

JAKELUKULJETUKSIEN ASIAKASKOHTAISEN PÄÄSTÖRAPORTOINTIMALLIN MÄÄRITTELY

Lauri Kautto

Opinnäytetyö
Kesäkuu 2014

Logistiikan koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä KAUTTO, Lauri	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 01.06.2014
	Sivumäärä 57+6	Julkaisun kieli SUOMI
	Luottamuksellisuus saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty (KYLLÄ)
Työn nimi JAKELUKULJETUKSIEN ASIAKASKOHTAISEN PÄÄSTÖRAPORTOINTIMALLIN MÄÄRITTELY		
Koulutusohjelma Logistiikan koulutusohjelma, tekniikan ja liikenteen ala		
Työn ohjaaja(t) VIITALA Jaakko		
Toimeksiantaja(t) Valio Oy		
Tiivistelmä <p>Kuljetusyritykset joutuvat mittaamaan aiheuttamia ympäristövaikutuksia yhä tarkemmin, sillä kuljetusten tilaajat haluavat tietoa siitä, kuinka niiden tilaamansa palvelu vaikuttaa ympäristöön.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli määritellä sekä yhtenäinen että luotettava raportointimalli päästöjen kohdentamiseksi oikeudenmukaisesti kuljetusreitillä oleville asiakkaille. Valio Oy edellytti opinnäytteen esittelevän nykyiset raportointimallit ja niiden eroavaisuudet sekä ehdotuksen käyttöönotettavasta raportointimallista.</p> <p>Uusi raportointimalli perustuu käytössä olleisiin malleihin, joita on muokattu tähän käyttöön soveltavaksi. Raportointimalli tuo esille mahdollisuudet vähentää kuljetusten aikaisia päästöjä.</p> <p>Uuden raportointimallin tarkkuus määriteltiin mahdollisimman tarkaksi saatavilla olevien lähtötietojen perusteella. Opinnäytetyössä määritelty raportointimalli toimii toimeksiantajan jatkokehityksen pohjana, josta luodaan toimiva raportointiohjelmisto.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Valio, päästöt, ympäristöraportointi, hiilijalanjälki, jakeluliikenne, päästöjen kohdentaminen		
Muut tiedot		



Author KAUTTO, Lauri	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 01062014
	Pages 57+6	Language FINNISH
	Confidential Part of attachments Until	Permission for web publication (YES)
Title DEFINING AN EMISSION ALLOCATION MODEL FOR DISTRIBUTION TRANSPORTS		
Degree Programme Degree Programme in Logistics		
Tutors VIITALA Jaakko		
Assigned by Valio Oy		
Abstract <p>Transportation companies are required to measure their environmental impacts in more detail. Customers require clarification on how their transportation assignments affect the surrounding environment.</p> <p>The goal of the thesis was to determine a uniform and reliable reporting model that would allocate emissions truthfully to every customer on the route. Valio Oy required that the thesis should introduce the current models in use and specify one suggested model that would be taken into further development.</p> <p>The new reporting model is based on the existing models, which were modified to be suited for this use. The reporting model brings out possibilities for reducing emissions in the transportation business.</p> <p>The new reporting model was defined to be as accurate as possible using the existing initial data. The suggested reporting model will serve as the basis for the further development of the final reporting software.</p>		
Keywords Valio, emissions, environmental reporting, carbon footprint, distribution transports, allocating emissions		
Miscellaneous		

Sisältö

Lyhenteet ja käsitteet	4
1 Johdanto	6
2 Suomessa päästöjä seuraavat tahot	7
3 Päästöjen laatu ja ominaisuudet	10
4 Kuljetuskaluston tekniset ominaisuudet	15
4.1 Päästöjen hallinta kaluston avulla	15
4.2 Päästöluokitukset	16
4.3 Ajoneuvopäätteen muodostama tieto	17
4.4 Ajoneuvon valinta tehtävän mukaan	18
5 Välittömät ja välilliset päästöt	20
5.1 Välittömät päästöt	20
5.2 Välilliset päästöt	20
6 EU:n tulevat päästövaatimukset ja raportointi	22
6.1 Päästöjen seurannan kehittyminen 2000-luvun alusta EU:n alueella	22
6.2 EU:n päästöjen seurannan tulevaisuus	24
7 Raportointimallit	25
7.1 Euroopan alueella käytettävät ohjeistukset päästöjen raportointiin	25
7.1.1 Polttoaineen kulutuksen määrittäminen	26
7.1.2 Rajoittavan kuljetusyksikön määrittelemine	28
7.1.3 Päästöjen määrän laskeminen	29
7.2 Olemassa olevat laskentamallit	34
7.2.1 Laskenta lyhimmän maantieteellisen matkan mukaan	34

7.2.2	Laskenta asiakkaiden välimatkojen mukaan.....	36
7.2.3	Esimerkkien vertailu	38
7.3	Tarkennetun mallin päästöjen laskenta asiakaskohtaisesti	40
7.3.1	Laskenta uuden mallin mukaan	40
7.3.2	Vertailu mallien kesken	42
7.4	Epätarkkuustekijät	42
8	Raportointimallien vertailu	45
8.1	Tarkkuus.....	45
8.2	Riittävyys tulevaisuudessa	45
8.3	Käytettävyys ja muokattavuus	47
8.4	Suosittelava raportointimalli	47
9	Raportin sisältö	49
9.1	Raportoitavat määreet	49
9.2	Raportointijärjestelmän määrittely	49
9.3	Raportin ulkoasu.....	51
10	Yhteenveto.....	52
10.1	Tavoitteen toteutuminen	52
10.2	Parannusehdotukset.....	53
Lähteet		55
Liitteet.....		58
Liite 1.	EURO-päästöluokkien päästökertoimet	58
Liite 2.	Tietokantarakenteen hahmotelma.....	61
Liite 3.	Esimerkkiraportti	62
Liite 4.	Excel-tiedosto: Päästölaskenta	63

KUVIOT

Kuvio 1: Toimitusketju.....	35
Kuvio 2 Lähtötiedot ja niiden erittely.....	50

TAULUKOT

Taulukko 1: Euroluokat	17
Taulukko 2: Kuljetusliikenteen päästökehitys.....	23
Taulukko 3: Rahdituspaino	28
Taulukko 4: Raskaan ajoneuvon keskimääräiset päästömäärät Suomessa	31
Taulukko 5: Päästöjen laskennan peruste.....	33
Taulukko 6: Esimerkin 1 asiakkaiden kuormat ja etäisyydet	36
Taulukko 7: Esimerkin 2 asiakkaiden kuormat ja etäisyydet	37
Taulukko 8: Esimerkkien 1 ja 2 päästömäärävertailu	38
Taulukko 9: Esimerkin 3 kuormat ja etäisyydet	41
Taulukko 10: Päästömäärävertailu 2.....	42
Taulukko 11: Polttoaineen kulutuksen laskentaerot	43

LYHENTEET JA KÄSITTEET

CEN	European Committee for Standardization, Euroopan alueella toimiva voitto tavoittelematon standardeja kehittävä järjestö
CH	Hiilivedyt, ks. NMVOC
CH ₄	Metaani
CO	Hiilimonoksidi eli häkä
CO ₂	Hiilidioksidi
EEA	European Environment Agency, Euroopan ympäristövirasto
ERP	Toiminnanohjausjärjestelmä
EU	Euroopan unioni
EURO-luokka	Ajoneuvon päästöjen tuoton mukaan määräytyvä luokitus, suurempi EURO-luokka, pienemmät päästöt
g	Massan yksikkö, gramma
GHG	Green House Gas, kasvihuonekaasu
HFC	Fluorihilivedyt
kg	Massan yksikkö, kilogramma
Kuljetussuorite	Kuljetustyön määrä, yleensä yksikkönä tonnikilometri (Ks. Tonnikilometri)
l	Litra, tilavuusyksikkö
m ³	Kuutiometri
N ₂ O	Dityppioksidi eli typpioksiduuli
NMVOC	Non-methane volatile organic compounds, hiilivedyt pois lukien metaani
NO	Typpioksidi
NO ₂	Typpidioksidi
NO _x	Typen oksidit, sisältää NO eli typpioksidi, NO ₂ eli typpidioksidit sekä NO ₃ typpitrioksidit
PFC	Perfluorihilivety

PM	Hiukkaspäästöt (joskus merkintänä TPM)
PN	Hiukkasten lukumäärä
ppm	Parts per million, suhdeyksikkö, esimerkiksi yksi gramma tonnissa ainetta
Rahdituspaino	Laskennallinen paino, jota käytetään kuljetuksen hinnoittelun perusteena, yleensä yksi kuutiometri vastaa 333 kilogrammaa, jos pieni massa ja suuri tilavuus lasketaan tilavuus x 333 kg/m ³ , jos suuri massa ja pieni tilavuus käytetään todellista massaa
S	Rikki
SKAL	Suomen Kuljetus ja Logistiikka SKAL ry
SF ₆	Rikkiheksafluoridi
SO	Rikkimonoksidi
SO ₂	Rikkidioksidi
SO ₃	Rikkitrioksidi
t	Tonni, massan yksikkö, vastaavuus 1000 kilogrammaa
tkm	ks. tonnakilometri
Tonnakilometri	Kuljetussuoritteiden yksikkö, kuinka monta kilometriä yhden tonnin painoinen kuorma on kulkenut
VTT	Valtion teknillinen tutkimuskeskus

1 JOHDANTO

Tausta

Päästöjen seuranta kansainvälisellä sekä kansallisella tasolla on lisääntynyt. Yrityksiä velvoittaa päästöjen seuraamiseen kansainväliset sopimukset, Euroopan unioni (EU) sekä lait ja asetukset. Nykyisenä trendinä on päästöjen jäädyttäminen nykyiselle tasolle ja tulevaisuudessa päästöjen vähentäminen. Ennen kuin päästöjä voidaan vähentää, on selvitettävä nykyiset päästöt ja niiden lähteet. Tämä on johtanut siihen, että päästöjä tulee seurata tarkemmin. Myös yhteiskunta haluaa tietoonsa mahdollisimman tarkkoja tietoja aiheuttamistaan päästöistä. Jotta päästöjen vähentämistavoitteet sekä kuljetusliikkeen asiakkaiden tiedon tarve täyttyisi, on kehitettävä työkaluja päästöjen mittaamiseksi.

Tavoite

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli luoda mahdollisimman tarkka malli Valio Oy:n jakelutoiminnan päästöjen raportointiin. Raportissa tuli ottaa huomioon mahdollisimman tarkasti kaikki kuljetuksen aikaiset päästöt. Mallin tarkoitus oli kohdentaa päästöt todenmukaisesti asiakaskohtaisesti riippumatta reitistä tai jakelupisteen sijainnista. Mallin luomiseen tuli käyttää olemassa olevia raportointimalleja, jos niitä on saatavilla. Sen oli oltava käyttökelpoinen myös tulevaisuudessa, jos päästöjen raportoinnin säännökset muuttuvat. Mallin käyttötarkoitus on raportoida asiakkaille kohdistettujen päästöjen määrä ja laatu. Valio kehittää opinnäytetyössä määritellyn mallin pohjalta raportointiohjelmiston, josta lopullinen raportti voidaan tulostaa. Työssä keskityttiin Valiolle tuotettavien jakelukuljetuksien päästöihin. Olemassa olevat mallit etsittiin EU-alueelta, koska toiminta kohdistuu tälle toiminta-alueelle. Malli keskittyy vain diesel polttoaineella toimivien ajoneuvojen päästöjen tarkasteluun.

Raportointimallin tuli laskea reittikohtaisesti asiakkaiden kuormien aiheuttamat päästömäärät sekä laadut. Mallin oli tarkoitus hyödyntää Valiolla käytössä

olevia lähtötietoja ja määrittellä ne tiedot, jotka tarvitaan lisäksi laskennan toteuttamiseksi.

2 SUOMESSA PÄÄSTÖJÄ SEURAAVAT TAHOT

Suomessa kuljetusalan energia- ja ympäristöasioiden päästöjä voidaan seurata usealla eri järjestelmällä. Monet liikennöintiyritykset ovat ottaneet käyttöönsä järjestelmiä, joiden kautta ne pystyvät vertailemaan omia päästöjään muiden järjestelmää käyttävien yritysten päästöihin. Maamme suurimmat päästöjen seurannan tietokannat ovat Emistra, LIPASTO sekä PIHI-järjestelmä. Emistra-tietokanta pohjautuu yrityksiltä kerättyyn aineistoon. Yritys syöttää Emistran järjestelmään yritystiedot, ajoneuvotiedot sekä kuljetustoiminnan tietoja, kuten kuormatiedot, reittien pituudet sekä polttoaineen kulutuksen. Samalla yritys saa käyttöönsä vertailupohjan omaa toimintaansa varten, koska yritys voi verrata omia tietojaan muiden yritysten syöttämiin tietoihin. LIPASTO-tietokanta nykymuodossaan perustuu yritysten syöttämiin tietoihin, joiden perusteella tietokannasta luodaan päästöennusteita tulevaisuuteen. LIPASTO on käytännössä päästöjen simulointijärjestelmä, jota voi hyödyntää päästötrendien seurantaan. Suomen kuljetus ja logistiikka SKAL ry (SKAL) on jatkokehittänyt Emistrasta PIHI-järjestelmän. PIHI on käytännössä vain yrityksen oman toiminnan seuraamiseen tarkoitettu järjestelmä, jolla voidaan sekä seurata että vähentää polttoaineen kulutusta. Tilastokeskus koostaa vuosittain toimialoittain karkeapohjaisen valtakunnallisen päästöraportin. Tilastokeskuksen raportti keskittyy kokonaispäästömääriin.

Emistra

Emistra-tietokanta on työkalu yrityksen päästöjen seurantaan, ja se kuuluu suurempaan PKY-LAATU[®]-toimintajärjestelmään. Emistran käyttöönoton yhteydessä yritys sitoutuu noudattamaan tavarankuljetusten ja logistiikan energiantehokkuussopimusta. Sopimuksen tavoitteena on parantaa kuljetusten

energiatehokkuutta ja vähentää kuljetusten polttoaineen kulutusta. Sopimuksen tavoitteena on vähentää kuljetusten aiheuttamia päästöjä 9 % vuoteen 2016 mennessä. Sopimus on vapaaehtoinen, mutta Emistra-järjestelmän käyttö edellyttää sopimuksen hyväksymistä ja siihen sitoutumista. (Emistra 2014.)

Emistraa käyttävillä yrityksillä on oltava luotettavat seurantajärjestelmät omille toiminnoilleen. Yritys syöttää tiedot kuljetuksista Emistraan, josta saadaan valittua haluamat energiankulutustiedot, esimerkiksi autokohtaisesti tai koko yrityksen kattavasti eri ajanjaksoilla. Emistraan syötettyjä tietoja käytetään myös viranomaisten päätösten tukena. Tietokannasta saadaan tilastotietoa nykyhetken tilanteesta kuljetusalalla. (Emistra 2014.)

LIPASTO ja Liisa-järjestelmä

Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) ylläpitää laskentatietokantaa nimeltä LIPASTO. LIPASTO:n kehitys on pääosin rahoitettu liikenne- ja viestintäministeriön, merenkulkulaitoksen, ratahallintokeskuksen sekä tilastokeskuksen toimesta. LIPASTO:n sisälle on kerätty tietoa neljältä eri kuljetusalalta: ilma-, meri-, rautatie- sekä tieliikenteeltä. Tiedot ovat vuositasotietoja, joita on kerätty vuodesta 1980 alkaen. Tiedot päivitetään vuosittain järjestelmään. LIPASTO sisältää myös päästöjen arvioidut kehityslaskelmat aina vuoteen 2032 asti. (LIPASTO 2014.)

LIPASTO:n eri osat mallintavat eri kuljetusalojen päästöjä hieman eri tavoilla. LIISA raportoi päästöjä alueittain maantiekuljetuksien osalta. Rautatieliikenteen päästöjä rataosuuksittain mallintaa RAILI. MEERI tuottaa raportin päästöistä valtakunnan tasolla vesiliikenteestä sekä merikuljetusten osalta satamatoiminnasta. ILMI koostaa raportin ilmakuljetusten osalta koko valtakunnassa. (LIPASTO 2014.)

