



samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Satakunta University of Applied Sciences

VALMA SIVONEN

# **Julkisen liikenteen optimoinnin aiheuttamat kasvihuonekaasupäästövaikutukset Satakunnan alueella**

ENERGIA- JA YMPÄRISTÖTEKNIIKAN TUTKINTO-OHJELMA 2022

Tekijä Sivonen, Valma	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä syyskuu 2022
	Sivumäärä 25 + 3 liitettä	Julkaisun kieli suomi
Julkaisun nimi <b>Julkisen liikenteen optimoinnin aiheuttamat kasvihuonekaasupäästövaikutukset Satakunnan alueella</b>		
Tutkinto-ohjelma Energia- ja ympäristötekniikka		
Tiivistelmä  <p>Opinnäytetyössä on tarkasteltu julkisen liikenteen optimoinnin aiheuttamia kasvihuonekaasupäästöjä Satakunnan alueella. Liikenteen kasvihuonekaasupäästöt koostuvat hiilidioksidista, metaanista ja dityppioksidista. Julkisen liikenteen optimoinnin keinoja ovat julkisen henkilöliikenteen käyttöasteen kasvattaminen ja matkaketjuratkaisujen ja kutsuliikenteen kehittäminen.</p> <p>Henkilöliikenteen päästöjä liikennemuodoittain on laskettu kolmella eri liikenteen päästöihin ja autoiluun tarkoitettulla laskurilla: Suomen ilmastopaneelin Autokalkulaattori, Suomen Ympäristökeskuksen (SYKE) Kulkuri ja Lahden kaupungin CitiCAP-hankkeen mobiilisovelluksen päästökertoimet. Linja-autojen polttoaineiden kulutuksen ja hiilidioksidiekvivalenttina ilmoitettujen päästöjen yhteenveto on esitetty opinnäytetyössä Teknillisen korkeakoulun Autotekniikan laboratoriossa tehtyjen linja-autojen polttoainekulutusmallinuksien ja Motivan julkaiseman Suomen markkinoiden energia-lähteiden ominaisuuksien taulukkojen pohjalta. Satakunnan alueelta on tehty yhteenveto vuodelta 2019 henkilöautoilun ja linja-autoliikenteen kasvihuonekaasupäästöistä. Yhteenveto sisältää tiedot 17 satakuntalaisen paikkakunnan osalta. Hiilidioksidiekvivalenttina ilmoitetut päästöt ovat olleet vuonna 2019 henkilöautoilun osalta 12 kertaa suuremmat kuin linja-autoliikenteen päästöt.</p> <p>Opinnäytetyössä käytetyn henkilöliikenteen kolmen eri päästölaskurin antamien arvojen välillä on hyvin pieniä eroja hiilidioksidiekvivalentin laskennassa. B0-dieselin käyttö henkilöliikenteessä on vähiten ilmastoystävällistä, kun taas raideliikenne on selkeästi ilmastoystävällisin liikennemuoto.</p>		
Avainsanat  Biopolttoaine, diesel, henkilöliikenne, hiilidioksidiekvivalentti, kasvihuonekaasupäästöt, kutsuliikennetkaisu, matkaketjuratkaisu		

Author Sivonen, Valma	Type of Publication Bachelor's thesis	Date September 2022
	Number of pages 25 + 3 appendices	Language of publication: Finnish
Title of publication <b>Greenhouse gas emission effects induced by optimizing public transport in Satakunta area</b>		
Degree programme Energy and environmental engineering		
Abstract  The objective of this thesis is to survey greenhouse gas emission effects induced by optimizing of public transport in Satakunta area, Finland. Greenhouse gas emissions of traffic consist of carbon dioxide, methane and dinitrogen oxide. Methods to optimize public transport are implementing of travel chain solutions and invitation transport solutions and increasing the usage level of public passenger transport.  Emissions of passenger transport by transport modes have been calculated with three different calculators designed for transport emissions: Autokalkulaattori of The Finnish Climate Change Panel, Kulkuri of Finnish Environment Institute and CitiCAP projects' emission coefficients of the city of Lahti. The summary of buses' fuel consumption and emissions displayed as carbon dioxide equivalent is presented on the bases of surveys completed by Motiva and Helsinki University of Technology. The summary of greenhouse gas emissions of passenger transport from the year 2019 and in Satakunta area is completed in this thesis. The summary includes data from 17 municipalities in Satakunta area. Emissions caused by private car use are 12 times higher than emissions caused by bus transport expressed as carbon dioxide equivalent. Use of B0-diesel is the least climate friendly while railway transport is the most climate friendly way to travel.		
Keywords biofuel, diesel, passenger transport, carbon dioxide equivalent, greenhouse gas emissions, invitation transport solutions, travel chain solutions		

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	LIIKENTEEN PÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMINEN.....	6
	2.1 Hiilineutraalius ja kestävä kehitys.....	6
	2.2 Nestemäiset biopolttoaineet.....	7
	2.3 Liikenteen energialähteiden kasvihuonekaasupäästöt.....	8
3	LIIKENTEEN KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖT .....	10
	3.1 Henkilötieliikenteen hiilidioksidi-, metaani- ja dityppioksidipäästöt .....	10
	3.2 Henkilöautojen paikalliset päästöt ja päästömääräykset .....	12
	3.3 Henkilöautojen hiilidioksidipäästöt ja hiilidioksidiekvivalentti.....	14
	3.4 Linja-autojen päästöt ja kulutus.....	15
	3.5 Linja-autojen ja henkilöautojen kasvihuonekaasupäästöjen vertailu .....	18
4	SATAKUNNAN ALUEEN JULKISEN LIIKENTEEN RAKENNE.....	22
	4.1 Linja-autoliikenne.....	22
	4.2 Raideliikenne.....	22
	4.3 Lentoliikenne.....	24
	4.4 Satamaa-hankkeen toteuttaman joukkoliikennekyselyn tulosten yhteenveto .	25
5	MATKAKETJURATKAISUT JA KUTSULIIKENNE.....	26
6	HIILIDIOKSIDIEKVIVALENTTILASKELMIEN TULOKSET .....	28
7	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	30
	LÄHTEET	
	LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Liikenne tuotti noin 25 % Euroopan Unionin alueen hiilidioksidipäästöistä vuonna 2019. Tieliikenne aiheutti noin 70 % EU:n liikenteen päästöistä. (Euroopan parlamentti, 2022.) Liikenteen kasvihuonekaasupäästöt Satakunnassa vuonna 2019 olivat 475 000 tonnia (Tieto.Traficom, 2021). Liikenteen kasvihuonekaasupäästöt koostuvat hiilidioksidista (CO<sub>2</sub>), metaanista (CH<sub>4</sub>) ja dityppioksidista (N<sub>2</sub>O). Kasvihuonekaasut imevät maan pinnalta infrapunasäteilynä heijastuvaa lämpöenergiaa, ja pidättävät energian niin, että se jää lämmittämään maapalloa. Kasvihuonekaasujen määrän kasvaessa ilmakehässä, kasvihuoneilmiö voimistuu kasvattaen maapallon lämpötiloja. (Tieteen kuvalehti, 2021a.)

Hiilidioksidi on tieliikenteen merkittävin kasvihuonekaasupäästöjen lähde (VTT, 2021). Hiilidioksidi, metaani ja dityppioksidi ovat merkittävimmät ilmaston lämpenemiseen vaikuttavat pitkäikäiset päästöt. Esiteollisesta ajasta lukien näiden kaasujen pitoisuudet ovat kasvaneet ilmakehässä selvästi. (Ilmatieteen laitos, n.d.) Liikenteen päästöt jaetaan paikallisiin päästöihin ja kasvihuonekaasupäästöihin. Tässä työssä käsitellään liikenteen kasvihuonekaasupäästöjä; metaani, dityppioksidi ja hiilidioksidi. Julkisen liikenteen optimoinnista saatavat hyödyt ovat polttoaineen kulutuksen ja liikenteen aiheuttaman saasteen väheneminen, liikenteen ja ruuhkien väheneminen, vähäisempi resurssien kulutus sekä säästöt infrastruktuurissa (Heinonen, 1998, s. 17).

Opinnäytetyön tilaaja on Satakunnan ammattikorkeakoulun Logistiikan ja meriteknologian osaamisalue, ja tämän yksikön Satamaa (Maailmalla Satakuntaan ja Satakunnasta maailmalle) -hanke. Hankkeen tavoitteena on lisätä joukkoliikenteen saavutettavuutta ja käyttöastetta Satakunnan alueella. Samalla saadaan lisättyä Satakunnan saavutettavuutta työssäkäyntiin ja matkailuun. Joukkoliikenteen käytön lisääntyminen vähentää myös päästöjä yksityisautoilun vähentyessä. Satamaa-hanke on osa Satakuntaliiton "Kasvun mahdollisuus" -suunnitelmaa, jonka rahoittajana toimii Satakuntaliiton Alueiden kestävän kasvun ja elinvoiman tukeminen -rahoitus (AKKE). (Pori, 2021).

## 2 LIIKENTEEN PÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMINEN

### 2.1 Hiilineutraalius ja kestävä kehitys

Agenda 2030 on YK:n jäsenmaiden sopima kestävän kehityksen toimintaohjelma ja 17 tavoitteen kokonaisuus, joka ohjaa kestävän kehityksen edistämistä vuosina 2016–2030. Agenda 2030:n kestävän kehityksen toimintaohjelma ja tavoitteet koskevat maailman kaikkia maita ensisijaisen vastuun toimintaohjelman toimeenpanosta ollessa valtioilla. Kestävän kehityksen tavoitteita on 17, ja alatavoitteita on yhteensä 169. Tavoitteiden toteutumista seurataan yli 200 globaalin mittarin avulla. Lisäksi valtioilla on omia kansallisia indikaattoreitaan. (Ulkoministeriö, n.d..)

Hiilineutraalin yhteiskunnan tavoitevuodeksi on nykyisessä hallitusohjelmassa asetettu vuosi 2035 (Ympäristöministeriö, n.d.). Hiilineutraali yhteiskunta tuottaa hiilidioksidipäästöjä korkeintaan sen verran kuin niitä voidaan sitoa ilmakehästä hiilinieluihin. Hiilinielu sitoo enemmän hiilidioksidia kuin päästää ilmakehään. Maaperä, metsät ja valtameret ovat tärkeimmät luonnon omat hiilinielut. Vuosittain niiden arvioidaan sitovan 9,5-11 gigatonnia hiilidioksidia. Globaalit yhteenlasketut hiilidioksidipäästöt olivat 38 gigatonnia vuonna 2019. (Euroopan parlamentti, 2021).

Kansallisena tavoitteena on päästövähennystoimenpiteiden toteuttaminen alueellisesti ja sosiaalisesti oikeudenmukaisesti kaikkien yhteiskunnan osa-alueiden ollessa mukana tässä tehtävässä. Suunnitelmat kuntien ja yritysten toimintojen liikkumisen sekä henkilö- ja tavarakuljetusten päästövähennystavoitteen saavuttamisesta vuoteen 2030 mennessä on tehtävä tukemaan liikenteen muuttamista nollapäästöiseksi viimeistään vuoteen 2045 mennessä. Satakunnan alueen hiilineutraaliustavoite on asetettu vuodelle 2030 Hinku (Kohti hiilineutraalia kuntaa) -hankeohjelman tavoitteisiin perustuen, jolloin tavoitetta lähestytään nopeuttamalla päästövähennystoimenpiteitä ja vahvistamalla hiilinieluja. (Ympäristö NYT, n.d..)

Vähäpäästöisyys asetetaan Satakunnan alueella kuljetusten palveluhankinnoissa oleelliseksi valintakriteeriksi. Vähäpäästöisen ja energiatehokkaan liikkumisen neuvontaa on lisättävä kuntien hankinta- ja palveluyksiköillä. Digitalisaatiota voidaan hyödyntää

panostettaessa julkisen liikenteen helppouteen, nopeuteen ja turvallisuuteen. Digitaalinen tieinfra rakennetaan maantie- ja katuverkolle edistämään liikenteen päästöjen vähentämistä. Satakunnan kaasutaloutta edistetään tankkausverkoston kehittämällä ja maakunnallisella tuotannolla. Liikennekalustoa muutetaan sähköiseksi ja biokaasulla sekä nestemäisillä biopolttoaineilla toimivaksi. (Ympäristö NYT, n.d.)

