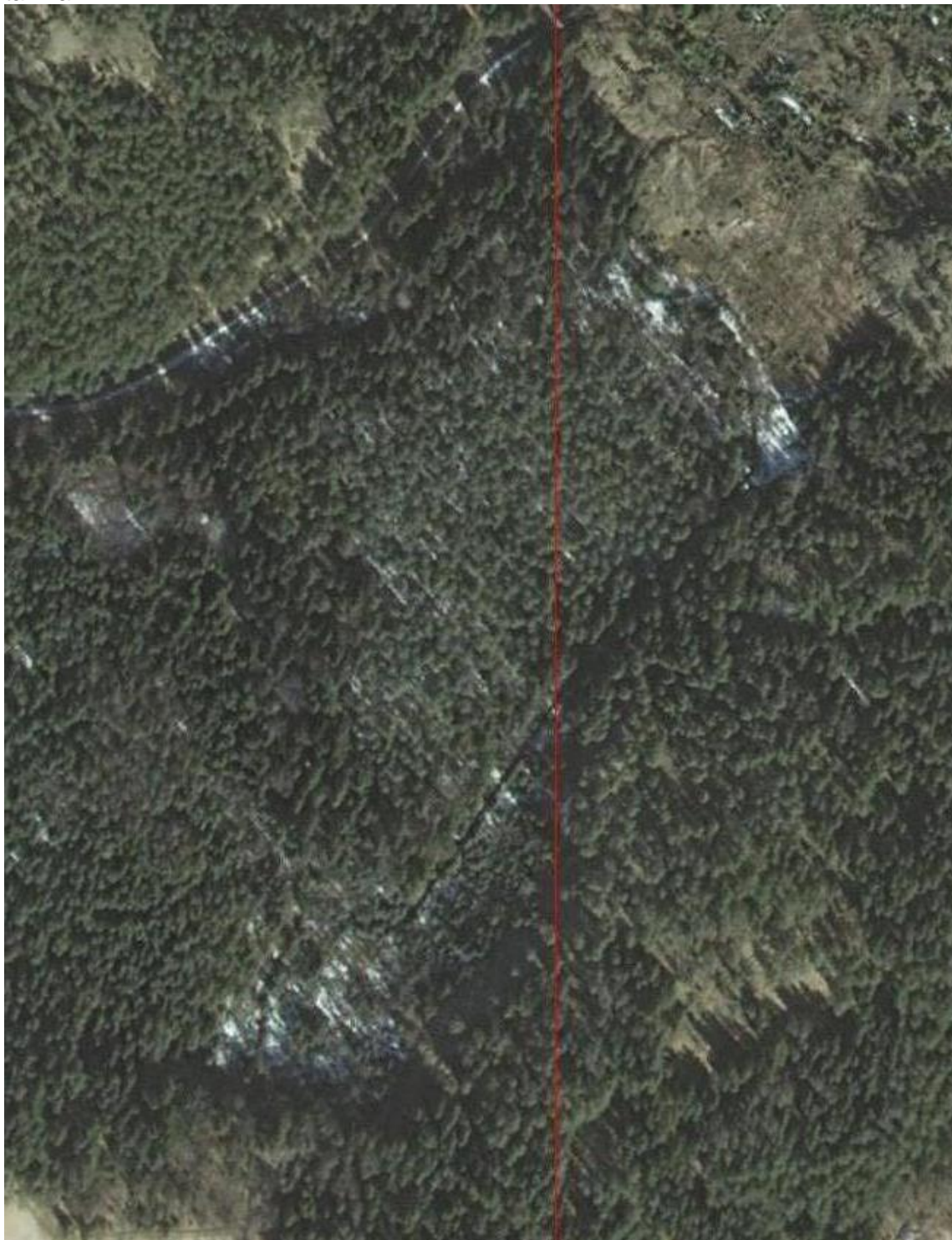
Kuva kertoo ojien suunnat ja sijainnit. Soistunut alue esitetään vaalean sinisellä värillä. Tieto suhteellisen epätarkkaa.



- C1. Antaako esitetty kuva hakkuulle ja hakkuun suunnittelulle tarpeellista tietoa
- mihin tieto on käytettävissä, perustelee?
 - missä vaiheessa hakkuuta tämä tieto olisi tarpeellinen, perustelee?
 - kuinka merkittävä/tarpeellinen tieto on?
1. ei lainkaan merkitystä, 2. pieni merkitys, 3. kohtalainen merkitys, 4. suuri, 5. erittäin suuri merkitys
- onko ehdotuksia, ajatuksia tiedon esittämistapoihin?

Kuva2. Ilmavalokuvakuva turvemaakohteesta

Kuva näyttää puuston jakautumisen sekä koon ja tiheyden vaihtelut alueella. Tieto paikantarkka.



C1. Antaako esitetty kuva hakkuulle ja hakkuun suunnittelulle tarpeellista tietoa

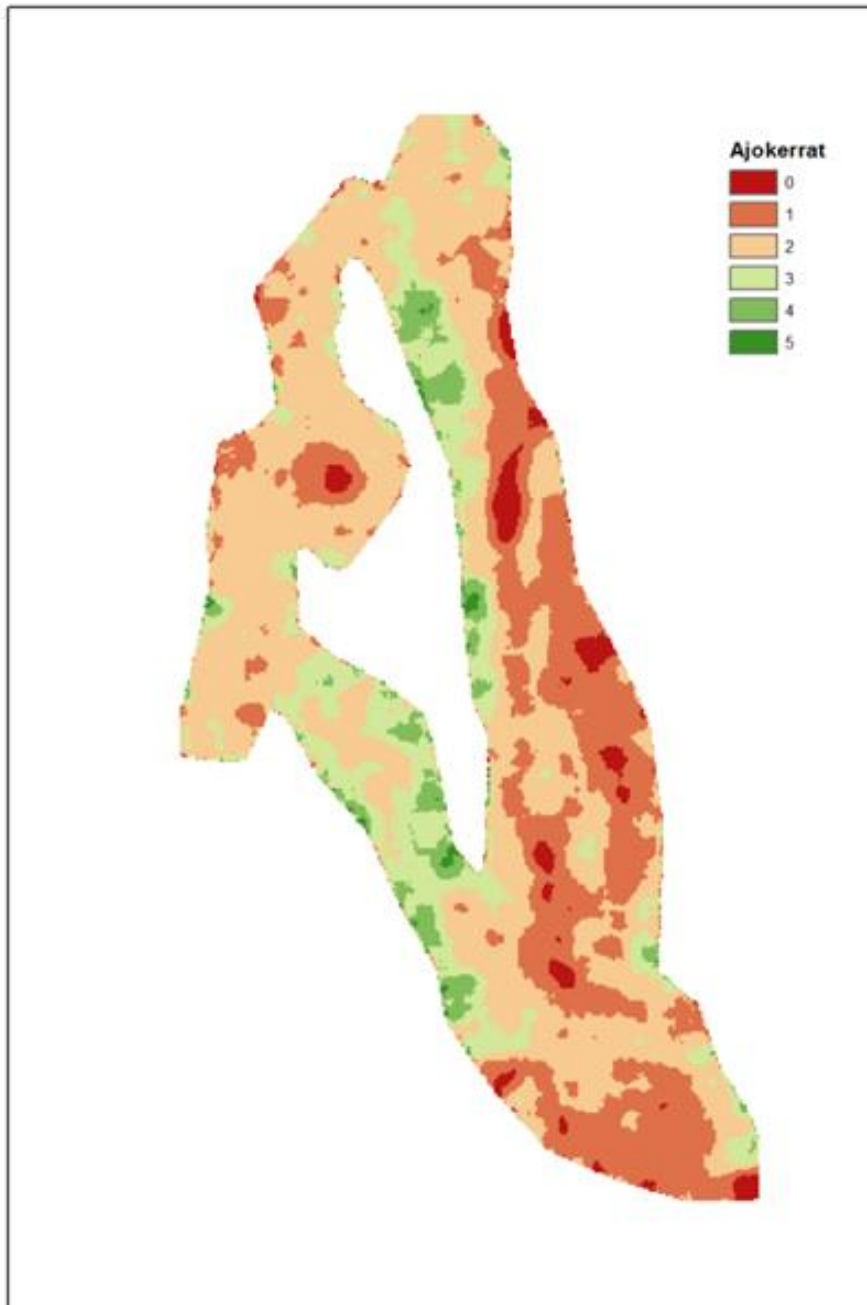
- mihin tieto on käytettävissä, perustele?
- missä vaiheessa hakkuuta tämä tieto olisi tarpeellinen, perustele?
- kuinka merkittävä/tarpeellinen tieto on?

