

Opinnäytetyö (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

Insinööri (AMK)

2020

Eetu Lindqvist

HARJAVALLAN
SUURTEOLLISUUSPUISTON
TRANSVALIN TYÖKONEIDEN
HIILIDIOKSIDIPÄÄSTÖJEN
VÄHENTÄMINEN

Eetu Lindqvist

HARJAVALLAN SUURTEOLLISUUSPUISTON TRANSVALIN TYÖKONEIDEN HIILIDIOKSIDIPÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMINEN

Suomen suurimpana sisälogistiikkayhtiönä Transval haluaa toimia esimerkkinä myös ympäristöystävällisyydessä. Transval on jo hiilineutraali kompensatiojärjestelmän avulla, mutta syntyviä hiilidioksidipäästöjä on silti pyrittävä minimoimaan. Harjavallan Suurteollisuuspuistossa Transvalin toimenkuvaan kuuluu nikkelikivilogistiikka ja ulkoalueiden kunnossapito. Käytössä on erilaisia työkoneita, kuten pieniä ja suuria vastapainotrukkeja, pyöräkuormaajia ja kuorma-autoja. Ympäristöystävällisyyteen kiinnitetään huomiota mahdollisimman paljon ja työkoneita uusitaan aktiivisesti. Jatkuva kehitys työkoneiden ja kuorma-autojen tekniikassa ja vaihtoehtoisten polttoaineiden käyttö luovat mahdollisuuksia vähentää päästöjä aktiivisesti. Kun päivittäisessä käytössä on paljon työkoneita ja kuorma-autoja, pienetkin polttoaineenkulutukseen ja päästöihin vaikuttavat tekijät vähentävät vuotuisia hiilidioksidipäästöjä merkittävästi ja samalla voidaan saada aikaan merkittäviä säästöjä.

Tässä opinnäytetyössä arvioidaan työkoneiden ja kuorma-autojen käytöstä syntyviä hiilidioksidipäästöjä ja pohditaan keinoja niiden vähentämiseksi. Laskenta perustuu vuoden 2020 kesän työkoneiden arvioituihin polttoainetankkauksiin ja kuorma-autoihin kertyneisiin kilometreihin. Laskennassa ei ole voitu käyttää laajempaa tarkasteluväliä, koska useita käytössä olevia työkoneita ja kuorma-autoja on hankittu ja vaihdettu vuoden aikana. Lyhyiden tarkasteluvälien ja puuttuvien arvojen takia tulokset eivät ole absoluuttisen tarkkoja. Saaduilla tuloksilla saadaan suuntaa antava arvio eri työkoneiden ja kuorma-autojen tuottamista hiilidioksidipäästöistä. Tämä antaa mahdollisuuden vertailla eri investointien hyötyjä ja kannattavuutta. Tässä opinnäytetyössä käytetyt tiedot perustuvat kirjallisuuteen, artikkeleihin, sekä Transvalilta ja laitevalmistajilta kerättyyn tietoon.

Harjavallassa Transvalin käytössä olevat työkoneet ja kuorma-autot tuottavat laskennan perusteella noin 570 tonnia hiilidioksidia vuonna 2020. Konttikuljetuksissa käytössä olevat kuorma-autot tuottavat 30 % hiilidioksidipäästöistä, kun taas esimerkiksi 11 pienempää vastapainotrukkia tuottavat päästöistä noin 11 %. Mahdollisia ratkaisuja päästöjen vähentämiseksi olisivat vaihtoehtoiset käyttövoimaratkaisut, ajotapakoulutus ja ajotavanseurantajärjestelmät.

ASIASANAT:

hiilidioksidi, hiilineutraalius, päästöt, työkoneet, ympäristöystävällinen

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Energy and environmental technology

2020 | 29 pages

Eetu Lindqvist

REDUCING CARBON DIOXIDE EMISSIONS FROM TRANSVAL'S HEAVY MACHINERY AT THE HARJAVALTA INDUSTRIAL PARK

Being Finland's largest internal logistics company, Transval also wants to set an example in terms of environmental friendliness. Transval is already carbon neutral via a carbon offset, but efforts must still be made to minimize carbon dioxide emissions. At the Harjavalta Industrial Park Transval's job description includes nickel stone logistics and maintenance of the outdoor areas. A variety of heavy machinery are used, for example small and large forklifts, wheel loaders and trucks. The goal is to be as eco-friendly as possible and to actively renew the heavy machinery. Continuous development in the technology of heavy machinery and the use of alternative fuels creates opportunities to actively reduce emissions. With many working machines and trucks in daily use, even small factors that affect fuel consumption and emissions significantly reduce annual carbon dioxide emissions and at the same time create possibilities to achieve significant savings.

This thesis evaluates the carbon dioxide emissions from the use of work machines and trucks and considers ways to reduce them. The calculations are based on the estimated work machine refueling made in the summer 2020 and the kilometers accumulated in the trucks. It has not been possible to use a wider review range in calculations due to the fact that several machines and trucks have been acquired or replaced during the year. Due to the short viewing intervals and missing values, the results are not completely accurate. The results provide an indicative estimate of the carbon dioxide emissions produced by different machines and trucks. This makes it possible to compare the benefits and profitability of different investments. The information is based on literature, articles and information gathered from Transval and machinery manufacturers.

According to the calculations, Transval's machinery and trucks in Harjavalta produced about 570 tons of carbon dioxide in 2020. The trucks used in container transport produced 30 % of the CO₂-emissions, while for example 11 smaller forklifts produced about 11 % of the CO₂-emissions. Possible solutions to reduce emissions would be alternative power solutions, driving style training and driving style monitoring systems.

KEYWORDS:

carbon dioxide, carbon neutrality, emissions, work machines, environmentally friendly

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO	6
1 JOHDANTO	7
2 HIILIDIOKSIDIPÄÄSTÖT	9
2.1 Transvalin työkoneet Harjavallan Suurteollisuuspuistossa	9
2.2 Työkoneiden tuntilukemien ja tankkausten seuranta	10
2.3 Hiilidioksidipäästöjen laskeminen	11
3 RATKAISUJA PÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMISEKSI	14
3.1 LNG/LBG-kuorma-autot	14
3.2 LNG-, sähkö- ja polttokennoteknologiaa käyttävät vetomestarit	15
3.3 Sähkö- ja kaasukäyttöiset trukit	16
3.4 Biopolttoaineet ja Neste My Diesel	18
3.5 Ajotapakoulutus ja ajotavanseurantajärjestelmät	20
4 POHDINTOJA INVESTOINNEISTA	22
5 YHTEENVETO	24
6 LÄHTEET	26

KUVIOT

Kuvio 1. Hiilidioksidipäästöjen osuudet eri työkoneityyppien välillä.	13
---	----

TAULUKOT

Taulukko 1. Työkoneiden tuottamat hiilidioksidipäästöt vuodessa (Dieselkäyttöisten työkoneiden CO ₂ päästöarvo 2655 g CO ₂ /l ja kuorma-autojen CO ₂ päästöarvo 1416 CO ₂ [g/km]).	12
Taulukko 2. Transvalin 2,5–5-tonniset vastapainotrukkit ja niiden arvioidut käyttötunnit yhteensä vuodessa.	16
Taulukko 3. Nostokyvyltään 3,5 tonnia olevien vastapainotrukkien käyttövoimakustannukset.	18

Taulukko 4. Nostokyvyltään 5 tonnia olevien vastapainotrukkien käyttövoimakustannukset.

KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO

hiilijalanjälki	Ihmisen toiminnasta aiheutuneet ilmastopäästöt (Sitra, 2020).
hiilineutraalius	Hiilidioksidipäästöjä tuotetaan korkeintaan sen verran kuin niitä voidaan sitoa ilmakehästä hiilinieluihin (EU-parlamentti, 2020).
hiilinielu	Kerää ja varastoi jotakin hiiltä sisältävää kemiallista yhdistettä, yleensä hiilidioksidia (Ilmasto-opas, 2020).
IPCC	Hallitustenvälinen ilmastomuutospaneeli, Intergovernmental Panel on Climate Change.
ISO 14001 -standardi	Ympäristöstandardi, joka määrittelee resurssit, prosessit ja menetelmät, joiden avulla organisaatio pystyy noudattamaan sitä sitovia ympäristötavoitteita ja parantamaan ympäristösuojelunsa tasoa (SFS, 2020).
LBG	Liquefied Biogas, nesteytetty biokaasu, joka muodostuu, kun biokaasu nesteytetään miinus 163 asteiseksi (Biovoima, 2020).
LNG	Liquefied Natural Gas, nesteytetty maakaasu, joka muodostuu, kun maakaasu nesteytetään miinus 163 asteiseksi (Biovoima, 2020).
päästökompensointi	Vapaaehtoinen hiilidioksidipäästöistä maksettava hyvitysmaksu, jolla rahoitetaan erilaisia päästöjä vähentäviä toimia (Puuni, 2020).
VTT	Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy

1 JOHDANTO

Transval on Suomen suurin sisälogistiikkayhtiö, jolla on yli 25 vuoden kokemus. Transval palvelee noin 500 asiakasta Suomessa ja Baltian maissa asiakkaiden omissa tiloissa; esimerkiksi teollisuudessa, varastoissa, terminaaleissa ja myymälöissä. Työntekijöitä Transvalilla on noin 4800. Osakkeet omistaa Posti Group, ja Transval on yksi Posti Group –konsernin liiketoimintaryhmä. Transval tunnistaa, arvioi ja hallitsee ympäristöön vaikuttavia osa-alueita toiminnoissaan. Transval on sitoutunut noudattamaan kaikkia asiakkaukuvia ympäristölakeja ja -standardeja, mukaan lukien ISO 14001 ja esimerkiksi tarjoamaan asiakkaille ratkaisuja, jotka auttavat heitä vähentämään oman toimitusketjunsä ympäristövaikutuksia (Transval Group, 2020). Transvalin omistaja Posti Group Oyj asetti vuonna 2019 tavoitteen olla nollapäästöinen vuoteen 2030 mennessä (Posti, 2019).

