

Sähköiset koneet ja laitteet katualueen kunnossapidossa



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Liikenneala, insinööri (AMK)

Kevät, 2022

Petteri Rehumäki

Tekijä	Petteri Rehumäki	Vuosi 2022
Työn nimi	Sähköiset koneet ja laitteet katualueen kunnossapidossa	
Ohjaajat	Oskar Eklöf HAMK Pasi Oikarinen, Merja Piironen-Salomaa ja Oiva Huuskonen Destia Oy	

TIIVISTELMÄ

Tämän Destia Oy:n tilaaman opinnäytetyön tarkoitus on tutkia, mitä sähköisiä työkoneita on saatavilla ja kuinka hyvin kaupunkiurakoiden käytettävät työkoneet ovat korvattavissa sähköä tai muuta vaihtoehtoista energiaa käyttävillä voimanlähteillä. Työssä käydään myös läpi, kuinka paljon kahden kaupunkiurakan päästöt pienenisivät, jos diesel vaihdettaisiin uusiutuvaan dieseliin. Syntyvistä päästöistä on laskettu hiilikompensaatio hiilijalanjäljen pienentämiseksi.

Työkoneiden energialähteiden muutoksen taustalla ovat tiukentuvat päästövaatimukset. Näitä päästövaatimuksia töiden tilaajat tarkistavat omiin päästötavoitteisiinsa. Työssä käsitellään, mitä kalustoa on tällä hetkellä saatavana vaihtoehtoisella energialla toimivana.

Sähköiset työkoneet kehittyvät nopeasti. Tässä tutkimuksessa todettiin, että tällä hetkellä suurta osaa töistä ei pystytä toteuttamaan olemassa olevilla sähköisillä työkoneilla. Sähköisten työkoneiden kehitys on kuitenkin nopeaa ja laitteiden valmistajat esittelevät jatkuvasti uusia malleja. Tulevaisuudessa on täysin mahdollista, että on olemassa sähköisiä laitteita, joilla katualueen kunnossapito pystytään toteuttamaan.

Avainsanat Hiilidioksidiekvivalentti, päästöluokitus ja kunnossapito

Sivut 32 sivua ja liitteitä 1 sivua

Author	Petteri Rehumäki	Year 2022
Subject	Electrical machinery and equipment's in street maintenance	
Supervisors	Oskar Eklöf HAMK Pasi Oikarinen, Merja Piironen-Salomaa and Oiva Huuskonen Destia Oy	

ABSTRACT

The purpose of this thesis commissioned by Destia Oy was to examine which electrical work machines are today available and how well the work machines used in the street area maintenance could be replaced by power sources using electricity or other a form of energy. This thesis also looks at how much emissions from two city contracts would be reduced if diesel were to be replaced by renewable diesel. Carbon compensation was calculated from in this project reduce the carbon footprint.

The study in the energy sources of work machines was due to stricter emission requirements. In this study was found that, at present, majority of the work could not be done with the existing electric work machines. These emission requirements are checked by the clients for their own emission targets. This thesis deals with the equipment that is currently available operating on alternative energy.

Electrical work machines are evolving however, the development of electrical machines is rapid and new models are constantly being introduced by equipment manufacturers. In the future it is quite possible that there will be electronic devices that are able to carry out street maintenance.

Keywords carbon dioxide equivalent, emission classification and maintenance

Pages 32 pages and appendices 1 page

Sisälllys

1	Johdanto	1
2	Yleistä kunnossapitourakoista ja päästöluokituksista	2
2.1	Destia Oy	2
2.2	Tie- ja katualueiden kunnossapito	3
2.3	Päästöluokituksia	4
3	Energiavaihtoehdot työkoneisiin	6
4	Saatavilla oleva vähäpäästöinen kalusto kunnossapitoon	9
4.1	Kuorma-autot	10
4.2	Lava-auto	10
4.3	Imulakaisukone	11
4.4	Pyöräkuormaaja	13
4.5	Traktori	15
5	Tutkimusmenetelmät	16
6	Päästöjen tarkastelu	17
6.1	Lauttasaari-Herttoniemen urakoiden kalusto	18
6.2	Herttoniemi-Lauttasaari urakoiden hiilidioksidipäästöt ja kompensatio	19
7	Tulokset	21
8	Johtopäätökset	24
9	Lähdeluettelo	29

Liitteet

Liite 1 Haastattelukysymykset

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on perehtyä kaupunkiurakoissa käytettävien työkoneneiden sähköistämiseen, tarkastellaan myös muita vähäpäästöisellä voimalla toimivia työkoneita. Kaupunkien tiealueen kunnossapidon on tarkoitus ylläpitää ja huoltaa kaupungin katuverkkoa sekä laitteita, jotka edesauttavat liikenteen sujuvuutta ja liikennesääntöjä. Työn tilaaja on Destia Oy. Työssä perehdytään työmaiden vapaaehtoiseen Green Deal-sopimukseen sekä työkoneneiden stage -luokitukseen. Tutkimus tehtiin asiantuntijahaastatteluilla, kirjallisuustutkimuksella sekä hiilidoksidiekvivalenttipäästöjen vertailulaskemilla.

Tämä opinnäytetyö on ajankohtainen, koska ollaan siirtymässä vähäpäästöisempään talouteen. Fossiilisilla polttoaineilla käyvät koneet ja laitteet, joita käytetään katualueen kunnossapidossa aiheuttavat paljon päästöjä. Pitkällä aikavälillä nykyinen toimintatapa ei palvele kestävä kehitystä. Euroopan unionilla on ympäristötavoitteet, joihin Suomen ja muiden EU-maiden on yllettävä, jotta EU saavuttaa päästötavoitteensa. EU:n tavoitteena saada nettopäästöt nolnaan vuoteen 2050 mennessä. Jotta tavoitteisiin päästään, EU sääntelee lakeja päästöjen vähentämiseksi. Samaan aikaan investoidaan rahoja energia-alalle ja teollisuuden vähäpäästöisyyden parantamiseksi. (Euroopan komissio, 2021)

EU:n ympäristötavoitteiden seurauksena eri organisaatiot ja valtiot ovat asettaneet omia ympäristötavoitteitaan. Ympäristötavoitteista osa on kaupunkien asettamia, jolloin tarjoutua tehdessä urakoitsija voi saada pisteitä työkoneneiden vähäpäästöisyydestä. Tällaisia vähäpäästöisyyden kannustinjärjestelmiä käyttää esimerkiksi Helsingin kaupunki. Osa ympäristösopimuksista on vapaaehtoisia, joita yhteisöt tai yritykset voivat sitoutua noudattamaan. Tästä esimerkkinä toimii Green Deal- sopimus. Tällaiset sopimukset koskevat esimerkiksi autoalaa, öljyjätehuoltoa ja varhaiskasvatusta. Tässä opinnäytetyössä keskeisimmässä osassa Green Deal- sopimuksista ovat päästötön työmaa ja työkoneneala.

Tarkoituksena on selvittää, mitä työkoneita kaupunkiurakoissa käytetään tällä hetkellä ja missä eri työvaiheissa. Tietojen pohjalta voidaan tarkastella, mitä työkoneita on mahdollista korvata sähköisillä tai muilla vähäpäästöistä polttoainetta käyttävillä työkoneneilla.

2 Yleistä kunnossapitourakoista ja päästöluokituksista

Tämä työ on tehty kartoittamaan mitä erilaisia energiavaihtoehtoja on olemassa, joita kunnossapitourakoissa käytettävät työkoneet voivat hyödyntää. Yleistyvien vaatimusten mukaan töiden tilaajat tulevat yhä enemmän vaatimaan vähäpäästöisempiä työkoneita. Kokonaan sähköllä toimivista työkoneista on mahdollista saada lisäpisteitä joidenkin töiden kilpailutuksessa töiden tilaajilta. Aiheen tärkeys kasvaa tulevaisuudessa enemmän, kun yritykset, kaupungin ja valtiot sitoutuvat erilaisiin päästötavoitteisiin.

”Kasvihuonekaasut ovat ilmakehän kaasuja, jotka päästävät auringonsäteilyn lävitseen, mutta absorboivat maan pinnalta saapuvaa lämpösäteilyä. Kasvihuonekaasuja ovat muun muassa vesihöyry, hiilidioksidi, metaani, troposfäärin otsoni, dityppioksidi sekä F-kaasut eli fluoratut kasvihuonekaasut. Nämä saavat aikaan maapallon lämpimänä pitävän kasvihuoneilmion. Ihmisen aiheuttama kasvihuonekaasujen pitoisuuden kasvu johtaa kasvihuoneilmion voimistumiseen eli ilmastonmuutokseen.” (Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitra, 2022)

Tässä työssä keskitytään hiilidioksidiekvivalenttipäästöihin.

