

Hakkuukoneen kuljettajien päätöksenteko ja kuljettaja-avustuksen tarve harvennuksilla

Metsätehon tuloskalvosarja 7/2020

Heikki Ovaskainen, Kalle Kärhä, Joonas Kasper, Samuli Inget ja Teijo Palander

Tiivistelmä

- Tutkimuksessa selvitettiin haastatellen 60 hakkuukoneen kuljettajan päätöksentekoa puuvalintatilanteissa sekä näkemystä siitä, millaisesta kuljettajaa avustavasta järjestelmästä olisi hyötyä hakkuutyössä harvennuksilla.
- Haastatteluissa päästiin kiinni myös kuljettajien ajattelu- ja toimintamalleihin puiden valinnassa sekä heidän harvennusperiaatteisiinsa.
- Haastatellut kuljettajat arvioivat, että puuvalintaa avustavasta järjestelmällä olisi lähinnä positiivisia vaikutuksia hakkuutyöhön: järjestelmä nostaisi korjuutyön laatua ja tuottavuutta sekä auttaisi työssäjaksamisessa.
- Kuljettajat kokivat hyödyllisimmäksi, että harvennustyötä tukeva järjestelmä kertoisi yksittäisten puiden laadusta ja harvennusvoimakkuudesta harvennuskohteella.
- Valtaosa haastatelluista kuljettajista käyttäisi avustavaa sovellusta, jolla voisi seurata harvennusvoimakkuutta, jos sellainen olisi tarjolla.



Taustaa

- Harvennushakkuussa metsän kasvu ohjataan laadultaan parhaisiin ja elinvoimaisimpiin puihin.
- Puuston harventaminen on erittäin haastava työlaji, sillä hakkuukoneen kuljettajan saama informaatio puustosta hakkuun aikana on usein vajaata ja epätarkkaa (Kokkarinen 2012).
- Näin ollen kaikki erilaiset tekniset apukeinot tuottaa kuljettajalle tarkkaa lisäinformaatiota päätöksenteon tueksi ovat tervetulleita (vrt. Vahtila 2019).
- Korjuujäljen seurannan konenäkö tutkimukset ovat osoittaneet, että kuvilta tapahtuva puuston analysointi on kuljettajan päätöksenteon kannalta jo riittävällä tarkkuustasolla (Palander ym. 2019).
- Ylimäki ym. (2012) nostivat tutkimuksessaan esille hakkuukoneen kuljettajan avustuksen tarpeen leimikkotasolla.
- Tämä tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, mistä puustotiedosta olisi eniten hyötyä hakkuukoneen kuljettajille harvennuksella sekä määrittellä hakkuukoneen kuljettajan työtä tukevan järjestelmän ominaisuuksia.
- Tutkimus tuotti myös perusteita puuvalintaa koskevan automatiikan kehittämiseen metsäkonevalmistajille.



