



Metsäkoneyrityksen hiilijalan- jäljen laskenta

Joonas Mikkola

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2024

Metsätalouden tutkinto-ohjelma

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Metsätalouden tutkinto-ohjelma

MIKKOLA, JOONAS:
Metsäkoneyrityksen hiilijalanjäljen laskenta

Opinnäytetyö 24 sivua, joista liitteitä 2 sivua
Toukokuu 2024

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin, mitkä ovat suurimpia päästölähteitä metsäkoneyrityksen toiminnassa, sekä luotiin laskentamalli, jolla metsäkoneyritys pystyy laskemaan oman toimintansa päästöt kokonaisvaltaisesti. Työn toimeksiantajana toimi Tietohippu Oy, ja idea opinnäytetyön aiheeksi tuli toimeksiantajalta.

Sekä Suomen valtiolla että Euroopan unionilla on ilmastotavoitteita, joissa halutaan vähentää kasvihuonepäästöjä huomattavasti nykytasosta. Tämä saattaa tulevaisuudessa tarkoittaa sitä, että yritysten pitää pystyä todistamaan omasta toiminnastaan aiheutuvat päästöt.

Suomessa puunkorjuu toteutetaan lähes sataprosenttisesti metsäkoneilla. Metsäkoneyritykset tekevät puunkorjuuta aliurakoitsijana isoille metsäyhtiöille, sahoille sekä metsänhoitoyhdistyksille. Suurimpana päästölähteenä metsäkoneyrityksillä on polttoaineenkulutus. Muita päästölähteitä metsäkoneyrityksen toiminnasta on esimerkiksi työmatkat, metsäkoneiden siirrot sekä kantokäsittelyaine.

Laskentamalli toteutettiin Excel-taulukkona, jossa metsäkoneyrityksen edustaja syöttää polttoaineiden, öljyjen, kantokäsittelyaineen, AdBluen, voitelurasvan, jäähdytysnesteen ja merkintävärin kulutuksen siltä ajalta, jolta päästöt halutaan selvittää. Kulutusten perusteella päästöt lasketaan päästökertoimien avulla. Lopputuloksena laskentamalli ilmoittaa päästöt kokonaisuutena sekä suorat ja epäsuorat päästöt jaoteltuna erilleen. Laskentamallista selviää myös päästöt hakattua kuutiometriä kohden, kun hakkuumäärät on syötetty.

Asiasanat: laskentamalli, päästölähteet, metsäkoneyritys, ilmastotavoitteet

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Forestry

MIKKOLA JOONAS
Emission Calculations For Forest Machinery Company

Bachelor's thesis 24 pages, appendices 2 pages
May 2024

This thesis resolved on finding what are the emission sources of a harvesting company and create a calculation model, which could be used to calculate the emissions of a harvesting company comprehensively. The thesis was commissioned by Tietohippu Oy, and the idea for the thesis came from the commissioner.

Both the Finnish government and the European Union have climate goals, where they want to reduce greenhouse gas emissions considerably from the current level. In the future, this might mean that companies need to prove how much emissions they produce from their operations.

In Finland, wood harvesting is done almost entirely with forest machinery. Harvesting companies do harvesting as a subcontractor for big forest product companies, sawmills and forest management associations. The biggest emission source, but also expense of harvesting companies is fuel consumption. The work needs to be profitable, so it is important to work productively. Other big emission sources are business travel, transportation of the forest machinery and pesticide, that is applied to stocks after harvesting.

The calculation model was made with Microsoft Excel. The owner or employee of a harvesting company just need to input the consumption of fuels, oils, pesticides, AdBlue, grease, coolant and marking color from the timeline the emissions want to be calculated. The emissions are counted using emission factors and consumptions. The results will include emissions as a whole and also divided between direct and indirect emissions. The calculation model also tells the user emissions per harvested cubic meter, when the amount of harvested wood is entered.

Key words: emissions, forest machinery, calculation model, climate goals

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	ILMASTOTAVOITTEET	6
	2.1 Hiilijalanjälki.....	6
	2.2 Hiilijalanjäkilaskenta	7
	2.3 Päästötasot	8
3	METSÄKONEYRITYKSEN TOIMINTA	9
4	METSÄKONEYRITYSTEN PÄÄSTÖJEN AIEMPIÄ TUTKIMUKSIA... 10	
5	METSÄKONEYRITYKSEN PÄÄSTÖLÄHTEET	11
	5.1 Polttoaineet	13
	5.2 Voiteluaineet	14
	5.3 Kantokäsittelyaine	14
	5.4 AdBlue, jäähdytysneste ja merkintäväri.....	15
	5.5 Sähkö ja lämmitysenergia	16
6	LASKENTAMALLI	17
7	POHDINTA	19
	LÄHTEET	20
	.LIITTEET.....	23
	Liite 1. Laskentamalli	23

1 JOHDANTO

Metsäkoneyritykset vastaavat lähes kaikesta puunkorjuusta Suomessa. Työkennellessään metsässä metsäkoneet tuottavat metsäkonetiedoksi kutsuttua tietoa. Esimerkkejä metsäkonetiedosta ovat tuotantotiedot, työaika- ja tuottavuustiedot, polttoaineenkulutus, mittalaitteen ja kuormainvaa'an tarkastus- ja kalibrointitiedot. (Ovaskainen & Schildt 2022). Metsäkoneet eivät kuitenkaan kerää tietoa omista päästöistään, jonka myötä päästöjen laskenta tulee tehdä manuaalisesti. Päästölaskennat ovat metsäalalla vielä uusi juttu. Onko päästöjä paljon vai vähän? Sitä on vaikea hahmottaa (REDU Edu 2023).

Suomen valtion ilmastotavoitteena on saada kasvihuonekaasujen päästöt sille tasolle, että vuonna 2035 päästöt olisivat yhtä suuret kuin hiilinielujen aikaansaamat poistumat (Ilmastolaki 2022/423). Myös tulevat sääntelyt, lait ja urakanantajien vaatimukset tulevat luultavasti vaikuttamaan metsäkoneyrityksiin, joten omien päästöjen laskentamalli on tarpeellinen, jotta voidaan osoittaa oman toiminnan aiheuttamat päästöt.