Hiilidioksidiekvivalenttipäästöillä tarkoitetaan kasvihuonepäästöjen yhteismittaa, johon lasketaan hiilidioksidin lisäksi metaani ja typpioksiduuli. Hiilidioksidiekvivalentin lyhenne on CO₂-ekv tai CO₂e. (Tilastokeskus, 2022)

2.1 Destia Oy

Destia Oy on yksityinen suomalainen infra-alan rakennusyritys, joka liittyi yrityskaupan myötä osaksi ranskalaista Colas konsernia loppu vuonna 2021. Destian toimialaan kuuluu infran rakentaminen, ylläpitäminen ja liikenneväylien, ratojen sekä kokonaisten elinympäristöjen suunnitteleminen. Vuonna 2020 Destia Oy:n liikevaihto oli 563 miljoonaa euroa ja henkilöstöä oli noin 1600. Destia toteuttaa noin 1000 erillistä projektia vuodessa. (Destia Oy, 2022)

2.2 Tie- ja katualueiden kunnossapito

Kunnossapitourakoiden tarkoituksena on pitää tiet hyvässä kunnossa, turvallisina tielläliikkuville, sekä pitää urakka-alue tilaajan vaatimassa kunnossa. Urakan tilaajia ovat esimerkiksi ELY-keskukset, kaupungit ja kunnat. Kunnat ja kaupungit voivat ulkoistaa kunnossapidon koko kunnan tai jonkun osan kaupungin alueesta. (Väylävirasto, 2022)

Kunnossapitourakoiden kunnossapidettäviin kohteisiin kuuluu muun muassa liikennemerkkien vaihtaminen, asfaltin paikkaaminen sekä liikenneturvallisuuteen vaikuttavien laitteiden huolto ja korjaus. Talvella lisäksi töihin kuuluu auraaminen ja suolaaminen tiestöllä, sekä kesäisin tienvarsien niitto. Hiekkateiden kunnostusta tehdään tasoittamalla, sorastamalla ja pölynsidonnalla. Eri kokoisilla ja eri liikennemäärillä olevilla teillä on eri hoitoluokat. Hoitoluokat määrittelevät tiestön laatuvaatimukset ja töiden toimenpideajat. (Väylävirasto, 2022)

Katu ja tiealueiden kunnossapidossa käytetään useita eri työkoneita. Esimerkiksi kaupunkiurakoissa käytetään monenlaisia ja eri kokoisia työkoneita ja -laitteita. Koneiden ja laitteiden määrät ja konetyypit riippuvat urakan laajuudesta sekä aikaisemmista kokemuksista työkoneista. Esimerkiksi Turun kaupunkiurakassa käytetään seuraavia työkoneita:

- Kuorma-autoja aurauslisävarusteilla sekä kuorma-auto nosturilla ja koukkulaitteella.
- Imulakaisukone kuorma-auton pohjalevylle tehtynä sekä yksi pienempi kone.
- Kauhakuormaaja, jossa on erilaisia lisävarusteita ympäristönhoitoon.
- Pakettiautoja lavarakenteella sekä tavallisia.
- Lehtipuhaltimia, moottorisahoja sekä muita käsikäyttöisiä pienkoneita.

2.3 Päästöluokituksia

Päästöluokituksilla määritellään eri laitteissa erilaisia päästöarvoja. Henkilöautoilla, hyötyajoneuvoilla ja työkoneilla on olemassa kullakin omat päästöluokitukset.

Päästöluokituksia päivitetään EU:n vaatimusten pohjalta. Tällöin tuotteiden valmistajien on otettava uudet päästöluokitukset huomioon uusien laitteiden valmistuksessa, jotta täyttävät uudet vaatimukset päästöluokitusten osalta.

Kuorma-autoilla on Euro-luokitus päästöissä ja työkoneilla on Stage-luokitus. Molemmilla luokituksilla on sama tarkoitus pitää laitteiden päästöt pienenä ja kiristää päästövaatimuksia. Väylävirasto määrää mitä Euro- ja Stage-luokitusta valtion omisteisten teiden kunnossapitourakoissa käytettävien työkoneiden on käytettävä. (Väylävirasto, 2022) Kaupungit ja kunnat määrittelevät katujen osalta työkoneiden päästöluokitusvaatimukset.

Väylävirasto määrittelee ajoneuvojen ja työkoneiden osalta päästövaatimukset, jotka urakoitsijan tulee täyttää. Eroja päästövaatimuksissa voi olla pyöräväylien ja maanteiden hoidossa käytettävällä kalustolla. Kuorma-autojen europäästöluokitusta voidaan alentaa yhdellä tasolla käyttämällä uusiutuvaa dieseliä. (Väylävirasto, 2022) Alempana esittää tärkeimmät päästö luokitukset, joita tulee noudattaa, mikäli tilaaja näin vaatii.

EURO-luokituksella vaikutetaan kuorma-autojen päästöihin. EURO-luokituksen määrittelee EU-direktiivi. Euro I-luokitus on tullut voimaan 1994. Uusin voimassa oleva euroluokitus on Euro VI, joka on tullut voimaan 2015. Euro VII on suunnitteilla oleva uusi euro luokitus, joka tulee voimaan vuonna 2025. Töiden tilaajat voivat vaatia tiettyjä EURO-luokituksia urakoitsijoiltaan. EU:ssa on säädetty pakokaasuja koskevat euro luokitukset, pakokaasupäästöjen vähentämiseksi. Euro-luokitusta päivitetään päästövaatimusten kiristyessä. Euroopan parlamentti ja neuvosto määrittelee asetuksilla ajoneuvojen päästöluokituksista. (Euroopan unionin julkaisutoimisto, 2022)

Green deal on vapaaehtoinen sopimus valtion ja elinkeinoelämän välillä. Julkinen sektori voi myös solmia Green deal -sopimuksen. Green deal -sopimusten avulla etsitään ratkaisuja ilmastohaasteisiin, luonnon monimuotoisuuden vähenemiseen ja luonnonvarojen ylikulutukseen vastaamiseksi sekä kiertotalouden edistämiseksi Suomessa. Green deal -

sopimukset tuovat yhteen ne tahot, joilla on yhteinen tavoite päästöjen pienentämiseksi. Green deal -sopimusten tarkoituksena on pienentää hiilijalanjälkeä mahdollisimman paljon, esimerkiksi päästötöntyömaa sopimuksessa on tarkoitus, että työmaat ovat täysin fossiilittomia vuoteen 2025 mennessä, eli niillä ei käytetä enää ollenkaan fossiilisia polttoaineita.

Green deal -sopimuksia on tehty eri aloille, jotka vaikuttavat eri päästöihin. Päättötarkoituksena on pienentää syntyviä päästöjä. Tämän työn osalta tarkastellaan päästötön työmaa -sopimusta. Päästötön työmaa on näistä sopimuksista parhaiten sovellettavissa katualueen kunnossapitoon, koska kunnossapidossa käytetään osittain samanlaista kalustoa kuin työmailla.

Päästötön työmaa sopimukseen on lähtenyt mukaan jo Senaatti kiinteistöt ja Helsingin, Vantaa, Espoon ja Turun kaupungit. Sopimuksen ensimmäisessä vaiheessa on tarkoitus pienentää työmaan päästöjä vuoteen 2025 mennessä. Tavoitteena on työkoneiden toimiminen työmaalla fossiilivapailta polttoaineilla. Toisen vaiheen on tarkoitus alkaa vuonna 2030. Toisessa vaiheessa tulisi työmaakuljetuksista tulla fossiilivapaita, joista vähintään 50 prosenttia sähköllä, biokaasulla tai vedellä käytäviä polttoaineita. (Valtioneuvoston kanslia, 2020).

Työkonealalla on käytössä oma Green deal -sopimus. Ympäristöministeriö on sopinut myös työkonealaa koskien vapaaehtoisen Green deal -sopimuksen. Tässä sopimuksessa pyritään laskemaan työkoneiden aiheuttamia päästöjä. Sopimus kannustaa alaa etsimään mahdollisia päästöjen vähennys keinoja. Tämä sopimus loppuu vuonna 2025.

Stage-luokituksella vaikutetaan liikkuvien työkoneiden pakokaasupäästöihin EURO-luokitusta muistuttavalla tavalla. Stage-luokitus on päästölukitus maanrakennus- ja työkoneille. Luokituksen pohjan laatinut Euroopan parlamentti ja neuvosto vuonna 1997. Luokitus on tehty myyjistä ja valmistajista riippumattomana. Luokituksen kriteereihin vaikuttavat päästö- ja melutasot. Yrityksen kannalta on tärkeää konetta ostaessa huomioida koneen Stage-luokitus, jos konetta aiotaan käyttää tarjouskilpailussa, jossa hyödynnetään koneluokitusta. (Koneyrittäjät ry, 2020).

3 Energiavaihtoehdot työkoneisiin

Tällä hetkellä työkoneissa suosituin energianlähde on dieselpolttoaine. Muita energianlähteitä työkoneisiin on sähkö, bensiini, etanoli, kaasu sekä biodiesel. Ilmaston muutoksen hidastamista varten tällä hetkellä pyritään löytämään fossiilisille polttoaineille korvaavaa energialähdettä mahdollisimman pian. Tästä johtuen maailmalla on kova kilpailu sähkökoneiden tuottamisessa ja kehittämisessä sekä uusien polttoaineiden kehittämisessä. Alempana on esiteltynä lyhyesti tämän hetken yleisimmät polttoaine vaihtoehdot.

Dieselpolttoaine on nykyisin maailman merkittävin kuljetuskaluston ja työkoneiden voimanlähde ja moottoribensiinin ohella tieliikenteen toinen tärkeä polttoaine.

Dieselpolttoainaa käytetään kuorma- ja linja-autoissa, työkoneissa, traktoreissa, laivoissa ja junissa, jonkin verran myös henkilö- ja pakettiautoissa. (Helsingin yliopisto, kemian laitos, 2022).

Dieselin hyviä puolia ovat pienin CO₂-päästö muihin fossiilisiin polttoaineisiin verrattuna, edulliset valmistuskustannukset ja pystytään lisäämään iso osa uusiutuvia raaka-aineita.