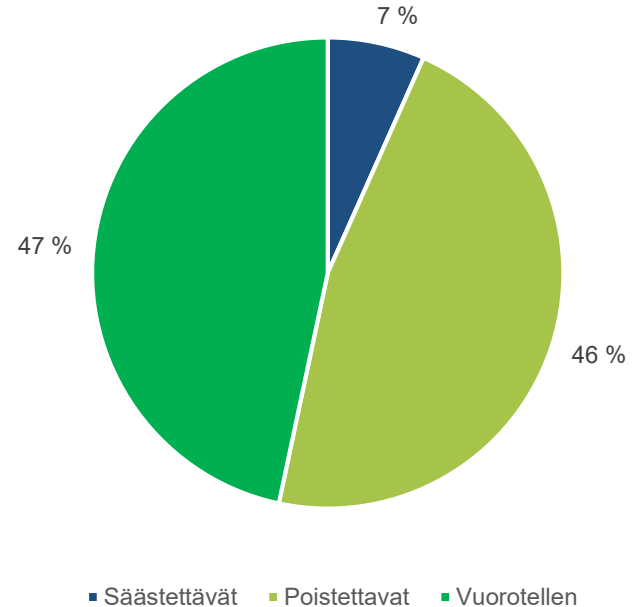
Haastattelututkimus

- Tutkimuksessa haastateltiin 60 hakkuukoneen kuljettajaa, joiden työmaat olivat olleet pääosin harvennushakkuita.
- Haastatteluista puolet tehtiin syksyllä 2018 (Kasper 2019) ja puolet syksyllä 2019 (Inget 2020).
- Haastateltujen hakkuukoneen kuljettajien keski-ikä oli 43 vuotta vaihteluvälin ollessa 18–68 vuotta.
- Työkokemusta harvennushakkuilta haastatelluilla kuljettajilla oli keskimäärin 17 vuotta.
- Kuljettajat olivat hakanneet 62 % puumäärästä harvennuksilta vuonna 2018.
- 45 %:lla haastatelluista kuljettajista oli aiempaa kokemusta ennakkoleimatulla kohteella työskentelystä: metsänomistajan tekemä leimaus tai vanhempien kuljettajien kohdalla metsäyhtiön tekemä leimaus.
- Tutkimus toteutettiin Stora Enso Metsän toimeksiannosta yhteistyössä Metsätehon ja Itä-Suomen yliopiston kanssa.



Puiden valinnan päättelyketju työpisteellä

- Haastatelluilta kuljettajilta kysyttiin, valitsevatko he harventaessaan ensin säästettävät puut, poistettavat puut vai tekevätkö he puuvalintaa vuorotellen.
- Vastaukset jakoutuivat lähes tasan *poistettavat puut ja vuorotellen* -vaihtoehtojen kesken. Vain 7 % haastatelluista käytti ajatusmallia, jossa hahmotettaisiin ensin säästettävät puut, jolloin muut puut olisivat poistettavia puita.
- Suullisten kommenttien perusteella päättelyketju puuvalinnassa työpisteellä noudatti seuraavaa etenemistä:
 1. Katsotaan ensin selkeästi muusta puustosta poikkeavat (sairaavat, vikaiset) puut ja poistetaan ne.
 2. Valitaan hyvälaatuisimmat puut, joiden hyväksi harvennus tehdään.
 3. Poistetaan hyvälaatuisten puiden ympäriltä puita siten, että tiheys- ja harvennuskertymätavoitteet täyttyvät.
- Harvennustyön keskeiseksi tavoitteeksi haastatellut mainitsivat hyvälaatuisen sekä tilajärjestykseltään ja korkeussuhteeltaan tasaisen puuston.



Puuvalinnan päätöksenteko rungon käsittelysyklin aikana ja puiden lukumäärä kuljettajan muistissa

Puiden valinta

- Haastatellut kertoivat tekevänsä yleisimmin puuvalintaa rungon viimeisen pölkyn prosessoinnin aikana puun käsittelysyklissä.
- Toinen tyypillinen puiden valintahetki oli hakkuukoneella siirtyminen työpisteeltä toiselle, jolloin puita pystyy tarkastelemaan useammasta suunnasta.
- Puuvalintaa tehtiin myös hakkuulaitteen puulle viennin tai kaadon aikana, mutta useimmat haastatellut totesivat näiden työvaiheiden olevan paljon keskittymistä ja huomiokykyä vaativia, jolloin pystypuiden tarkastelu ei tule kysymykseen.

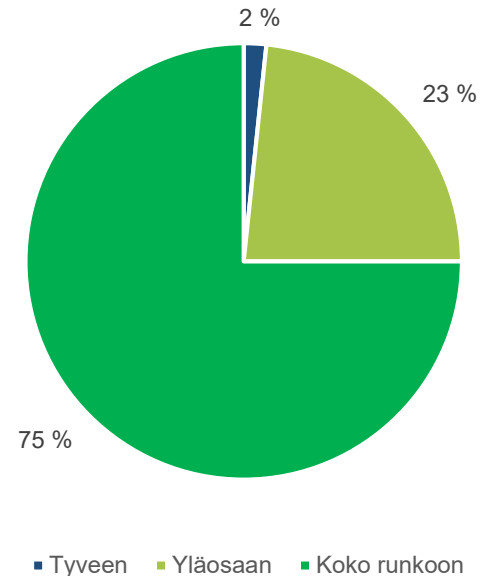
Puiden lukumäärä kuljettajan työmuistissa

- Haastatelluilta kysyttiin, kuinka monta seuraavaa säästettävää/poistettavaa puuta he hahmottavat kerralla hakkuutyössä harvennuksella.
- Asian todettiin riippuvan metsän tilasta ja puulajista: esimerkiksi hoitamattomassa kuusikossa saatetaan edetä puu kerrallaan. Sen sijaan hyvän näkyvyyden, kuivan kankaan männikössä saatetaan hahmottaa yli viisikin puuta kerralla.
- Keskimäärin poistettavia ja jätettäviä puita arvioitiin hahmotettavan 3–5 kpl kerralla.



