



Elbilens miljöpåverkan

Alvar Lehtonen

Examensarbete
Distribuerade energisystem
2017

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Distribuerade energisystem
Identifikationsnummer:	6034
Författare:	Alvar Lehtonen
Arbetets namn:	Elbilens miljöpåverkan
Handledare (Arcada):	DI Kim Rancken
Experthandledare: FM Kim Skön	
Uppdragsgivare:	Arcada-Institutionen för Energi- och miljöteknik
<p>Sammandrag:</p> <p>Elbilen är framtidens fordon och blir populärare stund för stund. I detta arbete har elbilens miljöpåverkan betraktats ur ett globalt och ett finskt perspektiv. Målet var att ge en kort inblick i elbilshelheten med koncentration på miljöaspekter. I arbetet betraktas energianvändning, utsläpp, produktion samt framtidsvyer.</p> <p>Syftet med arbetet var att nå en opartisk helhet med pålitliga fakta och på så sätt bygga upp en text som beskriver elbilens miljöpåverkan. Centrala frågan genom hela arbetet var: hur miljövänlig är elbilen i verkligheten? Forskningen drevs av tanken att elbilen inte är den miljöhjälte som popkultur och medier målar upp. Oberoende av detta var arbetet ett sätt för skribenten att uttrycka sina tankar inom ämnet.</p> <p>Resultaten tyder gott för framtiden i länder där elproduktionen är fri från höga utsläpp, även om elproduktionen är endast en del av elbilens utsläppskällor. Det som ofta ignoreras i medier är råvarornas framställning och återvinning, som orsakar betydligt mera utsläpp än bränslebilens utsläpp.</p> <p>Arbetet är avgränsat till att närmast behandla miljöfrågor medan ekonomifrågor har tagits i beaktande, men inte besvarats.</p>	
Nyckelord:	Elbil, utsläpp, energi, elproduktion,
Sidantal:	41
Språk:	Svenska
Datum för godkännande:	2.5.2017

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme:	Distribuerade energisystem
Identification number:	6034
Author:	Alvar Lehtonen
Title:	
Supervisor (Arcada):	M. Sc. Kim Rancken
Expert supervisor: M. Ph. Kim Skön	
Commissioned by:	Arcada-Institutionen för Energi- och miljöteknik
Abstract:	
<p>The electric car is a vehicle of the future and it is becoming more and more popular. In this thesis work the electric car's environmental impact is considered from a Finnish and a global perspective. The goal was to provide a brief insight into the electric car as a whole, while the main focus has been on environmental aspects. This thesis contains answers regarding energy use, emissions, car production and the future of the electric car.</p> <p>The aim of the thesis was to achieve an overall look in to the electric car, with reliable facts describing its environmental impact. The central question throughout the thesis has been: how environmentally friendly is the electric car in reality? The research was driven by the idea that the electric car is not the environmental hero pop culture and media show it is.</p> <p>The results indicate a bright future for countries where electricity production has low emissions, although electricity is only a part of the electric cars emission footprint. The batteries raw materials life-cycle is often ignored, which cause significantly more emissions than raw materials used in vehicles powered by fossil fuels.</p> <p>This thesis consists mostly of environmental issues, while most economic aspects have been considered but left unanswered.</p>	
Keywords:	Electric car, emission, energy, electricity production
Number of pages:	41
Language:	Swedish
Date of acceptance:	2.5.2017

INNEHÅLL

Sammandrag

Abstract

Figurer

Tabeller

Termer och förkortningar

Förord

1	Inledning.....	8
1.1	Frågeställningar gällande elbilar	10
2	Elbilars energi- och miljöpåverkan.....	12
2.1	Energianvändning.....	12
2.1.1	<i>Beräkningar</i>	<i>14</i>
2.2	Elbilars utsläpp	16
2.2.1	<i>Finland.....</i>	<i>17</i>
2.2.2	<i>Det globala läget.....</i>	<i>18</i>
2.3	Elbilars miljöpåverkan	20
2.4	Livscykelanalys.....	23
2.5	Framtidsvyer.....	25
2.5.1	<i>Kontaktlös laddning</i>	<i>26</i>
2.5.2	<i>Laddning via mekanisk kontakt</i>	<i>27</i>
2.5.3	<i>Framtida batterityper</i>	<i>27</i>
3	Elproduktionens roll för elbilar	29
3.1.1	<i>Beräkningar av koldioxidutsläpp kontra elproduktion.....</i>	<i>30</i>
4	Sammandrag.....	34
	Källor	36

Figurer

Figur 1. Antalet elbilar i Finland.....	10
Figur 2. Finlands energiproduktion 2016.....	17
Figur 3. Försäljningen av elektriska bilar i Kina.....	19
Figur 4. Jämförelse av livscykelns utsläpp mellan bensinbilen och elbilen.....	24
Figur 5. Elbilarna kan i framtiden laddas medan de körs.....	26

