



Karelia-ammattikorkeakoulu
Insinööri (YAMK)

Kaivinkonetöiden päästöjen huomioon ottaminen töiden hankinnoissa ja energiatehok- kuuden parantaminen

Markku Honkanen

Opinnäytetyö, Tammikuu 2024

www.karelia.fi



OPINNÄYTETYÖ
Tammikuu 2024
Kestävän energiatalouden koulutus
Ylempi ammattikorkeakoulututkinto

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600

Tekijä(t)
Markku Honkanen

Nimeke
Kaivinkonetöiden päästöjen huomioon ottaminen töiden hankinnoissa ja energiatehokkuuden parantaminen

Toimeksiantaja
Metsähallitus Metsätalous Oy

Tiivistelmä

Opinnäytetyössä selvitettiin, kuinka päästöt ja energiatehokkuus voidaan ottaa huomioon Metsähallitus Metsätalous Oy:n kaivinkonetöiden hankinnoissa. Lisäksi haluttiin selvittää vaihtoehtoisten käyttövoimien mahdollisuutta koneteissä. Koneteiden hankinnoissa halutaan huomioida hinnan lisäksi ympäristönäkökulmat. Tämä opinnäytetyö on yksi Metsähallitus Metsätalous Oy:n vuoden 2023 energiatehokkuustoimenpiteistä.

Tutkimusmenetelminä käytettiin puolistrukturoitua haastattelua ja benchmarkausta eli vertailukehittämistä. Opinnäytetyössä haastateltiin Metsähallituksen sopimusurakoitsijoita, kaivinkoneiden maahantuojiin edustajia ja Koneyrittäjät Ry:n edustajia. Haastatteilla haluttiin saada erilaisia näkökulmia ja ajatuksia hankintojen kehittämiseksi. Vertailukehittämistä tehtiin internetistä löytyvien, muiden hankintayksiköiden hankinnoista, joilla ympäristönäkökulmat ovat jo osa hankintoja. Hankintakriteereitä sovellettiin Metsätalous Oy:n toimintaympäristöön sopivaksi.

Kerättyä tutkimusmateriaalia analysoitiin ja verrattiin teoriatietoon. Tämän vuoropuhelun pohjalta laadittiin ehdotuksia hankintakriteereistä, joilla ympäristönäkökulma saadaan osaksi hankintoja. Tulosten perusteella päästöluokituksen käyttöä hankintakriteerinä edistetään. Tiedon lisäämisen tärkeys todettiin useasta lähteestä, ja sitä tulee kehittää koulutuksen avulla. Vaihtoehtoisia käyttövoimia ei lähitulevaisuudessa vaadita niiden vähäisen tarjonnan ja käyttökokemusten vähyyden vuoksi. Uusiutuvien polttoainoiden kustannusvaikutuksia selvitetään murskausurakoissa. Uusiutuvien polttoainoiden laajempi käyttö koneteissä vaatii linjauksia käytön todentamisesta, joka on yksi jatkotutkimuksen aihe. Ympäristösuunnitelman mahdollisuuksia hankintojen kehittämisessä tulee myös selvittää.

Kieli
suomi

Sivuja 79
Liitteet 4
Liitesivumäärä 4

Asiasanat
energiatehokkuus, päästöt, julkiset hankinnat



THESIS
January 2024
Degree Programme in Sustainable
Energy Economy
Master's Degree
Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600

Author (s)
Markku Honkanen

Title
Considering the Emissions of Excavator Work in the Public Procurement and Improving Energy Efficiency

Commissioned by
Metsähallitus Forestry Ltd.

Abstract

The purpose of this thesis was to investigate how emissions and energy efficiency can be considered in the procurement of excavator work by Metsähallitus Forestry Ltd. The possibility of alternative energy wanted to investigate in excavator work. In addition to the price, environmental aspects want to consider in the procurement. This thesis is one of Metsähallitus Forestry Ltd.'s energy efficiency measures for 2023.

The research methods used semi-structured interview and benchmarking. Data for this research was collected by interviewed Metsähallitus contractors, representative of excavator importer and representative of Koneyrittäjät ry. The purpose of interviews was to get different perspectives and ideas for developing procurements. Benchmarking was carried out from other procurements units' procurement, where environmental aspects are already part of the procurements. The criteria were applied to suit the operating environment of Metsähallitus Forestry Ltd.

The research material was analysed and compared with theoretical knowledge. Based on this dialogue, proposals were made procurement criteria that integrate environmental aspects into procurement. These results suggest that emission classification will be used as a procurement criterion. The importance of increasing of knowledge was recognized from several sources and it should be developed through education. Alternative energy systems will not be required soon due to their limited supply and lack of operating experience. The cost impacts of renewable fuels will be examined in crushing contracts. The extensive use of renewable fuels in excavator work requires policies on the verifications, which is a subject of further research. The possibilities of the environmental plan should be investigated for the development of procurements.

Language
Finnish

Pages 79
Appendices 4
Pages of Appendices 4

Keywords
energy efficiency, emissions, public procurement

Sisältö

1	Johdanto	6
2	Kestävä kehitys ja päästötavoitteet	7
2.1	Kestävän kehityksen tavoitteet	7
2.2	EU:n ja Suomen päästötavoitteet sekä niihin vaikuttaminen	8
3	Metsähallitus Metsätalous Oy	13
3.1	Julkiset hankinnat	13
3.2	Ilmasto-ohjelma ja Energiatehokkuusjärjestelmä	16
3.3	Kaivinkonetyö Metsähallituksessa	17
4	Työkonemootoreiden päästöt ja päästöluokitus	18
4.1	Työkoneen määritelmä	18
4.2	Työkoneiden aiheuttamat päästöt	19
4.3	Päästöihin vaikuttavat tekijät	22
4.4	Päästöluokitus	24
5	Ympäristökriteerit julkisissa hankinnoissa	27
5.1	Päästötön työmaa Green deal -sopimus ja esimerkki hankintakriteereistä	27
5.2	Väyläviraston hankintakriteerit ja kansainväliset esimerkit	31
5.3	Ruotsin malli	34
5.4	Vaatimusten todentaminen	35
6	Energiatehokkuus ja vaihtoehtoiset käyttövoimat	37
6.1	Työkoneen energiatehokkuuteen vaikuttavat asiat	37
6.2	Vaihtoehtoiset käyttövoimat	39
6.2.1	Sähkö	40
6.2.2	Hybridi	41
6.2.3	Biokaasu	42
6.2.4	Vety	43
6.2.5	Uusiutuva polttoaine	45
6.2.6	Jakeluvelvoite	46
7	Kehittämistyön tavoite	47
8	Kehittämistyön toteutus	48
8.1	Konstruktiivinen tutkimustapa	48
8.2	Haastattelu menetelmänä	50
8.3	Haastatteluiden toteutus ja analysointi	51
8.4	Vertailukehittäminen ja sen toteutus	53
9	Tulokset ja tulosten tarkastelu	54
9.1	Päästöjen huomioon ottaminen hankinnoissa	54
9.2	Energiatehokkuustoimet	58
9.3	Vaihtoehtoiset käyttövoimat hankinnoissa	61
9.4	Uusiutuvien polttoaineiden hyödyntäminen	64
9.5	Toimenpide-esitykset ja tiekartta	66
10	Pohdinta	67
10.1	Luotettavuuden ja eettisyyden arviointi	67
10.2	Työn tulosten ja menetelmien pohdinta	69
10.3	Jatkotutkimusaiheet ja tulosten hyödyntäminen	72
	Lähteet	74

Liitteet

Liite 1

Saate

Liite 2

Haastattelukysymykset kaivinkoneurakoitsija

Liite 3

Haastattelukysymykset kaivinkoneiden maahantuoja

Liite 4

Haastattelukysymykset Koneyrittäjät Ry.

1 Johdanto

Metsähallitus on valtion liikelaitos, jonka tehtävänä on käyttää, hoitaa ja suojella valtion maa- ja vesialueita kestävästi (Metsähallitus 2023a). Metsähallitus Metsätalous Oy (myöhemmin Metsätalous Oy) on Metsähallituksen tytäryhtiö. Ilmastomuutoksen hillitseminen ja ympäristönäkökohtien huomioiminen kaikessa toiminnassa on osa Metsätalous Oy:n ympäristövastuullisuutta (Metsähallitus 2023b.) Metsätalous Oy hankkii kaiken konetyön kilpailutusten kautta ja noudattaa hankinnoissa lakia julkisista hankinnoista. Ympäristönäkökohtien huomioon ottaminen hankinnoissa on osa ilmastomuutoksen hillintää ja antaa tarjoajille viestiä, että tulevaisuudessa ympäristöasiat ovat tärkeä osa toimintaa.

Metsähallituksen energiatehokkuuden parantaminen perustuu vastuullisuuteen ja energiatehokkuusjärjestelmä ETJ+:n noudattamiseen, joka on integroitu sertifioituun ISO 14001 ympäristöjärjestelmään. Nämä velvoittavat Metsätalous Oy:tä parantamaan ja kehittämään toimintaa ympäristöystävällisemmäksi. (Metsähallitus 2023c.) Valtaosa Metsätalous Oy:n päästöistä muodostuu erilaisista konetöistä ja kuljetuksista. Opinnäytetyö keskittyy Metsätalous Oy:ssä tehtävien kaivinkonetöiden hankintojen kehittämiseen ilmasto- ja ympäristöystävällisemmiksi. Sekä lisää tietoa kaivinkoneiden ja kaivinkonetyön kehityksestä tulevaisuuden hankintoja varten.

Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää ehdotus hankintakriteereistä, joilla saadaan ympäristöasiat osaksi hankintoja. Tällä hetkellä Metsätalous Oy:n kaivinkonehankintojen kokonaistaloudellisen edullisuuden perusteena on halvin hinta. Opinnäytetyö toteutetaan Metsätalous Oy:n sopimusyrittäjiin, kaivinkoneiden maahantuojiin ja Koneyrittäjät ry:n kohdistuvalla teemahaastattelulla, jossa selvitetään heidän näkemyksiään kriteereistä, joilla päästöt ja ympäristöasiat voidaan ottaa osaksi hankintoja. Lisäksi selvitetään, miten kaivinkonetyön energiatehokkuutta voidaan parantaa ja sitä kautta vähentää päästöjä. Sekä onko kaivinkonetyössä hyödynnettävissä vaihtoehtoisia käyttövoimia ja millä aikataululla. Opinnäytetyössä perehdytään muiden hankintayksiköiden hankintoihin ympäristökriteerien osalta ja pohditaan niiden soveltuvuutta Metsätalous Oy:n

hankintakriteereiksi. Haastatteluiden vastauksia peilataan aikaisempiin tutkimuksiin aiheesta ja niiden perusteella luodaan esityksiä uusiksi hankintakriteereiksi.

2 Kestävä kehitys ja päästötavoitteet

2.1 Kestävän kehityksen tavoitteet

Agenda 2030 on kestävän kehityksen globaali toimintaohjelma, joka on sovittu kaikkien YK:n jäsenmaiden kesken ja tavoitteet koskevat maailman kaikkia maita. Toimintaohjelma aloitettiin vuonna 2015 ja sen tavoitteena on poistaa äärimmäinen köyhyys maailmasta, ja turvata hyvinvointi ympäristölle kestävällä tavalla. Tavoitteet on tarkoitus saavuttaa vuoteen 2030 mennessä. Kestävän kehityksen tavoitteita on yhteensä 17 (kuva 1), joita täsmennetään 169 alatavoitteella. Tavoitteiden toteutumista seurataan yli 200 globaalin mittarin avulla ja lisäksi valtioilla on omia kansallisia mittareita tavoitteiden seuraamiseksi. (Ulkoministeriö 2023.)



Kuva 1. Kestävän kehityksen tavoitteet (Kestäväkehitys.fi 2023a).

Suomen asettamia Agenda 2030 tavoitteita seurataan toimeenpanosuunnitelmalla, joka toimii selontekona eduskunnalle. Viimeisin toimeenpanosuunnitelma on Marinin hallituksen tekemä valtioneuvoston Agenda 2030 -selonteko vuodelta 2020. Agenda 2030 -selonteossa esitellään toimenpiteet, joilla hallitus edistää 17 kestävän kehityksen tavoitteen toteutumista sekä kotimaassa että globaalisti. Kansallisesti Agenda 2030 tavoitteiden saavuttaminen edellyttää koko yhteiskunnan osallistamista. Yrityksillä, tutkimuksella ja kansalaisyhteiskunnan toimijoilla on merkittävä rooli tavoitteiden saavuttamisessa. Yritykset määrittelevät itse omalle toimialalleen oleellimmat ja vaikuttavimmat tavoitteet. Tämä on osa yritys vastuuta. Yliopistot ja tutkimuslaitokset tuottavat uutta tietoa ja innovaatioita kestävän kehityksen tavoitteiden saavuttamiseksi. (Kestäväkehitys.fi 2023a.)

Metsähallitus on tunnistanut oman toiminnan ja sidosryhmien kannalta yhdeksän olennaisinta tavoitetta. Tavoitteet ovat sukupuolten tasa-arvo (5), ihmisarvoista työtä ja talouskasvua (8), kestävät kaupungit ja yhteisöt (11), vastuullista kuluttamista (12), ilmastotekoja (13), vedenalainen elämä (14), maanpäällinen elämä (15), rauha, oikeudenmukaisuus ja hyvä hallinto (16) ja yhteistyö ja kumppanuus (17). (Metsähallitus 2023b.) Kaivinkonetyön päästöjen huomioon ottaminen hankinnoissa ja kaivinkonetyön energiatehokkuuden parantaminen kytkeytyy Metsähallituksen kestävän kehityksen tavoitteista ”vastuullista kuluttamista” ja ”ilmastotekoja” tavoitteiden alle. Vastuullista kuluttamista -tavoitteena on mm. edistää kestäviä julkisia hankintakäytäntöjä kansallisten lakien ja prioriteettien mukaisesti, ja saavuttaa vuoteen 2030 mennessä luonnonvarojen kestävä ja tehokas käyttö (Kestäväkehitys.fi 2023b). Ilmastotekoja -tavoitteena on mm. integroida ilmastonmuutosta koskevat toimenpiteet politiikkaan, strategioihin ja suunnitteluun sekä parantaa ilmastonmuutoksen hidastamiseen ja sopeutumiseen liittyvää koulutusta (Kestäväkehitys.fi 2023c).

2.2 EU:n ja Suomen päästötavoitteet sekä niihin vaikuttaminen

EU:n ilmastopolitiikalla ohjataan EU-alueen yhteisiä ja sen jäsenmaiden politiikkatoimia ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi ja siihen sopeutumiseksi. EU:n

ilmastopolitiikka pohjautuu YK:n ilmastosopimukseen, joka on tärkein kansainvälisiä ilmastotoimia koskeva sopimus. (Ympäristöministeriö 2023a.) Ilmastosopimusta täydentää Kioton pöytäkirja, joka allekirjoitettiin vuonna 1997 ja päättyi 2020. Kioton pöytäkirjassa otettiin käyttöön ensimmäiset oikeudellisesti sitovat päästövähennystavoitteet. Ilmastosopimusta täydentää vuonna 2015 allekirjoitettu Pariisin ilmastosopimus, jossa kaikki maailman maat tekevät yhteistyötä ilmastomuutoksen torjumiseksi. Tavoitteena on pitää maapallon keskilämpötilan nousu selvästi alle kahdessa asteessa suhteessa esiteolliseen aikaan ja pyrkiä toimiin, joilla ilmaston lämpeneminen saataisiin rajattua alle 1,5 asteeseen. (Eurooppa-neuvosto 2023.)

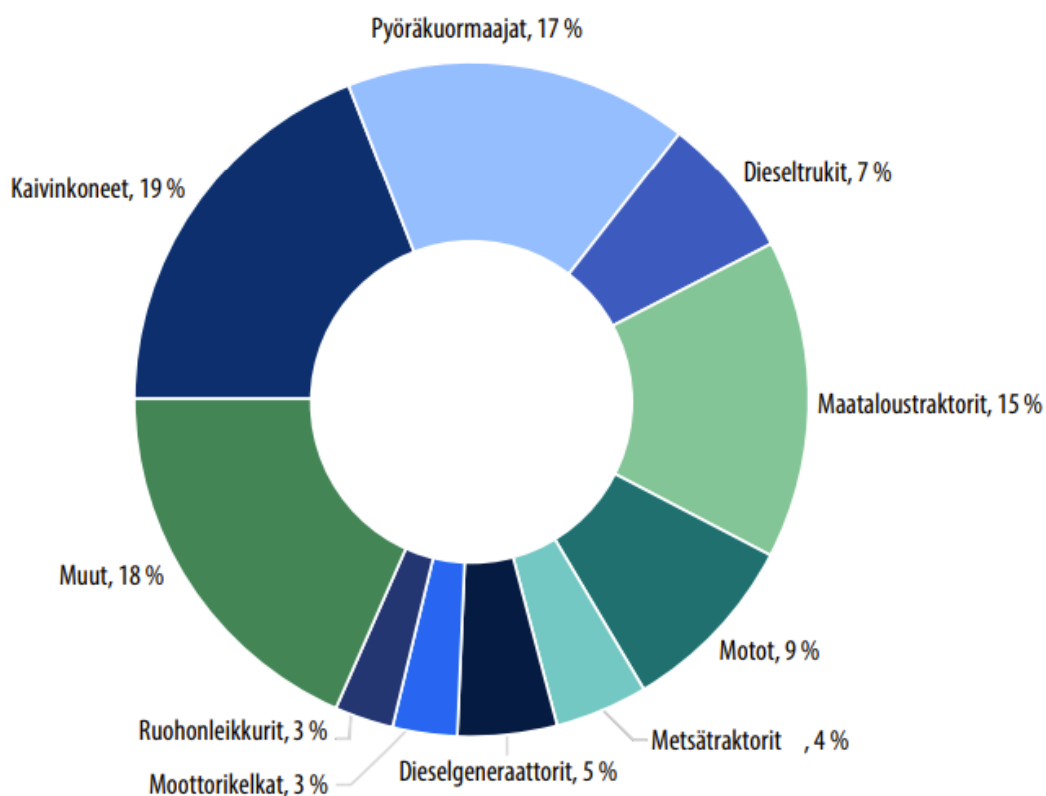
Eurooppalainen ilmastolaki astui voimaan 2021 ja sen tavoitteena on olla ilmastohiilineutraali vuoteen 2050 mennessä. Ilmastolain mukaan EU:n päästöjä on vähennettävä vuoden 1990 tasosta vähintään 55 % vuoteen 2030 mennessä. (Euroopan parlamentti 2021.) EU:n ilmastopolitiikka koostuu päästökaupan, taakanjakosektorin ja maankäyttösektorin päästöistä. Päästökauppadirektiivi ja taakanjakoasetus ohjaavat päästöjen vähentämistä kohti tavoitetta ja samalla Suomen hiilineutraaliustavoitetta. Maankäyttösektorin LULUCF-asetuksella ohjataan mm. hiilinielujen vahvistamista. (Ympäristöministeriö 2023a.)

Euroopan vihreän kehityksen ohjelman tavoite on ohjata EU:ta kohti ilmastoneutraaliutta vuoteen 2050 vihreän siirtymän avulla. Vihreän kehityksen ohjelman ilmastotavoitteet siirretään lakiin 55-valmiuspaketin avulla. Paketti sisältää mm. EU:n päästökauppajärjestelmän tarkistamisen, taakanjakoasetuksen, uusiutuvaa energiaa ja energiatehokkuutta koskevat direktiivit. Sekä maankäyttöä ja metsätaloutta koskevat asetukset ja henkilö- ja pakettiautojen CO₂-päästönormeja koskevan asetuksen. (Eurooppa-neuvosto 2022.) Taakanjakosektorilla tulee saavuttaa 40 % päästövähennys vuoteen 2030. Jäsenvaltiokohtaisten velvoittavien tavoitteiden haarukka on 40 prosenttiyksikköä (10–50 %), Suomen kuuluessa tiukimpaan ryhmään (50 %). EU:n taakanjakosektorin päästöt ovat noin 60 % kaikista EU:n kasvihuonekaasupäästöistä. (Ympäristöministeriö 2022, 28.)

Ilmastolaki (423/2022) määrittelee Suomen ilmastopolitiikan suunnittelujärjestelmän, joka koostuu pitkän aikavälin ilmastosuunnitelmasta, sopeutumissuunnitelmasta, keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelmasta sekä maankäyttösektorin suunnitelmasta (Ympäristöministeriö 2023b). Suunnitelmat laaditaan kerran vaalikaudessa. Ilmastolakiin on kirjattu päästövähennystavoitteet vuosille 2030, 2040 ja vuoden 2050 päästövähennystavoitteet on päivitetty. Lakiin on myös kirjattu, että Suomen tulee olla hiilineutraali viimeistään vuonna 2035. (Ympäristöministeriö 2023c.)

Keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelman (KAISU) tehtävänä on määritellä mm. taakanjakosektorin eli päästökaupan ulkopuolisen sektorin ilmastopoliittiset toimet ja tavoitteet keskipitkälle aikavälille. Taakanjakosektoriin kuuluvat rakennusten erillislämmitys, työkoneet, maatalous, liikenne, jätehuolto ja F-kaasut. Tällä hetkellä voimassa olevassa suunnitelmassa tarkastellaan taakanjakosektorin vuodelle 2030 asetettuja päästövähennystavoitteita sekä tarvittavia päästövähennystoimia hiilineutraaliustavoitteen saavuttamiseksi. (Ympäristöministeriö 2022, 16.)

Vuoteen 2030 Suomen on vähennettävä 50 % taakanjakosektorin päästöistä vuoden 2005 tasosta (Ympäristöministeriö a). Suomen vuoden 2005 päästöjen vertailuluku on 34,4 Mt CO₂-ekv., joten veloitetta vastaava päästötaso vuodelle 2030 on 17,1 MtCO₂-ekv. Vuoden 2020 taakanjakosektorin päästöt olivat 28,1 Mt CO₂-ekv. Samana vuonna työkoneiden aiheuttamat päästöt olivat 2,4 Mt CO₂-ekv. (Ympäristöministeriö 2022, 53–55.) Työkoneiden päästöt ovat noin 5 % Suomen kokonaispäästöistä ja 9 % taakanjakosektorin päästöistä. Työkoneiden päästöt jakautuvat kuvion 1 mukaisesti. Työkoneista kaivinkoneet olivat suurin päästölähde 19 % osuudella vuonna 2020.



Kuvio 1. Työkoneiden kasvihuonekaasupäästöjen jakautuminen vuonna 2020 (Ympäristöministeriö 2022, 76).

Työkoneiden voimanlähteenä on pääasiassa polttomoottori ja päästöistä dieselin tai kevyen polttoöljyn osuus on noin 90 %. Pienemmät koneet ovat pääsääntöisesti bensiinikäyttöisiä ja suuremmat dieselkäyttöisiä. Merkittävimmät ympäristövaikutukset aiheutuvat käytönaikaisista päästöistä eli polttoaineen palamisesta. Ympäristövaikutuksia ovat terveydelle haitalliset pakokaasupäästöt ja hiilidioksidipäästöt. Työkoneiden ikä vaihtelee Suomessa merkittävästi ja vanhaa kalustoa on käytössä paljon. Keskimäärin paljon käytössä olevat koneet ovat uudempia kuin vähemmän käytetyt. (Ympäristöministeriö 2022, 76–77.)

Työkoneiden hiilidioksidipäästöjä pyritään pudottamaan eri keinoilla mm. kevyen polttoöljyn jakeluvaihtoehdoilla, joka oli 3 % vuonna 2021 ja nousee 10 % vuoteen 2028 mennessä (Ympäristöministeriö 2022, 78). Vähäpäästöisiä työko-
neita pyritään lisäämään julkisten hankintojen kautta esimerkiksi työkonealan green deal -sopimuksilla. Ympäristöministeriö ja Teknisen Kaupan Liitto ry solmivat lokakuussa 2019 työkonealan green deal -sopimuksen, jonka kautta

tehtävillä vapaaehtoisilla sitoumuksilla alan toimijat pyrkivät lisäämään täyssähkökäyttöisten ja muiden vähäpäästöisten työkoneiden tarjontaa. Ympäristöministeriö, Motiva ja Teknisen Kaupan Liitto ovat yhdessä suunnitelleet kokonaisuuden työkoneiden energiatehokkaaseen käyttöön. (Ympäristöministeriö 2022, 78.)

Työkoneiden päästöjä lasketaan Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n kehittämän TYKO-mallin avulla, jota käytetään Suomen työkoneista aiheutuvien virallisten päästömäärien laskentaan. TYKO-mallin kehitys jatkuu osana LIPASTO-järjestelmän kokonaiskehitystä. TYKO-mallin lähtötietojen laatua pyritään parantamaan, mutta haasteita laskentamallin käytössä edelleen on. Päästöarviot eivät esimerkiksi huomioi riittävän hyvin muutoksia työkoneiden voimanlähteissä ja käyttötavoissa. (Ympäristöministeriö 2022, 78.) Malli ennustaa eri työkoneluokkien päästöt arvioitujen työmäärien ja kulutuksen perusteella käyttämällä asiantuntijoiden arvioihin perustuvia päästökertoimia. Epävarmuutta tuo myös työkoneiden lukumäärät ja käyttötuntimäärät, jotka ovat myös asiantuntijoiden arvioita. Viralliset työkoneiden päästölaskennat perustuvat suurelta osin asiantuntija-arvioihin. (Pihlajatie ym. 2022, 115.)

Keskipitkän aikavälin ilmastopoliittisessa suunnitelmassa (KAISU) on pohdittu toimenpiteitä ja ohjauskeinoja työkoneiden päästöjen vähentämiseksi vuoteen 2030 mennessä yhteensä 0,5 Mt CO₂-ekv. Syyskuussa 2021 käynnistetyssä VN-TEAS-hankkeessa tarkastellaan tarkemmin ohjausmekanismeja työkoneiden päästöjen vähentämiseksi. KAISU:n merkittävimpiä poliittisia toimia ovat biopolttoöljyn jakeluvaihteen jatkaminen ja asteittainen nostaminen 30 %:iin vuoteen 2030 mennessä, päästöttömät työmaat ja työkonealan green deal-sopimusten ylläpito ja laajentaminen, TYKO-mallin uudistaminen niin, että malli ottaa huomioon uudet ohjausmekanismit ja uudet voimanlähteet. Työkoneosaimista ja työkonetutusta tulee laajentaa Suomessa mm. työkoneiden taloudellisen ajotavan koulutusta kehittämällä. Julkisten hankintojen kilpailutusta tulee kehittää niin, että se mahdollistaa vähäpäästöisten työkoneiden pääsyn markkinoille. Suomi pyrkii vaikuttamaan Stage-asetuksen (2016/1628) kehitykseen niin, että asetukseen sisällytettäisiin CO₂-päästöt. (Ympäristöministeriö 2022, 124.)