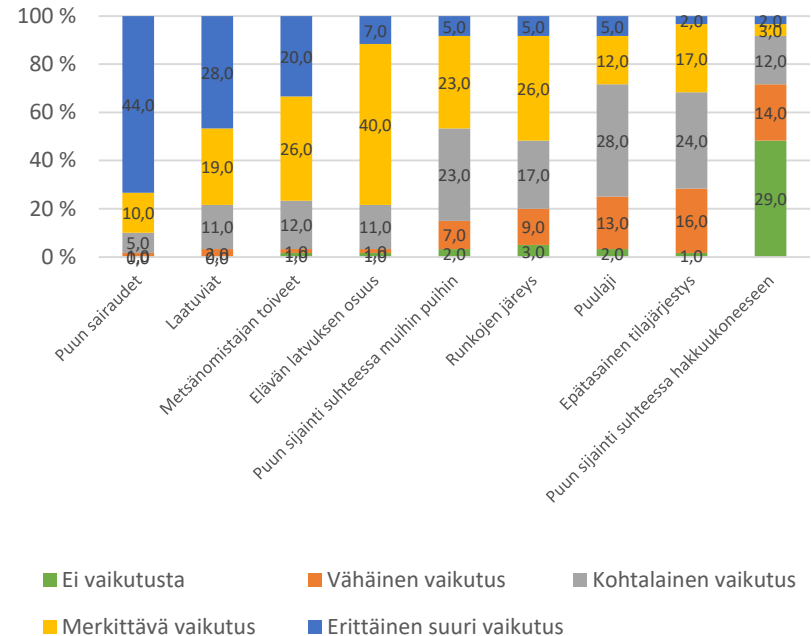
Havainnoinnin kohdistuminen puuvalinnassa

- Haastateltuja pyydettiin nimeämään se osa puusta, johon he kohdistavat katseensa ensin puuvalintaa tehdessään.
- Suurin osa haastatelluista teki puuvalintaa koko rungon laadun perusteella.
- Yleisin tapa oli arvioida ensin latvus, minkä jälkeen tyviosa ja lopuksi koko runko.
- Puuston lähtötilanne vaikutti havainnointitapaan: tasalaatuisessa männikössä pyrittiin huomioimaan poistettavat puut laatuviikojen ja sairauksien perusteella katsomalla ensin runkoa. Vastaavasti myöhästyneellä harvennuksella huomio kiinnitettiin ensin latvan kuntoon ja elinvoimaisuuteen.
- Myöhemmillä harvennuksilla katse kohdistettiin ensin rungon tyveen tyvitukin laadun arvioimiseksi.



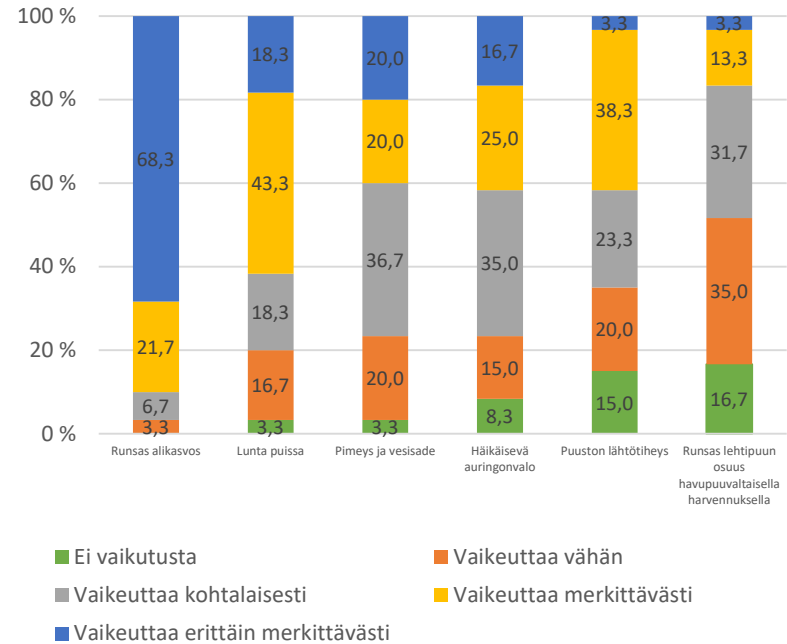
Poistettavien puiden valintaan vaikuttavat tekijät