## 2.2 Nestemäiset biopolttoaineet

Nestemäisiä biopolttoaineita jalostetaan biomassoista. Näillä polttoaineilla voidaan korvata liikenteen fossiilisia polttoaineita. Biopolttoaineet jaotellaan eri sukupolvien mukaan. Sukupolvilla kuvataan raaka-aineita, tuotantoteknologiaa sekä biopolttoaineiden kestävyyttä ympäristövaikutusten näkökulmasta. (Motiva, 2022b.) Biopolttoaineiden ympäristövaikutukset riippuvat käytettävistä raaka-aineista. Kasvihuonekaasuja syntyy ensisijaisesti raaka-aineen tuotannosta ja polttoaineen jalostuksesta, kun taas biopolttoaineen loppukäyttö katsotaan hiilineutraaliksi. EU:n biopolttolain-säädäntö edellyttää, että kasvihuonekaasupäästöt ovat olennaisesti pienempiä kuin fossiilisia polttoaineita käytettäessä. (Motiva, 2022c.)

Suomessa on saatavana kahta bensiinilaatua: 95-oktaaninen 95 E10 ja 98-oktaaninen 98 E5. E10-bensiinissä on korkeintaan 10 tilavuus-% ja E5-bensiinissä on korkeintaan 5 tilavuus-% bioetanolia. (Motiva, 2022a.) Ensimmäisen sukupolven biopolttoaineeseen (RME, FAME) on sekoitettu biokomponentti, jonka osuus on tällä hetkellä korkeintaan 7 tilavuus-%. Toisen sukupolven biopohjaista dieselöljyä eli uusiutuvaa dieseliä voidaan käyttää yli 7 % seoksena, usein jopa sellaisenaan eli 100 % seoksena. Suomen markkinoilla jo nyt saatavan 100 % uusiutuvan dieselin soveltuvuus autoon kannattaa tarkastaa maahantuojalta. Uusiutuvan dieselöljyn käyttö ei vaadi muutoksia auton tekniikkaan. (Motiva, 2022b.) Kun uusiutuvaa dieselöljyä valmistetaan jäte- ja tähderaaka-aineista, kasvihuonekaasupäästöt vähenevät fossiilisiin polttoaineisiin verrattuna jopa 90 % (Motiva, 2022d).

Elintarviketeollisuuden jätteet ja tähteet sekä kauppojen ja kotitalouksien biojätteet ovat Suomessa tällä hetkellä myytävän korkeaseosetanolin raaka-aineita. Tällainen etanoli on lähes hiilineutraalia, sillä biopolttoaineista vapautuvat hiilidioksidipäästöt

ovat osa luonnon hiilikiertoa. Jätepohjaisen bioetanolin käytöllä voidaan vähentää korkeaseosetanolipolttoaineen fossiilisia hiilidioksidipäästöjä lähes 80 %. RE85 ja EkoFlex E85 ovat Suomessa myytävän korkeaseosetanolin kauppanimiä. E85-korkeaseosetanolipolttoaine on tarkoitettu vain autojen flexfuel-malleihin. (Motiva 2020b.)

### 2.3 Liikenteen energialähteiden kasvihuonekaasupäästöt

Taulukossa 1 on esitetty Suomessa markkinoilla olevien liikenteen energialähteiden energiasisältö, elinkaariset kasvihuonekaasupäästöt hiilidioksidiekvivalenttina ja kasvihuonekaasupäästöjen vähenemä fossiiliseen vertailupolttoaineeseen nähden. Biodieselin ja uusiutuvan dieselin kasvihuonekaasupäästöjen määrien vaihteluväli johtuu polttoaineen valmistukseen käytettävästä raaka-aineesta. Palmuöljyn käyttö biodieselin ja uusiutuvan dieselin raaka-aineena tuottaa vähemmän elinkaarisia kasvihuonekaasupäästöjä kuin kasvi- tai eläinöljyjätteen tai jätepuun käyttö.



Taulukko 1. Suomen markkinoilla olevien liikenteen energialähteiden tärkeimmät ominaisuudet (Motiva, 2020a).

Energialähde	Energiasisältö (kWh/litra)	Kasvihuonekaasupäästöt (elinkaari) (g CO <sub>2</sub> ekv/ kWh)	Kasvihuonekaasupäästöjen vähenemä *	Huom!
Bensiini (E0)	8,9	302		
Etanoli	5,8	45-91	70-85 %	lignoselluloosasta
Bensiini (E10)	8,6			
Korkeaseosetanoli (E85)	6,3			
Diesel (B0)	10,0	302		
Biodiesel (perinteinen FAME)	9,2	51-245	19-83 % **	määrittelemätön palmuöljy - biodiesel kasvi- tai eläinöljyjätteestä
Uusiutuva diesel	9,4	15-223	26-95 % **	määrittelemätön palmuöljy - uusiutuva diesel jättepuusta
Diesel (B7, FAME)	9,9			
Diesel (B20, uusiutuva diesel)	9,9			
Maakaasu	13,9 kWh/kg	255		
Biokaasu	13,9 kWh/kg	54-83	67-79 %	yhdyskuntajäte - kivihiiltä
Sähkö		0-207-700		uusiutuva - keskimääräinen - marginaali
* fossiiliseen vertailupolttoaineeseen nähden				
** EU:n alueella biopolttoaineen minimivaatimuksena 35 prosentin päästövähennys				

### 3 LIIKENTEEN KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖT

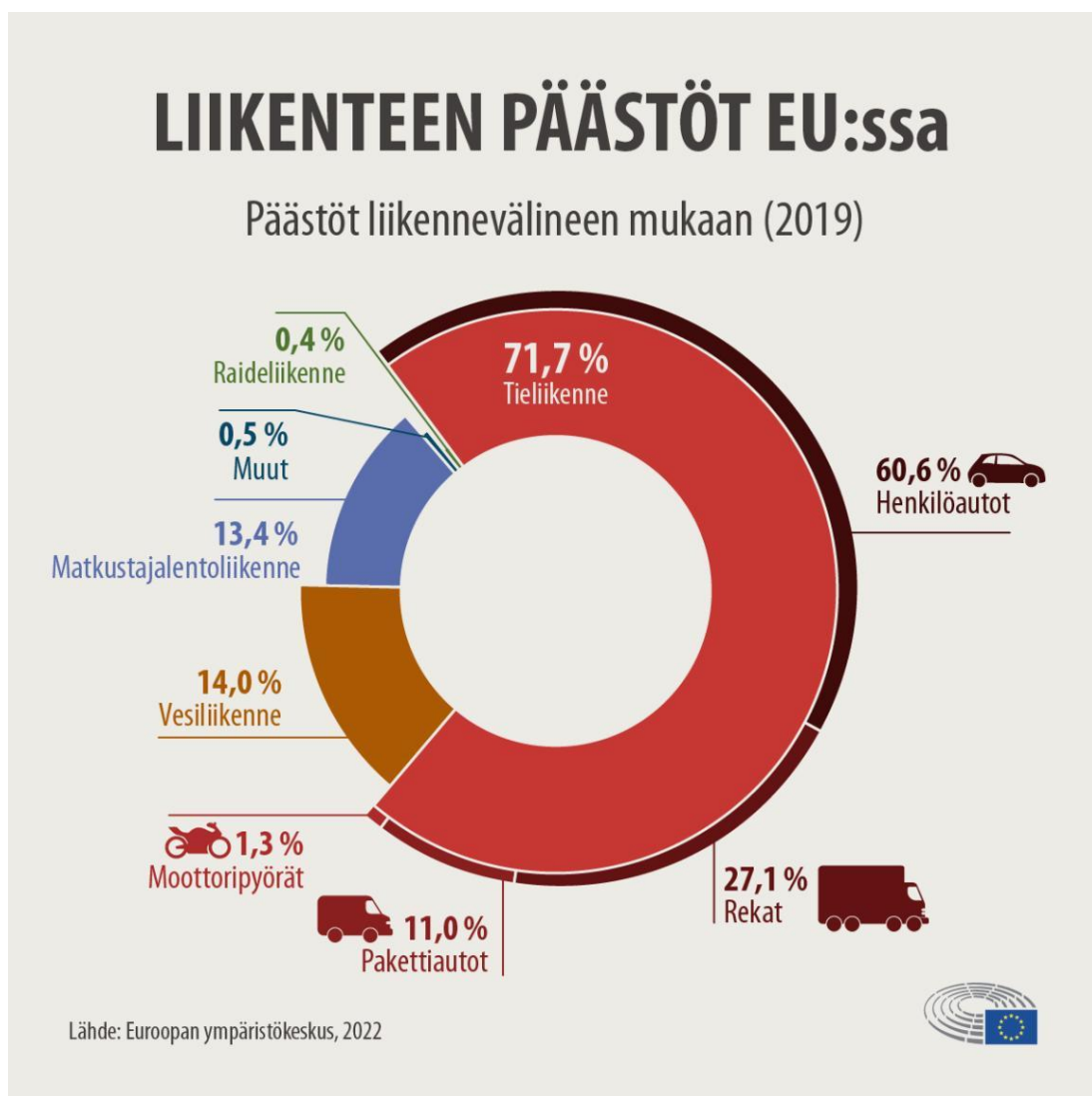
Liikenteen hiilidioksidipäästöjen kehitystä tarkastellaan liikennemuodoittain koko Suomen ja maakuntien osalta. Näitä Liikenne- ja viestintävirasto Traficomin tuottamia Liikenne 12 –seurantaan kuuluvia tilastotietoja päivitetään kerran vuodessa. (Tieto.Traficom, 2021.)

Liikenteen kasvihuonekaasupäästöt Satakunnassa vuonna 2019 olivat 475 000 tonnia (Tieto.Traficom, 2021). Liikenteen kasvihuonekaasupäästöt koostuvat hiilidioksidista ( $\text{CO}_2$ ), metaanista ( $\text{CH}_4$ ) ja dityppioksidista ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Kasvihuonekaasut imevät maan pinnalta infrapunasäteilynä heijastuvaa lämpöenergiaa, ja pidättävät energian niin, että se jää lämmittämään maapalloa. Kasvihuonekaasujen määrän kasvaessa ilmakehässä, kasvihuoneilmiö voimistuu kasvattaen maapallon lämpötiloja. (Tieteen kuvalehti, 2021a.) Metaani ( $\text{CH}_4$ ) on voimakas kasvihuonekaasu, joka pystyy imemään lämpöä itseensä noin 84 kertaa enemmän kuin hiilidioksidi ( $\text{CO}_2$ ) (Tieteen kuvalehti, 2021b). Dityppioksidi ( $\text{N}_2\text{O}$ ) aiheuttaa otsonikatoa. Dityppioksidin vaikutukset ilmakehään painoyksikköä kohden ovat yli 300-kertaiset hiilidioksidiin verrattuna. Dityppioksidipäästöjen määrä painossa mitattuna verrattuna hiilidioksidiin on kuitenkin selvästi alhaisempi. (Tilastokeskus, n.d.)

Hiilidioksidi ( $\text{CO}_2$ ) on yksi kasvihuonekaasuista. Muita kasvihuonekaasuja ovat metaani ( $\text{CH}_4$ ), dityppioksidi ( $\text{N}_2\text{O}$ ), HFC-yhdisteet (fluorihilivedyt), PFC-yhdisteet (perfluorihilivedyt), rikkiheksafluoridi ( $\text{SF}_6$ ) ja dityppifluoridi ( $\text{NF}_3$ ). (Tilastokeskus, 2022.)

#### 3.1 Henkilöliikenteen hiilidioksidi-, metaani- ja dityppioksidipäästöt

Tieliikenteen päästöt olivat vuonna 2019 EU:n alueella 71,7 %, joista henkilöautojen osuus oli 60,6 %, kuten kuvassa 1 on esitetty. Tieliikenteen päästöt jaotellaan henkilöautoihin, rekkoihin, pakettiautoihin ja moottoripyöriin. Muut kuin tieliikenteen päästöjen muodot koostuvat vesi-, raide- ja matkustajalentoliikenteestä. Nämä päästöt vastaavat yhteensä 28,3 % EU:n alueen liikenteen päästöistä. (Euroopan parlamentti, 2022.)



Kuva 1. Liikenteen päästöt EU:ssa liikennevälineen mukaan vuonna 2019 (Euroopan parlamentti, 2022).

Suomen tieliikenteen kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2019 on esitetty taulukossa 2 henkilö- ja linja-autojen osalta jaoteltuna ajoneuvojen käyttövoiman mukaan. Lisäksi taulukossa on esitetty polttoaineen kulutus, energiankäyttö ja matkasuorite ajoneuvotyypeittäin.