Dieselin huonoja puolia ovat käyttäjän oltava tarkkana tankkaavansa oikean laatuista dieseliä oikeana vuoden aikana. Dieselin päästöt, kuten, korkeat typenoksidipäästöt, jotka kuitenkin saatu kuriin uuden katalysaattoritekniikan avulla. (Motiva Oy, 2022)

Bensiinin on suomen toiseksi yleisin polttoaine. Bensiiniä käytetään yleensä henkilöautoissa sekä muissa pienemmissä koneissa. Bensiinin hyviä puolia ovat sen saatavuus, saatavilla lähes jokaiselta huoltoasemalta, sekä edulliset valmistuskustannukset. Bensiinin huonona puolena on, että se on uusiutumaton fossiilista polttoainetta, jonka bio-osuus on pieni (10 %). Lisäksi bensiini on erittäin helposti syttyvä. (Motiva Oy, 2022)

HVO tulee sanoista Hydrotreated Vegetable Oil ja kyseessä on siis vetykäsittelty kasviöljy kaikkiin dieselmootoreihin, eli HVO on valmistettu jäte- tai tähdepohjaisista raaka-aineista. HVO:n päästöt ovat noin 90 % pienemmät verrattuna perinteiseen fossiiliseen dieseliin. (ST1 Oy, 2022)

Uusiutuva diesel on erinomainen energianlähde, joka vastaa käyttöominaisuuksiltaan fossiilista dieseliä. Kysyntä tulee tulevaisuudessa kasvamaan. Kysynnän kasvaessa HVO valmistamiseen käytettävä raaka-aineen saatavuus on haasteena. (Lassila, 2022)

Etanoli on yksi ensimmäisistä liikenteen käyttämistä polttoaineista. Öljyn vallankumous kuitenkin syrjäytti sen lähes vuosisadaksi. Etanolin valmistukseen käytetään kasviperäisiä raaka-aineita. Liikenteessä tällä hetkellä vaihtoehtoisista energian lähteistä etanoli on yleisin.

Etanolin hyvinä puolina pidetään että, tällä hetkellä sillä on halvempi hankinta kustannus kuin bensiinillä. Polttoaineen bio- osuus suuri jopa 85 %. Etanolin huonoja puolia kylmäkäynnistyksessä vaaditaan esilämmitystä. Korkeaseosetanolin kulutus on noin 25 % prosenttia korkeampi kuin bensiini käyttöisellä autolla. (Motiva Oy, 2022)

Sähkö on tällä hetkellä ajoneuvojen energialähteenä yleistymässä nopeasti. Sähköautojen valikoima laajenee koko ajan huomattavalla nopeudella ja useat autot ovat ilmoittaneet siirtyvänsä pelkkien sähköautojen valmistukseen tulevaisuudessa.

Sähkön hyviä puolia on, että sähköä pystytään tuottamaan kotimaisesti sekä ympäristöystävällisesti. Verotus tukee tällä hetkellä sähköautoilua. Sähkön huonona puolena on tämänhetkinen lataus infra ei pysty palvelemaan asiakkaita joka puolella Suomea tasavertaisesti. Auton lataus ajankohta vaikuttaa sähköstä aiheuttamiin päästöihin, koska sähköä tuotetaan eri tavoilla vuoden eri aikoina ja eri keleillä on myös vaikutus sähkön tuotantoon. (Motiva Oy, 2022)

Maakaasu on fossiilisista polttoaineista vähäpäästöisin. Maakaasua saadaan paljon öljynporauksen sivutuotteena. Biokaasu on täysin uusiutuvaa energiaa. Biokaasun raaka-aineina käytetään ihmisten aiheuttamia jätteitä, jotka käsitellään biokaasu asemalla. (Suomenkaasuenergia, 2022). Maa- ja biokaasun tankkaus asemia on Etelä- ja Kaakkois-Suomessa suhteellisen hyvin. Haja-asutus alueella tankkaus pisteitä on kuitenkin harvakseltaan ja pohjoisin tankkauspiste sijaitsee Oulussa.

Kaasun hyviä puolia ovat, ettei kaasussa ei ole hiukkaspäästöjä. Kaasu hinta on edullinen ja kilpailukykyinen nestemäisten polttoaineiden rinnalla. Kaasun huonoja puolia on kaasun tankkaus asema verkosto heikko Suomessa. Pakoputken päästä mitattuna kaasun hiilidioksidi päästöt eivät vähene dieseliin verrattuna. (Motiva Oy, 2022)

Polttoaineista syntyvät kasvihuonepäästöt on myös selvitetty osana energia vaihtoehtoihin perehtymistä. Suomen kasvihuonepäästöis noin 75 % syntyy energian tuotannosta ja kulutuksesta, josta suurin osa tulee fossiilisista polttoaineista. (Suomen ympäristökeskus, 2022)

Bensiinin kasvihuonepäästöt ovat korkeimmat kaikista eri polttoaineista. Bensiinin kasvihuonepäästöt ovat 2350 grammaa litraa kohden ja 117 grammaa kilometriä kohden. Dieselin päästöt ovat litraa kohden suuremmat kuin bensiinin, 2660 g/l, mutta kilometriä kohden pienemmät, 101 g/km. Dieselillä pääsee litraa kohden keskimäärin pidemmän matkan johtuen matalammasta kulutuksesta. (Motiva Oy, 2022)

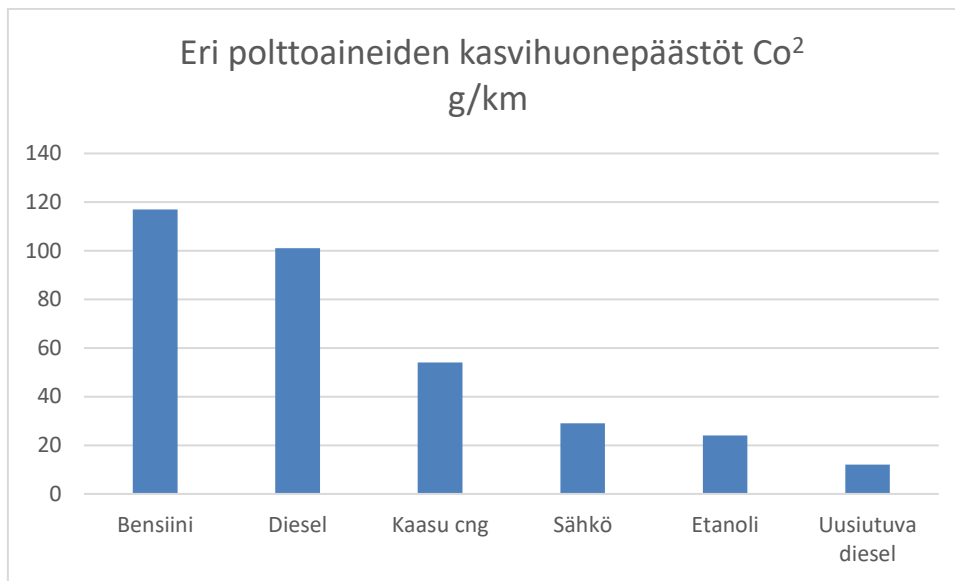
Sähköauton lataaminen tuottaa päästöjä noin 35–40 grammaa kilometriä kohtaan.

Sähköauton omistajalla on suuri vaikutus latauksesta syntyneen energian kasvihuonepäästöihin, riippuen mitä sähköä auton latauksessa käytetään. Sähkön tuotantotapa vaikuttaa radikaalisti sähköauton päästöihin. Sähköautosta ei synny lähipäästöjä. Päästöt syntyvät siellä missä sähkö on tuotettu. (Motiva Oy, 2022)

Vuonna 2020 Suomen sähköistä 52 % oli tuotettu uusiutuvilla energiamuodoilla (Tilastokeskus, 2022).

Taulukossa 1 on nähtävissä eri polttoaineiden kasvihuonepäästöt grammaa kilometriä kohden. Eri lähteissä oli hieman eri arvoja eri päästöille, etenkin sähkön kohdalla tuotantotapa vaikuttaa eniten aiheutettuihin kasvihuonepäästöihin.

Taulukko 1.



Taulukossa näkyy eri polttoaineista aiheutuvat kasvihuonepäästöt grammaa kilometriä kohden.

4 Saatavilla oleva vähäpäästöinen kalusto kunnossapitoon

Tässä luvussa on selvitetty, minkälaisia työkoneita on olemassa sähköisenä.

Kunnossapitourakoissa käytettäviä työkoneita löytyy jo jonkin verran sähköisenä maailmalta.

Suomessa näitä työkoneita ei juurikaan ole jälleenmyyjillä tai työnsuorittajilla.

Yleisesti sähköiset työkoneet ovat hankintahinnaltaan kalliimpia kuin polttomoottorilla toimivat. Sähköisten koneiden käyttökustannukset ovat huomattavasti halvempia kuin polttomoottori käyttöisen käyttökustannukset. Sähkökäyttöisissä koneissa huoltovälit ovat harvemmat ja moottorit ovat huoltovapaampia, joten huoltojen kustannukset ovat edullisempia. Sähköisten työkoneiden saatavuus ja soveltuvuus on heikkoa talvikunnossapitoa ajatellen tällä hetkellä, mutta sähköisten laitteiden kehitys on kovaa ja uusista julkaisuista on suppeasti tietoa.

Sähköisillä työkoneilla saadaan kaupunkiympäristössä päästöjen lisäksi myös vähennettyä meluhaittoja. Sähköisten koneiden ongelma kunnossapidon kannalta on akun kestävyys talviolosuhteissa, jonka vuoksi talvihoitotoimenpiteeseen käytettävä työaika kasvaa.