- Poistettavien puiden valintaan haastatelluilla vaikutti eniten puiden sairaudet ja laatuviat.
- Seuraaviksi tärkeimmiksi valintatekijöiksi haastatellut kokivat metsänomistajien toiveet ja puun elävän latvuksen osuuden puun kokonaispituudesta.
- Puun sijaintia suhteessa leimikon muihin puihin, runkojen järeyttä, poistettavien puiden puulajia ja epätasaista tilajärjestystä haastatellut pitivät kohtalaisen merkittävänä kriteereinä.
- Vähiten merkittäväksi tekijäksi koettiin puun sijainti suhteessa hakkuukoneeseen: konetta voidaan siirtää puun sijainnin suhteen, ja haastateltujen mukaan puun sijainti ei ole missään tilanteessa kriteeri puun jättämiselle.
- Muista puuvalinnan kohdalla arvioitavista tekijöistä ajouralinjauksen sekä hakkuussa kolhittujen puiden mainittiin myös vaikuttavan puuvalintaan.



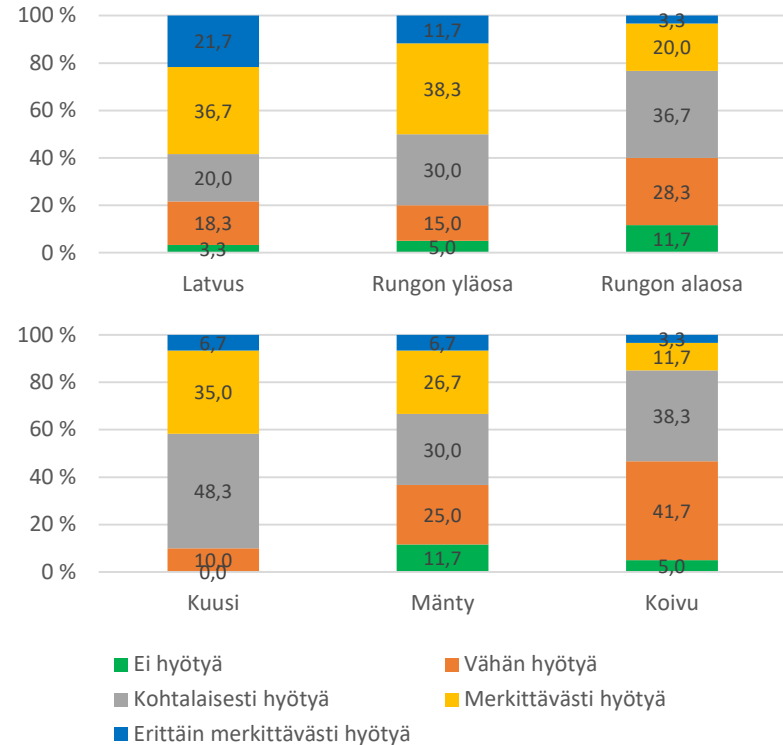
Korjuuolosuhteiden merkitys puuvalinnan onnistumisessa

- Runsas alikasvos arvioitiin olevan selkeästi eniten onnistunutta puuvalintaa vaikeuttava tekijä.
- Myös puissa olevan lumen todettiin aiheuttavan haasteita puun vikojen havaitsemisessa sekä näkemäongelman lumen pölisemisen muodossa hakkuutyön aikana.
- Pimeys yhdistettynä vesisateeseen koettiin yhtä haastavaksi olosuhteeksi kuin häikäisevä auringonvalo.
- Puuston lähtötiheydellä ja runsaalla lehtipuun osuudella havupuuvaltaisella harvennuksella ei arvioitu olevan merkittävää puuvalintaa vaikeuttavaa vaikutusta; asia koettiin jopa päinvastoin, eli suuri lähtötiheys antaa enemmän vaihtoehtoja puuvalintaan.
- Edellisten vaihtoehtojen lisäksi haastavien maastonmuotojen arvioitiin vaikeuttavan hakkuutyöskentelyä ja vähentävän puuvalintamahdollisuuksia.