LIPASTO-tietokannasta löytyy yksikköpäästötiedot kuljetusvälinekohtaisesti. Kyseinen tietokanta luotiin 2000-luvun alussa, jotta voitiin yhtenäistää kuljetusvälineiden vertailua keskenään. Yksikköpäästöt lasketaan LIPASTO:ssa,

joko henkilökilometriä kohden tai tonnikilometriä kohden, riippuen siitä onko kyse henkilöliikenteestä vai tavaraliikenteestä. LIPASTO:a käytetään päätösten tukena kuljetusalan päästöistä päätettäessä. LIPASTO:on tuotetaan Suomen viralliset päästölukemat kuljetusalaakohtaisesti. (LIPASTO 2014.)

PIHI-järjestelmä

PIHI-järjestelmä pohjautuu aikaisemmin esiteltyyn Emistraan. Se on jatkokehitetty versio, jota käytetään pääosin polttoaineen kulutuksen vähentämiseen. PIHI:n käyttöönotto velvoittaa sitoutumaan energiatehokkuussopimukseen ja on sopimukseen sitoutuneille veloituseton. Kuten Emistrassa, myös PIHI-järjestelmässä voidaan vertailla, sekä omaa energiatehokkuutta muihin toimijoihin että kehitystä energiatehokkuudessa. PIHI-järjestelmästä voidaan laatia yleistasoisia päästö ja kulutusraportteja. (SKAL 2014.; Lappalainen 2014.)

Tilastokeskus

Tilastokeskus koostaa vuosittain päästöistä oman raporttinsa. Tilastokeskus ei keskity raporteissaan yksityiskohtaisiin yritystietoihin, vaan koostaa kokonaiskuvan valtakunnallisesta päästöjen tuotosta yhdeksi raportiksi. Päästöjen määrät eritellään raporteissa toimialoittain. Raportit ovat julkisia ja ovat kaikkien käytettävissä. Myös Tilastokeskuksen raportteja hyödynnetään kuljetusalaa koskevassa päätöksen teossa. (Tilastokeskus 2013.)

3 PÄÄSTÖJEN LAATU JA OMINAISUUDET

Kuljetusliikenne tuottaa päästöjä pääosin hiilivety-pohjaisten polttoaineiden käytämisestä. Päästöt, joista yleisesti on kiinnostuttu, ovat hiilimonoksidi (CO), hiilivedyt (CH), typen oksidit (NO_x), hiukkaset (PM), rikki (S) sekä hiilidioksidi (CO₂). Kyseisiä päästöjä seurataan myös ilmastoraportoinneissa yhteiskunnallisella tasolla. (LIPASTO 2014.; Autoalan tiedotuskeskus, Liikenteen päästöt 2014.)

Yleisesti erittäin vähälle huomiolle jääneet melu ja tärinä ovat päästöjä muiden joukossa. Melua eikä tärinää tavallisesti huomioida päästöjen raportoinnissa niiden määrän laskennallisen määrittelyn vaikeuden vuoksi.

Hiilidioksidi

Seuratuin päästö on hiilidioksidi (CO₂). Hiilidioksidia syntyy hiilipitoisten polttoaineiden palamisen seurauksena. Hiilidioksidin määrä on ollut jatkuvassa kasvussa teollistumisen myötä. Rungas hiilipitoisten polttoaineiden käyttö lisää hiilidioksidin määrää ilmakehässä aiheuttaen ilmaston lämpenemistä. Hiilidioksidin määrää ilmakehässä on pyritty rajoittamaan. Biopolttoaineiden ja uusiutuvien energialähteiden käyttöä on lisätty. Tämä trendi näkyy myös kuljetusliikenteessä biopolttoaineilla toimivien autojen lisääntymisenä. Biopolttoaineet tuottavat hiilidioksidia palaessa, mutta sitovat sitä myös tuotantovaiheessa, jolloin päästöt laskennallisesti vähenevät. (LIPASTO 2014.)

Euroopan alueella kaikesta maantieliikenteestä kuljetustoiminta kattaa noin neljänneksen hiilidioksidipäästöistä. Kaikista Euroopan alueen päästöistä kuljetustoiminta kattaa noin 6 % syntyvistä hiilidioksidipäästöistä. EU pyrkii ohjeistuksillaan vähentämään nykytilassa kasvavaa hiilidioksidipäästöjen määrää. EU:lla on pitkäaikaisia tavoitteita, joiden perusteella pyritään vähentämään päästöjen määrää. Päästöjä pyritään vähentämään uudemman kaluston käyttöönottolla, joissa on vähäpäästöisemmät ja energiatehokkaammat moot-

torit sekä käyttämällä puhtaampia polttoaineita ja biopolttoaineita. Parantamalla kuljetusten tehokkuutta ja yhdistettyjen kuljetusten hyödyntämistä autetaan tavoitteiden saavuttamista. (European Commission 2014.)

Yksi uusimmista käyttöönotettavista, päästöjä alentavista tekniikoista, on rengaspaineiden seurantajärjestelmä, jonka on tarkoitus tulla pakolliseksi uusiin ajoneuvoihin. Rengaspaineiden oikealla säädöllä voidaan pienentää vierintävastuksen aiheuttamaa polttoaineen kulutusta lisäävää vaikutusta. (European commission 2014.)

Hiilimonoksidi

Hiilimonoksidia (CO) eli häkää muodostuu, kun polttoaine palaa epäpuhtaasti. Hiilimonoksidi päästöjä voidaan vähentää käyttämällä hapetuskatalysaattoreita ja pienentämällä polttoaineen kulutusta. Hiilimonoksidi on ihmiselle haitallista, runsaissa määrin se aiheuttaa hapenpuutteesta aiheutuvan tukehtumisen. Hiilimonoksidi pyrkii tasapainottamaan itsensä ilmassa olevien happimolekyylien kanssa hiilidioksidiksi, joten runsas ilmanvaihto esimerkiksi sisätiloissa, on tarpeen. (LIPASTO 2014.)

Typen oksidit

Kuljetusliikenteessä aiheutuu palamisen seurauksena myös typen oksideja (NO_x). Tilastoissa käytetään NO_x merkintää, johon sisällytetään NO eli typpi-monoksidin, NO_2 eli typpidioksidin sekä NO_3 eli typpitrioksidin päästöt. Yleensä typpimonoksidin päästömääriä ei tarkkailla, koska se pyrkii hapettumaan itsestään typpidioksidiksi ympäröivän ilman hapen kanssa. (LIPASTO 2014.)

Typen oksidien suurimmat lähteet ovat liikenne ja kivihiltä polttavat energialaitokset. Niitä syntyy eniten maantieolosuhteissa sekä kovissa kiihdytyksissä. Typen oksidit ärsyttävät hengityselimiä ja aiheuttavat erityisesti astmaatikoille hengitysoireita. Typen oksidit ovat polttoprosessissa muodostuvia saasteita, jotka siirtyvät ilmakehään kaasumaisina. Typen oksidit reagoivat veden kanssa muodostaen happamia sateita. Happosade aiheuttaa maaperän ja vesistö-

jen happamoitumista sekä vahingoittaa kasveja. Suurissa määrin happamat sateet voivat aiheuttaa syöpymistä happoihin reagoiviin materiaaleihin. (LIPASTO 2014.)

Hiilivedyt

Hiilivetyihin kuuluu satoja eri yhdisteitä, niistä käytetään yleisesti merkintää HC, CH tai NMVOC, näistä yleisin on HC. Hiilivedyt koostuvat pääosin palamattomasta polttoaineesta, joka kulkeutuu ilmakehään epäpuhtaan palamisen johdosta. Hiilivetyjä muodostuu esimerkiksi kiihdytettäessä ja ajettaessa suurilla kierroksilla. Hiilivetyjä voidaan hallita katalyysaattoreilla, jotka pystyvät puhdistamaan suurimman osan hiilivedyistä pois pakokaasuista. Hiilivedyt ovat kuitenkin ongelma ihmisten terveydelle, sillä monet hiilivety-yhdisteet ovat syöpää aiheuttavia. Kuten muutkin ilmansaasteet myös hiilivedyt ärsyttävät hengityselimiä ja aiheuttavat hengityselimien ongelmia. (LIPASTO 2014.)

Hiukkaspäästöt

Hiukkaspäästöjä (PM) syntyy palamisen sivutuotteena. Hiukkaspäästöt ovat pääosin hiiltä, johon on sitoutunut muita ihmiselle haitallisia kemiallisia yhdisteitä. Hiukkaspäästöt ovat huomattavasti suuremmat diesel-moottoreilla varustetuissa autoissa kuin bensiinikäyttöisissä. Hiukkaspäästöjä on pyritty tutkimaan ja määrittelemään niiden haitallisuutta ihmiselle. Ongelmaksi muodostuu niiden monimuotoisuus. Hiukkasiin voi sitoutua monia eri yhdisteitä, esimerkiksi hiilivetyjä, jotka ovat haitallisia ihmisille. (LIPASTO 2014.)

Ihmiselle haitallisena pidetään alle 20 µm kokoisia hiukkasia. (Värtö-Niemi 2014.) Hiukkaspäästöt aiheuttavat pääosin hengityselimien ongelmia. Liikenteessä aiheutuu myös muita hiukkaspäästöjä kuin pelkän palamisprosessin myötä ilmaan pääseviä hiukkasia. Tien hiekoituksesta ja tiestä irtoavasta katupölyssä on hiukkaspäästöihin luokiteltavan kokoisia hiukkasia. (LIPASTO 2014.)

Dityppioksidi eli typpioksiduuli

Typpioksiduuli (N_2O), eli dityppioksidi on voimakkaasti ilmaston lämpenemiseen vaikuttava kasvihuonekaasu. Tähän typen oksidiin ei juuri ole kiinnitetty huomiota, koska se ei vaikuta merkittävästi ihmisen elimistöön. Viime aikoina typpioksiduulipäästöihin on kiinnitetty huomiota sen kasvihuonevaikutusten vuoksi. Mittaustekniikan kehittyminen on mahdollistanut typpioksiduulipäästöjen havainnoimisen ja mittaamisen paremmin. Kasvihuonevaikutuksen määrittämiseen on useissa maissa erisuuruisia kertoimia. Yleisesti typpioksiduulille käytetään hiilidioksidivastaavuuden kertoimena 310, jolloin yksi kilogramma typpioksiduulia vastaa ilmastovaikutukseltaan 310 kilogrammaa hiilidioksidia. (LIPASTO 2014.)

Rikki

Rikkiä (S) esiintyy polttoaineissa epäpuhtautena, jota vapautuu palamisreaktion yhteydessä rikin ja hapen eri yhdisteinä. Polttoaineen palaessa rikki muodostaa hapen kanssa yhdisteitä (SO , SO_2 , SO_3). Rikkipäästöjen vähentäminen ei onnistu toistaiseksi muuten kuin vähentämällä rikin määrää polttoaineessa. Nykyiset katalysaattorit eivät puhdistu rikkiyhdisteitä pakokaasujen seasta. Rikkiyhdisteet häiritsevät kuitenkin katalysaattoreiden toimintaa heikentämällä katalysaattoreiden tehoa. Pakokaasujen rikkiyhdisteet aiheuttavat happamia sateita. (LIPASTO 2014.)

Päästöt talvella

Typen oksidit ovat ongelmallisia kaupunkiolosuhteissa erityisesti talven aikana. Typen oksidit jäävät tyynellä pakkaskelillä hengitysilmaan pitkäksi ajaksi. Varsinkin kovilla pakkasilla, jo herkistyneillä ihmisillä, typen oksidit lisäävät hengityselinten herkkyyttä ja saattaa aiheuttaa hengitysteiden supistumista. Osittain palaneita hiilivety-yhdisteitä vapautuu runsaasti varsinkin talvipakkasilla ajoneuvojen kylmäkäytön takia. (Haahtela 2009.)

Päästöjen muodostuminen ajossa

Yhteisenä tekijänä kaikkien päästöjen osalta on ajotavan ja ajotilanteen vaikutus päästöjen muodostumiseen. Päästöjä muodostuu runsaimmin rajuissa kiihdytyksissä sekä nykivässä maantieajossa. Liikenteessä voidaan vaikuttaa päästöjen muodostumiseen valitsemalla reitit niin, että reitti voidaan ajaa kohdullisilla ajonopeuksilla ja vältetään turhat kiihdytykset ja pysähtymiset. (LIPASTO 2014.)

Talvella ajoneuvon moottorin esilämmitys vähentää päästöjä ajon alkaessa. Ajoneuvojen kylmäkäyttö muodostaa enemmän päästöjä, koska polttoaineen palaminen on epäpuhtaampaa kylmemmän palamislämpötilan vuoksi. Päästöjen muodostumisen perusta on epätäydellinen palaminen. Myös ajoneuvotekniikan valinnalla voidaan vaikuttaa päästöjen määrään ja laatuun. Uudemmissa ja vähemmän polttoainetta kuluttavilla moottoreilla varustetut ajoneuvot vähentävät pakokaasujen päästöjä. (Rautalin, Nuottimäki 2013, 30.) Ajoneuvon oikeanlainen käyttö alentaa päästöjä. Esimerkiksi oikeat rengaspaineet sekä riittävä moottorin esilämmitys, vähentävät päästöjä. Tiestä irtoavien hiukkasten vähentämiseen voidaan vaikuttaa nastattomien renkaiden käytöllä. (LIPASTO 2014.)

Laskentaan valittavat päästölajit

EU on määritellyt seurattaviksi ja säännösteltäviksi päästöiksi vain CO, HC, NO_x sekä PM päästöt. (LIPASTO 2014.) Tästä huolimatta on tarve tuottaa tarkempia päästöraportteja päästöistä kuljetuksen aikana. Raportoitaviksi päästöiksi valitaan yleisesti seurannassa olevia päästöjä, jotka ovat hiilidioksidi (CO₂), hiilimonoksidi (CO), typen oksidit (NO_x), hiilivedyt (HC), hiukkaspäästöt (PM), typpioksiduuli (N₂O) sekä rikki (S). Laskennassa otetaan huomioon, että kaikkia päästölajeja ei voida vähentää uudemman ajoneuvotekniikan myötä. Esimerkiksi rikki on sellainen päästö, joka on suoraan verrannollinen kulutetun polttoaineen määrään, koska rikkiyhdisteitä ei voida poistaa ajoneuvojen pakokaasuista nykytekniikalla. (LIPASTO 2014.)

4 KULJETUSKALUSTON TEKNISET OMINAISUUDET

4.1 Päästöjen hallinta kaluston avulla

Helpoin tapa vaikuttaa päästöjen muodostumiseen, on valita kuljetuskalusto kuljetustehtävän mukaan. Kuljetusta suunniteltaessa on pohdittava mahdollisuutta eri kuljetuksien yhdistämiseen. Erityisen tärkeää kuljetusreitin suunnittelussa on oikean täyttöasteen suunnittelu. Mitä parempi täyttöaste ajoneuvossa on, sen vähemmän päästöjä syntyy kuljetettavaa yksikköä kohden. (Hokkanen, Karhunen & Luukkainen 2004, 205.)

Ajoneuvon valintaan vaikuttaa reitti. Haja-asutusalueelle on suositeltavampaa järjestää kuljetuksia harvemmin ja isommissa erissä, jotta kuljetusyksikkökohtaiset päästöt eivät kasva suhteettoman suuriksi. Lyhyillä reiteillä, esimerkiksi kaupunkien sisällä, on monesti kannattavampaa ajaa pienellä ajoneuvolla. Esimerkiksi ruuhkassa odottaminen suurella ajoneuvolla kuluttaa polttoainetta tyhjäkäynnillä enemmän, kuin pienempi ajoneuvo. Monet kaupunkialueilla tapahtuvat kuljetukset joudutaan toteuttamaan pienemmällä autolla jo tilan puutteen vuoksi. Isoa ajoneuvoyhdistelmää ei voida käsitellä ahtaissa paikoissa. (Hokkanen ym. 2004, 205.)

Päästöjen määrään voidaan vaikuttaa suunnittelemalla kuljetusreitti huolellisesti. Käyttämällä ajoneuvoa mahdollisimman suurella täyttöasteella koko kuljetusreitin ajan, saadaan huomattavaa hyötyä yksikköpäästöjen suhteen. Reitit suunnittelulla voidaan vaikuttaa ajoneuvon paluureittiin, jolloin reitille voidaan järjestää kuljetettavaa materiaalia. Näin ajoneuvon ei tarvitse palata reitiltä tyhjänä. (Hokkanen ym. 2004, 205.)