Taulukko 2. Suomen tieliikenteen päästöt vuonna 2019 (VTT, 2021).

VTT, LIPASTO, LIISA-laskentajärjestelmä: Suomen tieliikenteen päästöt v. 2019							
Ajoneuvo- tyyppi	CH <sub>4</sub> (t/a)	N <sub>2</sub> O (t/a)	CO <sub>2</sub> (t/a)	CO <sub>2</sub> ekv (t/a)	Kulutus (t/a)	Energia (TJ)	Suorite (Mkm)
Henkilöauto, benssiini, ei ka- talysoattoria	10	1,1	31463	32034	11254	471	149
Henkilöauto, benssiini, kata- lysoattori	191	37	3496091	3511835	1250571	52358	23133
Henkilöauto, diesel	7	93	2115873	2143789	777184	33283	16940
Henkilöauto, E85 (kor- keaseoseta- noli)	0,99	0,13	3830	3894	7714	234	103
Henkilöauto, kaasu	55	0,15	9860	10044	7043	347	122
Henkilöauto, sähkö	0	0	0	0		227	270
Linja-auto, diesel	7	16	481156	486126	176224	7547	596
Linja-auto, kaasu	2	0,1	1764	1848	1260	62	2,3
Linja-auto, sähkö						9,2	2,8
Henkilöautot, yhteensä	263, 99	131,38	5657117	5701596	2053766	86920	40717
Linja-autot, yhteensä	9	16,1	482920	487974	177484	7618,2	601,1

### 3.2 Henkilöautojen paikalliset päästöt ja päästömääräykset

Autojen paikalliset päästöt koostuvat hiilimonoksidista (CO), hiilivedyistä (HC), hiilivedyistä ilman metaania (NMHC = non-methane hydrocarbons), typen oksideista (NO<sub>x</sub>) ja hiukkaspäästöistä (PM). Autojen pakokaasupäästöjen määrää säännellään

EU:ssa Euro-säädöksillä, ja nämä säädökset ovat ajoneuvolajikohtaisia. Euro-säädökset koskevat tyyppi hyväksyntävaiheessa mitattavia säänneltyjä päästöjä. (Autotuojat ja –teollisuus, n.d.) Euroopassa henkilöautojen haitallisia päästöjä säädelään Euro-päästöluokilla (Motiva, 2022a).

Autojen WLTP-päästömittaus korvaa aiemmin käytetyn NEDC-päästömittausmenetelmän. NEDC (New European Driving Cycle) -laboratoriotesti luotiin 1980-luvulla. NEDC-testi on jäänyt ajastaan jälkeen teknologian ja ajo-olosuhteiden kehittymisen myötä. EU:n laatima WLTP (Worldwide Harmonised Light Vehicle Test Procedure) -testimenetelmä perustuu neliosaisiin ajosykleihin. Ajosykleissä ajetaan neljää eri keskinopeutta. (Traficom, 2019.) Uusi CO<sub>2</sub>-päästöjen mittaustapa kertoo entistä totuudenmukaisemmin auton päästöistä. CO<sub>2</sub>-arvo määräytyy näin ollen mm. autoon hankittujen lisävarusteiden mukaan. WLTP-menetelmällä mitattu CO<sub>2</sub>-arvo on personoidumpi ja totuudenmukaisempi kuin NEDC-menetelmällä mitattu arvo. WLTP-päästömittaus tuottaa tarkemmat laskelmat kulutuksesta ja päästöistä. (Traficom, 2019.) Tässä opinäytetyössä käsitellään kasvihuonekaasupäästöjä, ja paikallisista päästöistä sekä henkilöautojen Euro-luokkien päästörajoista on kirjoitettu lyhyt kuvaus. Taulukoissa 3 ja 4 kuvataan bensiini- ja dieselautojen Euro-luokkien päästörajoja.

Taulukko 3. Bensiiniautojen Euro-luokkien päästörajat (Motiva, 2022a).

Euro-luokka	Voimassa kaikille henkilöautoille	CO (mg/km)	NMHC (mg/km)	HC (mg/km)	NO <sub>x</sub> (mg/km)	PM*
Euro 5	01/ 2011	1000	68	100	60	5
Euro 6	09/ 2015	1000	68	100	60	5

\* Vain suoraruiskutusmoottorit

Taulukko 4. Dieselautojen Euro-luokkien päästörajat (Motiva, 2022a).

Euro-luokka	Voimassa kaikille henkilöautoille	CO (mg/km)	PM (mg/km)	NO <sub>x</sub> (mg/km)	HC+NO <sub>x</sub> (mg/km)
Euro 5	01/ 2011	500	5	180	230
Euro 6	09/ 2015	500	5	80	170

### 3.3 Henkilöautojen hiilidioksidipäästöt ja hiilidioksidiekvivalentti

Hiilidioksidipäästöjä säädellään CO<sub>2</sub>-asetuksella (EY/443/2009 ja EY/333/2014). Vuodesta 2012 alkaen henkilöautojen hiilidioksidipäästöjen raja-arvoksi oli asetettu 130 g/ km, ja raja-arvo oli 95 g/ km vuonna 2020. Päästöraja-arvoa ei sovelleta jokaiseen henkilöautoon erikseen. Arvoa sovelletaan EU:in rekisteröityneen valmistajan vuoden aikana valmistamien ajoneuvojen keskimääräiseen tasoon. (Motiva, 2022a.)

Suomen ilmastopaneelilla on henkilöautojen akkumuloituneiden kokonaispäästöjen laskemiseen tarkoitettu Autokalkulaattori-laskuri, johon syötetyillä lähtöarvoilla voidaan laskea autoilun päästöjä hiilidioksidiekvivalenttina (kg CO<sub>2</sub>ekv) (Suomen ilmastopaneeli, n.d.). Hiilidioksidiekvivalentti (CO<sub>2</sub>ekv) on kasvihuonekaasupäästöjen yhteismitta, jonka avulla voidaan laskea yhteen eri kasvihuonekaasupäästöjen vaikutus kasvihuoneilmaston voimistumiseen (Tilastokeskus, n.d.). Laskurissa valitaan auton käyttövoimaksi bensiini, diesel, etanoli, kaasua tai sähkö. Hybridiautojen ja ladattavien hybridiautojen käyttövoima on sähkö ja bensiini tai diesel. (Suomen ilmastopaneeli, n.d.) Esimerkkikuva Autokalkulaattori-laskurista on esitetty liitteessä 1.

Laskelmissa ajoneuvolla on ajokilometrejä vuodessa 10 000 km. Valmistuksen ja auton hylkäyksen elinkaarisia päästöjä ei ole huomioitu laskelmassa, vaan ne asetettiin laskurissa 0-arvoisiksi. Päästölaskelmat koskevat ajoneuvojen ensimmäistä käyttövuotta.

Keskikokoisen bensiinikäyttöisen henkilöauton päästöt ovat 21,08 kg CO<sub>2</sub>ekv/ 100 km matka, kun auton polttoaineen kulutus on 7,1 litraa/ 100 km. Kun bensiinikäyttöisen auton polttoaineen kulutus on 5,5 litraa/ 100 km, ovat päästöt 16,6 kg CO<sub>2</sub>ekv/ 100 km. Keskikokoisen dieselikäyttöisen henkilöauton kulutus on 5,5 litraa/ 100 km. Päästöt ovat tuolloin 16,7 kg CO<sub>2</sub>ekv/ 100 km. (Suomen ilmastopaneeli, n.d.)

Korkeaseosetanolia (E85) käyttövoimana käyttävä keskikokoinen henkilöauto kuluttaa laskelmassa polttoainetta noin 7,2 litraa/ 100 km. Etanolin energiasisältö on pienempi kuin bensiinillä, joten auton polttoaineenkulutus on korkeaseosetanoli E85:lla ajettaessa n. 30 prosenttia bensiinin kulutusta suurempi litroissa mitattuna (Motiva, 2020b). Laskelmassa korkeaseosetanolin osuus on 6,12 litraa ja bensiinin osuus 1,1

litraa. E85 -polttoainetta käyttävän henkilöauton päästöt ovat tällöin 14,12 kg CO<sub>2</sub>ekv/100 km. (Suomen ilmastopaneeli, n.d..)

Keskikokoisen hybridiauton, jonka käyttövoima on bensiini ja polttoaineen kulutus on 5,5 litraa/100 km, päästöt ovat 16,58 kg CO<sub>2</sub>ekv/100 km. Dieseliä käyttävä hybridi-auto, jonka kulutus on 5,5 litraa /100 km, päästöt ovat 16,70 kg CO<sub>2</sub>ekv/100 km. Ladattava hybridiauto, jonka käyttövoimana on sähkö ja bensiini, päästöt ovat 11,79 kg CO<sub>2</sub>ekv/100 km. Bensiinin kulutus on 3,5 litraa ja sähkön kulutus 7,5 kWh 100 kilometriä kohti. Ladattavan hybridiauton, joka käyttää dieseliä 4,5 litraa/100 km ja sähköä 6,5 kWh/100 km, päästöt ovat 14,59 kg CO<sub>2</sub>ekv/100 km. (Suomen ilmastopaneeli, n.d..)

Sähköautolla, joka kuluttaa 17 kWh sähköä/100 km, on päästömäärä 2,50 kg CO<sub>2</sub>ekv/100 km ajoneuvon ensimmäisenä käyttövuotena. Toisena käyttövuotena sähköauton päästöt ovat 4,91 kg CO<sub>2</sub>ekv/100 km. (Suomen ilmastopaneeli, n.d..) Sähköauton käyttäminen voi periaatteessa tuottaa enemmän päästöjä kuin dieselautolla ajaminen, jos sähköautoihin ladattava sähkö tuotetaan hiilivoimalla. Jos liikenteen energianlähteenä käytetään puhdasta sähköä, joka on tuotettu esimerkiksi tuuli- tai aurinkovoimalla, ovat sähköautoilun päästöt tulevaisuudessa lähes nollassa. Suomessa nykyisen sähköntuotannon päästöillä sähköauto on lähes aina ympäristöystävällinen valinta. (Motiva, 2022c.) Kaasua polttoaineena käytävällä autolla päästöt ovat 11,76 kg CO<sub>2</sub>ekv/100 km. Maakaasun osuus laskelmassa on 2,3 kg ja biokaasun osuus on 2,2 kg 100 km matkalla. (Suomen ilmastopaneeli, n.d..)

#### 3.4 Linja-autojen päästöt ja kulutus

LIPASTO on Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n toteuttama Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä (Lipasto, n.d.). LIPASTO-laskentajärjestelmän tietojen mukaan linja-autoliikenteen vuosisuorite oli vuonna 2019 noin 517 miljoonaa kilometriä eli noin 1,1 % tieliikenteen kokonaissuoritteesta (Liikennefakta, 2021).

Teknillisen korkeakoulun autotekniikan laboratoriossa on tehty mallinnuksia linja-autojen energiankulutuksesta. Tutkimus on toteutettu sekä simulointiohjelmalla että mittauksilla. Autotyyppien valinnassa on päädytty dieselkäyttöisiin malleihin, sillä autojen tekniikka on tällöin mahdollisimman yksinkertaista. Mallinuksissa on käytetty kahta autotyyppiä; Volvo B10B LE (kaupunkibussi) ja Kabus TC-6Z3/7300 (matkalinja-auto). Volvo B10B LE –kaupunkibussilla on tehty VTT:ssa lukuisia mittauksia. Näin bussista oli saatavilla tarkat kulutustiedot. Kabus TC-6Z3/7300-linja-auton tekniset tiedot olivat hyvin saatavilla suoraan valmistajalta. (Kaijalainen & Mutanen, n.d., s. 6.)