1. ei lainkaan merkitystä, 2. pieni merkitys, 3. kohtalainen merkitys, 4. suuri, 5. erittäin suuri merkitys

- onko ehdotuksia, ajatuksia tiedon esittämistapoihin?

Kuva3. Laskennallisesti ennustettu arvio kohteen kantavuudesta ajokertojen määränä esitettyinä.

Laserkeilausaineiston pohjalta tehty ennuste ajokertojen määrästä turvemaakohteella, kun sallittu raiteen syvyys on alle 10 cm.



C1. Antaako esitetty kuva hakkuulle ja hakkuun suunnittelulle tarpeellista tietoa

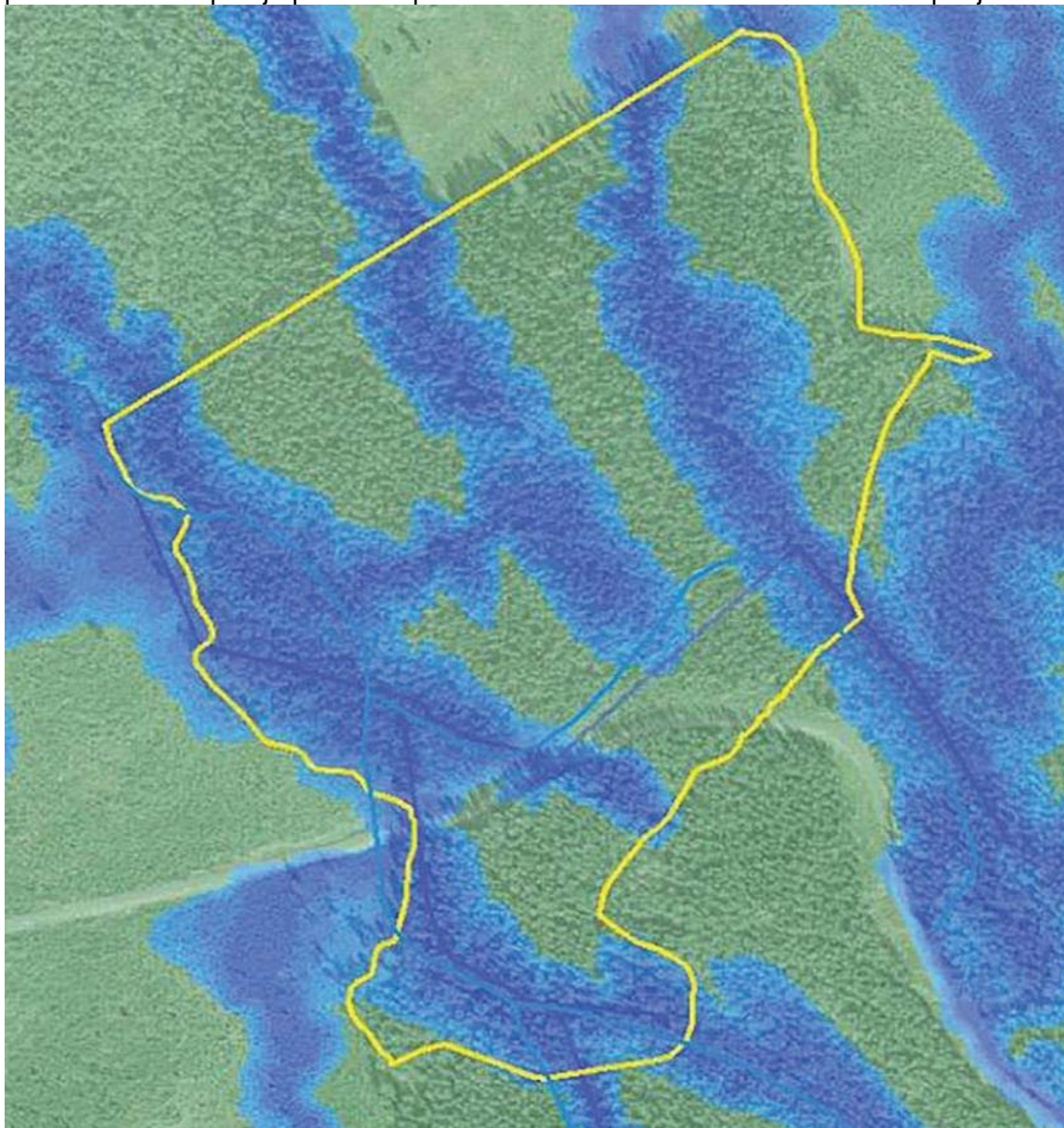
- mihin tieto on käytettävissä, perustele?
- missä vaiheessa hakkuuta tämä tieto olisi tarpeellinen, perustele?
- kuinka merkittävä/tarpeellinen tieto on?

1. ei lainkaan merkitystä, 2. pieni merkitys, 3. kohtalainen merkitys, 4. suuri, 5. erittäin suuri merkitys

- onko ehdotuksia, ajatuksia tiedon esittämistapoihin?

Kuva4. Pohjaveden korkeuteen ja ilmakuvaan perustuva karttaesitys kohteen kulkukelpoisuudesta ja kantavuudesta.

Laserkeilausaineiston pohjalta on ennustettu kohteelle pohjaveden korkeus, jonka perusteella on muodostettu kosteutta ja maaperän kantavuutta kuvaava värytys kartalle: Mitä sinisempää sitä kosteampaa ja pehmeämpää. Vihreät kohdat kantavia kivennäismaapohjia.