4.1 Kuorma-autot

Kuorma-autoilla on suuret kasvihuonepäästöt, mutta sähköisiä kuorma-autoja ei ole tarjolla usean valmistajan mallistossa maansiirtoautoina. Toki on olemassa pieniä kuorma-autoja, jotka ovat suunniteltu kappaletavaran jakelu käyttöön. Biodiesel eri valmistajat lupaavat, että biodieselillä olisi noin yhdeksänkymmentäprosenttia pienemmät päästöt. (Neste Oyj, 2022)

Scaniaalta on tällä hetkellä saatavilla yksi täysin sähköinen kuorma-auto, joka on pienikokoinen, eikä ole varmuutta voiko tähän kuorma-autoon asentaa kunnossapidon vaatimia lisälaitteita. Tämän toimintasäde on 250 kilometriä. Valmistajan sivuilta ei ilmene kuinka kylmyys vaikuttaa auton toimintasäteeseen. Auras nostaa diesel käyttöisen kuorma-auton kulutusta huomattavasti pahimmilla kulutus moninkertaistuu. Scaniaalta on saatavilla muita vaihtoehtoisella energialla toimivia kuorma-autoja, jotka vastaavat fossiilisella dieselillä toimivaa kuorma-autoa käyttöasteelta kuin muiltakin ominaisuuksilta, eikä tankkaukseen kulu 10 minuuttia pidempään. Scanian tuotevalikoimassa olevia muita kuorma-autoja on saatavilla kaasu-, etanoli- sekä hvo-polttoaineilla toimivilla moottoreilla. (Scania , 2020)

4.2 Lava-auto

Lava-autot Suomessa ovat pääosin pakettiautonpohjarakenteesta tehtyjä lava-autoja. Lava-autossa ei yleensä ole umpinaista tavarankuljetustilaa, kuin pakettiautossa. Tästä johtuen lava-autossa kuljetettavat esineet ovat säiden armoilla, toisin kuin pakettiautossa. Lava-autoon on kuitenkin helpompi lastata tavaraa kuin pakettiautoon sekä mahdollista kuljettaa kuormatilaa suurempia tavaroita helpommin.

Goupil g6 on sähköllä toimiva ”avopakettiauto”. Tähän on saatavilla koukkulaite lavojen siirtämistä varten, ja kuormaa voi ottaa kyytiin 1150 kg. Yhdellä latauksella pääsee noin 150 kilometriä ja auton huippunopeus on 80 km/h. Goupil:iin on saatavilla monia eri lisävarusteita, joita pystytään hyödyntämään katualueenkunnossapidossa. Latauksen suurin ongelma on, että Goupil täytyy talvella ladata lämpimässä tallissa, eli esimerkiksi tauolla huoltoasemalla tätä ei pysty lataamaan. (Sinisalo, 2020)

Kuva 1.



Kuvassa Goupil G6. Goupil G6 on avopaketti auto joka soveltuu hyvin esimerkiksi viherhoito työntekijöidentyökoneiden siirtämiseen.

4.3 Imulakaisukone

Imulakaisukoneita on sähköisenä niukasti saatavilla. Sveitsiläisen Bucher AG tuotevalikoimasta kuitenkin muutama malli löytyy. Bucher on työkonevalmistaja, joka on erikoistunut kaiken kokoisten kadunlakaisulaitteiden valmistukseen. Valmistaja ei ilmoita sivuillaan sään vaikutuksista koneen työskentely aikaan, mutta imulakaisukoneilla ei tehdä töitä pakkasella, joten sään ei ole suurta merkitystä. (Bucher Municipal, 2020)

CityCat V20e on täysin sähköisesti toimiva imulakaisukone. Työskentely aikaa koneella on noin kahdeksan tuntia ja latausaika tyhjästä täyteen kahdesta kolmeen tuntia, säiliön tilavuus on kaksi kuutiota ja huippunopeus 48 km/h. (Nuutinen, 2020)

Kuva 2



Bucher CityCat v20e on imulakaisukone, jolla puhdistetaan teitä ja katuja.

V65e on Bucherin valmistama kuorma-autoalustainen imulakaisukone. Tällä pystyy yhdellä latauksella ajamaan noin 200 km ja lataus aika noin neljästä viiteen tuntia. Säiliön kapasiteetti on 6,5 kuutiota. (Bucher Muncipal, 2020)

Kuva 3



Bucher V65e on kuorma-auto alustainen imulakaisukone, jolla lakaistaan kaupunkialueella esimerkiksi katuja ja teitä.

4.4 Pyöräkuormaaja

Pyöräkuormaaja on lastaukseen käytettävä työkonne, mihin pystyy kytkemään erilaisia lisälaitteita esimerkiksi kauhoja, auroja ja erilaisia nostotyökaluja. Pyöräkuormaajat on karkeasti jaettu puhekielessä kolmeen kokoluokkaan. Kokoluokat ovat pieni, keskikokoinen ja iso.

Sähköisten pyöräkuormaajien saatavuus on heikkoa, joitain malleja löytyy markkinoilta, kuten Kramerilta ja Volvolta.

Kramerin malli 550e on sähkökäyttöinen pyöräkuormaaja. Se painaa 4190 kg, ja on hieman oman luokkansa dieselkäyttöisiä pyöräkuormaajia korkeampi. Normaaleissa olosuhteissa työskentely aika noin viisi tuntia. Latausaika 6–7 tuntia täyteen tehoon. Lisävarusteina on saatavilla muun muassa erilaisia lumikauhoja ja auroja sekä hiekoituskauha ja heittävä hiekoitin. (KH-koneet oy, 2021)

Kuva 4



Kramer 550e on pyöräkuormaaja. Pyöräkuormaaja on hyvä ”ns’ yleistyökone jolla pystytään tekemään montaa eri asiaa.

Volvo L25 electric on Volvon valmistama sähkökäyttöinen pyöräkuormaaja. Sen paino on 5000 kg. Työskentelyaika parhaimmillaan 8 tuntia käyttötarkoituksesta riippuen. Latausaika on 20–22 tuntia riippuen laturin tehosta. Volvosta saatavana lisävarusteena on erilaisia kauhoja ja työvälinekannattimia. (Volvo, 2021).

Kuva 5



Volvo L25 electric on Volvon valmistama pyöräkuormaaja, jota pystytään käyttämään useassa työssä.

4.5 Traktori

Traktoreita on vähän saatavilla sähköisenä, Yhdysvaltalaisen Case valmistajan valikoimista löytyy kuitenkin yksi kehitteillä oleva traktori. Case on yhdysvaltalainen työkaluvalmistaja. Case constructionin historia ulottuu 175 vuoden päähän Wisconsiniin. Tarpeeseen liikuttaa tavaraa tehokkaammin.

Case 580 EV on sähkökäyttöinen kaivurikuormaaja. Kuormaajan koko on keskiluokkaa. Akku kestää kahdeksan tunnin työskentelyä. Lataus aikaa tai talven vaikutuksista laitteen toimintaan ei ole mainintaa valmistajan sivuilla. (CASE construction, 2021)

Kuva 6



The CASE 580 EV (electric vehicle) "Project Zeus" on traktorikaivuri. Traktori kaivurissa on koneen etuosassa kauha kuten etukuormaajalla varustetussa traktorissa. Koneen takaosasta löytyy kaivinkoneen kauha, jolla pystytään suorittamaan pienempiä kaivuu töitä.

5 Tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyö tehtiin asiantuntijahaastatteluilla, kirjallisuustutkimuksella sekä hiilidoksidiäkvivalentti päästöjen vertailulaskemilla. Asiantuntija haastattelut jakautuvat kahteen osaan, on haastateltu erikseen laitteiden jälleenmyyjiä ja kunnossapidon asiantuntijoita. Kunnossapidon asiantuntijahaastattelut pidettiin Destian kaupunkikunnossapitourakoiden työpäälliköille ja työmaapäälliköille. Haastateltavat työskentelevät Turun kunnossapitoallianssin työmaapäällikkönä, Herttoniemi-Lauttasaari urakoiden työmaapäällikkönä, Vaasan kaupunkiurakan työpäällikkönä ja Lahden pohjoisen alueen hoidonjohtourakan työmaapäällikkönä. Haastatteluilla selvitettiin, minkälaisia työkoneita käytetään tai voidaan käyttää kunnossapidontöihin kaupunkiurakoissa. Lisäksi kysyttiin työkoneilta vaadittua käyttöaikaa, jotta esimerkiksi talvihoitotyöt pystytään toteuttamaan. Asiantuntijahaastattelun toisessa vaiheessa haastateltiin laitteiden ja koneiden jälleenmyyjän edustajaa. Työkoneiden ja -laitteiden

jälleenmyyjiltä selvitettiin sähköisten työkonien ja laitteiden saatavuutta eri työkonetyyppejä, sekä niiden suorituskykyä ja soveltuvuutta kunnossapidon työtehtäviin. Haastattelut pidettiin alkukesästä 2021. Haastattelut toteutettiin sähköposti kyselyllä (liite 1), johon haastateltava voi itse kirjoittaa vastauksen. Kahden haastateltavan kanssa haastattelu toteutettiin Teams-keskusteluna.

Kunnossapidon asiantuntija haastattelukysymykset on valittu tukemaan opinnäytetyön tarpeita. Kysymykset ovat sellaisia, joista on haastavaa löytää tietoa muita lähteitä käyttämällä. Kysymyksillä haluttiin selvittää mitä kokemuksia on sähköisistä työkonista urakassa ja mitä ympäristö asioita huomioidaan työkonien hankinnassa, sekä mitä vaatimuksia tilaaja asettaa kalustolle. Lisäksi mitä uusia vaatimuksia vaihtoehtoisella energialla toimiville työkonille näkyvissä kaluston suhteen. Haastattelu kysymykset ovat liitteessä yksi.

Kirjallisuustutkimus tehtiin käyttämällä paljon erilaisia energia-alaan liittyviä julkaisuja internetistä. Julkaisuissa on käsitelty uusiutuvaenergian tuotannon haasteita, sekä mahdollisuuksia. Osa julkaisuista on käytetty lähteinä opinnäytetyön tekemisessä.