Taulukossa 5 on esitetty mitatut arvot pienimmälle puolen kuorman polttoaineen kulutukselle, ja yhdelle täyden kuorman aikana mitatulle kulutukselle 100 kilometrin matkalle Volvo B10B LE:lle. Kabus TC-6Z3/7300-linja-autolle on esitetty suurin mitattu polttoaineen kulutus maantie- ja moottoritieajoille 100 km matkalla. Diesel, biodiesel ja uusiutuva diesel ovat polttoaineita, joiden kasvihuonekaasupäästöt on laskettu hiilidioksidiekvivalenttina 100 kilometrin matkaa kohti. Biodiesel (perinteinen FAME) ja uusiutuva diesel toimivat polttoaineiden mitattujen kulutuslukujen puitteissa laskentaesimerkkeinä polttoaineiden kasvihuonekaasupäästöjä laskettaessa, vaikka linja-auto käyttäisikin polttoaineena pelkästään B0-dieselöljyä. Vaihteluväli kasvihuonekaasupäästöjen kohdalla johtuu biodieselin (perinteinen FAME) ja uusiutuvan dieselin valmistuksessa käytetyistä raaka-aineista. Hiilidioksidiekvivalenttilaskelmat perustuvat luvussa 2.3 ja taulukossa 1 esitettyihin polttoaineiden elinkaariin kasvihuonekaasupäästölukuihin.



Taulukko 5. Dieselukäyttöisen linja-auton mitattu energiankulutus ja kasvihuonekaasupäästöt 100 km matkalla (Kajjalainen & Mutanen, n.d., s. 22–23)

Dieselukäyttöisen linja-auton energiankulutuksen mallinnus ja kasvihuonekaasupäästöt					
Linja-auto- tyyppi	Mitattu kulu- tus (l/ 100 km)	Huom.	Polttoaine	Kasvihuone- kaasupäästöt (g CO <sub>2</sub> ekv/ polttoai- nelitra)	Kasvihuone- kaasupäästöt (g CO <sub>2</sub> ekv/ 100 km matka)
Volvo B10B LE	44,2	puoli kuormaa	Diesel (B0)	3020	133484
Volvo B10B LE	44,2	puoli kuormaa	Biodiesel (pe- rinteinen FAME)	469,2-2254	20738,6- 99626,8
Volvo B10B LE	44,2	puoli kuormaa	Uusiutuva diesel	141-2096,2	6232,2-92652
Volvo B10B LE	67,6	täysi kuorma	Diesel (B0)	3020	204152
Volvo B10B LE	67,6	täysi kuorma	Biodiesel (pe- rinteinen FAME)	469,2-2254	31717,9- 152370,4
Volvo B10B LE	67,6	täysi kuorma	Uusiutuva diesel	141-2096,2	9531,6- 141703,1
Kabus TC- 6Z3/7300	18,6	maantieajo	Diesel (B0)	3020	56172
Kabus TC- 6Z3/7300	18,6	maantieajo	Biodiesel (pe- rinteinen FAME)	469,2-2254	8727,1- 41924,4
Kabus TC- 6Z3/7300	18,6	maantieajo	Uusiutuva diesel	141-2096,2	2622,6- 38989,3
Kabus TC- 6Z3/7300	18,2	moottoritieajo	Diesel (B0)	3020	54964
Kabus TC- 6Z3/7300	18,2	moottoritieajo	Biodiesel (pe- rinteinen FAME)	469,2-2254	8539,4- 41022,8
Kabus TC- 6Z3/7300	18,2	moottoritieajo	Uusiutuva diesel	141-2096,2	2566,2- 38150,8

Kasvihuonekaasupäästöt matkustajaa kohden on laskettu sen mukaan, että Volvo B10B LE –kaupunkibussissa on puolen kuorman aikana 20 matkustajaa ja täyden

kuorman matkustajamäärä on 40. Kun bussissa on 20 matkustajaa, päästöt ovat matkustajaa kohden dieseliä (B0) käytettäessä 6,7 kg CO<sub>2</sub>ekv/100 km, biodieseliä käytettäessä 1–5 kg CO<sub>2</sub>ekv/ 100 km ja uusiutuvaa dieseliä käytettäessä 0,3–4,6 kg CO<sub>2</sub>ekv/ 100 km. Täyden matkustajamäärän aikana dieseliä käytettäessä päästöt ovat matkustajaa kohden 5,1 kg CO<sub>2</sub>ekv/ 100 km, biodieseliä käytettäessä 0,8–3,8 kg CO<sub>2</sub>ekv/ 100 km ja uusiutuvaa dieseliä käytettäessä 0,2–3,5 kg CO<sub>2</sub>ekv/ 100 km. Biodieselin tai uusiutuvan dieselin käyttö polttoaineena vähentäisi hiilidioksidiekvivalenttina ilmoitettuja päästöjä n. 1,3–2,0 kg CO<sub>2</sub>ekv/ 100 km.

Kabus TC-6Z3/7300-matkalinja-auton päästöt vähenisivät biodieseliä käytettäessä 14,3–47,5 kg CO<sub>2</sub>ekv/ 100 km maantieajossa. Uusiutuvaa dieseliä käytettäessä päästöt vähenisivät 17,2–53,6 kg CO<sub>2</sub>ekv/ 100 km maantieajossa B0-dieselin käyttöön verrattuna. Moottoritieajossa säästöt olisivat 13,9–46,4 kg CO<sub>2</sub>ekv/ 100 km, kun käytetään biodieseliä B0-dieselin sijaan. Uusiutuvan dieselin käytön tuottama säästö olisi 16,8–52,4 kg CO<sub>2</sub>ekv/ 100 km moottoritieajossa.

### 3.5 Linja-autojen ja henkilöautojen kasvihuonekaasupäästöjen vertailu

Satakunnan alueella oli vuonna 2019 liikennekäytössä 445 linja-autoa. Henkilöautoja oli vuonna 2019 liikennekäytössä Satakunnassa 124 258 kpl. (Tilastokeskus, 2021.)

Taulukossa 6 on laskettu yhteen 17 satakuntalaisen kunnan osalta henkilö- ja linja-autoliikenteen mitatut päästöt vuonna 2019. Kunnat ovat Eura, Eurajoki, Harjavalta, Honkajoki, Huittinen, Jämijärvi, Kankaanpää, Karvia, Kokemäki, Merikarvia, Nakkila, Pomarkku, Pori, Rauma, Siikainen, Säkyli ja Ulvila. Laskelmien lähteenä on käytetty VTT:n LIPASTO-laskentajärjestelmän LIISA-mallin tietoja “Kuntakohtaiset päästöt 2019” -taulukosta. Kuntakohtaiset päästöt ovat haettu vuodelta 2019, sillä vuonna 2020 maailmanlaajuinen koronaviruspandemia vaikutti liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen tasoon liikennemäärien vähennyttä.

Taulukko 6. Henkilö- ja linja-autoliikenteen mitatut kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2019 Satakunnan 17 kunnan alueilla (Lipasto, n.d.).

VTT, LIISA-laskenta-järjestelmä 2019		CH <sub>4</sub> (t)	N <sub>2</sub> O (t)	CO <sub>2</sub> (t)	CO <sub>2</sub> ekv (t)	Kulutus (t)	Energia (TJ)	Suorite (Mkm)
Satakunta yhteensä	Henkilö-autot	8,3	5,1	224861	226648	81663	3455	1637
Satakunta yhteensä	Linja-autot	0,1	0,2	19028	19228	6988	297	20

Henkilöautojen kokonaismetaanipäästöt olivat 83 kertaa suuremmat kuin linja-autoilla ja kokonaisdityppioksidipäästöt olivat 26 kertaa suuremmat kuin linja-autoilla. Hiilidioksidipäästöt ja hiilidioksidiekvivalentti yhteensä olivat kumpikin 12 kertaa suuremmat henkilöautoilla kuin linja-autoilla. Polttoaineen kulutus ja energiankäyttö olivat kumpikin 12 kertaa suuremmat henkilöautoilla kuin linja-autoilla. Suorite (miljoonaa kilometriä) oli henkilöautoilla 82 kertaa suurempi kuin linja-autoilla.

Auton omistamiselle vaihtoehtoisten liikkumismuotojen ja -palveluiden laskuri KULKURI on Suomen Ympäristökeskuksen (SYKE) laatima Excel-pohjainen laskuri. Laskuri on kehitetty CANEMURE LIFE IP –projektissa. Laskurin versio 1.1 on päivitetty 15.12.2020. Liitteessä 2 on esitetty KULKURI-laskurin etusivu, henkilöautoilun ja julkisen liikenteen päästölaskelmia hiilidioksidiekvivalenttina (kg CO<sub>2</sub>ekv).

KULKURI-laskurin mukaan kaukoliikenteen linja-auton päästöt matkustajaa kohden yhdellä 100 km matkalla ovat 5,02 kg CO<sub>2</sub>ekv ja paikallisbussin päästöt samanpituisella matkalla ovat 6,46 kg CO<sub>2</sub>ekv. Laskurin mukaan bensiinikäyttöisen henkilöauton päästöt yhdellä 100 km matkalla ovat 18 kg CO<sub>2</sub>ekv, dieselikäyttöisen henkilöauton päästöt ovat 21 kg CO<sub>2</sub>ekv ja sähkökäyttöisen henkilöauton päästöt ovat 5 kg CO<sub>2</sub>ekv samanpituisella matkalla. Päästökertoimien mukaan laskettuna päästöt koostuvat bensiini-, diesel- ja sähkökäyttöisten henkilöautojen osalta jaottelun kunkin käyttövoiman suoriin päästöihin ja polttoainetuotannon sekä auton tuotannon päästöihin. Laskelmassa bensiinin ja dieselin kulutusmäärät ovat 5,5 l/ 100 km. Lopputuloksina bensiinikäyttöisen henkilöauton päästöt ovat 18,3 kg CO<sub>2</sub>ekv/ 100 km, dieselikäyttöisen auton päästöt ovat 20,7 kg CO<sub>2</sub>ekv/ 100 km ja sähköauton päästöt ovat 7,2 kg CO<sub>2</sub>ekv/ 100 km. Näiden päästökertoimien perusteella tehty laskelma on esitetty liitteessä 3.

KULKURI-laskurin päästökertoimien lähde on Suomen ilmastopaneelin Autokalkulaattori-sovellus. (Suomen ympäristökeskus, 2022.)

KULKURI-laskurin mukaan bensiinikäyttöisen henkilöauton matkustajakohtaiset päästöt ovat 3,6-kertaisia verrattuna kaukoliikenteen linja-auton ja 2,8-kertaisia verrattuna paikallisbussin päästöihin. Dieselikäyttöisen henkilöauton päästöt yhtä matkustajaa kohden ovat 4,1-kertaisia verrattuna kaukoliikenteen linja-autoon ja 3,2-kertaisia verrattuna paikallisbussin päästöihin. Sähköauton päästöt ovat 1,4-kertaisia verrattuna kaukoliikenteen linja-auton ja 1,1-kertaisia verrattuna paikallisbussin päästöihin. Lähdearvoina vertailussa on käytetty liitteen 3 mukaisia päästölukuja.

Käytettäessä Autokalkulaattori- ja KULKURI –laskureita linja-autoliikenteen ja henkilöauton käytön vertailuun, ovat henkilöautoilun päästöt 2,2–4,9 kertaa suuremmat 100 henkilökilometriä kohden kuin linja-autolla matkustaminen riippuen henkilöauton käyttövoimasta lukuun ottamatta sähkö- ja kaasuauton käyttöä. Sähköauton käyttö aiheuttaa korkeintaan 1,4 kertaa enemmän päästöjä kuin kaukoliikenteen linja-autolla matkustaminen. Kun henkilöauto käyttää kaasua polttoaineena, ovat linja-autolla matkustamisen päästöt n. 50 % kaasuautolla matkustamisen päästöistä.

Lahden kaupungin www-sivuilla on esitelty henkilöliikenteen päästömäärät ja niiden laskentaperusteet. CitiCAP (Citizens' cap and trade co-created) on EU:n Urban Innovation Actions -rahoitusohjelman tuella v. 2018-2021 Lahdessa toteutettu hanke. CitiCAP-hankkeessa testattiin asukkaiden henkilökohtaista liikkumisen päästökauppaa, koottiin kaupungin ensimmäinen kestävä kaupunkiliikkumisen ohjelma ja luotiin tietoaalusta (CitiCAP –sovellus) liikennetiedolle sekä rakennettiin älykäs CitiCAP -pyörätie. (CitiCAP, n.d.)

CitiCAP-hankkeessa on kehitetty sovellus, jolla on määritetty liikkumisen päästökertoimet. Päästökertoimet ovat määritelty bussille, junalle ja henkilöautoille. Suorat päästöt fossiilisten polttoaineiden palamisesta bussilla matkustettaessa ovat 4,46 kg CO<sub>2</sub>ekv/ 100 henkilö-km. Keskimääräisellä henkilöautolla matkustettaessa päästöt ovat 12,8 kg CO<sub>2</sub>ekv/ 100 henkilö-km. Pienellä henkilöautolla ajettaessa päästöt ovat 10,6 kg CO<sub>2</sub>ekv/ 100 henkilö-km, ja suurella henkilöautolla päästöt ovat 13,4 kg

CO<sub>2</sub>ekv/ 100 henkilö-km. (Päästökertoimien määrittäminen CitiCAP-sovellukseen, n.d..)