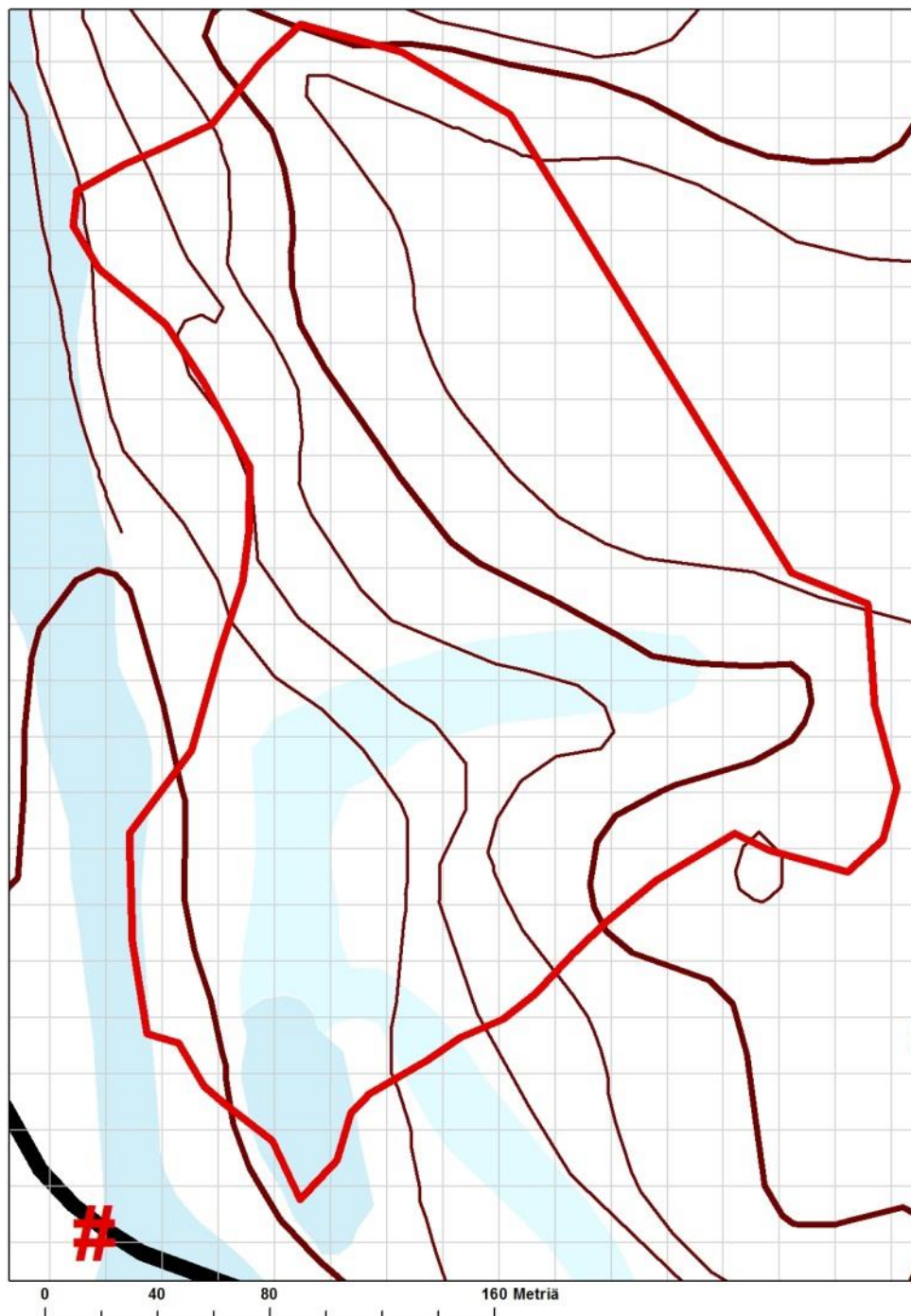


C1. Antaako esitetty kuva hakkuulle ja hakkuun suunnittelulle tarpeellista tietoa

- mihin tieto on käytettävissä, perustelee?
 - missä vaiheessa hakkuuta tämä tieto olisi tarpeellinen, perustelee?
 - kuinka merkittävä/tarpeellinen tieto on?
1. ei lainkaan merkitystä, 2. pieni merkitys, 3. kohtalainen merkitys, 4. suuri, 5. erittäin suuri merkitys
- onko ehdotuksia, ajatuksia tiedon esittämistapoihin?

Kuva5. Peruskarttakuva rinnekohteesta

Korkeuskäyrien avulla osoitetaan kohteella rinteiden jyrkkyys ja kohteen korkeusvaihtelut. Kosteammat ja pehmeämmät kohdat esitetään sinisellä värillä. Paikkatarkkuus vaihtelee kohteittain.



C1. Antaako esitetty kuva hakkuulle ja hakkuun suunnittelulle tarpeellista tietoa

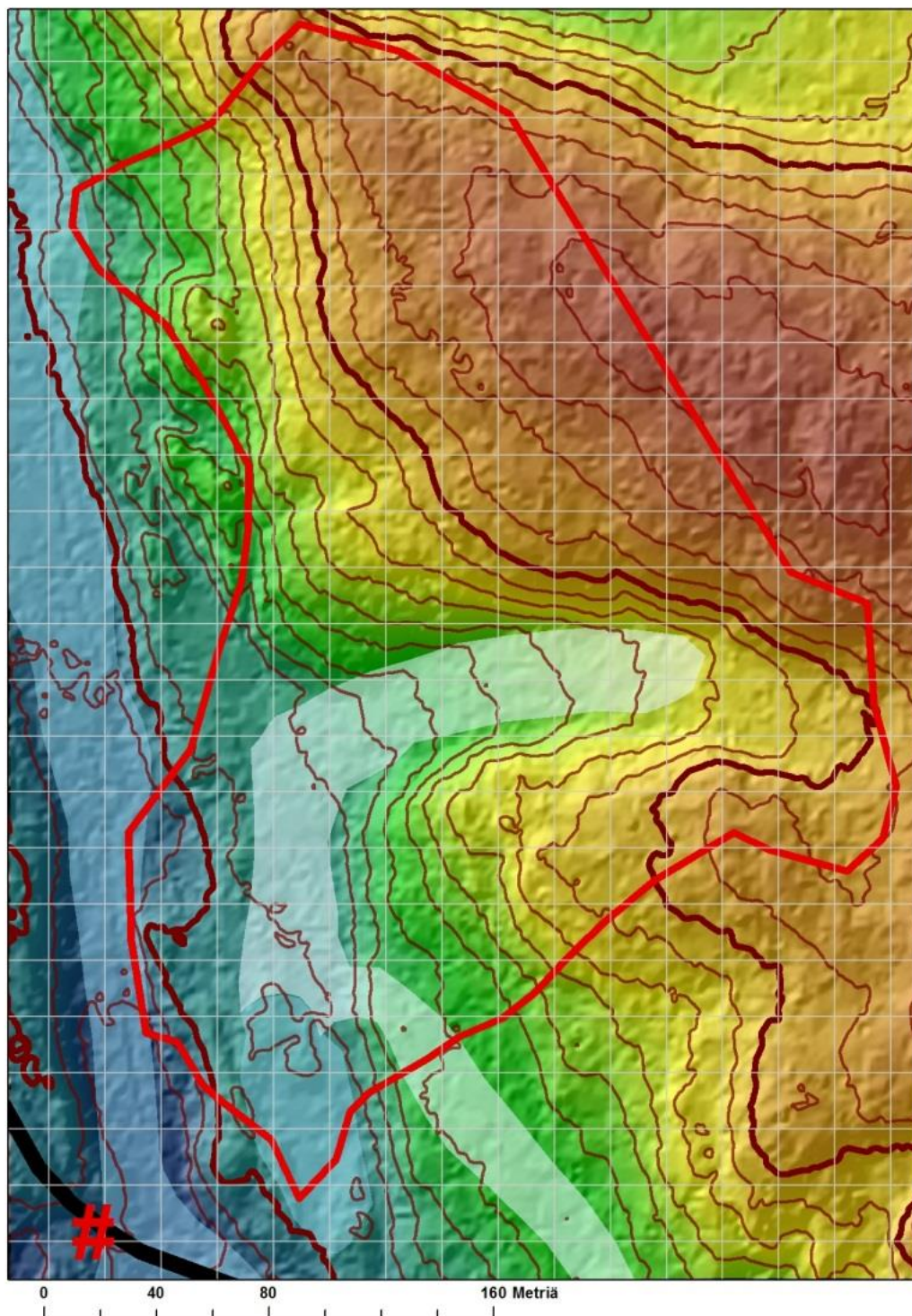
- mihin tieto on käytettävissä, perustele?
- missä vaiheessa hakkuuta tämä tieto olisi tarpeellinen, perustele?
- kuinka merkittävä/tarpeellinen tieto on?

1. ei lainkaan merkitystä, 2. pieni merkitys, 3. kohtalainen merkitys, 4. suuri, 5. erittäin suuri merkitys

- onko ehdotuksia, ajatuksia tiedon esittämistapoihin?