Suomen suurimpana sisälogistiikkayhtiönä Transval haluaa myös olla ympäristö- ja turvallisuuskehityksen kärjessä. Transval on jo hiilineutraali hyvittäällä päästöt kompensatiojärjestelmän avulla, mutta päästöjä pyritään silti minimoimaan. Transvalilla on Suurteollisuuspuistossa käytössä monipuolisesti erilaisia työkoneita kuten dieselkäyttöisiä trukkeja, vetomestareita, pyöräkuormaajia, kuorma-autoja, konttikurottajia. Konekanta on suurimmaksi osaksi uutta ja toimivaa.

Opinnäytetyön idea tuli Transvalin myyntijohtaja Kai Kankaalalta, ja opinnäytetyön toimeksiantajana toimivat Kai Kankaala ja Satakunnan alueen päällikkö Toni Jokela. Työn ohjaajana toimii Turun ammattikorkeakoulun ilmastovastaava yliopettaja Juha Kääriä. Opinnäytetyö perustuu laskemiseen, kirjallisuuteen, artikkeleihin, Transvalilta saatuun tietoon ja laitevalmistajien antamiin tietoihin. Tämä opinnäytetyö on tyypiltään empiirinen tutkimus eli kokemusperäinen tutkimus, joka perustuu tutkimuskohteen havainnointiin tai mittaamiseen.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on laskea Transvalin Harjavallan Suurteollisuuspuistossa käytössä olevien työkoneiden hiilidioksidipäästöt ja selvittää mahdollisuuksia vähentää päästöjä viiden vuoden kuluessa mahdollisimman pieniksi. Hiilidioksidipäästöjen laskeminen perustuu tankkausten seurantaan ja tuntulukemien vertailuun. Lyhyiden seurantavälien ja puuttuvien arvojen vuoksi hiilidioksidipäästöjen laskeminen ei ole täysin tarkka, mutta se antaa hyvän arvion konekohtaisista päästöistä. Tällä saadaan vertailtua

työkoneita keskenään, ja voidaan arvioida esimerkiksi työkoneiden uusimisen kannattavuus. On tärkeää, että investoinnit tehdään koneisiin, joissa sillä on suurin vaikutus tuottavuuden ja ympäristön kannalta. Työ pyrkii vastamaan kysymyksiin:

- Paljonko hiilidioksidipäästöjä Transvalin käytössä olevat työkoneet tuottavat Harjavallan Suurteollisuuspuistossa?
- Mitä ympäristöystävällisempiä työkoneita on vaihtoehtoina?
- Missä työtehtävissä vaihtoehtoinen käyttövoima on toimiva ja investointina mahdollinen?
- Mitä muita ratkaisuja hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi olisi?

2 HIILIDIOKSIDIPÄÄSTÖT

Maapallon ilmakehä toimii kasvihuoneen tavoin. Ilmakehässä olevat kaasut päästävät läpi auringon säteet, mutta estävät osaa lämmöstä karkaamasta takaisin avaruuteen. Tämä mahdollistaa elämän maapallolla (WWF, 2020). Ihmisen aiheuttama ilmastonmuutos aiheutuu lähinnä kasvihuonekaasujen, erityisesti hiilidioksidin (CO₂) määrän lisääntymisestä, jossa lisääntyneet kaasut estävät lämmön karkaamisen takaisin avaruuteen (Ilmasto-opas, 2020). Hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin IPCC:n raportin mukaan ilmastonlämpeneminen on vielä mahdollista rajata 1,5 asteeseen vuonna 2016 voimaan astuneen Pariisin ilmastopimuksen tavoitteiden mukaisesti. Sen tavoitteena on pitää maapallon keskilämpötilan nousu selvästi alle kahdessa asteessa. Suomen Ilmastopaneelin mukaan Suomen pitäisi olla hiilineutraali vuonna 2030 pysyäkseen 1,5 asteen tavoitteessa (WWF, 2020). Ilmasto on lämmennyt keskimäärin jo reilun asteen esiteollisesta ajasta, mutta esimerkiksi arktisilla alueilla lämpeneminen on kaksi kertaa nopeampaa kuin muualla maailmassa. Fossiiliset polttoaineet, kuten öljy, kivihiili ja maakaasu, aiheuttavat kolme neljäsosaa kasvihuonekaasupäästöistä. Ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi tärkeimpiä keinoja ovat esimerkiksi fossiilisista polttoaineista luopuminen, energiatehokkuus ja kestävien uusiutuvien energiamuotojen käyttö (WWF, 2020).

2.1 Transvalin työkoneet Harjavallan Suurteollisuuspuistossa

Transvalilla on käytössä Suurteollisuuspuistossa paljon erilaisia ja erikokoisia työkoneita. Työkoneiden tarkemmat tiedot, käyttötunnit ja laskut on annettu Transvalin käyttöön. Uudet ja hyväkuntoiset työkoneet ovat edellytys sujuvaan ja tehokkaaseen työskentelyyn. Käytössä olevat työkoneet ovat dieselkäyttöisiä työkoneita ja kuorma-autoja, konekanta on pääsääntöisesti uutta. Uudet työkoneet ovat tekniikaltaan edistyksellisiä ja polttoaineteknologia on kehittynyttä. Vastapainotrukkeina päivittäisessä käytössä on 2,5, 3,5 ja 5 tonnin dieseltrukkeja ja ne ovat vuosimalleiltaan 2016–2020. Suuremmalle vastapainotrukille on myös vanhempi varatrukki, jota käytetään muutamia tunteja vuodessa tarpeen vaatiessa. Transvalin käytössä on vetomestareita, jotka kuljettavat pääsääntöisesti lauttavaunuilla suursäkkejä Suurteollisuuspuiston alueella. Käytössä on myös pyöräkuormaajia monipuolisissa tehtävissä, mutta pääsääntöisesti pyöräkuormaajia käytetään suursäkkien käsittelyyn alueella. Nikkeliä kontitetaan suursäkeissä Suurteollisuuspuistossa, josta kontit kuljetetaan Rauman satamaan kuorma-autoilla muutamia kertoja

päivässä. Transvalin päivittäisessä ajossa olevat kuorma-autot ovat vuosimallia 2018 ja niissä on EURO VI luokan 630hv:n moottori. EURO VI luokka on tullut käyttöön vuodesta 2014 lähtien. Raskaan kaluston EURO-luokat ilmaistaan roomalaisilla numeroilla ja mitä suurempi EURO-luokka, sitä puhtaampia pakokaasupäästöt ovat. Esimerkiksi vielä vuosina 1999–2005 käytössä ollut EURO III:n CO (g/kWh) raja on ollut vielä 40 % suurempi kuin nykyisin käytössä oleva EURO VI. Ajoneuvojen terveydelle haitallisten päästöjen enimmäisrajoitusta säädetään EU:n tyyppihyväksyntädirektiivissä. EU:n asettamia rajoja tiukennetaan noin viiden vuodenvälein. Seuraavan EURO-päästöluokan EURO VII:n voimaantulosta ei vielä ole päätöksiä. (Motiva, 2018).

2.2 Työkoneiden tuntilukemien ja tankkausten seuranta

Työkoneiden hiilidioksidipäästöjen laskeminen alkoi etsimällä arkistoista ja tiedostoista talteen otettuja tuntilukemia ja tankkauksia. Laskennassa oli valittava tarkasteluajankohdaksi kesä ja syksy 2020, koska konekanta on muuttunut edellisiltä vuosilta todella paljon. Tämän vuoksi laskelmat perustuvat korkeintaan noin 3 kuukauden aikaväliin, josta saatiin laskettua konekohtainen arvio vuoden 2020 kokonaiskulutuksesta ja käyttötunneista. Kesällä 2020 Transvalin käyttöön otettu kalustonhallintajärjestelmä Eeedo helpotti datan keräämistä työkoneista. Osaan koneista löytyi Eeedoon huoltojen yhteydessä kirjattuja tunti- ja kilometrilukemia, mikä auttoi saamaan tarkasteluvälejä suuremmiksi. Joihinkin työkoneisiin mitään tietoja ei löytynyt, joten tuntilukemat käytiin lukemassa paikalla olevista koneista kahteen kertaan noin kolmen viikon aikavälillä.