Jos laskelmiin lisätään polttoaineiden ja energian valmistuksen sekä ajoneuvojen valmistuksen päästöt henkilökilometriä kohden, ovat luvut pienelle henkilöautolle 15,1 kg CO<sub>2</sub>ekv/ 100 henkilö-km, keskimääräiselle henkilöautolle 18,6 kg CO<sub>2</sub>ekv/ 100 henkilö-km ja suurelle henkilöautolle 20,2 kg CO<sub>2</sub>ekv/ 100 henkilö-km. Bussin päästöt ovat tuolloin yhteensä 6,32 kg CO<sub>2</sub>ekv/ 100 henkilö-km. (Päästökertoimien määrittäminen CitiCAP-sovellukseen, n.d..)

Lyttylän Liikenteen www-sivuilla on bussikalustoesittely, jossa on mm. 1–18 matkustajalle tarkoitettu minibussi (Lyttylän Liikenne, n.d.). Jos 10-18 henkilöä matkustaa minibussilla, voidaan tällä matkalla korvata 5-9 henkilöautoa. Henkilöautossa on tässä laskelmassa 2 matkustajaa. Ajoneuvodata.fi -sivustolla on tietoja mm. linja-autojen ajoneuvoluokasta, käyttövoimasta ja istumapaikkojen lukumäärästä. Kaukoliikenteen linja-autossa (tässä laskelmassa: Kabus TC-6Z3/730), jonka ajoneuvoluokka on M3, on 46 istumapaikkaa. Oletetaan, että linja-autossa on 30-40 matkustajaa. Tällöin 15–20 henkilöautolla suoritettavaa matkaa voidaan korvata kaukoliikenteen M3-luokan linja-autolla. (Ajoneuvodata.fi, 2021a.) Paikallisbussissa, jossa on 40 istumapaikkaa, voidaan korvata 20 henkilöautolla ajettavaa matkaa. Bussi olisi tällöin täysi. Laskelmassa on käytetty esimerkkinä Volvo B10B LE –kaupunkibussia, jonka ajoneuvoluokka on M3. Kaukoliikenteen linja-auton ja 40-paikkaisen kaupunkibussin käyttövoima on diesel, joten vertailuajoneuvona on dieselkäyttöinen henkilöauto. (Ajoneuvodata.fi, 2021b.) Suomen ympäristökeskuksen KULKURI-laskurin lähtötietojen perusteella kaukoliikenteen linja-auton käyttämisellä 100 km matkalla dieselkäyttöisen henkilöauton sijaan saavutetaan noin 4,2-kertaiset säästöt hiilidioksidiekvivalenttia ajatellen. Paikallisbussin käyttö henkilöauton sijaan vähentää noin 3,3-kertaisesti hiilidioksidiekvivalentilla mitattuja päästöjä. (Suomen ympäristökeskus, 2022.)

## 4 SATAKUNNAN ALUEEN JULKISEN LIIKENTEEN RAKENNE

### 4.1 Linja-autoliikenne

Tässä luvussa käsitellään Satakunnan suurimpien kaupunkien paikallisliikennettä ja maakunnan kaukoliikennettä. Pori, Rauma, Kankaanpää ja Ulvila ovat maakunnan suurimpia kaupunkeja.

Porin Linjat on paikallisliikennettä tarjoava yritys Porissa. Porin Linjojen www-sivut ja Kyyti likel –sovellus sisältävät Porin Linjojen bussien aikataulut. (Pori, n.d.) Muita Porin kaupungin järjestämän joukkoliikenteen bussiliikennöitsijöitä ovat Porin Linjuriauto ja Ruosniemen linja-auto/ Lyttylän Liikenne (Pori, 2021, s. 4). Lähtöliikenteen laiturit sijaitsevat Porissa Matkakeskuksessa, Kauppatorilla ja Tiedepuistossa (Pori, n.d.).

Koiviston Auto -konserniin kuuluva Satakunnan Liikenne vastaa Rauman paikallisliikenteestä. Savilan paikallisliikenneterminaalista paikallisliikenteen vuorot ulottuvat Raumalla useampaan kaupunginosaan. (Rauma, 2022.)

Ostoliikennesopimusvuorot ja Porin Linjuriauto järjestävät Ulvilan avoimen joukkoliikenteen. Friitalan ja Vanhakylän alueilla joukkoliikenne on järjestetty ostosopimuksella. Porin Linjuriauto vastaa Kaasmarkku – Friitala- ja Kullaa – Friitala -yhteyksistä. (Ulvila, n.d.) Kankaanpään kaupungin www-sivujen mukaan kaupungin alueella ei ole järjestetty varsinaista sisäistä joukkoliikennettä busseilla. Kankaanpäästä on järjestetty seutu- ja kaukoliikenteen linja-autoyhteyksiä Satakunnan alueelle ja muualle Suomeen. (Kankaanpää, n.d.) Kuntien ja kaupunkien välistä liikennöintiä Satakunnassa järjestävät mm. Satakunnan Liikenne (Onnibus Flex), Rautaveden Liikenne ja Aaro E. Mäkelä.

### 4.2 Raideliikenne

Valtion rataverkko Satakunnan alueella koostuu pääasiassa Porin, Kokemäen ja Rauman välisistä rautatieyhteyksistä. Lisäksi Kankaanpään Niinisaloon johtaa Parkanosta

tuleva rataosuus. Ratayhteydet Satakunnasta muualle Suomeen toimivat Tampereen kautta Väyläviraston laatiman Valtion rataverkko 1.1.2021 -kartan mukaan. (Väylävirasto, 2021.)

Väylävirasto on asiantuntijavirasto, joka vastaa valtion väyläverkosta keskittyen tie-, rata- ja meriliikenteen väyläverkon suunnitteluun, kehittämiseen ja kunnossapitoon sekä liikenteen ja maankäytön yhteensovittamiseen. Liikenteenohjaus ja talvimerenkulun järjestäminen kuuluvat myös Väyläviraston tehtäviin. (Väylävirasto, 2022.)

VR:n henkilöjunaliikenneyhteydet toimivat Satakunnassa välillä Pori – Tampere – rataosuudella. Pori, Harjavalta ja Kokemäki ovat asemat Satakunnan alueella. (VR, 2022.) Rataosuus on sähköistetty. Henkilöjunaliikennettä ei ole järjestetty Raumalta Tampereelle Kokemäen kautta (Rauma, 2021).

Taulukossa 7 on esitetty Suomen rautatieliikenteen päästöt vuonna 2019, sillä Satakunnan alueelta ei ole VTT:n LIPASTO-laskentajärjestelmässä erillistä tietoa. Taulukon tiedot sisältävät myös tavaraliikenteen päästöt. Vuoden 2020 päästömääriin ja energiankulutukseen oli vaikuttanut maailmanlaajuinen koronaviruspandemia, joten vuodelta 2019 saatu tieto vastaa paremmin todellista liikenteen tilaa.

Taulukko 7. Suomen dieselnäköisen rautatieliikenteen päästöt ja energiankäyttö vuonna 2019 (VTT, 2020).

Suomen dieselnäköisen rautatieliikenteen päästöt ja energiankäyttö vuonna 2019				
RAILI 2019 -laskentajärjestelmä				
Miljoonaa tonnia				PJ/ a
Metaani (CH <sub>4</sub> )	Dityppioksidi (N <sub>2</sub> O)	Hiilidioksidi (CO <sub>2</sub> )	Polttoaineen kulutus	Energiankäyttö
3,8	1,1	0,066	0,021	0,91

VR:n junista 95 % kulkee sähköllä, joka on vesivoimalla tuotettua. Junalla matkustaminen on hiilineutraalia, ja uusiutuvan sähkön tuottaminenkaan ei aiheuta hiilidioksidipäästöjä. Raideliikenne on näin ollen vähäpäästöisin liikennemuoto. VR:n www-sivuilla on CO<sub>2</sub> -päästölaskuri, jonka mukaan esimerkiksi Helsingin ja Tampereen välinen edestakainen junamatka säästää hiilidioksidipäästöissä henkilöauton käyttöön verrattuna 23,62 kg CO<sub>2</sub>ekv. (VR, 2022.)

Lahden kaupungin CitiCAP –sovelluksen päästökertoimien mukaan tehdyn laskelman tuloksena junalla matkustaminen aiheuttaa 0,56 kg CO<sub>2</sub>ekv/ 100 henkilö-km suuruiset päästöt. Päästöihin on laskettu mukaan suorat päästöt fossiilisten polttoaineiden palamisesta, polttoaineiden ja energian valmistuksesta sekä ajoneuvojen valmistuksesta henkilökilometriä kohden. (Lahti, n.d..)

Suomen rataverkosta on sähköistetty tähän mennessä hieman yli puolet. Dieselveureita tarvitaan edelleen. VR pyrkii sähköistämään rataosuuksia mahdollisimman paljon, mutta muutakin käyttövoimaa tarvitaan vielä. (Suomenmaa, 2022.)

### 4.3 Lentoliikenne

Finnairin www-sivuilla on lentomatkojen hiilijalanjälkilaskuri, jonka avulla voidaan laskea matkustajakohtaiset hiilidioksidipäästöt valitulla lentoreitillä. Laskurin mukaan Helsingin ja Porin välillä päästöt ovat 31,95 kg CO<sub>2</sub>ekv. Laskelmassa valittiin yksisuuntainen matka Helsingistä Poriin ja yksi matkustaja Economy-luokassa. (Finnair, n.d.b.) Saksalaisen Atmosfair-järjestön www-sivuilla olevan laskurin mukaan hiilidioksidipäästöt yksisuuntaisella matkalla Helsingistä Poriin ovat 32 kg CO<sub>2</sub>ekv yhtä matkustajaa kohti. Lentomatkan pituus on 261 km, ja polttoaineen kulutus on 13 litraa. (Atmosfair, n.d..) 100 km lentomatkan päästöt matkustajaa kohden ovat 12,3 kg CO<sub>2</sub>ekv.

Intermodaalisuus tarkoittaa usean eri matkustusmuodon saumatonta yhdistämistä, ja sillä voidaan vähentää matkustamisen tuottamia päästöjä. Lento- ja bussiyhtiöllä on olennainen rooli matkustamisen saumattomassa aikatauluttamisessa, minkä on tuettava sujuvaa vaihtomatkustamista. Helsinki-Vantaan lentokentän uudistuksen myötä eri liikennemuotojen yhdistämiselle tulee parempia mahdollisuuksia, sillä uusi juna-asema on uusien lähtö- ja tuloaulojen tuntumassa. Julkisen liikenteen hyödyntäminen sujuu näin ollen paremmin, ja matkustajat voivat vaikuttaa matkojensa päästöihin tehokkaammin. (Finnair, n.d.a.)



#### 4.4 Satamaa-hankkeen toteuttaman joukkoliikennekyselyn tulosten yhteenveto

Satakunnan ammattikorkeakoulun SataMaa-hankkeen vuonna 2021 toteuttama yksityisille henkilöille tarkoitettu kysely kartoitti Satakunnan joukkoliikenneyhteyksien nykytilaa ja haluttua tulevaisuutta vuoteen 2025 (Kysely yksityisille henkilöille Satakunnan joukkoliikenteen nykytilasta ja sen kehittämisestä vuoteen 2025, 2022). Kyselyn avulla on selvitetty esimerkiksi sitä, millaisia joukkoliikenneyhteyksien tulisi olla paremman elinvoiman kannalta Satakunnassa. Digitaalisen alustan tai sovelluksen käyttöönotto on yksi tavoitteista, ja sen avulla voitaisiin toteuttaa kaukoliikennepilotti automaattisesti asiakas- ja liikennöitsijänäkökohdat huomioiden. (Pori, 2021.) Joukkoliikenteen saavutettavuuden ja käytön lisääminen sekä Satakunnan saavutettavuuden, työssäkäynnin ja matkailun kehittäminen ovat pitkän aikavälin tavoitteita. Henkilöautoilun ja samalla päästöjen vähentäminen onnistuisi joukkoliikenteen käyttöä lisäämällä. Satakuntalaiset kunnat voivat hyödyntää kyselystä saatuja tuloksia omien henkilökuljetustensa kehittämisessä. Lisäksi kuntien yhteistyö ja yhteisen tahtotilan saavuttaminen on tärkeää. Kyselyyn vastanneilta ei kysytty suoria henkilötietoja tai työyhteisöä. (Kysely yksityisille henkilöille Satakunnan joukkoliikenteen nykytilasta ja sen kehittämisestä vuoteen 2025, 2022.)