Kuva6. Maastomallikartta rinnekohteesta korkeusvaihteluineen

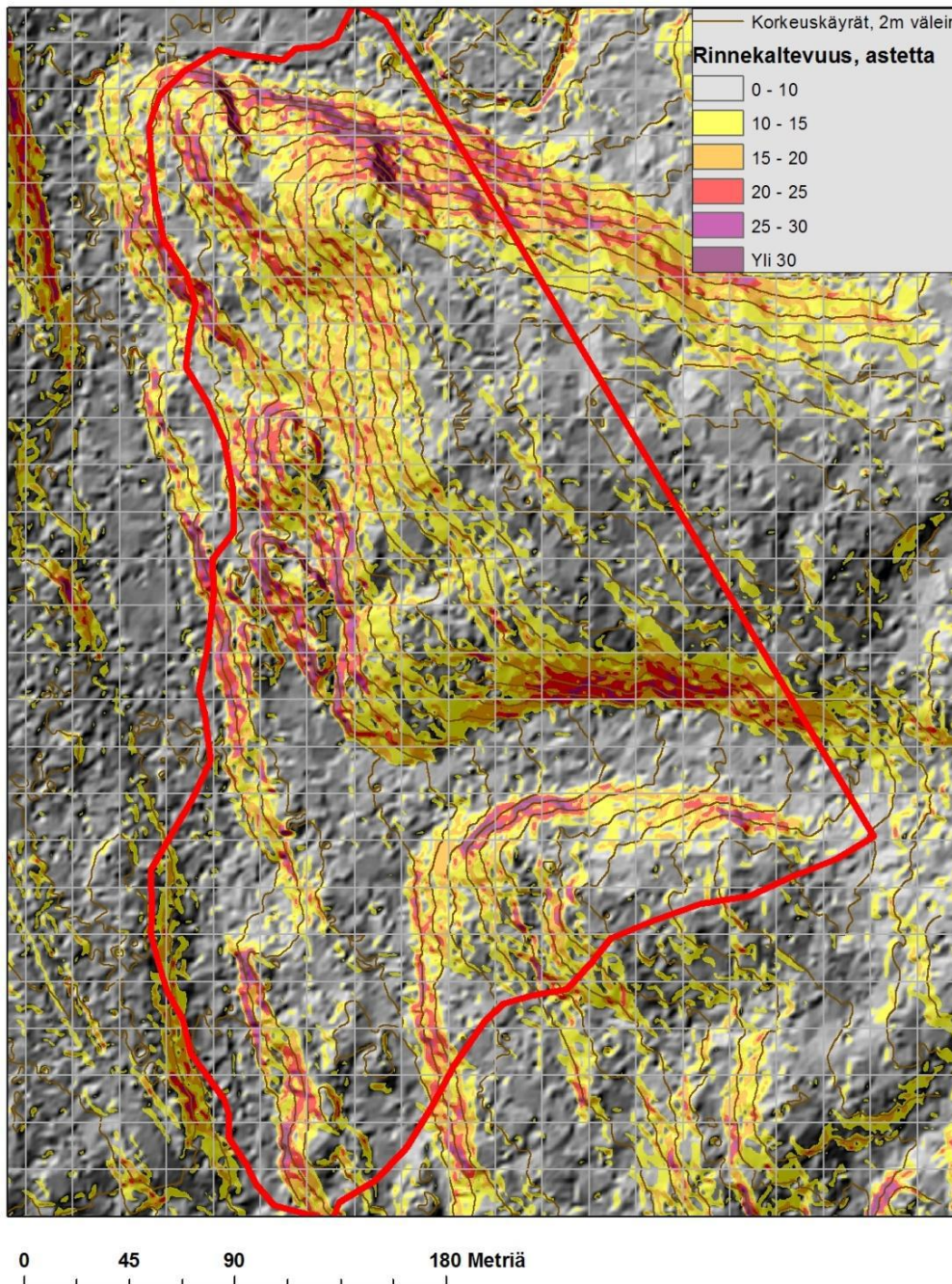
Laserkeilausaineistosta laadittu kuva, jossa esitetään kohteen korkeudet eri värisävyin ja korkeuskäyriin. Kosteimmat paikat esitetty myös peruskarttatiedosta linkitettyinä.



- C1. Antaako esitetty kuva hakkuulle ja hakkuun suunnittelulle tarpeellista tietoa
- mihin tieto on käytettävissä, perustelee?
 - missä vaiheessa hakkuuta tämä tieto olisi tarpeellinen, perustelee?
 - kuinka merkittävä/tarpeellinen tieto on?
1. ei lainkaan merkitystä, 2. pieni merkitys, 3. kohtalainen merkitys, 4. suuri, 5. erittäin suuri merkitys
- onko ehdotuksia, ajatuksia tiedon esittämistapoihin?

Kuva7. Maastomallikartta rinnekohteesta rinteiden kaltevuusvaihteluineen

Laserkeilausaineistosta laadittu kuva, jossa esitetään kohteen rinnekaltevuudet eri värisävyin ja korkeuskäyrin. Mitä tummempi värisävy, sitä jyrkempää. Kartan kohteissa, joissa harmaa värisävy (kaltevuus alle 10 astetta), voidaan tehdä ajourat vapaasti eri suuntiin. Seuraavassa luokassa (keltainen) ja sitä kaltevimmassa ajourat voidaan tehdä vain kohtisuoraan korkeuskäyriä vastaan. Korkeuskäyrän suuntaisesti ei ole mahdollista ajaa, sillä metsäkuljetukselle sivukaltevuus kasvaa liian suureksi.



C1. Antaako esitetty kuva hakkuulle ja hakkuun suunnittelulle tarpeellista tietoa

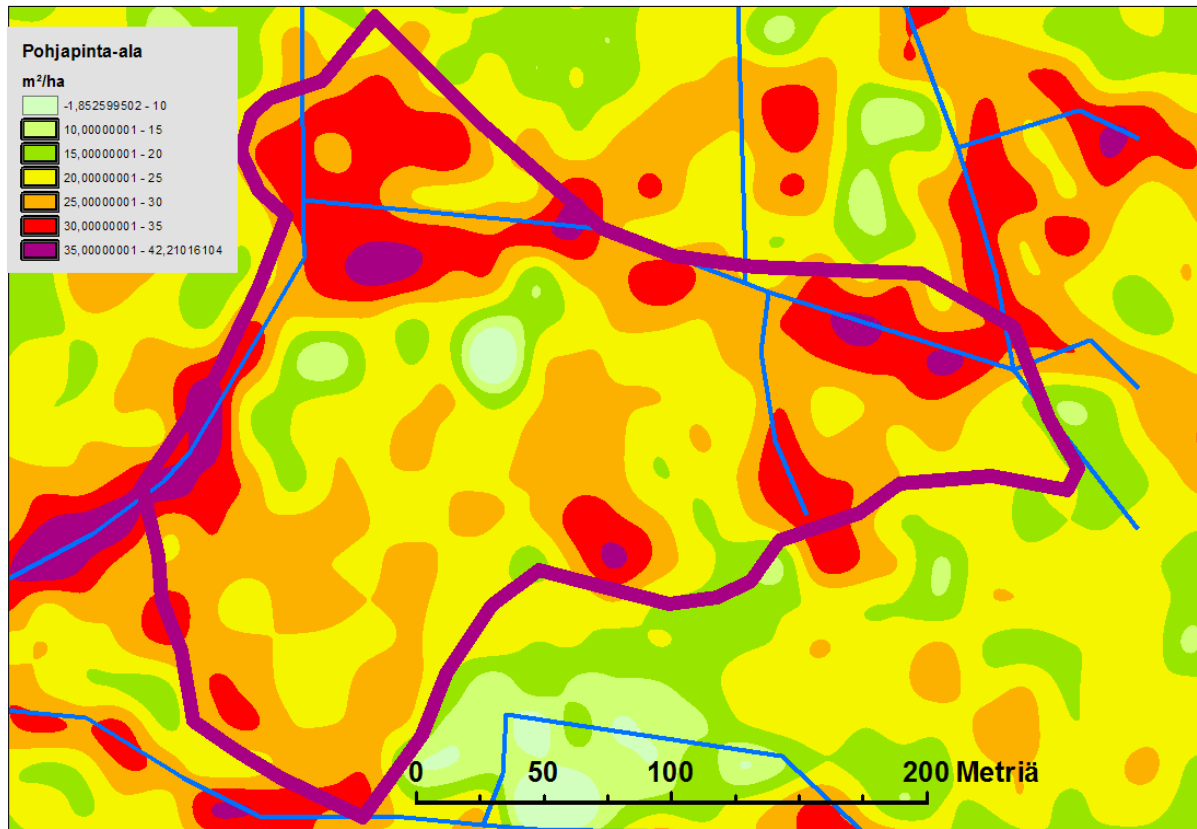
- mihin tieto on käytettävissä, perustele?
- missä vaiheessa hakkuuta tämä tieto olisi tarpeellinen, perustele?
- kuinka merkittävä/tarpeellinen tieto on?