3 Metsähallitus Metsätalous Oy

3.1 Julkiset hankinnat

Metsähallitus on valtion liikelaitos ja sen hankintaa ohjaa hankintalaki (1397/2016). Metsätalous Oy hoitaa kestävästi ja kannattavasti liiketoiminnan käytössä olevia valtion metsiä. Hankintalain mukaan valtion ja kuntien viranomaisten sekä muiden laissa määriteltyjen hankintayksiköiden täytyy kilpailuttaa hankintansa hankintalain mukaisesti. Metsätalous Oy on oma hankintayksikkö. Kilpailutus tähtää aina tehokkaaseen julkisten varojen käyttöön, edistää laadukkaiden ja kestävien hankintojen tekemistä sekä turvaa tasapuolisen kohtelun ja mahdollisuuden tarjota julkisiin hankintoihin. Metsätalous Oy:n hankinnat kilpailutetaan sähköisesti hankintapalvelu HILMA:n kautta. Kaivinkonetyöt ovat palveluhankintoja ja lähes aina hankinnat ylittävät joko kansalliset kynnysarvot tai EU- kynnysarvot, jolloin hankintalakia on noudatettava. Kynnysarvot alittavat hankinnat eli pienhankinnat eivät kuulu hankintalain piiriin, mutta niissäkin on noudatettava laissa mainittuja julkisen hankinnan periaatteita, kuten avoimuutta, tasapuolisuutta, syrjimättömyyttä ja suhteellisuutta. (Metsähallitus 2023d.)

Hankintayksikön on valittava kokonaistaloudellisesti edullisin tarjous. Hankintailmoituksessa tulee ilmetä kokonaistaloudellisuuden peruste eli valitaanko tarjous, joka on hinnaltaan halvin, kustannuksiltaan edullisin vai hinta-laatusuhteeltaan paras. (Metsähallitus 2023e.)

Tarjouspyynnössä määritellään vertailuhinnan muodostuminen. Perusteen ollessa hinnaltaan halvin, vertailuhinnan painoarvo on 100 % eli hinnaltaan halvin hyväksytyt tarjous saa 100 pistettä. Muut hyväksytyt tarjoukset suhteutetaan halvimpaan tarjoukseen esimerkiksi laskukaavalla edullisin vertailuhinta / tarjoajan vertailuhinta x 100. EU-hankinnoissa hankintayksikön tulee erikseen perustella, miksi se käyttää halvinta hintaa kokonaistaloudellisen edullisuuden perusteena. (Metsähallitus 2023e.)

Kustannuksiltaan edullisin tarjous on edullisin kaikilta kustannuksiltaan, ei vain hankintahinnaltaan. Tämä valintaperuste ottaa huomioon hankinnan elinkaari-kustannukset. (Metsähallitus 2023e.)

Hinta-laatusuhteeltaan paras -perusteessa hinnan lisäksi pisteytetään laatupe-rusteita. Laadulliset perusteet voivat liittyä laadullisiin, yhteiskunnallisiin, ympä-ristö- tai sosiaalisiin näkökohtiin. Vertailuperusteet on liityttävä hankinnan koh-teeseen, eivätkä ne saa antaa hankintayksikölle rajoittamatonta valinnanva-pautta. Perusteiden täytyy olla myös syrjimättömiä ja varmistettava kilpailun mahdollisuus. Hankintayksikön tulee ilmoittaa käyttämänsä kokonaistaloudelli-sen edullisuuden peruste tai hinta-laatusuhteen mukaiset vertailuperusteet han-kintailmoituksessa, tarjouspyynnössä tai neuvottelukutsussa. (Hankinnat.fi 2023.) Hankintayksikkö määrittelee hankintansa mukaan painoarvot laadulle ja hinnalle.

Onnistunut hankinta edellyttää selkeää määrittelyä hankinnan vaatimuksille. Selkeä määrittely parantaa tarjousten vertailukelpoisuutta ja mikäli vaatimukset eivät täyty, tulee tarjous sulkea pois tarjouskilpailusta. Vertailun lopputulos vää-ristyy, jos tarjoukset ei ole vertailukelpoisia puutteellisen määrittelyn takia. Koh-teelle asetetut vaatimukset voivat olla vähimmäisvaatimuksia tai laadullisia eli pisteytettäviä vaatimuksia. Nämä on pidettävä erillään toisistaan, eikä ne saa olla ristiriidassa keskenään. Vähimmäisvaatimusten tulee täytyä, että tarjous voi jatkaa tarjouskilpailussa. Pisteytettävien laatuominaisuuksien ei tarvitse täyt-tyä, mutta saaduilla pisteillä on vaikutusta tarjouskilpailussa menestymiseen. (Metsähallitus 2023e.)

Julkisilla hankinnoilla voidaan merkittävästi vaikuttaa kestävän kehityksen edis-tämiseen mm. ympäristönäkökohdat huomioimalla. Oikeilla ympäristökriteereillä hankinnoissa voidaan vähentää haitallisia ympäristövaikutuksia. Päästöjen mini-moiminen on yksi keskeinen huomioon otettava asia. Ympäristönäkökohdat voi-daan ottaa huomioon kaikissa hankinnan vaiheissa, kuten hankinnan suunnitte-lussa, tarjoajien ja ehdokkaiden valinnassa sekä hankintasopimuksen tekemi-ssä. Hankintayksikön on jo hankinnan valmisteluvaiheessa suositeltavaa

päätää hankinnan toivotut ympäristövaikutukset ja laatia kohteen määrittely tältä pohjalta. (Julkisten hankintojen neuvontayksikkö 2023.)

Markkinakartoituksella hankintayksikkö saa tietoa siitä, millaisia tuotteita ja palveluita markkinoilla on olemassa sekä millaisia toteutusvaihtoehtoja hankinnalle on. Markkinakartoitus auttaa selvittämään millaisia ympäristökriteerejä hankinnalle ja toimittajille voidaan realistisesti asettaa. Markkinakartoituksen tekemiselle ei ole määrätty tiettyä toimintatapaa, mutta tasapuolisuuden ja avoimuuden periaatteita on noudatettava. Tietoa markkinoista kannattaa etsiä monipuolisesti eri lähteistä. Markkinakartoitus voidaan tehdä esimerkiksi markkinavuoropuheluna potentiaalisten toimittajien kanssa keskustelemalla. Keskustelu antaa myös toimittajille tärkeää tietoa tulevista hankinnoista ja mahdollistaa varautumisen etukäteen. (Julkisten hankintojen neuvontayksikkö 2023.)

Hankintayksiköllä on oikeus päättää hankittavan tavaran ja palvelun sisällöstä sekä laajuudesta ja laadusta. Hankinnan kohteen määrittelyssä voidaan esittää ympäristönäkökohtiin liittyviä teknisiä määrittelyjä tai suorituskykyä ja toiminnallisia ominaisuuksia koskevia vaatimuksia. Teknisiä määrittelyjä ovat mm. kohteelta vaadittavat ominaisuudet kuten uusiutuvan sähkön käyttö tai biokaasuauton vaatiminen. Toiminnallisella määrittelyllä kuvataan haluttua tavoitetasoa tai suorituskykyä, kuten energiatehokkuutta tai kierrätettävyyttä. Tarjoajien syrjimättömän kohtelu ja tarjousten vertailukelpoisuus tulee huomioida varsinkin suorituskykyyn ja toimintaan liittyvissä kriteereissä. Vertailuperusteen tulee liittyä aina hankinnan kohteeseen, oltava objektiivisia ja syrjimättömiä sekä mahdollistaa puolueeton vertailu. (Julkisten hankintojen neuvontayksikkö 2023.)

Hankintayksikkö voi asettaa ympäristönäkökohtiin liittyviä vertailuperusteita, kun perusteena on paras hinta-laatusuhde. Vertailuperusteena voidaan käyttää mm. ajoneuvon päästöjä, esimerkiksi mitä vähemmän päästöjä syntyy niin sitä enemmän tarjous saa pisteitä hankinnassa. Päästöjen pisteytyksen luokitus pitää kertoa tarjouspyynnössä. Vertailussa voidaan huomioida myös sellaiset mittavissa olevat ja hankinnan kohteeseen liittyvät ympäristönäkökulmat, jotka eivät välttämättä tuota välitöntä etua hankintayksikölle, mutta tuottavat yleistä etua. Ympäristönäkökulmia voi olla kannattavampi sisällyttää

vertailuperusteisiin erityisesti silloin, jos ollaan epävarmoja hankinnan kustannusten vaikutuksesta ja laadullisten kriteerien suhteesta markkinoilla. (Julkisten hankintojen neuvontayksikkö 2023.)

Metsähallitus noudattaa valtion hallinnolle annettuja periaatepäätöksiä. Valtioneuvoston 13.6.2013 tekemällä periaatepäätöksellä uusien ja kestävien ympäristö- ja energiaratkaisujen edistämisestä julkisissa hankinnoissa. Periaatepäätöksen tavoitteena on vähentää energian ja materiaalien käyttöä sekä haitallisia ympäristövaikutuksia. Hankinnoissa tulee huomioida ja mahdollistaa uusien cleantech- ratkaisujen syntymistä ja käyttöönottoa. Valtion hankintayksiköiden tulee ottaa huomioon hankintoja suunniteltaessa mm. energia- ja ympäristönäkökohdat. (Metsähallitus 2023d.) Keskipitkän aikavälin ilmastopoliittisessa suunnitelmassa mainitaan, että vähäpäästöisten työkoneiden osuutta voidaan lisätä julkisten hankintojen avulla huomioimalla energiatehokkuus ja vähäpäästöisyys hankintoja tehdessä (Ympäristöministeriö 2022, 78).

3.2 Ilmasto-ohjelma ja Energiatehokkuusjärjestelmä

Metsähallituksen ilmasto-ohjelmassa määritellään suuntaviivat positiivisiin ilmasto toimiin, joilla edistetään Suomen tavoitetta olla hiilineutraali vuonna 2035. Metsähallituksella on merkittävä rooli valtion metsien hoitajana kasvattaa hiilinieluja ja hiilivarastoja. Ilmastonmuutoksen hillitsemiseen kuuluu myös uusiutuvan energian tuottaminen valtion metsistä bioenergiana sekä lisätä tuulivoimaa valtion omistamille maa- ja vesialueille. (Metsähallitus 2020, 1.)

Valtaosa Metsähallituksen hiilijalanjäljestä tulee puun korjuusta ja kuljetuksesta. Hiilijalanjälkeä seurataan myös maastossa tehtävän työn, henkilökunnan matkustamisen ja toimistojen energiankulutuksesta. Konetyössä ja henkilöliikenteessä suositaan vähäpäästöisiä koneita ja tilanteen mukaan valitaan vähäpäästöisiä kulkuneuvoja henkilöliikenteeseen. Kiinteistöjen osalta merkittävin ilmastoteko on luopua öljyn käytöstä kiinteistöjen lämmityksessä vuoteen 2024 mennessä. (Metsähallitus 2020, 9.) Metsähallituksen hiilijalanjälkilaskenta perustuu ostolaskudataan, joka on viety Hanselin Hankintapulssiin. Hankintapulssi

kertoo mitä on hankittu ja miltä toimittajalta sekä tiedon hankintojen hiilijalanjäljestä. Metsähallituksen hiilijalanjälki oli vuonna 2022 noin 0,1 milj.t CO₂-ekv. Puun korjuun ja kuljetuksen osuus tästä oli noin 59 % ja metsänhoidon ja tienrakennuksen osuus noin 14 %. (Metsähallitus 2023f.)

Metsätalous Oy:n toimintaa ohjaa vastuullisuus- ja ympäristöpolitiikan lisäksi energiapolitiikka, jossa Metsätalous Oy sitoutuu energialainsäädännön noudattamiseen ja energiatehokkuuden jatkuvaan parantamiseen. Energiapolitiikkaa toteutetaan energiahallintajärjestelmä ETJ+:n avulla. ETJ+ on integroitu ISO 14001 ympäristöjohtamisjärjestelmään ja lisäksi toimintaa ohjaavat Metsähallituksen ilmasto-ohjelma, vastuullisuusohjelma ja toimintatapaohje. (Metsähallitus 2023c.)

Energiankäyttöä seurataan vuosittaisilla energiakatselmuksilla, joissa tunnistetaan merkittävimmät energiankäyttökohteet. Katselmuksen perusteella määritellään energiatehokkuuden parantamisen kannalta olennaisimmat toimenpiteet. Metsähallituksen hiilijalanjälkilaskelmaa hyödynnetään energiakatselmuksissa. Merkittävimmät energiankäyttökohteet on jaettu neljään kategoriaan, joita ovat operatiivinen toiminta, muu energiankäyttö, matkustus ja rakennukset. Operatiivinen toiminta pitää sisällään metsänhoito- ja parannustyöt sekä tienpidon työt. (Metsähallitus 2023h.)

Metsätalous Oy:n pitkän aikavälin tavoitteena on ohjata energiaintensiivisiä toimintoja energiatehokkaampaan suuntaan ja pyrkiä edistämään uusiutuvien polttoaineiden käyttöä. (Metsähallitus 2023h.) Vuoden 2023 yhtenä energiatehokkuustavoitteena on tämä opinnäytetyö. Tulosten perusteella valmistellaan energiatehokkaampia hankintoja. (Metsähallitus 2023i.)

3.3 Kaivinkonetyö Metsähallituksessa

Metsähallituksessa kaivinkonetyöt ovat pääasiassa metsänhoitotöihin, ennallistamistoimenpiteisiin tai tienpitoon liittyviä kaivinkonetöitä. Kaivinkoneella tehtävää maanmuokkausta tehdään noin 11 500 ha vuodessa. Tienpitoon liittyviä

kaivinkonetöitä noin 1200 km. Soiden ennallistamisia tehtiin vuonna 2021 yhteensä noin 8800 ha (Metsähallitus 2022, 88).

Tienpitoon liittyvä kaivinkonetyö on pääosin teiden kunnostusta, uuden tien rakentamista ja muita pienempiä kunnostustoimenpiteitä, kuten rumpujen vaihtoja ja vaurioiden korjauksia. Metsänhoitotöihin liittyvät kaivinkonetyöt ovat kaivinkoneella tehtävät maanmuokkaukset ja kunnostusojitukset. Metsätalous Oy hoitaa valtion maa- ja vesialueita koko Suomessa, joten kaivinkonetöitä tehdään maantieteellisesti laajalla alueella. Saman lajin työt tehdään koko Suomessa saman palvelukuvauksen mukaisesti. Työ on pääasiassa kausiluonteista eli työtä tehdään sopimusajan puitteissa sulan maan aikana.

Tutkimustieto ympäristökriteereistä kohdistuu paljon infrarakentamisen kohteisiin, joissa on yhteistä Metsähallituksen työmaihin koneella tehtävät työt. Eroa infrarakentamisen ja Metsätalous Oy:n työmaiden välillä on esimerkiksi toimintaympäristössä, kuten etäisyydessä asutukseen ja muuhun infraan. Lähipäästöjen ja melun vaikutus korostuu lähellä asuinalueita. Polttoaineiden jakelupaikat ovat harvassa sekä työmaan sijainti tai urakanantaja vaihtuvat usein Metsätalous Oy:n toimintaympäristössä. Metsätalous Oy:n työmaat ovat huomattavasti lyhytkestoisempia kuin infrarakentamisen hankkeet. Nämä ovat huomioitavia asioita hankintakriteerejä määritettäessä ja vertailtaessa hankintakriteereitä muiden hankintayksiköiden kriteereihin.

4 Työkonemoottoreiden päästöt ja päästöluokitus

4.1 Työkoneen määritelmä

Työkoneilla tarkoitetaan ajoneuvolaissa (82/2021) määritettyjä moottorityökoneita. Moottorityökoneella tarkoitetaan:

omalla käyttövoimallaan liikkuvaa ajoneuvoa, joka on suunniteltu ja rakennettu työkoneeksi, ja joka ei rakenteensa takia sovellu matkustajien eikä tavaroiden kuljettamiseen; auton

alustalle asennettua työkonetta ei pidetä moottorityökoneena (ajoneuvolaki 15.1.2021/82).

Työkoneet muodostuvat laajasta joukosta erilaisia koneita, jotka on suunniteltu moniin eri käyttötarkoituksiin, kuten traktorit, metsäkoneet, maansiirtokoneet, satamakoneet, trukit, jne. (Nylund, Söderena & Rahkola 2016, 5). Tässä opinäytetyössä käsitellään työkoneita vain tela-alustaisten kaivinkoneiden näkökulmasta.

4.2 Työkoneiden aiheuttamat päästöt

Työkoneiden pääasiallinen käyttövoima on dieselöljy, jota käytännössä käyttävät kaikki Metsätalous Oy:n työmailla olevat kaivinkoneet. Suomessa käytössä olevista työkoneista noin 90 % on dieselmoottorilla varustettuja. Työkoneen tyyppillinen peruskorjausväli Suomessa käytössä olevissa työkoneissa on noin 8 000–10 000 käyttötuntia. Suomessa on käytössä melko paljon vanhaa työkonelastoa, varsinkin pienen käyttöasteen työkoneissa. (Nylund ym. 2016, 6.) Työkoneiden keskimääräinen käyttöikä Suomessa on noin 17 vuotta (Bergman, Kulonen, Peltola & Penttinen 2015, 33).

Työkoneissa käytetään pääosin kevyemmin verotettua moottori- eli kevyttä polttoöljyä. Työkonemootoreiden osalta lainsäädännössä ei ole hiilidioksidipäästöille mitään rajoituksia. Ainoastaan ilmoitusvelvollisuus CO₂ päästöistä itse moottorin osalta. (Pihlajatie ym. 2022, 13.) Suomessa ja muualla Euroopassa työkoneiden päästösäätely perustuu EU:n työkoneiden päästödirektiiviin ja siinä määritellyyn Stage- eli vaiheluokitukseen. Stage-luokitus vastaa tieliikenteen raskaan kaluston EURO-luokitusta, joissa molemmissa säätely koskee vain pakokaasupäästöjä.

Työkoneiden päästöt syntyvät polttomootoreiden palamisreaktiossa, jossa syntyy sekä pakokaasu- eli lähipäästöjä että hiilidioksidipäästöjä. Hiilidioksidipäästöt muodostuvat käytännössä fossiilisen polttoaineen poltosta. Dieselmootto-reissa fossiilista dieselöljyä käytettäessä palamisreaktiossa syntyy

kasvihuonekaasu hiilidioksidin (CO₂) lisäksi haitallisia pakokaasupäästöjä, joita ovat häkä (CO), typen oksidit (NO_x), hiilivedyt (HC) sekä pienhiukkaset (PM). Dieselpolttoaine koostuu hiilestä ja vedystä, joten ideaalilanteessa päästöt ovat vain vettä ja hiilidioksidia. Käytännössä palamistapahtumaan vaikuttaa monet seikat, kuten polttoaineen puhtaus, ruiskutuksen ajoitus, toimintaolosuhteet yms., jolloin epätäydellisestä palamisesta syntyy haitallisia pakokaasupäästöjä. (Fan 2017, 352.)

Hiilivetyjä sisältävän polttoaineen palaessa syntyy häkää. Kun häkä reagoi hapen kanssa, syntyy hiilidioksidia. Osa polttoaineesta kulkeutuu palamattomana moottorin läpi synnyttäen hiilivety päästöjä. Pakokaasupäästöt ovat pääosin kaasumaisia, mutta myös kiinteitä pienhiukkasia syntyy polttoaineen palaessa. Pienhiukkaset vaikuttavat ihmisten terveyteen ja viihtyvyyteen. Palamisessa syntyvistä sivutuotteista suurin osa on typen oksideja, joista typpidioksidi on haitallisimpia. (Motiva 2023c.)

Typen oksidien (NO_x) syntyminen dieselmoottorissa perustuu polttoaineen palamislämpötilaan. Mitä korkeampi lämpötila on, sitä enemmän typen oksideja syntyy. Muita vaikuttavia tekijöitä ovat mm. happipitoisuus ja palamisen kesto. Typen oksidit muodostuvat typpimonoksidista (NO) ja typpidioksidista (NO₂). Dieselmoottorissa syntyvistä typen oksideista 70–90 % on typpimonoksidia ja loput typpidioksideja. Typen oksidien määrää voidaan vähentää tehokkaimmin polttoaineen ruiskutuksen ajoitusta muuttamalla ja laskemalla lämpötilaa sylinterissä esimerkiksi pakokaasujenkierrätysjärjestelmällä. Typen oksideilla on ympäristöä happamoittava vaikutus, ja ne lisäävät ravinnekuormitusta ja rehevöitymistä. Typen oksidit ovat pääsyy savusumuun, joka on varsinkin suurkaupungeissa iso ongelma. Typen oksidit vaikuttavat hengityksen kautta myös ihmisten ja muiden eliöiden terveyteen. (Reşitoğlu, Altinisik & Keskin 2014, 18–19.)

Hiilimonoksidia eli häkää (CO) syntyy dieselmoottorissa epätäydellisen palamisen seurauksena eli kun palamisolosuhteissa on liian vähän happea. Dieselmoottorissa syntyy vähän hiilimonoksidia verrattuna ottomoottoriin eli perinteiseen bensiinikäyttöiseen moottoriin. Häkä on ympäristölle ja terveydelle vaarallinen, väritön, mauton ja hajuton kaasu, joka ilmakehässä muodostaa muiden

yhdisteiden kanssa metaania ja otsonia, jotka ovat erittäin voimakkaita kasvi-huonekaasuja. (Reşitoğlu ym. 2014, 17.)

Hiilivetyjä (HC) syntyy myös epätäydellisen palamisen takia, johon suurin syy on liian matala palolämpötila. Hiilivetyjen koostumukseen vaikuttaa polttoaineen koostumus ja moottorin säädöt. Hiilivedyt muodostavat otsonia ja ovat myös terveydelle haitallisia kaasuja. (Reşitoğlu ym. 2014, 17.)

Hiukkaspäästöt eli pienhiukkaset (PM) ovat seurausta epätäydellisestä polttoaineen palamisesta. Suurin osa hiukkasista syntyy polttoaineen ja voiteluöljyn hiilivetyjen palamisen seurauksena. Hiukkaspäästöjen muodostumiseen vaikuttavat monet asiat, kuten palamisprosessi ja lämpötila, polttoaineen laatu, voiteluöljyn laatu ja pakokaasujen jäähtytys. Pienhiukkaset ovat terveydelle vaarallisia joutuessaan hengitysilman mukana keuhkoihin. Pienhiukkaset aiheuttavat ilman, veden ja maaperän saastumista. (Reşitoğlu ym. 2014, 18.)

Dieselmootoreiden pakokaasupäästöjä vähennetään moottorin ulkopuolelle asennettavilla jälkikäsitteilyjärjestelmillä. Eri järjestelmillä vastataan tiukentuneisiin päästömääräyksiin. Yleisimmin käytetään hiukkassuodatinta eli DPF (Diesel Particulate Filter), dieselhapetuskatalysaattoria eli DOC (Diesel Oxidation Catalyst) ja selektiivistä katalyyttistä pelkistystä eli SCR (Selective Catalytic Reduction). Stage V:ssa pakokaasujen jälkikäsitteilytekniikka koostuu pääosin Nylundin ym. (2016, 10) mukaan DOC + SCR + DPF yhdistelmästä. Valmistajasta riippuen mukana voi olla myös cEGR eli jäähdytetty pakokaasuntakaisinkierrätys. SCR pienentää typen oksidien määrää ureapohjaisen pelkistysaineen avulla. SCR-tekniikalla pystytään vähentämään typen oksidipäästöjä jopa 90 %, HC- ja CO-päästöjä noin 50–90 % ja pienhiukkaspäästöjä 30–50 %. (Diesel Technology Forum 2015.)

Työkoneiden kasvihuonekaasupäästöt eli hiilidioksidi (CO₂), metaani (CH₄) ja typpioksiduuli (N₂O) päästöt muodostuvat fossiilisten polttoaineiden palamisesta. Metaanin ja typpioksiduulin osuus päästöistä on merkityksetön noin 0,5 % osuudella koko kasvihuonekaasupäästöistä. Polttoaineen kulutuksella on suora yhteys työkoneiden hiilidioksidipäästöjen määrään. (Pihlajatie ym. 2022,

33.) Työkoneiden kasvihuonekaasupäästöt ovat pysyneet lähes samalla tasolla 30 vuoden ajan TYKO 2020 -mallin laskelman mukaan. Mallinnuksessa päästöt ovat noin 2,4 milj. CO₂ ekv-tonnia, joka on viisi prosenttia kaikista Suomen päästöistä ja noin yhdeksän prosenttia taakanjakosektorin päästöistä (Piipponen 2022, 20.) Kaikki lähipäästöt ovat laskeneet 15 vuoden ajan johtuen Stage-päästösääntelystä (Markkanen & Lauhkonen 2021, 4).

Metsätalous Oy:n kaivinkonemuokkauksen, kunnostusojituksen ja tienrakentamisen kasvihuonekaasupäästöt lasketaan vuosittain. Laskelma perustuu keskimääräiseen tuotokseen ja polttoaineen keskimääräiseen yksikkökulutukseen sekä keskimääräisiin työmääriin. Vuoden 2020 päästöt olivat noin 3200 t CO₂-ekv. (Metsäteho Oy 2022). Päästöt sisältävät vain kaivinkonetyön, eivät lavettisiirtoja tai kulkemista työmaalle. Kaivinkonetyön hiilidioksidipäästöjä on mahdollista vähentää parantamalla energiatehokkuutta ja siirtymällä käyttämään uusiutuvia polttoaineita. Energiatehokkuuden avulla saavutettavaa päästövähennystä on haastavaa todentaa. Uusiutuvilla polttoaineilla tehdyn työn päästövähennemä voidaan todentaa laskemalla.

4.3 Päästöihin vaikuttavat tekijät

Kaivinkonetyön päästöihin vaikuttavat monet tekijät, joista merkittävimpiä ovat käytetty polttoaine ja käyttöaika. Käytetty polttoaine vaikuttaa eniten hiilidioksidipäästöjen määrään, joka on suoraan suhteessa polttoaineen kulutukseen. Työkoneiden työaikaisiin päästöihin vaikuttavat mm. kuljettajan ammattitaito, tyhjäkäyntijaksot sekä ympäristötekijät, kuten maaperän ominaisuudet, kaltevuudet ja ilmasto. Fan (2017, 354) luokittelee työkoneiden päästöihin vaikuttavat tekijät neljään luokkaan:

- moottori ja sen kunto, ominaisuudet sekä käytetty polttoaine
- kaluston huolto, ylläpito ja korjaukset
- työmaan olosuhteet ja millaista työtä koneella tehdään
- kaluston käyttö eli tyhjäkäynnin kontrollointi, kuljettajan ammattitaito, työmaan koneiden oikea mitoitus ja töiden järkevä organisointi.