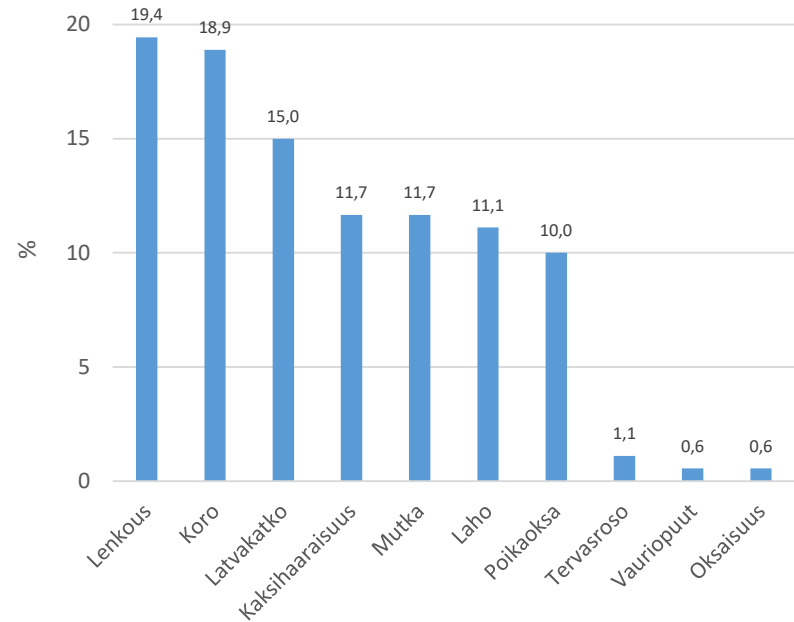
Lisäinformaation tarve rungon eri osista ja puulajeista

- Eniten lisäinformaatiota haluttiin saada puun elävän latvuksen kunnosta ja seuraavaksi eniten rungon yläosasta kokonaisuudessaan, koska näkyvyys latvaan on useimmiten heikko.
- Rungon alaosasta saadaan yleensä riittävästi informaatiota, koska alaosa näkyy hakkuukoneen ohjaamoon riittävän hyvin. Tosin rungon näkymättömästä, katveessa olevasta puolesta, koettiin olevan tarvetta saada lisäinformaatiota.
- Puulajeittain tarkasteltuna suurin hyötypotentiaali lisäinformaatiosta arvioitiin saatavan kuusen kohdalla. Kuusessa oksat peittävät lähes koko rungon, joten runkovikojen havainnointi on haastavaa.
- Talvella kuusen oksille kertyvä lumi lisää näkemäestettä huomattavasti.
- Männyn ja koivun kohdalla lisäinformaation tarve koettiin suurimmaksi joko erittäin hyvä- tai huonolaatuisissa harvennuksissa, joissa selviä valintavaihtoehtoja on liikaa tai liian vähän.



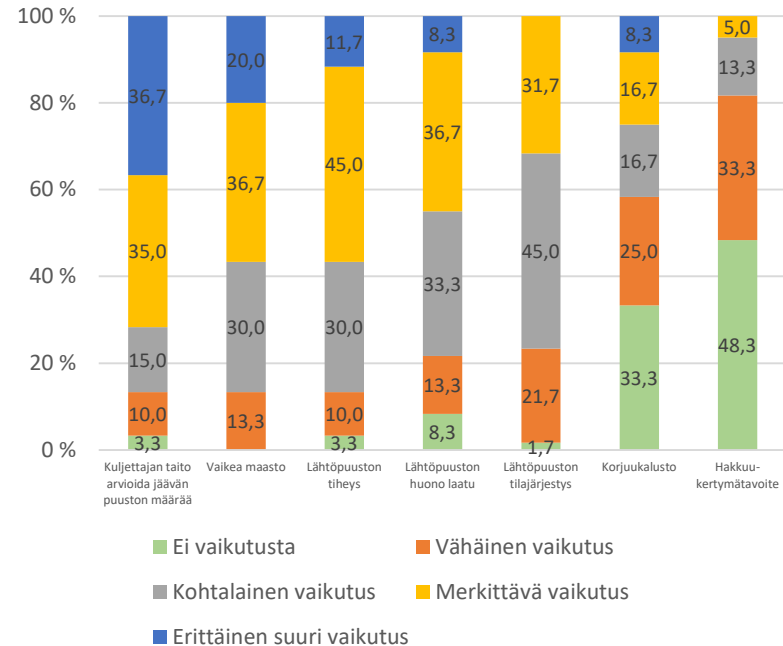
Puista tunnistettavat tärkeimmät laatuominaisuudet

- Haastateltuja pyydettiin nimeämään kolme tärkeintä laatutekijää, joiden automaattinen tunnistaminen auttaisi hakkuukoneen kuljettajien työtä.
- Suullisissa kommentteissa apua toivottiin niiden laatuominaisuuksien tunnistamiseen, joita on vaikea havaita, kun puuta katsellaan yhdestä suunnasta ajouralta päin hakkuukoneen ohjaamosta.
- Tärkeimmiksi laatuominaisuuksiksi haastatellut nostivat lenkouden, koron sekä puiden latvakatkot.
- Lisäksi haastatellut nostivat esille lahon tunnistustarpeen, mutta totesivat, että lahoa on lähes mahdoton tunnistaa puusta pelkästään rungon ulkomuodon perusteella.