Opinnäytetyössä on tehty vertailulaskema hiilidioksidiekvivalenttipäästöistä. Laskelmissa on selvitetty eri energian lähteiden hyötyjä muihin energialähteisiin verrattuna.

Päästölaskelmissa on hyödynnetty Lipasto -tietokannasta otettuja päästöarvoja hiilidioksidiekvivalentti laskuissa.

6 Päästöjen tarkastelu

Tuuli-, vesivoima ja biopolttoaineet (puujäte, metsien harvennushake ja aurinkoenergia) luokitellaan vihreäksi sähköksi. Fossiilisten polttoaineiden käytöstä (kivihiili, öljy, turve ja ydinvoimaloiden polttoaineet) syntyy 80 % ilmastopäästöistä. Etanoli valmistetaan täysin uusiutuvista raaka-aineista. Etanolin tuotannossa käytetään mm. tärkkelystä, selluloosa, sokeria sisältäviä kasveja. Tässä tarkastellaan, kuinka hiilidioksidiekvivalentti päästöihin pystytään vaikuttamaan Destian Herttoniemen ja Lauttasaaren urakoissa, eri energianlähteitä käyttämällä. Hiilidioksidiekvivalenttipäästöillä tarkoitetaan kasvihuonepäästöjen yhteismittaa, johon lasketaan hiilidioksidin lisäksi metaani ja

typpioksiduuli. Hiilidioksidiekvivalentti kuvaa näiden ilmastoa lämmittävää yhteisvaikutusta. (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, 2022) (Ekosähkö Oy, 2022) (Motiva Oy, 2022)

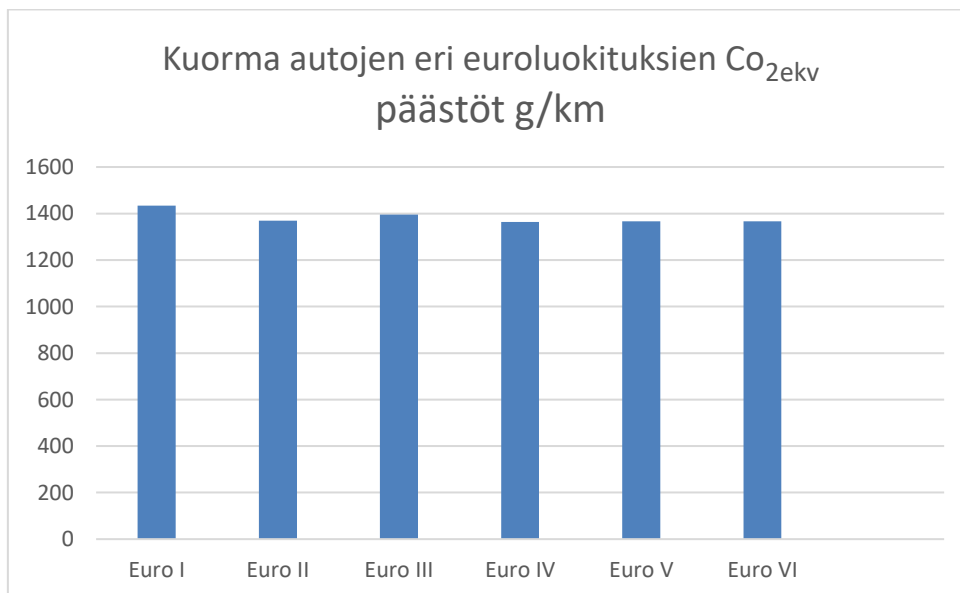
6.1 Lauttasaari-Herttoniemen urakoiden kalusto

Lopputyössä on tarkasteltu Herttoniemen ja Lauttasaaren urakoiden kuorma-autojen päästöjä, kun kalusto suorittaa talvihoidontöitä suolauksien ja aurauksien osalta.

Talvihoitokaluston käytöstä on kerätty dataa lähtöaineistoksi, josta on selvitetty kilometrejä ja käyttötunteja.

Kaupunkiurakoissa tilaajan vaatimuksena kuorma-autoissa on vähintään Euro V-luokan päästoluokka. Tällä Euro-luokituksella ei kuitenkaan ole kasvihuone päästöjen osalta merkittävää vaikutusta kasvihuonepäästöihin. Tämän huomaa tarkastelemalla taulukko kahden tuloksia. Taulukosta huomaa kuinka pieni vaikutus CO_2 päästöihin Euro-luokituksella on. Uusiin kuorma-autoihin Euro I on tullut voimaan 1994 ja Euro VI tullut voimaan 2015.

Taulukko 2



Helpoin ja tehokkain tapa raskaiden työkoneiden esimerkiksi kuorma-autojen päästöjen kuriin saamiselle on uusiutuvan dieselin käyttö. Useat eri valmistajat ilmoittavat uusiutuvan dieselin laskevan kasvihuonepäästöjä noin 90 prosenttia.

6.2 Herttoniemi-Lauttasaari urakoiden hiilidioksidipäästöt ja kompensatio

Herttoniemi-Lauttasaari urakoissa on tutkittu näiden urakoiden aiheuttamaa hiilidioksidiekvivalenttipäästöjä. Päästöjen laskemiseen on käytetty Lipasto-tietokannasta saatuja päästöarvoja. Tietokannasta saa eri ajoneuvoille omat päästöarvot, jotka perustuvat kyseisten ajoneuvojen keskiverto päästöihin. Saatavilla olevista ajoneuvo ryhmistä maansiirtokuorma-auto katuajossa kuvaa parhaiten tämän arvion päästöjä. Maansiirtoauton kulutus on suurin Lipasto-tietokannan arvoista. Talvihoitotöissä kuorma-autolla on myös suuri keskikulutus, raskaista lisälaitteista johtuen. Maansiirtokuorma-auton päästöt ovat 832 g CO_{2e}/kilometriä kohden (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, 2022).

Alkuperäisen suunnitelman mukaan Herttoniemen ja Lauttasaaren käytettyjen konetuntien selvittämiseen käytetään seurantajärjestelmästä saatavaa tietoa talvikauden suolauksen ja auruksen osalta. Nämä urakat käyttävät Mapon-työnseurantasovellusta. Näistä saaduilla tiedoilla oli tarkoitus laskea, kuinka paljon urakoista syntyy hiilidioksidiekvivalenttipäästöjä. Tällä tavalla kerätyn datan luotettavuus oli kuitenkin heikkoa, koska seurantajärjestelmästä on vaikea erotella, kuinka paljon aikaa on kulunut pelkästään talvihoitotöihin. Ongelmana on ollut, kun seurantajärjestelmän mukaan reitti on aloitettu ja lopetettu useasta eri kohdasta ja työhön käytetty aika vaihtelee radikaalisti. Lisäksi urakoitsijalla on usein jäänyt seurantajärjestelmä päälle talvihoitotöiden jälkeen, jolloin työhön käytetty aika sovelluksen mukaan on paljon realistista työhön käytettyä aikaa suurempi. Työn aloitus- ja lopetuspisteet myös vaihtelevat paljon, joten on haastavaa arvioida työssä suoritettujen kilometrien määrää.

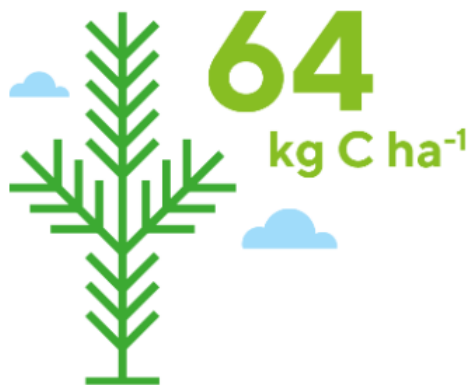
Näiden ongelmien vuoksi päädyin käyttämään karkeaa arviointia siitä, kuinka paljon urakoissa syntyy ajettuja kilometrejä, ja kuinka monta kertaa lähdetään talvihoitotöihin. Laskelmassa on arvioitu talvikauden tienhoitoon liittyvät lähdöt kuorma-autolla. Keskimäärin suolauskierroksia on 60 ja auruuskierroksia 20 talvikauden aikana. Tämä on karkea-arvio talvikauden hälytyslähdistä. Karkea-arvio perustuu omaan ja kaupunkiurakassa työskentelevän henkilön arvioon Herttoniemen ja Lauttasaaren kaupunkiurakan kuorma-autolla suoritettavista talvihoitotöistä (auraus ja suolaus). Tarkoituksena on osoittaa, minkä kokoluokan päästöjä kuorma-autolla suoritettavista talvihoitotöistä muodostuu. Lähtöjen määrä perustuu arvioituun talvikauden keskimääräiseen lähtöjen määrään. Ajetulle

kierrokselle tulee karkeasti pituutta noin 60 kilometriä. Näistä kertyy yhteensä noin 4800 kuorma-autolla ajettua kilometriä talvikauden aikana.

Maansiirtokuorma-auton päästöt ovat 832 g Co_{2e}/kilometriä kohden Lipasto tietokannan mukaan. (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, 2022). Herttoniemen ja Lauttasaaren talvihoidontöistä laskelma suoritetaan yhdestä autosta. Yhdellä tavihoidontöitä suorittavalla kuorma-autolla tulee talven aikana 4800 kilometriä. Näistä kilometreistä syntyy hiilidioksidiekvivalenttipäästöjä 3994 kilogrammaa.