Kaikki näistä päästövähennyskeinoista tuli ilmi myös urakoitsijoille ja kaivinkoneiden maahantuojille tehdyissä haastatteluissa.

Moottorin kunto, valmistusvuosi, teho ja ominaisuudet vaikuttavat päästöjen määrään. Uudemmat moottorit ovat pääsääntöisesti polttoainetaloudellisempia ja paremman päästöluokan moottoreita, joten päästöt ovat lähtökohtaisesti pienemmät vanhempiin moottoreihin verrattuna. (Fan 2017, 354.) Tässä opinnäytetyössä tehtyjen haastatteluiden perusteella eri valmistajien välillä on vain vähän eroa esimerkiksi polttoaineen kulutuksessa, kun puhutaan saman kokoluokan koneista.

Kaluston huollon ja kunnossapidon merkitys on suuri pitkällä aikavälillä työkoneneen tehokkaaseen käyttöön ja polttoaineen kulutukseen. Huoltotyöt tulisi tehdä valmistajan ohjeiden mukaisesti ja oikea aikaisesti. Tiedetään, että viivästynyt huolto johtaa korkeampiin korjauskustannuksiin ja polttoaineen kulutukseen ja sitä kautta päästöihin esimerkiksi tukkeutuneiden suodatinten takia. (Fan 2017, 354.) Myös opinnäytetyössä tehdyissä haastatteluissa korostui huollon tärkeyden merkitys ja oikea aikaisuus. Huolletulle työkoneelle tulee vähemmän työseisokkeja ja sitä kautta työ tehostuu. SCR päästökäsittelylaitteiden (urealaitteisto) kanssa oli haastatteluiden perusteella vaihtelevasti ongelmia, mutta huoltojen ja puhtauden merkitys urealaitteiden käytössä korostui.

Vaikeissa työolosuhteissa polttoaineen kulutus ja päästöt kasvavat. Maaston kaltevuus, kovuus ovat suurimmat tekijät, jotka vaikuttavat työkoneen kulutukseen ja päästöihin. Fan (2017, 354) mukaan kulutus ja päästöt voivat nousta 2–4 kertaiseksi raskaassa työssä verrattuna samojen laitteiden kevyeen työhön. Myös kylmä ilmasto nostaa kulutusta ja päästöjä, koska moottorin lämpeneminen kestää pidemmän aikaa. Metsähallituksen työmailla suurimmat haasteet ovat pehmeillä tai kivisillä mailla tehtävillä kaivinkonetöillä. Hyvällä ennakkosuunnittelulla voidaan pyrkiä välttämään vaikeimmat maasto- ja keliolosuhteet.

Kaluston käytön vaikutus polttoaineen kulutukseen ja energiatehokkuuteen on merkittävä. Työkoneen mitoitus suhteessa tehtävään työhön on tärkeää. Liian suurella tai pienellä koneella tehty työ lisää polttoaineen kulutusta ja

kustannuksia. Tyhjäkäyntiajalla on myös merkitystä polttoaineen kulutukseen ja sitä kautta päästöjen muodostumiseen. Opinnäytetyössä tehtyjen haastatteluiden perusteella tyhjäkäynnin optimoinnissa on parantamisen varaa, vaikka helpommillaan se voidaan tehdä automaattisesti työkoneen sammutusautomaattikan avulla. Kuljettajan ammattitaito on keskeisessä roolissa polttoaineen kulutuksen ja päästöjen muodostumisessa. Tämä korostui myös kaikkien opinnäytetyössä haastateltujen kommentteissa. Kokenut kuljettaja tekee vähemmän turhia liikkeitä ja liikkumista. Fan (2017, 355) mukaan kokeneet kuljettajat kuluttavat vähemmän polttoainetta, koska he pitävät huolta laitteista, tunnistavat ongelmat ajoissa, vähentävät joutoaikaa, noudattavat oikeita työmenetelmiä ja käyttävät laitteita parhaalla mahdollisella tavalla.

Usealla konevalmistajalla on työkoneissa tekniikkaa, joilla kerätään telematiikkatietoja eli reaaliaikaista tietoa moottorin tilasta, tehotasosta, polttoaineen kulutuksesta, kuljettajan hallinnasta yms. Telematiikkatietoja analysoimalla saadaan tietoon tekijöitä, joilla koneen käyttöä voidaan tehostaa ja sitä kautta parantaa energiatehokkuutta. (Fan 2017, 357.) Myös tämä tuli opinnäytetyön haastatteluissa ilmi ja tulevaisuuden kehityssuunnaksi arvioidaan, että telematiikkatietoa hyödyntämällä voidaan energiatehokkuutta parantaa merkittävästi. Haastatteluiden perusteella urakoitsijat hyödyntävät tätä tietoa vielä heikosti. Telematiikkatiedot mahdollistavat tällä hetkellä polttoaineen kulutuksen seurannan ja tulevaisuudessa todennäköisesti myös hiilijalanjäljen laskennan.

4.4 Päästöluokitus

Euroopassa työkoneiden päästöjä säädellään Euro-luokitusta muistuttavalla Stage-luokituksella, joka on otettu käyttöön vuonna 1997 voimaan tulleella direktiivillä (97/68/EY). Tämän jälkeen direktiiviä on uudistettu viisi kertaa. Stage-luokituksia ohjaa EU-asetus 2016/1628. (Motiva 2023a.) Stage-luokituksella säädellään hiilimonoksidi-, typen oksidi-, hiilivety- ja pienhiukkaspäästöjä sekä viimeisimmissä vaiheissa ammoniakkipäästöjä (Kotro 2019, 20).

Stage I -standardit tulivat voimaan vuonna 1999 dieselmootoreilla varustetuille työkoneille. Vuosien 2001–2004 aikana Stage II tuli voimaan. Voimaan tulo määräytyi teholuokan mukaan. Vuonna 2002 sääntelyyn otettiin mukaan bensienikäyttöiset, alle 19 kW:n moottorit. (Motiva 2023a.)

Stage III on jaettu kahteen eri vaiheeseen, IIIA ja IIIB. Vaiheet tulivat voimaan moottoritehosta (19–560 kW) riippuen 2006–2013. Stage IIIA vuosina 2006–2007 ja Stage IIIB 2011–2013. Suurin muutos Stage II ja Stage IIIB:n välillä on tapahtunut pienhiukkasten raja-arvoissa, joka käytännössä pakottaa asentamaan työkoneisiin hiukkassuodattimet. (Motiva 2023a.)

Stage IV tuli voimaan 2014 ja koskee työkoneita, joiden moottoriteho on 56–560 kW. Kiristystä ei ole Stage IIIB:hen verrattuna hiilimonoksidin, hiilivetyjen tai hiukkaspäästöjen osalta, mutta typen oksidipäästöt (NO_x) kiristyivät noin 80 %. Typen oksidipäästöihin pääseminen edellyttää pakokaasujen jälkikäsitteilyä esimerkiksi SCR- tekniikalla eli urealiuoksella. (Koneluokitus 2023.)

Viimeisin vaihe eli Stage V tuli voimaan vuosina 2019–2020. Vuodesta 2019 päästöraja koski vain alle 56 kW:n ja yli 130 kW:n moottoreita. Vuodesta 2020 eteenpäin päästörajat ovat koskeneet myös 56–130 kW:n moottoreita. Stage V koskee alle 56 kW moottoreissa vain dieselmootoreita ja sitä tehokkaammissa kaikkia käyttövoimia, kuten kaasukäyttöisiä työkonemootoreita. Generaattori-käytössä oleville yli 560 kW moottorien typenoksidille ja hiukkasille on määritetty tiukemmat päästörajat. (Koneluokitus 2023.)

Metsätalous Oy:n työtehtävissä eli maanmuokkauksessa ja tienpidon töissä kaiminkoneiden painoluokat ovat pääasiassa 15–25 tonnin välillä. Tällöin koneen tehot ovat noin 75–130 kW. Taulukkoon 1 on koottu päästörajat luokittain ja lihavoitu teholuokat, jotka ovat yleisimmin käytössä Metsätalous Oy:ssä.

Stage-luokka	Nettoteho (P), kW	Voimaantulo	Hiilimonoksidi (CO), g/kWh	Hiilivedyt (HC), g/kWh	Hiilivedyt + typenoksi dit (HC + NOx), g/kWh	Typenoksidit (Nox), g/kWh	Partikkelit (PM), g/kWh	Partikkelit (PN), 1/kWh
Stage I	130 ≤ P ≤ 560	01/1999	5,0	1,3	-	9,2	0,5	-
Stage I	75 ≤ P < 130	01/1999	5,0	1,3	-	9,2	0,7	-
Stage I	37 ≤ P < 75	04/1999	6,5	1,3	-	9,2	0,9	-
Stage II	130 ≤ P ≤ 560	01/2002	3,5	1,0	-	6,0	0,2	-
Stage II	75 ≤ P < 130	01/2003	5,0	1,0	-	6,0	0,3	-
Stage II	37 ≤ P < 75	01/2004	5,0	1,3	-	7,0	0,4	-
Stage II	18 ≤ P < 37	01/2001	5,5	1,5	-	8,0	0,8	-
Stage IIIA	130 ≤ P ≤ 560	01/2006	3,5	-	4,0	-	0,2	-
Stage IIIA	75 ≤ P < 130	01/2007	5,0	-	4,0	-	0,3	-
Stage IIIA	37 ≤ P < 75	01/2008	5,0	-	4,7	-	0,4	-
Stage IIIA	19 ≤ P < 37	01/2007	5,5	-	7,5	-	0,6	-
Stage IIIB	130 ≤ P ≤ 560	01/2011	3,5	0,19	-	2,0	0,025	-
Stage IIIB	75 ≤ P < 130	01/2012	5,0	0,19	-	3,3	0,025	-
Stage IIIB	56 ≤ P < 75	01/2012	5,0	0,19	-	3,3	0,025	-
Stage IIIB	37 ≤ P < 56	01/2013	5,0	-	4,7	-	0,025	-
Stage IV	130 ≤ P ≤ 560	01/2014	3,5	0,19	-	0,4	0,025	-
Stage IV	56 ≤ P < 130	10/2014	5,0	0,19	-	0,4	0,025	-
Stage V	P < 8	2019	8,00	-	7,50	-	0,40	-
Stage V	8 ≤ P < 19	2019	6,60	-	7,50	-	0,40	-
Stage V	19 ≤ P < 37	2019	5,00	-	4,70	-	0,015	1 x 10 ¹²
Stage V	37 ≤ P < 56	2019	5,00	-	4,70	-	0,015	1 x 10 ¹²
Stage V	56 ≤ P < 130	2020	5,00	0,19	-	0,40	0,015	1 x 10¹²
Stage V	130 ≤ P ≤ 560	2019	3,50	0,19	-	0,40	0,015	1 x 10 ¹²
Stage V	P > 560	2019	3,50	0,19	-	3,50	0,045	-

Taulukko 1. Stage-luokitus (Koneluokitus 2023 mukailten).

Siirryttäessä Stage II luokasta Stage IIIB luokkaan niin pienhiukkasten raja-arvot kiristyivät merkittävästi. Työkoneisiin on käytännössä ollut pakko asentaa hiukkassuodattimet. Stage IV luokkaan siirryttäessä typen oksidien raja-arvot kiristyivät merkittävästi, joten pakokaasujen jälkikäsittelyjärjestelmä tuli välttämättömäksi. Yleisin ratkaisu tähän on SCR-jälkikäsittely urealiuoksella. Stage V luokitus käsittää kaasukäyttöiset työkoneet. Aikaisemmin kaasukäyttöisiä ei ole voinut tyyppihyväksyttää. Stage V luokitus rajoittaa pienhiukkasten määrää. (Koneluokitus 2023.)

Kansainvälisesti on hyväksytty normi, E-sääntö 132, jonka mukaan jälkikäsittelylaitteita voidaan hyväksyä. Tällä normilla työkoneiden päästöluokkaa voidaan parantaa jälkiasennettavilla puhdistuslaitteilla (ns. retrofit). Jos hankinnoissa vaaditaan tiettyä päästöluokkaa ja hyväksytään myös jälkiasennetut päästölaitteiston niin tämä täytyy kuvata tarjouspyynnössä. Tarjoukseen on kuvattava toteutetut tai toteutettavat tekniset parannustoimet. Tarjouksen liitteeksi tulee vaatia asennustodistus ja puhdistinlaitteiston valmistajan vakuutus järjestelmän

vaikutuksista päästöihin. Ajoneuvojen osalta vaaditaan rekisteriotteeseen asianomainen merkintä. (Motiva 2018.)

5 Ympäristökriteerit julkisissa hankinnoissa

5.1 Päästötön työmaa Green deal -sopimus ja esimerkki hankintakriteereistä

Osiossa 5 tarkastellaan muiden julkisten hankintayksiköiden hankintakriteereitä, joissa on otettu ympäristönäkökulmat osaksi hankintoja. Tavoitteena on löytää Metsätalous Oy:n kaivinkonetöiden hankintoihin käyttökelpoisia tai sovellettavia hankintakriteereitä vertaisarvioinnin kautta.

Vuonna 2020 Ympäristöministeriö, Senaatti-kiinteistöt sekä Espoon, Helsingin, Vantaan ja Turun kaupungit allekirjoittivat vapaaehtoisen Green deal päästötön työmaa -sopimuksen. Sopimuksen tavoitteena on työmailla syntyvien päästöjen vähentäminen. Senaatti-kiinteistöjen ja mukana olevien kuntien työmaiden tulee olla vuoden 2025 loppuun mennessä fossiilittomia. Tämä tarkoittaa, ettei työmailla käytetä lainkaan fossiilisia polttoaineita ja vähintään 20 % työkoneista tai ajoneuvoista toimii sähköllä, biokaasulla tai vedyllä. Tavoitteet kiristyvät niin, että vuoteen 2030 mennessä työmailla käytettävistä työkoneista ja työmailla tapahtuvista kuljetuksista vähintään 50 % toimii sähköllä, biokaasulla tai vedyllä. Ympäristöministeriön tukena sopimuksen toimeenpanossa toimii Kestävien ja innovatiivisten julkisten hankintojen verkostomainen osaamiskeskus (KEINO). Sopimus on konkreettinen toimi taakanjakosektorin päästöjen vähentämiseksi. (Sitoumus2050 2023.)

Osana Green deal -hanketta on Ympäristöministeriön tilaama ja Motivan toteuttama Vähäpäästoiset työkoneet -verkkokoulutuskokonaisuus. Koulutuskokonaisuus koostuu neljästä osiosta:

- yleinen
- työkoneen käyttäjät

- urakoitsijat, aliurakoitsijat ja työnjohtajat
- hankinnoista vastaavat.

Koulutuksessa käydään läpi työsuunnittelun, työkoneiden kunnossapidon sekä työntekijän perehdyttämisen keinot ja merkitys päästöjen vähentämiseen. Työkoneiden hiilidioksidipäästöjä ei oteta huomioon lainsäädännössä, mutta niitä vähentämällä voidaan hillitä ilmastonmuutosta. Yksi keino tähän on tietoisuuden lisääminen, kuinka päästöjä voidaan vähentää ja mikä merkitys energiatehokkuudella on päästöihin. (Motiva verkkokurssi 2023.)

Espoon kaupungin Lukutorin Päästötön työmaa pilottihankkeessa otettiin käyttöön hiilineutraaliutta edistäviä ja julkisen hankintalain mukaisia hankintakriteerejä. (HNRV 2023.) Espoo Lukutorin hankinnan arvo oli noin 900 000 €. Hankinta aloitettiin markkinavuoropuhelulla, jossa suunniteltiin kilpailutuksen kriteereitä yhdessä urakoitsijoiden kanssa. Suunnittelun pohjalta ja urakoitsijoilta saatujen kalustotietojen perusteella määriteltiin mm. realistiset kalustovaatimukset hankkeelle. Hankinnassa oli käytössä vain vähimmäiskriteereitä, mutta urakoitsijalla oli mahdollista saada bonusta vähäpäästöisten työmaakoneiden käytöstä maksimissaan 30 000 €. Hankintakriteerit hankkeelle olivat:

Päästöluokat:

Kuorma-autojen päästörajat ovat vähintään luokassa Euro VI.
Työkoneiden päästöluokka on vähintään Stage IV

Polttoaineet:

Työkoneet ja kuljetukset sekä lämmitys ja sähkö: biopolttoaineet (uusiutuva diesel, biokaasu) tai vihreä sähkö sekä biohajoavat hydraulijölyt.

Koulutus:

Päästöttömän työmaan perehdytys: Kaikki työmaalla työskentelevät osallistuvat tilaajan järjestämään päästötön työmaa- perehdytykseen (kesto 4 h) ennen urakan aloittamista. Työmaan henkilöstö pyrkii toiminnassaan edistämään päästöttömän työmaan tavoitteita. Koko urakkasuorituksen ajan työnjohdon ja vähintään 50 % työmaalla työskentelevistä henkilöistä tulee olla käynyt päästöttömän työmaan perehdytyksen.

Bonus:

Työmaalla käytettävistä yli 1,5 tn painoluokan ylittävistä sähkö- tai biokaasutyökoneista bonusta määräytyy kyseessä olevan koneen käyttötuntien perusteella 25 €/h. Bonus

biokaasukuljetusajoneuvojen käytöstä on 25 snt/km tämän työmaan kuljetuksiin. Bonus työmaalla aktiivisessa käytössä olevista Stage V-koneista käyttötuntien perusteella 15 €/h. Bonusta maksetaan yhteensä enintään 30 000 €

Päästöttömän työmaan suunnitelma:

- Kuvaus ympäristösuunnitelmasta
- Kuvaus käytössä olevasta kalustosta
- Kuvaus yrityksen toimintatavoista tunnistaa, vähentää ja seurata ympäristövaikutuksiaan
- Kuvaus käytönseurannan järjestelmistä yleistasolla
- Periaatteellinen kuvaus logistiikkasuunnitelmassa huomioitavaista asioista
- Näkemys työmaan päästöjen kompensoinnista (Keino 2020.)

Metsähallituksen hankinnat ja työmaat eivät vastaa rakennushankkeen olosuhteita ja piirteitä, mutta työkoneiden osalta voidaan ottaa oppia mahdollisia hankintakriteerejä määritettäessä. Koneiden kokoluokka on pienempää Lukutorin kaltaisilla hankkeilla kuin Metsähallituksen työmaalla, mutta Stage -luokituksen käyttöönotto on mahdollista myös Metsähallituksen hankinnoissa. Tätä hankintakriteeriä tukevat myös useat teorialähteet, haastatteluiden tulokset sekä muiden hankintayksiköiden kokemukset.

Metsähallituksen työmailla, joissa käytetään kaivinkoneita, ei ole käytössä sähkökäyttöisiä koneita/laitteita ja harvoin edes muita työkoneita. Tällöin vain kaivinkoneen polttoaineella on merkitystä. Polttoainevaatimusta voitaisiin käyttää myös Metsähallituksen työmailla, mutta ensin pitäisi miettiä tarkasti, kuinka vaatimusta seurataan ja onko polttoainetta saatavissa kattavasti. Tämä edellyttää kattavaa markkinavuoropuhelua yrittäjien kanssa.

Metsähallitus suosii verkkokoulutuksia työläjikohtaisissa koulutuksissa. Motivan tekemä Vähäpäästoiset työmaat -verkkokoulutuskokonaisuus on uudenlainen ja suoraan käyttöön otettava koulutus myös Metsähallituksen konetöiden hankintoihin. Koulutus antaa hyvän kuvan siitä, miten päästöt työmailla muodostuvat ja millä toimenpiteillä energiatehokkuutta voidaan parantaa. Kaikkien kuljettajien tulisi käydä vähintään yleinen osio ja työkoneen käyttäjille suunnattu osia. Yrittäjien ja aliurakoitsijoiden tulisi edellä mainittujen lisäksi käydä urakoitsijoille, aliurakoitsijoille ja työnjohtajille suunnattu osio. Opinnäytetyöhön liittyvissä

haastatteluissa tuli ilmi, että urakoitsijat toivoivat lisää koulutusta ja pitivät koulutusta positiivisena asiana. Työkoneiden osalta koulutusta on vähän tarjolla. Maahantuojien haastatteluiden perusteella valmistajat järjestävät käyttökoulutusta uuden kaivinkoneen ostajalle.

Bonusmallia voisi soveltaa Metsähallituksen näkökulmasta esimerkiksi maksamalla x €/m tai €/ha lisää, jos työ tehdään esimerkiksi Stage V päästoluokan työkoneella. Malli kannustaa sopimuksenaikaisen koneen uusimisen tai mahdollisesti vuokrakoneen käytön. Samaa vaikutusta saataisiin myös, jos kalustovaatimus olisi laatupesteytyksenä eli urakoitsijaa saa lisätua uudemmasta koneesta. Esimerkiksi jos hinnan vaikutus on 90 pistettä ja päästölukituksen 10 pistettä. 10 lisäpistettä saa, jos työ tehdään Stage V luokituksen koneella. Samoilla menetelmillä voidaan edistää esimerkiksi täyssähköisten työkoneiden markkinoille pääsyä.

Työmaan suunnitelmassa on hyviä näkökulmia myös Metsähallituksen työmaille sovellettavaksi. Varsinkin kalustoluettelo ja siitä saatava tieto helpottaa jatkossa kalustovaatimusten määrittelyä hankintavaiheessa. Mikäli vähimmäisvaatimuksena on tietty päästöloukka niin olisi hyvä tietää millaista kalustoa tällä hetkellä urakoitsijoilla on, ettei karsita potentiaalisia tarjoajia pois liian kireillä kalustovaatimuksilla.

Senaatti-konserni otti käyttöön päästöttömän työmaan sopimusehdot kaikissa yli 2 miljoonan euron rakennushankkeissa kesällä 2021. Tuolloin hankintakriteerit työmaille olivat hyvin saman kaltaiset kuin Espoon kaupungilla. Työmailla käytettiin ainoastaan 100 % vihreää sähköä ja työmaavalaistukseen ainoastaan LED-valoja. Työmaan lämmityksessä käytettiin uusiutuvaa energiaa tai kaukolämpöä käyttäviä lämmittimiä ja laitteita. Päästöloukituksina vähimmäistasoina olivat Stage IV ja Euro VI luokat. Työmaakoneet kirjattiin kalustoluetteloon, ja kaikkien työmailla käytettävien pienkoneiden tuli olla sähkökäyttöisiä. Suosituksena oli, että työmailla käytetään sähköisiä työkoneita ja laitteita, jos niitä oli saatavissa. Polttomootorikoneissa käytetään ensisijaisesti ei-fossiilisia polttoaineita. Työmaarakennusten tulee olla energiatehokkaita ja lämmityksessä suositaan energiatehokkaita ratkaisuja sekä käytetään uusiutuvaa energiaa tai

kaukolämpöä. Lisäksi työmaalla tulee olla sähköautojen lataus mahdollisuus. (Senaatti 2022.)

5.2 Väyläviraston hankintakriteerit ja kansainväliset esimerkit

Väyläviraston hankinnan linjojen mukaan viraston tavoitteena on vähentää ilmaston ja muun ympäristön kannalta haitallisia päästöjä väylien elinkaaren aikana. Tavoitteita viedään eteenpäin mm. hankintoja kehittämällä ja ottamalla niihin laajemmin ympäristökriteerejä mukaan. Virasto on laatinut raportin hankintojen kehittämiseksi vuosille 2021–2025. Väyläviraston työtehtävistä maanteiden hoitourakat vastaavat parhaiten Metsähallituksessa tehtävää työtä.

Maanteiden hoidon urakoissa käyttöönotettavaksi esitettiin vuosille 2021–2025 tiekartan mukaiset kriteerit.

Vuodelle 2021: Kuorma-autojen päästöluokkavaatimus Euro IV ja työkoneiden päästöluokkavaatimus Stage IIIA/Stage IIIB. Lisäksi käytävä taloudellisen ajotavan koulutusta

Vuodelle 2022: Kuorma-autojen osalta päästöluokitus ja taloudellisen ajotavan koulutus pysyi ennallaan, mutta työkoneiden osalta päästöluokka on oltava Stage IIIB.

Vuodelle 2023: Päästöluokat pysyivät samana, mutta taloudellisen ajotavan koulutus tulee sisältää ajoharjoittelua. Lisäksi 80 % urakoitsijan ja aliurakoitsijoiden operatiivisesta henkilöstöstä on suoritettava taloudellisen ajotavan koulutus hoitourakan aikana. Vaaditaan myös ajoneuvo- ja kuljettajakohtainen ajotavan seuranta järjestelmä.

Vuodelle 2024: Vaatimukset samat kuin vuonna 2023.

Vuodelle 2025: Kuorma-autojen päästöluokka vaatimus Euro V ja työkoneiden vaatimus Stage IV. (Varis, Finer & Merenheimo 2021, 25.)

Vaatimukset ovat vähimmäisvaatimuksia. Ennen tiekartan laatimista, on käyty markkinavuoropuhelua urakoitsijoiden kanssa mahdollisista hankintakriteereistä. Urakoitsijoiden nykyinen kalusto on ollut ainakin osin tiedossa ennen päästöluokkavaatimusten määrittelyä.

INFRA ry on tehnyt julkaisemattoman tutkimuksen vuonna 2020 eripuolilla maata käytössä olevista vaatimuksista. Tutkimuksen mukaan vuonna 2021 yleisimpiä työkoneilta edellytetyjä päästöluokkia olivat Stage IIIB ja Stage IV. Alla olevassa taulukossa 2 on esitetty kooste eri hankkijoista/kriteerien laatijoista ja heidän asettamistaan ympäristökriteereistä. Taulukosta nähdään, että päästöluokkavaatimus on keskeinen hankintakriteeri työkonehankinnoissa. Päästöttömien työmaiden green deal-sopimuksen tehneiden organisaatioiden hankintakriteerit ovat vaativia ja tähtäävät systemaattisesti vuoden 2025 tavoitteeseen fossiilittomista työmaista (Varis, Rovio & Finer 2021, 16).