Transvalilla on Suurteollisuuspuistossa käytössä oma polttoainesäiliö, jota täytetään yleensä viikon välein. Suurin osa työkoneista tankataan omasta säiliöstä. Säiliöstä tankattaessa tankkauksen tiedot on kirjattu paperille, johon on kirjattu päivämäärä, työkoneen numero, litramäärä ja tankkaaja. Polttoaineenkulutuksen ja tankkausten seurantaan ei vielä ole käytössä digitaalista seurantajärjestelmää. Ehdotin tämän tilalle digitaalista tankkauksenseurantajärjestelmää, joka on mahdollisesti tulossa osaksi Eeedon kalustonhallintajärjestelmää lähitulevaisuudessa. Tämä mahdollistaa tarkemman konekohtaisen seurannan ja siihen voidaan tallentaa tarkempia tietoja esimerkiksi polttoaineenkulutuksesta. Kuorma-autot ja osa työkoneista tankataan Nesteen omalla tankkauspiisteellä korteilla ja Teboilin asemalla, mutta yhden kortin alaisuudessa on muutamia eri työkoneita ja kuorma-autoja. Tämän takia konekohtaiset polttoaineenkulutusarvot ovat suuntaa antavia eivätkä tarkkoja. Tällä ei kuitenkaan ole suurta merkitystä työkoneiden

kokonaispäästöjen laskemisessa, sillä yhteenlasketun polttoaineen kulutuksen arvo pysyy lähes samana. Kirjasin tankkauksia papereista tätä työtä varten noin 3 kuukauden ajalta Excel-taulukkoon, jotta tarkasteluväli olisi mahdollisimman pitkä. Tällä aikavälillä vuosittainen polttoaineenkulutuksen arvio alkaa olla lähellä todellista, vaikka paperiin kirjattujen tankkausten virheiden mahdollisuus on suuri. Väärin kirjatut koneen numerot, kadonneet sivut ja unohtuneet tankkausten kirjaamiset vääristävät lopullisia tuloksia jonkin verran. Korttitankkauksista Transvalilla oli olemassa Excel-tiedosto, josta sain loput tankkaukset kirjattua tekemääni polttoaineen kulutusarvioon.

2.3 Hiilidioksidipäästöjen laskeminen

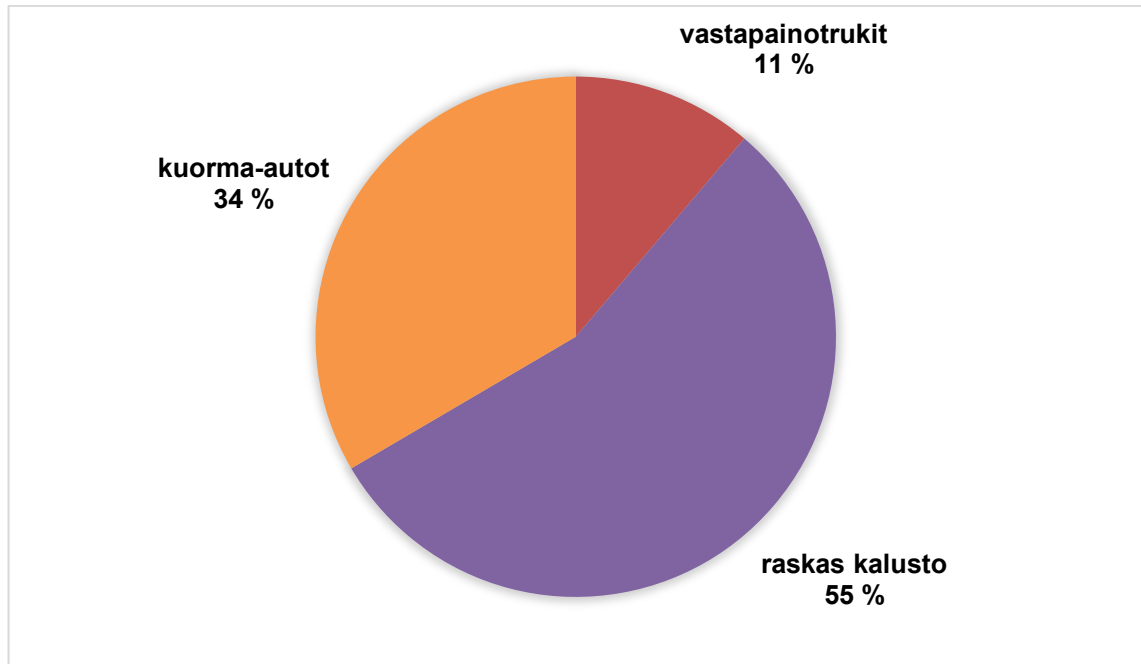
Konekohtaiset tankkaukset on kirjattu papereista ajalta 5.5. -7.10.2020 Excel-taulukkoon. Taulukkoon lisättiin myös korttien tankkaustiedot, sekä kirjaamani tuntilukemat. Tiedoilla saatiin laskettua arvioitu vuosittainen käyttötuntimäärä ja polttoaineenkulutus ja keskimääräinen päivä- ja tuntikohtainen tuntimäärä ja kulutus. Suuntaa antavatkin konekohtaiset tiedot ovat tärkeitä, jotta pystytään kohdistamaan mahdolliset investoinnit paikkaan, jossa sillä on eniten vaikutusta. Työkoneiden konekohtaiset ja kokonaishiilidioksidipäästöt lasketaan suoraan polttoaineenkulutuksesta. Päästöjen laskennassa on käytetty dieselkäyttöisten työkoneiden (mm. pyöräkuormaajat, trukit ja vetomestarit) päästöarvoja 2655 gCO₂/l ja vertailuksi Diesel-mixin arvoa 2339 gCO₂/l, jossa on uusiutuvaa dieseliä 11,5 % lämpöarvosta (Ilmastolaskuri, 2020), (VTT, 2020). Tämä on arvio tämän hetken dieselin koostumuksesta, jossa uusiutuvaa polttoainetta on sekoitettu fossiiliseen polttoaineeseen. Tarkemman tuloksen saamiseksi Harjavalta – Rauma - Harjavalta -linjaa ajavien kuorma-autojen päästöt on laskettu myös kilometrien perusteella. Täydellä kuormalla ajavien yhdistelmien (kokonaismassa 76 tonnia) päästöt EURO VI moottoreilla maantieajossa 1416 CO₂ [g/km] ja katuajossa CO₂ 2537 [g/km]. (VTT, 2020). Harjavalta – Rauma - Harjavalta -reitti on kuitenkin pääsääntöisesti maantieajoa, joten katuajon päästöarvoa ei ole käytetty. Neste antaa Neste Pro Dieselin tiheyden vaihteluväliksi 15 °C lämpötilassa 820–840 kg/m³, jonka keskiarvoa on käytetty dieselin painomuunnoksissa (Neste, 2020).

Taulukko 1. Työkoneiden tuottamat hiilidioksidipäästöt vuodessa (Dieselkäyttöisten työkoneiden CO₂ päästöarvo 2655 g CO₂/l ja kuorma-autojen CO₂ päästöarvo 1416 CO₂ [g/km]).

konetyyppi	vuosimalli	arvio h & km 2020	arvio 2020 kulutus (l)	CO ₂ -päästö (t) 2020
vastapaino	2016-2020	7970	24082	63,94
raskas kalusto	2016-2017	8638	118814	315,45
K-A	2018	135000	80181	190,64
Konekannan keski-ikä:	2016,75	16626 h + 135000 km	223077	570,03

Taulukon 1 arvoja on pyöristelty ja tietoja poistettu, tarkemmat laskelmat ja taulukot on annettu Transvalin käyttöön. Taulukon 1 mukaan Harjavallan Suurteollisuuspuiston työkoneiden ja kuorma-autojen hiilidioksidipäästöt ovat yhteensä noin 570 tonnia. Suurimmat päästöt aiheutuvat kuorma-autoliikenteestä, jos erotellaan päästöt konekohtaisesti. Taulukosta on havaittavissa lyhyiden käyttötuntien vertailuvälien takia syntyneet eroavaisuudet verrattaessa tankattuun litramäärään. Käyttötunnit eivät ole suoraan verrattavissa kulutukseen, vaan antavat mahdollisuuden suuntaa antavaan vertailuun ja arvioituilla käyttötunneilla ei ole merkitystä hiilidioksidipäästöjen tulokseen. Vertailun vuoksi kuorma-autot on myös laskettu fossiilisen dieselin yleisellä CO₂-päästöarvolla polttoaineenkulutuksesta 2660 g CO₂/l (VTT, 2016). Eriteltynä vetoautojen hiilidioksidipäästöt olisivat polttoaineenkulutuksen mukaan 200,7 tonnia vuodessa ja kilometrien mukaan 178.1 tonnia. Tämä on noin 30 % työkoneiden kokonaispäästöistä ja muut kuorma-autot mukaan lukien 34 %.

Kuviosta 1 ilmenee, että raskas kalusto tuottaa suurimman osan päästöistä. Kuitenkin päivittäisessä käytössä oleva vetoauto muodostaa yksinään keskimäärin 11,5 % (n.89 CO₂-tonnia) Transvalin Suurteollisuuspuiston työkoneiden kokonaispäästöistä, kun taas yksi raskas kalusto noin 7 % (n.40 CO₂-tonnia).



Kuvio 1. Hiilidioksidipäästöjen osuudet eri työkonetyyppien välillä.