Maantieteellisiä eroja on pohdittava reitin valinnan yhteydessä. Suurien maanteiden käyttö kuljetusten perustana on hyödyksi ajoneuvon polttoaineen kulu-

tuksen kannalta. Välttämällä ylämäkiä saadaan polttoaineen kulutusta ja päästöjä vähennettyä.

4.2 Päästöluokitukset

Ajoneuvojen tekniikka kehittyy jatkuvasti parempaan ja vähäpäästöisempään suuntaan. Hyvänä ohjenuorana ajoneuvojen valinnassa on ajoneuvon EURO-luokitus. EURO-luokitusta päivitetään jatkuvasti. Valmistajat pyrkivät kehittämään ajoneuvojen tekniikkaa niin, että uudet ajoneuvot vastaisivat mahdollisimman uutta EURO-luokitusta. Kiristyvät päästöjen seurannat ajavat yritykset kaluston hankinnan yhteydessä mahdollisimman vähäpäästöisiin malleihin. Nykyisin voidaan päästöjen seuranta ja vähäpäästöisyyttä pitää jopa kilpailuvalttina sopimuksista kilpailtaessa.

EURO-luokitusta voidaan kutsua samalla ajoneuvon energialuokitukseksi, koska päästöjen määrä suurimmaksi osaksi muodostuu polttoaineen kulutuksesta. Mitä suurempi EURO-luokka, sen vähäpäästöisempi ajoneuvo on. Päästöjen määrät on määritelty jokaiselle EURO-luokalle erikseen. Taulukossa 1 on esimerkkinä kuorma-autoille määritetyt päästörajat EURO-luokituksen mukaisesti kuormittamattomassa testauksessa. Esitettynä on hiilimonoksidin (CO), hiilivety-yhdisteiden (HC), typen oksidien (NO_x), hiukkasten (PM) sekä hiukkasten lukumäärän (PN) raja-arvot.

Taulukko 1: Euroluokat (Dieselnet 2014.)

Euroluokat (kuormittamaton testaus)						
Luokka	CO	HC	NO _x	PM	PN	Savu
	g/kWh				1/kWh	1/m ³
EURO I	4,5	1,1	8	0,612	-	-
EURO II	4	1,1	7	0,25	-	-
EURO III	2,1	0,66	5	0,13	-	0,8
EURO IV	1,5	0,46	3,5	0,02	-	0,5
EURO V	1,5	0,46	2	0,02	-	0,5
EURO VI	1,5	0,13	0,4	0,01	8*10 ¹¹	-

*)Kuinka paljon savu absorboi valoa tiheyden suhteen

Taulukon lukemisen helpottamiseksi euroluokan variaatiot esimerkiksi vähäpäästöisten ajoneuvojen osalta on poistettu ja kyseinen euroluokka ilmoitetaan korkeimman sallitun päästörajan mukaisesti.

4.3 Ajoneuvopäätteen muodostama tieto

Ajoneuvopäätteestä on saatava riittävästi tietoa laskennan tueksi. Tietojen on oltava mahdollisimman tarkkaan tallennettu ja riittävän tarkkoilla mittalaitteilla. Nykyisissä ajoneuvoissa on hyvät mahdollisuudet saada suoraan ajoneuvosta riittävät tiedot ajoneuvon toiminnasta suoraan laskentaan.

Ajoneuvopäätteen tulisi kerätä vähintään seuraavat tiedot laskennan tueksi, jotta voidaan määritellä mahdollisimman oikea päästöjen määrä kuljetuksen osalta: kuorman määrä kuljetun reitin eri kohdissa, kuljettu matka sekä polttoaineen kulutus purkupisteiden välillä. Laskennan tueksi ja toimitusverkon suunnittelua varten on hyvä kerätä tiedot kuljetusta reitistä sekä kuljetussuoritteeseen käytetystä ajasta.

4.4 Ajoneuvon valinta tehtävän mukaan

On tärkeää pohtia ajoneuvon ominaisuuksia kuljetustehtävää suunniteltaessa. Kuten jo aikaisemmin on mainittu, on päästöjen hallinta helpompaa, kun kalusto valitaan tehtävän mukaisesti. Suurempien etäisyyksien päässä sijaitseville asiakkaille tulee ajaa mahdollisimman suurella täyttöasteella, jotta kuljetuksen kokonaispäästöt ovat mahdollisimman pienet kuljetettuun materiaalmäärään nähden. Toimitusosoitteen sijainti määrittelee käytettävän kaluston valinnan. Jos on mahdollisuus yhdistää useamman asiakkaan kuljetuksia, on se hyvä ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa. (Hokkanen ym. 2004, 205.)

Toimituksen suunnittelussa on otettava huomioon reitin vaikutus päästöjen määrään. Usein reitti valitaan niin, että kuljetus on mahdollisimman nopea. Joissakin tapauksissa tämä saattaa olla polttoaineen kulutuksen kannalta epäedullista. (Hokkanen ym. 2004, 205.) On otettava huomioon eri reittien kaikki tekijät, jotka vaikuttavat päästöjen muodostumiseen. Esimerkkeinä vaikuttavista tekijöistä on kuljettu matka, tienopeudet sekä mahdolliset korkeuserot, jos näistä on tietoa. Reitin suunnittelussa voidaan saavuttaa päästöjen kannalta huomattavia säästöjä, kun valitaan reitti, jossa voidaan ajaa maantienopeutta pidempi osuus matkasta. Pienemmällä keskikulutuksella ajettu muutaman kilometrin pidempi reitti voi säästää polttoainetta.

Reitin suunnittelussa tulisi ottaa huomioon ajoneuvopäätteeltä tai ajoneuvon mittalaitteilta kerätty tieto, jotta voidaan vertailla eri reittien taloudellisuutta. Eri reittien koeajamisen jälkeen tarkastetaan, mikä reitti on ollut taloudellisin.

Reitin koeajon jälkeen voidaan tarkastella tarkemmin muita tekijöitä, kuin kilometrejä ja nopeusrajoitteita. Myös mäkien ja liikenteen vaikutus päästöihin on huomioitava reitin suunnittelussa. Reitti on valittava niin, että maantieverkostoa käytetään hyödyksi mahdollisimman tehokkaasti ja vähäpäästöisesti. Reittiä suunnitellessa tulisi ottaa huomioon purkupisteiden sijainnit, jotta turhia

kilometrejä ja etenään tyhjänä ajoa ei reitille tulisi. Myös karttaohjelmistoissa näkymättömät tekijät tulevat esiin, kun käytetään ajoneuvopäätteeltä saatua tietoa reitin suunnittelussa. Esimerkiksi suuret nousut aiheuttavat suurempaa polttoaineen kulutusta. Jos mäki voidaan kiertää muuttamalla reittiä, saadaan polttoaineen kulutusta pienennettyä ja päästöt pienenevät.

Myös kuorman purkujärjestys on huomioitava, kun kulutusta pyritään hallitsemaan. Painavin osa kuormasta on syytä saada mahdollisimman lyhyellä siirrolla pois kuormatilasta, jotta ajoneuvo kuluttaisi vähemmän ajon aikana.

5 VÄLITTÖMÄT JA VÄLILLISET PÄÄSTÖT

5.1 Välittömät päästöt

Välittömiin päästöihin voidaan lukea kuljetuksen aikana aiheutuneet päästöt, kuten polttoaineen palamisesta aiheutuvat päästöt, tien ja renkaiden kulumisesta aiheutuvat päästöt sekä harvemmin päästöksi mielletävät melu ja tärinä. Kuljetuksen aikana kulutetun polttoaineen aiheuttamat päästöt (ks. kappale 3) ovat suurimmat tekijät joita seurataan.

Hiukkaspäästöjen muodostuminen tien pinnan ja renkaiden kulumisen myötä on jatkuvasti tarkkailussa, kun puhutaan päästöjen vähentämisestä kuljetusliikenteessä. Kuljetusliikenteen melu- ja tärinäpäästöjä harvemmin mitataan määrällisesti, koska suurin osa kuljetuksesta toteutetaan tiealueilla, joissa katsotaan melun ja tärinän olevan vähäisessä osassa ympäristövaikutuksiltaan. Myöskään melun ja tärinän aiheuttamia ympäristövaikutuksia ei ole tutkittu samassa mittakaavassa verrattuna muihin päästöihin. Tietojen puute melun ja tärinän aiheuttamista haitoista jättää toistaiseksi kyseiset päästöt vähemmälle huomiolle päästöseurannassa.

5.2 Välilliset päästöt

Välillisiin päästöihin, joita kuljetustoiminta aiheuttaa, voidaan lukea erilaiset tukitoimintoihin liittyvät päästölähteet. Esimerkkeinä näistä on sähkön kulutus, kuljetuskaluston valmistus ja huolto, kuljetettavan materiaalin varastointi ennen kuljetusta sekä muut päästöt jotka eivät muodostu itse kuljetussuoritteen aikana. Nämä päästöt muodostuvat toisessa lähteessä, johon kuljetussuoritteen toiminnot eivät yllä, mutta ovat välttämättömiä kuljetussuoritteen toteuttamiseksi.

Välillisten päästöjen raportointi osana kuljetussuoritetta on käytännössä mahdotonta. Ei ole olemassa sellaista järjestelmää, josta kuljetussuoritteiden tuottaja voisi hakea esimerkiksi ajoneuvon renkaiden kulumisen aiheuttamat päästöt, jotta se päästömäärä voitaisiin jakaa renkaiden elinkaaren kuljetussuoritteille. Jos kyseisiä päästöjä haluttaisiin mitata ja raportoida, olisi se erittäin raskas ja kallis prosessi. Kuljetussuoritteeseen vaikuttavien tekijöiden tulisi olla selvillä ennen kuin niiden osuuksia voitaisiin raportoida. Myös pidempiaikaiset hankinnat olisi käytännössä mahdottomia kohdentaa ja eritellä kuljetussuoritteisiin, koska hankinnan todellista elinkaarta ei voida tarkasti määrittää.

Tämän vuoksi välilliset päästöt on jätetty laskennan ulkopuolelle eikä niitä kohdenneta kuljetussuoritteiden aiheuttamiin päästöihin. Myös ajoneuvojen kylmäkoneiden valmistuksen ja loppusijoituksen aiheuttamat päästöt jätetään huomioimatta, koska ne eivät aiheuta välittömiä päästöjä kuljetussuoritteiden aikana.

6 EU:n TULEVAT PÄÄSTÖVAATIMUKSET JA RAPORTOINTI

6.1 Päästöjen seurannan kehittyminen 2000-luvun alusta EU:n alueella

Vuonna 2001 Euroopan komissio julkaisi Valkoisen kirjan, *Eurooppalainen liikennepolitiikka vuoteen 2010: valintojen aika*, jossa käsitellään Euroopan alueen tavoitteita ja haasteita eri kuljetusmuotojen osalta 2000-luvun alkupuolelle. Valkoinen kirja sisältää runsaasti visioita tieverkoston kehittämistä laajemmaksi, toimivammaksi ja turvallisemmaksi. Myös henkilöliikenne on huomioitu julkaisussa.

Päästöjen osalta julkaisu määrittelee vähentämistavoitteita kasvihuonepäästöjen osalta aina vuoteen 2020 asti. Julkaisussa asetettiin tavoitteeksi valmistaa keskimääräisesti 25 % vähemmän hiilidioksidia tuottavia autoja vuoteen 2008 mennessä. Myös biopolttoaineiden käyttöä tulisi lisätä niin, että vuonna 2010 jopa 6 % käytetystä polttoaineesta olisi biopolttoainetta. Vuonna 2011 julkaisussa valkoisessa kirjassa, *Yhtenäistä Euroopan liikennealuetta koskeva etenemissuunnitelma – Kohti kilpailukykyistä ja resurssitehokasta liikennejärjestelmää*, jossa todetaan vuoden 2001 määrittelemien tavoitteiden osittain onnistuneen. Samanaikaisesti todetaan, että kehityksen on jatkuttava vähäpäästöisempään suuntaan, jotta ilmaston lämpeneminen ei lisäänty. Ehdotuksina päästöjen lisävähentämiselle ovat esimerkiksi intermodaalikuljetusten lisääminen ja meriliikenteen lisääminen. Lisäksi ehdotetaan jo mainittujen biopolttoaineiden käytön lisäämistä yhtäaikaaisesti kuljetuskaluston tekniikan kehittämisen yhteydessä. Vuonna 2011 julkaistu valkoinen kirja toimii Liikenne 2050 -ohjelman ohjenuorana, joka tavoittelee liikenteen päästöjen alentamista (European commission 2014.).

Tärkein tehtävä edellä mainituilla kirjoilla on olla suunnan näyttäjänä sille, mihin EU:n politiikalla halutaan päästöjen kehityksen kohdentuvan. EU:ssa on seurattu päästöjen kehitystä tarkemmin vuodesta 1990 alkaen. Päästöihin vaikuttaminen on aloitettu suuremmalla intensiteetillä vasta 2000-luvun alku-puolelta. Taulukossa 2 on nähtävillä päästötilastoja vuodesta 1990 aina vuo-teen 2010. Taulukossa on esitetty tiekuljetusten muodostamat päästöt, kulje-tuksien kokonaispäästöt sekä tiekuljetuksien päästöjen osuus vuoden pääs-töistä ja niiden kehitys. Valkoisissa kirjoissa asetetut päästötavoitteet eivät tilastojen valossa kuitenkaan täysin toteudu. Päästöjen osuudet eivät vähene riittävästi tavoitteisiin nähden.

Taulukko 2: Kuljetusliikenteen päästökehitys (EU transport in figures, Statistical pocketbook 2013, 122.)

Vuosi	Miljoonaa tonnia CO ₂ vastaavuus		
	Tiekuljetukset	Kuljetusten koko- naispäästöt	Osuus vuoden pääs- töistä
1990	718,2	958,5	75 %
1991	727,9	965,2	75 %
1992	751,0	993,1	76 %
1993	759,5	1005,5	76 %
1994	767,4	1012,7	76 %
1995	781,7	1032,7	76 %
1996	805,0	1069,8	75 %
1997	817,4	1097,2	74 %
1998	843,0	1137,3	74 %
1999	860,9	1157,1	74 %
2000	855,6	1164,2	73 %
2001	870,2	1181,5	74 %
2002	882,4	1194,2	74 %
2003	891,4	1211,2	74 %
2004	909,1	1247,9	73 %
2005	907,8	1263,4	72 %
2006	913,8	1285,0	71 %
2007	923,1	1302,2	71 %
2008	905,3	1282,5	71 %
2009	881,1	1228,6	72 %
2010	876,6	1215,6	72 %

6.2 EU:n päästöjen seurannan tulevaisuus

EU:n alueella on *EU energy, transport and GHG emissions trends to 2050 reference scenario 2013* julkaisun mukaan odotettavissa huomattavia putouksia päästöjen osalta. Julkaisussa todetaan, että kuljetusliikenteen polttoaineen kulutuksen odotetaan putoavan 6 % vuoteen 2020, 15 % vuoteen 2030 ja 22 % vuoteen 2050 mennessä. Periaatteessa kuljetusliikenteen tuottamien päästöjen tulisi seurata samaa kehitystä ja laskea oletetulla tavalla. Julkaisu toteaa, että kuljetusliikenteen pääpolttoaineena toistaiseksi säilyy diesel, koska biopolttoaineille ei ole vielä tiedossa vuoden 2020 jälkeiselle ajalle sijoittuvaa käyttöosuus suunnitelmaa. Julkaisun mukaan vuoteen 2020 mennessä 10 % käytettävästä polttoaineesta tulisi olla biopolttoainetta. (EU energy, transport and GHG emissions trends to 2050 reference scenario 2013 2013, 41-42.)

European Committee for Standardization (CEN)-järjestön julkaisemassa standardissa EN 16258:2012, määritellään päästöjen kohdentamisen peruseräaatteet. Kyseistä standardia suositellaan käytettäväksi päästöraportoinnissa, jotta raportointi olisi yhtenevä ja vertailukelpoista muiden toimijoiden kanssa. (SFS EN 16258:2012 2013, 6.)