1. ei lainkaan merkitystä, 2. pieni merkitys, 3. kohtalainen merkitys, 4. suuri, 5. erittäin suuri merkitys

- onko ehdotuksia, ajatuksia tiedon esittämistapoihin?

Kuva8. Karttaesitys puuston kertymästä korjuukohteella puuston pohjapinta-alana.

Laserkeilausaineistosta laskettu arvio puuston pohjapinta-alasta eri kohdissa leimikkoa. Mitä tummempi väritys, sitä runsaammin puustoa.



C1. Antaako esitetty kuva hakkuulle ja hakkuun suunnittelulle tarpeellista tietoa

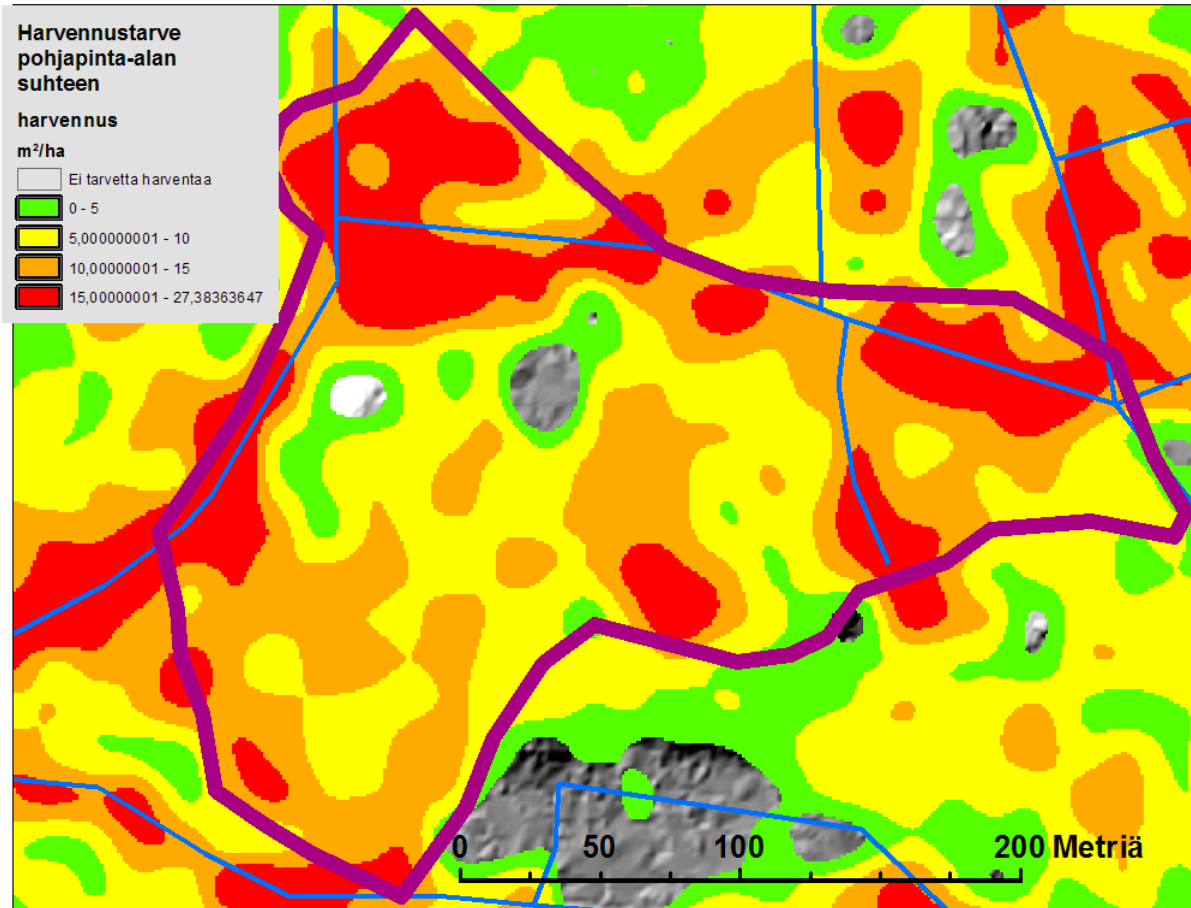
- mihin tieto on käytettävissä, perustele?
- missä vaiheessa hakkuuta tämä tieto olisi tarpeellinen, perustele?
- kuinka merkittävä/tarpeellinen tieto on?

1. ei lainkaan merkitystä, 2. pieni merkitys, 3. kohtalainen merkitys, 4. suuri, 5. erittäin suuri merkitys

- onko ehdotuksia, ajatuksia tiedon esittämistapoihin?

Kuva9. Karttaesitys puuston kertymästä korjuukohteella puuston pohjapinta-alana.

Laserkeilausaineistosta ja harvennussuosituksista laskettu harvennustarve leimikolla. Mitä tummempi väriyys, sitä suurempi harvennustarve.



C1. Antaako esitetty kuva hakkuulle ja hakkuun suunnittelulle tarpeellista tietoa

- mihin tieto on käytettävissä, perustelee?
- missä vaiheessa hakkuuta tämä tieto olisi tarpeellinen, perustelee?
- kuinka merkittävä/tarpeellinen tieto on?

1. ei lainkaan merkitystä, 2. pieni merkitys, 3. kohtalainen merkitys, 4. suuri, 5. erittäin suuri merkitys

