

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Metsätalouden koulutus

Joonas Kasper

KULJETTAJAN PUUVALINTAA OPASTAVAN JÄRJESTELMÄN
HYÖTYPOTENTIALIAALI HARVENNUSHAKKUILLA

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2019



OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2019
Metsätalouden koulutus

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
+358 13 260 600 (vaihde)

Tekijä
Joonas Kasper

Nimeke
Puuvalintaa opastavan järjestelmän hyötypotentiaali harvennushakkuilla

Toimeksiantaja
Stora Enso Metsä

Tiivistelmä

Koneellisen hakkuun yksikkökustannukset vaihtelevat merkittävästi hakkuutavoittain, ja ensiharvennuksen kustannus on jopa kaksinkertainen avohakkuuseen verrattuna. Harvennushakkuu on myös avohakkuutyötä hitaampaa ja vaurioalttiimpaa. Tästä syystä etenkin kuitupuuta ostavat tahot pyrkivät löytämään keinoja harvennushakkuiden korjuukustannusten ja ajanmenekin minimoimiseksi. Puuvalinnan on todettu olevan hakkuukoneenkuljettajan haastavimpia työtehtäviä harvennushakkuilla. Peräti 12 % tehotyöajasta kuluu ensiharvennuksilla puuvalintaan. Puuvalinnan onnistuminen vaikuttaa saatuihin puutavaralajeihin, kasvatettavan puuston laatuun ja korjuujälkeen.

Työn tarkoituksena oli kartoittaa hakkuukoneenkuljettajien päätöstuen tarvetta harvennushakkuilla. Työssä selvitettiin myös, miten kuljettajat tekevät puuvalintaa ja mitä ongelmia siihen liittyy niin olosuhteiden kuin muidenkin leimikkotekijöiden osalta. Tutkimuksessa käytettiin sekä määrällisen että laadullisen tutkimuksen menetelmiä. Haastatteluiden pohjana käytettiin strukturoitua haastattelulomaketta, ja kuljettajien omia havaintoja kirjattiin haastatteluiden edetessä.

Haastatteluihin osallistui yhteensä 30 hakkuukoneenkuljettajaa Itä-Suomen hankinta-alueelta. Haastatteluiden perusteella puuvalinnassa esiintyy haasteita etenkin havupuuvältaisissä metsissä, joissa on monia näkyvyyteen vaikuttavia tekijöitä. Lisätietoa kaivattiin etenkin rungon yläosasta ja latvuksesta. Tulosten perusteella puuvalinnan opastukselle olisi tarvetta etenkin ensiharvennushakkuissa.

Kieli
suomi

Sivuja 74
Liitteet 1
Liitesivumäärä 3

Asiasanat
Harvennushakkuut, hakkuukoneenkuljettajat, päätöstuki



THESIS
April 2019
Degree Programme in Forestry

Karjalankatu 3
FI 80200 JOENSUU
FINLAND
+358 13 260 600 (vaihde)

Author
Joonas Kasper

Title
Potential of Harvester Operators Guiding Systems in Thinnings
Commissioned byⁱ
Stora Enso Forest

Abstract

Harvester cutting costs vary significantly between clear cuttings and thinnings. The difference in costs in first thinning is twice as high compared to clear cuttings costs. Thinning is also slower and more risky to trunk damages compared to clear cutting. That is why especially pulp wood using organisations try to find solutions to minimize costs and time consumptions in thinnings. The choice of removing tree is one of the most difficult tasks in thinnings. 12% of harvester drivers effective working time goes to choosing of removing tree. Success of the right decision effects to cutting the log, the quality of remaining trees and thinnings marks.

The purpose of this study was to survey harvester operator's needs of decision support in thinnings. The purpose was also to examine, how harvester operators choose removing trees, what problems are common as well as what conditions affect to the removing tree process. Both quantitative and qualitative methods were used in this thesis. The base of interviews was structured as an interview form, and harvester operators own comments were written down as the interview went on.

30 harvester operators were interviewed, in Eastern Finland's wood supply area. Based on the interviews there are many problems in choosing of removed tree especially in coniferous forests which contain many different visibility problems. The need of additional information was big when looking upper parts of trunk and crown. Judging by the results, the need of drivers guiding systems is big especially on first thinnings.

Language
Finnish

Pages 74
Appendices 1
Pages of Appendices 3

Keywordsⁱⁱ
thinnings, harvester operators, decision support

Sisältö

1	Johdanto.....	6
2	Harvennushakkuut.....	7
2.1	Harvennusten tavoitteet.....	7
2.2	Ensi- ja myöhemmät harvennukset.....	8
2.3	Harvennustavat.....	9
2.4	Alaharvennus.....	10
3	Koneellinen harvennustyö.....	10
3.1	Yleistä harvennustyöstä.....	10
3.2	Hakkuukoneenkuljettajan työympäristö	11
3.3	Koneellisen puunkorjuun suunnittelun tasot	11
3.4	Metsäkoneenkuljettajan työpiste.....	12
3.5	Työmallit	13
4	Puupalinta ja siihen vaikuttavat tekijät.....	15
4.1	Puupalinnan kriteerit	15
4.2	Puupalinta ja korjuujälki	17
5	Päätöksenteon järjestelmät.....	18
5.1	Yleisesti päätöksenteosta	18
5.2	Sovellutukset metsätaloudessa	20
6	Opinnäytetyön tavoite	21
7	Menetelmävalinta ja analyysi	22
7.1	Työssä käytetyt tutkimusmenetelmät.....	22
7.2	Ennakovalmistelut.....	23
7.3	Aineistonkeruu.....	23
7.4	Kyselylomake.....	24
8	Tulokset	25
8.1	Ikä- ja työkokemusjakauma	26
8.2	Vuoden 2018 hakkuumäärä ja harvennusten osuus.....	28
8.3	Ennakkoleimatulla kohteella työskentely	30
8.4	Poistettavan puun valinta.....	31
8.5	Poistettavien puiden havainnointi	33
8.6	Poistettavien puiden ominaisuudet	34
8.7	Puun havainnointi	39
8.8	Puupalintaa vaikeuttavat olosuhteet	40
8.9	Kuljettajan tarvitsema lisäinformaatio	44
8.10	Haastavimmat puun ominaisuudet.....	48
8.11	Harvennusvoimakkuuteen vaikuttavat tekijät.....	50
8.12	Poistettavien puiden osoittaminen kuljettajille.....	55
8.13	Puupalinnan opastuksen vaikutukset hakkuutyöhön.....	59
8.14	Puupalinnan opastuksen potentiaali harvennuksittain	61
9	Pohdinta.....	63
9.1	Puupalinnan periaate harvennushakkuilla	64
9.2	Laatu ja puun elinkelpoisuus.....	65
9.3	Näkyvyysongelmat puupalinnassa.....	66
9.4	Lisäinformaatio havupuuvaltaisissa metsissä	67
9.5	Laatuvikojen ja sairauksien automaattinen tunnistus.....	68
9.6	Kuljettaja ja metsän tila harvennusvoimakkuudessa.....	68
9.7	Harvennusvoimakkuuden seuranta	70
9.8	Puupalintaa opastavan järjestelmän potentiaali	70

9.9	Opastavan järjestelmän suunnittelun lähtökohdat	72
9.10	Tulosten luotettavuus ja jatkotutkimukset	73
9.11	Lopuksi	74
Lähteet		

Liitteet

Liite 1 Haastattelulomake

1 Johdanto

Vuonna 2016 Suomessa hakattiin puuta 70,3 miljoonaa kiintokuutiometriä. Arvioitu hakkuupinta-ala oli noin 653 000 ha, joista 135 000 ha oli ensiharvennuksia ja 306 000 ha muita harvennuksia. Yksityismetsistä pystykaupoilla hakatusta ainespuusta 4 % tuli ensiharvennuksilta, 27 % harvennuksilta ja 68 % uudistushakkuilta. (Luke 2017, 51 - 54.) Metsäteollisuuden käyttöön menevästä puusta noin 30 % tulee siis harvennuksilta. Kasvatushakkuiden osuutta voidaan näin ollen pitää varsin merkittävänä puuntulolähteenä. Harvennusten ainespuu on pääasiassa kuitupuuta, joten etenkin sellutehtaille harvennuspuu on tärkeä osa raaka-aineen hankintaa.

Ensi- ja harvennushakkuiden korjuun yksikkökustannukset kiintokuutiometriä kohti ovat huomattavasti päätehakkuun kustannuksia suuremmat. Suoritettava hakkuutyö on myös avohakkuutyötä hitaampaa. (Metsäteho 2018.) Tästä syystä kuitupuuta käyttävät teollisuudenalat ja sitä ostavat tahot pyrkivät löytämään keinoja harvennushakkuiden korjuukustannusten ja ajanmenekin minimoimiseksi.

Työn tarkoituksena oli kartoittaa metsäkoneenkuljettajien mahdollista tarvetta päätöstuelle ensi- sekä myöhemmillä harvennuksilla. Työssä kartoitettiin hakkuukoneenkuljettajan puuvalintaan vaikuttavia tekijöitä ja tilanteita sekä poistettavan puun ominaisuuksia, joiden tunnistus kaipaisi päätöstuellista automatiikkaa. Työssä tutkittiin myös ensiharvennuksen ja myöhemmän harvennuksen päätöksenteon mahdollisia eroja sekä sitä tukevien järjestelmien hyötypotentiaalia molemmissa hakkuissa.

Työ rajattiin käsittelemään tasaikäisrakenteisessa metsässä tapahtuvia alaharvennuksia kesä- ja talviolosuhteissa. Työstä rajattiin pois yläharvennus sekä systemaattiset harvennukset, joissa puuvalintaa ei tehdä puun laadullisten ominaisuuksien perusteella.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Stora Enso Metsä. Metsä on osa Stora Enso - konsernia, ja se toimii Wood Supply Finland - divisioonan alla. Stora Enso Metsä koostuu kolmesta hankinta-alueesta, pohjoisesta, itäisestä ja eteläisestä hankinta-alueesta. Jokainen hankinta-alue koostuu neljästä hankintatiimistä. Stora Enso metsä harjoittaa aines- ja energiapuukauppaa sekä metsäpalveluiden myyntiä. (Stora Enso Metsä 2018a.) Yhtiö hankkii puutavaraa omille sahoille sekä sellu- ja kartonkitehtaille. Toimitusmäärä vuosittain on noin 22 miljoonaa kiintokuutiometriä. (Stora Enso Metsä 2018b.)

2 Harvennushakkuut

Harvennushakkuilla on suomalaisessa metsätaloudessa suuri merkitys niin metsänomistajien kuin puuta käyttävien teollisuuden alojenkin kannalta. Karkeasti yksityismetsien pystykaupoista ensiharvennuksilta hakattiin puuta 1,4 miljoonaa kiinto – m³ ja harvennuksilta 9,1 miljoonaa kiinto – m³. Metsänomistajan kannalta harvennukset ovat merkittävä tulonlähde ja harvennushakkuiden osuus nettotuloista onkin todettu olevan tuoreen kankaan männiköissä hieman alle 40 % (Hynynen, Valkonen & Rantala 2005, 74 - 75). Harvennushakkuiden merkitystä etenkin kuitupuun korjuuta ajatellen voidaan pitää merkittävänä.

Pesosen ja Hirvelä mukaan (1993, 5 - 7) harvennusmetsät voidaan luokitella niiden keskitunnustensa perusteella. Keskitunnuksia ovat esimerkiksi puuston ikä, pituus ja keskiläpimitta. Harvennushakkuut ovat olennainen osa metsätalouden kannattavuutta, sillä ne nopeuttavat metsikön tuottoarvon kehitystä. (Pesonen & Hirvelä 1993, 8.)

2.1 Harvennusten tavoitteet

Harvennushakkuiden tavoitteet voidaan jakaa metsänhoidollisiin ja taloudellisiin päämääriin. Harvennuksilla tavoitellaan välittömiä puunmyyntituloja, ja toisaalta

metsää tulisi käsitellä sen verran kevyesti, ettei suuria kasvutappioita pääse syntymään ja metsikkö ei altistu ylimääräisille lumi- tai myrskytuhoille. (Huuskonen, Hynynen & Valkonen 2014, 68-69.) Etenkin pieniläpimittaisissa leimikoissa hakkuun kannattavuus kärsii, ja tätä yritetään usein kompensoida harventamalla metsää voimakkaammin. Tämä taasen syö tulevien hakkuiden puunmyynti tuloja. Toisaalta myöhäistetty ensiharvennus lisää hakkuun kertymää (Pesonen & Hirvelä 1993, 119). Napit vastakkain ovat hakkuuta tekevän urakoitsijan kannattava harvennustyö, ainespuuta ostavan yrityksen mitta- ja laatuvaatimukset, sekä metsänomistajan tavoitteet. Näiden osapuolten välille hakkuutyötä tekevä kuljettaja pyrkii löytämään kompromissin.

Taloudellisesta näkökulmasta tarkasteltuna harvennushakkuut lisäävät metsätalouden kannattavuutta aikaistamalla puunmyyntituloja kiertoajan aiempiin kehitysvaiheisiin (Hynynen ym. 2005, 74-75). Harvennushakkuiden taloudellinen kannattavuus korostuu etenkin myöhemmillä harvennuksilla, jolloin hakkuissa saadaan myös kuitupuuta arvokkaampaa tukkia (Huuskonen ym. 2014, 82).

Harvennusten metsänhoidollinen näkökulma nousee ykkösprioriteetiksi etenkin ensiharvennuksilla, jolloin hakkuista saatava tuotto jää usein kiertoajan kokonaistuottoa ajatellen pieneksi (Hynynen, Hökkä, Niemistö, Valkonen, 1997 65; Huuskonen ym. 2014 S.81). Harvennushakkuiden metsänhoidollisena tavoitteena on parantaa metsikön kokonaistilaa. Harvennusten takia valon määrä metsikössä lisääntyy, ja kilpailu vedestä ja ravinteista vähenevät. Tämä lisää erityisesti puuston järeykskasvua merkittävästi. Tilannetta kutsutaan harvennusreaktioksi, ja se näkyy puulajista riippuen usean vuoden aikajänteellä. (Huuskonen ym. 2014, 77.)

2.2 Ensi- ja myöhemmät harvennukset

Suomalaisessa metsätaloudessa harvennukset jaetaan karkeasti ensi- ja myöhempiin harvennuksiin (Hynynen ym. 2005, 73). Harvennuskertoja voi olla tavoitteista, puulajista ja kasvatustavasta riippuen 1 - 3 (Tapio 2014, 94).

Ensiharvennus on ensimmäinen ainespuuta tuottava kasvatushakkuu. Hakkuussa tavoitteena on jättää tilajärjestykseltään mahdollisimman tasainen ja hyvälaatuinen puusto tulevia hakkuita ajatellen. (Tapio 1997, 68.) Harvennusvoimakkuus ilmaistaan pohjapinta-alan sijaan jäävän puuston runkolukuna, joka on Väli-Suomessa männyllä 900 - 1 100 runkoa/ha, kuusella 900 - 1 100 runkoa/ha ja rauduskoivulla 700 - 800 runkoa/ha (Tapio 2013, 20).

Ensiharvennus tulisi tehdä ennen kuin puun latvukset ehtivät supistua liikaa. Elävän latvuksen osuus tulisi olla kuusella 60 %, koivulla 50 % ja männyllä 40 %. (Tapio 2014, 94 - 97.) Korjuu toteutetaan samalla tavoin, kuin myöhemmätkin harvennukset, mutta tämän lisäksi aukaistaan myöskin ajourat. Suurin osa ensiharvennuksen ainespuukertymästä tulee ajourilta ja etusektoreilta. (Ovaskainen 2012.)

Myöhemmissä harvennuksissa taloudelliset päämäärät korostuvat ja hakkuun ajoitus on ensiharvennusta joustavampaa (Metsäntutkimuslaitos 1997, 69). Harvennustarve ja -voimakkuus ilmaistaan Tapion harvennusmalleilla. Harvennusmallit ovat kompromissi riittävän hakkuukertymän ja metsänhoidollisten tavoitteiden välillä (Huuskonen ym. 2014, 82).

2.3 Harvennustavat

Huuskonen ym. (2014, 79) mukaan harvennusta voidaan pitää menetelmänä, jolla poistettavat puut valitaan. Harvennus voi olla joko valikoivaa tai systemaattista. Harvennustavan valinta on metsänomistajalta merkittävä toimenpide, koska sillä voi olla vaikutuksia tulevien hakkuiden tuottoihin (Lilleberg 1995).

Systemaattisissa harvennuksissa puuvalinta ei määräydy puuston laadullisten ominaisuuksien perusteella, vaan tietyn etäisyyksien tehtyihin puurivien poistoihin (Huuskonen ym, 2014, 79; Huuskonen ym. 1997 3). Tällaisia harvennustapoja ovat peltometsissä suoritettavat riviharvennukset, sekä käytäväharvennus (Huuskonen ym. 2014, s.79).

Valikoivassa harvennuksessa valinta keskittyy puun laadullisiin ominaisuuksiin, joita ovat esimerkiksi terveen latvuksen osuus, lenkous ja oksaisuus. Valikoivia harvennustapoja ovat ala - ylä - sekä ensiharvennusmänniköissä suoritettava laatuharvennus. (Siren 1997, 38 - 39.) Valikoivissa harvennuksissa puuvalinta perustuu kuljettajan hakkuilla tehtävään päätöksentekoon.

2.4 Alaharvennus

Alaharvennus on harvennustavoista yleisin, koska se sopii kaikenikäisiin kasvatusemetsiin puulajista riippumatta. Ylitiheissä metsissä sitä pidetäänkin ainoana vaihtoehtona. (Huuskonen ym. 2014, 79; Hynynen ym. 1997, 66.)

Alaharvennus kohdistuu alimpien latvuserrosten puihin, sekä teknisesti heikko- ja laatuosiin ja sairaisiin pää- ja lisävaltapuihin (Hynynen ym. 1997, 66). Säästettäväksi puiksi kelpaavat laatuominaisuuksiltaan ja elinvoimaisuudeltaan parhaat puuyksilöt pää- ja lisävaltalatvuserroksissa. Alaharvennuksen ensisijaisena tavoitteena on lisätä puun järeyskasvua ja maksimoida tukkipuun määrää seuraavilla hakkuilla. (Huuskonen ym. 2014, 79.)

3 Koneellinen harvennustyö

3.1 Yleistä harvennustyöstä

Koneellinen hakkuutyö on vallannut alan perinteiseltä metsurintyöltä käytännössä kokonaan ja koneellisen hakkuiden osuus olikin vuonna 2017 jo 99,9 % (Metsäteho 2017). Koneellisen harvennustyön edellytykset muodostuvat kuljettajan ammattitaidosta, riittävästä kokonaistuotoksesta, poistettavan puuston keski-järeystasosta, sekä hakattavan alueen koosta (Heinilä 2018, 26).

Yleisimmät koneellisesti tehtävät hakkuut ovat ensiharvennus, harvennus ja avohakkuu. Ensiharvennuksilla tehtävä työ on näistä kallein työlaji, ja sen yksikkökustannukset kiinto – m³ kohden vuonna 2017 olivat 16,8 €/m³. Vastaava kustannus oli myöhemmillä harvennushakkuilla 13,7 €/m³ ja uudistushakkuilla 8,1 €/m³. Ensiharvennuksen korjuukustannukset ovat siis lähes kaksinkertaiset uudistushakkuihin nähden. (Metsäteho 2018.)

3.2 Hakkuukoneenkuljettajan työympäristö

Koneellisen hakkuutyön vallatessa alan metsurityöltä hakkuukoneenkuljettajan toimenkuva ja vastuu ovat muuttuneet merkittävästi. Yksi työntekijä hoitaa hakkuutyön prosessin aina puunkaadosta puutavaralajikasojen lajitteluun. Hakkuukoneenkuljettaja on vastuussa sekä laadukkaasta että turvallisesta hakkuutyöstä. (Väätäinen, Ovaskainen, Ranta, Ala-Forssi 2005, 11.)

Työskenneltäessä harvennuksilla hakkuu-urakoitsija vastaa monesta korjuujälkeen vaikuttavasta tekijästä. Ajourien suunnittelu, puuvalinta ja ympäristön huomiointi vaatii kuljettajalta lujaa ammattitaitoa ja hyvää kognitiivista ajattelukykyä. (Väätäinen ym. 2005, 11.)

Fyysisen kuormituksen vähennyttyä kuljettajan psyykinen kuormitus on lisääntynyt merkittävästi (Kariniemi 2006, 7). Automatiikan aiheuttama informaatiotulva ja toistuvat päätöksenteko tilanteet aiheuttavat kuljettajille lisääntyvää stressiä (Hakkila ym 1989, Väätäinen ym. 2005 13 mukaan). Työskentely harvennushakkuilla tapahtuu korkealla intensiteetillä, joka syö kuljettajan resursseja ajattelulta ja työn suunnittelulta (Kariniemi 2003, Väätäinen ym. 2005 mukaan).

3.3 Koneellisen puunkorjuun suunnittelun tasot

Ovaskaisen (2012) mukaan koneellisen puunkorjuun suunnittelu voidaan jakaa kolmelle eri tasolle:

- 1) Leimikkotaso
- 2) Työnäkemätaso
- 3) Työpistetaso

Leimikkotaso eli niin sanottu strateginen taso kuvaa koko leimikkokohtaista hakkuutyön suunnittelua. Leimikkotason suunnitteluun kuuluvat hakkuutyössä korjuulohkojen, ajourien sekä varastopaikkojen suunnittelu. (Ovaskainen, 2012.)

Työnäkemätaso käsittää korjuutyösuunnittelun keskimmäisen tason. Se pitää sisällään kaiken työnäkemäalueella tapahtuvan toiminnan. Työnäkemätasolla pyritään työskentelemään alueella, joka kattaa 3-5 tulevaa työpistettä tämän hetkestä työpisteestä katsottuna. Tällä pyritään ennakoidusti huomioimaan työpisteiden vaikutus toisiinsa nähden. (Ovaskainen 2012.) Työnäkemäalueen hallinta on ensiarvoisen tärkeää korjuun tehokkuuden kannalta, ja monesti tuottavimmat kuskit suunnittelevatkin seuraavalla työpisteellä tapahtuvaa toimintaa jo aiemman työpisteen loppusuoralla (Väätäinen ym. 2005, 74)

Työpistetasolla kuljettaja keskittyy yksittäisellä työpisteellä tapahtuvaan toimintaan. Työpisteellä suoritetaan puuvalinta, hakkuulaitteen vienti, rungon kaato ja prosessointi, sekä saatujen puutavaralajien kasaus. (Ovaskainen 2012)

3.4 Metsäkoneenkuljettajan työpiste

Hakkuukoneen työskentely koostuu koneen siirroista, hakkuulaitteen viennistä, puun kaadosta ja rungon prosessoinnista (Väätäinen ym. 2005, 29). Harvennus-
hakkuilla metsäkoneen kuljettaja arvioi metsikön puustoa työpisteestä käsin. Työpiste on se paikka ajouralla, johon metsäkoneenkuljettaja pysähtyy työskentelyn ajaksi.

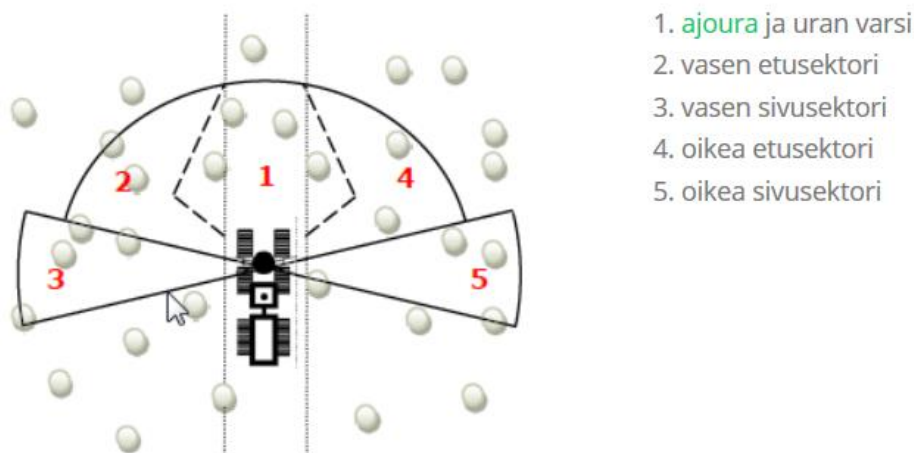
Avohakkuista poiketen harvennuksilla työpisteen paikka valitaan jäävien reunapuiden perusteella. Työskenneltäessä hakkuukoneella työpisteen keskipiste on puomin ja jalustan kohta. (Ovaskainen 2012.)

3.5 Työmallit

Metsäkoneenkuljettaja kykenee erottamaan kerralla noin 3 - 5 säästettävää puuta (Ovaskainen 2012). Kuitenkin työpisteellä havainnoitavia puuta on tätä huomattavasti suurempi määrä. Tästä syystä työpiste pyritäänkin yleensä jakamaan työmallin mukaisiin sektoreihin. (Ovaskainen 2012.) Sektorityömallissa työpiste jaetaan viiteen eri alueeseen:

- 1) ajoura ja uran reuna
- 2) vasen etusektori
- 3) oikea etusektori
- 4) vasen sivusektori
- 5) oikea sivusektori.

Sektorityömalli on harvennushakkuiden perustyömalli. Sitä käytetään paljon ensiharvennuksilla sekä runsaspuustoisissa, tasaikäisrakenteisissa metsissä. Sektorit muodostavat 220°:een työalan hakkuukoneen eteen. Näin hakkuutyö on mahdollisimman tehokasta ja kuljettaja kykenee ennakoimaan omaa hakkuutyötänsä. Etusektoreilla ja ajouraa aukaistaessa työskentelyetäisyys pidetään kahdeksassa metrissä, mutta sivusektoreilla käytetään koko puomin pituutta. Näin tavoiteltu 20 m:n ajouraväli saavutetaan. Poistettavista puista n. 80 - 90 % tulee etusektoreilta ja vain 10 - 20 % sivusektoreilta. Ensiharvennuksessa suurin osa puustosta kertyy ajouraa aukaistaessa. (Ovaskainen 2012.) Sektorityömalli on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Sektorityömalli (Ovaskainen 2012).

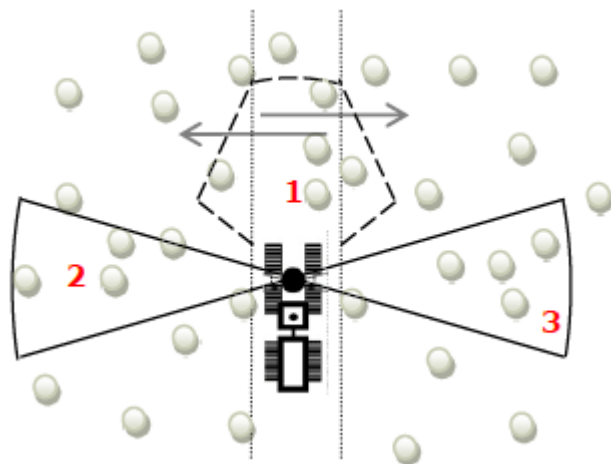
Sektorimallilla työjärjestys jaetaan neljään eri toimintavaiheeseen :

- 1) koneen sijoittaminen työpisteeseen
- 2) ajouran avaus sekä uran reunojen käsittely
- 3) toisen puolen etu- ja sivusektori
- 4) jäljelle jäänyt etu- ja sivusektori.