7 RAPORTOINTIMALLIT

7.1 Euroopan alueella käytettävät ohjeistukset päästöjen raportointiin

Yleisesti Euroopan alueella käytettävät päästöraportointimallit perustuvat mittattuihin määreisiin, joiden avulla lasketaan päästömäärä halutulle päästölajille. Kun päästömäärä on saatu laskettua, se kohdistetaan tietylle määritellylle kuljetusyksikölle, joka on rajoittavana tekijänä kuljetussuoritteessa, esimerkiksi tonni, kuutiometri tai litra. Kuljetuksen kokonaispäästö niin kuormattuna kuin tyhjänä ajettaessa jaetaan jokaiselle asiakkaalle kuorma-osuuden mukaan. On myös esitetty epätarkempia päästöraportointimalleja niihin tilanteisiin, joissa riittävän tarkkaa lähdetietoa ei ole käytettävissä, esimerkiksi silloin, kun kulutetun polttoaineen määrä ei ole tiedossa kuljetusreitille. Tällöin voidaan käyttää mahdollisia ostokuitteja kuljetusajankohdalta. Kuiteista lasketaan ajoneuvolle määritellyllä keskikulutuksella arvioitu kulutus kyseiselle reitille. (Allocation of the CO₂ emissions based on CEN-EN 16258 2014, 9-10.; SFS EN 16258:2012 2013, 13-22.; Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions version 1.0 2013, 51-61.)

Käytettävät laskentayksiköt tulee valita huolella, jotta ne kuvastaisivat parhaalla mahdollisella tavalla kyseisen kuljetussuoritteen päästöjä ymmärrettävässä muodossa. Laskennassa tarvittavat yksikkömuunnokset on esitetty laskennan lomassa.

7.1.1 Polttoaineen kulutuksen määrittäminen

Tämän luvun laskentamallit perustuvat maailmanlaajuiseen päästöjen raportointiohjeistukseen *Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions version 1.0* -julkaisuun. Polttoaineen kulutuksen määrittelyyn on neljä tapaa, joita suositellaan käytettäväksi.

Ensimmäinen tapa on määritellä polttoaineen kulutus kuljetukseen käytetyn ajoneuvon keskikulutuksen mukaan. Keskikulutus voi olla määritelty joko empiirisesti ajamalla kyseistä ajoneuvoa ja tarkkailemalla sen kuluttamaa polttoainemäärää ja kuljettuja kilometrejä tai suoraan ajoneuvovalmistajan ilmoittamana keskikulutuksena. Laskentakaavassa voidaan käyttää sitä keskikulutuksen lähdeä, josta tieto on saatavilla.

Kaava 1

$$\text{Polttoaineen kulutus (l)} = \text{Kuljettu matka (100 km)} * \text{Ajoneuvon keskikulutus} \left(\frac{\text{l}}{100 \text{ km}} \right)$$

Tämä laskenta antaa suuntaa antavan kulutuksen. Se ei huomioi lainkaan maantieteellisiä, ajotavan eikä kuorman vaikutuksia polttoaineen kulutukseen. Ajoneuvon keskikulutuksen mukaan laskettu polttoaineen kulutus on oikeutettu tapa laskea siinä tapauksessa, jos todellista polttoaineen kulutusta ei voida mitata tarkemmalla menetelmällä.

Toinen tapa määritellä polttoaineen kulutus perustuu empiiriseen mittaukseen. Tällöin ennen kuljetuksen aloittamista täytetään ajoneuvon polttoainesäiliö ja kirjataan ajoneuvon matkamittarista kilometrilukema ylös. Kun kuljetus päättyy, ajoneuvon polttoainesäiliö täytetään uudelleen ja kirjataan kuljetuksen tuottamat kilometrit ylös. Polttoainesäiliön täytön yhteydessä kirjattu polttoaineen kulutus on tällöin suoraan käytettävissä reitin polttoaineen kulutustietona.

Kaava 2

$$\text{Polttoaineen kulutus (l)} = \text{Tankattu polttoainemäärä reitille (l)}$$

Tällä menetelmällä tiedon tuominen laskentatietokantaan häviämättä tai muuttumatta on suuri haaste. Myös ajoneuvon jatkuva tankkaaminen aiheuttaa taloudellista haittaa, koska ajoneuvo ei suorita työtehtäväänsä suurimmalla mahdollisella kapasiteetilla.

Kolmas menetelmä on tarkoitettu pidempiaikaiselle seurannalle. Laskentaan käytetään ostokuitteja kulutetusta polttoaineesta ja mahdollisuuksien mukaan ostoajankohdan polttoaineen hintatietoa. Jos ostoajankohdalta ei ole hintatietoa saatavilla, voidaan käyttää arvioitua keskihintaa kyseiselle polttoainelaudalle.

Kaava 3

$$\text{Polttoaineen kulutus (l)} = \frac{\text{Kuitin loppusumma (€)}}{\text{Polttoaineen keskihinta (l/€)}}$$

Näin laskettu polttoaineen kulutus on kyseenalainen tarkkuuden suhteen. Tullevien päästölaskelmien osalta tämä laskentamalli toimii vain siinä tapauksessa, että pystytään kohdentamaan kulutetut rahamäärät tietyille ajoneuvoille, joka on kuljettanut vain yhden asiakkaan tilauksia. Muutoin laskentakaava antaa vain yritystasoista päästötietoa, joka ei ole asiakaskohtaisen raportoinnin kannalta käyttökelpoista laskentatietoa.

Neljäs menetelmä polttoaineen kulutuksen määrittelyyn on saada tieto suoraan ajoneuvopäätteeltä. Ajoneuvopäätteeltä saatu polttoaineen kulutus on todellinen kulutus, jonka ajoneuvo on kuluttanut kuljetuksen aikana. Tätä kulu-
tustietoa käyttämällä saavutetaan tarkin tulos päästömääriä laskettaessa. Uusimmat ajoneuvopäätteet ovat tietokonepohjaisia ja pystyvät erottelemaan tiedot ajoneuvon mittalaitteistosta laskentaa varten.

Opinnäytetyössä tullaan käyttämään polttoaineen määrän laskentaan keskikulituksen perusteella laskettua polttoainemäärää, koska tarkempaa lähtötietoa ei toistaiseksi ole saatavilla.

7.1.2 Rajoittavan kuljetusyksikön määrittelyminen

Ennen tarkempaa päästöjen määrän laskentaa tulee määritellä kuljetettavalle materiaalille rajoittava kuljetusyksikkö (SFS EN 16258:2012 2013, 19.). Se voi olla kuljetettavasta materiaalista riippuen esimerkiksi tonni (t), kilo (kg), lava, kuutiometri (m³), litra (l) tai muu vastaava yksikkö joka rajoittaa kuormatilan täytön. Rajoittava kuljetusyksikkö määräytyy sen mukaan, mikä kuormatilan täytössä ensimmäisenä tulee vastaan.

Esimerkiksi jos kuljetettavana on runsaasti tilaa vievää, mutta kevyttä materiaalia, on viisaampaa valita tilavuus määritteleväksi tekijäksi. Vastaavasti raskaalle materiaalille, jonka tilantarve on pieni, on suositeltavaa käyttää painoa rajoittavana tekijänä.

Yleisesti kuljetusliikkeet käyttävätkin tilavuuspainoa ja todellista painoa rahdituspainona. Rahdituspainon raja on yleensä 333 kg/m³, jolloin yli 333 kg painavat ja alle yhden kuutiometrin kokoiset kuljetusyksiköt käsitellään todellisen painon mukaisesti ja alle 333 kg:n painoiset yli yhden kuutiometrin yksiköt tilavuuspainon mukaisesti. Taulukosta 3 nähdään, että kappale yksi (1) määräytyy suuren tilavuuden vuoksi tilavuuspainon mukaisesti ja kappale kaksi (2) määräytyy todellisen painonsa mukaisesti.

Taulukko 3: Rahdituspaino

Kappale	Todellinen paino	Tilavuus	Rahdituspaino
1	220 kg	1,2 m ³	399,6 kg
2	350 kg	0,75 m ³	350 kg
Tilavuuspainon laskennassa on käytetty kerrointa 333 kg/m ³			

Päästöraportoinnissa voidaan käyttää kuljetussuoritteiden luonteeseen sopivaa kuljetusyksikköä. Suositeltavaa kuitenkin on käyttää tonnikilometriä yksikkönä, jos se on mahdollista. (SFS EN 16258:2012 2013, 19.)

Kuljetusyksikön määrittely edellyttää sitä, että kuljetettava materiaali pystytään mittaamaan kyseisessä yksikössä. Jos kuljetettava materiaali on määritelty eri yksikössä, tulee se muuntaa laskentaa varten valittuun yksikköön tulosten oikeellisuuden ja vertailukelpoisuuden varmistamiseksi.

Kuljetusyksiköksi määräytyy Valiolla kuljetettavan materiaalin massa, koska toiminnanohjausjärjestelmä (ERP) tuottaa vaaditun kuljetetun materiaalin määrän suoraan massayksikössä.

7.1.3 Päästöjen määrän laskeminen

Kun polttoaineen kulutus, riittävällä tarkkuudella, sekä kuormatilan täyttöä rajoittava yksikkö on selvitetty, lasketaan kuljetusreitin tuottamat päästöt. Päästöjen laskenta perustuu kaikissa päästölajeissa samaan kaavaan. Saman kaavan käyttö perustuu siihen, että jokainen polttoainelitra tuottaa käytettäessä tietyn määrän määriteltyä päästölajia.

Taulukossa 4 on ilmoitettu Euroopan ympäristökeskuksen (EEA) määrittelemät päästökertoimet keskimäärin EU-alueella (Päästökerroin EU), sekä Suomessa käytettävän polttoaineen keskimääräiset päästökertoimet (Päästökerroin Suomi) dieselpolttoaineelle. Yksikkö taulukossa on ilmoitettu muodossa muodostettu päästömäärä per käytetty polttoainemäärä (EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013, 140-141.). Esimerkiksi päästökerroin EU:n keskimääräisestä päästön tuotosta raskaalla ajoneuvolla CO₂ osalta on 3,14 kilogrammaa hiilidioksidia yhtä kulutettua polttoainekiloa kohden. Päästökertoimet vaihtelevat käytetyn polttoainelaadun mukaan. (EMEP/EEA air

pollutant emission inventory guidebook 2013, 27.) Eri maissa tuotetut polttoainelaadut vaihtelevat sisällöltään ja päästöpitoisuuksiltaan hieman. Siksi tulevaisissa laskelmissa käytetään toiminta-alueen päästökertoimia niiden päästöjen osalta, joita ei voida suodattaa ajoneuvotekniikalla ja jotka ovat EEA:n toimesta varmistettu Suomessa tuotetusta polttoaineesta. Päästöt, joihin voidaan vaikuttaa ajoneuvotekniikalla, lasketaan kyseisen ajoneuvon EURO-luokan mukaisella päästökertoimella. (EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013, 140.)

CEN:n standardi 16258:2012 määrittelee seurattaviksi päästöiksi vain CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC sekä SF₆(SFS EN 16258:2012.). Nämä määritellään kyseisessä standardissa sen vuoksi, että vain ne on kirjattu Kioton ilmastopöytäkirjaan (Kyoto protocol to the united nations framework convention on climate change 1998, 19.). Kuitenkin päästöjen tarkkailun luonne on muuttunut kyseisen vuoden jälkeen ja eri päästöistä ja niiden vaikutuksista ympäristöön on kiinnostuttu enemmän, tästä johtuen lista päästökertoimista ja raportoitavista päästöistä koostetaan yleisesti kiinnostuksen kohteena olevista päästöistä. Päästömääriä laskettaessa olisi hyvä huomioida polttoaineen valmistuksen aiheuttamat päästöt. Ainoa päästö, jolle löytyy polttoaineen valmistuksen huomioiva päästökerroin, on hiilidioksidi. Hiilidioksidin päästökerroin olisi silloin 3,83-4,05 kg/kg, riippuen polttoaineen tiheydestä. (SFS EN 16258:2012, 24.)

Päästökertoimet

Taulukko 4: Raskaan ajoneuvon keskimääräiset päästömäärät Suomessa (EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013, 140)

Raskaan ajoneuvon keskimääräiset päästömäärät (diesel)			
Päästö	Päästökerroin EU	Päästökerroin Suomi	Yksikkö
CO ₂	3,14	3,17	kg/kg
NO _x	33,37	35,1	g/kg
HC	1,92	2,33	g/kg
CO	7,58	8,81	g/kg
PM	0,94	1,24	g/kg
N ₂ O	0,051	-	g/kg
NH ₃	0,013	-	g/kg
S	8	-	ppm ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Vuonna 2009 määritellylle polttoaineelle, jossa alle 10ppm rikkiä
(1 ppm = 10⁻⁶ g/g)

Näitä päästökertoimia voidaan käyttää tarvittaessa, jos ajoneuvokohtaista EURO-päästölukkaa ei ole tiedossa.

Jotta taulukon 4 määrittämiä päästökertoimia voidaan käyttää laskennassa, tulee laskettu polttoaineen kulutus muuntaa painoyksiköksi tilavuuden sijasta. Dieselpolttoaineen tiheys vaihtelee 800-845 kg/m³ (Neste oil – dieselpolttoaineopas 2007, 23.). Muutos kilogrammoiksi tehdään sen vuoksi, että mahdolliset päivitykset päästökertoimiin julkaistaan yleensä painoyksiköissä eikä tilavuusyksiköissä EEA:n toimesta. Yksikkömuunnoksella saadaan dieselpolttoaineen vaihteluväliksi 0,800-0,845 kg/l, joka on käyttökelpoinen muutettaessa kulutettua polttoainemäärää kilogrammoiksi. Koska dieselpolttoaineen tiheydelle on suuri vaihteluväli, valitaan tiheydeksi yksi yhteinen tiheys mallintamaan kesä- ja talvipolttoainelaatuja. (ST1 Tuotetiedot diesel -5/-15, -20/-27, -29/-34; Shell Tuotetiedot diesel kesälaatu, talvi -20/-27, talvi -29/-34) Polttoaineen tiheydeksi valitaan 0,845 kg/l, koska tätä tiheyttä on käytetty myös VTT:n LIPASTO järjestelmän laskennassa.

Kilogrammoiksi muutos tapahtuu seuraavalla kaavalla.

Kaava 4

$$\text{Polttoainemäärä (kg)} = \text{Polttoainemäärä (l)} * \text{Diesel muuntokerroin } \left(\frac{\text{kg}}{\text{l}}\right)$$

Kun polttoainemäärä kilogrammoissa on laskettu, voidaan päästöjen määrä laskea seuraavasti.

Kaava 5

$$\text{Päästömäärä (x)} = \text{Polttoainemäärä (kg)} * \text{Päästökerroin } \left(\frac{\text{kg}}{\text{kg}}\right) \text{ tai } \left(\frac{\text{g}}{\text{kg}}\right) \text{ tai ppm}$$

Päästömäärän yksikkö (x) määräytyy laskettavan päästölajin päästökertoimen mukaan. Esimerkiksi CO₂ (kg), NO_x (g) ja niin edelleen. Hiilidioksidin osalta tullaan laskemaan kaksi eri tulosta, ilman polttoaineen tuottamisen aiheuttamia päästöjä sekä polttoaineen tuottamisen aiheuttamat päästöt lisättynä ajon aikana tuotettuihin päästöihin.

Koska ajoneuvot vaihtelevat EURO-päästöluokittain, tulee laskelmissa käyttää kyseisen ajoneuvoluokan EURO-luokan mukaisia päästökertoimia. Päästökerroimet on esitetty liitteessä 1, jonka taulukon tiedot on haettu *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013* julkaisusta. Taulukosta selviää ajoneuvon massan mukaisessa järjestyksessä eri päästökertoimet EURO-luokittain. Näitä päästökertoimia hyödynnetään laskennassa, kun tiedetään ajoneuvon massa, tai mahdollisimman tarkka arvio siitä, sekä ajoneuvon EURO-luokka. Laskenta kyseisille päästöille tapahtuu seuraavan kaavan mukaisesti.