Hankkija tai kriteerin laatija	Päästöluokkavaatimukset	Muita tavoitteita tai vaatimuksia
Päästöttömien työmaiden green deal -kriteerit (Helsinki, Vantaa, Espoo, Turku, Senaatti-kiinteistöt, HSY)	Työkoneilla 7/2021 alkaen Stage IIIB ja kuorma-autoilla Euro V 1/2023 alkaen työkoneilla Stage IV ja kuorma-autoilla Euro VI	2025 – 20 % työkonekalustosta sähköistä tai biokaasulla tai vedyllä toimivaa ja 100 % fossiilivapaata 2030 – 50 % työkonekalustosta sähköistä tai biokaasulla tai vedyllä toimivaa
Pääkaupunkiseudun yhteiset kriteerit	2021 Euro VI ja Stage IV. Käyttö ennen vuotta 2021 vaihtelevaa ja tilaajakohtaista. Korvautuneet Päästöttömien työmaiden green dealin vaatimuksilla	Käyttöön tulossa Päästöttömien työmaiden green dealin vaatimukset.
Turun kaupunki	Käyttöön tulossa Päästöttömien työmaiden green dealin vaatimukset. Aiemmin käytetty joissain urakoissa Euro VI -vaatimusta.	Käyttöön tulossa Päästöttömien työmaiden green dealin vaatimukset.
Joensuu	Osassa urakoista käytetty vähimmäisvaatimuksia Stage II ja Euro III	
Oulu	Käytössä ollut sekä päästöluokka että kaluston ikävaatimuksia. Tarkat vaatimukset eivät tiedossa.	
Porvoo	Osassa rakentamisen urakoista käytetty Stage IIIB ja Euro V/VI -vaatimuksia	
Motivan kestävien hankintojen tietopankki	Ei suositusta työkoneiden päästöluokasta. Kuorma-autojen suositeltava taso kuljetusten hankintaohjeissa Euro V tai Euro VI	

Taulukko 2. Julkisten hankintojen työkoneille asetettuja vaatimuksia (Varis, Rovio & Finer 2021, 17).

Kansainvälisesti erityisesti Norja ja Ruotsi ovat edelläkävijöitä työkoneiden päästöjen vähentämisessä. Taulukosta 3 nähdään, että päästöluokkavaatimusta käytetään myös Ruotsissa ja Alankomaissa. Ruotsissa, Norjassa ja Alankomaissa hankinnoissa kiinnitetty huomiota uusiutuviin polttoaineisiin ja vaihtoehtoisin käyttövoimiin.

Maa ja organisaatio vaatimusten taustalla	Päästöluokkavaatimuksia	Muita tavoitteita tai vaatimuksia
Ruotsi: Trafikverket, Tukholman, Göteborgin & Malmön kaupungit.	Työkoneilla 2020 alkaen Stage IV tai alle 12 v ikä. Kuorma-autoilla Euro V poislukien erityiskalusto. Erikseen tiukemmat vaatimukset (Euro VI ja työkoneet 6 vuotta tai Stage IV) herkemmille alueille.	Uusiutuvan energian osuus 20 % ja käytössä Klimatkalkyl-laskuri.
Alankomaat: PIANOo -hankintojen osaamiskeskus.	Työkoneilla vaatimuksena koneen moottoritehosta riippuen Stage III A/B. Kuorma-autoilla suositeltava vaatimus Euro VI. (alle 56 kW) tai Stage IV (yli 56 kW).	Lisäpisteitä mm. polttoaineenkulutuksen seurannasta kalustossa.
Norja: Oslon kaupunki		Fossiilivapaa toteutus yleisenä vaatimuksena. Pilotteja sähköisistä koneista ja yksi kokonaan sähköisesti toteutettu työmaa.
EU:n kriteeripankki (EU GPP Criteria)		Suositus päästölaskennan käyttämisestä materiaalikuljetuksiin. Mallin määrittely kuitenkin tilaajan vastuulla.

Taulukko 3. Kansainvälisiä esimerkkejä ympäristövaatimuksista infrarakentamisessa (Varis T, Rovio J & Finer A, 2021, 18).

Vaikka esimerkit ovat infrarakentamisen työmaista niin päästöluokitusta voidaan hyvin soveltaa myös Metsähallituksen hankinnoissa, joissa keskeisessä osassa on työkoneet. Molempien hankintayksiköiden hankinnoissa pyritään vähentämään päästöjä uudemmalla kalustolla.

5.3 Ruotsin malli

Ruotsin väyläviraston vastaava viranomainen Trafikverket on käyttänyt jo pitkään urakoissa ympäristökriteerejä. Kriteerit ovat moniosaisia ja sisältävät vaatimuksia kalustolle sekä niissä käytettäville polttoaineille. Kuorma-autoissa

vaaditaan vuonna 2017 tehdyn tiekartan mukaan Euro V -päästöluokitusta vuonna 2020. Työkoneiden osalta vuosien 2018–2019 Stage II vaatimus kiristyy alle 12 vuoden ikään tai Stage IV -luokkaan. Työkoneita varten on tehty poikkeuksia siten, että sähköllä toimivat koneet, joissa ajomoottorina on polttomoottori, voivat olla 16 vuotta vanhoja päästöluokasta riippumatta, mikäli ajomoottoria ei käytetä työnteon aikana. Trafikverketillä on myös tiukemmat vaatimukset erityisille herkemille alueille esim. alueet, joissa ilmanlaatu on vaarassa ylittää raja-arvot. Trafikverket käyttää hiilidioksidipäästöjen laskemiseen Klimat kalkyl -elinkaarilaskuria, jota on kehitetty vuodesta 2014 lähtien. (Varis, Finer & Merenheimo 2021, 17.)

Linköpingin kaupunki otti vuonna 2013 hankinnoissaan käyttöön bonusmallin, jossa urakoitsijat voivat saada hyvitystä työkoneista, joiden päästöluokka on vähintään Stage IIIB tai jotka käyttävät 100 %:sta uusiutuvaa polttoainetta tai sähköä. Bonusmallin etu on, että se ohjaa urakoitsijaa oikeaan suuntaan ja kannustaa ympäristöystävällisiin ratkaisuihin. (Varis, Finer & Merenheimo 2021, 17.)

Metsähallituksen näkökulmasta vastaavanlainen tiekartta voisi olla toimiva ratkaisu pitkän aikavälin suunnitelmana tai ohjaavana tekijänä. Pitkän aikavälin suunnitelma vähimmäisvaatimuksineen vaatisi markkinavuoropuhelua urakoitsijoiden kanssa, jotta heidän näkemyksensä ja nykykalusto tulisi tietoon. Tiedon avulla voidaan suhteuttaa kalustovaatimukset niin ettei potentiaaliasia tarjoajia jää vaatimusten ulkopuolelle ja urakoitsijoilla on mahdollista reagoida pitkällä tähtäimellä kalustovaatimuksiin. Bonusmalli Metsähallituksen toiminnassa on pohdittava vaihtoehto uusiutuvan polttoaineen, parhaan päästöluokan tai vaihtoehtoisten käyttövoimien näkökulmasta. Bonusmalli on verrattuna vähimmäisvaatimukseen hallinnollisesti vaativampi ratkaisu, ja vaatii selkeät ohjeet tavoitteen todentamiseen.

5.4 Vaatimusten todentaminen

Väyläviraston ympäristökriteerien tiekartan laatimisessa hyödynnettiin asiantuntija haastatteluita ja markkinavuoropuhelukyselyitä. Näiden perusteella selkeän

todentamisen merkitystä pidettiin tärkeänä ja reiluna tekijänä. Käytettävät koneet ja päästöluokat todennetaan parhaiten kalustoluettelolla, joka toimitetaan tarjousvaiheessa. Kalustoluetteloon on kirjattu hankintaerässä käytettävät työkonet. Kalustoluettelo tulee pitää ajan tasalla koko sopimuskauden ajan. Sähköinen kalustoluettelo helpottaa tilaajaorganisaation hallinnointia ja mahdollistaa jatkossa koneiden telematiikkajärjestelmistä saatavan tiedon hyödyntämistä.

Green deal -sopimuksen käyttöönottoaiheessa vuonna 2020 Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy sai toimeksiannon kartoittaa päästöjä koskevat tietotarpeet ja toteutusvaihtoehdot sekä tehdä ehdotus päästöjen seurantajärjestelmä toteutusmalliksi. Raporttiin on koottu keskeisiä asioita, joita kalustoluettelossa olisi hyvä olla. Kalustoluettelon tulisi sisältää Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n mukaan ainakin laatijan nimi, kalustovastaavan yhteystiedot, laatimisajankohta ja voimassaoloaika. Työmaalla käytettävä kalusto esitetään listana, jossa määritellään työkoneen valmistaja, malli, sarjanumero, käyttövoima, koneluokka/ajoneuvoluokka, Stage-luokitus, nimellisteho, vuosimalli ja pääasiallinen käyttötarkoitus. (Muona, Valovirta, Markkanen & Heino 2021, 10.) Vastaavanlaisella kalustoluettelolla Metsätalous Oy voi todentaa hankintakriteerinä olleen päästöluokkavaatimuksen. Käytettävää kalustoa tulee verrata kalustoluetteloon maastokaudella tehtävillä tarkastuksilla.

Green deal hankkeissa vaatimuksena on käyttää polttomoottorikoneissa fossiilittomia polttoaineita. Uusiutuvan polttoaineen käyttö todennetaan polttoainekui-teilla, jotka toimitetaan tilaajalle. Tässä opinnäytetyössä tehtyjen haastatteluiden perusteella tämä on ollut vallitseva käytäntö tapauksissa, joissa on vaadittu uusiutuvan polttoaineen käyttöä. Metsätalous Oy:n toimintaympäristössä tämä toimintatapa on haasteellinen, koska urakoitsijat voivat tehdä töitä myös muille urakanantajille. Näin ei voida täysin varmistaa, että Metsätalous Oy:n työmaalla on käytetty kuitenkin osoittamaa polttoainetta.

6 Energiatehokkuus ja vaihtoehtoiset käyttövoimat

6.1 Työkoneen energiatehokkuuteen vaikuttavat asiat

Energiatehokkuus tarkoittaa sitä, että pienemmällä energiamäärällä saadaan suurempi hyöty (Soininen, Perttola, Vuorinen & Tuovinen 2023, 12). Energiatehokkuutta voidaan parantaa ja hiilidioksidipäästöjä pienentää neljällä eri osa-alueella:

- moottoritasolla
- vähähiilisillä polttoaineilla
- ajoneuvotasolla
- työkoneen käytön tehostamisella
(Nylund ym. 2016, 14.)

Energiatehokkuuden parantaminen moottoritasolla tarkoittaa moottorin hyötysuhteen, kuten moottorikitkan, polttoaineen palamisen, lämmönhallinnan ja pakokaasujen hukkalämmön talteenoton parantamista. Tällä voidaan Nylundin ym. (2016, 15) mukaan saavuttaa noin 15 % CO₂ päästövähennyspotentiaali. Työkoneille on ominaista, että pienin polttoaineen kulutus saadaan suhteellisen suppealla moottorin toiminta-alueella, ja kulutus kasvaa jyrkästi esimerkiksi kierrosluvun noustessa. Konetöiden energiatehokkuudesta puhuttaessa keskeiseksi asiaksi nousee polttoaineen kulutuksen laskeminen. Kulutuksen seuraaminen ei itsessään vähennä päästöjä tai paranna energiatehokkuutta, mutta on lähtökohta energiatehokkuuden systemaattiselle parantamiselle (Motiva 2023d).

Valtaosa kaivinkoneista käyttää polttoaineena fossiilista polttoöljyä. Päästöjä voidaan pienentää energiatehokkuutta parantamatta käyttämällä uusiutuvia polttoaineita. Vaihtoehtoisia polttoaineita ovat esimerkiksi maakaasu ja vety sekä uusiutuvat polttoaineet, kuten biodiesel, biopolttoöljy ja biokaasu. Polttoaineen alkuperällä ei ole juuri vaikutusta polttoaineen kulutukseen, mutta uusiutuvista raaka-aineista valmistetuilla polttoaineilla voidaan vähentää

kasvihuonekaasuja jopa 80–90 %. Nämä ns. drop-in polttoaineet ovat nopein ja teknisesti helpoin tapa vähentää työkoneiden CO₂ päästöjä. (Nylund ym. 2016, 15.)

Ajoneuvotasolla energiatehokkuutta voidaan parantaa aerodynamiikkaa parantamalla tai keventämällä ajoneuvoa. Työkonepuolella ilmanvastuksen merkitys on vähäinen ja työkoneissa työtehtävät vaativat usein massaa työkoneelta. Työkoneetasolla energiatehokkuutta voidaan kehittää voimansiirtoa parantamalla tai muuttamista esimerkiksi hybriditeknikalla toimivaksi tai sähköiseksi. Voimansiirrossa käytetään yleisesti hydraulikkaa, jossa tehotehoisuus on suuri, mutta aiheuttaa myös merkittäviä häviöitä. Opinnäytetyöhön liittyvän haastattelun mukaan hydraulikan kehitysnäkymät ovat hyvät, ja niillä voidaan saavuttaa lähitulevaisuudessa merkittäviä polttoainesäästöjä. Hiilidioksidipäästöjen vähennyspotentiaali työkoneetasolla on jopa 50 %. (Nylund ym. 2016, 16.) Kaivinkoneiden maanhantuojujen haastatteluiden perusteella päästöjen vähennyspotentiaali on maltillisempi noin 20 %.

Työkoneen käytöllä on Nylundin ym. (2016, 16) mukaan suuri merkitys energiatehokkuuteen. Työkoneen käyttöön kuuluvat koneen ajaminen ja työn suorittaminen moottorin kannalta optimaalisella tehoalueella sekä joutokäynnin välttäminen. Työkoneen älykkäillä toiminnoilla voidaan energiatehokkuutta parantaa esimerkiksi tyhjäkäyntiautomaatiikan avulla sekä telematiikkatietoja analysoimalla. Variksen ym. (2021, 27) mukaan telematiikka tietoihin perustuvien arvioiden mukaan jopa 20 % polttoaineen kulutuksesta voi syntyä silloin, kun kone ei tee työsuoritetta. Päästövähennyspotentiaali koneen käytön tehostamisella on jopa 35 % (Nylund ym. 2016, 15). Työkoneiden taloudellisen käytön koulutuksella voisi saada positiivisia vaikutuksia työkoneiden käytön energiatehokkuuteen, sekä vietyä tietoa urakoitsijoille energiatehokkuuteen vaikuttavista tekijöistä.

6.2 Vaihtoehtoiset käyttövoimat

Vaihtoehtoisia käyttövoimia konetöiden energialähteiksi on tutkittu mm. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n taholta viime vuosina. Työkonesektori on energiankulutuksen ja päästöjen osalta merkittävä. Kotimaan tieliikenteen päästöt vuonna 2020 olivat noin 11 miljoonaa CO₂ tonnia ja työkoneiden päästöt 1,8 miljoonaa CO₂ tonnia. Työkonesektori on paljon laaja-alaisempi kuin liikennesektori, mikä luo haasteita käyttövoimaratkaisuille. Ei ole yhtä käyttövoimaa, joka soveltuisi kaikkeen toimintaan. (Pihlajatie 2022.) Myös työympäristöt vaihtelevat enemmän kuin liikennesektorilla. Työkoneiden osalta CO₂-regulaatio on kehittymätön ja osaltaan sen takia tuotekehitys ei ole ollut niin nopeaa kuin esimerkiksi liikennesektorilla. Tämä hidastaa vähä- ja nollapäästöisten työkoneiden kehitystä ja tuloa markkinoille. (Pihlajatie ym. 2022, 112.)

Vaihtoehtoisia käyttövoimia työkonekäytössä ovat kaasu- ja vetykäyttöiset sekä täyssähköiset työkoneet. Lisäksi erilaisilla hybridiratkaisuilla toimivat työkoneet sekä uusiutuvalla dieselillä/polttoöljyllä toimivat moottorit käydään tässä osiossa läpi.

Vaihtoehtoisten käyttövoimien käytettävyyteen ja yleistyvyyteen vaikuttaa voimakkaasti niiden polttoaineen jakeluinfrastruktuuri ja sen kehittyminen. Tällä hetkellä monelle käyttövoimalle on rajallinen jakeluinfra, joka osaltaan jarruttaa käyttövoiman yleistymistä. Rakennetussa ympäristössä sähköverkon kattavuus on hyvä ja laajennettavissa, mutta vaatii aikaa ja investointeja. Sähkön kuljettaminen erilaisilla varastointiratkaisuilla ei nykyteknologialla ole tehokasta. Nestemäiset ja kaasumaiset käyttövoimat siirrettävällä varastotankilla ovat vakiinnutaneet asemat ja jakelu onnistuu kustannustehokkaasti. Paineistetun maakaasun (CNG) ja biokaasun (CBG) tankkausverkosto on eteläisessä Suomessa kohtuullinen, mutta heikkenee nopeasti pohjoista kohti mentäessä. Vedyn (H₂) tankkausasemia Suomessa ei vielä ole. Uusiutuvaa dieseliä/polttoöljyä on saatavissa kokomaassa suhteellisen kattavasti, mutta saatavuus heikkenee kuitenkin pohjoista kohti mentäessä. (Pihlajatie ym. 2022, 79.)

6.2.1 Sähkö

Sähkökäyttöisellä työkonella tarkoitetaan työkonetta, jonka kaikki toiminnot toimivat sähköllä eli saavat energian joko akuista tai kaapelisyötöllä. Sähkökoneet ovat käytössä päästöttömiä, mikäli käytettävä sähkö on uusiutuvista energialähteistä. Kaivinkoneiden sähköistyminen on voimakkainta pienissä kokoluokissa, mutta kehitty nopeasti myös suuremman kokoluokan koneissa. Pieniä, noin 5 tonnin täyssähköisiä kaivinkoneita on kattavasti markkinoilla. Haastatelluista maahantuojista useammalla valmistajalla oli markkinoilla jo yli 20 tonnin kaivinkoneita. Toiminta- ja latausajat vaihtelevat valmistajittain. Hidasteena toiseksi koneiden yleistymiselle on akkuteknologia ja sen kalleus, latausinfrastruktuuri ja kalliit investoinnit. (Kotro 2019, 34).

Täyssähköisten kaivinkoneiden osalta yksi lähestymistapa on ns. retrofit, jossa kaivinkoneen rakenne ja hydraulijärjestelmä pysyy samana, mutta polttomoottorin tilalle vaihdetaan sähkömoottori ja energiansyöttö toteutetaan vaihdettavilla akkupaketeilla. (Pihlajatie ym. 2022, 96.) Tutkimustietoa tai valmisteilla olevia ratkaisuja ei tämän opinnäytetyön teoriaosassa kyseisestä sovelluksesta löydetty. Ratkaisu on mielenkiintoinen, koska metsätalouden töissä sähkökäyttöisten kaivinkoneiden suurin este on kiinteiden akkujen lataus maastossa. Mikäli tämä olisi hoidettavissa siirrettävillä akkupaketeilla, helpottaisi se merkittävästi kaivinkoneiden sähköistymistä myös metsätalouden työmailla. Haastatelluista kaivinkoneurakoitsijoista kenelläkään ei ollut omakohtaista kokemusta täyssähköisistä kaivinkoneista. Vaatii tekniikan kehittymistä ja koneiden yleistymistä, että täyssähköisiä koneita kannattaa ottaa osaksi Metsätalous Oy:n hankintoja.

Ponsse on julkaissut ensimmäisen sähkökäyttöisen metsäkoneen, Ponsse EV1:n. Konseptikoneessa on täysin sähkökäyttöinen voimalinja ja koneen ajovoimansiirto toimii akuista saatavalla energialla. Akuston lataus on tässä vaiheessa polttomoottorikäyttöinen. (Ponsse 2022.) Toimintaympäristö vastaa metsäkäytössä olevaa kaivinkonetta, joten teknologia on olisi todennäköisesti sovellettavissa myös kaivinkoneisiin.

6.2.2 Hybridi

Kaivinkoneissa hybriditekniikalla tarkoitetaan tekniikkaa, joissa koneen tuottamaa energiaa otetaan talteen ja käytetään toisessa työvaiheessa. Usein koneessa on sekä polttomoottori että sähkömoottori. Hybridivoimalinjat ovat pääasiassa rinnakkais- tai sarjahybridejä (Kuitunen 2020, 11). Rinnakkaishybridissä sekä polttomoottori että sähkömoottori tuottavat yhdessä työkoneelle vaadittavan tehon ja tuottavat tehoa voimansiirtoa varten. Sähkömoottori voi toimia myös generaattorina, joka ottaa esim. jarrutusenergiaa talteen tai lataa akkuja. Vähemmän voimaa vaativiin toimintoihin voidaan käyttää pelkkää sähköenergiaa sekä polttomoottorin tukena huipputehon aikana. (Mäkitalo 2018, 4.)

Sarjahybridin toiminta perustuu siihen, että polttomoottorilla tuotetaan kaikki teho sähköiseen tai hydrauliseen voimansiirtoon. Sarjahybridissä polttomoottoria käytetään aina optimikierto- ja kierrosluvulla, jolloin sen hyötysuhde on parhaimmillaan. Polttomoottori pyörittää generaattoria, joka lataa akkuja tai kondensaattoria, josta sähkömoottori saa voiman tarvittaviin toimiin. (Mäkitalo 2018, 3.)

Superkondensaattorilla saadaan hetkellisesti tuotettua tehoa sähköisen voimalinjan kautta. Yhdessä akku ja superkondensaattori muodostavat hybridienenergiavaraston, josta saadaan suurempi teho kuin pelkistä akuista. Tämä pidentää myös akkujen käyttöikää. (Hulttinen 2019, 6.) Logset hybridiharvesteri käyttää superkondensaattoria tehohuippujen aikana, jolloin dieselmoottorin rasitus jää pienemmäksi ja sitä kautta säästää polttoainetta (Logset 2023). Sama toimintaperiaate toimisi myös kaivinkoneissa hetkellisessä tehontarpeessa.

Työkonekäytössä hybridisointi laskee polttoainekulutusta ja päästöjä merkittävästi, moottorin toimiessa pääosin optimaalisella kierrosluvulla ja sähköllä avustetaan raskaimmissa työvaiheissa. Käytettävä tekniikka on olemassa ja tuotantokelpoista. Usealla valmistajalla on hybridikäyttöisiä kaivinkoneita valikoimissaan juuri 16–36 tonnin kokoluokissa. Pienet kaivinkoneet ovat joko diesel- tai sähkökäyttöisiä. Isoilla kaivinkoneilla tehdään työtä usein latausinfra- ja ulottumattomissa, jolloin hybriditekniikka on perusteltua.

Riippuen valmistajasta, hybridijärjestelmä voidaan jakaa sähköisiin tai hydraulisiin hybrideihin. Hybridijärjestelmästä riippumatta päästövähennys on noin 20 %. Tekniikkaa kuitenkin kehitetään edelleen ja uusilla hybridijärjestelmillä voidaan päästä jopa 45 % energiasäästöpotentiaaliin. (Pihlajatie ym. 2022, 95–96.) Hybridikaivinkoneen hintaan suhteessa polttomoottorikäyttöiseen vaikuttaa se, kuinka paljon lisäkomponentteja hybridisointi vaatii. Osalla valmistajista lisähinta pysyy hyvinkin maltillisena.

Tässä opinnäytetyössä tehtyjen haastatteluiden perusteella hybridikaivinkone voisi olla hyvä vaihtoehto metsätalouden töihin, koska siinä on polttomoottorikäyttöisen kaivinkoneen huolettomuus, mutta pienemmät polttoainekustannukset. Kenelläkään haastatelluista ei ollut omakohtaista kokemusta hybridikaivinkoneen käytöstä. Käyttökokemusta halutaan ennen investointipäätöksen tekoa. Tekniikan kehittymisestä ja koneiden yleistymisestä riippuen, hybridikaivinkoneen vaatiminen tai sen käyttäminen laatuperusteena hankinnoissa on ajankohdainen noin 2–3 vuoden päästä. Maahantuojiin haastatteluiden perusteella täyssähköisten kaivinkoneiden kehitys on nopeampaa kuin hybridikoneiden.

6.2.3 Biokaasu

Biokaasu on maakaasua vastaava uusiutuva polttoaine. Biokaasua voidaan tuottaa eloperäisestä materiaalista, kuten biojätteistä, lannasta, jätevesistä, kasvibiomassasta yms. Suomessa suurin energiapotentiaali on peltobiomassassa. Suomen biokaasutuotannosta valtaosa käytetään lämmön- ja sähköntuotantoon, mutta liikennekäytössä biokaasu on yleistymässä. (Gasum 2023).

Ajoneuvokäyttö edellyttää biokaasun puhdistusta metaaniksi eli siitä on eroteltava hiilidioksidi, rikkiyhdisteet ja muut epäpuhtaudet. Biokaasu on paineistettava (CBG, paineistettu biokaasu) ajoneuvokäyttöä varten, mutta raskaaseen kalustoon voidaan tankata myös nesteytettyä (LBG) biokaasua. Paineistetun maakaasun (CNG) energiatiheys on vain noin 25 % dieselpolttoaineen energiatiheystä. Nesteytetyn maakaasun on korkeampi, noin 60 % dieselpolttoaineen energiatiheystä. Rikastettu biokaasu muistuttaa ominaisuuksiltaan

maakaasua. (Tuomisto 2019, 38.) Paineistettu maakaasu vaatii noin 4–5 kertaisen tilavuuden verrattuna dieselpolttoaineeseen. Työkoneeseen on haastavaa sijoittaa niin isoja polttoainetankkeja. Nesteytetyn kaasun käyttö on tämän takia yleisempää pitkän matkan rekoissa. Nesteytetyn kaasun ongelma on sen jatkuva höyrystyminen, jonka takia kaasua joudutaan vapauttamaan tankista säännöllisesti. Ongelmaa ei ole autoissa, jotka ovat liikkeellä lähes jatkuvasti, mutta tämän takia työkoneisiin käyttövoima ei sovellu, koska työkoneet seisovat usein pitkiäkin aikoja. (Söderena 2017, 18.)

Työkoneissa on vähän käytetty kipinäsytytteisiä moottoreita, pieniä työkoneita lukuun ottamatta. Näissä moottoreissa kaasun käyttäminen polttoaineena on helppoa pienillä muutoksilla. Suuret työkoneet vaativat pääosin tehokkaampia puristussytytteisiä moottoreita kuten dieselmootoreita. Uudet, raskaassa kalustossa käytettävät kaasukäyttöiset moottorit ovat ns. Dual-fuel kaasumootoreita, jotka tarjoavat lähes dieselmootorin tasoisen hyötysuhteen. Dual-fuel kaasumootorissa on dieseltankki ja kaasun sytyttäminen moottorissa tapahtuu dieselpolttoaineella. (Söderena 2017, 18.) Kyseinen moottori vaatii kuitenkin tilaa perinteistä dieselmootoria enemmän, joten tämä rajoittaa mahdollisuuksia liikkuvissa työkoneissa (Nylund ym. 2016, 17).