Tämä opinnäytetyö on tehty Tietohippu Oy:lle toimeksiantona. Tietohippu on 1994 perustettu ohjelmistoyritys, joka tarjoaa toiminnanohjaukseen liittyviä ohjelmistoratkaisuja erityisesti projektiluontoisille aloille. kuten rakennussuunnitteluun ja koneurakointiin.

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää metsäkoneyrityksen toiminnasta aiheutuvat päästöt ja luoda päästöjen laskentamalli, jota käyttämällä metsäkoneyrityksen edustaja pystyisi saamaan selville yrityksensä päästöt syöttämällä tarvittavat tiedot. Laskentamallista tulisi saada käytännönläheinen, jotta sitä käyttävät henkilöt ymmärtävät sen toimintaperiaatteen ja tulokset.

2 ILMASTOTAVOITTEET

Suomen ilmastotavoitteita ohjaa niin Suomen kansallinen ilmastopolitiikka kuin myös Euroopan unionin ilmastopolitiikka. Uusi ilmastolaki tuli voimaan vuonna 2022, jossa on asetettu päästövähennystavoitteet vuosille 2030, 2040 ja 2050. Lakiin on myös kirjattu, että Suomen on oltava hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä. Euroopan Unionin ilmastopolitiikalla ohjataan EU-alueen yhteisiä sekä jäsenmaiden politiikkatoimia ilmastomuutoksen hillitsemiseksi: EU:n tavoite on olla ilmastoneutraali vuoteen 2050 mennessä. (Ympäristöministeriö)

Ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi kaikkien teollisuusalojen tulee miettiä tuottamiaan päästöjä, ja keksiä keinoja, joilla niitä voidaan vähentää. Metsäkoneyritysten kannalta päästöjen vähentämisen keinoja on olemassa, esimerkiksi biopolttoaineet ja hybridimoottorilla varustetut korjuukalustot, mutta ongelmaksi tulee raha: Metsäkoneyrityksillä ei ole ylimääräistä rahaa tehdä suuria investointeja hiilipäästöjen vähentämiseksi. Tilastokeskuksen ylläpitämän kustannusindeksin mukaan puunkorjuun kustannukset ovat nousseet vajaa 28 prosenttia vuodesta 2020 vuoteen 2023. (Koneyrittäjät 2023). Suurin syy kustannusten nousuun on ollut polttoaineiden hinnan nousu. Myös metsäkoneiden lainojen korot ovat nousseet lähivuosina paljon.

2.1 Hiilijalanjälki

Yritysten hiilijalanjälki on vieraampi käsite, kuin yksilön, jonka moni meistä on saattanut laskea netistä löytyvällä laskurilla. Hiilijalanjäljellä tarkoitetaan jonkin tuotteen tai palvelun aiheuttamaa päästöä, eli kasvihuonekaasujen päätymistä ilmakehään. Hiilijalanjäljestä puhuttaessa voidaan puhua myös suoraan päästöistä (Heinilä 2022).

Hiilijalanjäljen yksikkönä käytetään CO₂e eli hiilidioksidiekvivalenttia. Hiilidioksidiekvivalentti tarkoittaa sitä, että kaikkia kasvihuonekaasuja verrataan hiilidioksiidiin lämmitysvaikutuksiltaan. Kasvihuonekaasut ovat ilmakehän kaasuja, jotka sitovat itseensä lämpösäteilyä ja estävät lämpösäteilyn heijastumista avaruuteen.

Ihmisen toiminnasta aiheutuvista kasvihuonekaasuista merkittävin on hiilidioksidi (CO₂) 76 prosentin osuudella. (IPCC).

Kasvihuonekaasuihin lasketaan hiilidioksidi (CO₂), metaani (CH₄) ja typpioksiduuli (N₂O). Laskettaessa hiilijalanjälkeä hiilidioksidipäästöt lasketaan sellaisenaan, metaanipäästöt kerrotaan luvulla 25 ja typpioksiduulipäästöt kerrottuna luvulla 298. (IPCC).

2.2 Hiilijalanjätkilaskenta

Hiilijalanjätkilaskentaan eli päästölaskentaan on olemassa useita kansainvälisiä standardeja, joita käytetään yritysten päästöjen laskennan apuna ja ohjeena. Samaa standardia käyttävät yritykset voivat vertailla laskentatuloksia keskenään. Kansainvälinen Green House Gas -protokollan A Corporate Accounting and Reporting -standardi on yleisesti käytetty hiilijalanjäljen laskennassa, jonka voi lyhentää GHG-protokollaksi. (World Resources Institute).

GHG-protokollan mukaisen päästölaskennan tulee noudattaa standardin periaatteita (World Resources Institute):

- Merkityksellisyys: laskennan tulee sisältää luotettavaa ja päätöksentekoa tukevaa tietoa
- Täydellisyys: kaikki päästölähteet on huomioitava laskennassa, sekä laskennan ulkopuolelle jäävät päästölähteet on kerrottava
- Johdonmukaisuus: laskennan tulee olla johdonmukaista, jotta tuloksia voidaan vertailla sekä päästöjen laskentaa jatkaa tulevaisuudessa
- Läpinäkyvyys: ongelmat ja oletukset tuotava ilmi laskennassa

- Tarkkuus: päästöjen määrät tulee olla tarkkoja, eikä niissä saa olla systemaattisia virheitä, sekä päästölaskennan perusteella pitäisi pystyä tekemään päätöksiä.

2.3 Päästötasot

GHG-protokollassa päästöt jaetaan kolmeen luokkaan, joista käytetään nimityksiä scope 1, scope 2, ja scope 3. Termit voidaan suomentaa tasoiksi, kuten Äijälä (2022) on tehnyt tutkimuksessaan.