Sektorityömalli helpottaa puuvalinnan tekoa ja ajouran suunnittelua (Pesonen, Iittiläinen, Immonen, Jaakkola, Kariniemi, Korpilahti, Nieminen, Roininen, Strandstöm & Vartiamäki 2005, 46). Sektorityömallilla työskenneltäessä olennaisinta on systemaattisuus ja tehokas hakkuutyö. Hyvällä suunnittelulla ja ennakoivalla työllä vähennetään koneen ja kouran turhia liikkeitä. Tämä puolestaan vaikuttaa suoraan polttoaineen kulutukseen ja suoraan korjuutyön kustannuksiin. (Ovaskainen 2012.)

Mikäli harvennustyötä joudutaan suorittamaan huonosti kantavilla maapohjilla, työmallina voidaan käyttää myös sivulle päin kaatoa. Tässäkin työmallissa alue jaetaan eri sektoreihin. Erona perinteiseen sektorityömalliin on harvennustyön painottuminen koneen sivuille. Puut kaadetaan kohtisuoraan ajouraan nähden vasemmalle tai oikealle. Tämän työtavan etuna on koneen pienempi rasitus sektorityömalliin nähden. Välimatkat työpisteiden välillä on myös pienemmät. Tämä

työmalli vaatii hyvää hakkuukoneen käsittelyä, joten tätä työmallia käyttävät kuljettajat ovat yleensä kokeneempia kuljettajia. (Ovaskainen 2012.) Sivulle päin kaato – työmalli on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Sivulle päin kaato- työmalli (Ovaskainen 2012).

4 Puuvalinta ja siihen vaikuttavat tekijät

4.1 Puuvalinnan kriteerit

Puuvalinta on yksi keskeisimpiä metsäkoneenkuljettajan kognitiivisia taitoja. Puuvalinnalla vaikutetaan harvennushakkuiden korjuujälkeen, hakkuista saataviin tuottoihin sekä tuleviin puunmyyntituloihin. Puuvalinnassa hakkuukoneenkuljettaja valitsee säästettävät ja poistettavat puut asetettujen vaatimusten mukaisesti. Harvennushakkuissa puuvalinnan pääperiaatteet perustuvat poistettavan puun valintatapaan ja jäävän puuston määrään ja laatuun (Hartikainen, Hyvärinen, Airaksinen, Siren, Aholainen & Lilleberg, 1990, 2).

Harvennettaessa metsää alaharvennuksena poistettavien puiden valinta perustuu niiden laadullisiin ominaisuuksiin. Metsätehon (2018) mukaan poistettavan puun valintaan vaikuttavat kriteerit on esitetty seuraavassa järjestyksessä:

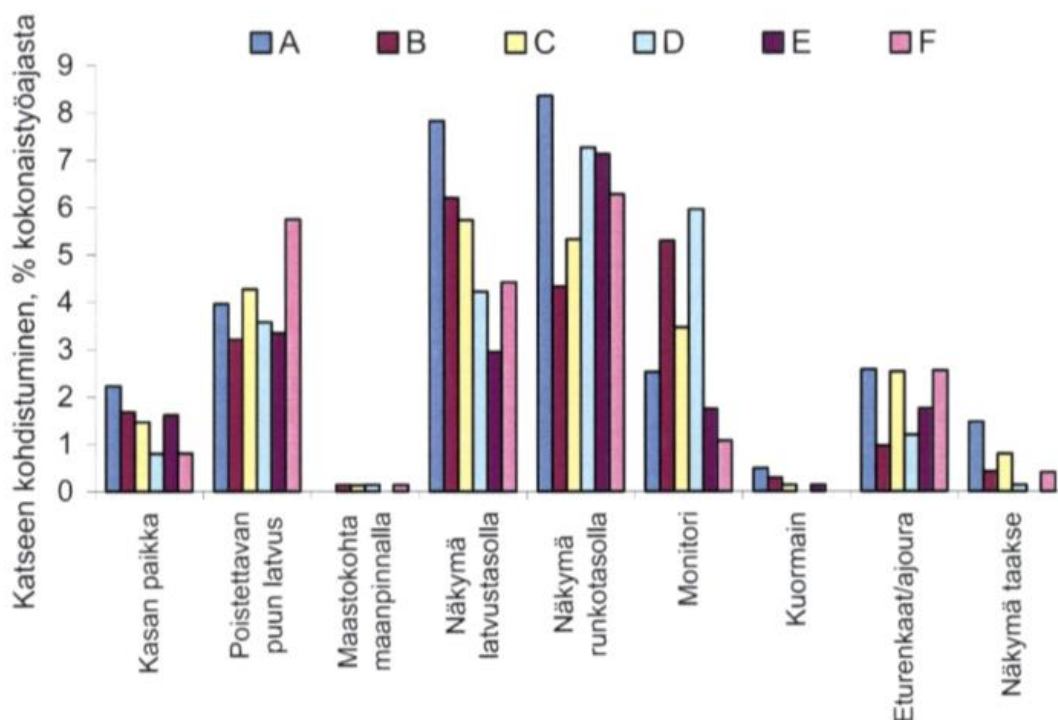
- 1) Katkennut latva tai rungon haaraisuus

- 2) Latvuksen kunto
- 3) Rinnankorkeusläpimitan suhde puun pituuteen
- 4) Laatuviat kuten rungon lenkous ja oksaisuus

Monesti poistamispäätös tehdään useamman puun ominaisuuden perusteella. (Metsäteho 2018.)

Säästettävien puiden valinnassa tulisi suosia hyvälaatuisia pää- ja lisävaltapuita, sekä monimuotoisuuden kannalta merkittäviä puita (Metsäteho 2006). Koneellisen puunkorjuun verkko-oppaan (Ovaskainen 2012) mukaan puuvalinnassa kiinnitetään huomiota tilajärjestykseen, kasvamaan jätettävien puiden mitta- ja laatuvaatimuksiin ja ennalta määritettyyn puuston harvennustiheyteen.

Poistettavien puiden valinta on todettu olevan metsäkonekuljettajan haastavin työtehtävä harvennushakkuilla (Ovaskainen 2009, 3). Väätäisen ym. (2005) tekemän tutkimuksen mukaan poistettavan puun valintaa tehdään monessa eri työvaiheessa. Eniten puuvalintaa tehdään koneen siirtämisen ja hakkuulaitteen viennin aikana. Hakkuukoneenkuljettajien katseen kohdistumat hakkuun eri vaiheissa on esitetty kuviossa 1. Väätäisen ym. (2005, 47) mukaan puuvalintaa tehtiin tiheyden, tilajärjestyksen, puuston laadun ja koon perusteella. Tutkimuksen mukaan puuvalintaan kuluu noin 12% tehotyöajasta ensiharvennuksilla. (Väätäinen ym. 2005 46.)



Kuvio 1. Katseen kohdistuman ajallinen menekki prosentteina harvennushakkuilla (Ovaskainen 2005).

4.2 Puuvalinta ja korjuujälki

Tavallisessa alaharvennuksessa hakkuukoneenkuljettaja noudattaa harvennusvoimakkuudessa Tapion harvennusmalleja (Tapio 2014, 163). Harvennusvoimakkuus on pitkälti hakkuukoneenkuljettajan omavalvonnan varassa (Poikela & Äijälä, 2006, 14). Harvennusvoimakkuuteen vaikuttavat lähtötiheyden ja puulajin lisäksi metsänomistajan tavoitteet. Etenkin ensiharvennusemissä voimakas harvennus johtaa merkittäviin kasvatappioihin metsikön tilavuuskasvussa. (Vuokila 1981, 11.)

Koneellisessa puunkorjuussa harvennusvoimakkuutta kontrolloidaan hakkuutyön omavalvonnalla ja metsäkeskuksen tekemillä tarkastuksilla. Hakkuukoneenkuljettajan omavalvontaa tehdään metsäkeskuksen omavalvontalomakkeen mukaisesti. (Metsäkeskus 2019.)

- 1) harvennusvoimakkuus on harvennusmallien mukainen
- 2) runko ja juurivaurioita alle 4 prosenttia jäävästä puustosta

- 3) urapainaumia alle 4 prosenttia ajourien pituudesta
- 4) ajouraväli yli 20m
- 5) ajourien leveys on 4,0-4,5 m

Korjuulaadun seurannassa puuvalinnan onnistuminen vaikuttaa merkittävästi hakkuutyön onnistumiseen, vaikka sen arviointiin ei ole olemassa selkeää mittaria (Littiläinen, Hyppölä, Kariniemi, Nieminen, Poikela, Ranta, Roininen, Rumpunen, Tolonen & Äijälä. 2003, 14). Hyvänä nyrkkisääntönä voidaan kuitenkin pitää sairaiden ja vioittuneiden puuyksilöiden poistoa, ja kasvatettavassa puustossa tulee suosia hyvälaatuisia pää- ja lisävaltapuita (Siren ym. 1990).

5 Päätöksenteon järjestelmät

5.1 Yleisesti päätöksenteosta

Husun (2010, 1) Mukaan päätöksenteko voidaan mieltää toimintatavan valinnaksi, joka syntyy ajatteluprosessin tuloksena. Päätöksentekoa rajaavat kriteerit, jotka ohjaavat toimintatavan valintaa (Husu 2010, 1). Jos päätöksentekoon vaikuttaa useita kriteereitä, jotka ovat ristiriidassa keskenään, voidaan puhua monikriteerisestä päätöksenteosta (multiple criteria decision making) (Husu, 2010, 1). Monikriteerisellä päätöksenteolla ei saavuteta täydellistä ongelmanratkaisua, vaan vaihtoehtojen joukosta pyritään löytämään paras mahdollinen toimintamalli (Sikanen, Oinas & Harstela 1998, 13). Hakkuukoneenkuljettajalla tällainen tilanne on esimerkiksi poistettavan puun valinta kahden laatuviikaisen puun välillä. Päätöksentekoa voidaan tukea myös laskemalla päätöksestä aiheutuvien erilaisten lopputulosten todennäköisyydet (Sikanen ym. 1998, 16 - 17).

Kaila & Saarenmaa (1990) mukaan inhimillisen päätöksenteon ongelmia on päätösten teko subjektiivisesti ja käytettävissä olevien vaihtoehtojen punnitseminen jää usein optimiratkaisun kannalta vähäiseksi. Tämän vuoksi tietoteknisten rat-

kaisujen hyödyntäminen päätöksenteon tukena tuo monia etuja. Käsiteltävää tietoa voidaan lisätä rajattomasti ja aineistosta voidaan nostaa päätöksenteon kannalta oleellimmat muuttujat. (Kaila & Saarenmaa 1990.)

Husun (2010, 1-2) mukaan päätöksenteon tukijärjestelmä (decision support system) on tietojärjestelmätyyppi, jonka tarkoituksena on tukea monimutkaista päätöksentekoa ja ongelman ratkaisua. Kaila & Saarenmaa (1990) mukaan ”DSS on keskustelevala tietokoneperusteinen järjestelmä, joka on suunniteltu auttamaan päätöksentekijää datan, selväkielisen informaation ja ei-rakenteellisten mallien käytössä.” Päätöksenteon tukijärjestelmässä yhdistyy koneen matemaattinen suorituskyky, sekä ihmisen tuoma inhimillinen arvostelukyky. Husu (2010, 1-2) Mukaan ihannetilanne on tuottaa kohteelle maksimaalinen suorituskyky häiritsemättä päätöksentekijän (tässä tapauksessa metsäkonekuljettajan) autonomiaa. Päätöksentekoa järjestelmiin on kehitetty useita suunnittelumenetelmiä. Näitä kaikkia yhdistää ihmiskeskeinen näkökulma, jonka mukaan järjestelmästä pyritään muovaamaan käyttäjän mieltymysten ja profiilin mukainen käyttöliittymä. (Husu, 2010, 1-2.)

Päätöksentekoa tukeviin järjestelmiin voidaan lukea mukaan myös erilaiset asiantuntijajärjestelmät. Matemaattisen algoritmin sijaan asiantuntijajärjestelmä hyödyntää asiantuntijalähteestä saatua tietoa ongelmanratkaisussa. (Kaila & Saarenmaa 1990.) Kaila & Saarenmaan (1990) mukaan asiantuntijajärjestelmä koostuu yleensä seuraavista tasoista:

- 1) käyttäjäliityntä
- 2) tietämuskanta
- 3) päättelyjärjestelmä
- 4) työmuisti

Oleellimmat työkalut asiantuntijajärjestelmässä ovat tietämuskanta ja päättelyjärjestelmä. Tietämuskanta koostuu faktoista, yleistyksistä asiantuntijanäkemyksistä, ja näihin vaikuttavista säännöistä. Päättelyjärjestelmä puolestaan kehittää työsuorituksen aikana ohjelman, jolla esitetty ongelma ratkaistaan tietämuskannan sisältämien tietojen ja sääntöjen valossa. (Kaila & Saarenmaa 1990.)

5.2 Sovellutukset metsätaloudessa

Kuljettajan päätöksentekoa tukevilla järjestelmillä tarkoitetaan sellaisia toimintoja, jotka auttavat kuskaa päätöksenteko tilanteissa. Opastus voi tapahtua visuaalisesti, merkkivaloin tai tekstein. (Hall 1995, Väätäinen 2012 ym. mukaan.)

Päätöksentekojärjestelmiä sovelletaan metsätalouden saralla vielä huomattavan vähän. Toki esimerkiksi metsänomistajan tavoitteiden mukaan laadittu metsäsuunnitelma voidaan nähdä eräänlaisena päätöstuen järjestelmänä. (Tikkanen, Hokajärvi, Hujala & Lappalainen 2007 19.) Meneillään on myös tutkimushankkeita, joiden tavoitteena on selvittää päätöstukijärjestelmien perusteita ja potentiaalia metsätalouden eri sektoreilla (Hämäläinen, Holopainen, Hynynen, Jyrkilä, Rajala, Ritanen, Räsänen & Visala 2014, 236).

Päätöstukijärjestelmien käyttö on yleensä painottunut metsäsuunnittelun osaluueille. Yksi metsäsuunnittelun esimerkki päätöksentukijärjestelmästä on metsien monikäytön suunnitteluohjelmisto Monsu. Sovelluksen tarkoituksena on tuottaa käyttäjän tavoitteiden mukaisia metsänkäyttelyvaihtoehtoja. (Sikanen ym. 1998, 201.) Metsänomistajan tavoitteet pyritään mallintamaan monitavoite optimoinnin työkaluilla, ja lopputulokseen vaikuttavia muuttujia analysoidaan heuristisin menetelmin (Sikanen ym. 1998, 201). Metsätalouden päätöstukijärjestelmien keskeinen tietokantatyyppe on yleensä paikkatietojärjestelmä (Sikanen ym. 1998, 201).

Koneenkuljettajaa opastavia järjestelmiä on metsäkoneisiin jo kehitteillä. Esimerkiksi aktiivisesti työtä seuraavat ja palautetta antavat järjestelmät luokitellaan kuljettajaa opastaviksi järjestelmiksi. (Tervo 2010 Väätäinen ym. 2012 mukaan.) Edistystä opastavien järjestelmien saralla on jo tapahtunut, sillä tutkinnan alla on järjestelmiä, joka koneen hallintatietoja hyväksikäyttäen muodostetaan kuljettaja-kohtaista palautetta korjuutyön laadusta (Tervo 2010, Väätäinen ym. 2012 mukaan). Puuvalintaa opastavia järjestelmiä ei vielä hakkuukoneissa ole, vaan va-

linta perustuu kuljettajan omaan havainnointiin (Tiilikainen 2018 ,10). Metsätalouden puolella erityisesti erilaiset mallit ja simuloinnit ovat suosittuja päätöksentekoa ohjaavia järjestelmiä. Malleilla voidaan kuvata rajoitteiden valossa mahdollisia lopputuloksia. Mallit ovat yleensä yksinkertaistuksia todellisesta lähtötilanteesta, joten mallien antamia tuloksia käytetäänkin yleensä suuntaa antavana tietona. Mallit ovat kuitenkin hyvä lähtökohta päätöksentekoa rajaavien tekijöiden vaikutusten analysoinnissa. (Sikanen ym. 1998, 10-11)

6 Opinnäytetyön tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää puuvalinnassa vastaantulevia päätöksentekoon liittyviä ongelmia sekä arvioida päätöstä tukevien järjestelmien potentiaalia harvennushakkuilla. Työssä pyrittiin kartoittamaan metsäkonekuljettajan tekemää päätöksentekoa erityisesti poistettavan puun valinnassa ja löytämään siinä esiintyviä vaikeuksia sekä kesä-, että talviolosuhteissa. Opinnäytetyö kartoitti myös koneenkuljettajien omia mielipiteitä päätöksentekoa avustaville järjestelmille puuvalinnan osalta. Opinnäytetyö vastaa kysymyksiin, mitä, millaista ja kenelle.

Opinnäytetyöhön sisällytettiin sekä ensi- ja myöhemmät harvennushakkuut. Työ rajattiin koskemaan ainoastaan alaharvennuksilla tehtäviä kasvatushakkuuta. Työ palvelee Stora Enso Metsää tutkimuksena, joka kokoaa yhteen kuljettajilta saadut vastaukset ja analysoi esille nousseet havainnot. Tällä tutkimuksella pyrittiin saamaan pohjaa metsäkonevalmistajille puuvalintaa koskevan automatiikan kehittämiseen.

7 Menetelmävalinta ja analyysi

7.1 Työssä käytetyt tutkimusmenetelmät

Tässä työssä käytettiin pääosin kvantitatiivista ja osin kvalitatiivista tutkimusmenetelmää. Aineistonkeruu tehtiin strukturoidulla kyselylomakkeella haastatteleamalla hakkuukoneenkuljettajia puhelimen välityksellä. Selvitystyöhön valittiin pääosin määrällisen tutkimuksen menetelmät, koska opinnäytetyön tavoitteena on saada tarkkaan rajattua tietoa puuvalinnassa esiintyvistä haasteista. Tutkimuksen toteuttaminen pelkästään laadullisin menetelmin strukturoimattomalla tai puolistrukturoidulla haastattelupohjalla olisi ollut liian raskas. Postitse lähetettävä lomake tai selainpohjainen nettikysely ei tullut kysymykseen matalien vastaajamäärien vuoksi aiemmissa kyselytutkimuksissa. Kuljettajien vapaat kommentit kirjattiin ylös ja niistä pyrittiin löytämään kuljettajia yhdistäviä teemoja. Kommentteja analysoitiin laadullisin menetelmin.

Yleisesti kvantitatiivisilla eli määrällisillä tutkimusmenetelmillä pyritään kuvaamaan ja tulkitsemaan tutkittavaa kohdetta erilaisten tilastojen ja numeroiden avulla. Määrällisessä tutkimuksessa pyritään monesti luokittelemaan ja/tai vertailemaan tutkittavaa kohdetta. (Jyväskylän yliopisto 2015.)

Puuvalinnan opastuksen potentiaalia testataan tilastollisesti khiin neliö - testillä. Khiin neliö - testillä tutkitaan, vaikuttaako kokemus ennakkoleimatuilta kohteilta puuvalinnan tarpeellisuuteen omassa hakkuutyössä. Asteikolla 1-5 arvioitavia kysymyksiä testattiin tilastollisin menetelmin. Mitta-asteikollisista kysymyksistä nousseita tuloksia testattiin Mann Whitney- U -testillä. Testi soveltuu hyvin mielpideasteikoilla mitattuihin kysymyksiin, joissa otoskoko on pieni. Aineiston ei tarvitse myöskään olla normaalijakautunut. (Taanila, 2012.) Testeillä tutkittiin, vallitsiko vastauksissa työkokemusluokkien välillä merkitsevää eroa. Kuljettajat luokiteltiin työkokemuksen mukaan kahteen luokkaan, alle 17 -vuotta ja yli 17- vuotta hakkuukonetyötä tehneisiin. Tilastollinen testaus suoritettiin SPSS- ohjelmistolla.

Kvalitatiivisilla eli laadullisilla tutkimusmenetelmillä pyritään ymmärtämään tutkitavan kohteen laatua ja merkitystä. Yleensä laadullisessa tutkimusasettelussa tutkimukseen osallistuvat henkilöt saavat kertoa mielipiteitään ja näkemyksiään suhteellisen vapaasti. Laadullinen tutkimus voidaan mieltää myös ymmärtäväksi menetelmäksi. (Tilastokeskus 2019.)

7.2 Ennakovalmistelut

Kysely tehtiin Stora Enso Metsän Itä-Suomen alueella kolmelle työskentelevälle tähtiyrittäjälle. Aluksi opinnäytetyön tekijä kartoitti valitsemiltaan tähtiyrittäjiltä tämänhetkisen kuljettajien määrän.

Tulevasta haastattelusta ilmoitettiin sähköpostilla jokaisen yrittäjän puunkorjuuvastaaville, jotka informoivat hakkuukoneenkuljettajia joko tekstiviestitse tai suunnittelujärjestelmän kautta. Puunkorjuuvastaavat lähettivät kuljettajien yhteystiedot sähköpostiin satunnaisessa järjestyksessä. Ilmoituksessa kerrottiin työn tarkoitus, aihepiiri ja aika milloin haastattelut tullaan tekemään.

7.3 Aineistonkeruu

Aineistonkeruun lähtökohtana ovat aiheen tutkimusongelmat ja -tehtävät. Näiden perusteella valitaan työssä käytettävät aineistonkeruumenetelmät. Keskeisintä menetelmävalinnassa on tavoiteltu lähestymistapa. Tutkimusongelma määrittää pitkälti sen, miten ja millaista aineistoa halutaan kerätä. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2019.)

Ennen jokaista haastattelua kuljettajalle kerrottiin työn aihepiiri, tavoite ja tarkoitus. Näin vältettiin aiheesta eksyminen ja herätettiin kuljettajan kiinnostus. Haastattelussa luettiin kysymykset ja vastausvaihtoehdot kuljettajalle ääneen. Vastaukset kirjattiin ylös haastattelun edetessä. Haastattelija teki myös merkintöjä lomakkeeseen, kun kuljettaja toi omia näkemyksiään esille laajemmin sanallisesti.

Haastateltaviksi valittiin satunnaisesti 30:tä hakkuukoneenkuljettajaa. Tutkimuksen tavoitteena oli kuitenkin saada sekä hyvin kokeneita, että vasta-aloittaneita hakkuukoneen kuljettajia mukaan tutkimukseen. Tutkimukseen osallistuvat kuljettajat poimittiin kolmelta eri Stora Enso Metsän ostoalueelta.

7.4 Kyselylomake

Kyselylomakkeen luonnos laadittiin yhdessä Mika Vahtilan kanssa syksyn 2018 aikana. Stora Enso Metsän puolesta lomakkeen hiomiseen osallistuivat Kalle Kärhä ja metsätehon Heikki Ovaskainen. Lomake on täysin strukturoitu, mutta kuljettajien vapaita kommentteja kirjattiin kyselylomakkeen kääntöpuolelle. Kyselylomake koostui kuljettajaa koskevista taustatiedoista sekä kuudesta eri puuvaihtoa koskevasta teemasta:

1. poistettavan puun valinta.
2. poistettavien puiden ominaisuudet.
3. olosuhteiden vaikutus puuvaihtoon.
4. kuljettajan tarvitsema lisäinformaatio.
5. harvennusvoimakkuus ja siihen vaikuttavat tekijät.
6. poistettavien puiden osoittaminen kuljettajille.

Kyselylomake koostui pääasiassa mitta-asteikollisista kysymyksistä. Näissä kysymyksissä käytettiin kahdenlaisia asteikkoja. Lomakkeen kohdissa 2.1, 3,4 ja 5.1 käytettiin asteikkoa 1 - 5, jossa 1 = ei merkitystä, 2 = merkitsee vähän, 3 = merkitsee kohtalaisesti, 4 = merkitsee paljon ja 5 = merkitsee erittäin paljon. Kohta 6.2:n valittiin parhaiten kuvaava vaihtoehto väliltä ”ei koskaan, harvoin, joskus” tai ”usein”. Loppuihin kysymyksiin vastattiin kyllä, ei, en osaa sanoa -asteikolla tai lyhyesti sanallisesti.

Mitta-asteikollisissa kysymyksissä käytettiin viisiportaista Likertin asteikkoa. Asteikko soveltuu hyvin kantaa tai mielipidettä mittaaviin kysymyksiin. (Valli 2018

106.) Näin kuljettajien näkemykset kyseiseen teemaan saatiin huomioitua riittävän tarkasti. Alun pitäen Likertin asteikko oli seitsenportainen, mutta nykyisin on olemassa myös viisi- ja yhdeksänportaisia malleja (Valli 2018, 106). Jotta kuljettajien mielipiteistä saatiin mahdollisimman paljon irti, suurimmasta osasta poistettiin vastausvaihtoehto ”en osaa sanoa”. Strukturoiduilla mitta-asteikollisilla kysymyksillä pyrittiin rajaamaan tarkasti puuvalintatilanteissa esiintyviä haasteita. Strukturoitu lomake oli myös haastattelupohjaksi riittävän ohut, jotta kuljettajan mielenkiinto haastattelua kohtaan ei laimennut kyselyn edetessä. Lomaketta laadittaessa kysymysten muotoiluun kiinnitettiin huomiota etenkin puhelimen välityksellä tehtävän haastattelun näkökulmasta. Aineiston keruun tulisi olla sujuvaa, siten kysymysten oli oltava helposti ymmärrettäviä eikä liian monimutkaisesti selitettäviä. Kun kuljettaja avasi teeman aihealueita laajemmin, vapaita kommentteja ja huomioita kerättiin ylös lomakkeen kääntöpuolelle.

8 Tulokset

Haastatteluihin osallistui kolme Stora Enso Metsän tähtiyrittäjää sekä heidän aliurakoitsijansa. Lisäksi opinnäytetyöntekijä valikoi tarkoituksella yhden tuntemansa aliurakoitsijan mukaan haastatteluihin. Yrittäjä 1:n kuljettajista seitsemän saatiin haastateltua. Loput eivät vastanneet soittoyrityksiin tai eivät halunneet osallistua haastatteluun. Yrittäjä 2:n kuljettajista kahdeksan saatiin haastateltua. Loput eivät vastanneet soittoyrityksiin. Yrittäjä 3:n poimittiin 15 kuljettajaa haastateltaviksi. Kaikki ketkä vastasivat puheluun suostuivat haastateltaviksi. Haastattelut kestivät keskimäärin 24 minuuttia, nopeimpien vastatessa alle 15:ssa minuutissa. Pisimmät haastattelut venyivät jopa 47 minuuttiin, ja näistä yleensä saatiinkin paras laadullinen aineisto.