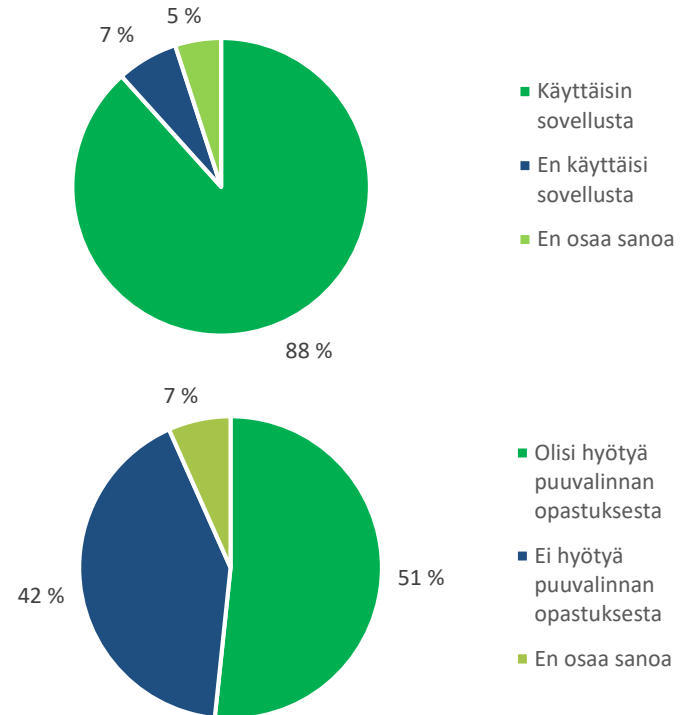
Eri tekijöiden vaikutus harvennusvoimakkuuteen

- Tärkeimpänä tekijänä harvennusvoimakkuuden arvioinnissa haastatellut pitivät kuljettajan taitoa arvioida jäävän puuston määrää.
- Toiseksi merkittävimmäksi tekijäksi nousi maasto: kaikkiin kohtiin ei pääse metsäkoneella, joten helpoista kohdista saatetaan ottaa enemmän, ja vastaavasti vaikeisiin paikkoihin saatetaan jättää enemmän puita.
- Kolmanneksi tärkeimmäksi tekijäksi haastatellut arvioivat lähtöpuuston tiheyden: tiheä lähtöpuusto tarjoaa valinnanvaran, ja riukuuntunut metsikkö pyritään jättämään hieman tiheämmäksi mahdollisen tuhoriskin takia.
- Heikkolaatuisesta lähtöpuustosta on haastava tehdä tasalaatuisia puustoa, ja poistettaviksi luokiteltavia puita on runsaasti. Täten kasvamaan jätettäviä puita on vaikea valita.
- Haastatellut totesivat, etteivät käytettävä korjuukalusto ja asetettu hakkuukertymätavoite juurikaan vaikuta harvennusvoimakkuuteen.



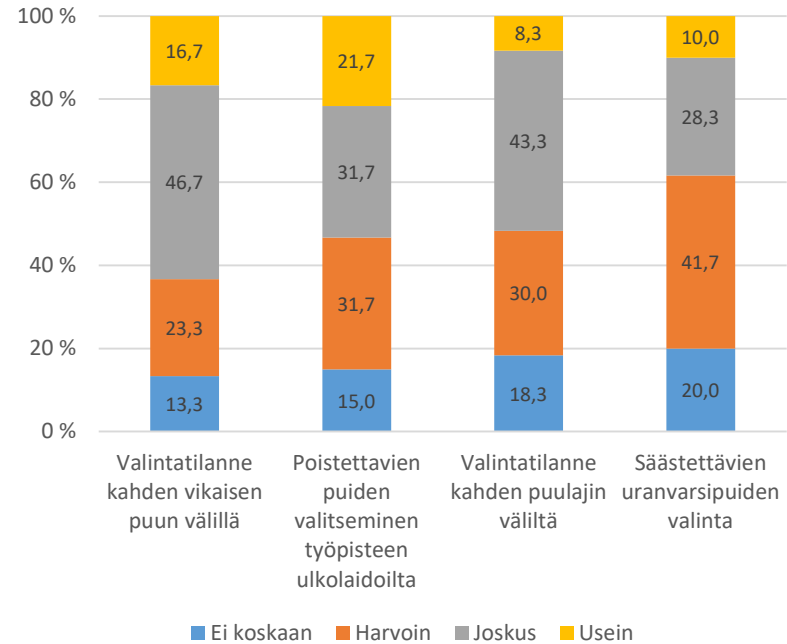
Harvennusvoimakkuuden seurantaan tarkoitetun sovelluksen käyttö?