Tason 1 päästöt ovat sellaisia, joita yrityksen oma toiminta aiheuttaa. metsäkoneyrityksessä päästöjä aiheuttaa kaikki toiminta, eli itse puunkorjuu, jossa metsäkoneen käyttö aiheuttaa päästöjä. (Äijälä 2022).

Tason 2 päästöt ovat yrityksen ostaman energian päästöt. Ne ovat epäsuoria, sillä päästöt syntyvät energiantuottajan laitoksessa. Energiantuottajalle nämä samat päästöt ovat suoria päästöjä, eli tason 1 päästöjä. (Äijälä 2022).

Tason 3 päästöt ovat epäsuoria päästöjä, joita yritys ei itsessään vapauta, vaan ne voivat johtua esimerkiksi sidosryhmien toiminnasta, jota yritys kuitenkin tarvitsee toimiakseen. Tällaista toimintaa on metsäkoneyrityksen näkökulmasta polttoaineiden valmistus ja jakelu. Tason 3 päästöjen määrää on vaikea arvioida, mutta ne on kerrottava päästölaskennassa. (Äijälä 2022).

3 METSÄKONEYRITYKSEN TOIMINTA

Metsäkoneyritykset Suomessa tekevät puunkorjuuta ja puun lähikuljetuksia metsänomistajien metsissä. Se ei kuitenkaan kata koko yrityksen toimintaa: Metsäkoneita siirretään laveteilla eri työmaiden välillä, huolletaan ja korjataan tarvittaessa. Yritysten vastuu on myös lisääntymässä, kun metsäyhtiöt antavat enemmän työlajeja itse koneyrityksen tehtäväksi. Tällaisia asioita voivat olla esim. työmaasuunnittelu ja varastojen seuranta. Metsäkoneyritykset saattavat myös omistaa kaivinkoneita, joilla tehdään metsän uudistamisen jälkeen maanmuokkauksia. (Ovaskainen & Schildt 2022).

Metsäkoneyritysten koko vaihtelee paljon. Suurin osa yrityksistä on pieniä, vain muutaman koneen omistamia yrityksiä, kun taas suurimmilla on muutamia kymmeniä korjuuketjuja, eli hakkuukoneen ja kuormatraktorin yhdistelmää. Ammattimaisia koneyrityksiä on Suomessa noin 1500, joista noin 1100 tekee 90 % alan liikevaihdosta. (Ovaskainen & Schildt 2022).

Usein korjuuyritykset toimivat määrätyillä alueilla, jotka voivat olla varsin laajoja ja pienikin yritys voi työskennellä kaukana kotipaikkakunnasta, varsinkin kausiluonteisesti. Metsäkoneyritysten tärkeimpiä asiakkaita ovat isot metsäyhtiöt, Metsähallitus, omaa puunhankintaa harjoittavat sahateollisuusyhtiöt sekä metsänhoitoyhdistykset. (Ovaskainen & Schildt 2022) Yrityksillä on usein yksi pääasiakas, jolle tehdään eniten puunkorjuuta, sitten pienempiä, esimerkiksi metsänhoitoyhdistykset tai yhteismetsät.

Metsäkoneyrittäjät ovat kiinnostuneita yrityksensä tuottavuudesta sekä energiatehokkuudesta. Työn tuottavuuden kasvaessa myös polttoaineenkulutus vähenee, ja täten myös päästöt. Koneiden optimoinnilla sekä kattavalla koulutuksella on vaikutuksia tuottavuuteen ja energiatehokkuuteen, joten monet metsäkoneyrittäjät haluisivat tähän asiaan lisäkoulutusta. (Haavikko, Kärhä, Hourula & Palander 2019).

4 METSÄKONEYRITYSTEN PÄÄSTÖJEN AIEMPIA TUTKIMUKSIA

Metsäkoneyritysten sekä puunkorjuun päästöjä on selvitetty Metsätehon sekä Stora Enson toimesta, jotta voidaan päästöjen määriä, sekä kartoittaa, että millaisia toimenpiteitä voisi tehdä päästöjen vähentämiseksi. Koko Suomen mittakaavassa kaikkien metsäkoneyritysten päästöt ovat olleet arviolta 291 958 CO₂ekv., tonnia vuonna 2019. Ensiharvennusten osuus päästöistä on ollut 14 %, muiden harvennusten 45 % ja uudistushakkuiden 41%. Päästöissä on otettu huomioon hakkuukoneiden ja kuormatraktorien omat päästöt sekä lavettikuljetukset ja työntekijöiden siirtymien päästöt. Päästöt olivat kuutiota kohden 4,6 kgCO₂e. (Venäläinen, Strandström & Poikela 2021).

Haavikon ym. (2022) tutkimuksessa tutkittiin metsäkoneyritysten polttoaineen kulutusta, päästöjä sekä energiatehokkuutta. Metsäkoneyritykset olivat Stora Enson aliurakoitsijoita, jotka toteuttivat puunkorjuuta Stora Enson asiakkaiden metsissä. Tutkimuksessa oli mukana 418 hakkuukonetta ja 336 kuormatraktoria. Koneet olivat suurimmaksi osaksi Ponssen, John Deeren ja Komatsun/Valmetin valmistamia. Kaikki tutkimukseen osallistuneet koneet hakkasivat yhteensä 8,9 miljoonaa kuutiota puuta vuonna 2016, joista ensiharvennusten osuus oli 8 %, muiden harvennusten 37% ja päätehakkuiden 55%. Tutkimuksessa kokonaispäästöt olivat 40 872 CO₂ekv., tonnia vuonna 2016. Tutkimuksen päästöjen laskennassa on otettu huomioon hakkuukoneiden ja kuormatraktoreiden polttoaineen kulutuksesta aiheutuvat päästöt ja metsäkoneiden siirrossa käytettävien kuorma-autojen polttoaineiden päästöt. Kuutiota kohden päästöt olivat 4,58 kgCO₂e, joka on hyvin lähellä Metsätehon tutkimusta.