3 RATKAISUJA PÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMISEKSI

3.1 LNG/LBG-kuorma-autot

Suurteollisuuspuistossa Transvalin käytössä olevat kuorma-autot muodostavat määräänsä nähden suurimman osan hiilidioksidipäästöistä, joten tehokkain ratkaisu päästöjen vähentämiseksi olisi korvata dieselkäyttöiset kuorma-autot LNG/LBG versioilla. Vetoautojen vaihtaminen LNG-käyttöisiksi vähentäisi hiilidioksidipäästöjä noin 34 CO₂-tonnia (7 %) ja käyttämällä LBG:tä 170 CO₂-tonnia eli noin 30 % työkoneiden kokonaispäästöistä. Esimerkiksi Ivecolla sekä Volvolla on tarjolla kuorma-autoja, jotka käyttävät LNG:tä. Kaasukäyttöiset moottorit ovat suorituskyvyltään dieselmoottoreiden tasolla ja CO₂-päästöjä syntyy jopa 20 % vähemmän. Käytettäessä LBG:tä hiilidioksidipäästöt alenevät jopa 100 %. Moottoreiden tehokkuuden ja LNG:n ansiosta toimintasäde sopii alueja kaukokuljetuksiin. Valikoimassa on kolme eri säiliökokoa, joiden ansiosta kuorma-auto voidaan optimoida jopa 1 000 km:n toimintasäteen mukaan (Volvotrucks 2020).

Otin yhteyttä muutamiin laitevalmistajiin koskien kaasukäyttöisiä kuorma-autoja raskaasiin konttikuljetuksiin Harjavalta-Rauma-Harjavalta välille. Volvolla ja Ivecolla on tarjolla tällä hetkellä enintään 460hv:n LNG/LBG-kuorma-autoja, joissa suurin sallittu tieliikennemassa ajoneuvoyhdistelmälle on 68 tonnia. Se ei vielä riitä korvaamaan tehokkaita 630 hevosvoimaisia diesel kuorma-autoja. Volvolla ei vielä ole tarkkaan tiedossa, missä vaiheessa päästään lanseeraamaan suurempia moottoritehoja kaasukäyttöisenä, mutta tehtaalla on tiedossa Suomen yritysten toivomus isoimmista tehoista, joten lähitulevaisuudessa tehokkaampia malleja on todennäköisesti odotettavissa. Lain mukaan massaltaan yli 44 tonnin ajoneuvoyhdistelmässä käytettävän auton moottorin tehon on oltava vähintään 5 kilowattia jokaista yhdistelmämassan tonnia kohden (Oikeusministeriö, 2019), joten lain edellyttämä vaatimus 76 tonnin yhdistelmään olisi 380kw eli noin 520-hevosvoimaa.

Maakaasun eli LNG:n maahantuonnista, siirrosta ja tukkumyynnistä vastaava Gasum Oy toimittaa LNG:tä Harjavallan Suurteollisuuspuistoon teollisuuden käyttöön. Gasumilla on maakaasun tankkauspisteitä Suomessa, Ruotsissa ja Norjassa. Harjavaltaa lähin rasakaankaluston tankkauspiste sijaitsee Turussa. Gasum kehittää aktiivisesti bio- ja maakaasun tankkausasemaverkostoa ja tavoitteena on lisätä tankkausasemien määrää useilla asemilla lähivuosien aikana, sillä liikennekaasun kysyntä kasvaa voimakkaasti

koko ajan. Laajeneva asemaverkosto parantaisi mahdollisuuksia siirtyä liikennekaasujen käyttöön (Gasum, 2020). Yritysassiakaspalvelun mukaan Harjavalta-Rauma alueelle ei vielä ole suunnitteilla tankkausasemia.

3.2 LNG-, sähkö- ja polttokennoteknologiaa käyttävät vetomestarit

Vetomestareille vaihtoehtoisia käyttövoimaratkaisuja olisivat LNG/LBG, sähkö ja polttokennotekniikka eli vetykäyttöinen vetomestari. Terberg on vuonna 2015 toimittanut 40 YT222 LNG-vetomestaria Asyaportin satamaan Turkkiin, joten LNG-vetomestarit ovat olleet tästä päätellen toimiva ratkaisu ainakin lämpimämmissä maissa. (Terberg, 2015). Vaihtoehtona kaasukäyttöisille vetomestareille tuotannossa on myös tehokkaita Terbergin YT203-EV sähkökäyttöisiä terminaalitraktoreita. Akkujärjestelmä on saatavilla 222kwh kokoisena, mikä takaa virran riittämisen erilaisiin tehtäviin. Myös sähkökäyttöisten työkoneiden hyviin ominaisuuksiin sisältyvät myös halvemmat huollot, sillä ne eivät sisällä niin paljon liikkuvia osia kuin vastaavat dieselkoneet. YT203-EV on myös suunniteltu toimimaan eri puolilla maailmaa ja sitä voidaan käyttää vaihtelevissa lämpötiloissa -30 asteesta aina +50 asti. Kuitenkin molempia vaihtoehtoja on saatavilla vain takavetoisina tällä hetkellä, ja Harjavallan talviolosuhteissa neliveto on ainoa mahdollinen järkevä vaihtoehto (Terberg, 2020).

Terbergin jälleenmyyjän Sigma Trukit Oy:n mukaan maailmanmarkkinoilla vetomestareiden vetotapa on noin 80 % takavetoisia. Nelivetoisia malleja käytetään ainoastaan RoRo-satamissa (laivat lastataan ajoneuvoilla ramppia pitkin), raskaassa teollisuudessa ja pohjoismaissa talvien takia. Tämän takia uudet teknologiat ovat aina aluksi takavetoisia. Nelivetoisia malleja on todennäköisesti tulevaisuudessa tulossa, kun takavetoiset mallit ovat ajettu sisään ja hyvin testattu. LNG-mallista ei todennäköisesti ole tulossa nelivetoisia malleja, vaan kehitystyö keskittyy polttokennoteknologiaan ja sähköön.

Polttokennoteknologiaa käyttävä vetomestari YT203-H2 käyttää polttoaineenaan vetyä ja se on otettu testikäyttöön Rotterdamin satamassa lokakuussa 2020. Malli pohjautuu täysin sähkökäyttöiseen YT-203-EV-malliin. Erona vain, että energia on varastoitu vedyn muodossa. YT-203-H2:ssa on neljä 150 litran (350 Bar) vetypolttainetankkia eli yhteensä 600 litraa, ja se sisältää 14,4 kilogrammaa vetyä. Tämä mahdollistaa kokopäiväisen operoinnin raskaissakin työtehtävissä. Vety-tekniikan ansiosta tankkaaminen on nopeaa eikä sähkövoiman edellyttämää latausaikaa ole. Polttokennoteknologialla saavutetaan vähintään samat tehot, kuin dieselillä. Kuitenkin tällä hetkellä diesel tarjoaa parhaan

suorituskyvyn pienimmillä kustannuksilla, mutta dieselin suorituskyky tulee kuitenkin uusiutumattomien luonnonvarojen kustannuksella (Terberg, 2020).

3.3 Sähkö- ja kaasukäyttöiset trukit

Transvalilla on Harjavallassa käytössään 11 vastapainotrukkia. Näistä trukeista kaksi on suuria noin 30 tonnin nostokyvyn omaavaa vastapainotrukkia, joista toinen toimii varatruckkina. Yhteensä ajotunteja suurille trukeille kertyy vuodessa arviolta vain noin 300 tuntia, joten tarkasteluun valikoitui pienemmät vastapainotrukit.

erikokoiset vastapainotrukit	vastapaino	arvio h / a
	vastapaino 2,5 t	4500 h
	vastapaino 3,5 t	3000 h
	vastapaino 5 t	50 h

Taulukko 2. Transvalin 2,5–5-tonniset vastapainotrukit ja niiden arvioidut käyttötunnit yhteensä vuodessa.

Taulukon 2 mukaan vastapainotrukkeja käytetään keskimäärin noin 846 tuntia vuodessa. Taulukkoa on pienennetty ja pyöristelty, tarkempi taulukko on annettu Transvalin käyttöön. Arvot eivät ole tarkkoja lyhyen tarkasteluvälin takia, mutta suuntaa antavatkin arvot ovat hyödyllisiä esimerkiksi sähkötrukkeihin siirtymisen kannattavuuden laskennassa. Lindeltä on saatavana myös kaasukäyttöisiä trukkeja, mutta vain 1,4–2 tonnisia, joten ne eivät riitä käyttötarkoitukseen (Wihuri, 2020). Vastapainotrukkeja käytetään Suurteollisuuspuistossa suursäkkien siirtelyyn, purkuun ja lastaukseen. Trukkeja käytetään ulkona tai ulkovarastoissa ja osalla trukeista ajetaan myös pidempiä siirtymiä. Sähkötrukkien tulisi soveltua myös Suomen talviolosuhteisiin ja kokopäiväiseen käyttöön lyhyillä tauoilla. Otin yhteyttä muutamiin laitevalmistajiin, sekä jälleenmyyjiin saadakseni lisää tietoa sähkökäyttöisistä vastapainotrukeista.