Söderenan (2017, 21) mukaan kaasumootorit eivät sovellu maansiirtokoneiden, kuten kaivinkoneiden käyttövoimaksi. Kaasukäyttöisiä kaivinkoneita ei ole julkisen tiedon mukaan kehitteillä. Kaivinkoneiden sähköistyminen on käynnissä ja on todennäköinen kehityssuunta. (Markkanen & Lauhkonen 2021, 13.) Tämän takia biokaasun käyttömahdollisuuksiin ei perehdytä tässä työssä syvemmin.

6.2.4 Vety

Vedystä uskotaan tulevan merkittävä korvaava energialähde fossiilisille polttoaineille. Vedyn energiatiheys suhteessa massaansa on lähes kolminkertainen verrattuna bensiiniin tai dieselöljyyn. Energiatiheys suhteessa tilavuuteen on kuitenkin heikko. Tämä onkin yksi vedyn haasteista. Kaasumaista vetyä on varastoitava korkeassa paineessa tai vaihtoehtoisesti nestemäisenä, jolloin sen

lämpötila on oltava -253 astetta. Molemmat olomuodot haastavat säiliön ominaisuudet. Nestemäistä vetyä on jäähdytettävä jatkuvasti, ettei se kaasuunnu. (Motiva 2023b.)

Vetyä voidaan valmistaa useilla eri tavoilla. Tällä hetkellä yleisin tapa on maakaasun höyryfermentointi. Maakaasusta valmistettu vety ei kuitenkaan ole hiili-neutraalia. Puhtainta vetyä saadaan hajottamalla vettä vedyksi ja hapeksi elektrolyysissä sähkön avulla. Kun halutaan päästötöntä vetyä, niin elektrolyysillä tehtävän vedyn sähkö tulee olla uusiutuvista lähteistä peräisin. (Motiva 2023b.) Energiaa kuluu lisäksi vedyn paineistamiseen ja varsinkinkin nesteytykseen, joka kuluttaa jopa 30 % vedyn energiasisällöstä (Konepörssi 2023). Puhuttaessa vihreästä tai sinisestä vedystä, puhutaan päästöttömästä vedystä. Sininen vety valmistetaan fossiilisesta raaka-aineesta, mutta syntyvä hiilidioksidi otetaan talteen eikä päästetä ilmakehään. Vihreä vety tuotetaan uusiutuvan sähkön avulla elektrolyysiprosessissa. (LUT-yliopisto 2022.)

Vedyn käyttö polttoaineena on mahdollista jo tänäkin päivänä. Vetyä voidaan käyttää suoraan polttomoottorin polttoaineen, kuten Brittiläinen työkonevalmistaja JCB on tehnyt. JCB on kehittänyt perinteisen mäntämoottorin käymään vedyllä (Helander 2021). Vetyä voidaan käyttää raaka-aineena yhdessä hapen kanssa polttokennoissa, jotka tuottavat sähköä eli työkone on käytännössä sähkökäyttöinen. Isoa akkujärjestelmää ei tässä tapauksessa tarvita. (LUT-yliopisto 2022.) Polttokennossa tehdään sähköä vedyn avulla, jolloin polttokennolla toimiva kaivinkone on käytännössä täyssähköinen. Vedyn käyttö polttoaineena tulee perustumaan ennemmin polttokennoissa käytettäväksi kuin suoraan mäntämoottoreissa.

Tässä opinnäytetyössä tehtyjen haastatteluiden perusteella vety tulee olemaan tulevaisuudessa merkittävä käyttövoima, varsinkin suurissa kokoluokissa eli yli 25 tonnin kaivinkoneissa. Teoriatiedon perusteella vetykäyttöisiä kaivinkoneita valmistaa JCB ja vuodesta 2023 alkaen myös Hyundai Construction Equipment on ilmoittanut aloittavansa vetykäyttöisen kaivinkoneen sarjatuotannon (Helander 2021). Suomessa yleistymistä rajoittaa olematon polttoaineen

jakeluverkosto. Tällä hetkellä vetyä ei käytetä kaivinkoneiden polttoaineena, joten hankintakriteerinä sitä ei ole ajankohtaista käyttää.

6.2.5 Uusiutuva polttoaine

Uusiutuva diesel on nimensä mukaisesti valmistettu uusiutuvista raaka-aineista, kun taas perinteinen diesel on fossiilista polttoainetta. Uusiutuvaa dieseliä on myös biodiesel (FAME), joka on laadultaan erilaista verrattuna uusiutuvaan dieseliin. Uusiutuvasta dieselistä käytetään lyhennettä HVO (Hydrotreated Vegetable Oil), joka vastaa laadultaan polttoainekäytössä fossiilista dieseliä.

HVO valmistetaan vetykäsittelmällä eri raaka-aineista syntyviä rasvoja ja öljyjä. Uusiutuvaa dieseliä voidaan käyttää fossiilisen dieselin seassa missä tahansa sekoitussuhteessa tai ilman sekoitusta. Uusiutuvaa dieseliä koskee EU-standardi EN 15940. Parhaimmilla biopolttoaineilla voidaan vähentää kasvihuonekaasuja jopa 80–90 % ja hiukkas- ja hiilivety päästöjä jopa 25–30 % verrattuna fossiiliseen dieseliin. (Nylund ym. 2016, 15.) Uusiutuvan dieselin etuna on myös, ettei se tuki hiukkassuodatinta tai katalysaattoreita tai muuten vaikuta moottorin toimintaan (Motiva 2023d). Uusiutuvan polttoaineen käyttö on nopein tapa pudottaa työkoneiden päästöjä.

Biodiesel, josta käytetään lyhennettä FAME (Fatty Acid Methyl Ester), ei sovellu sellaisenaan polttoaineeksi dieselmootoreihin. Biodieseliä voidaan sekoittaa fossiiliseen dieseliin ja näin alennetaan kasvihuonekaasupäästöjä. Sekoitussuhde on rajattu Euroopassa 7 prosenttiin EU:n polttoainelaatudirektiivin ja dieselin laatustandardin mukaan. Molemmat uusiutuvat dieselit valmistetaan eloperäisistä biomassoista, kuten kasviöljyistä ja eläinrasvajätteestä, mutta erilaisilla menetelmillä. (Neste 2016.)

NesteMy-diesel nimellä myytävä HVO-dieselin saatavuus on hyvä, ainakin Etelä-Suomessa. Käyttöä rajoittaa uusiutuvan polttoaineen kalliimpi hinta suhteessa fossiiliseen dieseliin. Hintaero on noin 20–25 snt/l (Varis ym. 2021, 26). Tässä opinnäytetyössä tehtyjen haastatteluiden perusteella uusiutuvaa

polttoainetta voidaan käyttää, mikäli tilaaja sitä vaatii, ja sen käyttö saadaan kompensoitua sopimushintaan. Haastatelluilla urakoitsijoilla ei ollut omakohtaista kokemusta uusiutuvan polttoaineen käytöstä, mutta sitä ei myöskään vastustettu. Saatavuus on kuitenkin varmistettava ennen sen vaatimista urakoissa.

6.2.6 Jakeluelvoite

Jakeluelvoitteen tarkoituksena on lisätä uusiutuvien polttoaineiden käyttöä ja korvata fossiilisia polttoaineita liikenteessä. Vuoteen 2030 mennessä EU:ssa käytettävästä liikenteen energian loppukulutuksesta on tuotettava 14 % uusiutuvista lähteistä. Tämä on tapa vähentää taakanjakosektorin päästöjä Suomessa. Vuonna 2023 jakeluelvoite on 13,5 % eli kyseisenä vuonna polttoaineen jakelijoilla on velvoite toimittaa kulutukseen edellä mainittu osuus uusiutuvia polttoaineita. Alkuperäisen suunnitelman mukaan jakeluelvoite olisi pitänyt nousta vuonna 2024 mennessä 28 prosenttiin ja siitä asteittain 34 prosenttiin vuoteen 2030 mennessä. (Energiavirasto 2023.) Syksyllä 2023 tehdyn lakiesityksen mukaan jakeluelvoite pysyisi vuonna 2024 vuoden 2023 tasolla eli 13,5 prosentissa. Vuosien 2025–2027 jakeluelvoitteesta tehdään esitys syksyllä 2024. Muutosten avulla pyritään ehkäisemään pumppuhintojen nopeaa nousua. (Valtioneuvosto 2023.) Jakeluelvoitetta ohjaa jakeluelvoitelaki 446/2007 (Energiavirasto 2023).

Jakeluelvoite koskee myös polttoöljyn jakelijoita, jota ohjaa biopolttoöljyn jakeluelvoitelaki 418/2019. Polttoöljyn jakeluelvoiteosuus on 5 prosenttia vuonna 2023 ja nousee portaittain 10 prosenttiin vuoteen 2028 mennessä. (Energiavirasto.) Biopolttoöljyn jakeluelvoitetta esitetään nostettavaksi 30 prosenttiin vuoteen 2030. Tällä tavoitellaan noin 0,5 miljoonan tonnin CO₂ päästövähennyksiä. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2022.) Jakeluelvoite nostaa polttoaineen pumppuhintoja. Nopea hintojen nousu näkyy varsinkin työkonepuolella, jossa polttoöljyn korvaaminen muilla energialähteillä on haastavaa. Uusiutuvien polttoaineiden hintaan vaikuttaa mm. kansallinen sääntely, raaka-aineiden markkinat sekä kysyntä ja tarjonta (Liikenne- ja viestintäministeriö 2021).

Polttoöljy on pääsääntöinen polttoaine työkonekäytössä ja sen hinnalla on merkittävä vaikutus urakoitsijan näkökulmasta. Jakelovelvoite tulee muuttamaan myös polttoöljyn hintaa ja kuten on ennustettu, tarvehuippu biodieselin osalta osuu 2020-luvun lopulle. Kysynnän kasvaessa biopolttoaineiden tarjonnan ei uskota kasvavan samassa suhteessa kysynnän kanssa. Kysynnän kasvu voi johtaa niukkuuteen ja sitä kautta nousevaan hintaan. (Pihlajatie ym. 2022, 43.)

Jakeluelvoitteen noustessa uusiutuvien polttoaineiden päästövähennyshyöty tulee joka tapauksessa. Se, että vaaditaanko tulevissa kaivinkonetöiden hankinnoissa uusiutuvien polttoaineiden käyttöä, täytyy pohtia tarkasti. Polttoaineiden hintakehitystä tulee seurata tiiviisti ennen päätösten tekoa. Vähimmäisvaatimuksena uusiutuvan polttoaineen käyttö on haastavaa näyttää toteen metsätalouden toimintaympäristössä. Haasteita voi tulla myös, jos uusiutuva polttoaine on hinta-laatusuhteen vertailuperuste ja polttoaineen saatavuus ei ole kaikille sama esimerkiksi jakelupisteiden sijainnin suhteen. Yksi vaihtoehto saada uusiutuvia polttoaineita enemmän käyttöön on bonusmalli, jossa maksetaan x €/ha lisää sopimushinnan lisäksi, jos käyttää kyseisellä hehtaarilla uusiutuvia polttoaineita. Todentaminen tulee olla tässäkin tapauksessa selkeä ja pohtia tarkasti Metsähallituksessa.

7 Kehittämistyön tavoite

Metsähallitus hankkii kilpailuttamalla joka vuosi erilaista kaivinkonetyötä. Maanmuokkausta tehdään noin 11 000 ha ja tienpidon töitä noin 1200 km vuosittain (Metsäteho 2022). Hankintojen valintaperusteena on kokonaistaloudellisuudeltaan halvin hinta. Metsähallituksen tavoitteena on saada ympäristönäkökohdat ja päästöt huomioitua jo töiden hankintavaiheessa. Hankintoja kehittämällä voidaan edistää omia tavoitteita vähäpäästöisemmästä kalustosta sekä edistää ilmasto-ohjelman tavoitteita.

Opinnäytetyönä laadittiin ehdotuksia hankintakriteereiksi, joissa otettiin huomioon päästöt, energiatehokkuus ja muita mahdollisia ympäristönäkökohtia.

Lisäksi selvitettiin vaihtoehtoisten käyttövoimien tilannetta markkinoilla. Opin- näytetyötä tehtäessä tiedostettiin, että kyseessä on pitkä prosessi hankintojen kehittämisessä eikä kaikkia työssä tulleita esityksiä voida ottaa nopeasti käyt- töön. Hankintakriteerejä kehitettäessä täytyy muutoksia tehdä maltillisesti, ettei- vät ne vaikuta negatiivisesti esimerkiksi tarjousten määrään. Tulokset antavat näkökulmaa ja ehdotuksia tulevaisuudessa tehtävien hankintojen kriteereiksi. Työkoneiden tekninen kehitys on nopeaa lähitulevaisuudessa, ja se vaikuttaa merkittävästi tulevaisuuden hankintoihin ja niiden kriteereihin. Myös erilaiset poliittiset ohjauskeinot voivat vaikuttaa hankintoihin tulevaisuudessa. Työ antaa näkökulmaa siihen, mihin asioihin tämänhetkisen tiedon perusteella tulee kiin- nittää huomiota hankintoja tehtäessä sekä mitä asioita tulee seurata nopean ke- hityksen takia.

Tietoa ongelman ratkaisemiseksi kerättiin haastattelemalla kaivinkoneurakoitsi- joita, kaivinkoneiden maahantuoja sekä Koneyrittäjät Ry:tä. Tietoa kerättiin li- säksi muiden hankintayksiköiden hankinnoista ja pohdittiin, miten ne soveltuisi- vat Metsätalous Oy:n käyttöön. Haastatteluiden tuloksia ja case-esimerkkejä hankinnoista vertailtiin aikaisempaan tutkimustietoon. Näiden tietojen perus- teella muodostettiin perusteltuja ehdotuksia hankintakriteereiksi ja luotiin tie- kartta toimenpiteistä Metsätalous Oy:n käyttöön.

8 Kehittämistyön toteutus

8.1 Konstruktiivinen tutkimustapa

Lähestymistavaksi kehittämistyössä valittiin konstruktiivisen tutkimuksen, koska sen tavoitteena on käytännön ongelman ratkaiseminen luomalla uusi konkreetti- nen tuotos kuten malli, menetelmä tai suunnitelma. Konstruktiivinen tutkimus muistuttaa lähestymistapana innovaatioiden tuottamista ja palvelumuotoilua, mutta kaikki konstruktiivinen tutkimus ei tuota innovaatioita. Oleellista on, että ongelman ratkaisu on teoreettisesti perusteltu ja luo uutta tietoa liiketoimintaan ja tiedeyhteisöön. Tärkeää on myös, että tuotokseksi saadaan merkityksellinen

ja käytännössä hyödynnettävä malli, joka on uusi tai aiempaa parempi ratkaisu edelliseen tai se parantaa edellistä toimintamallia. Konstruktivisessa tutkimuksessa muutos kohdistuu konkreettiseen kohteeseen, joka opinnäytetyössä on hankintojen kehittäminen uusilla hankintakriteereillä. Konstruktiviseen lähestymistapaan kuuluu vahvasti teoreettinen tietämys aiheesta ja aikaisemman teoreettisen tietämyksen kytkeminen ongelman ratkaisuun. Lähestymistavassa pyritään muuttamaan organisaation toimintaa ja käytänteitä, puolueettoman ja teoreettiseen tietämykseen perustuvan ratkaisun pohjalta. (Ojasalo, Moilanen & Ritalahti 2015, 37–38, 65–66.)

Konstruktivisessa tutkimuksessa voidaan hyödyntää useita eri menetelmiä eikä lähestymistapa sulje pois mitään menetelmää. Tyypillisiä tiedonkeruumenetelmiä ovat kyselyt, haastattelu ja havainnointi. Tavoitteena on kehittää organisaation jotain uutta, joten aineistoa ongelman ratkaisemiseen kannattaa kerätä monin tavoin. Oleellista on tuntea tulevien tuotosten käyttäjien tarpeet, ja siksi tulevia käyttäjiä kannattaa ottaa mukaan kehittämisprosessiin jo mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. (Ojasalo, Moilanen & Ritalahti 2015, 68.) Tutkimusmenetelmänä tässä työssä käytettiin haastattelua ja benchmarkausta eli vertailukehittämistä case-esimerkkien pohjalta. Aikaisemmat tutkimukset aiheesta toimivat vertailupohjana tutkimusongelman ratkaisussa.

Tutkimusprosessiin kuuluu ratkaisun toimivuuden testaus, josta puhutaan myös markkinatestinä. Markkinatesti voi olla vahva tai heikko. Heikko markkinatesti tarkoittaa, että toimija, jonka ongelmaa ollaan ratkaisemassa, hyväksyy ja ottaa ratkaisun käyttöönsä. Vanha markkinatesti tarkoittaa, että toimija on saanut ratkaisun avulla taloudellista tai toiminnallista hyötyä. (Jokinen 2021.) Opinnäytetyön aikana ei ole mahdollista testata tuloksia käytännössä, koska hankinnan aikataulut eivät sitä mahdollista. Tämän takia prosessiin kuuluva ratkaisun testaus ja sen raportointi puuttuu. Tuloksia hyödynnetään ja sovelletaan opinnäytetyön valmistumisen jälkeen pitkällä aikavälillä.

Jokisen (2021) mukaan konstruktivisen tutkimuksen reliabiliteetti, eli luotettavuus syntyy suunnittelemalla työn toteutus hyvin, toteuttamalla työ kurinalaisesti suunnitelman mukaan ja laatimalla hyvätasoinen raportti. Validiteetilla

tarkoitetaan tutkimustyön tuloksen käyttökelpoisuutta todettuun ongelmaan. Kuntien tavoite on rajattu selkeästi ja ratkaisun toimivuus on käytännössä testattu, voidaan ratkaisu todeta yksittäistapauksessa toimivaksi. (Jokinen 2021.)

Opinnäytetyön aikana pidettiin kolme palaveria työn tavoitteista ja etenemisestä. Palaverit tukivat konstruktivistista tutkimusotetta, jossa oleellista on tiivis yhteydenpito toimeksiantajaan, jotta konkreettinen tuotos vastaa työn tavoitetta.

8.2 Haastattelu menetelmänä

Tiedonkeruumenetelmänä haastattelu on yksi käytetyimmistä tutkimus- ja kehittämistyössä. Haastattelulla saadaan nopeasti kerättyä syvällistäkin tietoa kehittämisen kohteesta, ja haastateltaviksi voidaan valita henkilöitä, joilla on jo monipuolista tietoa tutkittavasta aiheesta. Haastattelumenetelmiä on erilaisia, mm. liittyen haastattelun strukturointiasteeseen eli siihen, miten kiinteästi kysymyksen on muotoiltu ja kuinka paljon niihin voi vaikuttaa itse haastattelutilanteessa. (Ojasalo ym. 2015, 106–107.)

Haastattelu on yleisimpiä kvalitatiivisissa- eli laadullisissa tutkimuksissa käytettyjä tiedonkeruumenetelmiä. Haastattelulla saadaan kerättyä uusia näkökulmia ja avaavaa aineistoa. Sen tehtävänä voi olla asioiden selventäminen tai syventäminen. Haastattelut kannattaa yleensä äänittää, jolloin haastateltava voi keskittyä itse haastattelutilanteeseen ja siihen on mahdollista palata uudestaan. Haastattelun kuunteleminen jälkikäteen mahdollistaa uusien näkökulmien havainnoinnin. Tallenteen avulla aineisto kirjoitetaan auki eli litteroidaan, joka tehdään usein teemoittain. Litteroinnin tarkkuus riippuu kehittämistehtävästä eli jos haastattelulla kerätään vain aineistoa ja haastattelijaa kiinnostaa vain esille tulleet asiat niin haastattelu voidaan kirjoittaa auki yleiskielisesti. (Ojasalo ym. 2015, 110.)

Litteroinnin eli aineiston purun jälkeen aineisto luetaan mielellään useamman kerran läpi. Tällöin aineistosta alkaa syntyä ajatuksia tai mielenkiintoisia kysymyksiä. (Hirsjärvi & Hurme 2000, 143.) Lukemisen jälkeen aloitetaan aineiston

analysointi, jossa litteroitu aineisto luokitellaan ja pyritään löytämään yhteyksiä käytettyyn teoretietoon. Teemoittelussa tarkastellaan aineistossa esiintyviä asioita, joita tulee esille useammassa haastattelussa. Sisällönanalyysillä pyritään järjestämään aineisto selkeäksi ja tiiviiksi, jotta aineistosta voidaan tehdä selkeitä ja luotettavia johtopäätöksiä. Haastatteluaineiston säännönmukaisuuksien tarkastelu suhteessa toisiinsa on yhteyksien tarkastelua ja tärkeä osa syvempää analyysiä. Aineiston kriittinen tarkastelu on tärkeää analyysin jokaisessa vaiheessa. (Ojasalo ym. 2015, 106, 110, 138.)

8.3 Haastatteluiden toteutus ja analysointi

Haastattelu toteutettiin teemahaastatteluna, joka on sovellettu puolistrukturoitu haastattelu. Puolistrukturoidussa haastattelussa kysymykset on laadittu etukäteen, mutta haastattelija voi vaihdella niiden järjestystä tilanteen ja haastattelun kulun mukaan. Myös kysymysten sanamuodot voivat vaihdella. (Ojasalo ym. 2015, 108.) Haastattelun kysymykset toimivat teemoina, ja olivat kaikille haastateltaville samanlaiset. Kaivinkoneurakoitsijoille, kaivinkoneiden maahantuojuille ja Koneyrittäjät Ry:lle oli eri kysymykset painottuen heidän omiin osaamisalueisiinsa, mutta olivat kuitenkin tutkimusongelmien kannalta oleellisia kysymyksiä. Teemahaastattelussa pyritään keskustelunomaisesti saamaan haastateltavan ajatukset ja näkökulmat teemoihin (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006).

Tiedonkeruu aloitettiin lokakuussa 2023 sopimalla puhelimitse valittujen kaivinkoneurakoitsijoiden, kaivinkoneiden maahantuojujen ja Koneyrittäjät Ry:n kanssa haastatteluaika. Haastateltavat urakoitsijat valittiin sen tiedon perusteella, että heillä on pitkä työkokemus sekä yrittäjänä että kaivinkoneen kuljettajana. Maahantuojuista valittiin ensisijaisesti konevalmistajia, joita on edustettuna Metsätalous Oy:n työmailla. Haastatteluajan sopimisen jälkeen haastateltaville lähetettiin saatekirje (liite 1) ja haastattelukysymykset ennakkoon tutustuttavaksi. Saatekirjeessä kerrottiin opinnäytetyön tavoitteista, toimeksiantajasta ja miten haastattelu toteutetaan. Urakoitsijoille haastattelukysymyksiä oli yhdeksän (liite 2), maahantuojujen edustajille kahdeksan (liite 3) ja Koneyrittäjät Ry:n edustajalle kahdeksan (liite 4). Haastateltaviin lukeutui kaivinkoneiden maahantuojujen

osalta Volvo Construction Equipment Finland Oy:stä tuotepäällikkö Teijo Lähdekorpi ja Suomen Rakennuskone Oy:stä avainasiakasjohtaja Jari Salomäki. Koneyritykset Ry:stä haastatteluun osallistui päällikkö Ville Järvinen. Kaivinkoneurakoitsijoiden osalta nimiä tai yrityksiä ei julkaista tässä työssä.

Haastatteluun varattiin aikaa 90 minuuttia haastateltavaa kohden. Haastatteluita neljä tehtiin puhelimitse ja kaksi Microsoft Teams -ohjelman avulla. Haastatteluiden aluksi kysyttiin lupa nauhoittaa haastattelu ja julkaista opinnäytetyössä haastateltavan nimi ja edustama yritys. Kaikilta haastateltavilta saatiin lupa nauhoitukseen ja nimen julkaisuun. Kaivinkoneurakoitsijoiden nimiä ei julkaista, koska kyseessä on varsin pieni otos urakoitsijoista ja tulokset vaikuttavat kaikkiin sopimusurakoitsijoihin.

Tallenteiden avulla haastattelut litteroitiin heti haastattelun jälkeen. Tallennetun aineiston litteroinnissa käytettiin peruslitterointia, koska vain esiin tulevat asiat olivat olennaisia, ei niinkään sanoilla, sanavalinnoilla tai eleillä. Peruslitteroinnissa puhe litteroidaan sanatarkasti puhekieltä noudattaen, mutta täytesanat, toistot, kesken jäävät tavut ja selvästi kontekstiin liittymätön puhe voidaan jättää litteroimatta (Tietoarkisto 2023). Haastatteluissa tuli paljon keskustelua asioista, jotka eivät olleet olennaisia tutkimusongelman ratkaisussa. Kaivinkoneurakoitsijoiden osalta haastattelukysymykset olivat kaikille samat, joten haastattelut litteroitiin kysymys kerrallaan ja jokaisen haastateltavan vastaukset saman kysymyksen alle. Tämä helpotti yhteneväisyyksien ja erojen etsimistä vastauksista.

Litteroidut haastattelut eli aineisto analysointiin teema-alueittain. Aineiston teemoituksessa käytettiin apuna tutkimuskysymyksiä eli energiatehokkuutta, vaihtoehtoisia käyttövoimia, ympäristönäkökulmia ja päästöjä. Haastatteluja ei käsitelty erillisinä kokonaisuuksina vaan kaikista haastatteluista pyrittiin löytämään yhteneviä asioita ja tutkimusongelman kannalta olennaisia yhtymäkohtia. Analysoituja haastatteluja verrattiin tutkimustietoon ja vertailuarvioinnin kautta kerättyyn tietoon. Näiden perusteella tehtiin johtopäätöksiä ja pohdittiin uusia kehittämissideoita hankintakriteereiksi Metsätalous Oy:n käyttöön.

8.4 Vertailukehittäminen ja sen toteutus

Benchmarking menetelmässä eli vertailukehittämisessä tutkitaan menestyvää tai menestyviä yrityksiä ja pyritään oppimaan niiden menestyksen syitä, sekä otamaan käyttöön muualla hyväksi havaittuja toimintatapoja. Kun uusia käytänteitä etsitään muista organisaatioista, joudutaan niitä aina soveltamaan omaan organisaatioon sopivaksi, joka on aina uuden tuottamista. Menetelmä soveltuu parhaiten sellaisen asian kehittämiseen, joka voidaan määritellä mahdollisimman tarkasti. Benchmarkingissa tunnistetaan oma kehittämistä kaipaava kohde, jonka jälkeen etsitään kehittämiskohteelle vertailukumppanit eli organisaatiot, joissa kyseinen asia onnistuu paremmin. Tämän jälkeen kerätään tietoa, kuinka organisaatiot tässä onnistuvat. Tiedonhankintaa voi tehdä mm. internetistä tai tutustumiskäynneillä. (Ojasalo ym. 2015, 186.)