Tabeller

Tabell 1. EROEI hos elproduktionsmetoder.....	16
Tabell 2. Jämförelse mellan olika batterityper som används i elbilar.....	23

Förkortningar och uttryck

BEV – Battery Electric Vehicle

CH₄ - Metan

CHP – Combined Heat and Power

CO - Kolmonoxid

CO₂ – Koldioxid

DOD – Depth of Discharge

Endotermisk reaktion – En reaktion som kräver energi

EROEI – Energy Returned on Energy Invested

FCEV – Fuel Cell Electric Vehicle

H₂ - Vätgas

NiMH – Nickel-metall hybrid

NO_x – Diverse kväveoxider, beroende på hur många syreatomer molekylen har.

Oil Peak – Oljeproduktionens topp, tidpunkten då oljan används som mest.

PEM - Proton Exchange Membrane

PHEV - Plug in Hybrid Electric Vehicle

Well to Wheel – Syftar till utsläppen under ett ämnes livscykel

FÖRORD

Jag har valt detta arbete eftersom jag tyckt om bilar så länge jag kan minnas och eftersom elbilar är en betydande del av hela trafikens framtid. I detta arbete har jag i ett brett spektrum fått använda de kunskaper jag inhämtat på Arcada. Med arbetet vill jag visa hur breda våra studier är och hur mycket man kan ha nytta av denna utbildning.

Ämnet jag har skrivit om är mycket intressant och jag kommer att följa med utvecklingen noggrant även efter detta arbete.

Jag vill tacka Kim Rancken för goda idéer samt för handledning i slutarbetet.

Helsingfors, 3.5.2017



Alvar Lehtonen

1 INLEDNING

Elbilar är framtidens fordon, men lika som de flesta nya produkter har de sina problem. Syftet är att undersöka elbilens miljöpåverkan och energianvändning så brett som möjligt.

Världen är under konstant förändring, men de kommande årtionden kommer kanske att vara de allra viktigaste för vår planets framtid. Den globala energikonsumtionen kommer att stiga och människans innovationsförmåga kommer att sättas på prov för att hitta nya lösningar. Detta examensarbete kommer det att koncentrera på hur man med hjälp av fordon kunde spara energi, mer exakt ska det forskas i elbilars miljöpåverkan och hur dessa kunde minska den totala energiförbrukningen.

Bakgrunden till detta ligger i användningen av fossila bränslen. Oljeprodukter är överlägsna som fordonsbränslen, ca 95% använder någon slags oljeprodukt för att röra på sig. Trafik är inte den enskilt största koldioxid-boven i världen, men står ändå för 20% av de globala CO₂ -utsläppen. I världen konsumeras 58% av all olja i trafiken, medan andelen i Finland är 49% [1]. Oljan håller inte på att ta slut, men oljans produktionstopp (Oil peak) börjar närma sig, vilket betyder att oljepriserna kommer att stiga inom de kommande åren. Mer om detta senare.

Av alla alternativ av ersättningar för fossilbränslefordon är elbilar för tillfället det med högsta chanserna att nå framgång. Bilmärken som Tesla har redan byggt fungerande elbilar och de större bilmärkena har också börjat satsa mer på framtidens teknik. Bilar med andra alternativa energiformer har också gjort entré, bilar med vätgas, naturgas och biogas finns redan, men de har sina egna utmaningar. Vätgas vore bäst eftersom det enda som kommer ut ur avgasröret är vatten. Vätgasbilar eller bränslecellselbilar som den också kallas är en elbil där vätgasen genom en kemisk reaktion bildar elektricitet som i sin tur driver bilen framåt, skillnaden till en batteridrivna elbil är att vätgasbilen tankas med vätgas i stället för el direkt från elnätet. Problemet är att vätgas är relativt svårt att producera och energimängden är liten jämfört med t.ex. bensin. Andra problem, som gäller även för gas-produkterna är infrastrukturen, den finns inte och eftersom energiinnehållet

inte är så högt betyder det att transportererna, som görs av bränsle drivna långtradare är ineffektiv. Infrastrukturen för el finns redan i form av ett utspritt stamnät som i Finland och Europa är relativt effektivt (3–4% förluster i Finland).

Elbilens historia sträcker sig tillbaka till 1800-talets sista årtionden då de första eldrivna fordonen uppstod, men de förlorade snabbt sin popularitet efter att bränsle drivna bilar tog över. De första elbilarna hade delvis samma problem som dagens elfordon, d.v.s. kort räckvidd, tunga ackumulatörer och få laddningsstationer, vilket ledde till att utvecklingen blev i fötterna på den effektiva och pålitliga bensinbilen. Elbilarna har under det senaste årtiondet fått en ny uppgång efter att utsläppskrav introducerats och en stor del av länderna har bundit sig till att minska CO₂-utsläppen i framtiden.