Jugheinrich valmistaa sähkötrukkeja, joiden nostokyky on 1–5 tonnia. Kokoluokaltaan kyseiset trukit soveltuisivat tarvittavaan käyttöön hyvin esimerkiksi kontitukseen ja junan vaunujen lastauksiin. Trukit soveltuvat myös ulkokäyttöön, mutta tällä hetkellä Li-ion-akujen varaajat tarvitsevat lämpimän tilan, jota ei tällä hetkellä ole Transvalin käytössä

Suurteollisuuspuistossa. Jugheinrichilta on tulossa Li-ion-akkujen lämmitysjärjestelmä muutaman vuoden sisällä, mikä mahdollistaa ulkolatauksen pakkasella.

Linde valmistaa sähkökäyttöisiä vastapainotrukkeja kokoluokissa 1–8 tonnia. Linden Li-ion-akkua voidaan ladata myös pakkasolosuhteissa. Akkujen latausaika pitenee kylmissä olosuhteissa, koska akut eivät varastoi itseensä niin paljon energiaa kylmissä olosuhteissa. Tämän välttämiseksi Pohjoismaissa käytössä olevat sähkötrukit ladataan pääsääntöisesti lämmitetyissä varastoissa, vaikka niitä käytettäisiin ulkona.

Toyotalla on tarjolla 1,5–8 tonnisia sähkökäyttöisiä vastapainotrukkeja. Toyota Material Handling Finland Oy:ltä saadussa materiaalissa on rakennettu 3,5 ja 5 tonnin sähkö- sekä diesel-vastapainotrukki ulkokäyttöön.

Tarkastelussa olevat mallit ovat:

- Toyota 8FD50N (Diesel) 5 t.
- Toyota 8FBMT50 (Sähkö) 5 t.
- Toyota 8FDJF35 (Diesel) 3,5 t.
- Toyota 8FBMT35 (Sähkö) 3,5 t.

Sähkötrukkien tarjouksiin on myös laskettu vaihtoakku, joka mahdollistaa ympärivuorokautisen toiminnan. Tarjouksissa on huomioitu se, että sähkö-vastapainotrukit eivät kuluta energiaa niin sanotulla tyhjäkäynnillä vaan vain silloin, kun ajo- tai nostomootoria käytetään. Tämän takia käyttöaste on sähkötrukeissa 30 % alhaisempi. Tarjousten perusteella 3,5 tonnin kokoluokassa dieseltrukin leasing hinta on noin 10 % kalliimpi kuin sähkötrukin. Nostokyvyltään 5 tonnia oleva sähkötrukki on noin 10 % halvempi, kuin vastaava dieseltrukki. Molemmat tarjoukset sisältävät ylläpitosopimuksen ja sähkötrukit latauslaitteiston. 3,5 ja 5 tonnin kokoluokan sähkötrukkien leasing hinnoissa ei ole suurta eroa, koska käyttötunnit pienemmässä trukissa ovat suuremmat, vaikka Toyota 8FBMT35 on hieman kalliimpi kuin vastaava dieseltrukki. Kun otetaan käyttökustannukset huomioon, sähkö tulee halvemmaksi. Käyttövoimakustannuksien laskennassa on käytetty suuntaa antavaa sähkön hintaa 0,10 €/kW ja dieselin hintaa 0,8 €/litra. Näillä arvoilla sähkökäyttöisen vastapainotrukin käyttövoimakustannukset tunnissa ovat noin 60 % pienemmät kuin dieseltrukin. Laskuissa ei ole otettu huomioon dieseltrukin tyhjäkäyntiä, joka aiheuttaa arviolta noin 30 % suuremmat käyttötunnit.

Toyota 8FBMT35 (Sähkö) 3,5 t.	
Akun jännite	80 V
Akun kapasiteetti	775 Ah
Akun teho	49,6 kW
1 lataus	73,99 kWh
Sähkön hinta	0,10 €/kWh
1 latauksen hinta	7,40 €
työskentely-aika latauksella	5,9 h
hinta tunnissa	1,254 €/Wh
arvio käyttötunneista vuodessa	1000 h
hinta vuodessa	1 254 €

Toyota 8FDJF35 (Diesel) 3,5 t.	
kulutus tunnissa	3,9 l
polttoaineen hinta	0,8 €/l
hinta tunnissa	3,12 €/h
arvio käyttötunneista vuodessa	1000 h
hinta vuodessa	3 120 €

Taulukko 3. Nostokyvyiltään 3,5 tonnia olevien vastapainotrukkien käyttövoimakustannukset.

Toyota 8FBMT50 (Sähkö) 5 t.	
Akun jännite	80 V
Akun kapasiteetti	930 Ah
Akun teho	59,52 kW
1 lataus	88,79 kWh
Sähkön hinta	0,10 €/kWh
1 latauksen hinta	8,88 €
työskentely-aika latauksella	5,13 h
hinta tunnissa	1,730 €/Wh
arvio käyttötunneista vuodessa	500 h
hinta vuodessa	865 €

Toyota 8FD50N (Diesel) 5 t.	
kulutus tunnissa	5,3 l
polttoaineen hinta	0,8 €/l
hinta tunnissa	4,24 €/h
arvio käyttötunneista vuodessa	500 h
hinta vuodessa	2 120 €

Taulukko 4. Nostokyvyiltään 5 tonnia olevien vastapainotrukkien käyttövoimakustannukset.

3.4 Biopolttoaineet ja Neste My Diesel

Tällä hetkellä vaihtoehtoisia kannattavia ratkaisuja dieselkäyttöisten työkonoiden korvaamiseksi on vähän, jolloin fossiilisen polttoaineen käytön korvaaminen esimerkiksi biodieselillä olisi yksi vaihtoehto pienentää työkonista syntyviä hiilidioksidipäästöjä. Biodiesel on uusiutuva polttoaine, jota valmistetaan kasviöljyistä, kuten rapsisiemenöljystä, auringonkukansiemenöljystä, soijaöljystä ja käytetyistä paistoöljyistä tai eläinrasvoista.

Sitä voidaan käyttää sellaisenaan tai fossiilisen dieselpolttoaineen sekoituksena. Biodiesel tuottaa noin 65–90 % vähemmän päästöjä verrattuna normaaliin dieseliin (EBB, 2020). Ensimmäisen sukupolven biodiesel kuitenkin kilpailee ruuantuotannon kanssa, joten tilalle on kehitetty myös toisen sukupolven biopolttoaineet, joissa raaka-aineina käytetään kasvi- ja puupohjaista selluloosaa, jätteitä ja tähteitä. Toisen sukupolven biopolttoaineet vähentävät tehokkaammin päästöjä ja ovat korkealaatuisempia. Kolmannen sukupolven biopolttoaineet ovat kehitteillä, ja se mahdollistaisi esimerkiksi levien käytön raaka-aineena. Vuonna 2020 Suomessa biopolttoaineiden jakeluvolvoite on 20 % ja ruuantuotannon kanssa kilpailevia raaka-aineita saa olla korkeintaan 7 %. Biopolttoaineen jakeluvollisia ovat yli miljoona litraa vuodessa jakelevat Neste Oyj, North European Oil Trade Oy ja Teboil Ab. Biopolttoaineet voidaan valmistaa itse tai ostaa. (Energiavirasto, 2019). Diesel-mix:n arvoa 2339.00 gCO₂/l käytettäessä on uusiutuvaa dieseliä 11,5 % lämpöarvosta, jolloin työkonoiden kokonaishiilidioksidipäästöt vähentyisivät nykyisestä määrästä noin 45 tonnia, eli 8 %.

Neste MY on Nesteen kehittämä ja patentoima uusiutuva diesel, sitä valmistetaan NEXBTL- teknologialla (Next Generation Biomass to Liquid). Neste MY luokitellaan parafiiniseksi dieseliksi, ja se täyttää parafiinisen dieselin standardin EN15940. Hyvinä puolina Neste MY -dieselissä sen sopivuus kaikkiin dieselkäyttöisiin moottoreihin ja sitä voidaan sekoittaa fossiiliseen dieseliin kaikissa sekoitussuhteissa, kun taas EN590-dieselstandardin takia biodieseliä saa käyttää dieseltuotteissa maksimissaan 7 % pitoisuutena. Tämän takia Neste MY soveltuu hyvin jakelijoiden biovelvoitteen täyttämiseen. Neste MY:n hiilijalanjälki on koko sen elinkaaren ajalta noin 90 % pienempi kuin fossiilisen dieselin (Neste, 2020). Neste MY:n hintaero fossiiliseen dieseliin nähden on noin 0,21 € / litra. Jos kaikki Transvalin Suurteollisuuspuiston työkonoidet siirtyisivät käyttämään Neste MY:ta tarkoittaisi tämä karkeasti laskettuna noin 40 000 – 50 000 euron lisäkustannuksia ottamatta huomioon kompensaatiossa säästettyä summaa. Kuitenkaan tätä hintaa ei voida suoraan verrata, sillä Neste MY:n puhtaampi palaminen tuottaa vähemmän hiukkaspäästöjä ja tuhkaa, hiukkassuodattimien puhdistusaikaväli harvenee ja moottoriöljy säilyttää ominaisuutensa pidempään (Neste, 2020).