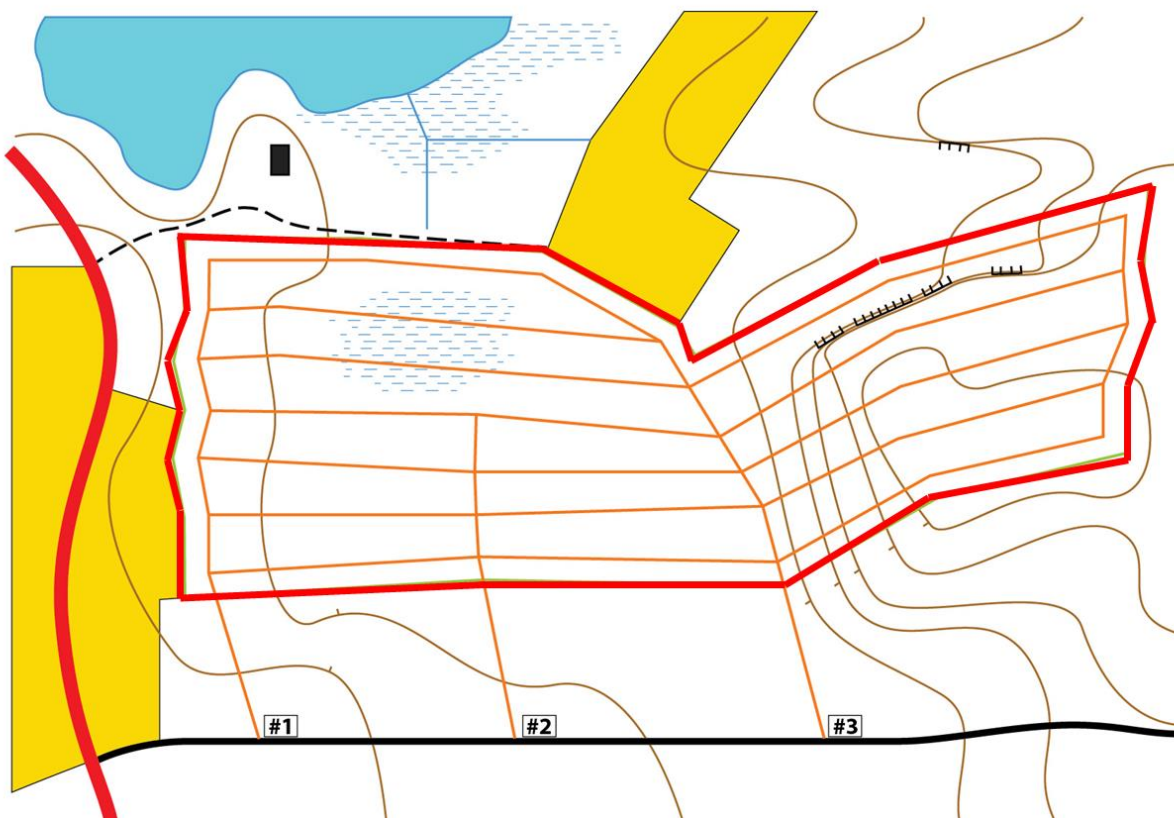
- onko ehdotuksia, ajatuksia tiedon esittämistapoihin?

Kuva10. Ajouraehdotus peruskarttapohjalla.

Kohteen kulkukelpoisuustiedoista laskettu ehdotus ajouraverkosta kohteelle, joka tukee kuljettajaa lopullisen ajouraverkon suunnittelussa.

Maastokarttaan lisätty:

- Kuviorajat —
- Ajourat —
- Varastoalueet #1, #2, #3



C1. Antaako esitetty kuva hakkuulle ja hakkuun suunnittelulle tarpeellista tietoa

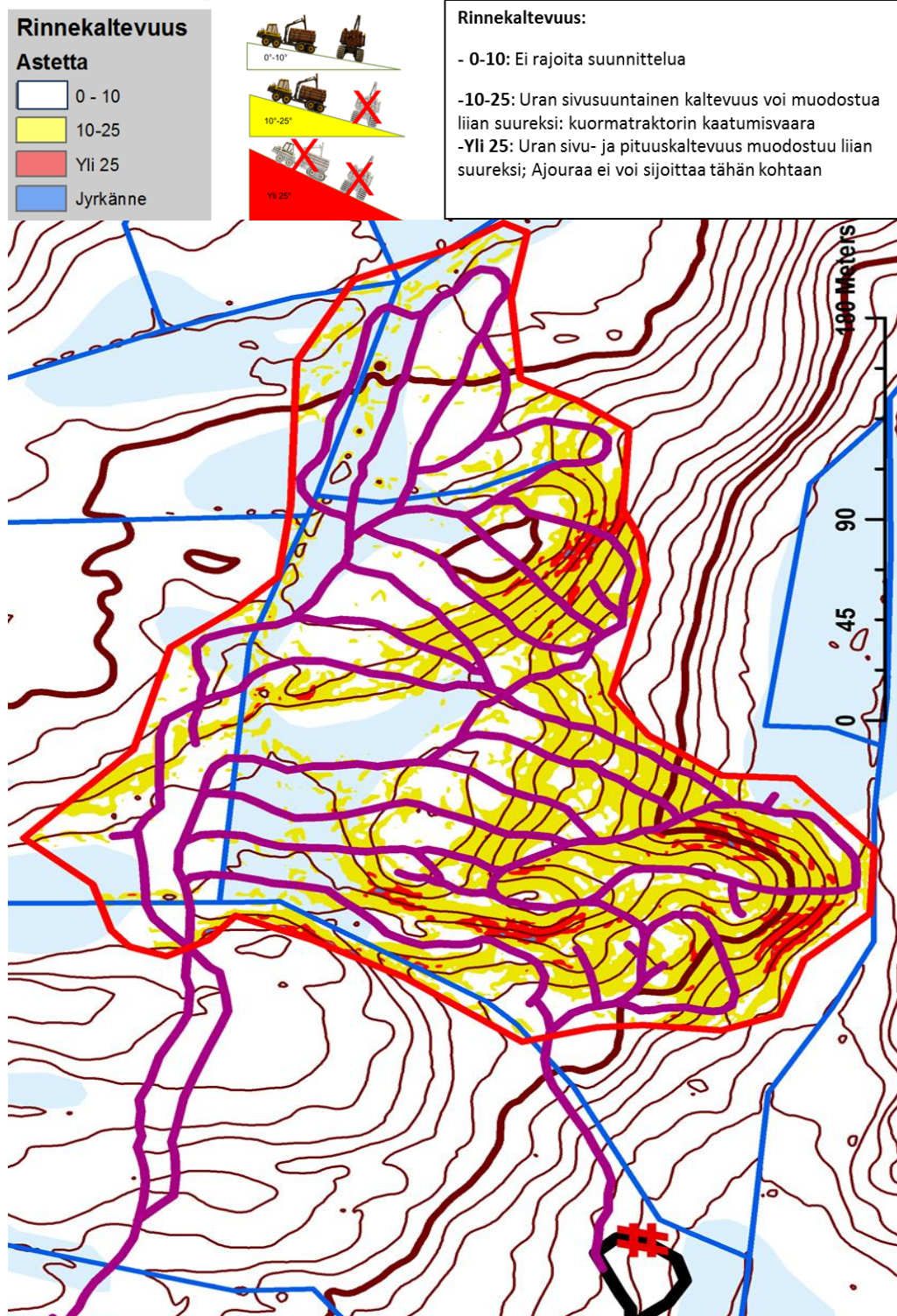
- mihin tieto on käytettävissä, perustelee?
- missä vaiheessa hakkuuta tämä tieto olisi tarpeellinen, perustelee?
- kuinka merkittävä/tarpeellinen tieto on?

1. ei lainkaan merkitystä, 2. pieni merkitys, 3. kohtalainen merkitys, 4. suuri, 5. erittäin suuri merkitys

- onko ehdotuksia, ajatuksia tiedon esittämistapoihin?

Kuva11. Ajouraehdotus rinnekohteella tarkkaan maastomallikarttaan, jossa esitetään ajoon vaikuttavat jyrkät kohdat eri värein.

Kohteen kulkukelpoisuustiedoista laskettu ehdotus ajouraverkosta kohteelle.



C1. Antaako esitetty kuva hakkuulle ja hakkuun suunnittelulle tarpeellista tietoa

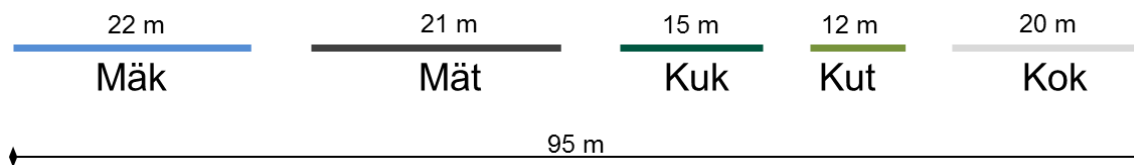
- mihin tieto on käytettävissä, perustele?
- missä vaiheessa hakkuuta tämä tieto olisi tarpeellinen, perustele?
- kuinka merkittävä/tarpeellinen tieto on?