Som sagt uppstår 20% av världens CO₂-utsläpp i trafiken och eftersom oljan är energikällan till 95% är oljeanvändningen ett stort problem. Oljan, som i stort sätt driver hela jorden kommer att ta slut förr eller senare och därför måste också ”Oil peak” tas i beaktande. I fall oljan skulle ta slut, eller mitt i allt skulle vara så dyr att man inte hade råd med den, skulle världen oundvikligen vara i kaos. Idén om att oljeproduktionen har nått sin topp då konsumtionen i stora delar av världen ännu håller på att öka låter skrämmande, t.ex. i Indien och Kina där antalet bilar kommer att öka ännu i flera år. Även om ”Oil peak” inte är ett direkt energiproblem kan man säga att det är ett transportenergi problem. [1]

Minskning av oljeanvändningen i fordonstrafiken har en chans att i teorin minska de globala koldioxidutsläppen med upp till 20%. Sedan uppstår förstas frågan hur mycket de nya, ”grönare” alternativen egentligen minskar utsläppen.

Elbilen är än så länge ovanlig i Finland, den 31.12.2016 hade bara 844 personbilar registrerats (figur 1). Elbilen har sina egna utmaningar i ett land som Finland, kölden gör att räckvidden under vintern blir betydligt sämre än under varmare årstider, likaså finns det ännu för få laddningsstationer. Köld är ändå en ganska dålig bortförklaring om man tänker på Norge, som också har kalla förhållanden men där det redan finns över 100 000 elbilar. Norge har lyckats i den snabba förändringen, främst tack vare betydande skattelättnader, fria vägtullar och gratis parkering för elbilar. Norge är dock ett specialfall, för landet är

inte så beroende av bilskatter som t.ex. Finland och elproduktionen domineras av billig vattenkraft. [2]

MERKKI	LKM
TESLA MOTORS	388
NISSAN	298
VOLKSWAGEN	32
MERCEDES-BENZ	23
BMW	22
CITROEN	19
THINK	18
PEUGEOT	13
MITSUBISHI	10
TOYOTA	5
RENAULT	5
FORD	4
FIAT	3
MICRO-VETT	2
OMAVALMISTE	1
SAAB	1
YHTEENSÄ	844

Figur 1. Antalet elbilar i Finland 31.12.2016.

1.1 Frågeställningar gällande elbilar

I detta stycke presenteras de frågor som man vill besvara i detta arbete.

- Elbilars energianvändning – Elbilar använder elenergi som lagras i ackumulatörer, men hur mycket energi behövs för att ladda upp bilen? Vad är elräkningen?
- Elbilars utsläpp – Inga utsläpp uppstår i laddningen eller under användningen, men hur stora är primärenergins utsläpp?
- Elbilars miljöpåverkan och livscykelanalys – Hur mycket energi används och hur stora utsläpp uppstår det vid framställningen av råvaror i jämförelse med bensindrivna fordon?
- Framtidsutsikter – Hur ser elbilarnas framtid ut och hur kommer de att inverka på utsläppen?

- Energiproduktionens framtid med tanke på elbilars laddningstidpunkt – Hur den förnybara energin klarar av elbilars laddningstopp t.ex. nattetid?

Temat som behandlas i detta examensarbete tar endast ställning till elbilens eller dess uppladdnings direkta följder och problem. Detta är bara en delösning på hur man borde gå till väga för att rädda planeten, arbetet tar inte ställning till det verkliga problemet som är jordens populationsökning.

Man har utgått från ett neutralt forskningsperspektiv där man försöker hitta ett svar så nära sanningen som möjligt.

Som material har använts internetsidor och -artiklar samt böcker. Bakgrundsfakta till själva problemet erhöles från boken ”Suomi öljyn jälkeen” (Finland efter oljan). För dattainsamlingen har skolans Libguides-portal, Google samt diverse tidskrifter använts.

2 ELBILARS ENERGI- OCH MILJÖPÅVERKAN

Elbilen betraktas i många medier som en avgörande faktor i att stoppa klimatförändringen, vilket kan anses som vilseledande. Elbilar är inte nödvändigtvis de rena miljöhjältarna man tror. Den moderna elbilen har först börjat utvecklas och även om den verkar miljövänligare än fossildrivna bilar är det ännu svårt att se hur den kommer att påverka framtiden.