Kaava 6

$$\text{Päästömäärä (g)} = \text{Päästökerroin } \left(\frac{\text{g}}{\text{km}}\right) * \text{Kuljettu matka (km)}$$

Kuljettuun matkaan perustuva päästöluokan mukainen päästökerroin ei laskennassa ota huomioon lainkaan kulutetun polttoaineen määrää, eikä näin ollen täysin todenmukaista tulosta päästöjen muodostumisesta. EURO-luokitus ei myöskään ota huomioon, jos ajoneuvo tuottaa vähemmän päästöjä, mitä määritellään kyseisen ajoneuvon EURO-luokalle. Koska EURO-luokkien päästöjen määrästä ei ole tarkempaa tietoa, joudutaan laskennassa käyttämään korkeinta kyseiselle EURO-luokalle sallittua päästömäärää.

Taulukossa 5 on esitetty laskentaperusteet, mitkä päästöt lasketaan EURO-luokan ja mitkä polttoaineen kulutuksen mukaan. Hiilidioksidi sekä rikki ovat sellaisia päästöjä, joita ei voida ajoneuvotekniikalla toistaiseksi vähentää, ja ne on vakioitu polttoaineen kulutuksen mukaan laskettaviksi.

Taulukko 5: Päästöjen laskennan peruste

Päästöjen laskenta		
	Euro-luokan mukaan	Polttoaineen kulutuksen mukaan
CO ₂		x
NO _x	x	
HC	x	
CO	x	
PM	x	
N ₂ O	x	
NH ₃	x	
S		x

7.2 Olemassa olevat laskentamallit

Kokonaispäästömäärän laskennan jälkeen kohdennetaan kuljetusreitien aiheuttamat päästöt asiakaskohtaisesti. Päästöjen jakamiseen on EU-alueella suositeltu käytettävän kahta eri mallia, joilla määritellään kullekin asiakkaalle kohdistettavien päästöjen määrä. Kohdennettavien päästöjen määrä asiakkaille muuttuu huomattavasti laskentatavan mukaan. Tulevien lukujen mallit pohjautuvat EN 16258:2012 standardiin ja ovat kuljetusalaa tutkivien tahojen luomia. (Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions version 1.0 2013, 63-64; Allocation of the CO₂ emissions based on CEN-EN 16258 Road freight transport 2014, 14-21)

7.2.1 Laskenta lyhimmän maantieteellisen matkan mukaan

Ensimmäinen malli perustuu lyhimmän reitin perusteella laskemiseen. Laskenta tapahtuu määrittelemällä kuormaosuudet halutulla kuljetusyksiköllä ja kohdentamalla koko reitin aiheuttamat päästöt lähtöpisteestä lyhintä reittiä kulkien jokaiseen toimituspisteeseen erikseen.

Päästöosuudet lasketaan seuraavien kaavojen mukaisesti, käyttäen etäisyytenä lyhintä reittiä lähtöpisteestä asiakkaalle.

Kaava 7

$$\text{Kuljetussuorite (tkm)} = \text{Asiakkaan kuorma (t)} * \text{Asiakkaan etäisyys pisteestä L (km)}$$

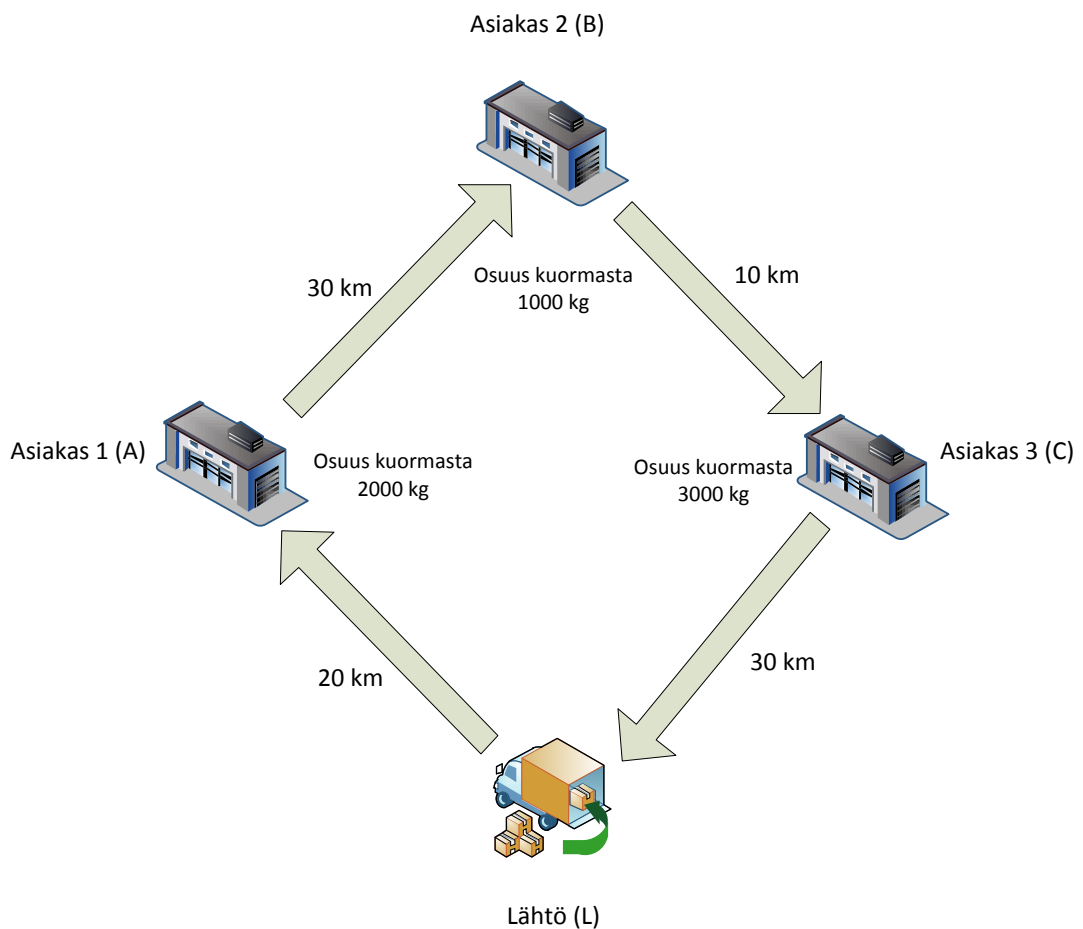
Päästöt asiakaskohtaisesti lasketaan seuraavasti:

Kaava 8

$$\text{Päästö asiakas X (kg)} = \frac{\text{Kuljetussuorite as. X (tkm)}}{\text{Kokonais tkm (tkm)}} * \text{Koko reitin päästöt (kg)}$$

Esimerkki 1

Kuviossa 1 on esitetty toimitusketju esimerkkilaskelmalle. Toimitusketju koostuu neljästä pisteestä, lähtöpiste (L), asiakas 1 (A), asiakas 2 (B) ja asiakas 3 (C). Asiakkaan 2 (B) suora etäisyys lähtöpisteestä (L) on 15 km. Kaikki kuljetuksessa oleva materiaali lastataan esimerkissä pisteessä L ja jaetaan toimitusketjun mukaisessa järjestyksessä asiakkaille. Tyhjänä ajoa ei laskelmissa huomioida, koska kuljetussuoritetta ei synny, vaan se on sisällytetty kokonaispäästöihin, jotka ovat 50 kg hiilidioksidia meno-paluu-reitille.



Kuvio 1: Toimitusketju

Asiakkaiden kuormat ja etäisyydet jakautuvat esimerkissä taulukon 6 mukaisesti.

Taulukko 6: Esimerkin 1 asiakkaiden kuormat ja etäisyydet

Asiakas	Toimitettava kuorma	Etäisyys edellisestä asiakkaasta (km)	Etäisyys lähtöpisteestä (km)	Tonnikilometrit (tkm)
A	2000 kg	20	20	40
B	1000 kg	30	15	15
C	3000 kg	10	30	90

Taulukossa 6 on laskettuna jokaisen asiakkaan tonnikilometrit lähtöpisteestä lyhimmän etäisyyden mukaan. Päästöjen kohdentaminen asiakkaille tapahtuu kaavaa 8 käyttäen seuraavasti.

$$A \text{ CO}_2 = \frac{40 \text{ tkm}}{145 \text{ tkm}} * 50 \text{ kg} \approx 13,8 \text{ kg}$$

Sama laskenta toteutetaan myös muille asiakkaille. Tuloksiksi saadaan B-asiakkaalle kohdentuvaksi 5,2 kg CO₂ ja C-asiakkaalle 31,0 kg CO₂. Laskennan tulokset on pyöristetty lukemisen helpottamiseksi. Samalla kaavalla voidaan laskea kaikkien haluttujen päästöjen kohdentaminen asiakaskohtaisesti.

7.2.2 Laskenta asiakkaiden välimatkojen mukaan

Toinen suositeltu tapa perustuu asiakkaiden välisen matkan ja kuormaosuuden mukaiseen laskentaan. Kun koko reitin päästömäärät on laskettu, lasketaan kuormaosuudet, kuten taulukossa 7 on laskettu sarakkeessa tonnikilometrit.

Päästöosuudet lasketaan käyttäen asiakkaiden välistä etäisyyttä, esimerkiksi etäisyys pisteestä L pisteeseen A. Laskenta tapahtuu seuraavan kaavan mukaisesti.

Kaava 9

$$\text{Kuljetussuorite (tkm)} = \text{Asiakkaan kuorma (t)} * \text{Etäisyys edellisestä pisteestä (km)}$$

Päästöt kohdennetaan asiakaskohtaisesti kaavan 8 mukaisesti, kuten esimerkiksi 1.

Esimerkki 2

Kohdistaminen asiakaskohtaisesti tapahtuu siis asiakkaiden välisten etäisyyksien mukaan kuljetussuoriteosuuksien mukaisesti. Lähtötiedot ovat samat kuin esimerkissä 1, mutta kohdentamisperuste eri. Toimitusketju on sama kuin kuviossa 1 kuvattu toimitusketju. Yhteenlaskettu kuljetussuorite on 100 tkm kaikkien asiakkaiden osalta. Tyhjänä ajoa ei oteta huomioon, koska se sisältyy kokonaispäästöihin, jotka on tässä tapauksessa määritelty olevan 50 kg hiilidioksidia meno-paluu-reitille.

Taulukko 7: Esimerkin 2 asiakkaiden kuormat ja etäisyydet

Asiakas	Toimitettava kuorma	Etäisyys edellisestä asiakkaasta (km)	Etäisyys lähtöpisteestä (km)	Tonnikilometrit (tkm)
A	2000 kg	20	20	40
B	1000 kg	30	15	30
C	3000 kg	10	30	30

Päästöjen kohdentaminen lasketaan käyttäen kaavaa 8 seuraavasti:

$$A \text{ CO}_2 = \frac{40 \text{ tkm}}{100 \text{ tkm}} * 50 \text{ kg} = 20 \text{ kg}$$

Tämä laskelma toteutetaan asiakaskohtaisesti ja tuloksiksi saadaan B:n päästöosuudeksi 15 kg ja C-asiakkaan osuudeksi 15 kg. Tätäkin laskentatapaa voidaan käyttää eri päästölajeille, kun tiedetään päästöjen määrä koko reitille.

7.2.3 Esimerkkien vertailu

Taulukossa 8 on vertailtu esimerkkien 1 ja 2 tuloksia. Kuten taulukosta huomataan, poikkeavat kohdennetut päästömäärät huomattavasti toisistaan.

Taulukko 8: Esimerkkien 1 ja 2 päästömäärävertailu

Asiakas	Päästö määrä	
	Esimerkki 1	Esimerkki 2
A	13,8 kg	20,0 kg
B	5,2 kg	15,0 kg
C	31,0 kg	15,0 kg

Esimerkin 1 malli ei ota huomioon lainkaan sitä, kuinka pitkän matkan lastattu materiaali kulkee ajoneuvossa. Koska päästöt kohdennetaan lyhimmän mahdollisen reitin mukaan lähtöpisteestä asiakkaalle, se vääristää todellista päästöjen kohdentamista. Analysoinnissa on jätetty tyhjänä ajo huomiotta, koska se kohdentuu kuormaosuuksien mukaisesti. Asiakkaan B materiaali on kulkenut ajoneuvon kyydissä yhteensä 50 km:n verran molemmissa esimerkeissä, kuitenkin laskennassa esimerkissä 1 käytetään lyhintä reittiä, joka on 15 km. Päästöt eivät kohdennu todellisten kuljetuskilometrien mukaisesti.

Vastaavasti asiakkaan C todellinen kuljettu matka on 60 km ja laskennassa on käytetty 30 km etäisyyttä. Samat ongelmat koskevat siis jokaista reitillä olevaa asiakasta.

Hyvänä puolena esimerkin 1 mukaisessa mallissa on se, että sen periaate pyrkii jakamaan päästöt kuljetussuoritteen mukaisesti asiakkaille, kuitenkin kuljetussuoritteen laskenta esitetyllä tavalla ei vastaa todellista kuljetussuoritteen määritelmää.

Myös esimerkki 2 kohdentaa päästöt kuorma-osuuksien mukaisesti. Erona kuitenkin se, että käytetty etäisyys osuuksien määrittämiseen on asiakkaiden välinen etäisyys. Tarkasteltaessa asiakkaan A kuljetusta huomataan, että kokonaispäästöistä asiakas A ottaa vastuulleen oman kuorma-osuuden verran

päästöjä koko reitiltä, vaikka kuljetuksen pituus koko reitistä on vain 20 km. Vaikka asiakkaan C kuorma on suurin ja kulkee pisimmän matkan ajoneuvon kyydissä, kohdentuu asiakkaalle C hyvin pieni osa kokonaispäästöistä, koska etäisyys asiakkaasta B on lyhyt. Esimerkin 2 malli jättääkin siis huomiotta sen, että viimeisten asiakkaiden kuormat ovat olleet jo alusta asti kuormassa mukana ja kohdentaa päästöt kuljettujen kilometrien mukaan vääristyneellä tavalla. Tämä malli toimii vain siinä tapauksessa, että kuljetus tapahtuu lähtöpisteestä L, asiakkaalle A, jossa puretaan kuorma ja lastataan uusi kuorma asiakkaalta A, asiakkaalle B ja niin edelleen.

Esimerkin 2 hyväksi ominaisuudeksi voidaan lukea se, että se pyrkii huomioimaan kuorma-osuuksien mukaisesti päästöjen kohdentamisen. Kuitenkin kuljetussuoritteiden määrittely ei vastaa kuljetussuoritteiden määrittelyä.

Kumpikaan mainituista laskentamalleista ei anna todellista kuvaa siitä, miten kunkin asiakkaan kuorma vaikuttaa päästöihin. Esimerkki 1 on hyvin kaukana siitä, miten kuljetussuorite määritellään, eikä se ole käyttökelpoinen kyseisessä muodossaan. Esimerkin 2 laskentamalli antaa jo paremman kuvan siitä, miten kuljetuksen päästöt voidaan kohdentaa. Esimerkin 2 mallia suositellaankin käytettävän laskennassa, kun päästöjä kohdennetaan asiakaskohtaisesti.

7.3 Tarkennetun mallin päästöjen laskenta asiakaskohtaisesti

7.3.1 Laskenta uuden mallin mukaan

Koska jo olemassa olevat mallit tuottavat tulokseksi suuntaa antavia tuloksia, esitetään tässä luvussa tarkennettu laskentamalli, joka ottaa huomioon koko toimitusketjun aikana aiheutetut päästöt ja jakaa ne todellisten kuormasuukisien mukaan kullekin asiakkaalle.

Laskenta kuljetussuoritteiden määrittelyn mukaiselle päästöjen kohdentamiselle aloitetaan laskemalla kuljetussuoritteet asiakaskohtaisesti. Kaavassa 10 kuorman kuljetus matka tarkoittaa todellista matkaa lähtöpisteestä purkupaisteeseen.

Kaava 10

$$\text{Kuljetussuorite (tkm)} = \text{Asiakkaan kuorma (t)} * \text{Kuorman kuljetusmatka (km)}$$

Esimerkki 3

Esimerkin 3 laskennassa käytetään samoja lähtötietoja, jotka on esitetty kuviossa 1 esimerkin 1 yhteydessä. Kuljetussuoritteet laskettuna todellisilla kuljetusmatkoilla löytyvät taulukosta 9.