Haavikon ym. (2022) sekä Venäläisen ym. (2021) tutkimukset antavat osviittaa siitä, millaisia päästöjä puunkorjuu aiheuttaa, mutta tutkimuksissa on käsitelty asioita isossa mittakaavassa, eikä kaikkia päästölähteitä ole huomioitu. Metsäkoneyritykselle päästöjen laskentaa tehtäessä pitää saada selville ja ottaa kaikki päästölähteet huomioon tarkan lopputuloksen saamiseksi.

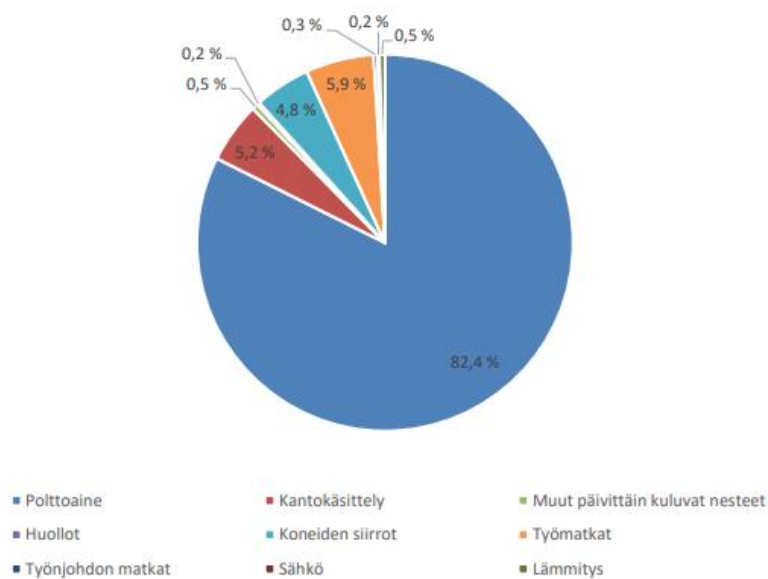
5 METSÄKONEYRITYKSEN PÄÄSTÖLÄHTEET

Yrityskohtaisia päästölaskelmia on tehty vähän metsäkoneyrityksissä, ainakaan julkisesti. Äijälän (2022) maisterintutkielmassa syvennyttiin neljän metsäkoneyrityksen toiminnasta aiheutuviin päästöihin, ja selvitettiin yritysten päästöt kokonaisuudessaan vuodelta 2021. Tutkielmassa selvitettiin kaikki yritysten päästölähteet, ja jaoteltiin ne GHG-protokollan mukaisesti eri tasoihin. Hiilijalanjälkiselvityksessä otettiin huomioon puunkorjuun vaiheet kannolta tien varteen. Varsinaisten puunkorjuun lisäksi selvityksessä huomioitiin koneiden siirroista, huolloista, kiinteistöjen ylläpidosta ja henkilökunnan työmatkoista aiheutuvat päästöt. Koneiden, laitteiden, tarvikkeiden, ajoneuvojen ja rakennusten päästöistä otettiin huomioon vain käytön aikaiset päästöt. Taulukossa 1 eriteltynä tutkimuksessa huomioon otetut päästölähteet.

Taso 1	Taso 2	Taso 3
Polttoaineiden kulutus	Ostettu sähköenergia	Polttoaineiden valmistus ja jakelu
Voiteluaineiden käyttö	Ostettu lämmitysenergia	Voiteluaineiden valmistus ja hävitys
Hydrauliikkaöljyn käyttö		Hydrauliikkaöljyn valmistus ja hävitys
Kantokäsittelyaineiden käyttö		Kantokäsittelyaineiden valmistus
AdBluen käyttö		AdBluen valmistus ja jakelu
		Jäähdytysnesteiden valmistus
		Merkintävärin valmistus

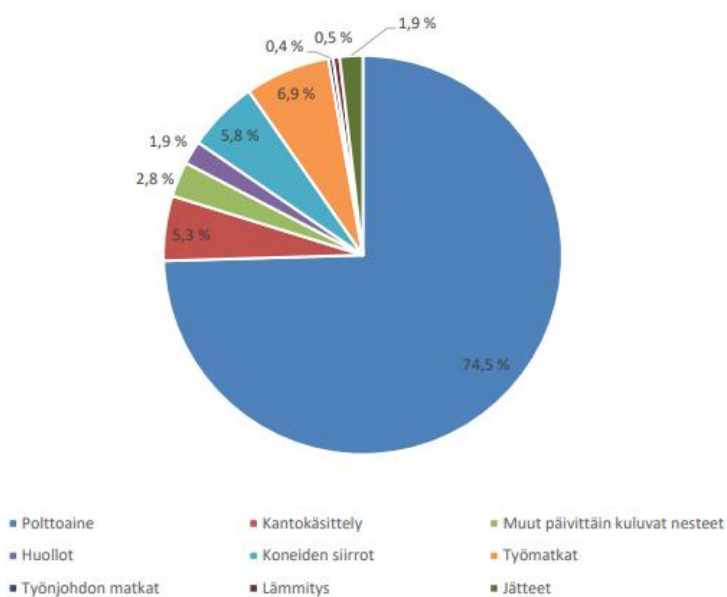
Taulukko 1 Metsäkoneyritysten päästölähteiden luokittelu (Äijälä 2022).

Äijälän (2022) tutkimuksen perusteella metsäkoneyrityksen tason 1 ja tason 3 päästöt voidaan jakaa erilleen. Tason 1 suurin päästölähde on polttoaine, joka aiheuttaa 82,4 % päästöistä. Muita suurempia päästölähteitä ovat työmatkat (5,9 %), kantokäsittely (5,2 %) ja koneiden siirrot (4,8 %). Muut päästöt olivat alle 2 %. Yrityksissä ei ollut muita tason 2 päästöjä kuin ostetun sähkön päästöt. Kuvassa 1 Kaikkien yritysten yhteenlasketut tasojen 1 ja 2 päästöt.