Kyselyyn saatiin Satakunnan alueelta vastauksia 943 kpl ja muualta Suomesta 32 kpl. Eniten kyselyyn vastanneita Satakunnasta oli Raumalta, Porista, Kankaanpäästä, Säskylästä ja Harjavallasta. Muualta Suomesta eniten vastanneita oli Helsingistä, Turusta, Tampereelta ja Espoosta. Naiset 16–75 –vuotiaiden ikäryhmistä olivat aktiivisempia vastaajia miehiin verrattuna. Eniten vastauksia oli naisten ikäryhmästä 46–55 –vuotiaat. Miesten ikäryhmistä eniten vastauksia oli 36–45 –vuotiailta. Joukkoliikenteen lippujen hinnat eivät ole hyvät yhteensä 359 vastanneen mielestä. Lippujen hintoihin oli tyytyväisiä 580 vastannutta. Eniten lippujen hintoihin tyytymättömiä oli Satakunnassa Porissa, Raumalla, Kankaanpäässä, Huittisissa ja Harjavallassa. Lippujen hintoihin tyytyväisiä oli eniten Raumalla, Porissa, Säskylässä, Eurassa ja Kankaanpäässä. Kysymykseen “Ovatko joukkoliikenteen (bussi, juna, lentokone) reitit ja aikataulut hyvät?” vastanneita oli yhteensä 959, joista ei-vastauksen antoi 867 vastannutta ja kyllä-vastauksen antoi 92 vastannutta. Reitteihin ja aikatauluihin tyytymättömiä oli eniten Raumalla, Porissa, Kankaanpäässä, Säskylässä ja Harjavallassa. Reitteihin ja aikatauluihin tyytyväisiä oli eniten Porissa, Raumalla, Eurajoella, Kokemäellä ja Kankaanpäässä.

Oman auton käyttöön liittyviä vastauksia tuli yhteensä 988 kpl. Yhden auton talouksia on yhteensä 392 kpl. Eniten näitä talouksia on Raumalla, Porissa, Kankaanpäässä, Säkylässä ja Huittisissa. Enemmän kuin yhden auton talouksia on eniten Raumalla, Porissa, Eurajoella, Säkylässä ja Eurassa. (Ostamo, 2022.)

Henkilöjunaliikenteen avaaminen raidevälillä Rauma-Tampere, Satakunnan kaupunkien välisen joukkoliikenteen lisääminen ja matkaketjujen parantaminen (matkustaminen kohteissa Kankaanpää-Parkano, Pori-Harjavalta), on ehdotettu Satamaa-hankkeen joukkoliikennekyselyn tuloksissa. Lisäksi Pori-Helsinki –raideliikenteen kehittäminen, siten että Tampereella tapahtuva junanvaihto poistuisi, on satakuntalaisten toiveena. (Ostamo & Toivonen, 2022.)

## 5 MATKAKETJURATKAISUT JA KUTSULIIKENNE

Matkaketju on vähintään kahdella kulkuneuvolla tehty matka (Kansaneläkelaitos, 2022). Kestävät matkaketjut yhdistelevät useita eri kulkumuotoja. Esimerkiksi pyöräilyn, kävelyn ja joukkoliikenteen yhdistelyn helpottaminen ja sujuvoittaminen on tärkeää kestävän kehityksen kannalta. (Traficom, 2021.)

Kutsuliikenne on osa julkisten ja yksityisten palvelutoimittajien liikennepalvelutarjontaa. Kutsuliikenne on joustavampaa kuin perinteinen aikatauluun ja reittiin sidottu joukkoliikenne. Kutsuliikennepalvelu mukautuu erityisryhmien, pienten taajamien tai maaseutualueiden liikennepalveluiden tarjoamiseen. (Fintraffic, n.d..)

Matkahuolto tarjoaa joukkoliikenteeseen saumattomasti kytkeytyvän kutsuliikenteen ja matkaketjuratkaisut. Matkahuollon palvelualustan avulla saavutetaan kustannustehokas tapa parantaa julkisen liikenteen palvelutasoa erityisesti maaseutumaisilla alueilla. Palvelualustan avulla kunta voi tarjota avointa joukkoliikennettä ovelta ovelle. Automaattinen ajojärjestely, kuljetustilausten yhdistely, Android-laitteille asennettava kuljettajasovellus ja Reitit ja Liput -mobiilisovellus muodostavat sujuvan palvelupulun. Palvelualusta kytkee kunnan kutsuliikenteen myös joukkoliikenteen

matkaketjuihin myös yli kuntarajojen. Kutsuliikenne on kaikille asiakkaille avoin palvelu. (Matkahuolto, n.d.) Matkahuollon kutsuliikennealustan rakenne on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Kutsuliikennepalvelun rakenne (Matkahuolto, n.d.)

Suomessa on useilla paikkakunnilla järjestetty kutsuliikennepalveluja ja matkaketjukurkaisuja. Porvoon Kyläkyyti, Inkoon Inkyyti ja Joensuun Noutopoika ovat esimerkkejä eri puolilla Suomea järjestetyistä kutsuliikennepalveluista.

Porvoossa Kyläkyyti on haja-asutusalueita palveleva kutsubussi, jonka voi tilata osoitteesta toiseen osoitteeseen joko välittömään tarpeeseen tai enintään viisi päivää ennen matkan ajankohtaa. Samoille reiteille yhdistetään samaan suuntaan kulkevia matkustajia. Kyläkyyti-palvelulla on tauko koulujen kesäloma-aikoina ja arkipyhinä. Mahdolliset apuvälineet (pyörätuoli, rollaattori, lastenvaunut) on ilmoitettava matkaa tilattaessa, jolloin järjestelmä ottaa ne huomioon paikkojen varaamisessa ja matkojen aikataulutuksessa. Kyläkyyti-palveluntarjoaja on Porvoon kaupunki, ja Matkahuolto

toimittaa Porvoon kaupungille kutsuliikenteen tilaus- ja reititysjärjestelmän. (Porvoo, n.d.)

Sansia toteuttaa linja-auto- ja taksiliikenteen välimuotona toimivaa palveluliikennettä Kuopiossa, Leppävirralla, Siilinjärvellä, Varkaudessa ja Pieksämäellä. Tämä palveluliikenne PALI on kutsujoukkoliikennettä. PALI-autoissa korostuu esteettömyys, ja ajoneuvot ovat pieniä matalalattialinja-autoja. (Sansia, n.d.)

Lyttylän Liikenne toteuttaa Rauman kaupungin järjestämän palveluliikenteen. Liikenne on kutsuohjattua ja kaikille matkustajille avoin joukkoliikennepalvelu. (Rauma, 2021.)

Kutsukyytipalvelu Inkyyti otettiin Inkoossa käyttöön kesäkuun 2022 alussa, ja palvelu toimii vuoden 2022 loppuun saakka. Inkyyti-palvelussa kuljetetaan matkustaja toivotuna ajankohtana paikasta toiseen Inkoon keskustassa ja lähialueilla. Matkareitit muodostetaan samaan aikaan ja suuntaan matkustavien asiakkaiden tilausten perusteella. Kuljetuksen voi tilata mobiilisovelluksella tai soittamalla asiakaspalveluun. (Inkoo, 2022.)

Joensuun Noutopoika-kutsuliikennepalvelussa on otettu huomioon myös iäkkäiden ja toimintaesteisten henkilöiden esteettömyyden tarpeet. Palvelussa käytettävät linja-autot ovat pieniä matalalattiaisia linja-autoja. Joensuussa toimii myös asiointiliikenne. Palvelu toimii kutsutaksiperiaatteella, ja se täydentää joukkoliikennettä. (Joensuun seudun joukkoliikenne, n.d.)

## 6 HIILIDIOKSIDIEKVIVALENTTILASKELMIEN TULOKSET

Henkilöliikenteen päästöt on laskettu hiilidioksidiekvivalenttina. Satakunnan alueelta on tehty yhteenveto vuodelta 2019 henkilöautoilun ja linja-autoliikenteen suoritteesta ja kasvihuonekaasupäästöistä. Yhteenveto sisältää tiedot 17 satakuntalaisen paikkakunnan osalta. Hiilidioksidiekvivalenttina ilmoitetut päästöt ovat olleet vuonna

2019 henkilöautoilun osalta 12 kertaa suuremmat kuin linja-autoliikenteen päästöt. Suorite oli ajokilometreissä laskettuna henkilöautoilun osalta 82 kertaa suurempi kuin linja-autojen ajosuorite.

Kasvihuonekaasupäästöjen laskemisessa ajoneuvolajeittain on käytetty kolmea laskurisovellusta. Suomen ilmastopaneelin Autokalkulaattori-sovelluksen avulla voidaan laskea henkilöautoilun päästöt ajoneuvon käyttövoiman ja polttoaineiden kulutuksen mukaan. Suomen ympäristökeskuksen KULKURI-laskurilla voidaan määrittellä autolle vaihtoehtoisten matkustustapojen ympäristövaikutuksia. Lahdessa toteutettiin vuosina 2018–2021 EU:n Urban Innovation Actions –rahoitusohjelman avulla CitiCAP-hanke, jossa oli yhtenä tavoitteena kehittää CitiCAP-sovellus. Lahden kaupungin www-sivujen mukaan sovellus oli ladattavissa Google Playssa ja App Storessa (Lahti, 2021). Tässä opinnäytetyössä käytettiin CitiCAP:n laskelmien perusteena CitiCAP-sovelluksen päästökertoimia, joiden pohjalta saatiin tulokset matkustajakohtaisena hiilidioksidiekvivalenttina (kg CO<sub>2</sub>ekv/ 100 henkilö-km).

Henkilötieliikenteen kasvihuonekaasupäästöjen määrien yhteenvetona on saatu tuloksia, joiden mukaan henkilöautoilu aiheuttaa noin 1,8–3,3 –kertaisia päästöjä linja-autolla matkustamiseen verrattuna hiilidioksidiekvivalenttina ilmoitettuna. Henkilöautoilun päästöjä on tarkasteltu ajoneuvon käyttövoiman mukaan ryhmiteltyinä. Korkeaseosetanoli E85, sähkö, kaasu, uusiutuva diesel ja biodiesel (perinteinen FAME) ovat vähäpäästöisempiä käyttövoimia perinteisiin polttoaineisiin (diesel (B0), bensiini) verrattuina. Teknillisen korkeakoulun autotekniikan laboratoriossa tehtyjen linja-autojen energiankulutuksen mallinnusten (mittaus ja simulointiohjelmat) pohjalta on laskettu dieselkäyttöisten ajoneuvojen kasvihuonekaasupäästöjä (Kaijalainen & Mutanen, n.d., s. 22–23). Tuloksena on saatu tietoa, jonka mukaan biodieselin ja uusiutuvan dieselin käyttö linja-autojen polttoaineina vähentäisi päästöjä 1,3–2 kg CO<sub>2</sub>ekv 100 km matkalla.

Raideliikenne on selkeästi ympäristöystävällisin liikennemuoto. VR:n junaliikenteestä 95 % on sähkökäyttöistä. Dieselvetureita tarvitaan edelleen sähköistämättömillä rataosuuksilla. CitiCAP-sovelluksen mukaan junalla matkustamisen päästöt ovat 0,56 kg CO<sub>2</sub>ekv/ 100 henkilö-km. 100 km pituisen lentomatkan päästöt matkustajaa kohden ovat 12,3 kg CO<sub>2</sub>ekv.

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyössä käytetyn henkilöliikenteen kolmen eri päästölaskurin antamien arvojen välillä on hyvin pieniä keskinäisiä eroja hiilidioksidiekvivalentin laskennassa. B0-dieselin käyttö henkilöliikenteessä on vähiten ympäristöystävällistä, kun taas sähköistetty raideliikenne on selkeästi ympäristöystävällisin liikennemuoto. Sähkön ympäristöystävällisyys liikennemuotojen käyttövoimana riippuu sähköntuotannon päästöistä. VR:n raideliikenteen käyttövoimasta 95 % perustuu vesivoimalla tuotettuun sähkөөn, joten junamatkailu on lähes hiilineutraalia.