Asiakkaan C kuorma kulkee kaikki pisteiden välit ja puretaan vasta pisteessä C, eli yhteensä 60 km. Samalla periaatteella lasketaan asiakkaiden A ja B kuljetusmatkat ja -suoritteet.

Taulukko 9: Esimerkin 3 kuormat ja etäisyydet

Asiakas	Toimitettava kuorma	Etäisyys edellisestä asiakkaasta (km)	Tonnikilometrit (tkm)
A	2000 kg	20	40
B	1000 kg	30	50
C	3000 kg	10	180

Kun kuljetussuoritteet vastaavat todellista kuljetusmatkaa jokaisen asiakkaan kohdalla, voidaan laskea päästöjen kohdentaminen käyttäen kaavaa 8 seuraavasti.

$$A CO_2 = \frac{40 \text{ tkm}}{270 \text{ tkm}} * 50 \text{ kg} \approx 7,41 \text{ kg}$$

Vastaavalla kaavalla laskettuna asiakkaalle B kohdentuu 9,26 kg ja asiakkaalle C 33,33 kg. Näin laskettuna kuljetussuorite vastaa määritelmää ja päästöt kohdistuvat kuljetussuoritteen mukaisesti oikeissa suhteissa. Muiden päästö-
lajien asiakaskohtaiset osuudet on mahdollista laskea samalla kaavalla, kun niiden kokonaismäärä tiedetään lajeittain kyseisellä reitillä.

Reitin viimeisen asiakkaan ja lähtöpisteen välisen paluumatkan tyhjänä ajo jyvitetään kaikkien reitillä olevien asiakkaiden kesken tasan. Kyseisestä matkasta ei aiheudu erikseen kuljetussuoritetta, joten päästömäärä määräytyy tyhjänä ajettujen kilometrien ja polttoaineen kulutuksen mukaisesti. Tyhjänä ajo jyvitetään jokaiselle asiakkaalle tasapuolisesti. Esimerkin 3 tapauksessa kyseistä tyhjänä ajoa ei otettu huomioon siksi, että kyseisen reitin polttoaineen kulutusta ei ollut tiedossa paluumatkalle. Normaalitilanteessa polttoaineenkulutus lasketaan ajoneuvon keskikulutuksen ja paluumatkan pituuden mukaan.

Kaava 11

$$\text{Päästöt tyhjänä ajo (x)} = \frac{\text{Matka (km)} * \text{Päästökerroin} \left(\frac{\text{g}}{\text{km}} \right)}{\text{Asiakkaiden lukumäärä}}$$

7.3.2 Vertailu mallien kesken

Taulukosta 10 nähdään eri esimerkkien määrittelemät päästöjen kohdentamisen erot. Koska asiakkaan C materiaali kulkee koko reitin läpi ajoneuvossa ja puretaan vasta reitin lopussa, tulee myös asiakkaan C:lle kohdentuvat päästöt olla suuremmat. Esimerkeissä 1 ja 2 esitetyt kohdentamisperusteet eivät ota huomioon kuljetussuoritteiden merkitystä kuljetusreitillä. Käytännössä asiakkaat eivät pysty vaikuttamaan jakelujärjestykseen ja jakelupisteiden etäisyyksiin ja määriin, tämän vuoksi kohdistetaan todellisten kuljetussuoritteiden mukaisesti.

Taulukko 10: Päästö määrävertailu 2

Asiakas	Päästö määrä		
	Esimerkki 1	Esimerkki 2	Esimerkki 3
A	13,8 kg	20,0 kg	7,41 kg
B	5,2 kg	15,0 kg	9,26 kg
C	31,0 kg	15,0 kg	33,33 kg

7.4 Epätarkkuustekijät

Epätarkkuutta laskennassa muodostuu seuraavista tekijöistä:

- laskennassa käytetty polttoainemäärän laskentatapa
- vaihtelevat päästökertoimet
- dieselpolttoaineen tiheyden vaihtelu
- reitin pituuden vaihtelu riippuen määrittelytavasta.

Polttoaineen määrän laskentaan käytetty tapa sekä reitin pituuden tarkka määrittäminen on erittäin tärkeässä asemassa laskennan osalta. Jos polttoaineen määrää joudutaan arvioimaan esimerkiksi ostokuittien perusteella tai lasketaan ajoneuvon keskikulutuksen mukaan, tuo se pahimmassa tapauksessa suuria virheitä laskennan lopputulokseen. Ratkaisu polttoainemäärän varmistamiseen on joko käyttää ajoneuvopäätteeltä saatua tietoa kulutetusta polttoainemäärästä tai kirjata manuaalisesti käytetyt polttoainemäärät ja ajatut kilometrit ja laskea kulutus niiden perusteella.

Esimerkki 4

Esimerkin 4 tarkoitus on havainnollistaa virheen muodostuminen, kun lasketaan polttoaineen kulutusta eri tavoilla. Määritellään ajoneuville keskikulutukseksi 24,7 l/100 km ja ajoneuvon kulkeman reitin pituus on 235 km. Ajotietokoneelta on saatu polttoaineen kulutukseksi 67,03 l kuljetulle 235 km pituiselle reitille. Polttoaineen keskihinnaksi määritellään 1,505 €/l, joka on korkeimman ja matalimman polttoainehinnan keskiarvo. (Polttoaine.net 2014). Ostokuitin loppusumma on 103,85 €. Esimerkin luvut on keksittyjä kuvastamaan ongelmia polttoaineen kulutuksen laskennassa.

Käyttäen kaavaa 1 saadaan keskikulutuksen mukaan laskettu polttoainemäärä seuraavasti:

$$\text{Polttoainemäärä (l)} = 24,7 \left(\frac{\text{l}}{100 \text{ km}} \right) * 2,35 (100\text{km}) \approx 58,05 (l)$$

Käyttäen kaavaa 3 saadaan ostokuitin perustella laskettu polttoaineen kulutus seuraavasti:

$$\text{Polttoainemäärä (l)} = \frac{103,85 (\text{€})}{1,505 \left(\frac{\text{€}}{\text{l}} \right)} \approx 69,00 (l)$$

Laskennan tulokset on eriteltyä alla olevassa taulukossa 11.

Taulukko 11: Polttoaineen kulutuksen laskentaerot

Polttoaineen kulutus	
Keskikulutus	58,05 l
Ostokuitti	69,00 l
Ajoneuvopääte	67,03 l

Taulukosta 11 huomataan, että laskentamallien tulokset vaihtelevat suuresti. Ajoneuvopääte näyttää kuljetussuoritteeseen käytetyn todellisen polttoainemäärän. Keskikulutuksen mukainen laskenta jättää huomiotta ajotavan sekä

maantieteelliset eroavaisuudet. Ostokuitin virhe saattaa johtua siitä, että polttoainetankki ei ole ollut täynnä kuljetuksen alkaessa, mutta tankki on täytetty täyteen kuljetussuorituksen jälkeen.

Päästökertoimet ovat riippuvaisia dieselpolttoaineen laadusta ja koostumuksesta. Talvilaatuinen dieselpolttoaine sisältää eri määrän ja eri suhteessa päästöjä tuottavia elementtejä, kuin kesälaatuinen polttoaine. Myös valmistuserien välillä esiintyy vaihtelua päästöjen sisällössä (Neste oil – diesel polttoaineopas 2007, 22-24.). Tämä pätee myös dieselpolttoaineen tiheyden vaihteluun. Vaihtelua on käytännössä mahdoton poistaa, jonka vuoksi joudutaan käyttämään yleisesti hyväksytyjä päästökertoimia.

Kuljetusreittien pituuden vaihtelu saattaa aiheuttaa häiriön laskennan tuloksiin. Jos kuljetusreitin pituus määritellään laskentaan karttaohjelmasta, voi se poiketa todellisesta reitistä. Esimerkiksi tietyt saattavat aiheuttaa useamman kilometrin kiertoreitin, jos tieosuus, josta kuljetuksen olisi tarkoitus kulkea, on suljettu liikenteeltä. Reitien pituuden vaihtelun aiheuttama virhe voidaan poistaa käyttämällä todellista reitin pituustietoa ajoneuvopäätteeltä tai ajoneuvon matkamittarista. Reitien pituus tulee määrittää mahdollisimman tarkasti, jotta se mahdollistaa EURO-luokittain laskettavien päästöjen tarkan laskennan.

8 RAPORTOINTIMALLIEN VERTAILU

8.1 Tarkkuus

Mallien välillä on kohdentamisperusteiden osalta suuriakin eroja. Käytännössä kaikki kohdentamisperusteet seuraavat osittain standardin EN 16258:2012 määritelmää. Kuitenkin on määritely, että kuljetussuorite tulee perustua todellisiin kilometreihin ja todelliseen kuormaan ja nämä tulee kertoa keskenään. Näin saadaan laskettua kuljetussuoritteen määritelmän mukainen kuljetussuorite. (EN 16258:2012, 18.) Kuitenkaan esimerkeissä 1 ja 2 esitetyt mallit eivät kohdenna päästöjä todellisen kuljetussuoritteen mukaisesti, joten ne eivät anna todenmukaisia päästölukemia.

Yleisesti tarkkuus kärsii 7.4 kappaleessa mainituista yleisistä epätarkkuustekijöistä. Erittäin suuri vaikutus on tiedon hankinnalla, jotta päästömäärien laskenta olisi todenmukaista. Erityisesti polttoaineen kulutuksen ja reitin pituuden määrittely on tärkeää tarkan lopputuloksen saavuttamiseksi.

8.2 Riittävyys tulevaisuudessa

Toistaiseksi näköpiirissä ei ole uusien päästöjen lisäyksiä tarkasteltaviin päästöihin. Kuitenkin poliittiset linjaukset ovat jatkuvasti suuntaamassa entistä vähäpäästöisempää maapalloa kohti, joten voidaan olettaa, että päästöjen seuranta tiukennetaan ja lisätään myös tulevaisuudessa. Jo nyt on määritely laskentatapoja raskasmetalleille, joita saatetaan tulevaisuudessa seurata muiden päästöjen ohella. (EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013, 32.) Raskasmetalleista ei toistaiseksi olla kiinnostuneita kansallisella tai kansainvälisellä tasolla päästöraportoinnin ja seurannan osalta.

On myös mahdollista laskea ajoneuvon kylmäkäytön ja käyttölämpöisenä käyttämisen aikana tuotetut päästöt. (EMEP/EEA air pollutant emission inven-

tory guidebook 2013, 41-48.) Tulevaisuudessa tarkentuvien seurantojen myötä on mahdollista, että eri käyttölämpötilassa tuotettuja päästöjä seurataan tarkemmin. Todennäköisesti, jos tällainen seuranta otetaan käyttöön, sillä pyritään vähentämään kylmäkäyttöä ja sen aikana tuotettuja suurempia päästöjä.

Ajoneuvotekniikan ja ajoneuvojen seurantalaitteiden kehittyessä on myös mahdollista, että ajoneuvopääte kerää tietoa myös ajotavasta, joka pyritään yhdistämään päästöjen seurantaan ja vähentämiseen. Tälläkin hetkellä monet kuljetusyritykset kannustavat ajotapaseurannalla ja siihen perustuvilla palkkiojärjestelmillä polttoaineen kulutuksen pienentämiseen ja sen myötä kustannussäästöihin. Mahdolliset ajotapaseurannat antaisivat myös hyvän pohjan seurata ajoreittien vaikutusta ympäristöön, esimerkiksi suurempien väylien käytön vertailu pienempiin väyliin, joissa tienopeudet ovat pienempiä.

Nykyisissä ajoneuvoissa on jo olemassa mittalaitteita, jotka seuraavat pako kaasujen koostumusta ja säätävät moottorin ohjausta niiden mukaisesti. Tulevaisuudessa on mahdollista, että ajoneuvopääte pystyy keräämään reaaliaikaista tietoa ajoneuvon päästöistä omilla mittalaitteilla, joista voidaan koostaa todenmukaisia raportteja niitä vaativille tahoille. Lappalaisen mukaan (Lappalainen 2014.) tietojen jakaminen kuljetusyrittäjältä asiakkaalle on sopimuskyky, sopimuksella voidaan määrittellä mitä tietoja luovutetaan ja kenelle. Ongelmalliseksi tietojen jakamisen saattaa tehdä kuljetukset, joissa kuormattuna on useiden tilaajien materiaalia, jolloin oikean tiedon kohdentaminen oikealle asiakkaalle vaatii tarkkuutta kuljetusyrittäjältä. Sopimusvaiheessa on määriteltävä tarkasti mitä tietoja kuljetusyrittäjä haluaa luovuttaa asiakkaansa käyttöön, jotta kuljetusyrittäjän asema yhteistyökumppanina ei heikenny esimerkiksi hinnoittelupolitiikan suhteen. Todennäköisesti kuljetusyrittäjät eivät halua suoraa ajoneuvopääteen tietoja annettavan asiakkaalle, vaan he haluavat koostaa sovitut määreet itse ja toimittaa erillisesti asiakkaalle. Jos tieto ei tule suoraan ajoneuvopääteeltä, tulee tiedon käsittelyn olla selkeä, jotta tieto ei vääristy koontivaiheessa.

8.3 Käytettävyys ja muokattavuus

Laskentaan käytettävät kaavat ovat jokaisen normaalissa toimistokäytössä olevan laskentaohjelmiston ymmärrettävissä. Kaavoja voidaan hyödyntää myös tulevilla ohjelmistoilla. Laskennan yksinkertaisuuden vuoksi monet tietokantoja lukevat ohjelmat soveltuvat raportointijärjestelmän pohjaksi.

Mahdollisesti tulevaisuudessa tulee tarve lisätä uusia päästöjä laskentaan. Laskenta on helposti muokattavissa myös tulevia päästöjä varten. Mahdolliset muutokset ajoneuvon lähtötietoihin on helposti muokattavissa. Esimerkiksi polttoaineen kulutuksen lähtötietojen tarkentuessa, voidaan poistaa tarpeettomia laskentavaiheita polttoaineen määrän laskemiseksi. Kuitenkin tuotavan tiedon oikeista yksikkömuunnoksista tulee huolehtia asianmukaisesti.

Yleisesti ottaen opinnäytetyön laskenta on esiaite toimivalle laskentajärjestelmälle, jota voidaan hyödyntää tuotannossa. Laskenta määrittelee vain koneiston, jolla raportoitavat määreet saadaan tuotettua. Itse järjestelmä muoutuu myöhemmässä kehitysvaiheessa todelliseksi työkaluksi.

8.4 Suositeltava raportointimalli

Suosittelavinta on käyttää laskennassa todellista polttoaineen kulutusta ajoneuvopääteeltä. Jos ajoneuvopääte ei muodosta tarvittavaa tietoa, on sen jälkeen suositeltavinta käyttää keskikulutuksen mukaan laskettua polttoaineen kulutusta. Ajoneuvovalmistajat ilmoittavat käytettäville ajoneuvoille keskikulutuksen, jota voidaan käyttää laskennassa, kun kuljettu matka on tiedossa.

Päästöjen kohdentamisessa tarkin malli on esimerkin 3 esittämä malli, jossa lasketaan koko kuljetussuorituksen määräämä osuus päästöistä asiakaskohtaisesti.

Seuraavat lähtötiedot vaaditaan päästölaskennan toteuttamiseen. Luetelmas-
sa on ilmoitettu lähde, josta lähtötieto on saatavissa:

- kuljettu matka (km)
 - o karttaohjelma, matkamittari tai ajoneuvopääte
- kuljetetun materiaalin massa (kg)
 - o ERP
- ajoneuvon EURO-luokka
 - o ajoneuvovalmistaja tai kuljetusyrittäjä
- ajoneuvon massa (kg, t)
 - o ajoneuvovalmistaja tai kuljetusyrittäjä
- ajoneuvon keskikulutus (l/100 km)
 - o ajoneuvovalmistaja tai kuljetusyrittäjä
- päästökertoimet
 - o EURO-luokitus ja EEA.

Lähtötietojen erittely on tarkemmin esitetty luvussa 9.2. Näiden lähtötietojen perusteella lasketaan annetuilla kaavoilla tarvittavat määreet, jotta päästö-
määrät voidaan laskea asiakaskohtaisesti.