Kuva 1 Kaikkien yritysten yhteenlasketut tasojen 1 ja 2 päästöt (Äijälä 2022).

Epäsuorista eli tason 3 päästöistä polttoaineiden valmistamisen ja jakelun osuus oli 74,5 %. Muita suurempia päästölähteitä olivat työmatkat (6,9 %), koneiden siirrot (5,8 %) ja kantokäsittely (5,3%). Kuvassa 2 Kaikkien yritysten yhteenlasketut tason 3 päästöt. Prosentuaalisesti tason 1 ja tason 3 päästöt ovat hyvin samankaltaisia.



Kuva 2. Kaikkien yritysten yhteenlasketut tason 3 päästöt (Äijälä 2022).

5.1 Polttoaineet

Polttoaineita käytetään metsäkoneyrityksessä metsäkoneissa, henkilöautoissa, sekä kuorma-autoissa. Metsäkoneissa käytetään polttoöljyä, henkilöautoissa pääasiassa dieseliä tai E95/E98 bensiiniä, ja kuorma-autoissa dieseliä. Polttoaineet aiheuttavat tason 1 sekä tason 3 päästöjä: tason 1 päästöt aiheutuvat metsäkoneen tai muun ajoneuvon moottorin polttamasta polttoaineesta. Tason 3 päästöt aiheutuvat polttoaineen valmistuksesta sekä jakelusta. Taulukossa 2. on eri polttoaineiden päästökertoimet tasoilla 1 ja 3.

Polttoaineet	Kevyt polttoöljy	Diesel	Bensiini
Päästökertoimet kgCO ₂ e/l			
Taso 1	2,554	2,232	2,07
Taso 3	0,678	0,678	0,546

Taulukko 2. Polttoaineiden päästökertoimet (Tilastokeskus 2024, Äijälä 2022)

Metsäkoneiden polttoaineiden kulutuksia on tutkittu Metsätehon tutkimuksessa (Rieppo & Örn 2003), sekä Kääriäisen (2020) Pro Gradu tutkimuksessa. Polttoaineenkulutus on molemmissa tutkimuksissa selvitetty tunneittain sekä kuutioitain, ja tuloksissa on paljon hajontaa. Hakkuukoneen polttoaineenkulutus on ollut tunnissa keskimäärin 12,20 litraa (Rieppo & Örn 2003) ja 15,10 litraa (Kääriäinen 2020).

Kuormatraktoreita sekä hakkuukoneita siirretään työmaiden välillä kuorma-autolla lavetin päällä. Yleensä siirrot tehdään oman yrityksen kalustolla, mutta ne voivat tapahtua myös toisen yrityksen toimesta. Äijälän (2022) tutkimuksessa siirrot tekivät noin viisi prosenttia tason 1 ja tason 3 päästöistä.

Hakkuukoneiden ja kuormatraktorien kuljettajat liikkuvat työmatkat yleensä oman yrityksensä autoilla. Jotta työmatkojen päästöt saadaan selville, tulee tietää polt-

toainenkulutus autoista. Helpompi ratkaisu olisi katsoa ajopäiväkirjoista kilometrit, sekä rekisteriotteesta päästöluokitus g/km, mutta tällöin ei saataisi tietoon tason 3 päästöjä.

5.2 Voiteluaineet

Metsäkoneet tarvitsevat toimiakseen paljon eri voiteluaineita: hydraulioöljyä, jäähdytysnesteitä, voitelurasvoja, moottoriöljyä ja vaihteistoöljyä. Kaikkien näiden eri voiteluaineiden päästökertoimia on suhteellisen vaikea selvittää, koska eri metsäkoneyritykset voivat käyttää eri merkkisiä tuotteita. Yleensä kaikki aineet ovat valmistettu synteettisistä öljyistä, ja lisäaineet vaihtelevat käyttötarkoituksen mukaan. Voiteluaineiden päästökertoimissa on otettu huomioon vain öljyn osuus voiteluaineesta, sillä lisäaineiden päästöjä on vaikea tietää, eikä ne ole suuressa mittakaavassa oleellisia. Metsäkoneissa käytettävä moottoriöljy on mineraaliöljyä, ja muut öljyt ovat synteettisiä. (Äijälä 2022). Taulukossa 3. tason 1 ja tason 3 päästökertoimet voiteluaineille.

Voiteluaineet	Mineraaliöljy	Synteettinen öljy	Teräketjuöljy (kierrätetty)	Voitelurasva
Päästökertoimet kgCO ₂ e/l				
Taso 1	0,513	0,513	0,513	0,147
Taso 3	0,914	1,67	0,316	1,05

Taulukko 3. Voiteluaineiden päästökertoimet. (Äijälä 2022)

5.3 Kantokäsittelyaine

Kantokäsittelyainetta käytetään kasvukauden aikana juurikäävän leviämisen estämiseksi leimikoissa, joissa hakataan havupuuta. Aine estää juurikäävän sienitiöiden lisääntymisen ja se suihkutetaan hakkuukoneen terälaipesta kannolle kaadon yhteydessä. Kantokäsittelyainetta on käytettävä lain mukaan toukokuun

ja marraskuun välillä (Laki metsätuhojen torjunnasta 2013.) Käytössä kantokäsittelyaine hajoaa ammoniakiksi ja hiilidioksidiksi, ja siitä aiheutuu suhteellisen paljon päästöjä. Kantokäsittelyainetta kuluu keskimäärin 0,6 litraa hakattua kuutiometriä kohden (Jylhä, Jounela, Koistinen & Korpunen 2019). Yleisimmin kantokäsittelyaine sisältää ureaa, mutta markkinoilla on myös harmaaorvakkaa sisältävä aine, joka on huomattavasti ympäristöystävällisempi, mutta ei niin yleisesti käytetty. Metsä Group ilmoittaa tiedotteessaan kuitenkin siirtyvän käyttämään harmaaorvakkaa hakkuissaan kantokäsittelyaineena. (Metsä Group 2024). Harmaaorvakka on sienilaji, joka alkaa kasvamaan kannossa estäen juurikäävän leviämisen. Harmaaorvakan käyttö kantokäsittelyaineena ei aiheuta päästöjä. Taulukossa 4 ureapohjaisen Kantokäsittelyaineen päästökertoimet.