Kuljettajien taustaa koskevat kysymykset purettiin Excel – taulukkoon. Ensin aineistoa käsiteltiin ja analysoitiin yhtenä kokonaisuutena, jonka jälkeen tulokset jaettiin eri luokkiin. Olennaisinta tietoa taustakysymyksissä oli työkokemus hak-

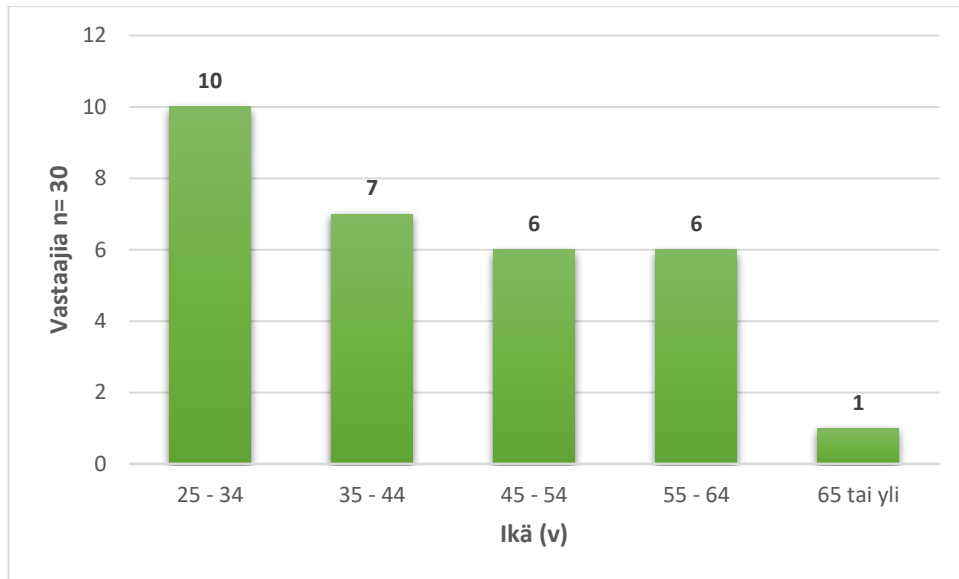
kuukonetyössä, sekä kuljettajien aiempi kokemus ennakkoleimatuista hakkuukohteista. Luokat määriteltiin saatujen tulosten matalimman ja korkeimman arvon sisälle, viiden ja kymmenen vuoden luokkavälein.

Taustakysymysten tavoin mitta-asteikolla olevat kysymykset taulukoitiin Exceliin. Saadut vastaukset järjestettiin suurimmasta pienimpään. Tuloksista laskettiin keskeisimmät tunnusluvut keskiarvo, ja -hajonta. Osassa tulokset pisteytettiin (ks. kyselylomakkeen kohta 4.2) Tulosten havainnollistamiseksi vastauksista muodostettiin pylväs- ympyrädiagrammeja. Mitta-asteikollisia tuloksia, missä vastausvaihtoehtoja on vähemmän, havainnollistettiin ympyrädiagrammein.

Kuljettajien vapaita kommentteja analysoitiin laadullisin menetelmin teemoittelemalla. Kommenttien analysoinnilla pyrittiin tarkentamaan mitta-asteikollisilla kysymyksillä saatuja vastauksia ja nostamaan esille hakkuutyössä esiintyviä poikkeustilanteita. Kuljettajien vapaat kommentit kirjattiin haastattelun jälkeen välittömästi Word - ohjelmalla, ja tekstistä pyrittiin löytämään muita kuljettajia yhdistäviä havaintoja.

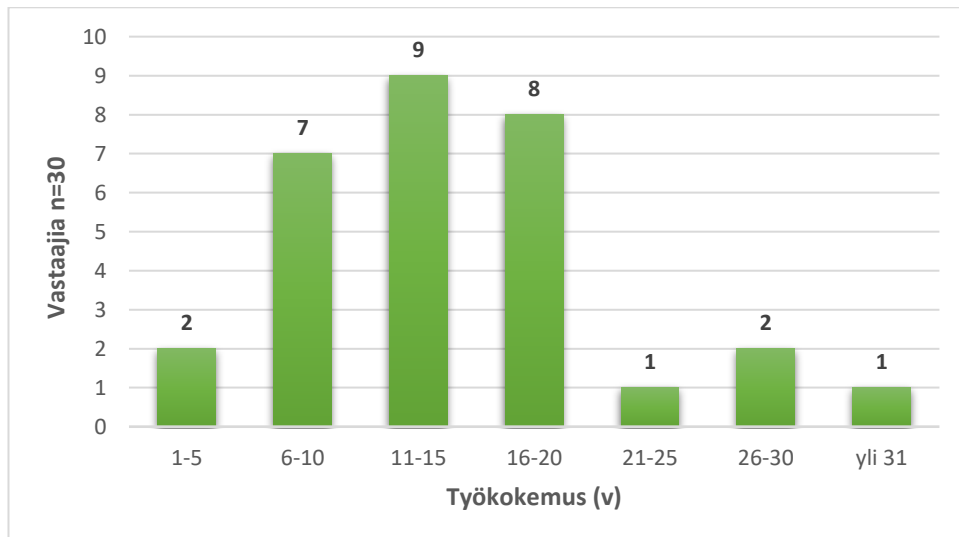
8.1 Ikä- ja työkokemusjakauma

Haastateltavien keski-ikä oli 41 vuotta. Haastateltavista nuorin oli 25-vuotias ja vanhin 65-vuotias. Vastaajista 33,3 % oli 25 - 34-vuotiaita, 23,3 % 35 - 44-vuotiaita, 45 – 54-vuotiaita 20 % ja 20 % 55 - 64-vuotiaita. Vastaajista yksi oli 65-vuotias. Vastaajien ikäjakauma on esitetty kuviossa 1



Kuvio 2. vastaajien ikäjakauma (N=30)

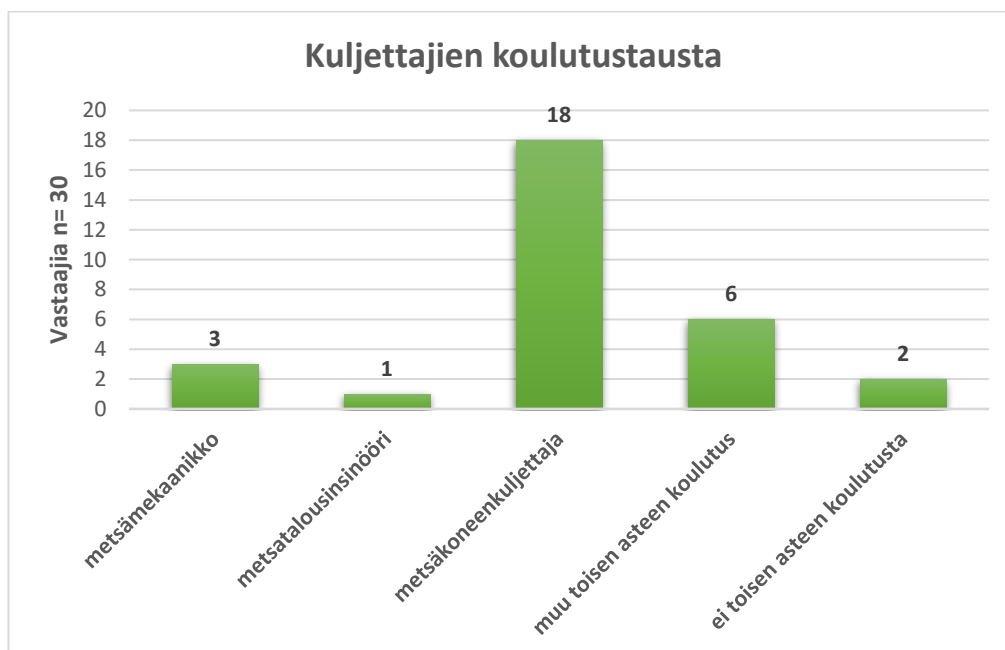
Haastateltavien työkokemus oli keskimäärin 14,7 vuotta. Haastateltavat jaettiin eri työkokemus luokkiin viiden vuoden luokkavälein. Lyhyin työkokemus oli 2,5 vuotta ja pisin työkokemus 32 vuotta. Haastateltavista 6,7 % oli tehnyt hakkuukonetyötä 1 - 5 - vuotta, 23,3 % 6 -10 vuotta, 30 % 11 - 15 vuotta, 26,7 % 16 - 20-vuotta, 3 % 21 - 25-vuotta, 7 % 26 - 30-vuotta ja 3 % yli 31 vuotta. Haastateltavien työkokemusjakauma on esitetty kuviossa 2



Kuvio 3. Haastateltavien työkokemus (N=30)

Hakkuukoneenkuljettajien koulutustaustat vaihtelivat laidasta laitaan. Haastatelluista 60 % oli saanut metsäkonekuljettajan koulutuksen Valtimon oppilaitoksessa. 10 % oli saanut metsämekaanikon koulutuksen. Tämän lisäksi he olivat

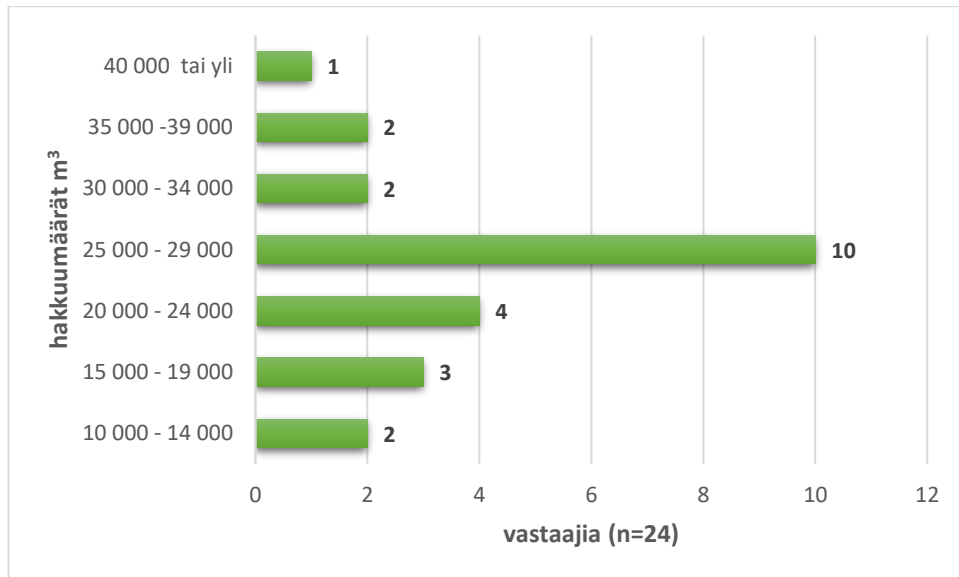
käyneet erilaisia hakkuutyöhön liittyviä kursseja. Yksi kuljettaja oli käynyt korkea-koulu tutkinnon metsätalouden linjalla. 20 % haastatelluista oli jokin muu kuin alaan liittyvä koulutus. Nämä henkilöt olivat laitosasentajia, automekaanikkoja ja talonrakentajia. Kahdella kuljettajista ei ollut toisen asteen koulutusta. Koulutustaustat on esitetty kuviossa 3.



Kuvio 4. Kuljettajien koulutustausta (N=30)

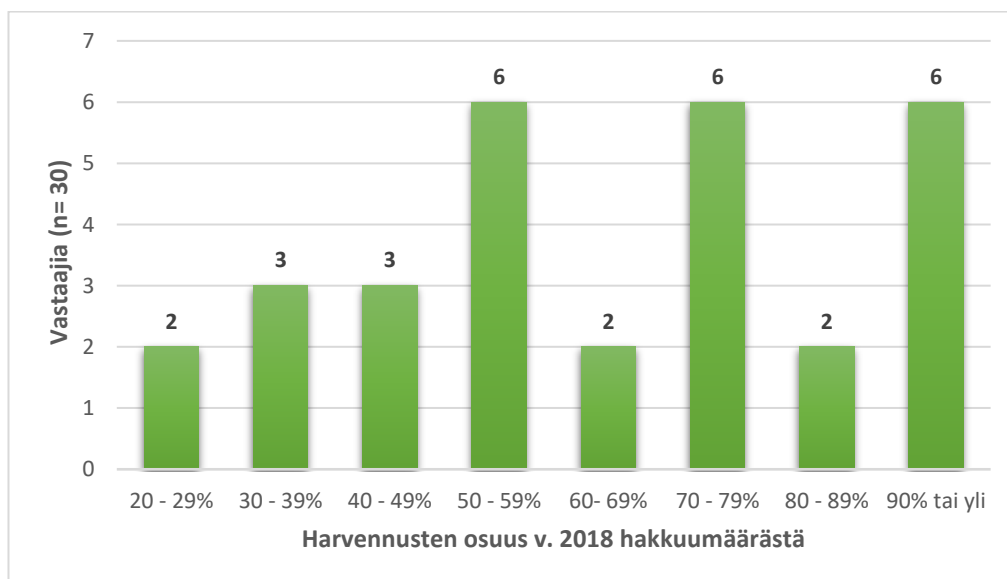
8.2 Vuoden 2018 hakkuumäärä ja harvennusten osuus

Vuoden 2018 hakkuumäärät vaihtelivat paljon, ja hajontaa lisäsi runsaslumisen talven aiheuttamat suuret lumituhohakkuut etenkin yrittäjä 3:n alueilla. Lisäksi kuusi kuljettajaa ei osannut kertoa vuoden 2018 hakkuumäärää. Keskimäärin kuljettajat hakkasivat 24 250 kiinto-m³ vuoden 2018 aikana. Vähiten hakkuita suorittaneet kuljettajat hakkasivat omien sanojensa mukaan 10 000 kiinto-m³, ja eniten 50 000 kiinto-m³. Nuo kaksi vähiten hakanneet kuljettajat kertoivat ajavansa hakkuukonetta ainoastaan talvisin, kun talvileimikoiden määrä on suuri ja hakkuu-aika on rajallinen. 63 % kuljettajista oli hakanut alle 30 000 kiinto-m³ ja 37 % yli 30 000. Hakkuumäärät on esitetty kuviossa 4.



Kuvio 5. Haastateltavien hakkuumäärät (N=24)

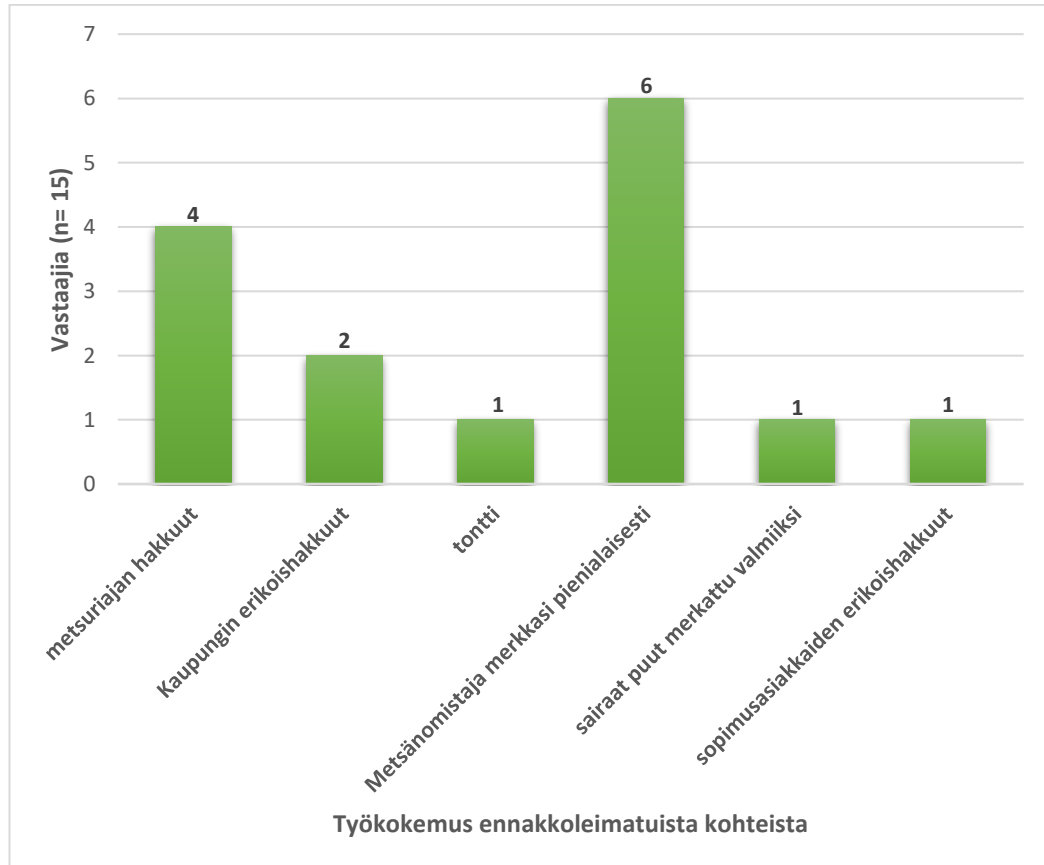
Harvennusten osuus vuoden 2018 puumäärästä vaihteli myöskin suuresti matalimman osuuden ollessa 20 % ja korkeimman 99 %. Keskimäärin hakkuumäärästä 62 % oli harvennuksilta tullutta puuta. Etenkin yrittäjä 3 mainitsi harvennusten osuuden jääneen muita vuosia pienemmäksi viime talven lumituholeimikoiden takia. 73 % kuljettajista kuitenkin oli hakannut 50 % tai yli hakkuumääränsä harvennuksilta. Harvennusluokat on esitetty kuviossa 5



kuvio 6. Harvennusten osuus vuoden 2018 hakkuumäärästä (N=30)

8.3 Ennakkoleimatulla kohteella työskentely

Haastattelussa kysyttiin, onko kuljettajalla aiempaa kokemusta ennakkoleimatulla kohteella työskentelystä. Haastattelussa pyrittiin myös selvittämään, millaista kokemusta hakkuukoneen kuljettajilla oli. Kuljettajista 50 %:la oli ainakin pienimuotoisesti kokemusta ennakkoleimatulla kohteella työskentelystä. Vanhimmissa kuljettajilla oli kokemusta metsuriajan hakkuista, jossa metsänhoitoyhdistys tai isäntä leimasi poistettavat puut. Kaksi kuljettajaa oli ollut mukana Joensuun kaupungin puisto- ja erikoishakkuissa, joissa puut oli valmiiksi leimattu. Suurin osa kuljettajista oli työskennellyt kohteella, jossa metsänomistaja oli leimannut puut pienialaisesti ikään kuin malliksi miten harvennustyö tulisi suorittaa. Yksi oli työskennellyt uudistuskypsässä männikössä, jossa tervasrosan vaivaamat puut oli merkattu. Yksi kuljettaja mainitsi sopimusasiakkaiden erikoishakkuut, kuten pylväspuiden poiston ennen varsinaista päätehakkuuta. Ennakkoleimauskohteet on esitetty kuviossa 6.



Kuvio 7. Kuljettajien kokemukset ennakkoleimatuista kohteista (N=30)

Kuljettajien kokemukset ennakkoleimatuilla kohteilla työskentelystä vaihtelivat laidasta laitaan. Kuusi kuljettajaa mainitsi työn olevan ”helppoa aivot narikkaan -toimintaa”. Ennakkoleimatulla kohteella yksi merkittävä tekijä on pois kuljettajan harteilta, joten työ koettiin vähemmän rasittavaksi. Toisaalta ennakkoleimauksessa nähtiin myös ongelmia. Neljä kuljettajaa mainitsi leimaajan ja hakkaajan näkemysten olevan usein ristiriidassa leimatuilla kohteilla. Kuljettaja olisi monesti tehnyt toisin, mitä leimaaja oli päättänyt. Yksi kuljettaja mainitsikin, että näkymä maan tasalta ja koneen hytistä poikkeavat toisistaan täysin, joten leimaus maan tasalta katsottuna nähtiin epäkäytännöllisenä.

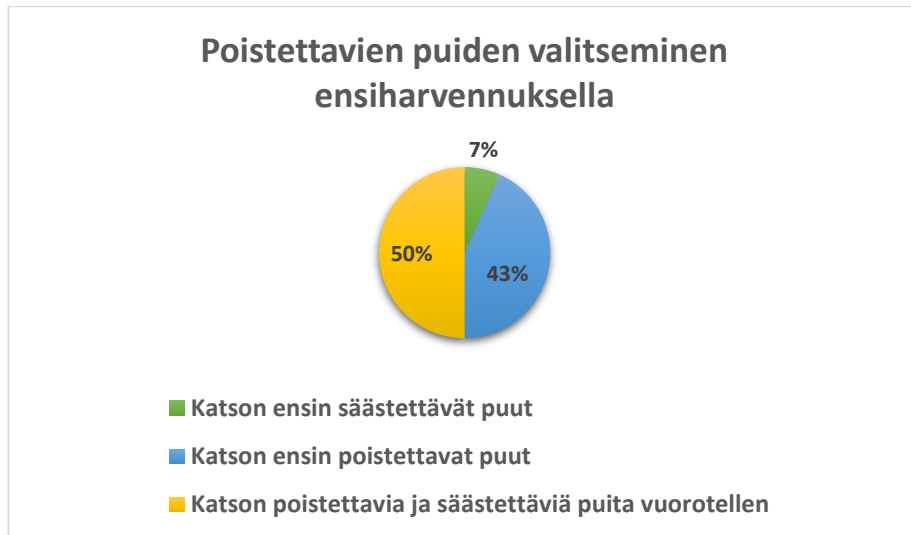
8.4 Poistettavan puun valinta

Poistettavan puun valintatapaa ja periaatteita kartoitettiin haastattelulomakkeen kysymyksellä ”miten valitset hakkuussa poistettavat puut ensiharvennuksella ja toisella harvennuksella?” Vastausvaihtoehtoina oli:

- 1) valitsen työsektorissa ensin säästettävät puut, jolloin loput ovat poistettavia puita
- 2) valitsen työsektorissa ensin poistettavat puut, jolloin loput ovat säästettäviä puita
- 3) valikoin sekä säästettäviä että poistettavia puita vuorotellen

Suurin osa kuljettajista noudatti samaa periaatetta sekä ensi- että myöhemmällä harvennuksella. Ainoastaan yksi kuljettaja mainitsi tekevänsä puuvalintaa eri tavoin harvennuksesta riippuen.

7 % kuljettajista katsoi ensiharvennuksella ensin säästettävät puut, jolloin loput ovat säästettäviä puita. 43 % katsoi ensin poistettavat ja 50 % mainitsi vuorottelevansa poistettavien ja säästettävien puiden välillä (Kuvio 7).



Kuvio 8. Puuvalinta ensiharvennuksella (N=30)

Puuvalinta myöhemmällä harvennuksella ei juurikaan poikennut ensiharvennuksella tehtävästä metodista. 10 % kuljettajista katsoi ensin säästettävät puut, 43 % katsoi ensin poistettavat ja 47 % vuorotteli poistettavien ja säästettävien puiden välillä (Kuvio 9). Avatessaan puuvalinnan periaatteita moni kuljettaja mainitsi katsovansa ensin selkeästi muusta puustosta erottuvat puut ja poistavansa ne. Tämän jälkeen katsottiin hyvälaatuisimmat puuyksilöt, joiden hyväksi harvennus tehtäisiin. Lopuksi valikoidaan jäljelle jääneistä puista poistettavat puut, jotta tiheys- ja kertymätavoite täyttyisi. Tässä vaiheessa kaikki haastateltavat mainitsivat ensisijaiseksi tavoitteekseen jättää mahdollisimman hyvälaatuinen ja tasainen puusto.



Kuvio 9. Puuvalinta myöhemmällä harvennuksella. (N=30)

8.5 Poistettavien puiden havainnointi

Haastatteluissa haluttiin tietää, missä työvaiheessa tai työvaiheissa kuljettajat tekevät yleensä puuvalintaa. Tähän kuljettajat saivat vastata vapaasti sanallisesti. kahdeksan kuljettajaa mainitsi tekevänsä puuvalintaa koko ajan avaamatta työvaihetta sen tarkemmin. Näillä kuljettajilla oli usein vaikeuksia vastata kysymykseen, koska puuvalinnan periaatetta ei oikeastaan ollut koskaan mietitty sen tarkemmin. Kuljettajat mainitsivat toiminnan tapahtuvan ”ihan itsestään, sen tarkemmin miettimättä asiaa”. Toisaalta muutama kuljettaja perusteli jatkuvaa havainnointia sillä, että puuta on katsottava mahdollisimman monesta kulmasta, jotta kasvatettavaksi kelpaamattomat puut saataisiin poistettua mahdollisimman tarkasti. Suurin osa kuljettajista noudatti sektorityömallin mukaista työmallia, tosin etenkin vanhemmat kuljettajat vastasivat tekevänsä hakkuutyötä kokemuksen tuomalla työmallilla, eivätkä jakaneet työmallia sektorityömallin mukaisiin alueisiin.

Kuljettajista 14 mainitsi tekevänsä puuvalintaa koko ajan ja erityisesti prosessoidessaan aiempaa runkoa. Muutama kuljettaja mainitsi kohdistavansa katsetaan poistettavien puiden latvoihin, kun edellisen rungon viimeinen kuitu oli katkonnassa. Yksi kuljettaja perusteli asiaa, että ”kuitua katkoessa ei oikeastaan tarvitse keskittyä, joten siinä ehtii hyvin katsella jo seuraavaa puuta”.

47 % kuljettajista mainitsi tekevänsä puuvalintaa aina siirtyessään työpisteeltä toiselle. Kuljettajien mukaan siirtyessä työpisteeltä toiselle ehtii hyvin tehdä puuvalintaa ja puuta voi tarkastella useammasta kulmasta.

Kolme kuljettajaa teki puuvalintaa kaataessaan puuta tai viedessään hakkuulaitetta rungolle. Yksi haastateltava tosin mainitsi hakkuulaitteen viennin ja puun kaadon olevan eniten keskittymistä vaativa tehtävä, joten muiden puiden tarkastelu ei tullut näissä työvaiheissa kysymykseen. 63 % kuljettajista mainitsi tekevänsä puuvalintaa koko ajan ja eniten siirtäessään konetta ja/tai prosessoidessaan runkoa.

Haastatteluissa kysyttiin myös, monta säästettävää tai poistettavaa puuta kuljettaja hahmottaa keskimäärin harvennushakkuilla. Tämä kysymys oli kuljettajien mukaan tulkinnanvarainen, sillä puiden hahmottaminen oli vastaajien mukaan täysin metsän tilasta ja puulajista kiinni. Yksi kuljettaja mainitsi hoitamattomassa kuusikossa menevänsä puu kerrallaan, kun taas kuivahkon kankaan männikössä puita hahmotetaan helposti yli viisi kerrallaan. Vastaukset vaihtelivat kuitenkin 2-5 välillä, kuljettajien hahmottaessa keskimäärin 3-4 poistettavaa puuta.

8.6 Poistettavien puiden ominaisuudet

Poistettavan puun valintaan vaikuttavia ominaisuuksia kartoitettiin kysymyksellä ”mitkä ominaisuudet vaikuttavat sinulla poistettavan puun valintaan harvennushakkuilla?”. Kysymyksessä lueteltiin 9 poistettavan puun ominaisuutta:

- A) laatuviat (lenkous, oksaisuus ym.)
- B) elävän latvuksen osuus
- C) puun sairaudet (esim. tervasroso)
- D) puulaji
- E) epätasainen tilajärjestys
- F) puun sijainti suhteessa ympäröivään puustoon
- G) puun sijainti suhteessa hakkuukoneeseen
- H) metsänomistajan toiveet
- I) runkojen järeys

Tämän lisäksi kuljettajalle annettiin mahdollisuus nimetä jokin muu poistettavan puun ominaisuus. Ominaisuuksia arvioitiin asteikolla 1-5, missä 1= ei merkitystä, 2= vähäinen merkitys, 3= merkitsee kohtalaisesti, 4= merkitsee paljon ja 5= erittäin suuri merkitys. Tuloksista laskettiin keskiarvot ja keskihajonnat. Vastaukset taulukoitiin ja kuljettajien vapaat kommentit kirjattiin ylös.

Eniten poistettavan puun valintaan vaikuttaneet ominaisuudet olivat puun sairaudet ja laatuviat. Puun sairauksissa vastaajien keskiarvo oli 4,77 ja laatuviikojen osalta 4,37. Puun sairauksissa keskihajonta oli 0,50 ja laatuviikojen osalta 0,75.