Laskennasta saadaan seuraavat tiedot:

- polttoaineen kokonaiskulutus reitille (l)
- kuljetussuorite (tkm)
- kuorma-osuus asiakaskohtaisesti reitillä (tkm)
- kokonaispäästömäärä päästölajeittain (g, kg, ppm)
- asiakaskohtainen päästömäärä päästölajeittain (g, kg, ppm).

Laskennassa käytetään seuraavia kaavoja:

- kaava 1 (polttoaineen kulutus)
- kaava 4 (polttoaineen muunnos litroista kilogrammoiksi)
- kaava 5 (päästömäärä)
- kaava 6 (päästömäärä)
- kaava 8 (asiakaskohtainen päästömäärä)
- kaava 10 (kuljetussuorite)
- kaava 11 (päästömäärä tyhjänä ajo).

9 RAPORTIN SISÄLTÖ

9.1 Raportoitavat määreet

Raportin sisältö koostuu eri päästölajeista, jotka ilmoitetaan jokaiselle päästölle määritellyllä yksiköllä. Jokainen päästölaji lasketaan asiakaskohtaisesti ja ilmoitetaan raportilla eriteltynä halutulta ajanjaksolta.

Päästöt, joita tällä hetkellä halutaan seurata, ovat

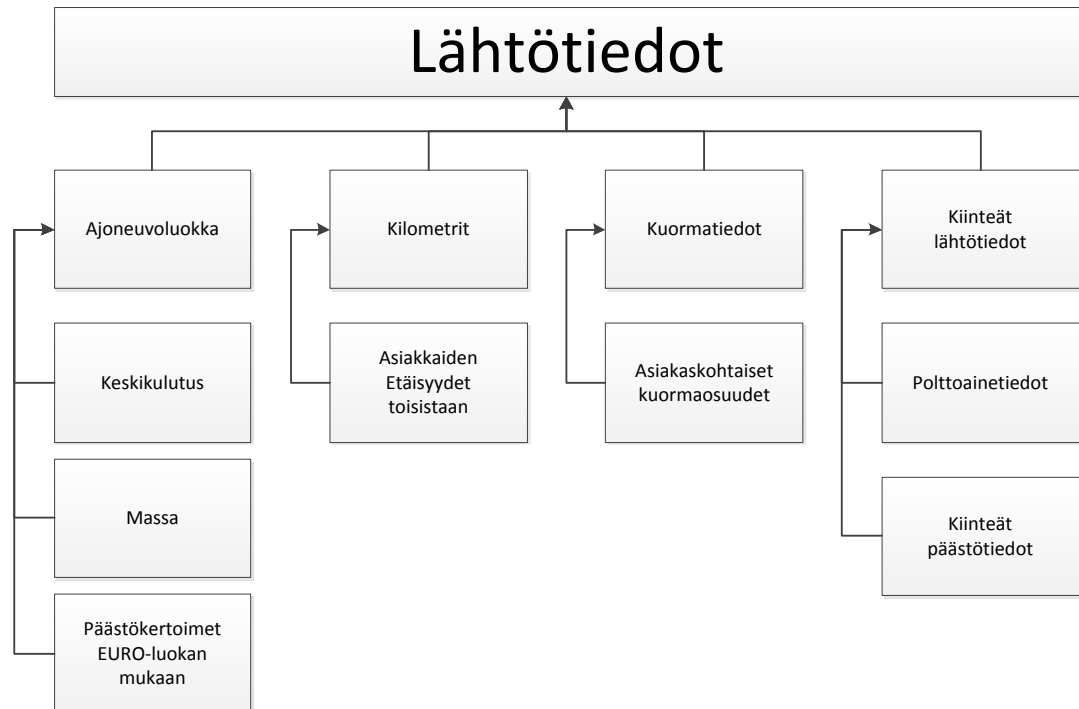
- hiilidioksidi (CO₂)
- hiilidioksidi, polttoaineen tuottaminen huomioituna (CO₂)
- typen oksidit (NO_x)
- hiilivedyt (HC)
- hiilimonoksidi (CO)
- hiukkaset (PM)
- typpioksiduuli (N₂O)
- ammoniakki (NH₃)
- rikki (S).

9.2 Raportointijärjestelmän määrittely

Raportti koostetaan 8.4.1 kappaleen mukaisista laskettavista määreistä. Raportointijärjestelmän tekninen toteutus tulee pohjautumaan tietokantoihin, joista noudetaan tarvittavat määreet laskentaa varten. Laskennassa voidaan käyttää esimerkiksi Microsoft Access- tai QlikView -ohjelmistoja. Kyseiset ohjelmistot pystyvät noutamaan tiedot useasta tietokannasta vaikka lähdetieto olisi monessa eri tiedostomuodossa. Tietokannan sisällöstä on esitetty liitteessä 2 hahmotelma, josta käy ilmi yleisellä tasolla laskentaohjelmistoon haettavat tiedot eriteltynä aihekohtaisesti.

Laskentajärjestelmän toimivuuden varmistamiseksi luotiin Excel-tiedosto, johon voidaan käsin tuoda tarvittavat lähtötiedot laskentaa varten. (Liite 4) Laskentapohja tuottaa laskennan kautta tarvittavat päästötiedot annettujen lähtö-

tietojen perusteella ja koostaa ne erilliseksi taulukoksi, jotta se voidaan liittää tarvittaessa liitteen 3 mukaiselle päästöraporttipohjalle. Laskentapohja on yksinkertaistettu versio mahdollisesta tietokantoihin perustuvasta laskentajärjestelmästä ja toteuttaa vain laskentaosuuden. Kuviossa 2 määritellään tarvittavat lähtötiedot ja niiden sisältö. Näiden lähtötietojen perusteella saadaan tarvittavat päästötiedot laskettua.



Kuvio 2 Lähtötiedot ja niiden erittely

Kuviosta 2 nähdään, että ajoneuvon tiedoista tarvitaan laskentaa varten ajoneuvon EURO-luokka sekä massa, jotka määrittelevät laskennassa käytettävät päästökertoimet, sekä keskikulutus kyseiselle ajoneuvolle. Reittitiedoista laskentaan tarvitaan kilometrien määrä, joka tarkemmin koostuu asiakkaiden etäisyyksistä toisistaan sekä ensimmäisen ja viimeisen asiakkaan etäisyys kuorman lähtöpisteestä. Laskennassa yhdistetään asiakkaiden väliset etäisyydet yhdeksi kokonaismatkaksi. Kuormatiedoista tarvitaan ERP:stä saadut kuormatiedot asiakaskohtaisesti, jotta päästöt voidaan kohdistaa kuorman muodostamien kuljetussuoritteiden mukaan jokaiselle asiakkaalle.

Kiinteinä lähtötietoina pidetään polttoaineen tiheyttä, sekä polttoaineen sisältämiä päästöjä, joita ei voida suodattaa ajoneuvotekniikan avulla. Laskennan lopputulokseksi saadaan liitteen 4 mukaiset tulokset taulukoituna ja valmiina siirrettäviksi raporttipohjalle.

9.3 Raportin ulkoasu

Raportin ulkoasu ja asettelu määritellään lopulliseksi vasta raportointijärjestelmän käyttöönoton yhteydessä, jotta asettelu ja ulkoasu voidaan mukauttaa käyttöönotettavan järjestelmän mukaan yhteensopivaksi. Raportille tuodaan toiminnanohjausjärjestelmästä tarvittavat asiakastiedot, raportoitavan ajanjakson tilaustiedot, kuten kuljetetun materiaalin kokonaismassa, kuljetut kilometrit ja kokonaiskuljetussuorite. Liitteessä 3 on esitetty esimerkkipohja raportin sisällöstä.

Raportti tulee sisältämään seuraavat tiedot:

- asiakastiedot
- raportin luontipäivämäärä
- raportoitava ajanjakso
- ajanjakson kuljetetut kilometrit
- ajanjakson aikana kuljetettu materiaalmäärä
- kokonaiskuljetussuorite
- päästöerittely luvun 9.1 mukaisesti.

10 YHTEENVETO

10.1 Käyttöön otettava malli

Jotta päästöjen raportointi olisi oikeudenmukainen ja luotettava, tulee raportointimalliksi valita luvun 7.3 esittämä tarkennettu malli. Liitteessä 4 on esitetty esimerkkilaskelma, jota voidaan käyttää pohjana jatkokehitystä suunniteltaessa.

Polttoaineen kulutus määritellään ajoneuvon keskikulutuksen mukaisesti. Kiinteät päästöt lasketaan polttoaineen kulutuksen mukaan. Päästöt, jotka voidaan laskea ajoneuvon EURO-luokituksen mukaan, lasketaan EEA:n vahvistamilla päästökertoimilla. Jos ajoneuvo palaa reitiltä tyhjänä, lasketaan tyhjänä ajon päästömäärä ajoneuvon keskikulutuksen mukaan. Päästöjen kohdentaminen asiakaskohtaisesti lasketaan käyttämällä kaavaa 8. Valio jatkokehittää raportointimallin määritelmän perusteella toimivan laskentaohjelmiston.

10.2 Tavoitteen toteutuminen

Työn tavoitteena oli muodostaa yleisesti hyväksytty päästöjen raportointimenetelmä, joka kohdentaa päästöt kuljetulta reitiltä asiakaskohtaisesti. Laskennan tavoitteena oli tarkoitus olla mahdollisimman tarkka ja luotettava.

Tiedon etsinnän myötä huomattiin, että malleja on monia erilaisia, eikä yhtä yhtenäistä raportointimallia löytynyt. Suositeltu malli pohjautuu päästöjen jakoa määrittävään standardiin (SFS EN 16258:2012 2013, 13-22.), joka määrittelee päästöjen jaon ja laskennan perustan. Tarkastelu pohjautui valmiiden mallien osalta EU-alueelle, koska tunnetusti Suomessa otetaan yleisesti ensimmäisten joukossa uudet ohjeistukset, direktiivit sekä lait käyttöön. Valmiit mallit joita EU-alueelta tarkasteltiin, osoittautuivat liian epätarkoiksi, joten oman tarkemman mallin luominen oli perusteltua.

Koska malli perustuu toiminta-alueen standardiin, voidaan olettaa, että malli antaa tarkimmissa muodossaan hyvin realistisen kuvan päästöjen määrästä sekä päästöjen kohdentumisesta asiakaskohtaisesti. Kuitenkaan lopulliseen malliin ei voida tyytyä sellaisenaan, koska standardi ei määrittele selkeästi yhtä oikeaa tapaa laskea ja kohdentaa päästömääriä. Tulevaisuudessa tulee tarkastella ohjeistuksia toiminta-alueelta sekä seurata myös muiden käyttämiä raportointimalleja, jotta raportit olisivat vertailukelpoisia keskenään myös jatkossa.

Tuotantoon vietäessä laskentamalli nykyisessä muodossa ei anna täysin todellista kuvaa muodostuneista päästöistä. Tämä johtuu siitä, että lähtötiedot, jotka ovat tällä hetkellä saatavilla, eivät ole riittävän tarkkoja. Esimerkkinä lähtötietojen epätarkkuudesta voidaan mainita polttoaineen kulutus, joka laskeaan ehdotetussa mallissa ajoneuvon keskikulutuksen mukaan.

Koska tavoitteena oli luoda laskentamalli, joka on mahdollisimman tarkka, jäi tämä tavoite saavuttamatta.

Luotettavuuden osalta voidaan todeta, että laskenta toteuttaa halutut toimenpiteet ja tuottaa luotettavasti lopputuloksen, jos vain lähtötiedot ovat tarkkoja.

10.3 Parannusehdotukset

Laskentamalli toimii hyvänä kehitysalustana mahdollisia tulevia päästöraportointisäädöksiä varten. Malli pitää sisällään peruselementit, joita myös tulevaisuudessa tullaan käyttämään raportoinnin pohjana. Tämä opinnäytetyö kokonaisuudessaan antaa näkemyksen siihen, mitä tulisi kehittää ajoneuvotekniikassa ja tiedon keruussa, jotta päästöjen raportointi olisi mahdollisimman tarkkaa ja todenmukaista.

Tulevaisuudessa huomiota tulee kiinnittää erityisesti lähtötietojen tarkkuuteen. Tulevissa päätöksissä kaluston ja tietohallinnon osalta on otettava huomioon

seikat, joilla voidaan parantaa polttoaineen kulutuksen sekä ajokilometrien tarkkuutta. Myös päästöjen vakioinnin osalta on syytä huomioida mahdolliset muutokset päästökertoimissa, sekä ajoneuvoteknisten parannusten tuomat päästökerroinmuutokset.

Erityisesti ajoneuvojen päästöluokkien määrittämisessä täytyy olla tarkkana, kun tulevia uusia päästöluokkia määritellään järjestelmään. Päästökertoimien tulee päivittää riittävän usein, jotta tiedot päästöjen muodostumisesta säilyvät todenmukaisina.

Jos käyttöön otetaan ajoneuvoteknisiä laitteita, jotka mittaavat polttoaineen kulutusta, kuljettuja kilometrejä tai mahdollisesti jopa ajon aikana muodostuvia päästöjä, tulee varmistaa, että kyseiset mittalaitteet ovat riittävän tarkkoja ja asianmukaisesti testattuja, jotta niiden antamaan tulokseen voidaan luottaa laskennassa.

Laskentaa tulee muokata niiltä osin tarkemmaksi, kun tarkentuneita lähtötietoja on saatavilla. Lähtötietojen tarkentuminen poistaa epätarkkuustekijöitä ja näin antaa entistä tarkemman ja todenmukaisemman lopputuloksen päästöjen kohdennuksissa.

Lähtökohtaisesti työssä tarkasteltiin EU:n alueella olevia ja EU:n määrittelemiä laskentamalleja. Jos Suomessa määritellään erilainen laskentatapa päästöjen kohdentamiselle, tulee päästölaskenta toteuttaa sen mukaisesti. Voidaan kuitenkin olettaa, että myös tulevat päästöraportointimääritelmät tulevat EU:n päättäviltä elimiltä, jolloin kyseiset julkaisut tulee huomioida jatkokehityksessä niiltä osin kun on tarpeellista.

LÄHTEET

Allocation of the CO₂ emissions based on CEN-EN 16258. 2014. Road freight transport. Julkaisija Panteia, yksityinen konsultti yritys, pdf-tiedosto 25 sivua. Viitattu 12.03.2014

<http://www.panteia.eu/nl/News/2014/02/~~/media/9%20PanteiaEU/files/Allocation%20of%20CO2%20emissions%20road%20freight%20transport.ashx>.

Autoalan tiedotuskeskus, Liikenteen päästöt. 2014. Viitattu 11.1.2014
http://www.autoalantiedotuskeskus.fi/ymparisto/liikenteen_paastot.

EU energy, transport and GHG emissions trends to 2050 reference scenario 2013. Euroopan komission julkaisu, pdf-tiedosto 176 sivua. Viitattu 18.03.2014
http://ec.europa.eu/energy/observatory/trends_2030/doc/trends_to_2050_update_2013.pdf.

Dieselnet. 2014. EURO-luokituksen yleistietoa. Viitattu 18.03.2014
<http://www.dieselnet.com>, Standards, Europe, Heavy-Duty Truck and Bus Engines.

EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013. 2013. Euroopan ympäristöviraston julkaisu päästöistä. Viitattu 21.03.2014
<http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013>, 1.A Combustion, 1.A.3.b.i-iv Exhaust emissions from road transport.

Emistra. 2014. Yleistietoa Emistra-tietokannasta. Viitattu 11.01.2014
<http://www.pkylaatu.fi/tuotteet/emistra>.

EU transport in figures. 2013. Statistical pocketbook 2013. Euroopan komission julkaisu kuljetusalojen tilastoista, 71 sivua. Viitattu 18.03.2014
<http://ec.europa.eu/transport/facts-fundings/statistics/doc/2013/pocketbook2013.pdf>.

European comission. 28.03.2014 Viitattu 29.03.2014
http://ec.europa.eu/clima/index_en.htm, Policies, Transport, Road transport, Heavy-duty vehicles.

Haahtela, T. 2009. Yhdyskuntailman rikkiyhdisteet, typen oksidit, otsoni ja pienhiukkaset. Artikkelin tunnus: alg00326 (023.009) © 2014 Kustannus Oy Duodecim. Viitattu 29.03.2014
http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti/%5C%5Cwww.ktl.fi/http://www.duodecim.fi/%5C%5Cwww.sci.utu.fi/aerobiologia/http://www.ktl.fi/tk.koti?p_artikkeli=alg00326&p_teos=dlk&p_osio=&p_selaus=8030, Google, Haku: Yhdyskuntailman rikkiyhdisteet, typen oksidit, otsoni ja pienhiukkaset.