Päästöjen suhteen halutaan päästä hiilineutraaliuteen. Yritys tai yhteisö voi ostaa vapaaehtoisilta päästömarkkinoilta sertifioituja päästövähennyksiä ja näin tehdä päästöhyvityksen investoimalla päästöjä vähentäviin tai hiilidioksidia ilmasta poistaviin hankkeisiin. Tätä kutsutaan hiilidioksidin kompensaatioksi. (Ympäristöministeriö , 2022) Laskelmissa yhden taimen hiilensidontaluku on 55 vuoden kierrolla 64 kiloa hiilidioksidiekvivalenttia (64 kg C ha⁻¹) (Kuva 7).

Kuva 7.



Yksi taimi sitoo 55 vuoden aikana 64 kg hiilidioksidiekvivalenttia istutettuna kivennäismaalajiin. (Suomen 4H-liitto, 2022)

Yhden hehtaarin alueelle mahtuu istuttamaan 2000 puun taimeaa, jolloin yhden hehtaarin hiilensidonta on 127 000 kg C ha⁻¹ hiilidioksidiekvivalenttia.

Kuva 8



Yksi istutettu hehtaari, joka on 100 m x 100 m, sitoo hiilidioksidiekvivalenttia itseensä 127 000 kg C ha⁻¹. (Suomen 4H-liitto, 2022)

Herttoniemen ja Lauttasaaren hoitourakassa käytössä olevan kuorma- auton hiilidioksidiekvivalenttipäästöt ovat 3994 kilogrammaa/kuorma-auto/yksi talvihoitokausi. Jos urakassa halutaan kompensoida hiilidioksidiekvivalentti päästöt. Kompensaationa näistä hiilidioksidiekvivalenttipäästöistä korvattavaa tulisi 62 puuntaimea / kuorma-auto / yksi talvihoitokausi. (Suomen 4H-liitto, 2022)

7 Tulokset

Kirjallisuustutkimusta tehdessä selvisi hyvin, kuinka vähän sähköisiä työkoneita on saatavilla. Suurin osa käsikäyttöisistä työkoneista on saatavilla sähköisenä, mutta isommat työkoneet esimerkiksi kuorma-autot, kaivinkoneet ja traktorit ovat hankalimpia löytää sähköisinä. Tällä hetkellä lähes jokaiselta valmistajalta on joku työkone sähköisenä. Sähköiset työkoneet ovat yleensä valikoiman pienimmästä päästä, eli suuria maanrakennuskoneita ei ole vielä sähköisenä, pois lukien kaivoksilla käytettävät koneet. Useampi valmistaja on eri julkaisussa

kuitenkin ilmoittanut, että suunnittelevat sähköisiä työkoneita ja testaavat prototyyppejä. Valmistajat eivät halua kertoa tulevista julkaisuista ennen tuotteen lanseerausta.

Haastattelut pidettiin Destian kaupunkikunnossapitourakoiden työpäälliköille ja työmaapäälliköille. Haastatteluihin pyydettiin vastausta viideltä henkilöltä, joista kolme vastasi. Yksi haastateltava haastateltiin puhelimitse ja kaksi vastasi kyselylomakkeeseen. Vastausprosentti haastatteluissa oli 60 %.

Haastatteluissa selvisi, ettei urakoissa ole tällä hetkellä sähköistä tai ehtoilla energialla toimivaa kunnossapitokalustoa. Syynä vaihtoehtoisen kaluston vähyyteen on hankintakustannusten suuruus, valikoiman suppeus ja tilaajalla on vain vähän vaatimuksia kaluston suhteen. Uusissa tulevissa urakoissa on mahdollisuus saada biodieselin käytöstä lisäpisteitä tarjousvaiheessa. Sähköistentyökoneiden kohdalla mietteitä herätti myös laitteiden soveltuvuus Suomen talven haastaviin olosuhteisiin. Haastatteluissa selvisi myös, ettei tällä hetkellä urakoiden tilaajilla ole suuria vaatimuksia päästöjen suhteen. Osissa urakoista tilaajalla on vaatimuksia kuorma-autojen Euro-luokituksen ja Stage-luokituksen suhteen. Näissä urakoissa tilaajalla oli sanktioinut kalustovaatimukset, mikäli minimi vaatimukset eivät täyty.

Haastatteluihin vastanneet uskovat tulevaisuudessa päästövaatimusten kiristyvän, jolloin tulee olla tulevaisuudessa enemmän kiinnostuneita vaihtoehtoisella energialla toimivista työkoneista. Käynnissä olevissa kaupunkien kunnossapitourakoissa ei ole kokemuksia sähköisistä kunnossapidon työkoneista. Käytössä on käsikäyttöisiä työkoneita, jotka toimivat sähköllä esimerkiksi porakoneita ja sahoja. Näistä koneista tuli hyvää palautetta matalan melutason vuoksi kaupunkiympäristössä.

Kaupunkiurakoissa oli myös vähän tietoa vaihtoehtoisella energialla toimivasta kalustosta. Urakoissa käytössä oleva kunnossapitokalusto on urakasta riippuen vuokrattua tai urakan omistuksessa olevaa.

Päästöjen tarkastelu on tehty eri julkaisujen pohjalta, joita ovat tehneet VTT ja Motiva Oy. Päästöjen vertailulaskelmalla on selvitetty eri energiavaihtoehtojen kasvihuonekaasupäästöt. Taulukossa 1 on vertailtu eri polttoaineiden kasvihuonekaasupäästöjä, jonka yksikkö on g/km. Matalimmat kasvihuonekaasupäästöt kilometriä kohden ovat biodieselissä, jonka päästöt ovat noin kymmenes osa bensiinin

kasvihuonekaasupäästöistä. Toiseksi pienimmät kasvihuonekaasupäästöt ovat etanolilla. Sähköllä on vain hieman suuremmat päästöt kuin etanolilla. Sähkön kasvihuonekaasupäästöt syntyvät tuotannosta, sähkön päästöihin vaikuttaa sähkön tuotantotapa. Sähköntuotannon kasvihuonekaasupäästöt ovat huomattavasti suuremmat, jos sähkö on tuotettu fossiilisillapolttoaineilla. Bensiinillä ja dieselillä ovat fossiilisista polttoaineista isoimmat kasvihuonekaasupäästöt. Bensiinillä ja dieselillä on noin 3,5 kertaa suuremmat kasvihuonekaasupäästöt kuin sähköllä.

Euro VI:n päästöt ovat huomattavasti paremmat kuin Euro 1-luokan päästöt. Euro VI typenoksidipäästöt ovat n.97 % pienemmät, metaanipäästöt ovat n. 99 % pienemmät sekä useat muut päästöt kuin Euro I luokituksessa. Useat päästöt ovat laskeneet huomattavasti Euro-luokitusten muuttuessa, paitsi hiilidioksidi päästöissä ei ole suurta muutosta vain n. 7 % lasku. Teknologian tutkimuskeskus VTT on tutkinut Euro-luokituksen vaikutusta kasvihuonekaasupäästöihin ja esimerkiksi Euro I ja Euro IV päästöluokitusten välinen ero on täydellä kuormalla alle 2 %. ELY-keskuksen maanteidenhoitourakoissa tilaaja määrittelee mitä Euro-luokitusta urakan kuorma-autojen tulee noudattaa. Urakoissa saa käyttää yhden vanhempaa Euro-luokitusta, jos kyseisessä kuorma-autossa käytetään uusiutuvaa dieseliä.

Euro-luokituksen vaikutus kasvihuonekaasupäästöihin on tehty Excelillä vertailu laskelma, joka on esitetty pylväsdiagrammilla taulukossa 2.

Esimerkki laskelmat kasvihuonekaasupäästöistä on tehty Herttoniemen ja Lauttasaaren urakoissa käytössä olevalla yhdellä kuorma-autolla talvella. Laskelmassa päästöt on laskettu yhdelle talvelle, kun kuorma-auto on tehnyt auraus- ja suolaustöitä.

Vähäpäästöistä kalustoa on tällä hetkellä saatavilla jonkin verran. Kaikkia työkonetta on saatavilla sähköisenä, mutta saatavilla oleva kalusto on kokoluokkansa pienimpiä koneita. Tässä työssä ei ole tarkasteltu kaivostyökoneita vain katualueenkunnossapitoon soveltuvaa kalustoa. Kuorma-autoja on saatavilla sähköisenä, jolloin kokoluokka on pieni 2-akselinen, mutta suuremman kokoluokan kuorma-autoja on saatavilla etanoli, kaasu ja vetykäsitellylläkasviöljyllä toimivina.

Pyöräkuormaajia ja kaivinkoneita on saatavilla näiden koneiden kokoluokkansa pienimmästä päästä. Traktoreiden saatavuus sähköisenä on vielä vähäistä, muutama malli kuitenkin normaalin kokoluokan traktoreista on jo markkinoilla.

Tulevaisuus vähäpäästöisillä työkoneilla vaikuttaa hyvältä. Kasvava halu päästöjen vähentämiseen tilaajan suunnalta kasvattaa kysyntää vaihtoehtoisella energialla toimiville työkoneille. Teknologian kehittyessä työkoneista saadaan käytännöllisempiä, jolloin niiden käyttö tulee mahdolliseksi raskaammissa töissä. Teknologian kehittyessä akun kapasiteettia saadaan nostettua, painoa laskettua ja akkujen lataus aikaa lyhennettyä.

Eri energialähteiden päästöjen tarkastelussa ilmeni, että uusiutuvalla dieselillä on pienimmät CO₂ päästöt. Sähkön päästöt ovat myös paljon pienemmät perinteisiin fossiilisiin polttoaineisiin verrattuna. Tämänhetkisillä Euro-luokituksilla ei ole myöskään suurta merkitystä kasvihuonepäästöihin. Euro-luokituksilla on saatu paljon muita haitallisia päästöjä laskettua. Erot Euro-luokituksen CO₂ päästöissä ovat vähäiset. Esimerkiksi Euro I ja Euro IV luokitusten kasvihuonepäästöissä on täydellä kuormalla eroa alle kaksi prosenttia. Typpioksidi päästöt taas vähenevät Euro I ja Euro VI välillä 98 %.