Transval kompensoi tuottamansa hiilipäästöt ja sen hinta vaihtelee 25–45 euroon. Tämän takia kalliimpikin polttoainevaihtoehto on kuitenkin kokonaisuudessaan jonkin verran halvempi. CO₂Esto Oy:n laskurin mukaan kompensoidun hiilitonnin hinta on noin 40 euroa (CO₂Esto, 2020). Tämän perusteella työkonoiden kokonaispäästöjen kompensointi hinta on noin 23 000 euroa. Kun hiilijalanjäljen kompensointi otetaan huomioon,

Neste MY tulisi noin 25 000 euroa kalliimmaksi kuin fossiilinen diesel. Useasti päästöjen kompensointi on myös mitoitettu vähintään kaksinkertaiseksi, se toimii varmistuksena hiilinieluprojektien sisältämiin riskeihin ja tämän vuoksi hiilidioksidia poistetaan enemmän mitä yritys tuottaa. Tätä kutsutaan ylikompensaatioksi ja se on usein sisällytetty hiilitonnin kompensointiin hintaan (Compensate, 2020).

Puhtaan biodieselin käyttö ei kuitenkaan ole yksiselitteinen vaihtoehto vähentää päästöjä. Puhtaan biodieselin käyttö vaikuttaa omaan hiilijalanjälkeen, mutta sillä ei ole vaikutusta Suomen tieliikenteen tai kasvihuonepäästöihin lainkaan. Kuten aiemmassa kapaleessa on mainittu, Suomessa biopolttoaineiden jakelunelvoite on 20 %, eli 80 % saa olla fossiilista. Puhtaan biodieselin jakelu lasketaan jakelunelvoitteeseen eli kun tankataan arvokkaampaa puhdasta biodieseliä, jakeluyhtiöiden ei tarvitse sekoittaa niin paljon uusiutuvaa polttoainetta fossiiliseen polttoaineeseen. Jakelijoiden ei ole kannattavaa sekoittaa enempää uusiutuvia polttoaineita fossiiliseen polttoaineeseen yli vaaditun 20 % vaan myydä itsetuotetut uusiutuvat polttoaineet maailmalle parhaan hinnan mukaan tai vastaavasti jättää ylimääräiset biopolttoaineet ostamatta. Käytännössä tankkaamalla pelkkää uusiutuvaa dieseliä ei lisätä biopolttoaineen käyttöä, vaan vapautetaan vastaava määrä fossiilista polttoainetta tankattavaksi muiden tankkeihin (HS, 2020).

3.5 Ajotapakoulutus ja ajotavanseurantajärjestelmät

Kuljettajan vaikutus polttoaineen kulutukseen on suurin yksittäinen tekijä. Taloudellinen ajotapa vähentää polttoaineenkulutuksen lisäksi myös ajoneuvon kulumista. Ajotapakoulutus on nopein ja edullisin tapa laskea polttoaineen kulutusta ja vähentää näin polttoaineen kustannuksia ja hiilidioksidipäästöjä. Ajotapakoulutuksesta on hyötyä ajettaessa uudella tai vanhalla kalustolla (VTT, 2005). Ammattipätevyyden suorittaneilla on kuitenkin takanaan myös ennakoivan ajamisen opetusta vähintään 7 tuntia, eli ammattipätevyyden omaavilla kuorma-auton kuljettajilla on jo alustava tietopohja taloudelliseen ajoon (Pihlajamäki, 2020). Kuljettajan asenteella on suurin vaikutus polttoaineen kulutukseen. Scania mukaan oikealla asenteella ajavat kuljettajat, jotka ovat suorittaneet Scania koulutuskurssin voivat vähentää polttoaineenkulutustaan vähintään 10 prosenttia (Tradetrucks, 2014). 10 %:n kulutuksen väheneminen kuorma-autoissa tarkoittaisi yli 7 000 – 8 000 litraa vuodessa, eli hiilidioksidipäästöt vähentyisivät noin 20 tonnia.

Ajoneuvonseurantajärjestelmä on tehokas tapa seurata omaa ajoa, ja ajotavan kehitystä. Kiihtyvyyssanturin sekä satelliittipaikannusjärjestelmän avulla laitteella pystytään mittaamaan kiihtyvyyksiä. Laittevalmistaja Aplicom valmistaa seurantajärjestelmiä, jotka soveltuvat raskaaseen kuljetuskalustoon, työkoneisiin ja sisälogistiikkaan. Työkoneisiin asennetuilla laitteilla voidaan seurata esimerkiksi polttoaineen kulutusta, käyttötapaa, laitteisiin kohdistuvia iskuja sekä niiden dataväylältä saatavia virheilmoituksia (Aplicom, 2020). Kuorma-autoihin asennettava ajotavanseurantajärjestelmä seuraa esimerkiksi äkkijarrutuksia, kiihdytyksiä, kaarreajoa ja ylinopeuksia. Tuloksia voidaan seurata esimerkiksi kerran viikossa sähköpostiin tulevasta raportista. Kuorma-autoissa on asennettuna lisävarusteena saatava ajoneuvonseurantajärjestelmä Fleetboard. Ajotavanseuranta antaa välineen kehittää kuljettajan ajotapaa kaluston kannalta maltillisempaan ja polttoainetta säästävämpään suuntaan (Fleetlogis, 2020).

Taloudellisen ajotavan omaksuminen ja käyttäminen vaativat työntekijän oman kiinnostuksen asiaan. Taloudelliseen ajotapaan voidaan motivoida pääasiassa rahallisesti tai tukemalla harrastus- ja virkistystoimintaa (Joki 2018, 172). Palkitseminen ja kannustaminen ovat parhaimmillaan, kun niistä on hyötyä työntekijöille ja yritykselle. Työntekijät tarvitsevat yhteisen tavoitteen, esimerkiksi polttoaineen kulutuksen vähentäminen kuukaudessa tietyllä prosentilla. Polttoaineenkulutuksen vähentämisen seuraaminen on kuitenkin tällä hetkellä vaikeaa työkoneista, koska työmäärää ja työtahtia ei pystytä seuraamaan. Kulutus ei saisi laskea työtehokkuuden kustannuksella. Reittiajossa olevien kuorma-autojen kulutusta ja sen vähentämistä ajotavalla pystytään kuitenkin seuraamaan jo käytössä olevasta ajotavanseurantajärjestelmästä. Pienilläkin parannuksilla saadaan aikaan merkittäviä säästöjä. Jos kuorma-autojen vuotuisista kulutuksista pystyttäisiin ajotavalla vähentämään 5 %, tarkoittaisi se noin 4 000 litran polttoainesäästöä. Tämä vähentäisi noin 10 tonnia hiilidioksidia kokonaispäästöistä ja noin 3 000 euroa polttoainekustannuksista. Tällä voitaisiin rahoittaa esimerkiksi työkoneisiin asennetut ajotavanseurantajärjestelmät ja työntekijöiden palkitseminen valikoidulla tavalla.

4 POHDINTOJA INVESTOINNEISTA

Tässä opinnäytetyössä haettiin erilaisia ratkaisuja päästöjen vähentämiseksi ja pohdittiin investointeja ja niiden kannattavuuksia eri osa-alueille. Transvalin käytössä Harjavallan Suurteollisuuspuistossa on tällä hetkellä suurimmaksi osaksi uusia ja polttoaineteknologiaaltaan kehittyneitä työkoneita. Käytössä oleva raskas kuljetuskalusto käyttää parhaimman päästoluokituksen omaavia EURO VI moottoreita, sekä suurin osa työkoneista uusia vähäpäästöisempiä moottoreita.

Kuorma-autojen sekä työkoneiden jälleenmyyjille ja valmistajille tehtyjen kyselyiden mukaan, kehittyneempiä ja vähäpäästöisempiä energiaratkaisuita on tulossa lähivuosina, jotka sopisivat myös Transvalin tarpeille. Raskaalle kuljetuskalustolle on tulossa tehokkaampia LNG-moottoreita, sekä vetomestareille sähköä ja vetyä käyttäviä nelivetoisia vetomestareita. Kaasukäyttöistä kalustoa ei kuitenkaan voida hankkia ennen kuin tankkausasema on mahdollinen Suurteollisuuspuistoon. Uusien kuorma-autojen ja vetomestareiden hankkiminen tällä hetkellä ei ole kannattavaa, eikä niillä saataisi vähennettyä hiilidioksidipäästöjä niin etteivät työtehot laske. Tulevaisuudessa markkinoille saapuvat tehokkaammat LNG kuorma-autot, sekä polttokennoteknologiaa tai sähköä käyttävät vetomestarit olisivat kuitenkin hyvä ratkaisu. Tämä vaatii kuitenkin kustannus- ja päästö-laskelmia, kun kyseisiä ratkaisuja tulee markkinoille.