Hokkanen, S., Karhunen, J., Luukkainen, M. 2004. Logistisen ajattelun perusteet. Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisu 38. Jyväskylä. Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Kyoto protocol to the United Nations framework convention on climate change. 1998. Ilmaston lämpenemistä käsittelevä pöytäkirja. Viitattu 22.03.2014 <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>.

Lappalainen, H. 2014. Päästöraportointi malli. Sähköpostiviesti 25.04.2014. Vastaanottaja L. Kautto. SKAL ry:n Itä-Suomen toiminnanjohtajan selvitys Suomessa käytössä olevien raportointijärjestelmien käytöstä päästöjen raportoinnissa sekä ajoneuvopäätteen tietojen jakamisesta kuljetuksen tilaajalle.

LIPASTO. 2014. LIPASTO-tietokannan sisältö sekä päästöjen perustiedot. Viitattu 11.01.2014 <http://lipasto.vtt.fi/index.htm>.

Neste oil – diesel polttoaineopas. 2007. Viitattu 21.03.2014 <http://www.neste.fi/artikkeli.aspx?path=2589%2C2655%2C2698%2C2707%2C3361>, Neste- diesel -polttoaineopas (pdf).

Polttoaine.net. 2014. Polttoaineen hintatiedot. Viitattu 23.03.2014 <http://www.polttoaine.net/>.

Rautalin, J., Nuottimäki, J. Henkilöauton moottorin esilämmityksen vaikutus päästöihin ja energian kulutukseen. 2013. Viitattu 11.05.2014 http://www.transec.fi/files/779/Henkilöauton_moottorin_esilammityksen_vaikutus_paastoihin_ja_energian_kulutukseen_-_VTT-R-06328-13.pdf.

SFS EN 16258:2012. 08.09.2012. Methodology for calculation and declaration of energy consumption and GHG emissions of transport services (freight and passengers). Viitattu 22.03.2014

Shell Tuotetieto diesel kesälaatu. 2009. Viitattu 10.04.2014 <http://s06.static-shell.com/content/dam/shell-new/local/country/fin/downloads/tt/diesel-kesatt.pdf>.

Shell Tuotetieto diesel talvi -20/-27. 07.10.2013. Viitattu 10.04.2014 <http://s04.static-shell.com/content/dam/shell-new/local/country/fin/downloads/pdf/diesel-talvi-20-tuotetieto.pdf>.

Shell Tuotetieto diesel talvi -29/-34. 07.10.2013. Viitattu 10.04.2014 <http://s00.static-shell.com/content/dam/shell-new/local/country/fin/downloads/pdf/diesel-talvi-29-tuotetieto.pdf>.

SKAL. 2014. Viitattu 25.04.2014 http://www.skal.fi/tietoa_meista/energia_ja_ymparisto/litra_paivassa_klubi/suurennuslasin_alla_energiatehokkuus/pihi.

ST1 Tuotetiedote diesel -5/-15, rikitön. 01.07.2008. Viitattu 10.04.2014
http://www.st1.fi/files/12668/St1_Diesel_kesalaatu_-5-15_01072008.pdf.

ST1 Tuotetieto diesel -20/-27. 07.10.2013. Viitattu 10.04.2014
http://www.st1.fi/files/14337/St1_Diesel_tuotetieto20.pdf.

ST1 Tuotetieto diesel -29/-34. 07.10.2013. Viitattu 10.04.2014
http://www.st1.fi/files/14338/St1_Diesel_tuotetieto29.pdf.

Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions. 2013. version 1.0.
Viitattu 12.03.2014 <http://www.ghgprotocol.org/feature/scope-3-calculation-guidance>.

Tilastokeskus. 07.08.2013. Viitattu 11.01.2014
<http://www.stat.fi/meta/til/tilma.html>.

VALKOINEN KIRJA Yhtenäistä Euroopan liikennealuetta koskeva etenemis-
suunnitelma – Kohti kilpailukykyistä ja resurssitehokasta liikennejärjestelmää.
28.03.2011. Viitattu 18.03.2014 <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0144:FIN:FI:PDF>.

Värtö-Niemi, M. 2014. Lehtori. Jyväskylän Ammattikorkeakoulu Oy.
Ohjaustilanne 23.05.2014.

WHITE PAPER European transport policy for 2010: time to decide.
12.09.2001. Viitattu 18.03.2014
http://ec.europa.eu/transport/themes/strategies/doc/2001_white_paper/lb_com_2001_0370_en.pdf.

LIITTEET

Liite 1. EURO-päästöluokkien päästökertoimet (ks. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013, 35-37), sivu 1/3.

Table 3-20 Tier 2 emission factors for heavy-duty vehicles, NFR 1.A.3.b.iii													
Type	Technology	CO	NMVOG	NO _x	N2O	NH3	Pb	CO2 lube	PM2.5	ID(1,2,3,cd) P	B(k)F	B(b)F	B(a)P
Units		g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km
Notes			Given as THC-CH4	Given as NO2 equiva- lent				due to lube oil	PM2.5=P M10=TSP				
Gasoline >3.5 t	Conventional	59.5	5.25	6.60	0.006	0.0019	5.84E-06	1.99E+00	0.000	1.03E-06	3.00E-07	8.80E-07	4.80E-07
Diesel <=7.5 t	Conventional	1.85	1.07	4.70	0.029	0.0029	6.47E-06	4.86E-01	0.333	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
Diesel <=7.5 t	HD Euro I - 91/542/EEC I	0.657	0.193	3.37	0.005	0.0029	5.43E-06	4.86E-01	0.129	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
Diesel <=7.5 t	HD Euro II - 91/542/EEC II	0.537	0.123	3.49	0.004	0.0029	5.22E-06	4.86E-01	0.061	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
Diesel <=7.5 t	HD Euro III - 2000	0.584	0.115	2.63	0.003	0.0029	5.47E-06	4.86E-01	0.0566	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
Diesel <=7.5 t	HD Euro IV - 2005	0.047	0.005	1.64	0.006	0.0029	5.17E-06	4.86E-01	0.0106	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
Diesel <=7.5 t	HD Euro V - 2008	0.047	0.005	0.933	0.017	0.0029	5.17E-06	4.86E-01	0.0106	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
Diesel <=7.5 t	HD Euro VI	0.047	0.005	0.180	0.017	0.0029	5.17E-06	4.86E-01	0.0005	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
Diesel 7.5 - 16 t	Conventional	2.13	0.776	8.92	0.029	0.0029	9.48E-06	4.86E-01	0.3344	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07

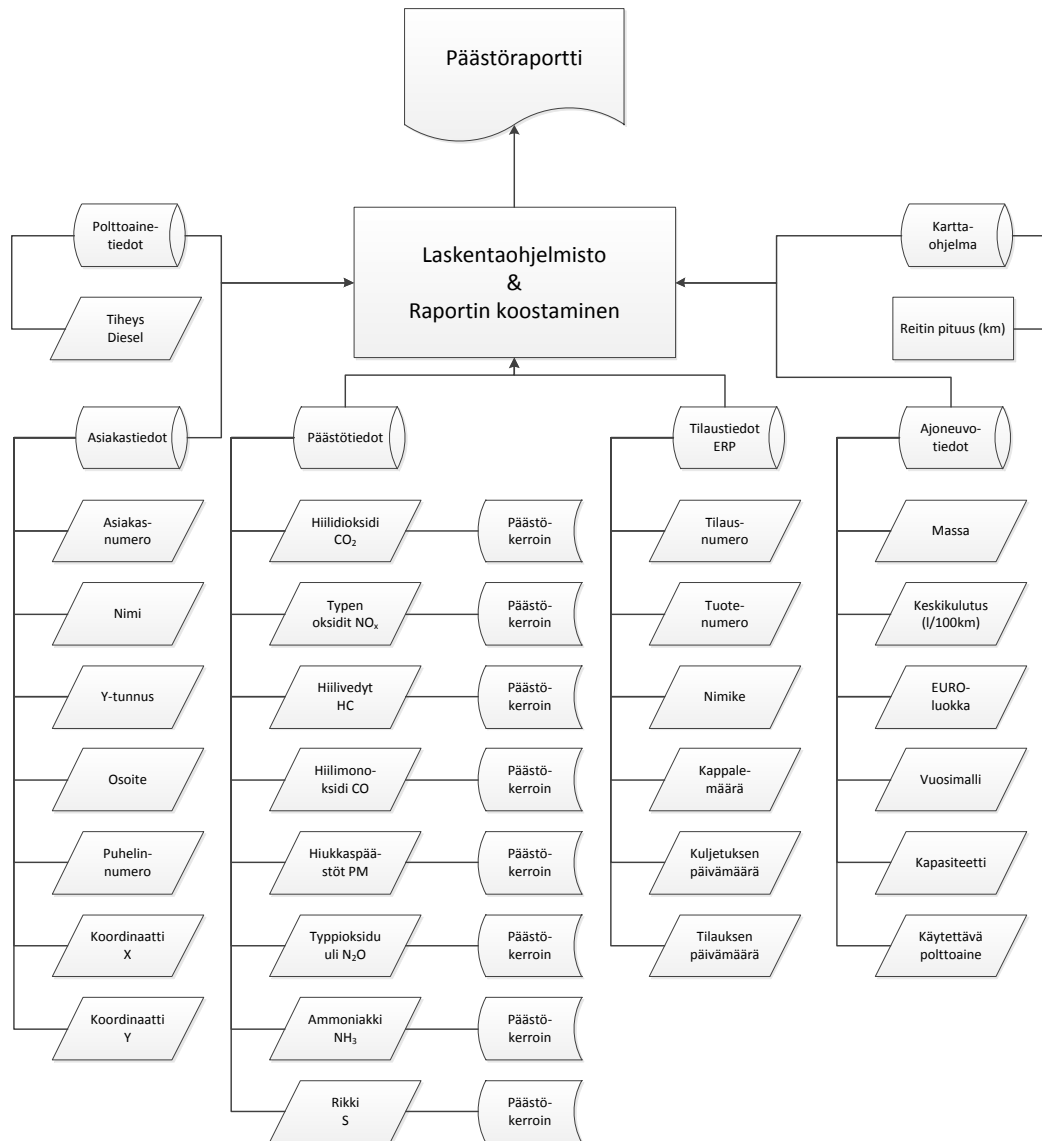
Liite 1. EURO-päästöluokkien päästökertoimet (ks. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013, 35-37), sivu 2/3.

Table 3-20 Tier 2 emission factors for heavy-duty vehicles, NFR 1.A.3.b.iii													
Type	Technology	CO	NM VOC	NO _x	N ₂ O	NH ₃	Pb	CO ₂ lube	PM _{2.5}	ID(1,2,3,cd) P	B(k)F	B(b)F	B(a)P
Units		g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km
Notes			Given as THC-CH ₄	Given as NO ₂ equivalent				due to lube oil	PM _{2.5} =P M ₁₀ =TSP				
Diesel 7.5 - 16 t	HD Euro I - 91/542/EEC I	1.02	0.326	5.31	0.008	0.0029	8.36E-06	4.86E-01	0.201	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
Diesel 7.5 - 16 t	HD Euro II - 91/542/EEC II	0.902	0.207	5.50	0.008	0.0029	8.05E-06	4.86E-01	0.104	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
Diesel 7.5 - 16 t	HD Euro III - 2000	0.972	0.189	4.30	0.004	0.0029	8.39E-06	4.86E-01	0.0881	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
Diesel 7.5 - 16 t	HD Euro IV - 2005	0.071	0.008	2.65	0.012	0.0029	7.85E-06	4.86E-01	0.0161	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
Diesel 7.5 - 16 t	HD Euro V - 2008	0.071	0.008	1.51	0.034	0.0029	7.85E-06	4.86E-01	0.0161	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
Diesel 7.5 - 16 t	HD Euro VI	0.071	0.008	0.291	0.033	0.0029	7.85E-06	4.86E-01	0.0008	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
Diesel 16 - 32 t	Conventional	1.93	0.486	10.7	0.029	0.0029	1.31E-05	4.86E-01	0.418	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
Diesel 16 - 32 t	HD Euro I - 91/542/EEC I	1.55	0.449	7.52	0.008	0.0029	1.14E-05	4.86E-01	0.297	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
Diesel 16 - 32 t	HD Euro II - 91/542/EEC II	1.38	0.29	7.91	0.007	0.0029	1.11E-05	4.86E-01	0.155	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07

Liite 1. EURO-päästöluokkien päästökertoimet (ks. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013, 35-37), sivu 3/3.

Table 3-20 Tier 2 emission factors for heavy-duty vehicles, NFR 1.A.3.b.iii													
Type	Technology	CO	NMVOC	NO _x	N ₂ O	NH ₃	Pb	CO ₂ lube	PM _{2.5}	ID(1,2,3,cd) P	B(k)F	B(b)F	B(a)P
Units		g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km
Notes			Given as THC-CH ₄	Given as NO ₂ equivalent				due to lube oil	PM _{2.5} =P M ₁₀ =TSP				
Diesel 16 - 32 t	HD Euro III - 2000	1.49	0.278	6.27	0.004	0.0029	1.13E-05	4.86E-01	0.13	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
Diesel 16 - 32 t	HD Euro IV - 2005	0.105	0.010	3.83	0.012	0.0029	1.06E-05	4.86E-01	0.0239	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
Diesel 16 - 32 t	HD Euro V - 2008	0.105	0.010	2.18	0.034	0.0029	1.06E-05	4.86E-01	0.0239	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
Diesel 16 - 32 t	HD Euro VI	0.105	0.010	0.422	0.032	0.0029	1.06E-05	4.86E-01	0.0012	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
Diesel >32 t	Conventional	2.25	0.534	12.8	0.029	0.0029	1.54E-05	4.86E-01	0.491	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
Diesel >32 t	HD Euro I - 91/542/EEC I	1.90	0.510	9.04	0.012	0.0029	1.36E-05	4.86E-01	0.358	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
Diesel >32 t	HD Euro II - 91/542/EEC II	1.69	0.326	9.36	0.012	0.0029	1.33E-05	4.86E-01	0.194	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
Diesel >32 t	HD Euro III - 2000	1.79	0.308	7.43	0.007	0.0029	1.36E-05	4.86E-01	0.151	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
Diesel >32 t	HD Euro IV - 2005	0.121	0.012	4.61	0.018	0.0029	1.26E-05	4.86E-01	0.0268	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
Diesel >32 t	HD Euro V - 2008	0.121	0.012	2.63	0.053	0.0029	1.26E-05	4.86E-01	0.0268	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07
Diesel >32 t	HD Euro VI	0.121	0.012	0.507	0.049	0.0029	1.26E-05	4.86E-01	0.0013	1.40E-06	6.09E-06	5.45E-06	9.00E-07

Liite 2. Tietokantarakenteen hahmotelma



Liite 3. Esimerkkiraportti

Päästöraportti

Asiakastiedot:

Asiakkaan nimi / Yritys
Y-tunnus
Osoite
Puhelinnumero

Raportin antaja:

Valio Oy
Y-tunnus
Osoite
Puhelinnumero

Ajanjakso 1/2014 - 12/2014

Ajanjakson kuljetustiedot		
	Määrä	Yksikkö
Kilometrit	x	km
Kuljetettu massa	x	t
Kuljetussuorite	x	tkm

Päästöjen määrä

Päästö	Määrä	Yksikkö
CO ₂	x	kg
CO ₂ Well to wheels*	x	kg
NO _x	x	g
HC	x	g
CO	x	g
PM	x	g
N ₂ O	x	g
NH ₃	x	g
S	x	ppm
*) Well to wheels ottaa huomioon polttoaineen valmistuksen aiheuttamat päästöt		

Laskenta on toteutettu SFS EN 16258:2012 standardin mukaisesti käyttäen ajoneuvoluokittain määriteltyjä päästövakioita sekä yleisesti hyväksytyjä päästövakioita. Päästömäärä on ilmoitettu kokonaispäästömääränä kaikkien ajanjakson kuljetusten tuottamien päästöjen summana.

Liite 4. Excel-tiedosto: Päästölaskenta