8 Johtopäätökset

Kirjallisuustutkimuksesta ilmeni, ettei tällä hetkellä saatavilla olevilla sähköisillä työkoneilla kunnossapidon toteuttaminen ole mahdollista katuverkolla. Pääasiassa sähköisten työkoneiden käyttöön siirtyminen edellyttäisi valmiutta kustannusten nousuun sekä joustavuuteen toimenpideajan suhteen. Sähköisten työkoneiden käytön seurauksena työstä joudutaan pitämään pidempiä taukoja, jotta työkoneita saadaan ladattua tarpeeksi. Latausta varten tulisi myös rakentaa kaupunkiin työkoneiden latauspisteitä, jotta akun kapasiteettiä käytettäisiin mahdollisimman vähän siirtymien ajamiseen. Nämä ongelmat ovat pääosin vain talvisin kylmillä säillä ja silloin, kun lunta on runsaasti, jolloin töiden jaksotus on hankalampaa ja työkoneita joudutaan käyttämään paljon. Sähköisiin työkoneisiin siirtyminen aiheuttaa myös lisäkustannuksia. Kuluja tulee lisää niin koneiden hankinnasta, kuin suuremmasta työhön käytettävästä ajasta. Tästä herää kysymys siitä, kuinka paljon vähäpäästöisyydestä ollaan valmiita maksamaan.

Mitä isommista työkoneista on kyse, sitä vaikeampaa niiden sähköistäminen on. Esimerkiksi kaikki käsikäyttöiset työkoneet saa sähköisenä, mutta kuorma-auton sähköistäminen on huomattavasti vaikeampaa. Kuorma-autoista sähköisenä saa lähinnä vain niin kutsuttuja

jakeluautoja, kun taas auraukseen soveltuvat autot ovat pääasiassa maansiirtoautoja. Kuorma-autoille on kuitenkin tällä hetkellä eniten vaihtoehtoja energian lähteiden valinnassa. Toisaalta työkoneiden sähköistämällä on päästöjen vähenemisen lisäksi myös muita vaikutuksia ympäristöön. Meluhaitta on sähköisissä työkoneissa huomattavasti pienempi kuin fossiililla polttoaineilla toimivissa työkoneissa.

Uskon työkonealan olevan tällä hetkellä murroksen alkuvaiheilla. Monella työn tilaajalla ei ole vielä suuria päästövaatimuksia, etenkin pienemmissä kaupungeissa tai kunnissa. Suomessa sähköisten työkoneiden saatavuus on myös pienempi kuin muualla maailmassa. Kehitystä on havaittavissa, ja päästöihin tullaan todennäköisesti jatkossa kiinnittämään vain enemmän huomiota. Kehitystä maailmalla on jo tapahtunut, ja uskon sen saapuvan Suomeenkin lähivuosina.

Pienempien töiden tilaajat, esimerkiksi pienet kunnat ja yksityishenkilöt, eivät välttämättä halua asettaa kovia päästövaatimuksia urakassaan käytettäville työkoneilla, etteivät menetä urakoitsijaa hankkeessaan. Etenkin syrjäisemmillä alueilla, joissa tekijöitä on vähemmän, voi olla haastavaa saada urakoitsijaa, jos asettaa tiukat vaatimukset kalustolle. Urakoitsijat eivät ole välttämättä valmiita investoimaan kalustoon paljon rahaa, jos työn tilaajalla on vain pieni urakka tarjolla.

Olen myös pohtinut, olivatko haastattelukysymykset oikeanlaisia, ja olisiko pitänyt yrittää saada enemmän haastatteluja suurempien vastausmäärien mahdollistamiseksi. Osa laitteiden jälleenmyyjistä vastasivat suppeasti haastatteluun, koska monella valmistajalla on sähköisten laitteiden kehitystyö kesken, eivätkä he täten halua kertoa alan kilpailuun vaikuttavaa tietoa ennen laitteiden julkaisua.

Herttoniemi-Lauttasaari-urakoiden kuorma-autolla suoritettavien talvihoitotöiden yhteen laskettu päästömäärä vaikuttaa mielestäni pieneltä. Uskon päästöjen olevan todellisuudessa suuremmat ja kilometrejä tulevan enemmän. Kuorma-autolla suoritettavien aurauksien lähin päästömäärä Lipasto-tietokannassa olivat maansiirtoauton päästöt. Tämä voi olla suolauksissa lähellä todellisuutta, koska autossa on kuormaa sekä suolatessa että auratessa. Usein auratessa on myös suolalaite kiinni kuorma-autossa, jolloin molempia töitä tehdään samaan aikaan. Aurausta tehdessä joudutaan myös usein ajamaan kierros useamman kerran,

jotta tie saadaan vaadittuun kuntoon. Tällöin kilometrejä kertyy huomattavasti enemmän kuin antamassani karkeassa arviossa. Päästöjen tarkastelun luotettavuus on heikkoa johtuen lähtödatan epäluotettavuudesta. Käytin arviota töiden määrästä, koska saatavilla olevan tiedonkeruujärjestelmän datan luotettavuus oli epävarmaa. Realistisen päästöjen määrän laskeminen on iso työ, jonka tekeminen vaatii paljon aikaa ja vuorovaikutusta työkoneiden käyttäjien kanssa.

Laskelmien mukaan tällä talvikaudella suoritettavista töistä tulisi kompensationsa päästöistä istuttaa 64 männyn taimea 3994 kg hiilidioksidiekvivalentteja vastaan. Taimien kiertoaika on 55 vuotta. Onko se realistista, ja riittääkö se, sitä on vaikea määrittellä tarkasti. Taimien määrä tuntuu pieneltä, mutta 55 vuoden kiertoaika on pitkä. Sivustolta, jolta nämä kompensations laskuun vaadittavat luvut selvisivät ei ilmene puolittuuko kiertoaika, jos taimien määrä kaksinkertaistuu. Itseäni olisi ainakin kiinnostanut, minkälaisia eri vaihtoehtoja on, jos on valmis maksamaan enemmän.

Tästä herääkin kysymys, onko päästöistä syntyvä kompensatio maksu paljon vai vähän. Tämä on toisaalta vain pieni osa Helsingin päästöistä katujen kunnossapidossa. Urakat kestävät usean vuoden ja urakoissa on kymmeniä kuorma-autoja käytössä samaan aikaan.

Päästöjen tarkastelussa käytetyn maansiirto kuorma-auton päästö arvot ovat kuorma-autoista suurimmat Lipastotietokannassa. Näiden päästöarvojen käyttäminen kuorma-autolla suoritettaviin talvihoitotöiden päästöjen selvittämiseen on syytä suhtautua varauksella. Kuorma-autolla suoritettavien talvihoitotöiden päästöistä ei ole mitään arviota saatavilla. Talvihoitotöiden keskiarvokulutus on jo hyvin haasteellinen laskea, sillä kulutukseen vaikuttavat monet asiat esimerkiksi ilman kylmyys, lumen koostumus ja suoritettava talvihoitotoimenpide. Näistä syistä johtuen kulutus on todennäköisesti arvioitu alakanttiin.

Helppo tapa vaikuttaa päästöihin on korvata työnjohdon käyttämät ajoneuvot sähköisillä ajoneuvoilla. Työnjohtajat käyttävät tiestön tarkastuksiin henkilöautoja, ja nämä henkilöautot ovat työnjohtajien omia, henkilökohtaisia autoja. Henkilöautojen päästöt ovat kunnossapitourakoiden päästöistä kuitenkin vain murto-osa. Työnjohtajien autoista vastaavat työnjohtajat itse, jolloin niiden päästöihin on vaikea vaikuttaa. Työnjohtajia voisi kannustaa sähköautoiluun, jos esimerkiksi työnantaja voisi tukea taloudellisesti sähköautoon

vaihtamista. Myös vihertyöntekijöiden autot ovat helposti korvattavissa sähköajoneuvoilla. Vihertyöntekijät kulkevat urakan autoilla. Silloin kun autot eivät ole käytössä, ne voitaisiin ladata varikolla. Uusiutuvan dieselin kohdalla ilmeni, ettei siihen tarvittava raaka-aine riitä, jotta kaikki dieselkoneet pystyisivät käyttämään sitä. Tällä hetkellä mikään vaihtoehtoinen energia ei yksin riitä korvaamaan fossiilisista polttoaineista saatua energiaa. Sähköauton käytöstä syntyvät päästöt ovat noin kolmanneksen bensiinillä kulkevan auton päästöistä kilometriä kohden. Uusiutuva diesel on vähäpäästöisintä polttoainetta.

EURO-luokituksella vaikutetaan kuorma-autojen päästöihin. EURO-luokituksen määrittelee EU-direktiivi. Töiden tilaajat voivat vaatia tiettyjä EURO-luokituksia urakoitsijoiltaan. Stage-luokituksella vaikutetaan liikkuvien työkoneiden pakokaasupäästöihin EURO-luokitusta muistuttavalla tavalla.