Matkaketjuratkaisut ja kutsuliikenteen järjestäminen lisäävät olennaisesti julkisen liikenteen käytön sujuvuutta. Matkahuollon kutsuliikennepalvelukonseptin avulla toteutetaan kutsuliikennepalveluiden automaattinen ajojärjestely ja kuljetustilausten yhdistely. Matkahuollon kutsuliikennepalvelu tarjoaa liikennöitsijälle Android-laitteille asennettavan kuljettajasovelluksen ja matkustajille Reitit ja Liput –mobiilisovelluksen.

## LÄHTEET

Ajoneuvodata.fi. (31.12.2021a). Kabus TC-6Z3/730. <https://ajoneuvodata.fi/58/auton-tiedot/672391.html>

Ajoneuvodata.fi. (31.12.2021b). Volvo B10B LE. <https://ajoneuvodata.fi/58/auton-tiedot/121383.html>

Autotuojat ja –teollisuus. (n.d.). Pakokaasupäästöjä koskevat normit EU:ssa. Haettu 1.8.2022 osoitteesta [https://www.autotuojat.fi/uutishuone/autoalan\\_termistoa/euro-paastoluokat](https://www.autotuojat.fi/uutishuone/autoalan_termistoa/euro-paastoluokat)

Atmosfair. (n.d.). Calculate Flight Emissions. Haettu 29.7.2022 osoitteesta <https://www.atmosfair.de/en/offset/flight/>

CitiCAP - Citizens' cap and trade co-created. Haettu 12.8.2022 osoitteesta <https://www.lahti.fi/tiedostot/citicap-hankkeen-loppuraportti/>

Euroopan parlamentti. (21.6.2022). Autojen hiilidioksidipäästöt: tietoa ja tilastoja. <https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/society/20190313STO31218/autojen-hiilidioksidipaastot-tietoa-ja-tilastoja>

Euroopan parlamentti. (25.6.2021). Mitä hiilineutraalius tarkoittaa ja miten se saavutetaan 2050 mennessä? <https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/society/20190926STO62270/mita-hiilineutraalius-tarkoittaa-ja-miten-se-saavutetaan-2050-mennessa>

Finnair. (n.d.a). Matkaketjuilla voidaan vähentää päästöjä ja luoda sujuvuutta. Haettu 29.7.2022 osoitteesta <https://www.finnair.com/fi-fi/bluewings/vastuullisuus/matkaketjuilla-voidaan-v%C3%A4hent%C3%A4%C3%A4p%C3%A4st%C3%A4st%C3%B6j%C3%A4-ja-luoda-sujuvuutta--2412430>

Finnair. (n.d.b). Määränpäänä hiilineutraalius. Haettu 29.7.2022 osoitteesta <https://finnair.choose.today/fi/>

Fintraffic. (n.d.). Kutsuliikenne (DRT). Haettu 8.8.2022 osoitteesta <https://www.fintraffic.fi/fi/kutsuliikenne-drt>

Heinonen, S. (1998). Kestävä kehitys, etätoiminnot ja liikenne. Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitra. <https://www.sitra.fi/app/uploads/2017/02/sitra169-2.pdf>

Ilmatieteen laitos. Kasvihuonekaasut. Haettu 7.8.2022 osoitteesta <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/kasvihuonekaasujen-tutkimus>

Inkoo. (9.6.2022). Inkoo on käynnistänyt kutsukyytikokeilun – Palkittu kutsukyyti-palvelu palvelee kuntalaisia 6.6.2022 alkaen aina vuoden 2022 loppuun saakka. <https://www.inkoo.fi/palvelut/liikenne/inkyyti>

Joensuun seudun joukkoliikenne. (n.d.). Noutopoika ja asiointiliikenne. Haettu 23.7.2022 osoitteesta <https://jojo.joensuu.fi/noutopoika-ja-asiointiliikenne>

Kaijalainen, O. & Mutanen, T. (n.d.). Raskaan kaluston energiankäytön tehostaminen. Osahanke 5: Linja-auton energiankulutuksen mallinnus. Haettu 21.7.2022 osoitteesta [https://www.motiva.fi/files/1043/HD-energia\\_Linja-auton\\_energiankulutuksen\\_mallinnus.pdf](https://www.motiva.fi/files/1043/HD-energia_Linja-auton_energiankulutuksen_mallinnus.pdf)

Kankaanpää. (n.d.). Liikenneyhteydet. Haettu 19.9.2022 osoitteesta <https://www.kankaanpaa.fi/kaupunki-ja-hallinto/kankaanpaa-info/liikenneyhteydet/>

Kansaneläkelaitos. (17.6.2022). Kulkuneuvo. <https://www.kela.fi/matkakorvaus-kulkuneuvo>

Lahti. (2021). CitiCAP-sovellus. <https://www.lahti.fi/asuminen-ja-ymparisto/liikenne-ja-kadut/citicap/citicap-sovellus/>

Lahti. (n.d.). Päästökertoimien määrittely CitiCAP-sovellukseen. Haettu 12.8.2022 osoitteesta <https://www.lahti.fi/tiedostot/paastokertoimien-maarittely/>

Liikennefakta. (24.8.2021). Linja-autojen päästöt ja kulutus. <https://www.liikennefakta.fi/fi/ymparisto/linja-autot/linja-autojen-paastot-ja-kulutus>

Lipasto. (n.d.). LIISA 2019 tieliikenne. Haettu 14.7.2022 osoitteesta <http://lipasto.vtt.fi/liisa/liisa2019.htm>

Lipasto. (n.d.). Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä. Haettu 22.7.2022 osoitteesta <http://lipasto.vtt.fi/>

Lyttylän Liikenne. (n.d.). Autot. Haettu 19.9.2022 osoitteesta <https://lyttylanliikenne.fi/autot/>

Matkahuolto. (n.d.). Kutsuliikenne osana joukkoliikennetarjontaa kunnissa. Haettu 6.8.2022 osoitteesta <https://www.matkahuolto.fi/foretagskunder/kutsuliikenne>

Motiva. (8.12.2020a). Energialähteet. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava\\_liikenne\\_ja\\_liikkuminen/valitse\\_auto\\_viisaasti/energialahteet](https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/valitse_auto_viisaasti/energialahteet)

Motiva. (11.4.2022a). Henkilöautojen päästömääräykset. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava\\_liikenne\\_ja\\_liikkuminen/valitse\\_auto\\_viisaasti/henkilöautojen\\_paastomaaraykset](https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/valitse_auto_viisaasti/henkilöautojen_paastomaaraykset)

Motiva. (4.8.2020b). Korkeaseosetanoli E85. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava\\_liikenne\\_ja\\_liikkuminen/valitse\\_auto\\_viisaasti/energialahteet/korkeaseosetanoli\\_e85](https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/valitse_auto_viisaasti/energialahteet/korkeaseosetanoli_e85)

Motiva. (11.1.2022b). Nestemäiset biopolttoaineet. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/bioenergia/nestemaiset\\_biopolttoaineet](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia/nestemaiset_biopolttoaineet)

Motiva. (3.6.2022c). Sähköautot. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava\\_liikenne\\_ja\\_liikkuminen/valitse\\_auto\\_viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/sahkoautot](https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/valitse_auto_viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/sahkoautot)

Motiva. (2.3.2022d). Uusiutuva diesel. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava\\_liikenne\\_ja\\_liikkuminen/valitse\\_auto\\_viisaasti/energialahteet/uusiutuva\\_diesel](https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/valitse_auto_viisaasti/energialahteet/uusiutuva_diesel)



Ostamo, I. (12.7.2022). Maailmalta Satakuntaan ja Satakunnasta maailmalle –hanke, projektipäällikkö Iira Ostamon sähköposti.

Ostamo, I. & Toivonen, K. (2022). Satakunnan saavutettavuus 2025: Maakunnan asukkaiden ja toimijoiden näkemyksiä joukkoliikenteen tulevaisuudesta. <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2022092660214>

Pori. (n.d.). Joukkoliikenne. <https://www.pori.fi/joukkoliikenne>

Pori. (23.8.2021). Porin seudun joukkoliikenteen vuosikertomus vuodelta 2020. [Pori raportti 201810 valkoinen kansi](#)

Pori. (2.11.2021). Vaikuta Satakunnan joukkoliikenteen kehittämiseen - Satamaa-hanke kerää palautetta ja kehitystoiveita. [https://www.pori.fi/uutinen/2021-11-02\\_vaikuta-satakunnan-joukkoliikenteen-kehittamiseen-satamaa-hanke-keraa-palautetta](https://www.pori.fi/uutinen/2021-11-02_vaikuta-satakunnan-joukkoliikenteen-kehittamiseen-satamaa-hanke-keraa-palautetta)

Porvoo. (n.d.). Kyläkytyi. Haettu 23.7.2022 osoitteesta <https://www.porvoo.fi/asuminen-ymparisto/kadut-ja-liikenne/kylakyyti/>

Päästökertoimien määrittäminen CitiCAP-sovellukseen. (n.d.). Haettu 14.8.2022 osoitteesta <https://www.lahti.fi/tiedostot/paastokertoimien-maarittely/>

Rauma. (10.2021). Henkilöliikenteen kehittäminen. <https://www.rauma.fi/kaupunki-ja-hallinto/talous-ja-strategiat/edunvalvonnan-karkihankkeet/henkiloliikenteen-kehittaminen/>

Rauma. (2022). Joukkoliikenne. <https://www.rauma.fi/asuminen-ja-ymparisto/kadut-ja-liikenne/liikenne/joukkoliikenne/>

Rauma. (30.9.2021). Rauman palveluliikenne. <https://www.rauma.fi/wp-content/uploads/2021/09/Rauman-palveluliikenne-2021-2022.pdf>

Sansia. (n.d.). Palveluliikenne PALI. Haettu 14.8.2022 osoitteesta <https://www.sansia.fi/liikenne/palveluliikenne.html>

Suomen Ilmastopaneeli. (n.d.). Autokalkulaattori. Haettu 26.7.2022 osoitteesta <https://www.ilmastopaneeli.fi/autokalkulaattori/>

Suomenmaa. (2.2.2022). VR Groupin ensimmäinen uusi dieselveturi saapui Suomeen – vetokyky tuplaantuu entisiin nähden. <https://www.suomenmaa.fi/uutiset/vr-groupin-ensimmainen-uusi-dieselveturi-saapui-suomeen-vetokyky-tuplaantuu-entisiin-nahden/>

Suomen ympäristökeskus. (20.1.2022). Laskureita ympäristövaikutusten arviointiin ja seurantaan. [https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus\\_kehittaminen/Kulutus\\_ja\\_tuotanto/Laskurit/Laskureita\\_ymparistovaikutusten\\_arvioint\(3890\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus_kehittaminen/Kulutus_ja_tuotanto/Laskurit/Laskureita_ymparistovaikutusten_arvioint(3890))

Tieteen kuvalehti. (17.1.2021a). Mikä on kasvihuoneilmiö? <https://tieku.fi/luonto/ilmastonmuutos/mika-on-kasvihuoneilmio-ja-miten-se-syntyy>

Tieteen kuvalehti. (2.3.2021b). Mitä metaani on? <https://tieku.fi/luonto/ilmastonmuutos/metaani-mita-metaani-on>

Tieto.Traficom. (9.12.2021). Liikenteen CO<sub>2</sub>-päästöt liikennemuodoittain sekä maakunnittain. <https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/liikenteen-co2-paastot-liikennemuodoittain-seka-maakunnittain>

Tilastokeskus. (2021). Ajoneuvokanta alueittain (ml. Ahvenanmaa), alue, ajoneuvo-luokka, liikennekäyttö, vuosi ja tiedot [tilasto]. StatFin. Haettu 12.4.2022 osoitteesta [https://pxweb2.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_mkan/stat-fin\\_mkan\\_pxt\\_11ic.px/table/tableViewLayout1/](https://pxweb2.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_mkan/stat-fin_mkan_pxt_11ic.px/table/tableViewLayout1/)

Tilastokeskus. (n.d.a.). Dityppioksidi (N<sub>2</sub>O). <https://www.stat.fi/meta/kas/dityppiok-sidi.html>

Tilastokeskus. (n.d.b.). Hiilidioksidiekvivalentti. Haettu 1.8.2022 osoitteesta <https://www.stat.fi/meta/kas/hiilidioksidiek.html>