- Haastatelluista kuljettajista 88 % totesi, että käyttäisi sovellusta, jolla voisi seurata harvennusvoimakkuutta, jos sellainen avustava sovellus olisi tarjolla.
- Haastatelluista kuljettajista yli puolet (51 %) koki puuvalinnan avustuksen hyödylliseksi, jos siihen olisi olemassa avustava järjestelmä.
- Puuvalintaa avustavasta järjestelmästä koettiin olevan hyötyä yhtä lailla ensiharvennuksilla kuin myöhemmillä harvennuksilla.



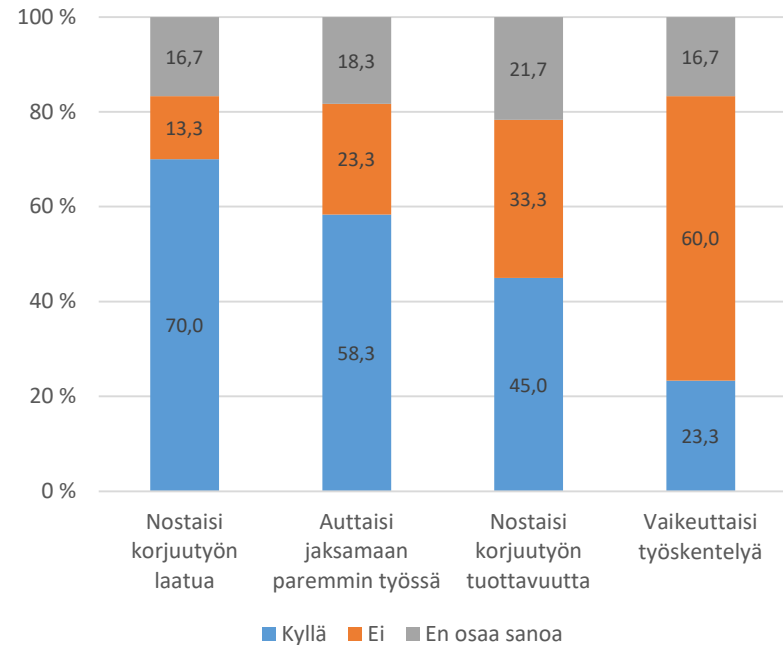
Tilanteet, joissa tieto poistettavista puista olisi hyödyllistä

- Valintatilanne kahden vikaisen puun välillä koettiin hienoisesti merkittävimmäksi tilanteeksi, johon kaivattiin päätöstukea avustavasta järjestelmältä.
- Toiseksi merkittävämmäksi arvioitiin poistettavien puiden valitseminen työpisteiden ulkolaidoilta.
- Kahden puulajin välillä tehtävää valintaa tai ajouranvarsipuiden valintaa ei koettu kovinkaan vaikeiksi valintatilanteiksi.
- Muista valintatilanteista puihin liittyen haastatellut mainitsivat huonon näkyvyyden haasteet sekä rajojen sijainnin hahmottamisen vaikeuden.



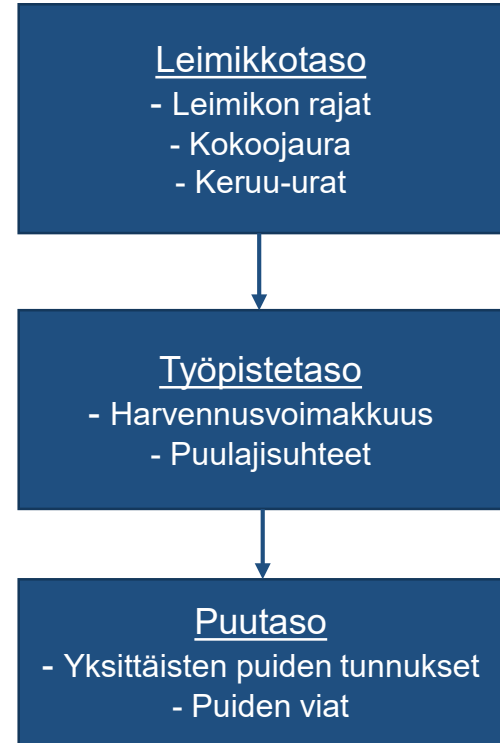
Mitä vaikutuksia puuvalintaa avustavalla järjestelmällä olisi?