Sähkötrukkien ja dieseltrukkien vertailusta saatiin kattava materiaali Toyota Material Handling Finland Oy:ltä ja suuntaa antavat leasing-tarjoukset. Sähkötrukkien käyttö tulee arviolta noin 1 000 – 2 000 euroa halvemmaksi vuodessa kuin vastaavan dieseltrukin. Sähkötrukkien käyttö ei kuitenkaan ole vielä niin käytännöllistä talviolosuhteissa, että niillä olisi kannattavaa korvata kaikki dieseltrukit. Sähkötrukki olisi toimiva ratkaisu esimerkiksi junanvaunujen lastauksessa käytetyn dieseltrukin korvaajaksi, mutta sen vuotuiset käyttötunnit jäävät niin pieniksi, ettei sillä saada aikaan säästöjä. Junanvaunujen lastauksessa käytetyn dieseltrukin polttoainekustannukset ovat vuodessa niin pienet, että sähkön käyttövoimakustannuksen pienuuden edut eivät korvaa sähkötrukin kalliimpaa hintaa. Tämän vuoksi ei ole taloudellisesti kannattavaa lähteä korvaamaan uudehkoa toimivaa dieseltrukkia vielä tässä vaiheessa. Uusilla 3,5 tonnin nostokykyisillä dieseltrukeilla keskikulutus on noin 4 l/h, jolloin 200 tuntia vuodessa käytettävä trukki tuottaisi päästöjä noin 2 hiilidioksiditonnia, tämä on noin 0,35 % kokonaispäästöistä. Joten

suuria päästövähennyksiä yhden vähän käytössä olevan trukin korvaamisella ei vielä saavuteta.

Vaihtoehtoisten polttoaineiden kuten Neste My dieselin käyttöönotto olisi tehokas tapa vähentää hiilijalanjälkeä polttoaineen elinkaaren ajalta noin 90 %. Mutta se toisi arviolta noin 20 000 euron lisäkustannukset kompensatio mukaan luettuna. Tämä vähentäisi ainoastaan Transvalin hiilidioksidipäästöjä, eikä Suomen kokonaispäästöjä, sillä se lisää fossiilisen polttoaineen pitoisuutta tavallisen dieselin seassa samassa suhteessa.

Kouluttamalla ja kannustamalla työntekijöitä kulutusta vähentävään ajotapaan, voidaan saada aikaan merkittäviä vähennyksiä kulutuksessa ja päästöissä. Kuljettajat voivat vähentää ajoneuvon kulutustaan arviolta n.10 %, tämä edellyttää kuitenkin oikean asenteen ja ajoneuvon seuranta järjestelmän aktiivista seuraamista, jolla kuljettaja pystyy kehittämään ajotapaansa. Jos järjestelmä saataisiin toimivaksi myös työkoneisiin, aiheutuneet kulut saadaan korvattua vähentyneellä polttoaineenkulutuksella ja huoltotarpeella. Ajoneuvon seuranta järjestelmien käyttöönotto työkoneisiin ja palkitsemisjärjestelmä vaativat kuitenkin laajempaa suunnittelua, tarjousten ja kustannuksien laskemista, sekä paikallista sopimista työntekijöiden kanssa.

5 YHTEENVETO

Hallitustenvälisen ilmastomuutospaneelin IPCC:n raportin mukaan ilmastonlämpeneminen on vielä mahdollista rajata 1,5 asteeseen vuonna 2016 voimaan astuneen Pariisin ilmastosopimuksen tavoitteiden mukaisesti. Suomen Ilmastopaneelin mukaan Suomen pitäisi olla hiilineutraali vuonna 2030 pysyäkseen 1,5 asteen tavoitteessa. Suomen suurimpana sisälogistiikkayhtiönä Transvalilla on myös suuri vastuu pyrkiä vähentämään mahdollisimman paljon tuottamiaan hiilidioksidipäästöjä. Transval on hiilineutraali kompensatiojärjestelmän avulla, mutta siitä huolimatta hiilidioksidipäästöjä on pyrittävä vähentämään ja toimintaa on kehitettävä jatkuvasti ympäristöystävällisempään suuntaan.

Tämä opinnäytetyö alkoi selvittämällä ja laskemalla Transvalin työkoneiden tuottamat hiilidioksidipäästöt Harjavallan Suurteollisuuspuistossa. Transvalilla on käytössään kymmeniä erilaisia työkoneita ja kuorma-autoja. Vuodessa työkoneet ja kuorma-autot tuottavat noin 570 tonnia hiilidioksidia. Konttikuljetuksia tekevien vetoautojen osuus kokonaispäästöistä oli noin 178 tonnia eli 31 %. Hiilidioksidipäästöjen laskeminen perustui Transvalilta kerättyihin tietoihin, joissa havaittiin puutteita ja mahdollisia eroavaisuuksia. Myös tarkasteluvälien lyhyys vaikutti lopputulokseen. Saadut tulokset eivät ole absoluuttisen tarkkoja, mutta niiden avulla pystytään arvioimaan kehitystä ja kohdistamaan investointeja sinne missä sillä on suurin vaikutus.

Työssä selvitettiin myös vaihtoehtoisia ympäristöystävällisempiä työkoneita, niiden soveltumista Transvalin monipuolisiin työtehtäviin ja investointien kannattavuutta. Koneiden vaihtamisen lisäksi pohdittiin myös muita ratkaisuja CO₂-päästöjen vähentämiseksi. Hiilidioksidipäästöjen ja kulutuksen laskemisella saatiin tarkempi arvio, mihin suuremmatkin investoinnit voisivat olla kannattavia. Polttoaineen kulutus, sekä hiilidioksidipäästöjen kompensointi ovat suuria kulueriä yritykselle, jolloin pienilläkin muutoksilla voidaan saada aikaan suuriakin säästöjä. Työkoneiden ja kuorma-autojen valmistajilta, sekä jälleenmyyjiltä saatiin tarkempia tietoja uusista ympäristöystävällisemmistä ratkaisuista ja niiden saapumisesta markkinoille. Päivittäisessä käytössä olevat vetomestarit ja kuorma-autot aiheuttavat suurimman osan hiilidioksidipäästöistä, jolloin näiden vaihtaminen ympäristöystävällisempiin versioihin vähentäisi päästöjä merkittävästi. Tällä hetkellä uusille dieselvetomestareille ja dieselkuorma-autoille ei ole sopivia sähkö-, kaasutai vetykäyttöisiä korvaajia. Lähivuosina on kuitenkin tulossa tehokkaampia kaasukäyt-

töisiä kuorma-autoja, sekä nelivetoisia sähkö- ja polttokennoteknologiaa käyttäviä vetomestareita, jotka soveltuisivat myös Transvalin käyttöön, jolloin investoinnit olisivat järkeviä toteuttaa. LNG-käyttöisten työkoneiden ja kuorma-autojen hankkiminen edellyttää kuitenkin raskaankaluston LNG-tankkausaseman alueelle, jota ei vielä ole Gasumin mukaan suunnitteilla.

Ulkokäytössä oleville vastapainotrukeille on myös sähkökäyttöisiä vaihtoehtoja, mutta talviolosuhteissa sähkötrukeille kuitenkin suositellaan lämmintä tilaa lataukselle. Joitakin lämmitysjärjestelmiä Li-ion-akuille on saatavana, ja osa trukeista voitaisiin korvata sähkökäyttöisillä. Vähällä käytöllä olevien uusien dieseltrukkien vaihtaminen ei kuitenkaan ole rahallisesti kannattavaa, eikä sillä saada aikaan suuria päästöjen vähennyksiä.

Odottaessa uusiutuvia energialähteitä käyttävien työkoneiden kehitystä Transvalin käyttöön sopivaksi onkin keskityttävä nykyisten työkoneiden polttoaineenkulutukseen ja sen säästämiseen. Epäkäytännöllisen tankkauksenseurannan tilalle ehdotettu ja suunnitteilla oleva automaattinen tankkaustenseurantajärjestelmä mahdollistaa tulevaisuudessa tarkempien päästöjen laskemisen ja kehityksen vertailun. Rahaa pystytään säästämään merkittävästi pienilläkin muutoksilla ja hiilikompensaation tarkistuksella, sillä hiilijalanjäljen kompensoinnista maksettava summa on yleensä ylikompensoitu. Kuljettajilla on suurin yksittäinen vaikutus polttoaineenkulutukseen, oikealla asenteella ja koulutuksella kulutus voi vähentyä keskimäärin yli 10 %. Erilaisilla palkitsemisjärjestelmillä voidaan kannustaa työntekijöitä panostamaan polttoainetta säästävään ajotyyliin ja tätä voidaan seurata kuorma-autoissa käytössä olevalla ajotavanseurantajärjestelmällä.