Päästökertoimet kgCO ₂ e/l		Kantokäsittelyaine (urea 32,5%)		
Taso 1		1,36		
Taso 3		0,323		

Taulukko 4. Kantokäsittelyaineen päästökertoimet. (Äijälä 2022).

5.4 AdBlue, jäähdytysneste ja merkintäväri

AdBlue-liuosta käytetään SCR-järjestelmissä vähentämään dieselmoottorin pakokaasujen typpioksideja, mutta järjestelmän käyttö aiheuttaa hiilidioksidipäästöjä. AdBlue sisältää 32,5 % ureaa ja 67,5% vettä. (Trodo 2022).

Kaikissa polttomoottorilla varustetuissa ajoneuvoissa käytetään jäähdytysjärjestelmää, joka vaatii toimiakseen jäähdytysnestettä. Jäähdytysneste ei itsessään aiheuta päästöjä, mutta sen valmistus ja jakelu aiheuttaa tason 3 päästöjä. Jäähdytysneste sisältää etyneeliglykolia 50% ja vettä 50%.

Hakkuukoneissa käytetään merkintäväriä tukkien merkkäamiseen. Myös merkintäväri sisältää etyneeliglykolia, merkintäväriissä sitä on 45 %. (Äijälä 2022). AdBluen käyttö aiheuttaa tason 1 ja tason 3 päästöjä Taulukossa 5 on AdBluen, jäähdytysnesteen ja merkintävärin päästökertoimet.

	AdBlue	Jäähdytysneste	Merkintäväri
Päästökertoimet kgCO ₂ e/l			
Taso 1	0,259	0	0
Taso 3	0,288	0,835	0,73

Taulukko 5. AdBluen, jäähdytysnesteen ja merkintävärin päästökertoimet (Äijälä 2022).

5.5 Sähkö ja lämmitysenergia

Metsäkoneyrityksillä on yleensä kiinteistö, jossa säilytetään ja huolletaan koneita sekä hoidetaan muita yritykseen liittyviä asioita. Kiinteistöissä kulutettu sähkö kuuluu tason 2 päästöihin. Taulukossa 6. sähkön päästökerroin. Päästökerroin on arvioitu Suomessa kulutetun sähkön pohjalta ajanjaksolta 1.1.2024-30.4.2024.

Päästökertoimet kgCO ₂ e/kWh	sähkö
taso 2	0,045

Taulukko 6. Ostetun sähkön päästökerroin (Fingrid 2024.)

Kiinteistöissä on myös lämmitys, joka voidaan toteuttaa eri tavoin, sekä lämmitysmenetelmä voi myös vaikuttaa hyvinkin paljon päästöihin. Metsäyrityksen konehallin lämmitysmuotoja voivat olla öljy, maakaasu, sähkö tai kaukolämpö. Kaukolämpö tuotetaan Suomessa lähes aina uusiutuvilla energialla, joten sen oletetaan aiheuttavan lähes nollapäästöt. Maakaasu- ja öljylämmitys kuitenkin aiheuttaa jonkin verran päästöjä. Öljylämmityksessä käytetään kevytpolttoöljyä. Taulukossa 7. Öljyn ja maakaasun päästökertoimet.

Päästökertoimet kgCO ₂ e/kWh	maakaasu	Kevyt polttoöljy
taso 2	0.19910	2,554

Taulukko 7. Lämmityksessä käytettävän maakaasun ja öljyn päästökertoimet. (WWF 2018, Äijälä 2022).

6 LASKENTAMALLI

Laskentamallin koonti on suhteellisen yksinkertaista aikaisempien taulukoiden päästökertoimien, sekä päästölähteiden avulla. Laskentamallin päästöt voidaan jakaa tasoihin 1, 2 ja 3: Taso 1 eli suorat päästöt, taso 2 eli ostetut energianlähteet, sekä taso 3 eli epäsuorat päästöt, esimerkiksi polttoaineiden valmistuksesta ja jakelusta aiheutuvat päästöt. Tasot saadaan jaettua taulukkoon vierekkäin, siten, että niiden päästömäärät näkyvät erikseen.

Yrittäjän tulee syöttää laskentamalliin seuraavien polttoaineiden, öljyjen, sekä muiden nesteiden kulutus siltä ajalta, miltä laskenta halutaan tehdä:

- Hakkuukoneen ja kuormatraktorin polttoaineenkulutus
- Siirtoajojen/lavettikuljetusten polttoaineenkulutus
- Kantokäsittelyaineen kulutus
- Moottoriöljyn kulutus
- Hydraulioöljyn kulutus
- Teräketjuöljyn kulutus
- Voitelurasvan kulutus
- Jäähdytysnesteen kulutus
- Merkintävärin kulutus

Kun näiden edellä mainittujen nesteiden kulutus on tiedossa, voidaan laskea päästöt hiilidioksidiekvivalentteina päästökertoimien avulla Tasolle 1 ja 3. Päästöt lasketaan suhteellisen yksinkertaisella kaavalla, eli kulutusmäärä * päästökerroin. Tällä kaavalla saadaan jokaiselle päästölähteelle päästömäärät, jotka näkyvät eroteltuna laskentamallissa. Kaikki päästöt lasketaan yhteen, ja tällöin saadaan päästöt kokonaisuudessaan tiedoksi. Kuvassa 3 kuvakaappaus laskentamallista.