Tilastokeskus. (17.1.2022). Kasvihuonekaasuinventaario. <https://tilastokeskus.fi/tup/khkinv/index.html>

Traficom. (16.9.2021). Matkaketjut kestäviksi ja liikenne turvallisemmaksi lapsille ja ikäihmisille - haettavana tukea kestävän liikkumisen ja liikenneturvallisuuden edistämiseen. <https://www.traficom.fi/fi/ajankohtaista/matkaketjut-kestaviksi-ja-liikenneturvallisemmaksi-lapsille-ja-ikaihmisille>

Traficom. (16.4.2019). WLTP-päästömittaus. <https://www.traficom.fi/fi/liikenne/tieliikenne/wltp-paastomittaus?toggle=P%C3%A4%C3%A4st%C3%B6mittausmenetelm%C3%A4t>

Ulkoministeriö. (n.d.). Agenda 2030 - kestävän kehityksen tavoitteet. Haettu 14.7.2022 osoitteesta <https://um.fi/agenda-2030-kestavan-kehityksen-tavoitteet>

Ulvila. (n.d.). Joukkoliikenne. Haettu 19.9.2022 osoitteesta <https://www.ulvila.fi/palvelut-ja-asuminen/tekniset-palvelut/kadut-ja-liikenne/joukkoliikenne/>

VR. (2022). Junalla matkustat vastuullisesti. <https://www.vr.fi/vinkkejaja-junamatkailuun/uusilla-raiteilla/ymparisto>

VTT. (10.2.2021). LIISA 2019 laskentajärjestelmä. [lipasto.vtt.fi/liisa/perustulos2019.htm](http://lipasto.vtt.fi/liisa/perustulos2019.htm)

VTT. (15.6.2020). RAILI 2019 laskentajärjestelmä. [lipasto.vtt.fi/raili/perus2019.htm](http://lipasto.vtt.fi/raili/perus2019.htm)

Väylävirasto. (1.1.2021). Valtion rataverkko 1.1.2021. [https://vayla.fi/documents/25230764/47264414/Rataverkko\\_01012021.pdf/2d56780c-9d86-8695-02b5-37031b9e69d8/Rataverkko\\_01012021.pdf?t=1608032206939](https://vayla.fi/documents/25230764/47264414/Rataverkko_01012021.pdf/2d56780c-9d86-8695-02b5-37031b9e69d8/Rataverkko_01012021.pdf?t=1608032206939)

Väylävirasto. (26.8.2022.) Väylävirasto vastaa valtion väyläverkosta. <https://vayla.fi/tietoa-meista/tapamme-toimia>

Ympäristöministeriö. (n.d.). Hallituksen ilmastopolitiikka: kohti hiilineutraalia Suomea 2035. Haettu 6.8.2022 osoitteesta <https://ym.fi/hiilineutraalisuomi2035>

Ympäristö NYT. (n.d.). Hiilineutraali Satakunta. Haettu 11.7.2022 osoitteesta <https://ymparistonyt.fi/teemat/hiilineutraalilounaissuomi/satakunnan-ilmastojaenergiastrategia-2030/hiilineutraali-satakunta/>

SUOMEN ILMASTOPANEELI, AUTOKALKULAATTORI-LASKURI



- [Avaa uuteen ikk](#)
- [Lisätietoa](#)
- [Asetukset](#)

**Ajokilometrejä vuodessa** 10000 km

**Ajoneuvo kohtaiset tiedot**

	Ajoneuvo 1	Ajoneuvo 2
Auton koko	Keskipikokoinen	Keskipikokoinen
Käyttövoima	Bensiini	Hybridi (benssiini)
Hankintahinta (€)	22790 €	33170 €
Kotilatauslaite (€)	0 €	0 €
Ajoneuvovero* (€/vuosi)	184.32 €	159.14 €

**Ajoneuvojen elinkaariset päästöt (kg CO<sub>2</sub>-ekv.)**

Käyttövuosi	Ajoneuvo 1 (Bensiini) [kg CO <sub>2</sub> -ekv.]	Ajoneuvo 2 (Hybridi (benssiini)) [kg CO <sub>2</sub> -ekv.]
1	1500	1000
2	3500	2000
3	5500	3000
4	7500	4000
5	9500	5000
6	11500	6000
7	13500	7000
8	15500	8000
9	17500	9000
10	19500	10000
11	21500	11000
12	23500	12000
13	25500	13000
14	27500	14000
15	29500	15000

## SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUS, KULKURI v1.1-LASKURI

## Kotisivu:

## Vaihtoehtoisten liikkumismuotojen laskuri KULKURI

Versio 1.1

Tervetuloa KULKURIin, vaihtoehtoisten liikkumismuotojen laskuriin. Laskuri on tarkoitettu auton omistamiselle vaihtoehtoisten liikkumistapojen ja -palveluiden vuotuisen kustannusten ja elinkaari päästöjen laskemiseen. Laskuri on kehitetty CANEMURE LIFE IP -projektissa.

Huom: Jos laskuri ei toimi suoraan latauksen jälkeen, siirrä tiedosto latauskansiolta muuhun kansioon.

Kehittäjä: Jáchym Judl [jachym.judl@syke.fi](mailto:jachym.judl@syke.fi)  
Viimeisin päivitys: 15.12.2020

Määritä liikkumistarpeesi välilehdissä "Auto", "Julkinen liikenne" ja "Aktiivinen liikenne". Napsauttamalla alla olevia hyperlinkkejä, sinut ohjataan sinne, missä tietoja tarvitaan.

Näin korostetut solut edellyttävät tiedon syöttöä. Täytä omat parametrit tai valitse vaihtoehto pudotusvalikosta.

Näin korostetut solut sisältävät oletusparametreja. Tarvittaessa käyttäjä voi muokata niitä.

Liikkumistapa	Vuotuiset kustannukset	Vuotuiset päästöt
<a href="#">Autonvuokraus</a>	- €	0 kg CO2e
<a href="#">Auton jakaminen</a>	- €	0 kg CO2e
<a href="#">Taksi</a>	- €	0 kg CO2e
<a href="#">Kaupunkiseudun julkinen liikenne</a>	- €	0 kg CO2e
<a href="#">Kaukoliikenne</a>	- €	0 kg CO2e
<a href="#">Polkupyörä</a>	- €	0 kg CO2e
<a href="#">Sähköpyörä</a>	- €	0 kg CO2e
<a href="#">(Sähkö) laattikoppyörä</a>	- €	0 kg CO2e
<a href="#">Kaupunkipyörät</a>	- €	0 kg CO2e

Kokonaisajo, auto: 0 km  
Kaupunkialueen julkisella liikenteellä kuljettu matka: 0 km  
Julkisella kaukoliikenteellä kuljettu matka: 0 km  
Pyörällä kuljettu matka: 0 km

Vuotuiset kustannukset 0 €

Auto: 0 km  
Kaukoliikenne: 0 km  
Kaupunkiseudun julkinen liikenne: 0 km  
Polkupyörä: 0 km

■ Autonvuokraus ■ Auton jakaminen ■ Taksi  
■ Kaupunkiseudun julkinen liikenne ■ Kaukoliikenne ■ Polkupyörä  
■ Sähköpyörä ■ (Sähkö) laattikoppyörä ■ Kaupunkipyörät

Vuotuiset päästöt 0 kg CO2e

Auto: 0 km  
Kaukoliikenne: 0 km  
Kaupunkiseudun julkinen liikenne: 0 km  
Polkupyörä: 0 km

■ Autonvuokraus ■ Auton jakaminen ■ Taksi  
■ Kaupunkiseudun julkinen liikenne ■ Kaukoliikenne ■ Polkupyörä  
■ Sähköpyörä ■ (Sähkö) laattikoppyörä ■ Kaupunkipyörät



## Henkilöautoilu:

## Autonvuokraus

Takaisin kotisivulle

Yhteenveto:	
Vuokra-autolla ajettu kokonaismatka vuodessa	300 km
Autonvuokrauksen kokonaiskustannukset vuodessa	165 €
Kokonaispäästöt vuodessa	45 kg CO2e

Oletusarvot

Vuokratulot	Päivävuokraus	50 €/vrk
Oletusarvot	Viikonloppuvuokraus	100 €/vkl
	Viikkovuokraus	350 €/vk

Vuokran pituus	Ajettu matka, per vuokra [km]	Vuokrahinta [€/vuokra]	Vastaavien matkojen määrä vuodessa	Käyttövoima	Lisäkuljettajien määrä	CDW	Muut extra maksut, per vuokra
Päivävuokraus	100	100	50	1 bensiini	0	0	
Päivävuokraus	100	100	50	1 diesel	0	0	
Päivävuokraus	100	100	50	1 sähkö	0	0	
valitse							

Kokonaiskustannukset [€]	Päästöt [kg CO2e]
58	18
57	21
50	6

## Julkinen liikenne:

# Julkinen liikenne

Takaisin kotisivulle

Yhteenveto (kaupunkiseudun julkinen liikenne):	
Kaupunkiseudun julkisessa liikenteessä matkustettu kok	200 km
Kokonaiskustannukset vuodessa, kaupunkiseudun julkin	6 €
Kokonaispäästöt vuodessa	7 kg CO2e

Yhteenveto (kaukoliikenne)	
Kaukoliikenteessä matkustettu kokonaismatka vuodessa	200 km
Kokonaiskustannukset vuodessa, kaukoliikenne	66 €
Kokonaispäästöt vuodessa	5 kg CO2e

Oletusarvot

Kuukaudet, joilla on voimassa oleva kaupungin julkisen liikenteen kausilippu kotitaloutta kohti vuodessa		
aikuiset	0	Oletusarvot
lapset	0	

Julkisen liikenteen lippujen hinta (kausilippu ja erilaiset kertaliput)

Lipputyypit		
Kausilippu (aikuinen)	€/kk	55
Kausilippu (lapsi)	€/kk	27,4
Kertalippu A	€/lippu	3
Kertalippu B	€/lippu	4
Kertalippu C	€/lippu	6

Vastaavien matkojen määrä vuodessa	Kuljetustapa	Matkan pituus [km]	Lipputyypit	Kaukoliikenteen lipun hinta	Kokonaiskustannukset		
					Matkan hinta (jos maksetaan matkaa kohti) [€]	(jos maksetaan matkaa kohti) [€]	Päästöt [kg CO2e]
1	bussi, kaukoliikenne	100		20	23	23	5,02
1	juna, kaukoliikenne	100		40	43	43	0,1
1	bussi, paikallinen	100	Kertalippu A		3	3	6,46
1	juna, paikallinen	100	Kertalippu A		3	3	0,1
	valitse						

### LIITE 3

## SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUKSEN KULKURI-LASKURIN PÄÄSTÖKERTOIMIEN AVULLA LASKETUT PÄÄSTÖMÄÄRÄT HENKILÖAUTOILLE

SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUKSEN KULKURI-LASKURIN PÄÄSTÖKERTOIMIEN AVULLA LASKETUT PÄÄSTÖMÄÄRÄT HENKILÖAUTOILLE:									
Päästökertoimien lähde: Suomen ilmastopaneelin Autokalkulaattori-sovellus									
Ajoneuvon käyttövoima									
Bensiini			Diesel			Sähkö			
	Suorat päästöt [kg CO <sub>2</sub> ekv/ l]	Polttoainetuotannon päästöt [kg CO <sub>2</sub> ekv/ l]	Auton tuotannon päästöt [kg CO <sub>2</sub> ekv/ km]	Suorat päästöt [kg CO <sub>2</sub> ekv/ l]	Polttoainetuotannon päästöt [kg CO <sub>2</sub> ekv/ l]	Auton tuotannon päästöt [kg CO <sub>2</sub> ekv/ km]	Suorat päästöt [kg CO <sub>2</sub> ekv/ kWh]	Polttoainetuotannon päästöt [kg CO <sub>2</sub> ekv/ kWh]	Auton tuotannon päästöt [kg CO <sub>2</sub> ekv/ km]
	2,348	0,655	0,018	2,689	0,75	0,018	0,096	0,016	0,053
Polttoaineen kulutus [l/ 100 km], matkan pituus [km]	5,5	5,5	100	5,5	5,5	100			
Sähköauton kulutus [kWh/ 100 km], matkan pituus [km]							17	17	100
Päästöt/ 100 km	12,914	3,6025	1,8	14,7895	4,125	1,8	1,632	0,272	5,3