6 LÄHTEET

- Aplicom. 2020.** [Online] 2020. [Viitattu: 26. 11 2020.] <https://www.aplicom.com/fi/kayttotapauksia/ajotapa-analyysi/>.
- Biovoima. 2020.** biovoima/ratkaisut/. [Online] 2020. [Viitattu: 25. 11 2020.] <https://biovoima.com/ratkaisut/kaasun-kompressointi-ja-nesteytys>.
- CO2Esto. 2020.** co2esto/kauppa/valittu-co2-maara. [Online] 2020. [Viitattu: 4. 12 2020.] <https://co2esto.com/kauppa/valittu-co2-maara>.
- Compensate. 2020.** [Online] 2020. [Viitattu: 4. 12 2020.] <https://www.compensate.com/>.
- EBB. 2020.** ebb-eu.org/biodiesel. [Online] 2020. [Viitattu: 19. 11 2020.] <https://www.ebb-eu.org/biodiesel.php>.
- Energiavirasto. 2019.** energiavirasto.fi/documents. [Online] 2019. [Viitattu: 19. 11 2020.] https://energiavirasto.fi/documents/11120570/12991636/Uusiutuva_2019_TenhovirtaMarian.pdf/0b20a9b3-1d4e-0753-7766-60644976670d/Uusiutuva_2019_TenhovirtaMari.pdf.pdf.
- EU-parlamentti. 2020.** europarl.europa. [Online] 08. 10 2020. [Viitattu: 30. 11 2020.] <https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/society/20190926STO62270/mita-hiilineutraalius-tarkoittaa-ja-miten-se-saavutetaan-2050-menessa>.
- Fleetlogis. 2020.** fleetlogis/tuotteet/. [Online] 2020. [Viitattu: 26. 11 2020.] <https://www.fleetlogis.fi/tuotteet/fleetlogis-flex-ajoneuvoseuranta/>.
- Gasum. 2020.** gasum.com/yksityisille/tankkaa-kaasua. [Online] 2020. [Viitattu: 19. 11 2020.] <https://www.gasum.com/yksityisille/tankkaa-kaasua/tankkausasemat/>.
- .** 2020. gasum/kaasusta/maakaasu. [Online] 2020. [Viitattu: 25. 11 2020.] https://www.gasum.com/kaasusta/maakaasu/lng/?gclid=CjwKCAiAnvj9BRA4EiwAuUMDfwgE5vg-JfunoOZZPISCab468gUqjI4z-shBiMEUaS9HZLnpEQbl3RoCTHIQAvD_BwE.
- HS. 2020.** Helsingin Sanomat. *hs.fi/talous*. [Online] 21. 1 2020. [Viitattu: 19. 11 2020.] <https://www.hs.fi/talous/art-2000006379007.html>.

Ilmastolaskuri. 2020. ilmastolaskuri.fi. *calculation-basis*. [Online] 11 2020. [Viitattu: 10. 11 2020.] <http://www.ilmastolaskuri.fi/fi/calculation-basis?country=2&year=10746>.

Ilmasto-opas. 2020. Ilmasto-opas.fi. *ilmastonmuutos/ilmio*. [Online] 2020. [Viitattu: 2020. 10 21.] <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/ilmio/-/artikkeli/962d9aa2-e7e3-4df5-89a2-9f1f653e0d4e/ilmastonmuutos-ilmiona.html>.

—, **2020.** ilmasto-opas/ilmastonmuutos. [Online] 2020. [Viitattu: 30. 11 2020.] <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/7c821f90-9605-4f9d-827b-894301c1e009/hiilinieluista-huolehtiminen.html>.

Joki, Maritta . 2018. *Henkilöstöasiantuntijan käsikirja*. Helsinki : Kauppakamari, 2018. 172.

Motiva. 2018. Motiva. *julkinen sektori / tietopankki / työkoneet*. [Online] 4 2018. [Viitattu: 16. 11 2020.] https://www.motiva.fi/files/14806/Opas_tavarankuljetuspalveluiden_hankintaan_Suosituksia_vaatimuksiksi_ja_vertailukriteereiksi_Versio_1.1.pdf.

Neste. 2020. neste.fi. *static/datasheet*. [Online] 1. 1 2020. [Viitattu: 15. 11 2020.] https://www.neste.fi/static/datasheet_pdf/150425_fi.pdf.

—, **2020.** neste.fi/. [Online] 2020. [Viitattu: 19. 11 2020.] <https://www.neste.fi/artikkeli/biodiesel-ja-uusiutuva-diesel-mita-eroa>.

—, **2020.** neste.fi/vastuulliset-ratkaisut. [Online] 2020. [Viitattu: 19. 11 2020.] <https://www.neste.fi/vastuulliset-ratkaisut/tuotteet/uusiutuvat-polttoaineet/neste-myysuusiutuva-diesel>.

Oikeusministeriö. 2019. finlex.fi/laki. [Online] 10. 1 2019. [Viitattu: 2020. 11 18.] <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2019/20190031>.

Pihlajamäki. 2020. ammattipatevyyskoulutuksia.fi/ammattipatevyyskoulutus. [Online] 2020. [Viitattu: 24. 11 2020.] https://www.ammattipatevyyskoulutuksia.fi/ammattipatevyyskoulutus?gclid=CjwKCAiA-L9BRBQEiwA-bm5fvqJxDMq6zASI3D5V-MZ69y_1GPg4H9lasWELVsuWLulmEmM0fqGxRoCvCQQAavD_BwE.

Posti. 2019. Posti. *ajankohtaista, Vastuullisuusraportti 2019*. [Online] 2019. [Viitattu: 14. 10 2020.] <https://www.posti.com/globalassets/corporate->

governance/reports/2019/postin_vastuullisuusraportti_2019.pdf?__hstc=135611310.a111de10f5c6f50b4a1c66b5f3336ad9.1602660802181.1602660802181.1602660802181.1&__hssc=135611310.4.1602660802181&__hsfp=1052890898#_ga.

Puuni. 2020. puuni/usein-kysyttyä. [Online] 2020. [Viitattu: 25. 11 2020.] <https://puuni.fi/usein-kysyttya/>.

SFS. 2020. sfs.fi/standardeista. [Online] 2020. [Viitattu: 30. 11 2020.] <https://sfs.fi/standardeista/tutustu-standardeihin/suosittu-standardit/iso-14000-ymparistojohtamisen-standardisarja/>.

Sitra. 2020. sitra/tulevaisuussanasto. [Online] 2020. [Viitattu: 30. 11 2020.] <https://www.sitra.fi/tulevaisuussanasto/hiilijalanjalki/>.

Terberg. 2015. terberggroup. *special vehicles*. [Online] 2015. [Viitattu: 05. 11 2020.] <https://newsmedia.terberggroup.com/en/special-vehicles/overview/press-releases/special-vehicles/40-Ing-terminal-tractors-for-aysaort/>.

—. 2020. terbergspecialvehicles. *terminal-tractors*. [Online] 2020. [Viitattu: 05. 11 2020.] <https://www.terbergspecialvehicles.com/en/vehicles/terminal-tractors/#YT203-EV>.

—. 2020. Terbergspecialvehicles/news. [Online] 28. 10 2020. [Viitattu: 19. 11 2020.] <https://www.terbergspecialvehicles.com/en/news/terberg-starts-intensive-testing-of-hydrogen-terminal-tractor/>.

Tradetrucks. 2014. tradetrucks. *features*. [Online] 04. 11 2014. [Viitattu: 24. 11 2020.] <https://www.tradetrucks.com.au/features/1411/how-to-improve-fuel-economy-by-changing-how-you-drive>.

Transval Group. 2020. Transval. *Tietoa Transvalista*. [Online] 2020. [Viitattu: 14. 10 2020.] <https://www.transval.fi/tietoa-transvalista/>.

Transval. 2019. Transval. [Online] Transval, 6. 11 2019. [Viitattu: 20. 10 2020.] <https://www.transval.fi/2019/11/06/transval-ja-boliden-harjavalta-yhteistyohon/>.

Wihuri. 2020. tekninenkauppa/tuoteryhmät/trukit ja sisälogistiikkaratkaisut. [Online] 2020. [Viitattu: 26. 11 2020.] <https://www.tekninenkauppa.fi/tuoteryhmat/trukit-ja-sisallogistiikkaratkaisut/vastapainotrukit/neste-ja-maakaasutrukit/h14-h20t>.

Volvo Trucks. 2020. Volvo Trucks Suomi. [Online] 2020. [Viitattu: 05. 11 2020.]
<https://www.volvotrucks.fi/fi-fi/trucks/trucks/volvo-fh/volvo-fh-lng.html>.

VTT. 2020. [lipasto.fi/yksikkopäästöt](http://lipasto.vtt.fi/yksikkopäästöt). [Online] 2020. [Viitattu: 10. 11 2020.]
<http://lipasto.vtt.fi/yksikkopäästöt/tunnusluvut/tunnusluvuttie.htm>.

—. **2020.** [lipasto.vtt.fi. yksikkopäästöt/tavaraliikenne/tieliikenne](http://lipasto.vtt.fi/yksikkopäästöt/tavaraliikenne/tieliikenne). [Online] 2020. [Viitattu:
16. 11 2020.]
<http://lipasto.vtt.fi/yksikkopäästöt/tavaraliikenne/tieliikenne/kavp76katu.htm>.

—. **2016.** lipasto.vtt.fi/yksikkopäästöt/tunnusluvut. [Online] 2016. [Viitattu: 18. 11 2020.]
<http://lipasto.vtt.fi/yksikkopäästöt/tunnusluvut/tunnusluvuttie.htm>.

—. **2005.** [motiva.fi](https://www.motiva.fi/files/3404/Taloudellisen_ajotavan_koulutus.pdf). [Online] 2005. [Viitattu: 20. 11 2020.]
https://www.motiva.fi/files/3404/Taloudellisen_ajotavan_koulutus.pdf.

WWF. 2020. WWF. [uhat/ilmastonmuutos](https://www.wwf.fi/uhat/ilmastonmuutos/). [Online] 2020. [Viitattu: 2020. 10 21.]
<https://www.wwf.fi/uhat/ilmastonmuutos/>.

—. **2020.** WWF. [ilmastonmuutos/pariisin-ilmastosopimus](https://www.wwf.fi/uhat/ilmastonmuutos/pariisin-ilmastosopimus/). [Online] 2020. [Viitattu: 21. 10
2020.] <https://www.wwf.fi/uhat/ilmastonmuutos/pariisin-ilmastosopimus/>.