Vertailukehittämisessä, jonka perusidea on toisilta oppiminen ja oman toiminnan kyseenalaistaminen, aloitettiin määrittelemällä vertaisarvioinnin kohde. Tässä tapauksessa se oli ympäristönäkökulmat hankintakriteereissä. Tietoa yrityksistä, jotka käyttävät ympäristökriteereitä hankinnoissa etsittiin HILMA palvelusta ja internetistä. Julkisista lähteistä löytyi useita julkisia hankintoja käyttäviä hankintayksiköitä, joilla on erilaisia ympäristönäkökulmiin liittyviä hankintakriteereitä. Eri kriteereistä kerättiin tietoa ja miten niiden käyttö voidaan todentaa. Lisäksi vertailtiin hankintayksikön ja Metsätalous Oy:n toimintaympäristöjä keskenään. Pohdittiin, miten kriteerit voisivat soveltua Metsätalous Oy:n käyttöön ja millä muutoksilla. Vertailukehittämisen yhteydessä tunnistettiin potentiaalisia kriteereitä mm. ympäristösuunnitelma, joista muotoiltiin kysymyksiä haastatteluihin. Haastatteluissa haettiin mielipiteitä mahdollisista kriteereistä ja saatiin kehitysideoita niiden käytöstä Metsätalous Oy:ssä.

9 Tulokset ja tulosten tarkastelu

9.1 Päästöjen huomioon ottaminen hankinnoissa

Tulokset ja tulosten tarkastelu osioissa käsitellään haastatteluista ja vertailukehittämisestä saatuja tuloksia. Saatuja tuloksia verrataan tutkimustietoon, koska vuoropuhelu tietoperustan kanssa on olennainen osa tutkimusongelman ratkaisua ja lopullisten päätelmien tekoa.

Opinnäytetyön keskeinen tavoite oli selvittää, miten päästöt voidaan ottaa huomioon konetöiden hankinnoissa. Työn varhaisessa vaiheessa tietoperustaa kootessa ja muiden hankintayksiköiden hankintakriteerejä tutkiessa, tuli ilmi, että Stage-luokitus oli yleinen hankintakriteeri, kun halutaan huomioida päästöt hankinnoissa. Hankintalain mukaan kriteerien tulee olla syrjimättömiä, vertailukelpoisia ja todennettavissa (Julkisten hankintojen neuvontayksikkö 2023). Stage-luokituksen etu on, että se täyttää hankintalain edellytykset hyvin ja samaa mieltä olivat myös haastatellut urakoitsijat. Urakoitsijoiden keskuudessa päästöluokitus tunnettiin pääsääntöisesti hyvin, mutta vanhemman kaluston osalta oli epävarmuutta. Mikäli luokitusta käytetään hankintakriteerinä niin rinnalla voidaan käyttää myös työkoneen käyttöönottovuotta. Tätä menetelmää puolsi myös haastatteluissa ilmi tullut seikka, että kaikkien tarjoajien pitää ymmärtää hankintakriteerit yhdenmukaisesti. Luokituksen käyttö soveltuu opinnäytetyön mukaan hyvin Metsätalous Oy:n käyttöön ja sillä saadaan lähipäästöt osaksi hankintoja.

Toimeksiantajalla ei ole tarkasti tiedossa, minkä ikäistä kalustoa tällä hetkellä Metsätalous Oy:n työmailla on. Tämän takia päästöluokitusta ei kannata heti käyttää vähimmäisvaatimuksena hankinnoissa. Mikäli luokitusta käytetään hankinnoissa pisteytettävänä laatuperusteena, niin se ei estä tarjoajia tarjoamaan vanhemmallakaan kalustolla, mutta antaa lisäpisteitä uudemmalla kalustolla tarjoajille. Tämä johtaa kaluston vähittäiseen uudistumiseen.

Keväällä 2021 osana Väyläviraston tiekarttatyötä järjestettiin markkinavuoropuhelu, jonka tarkoituksena oli selvittää markkinoiden valmiuksia vastata väylärakentamisen ympäristövaatimuksiin. Variksen ym. (2021, 21) tekemän markkinavuoropuhelun tuloksena vastaajista suurin osa piti Stage IIIB -vaatimusta sopivana tai liian matalana. Stage IV -luokitusta pidettiin selkeästi liian korkeana ja voisi tulla käyttöön noin viiden vuoden sisällä. Tässä opinnäytetyössä tehdyissä haastatteluissa selvisi, että Stage IV -luokan koneet ovat päästöiltään ja teknikaltaan hyvää luokkaa, eikä uudemmalla koneella saavuteta merkittävää etua. Suurin osa haastatelluista urakoitsijoista arvostaa, että uudemmalla kalustolla saa vähän etumatkaa hankinnoissa. Tämä puoltaa päästöluokituksen käyttöä pisteytettävä laatuperusteena hankinnoissa.

Ennen uusien hankintakriteerien käyttöönottoa kannattaa markkinavuoropuhelun avulla pohtia yhdessä tarjoajien kanssa mahdollisia hankintakriteereitä. Asia tuli esille tehdyissä haastatteluissa sekä mainintana julkisten hankintojen ohjeistuksessa (Julkisten hankintojen neuvontayksikkö 2023). Haastatteluiden perusteella urakoitsijat olivat huolissaan, mikäli uusia kriteereitä otetaan käyttöön nopealla aikataululla, niin onnistuuko tarjouksen tekeminen nykyisellä kalustolla enää. Markkinavuoropuhelu antaa urakoitsijoille tietoa ja aikaa reagoida uusien kriteereiden vaatimuksiin, koska uuden koneen investointia ei nopealla aikataululla useinkaan voi tehdä. Haastatteluissa ilmeni, että noin 4–6 vuoden sopimuksella kaluston uusiminen on mahdollista, jos koneella on täystyöllisyys sulan maan ajan. Tähän toki vaikuttaa yrityksen muu taloudellinen tilanne ja kalusto. Kun halutaan siirtyä uusiin käyttövoimiin niin lyhyellä sopimuksella ei ole useinkaan mahdollista uusia kalustoa.

Mikäli hankintakriteeri on hankintayksikölle tuntematon, vaatii se perehtymistä ja tiedon lisäämistä itselle ennen kuin sitä voidaan vaatia hankinnoissa. Näiden perusteluiden pohjalta Metsätalous Oy:n ei kannata ottaa päästöluokitusta heti käyttöön vaan keskustella asiasta urakoitsijoiden kanssa, lisätä omaa tietämystä ja tiedottaa päätöksistä urakoitsijoita hyvissä ajoin.

Päästöluokitus todennetaan kalustoluettelolla, joka vaaditaan tarjouksen liitteenä. Kalustoluetteloon urakoitsijat listaavat työkoneet, joilla aikovat

sopimuksen työn toteuttaa. Kalustoluettelo tulee pitää ajan tasalla eli mahdolliset muutokset tulee ilmoittaa urakanantajalle. Kalustoluettelon tulee sisältää mm. käyttöönottovuoden, tehon ja päästöluokan (Muona ym. 2021). Mikäli kalustotieto pyydetään etukäteen esimerkiksi vuosikeskusteluun toimitettavaksi, Metsätalous Oy saa tiedon tämän hetken sopimusten kalustosta kohtuullisen nopeasti. Tämä tieto mahdollistaa päästöluokan määrittämisen vähimmäiskriteeriksi niin, että nykykalusto huomioidaan eikä vaatimusta aseteta liian matalaksi tai korkeaksi.

Mikäli päästöluokitus on hankintakriteerinä, tulee Motivan (2018) mukaan hyväksyä hankinnassa myös jälkiasennetulla puhdistuslaitteilla varustettu työkone. Tässä tapauksessa tarjoukseen tulee liittää asennustodistus ja puhdistuslaitteiston valmistajan vakuutus järjestelmän vaikutuksesta päästöihin. Tämän tutkimuksen perusteella kaivinkoneisiin jälkiasennetut puhdistuslaitteet ovat harvinaisia, eikä haastatelluista urakoitsijoista kukaan ollut kuullut tapauksia, jossa laitteita olisi asennettu. Todennäköisin vaihtoehto olisi uusia koko työkone uudempaa kuin jälkiasentaa puhdistuslaitteisto. Maahantuojat eivät suosittele omiin koneisiin jälkiasennettuja päästövähennyslaitteita, koska kone on tehtaalta tullessaan CE-merkitty tuote, eikä sitä saisi mennä muuttamaan. Motivan (2018) mukaan kansainvälisesti on hyväksytty normi, E-sääntö 132, jonka mukaan jälkikäsitellyitä laitteita voidaan hyväksyä. Tämän takia Metsätalous Oy:n hankinnoissa on syytä hyväksyä jälkiasennettu puhdistuslaitteisto, kun päästöluokkaa käytetään hankintakriteerinä.

Konetyön hiilidioksidipäästöt muodostuvat pääosin kulutetusta polttoaineesta (Fan 2017, 354). Mikäli hiilidioksidipäästöjä halutaan vähentää polttoaineen kulutusta pudottamalla, täytyy olla vertailuarvoa kulutukselle eli seurata polttoaineen kulutusta pidemmällä aikavälillä. Kulutuksen seuraaminen mahdollistaa systemaattisen energiatehokkuuden parantamisen. Tätä opinnäytetyötä varten tehtyjen haastatteluiden perusteella urakoitsijat seuraavat polttoaineen kulutusta vaihtelevasti ja pääosin suurpiirteisesti. Haastateltujen mukaan kaivinkoneiden polttoaineen kulutusta on mahdollista seurata hyvinkin helposti ajotietokoneesta.

Maahantuojien haastatteluiden ja Fan:n (2017, 354) tutkimuksen perusteella kaivinkoneiden telematiikkatiedot ovat tänä päivänä kattavia ja ajotietokoneet tallentavat polttoaineen kulutuksen lisäksi mm. työtunteja, tyhjäkäyntiä, moottorin suorituskykyä ja kuormitustasoa. Nämä tiedot mahdollistavat urakoitsijalle hyvät mahdollisuudet polttoaineen kulutuksen seurantaan toiminnoittain ja kuljettajittain lisäten energiatehokkuutta omassa työssä. Polttoainesäästöt näkyvät suoraan yrittäjälle säästyneinä kustannuksina. Haastatteluissa ei tullut ilmi, tiedostavatko urakoitsijat tätä mahdollisuutta ja onko telematiikkatietojen seurantaan osaamista.

Tutkimuksissa (Fan 2017, 354; Varis ym. 2021, 27) ja maahantuojien haastatteluissa tunnistetaan tyhjäkäynnin merkitys polttoaineen kulutukseen ja energiatehokkuuteen. Riippuen lähteestä, polttoaineen kulutuksesta 20–40 % syntyy silloin, kun kone ei tee työsuoritetta. Urakoitsijoiden haastatteluissa tätä ei tullut ilmi eikä koettu ongelmaksi. Polttoaineen kulutus on vähäistä tyhjäkäynnin aikana, mutta se lisää työkoneen käyttötunteja ja sitä kautta pienentää vaihtoarvoa ja nostaa huoltokustannuksia. Tutkimusten tulokset tyhjäkäynnin polttoaineen kulutuksesta ovat peräisin infrarakentamisen työmailta, jossa toimintaympäristö on erilainen kuin metsätalouden töissä. Merkitystä ei tule kuitenkaan väheksyä ja tämä pitää tiedostaa myös metsätalouden töissä. Telematiikkatietojen perusteella urakoitsijat voivat selvittää tilanteen omalta osaltaan. Näiden tulosten pohjalta polttoaineen kulutuksen seuranta ja telematiikkatietojen hyödyntäminen auttaa konetöiden energiatehokkuuden parantamisessa. Hankinnoissa ei kannata toistaiseksi vaatia polttoaineen kulutuksen seurantaa vaan kertoa yrittäjille koulutuksen avulla näistä mahdollisuuksista ja vaikutuksista. Pelkkä polttoaineen kulutuksen seuranta ei tuo Metsätalous Oy:lle lisäarvoa, mutta työllistää urakoitsijoita.

Tulevaisuudessa esimerkiksi ympäristösuunnitelman muodossa polttoaineen kulutuksen seurantaa voidaan vaatia. Polttoaineen kulutuksen seuranta on oleellinen osa päästölaskentaa tai uusiutuvan polttoaineen käyttöä. Tällä hetkellä ei ole realistista vaatia metsätalouden töissä päästölaskentaa. Polttoaineen kulutuksen seurantaa voidaan vaatia, jos hankinnoissa vaaditaan uusiutuvien polttoaineiden käyttöä. Seuranta on tällöin osa käytön todentamista.

Päästöluokituksen käyttäminen hankinnoissa hankintakriteerinä huomioi pako-
kaasupäästöt, mutta ei hiilidioksidipäästöjä, eikä kerro suoraan energiatehok-
kuudesta (Nylynd ym. 2016). Hiilidioksidipäästöjen vähenemää ei voida toden-
taa käyttämällä Stage-luokitusta hankintakriteerinä eikä luokitusta voida näin ol-
len käyttää perusteena kasvihuonekaasujen vähentämiselle. Keskipitkän aika-
välin ilmastopolitiikan suunnitelmassa poliittisena ohjauskeinona todetaan, että
Suomi pyrkii vaikuttamaan Stage-asetukseen niin, että siihen sisällytetään CO₂
-päästöt (Ympäristöministeriö 2022, 124). Mikäli luokitukseen otetaan hiilidioksi-
dipäästöt mukaan, edellyttää se standardisoitua mittaustapaa päästöille. Tämä
mahdollistaa hiilidioksidipäästöjen hyödyntämisen hankinnoissa tulevaisuu-
dessa. Sääntely ohjaa myös tuotekehitystä koneiden osalta vähäpäästöisem-
pään suuntaan.

9.2 Energiatehokkuustoimet

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää kaivinkonetyön energiatehokkuuteen
vaikuttavia tekijöitä, ja voidaanko niitä parantamalla pudottaa päästöjä. Tässä
opinnäytetyössä tehtyjen haastatteluiden perusteella kuljettajalla on suurin vai-
kutis työnsä energiatehokkuuteen. Tämä tuli ilmi jokaisessa haastattelussa ja tätä
puoltaa myös Nylundin ym. (2016, 16) tekemä tutkimus. Haastatteluissa selvisi,
että energiatehokkuus tulee kuljettajan ammattitaidosta tehdä työ mahdollisim-
man vähillä liikkeillä ja liikkumisella.

Nykypäivän koneet valmistajasta riippumatta ovat hyvin samankaltaisia ominai-
suuksiltaan, joten konemerkillä ei voida vaikuttaa energiatehokkuuteen. Mootto-
rin polttoaineen kulutukseen ei voida paljon vaikuttaa tehoja pudottamalla, vaan
suurin hyöty tulee, kun työhön menee vähemmän aikaa. Mikäli polttoaineen ku-
lutusta lasketaan tehoja laskemalla, niin saman työn tekemiseen menee enem-
män aikaa eikä tämä ole energiatehokkuutta. Osa töistä voidaan tehdä koneen
pienemmällä tehoalueella tuotoksen kärsimättä. On kuljettajan ammattitaitoa
tiedostaa, milloin tehoalueen vaihtaminen on kannattavaa. Haastatteluiden mu-
kaan energiatehokkuuteen vaikuttaa koneen säännöllinen huolto ja

kunnossapito, joka vähentävät selkeästi keskeytyksiä ja remontteja työn aikana. Fan (2017, 355) toteaa tutkimuksessaan myös, että ammattitaitoinen kuljettaja huomaa aikaisemmin mahdolliset viat ja korjaustarpeet. Kysyttäessä urakoitsijoilta tärkeimpiä ominaisuuksia konetta hankittaessa, esiin tuli luotettavuus sekä huollon ja varaosien saatavuus. Maahantuojiin mukaan edellä mainittujen asioiden lisäksi polttoainetaloudellisuus ja energiatehokkuus näkyy myös konehankinnoissa, mutta urakoitsijoiden mukaan näitä tietoja on haastava vertailla keskenään.

Uudemmat koneet ovat lähtökohtaisesti luotettavampia kuin vanhat. Varsinkin typen oksidipäästöjä laskevan urealaitteiston käyttö on aiheuttanut vaihtelevasti ongelmia ja huolta. Laitteiston toimintavarmuutta voi parantaa huolehtimalla puhtaudesta ureaa tankatessa sekä säännöllisestä huollosta. Urakoitsijat arvostavat varmuutta ja luotettavuutta ja sitä kautta pitävät kaluston kunnossa ja mahdollisuuksien mukaan uutena. Tällä minimoidaan työaikaisten seisokkien määrä. Tämä on myös tilaajan etu, että työt tulee tehtyä sovituksessa ajassa.

Nylundin ym. (2016, 15) mukaan moottorin hyötysuhdetta parantamalla voidaan hiilidioksidipäästöjä pudottaa noin 15 %. Opinnäytetyössä tehtyjen haastatteluiden mukaan moottoritekniikkaan ei voida käytännössä vaikuttaa. Kehitystä kuitenkin tapahtuu jatkuvasti moottoritekniikan ja hydraulikan osalta. Tämä korostaa uudempien työkoneiden energiatehokkuutta suhteessa vanhempiin koneisiin. Tällä perusteella hankinnoissa kannattaa suosia uudempaa kalustoa.

Tutustuttaessa muiden hankintayksiköiden hankintakriteereihin, nousi esille ympäristösuunnitelma hankintakriteerinä. Ympäristösuunnitelmaa hankintakriteerinä käyttävät mm. Helsingin kaupunki ja Väylävirasto (Merenheimo ym. 2020, 14; Kajava 2023). Ympäristösuunnitelman tarkoituksena on kehittää urakoitsijoiden systemaattista ympäristönäkökohtien huomioimista (Merenheimo ym. 2020, 14). Ympäristösuunnitelman sisältö voi vaihdella urakanantajan mukaan. Oleellisin on huomioida urakan tärkeimmät ympäristövaikutukset. Yrittäjät saavat itse päättää kuinka aikovat parantaa oman työn energiatehokkuutta. Urakoitsijat voivat hyödyntää energiatehokkuudesta koituvaa kilpailuetua, jolloin

energiatehokkuuden edelläkävijät menestyvät paremmin tarjouskilpailuissa (Bergman ym. 2015, 32). Metsätalous Oy:n kannattaa kehittää hankintoja tähän suuntaan.

Metsätalous Oy:ssä ympäristönäkökulmat otetaan hyvin huomioon työajakohtaisissa palvelukuvauksissa, mutta energiatehokkuutta niissä ei ole huomioitu. Ympäristösuunnitelman energiatehokkuuspotentiaali olisi suurin tienpidon alueurakoinnissa. Tienpidon työt sisältävät kaikki ympäri vuoden tehtävät työajit tienrakennuksessa ja kunnossapidossa. Töitä tehdään erilaisella työkalustolla ja yleensä aliurakoitsijaverkoston avulla. Haastatteluiden perusteella urakoitsijat olivat varautuneita ympäristösuunnitelman tekoon ja pelättiin sen aiheuttavan lisätöitä. Lisääntyvä työmäärä täytyy voida hinnoitella urakkahintoihin. Tämä täytyy ottaa huomioon, jos Metsätalous Oy:ssä pohditaan ympäristösuunnitelman käyttöönottoa.

Ympäristösuunnitelmassa vaadittavat tiedot tulee määritellä selkeästi, ja varmistaa, että yrittäjillä on osaamista vastata suunnitelman vaatimuksiin. Mikäli suunnitelmaa halutaan käyttää pisteytettävänä laatuperusteena, täytyy vaadittavien tietojen pisteytys miettiä tarkkaan. Lisäksi ympäristösuunnitelman toteutuksen raportointia ja tarkastuksia koskevat ehdot tulee pohtia. On mahdollista, että ympäristösuunnitelma vaaditaan vain voittaneen tarjouksen antajalta. Tällöin suunnitelma ei ole vertailuperuste, mutta tarjoaja tiedostaa jo tarjousta jättäessään pohtia oman työn energiatehokkuustoimia. Työkoneiden telematiikkatietojen perusteella saadaan helposti selville esimerkiksi polttoaineen kulutustiedot sekä tiedot, kuinka tehokkaasti työkonetta on käytetty (Fan 2017, 357). Telematiikkatietojen hyödyntäminen tulevaisuudessa auttaa energiatehokkaampaan toimintaan ja ympäristösuunnitelman avulla ohjataan yrittäjiä hyödyntämään tätä tietoa. Saatava hyöty näkyy polttoainetaloudellisuutena ja suoraan urakoitsijan polttoainekuluissa.

Kokonaisuutena työntilaaaja voi hankintavaiheessa vaikuttaa työn energiatehokkuuteen suhteellisen vähän. Yksittäisten energiatehokkuustoimien vaikutus voi olla pieni, mutta yhdessä ne mahdollistavat merkittävän säästöpotentiaalin.

Metsätalous Oy:llä ei ole kompetenssia kouluttaa työkoneiden käyttöön, mutta tietoisuuden lisäämisellä voidaan parantaa osaltaan energiatehokkuutta.

Tähän yksi vaihtoehto on Motivan tekemä Vähäpäästöiset työmaat -koulutuskonaisuus. Koulutus antaa lisää tietoa päästöluokituksesta, konetöiden päästöjen muodostumisesta ja miten niihin voi omalla toiminnallaan vaikuttaa. Urakoitsijoiden haastatteluiden perusteella koulutukseen suhtauduttiin myönteisesti, jos sitä vaan on saatavilla. Opinnäytetyön tuloksena ehdotan Motivan tekemän tai vastaavan koulutuksen käymistä jokaiselle sopimusyrittäjälle ja heidän aliurakoitsijalleen. Koulutuksen merkitys on tiedostettu myös keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelmassa, jossa yhtenä politiikkatoimena työkoneiden päästöjen vähentämiseksi on koulutuksen lisääminen ja kehittäminen (Ympäristöministeriö 2022, 124).

9.3 Vaihtoehtoiset käyttövoimat hankinnoissa

Vaihtoehtoisten käyttövoimien mahdollisuutta hankintakriteerinä tutkittiin tässä opinnäytetyössä, koska se tiedostetaan potentiaalisesti tavaksi vaikuttaa päästöihin. Haastatteluiden avulla kysyttiin urakoitsijoilta kokemuksia vaihtoehtoisista käyttövoimista ja voisiko seuraava kone olla muu kuin polttomoottorilla toimiva työkone. Maahantuojoilta kysyttiin kehitysnäkymiä vaihtoehtoisille käyttövoimille ja miten uusien käyttövoimien markkinoille pääsyä voisi edistää. Tässä opinnäytetyössä hybridiratkaisuja käsitellään vaihtoehtoisena käyttövoimana, vaikka käyttövoimana toimii diesel/polttoöljy.

Varsinkin green deal -sopimusten tehneiden hankintayksiköiden hankinnoissa vaihtoehtoisia polttoaineita suositaan ja vuoden 2025 loppuun mennessä 20 % työkoneista pitäisi olla joko sähköllä, vedyllä tai kaasulla toimivia. Haastatteluiden mukaan urakoitsijoilla on hyvin vähän kokemusta vaihtoehtoisilla käyttövoimilla käyvistä kaivinkoneista. Koettiin, että käyttökokemustietoa on hyvin vähän mm. työkonealan julkaisuissa. Ennen uuden koneen investointia tarvitaan käyttökokemuksia maasto-olosuhteissa.

Täyssähköisiä kaivinkoneita on usealla valmistajalla 15–25 tn kokoluokassa. Koneet ovat tulleet markkinoille hiljattain, joten kovin yleistä niiden käyttö ei tois-
taiseksi ole. Tehtyjen haastatteluiden mukaan sähköiset koneet yleistyvät en-
simmäisenä infrarakentamisen työmailla ja sieltä käyttökokemusten kautta
maastoon. Myös akkutekniikan tulee kehittyä ennen kuin maastossa on mahdol-
lista tehdä töitä täyssähköisellä kaivinkoneella, koska latausmahdollisuudet ovat
maastossa usein heikot. Tällä hetkellä sähköistymisen kehitys on voimakasta ja
latausinfraa rakennetaan liikenteen sähköistämiseksi jatkuvasti.

Kaasun käyttö työkonekäytössä tulee voimistumaan, mutta kaivinkoneiden käyt-
tövoimana sitä ei tulla opinnäytetyön tulosten mukaan näkemään. Haastattelui-
den perusteella työkoneita ei ole kehitteillä, koska se käyttövoimana ei sovellu
maansiirtokoneiden käyttövoimaksi. Tämän on todennut myös Söderena (2018,
21) tutkimuksessaan. Kaasua vaihtoehtoisen käyttövoimana ei tämän takia kä-
sitellä tässä työssä enempää.

Vaihtoehtoisista käyttövoimista vedyllä tunnistetaan olevan suuri potentiaali tu-
levaisuuden käyttövoimana. Varsinkin suurten työkoneiden kokoluokassa. Maa-
hantuojiin haastatteluiden mukaan vetykäyttöisiä kaivinkoneita ei ole ihan heti
tulossa käyttöön. Vetykäyttöisiä työkoneita ei ole löytynyt muiden hankintayksi-
köiden urakoista, mutta sitä pidetään yhtenä vaihtoehtoisena käyttövoimana
green deal -sopimuksissa. Tekniikka on jo kehitetty, mutta polttokennojen kal-
leus ja olematon polttoaineinfra jarruttavat tälle hetkellä yleistymistä. Tekniikan
tulee vielä kehittyä esimerkiksi vedyn varastoinnin osalta, jossa on vielä haas-
teita. Haastatelluilla urakoitsijoilla ei luonnollisesti ollut vielä mielipiteitä vety-
käyttöisiin koneisiin, koska niitä ei Suomen markkinoilla ole eikä käyttökoke-
musta sitä kautta löydy. Vety voi toimia metsätalouden toimintaympäristössä
polttoaineena, kun varastointi, kuljetus ja tankkaus onnistuu. Tekniikan kehitty-
mistä tulee seurata, koska vetykäyttöisten työkoneiden markkinoille pääsyä tu-
lee edistää päästövähennysten takia.