Puun sairauksia 96,7 % vastaajista piti joko merkittävänä tai erittäin merkittävänä tekijänä. Ainoastaan yksi kuljettaja piti puun sairauksia kohtalaisen merkittävänä. Avatessaan aiheita tarkemmin hänen päätavoitteenaan oli jättää järeydeltään mahdollisimman tasainen metsä. Kuljettajien mukaan sairast puuyksilöt erottuivat ensimmäisenä muusta puustosta. Kuljettajat eivät myöskään nähneet yhtään hyvää syytä jättää sairasta puuta kasvamaan. Kuljettajien mukaan sairaus leviää puun mukana muihinkin puuyksilöihin, eikä sairaasta puusta koskaan tule kunollista tukkipuuta. Moni kuljettaja mainitsikin ottavansa sairaan puun aina pois, oli metsän tiheys tai tilajärjestys millainen tahansa.

Laatuvikoja piti kuljettajista 90 % merkittävänä tai erittäin merkittävänä tekijänä. Yksi kuljettaja antoi muista poiketen arvon kaksi, mutta myöhemmin kertoi poistavansa laatuviolliset ja sairast puut ensimmäisenä. Kaksi kuljettajaa piti laatuviokaisuuksia ainoastaan kohtalaisen merkittävänä tekijöinä, joista toinen piti elävän latvuksen osuutta tärkeimpänä poistettavan puun indikaattorina. Toinen kuljettajista taas piti kaikkia istutusmetsiä enemmän tai vähemmän laatuviollisina, joten hän piti asiaa tavanomaisempana tekijänä kuin muut kuljettajat. Tässä vaiheessa haastattelua suurin osa kuljettajista kertoi poistavansa harvennuksessa ensin sairast ja laatuviolliset puut.

Puun sairauksien ja laatuvikojen jälkeen kuljettajat keskittyivät metsänomistajien esittämiin toiveisiin ja puun latvuksen arviointiin. Metsänomistajan toiveiden kunnioituksessa vastaajien keskiarvo oli 4,2 ja elävän latvuksen osuudessa 4. Vastaavasti keskihajonnat olivat metsänomistajan toiveiden osalta 0,85 ja elävän latvuksen osuudessa 0,52

Suurin osa kuljettajista kertoi kuuntelevansa metsänomistajien toiveita aina, kun se oli mahdollista. Kuljettajat mainitsivat usein toteuttavansa metsänomistajan toiveen, mikäli vaatimus ei rikkoisi lakia. 86,7 % vastaajista pitikin metsänomistajan toiveita vähintään merkittävänä tekijänä. Vastauksissa oli myös hajontaa ja eräs kuljettaja ei pitänyt metsänomistajan toiveita mitenkään merkityksellisenä. Kuljettajan mukaan metsänomistajan toiveet ovat vain toiveita ja ensisijaisesti

mennään korjuuohjeen mukaan. Eräs arvon kolme antanut kuljettaja ilmaisi närkästymisensä metsänomistajien vaatimuksia kohtaan ja piti niitä useimmiten mahdottomina toteuttaa. Toisaalta 4 - 5 antaneet kuljettajat kertoivat tekevänsä hakkuutyötä ensisijaisesti metsänomistajalle, ja moni mainitsikin että ”heidän metsissäänhän me tätä työtä teemme”.

Puun sairauksien ja laatuviikojen tunnistuksen jälkeen kuljettajat sanoivat keskittyvänsä elävän latvuksen osuuteen. 86,7 % kuljettajista pitikin ominaisuutta merkittävänä tai erittäin merkittävänä tekijänä puuvalinnassa. Tosin ainoastaan 4 kuljettajaa piti elävän latvuksen osuutta erittäin merkittävänä tekijänä 22 kuljettajan sanoessa sen olevan merkittävä tekijä. Vastauksissa oli vähän hajontaa, eikä alle 4:n antaneet kuljettajat kommentoineet valintaansa. Sen sijaan muutama arvon 5 antaneet kuljettajat pitivät etenkin ensiharvennuskäytännöissä latvuksen osuutta tärkeimpänä tekijänä, laatuominaisuuksien jäädessä toissijaiseksi tekijäksi. Yksi kuljettaja kertoi havainnoivansa puun eri ominaisuuksia aina metsän mukaan. Pahasti myöhästyneessä ensiharvennuksessa sekä riukuuntuneissa metsissä hän keskittyi havainnoimaan pääasiassa elävän latvuksen osuutta, kun taas vastaavasti hyvälaatuisessa tai erittäin huonolaatuisessa metsässä hän keskittyi tarkkailemaan pääasiassa puun laadullisia ominaisuuksia, kuten lenkoutta ja mutkaisuutta.

Puun sairauksien, laatuviikojen ja latvuksen jälkeen kuljettajat keskittyivät puun sijaintiin, tilajärjestykseen, puulajiin ja runkojen järeyteen. Näihin kuljettajat vastasivat edellä mainittuja ominaisuuksia varovaisemmin, ja vastaajista 30-50 % pitikin näitä ominaisuuksia ainoastaan kohtalaisen merkittävänä. Vastausten hajonta myöskin kasvoi, mikä saattoi johtua kysymyksen tulkinnanvaraisuudesta. Esimerkiksi puulajia oli vaikea laittaa kumpaankaan ääripäähän, sillä kuljettajat kertoivat menevänsä pitkälti tilanteen mukaan. Toisaalta harvennus tehtiin aina pääpuulajin hyväksi, mutta huonolaatuisen tai sairaan pääpuulajin kanssa valittiin toinen puuyksilö puulajista riippumatta. Eräs kuski mainitsi myöskin FSC- sertifioitujen metsät, joissa lehtipuuston hakkuuta oli rajoitettava ja etenkin jaloja lehtipuita tuli säästää monimuotoisuuden takia.

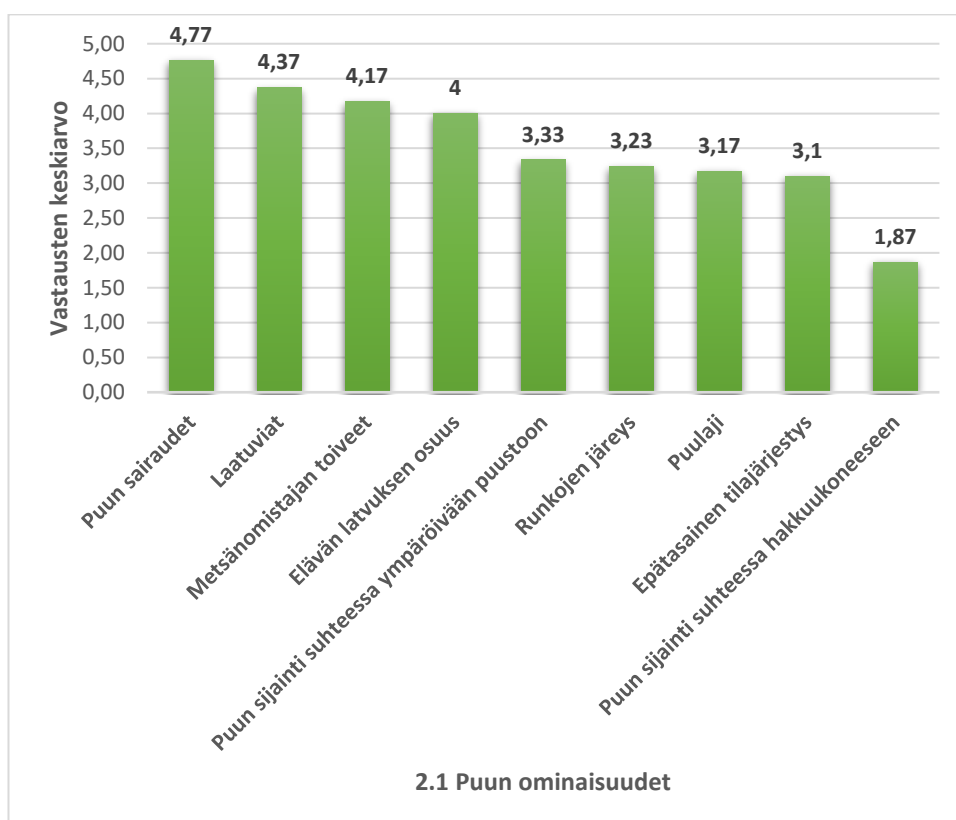
Tilajärjestys periaatteen ymmärtämisessä monella kuljettajilla oli suuria haasteita. Toisaalta kuljettajat mainitsivat tavoitteekseen muovata metsä mahdollisimman tasaiseksi, toisaalta epätasainen tilajärjestys ei koettu vaikuttavan poistettavan puun valintaan niinkään merkittävästi. 23,3 % piti tilajärjestystä vähän merkittävänä, 46,7 % kohtalaisen merkittävänä ja 30 % merkittävänä tai erittäin merkittävänä ominaisuutena. Yksi kuljettaja piti tilajärjestystä kaikkein merkittävimpänä tekijänä, koska piti metsän tasaisuutta päätavoitteena harvennuksilla. Yleinen periaate kuitenkin oli harventaa tiheiköt voimakkaammin ja kompensoida aukkoisempia kohtia harventamalla kevyemmin. Vastauksien keskiarvo oli tilajärjestyksen osalta 3,1 ja keskihajonta 0,79.

Puun sijainti suhteessa ympäröivään puustoon vaikutti kohtalaisesti kuljettajan puuvalintaan ja 43,3 % vastaajista pitikin tätä ominaisuutta kohtalaisen merkittävänä. Ominaisuus oli sinällään vaikea arvioida, sillä skenaarioita oli useita. Toiset ajattelivat puun olevan muista erillään ja tästä syystä se jäisi pystyyn ylläpitämään oikeaa harvennusvoimakkuutta. Toiset taas kuvittelivat puun sijaitsevan kahden puun välissä, jolloin puu poistettaisiin, jos se vain olisi koneellisesti otettavissa. 16,7 % piti puun sijainnin merkitystä vähäisenä tai ei ollenkaan merkittävänä, 43,3 % piti ominaisuutta kohtalaisen merkittävänä, ja 40 % merkittävänä tai erittäin merkittävänä. Puun sijainti suhteessa ympäröivään puustoon sai keskiarvoksi 3,33 ja keskihajonnaksi 0,98.

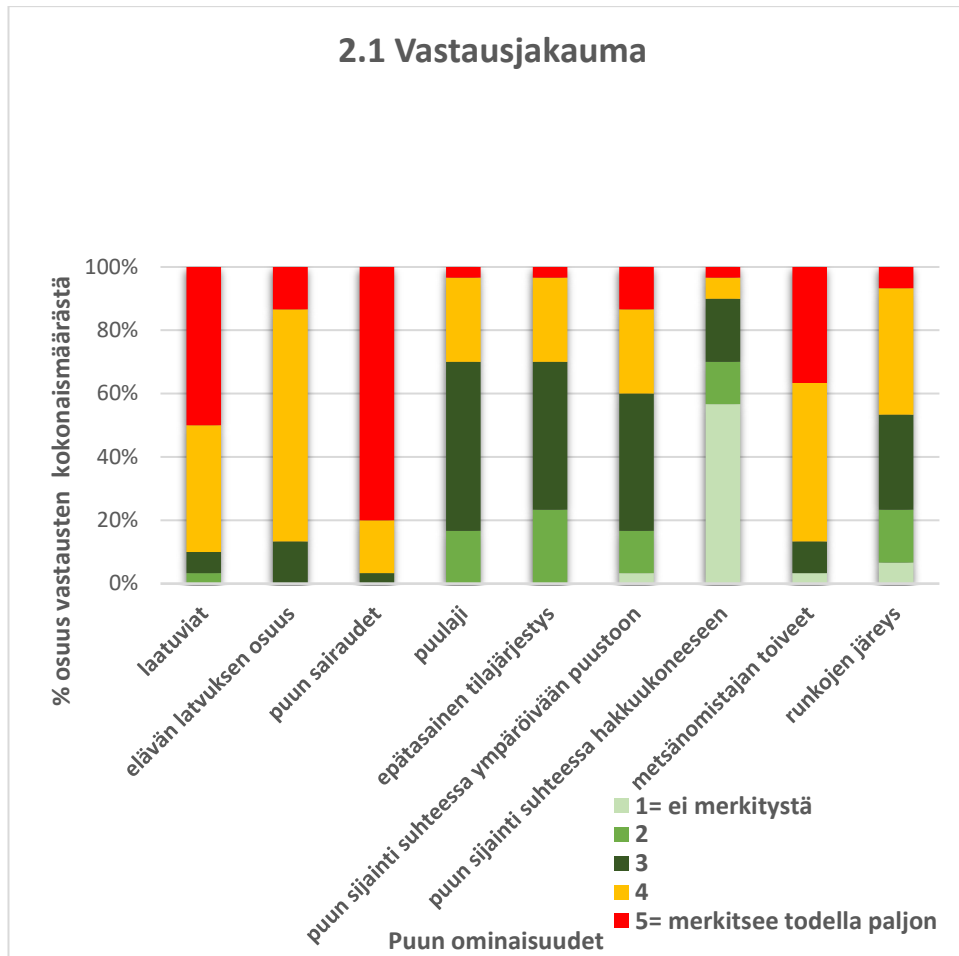
Runkojen järeydellä kuljettajia pyydettiin suhteuttamaan poistettavan puun rungon järeyttä suhteessa hakattavan leimikon keskijäreyteen. Vastaukset jakautuivat laajalle alueelle keskihajonnan kohotessa 1,02:een. 23,3 % piti runkojen järeyttä korkeintaan vähän merkitseväenä, 30 % piti järeyttä kohtalaisen merkittävänä ja 46,7 % piti ominaisuutta merkittävänä tai erittäin merkittävänä. Arvion 4 - 5 antaneet kuljettajat kertoivat poistavansa järeydeltään altavastaajat sekä selkeästi ylijäreät puuyksilöt. Arvion 1-2 antaneet kuljettajat eivät pitäneet järeyttä tärkeänä, jos puu oli vain heidän mielestään kasvukelpoinen. Arvon 3 antaneet kuljettajat pitivät järeyttä sivuseikkana, joskin yksi kuljettaja muistutti riittävän keskijäreyden tuovan lisää motteja ja helpottavan muutenkin hakkuutyötä. Runkojen järeys sai keskiarvoksi 3,23.

Puun sijainnilla suhteessa hakkuukoneeseen oli vähiten merkitystä poistettavan puun valinnassa. 70 % kuljettajista piti ominaisuutta korkeintaan vähän merkitseväenä. Kuljettajat kertoivat poistavansa puun, jos se vain olisi koneellisesti mahdollista. Mikäli puuta ei nykyiseltä paikalta saataisi kaadettua, kone siirrettäisiin paikkaan, josta puun kaato olisi taas mahdollista. Toisaalta kolme kuljettajaa antoi arvosanan 4 - 5 perustellen korjuuvaurioriskin kasvulla. Kuljettajat mainitsivat jättävänsä muuten poistettavan puun pystyyn, jos sen kaato vaurioittaisi kasvatettavaa puustoa. Puun sijainti suhteessa hakkuukoneeseen sai keskiarvon 1,87 ja keskihajonnaksi 1,15. Vastausten keskiarvot on esitetty kuviossa 9. Vastausten jakautuminen on esitetty kuviossa 10.

Mann-Whitney-U-testin mukaan nollahypoteesi jäi kaikissa ominaisuuksissa voimaan. Näin ollen voidaan sanoa, että kuljettajien vastauksilla ei ollut merkitsevää eroa luokkien välillä.



Kuvio 10. Poistettavan puun valintaan vaikuttavat ominaisuudet (N=30)



Kuvio 11. Vastausten jakautuminen kysymyksessä 2.1 (N=30)

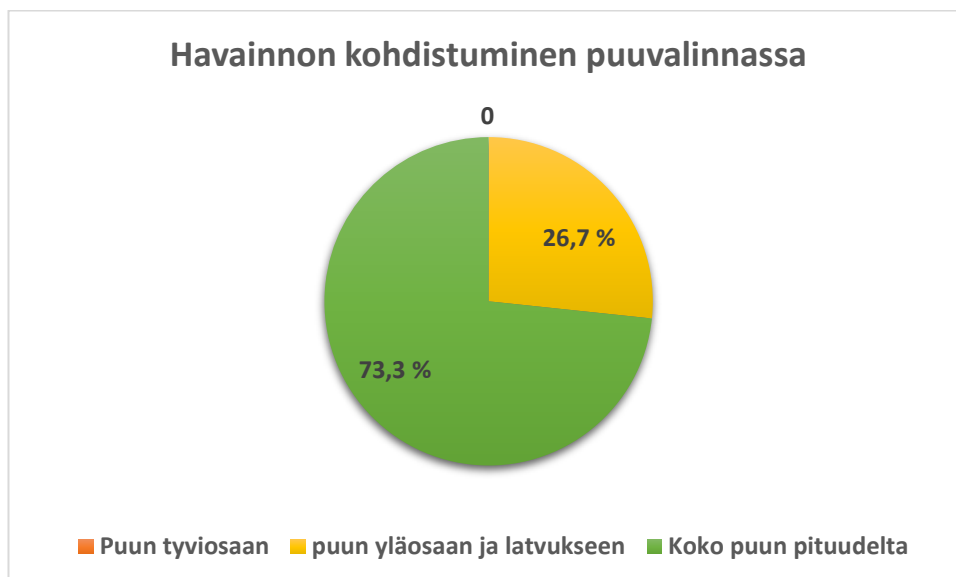
8.7 Puun havainnointi

Kuljettajien tekemää puun havainnointia kartoitettiin kysymyksellä ”mihin puun osaan kohdistat yleensä huomiosi, kun valitset harvennuksessa poistettavia puita?”. Vastausvaihtoehtoja oli kolme:

- 1) pääasiassa rungon tyviosaan (alle puolet puun pituudesta)
- 2) pääasiassa rungon yläosaan ja latvukseen (yli puolet puun pituudesta)
- 3) runkoon ja latvukseen koko puun pituudelta.

73,3 % tarkasteli runkoa ja latvusta koko puun pituudelta ja 26,7 % keskittyi pääasiassa rungon yläosaan ja latvukseen (Kuvio 11). Kukaan ei maininnut katsovansa pääasiassa rungon alaosaa. Tosin yksi kuljettaja myönsi havainnoivansa pääasiassa rungon tyveä pimeällä, jolloin latvusta ei tahtonut nähdä. Työtapoja

oli kahdenlaisia. Osa kuljettajista katsoi ensin tyven ja kohdisti sitä myötä katsetaan kohti latvusta, jolloin koko runko tuli arvioitua tarvittavilta osin. Toiset taas katsoivat ensimmäisenä latvuksen kunnon, minkä jälkeen katse kohdistui viimeisenä tyveen laatuviikojen paikallistamiseksi. Havainnointia pyrittiin tekemään monesti aina metsän mukaan. Myöhästyneissä harvennuksissa, joissa latvus oli ehtinyt supistua, havainnointi alkoi latvasta. Vastaavasti oikeaan aikaan tehdyissä järeissä harvennuksissa kuljettaja keskittyi pääasiassa vikaisten puiden tunnistamiseen, jolloin havainnointi alkoi usein tyveltä. Myöhemmällä harvennuksella tukkipuun osuus kasvaa ensiharvennukseen nähden merkittävästi, joten tyven havainnointi nousee yhtä tärkeäksi tekijäksi rungon yläosan rinnalle.



Kuvio 12. Havainnon kohdistuminen puuvalinnassa (N=30)

8.8 Puuvalintaa vaikeuttavat olosuhteet

Puuvalintaa vaikeuttavia olosuhteita kartoitettiin mitta-asteikollisella kysymyksellä ”miten eri olosuhteet vaikeuttavat puuvalintaa?”. Haastateltavalle lueteltiin viisi olosuhdetta, jotka olivat

- 1) metsikön suuri lähtötiheys
- 2) lunta puissa
- 3) runsas alikasvos
- 4) häikäisevä auringonvalo

5) runsas lehtipuun osuus, kun pääpuulaji on kuusi tai mänty

Kuljettajat arvioivat olosuhteita asteikolla 1-5, jossa 1= ei vaikeuta lainkaan, 2= vaikeuttaa vähän, 3= vaikeuttaa kohtalaisesti, 4= vaikeuttaa paljon ja 5= vaikeuttaa erittäin paljon. Tämän lisäksi kuljettajalle annettiin mahdollisuus nimetä olosuhde, joka selvästi vaikeutti puuvalinnan tekoa. Moni kuljettaja mainitsikin annettujen vaihtoehtojen ulkopuolella olleita olosuhteita kuten hankala maasto ja pimeä/vesi- tai lumisade.

Odotetusti vaikeimmaksi olosuhteeksi kuljettajat vastasivat runsaan alikasvoksen leimikolla. Kuljettajat mainitsivat tämän haittaavan harvennustyötä kokonaisuudessaan ja yksi kuljettaja kertoi päivätuotoksen tippuvan jopa 50 % alikasvoksen ollessa runsasta. Kaikki vastaajat pitivät alikasvosta paljon, tai todella paljon vaikeuttavana. Näistä 77 % piti olosuhdetta todella paljon vaikeuttavana. Keskiarvoksi alikasvokselle tuli 4,8 ja keskihajonnaksi 0,42.

Vaikeuttaviin olosuhteisiin kuului myös runsas lumen määrä, joka sai keskiarvoksi 3,6 ja keskihajonnaksi 0,95 16,7 % kuljettajista piti tätä olosuhdetta vähän vaikeuttavana, 20 % kohtalaisen vaikeuttavana ja 63 % paljon tai erittäin paljon vaikeuttavana. Kuljettajat kertoivat lumen aiheuttavan hakkuutyössä monenlaisia haasteita. Ensinnäkin latvuksen hahmottaminen vaikeutuu ja paksun lumen aikaan latvakatkoisten puiden etsintä on kuljettajien mukaan ”tuskallista kurkkimista”. Toiseksi rungon muotoa ja sitä mukaa laatuviikoja ja sairauksia ei tahdo kunnolla erottaa. Etenkin kuusikoissa lumi nähtiin haasteellisena olosuhteena. Yksi kuljettaja kertoi myös lumen putsamisen aiheuttavan näkemäongelmia. Puuta kaadettaessa tai hakkuulaitteen osuessa puuhun lunta pölähtää kerralla suuria määriä, mikä aiheuttaa pitkäaikaisen näköesteen koneen hyttiin.

Kolmantena haittaavana olosuhteena kuljettajat näkivät häikäisevän auringonvalon. Vastauksissa oli paljon hajontaa, 26,7 % kuljettajista sijoituessa arvoille 1-2, 33,3 % arvolle 3 ja 40 % sijoituessa välille 4-5. Matalia arvoja antaneet kuskit kertoivat vaikuttavansa häikäisevään auringonvaloon omalla tekemisellään, sekä hytissä olevilla verhoilla. Kuljettajat pyrkivät suorittamaan hakkuutyötä aina selkä aurinkoon päin, jos se vain oli mahdollista. Arvoja 4-5 antaneet kuljettajat sen

sijaan kertoivat hakkuun selkä aurinkoon päin olevan etenkin ensiharvennusten aloituksessa mahdotonta, koska ajouria ei ole vielä aukaistu. Menosuuntaa ei voi tällöin itse päättää. Moni kuljettaja ei myöskään maininnut auringonvaloa heijastavista verhoista, joten on mahdollista, että kaikissa hakkuukonemalleissa tätä ominaisuutta ei ollut käytettävissä. Häikäisevä auringonvalo sai keskiarvoksi 3,2, keskihajonnan ollessa 1,19.

Metsikön suuri lähtötiheys ja suuri lehtipuun osuus sijoittuivat lähelle toisiaan, lähtötiheyden saadessa keskiarvon 2,77 ja lehtipuun osuuden 2,73. Molemmissa vastaukset hajautuivat paljon, keskihajonnan ollessa lähtötiheydellä 1,12 ja lehtipuun osuudella 1,06.

36,7 % kuljettajista ei nähnyt lähtötiheyden vaikeuttavan laisinkaan tai vain vähän vaikeuttavana, etenkin jos alikasvos oli raivattu ennen hakkuita. 30 % piti lähtötiheyttä kohtalaisesti vaikeuttavana, ja 33,3 % piti olosuhdetta paljon vaikeuttavana. Yksi arvon 4 antaneista kuljettajista kertoi suuren lähtötiheyden lisäävän korjuuvaurioiden riskiä. Tämä taasen vähensi puuvalinnan mahdollisuuksia, ja puun ollessa riukuuntunutta harvennus tehtiin aavistuksen kevyemmin. Harvennusvoimakkuuden kontrollointi nousi kuljettajalla tällöin ykkösprioriteetiksi, mikä lisäsi työn kuormittavuutta ja häiritsi puuvalinnan tekoa.

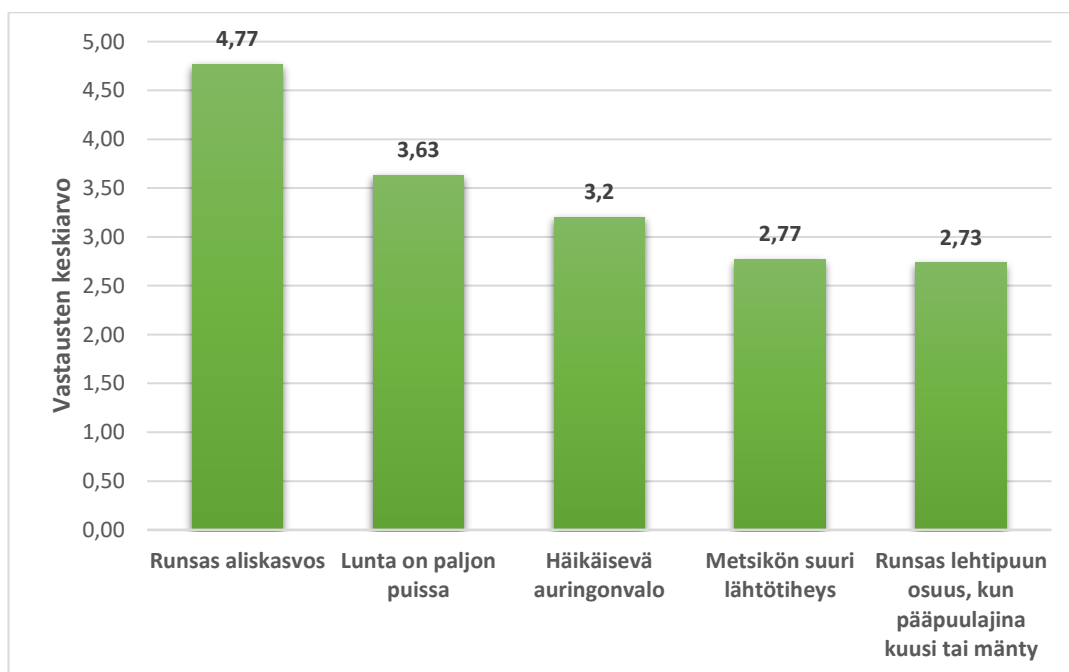
Kuljettajien mukaan runsas lehtipuun osuus haittasi puuvalintaa ainoastaan lehden ollessa puussa ja myöhästyneissä ylispuuhakkuissa. 43,3 % kuljettajista piti kuitenkin lehtipuun osuutta vähän tai ei ollenkaan vaikeuttavana olosuhteena. 30 % piti olosuhdetta kohtalaisesti vaikeuttavana ja 26,7 % piti olosuhdetta paljon tai erittäin paljon vaikeuttavana. Lehtipuun osuus rinnastettiin usein muihin näkemisongelmiin harvennushakkuilla, jotka kolme kuljettajaa nimesikin puuvalinnan suurimmaksi ongelmaksi.