Metsäkoneyrityksen päästölaskuri		Päästöt voi laskea sille ajanjaksolle, mille haluat, mutta syötä määrät kaikkiin kohtiin samalta ajanjaksolta!			
Päästöt ilmoitettu hiilidioksidiekvivalentina eli CO ₂ e					
Päästöt on jaoteltu tason mukaan:					
	Taso 1: suorat päästöt		Taso 2: ostetut energianlähteet		Taso 3: epäsuorat päästöt, esim. polttoaineiden valmistamisen päästöt
Taso 1	Syötä määrät vihreisiin laatikoihin		Taso 2		Taso 3
	Litroina	Päästöt kgCO₂e			Päästöt kgCO₂e
Hakkuukoneen ja kuormatruktorin polttoaineenkulutus:	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="0"/>	Sähköenergia		Hakkuukoneen ja kuormatruktori
Siirtoajojen/lavettikuljetusten polttoaineenkulutus:	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="0"/>	Syötä sähkönkulutus kilowattitunteina		Siirtoajat/lavettikuljetukset
Työmatkojen ja muiden matkojen polttoaineenkulutus:	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value=""/>	kWh	Työmatkojen ja muut matkat
Kantokäsittelyaineen kulutus: (Ureapohjainen kantokäsittelyaine)	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="0"/>			Kantokäsittelyaine
Moottoriöljyn kulutus:	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="0"/>			Moottoriöljy
Vaihteistoöljyn kulutus:	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="0"/>	Lämmitysenergia		Vaihteistoöljy
Hydrauliöljyn kulutus:	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="0"/>	Kaukolämpö:	päästöt minimaaliset, ei oteta huomioon	Hydrauliöljy
Teräketjuöljyn kulutus:	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="0"/>	Maakaasun kulutus	<input type="text" value=""/>	Teräketjuöljy
Voitelurasvan kulutus:	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="0"/>	Öljyn kulutus	<input type="text" value=""/>	Voitelurasva
Jäähdytysnesteen kulutus: (vain tason 3 päästöjä)	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="0"/>			Jäähdytysneste
Merkintävärin kulutus: (vain tason 3 päästöjä)	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="0"/>			Merkintäväri
	Tason 1 päästöt	0 kgCO₂e	Tason 2 päästöt:	0 kgCO₂e	Tason 3 päästöt
					0 kgCO₂e

Kuva 3 Kuvakaappaus laskentamallista.

Tason 2 päästöt ovat metsäkoneyrityksessä ainoastaan ostettu sähkö ja lämmitysenergia. Yrittäjän tulee syöttää sähkönkulutuksensa laskentamalliin kilowattitunteina. Lämmitysmuoto voi olla yrittäjällä maakaasu, öljy, kaukolämpö tai sähkö, joten yrittäjän tulee syöttää kulutus siihen kohtaan, mikä lämmitysmuoto on käytössä. Kuvassa 3. näkyy tason 2 kohdalla, mihin kulutukset merkataan. Laskentamallissa on vihreät ruudut, joihin tulee merkata kulutukset ja muut, muihin kohtiin ei tarvitse tehdä muutoksia.

Laskentamallista saadaan selville myös yritykset päästöt kuutiota kohden yrittäjän syötettyä kokonaishakkuumäärät. Sen avulla yrittäjä voi seurata päästöjä eri ajanjaksoilta ja vertailla niitä, vaikka hakkuumäärät muuttuisivatkin. Laskentamalli löytyy kokonaisuudessaan liitteestä 1.

7 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää päästölähteet sekä luoda laskentamalli, ja koen että onnistuin tavoitteen saavuttamisessa. Uskon, että laskentamalli on hyödyllinen metsäkoneyrittäjille, jotka haluavat selvittää päästönsä tarkasti. Laskentamallin käyttö vaatii kuitenkin tarkkaa kirjanpitoa yritykseltä siitä, että paljonko eri polttoaineita ja öljyä kuluu tietyllä ajalla Täten laskentamallia voidaan käyttää vain siten, että aloitetaan tarvittavien tietojen keräys joltakin tulevalta ajanjaksoilta, jolta halutaan selvittää päästöt. Aikaisempien päästöjen selvitys laskentamallia käyttämällä voi olla haastavaa.

Opinnäytetyössä olisi voinut olla esimerkkilaskelma jonkin metsäkoneyrityksen tiedoilla, jotta laskentamallin luotettavuutta olisi voinut vertailla aiempaan tutkimukseen. Sellaista ei kuitenkaan ollut, joten ei voida olla varmoja, kuinka luotettava laskentamalli on.

Opin opinnäytetyötä tehdessäni paljon siitä, miten päästöjä voidaan laskea, sekä asioista, mitkä vaikuttavat metsäkoneyrityksen päästöihin. Laskentamallin koaminen oli loppujen lopuksi suhteellisen helppoa, kun sai selville kaikki päästölähteet sekä päästökertoimet.

LÄHTEET

Ala-Kutsi, S. 2021. Metsäkonetilastot 2020. Metsätrans. Julkaistu 03.03.2021. Luettu 12.2.2024 <https://metsatrans.com/artikkeli/1446/metsakonetilastot-2020-suurimmat-yritykset-kasvavat-yha>

Fingrid. 2024 Sähköntuotannon ja kulutuksen päästöarviot. Luettu 14.4.2024 <https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinainformaatio/co2/>

Haavikko, H. ,Kärhä, K. , Hourula, M. , Palander, T. 2019. Attitudes of Small and Medium-Sized Enterprises towards Energy Efficiency in Wood Procurement: A Case Study of Stora Enso in Finland. Croatian Journal of Forest Engineering. 40 (1) 107-123. <https://crojfe.com/site/assets/files/4288/haavikko.pdf>

Haavikko, H. ,Kärhä, K. , Poikela, A. , Korvenranta, M. , Palander, T. 2022. Fuel Consumption, Greenhouse Gas Emissions, and Energy Efficiency of Wood-Harvesting Operations: A Case Study of Stora Enso in Finland. Croatian Journal of Forest Engineering. 43 (1), 79–97. <https://crojfe.com/site/assets/files/4652/haavikko-1.pdf>