Hybridiratkaisut käyttövoimana koettiin haastateltavien keskuudessa mahdol-
liseksi seuraavaksi käyttövoimaksi. Hybridiratkaisut toimivat valmistajan mu-
kaan vähän eri periaatteilla, joko sähköisesti tai hydraulisesti (Pihlajatie ym.

2022, 95). Tämä tuli esille myös maahantuojaan haastatteluissa. Eri valmistajilla on hybridi vaihtoehtoja jo markkinoilla, mutta käyttökokemukset maasto-olosuhteissa puuttuvat tästäkin ryhmästä. Hybriditekniikassa energiaa otetaan talteen mm. ylävaunun käännössä ja puomin liikkeestä. Tätä liikettä tulee maanmuokkauksessa ja tienrakennuksessa paljon, joten hybridiratkaisut todennäköisesti pudottaisivat polttoaineen kulutusta. Opinnäytetyöhön kuuluvien haastatteluiden ja Pihlajatie ym. (2022, 95) perusteella hybridiratkaisujen lisähinta pysyy maltillisena verrattuna dieselkäyttöiseen kaivinkoneeseen. Hybridiratkaisut ovat ensimmäinen vaihtoehtoinen käyttövoima, jota Metsätalous Oy:n kannattaa hankinnoissa pohtia. Riippuen koneiden yleistymisestä, hankinnoissa voidaan laatu- ja tuotteen perusteella käyttää hybridikaivinkonetta 2–3 vuoden kuluttua. Hankintakokeilu antaa tietoa onko hybridikoneita tarjolla ja millä hinnalla. Vähimmäisvaatimuksena vaihtoehtoisia käyttövoimia ei toistaiseksi kannata hankinnoissa käyttää.

Muiden käyttövoimien kehittyessä on riskinä, että hybridiratkaisut jäävät väli vaiheeksi tai niiden kehitys hidastuu, koska niiden päästövähennyspotentiaali on heikompi kuin sähkö- tai vetikäyttöisillä kaivinkoneilla. Mahdollinen päästösääntely hiilidioksidin osalta ohjaa työkonien valmistajia käyttövoimien kehityksessä. Pitkällä aikavälillä tavoitteena on päästä nollapäästöisiin työkonisiin, mutta työkonesektorin laajuuden takia eri käyttövoimat tulevat näkymään pitkään työkonissa. Tämä puoltaa hybridiratkaisujen kehittämistä edelleen. Maahantuojaan haastattelussa korostui myös uusiutuvan polttoaineen käyttö dieselmoottorisissa koneissa. Uusiutuvilla polttoaineilla saadaan päästöjä pudottua merkittävästi, joten diesel- ja hybridikaivinkoneita tullaan sekin puolesta näkemään vielä pitkään.

Pihlajatie ym. (2022, 154) suosittelevat työkonien päästövähennyskeinoksi vaihtoehtoisten käyttövoimien markkinoita avaavia tuki- ja ohjaustoimia, kuten hankintatuki. Tehtyjen haastatteluiden mukaan tämä edesauttaisi vaihtoehtoisilla käyttövoimilla toimivien koneiden hankintaa. Metsätalous Oy:n tulee seurata poliittista ohjausta siitä syystä, että ne nopeuttavat vaihtoehtoisilla käyttövoimilla toimivien koneiden markkinoille pääsyä, joka tällä hetkellä ei ole aivan lähi-tulevaisuutta metsäalalla.

9.4 Uusiutuvien polttoaineiden hyödyntäminen

Uusiutuvat polttoaineet ovat tehokkain ja nopein tapa pudottaa hiilidioksidipäästöjä konetyössä. Tässä opinnäytetyössä tehtyjen haastatteluiden perusteella uusiutuvaa polttoainetta oltaisiin valmiita käyttämään, jos saatavuus olisi varmaa ja hinnan saisi tarjota itse eli kalliimpi polttoaineen hinta näkyisi sopimushinnassa. Opinnäytetyön tekohetkellä fossiilisen ja uusiutuvan polttoöljyn hintaero on noin 15–20 % uusiutuvan ollessa kalliimpaa. Tilaajan puolelta käytön todentamisen seuranta ja dokumentointi täytyy miettiä ja olla myös kirjattu tarjouspyyntöön.

Uusiutuvan polttoaineen saatavuus koettiin urakoitsijoiden keskuudessa haastavaksi. Urakoitsijat tankkaavat kalustoa eri tavoille. Osa tilaan polttoainekuljetukset hallille ja osa tankkaa suoraan asemalta. Nesteen (2023) mukaan uusiutuvaa polttoöljyä on saatavissa koko Suomessa samalla minimi tilausmäärällä ja aikataululla kuin fossiilista polttoöljyä. Jakelupaikat harvenevat kuitenkin merkittävästi pohjoista kohti mentäessä ja haastateltujen urakoitsijoiden mukaan asemalta tankatessa ylimääräistä ajoa tulisi myös Etelä-Suomessa. Tämä aiheuttaa haasteita ja lisäkustannuksia, mikäli hankinnoissa vaaditaan uusiutuvan polttoaineen käyttöä. Opinnäytetyössä käsiteltyjen muiden hankintayksiköiden hankinnoissa jopa velvoitetaan uusiutuvan polttoaineen käyttöä. Täytyy huomioida, että nämä hankinnat painottuvat pääkaupunkiseudulle ja suurten kaupunkien läheisyyteen, jossa uusiutuvan polttoaineen saatavuus on hyvä.

Mikäli hankinnoissa vaaditaan tai muulla tavoin palkitaan uusiutuvan polttoaineen käytöstä, täytyy käyttö todentaa. Green deal hankkeissa urakoitsija on todentanut käytön toimittamalla tilaajalle kuitenkin polttoaineen ostosta ja sama tuli esille myös haastatteluissa. Infrarakentamisen hankkeissa tämä on helpompi toteuttaa kuin metsätalouden toimintaympäristössä, koska työt tehdään yleensä tietyllä rajatulla alueella. Metsätaloudessa työmaata vaihdetaan usein ja liikutaan laajalla maantieteellisellä alueella. Urakoitsija voi urakoida myös useamman tilaajan työmailla peräkkäin logistisista syistä. Tämän takia pelkkä polttoainekuittien toimittaminen Metsätalous Oy:n toiminnassa ei yleensä riitä. Seuranta vaatii myös polttoaineen kulutuksen seuranta, jotta voidaan todeta, että

tilattu määrä on myös käytetty. Tehtyjen haastatteluiden perusteella tämä työllistää urakoitsijaa ja aiheuttaa lisäkustannuksia sitä kautta. Tulevaisuudessa työkoneiden telematiikka voi tuoda apua, jos ajotietokone tunnistaa kulutuksen lisäksi polttoaineen laadun.

Uusiutuvien polttoaineiden käyttöä voi edistää ns. bonusmallilla kuten Ruotsissa (Varis ym. 2021, 18) tai Espoon lukutorin urakassa (Keino 2020) on kokeiltu. Maksetaan ennalta sovittu korvaus työsuoritetta eli €/h tai €/ha kohden. Tässäkin tapauksessa täytyy miettiä, miten todennetaan, että tehty työ on oikeasti tehty uusiutuvilla polttoaineilla. Avoimuuden takia urakoitsijan pitäisi ilmoittaa ennakkoon, mitä töitä aikoo tehdä uusiutuvilla polttoaineilla. Voidaan todeta että, on haastavaa käyttää uusiutuvaa polttoainetta osana hankintoja. Tämä todetaan myös väyläviraston julkaisussa (Merenheimo T, Varis T, Federley J 2020, 20).

Keskipitkän aikavälin ilmastopoliittikan suunnitelman mukaan polttoöljyn biosuus tulisi nostaa 30 %:iin vuoteen 2030 mennessä (Ympäristöministeriö 2022, 124). Uusiutuvan polttoaineen käytöllä saadaan merkittäviä laskennallisia hyötyjä hiilidioksidipäästöihin, mutta näiden hyötyjen todelliseen toteutumiseen liittyy biopolttoaineen jakelovelvoitteen tuoma kaksoislaskennan ongelma eli ilman vaatimustakin sama biopolttoaineen osuus tulisi jakeluun. (Varis T, ym. 2021, 46.) Polttoöljyn jakeluelvoite muuttuu vuosittain ja sen vaikutusta pumpun hintaan on vaikeaa arvioida. Opinnäytetyössä tehtyjen haastatteluiden perusteella polttoaineen hinnannoususta ollaan huolissaan ja uusiutuvan polttoaineen vaatiminen lisää huolta hinnan osalta.

Mikäli uusiutuvien polttoaineiden käyttöä halutaan edistää Metsätalous Oy:ssä niin murskausurakoissa sen käyttö olisi helpointa toteuttaa. Murskauksilla tarkoitetaan kallion louhintaa ja murskausta kalliomurskeeksi metsäteiden rakennuksen ja kunnossapidon tarpeeksi. Murskausurakat ovat yksittäisiä hankkeita, jotka toteutetaan rajatulla alueella ja urakoitsijat ovat jo nyt velvoitettuja pitämään polttoaineen kulutuksesta seuranta. Opinnäytetyön tuloksia käsiteltiin toimeksiantajan kanssa ja päätettiin lähteä selvittämään uusiutuvan

polttoaineen käytön kustannusvaikutuksia murskausurakoissa keskustelemalla asioista sopimusurakoitsijoiden kanssa.

9.5 Toimenpide-esitykset ja tiekartta

Työssä tuli ensisijaisesti pohtia uusia hankintakriteereitä, mutta työn edetessä ja lopputuloksissa löytyi useita energiatehokkuuteen ja ympäristönäkökulmiin liittyviä ajatuksia ja kehitysideoita, joita ei suoraan voida käyttää hankintakriteerinä. Nämä ovat kuitenkin omasta ja toimeksiantajan mielestä tervetulleita. Ideat auttavat tulevaisuuden hankintakriteerien muodostamisessa ja ohjaavat toimintaa energiatehokkaampaan suuntaan. Taulukossa 4 on opinnäytetyön tuloksista koostettu tiekartta, jossa ovat toimenpiteet kaivinkonetöiden hankintojen kehittämiseksi tiivistetysti.

Vaatus	2024	2025	2026	Huomioitavaa
Kalustovaatimus	Stage IV, laatuvaatimus	Stage IV, laatuvaatimus	Stage IV, vähimmäisvaatimus	Käytetään maanmuokkauksen ja tienpidon hankinnoissa
Verkkokoulutus	Vaaditaan maanmuokkauksen ja tienpidon urakoitsijoilta ja aliurakoitsijoilta	Vaaditaan maanmuokkauksen ja tienpidon urakoitsijoilta ja aliurakoitsijoilta	Vaaditaan maanmuokkauksen ja tienpidon urakoitsijoilta ja aliurakoitsijoilta	Motivan tekemä koulutuskokonaisuus tai vastaava.
Uusiutuvat polttoaineet	Selvitetään kustannusvaikutus murskausurakoissa	Jos hinta hyväksyttävä, toteutetaan pilotoinnilla		Laajempi käyttö hankinnoissa vaatii lisäselvityksiä käytön todentamisen osalta
Hybridityökoneet			Laatuvaatimus maanmuokkauksen hankinnassa	Seurattava markkinoita ja koneiden yleistymistä kentällä
Kalustoluettelo	Selvitetään voidaanko tieto kerätä vuosikeskusteluiden yhteydessä	Vaaditaan maanmuokkauksen ja tienpidon hankinnoissa	Vaaditaan maanmuokkauksen ja tienpidon hankinnoissa	Todennetaan kalustovaatimus. Mikäli tieto kalustosta on olemassa, voidaan sen perusteella määrittää vähimmäisvaatimus.
Ympäristösuunnitelma				Pohditaan mahdollisuuksia ja potentiaalia. Vaatii lisäselvitystä.
Vety/sähkökäyttöiset työkoneet				Ei ole toistaiseksi ajankohtaista käyttää hankinnoissa

Taulukko 4. Toimenpiteet kaivinkonetöiden hankintojen kehittämiseksi.

Kalustovaatimus tulee toteuttaa päästöluokituksen avulla. Se on tulosten perusteella paras vaihtoehto huomioida päästöt hankinnoissa tällä hetkellä. Vaatimus voidaan ottaa käyttöön joko pelkällä päästöluokalla tai päästöluokalla ja valmistusvuodella. Vaatimuksen käyttöönotto tulee aloittaa pisteytettävänä laaturuutena ja myöhemmin vähimmäisvaatimuksena. Kalustovaatimus todennetaan kalustoluettelon avulla.

Koulutus energiatehokkuudesta ja päästöistä on tiedon lisäämistä ja sitä Metsätalous Oy:n tulee edistää ympäristönäkökulmien kehittämiseksi. Paras vaihtoehto tähän on Motivan tekemä koulutuskokonaisuus.

Uusiutuvien polttoaineiden käyttöä Metsätalous Oy:n kaivinkonetöissä voidaan edistää tälle parhaiten murskausurakoissa. Mikäli kustannusvaikutus on hyväksyttävissä niin uusiutuvan polttoaineen käyttöä kannattaa pilotoida murskausurakassa. Käyttö muissa työlajeissa vaatii linjauksia uusiutuvan polttoaineen käytön seurannasta ja valvonnasta.

Vaihtoehtoisista käyttövoimista erilaiset hybridiratkaisut ovat vaihtoehtoja lähitulevaisuudessa. Markkinoita seuraamalla saadaan tietoon, yleistyykö hybridiratkaisut kaivinkoneissa. Noin 2–3 vuoden päästä hybridiratkaisuja voidaan suosia laatupistein hankinnoissa.

Ympäristösuunnitelma on tulevaisuudessa potentiaalinen energiatehokkuustoimi, jossa yrittäjälle annetaan päävastuu pohtia omia energiatehokkuustoimia ja päästövähennyskeinoja sekä ympäristövaikutuksia. Ympäristösuunnitelmassa vaadittavien asioiden määrittäminen vaatii markkinavuoropuhelua yrittäjäkentän kanssa. Vaadittavat asiat tulee määritellä työlajikohtaisesti tai yleisesti. Esimerkiksi polttoaineen kulutuksen seuranta tai hiilijalanjäljenlaskenta voi olla vaadittavana asiana jokaisessa työkoneella tehtävässä työlajissa.

10 Pohdinta

10.1 Luotettavuuden ja eettisyyden arviointi

Laadullisen tutkimuksen luotettavuutta voidaan arvioida monin tavoin eikä siihen ole yksiselitteistä ohjetta. Tutkimuksen luotettavuutta voidaan arvioida seuraavien asioiden avulla: Tutkimuksen kohde ja tarkoitus, tutkijan omat sitoumukset tutkimukseen, aineiston keruu, tutkimuksen tiedonantajat, tutkija-tiedonantaja-suhde, tutkimuksen kesto, aineiston analyysi sekä tutkimuksen luotettavuus ja raportointi. (Tuomi & Sarajärvi 2018, 118.)

Tämän tutkimuksen kohde ja tarkoitus on kehittää toimeksiantajan hankintoja ja tutkimukseen käytettiin menetelmiä, joiden avulla päästään riittävään lopputulokseen tutkimuksen tarkoituksen kannalta. En koe, että tutkimuksen kohteessa on mitään luotettavuuteen vaikuttavaa seikkaa. Tutkijan sitoumus tutkimukseen ei myöskään vaaranna mielestäni tutkimuksen luotettavuutta. Työkokemus toimeksiantajan palveluksessa antaa vahvan käytännön pohjan tehdä tutkimusta aiheesta, mutta omat näkökulmat eivät vaikuta tulosten analysointiin ja luotettavuuteen.

Aineistonkeruu toteutettiin haastatteluilla ja vertailukehittämisen avulla muiden hankintayksiköiden hankintakriteereistä. Kun haastattelut oli sovittu, niin niiden tekninen toteutus onnistui hyvin. Nauhoitusten laatu oli selkeä ja ne oli helppo litteroida. Ensimmäisen haastattelun jälkeen tarkensin omaa kysymysten esittelyä siten, etten pohjustanut liikaa kysymystä, vaan annoin haastateltavan vastata omin sanoin. Tarkentavilla kysymyksillä jatkoin teeman keskustelua. Muuten haastattelut toteutettiin ja litteroitiin yhdenmukaisesti luotettavuuden varmistamiseksi.

Haastateltaviksi valittiin urakoitsijoista henkilöitä, joilla tiedettiin olevan kokemusta yrittäjänä eli he ovat tehneet tarjouksia hankintoihin sekä heillä on kokemusta itse suorittavasta työstä. Nämä ovat oleellisia asioita hankintakriteerien pohdinnassa ja itse työn energiatehokkuuden arvioinnissa. Kaivinkoneiden maahantuojusta valittiin ensisijaisesti valmistajia, joiden koneita on Metsätalous Oy:n työmailla. Tarkoituksena alun perin oli haastatella kolmea maahantuoja, mutta vain kahden kanssa saatiin sovittua aikataulu haastatteluille. Tarkoituksena oli saada urakoitsijoiden ja maahantuojien ajatuksia, ja kerätä tietoa mahdollisimman monesta lähteestä. Tämä tuo luotettavuutta ja yleistettävyyttä tutkimukseen.

Vertailukehittämisen esimerkkikohteiksi valittiin kohteita, joiden toimintaympäristö on lähellä Metsätalous Oy:n toimintaympäristöä. Tämä helpottaa hankintakriteerien soveltamista. Vertailut hankintakriteerit ovat julkista tietoa ja niiden avulla on tehty jo hankintoja, joten aineisto ei heikennä tutkimuksen luotettavuutta. Tutkimuksen luotettavuuden lisäämiseksi käytettiin useampaa

tiedonkeruumenetelmää. Tutkimusmenetelmän eettisyyttä lisää kunnioitus haastateltujen yksityisyyttä kohtaan, eikä tuloksista voida poimia yksittäisen henkilön antamia vastauksia. Kaikkia haastateltavia kohdeltiin tasa-arvoisesti ja heillä on ollut mahdollisuus kieltäytyä haastattelusta. Saatu tutkimusaineisto käsiteltiin huolellisesti ja rehellisesti, koska opinnäytetyö on julkinen asiakirja ja tekijä vastaa sen oikeellisuudesta.

Tutkimus on kestänyt kokonaisuudessaan noin vuoden, mutta haastattelut, analysointi ja raportointi on tehty kolmen kuukauden aikana. Aineiston nopea analysointi ja raportointi lisää luotettavuutta. Haastatteluiden kysymykset ovat tämän työn liitteenä.

10.2 Työn tulosten ja menetelmien pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää kaivinkonetöiden hankintoja. Lisäksi tavoitteena oli selvittää vaihtoehtoisten käyttövoimien tilannetta markkinoilla ja kuinka energiatehokkuutta voidaan parantaa kaivinkonetyössä. Saadut tulokset vastaavat hyvin tietoperustaa. Urakoitsijoiden haastatteluilla haluttiin saada heidän näkökulmiaan ja ajatuksia hankintakriteereistä. Aihe on suhteellisen uusi, eikä haastatellut urakoitsijat olleet paljon perehtyneet esimerkiksi päästöluokkiin, uusiutuviin polttoaineisiin tai vaihtoehtoisiin käyttövoimiin. Kaikki haastatellut kuitenkin tiesivät, mihin suuntaan tulevaisuudessa ollaan menossa, mutta omakohtaisia kokemuksia ei vielä ollut edellä mainituista asioista. Tämä on myös tutkimuksen kannalta hyvä tieto. Tiedon lisääminen on tämän takia yksi merkittävä toimenpide asioiden edistämiseksi ja tätä puoltaa myös Fan (2017, 357) tekemä tutkimus.

Päästöluokituksen käyttö hankintakriteerinä on selkeä tulos ja vastaus tutkimusongelmaan. Luokituksen käyttöä tukevat sekä haastattelut että vertaisarvioinnissa olleet hankintayksiköt. Hankintakriteerinä tulosta puoltaa myös Julkisten hankintojen neuvontayksikkö (2023), jonka mukaan kriteerien tulee olla syrjimättömiä, vertailukelpoisia ja todennettavissa.

Maahantuojaedustajien näkemykset vaihtoehtoisista käyttövoimista vastaavat tietoperustaa. Näkemykset maahantuojaedustajien ja Markkanen & Lauhkonen (2021, 21) välillä ovat yhdensuuntaisia sähköistymisen osalta, joka tulee etenemään nopeasti. Epävarmuutta siirtymisessä vaihtoehtoisiin käyttövoimiin aiheuttaa poliittiset ohjauskeinot ja polttoaineinfran rakentaminen. Tämän takia on vaikea ennustaa kuinka nopeasti eri käyttövoimat yleistyvät. Mikäli Pihlajatin ym. (2022, 154) ehdottamia tuki- ja ohjaustoimia edistetään, nopeutuu vaihtoehtoisten käyttövoimien yleistyminen työmailla. Vaihtoehtoisia käyttövoimia tullaan näkemään ensimmäisenä infrarakentamisen kohteilla. Tekniikan vakiintuessa ja käyttökokemusten lisääntyessä vaihtoehtoisia käyttövoimia nähdään myös metsätalouden töissä.

Opinnäytetyö on pääosin toteutettu 3 kuukauden aikana vuoden 2023 lopulla. Aikaa työn tekemiseen oli mielestäni riittävästi, koska haastateltavia oli maltillisesti. Haastatteluiden litterointi oli aikaa vievää, mutta palkitsi myöhemmin. Urakoitsijoita olisi voinut haastatella useampia ja etenkin Pohjois-Suomesta, jolloin olisi saanut laajempaa näkemystä vaihtoehtoisista käyttövoimista ja uusiutuvien polttoaineiden käytöstä. En usko, että tämä olisi tutkimustulokseen vaikuttanut, mutta olisi tuonut lisää tietoa toimeksiantajalla tämän hetken tilanteesta.

Vertailukehittämisen esimerkkikohteet olivat mielenkiintoisia ja tietoa hankintakriteereistä ja tulevaisuuden suunnitelmista löytyi hyvin. Päästöjen huomioon ottaminen hankinnoissa on kohtuullisen uusi näkökulma hankinnoissa, joten useiden hankintayksiköiden kriteerit olivat lähellä toisiaan. Tämän takia esimerkkikohteita ei mielestäni tarvinnut enempää. Opinnäytetyön tuloksia ei ole aikataulullisista syistä mahdollista toteuttaa tutkimuksen aikana, mutta vuoden 2024 aikana tuloksia tullaan hyödyntämään.

Mielestäni opinnäytetyön tulokset vastaavat hyvin asetettuihin tavoitteisiin. Tulosten perusteella ympäristönäkökulmat voidaan ottaa huomioon kaivinkonetöiden hankinnoissa. Tulokset ovat ensiaskeleita hankintojen kehittämisessä ja ne perustuvat tämän hetken tietoon ja osaamiseen. Tekniikan kehittyminen ja lainsäädännön muuttuminen voivat vaikuttaa hankintakriteerien käyttöönottoon ja siihen, millä aikataululla niitä on kannattavaa käyttää. Kaikkia työssä ilmi tulleita

havaintoja ei voida suoraan hyödyntää hankinnoissa, mutta esimerkiksi energia-
tehokkuutta voidaan parantaa myös muilla toimilla kuin suoraan hankintakriteer-
inä. Tutkimuksen tuloksia voidaan soveltaa myös muihin konetöihin esimerkiksi
päästöluokan ja koulutuksen osalta. Uusiutuvien polttoaineiden kohdalla käytön
todentaminen on haaste kaikissa metsätalouden työlajeissa. Tätä tukee myös
väyläviraston julkaisu (Merenheimo ym. 2020, 20). Ympäristösuunnitelmaa voisi
soveltaa puolestaan esimerkiksi korjuu-urakoihin.

Tutkimusmenetelmänä oli haastattelut ja vertailukehittäminen. Mielestäni mene-
telmät sopivat hyvin tämän kaltaisen kehittämistyön menetelmiksi, koska puo-
listrukturoidulla haastattelulla saatiin haastateltava parhaiten kertomaan omia
ajatuksiaan ja mielipiteitä haastattelun teemoista. Haastattelu mahdollisti lisäky-
symysten ja tarkennusten kysymistä, joka tuotti hyvin lisätietoa aiheesta. Puo-
listrukturoitua haastattelua puoltaa myös Saaranen-Kauppinen ja Puusniekka
(2006), kun tärkeää on vastaamisen vapaus.

Ympäristökriteerien käyttö julkisissa hankinnoissa on melko uutta. Viime vuo-
sina aiheesta on tehty paljon selvityksiä ja tutkimuksia, joten niihin tutustuminen
ja edelleen kehittäminen oli luontevaa. Case-esimerkkien tieto on tuoretta ja
ajankohtaista. Esimerkkikohteet olivat pääosin infrarakentamisen alalta, joten
työhön olisi voinut haastatella myös Metsätehon asiantuntijoita. Heillä olisi voi-
nut olla näkemystä enemmän metsätalouden toimintaympäristöstä. Haastatteli-
jana olisin voinut perehtyä vielä enemmän itse haastattelutilanteeseen ennen
ensimmäistä haastattelua. Haastatteluihin olin valmistautunut hyvin, mutta en-
simmäisten haastatteluiden osalta kysymykset olisi voinut esittää napakammin
ja keskittyä kuuntelemaan haastateltavaa. Tässä kehityin haastatteluiden ede-
tessä.

Konstruktiiivinen tutkimusote sopii opinnäytetyöhön, koska sen tavoitteena on
käytännön ongelman ratkaisu luomalla uusi konkreettinen tuotos. Oleellista tut-
kimusotteessa on, että ratkaisu on teoreettisesti perusteltu ja se tuo uutta tietoa
liiketoimintaan (Ojasalo ym. 2015, 38). Opinnäytetyön tulos tuo uutta, teoreetti-
sesti perusteltua tietoa toimeksiantajalle. Konstruktiiivisessa menetelmässä

voidaan hyödyntää useita eri menetelmiä, kuten haastattelua ja vertailukehittämistä.

10.3 Jatkotutkimusaiheet ja tulosten hyödyntäminen

Opinnäytetyössä tietoperustaan ja case-esimerkkeihin tutustuminen toi itselle lisää tietämystä tutkimusaiheesta, mutta myös samalla lisäkysymyksiä. Yksi keskeinen asia, joka vaatii jatkoselvitystä, on uusiutuvien polttoaineiden käytön todentaminen. Kuinka seurataan ja varmistetaan, että käyttöä tapahtuu, jos sitä vaaditaan. Uusiutuvien polttoaineiden käyttö on Nylundin ym. (2016, 15) mukaan nopein tapa pudottaa hiilidioksidipäästöjä, joten sen käyttöä tulisi edistää. Suurin este on tällä hetkellä, kuinka käyttö varmistetaan.