Muu mikä- kohtaan kuljettajat mainitsivat pimeään yhdistettynä vesi tai lumisateeseen, hankalat maastot kuten louhikot, kivikot ja jyrkät rinteet sekä lähtöpuuston alhaisen laadun. Peräti 13 kuljettajaa mainitsi pimeään ja vesi/lumisateen haittaavan puuvalintaa paljon tai erittäin paljon. Yksi kuljettaja mainitsikin syyspimeässä tehdyt kuusikkoharvennukset lähes mahdottomina kohteina. Pimeällä valaistus

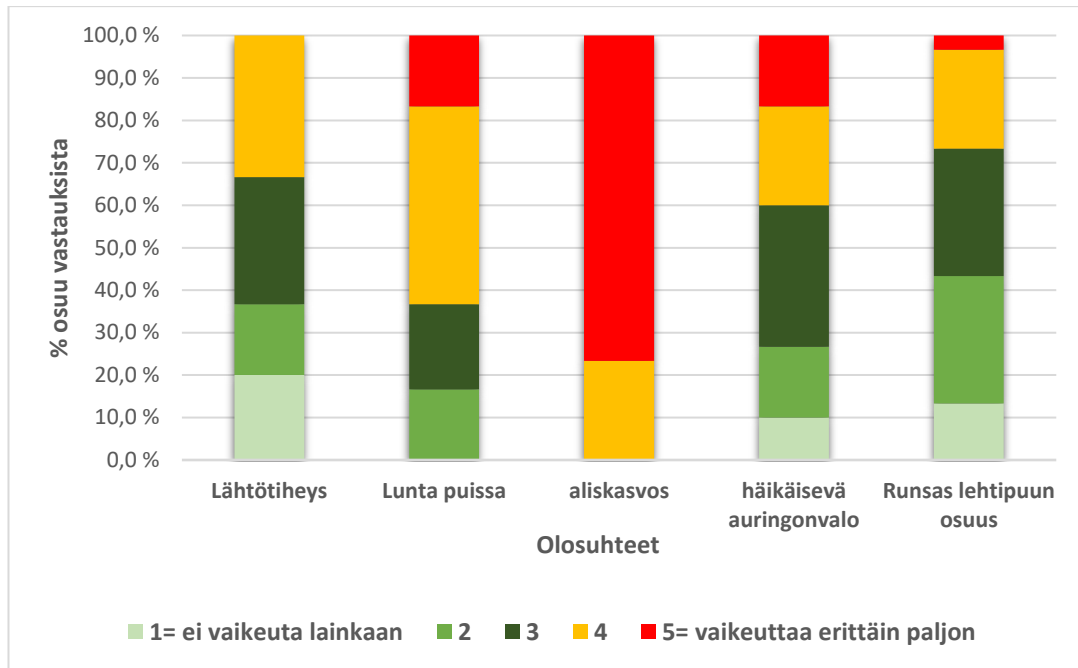
ei kuljettajien mukaan ollut riittävä, ja vesisateen yhdistyessä valot heijastuivat vedestä, eikä eteensä tahdo kunnolla nähdä. Olosuhde rinnastettiin muutaman kuljettajan toimesta yleisesti näkyvyyttä haittaaviin leimikkotekijöihin.

Hankala maasto oli kuuden kuljettajan mielestä vähintään kohtalaisesti vaikeuttava olosuhde. Kuljettajien mukaan puuvalinnassa on tehtävä kompromisseja etenkin jyrkkien rinteiden kohdilla, joissa koneellinen hakkuutyö on lähes mahdotonta. Tätä pyritään kompensoimaan harventamalla muuta metsää voimakkaammin. Vastausten keskiarvot on esitetty kuviossa 12.

Kaksi kuljettajaa mainitsi lähtöpuuston alhaisen laadun olevan vähintään kohtalaisesti vaikeuttava olosuhde. Kuljettajat mainitsivat puuvalinnan mahdollisuuksia olevan niin paljon, että päätöksenteko on vaikeaa. Samalla harvennusvoimakkuus tulisi kuitenkin pitää maltillisena. Varsinkin liian rehevällä paikalla kasvavat männiköt tuottivat näille kuljettajille puuvalinnan ongelmia. Kuljettajien vastauksilla ei ollut merkittävää eroa työkokemusluokkien välillä ja kaikissa olosuhteissa nollahypoteesi jäi voimaan. Mann Whitney-u -testin tulokset on esitetty liitteessä 2.



Kuvio 13. Puuvalintaa vaikeuttavat olosuhteet (N=30)



Kuvio 14. Vastausten jakautuminen (N=30)

8.9 Kuljettajan tarvitsema lisäinformaatio

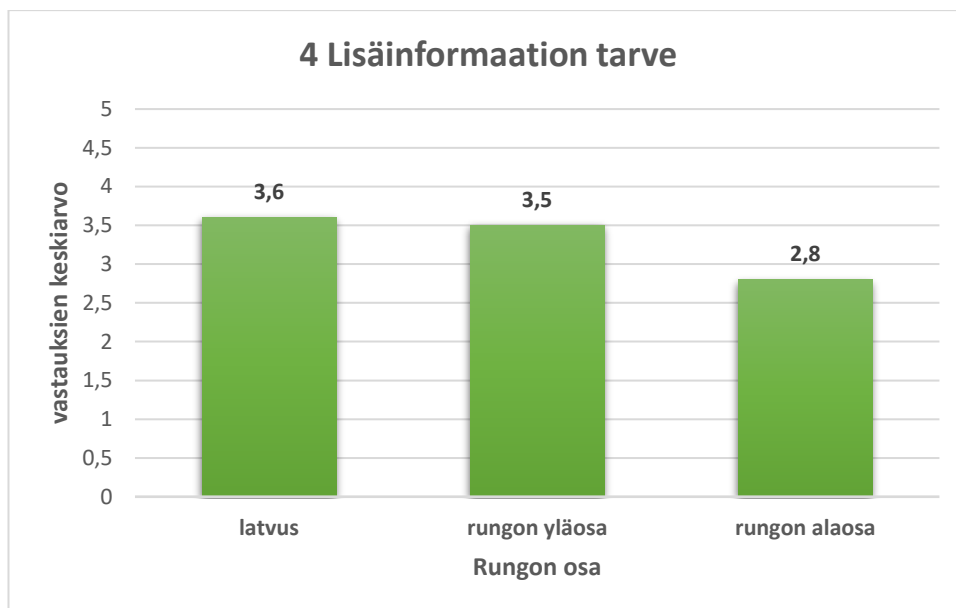
Kuljettajien tarvitsemaa lisäinformaatiota kartoitettiin kysymyksellä ”mistä lisäinformaatiosta uskot olevan hyötyä poistettavan puun valinnassa?” Kysymyksellä haluttiin selvittää lisätiedon tarvetta rungon eri osista, sekä lisätiedon hyötyä puulajikohtaisesti. Kuljettajat arvioivat lisätiedon hyötyä asteikolla 1-5 jossa 1= ei ollenkaan hyödyllistä, 2= vähän hyödyllistä, 3= kohtalaisen hyödyllistä, 4= hyödyllistä ja 5= erittäin hyödyllistä.

Pääasiassa kuljettajat antoivat varovaisesti arvioita, sillä monella oli vaikeuksia kuvitella, miten lisäinformaatiota tuotettaisiin ja millaista se mahdollisesti olisi. Puuvalintaa opastavaan järjestelmään skeptisesti suhtautuneet kuljettajat näkivät lisätietoa tuottavan automatiikan myöskin mahdottomana toteuttaa. Joukossa oli myös muutama todella itsevarma kuljettaja, jotka uskoivat hakkuutyönsä tahdin ja laadun nykystandardeilla riittäväksi. Toisaalta joukossa oli paljon kuljettajia, jotka ottivat lisäinformaation tarpeen tosissaan etenkin puun yläosan ja latvuksen osalta. Kaksi kuljettajaa myös mainitsi kaiken lisätiedon olevan tervetullutta sillä ”kaikki mikä on pois kuljettajan harteilta, on kotiin päin”.

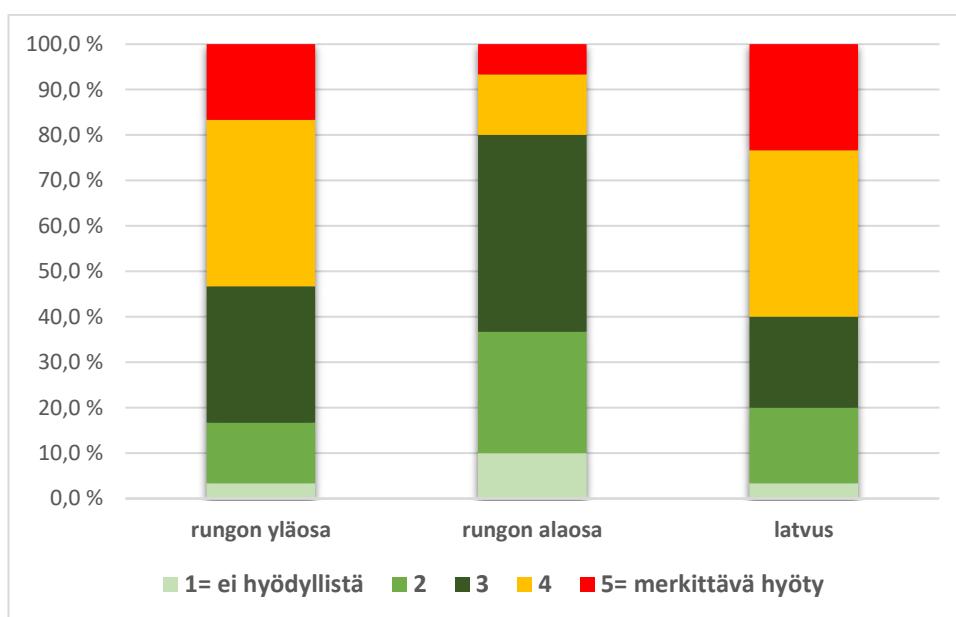
Lisäinformaation tarve puun yläosasta ja latvuksesta nähtiin vaihtoehtoista tarpeellisimmiksi, ja keskiarvoksi tulikin latvukselle 3,6 ja rungon yläosalle 3,5. Vastaavat keskihajonnat olivat latvuksella 1,11 ja rungon yläosalla 1,02. 16,7 % kuljettajista näki lisätiedon hyödyn rungon yläosasta hyödyttömänä tai vähän hyödyllisenä. Yksi kuljettaja mainitsi, että hän ei tarvitse lisätietoa mistään rungon osasta, ja antoi kaikkiin sarakkeisiin arvon 1. 30 % vastaajista näki lisäinformaation kohtalaisen hyödyllisenä ja 53,3 % hyödyllisenä tai erittäin hyödyllisenä. Etenkin mielikuva runkoprofiloinnista, jossa tunnistettaisiin puun lengot ja korot, oltiin kuljettajien keskuudessa hyvin innostuneita, joskin osa kuljettajista epäilivät sellaisen järjestelmän saatavuutta lähitulevaisuudessa.

20 % vastaajista piti puun latvuksesta saatua lisätietoa hyödyttömänä tai vähän hyödyllisenä. Muutama 1-2 arvoja antaneista kuljettajista perustelivat asiaa sillä, että latvasta ei enää ainespuuta tule, ja näin ollen lisätieto on tarpeetonta. Tässä vaiheessa haastatteluissa korostui hyvin kuljettajien eri mielikuvat puuvalinnan opastuksesta. Toiset ajattelivat mielessään puuvalinnan automatiikkaa, joka tarkastelisi puun laatua ja näin minimoisi tukkipuun raakki osuutta ja maksimoisi katkonnasta saatua arvoa. Arvoja 4-5 taasen ajattelivat hakkuutyön sujuvuutta ja metsänhoidollista näkökulmaa, ja etenkin latvakatkojen tunnistuksessa lisäinformaatio nähtiin todella hyödylliseksi. Vastaajista 20 % piti latvuksesta saatua lisätietoa kohtalaisen hyödyllisenä ja 60 % pitivät lisätietoa hyödyllisenä tai erittäin hyödyllisenä.

Puun alaosassa lisäinformaation tarve nähtiin vähiten hyödylliseksi, sillä rungon alaosaan oli monesti riittävän hyvä näkyvyys. Toisaalta muutama hakkuukoneen kuljettaja antoi arvion 4-5, etenkin jos puun toisella puolella oleva koro saataisiin tunnistettua. Etenkin myöhemmällä harvennuksella saadaan kuitupuuta arvokkaampaa tukkia, ja monesti poistettavan puun tukkiosuus onkin puun ala osa. 36,7 % kuljettajista piti lisätietoa hyödyttömänä tai vain vähän hyödyllisenä, 43,3 % piti lisätietoa kohtalaisen hyödyllisenä ja 20% hyödyllisenä tai erittäin hyödyllisenä. Vastausten keskiarvo oli 2,8 ja keskihajonta 1,01. Vastausten keskiarvo on esitetty kuviossa 14.



Kuvio 15. Lisäinformaation tarve rungon eri osista (N=30)



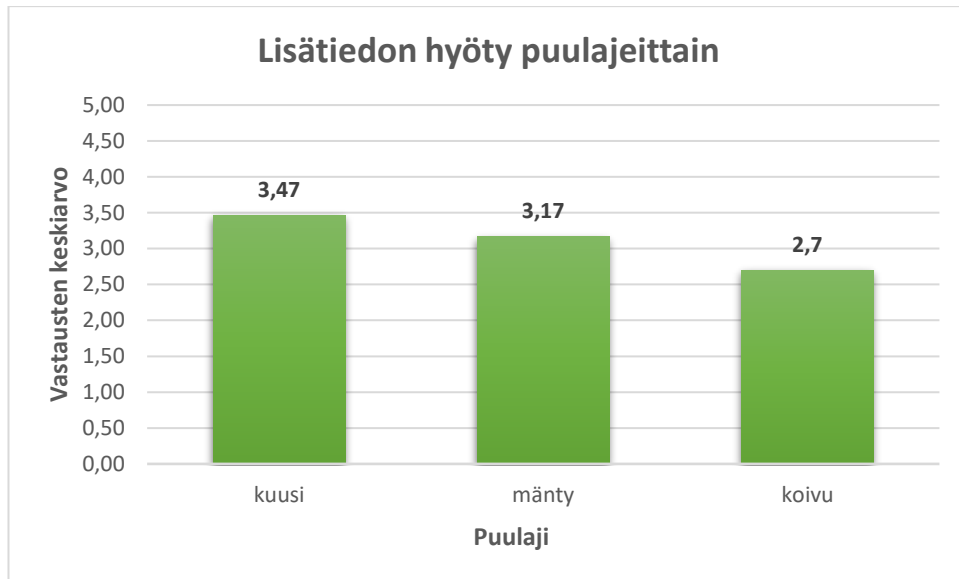
Kuvio 16. Vastausten jakautuminen (N=30)

Lisätiedon hyöty nähtiin potentiaalisimmaksi odotetusti kuusella ja männyllä. Kuusella vastausten keskiarvo oli 3,47 ja männyllä 3,17. Vastaavat keskihajonnat olivat kuusella 0,85 ja männyllä 1,19. Vastaajista 10 % näki lisätiedon hyödyn kuuselle vähän hyödyllisenä. 46,7 % näki lisäinformaation kohtalaisen hyödyllisenä ja 43,3 % näki lisäinformaation hyödyllisenä tai erittäin hyödyllisenä. Kuljettajat kuvailivat mielellään etenkin kuusikoiden harvennuksissa esiintyviä ongelmia. Yksi kuljettaja kertoi kaksihaaraisten erottamisen kuusikoissa olevan likipi-

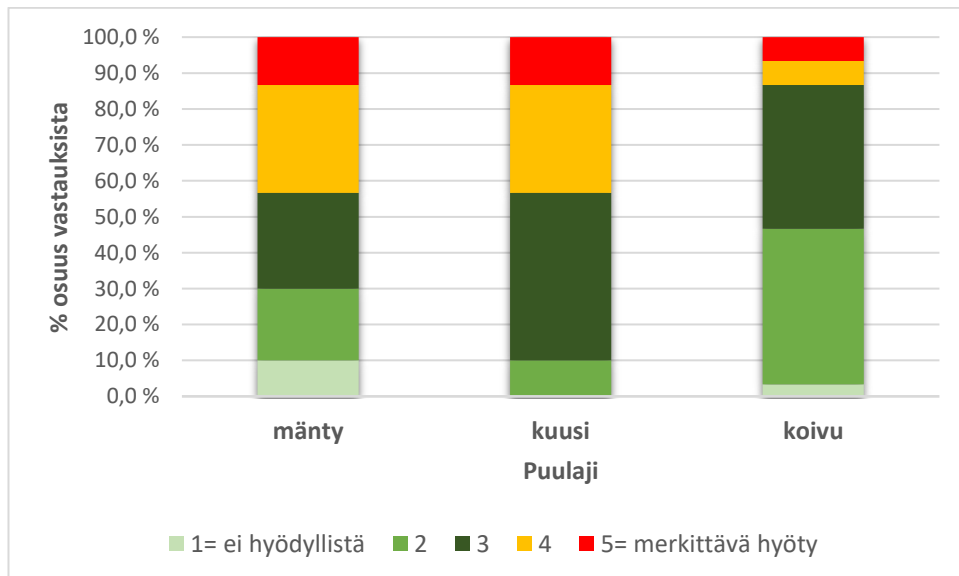
täen mahdotonta. Kaksi kuljettajaa mainitsi lumen haittaavan kuusikoissa huomattavasti männiköitä enemmän, sillä lumi tarttuu paremmin kuusen latvukseen ja oksiin, mikä haittaa jo ennestään huonoa näkyvyyttä. Yleisesti näkemäesteet olivat kuljettajien mukaan arkipäivää etenkin ensiharvennuskuusikoissa.

Männyn osalta vastauksissa esiintyi paljon vaihtelua. Toiset näkivät männyn helposti hakattavana puulajina, toiset taasen mainitsivat laatuviikojen olevan hyvin yleisiä. Kuljettajien mukaan harvennus menee männiköissä pitkälti laadun mukaan. Latvus on helppo tunnistaa, ja etenkin myöhemmällä harvennuksella männikkö oli monen mielestä selkeä kohde. Toiset taasen mainitsivat puuvalinnan vaikeuden etenkin hyvälaatuisissa ja todella huonolaatuisissa männiköissä, joissa selviä vaihtoehtoja on liikaa tai liian vähän. 30 % ei pitänyt lisätietoa ollenkaan tarpeellisena tai korkeintaan vähän hyödyllisenä. 26,7 % näki lisätiedon kohtalaisen hyödyllisenä ja 43,3 % näki lisätiedon hyödyllisenä tai erittäin hyödyllisenä. Vastausten keskiarvot on esitetty kuviossa 16.

Koivulla lisätiedon hyöty nähtiin vähiten potentiaalisena ja se saikin keskiarvoksi 2,7. Kuljettajat kertoivat koivikoiden olevan harvennuskohteina helppoja ja näkyvyys on useimmiten erinomainen niin tyveen kuin latvaankin. 46,7 % kuljettajista näki lisätiedon hyödyn vähän tai ei ollenkaan hyödyllisenä, 40 % näki lisätiedon hyödyn kohtalaisen hyödyllisenä ja vain 13,3 % kuljettajista näki lisätiedon hyödyllisenä tai erittäin hyödyllisenä. Yksi arvon 5 antanut kuljettaja kertoi koivikoiden olevan haastavia vaneritukin korkeiden laatuvaatimusten takia, joten hän piti lisätiedon hyötyä oleellisimpana juuri rauduskoivulle. Toisaalta vanerin osuus tyyppillisessä harvennuksessa on suhteellisen vähäinen. Keskihajonnaksi tuli koivulla 0,9. Mann Whitney- U- testissä kaikkien nollahypoteesit jäivät voimaan, joten vastauksilla ei ollut merkitsevää eroa luokkien kesken.



Kuvio 17. Lisätiedon hyöty puulajeittain (N=30)



Kuvio 18. Vastausten jakautuminen (N=30)

8.10 Haastavimmat puun ominaisuudet

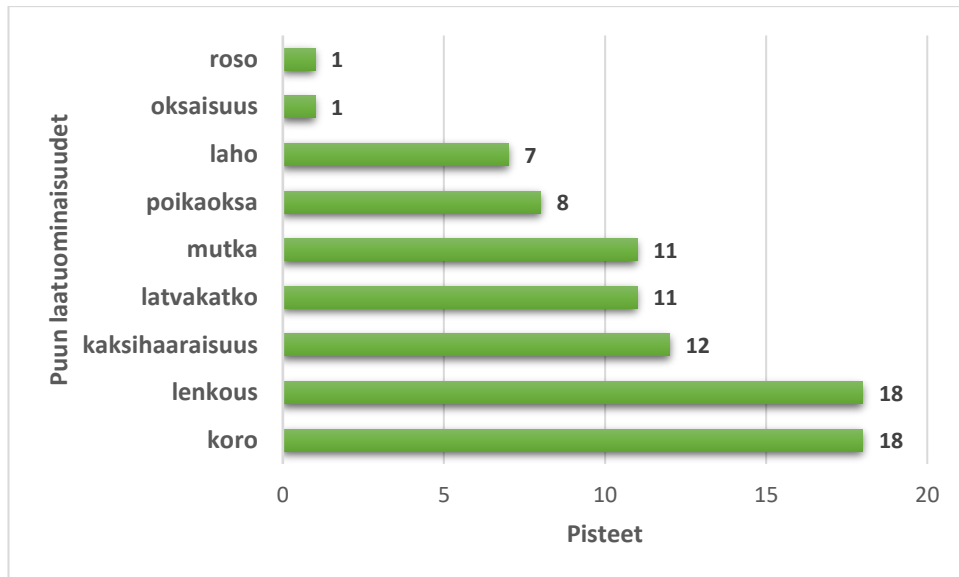
Haastattelulomakkeen kohdassa 4.2 kartoitettiin puun laatuominaisuuksia, joiden automaattinen tunnistaminen helpottaisi poistettavien puiden valintaa harvennus-
hakuilla. Kuljettajille lueteltiin seitsemän puun laatuominaisuutta, joista heidän
tuli valita kolme merkittävintä. Esitetyt laatuominaisuudet olivat:

- 1) koro

- 2) lenkous
- 3) kaksihaaraisuus
- 4) latvakatko
- 5) poikaoksa
- 6) oksaisuus
- 7) mutka.

Tämän lisäksi kuljettajalle annettiin mahdollisuus nimetä jokin muu puun laatuominaisuus, jos hän ei löytänyt edellä mainittujen joukosta kolmea tärkeintä ominaisuutta. Kuljettajien vastaukset kirjattiin ylös, ja pisteet laskettiin yhteen kullekin laatuominaisuudelle.

Koro ja lenkous saivat eniten pisteitä, 18 mainintaa molemmille ominaisuuksille. Seuraavaksi eniten pisteitä sai kaksihaaraisuus 12:a maininnalla. Kolmanneksi eniten mainintoja saivat latvakatko ja mutka 11 pistettä. Poikaoksa sai 8 pistettä, laho 7 ja oksaisuus ainoastaan yhden pisteen (kuvio 18). Avatessaan aihealuetta laajemmin kuljettajat kertoivat lenkouden, koron ja mutkan olevan yleisiä puun vikoja, ja niiden tunnistuksen olevan vaikeaa, jos viat sijaitsevat toisella puolen puuta. 13 kuljettajaa kertoivat, että lenkoutta ja mutkaa ei tahdo silloin nähdä. Yksi kuljettaja mainitsi ensiharvennuksella haasteen olevan vielä suurempi. Ajouria aukaistaessa voidaan hakata vain yhteen suuntaan, jolloin näkyvyys puuhun on entistä rajoitetumpi. Kuljettajat mainitsivat myös lahon tunnistuksen olevan yleinen ongelma, koska sairautta on vaikea nähdä ennen kuin runko on jo katkonnassa. Kaksi kuljettajaa mainitsi myös latvakatkojen havainnoinnin olevan työlästä ja pahimmillaan ”jatkovaa kurkkimista”. Yhden kuljettajan mukaan kaksihaaraisuutta on vaikea hahmottaa etenkin kuusikoissa.



Kuvio19. Puun laatuominaisuudet, joiden automaattinen tunnistus helpottaisi puuvalintaa. (N=30)

8.11 Harvennusvoimakkuuteen vaikuttavat tekijät

Harvennusvoimakkuuteen vaikuttavia tekijöitä kartoitettiin kysymyksellä ”mitkä eri tekijät vaikuttavat mielestäsi eniten harvennusvoimakkuuteen?”. Kuljettajalle luettiin kuusi eri harvennusvoimakkuuteen liittyvää tekijää jotka olivat:

- 1) harvennushakkuulle asetettu kertymäarvio
- 2) lähtöpuuston tiheys
- 3) lähtöpuuston tilajärjestys
- 4) lähtöpuuston alhainen laatu
- 5) käytettävä korjuukalusto
- 6) kuljettajan kyky arvioida jäävän puuston määrää.

Kuljettajat arvioivat tuttuun tapaan tekijöitä asteikolla 1-5, jossa 1= ei merkitystä, 2= vähäinen merkitys, 3= kohtalainen merkitys, 4= merkitsee paljon ja 5= merkitsee erittäin paljon. Tämän lisäksi kuljettajalle annettiin mahdollisuus nimetä jokin muu harvennusvoimakkuuteen vaikuttava tekijä.

Suurimmaksi harvennusvoimakkuuteen vaikuttavaksi tekijäksi nousi kuljettajan oma kyky arvioida jäävän puuston määrää, ja se sai keskiarvoksi 3,93. 76,7 %

vastaajista piti tekijää joko tärkeänä tai erittäin tärkeänä tekijänä ja 13,3 % kohtalaisen tärkeänä tekijänä. Ainoastaan 10 % piti kuljettajan omaa kykyä vähän tai ei ollenkaan tärkeänä tekijänä. Kuljettajat kertoivat kuljettajan ”näppituntuman” olevan oleellisin tekijä harvennusvoimakkuuden kontrolloinnissa. Osa kuljettajista myös myönsi, etteivät tee harvennusvoimakkuuden mittausta riittävän usein, vaan pääättelevät harvennusvoimakkuuden aina oman näkemyksensä mukaan. Kuljettajan kyky arvioida jäävän puuston määrää sai keskihajonnaksi 1.

Toisena oleellisena tekijänä pidettiin lähtöpuuston tiheyttä, jossa 56,7 % kuljettajista piti tiheyttä tärkeänä tai erittäin tärkeänä tekijänä. 23,3 % piti tiheyttä kohtalaisen tärkeänä tekijänä ja 20 % vähän tai ei ollenkaan tärkeänä tekijänä. Kuljettajien näkemyksissä oli paljon eroja. Osa kuljettajista vastasi harventavansa aina harvennuskäyrien väliin tilanteesta riippumatta ja toiset taasen kertoivat jättävänsä pitkään ylitihedessä kasvaneen puuston hivenen tiheämmäksi, jotta puusto ehtisi sopeutua harvennusreaktioon. Kevyellä harvennuksella ehkäistiin myös tuuli- ja myrskytuhoriskiä. Lähtöpuuston tiheys sai keskiarvon 3,3. Kuljettajat mainitsivat myös korjuuvaurioiden riskin. Varovaisuus periaate rohkaisi jättämään puuston suosituksia tiheämmäksi. Lähtöpuuston tiheys sai keskihajonnaksi 0,98

Lähtöpuuston tilajärjestystä pidettiin kohtalaisen merkittävänä tekijänä harvennusvoimakkuuden säätelyssä. Ne kuljettajat, jotka olivat aiemmin maininneet tavoitteekseen jättää mahdollisimman tasainen puusto, vastasivat korkeilla arvosanoilla. Vastaavasti harvennuskäyriä tarkasti noudattavat kuljettajat eivät nähneet tilajärjestystä kovinkaan tärkeänä tekijänä, ja antoivat usein arvon 2. Lähtöpuuston tilajärjestys sai keskiarvon 3,1. 23,3 % kuljettajista piti tilajärjestystä vähän tai ei ollenkaan vaikuttavana tekijänä, 43,3 % piti tilajärjestystä kohtalaisen tärkeänä tekijänä, ja 33,3 % tärkeänä tekijänä. Lähtöpuuston tilajärjestyksen keskihajonta oli 0,75.