Heinilä, V. 2022 Yrityksen hiilijalanjälki. Ekokompassi. Luettu 17.2.2024 <https://ekokompassi.fi/yrityksen-hiilijalanjalki/>

Ilmastolaki. 2022. 10.6.2022/423. Viitattu 12.2.2024 <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2022/20220423>

IPCC: The Intergovernmental Panel on Climate Change. 2024. Luettu 24.2024 <https://www.ipcc.ch/>

Jylhä, P. , Jounela, P., Koistinen, M. & Korpunen, H. 2019. Koneellinen hakkuu : Seurantatutkimus. Luonnonvara ja biotalouden tutkimus 11/2019. Luonnonvarakeskus. Helsinki. https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/543864/luke-luobio_11_2019_v2.pdf?sequence=7&isAllowed=y

Koneyrittäjät. 2023. Metsäkoneurakoinnin inflaatio edelleen noin 15 prosenttia. Julkaistu 23.2.2023. Luettu 14.2.2024. <https://www.koneyrittajat.fi/pages/etusivu/medialle/tiedotteet/tiedotteet-2023/20230223.php>

Kääriäinen, H. 2020. Puunkorjuun polttoaineen kulutus ja sen mallinnus. Joensuu Yliopisto. Pro Gradu tutkielma. https://erepo.uef.fi/bitstream/handle/123456789/22928/urn_nbn_fi_uef-20200866.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Laki metsätuhojen torjunnasta 2013. 8 a § (16.12.2021/1168) Juurikäävän torjunta. Viitattu 26.3.2024 <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20131087#P8a>

Metsä Group. 2024. Metsä Group vähentää merkittävästi fossiilisten kemikaalien käyttöä puunkorjuussa. Julkaistu 20.3.2024. Luettu 13.4.2024 <https://www.metsagroup.com/fi/puunhankinta/uutiset-ja-julkaisut/tiedotteet/2024/metsa-group-vahentaa-merkittavasti-fossiilisten-kemikaalien-kayttoa-puunkorjuussa/>

Ovaskainen, H., Schildt, V. 2022. Metsätehon opas, Korjuun suunnittelu. Julkaistu 22.9.2022. Luettu 26.2.2024 <https://puuhuolto.fi/korjuun-suunnittelu/>

REDU Edu 2023. "Ilman säännöllistä seurantaan hiilidioksidipäästöt ovat vain numero tapetilla". Julkaistu 3.10.2023. Luettu 14.4.2024. <https://www.varmanatoihin.fi/blogi/metsakoneyrittaja-koulutus-0>

Rieppo, K. & Örn, J. 2003. Metsäkoneiden polttoaineen kulutuksen mittaaminen. Metsätehon raportti 148. https://metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/02/metsatehon_raportti_148.pdf

Tilastokeskus. 2022. Kasvihuonepäästöt vuonna 2021 pienessä nousussa. Julkaistu 14.12.2022. Luettu 3.2.2024 <https://www.stat.fi/julkaisu/cktlf0i203azm0a519to5exzc>

Tilastokeskus. 2024. Polttoaineluokitus. Luettu 20.3.2024 https://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut_polttoaineluokitus.html

Trodo. 2022. Mitä AdBlue on ja miksi sitä tarvitaan? Julkaistu 22.6.2022. Luettu 13.3.2024 <https://www.trodo.fi/blogi/mita-adblue-on-ja-miksi-sita-tarvitaan>

Venäläinen, P., Strandström, M., Poikela, A. Puun korjuun ja kuljetusten päästöjen nykytila ja vähennyskeinot. Metsätehon tulosalvosarja 2/2021 Metsäteho Oy

<https://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tuloskalvosarja-2021-02-Puunkorjuun-ja-kuljetusten-paastojen.pdf>

World Resources Institute. Greenhouse Gas Protocol. A Corporate Accounting and Reporting standard. Luettu 13.3.2024 [ghg-protocol-revised.pdf \(ghgprotocol.org\)](https://www.ghgprotocol.org/)

WWF:n ilmastolaskurin kertoimet. 2018. WWF. Luettu 20.4.2024. https://wwf.fi/app/uploads/4/j/i/eys79ajsi040juq2dwzbsd/wwf_ilmastolaskuri_las-kentaperusteet-2018.xlsx

Ympäristöministeriö. n.d. Euroopan unionin ilmastopolitiikka. Luettu 14.2.2024. <https://ym.fi/euroopan-unionin-ilmastopolitiikka>

Äijälä, J. 2022. Puunkorjuuyrityksen hiilijalanjälki. Helsingin Yliopisto. Maisterintutkielma. <https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/98908d87-6bd8-4c1e-8674-3d28b39924f3/content>

PÄÄSTÖKERTOIMET				
Polttoaineet	Kevyt polttoöljy	Diesel	Bensiini	
Päästökertoimet kgCO2e/l				
Taso 1	2,554	2,232	2,07	
Taso 3	0,673	0,678	0,546	
Voiteluaineet	Mineraaliöljy	Synteettinen öljy	Teräketjuöljy (kierrätetty)	Voitelurasva
Päästökertoimet kgCO2e/l				
Taso 1	0,513	0,513	0,513	0,147
Taso 3	0,914	1,67	0,316	1,05
Kantokäsittelyaine (urea 32,5%)				
Päästökertoimet kgCO2e/l		Kantokäsittelyaine (urea 32,5%)		
Taso 1	1,36			
Taso 3	0,323			
	AdBlue	Jäähdytysneste	Merkintäväri	
Päästökertoimet kgCO2e/l				
Taso 1	0,259	0	0	
Taso 3	0,288	0,835	0,73	
Päästökertoimet kgCO2e/kWh		sähkö		
taso 2		0,045		
Päästökertoimet kgCO2e/kWh		maakaasu		
taso 2		0,1991		