Toinen jatkotutkimusta tarvitseva teema on ympäristösuunnitelma osana hankintoja. Useat hankintayksiköt vaativat ympäristösuunnitelmaa osana urakkaa. Metsähallituksessa ympäristösuunnitelma voisi sopia valtaosaan konetöistä. Suunnitelman tarkoituksena olisi saada yrittäjät pohtimaan omia energiatehokkuustoimenpiteitä. Näitä voitaisiin myös pisteyttää hankintoihin. Oleellista olisi pohtia tärkeimmät asiat työlajikohtaisesti, ja kuinka niitä hyödynnettäisiin hankinnoissa ja kuinka vaatimukset todennettaisiin. Lisäksi urakoitsijoiden osaamisen varmistaminen tulee selvittää.

Opinnäytetyön tuloksia käytiin läpi toimeksiantajan kanssa marraskuussa 2023, työn ollessa vielä kesken. Olemassa olevia tuloksia pohdittiin siitä näkökulmasta, voidaanko niitä hyödyntää jo joulukuussa 2023 alkavissa maanmuokkauksen hankinnoissa. Palaverissa todettiin, ettei uusia hankintakriteereitä kannata ottaa liian nopeasti ja vajavaisella tiedolla ja taidolla käyttöön. Käytettäviä kriteereitä tulee pohtia ja tiedottaa tulevista muutoksista yrittäjäkuntaa etukäteen. Tällä varmistetaan oma osaaminen ja etteivät uudet kriteerit tarpeettomasti pienennä tarjousten määrää. Uusiutuvan polttoaineen käyttöä ja sen kustannusvaikutusta murskausurakoissa selvitetään. Selvitystyöhön oltiin kuitenkin tyytyväisiä ja tulosten pohjalta tullaan kehittämään Metsätalous Oy:n hankintoja.

Vaikka opinnäytetyön tuloksena saatavia kriteerejä käytetään tulevissa hankinnoissa, itse päästöihin se vaikuttaa maltillisesti. Suurin hyöty tulee siitä, että saadaan viestiä ja ajatusta eteenpäin ympäristönäkökulmien huomioon ottamisesta, ja että se on jatkossa osa hankintoja ja urakointia. Tämä aktivoi tarjoavia yrittäjiä huomioimaan näitä asioita. Päästöjen vähentäminen tulee olemaan tulevaisuudessa entistä isommassa roolissa kaikilla aloilla. Tässä opinnäytetyössä on esitetty tapoja, joilla päästöjä voidaan vähentää konetyössä Metsätalous Oy:ssä.

Lähteet

- Ajoneuvolaki 15.1.2021/82. <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2021/20210082#L2P23> 16.10.2023
- Bergman, I-M., Kulonen, O., Peltola, V., Penttinen, M. 2015. Kone- ja kuljetuskaluston ympäristö- ja turvallisuusvaatimukset 2015–2020. Liikennevirasto. <https://docplayer.fi/11557862-Kone-ja-kuljetuskaluston-ymparisto-ja-turvallisuusvaatimukset-2015-2020.html> 24.10.2023
- Diesel Technology Forum. 2015. Clean Diesel: What Is SCR (Selective Catalytic Reduction), How Does It Work ... & Why Is It Important? <https://www.prnewswire.com/news-releases/clean-diesel-what-is-scr-selective-catalytic-reduction-how-does-it-work----why-is-it-important-300158921.html> 25.10.2023
- Energiavirasto. 2023. Jakeluvuote. <https://energiavirasto.fi/jakeluvuote> 6.1.2023
- Eurooppa-neuvosto. 2023. Pariisin ilmastopöytäkirja. <https://www.consilium.europa.eu/fi/policies/climate-change/paris-agreement/> 9.10.2023
- Euroopan parlamentti. 2021. EU:n ilmastolaki: parlamentti hyväksyi ilmastoneutraaliuden vuoteen 2050 mennessä. <https://www.europarl.europa.eu/news/fi/press-room/20210621IPR06627/ilmastolaki-eu-parlamentti-hyvakysi-ilmastoneutraaliuden-vuoteen-2050-menessa> 9.10.2023
- Eurooppa-neuvosto. 2022. EU:n viimeisimmät ilmastopoliittiset toimet <https://www.consilium.europa.eu/fi/policies/climate-change/eu-climate-action/> 9.10.2023
- Fan, H. 2017. A Critical Review and Analysis of Construction equipment emission factors. *Procedia Engineerin* 196 (2017) 351–358. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817330801> 24.10.2023
- Gasum. 2023. Biokaasu osana kiertotaloutta. <https://www.gasum.com/kaasusta/biokaasu/biokaasu/> 28.3.2023
- Hankinnat.fi. 2023. Tarjouksen valinta. <https://www.hankinnat.fi/eu-hankinta/tarjousten-valinta/kokonaistaloudellisesti-edullisimman-tarjouksen-valinta> 5.10.2023
- Helander, B. 2021. Vetyä pyttyyn – JCB:ltä mullistavia käyttökohteita alkuaineista yleisimmälle. *Moottori-lehti*. <https://moottori.fi/ajoneuvot/jutut/vetya-pyttyyn-jcb:ltä-mullistavia-kayttokohteita-alkuaineista-yleisimmälle/> 9.3.2023
- Hirsjärvi, S. & Hurme, H. 2000. Tutkimushaastattelun teoria ja käytäntö. Helsinki University Press.
- HNRY. 2023. Miten urakkakilpailutuksella voidaan edistää päästövähennyksiä ja resurssiviisautta. <https://hnry.fi/miten-urakkakilpailutuksella-voidaan-edistaa-paastovahennyksiä-ja-resurssiviisautta/> 30.10.2023
- Hulttinen, V. 2019. Superkondensaattorit. Tampereen ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikka. Opinnäytetyö. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2019060113974> 9.3.2023
- Hyväri, S. & Vuokila-Oikonen, P. 2020. Osallistavan ja tutkivan kehittämisen opas 2.0. <https://libguides.diak.fi/c.php?g=670543&p=4760642> 9.2.2023

- Jokinen, T. 2021. Konstruktiivinen tapaustutkimus ja suunnittelutiede – kaksi insinööritieteisiin soveltuvaa tutkimusoteta. Oulun ammattikorkeakoulu. <https://blogi.oamk.fi/2021/02/19/konstruktiivinen-tapaustutkimus-ja-suunnittelutiede-kaksi-insinööritieteisiin-soveltuvaa-tutkimusotetta/> 1.12.2023
- Julkisten hankintojen neuvontayksikkö. 2023. Ympäristönäkökohdat. <https://www.hankinnat.fi/sisallon-maarittely/ymparistonakokohdat> 1.11.2023
- Kajava, P. 2023. Green deal Päästöttömät työmaat. Väyläviraston investointihankkeiden näkymät green dealin etenemisestä. https://www.hankintakeino.fi/sites/default/files/media/file/Vaylaviraston_investointihankkeiden_nakymat_green_dealin_etemisesta.pdf 22.11.2023
- Keino. 2020. Lukutorin päästöttömän työmaan pilottihankinta – Case Espoon kaupunki. <https://www.hankintakeino.fi/fi/materiaalipankki/lukutorin-paastottoman-tyomaan-pilottihankinta-case-espoon-kaupunki> 30.10.2023
- Kestäväkehitys.fi. 2023a. Kestävän kehityksen globaali toimintaohjelma Agenda2030. <https://kestavakehitys.fi/agenda-2030> 10.10.2023
- Kestäväkehitys.fi. 2023b. Tavoite 13. Toimia kiireellisesti ilmastomuutosta ja sen vaikutuksia vastaan. <https://kestavakehitys.fi/web/kestava-kehitys/agenda2030/tavoite-13> 10.10.2023
- Kestäväkehitys.fi. 2023c. Tavoite 12. Varmistaa kulutus- ja tuotantotapojen kestävyys. <https://kestavakehitys.fi/web/kestava-kehitys/agenda2030/tavoite-12> 10.10.2023
- Koneluokitus. 2023. Työkoneiden pakokaasupäästöjen määrää Stage-luokitus. <https://www.koneluokitus.fi/stage-paastoluokitus> 14.11.2023
- Koneporssi. 2023. JCB panostaa vetyyn. <https://koneporssi.com/tyokoneet-2/jcb-panostaa-vetyyn/> 3.11.2023
- Kotro, J. 2019. Väylähankkeen rakennusvaiheessa käytettävien työkoneiden päästöjen vähentäminen ja sen kustannusvaikutus. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Diplomityö. <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2019080723603> 25.10.2023
- Kuitunen J. 2020. Hybridimoottori työkonekäytössä. Turun ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikka. Opinnäytetyö. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202004064539> 3.11.2023
- Laki julkisista hankinnoista ja käyttöoikeussopimuksista 29.12.2016/1397. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2016/20161397#O1L1P5> 14.3.2023
- Liikenne- ja viestintäministeriö. 2021. Selvitys uusiutuvien polttoaineiden jakeluvelvoitteen noston vaikutuksista valmistunut. <https://www.lvm.fi/-/selvitys-uusiutuvien-polttoaineiden-jakeluvelvoitteen-noston-vaikutuksista-valmistunut-1602017> 18.10.2023
- Logset. 2023. Yhdessä kohti kestävämpää metsätaloutta. <https://logset.fi/mikaon-hybridiharvesteri/> 9.3.2023
- LUT-yliopisto. 2022. Mitä on vetytalous ja miten sen vähentää hiilidioksidipäästöjä? <https://www.lut.fi/fi/artikkelit/mita-vetytalous-ja-miten-se-vahentaa-hiilidioksidipaastoja> 9.3.2023
- Markkanen, J. & Lauhkonen, A. 2021. Työkoneiden päästöjen perusennuste ja sähköistymisen vaikutus päästöihin. VTT Technical Research Centre of Finland. https://cris.vtt.fi/ws/portalfiles/portal/45373802/VTT_CR_00245_21.pdf 16.10.2023

- Merenheimo, T., Varis, T. & Federley, J. 2020. Energiankulutusta ja kasvihuonepäästöjä vähentävien vaatimusten kehittäminen päällystehankinnoissa. Väyläviraston julkaisuja 1/2020. https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/176320/vj_2020-01_978-952-317-754-3.pdf?sequence=5&isAllowed=y 20.11.2023
- Metsähallitus 2022. Metsähallituksen vuosi- ja vastuullisuusraportti 2022. <https://julkaisut.metsa.fi/assets/pdf/mh-vuosittaiset/mhvuosikertomus2022.pdf> 10.10.2023
- Metsähallitus 2020. Metsähallituksen ilmasto-ohjelma – ilmastoviisaita ratkaisuja. <https://julkaisut.metsa.fi/assets/pdf/MH-ilmasto-ohjelma-2020.pdf> 6.10.2023
- Metsähallitus. 2023a. Näin toimimme. <https://www.metsa.fi/metsahallitus/naintoimimme/> 23.2.2023
- Metsähallitus. 2023b, Vastuullisuus Metsähallituksessa. <https://www.metsa.fi/metsahallitus/vastuullisuus/> 10.10.2023
- Metsähallitus. 2023c. Metsäsertifiointi ja ympäristöjärjestelmä. <https://www.metsa.fi/vastuullinen-liiketoiminta/metsatalous/sertifiointi/> 23.2.2023
- Metsähallitus 2023d. Hankintakäsikirja. Yleistä julkisista hankinnoista. Metsähallitus Intranet. Vain sisäiseen käyttöön. 5.10.2023
- Metsähallitus 2023e. Hankintakäsikirja. Hankintojen toteuttaminen. Metsähallituksen Intranet. Vain sisäiseen käyttöön. 5.10.2023
- Metsähallitus. 2023f. Vastuullisuusohjelma. <https://www.metsa.fi/metsahallitus/vastuullisuus/> 23.2.2023
- Metsähallitus. 2023g, Metsähallituksen ilmasto-ohjelma tukee Hiilineutraali Suomi -tavoitetta. <https://www.metsa.fi/luonto-ja-kulttuuriperinto/ilmastonmuutoksen-hillinta/ilmasto-ohjelma/> 6.10.2023
- Metsähallitus 2023h. Energiasuunnitelma 2023. Metsätalous Oy:n energiasuunnitelma – säästöpotentiaalin tunnistaminen ja toimenpiteiden suunnittelu. Metsähallitus Intranet. Vain sisäiseen käyttöön. 23.2.2023
- Metsähallitus 2023i. Energiatohokkuustavoitteet 2023. Metsätalous Oy:n energiatohokkuustavoitteet 2023. Metsähallitus intranet. Vain sisäiseen käyttöön. 6.10.2023
- Metsäteho Oy 2022. Metsähallitus Metsätalous Oy päästölaskenta 2021. Metsähallitus intranet. Vain sisäiseen käyttöön. 6.9.2023
- Motiva. 2023a. Työkoneet. https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kestavat_julki-set_hankinnat/tietopankki/tyokoneet 6.10.2023
- Motiva. 2023b. Vety. https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/valitse_auto_viisaasti/energialahteet/vety 9.3.2023
- Motiva. 2023c. Autojen pakokaasupäästöt. https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/perustietoa_liikenteesta/autojen_pakokaasupaastot 30.3.2023
- Motiva. 2023d. Uusiutuva diesel. https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/valitse_auto_viisaasti/energialahteet/uusiutuva_diesel 3.11.2023
- Motiva. 2021. Tiedotteet 2021. Uusi työkonealan verkkokoulutus opastaa päästöjen vähentämiseen. https://www.motiva.fi/ajankohtaista/tiedotteet/2021/uusi_tyokonealan_verkkokoulutus_opastaa_paastojen_vahentamiseen.17383.news 30.10.2023

- Motiva. 2018. Ympäristökriteerit. https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kestavat_julkiset_hankinnat/tietopankki/tyokoneet/ymparistokriteerit 1.11.2023
- Motiva verkkokurssi. 2023. Työkoneiden päästövähennyskeinot. <https://motiva-verkkokurssit.fi/topic/tyokoneiden-paastovahennyskeinot-3/> 23.10.2023
- Muona, T., Valovirta, V., Markkanen, J. & Heino, I. 2021. Päästöttömien työmaiden seurantajärjestelmä. Green deal -sopimuksen päästöseurannan toteutus. VTT Technical Research Centre of Finland. <https://publications.vtt.fi/julkaisut/muut/2021/VTT-CR-0063-21.pdf> 1.11.2023
- Mäkitalo, J-M. 2018. Työkoneiden hybridiratkaisut. Tampereen teknillinen yliopisto. Automaatiotekniikka. Kandidaatintyö. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:tty-2018050816153.3.2023>
- Neste. 2023. Asiakaspalvelu, puhelu 13.11.2023.
- Neste. 2016. Mitä eroa on uusiutuvalla dieselillä ja perinteisellä biodieselillä – vai onko mitään? <https://www.neste.com/fi/mita-eroa-uusiutuvalla-dieselilla-ja-perinteisella-biodieselilla-vai-onko-mitaan> 14.1.2023
- Nylund, N-O., Söderena, P. & Rahkola, P. 2016. Työkoneiden CO2 päästöt ja niihin vaikuttaminen. VTT tutkimusraportti VTT-R-04745-16 https://transsmart.fi/files/426/Tyokoneiden_CO2_paastot_ja_niihin_vaikuttaminen.pdf 6.10.2023
- Ojasalo, K., Moilanen, T. & Ritalahti J. 2015. Kehittämistyön menetelmät. Uudenlaista osaamista liiketoimintaan. Helsinki. Sanoma Pro Oy. <https://www.ellibslibrary.com/book/978-952-63-2695-5>. 15.10.2023
- Pihlajatie, M., Söderena, P., Markkanen, J., Nylund, N-O., Rahkola, P., Åman, R., Muona, T., Pettinen, R., Naumanen, M., Shah, S. & Baranauskas, M. 2022. Työkoneiden kustannustehokkaat päästövähennyskeinot. Valtioneuvoston kanslia. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164372/VNTEAS_2022_63.pdf?sequence=1&isAllowed=y 16.10.2023
- Pihlajatie, M. 2022. Tieliikenteen käyttövoimamurros etenee, kuinka käy liikkuvien työkoneiden. Blogi. <https://www.vttresearch.com/fi/uutiset-ja-tarinat/tieliikenteen-kayttovoimamurros-etenee-kuinka-kay-liikkuvien-tyokoneiden> 3.11.2023
- Piipponen, S. 2022. Reaaliaikainen päästöjenhallinta mallipohjaisessa väylärakentamisessa. Oulun yliopisto. Rakennus- ja Yhdyskuntatekniikan Tutkinto-ohjelma. Diplomityö. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:oulu-202305171825> 16.10.2023
- Ponsse. 2022. Ponsselta teknologialanseeraus: sähkökäyttöinen metsäkone. https://www.ponsse.com/fi/yhtio/uutiset/a_p/P4s3zYhpxHUQ/c/ponsse-launches-new-technology-an-electric-forest-machine#/ 3.11.2023
- Reşitoğlu, I A., Altinisik, K. & Keskin, A. 2014. The pollutant emissions from diesel-engine vehicles and exhaust aftertreatment systems. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10098-014-0793-9> 24.10.2023
- Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. 2006. KvaliMOTV – Teemahaastattelu. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietokirjasto. https://www.fsd.tuni.fi/metelmaopetus/kvali/L6_3_2.html 12.10.2023

- Senaatti. 2022. Päästötön työmaa – kokemuksia Senaatin hankkeista. https://www.hankintakeino.fi/sites/default/files/media/file/Paaston_tyomaa_markkinavuoropuhelu_Senaatti.pdf 30.10.2023
- Sitoumus2050. 2023. Päästöttömät työmaat – kestävien hankintojen green deal -sopimus. <https://sitoumus2050.fi/paastotontyomaa/#/> 27.10.2023
- Soininen, S., Perttola, A., Vuorinen, T. & Tuovinen, J. 2023. Energiatehokkuus väylänpidossa. Väyläviraston julkaisuja 13/2023. https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/187206/vj_2023-13_978-952-405-049-4.pdf?sequence=1&isAllowed=y 6.11.2023
- Söderena, P. 2017. Kehityspolut työkoneiden biokaasutekniikkaan. VTT Technical Research Centre of Finland. https://cris.vtt.fi/ws/portalfiles/portal/35379405/VTT_CR_01044_17.pdf 28.3.2023
- Tietoarkisto. 2023. Kvalitatiivisen datan käsittely. <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/aineistonhallinta/kvalitatiivisen-datan-kasittely/> 10.11.2023
- Tilastokeskus. 2023. Moottorityökone. <https://www.stat.fi/meta/kas/moottorityokone.html> 14.1.2023
- Tilastokeskus. 2022. Kasvihuonekaasupäästöt Suomessa. https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__khki/statfin_khki_pxt_13qm.px/table/tableViewLayout1/ 9.10.2023
- Traficom. 2023. Ajoneuvoluokat. <https://www.traficom.fi/fi/liikenne/tieliikenne/ajoneuvoluokat?toggle=Moottority%C3%B6kone> 16.10.2023
- Tuomi, J. & Sarajarvi, A. 2018. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.
- Tuomisto, S. 2019. Biokaasukäyttöisiä työkoneita koskevan päästölainsäädännön nykytila ja tulevaisuus. Vaasan yliopisto. Diplomityö. <https://osuva.uwasa.fi/handle/10024/959128.3.2023>
- Työ- ja elinkeinoministeriö. 2022. Biopolttoöljyn jakeluvuorituksen ja kestävyyslain muutos lausuntokierrokselle. <https://tem.fi/-/biopolttoöljyn-jakeluvuorituksen-ja-kestavyyslain-muutos-lausuntokierrokselle> 18.1.2023
- Ulkoministeriö. 2023. Agenda 2030 – kestävä kehityksen tavoitteet. <https://um.fi/agenda-2030-kestavan-kehityksen-tavoitteet> 10.10.2023
- Valli, R. 2018. Ikkunoita tutkimusmetodeihin 1. Jyväskylä: PS-kustannus
- Valtioneuvosto. 2023. Lakiesitys: Liikennepolttoaineiden jakeluvuoritus 13,5 % myös ensi vuonna. <https://valtioneuvosto.fi/-/1410877/lakiesitys-liikennepolttoaineiden-jakeluvuoritus-13-5-myo-nsi-vuonna-6.11.2023>
- Varis, T., Finer, A. & Merenheimo, T. 2021. Kunnossapitourakoiden kaluston ympäristökriteerien kehittäminen. Väyläviraston julkaisuja 6/2021 https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/181256/vj_2021-06_978-952-317-841-0.pdf?sequence=1&isAllowed=y 31.10.2023
- Varis, T., Rovio, J. & Finer, A. 2021. Väylärakentamisen kaluston ympäristövaatimukset. Väyläviraston julkaisuja 63/2021. https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/183015/vj_2021-63_978-952-317-911-0.pdf?sequence=5&isAllowed=y 3.11.2023
- Ympäristöministeriö 2022. Keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelma. Kohti hiilineutraalia yhteiskuntaa 2035. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164186/YM_2022_12.pdf?sequence=4&isAllowed=y 9.10.2023
- Ympäristöministeriö. 2023a. Euroopan unionin ilmastopolitiikka. <https://ym.fi/euroopan-unionin-ilmastopolitiikka> 9.10.2023

Ympäristöministeriö. 2023b. Suomen kansallinen ilmastopoliittika.
<https://ym.fi/suomen-kansallinen-ilmastopoliittika> 9.10.2023

Ympäristöministeriö. 2023c. Ilmastolainsäädäntö.
<https://ym.fi/ilmastolainsaadanto> 9.10.2023

Hei

Opiskelen Karelia-ammattikorkeakoulussa insinööri (YAMK) kestävä energiatalous tutkintoa. Olen lopputyövaiheessa ja teen tutkimusta aiheesta ”Kaivinkonetöiden päästöjen huomioon ottaminen töiden hankinnoissa ja energiatehokkuuden parantaminen”. Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää kaivinkonemaahantuojiin, Koneyrittäjien ja kaivinkoneyrittäjien haastatteluilla heidän ajatuksiaan ja kokemuksia, miten päästöt ja ympäristöasiat voitaisiin huomioida hankinnoissa. Mitkä tekijät vaikuttavat kaivinkoneen energiategokkuuteen. Mitä vaihtoehtoisia käyttövoimia työkoneissa hyödynnetään nyt ja tulevaisuudessa.

Opinnäytetyön toimeksiantajana on Metsähallitus Metsätalous Oy, jonka hankintoihin ja kaivinkonetöihin opinnäytetyön tuloksia sovelletaan.

Tutkimusmenetelmä ja tutkimuksen toimenpiteet

Tutkimukseen sisältyy teemahaastattelu. Haastattelun kesto on 60-90 minuuttia. Haastattelu suoritetaan Teamsillä tai puhelimitse ja ne nauhoitetaan tulosten analysointia varten. Haastattelut sisältävät tallenteet analysoidaan sisällönanalyysin avulla, jonka jälkeen tallenteet hävitetään. Tutkimusraportissa kerrotaan haastateltujen nimi ja yritys. Sovittaessa haastateltavan kanssa, voidaan haastateltavaan viitata vain yleisesti tiedonantajana. Tutkimusraportissa yksittäisiä kommentteja ei voi yhdistää haastateltaviin vaan asioihin viitataan yleisesti.

Liitteenä haastattelun pääkysymykset enakkoon tutustuttavaksi. Tarkoitus on keskustelunomaisesti saada teidän ajatuksianne kyseisiin teemoihin/kysymyksiin.

Ystävällisin terveisin

Markku Honkanen, Tienpidon operaatioasiantuntija

040-485 8804

markku.honkanen@metsa.fi

Haastattelukysymykset

Kaivinkoneurakoitsija:

1. Onko Stage/vaihe-luokitus tuttu ja tiedossa?
2. Minkä pituisella sopimuksella kaluston uusiminen on mahdollista?
3. Miten hankinnoissa pitäisi huomioida energiatehokkuus ja/tai päästöt?
4. Seuraatteko kaivinkoneen polttoaineen kulutusta tai voisitteko seurata?
5. Olisitteko valmiita lisäämään uusiutuvien polttoaineiden käyttöä?
6. Miten energiatehokkuutta voitaisiin parantaa kaivinkonetyössä?
7. Oletteko käyneet energiatehokkuuteen liittyvissä koulutuksissa tai olisiko tarvetta koulutukselle?
8. Mitkä ovat tärkeimmät kriteerit kaluston uusimisessa?
9. Miten näette vaihtoehtoisilla käyttövoimilla toimivat koneet omassa yrityksessänne?

Haastattelukysymykset

Kaivinkoneiden maahantuoja:

1. Mitkä ovat tärkeimmät kriteerit kaluston uusimiseen tämän päivän ostajalla?
2. Mitä vaihtoehtoisia käyttövoimia on odotettavissa tulevaisuudessa (5-10 vuoden päästä)?
3. Onko vaihtoehtoisten käyttövoimien markkinoille pääsyssä haasteita?
4. Miten näette polttomootorikoneiden tulevaisuuden ja niiden päästövähennystekniikat?
5. Onko valmistaja ilmoittanut uusien kaivinkoneiden/moottoreiden tuottamat hiilidioksidipäästöt?
6. Suomen tavoitteena on sisällyttää hiilidioksidipäästöt Stage-luokitukseen. Onko tällä vaikutusta?
7. Onnistuuko Stage- luokan nostaminen jälkiasennusten avulla?
8. Mitkä tekniset asiat vaikuttavat kaivinkoneiden energiatehokkuuteen ja miten niitä on kehitetty?
 - a. Mitkä tekijät vaikuttavat kaivinkonetyön energiatehokkuuteen?

Haastattelukysymykset

Koneyrittäjät Ry:

1. Onko Stage/vaihe-luokitus tuttu koneurakoitsijoille?
2. Tuleeko Koneyrittäjille tiedusteluja Stage-luokituksen nostamisesta jälkiasennusten avulla?
3. EU:n tavoitteena on siirtää työkoneet hiilidioksidipäästöjen osalta sääntelyn piiriin. Mitä ajatuksia tämä herättää?
4. Aiheuttaako jakeluvelvoitteen vaikutuksesta nouseva polttoaineen hinta huolta koneurakoitsijoissa?
5. Miten uusiutuvien polttoaineiden käyttöä voisi edistää konetyössä?
6. Miten näette vaihtoehtoisten käyttövoimien tulevaisuuden konetyössä?
7. Mitkä tekijät vaikuttavat kaivinkonetyön energiatehokkuuteen ja miten sitä voisi parantaa?
8. Miten konetöiden hankinnoissa voisi huomioida ympäristönäkökulmat?