1. ei lainkaan merkitystä, 2. pieni merkitys, 3. kohtalainen merkitys, 4. suuri, 5. erittäin suuri merkitys

- onko ehdotuksia, ajatuksia tiedon esittämistapoihin?

Kuva12. Tienvarsivaraston tilan tarve puutavaralajeittain hakkuuennusteen perusteella laske-
kettuna.

Näyttää järjestyksen ja tilatarpeen puutavaralajeittain. Auttaa laanipaikan tekemisessä oike-
ankokoiseksi.



C1. Antaako esitetty kuva hakkuulle ja hakkuun suunnittelulle tarpeellista tietoa

- mihin tieto on käytettävissä, perustele?
- missä vaiheessa hakkuuta tämä tieto olisi tarpeellinen, perustele?
- kuinka merkittävä/tarpeellinen tieto on?
1. ei lainkaan merkitystä, 2. pieni merkitys, 3. kohtalainen merkitys, 4. suuri, 5. erittäin suuri merkitys
- onko ehdotuksia, ajatuksia tiedon esittämistapoihin?

Liite 2

Taulukko 2. Hakkuukoneenkuljettajien tiedon tarve ikäluokittain.

Tiedon tarve (kokemus)	alle 10 vuotta A (N=8)		10 – 20 vuotta B (N=8)		yli 20 vuotta C (N=8)		Yhteensä (N=24)		tilastollinen merkitsevyys ryhmien 1 – 3 välillä
	ka	σ	ka	σ	ka	σ	ka	σ	
Riittävän tarkka ennuste hakkuukertymästä ja puutavara- lajimääristä kuutiometreinä leimikolla laanin tekoa varten	3,1	0,8	3,4	1,4	3,9	0,8	3,5	1,1	
Riittävän tarkka ennuste hakkuukertymästä kuutiometreinä leimikolla hakkuun ajoitusta ja koneen siirtoja varten	3,1	1,0	4,1	0,8	3,1	0,8	3,5	1,0	A-B*, B-C*
Ennuste puutavarylajien määristä eri osissa leimikkoa	2,3	0,9	3,1	1,0	2,9	1,0	2,8	1,0	
Ennuste kohteen kantavuudesta eri osissa leimikkoa karttaesityksenä	3,9	0,8	4,3	0,7	3,9	0,6	4,0	0,7	
Tarkka kuvaus karttatasolla leimikon maaston muodoista, korkeuden vaihteluista ja kaltevuksista	4,1	1,0	4,5	0,5	4,1	1,1	4,3	0,9	
Tieto metsäkuljetukseen vaikuttavista ajouraverkon kaltevuksista karttapohjalla esitettynä	3,0	1,2	3,6	0,9	4,0	1,1	3,6	1,1	
Tieto ajouraverkolla olevista heikosti kantavista kohdista	3,5	0,8	3,9	1,0	4,1	0,8	3,8	0,9	
Tieto ajouraverkon ajokertarajoitteista karttapohjalla esitettynä	2,6	0,7	3,9	1,0	3,8	1,3	3,4	1,1	A-B*
Tieto erityiskohteiden sijainnista karttaesityksenä	4,6	0,7	4,6	0,7	4,8	0,5	4,7	0,6	
Ajouravälin opastus	3,1	1,4	3,5	1,1	3,0	1,4	3,2	1,3	
Työmaan käsittelykohteelle tehokkaimpien työmallien ehdotus	2,6	1,1	3,1	1,2	2,5	1,1	2,8	1,1	
Harvennuksella ehdotus poistettavaksi tulevasta puusta	2,5	1,2	2,9	1,0	2,8	1,4	2,7	1,2	
Esitys harvennustarpeesta/-voimakkuudesta kartalle esitettynä eri osissa leimikkoa	2,8	0,7	3,6	1,1	3,3	1,3	3,2	1,1	
Harvennuksella toteutuneen harvennuspoistuman esitys työpisteellä	3,1	1,1	3,6	1,1	3,9	0,8	3,5	1,0	
Opastus/-ilmoitus koneen kovakouraisesta ts. liiallisen kuormittavasta käytöstä	2,9	1,0	2,8	1,0	3,1	1,2	2,9	1,1	
Kuljettajan vireystilan tunnistus ja siitä ilmoittaminen sen vaikuttaessa korjuuseen	2,8	1,3	2,9	1,4	2,9	1,0	2,8	1,2	
Ehdotus ajouraverkostosta leimikolle	3,1	1,0	3,4	0,7	4,1	1,0	3,5	1,0	
Tieto koneen komponenttien kunnosta ja hälytys komponentin rikkoutuessa	4,4	1,1	4,0	1,2	4,1	1,5	4,2	1,2	
Opasteiden/tiedon sijoittelu kuljettajan työnäkemälälle tuulilasinäytön avulla	3,4	1,3	3,0	0,8	2,4	1,1	2,9	1,1	
Hyvien työmallien ehdotus eri konetyypeille ja eri korjuukohteisiin	2,8	0,7	2,9	1,1	3,3	1,0	3,0	1,0	
Yhteensä (keskiarvot kokemusluokittain)	3,2	1,0	3,6	1,0	3,5	1,0	3,4	1,0	

* p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001; Mann-Whitney U-testi

Taulukko 3. Hakkuukoneenkuljettajien tiedon tarve kokemusluokittain.

Tiedon tarve (ikä)	20 – 30 vuotta A (N=2)		30 – 40 vuotta B (N=10)		40 – 50 vuotta C (N=6)		yli 50 vuotta D (N=6)		Yhteensä (N=24)		tilastollinen merkittävyys ryhmien 1 – 4 välillä
	ka	σ	ka	σ	ka	σ	ka	σ	ka	σ	
Riittävän tarkka ennuste hakkuukertymästä ja puutavara- lajimääristä kuutiometreinä leimikolla laanin tekoa varten	3,0	1,4	3,2	1,3	3,3	0,8	4,2	0,4	3,5	1,1	C-D*
Riittävän tarkka ennuste hakkuukertymästä kuutiometreinä leimikolla hakkuun ajoitusta ja koneen siirtoja varten	3,5	0,7	3,5	1,2	3,2	1,0	3,7	0,8	3,5	1,0	
Ennuste puutavaralajien määristä eri osissa leimikkoa	2,5	0,7	2,5	1,0	2,5	0,8	3,5	1,0	2,8	1,0	
Ennuste kohteen kantavuudesta eri osissa leimikkoa karttaesityksenä	4,0	0,0	3,8	0,8	4,2	0,8	4,2	0,8	4,0	0,7	
Tarkka kuvaus karttatasolla leimikon maaston muodoista, korkeuden vaihteluista ja kaltevuuksista	4,5	0,7	4,2	0,9	4,3	0,8	4,2	1,2	4,3	0,9	
Tieto metsäkuljetukseen vaikuttavista ajouraverkon kaltevuuksista karttapohjalla esitettynä	2,5	0,7	3,1	1,1	4,3	0,5	3,8	1,2	3,6	1,1	A-C*
Tieto ajouraverkolla olevista heikosti kantavista kohdista	4,0	0,0	3,4	0,8	4,3	0,8	4,0	0,9	3,8	0,9	
Tieto ajouraverkon ajokertarajoitteista karttapohjalla esitettynä	2,5	0,7	3,0	0,9	3,7	1,0	4,2	1,3	3,4	1,1	
Tieto erityiskohteiden sijainnista karttaesityksenä	5,0	0,0	4,6	0,7	4,5	0,8	4,8	0,4	4,7	0,6	
Ajouravälin opastus	2,0	0,0	3,1	1,1	3,7	1,5	3,3	1,4	3,2	1,3	
Työmaan käsittelykohteelle tehokkaimpien työmallien ehdotus	2,0	1,4	2,7	1,2	2,8	1,2	3,0	1,1	2,8	1,1	
Harvennuksella ehdotus poistettavaksi tulevasta puusta	3,5	0,7	2,7	1,3	2,2	1,2	3,0	1,1	2,7	1,2	
Esitys harvennustarpeesta/-voimakkuudesta kartalle esitettynä eri osissa leimikkoa	2,5	0,7	3,1	0,7	3,3	1,2	3,5	1,5	3,2	1,1	
Harvennuksella toteutuneen harvennuspoistuman esitys työpisteellä	3,5	0,7	3,3	1,2	3,5	1,0	4,0	0,9	3,5	1,0	
Opastus/ilmoitus koneen kovakouraisesta ts. liiallisen kuormittavasta käytöstä	3,5	0,7	2,5	1,1	3,0	0,6	3,3	1,4	2,9	1,1	
Kuljettajan vireystilan tunnistus ja siitä ilmoittaminen sen vaikuttaessa korjuuseen	3,5	0,7	2,3	1,3	3,0	0,6	3,3	1,4	2,8	1,2	
Ehdotus ajouraverkostosta leimikolle	2,5	0,7	3,2	0,9	4,2	1,0	3,8	0,8	3,5	1,0	
Tieto koneen komponenttien kunnosta ja hälytys komponentin rikkoutuessa	5,0	0,0	3,8	1,2	4,3	0,8	4,3	1,6	4,2	1,2	
Opasteiden/tiedon sijoittelu kuljettajan työnäkemäalalle tuulilasinäytön avulla	3,0	1,4	3,2	1,2	2,3	0,8	3,0	1,1	2,9	1,1	
Hyvien työmallien ehdotus eri konetyypeille ja eri korjuukohteisiin	3,0	1,4	2,5	0,7	3,2	1,3	3,5	0,5	3,0	1,0	B-D*
Yhteensä (keskiarvot ikäluokittain)	3,3	0,7	3,2	1,0	3,5	0,9	3,7	1,0	3,4	1,0	