Lähtöpuuston alhainen laatu jakoi kuljettajien mielipiteitä. Arvoja 1-2 antaneet kuljettajat pitivät alhaista laatua epäolennaisena seikkana harvennusvoimakkuutta ajatellen, ja kertoivat harventavansa huonolaatuisen puuston samalla tavoin kuin hyvälaatuisenkin. Toisaalta 12 kuljettajaa kertoi alhaisen laadun olevan

suurimpia harvennusvoimakkuuteen vaikuttavia tekijöitä, koska poistettavan puun vaihtoehtoja oli paljon, ja harvennusvoimakkuus ei kuitenkaan saisi kärsiä. Kuljettajista 26,7 % piti lähtöpuuston alhaista laatua vähän tai ei ollenkaan merkittävänä tekijänä. 33,3 % piti ominaisuutta kohtalaisen merkittävänä tekijänä ja 40 % merkittävänä tekijänä. Lähtöpuuston alhainen laatu sai keskiarvoksi 3 ja keskihajonnaksi 1.

Käytettävä korjuukalusto vaikutti kuljettajien mukaan vähän harvennusvoimakkuuteen, ja haastateltavista 70 % antoi arvoja 1 tai 2. Ainoastaan yksi kuljettaja piti korjuukalustoa tärkeimpänä harvennusvoimakkuuteen vaikuttavana tekijänä, ja sanoi harvennusjäljen olevan paljon konemallista kiinni. 10 % piti korjuukalustoa kohtalaisen merkittävänä tekijänä ja 20 % merkittävänä tai erittäin merkittävänä tekijänä. Käytettävä korjuukalusto sai keskiarvoksi 2,1 ja keskihajonnaksi 1,2.

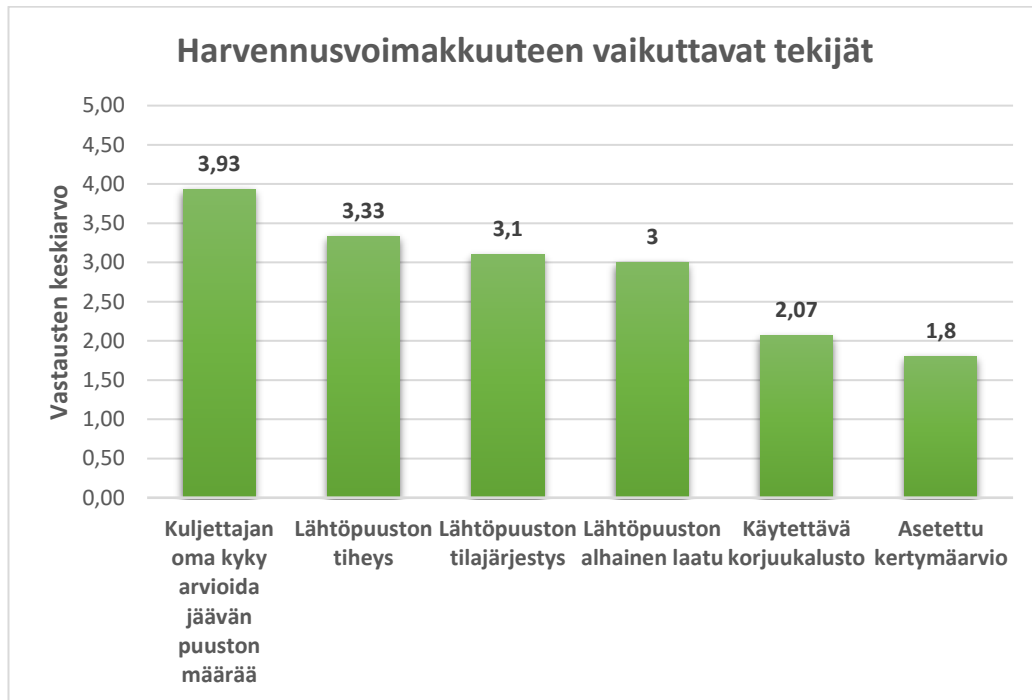
Vähäisin merkitys harvennusvoimakkuudessa oli asetetulla kertymätavoitteella, jolla ei kuljettajien mukaan ollut ”mitään merkitystä”. Kuljettajista 80 % antoi arvon 1 tai 2. Osa käytti arviota pohjana harvennusvoimakkuudelle, ja kaksi kuljettajaa piti kertymäärviota merkittävänä tekijänä. Osa kuljettajista kertoi varoen kertymäärviot merkityksestä tuntemattomaksi jääneestä syystä. Asetettu kertymäärvio sai keskiarvoksi 1,8 keskihajonnan ollessa 0,9.

Muita vaikuttavia tekijöitä oli kova hakkuutavoite, leimikon lumi- ja myrskytuhot, hankala maasto, korkea myrsky- ja lumituhoriski sekä ajouraston suunnittelun onnistuminen. Yksi kuljettaja mainitsi korkeat hakkuuvaatimukset ja paineen harventaa suosituksia voimakkaammin.

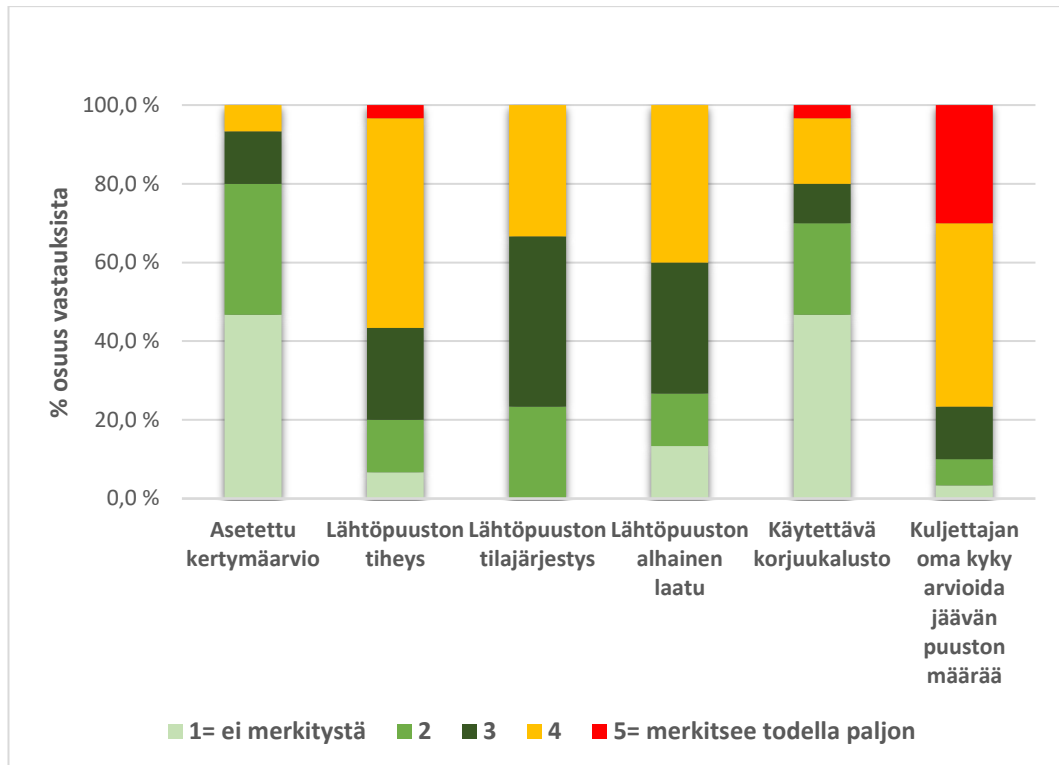
Mikäli leimikolla oli lumen tai myrskyn katkomia puita, ne poistettaisiin pohjapinta-alan ollessa mikä hyvänsä. Erityisesti louhikot ja jyrkät rinteet vaikuttivat kolmen kuljettajan mielestä harvennusvoimakkuuteen, sillä liian jyrkät rinteet jäivät usein liian tiheiksi tai kokonaan käsittelemättä. Kolme kuljettajaa kertoivat jättävänsä puuston suosituksia tiheämmiksi, mikäli riski myrsky- ja lumituhoilta oli suuri. Tällä

pyrittiin ehkäisemään mahdollisia tuhoja. Yksi kuljettaja kertoi ajouraston suunnittelun olevan keskeisimpiä tekijöitä, sillä suunnittelun epäonnistuessa koko harvennusjälki kärsii. Vastausten keskiarvot on esitetty kuviossa 19.

Tilastollisessa testauksessa nollahypoteesi jäi voimaan. Näin ollen voidaan todeta, että vastauksilla ei ollut merkitsevää eroa luokkien kesken.



Kuvio 20. Harvennusvoimakkuuteen vaikuttavat tekijät (N=30)



Kuvio 21. Vastausten jakautuminen kysymyksessä 5. (N=30)

Haastatteluissa haluttiin myös tietää, käyttäisivätkö kuljettajat harvennusvoimakkuuden sovellusta ja kokisivatko he sen hyödylliseksi työkaluksi. 93,3 % kuljettajista vastasi ainakin kokeilevansa harvennusvoimakkuuden sovellusta, edellyttäen että käyttöliittymä olisi helppo eikä söisi liikaa työaikaa (kuvio 21). Kolme kuljettajaa mainitsi harvennusvoimakkuuden kontrolloinnin olevan haastavaa, ja voimakkuutta seuraava sovellus nähtiin todella hyödyllisenä lisänä. Toisaalta kaksi kuljettajaa sanoi, että ei koe tarvitsevansa harvennusvoimakkuuden sovellusta, sillä ”oma silmä ja relaskooppi ovat riittävät työkalut harvennusvoimakkuuden kontrollointiin”.



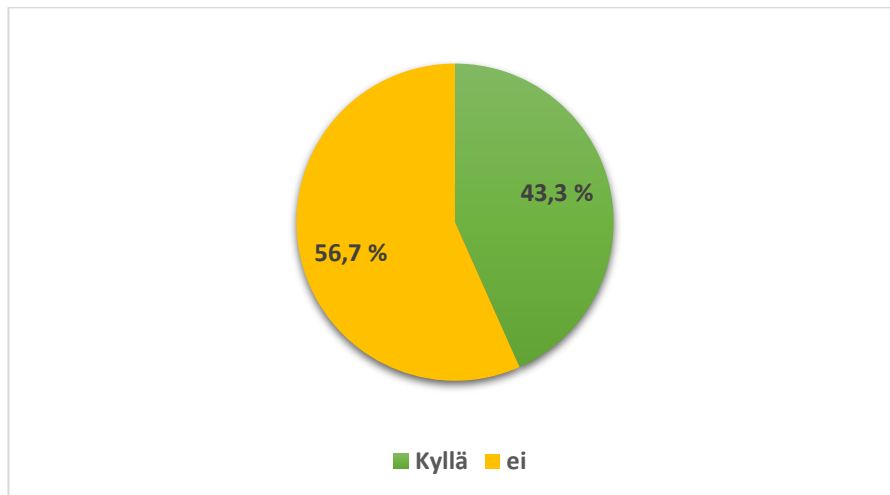
Kuvio 22. Harvennusvoimakkuuden sovellus (N=30)

8.12 Poistettavien puiden osoittaminen kuljettajille

Haastattelulomakkeen kohdassa 6 kartoitettiin kuljettajan tarpeita puuvalinnalle, sekä tilanteita, joissa tieto poistettavista puista olisi hyödyllistä. 43,3 % kuljettajista näki puuvalinnan opastuksesta potentiaalista hyötyä omassa hakkuutyössään (kuvio 22). Kyllä vastanneet kertoivat käyttävänsä ehkä puuvalinnan opastusta, edellyttäen että opastus olisi vapaaehtoista, ja sovellus olisi helppokäyttöinen. Kuljettajat mainitsivat myös potentiaalin olevan tapauskohtainen. Yksi mainitsi käyttävänsä puuvalintaa mahdollisesti tiukoissa päätöstilanteissa. Kaksi kuljettajaa kertoi puuvalinnan opastuksesta olevan potentiaalista hyötyä aloitteleville hakkuukoneenkuljettajille, mutta pitkän työkokemuksen omaaville sen hyödyt jäisivät heidän mielestään olemattomiksi. Kaksi mainitsi käyttävänsä puuvalinnan opastusta, jos siihen saataisiin mukaan enemmän metsänomistajan asettamia tavoitteita. Toisaalta yksi kuljettaja kumosi väitteen sanomalla korjuuohjeiden olevan riittävä ohjenuora metsänomistajien toiveille. Yksi kuljettaja kertoi puuvalinnasta olevan hyötyä vain silloin, jos se toimisi täysin automaattisesti. Toisaalta kuljettajat mainitsivat myös kaikki auttavat työkalut tervetulleina ominaisuuksina.

Vastaajista 56,7 % sanoi eivät nähneet puuvalinnan opastuksesta potentiaalista hyötyä omassa hakkuutyössään (kuvio 22). Osa kielteisesti vastanneista kuljettajista perusteli asiaa kokemuksen olevan riittävä työkalu puuvalinnan teolle. Osa näki puuvalinnan opastuksesta seuraavan informaatiotulvan liiallisena, ja yksi

kuljettaja mainitsi puuvalintaa opastavan järjestelmän olevan mahdoton toteuttaa, sillä jokainen kuljettaja harventaa metsää omalla tavallaan. Yksi kuljettaja kertoi pelkäävänsä kuljettajan oman päätöksen ja koneen antaman ehdotuksen välisiä ristiriitoja, jolloin harvennustyön kuormittavuus ja ajanmenekki lisääntyisivät. Toiset kuljettajat eivät taasen nähneet puuvalinnan opastusta lähitulevaisuudessa mahdollisena tai eivät osanneet kuvitella, miten puuvalinnan opastus toimisi järkevästi. Seassa oli myös ne kuljettajat, jotka suhtautuivat itsevarmasti omaan hakkuutyöhönsä ja kertoivat tahdin ja korjuutyön laadun olevan riittävä. Tätä kysymystä testattiin tilastollisesti khiin neliö-testillä. Testauksella haluttiin tutkia, onko vastauksilla eroa, jos kuljettajalla oli aiempaa kokemusta ennakkoleimatulla kohteella työskentelystä. Khiineliö testi tuotti p-arvon 0,269, joten luotamusvälin ollessa yksi voidaan sanoa, että vastauksilla ei ollut merkitsevää eroa luokkien kesken.



Kuvio 23. Puuvalinnan opastuksen potentiaali omassa hakkuutyössä (N=30)

Moni kuljettaja haparoi vastausten suhteen, sillä puuvalintaa opastavaa järjestelmää ei ole vielä kokeiltu edes simulaattoritasolla. Etenkin haastattelun alussa kuljettajille oli vaikea luoda mielikuvia puuvalintaa opastavista järjestelmistä, koska ennakkotieto puuvalinnan haasteista oli opinnäytetyön tekijällä olematon.

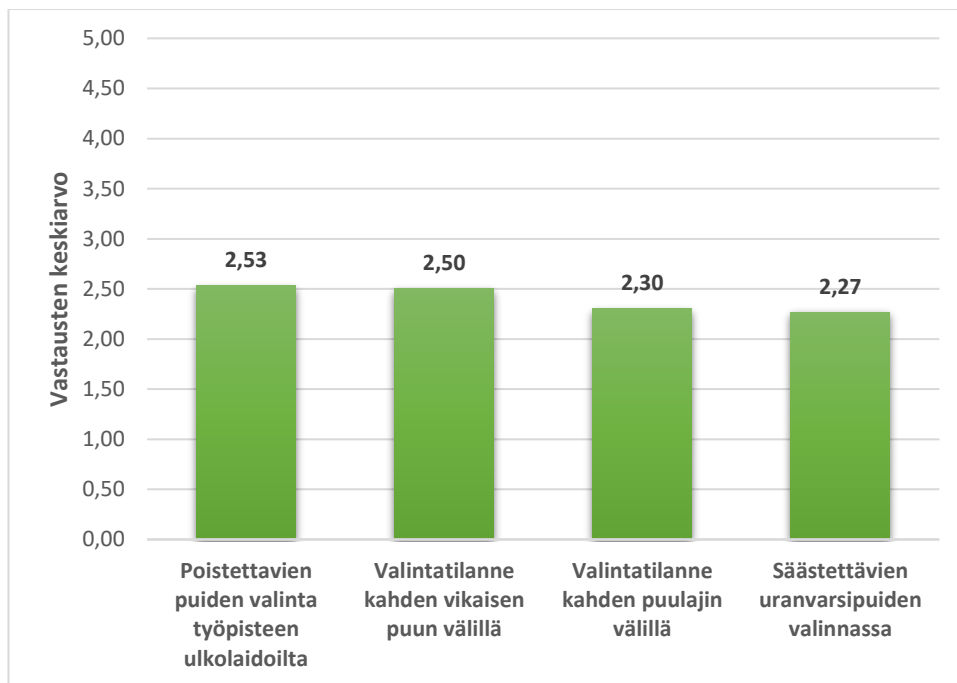
Haastattelussa kartoitettiin tilanteita, joissa tieto poistettavista puista olisi hyödyllistä. Haastattelija luetteli haastateltavalle neljä tyypillistä harvennuksella esiintyvää tilannetta, ja kuljettajan tuli arvioida, kuinka usein tieto poistettavasta puusta olisi hyödyllistä. Tilanteet olivat:

- 1) valintatilanne kahden puulajin välillä
- 2) valintatilanne kahden vikaisen puun välillä
- 3) säästettävien uranvarsipuiden valinta
- 4) poistettavien puiden valitseminen työpisteen ulkolaidoilta

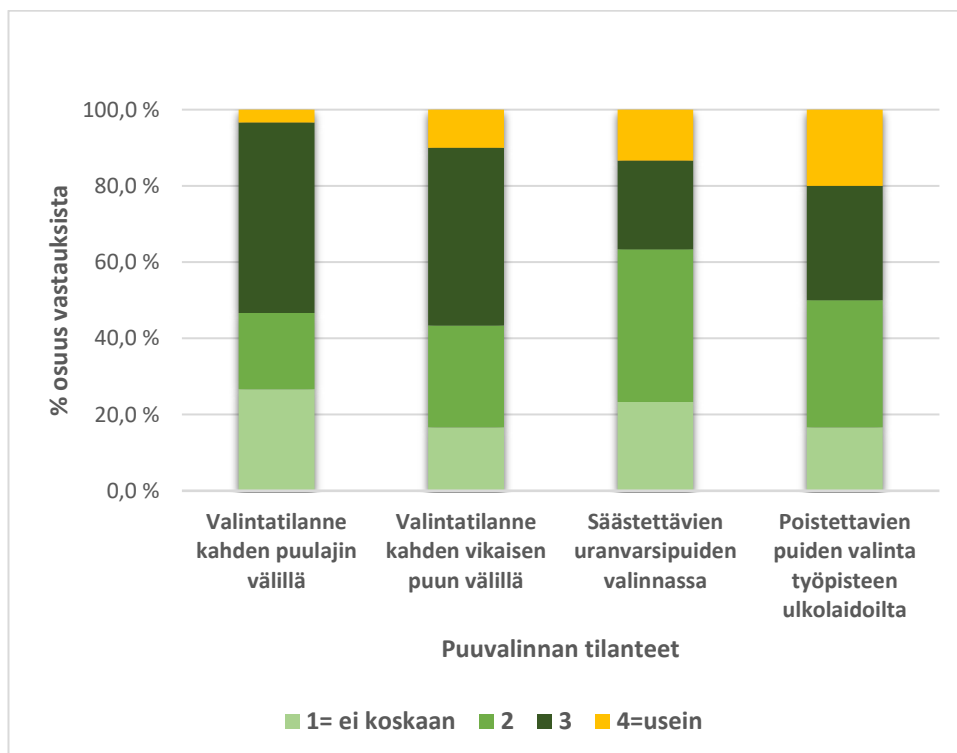
Kuljettajat arvioivat tilanteita asteikolla 1-4, jossa 1= ei koskaan hyödyllistä, 2= harvoin hyödyllistä, 3= joskus hyödyllistä ja 4= usein hyödyllistä. Tämän lisäksi kuljettajalle annettiin mahdollisuus nimetä yksi jokin muu tilanne, jossa tieto poistettavista puista olisi hyödyllistä. Tässä kohtaa haastattelua kuljettajat alkoivat usein väsyä ja koska kokemuksia puuvalintaa opastavasta järjestelmästä ei ollut, kuljettajat vastailivat useimmiten maltillisesti varoen kumpiakin ääripäitä. Keskiarvojen kautta tarkasteltuna puuvalinnasta koettiin eniten hyötyä poistettavien puiden valitsemisessa työpisteen ulkolaidoilta sekä valintatilanteessa kahden vikaisen puun välillä. Saadut keskiarvot on esitetty kuviossa 18. Poistettavien puiden valinnassa työpisteen ulkolaidoilta 50 % kuljettajista näki tiedosta olevan vähintään joskus hyötyä. Toisaalta 50 % koki tiedon ei koskaan tai harvoin tarpeellisenä. Vastaavasti valintatilanteessa kahden vikaisen puun välillä 57 % koki tiedon poistettavasta puusta ainakin joskus hyödylliseksi, 43 % sanoessa sen olevan harvoin tai ei koskaan hyödyllistä. Vähiten hyödylliseksi kuljettajat näkivät tiedon säästettävien uranvarsipuiden valinnassa, jossa 63 % sijoittui ei koskaan-harvoin arvion kannalle.

Kuljettajat kokivat tarvitsevansa puuvalinnan opastusta pimeällä ja näköesteissä, tilan rajoilla sijaitsevien puiden valinnassa, metsissä, joissa lähtöpuuston laatu on erinomainen ja ajouraston suunnittelussa. Viisi kuljettajaa kertoi puuvalinnan opastuksen olevan joskus tai usein tarpeellista pimeällä ja leimikoilla, joilla näkyvyys on yleisesti huono. Kaksi kuljettajaa mainitsi tilarajojen nauhoituksen olevan keskimäärin riittämätöntä, ja rajapuustossa pelattiin kuljettajien mukaan varman päälle. Kaksi kuljettajaa kertoi puuvalinnan olevan vaikeaa huippulaatuisissa

metsissä, joissa selkeitä poistettavia puita oli vähän. Kuljettajien mukaan puuvai-
linta menee tällöin empimiseksi ja harvennustyö on hitaampaa. Vastausten kes-
kiarvot on esitetty kuviossa 23.



Kuvio 24. Tilanteet, joissa tieto poistettavista puista olisi hyödyllistä (N=30)



Kuvio 25. Vastausten jakautuminen kysymys 6.2 (N=30)

Taulukko 1. Vastausten keskihajonta

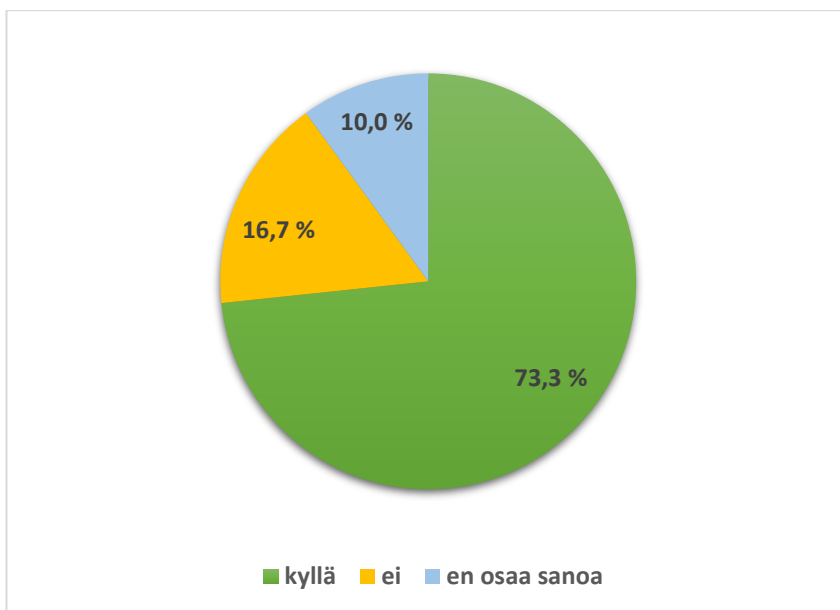
puuvalinnan tilanteet	keskihajonta
Valintatilanne kahden puulajin välillä	0,90
Valintatilanne kahden vikaisen puun välillä	0,89
Säästettävien uranvarsipuiden valinnassa	0,96
Poistettavien puiden valinta työpisteen ulkolaidoilta	0,99

8.13 Puuvalinnan opastuksen vaikutukset hakkuutyöhön

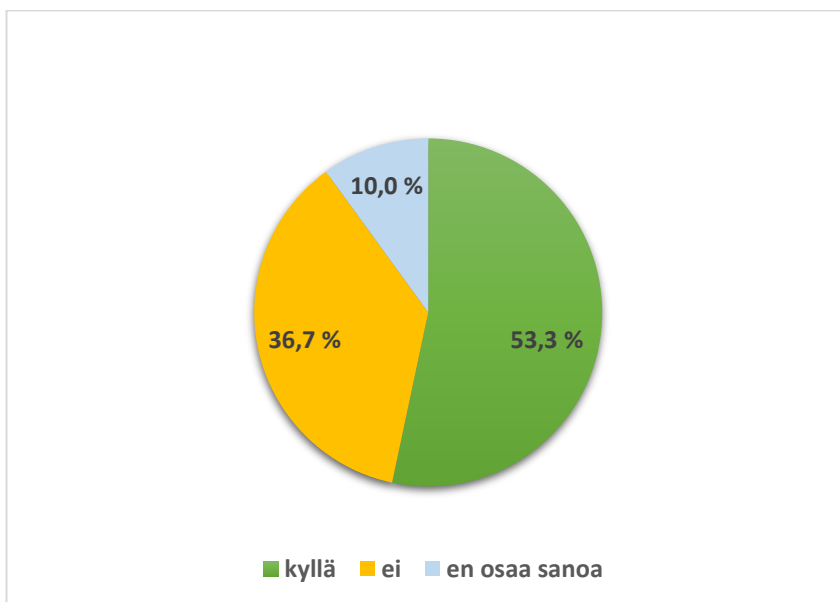
Haastatteluissa haluttiin kuulla hakkuukoneenkuljettajien mielipiteitä liittyen puuvalinnan opastuksen vaikutuksiin. Kuljettajille luettiin neljä väittämää, joihin kuljettajat vastasivat kyllä, ei tai en osaa sanoa. Väitteet olivat:

- 1) puuvalinnan opastus nostaisi korjuutyön laatua
- 2) puuvalinnan opastus nostaisi korjuutyön tuottavuutta
- 3) puuvalinnan opastus auttaisi jaksamaan paremmin työssä
- 4) puuvalinnan opastus vaikeuttaisi itsenäistä työskentelyä.