- Haastatellut kuljettajat arvioivat, että puuvalintaa avustavalla järjestelmällä olisi lähinnä positiivisia vaikutuksia hakkuutyöhön: järjestelmä nostaisi korjuutyön laatua ja tuottavuutta sekä auttaisi työssäjaksamisessa.
- Haastatteluissa esille nousseiden kommenttien perusteella puuvalintaa avustava järjestelmä ei saisi aiheuttaa hakkuukoneen kuljettajan ja järjestelmän välille ristiriitatilanteita, jolloin kuljettajan kuormittavuus ja hakkuutyön ajanmenekki todennäköisesti kasvaisivat.



Kuljettajaa avustavan järjestelmän piirteitä

- Leimikkotasolla tieto korjuukohteen rajoista ja ajouraverkoston suotuisesta sijainnista olisi hyödyllistä.
- Työpistetasolla kuljettajaa avustavan järjestelmän tulisi kertoa harvennusvoimakkuudesta.
- Puutasolla keskeisintä olisi saada ihmissilmää tarkempi, kattava tieto yksittäisten puiden laatuviosta, toisin sanoen tieto kuljettajalle katveessa olevista viosta.
- Tieto elävän latvuksen osuudesta puun kokonaispituudesta olisi myös hyödyllinen.
- Jäävän puuston tasaista tilajärjestystä ei nähty tutkimuksessa niin tärkeäksi kuin oletettiin.



Lopuksi

- Kuljettajan suorittama puuvalinta harvennuksella on hyvin monesta eri tekijästä, mukaan luettuna kuljettajan työskentelytavat, koostuva lopputulema.
- Sen sijaan että kuljettajaa avustava järjestelmä kertoisi kuljettajalle vain yksittäisten puiden jättämisen tai poistamisen, tärkeämpää olisi kattava tiedon tuottaminen yksittäisten puiden laadusta ja harvennusvoimakkuudesta.
- Tämän laatutiedon pohjalta kuljettaja voisi tehdä lopulliset puuvalinnat ja sopivan voimakkaan harvennuksen.
- Nykytekniikalla riittävän tarkan ja kustannustehokkaan laatutiedon tuottaminen yksittäisistä puista on kuitenkin haasteellista vielä lähitulevaisuudessa.
- Seuraava merkittävä kehitysaskel olisi laatutietoa hyödyntävä tekoälyyn pohjautuva järjestelmä, joka oppisi työskentelyn aikana kuljettajan tekemien valintojen kautta kuljettajan työtavat ja tavoitteet kyseisellä hakkuukohteella, jolloin automaattinen puukohtainen avustaminenkin mahdollistuisi.



Kirjallisuus

Inget, S. 2020. Hakkuukoneen kuljettajaa opastavien järjestelmien mahdollisuudet harvennushakkuilla. Lapin ammattikorkeakoulu, Metsätalouden koulutus, Opinnäytetyö. 71 s.

Kasper, J. 2019. Kuljettajan puuvalintaa opastavan järjestelmän hyötypotentiaali harvennushakkuilla. Karelia-ammattikorkeakoulu, Metsätalouden koulutus, Opinnäytetyö. 77 s.

Kokkarinen, J. (toim.) 2012. Koneellinen puunkorjuu – hallitusti hyvään tulokseen. Metsäteho Oy. 111 s.

Palander, T., Eronen, J., Peltoniemi, N., Aarnio, A., Kärhä, K. & Ovaskainen, H. 2019. Improving a stem-damage monitoring system for a single-grip harvester using a logistic regression model in image processing. Biosystems engineering 180: 36-39.

Vahtila, M. 2019. Poistettavien puiden etukäteisvalinnan vaikutus hakkuun tuottavuuteen ja laatuun koneellisessa harvennushakkuussa. Helsingin yliopisto, Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta, Metsätieteiden laitos, Pro gradu -tutkielma. 111 s.

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.