* p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001; Mann-Whitneyn U-testi

Taulukko 4. Karttaopasteiden merkitys ikäluokittain hakkuukoneenkuljettajien keskuudessa.

Tiedon merkitys (kokemus)	alle 10 vuotta A (N=8)		10 – 20 vuotta B (N=8)		yli 20 vuotta C (N=8)		Yhteensä (N=24)		Tilastollinen merkitsevyys ryhmien 1 – 3 välillä
	ka	σ	ka	σ	ka	σ	ka	σ	
Peruskarttakuva turvemaakohteesta	4,5	0,8	4,8	0,5	4,6	0,7	4,6	0,6	
Ilmavalokuva turvemaakohteesta	2,9	1,4	3,6	1,3	3,9	1,0	3,5	1,3	
Laskennallisesti ennustettu arvio kohteen kantavuudesta ajokertojen määränä esitettynä	3,8	0,9	3,5	1,2	3,8	0,7	3,7	0,9	
Pohjaveden korkeuteen ja ilmakuvaan perustuva karttaesitys kohteen kulkukelpoisuudesta ja kantavuudesta	3,1	0,6	2,8	1,3	3,1	0,6	3,0	0,9	
Peruskarttakuva rinneomaakohteesta	3,5	0,9	3,6	1,2	3,1	1,0	3,4	1,0	
Maastomallikartta rinnekohteesta korkeusvaihteluineen	3,1	0,8	3,8	1,3	3,4	0,9	3,4	1,0	
Maastomallikartta rinnekohteesta rinteiden kaltevuusvaihteluineen	3,4	0,9	3,0	0,5	3,9	1,4	3,4	1,0	
Karttaesitys puuston kertymästä korjuukohteella puuston pohjapinta-alana	3,0	1,2	3,3	1,2	3,0	1,1	3,2	1,1	
Karttaesitys puuston kertymästä korjuukohteella puuston pohjapinta-alana (harvennussuositus)	2,9	0,8	3,3	1,4	3,0	1,1	3,0	1,1	
Ajouraehdotus peruskarttapohjalla	3,0	0,8	3,0	0,9	3,6	1,1	3,2	0,9	
Ajouraehdotus rinnekohteelle tarkkaan maastomallikarttaan, jossa esitetään ajoon vaikuttavat jyrkät kohdat eri värein	3,5	0,8	3,3	1,3	4,1	1,2	3,6	1,1	
Tienvarsivaraston tilan tarve puutavaralajeittain hakkuuennusteen perusteella laskettuna	3,3	1,2	3,0	0,8	2,8	1,3	3,0	1,1	
Yhteensä (keskiarvo kokemustuokittain)	3,3	0,9	3,4	1,1	3,5	1,0	3,4	1,0	

* p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001; Mann-Whitney U-testi

Taulukko 5. Karttaopasteiden merkitys kokemusluokittain hakkuukoneenkuljettajien keskuudessa.

Tiedon merkitys (ikä)	20 – 30 vuotta A (N=2)		30 – 40 vuotta B (N=10)		40 – 50 vuotta C (N=6)		yli 50 vuotta D (N=6)		Yhteensä (N=24)		Tilastollinen merkittävyys ryhmien 1 – 4 välillä
	ka	σ	ka	σ	ka	σ	ka	σ	ka	σ	
Peruskarttakuva turvemaakohteesta	4,0	1,4	4,7	0,5	4,7	0,8	4,7	0,5	4,6	0,6	
Ilmavalokuva turvemaakohteesta	2,0	0,0	3,0	1,3	4,2	0,8	4,0	1,1	3,5	1,3	A-C*
Laskennallisesti ennustettu arvio kohteen kantavuudesta ajokertojen määränä esitettynä	4,5	0,7	3,3	1,1	3,8	0,4	3,8	1,0	3,7	0,9	
Pohjaveden korkeuteen ja ilmakuvaan perustuva karttaesitys kohteen kulkukelpoisuudesta ja kantavuudesta	2,5	0,7	2,7	0,9	3,2	0,4	3,5	1,0	3,0	0,9	
Peruskarttakuva rinneomaakohteesta	4,0	0,0	3,4	1,2	3,2	1,0	3,5	1,0	3,4	1,0	
Maastomallikartta rinnekohteesta korkeusvaihteluineen	3,0	0,0	3,5	1,2	3,5	1,2	3,3	0,8	3,4	1,0	
Maastomallikartta rinnekohteesta rinteiden kaltevuusvaihteluineen	3,5	0,7	3,1	0,9	4,0	0,9	3,3	1,4	3,4	1,0	
Karttaesitys puuston kertymästä korjuukohteella puuston pohjapinta-alana	2,0	1,4	3,1	1,2	3,3	0,8	3,2	1,2	3,2	1,1	
Karttaesitys puuston kertymästä korjuukohteella puuston pohjapinta-alana (harvennussuositus)	3,0	0,0	2,7	1,2	3,2	1,0	3,5	1,2	3,0	1,1	
Ajouraehdotus peruskarttapohjalla	3,0	0,0	2,7	0,8	3,8	0,8	3,5	1,0	3,2	0,9	B-C*
Ajouraehdotus rinnekohteelle tarkkaan maastomallikarttaan, jossa esitetään ajoon vaikuttavat jyrkät kohdat eri värein	3,5	0,7	3,1	1,1	4,2	1,0	4,0	1,3	3,6	1,1	
Tienvarsivaraston tilan tarve puutavaralajeittain hakkuuennusteen perusteella laskettuna	3,0	0,7	3,0	1,1	3,2	1,2	2,7	1,2	3,0	1,1	
Yhteensä (keskiarvo ikäluokittain)	3,2	0,5	3,2	1,0	3,7	0,8	3,6	1,1	3,4	1,0	

* p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001; Mann-Whitney U-testi



luke.fi

Luonnonvarakeskus
Viikinkaari 4
00790 Helsinki
puh. 029 532 6000