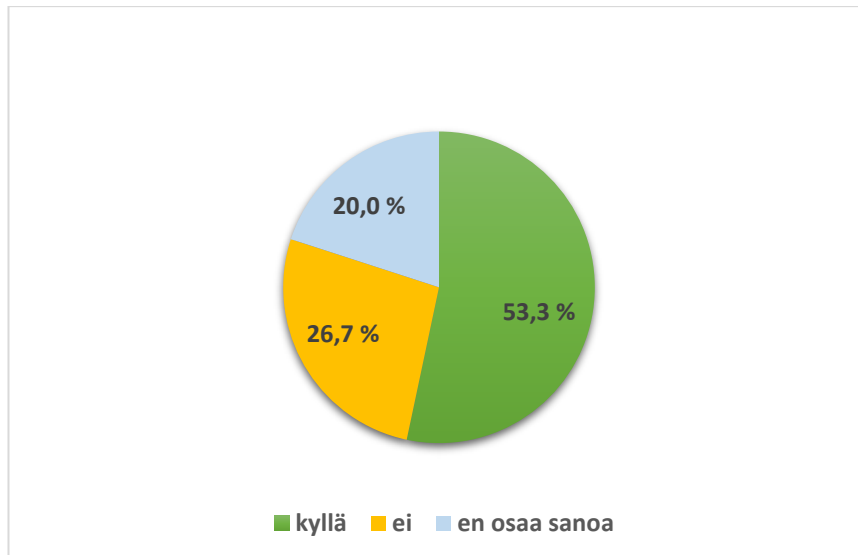
73,3 % mielestä puuvalinnan opastus nostaisi korjuutyön laatua. 16,7 % kuljettajista ei ollut samaa mieltä ja 10 % ei osannut sanoa (kuvio 25). 53,3 % mielestä opastus nostaisi korjuutyön tuottavuutta. 36,7 % oli eri mieltä ja 10 % ei osannut sanoa (kuvio 26). 53,3% mielestä opastus auttaisi jaksamaan paremmin työssä. 26,7 % oli eri mieltä ja 20 % ei osannut sanoa (kuvio 27). 23,3 % mielestä puuvalinnan opastus vaikeuttaisi itsenäistä työskentelyä, 60 % oli eri mieltä ja 16,7 % ei osannut sanoa (kuvio 28). Kuten aiemmin jo mainittiin, puuvalinnan opastusta leimasivat monenlaiset mielikuvat mahdollisesta järjestelmästä. Tämä selittää vastauksissa esiintyvää hajontaa.



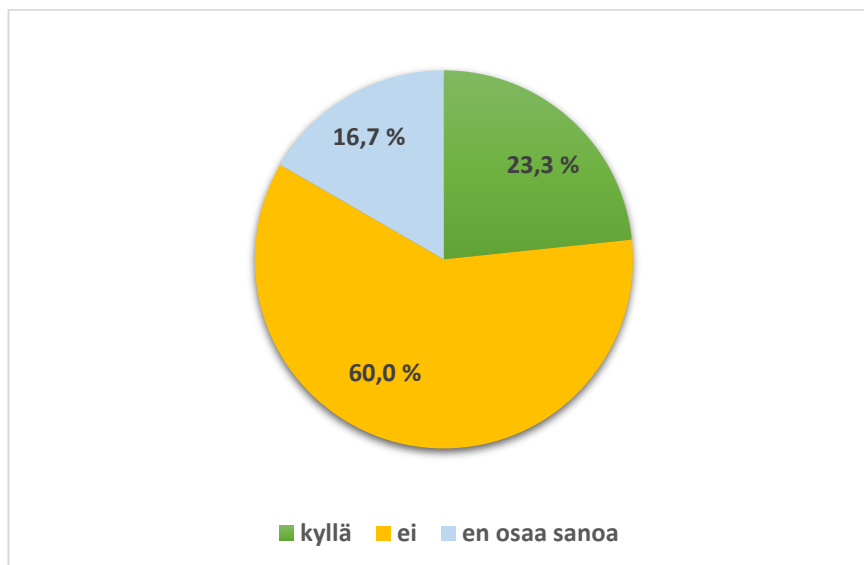
Kuvio 26. Väittämä 1, Opastus nostaisi korjuutyön laatua (N=30)



Kuvio 27. Väittämä 2, opastus nostaisi korjuutyön tuottavuutta (N=30)



Kuvio 28. Väittämä 3, opastus auttaisi jaksamaan paremmin työssä (N=30)



Kuvio 29. Väittämä 4, opastus vaikeuttaisi itsenäistä työskentelyä. (N=30)

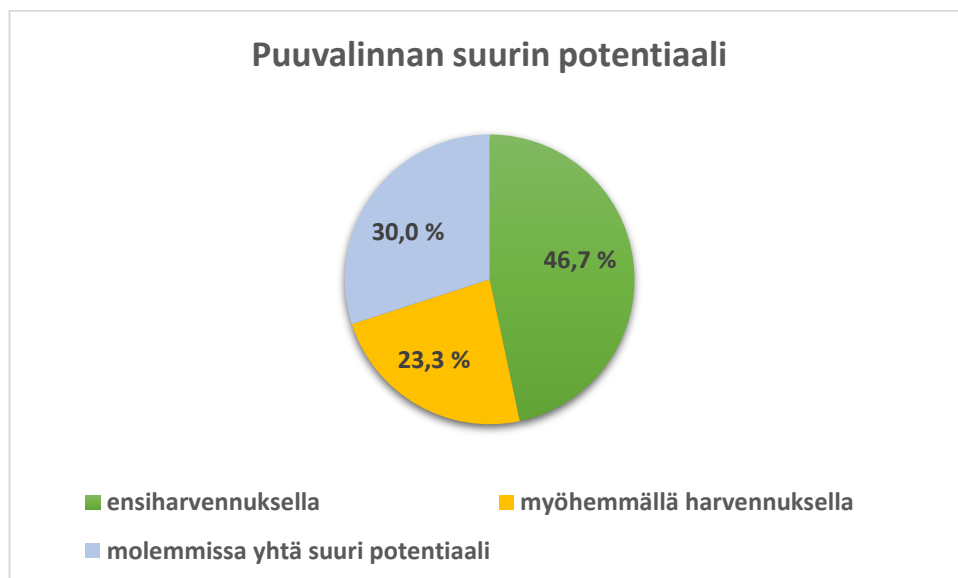
8.14 Puuvalinnan opastuksen potentiaali harvennuksittain

Haastattelun loppuksi vastaajilta kysyttiin, millä harvennuksella hakkuukoneenkuljettajan puuvalinnan opastuksella on suurin potentiaali. Vaihtoehtoina oli luonnollisesti ensiharvennus, myöhempi harvennus tai molemmat. 46,7 % vastasi puuvalinnan potentiaalin olevan suurimmillaan ensiharvennuksella (kuvio 29). Ensiharvennuksen kannalla olleet kuljettajat korostivat harvennuksen metsänhoidol-

lista näkökulmaa. Tavoitteena oli jättää kasvamaan mahdollisimman hyvälaatuisen puusto. Mikäli puuvalinta menisi ensiharvennuksella pieleen, metsää on vaikea pelastaa myöhemmälläkään harvennuksella.

Myöhemmän harvennuksen kannalla oli 23,3 % kuljettajista (kuvio 29). Nämä kuljettajat ajattelivat puuvalinnan opastusta saatujen puutavaralajien optimoinnin kautta, ja tavoitteena olikin tukin raakkiosuuden minimointi sekä tukkipuun maksimointi. Osa kuljettajista perusteli asiaa tukkipuun suuremmalla osuudella verrattuna ensiharvennukseen. Toisaalta myös selkeitä poistettavia puita löytyi kuljettajien mukaan myöhemmältä harvennukselta vähemmän, ja puuvalintaan tuli keskittyä enemmän verrattuna ensiharvennukseen. Yksi kuljettaja myös mainitsi, että puun ollessa myöhemmällä harvennuksella pidempää, latvuksen hahmottaminen oli vaikeampaa.

30 % kuljettajista piti puuvalinnan opastusta potentiaalisimpana molemmilla harvennuskerroilla (kuvio 29). Tosin tähän ryhmään sisältyivät ne kuljettajat, jotka olivat haastatteluun väsyneitä ja ne, jotka eivät kokeneet puuvalintaa mahdolliseksi tai tarpeelliseksi. Toisaalta muutama kuljettaja mainitsi harvennushakkuun olevan kokonaisuudessaan monimutkainen prosessi, ja puuvalinnasta olisi hyötyä harvennuksen kaikissa muodoissa.



Kuvio 30. Puuvalinnan potentiaali harvennushakkuittain. (N=30)

9 Pohdinta

Mann Whitney-u testien lopputuloksena oli nollahypoteesit kaikissa testatuissa ominaisuuksissa. Näin ollen voidaan todeta haastateltujen kuljettajien vastausten olleen hyvin homogeenisia. Toisaalta haastateltavat valikoitiin Itä- Suomen alueelta, joten alueellista eroavaisuutta oli odotettavastikin vähän. Toisaalta kuljettajat olivat tekemisissä monenlaisten työmaiden kanssa. Osa kuljettajista hakkasi pääasiassa turvemaan harvennuksia, kun taas osa hakkasi pahimmilla lumituhoalueilla. Kuljettajat myös hakkasivat erilaisille metsänomistajatahoille. Yksi oli erikoistunut yksityismetsien hankintahakkuisiin ja muutama kuljettaja hakkasi pääasiassa Tornatorin harvennuskohteita. Suurin osa kuljettajista hakkasi kuitenkin pääasiassa yksityisten metsänomistajien kohteilla. Otannan sisäistä vaihtelua oli siis runsaasti.

Kuljettajaa opastavien järjestelmien tarvetta on kartoitettu mm. Väätäisen ym. vuonna 2012 julkaistussa tutkimuksessa ”Kuljettajaa opastavien järjestelmien tarve ja hyötypotentialiaali koneellisessa puunkorjuussa” (Väätäinen ym. 2012, 3). Tutkimuksessa oli mukana metsäkoneenkuljettajia, korjuuyrittäjiä, vastaavia opettajia sekä metsäkonekoulun opiskelijoita. Tutkimuksessa esitettiin 35 hakkuiden ongelmakohtaa, joita kuljettajat, opiskelijat, hakkuuyrittäjät sekä opettajat arvioivat. Suurimmiksi ongelmiksi kuljettajat ilmoittivat haittaavan alikasvoksen, leimikon epäselvän rajauksen maastossa sekä korjuutyöohjeiden puutteellisuuden. (Väätäinen ym. 2012.) Harvennushakkuiden suhteen tutkimuksessa nousseet teemat ovat hyvin samankaltaisia opinnäytetyön tuloksiin verrattuna. Alikasvos nähtiin puuvalintaa eniten vaikeuttavaksi olosuhteeksi. Samoin mainintoja tilarajojen huonosta rajauksesta maastossa saatiin haastatteluiden edetessä.

Kyseisessä tutkimuksessa puuvalinta listattiin 10:ksi opastusta kaipaavaksi tekijäksi. Opastavan järjestelmän tarve nähtiin keskiarvoilla katsottuna ainoastaan kohtalaisen merkittäväksi hakkuukoneenkuljettajien keskuudessa. Vastaajien keskiarvot liikkuvat työkokemusluokittain 2,56 - 3,11 välillä. (Väätäinen ym. 2012.) Puhtaasti puuvalinnan potentiaaliin liittyvissä kysymyksissä vastaukset

ovat tutkimukseen nähden yhteneväisiä (haastattelulomakkeen kohdat 5.2, 6.2 ja 6.3).

Tutkimuksessa ei pureuduttu puuvalintaan sen syvemmin, joten puuvalinnan tilanteissa kohdatut ongelmat jäivät selvittämättä. Kuljettajat tekevät puuvalintaa pitkälti tietoperustassa esitettyjen kriteereiden mukaisesti, mutta näiden ominaisuuksien tunnistus ei ole kuljettajien mukaan aina niin yksinkertaista. Haastatte- luissa saatiin selville tarkasti puuvalinnan eri vaiheet sekä niihin liittyvät ongelmako- hdat. Näitä aiheita käsitellään seuraavissa luvuissa aiemmin esitettyjen tulosten valossa.

9.1 Puuvalinnan periaate harvennushakkuilla

Puuvalintaa tehdään pitkälti aina metsän mukaan harvennushakkuilla. Pääta- voitteena on kuitenkin aina jättää mahdollisimman hyvälaatuinen ja tasainen puusto tulevia hakkuita ajatellen. Kuljettajien asettamat harvennushakkuiden tavoitteet ovat yhtenevät Huuskosen ym. (2014, 79) asettamiin harvennushakkuiden tavoit- teisiin.

Kuljettajat poistavat ensimmäisenä muusta puustosta selkeästi erottuvat puuyk- silöt. Erottuvuutta mitataan laatuvi-kojen, sairauksien, reilujen järeysvaihtelujen ja latvuksen perusteella. Tämän jälkeen katsotaan selkeästi laadukkaimmat ja kas- vukykyisimmät pää- ja lisävaltapuut, jonka jälkeen tehdään vielä poistettavien puiden valintaa tavoitteiden mukaisen harvennustiheyden ja hakkuukertymän saavuttamiseksi. Huuskosen ym. (2014, 79) mukaan valikoivassa puuvalinnassa poistetaan kaikki sairaat ja laatuvi- kaiset puut, joten tulokset ovat harvennushak- kuiden teoriaan nähden yhtenevät.

Puuvalintaa tehdään käytännössä koko ajan, eniten siirryttäessä työpisteeltä toi- selle ja rungon kuituosan ollessa katkonnassa. Mitä enemmän havainnointia kul- jettaja tekee, sitä paremmin puuvalinta onnistuu. Oleellisinta on tarkastella puus- toa mahdollisimman monesta kulmasta, että vikaisuudet ja sairaudet saadaan

mahdollisimman hyvin huomioitua. Jotta puuvalinta on mahdollisimman laadukasta, puuta on katsottava koko rungon pituudelta, pääpainona kuitenkin rungon yläosa ja latvus. Ovaskaisen ym. (2005, 47) tekemässä tutkimuksessa havainnointikertoja oli eniten puun runko- ja latvustasolla. Havainnoinnin tarkoituksena oli poistettavien puiden valinta, joten tässä työssä saadut tulokset ovat samankaltaisia aiempiin tutkimustietoihin nähden. Toisaalta hakkuulaitteen viennin aikana haastatellut kuljettajat tekivät puuvalintaa vähän, kun taas Ovaskaisen ym. (2005, 48) tekemässä tutkimuksessa puuvalintaa suoritettiin huomattavasti enemmän.

Kuljettajat näkevät tulevia poistettavia puita 2 - 5 kpl riippuen metsän tilasta. Hoitamattomassa kuusikossa mennään puu kerrallaan, kun taas ennakkoraivatulla mäntykankaalla poistettavia puita hahmotetaan helposti 5 kerrallaan. Keskimäärin kuljettajat pyrkivät hahmottamaan ainakin 3, mieluiten 4 puuta kerrallaan.

9.2 Laatu ja puun elinkelpoisuus

Perinteisessä alaharvennuksessa puun sairaudet, laatuviat sekä elävän latvuksen osuus ovat keskeisimpiä poistettavan puun ominaisuuksia. Yleisenä poistettavan puun mittarina voidaan pitää puuyksilön elinkelpoisuutta. Koska harvennushakkuiden ensisijaisena tavoitteena on maksimoida jäävän puuston laatu ja tukkipuun osuus tulevilla hakkuilla, viallisia puita ei ole syytä kasvattaa. Sairaot puut keräävät tuhonaiheuttajia, ja mahdollisuus kasvaa arvokkaaksi tukkipuuksi on pieni. Laatuviallisten puiden katkonta on vaikeaa ja tukkipuun korkeiden mitta- ja laatuvaatimusten takia puusta saadaan tällöin pääasiassa kuitua. Mikäli latvus on supistunut liikaa, harvennuksesta saatu hyöty jää usein olemattomaksi. Puun latvus on yksi oleellisimpia puun elinkelpoisuuden indikaattoreita etenkin ensiharvennusikäisissä männiköissä. Ovaskaisen ym. (2005, 47) tekemässä tutkimuksessa puuvalintaa samoin periaattein, joskin tekijöiden tärkeysjärjestykseen ei otettu kantaa.

Metsänomistajan toiveita kunnioitetaan pääasiassa aina, kunhan ne eivät riko lakia. Harvennus tehdään metsänomistajan metsässä ja kuljettajat haluavat useinkin tehdä metsästä myyjän vaatimusten mukaisen. Joskus toiveita on mahdoton toteuttaa, ja metsänomistajan antama palaute on joskus painottunut kritiikin puolelle.

Selkeästi elinkelvottomien puiden poistamisen jälkeen havainnoidaan puun sijaintia ja tavoitteena on harventaa metsä mahdollisimman tasalaatuiseksi. Harvennus tehdään aina pääpuulajin hyväksi, joskin vikaisen pääpuun sattuessa kohdalle, se poistetaan puulajista riippumatta. Puun hankala sijainti vaikuttaa hyvin vähän puuvalintaan ja poistettavan puun kriteerit täyttävä puu kaadetaan, jos se vain suinkin on mahdollista. Korjuuvaurioriskin kasvaessa liian suureksi puu voidaan jättää pystyyn.

9.3 Näkyvyysongelmat puuvalinnassa

Hakkuukoneenkuljettaja tekee puuvalintaa pääasiassa näköhavaintojensa ja työkokemuksen tuoman näppituntuman perusteella. Tästä syystä kaikki näkyvyyttä rajoittavat tekijät haittaavat puuvalintaa paljon. Rungas alikasvos on harvennus-
hakkuiden suurimpia ongelmia ja puuvalinnassa se on suurin yksittäinen tuotosta vähentävä tekijä. Rungas lehtipuun osuus aiheuttaa ongelmia pääasiassa lehden ollessa puussa sekä myöhästyneissä ylispuun poistoissa. Rungas lumen määrä vaikeuttaa sairauksien ja laatuominaisuuksien tunnistamista, ja etenkin havupuuvältaisissä metsissä lumi aiheuttaa näkemäongelmia. Lumen takia latvuksen erottaminen vaikeutuu ja pölisevä lumi tuo sateen kaltaisen näkemäesteen hakkuutyömaalle.

Hakkuukoneenkuljettajan näkyvyyttä haittaavat myös pimeä ja etenkin syksyisin esiintyvät runsaat vesi- ja räntäsateet. Pimeällä valaistus ei ole riittävä, eikä kuljettaja saata nähdä runkoa latvaan asti. Rankka vesi- tai lumisade heijastaa koneen valoa takaisin hyttiin, jolloin valojen tuoma hyöty menee hukkaan. Ongelmia esiintyy etenkin kuusikkoharvennuksilla, joissa näkemäesteet ovat kuljettajien mukaan arkipäivää. Vastaavasti heijastava auringon valo on ongelma ainoastaan

silloin, kun joutuu hakkaamaan aurinkoa vasten, eikä kopissa ole tarvittavia verhoja auringon valoa vastaan. Etenkin ensiharvennuksilla riski tähän on suuri, sillä ajouria aukaistaessa kuljettaja voi suorittaa hakkuutyötä ainoastaan yhteen suuntaan.

Metsikön suuri tiheys rajoittaa poistettavien puiden valintaa korkean korjuuvaurio- ja tuhoriskin vuoksi. Puuta poistaessa viereiset puut saattavat vaurioitua ja pitkään ylitieheänä kasvanut metsä on altis lumi- ja myrskytuhoille harvennettaessa liian harvaksi. Lähtöpuuston laadun ollessa alhainen kuljettajalla on paljon poistettavan puun vaihtoehtoja. Tällöin harvennusvoimakkuuden kontrollointi nousee päällimmäiseksi mieleen, sillä huonolaatuisenkaan metsän pohjapinta-alaa ei saisi liiaksi pudottaa. Tällöin kuljettajan empiminen voi lisääntyä, ja hakkuutyö hidastuu.

9.4 Lisäinformaatio havupuuvaltaisissa metsissä

Puusta saatava lisätieto olisi hyödyllisintä puun latvuksesta sekä rungon yläosasta. Rungon yläosasta toivottiin lisätietoa erityisesti lenkouden ja puun mahdollisten sairauksien, kuten tervasroson takia. Latvuksesta haluttiin lisäinformaatiota latvakatkojen ja elävän latvuksen kunnon takia. Tavoitteena olisi vähentää kuljettajien tarvetta havainnoida latvoja ja näin edistää korjuutyön sujuvuutta. Puun tyvestä kuljettajat kokivat saavansa jo tarpeeksi tietoa, ja pääasiassa puun toisella puolella sijaitsevan koron tunnistukseen kaivattiin apuja.

Lisätiedon hyöty nähtiin oleellisemmaksi havupuulle ja erityisesti kuuselle. Kuusi-koissa on useita näkyvyyttä haittaavia tekijöitä, kuten tiheys, runsas latvuksen osuus, syksyisin pimeys ja talvisin lumi. Mänty nähtiin toisaalta helppona, toisaalta haasteellisena harvennushakkuiden puulajina. Männiköissä näkyvyys on yleensä riittävä, mutta laatuviat ja sairaudet ovat hyvin yleisiä, eivätkä nämä aina näy kuin vasta puuta kaadettaessa. Koivulle lisäinformaation tarve oli vähäisin. Etenkin puhtaat rauduskoivikot olivat näkyvyydeltään riittäviä, eikä puuvalintaan

tarvinnut samalla tavoin keskittyä mitä havupuuvaltaisissa metsissä. Vanerin korkeiden laatuvaatimusten takia lisätietoa toivottiin etenkin koivun alaosasta mutkien ja lenkouden tunnistamisen helpottamiseksi.

9.5 Laatuviikojen ja sairauksien automaattinen tunnistus

Koron, lenkouden, kaksihaaraisuuden, latvakatkon ja mutkien automaattinen tunnistus auttaisi kuljettajia poistettavien puiden valinnassa. Etenkin ensiharvennuksilla laatuviikaisten puiden osuus on varsin suuri ja hakkuuta voidaan tehdä vain yhdeltä puolelta ennen ajourien aukaisua. Tällöin puun toisella puolella olevat laatuviikat ja sairaudet jäävät usein huomaamatta. Erityisesti koron ja lenkouden suhteen tämä nähtiin yleisenä ongelmana. Etenkin lumituholeimikoilla latvakatkojen osuus on suurimmillaan, mikä tekee harvennustyöstä hidasta ja kuormittavaa. Haarapuu kuusikkovaltaisissa metsissä saattavat olla hankalasti tunnistettavissa.

Poikaoksan ja lahon tunnistukseen kaivattiin myös apuja. Laho on vaikea nähdä päälle päin, ja usein se huomataankin vasta rungon prosessointivaiheessa. Männiköissä poikaoksa pidettiin tyypillisenä ja ”harmaita hiuksia” aiheuttavana tekijänä.

9.6 Kuljettaja ja metsän tila harvennusvoimakkuudessa

Harvennusvoimakkuudessa keskeisintä on kuljettajan oma kyky arvioida jäävän puuston määrää. Työkokemuksen kautta saatu näppituntuma edistää hakkuutyön sujuvuutta ja pitää harvennusvoimakkuuden maltillisena ja metsäkohtaisena. Toisaalta kuljettajan näkemys oikeasta harvennusvoimakkuudesta saattaa vääristyä, jolloin harvennusjälki kärsii. Ovaskaisen ym. (2005) tekemässä tutkimuksessa huomattiin kuljettajan hiljaisen tiedon olevan merkittävä ominaisuus, joka vaikuttaa sekä hakkuujälkeen, että hakkuun tuottavuuteen. Tutkimuksesta saatuihin tuloksiin verrattuna haastateltujen kuljettajien näkemykset ovat yhtenevät.

Lähtöpuuston tiheys vaikuttaa monella tapaa harvennusvoimakkuuteen. Ylitiheydessä kasvanut metsä on useimmiten riukuuntunutta, ja näin ollen altis lumi- ja myrskytuhoille. Siksi kuljettajat tekevätkin useimmiten kevyemmän harvennuksen ylitiheisiin metsiin. Myös korjuuvaurioriskin kasvaessa ylitiheässä metsässä suuremmaksi, varovaisuusperiaatetta noudattavat kuljettajat harventavat kevyemmin puustovaurioiden minimoimiseksi. Tulokset ovat yhdenmukaisia harvennusperiaatteen teorian kanssa, jonka mukaan ylitiheää metsää ei tulisi tuhoriskin vuoksi harventaa liian voimakkaasti kerrallaan (Huuskonen ym. 2014, 107).

Metsän tilajärjestys vaikuttaa kohtalaisesti harvennusvoimakkuuteen. Yleisenä periaatteena on harventaa metsän tiheimmät kohdat voimakkaammin, ja vastaavasti säästellen puita harvapuustoihin kohtiin. Näin tavoite muovata metsä mahdollisimman tasaiseksi saadaan täytettyä. Huuskonen ym. (2014, 79) mainitsevat valikoivien harvennustapojen tasoittavan puuston tilajärjestystä. Työssä saadut tulokset ovat siinä mielin yhtenevät, että tilajärjestys nähtiin oleellisena tekijänä harvennusvoimakkuudessa. Tosin on myös mainittava, että tilajärjestystä ei nähty puun sairauksiin ja laatuviikoihin verrattavana puuvalinnan kriteerinä.

Alhainen lähtöpuuston laatu voi rohkaista kuljettajia harventamaan voimakkaammin. Kun periaatteena on poistaa laatuviikaiset ja sairaat puuyksilöt, vaihtoehtoja huonolaatuisessa metsässä on paljon. Silti harvennusvoimakkuus tulisi pitää suositusten mukaisilla harvennuskäyrillä. Lumi- ja myrskytuhot, sekä riskit näille molemmille vaikuttavat harvennusvoimakkuuteen. Lumen tai myrskyn katkomat puut poistetaan poikkeuksetta, ja vastaavasti tuhoriskin ollessa korkealla, puustoa pyritään varjelemaan.

Vaikeat maastot kuten jyrkät rinteet ja louhikot vaikuttavat jonkin verran harvennusvoimakkuuteen. Mikäli maasto estää koneellisen korjuun, puuvalinnassa on tehtävä monesti kompromisseja. Hakkuupaineen kasvaessa liian suureksi houkutus harventaa suositeltua voimakkaammin saattaa vaikuttaa joillakin kuljettajilla harvennusvoimakkuuteen etenkin leimikoilla, joissa ainespuukertymä on pieni. Käytettävä korjuukalusto ja asetettu kertymäarvio vaikuttavat harvennusvoimakkuuteen vähiten. Hakkuukoneissa on kuljettajien mukaan vaihtelua, mutta luja ammattitaito ratkaisee lopulta harvennusjäljen ja -voimakkuuden. Asetettua

kertymäärviota saatetaan käyttää joskus harvennusvoimakkuutta ohjaavana arviona, mutta useimmiten kertymäärviot sivuutetaan ja keskitytään tekemään metsästä mahdollisimman hyvälaatuinen.