Tällä hetkellä sähköisiä työkoneita on maailman markkinoilla jonkin verran tarjolla. Jokaista työkonetta löytyy ainakin joltain valmistajalta sähköisenä. Nykyiset sähköiset työkoneet ovat vain pienikokoisia. Suuren kokoluokan työkoneita ei pystytä ainakaan tällä hetkellä korvaamaan sähköisillä helposti. Haastattelujen edetessä ilmeni, ettei Suomessa ole juurikaan sähköisiä työkoneita, paitsi joitakin näytekappaleita, eikä monikaan urakoitsija ole kiinnostunut sähköisistä työkoneista vielä. Siihen vaikuttavat varmasti sähköisten työkoneiden hinnat, jotka ovat huomattavasti korkeampia verrattuna samankokoisiin polttomoottorilla toimiviin työkoneisiin. Sähköisissä työkoneissa akun kapasiteetti rajoittaa myös työskentelyaikaa merkittävästi, etenkin haastavissa olosuhteissa, joissa on mahdollisuus joutua tekemään pidempää työvuoroa. Uuden teknologian edessä saatetaan myös olla ennakkoluuloisia teknologian toimivuudesta, kun laitteen hankkijalla ei ole kokemusta vielä uusista laitteista. Uuden teknologian yleistymisen alkuvaiheissa ei ole myöskään muilta kuultua kokemusta uuden teknologian toimivuudesta.

Tällä hetkellä muutamalla eri valmistajalla on tarjolla pienikokoisia sähköllä toimivia kuorma-autoja. Näistä kuorma-autoista ei ole kuitenkaan ilmoitettu mitään lisälaitteiden asennusmahdollisuudesta, jota talvitöiden tekeminen edellyttäisi. Kuorma-autoille on ilmoitettu noin 250 km toimintasäde. Talvihoitotöiden suorittaminen kuorma-autolla kasvattaa kuorma-auton kulutusta huomattavasti, parhaimmillaan yli 100 %. Tämän hetken saatavilla olevasta tiedosta ei selviä, ovatko sähköiset kuorma-autot soveltuvia katualueen

kunnossapidossa suoritettaviin talvihoitotöihin. Raskaampaa maansiirtokuorma-autoa, joka soveltuu talvihoitotöihin, on saatavilla kaasulla, biodieselillä ja etanolilla toimivana.

Tutkimusta aiheesta voisi helposti jatkaa moneen eri suuntaan. Ensimmäinen vaihtoehto olisi alkaa selvittämään laajemmin, ovatko sähköisten työkoneiden valmistajat miettineet kaluston soveltuvuutta kylmiin olosuhteisiin. Katualueiden kunnossapitotyöryhmiä voisi myös yrittää haastatella muualta kuin Suomesta, jos löytyisi jo kokemusta sähköisistä työkoneista tai muulla vaihtoehtoenergialla toimivista ratkaisuista.

Toinen suunta tämän tutkimuksen jatkamiselle on jonkun tietyn urakan tarkempi päästöjen laskeminen. Päästöjen syntyä pystyisi tutkimaan lisää, toki työlästä se tulisi olemaan. Datan keräämisen ohella voisi myös selvittää, kuinka tehokkaasti eri työvaiheet suoritetaan, ja onko työvaiheissa työkoneilla ylimääräistä työskentelyä. Tätä kerättyä dataa taas pystyisi käyttämään päästöjen pienentämiseen tai lisätutkimuksiin siitä, mikä työvaihe aiheuttaa eniten päästöjä. Sitä kautta päästöjä voisi hallita tehokkaammin.

Haastatteluista kävi ilmi, että tulevaisuudessa tilaajaa tulee kiinnostamaan päästöarvot enemmän. Tulevissa urakoissa kaluston päästövaatimukset ja vaihtoehtoisen energianlähteet voivat antaa lisäpisteitä laatulupauksissa. Päästövaatimusten kiristyessä urakoitsijan tulee olla kiinnostunut vaihtoehtoista energianlähteistä.

9 Lähdeluettelo

Bucher Muncipal. (22.12.2020). *Bucher Municipal*.

<https://www.buchermunicipal.com/int/products/sweepers/truck-mounted-sweepers/v65e>

CASE construction. (20.5.2021). *Productr. CASE construction*.

<https://www.casece.com/northamerica/en-us/products/backhoe-loaders/580ev-project-zeus>

Destia Oy. (8.2.2022). *Vuosikertomus: Destia Oy*. Destia Oy sivusto: www.destia.fi

Ekosähkö Oy. (13.4.2022). *Usein kysytyt kysymykset vihreästä sähköstä: Ekosähkö*.

<https://www.ekosahko.fi/usein-kysytyt-kysymykset-vihreasta-sahkosta>

Euroopan komissio. (24. huhtikuu 2021). *Ēuroopan komissio*.

https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_fi

Euroopan unionin julkaisutoimisto. (8. 2 2022). *EUR-Lex - 32007R0715 - FI*. EUR-Lex sivusto:

<https://eur-lex.europa.eu/>

Helsingin yliopisto, kemian laitos. (1. 2 2022). *Kemia yhteiskunnassa*.

<http://www.kemia.ovh/oljytuotteet/dieselolijt.htm>

KH-koneet oy. (2.2.2021). *Koneet: KH-koneet oy*.

<https://kh-koneet.fi/koneet/kramer-5055e/>

Koneyrittäjät ry. (25.11.2020). *Kone luokitus*. <http://www.koneluokitus.fi/>

Lassila, A. (23.3.2022). *Talous: Helsingin sanomat*. Noudettu osoitteesta Helsinginsanomat

sivusto: <https://www.hs.fi/talous/art-2000008277105.html>

Motiva Oy. (7.2.2022). *Energia lähteet Motiva*. www.motiva.fi

Neste Oyj. (7.4.2022). *Pienemmät päästöt*. Neste Oy:n sivusto:

<https://www.neste.fi/vastuulliset-ratkaisut/tuotteet/uusiutuvat-polttoaineet/neste-my-uusiutuva-diesel/pienemmat-paastot>

Scania . (7.12.2020). *Scania.fi*.

<https://www.scania.com/fi/fi/home/products-and-services.html>

ST1 Oy. (2.2.2022). *HVO – Uusiutuva Diesel*.

<https://www.st1.fi/yrityksille/tuotteet-ja-palvelut/polttoneesteet/dieselit-ja-adblue/hvodiesel>

Suomen 4H-liitto. (23.2.2022). *Info: Taimiteko*. Taimiteko sivusto:

<https://www.taimiteko.fi/info/>

- Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitra. (7.2.2022). *Kasvuhuonekaasu: Sitra*. Sitran sivusto: www.sitra.fi
- Suomen ympäristökeskus. (10.2.2022). *ilmastonmuutos hillintä: www.ilmasto-opas.fi*.
Noudettu osoitteesta www.ilmasto-opas.fi
- Suomenkaasuenergia. (11.4.2022). *Maakaasu ja biokaasu*. Suomenkaasuenergian sivusto: <https://suomenkaasuenergia.fi/maakaasu-ja-biokaasu/>
- Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. (30.11.2021). *Lipasto liikenteen päästöt*.
<http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/tavaraliikenne/tieliikenne/kamaanskatu.htm>
- Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. (1.2.2022). *Lipasto tietokanta*.
<http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/tavaraliikenne/tieliikenne/kamaanskatu.htm>
- Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. (6.2.2022). *Lipasto tietokanta*.
<http://lipasto.vtt.fi/liisa/co2ekvs.htm>
- Tilastokeskus. (19.5.2022). *Käsitteet tilastokeskus*. Tilastokeskuksen
<https://www.stat.fi/meta/kas/hiilidioksidiek.html>
- Tilastokeskus. (10.2.2022). *Sähkön ja lämmön tuotanto: Tilastokeskus*. Tilastokeskuksen
sivusto: www.stat.fi
- Valtioneuvoston kanslia. (25.11.2020). *Sitoumus 2050*. <https://sitoumus2050.fi/koti#/>
- Volvo. (2.2.2021). *Tuotteet: Volvo*. Noudettu osoitteesta <https://www.volvoce.com/suomi/fi-fi/products/electric-machines/l25-electric/#specifications>
- Väylävirasto. (15.2.2022). *Ajankohtaista maanteiden hoidon kilpailutuksessa: Väylävirasto*.
<https://vayla.fi/palveluntuottajat/hankinnat/tieurakat/ajankohtaista-tieurakoiden-kilpailutuksessa>
- Väylävirasto. (17.2.2022). *Maanteidenhoidon kilpailutus: Väylävirasto*. Väyläviraston sivu:
<https://vayla.fi/palveluntuottajat/hankinnat/tieurakat/ajankohtaista-tieurakoiden-kilpailutuksessa>
- Ympäristöministeriö. (13.4.2022). *Vapaaehtoiset päästökompensaatiot: Ympäristöministeriö*
. Ympäristöministeriön sivusto: <https://ym.fi/vapaaehtoiset-paastokompensaatiot>

Liite 1: Haastattelukysymykset

Mitä työkoneita urakassa on käytössä muut kuin polttomoottorilliset?

Onko urakan koneet omia vai vuokrattuja?

Mitä ympäristö asioita huomioidaan kalustohankinnassa?

Mitä sähköllä/ vaihto ehtoisella energialla toimivia työkoneita on käytössä tällä hetkellä?

Tämänhetkisistä sähköisistä tai vaihto ehtoisella energialla toimivasta työkoneista käyttöaika, latausaika ja talven vaikutus vaatimuksia?

Mitä urakassa vaaditaan eri työkoneilta mm. käyttöaika, latausaika ja talven vaikutus?

Kokemuksia sähköisistä työkoneista urakassa?

Mitä vaatimuksia tilaaja on määritellyt urakkaan? bonukset ja sanktiot

Onko tällä hetkellä havaittavissa/nähtävissä tilaajalla uusia vaatimuksia vaihto ehtoiselle energialla toimiviin työkoneisiin?

Mitä sähkö/akku työkoneita on myynnissä?