9.7 Harvennusvoimakkuuden seuranta

Suurin osa kuljettajista käyttäisi harvennusvoimakkuutta seuraavaa sovellusta. Mikäli sovellus olisi helppokäyttöinen ja seuraisi metsikön pohjapinta-alaa, siitä olisi apua oikean harvennusvoimakkuuden ylläpidossa. Etenkin metsissä, joissa esiintyy paljon puustollista vaihtelua, harvennusvoimakkuuden sovellus voisi hyvinkin auttaa kuljettajia saavuttamaan etenkin korjuun laatua ajatellen paremman lopputuloksen. Harvennusvoimakkuuden sovellus voisi myös auttaa kokemattomia kuljettajia kalibroimaan omaa silmää harvennusvoimakkuutta ajatellen.

Tällä hetkellä kuljettajilla oli käytössä perinteisen relaskooppimittauksen lisäksi korjuujärjestelmän oma harvennusvoimakkuuden sovellus. Joidenkin mielestä uusi järjestelmä oli osoittautunut huonoksi monimutkaisuutensa takia. Tästä syystä suunniteltaessa uutta automatiikkaa käyttäjäystävällisyyteen tulisi kiinnittää erityistä huomiota.

9.8 Puuvalintaa opastavan järjestelmän potentiaali

Puuvalinta on monimutkainen prosessi, joka koostuu useasta pienemmästä kokonaisuudesta ja vaihtelevista leimikkotekijöistä. Silti etenkin kokeneet kuljettajat tekevät harvennushakkuilla puuvalintaa sekunneissa ja poistettavia puita hahmotetaan useita kerrallaan. Harvennuksen tavoitteiden ja puuvalinnan kriteereiden ollessa kunnossa puuvalinta yleensä onnistuukin mainiosti kuljettajan omalla ammattitaidolla. Tästä syystä täysin automatisoitu puuvalintaa tekevä järjestelmä kuulostaakin aluksi utopistiselta, etenkin kun työn tahdin tulisi nopeutua. Hyvillä kuljettajilla korjuun jälki on useimmiten riittävä, joten korjuutyön laadun parantaminenkin on kova haaste. Näistä syistä ainoastaan alle puolet kuljettajista koki puuvalinnan opastuksen olevan hyödyllistä omaa hakkuutyötä ajatellen. Monet

kuljettajat kokevatkin oman hakkuutyönsä olevan tarpeeksi nopeaa ja laadukasta.

Tilastojen varjossa näin ei kuitenkaan aina ole. Metsäkeskuksen tekemien korjuujälki tarkastusten perusteella vain alle 40% harvennushakkuukohteista oli harvennusjäljeltään suositusten mukainen. Suurimmat huomautuksen aiheet olivat ajourien leveys, runsaat puustovauriot ja liian suuri harvennusvoimakkuus. (Metsäkeskus 2018.)

Puuvalinta ei myöskään ole täysin ongelmaton kokeneimillekään kuljettajille, ja olosuhteet vaikuttavat hakkuutyön onnistumiseen paljon. Kuljettajan näkemä runkoon ja latvukseen ei ole aina riittävä, ja edes monen vuoden työkokemus ei aina takaa laatuviikaisen tai sairaan puun havaitsemista. Etenkin havupuuvaltaisissa metsissä näkyvyysongelmia on useita, ja tällöin puuvalinnasta tulee monimutkaista. Mikäli pakettiin lyödään vielä suuret lumituhot ja metsänomistajan korkeat vaatimukset, harvennustyö voi olla pahimmillaan tuskallista näpertämistä.

Harvennusleimikoiden näkyvyysongelmien puolesta tulevaisuus ei näytä sen vaioisammalta. Metsien siirtyessä vanhoilta sukupolvilta nuoremmille, etämetsänomistajuus lisääntyy ja metsiä ei välttämättä hoideta yhtä huolellisesti kuin ennen (Hänninen 2009, 7). On siis täysin mahdollista, että etenkin ensiharvennuskohteiksi tullaan tarjoamaan entistä enemmän metsiä, joissa esiintyy ylitiheyttä, haittaavaa alikasvosta ja puustollisia laatuviikoja. Metsänomistajien nuorentuessa ja ilmastonmuutoksen ollessa globaalina trendinä, metsien monitavoitteellisuus lisääntyy (Karppinen & Ahlberg 2008, 18). Tämä lisää entisestään korjuutyölle esitettyjä vaatimuksia.

Haastatelluista kuljettajista 73% piti mahdollisena korjuu työn laadun paranevista puuvalinnan opastuksella. Mikäli puuta saataisiin jonkinlaisella konenäöllä mallinnettua joka puolelta runkoa, rungon toisella puolella sijaitsevat sairaudet ja laatuviat saataisiin paremmin huomioitua. Tämä luonnollisesti nostaisi korjuutyön laatua, joka taas puustollista lisäarvoa tuleviin hakkuisiin.

Korjuutyön tuottavuutta puuvalinnan opastuksella on haastava parantaa nykyisestäään. Lisäinformaation tuotto rungon yläosasta ja latvuksesta sen sijaan ainakin vähentäisivät kuljettajien havainnointikertoja, mikä puolestaan lisäisi hakkuutyön sujuvuutta. Mikäli leimikko saataisiin kuvattua esimerkiksi dronella ennen hakkuuta, mahdolliset latvakatkot voitaisiin paikallistaa, ja kuljettajalle olisi mahdollista tuottaa korjuuohjeiden tueksi puukartta, jossa latvavialliset puut olisivat valmiiksi merkittyjä. Erityisesti tuhojen vaivaamilla kohteilla tästä voisi olla suuri apu.

Puuvalinnasta olisi potentiaalia erityisesti ensiharvennusmetsissä, joissa hakkuuta haittaavia tekijöitä on paljon, ja hakkuu tehdään pääasiassa metsänhoidollisesta näkökulmasta. Puuvalinnasta olisi hyötyä myös myöhemmällä harvennuskella, jossa sen sovellutukset voisivat keskittyä tavoiteltujen puutavaralajien optimointiin ja tukkipuun raakkiosuuden minimoimiseen.

9.9 Opastavan järjestelmän suunnittelun lähtökohdat

Hahmotellessa puuvalintaa opastavaa järjestelmää suunnittelijan tulee miettiä metodia, miten puuvalinnassa esiintyviä ongelmia pyritään ratkaisemaan. Koska puuvalinta on prosessina äärimmäisen monimutkainen ja tapauskohtainen, puhdas matemaattinen tarkastelu ei tule kysymykseen, vaan mukaan on otettava osittain heuristisia tutkimusmenetelmiä. Tästä työstä saatujen tulosten perusteella voidaan määrittää puuvalintaa koskevia rajoitteita ja muuttujia, joita voidaan korjata kuljettajien subjektiivisella kokemuksella.

Kysyttäessä kuljettajien kokemuksia ennakkoleimatuista kohteista kuljettajat korostivat leimaajan tavoitteita ja näkökulmaa, mistä päin leimaus tehtiin. Näkemä hakkuukoneen hytistä ja maan tasalta on hyvin erilainen, joten on mietittävä huolellisesti, mistä kohdin konetta automatiikka mittaa puiden tunnuksia. Mittaamalla tunnuksia samalta tasolta, mistä kuljettaja tekee omaa puuvalintaa, järjestelmä tuottaa todennäköisemmin kuljettajan päätöksentekoa tukevaa tietoa. Pahim-

massa tapauksessa järjestelmä aiheuttaa pääasiassa ristiriitoja kuljettajan valinnan kanssa, ja työn kuormittavuus lisääntyy. Suunnittelussa tulee myöskin huomioida yleinen käyttäjäpsykologia. Saariluoma (2004, 7-9) mukaan ihmisen kommunikaatio koneen kanssa poikkeaa kommunikaatiosta toisen henkilön kanssa. Saavuttaakseen asetetut tavoitteet järjestelmän tulee tehdä prosessin osatavoitteet välttämättömiksi elementeiksi (Saariluoma 2004 22-23).

Opastavaa järjestelmää suunniteltaessa tulee myöskin määrittää, minkä tahojen tavoitteet järjestelmän tulee ottaa huomioon. Kuljettaja tasapainottelee metsänomistajan, metsäteollisuuden ja luontoarvojen välillä, joten kompromissien löytö eri rajapintojen kesken on joskus hankalaa. Mikäli järjestelmän on tavoitteena huomioida myös metsänomistajan toiveet, muuttujien määrä kasvaa. Tällöin järjestelmä voi tuottaa liikaa informaatiota, jolloin opastava järjestelmä vaikeuttaisi kuljettajan itsenäistä työskentelyä.

Järjestelmän tulisi myös edesauttaa metsäkoneenkuljettajien työhyvinvointia. Vähentämällä havainnoinnin tarvetta kuljettajan psyykkistä kuormittavuutta olisi mahdollista laskea. Tällöin kuljettajalta vapautuu resursseja muuhun huomioon, kuten ajoura suunnitteluun ja korjuuvaurioiden ennaltaehkäisyyn.

9.10 Tulosten luotettavuus ja jatkotutkimukset

Opinnäytetyön haasteita oli otannan pieni koko määrällisen tutkimuksen kriteereillä. Tuloksista ei voida luoda tilastollisesti luotettavaa mallia, joka voitaisiin yleistää koskemaan koko hakkuukonekuljettajapopulaatiota. Työssä kuitenkin onnistuttiin selvittämään puuvalinnassa esiintyviä ongelmia ja päätöstuen tarve saatiin kartoitettua riittävältä osin. Haastatteluista saatu laadullinen aineisto yllätti kaikkien osapuolten odotukset, ja aiheeseen päästiin pureutumaan syvälle. Työlle on luvassa myös jatkoa, jossa haastattelut ulotetaan Pohjois- ja Etelä-Suomen hankinta-alueille, joten lopullinen selvitys tulee kattamaan ainakin kaksi opinnäytetyöntasoista selvitystä.

Puuvalintaa opastavalle järjestelmälle löytyy tilaa metsäkoneiden automatiikan kehityksen saralla. Kehityksen lähtöasetelmien on kuitenkin oltava selvät. Kenelle, millaista ja mihin olosuhteisiin, ovat avainkysymyksiä suunnitteluun lähdettäessä.

9.11 Lopuksi

Opinnäytetyön tekijä kiittää kaikkia haastatteluihin osallistuneita yrittäjiä, heidän hakkuukoneenkuljettajiaan ja kaikkia selvitystyöhön osallistuneita tahoja. Erityiskiitos Stora Enso Metsän Kalle Kärhälle, Mika Vahtilalle sekä Metsätehon edustajalle Heikki Ovaskaiselle. Nämä henkilöt määrittivät selvitystyölle selkeät suuntaviivat ja auttoivat haastattelulomakkeen muotoilussa.

Lähteet

- Hartikainen, S., Hyvärinen, E., Airaksinen, P., Siren, M., Aholainen, R. & Lilleberg, R. 1990. Harvennushakkuille asetettavat vaatimukset, sekä korjuujäljen arviointi ja mittaaminen. Helsinki: Tuokiprint Ky.
- Heinilä, A. 2018 Leimikoiden kustannustekijät koneellisessa hakkuussa Tampereen ammattikorkeakoulu. Metsätalous. Opinnäytetyö. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2018060112029>. 22.3.2019
- Husu, T. 2010. Päätöksenteon tukijärjestelmien ihmiskeskeinen suunnittelu. 15.4.2010. Helsingin yliopisto. Tietojenkäsittelytieteen laitos. Seminaarialustus. https://www.cs.helsinki.fi/u/thusu/opinnot/kl_sem/2010-04-15_dss.pdf. 2.3.2019.
- Huuskonen, S., Hynynen, J., & Valkonen, S. 2014. Metsän kasvatusta, menetelmät ja kannattavuus. Porvoo: Metsäkustannus Oy
- Huuskonen, S., & Ahtikoski, A. 2005. Ensiharvennuksen ajoituksen ja voimakkuuden vaikutus kuivahkon kankaan männiköiden tuotokseen ja tuottoon. Vantaa: Metsäntutkimuslaitos.
- Hynynen, J., Valkonen, S., & Rantala, S. 2005. Tuottava metsänkasvatusta. Hämeenlinna: Metsäkustannus Oy.
- Hämäläinen, J., Holopainen, M., Hynynen, J., Jyrkilä, J., Rajala, P., Ritanen, R., Räsänen, T., & Visala, A. 2014. Perusteita seuraavan sukupolven metsävarajärjestelmälle. Helsinki: Metsäntutkimuslaitos.
- Hänninen, H. 2009. 21.8.2019. Metsänomistajien rakennemuutos edistämisen organisaatioiden toiminnan kannalta. Metla. <https://docplayer.fi/3052256-Metsanomistuksen-rakennemuutos-edistamisorganisaatioiden-toiminnan-kannalta-harri-hanninen.html>. 2.4.2019.
- Jyväskylän yliopisto. 2015. Määrällinen tutkimus. Jyväskylän yliopisto. 23.4.2015. <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimusstrategiat/maarallinen-tutkimus>. 1.3.2019.
- Kaila, E. & Saarenmaa, H. 1990. Tietokoneavusteinen päätöksenteko metsätaloudessa. Teoksessa Folia Forestalia 757. Helsinki: Metsäntutkimuslaitos
- Kariniemi, A. 2006. Kuljettajakeskeinen hakkuutyön malli - suorituksen kognitiivinen tarkastelu. Helsingin yliopisto. Maatalous - metsätieteellinen tiedekunta. Väitöskirja. Helsingin yliopiston metsävarojen käytön laitoksen julkaisuja 38.
- Karppinen, H & Ahlberg, M. 2008. Metsänomistajakunnan rakenne 2020: Yleiseen väestömuutokseen perustuvat ennustemallit. Metsäntutkimuslaitos. Teoksessa metsätieteen aikakauskirja. Helsinki: Metsäntutkimuslaitos. 17 - 32
- Littiläinen, P., Hyppölä, A., Kariniemi, A., Nieminen, A., Poikela, T., Ranta, A., Roininen, R., Rumpunen, K., Tolonen, H. & Äijälä, O. 2003 Korjuujälki harvennushakkuussa- opas Helsinki: Metsäteho
- Lilleberg, R. 1995. Harvennustapa männikön ensiharvennuksessa. Helsinki: Metsäteho.
- Luonnonvarakeskus. 2017. Ruoka- ja luonnonvaratilastojen E- vuosikirja 2017. Helsinki: Luonnonvarakeskus.

- Metsäkeskus. Ensiharvennuksen omavalvontaohje. <https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/lomake-omavalvonta-ensiharvennus-ohje.pdf>. 8.2.2019
- Metsäkeskus. 2018. 2019. Korjuujäljen otantatarkastukset vuonna 2018. Metsäkeskus. <https://www.metsakeskus.fi/korjuujaljen-laatu>. 20.4.2019
- Mielikäinen, K & Riikilä, M, 1997, Kannattava puuntuotanto
Jyväskylä: Kustannusosakeyhtiö Metsälehti
- Metsäteho Oy. 2006. Kasvatettavan puuston määräytyminen harvennuksessa
Helsinki: Käpylä print Oy.
- Ovaskainen, H. 2012. Koneellinen puunkorjuu- verkko-opas. Metsäteho Oy.
<http://www.metsateho.fi/koneellinen-puunkorjuu-verkko-opas/>. 3.3.2019
- Ovaskainen, H. 2009. Timber harvester operators' working technique in first thinning and the importance of cognitive abilities on work productivity. Dissertations Forestales 79. <https://dissertationesforestales.fi/pdf/article1862.pdf>. 5.3.2019
- Pesonen, M & Hirvelä, H. 1993 Harvennusemetsien määrä ja harvennushakkuiden liiketaloudellinen merkitys. Helsinki: Metsäntutkimuslaitos
- Pesonen, M., Iittiläinen, P., Immonen, K. Jaakkola, S., Kariniemi, A., Korpilahti, A., Nieminen, T., Roininen, K., Strandstöm, M. & Vartiamaa, T. 2005. Korjuun suunnittelu ja toteutus. Helsinki: Metsäteho Oy
- Poikela, A. & Äijälä, O. 2006. Harvennusemetsien määrä ja harvennushakkuiden liiketaloudellinen merkitys. Helsinki: Metsäteho Oy
- Saariluoma, P. 2004. Käyttäjäpsykologia. Ihmisen ja koneen vuorovaikutuksen uusi ajattelutapa. Helsinki: WSOY.
- Saaranen-Kauppinen, A & Puusniekka, A. Aineiston hankinta. Yhteiskuntatieteellinen tietoaarkisto. <https://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kvali/L6.html>. 3.3.2019
- Sandstöm, M., Metsäteho. 2018. Puunkorjuu ja kaukokuljetus vuonna 2017. Helsinki: Metsäteho Oy. http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tuloskalvosarja_2018_08a_Puunkorjuu_ja_kaukokuljetus_vuonna_2017.pdf. 1.3.2019
- Sikanen, L, Oinas, S. & Harstela, P. 1998. Operaatioanalyysin menetelmät ja puunhankinnan sovellukset. Joensuu: Joensuun yliopistopaino.
- Siren, M. 1998. Hakkuukonetyö, sen korjuujälki ja puustovaurioiden ennustaminen. Helsinki: Hakapaino Oy.
- Stora Enso Oyj. 2018a. Stora Enso Metsä. <https://www.storaensometsa.fi/tieto-meista/>. 21.4.2019.
- Stora Enso Metsä. 2018b. Stora Enso Metsä 2018.
- Taanila, A. 2013. Akin menetelmäblogi. 22.1.2013. <https://tilastoapu.wordpress.com/2012/03/08/mann-whitney-u-testi/>. 1.4.2019.
- Tiilikainen, M. 2018. Metsäkoneenkuljettajan työympäristön kehittäminen. Karelialan ammattikorkeakoulu. Metsätalouden koulutusohjelma. Opinäytetyö. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2018111317050>. 3.3.2019.
- Tikkanen, J., Hokajärvi R., Hujala T. & Lappalainen S. Asiakaslähtöisyys metsäsuunnittelun kehittämishaasteena. 2007. Metsäntutkimuslaitos. <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2007/mwp065.htm>. 1.4.2019.
- Tilastokeskus. 2019. Kvalitatiivinen tutkimus. Tilastokeskus. https://www.stat.fi/meta/kas/kvalit_tutkimus.html. 4.3.2019.

- Valli, R. 2018. Ikkunoita tutkimusmetodeihin 1 Metodien valinta ja aineiston keuruu. Keuruu: PS kustannus.
- Vuokila, Y. 1981. Nuoren männikön kasvureaktio ensiharvennuksen jälkeen Helsinki: Metsäntutkimuslaitos.
- Viljamaa, M., Poistettavien puiden valinta laatu- ja tuotusperusteiden harvennushakkuulla. Metsäteho. http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/03/Seminaari_2014_01_g_Harvennushakkuun_oppimispolku_Viljamaa_19032014.pdf. 2.3.2019.
- Väätäinen, K., Ovaskainen, H., Ranta, P. & Ala-Fossi, A. 2005 Hakkuukonekuljettajan hiljaisen tiedon merkitys hakkuutulokseen työpistetasolla. Kuopio: Metsäntutkimuslaitos.
- Ylimäki, R., Väätäinen, K., Lamminen, S., Siren, M., Ala-Ilomäki, J., Ovaskainen, H. & Asikainen, A. 2012 Kuljettajaa opastavien järjestelmien tarve ja hyötypotentialiaali koneellisessa puunkorjuussa. Vantaa: Metsäntutkimuslaitos.
- Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. 2014. Hyvän metsänhoidon suositukset. Metsäkustannus Oy.

Kuljettajan puuvalintaa opastavan järjestelmän hyötypotentiaali harvennushakkuilla -selvitys

Joonas Kasper / Karelia-Ammattikorkeakoulu & Stora Enso Metsä

Selvityksen tarkoituksena on kerätä hakkuukoneenkuljettajien mielipiteitä ja näkemyksiä puuvalintaan liittyvissä tilanteissa harvennuksilla. Lisäksi selvityksen tavoitteena on selvittää, onko kuljettajaa avustaville järjestelmille tarvetta poistettavien puiden valinnassa. Tavoitteena on lisätä kuljettajien hyvinvointia ja työssäjaksamista sekä edistää hakkuutyön sujuvuutta harvennuksilla.

Kuljettajaa koskevat tiedot

Nimi: _____

Ikä: _____

Puhelinnumero: _____

Sähköpostiosoite: _____ (selvityksen tulosten lähettämistä varten kuljettajalle)

Työkokemus hakkuukonetyöstä, v. _____

Koulutus _____

Kuinka paljon hakkasit puuta vuonna 2018?

Hakkuumääräni oli _____ m³

Mikä osuus viime vuoden hakkuistasi oli harvennushakkuita?

Hakkaamastani puumäärästä noin _____ % tuli harvennuksilta viime vuonna (2018).

Onko sinulla aiempaa kokemusta ennakkoleimatuilla kohteilla työskentelystä?

Kyllä Ei

Jos vastasit kyllä, niin millaista kokemusta? Missä olit hakkaamassa ennakkoleimattua kohdetta/työmaata ja kuinka koit sen vaikuttavan työsuoritukseesi?

1. Poistettavien puiden valinta

1.1. Miten valitset hakkuussa poistettavat puut ensiharvennuksella ja toisella harvennuksella?

	Ensiharvennus	Myöhempi harvennus
Valitsen työsektorissa ensin säästettävät puut, jolloin loput ovat poistettavia puuta.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Valitsen työsektorissa poistettavat puut, jolloin loput ovat säästettäviä puuta.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Valikoin sekä poistettavia että säästettäviä puuta vuorotellen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

1.2. Minkä työvaiheen/-vaiheiden aikana useimmiten teet poistettavien puiden valintaa harvennushakkuulla?

1.3. Montako säästettävää/poistettavaa puuta hahmotat kerralla yleensä harvennushakkuulla?

Hahmotan keskimäärin _____ puuta.

2. Poistettavien puiden ominaisuudet

2.1. Mitkä ominaisuudet vaikuttavat sinulla poistettavan puun valintaan harvennushakkuulla?
Arvioi asteikolla 1-5: 1= Ei lainkaan vaikutusta ... 5=Vaikuttaa erittäin merkittävästi.

A) Laatuviat (lenkous, oksaisuus tms)	_____	1= ei lainkaan vaikutusta
B) Elävän latvuksen osuus	_____	2= vähäinen vaikutus
C) Puun sairaudet (esim. tervasrosi)	_____	3= vaikuttaa kohtalaisesti
D) Puulaji	_____	4= vaikuttaa merkittävästi
E) Epätasainen tilajärjestys	_____	5= vaikuttaa erittäin merkittävästi
F) Puun sijainti suhteessa ympäröivään puustoon	_____	
G) Puun sijainti suhteessa hakkuukoneeseen	_____	
H) Metsänomistajan toiveet	_____	
I) Runkojen järjestyminen	_____	
J) Muu, mikä? _____	_____	

2.2. Mihin puun osaan kohdistat yleensä huomiosi, kun valitset harvennuksessa poistettavia puita?
Valitse yksi, kuvaavin vaihtoehto.

Pääasiassa rungon tyviosaan (alle puolet puun pituudesta)	<input type="checkbox"/>
Pääasiassa rungon yläosaan ja latvukseen	<input type="checkbox"/>
Runkoon ja latvukseen koko puun pituudelta	<input type="checkbox"/>

3. Miten eri olosuhteet vaikeuttavat puuvalintaa?

Arvioi asteikolla 1-5 (1= Ei lainkaan vaikutusta ... 5=Vaikuttaa erittäin merkittävästi) seuraavien tekijöiden vaikutusta puuvalinnan onnistumiseen.

Metsikön suuri lähtöiheys (esimerkiksi myöhästyneet ensiharvennukset)	_____	1= ei lainkaan vaikutusta
Lunta puissa	_____	2= vaikeuttaa vähän
Runsas alikasvos	_____	3= vaikeuttaa kohtalaisesti
Häikäisevä auringonvalo	_____	4= vaikeuttaa merkittävästi
Runsas lehtipuun osuus, kun pääpuulaji on kuusi tai mänty	_____	5= vaikeuttaa erittäin merkittävästi
Jokin muu, mikä? _____	_____	

4. Kuljettajan tarvitsema lisäinformaatio

4.1. Mistä lisäinformaatiosta uskot olevan hyötyä poistettavien puiden valinnassa?
Vastaa käyttäen asteikkoa 1-5: (1=Ei lainkaan hyötyä ... 5=Erittäin merkittävä hyöty).

1. Lisätieto puun eri osista		1= ei lainkaan hyötyä
a. Rungon yläosa	_____	2= vähäinen hyöty
b. Rungon alaosa	_____	3= kohtalainen hyöty
c. Puun latvus	_____	4= merkittävä hyöty
		5= erittäin merkittävä hyöty
2. Lisätiedon hyöty puulajeittain		
a. Mänty	_____	
b. Kuusi	_____	
c. Koivu	_____	

4.2. Valitse seuraavista kolme merkittävintä laatuominaisuutta, joiden automaattinen tunnistaminen helpottaisi poistettavien puiden valintaa harvennushakkuulla.

_____ Koro
_____ Lenkous
_____ Kaksihaaraisuus
_____ Latvakatko
_____ Poikaoksa
_____ Oksaisuus
_____ Muuta
_____ Muu, mikä? _____

5. Harvennusvoimakkuus

5.1. Mitkä eri tekijät vaikuttavat mielestäsi eniten harvennusvoimakkuuteen?

Vastaa käyttäen asteikkoa 1-5: 1=Ei lainkaan vaikutusta ... 5=Erittäin merkittävä vaikutus.

Harvennushakkuulle asetettu kertymäarvio	_____	1= ei lainkaan vaikutusta
Lähtöpuuston tiheys	_____	2= vähäinen vaikutus
Lähtöpuuston tilajärjestys	_____	3= vaikuttaa kohtalaisesti
Lähtöpuuston alhainen laatu	_____	4= vaikuttaa merkittävästi
Käytettävä korjuukalusto	_____	5= vaikuttaa erittäin merkittävästi
Kuljettajan kyky arvioida jäävän puuston määrää	_____	
Jokin muu tekijä, mikä? _____	_____	

5.2. Jos käytössäsi olisi harvennusvoimakkuuden seurantaan tarkoitettu sovellus, käyttäisitkö sitä?

Kyllä Ei En osaa sanoa

6. Poistettavien puiden osoittaminen kuljettajalle

6.1. Kokisitko puuvalinnan opastuksesta olevan potentiaalista hyötyä sinulle?

Kyllä Ei En osaa sanoa

6.2. Missä tilanteissa tieto poistettavista puista olisi hyödyllistä?

	Ei koskaan	Harvoin	Joskus	Usein
Valintatilanne kahden puulajin välillä.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Valintatilanne kahden vikaisten puun välillä.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Säästettävien uranvarsipuiden valinta.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Poistettavien puiden valitseminen työpiSTEEN ulkolaidoilta.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jokin muu tilanne, mikä? _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6.3. Mitä mahdollisia vaikutuksia puuvalintaa opastavasta järjestelmästä arvelet olevan?

	Kyllä	Ei	En osaa sanoa
Puuvalinnan opastus nostaisi korjuutyön laatua.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Puuvalinnan opastus nostaisi korjuutyön tuottavuutta.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Puuvalintaa opastavan järjestelmän käyttö auttaisi jaksamaan paremmin työssä.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Puuvalinnan opastus vaikeuttaisi itsenäistä työskentelyä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6.4. Miten näet, missä hakkuukoneen kuljettajan puuvalinnan opastuksella on suurin potentiaali?

Valitse yksi, sopivin vaihtoehto.

- _____ ensiharvennuksella
 _____ myöhemmällä harvennuksella
 _____ molemmissa on yhtä suuri potentiaali

Kiitos mielenkiinnosta ja vastauksistasi!

Joonas Kasper
 puh 0400 512 764 joonas.kasper@storaenso.com