2.1 Energianvändning

Batteridrivna elbilar är relativt energieffektiva jämfört med bränsledrivna bilar, då bensinbilar lyckas förvandla ca 20% av det totala energiinnehållet i bränslet till rörelseenergi lyckas elbilen i motsvarande bedrift med en verkningsgrad på över 60%. Bränsledrivna bilar har alltså en betydligt sämre förmåga att förvandla energi till rörelse än eldrivna bilar. Elbilar behöver inte lika mycket primärenergi som bränsledrivna bilar, så då man talar om kWh behöver elbilen endast en bråkdel av den energi bränslebilar använder för att köra samma sträcka. Enkelt förklarat betyder det att all den energi som bränslebilar förbrukar behöver inte brännas i kraftverk för att skapa el åt elbilen.

Bränslecellselbilarna (FCEV – Fuel Cell Electric Vehicle) är en annan typ av elbilar som med hjälp av komprimerad vätgas laddar batteriet, som i sin tur driver en elmotor. Dessa bilar omvandlar vätgasen med bränsleceller till el. Bränslecellen består av tre delar: en elektrolyt, en anod och en katod. I bränslecellen sker alltså en kemisk reaktion som sedan resulterar i elenergi. Det som anses vara ett stort problem med FCEV är ineffektiviteten, processen att först ändra vätgas till elektricitet och vidare till rörelseenergi genom elmotorn använder i sig en stor del av den ursprungliga energin. Själva komprimerandet av vätgasen så att den ryms i tanken använder ca 5 % av den ursprungliga energin medan bränslecellens verkningsgrad är mellan 0,4 och 0,6, vilket betyder ytterligare förluster. Efter att elmotorns och utväxlingens förluster tagits i beaktande resulterar det i en slutlig verkningsgrad på ca 30 %. [3] En stor del av energiförlusterna uppstår också redan under vätgasens produktionsprocess, vätgas produceras vanligtvis genom ångreformering eller

genom elektrolys. Med ångreforming framställs vätgas ur kolvätebaserade bränslen såsom bio- och naturgas, denna process är ändå energikrävande eftersom vätgasen måste skiljas från andra ämnen. Vätgas producerat med ångreforming kunde i så fall nästan klassas som ett fossilt bränsle. Elektrolysen kräver i sin tur elenergi för att spjälka vatten för att producera vätgasen, vilket givetvis betyder förluster redan innan vätgasen har nått bilen, verkningsgraden för PEM-systemen (Proton Exchange Membrane) är i bästa fall ca 70%. PEM-systemen är lämpligast i bilapplikationer eftersom deras operationstemperatur är jämförelsevis låg (80°C). [4] Elektrolys står endast för 5% av den totala vätgasproduktionen. Detta sätt kan vara 100% utsläppsfritt om elektriciteten för elektrolysen produceras med förnybar energi, men processen för att nå det kräver ändå mer energi än att ladda en elbil direkt med el. Fördelarna med bränslecellerna är att räckvidden är aningen längre jämfört med den batteridrivna elbilen och att fylla på med vätgas är betydligt snabbare än en snabbladdning för elbilen. [5]

Då man talar om primärenergi är den batteridrivna elbilen bättre än både bränslecellselbilen och bilen som drivs med fossila bränslen. Den batteridrivna elbilen har beräknats använda hälften av den primärenergi en bränslecellselbil använder i dagligt bruk då man räknar med energin använd för att producera vätgas och vidare förvandla den till elektricitet. [6]

Elbilar laddas oftast direkt från elnätet med samma växelström som finns i vanliga vägguttag. I normala fall lönar det sig att ladda elbilen på natten eftersom laddningen med vanliga uttag tar flera timmar. Förutom dessa finns det trefas snabbladdningsstationer där batterierna kan laddas till 90% på 30 min. Snabbladdningsstationerna tar i Finland ofta ett minutpris, men en engångsladdning kostar ändå högst 5€. [7]

Elbilarnas batterikapacitet ligger mellan 10 och 100 kWh, och verkställande direktören för Tesla Motors, Elon Musk har nämnt att Tesla inte kommer att bygga större än 100 kWh ackumulatorer inom en nära framtid, eftersom teknologin inte är lönsam ännu. Förbrukningen för en elbil är 15 – 25 kWh/100 km vilket ger en typisk elbil en räckvidd på ca 400 km med full laddning. [8]

2.1.1 Beräkningar

Som exempel används Tesla Model S P85D, som enligt fabriken ger en räckvidd på 480 km. Siffran i modellbeteckningen står för batterikapaciteten, alltså 85 kWh. [9]

Teoretisk snittförbrukning:

- $85 \text{ kWh} / 480 \text{ km} = 0,177 \text{ kWh} / \text{km}$
- $0,177 \text{ kWh} * 100 \text{ km} = 17,7 \text{ kWh} / 100 \text{ km}$

Teoretiska energiförbrukningen är 17,7 kWh/ 100 km medan den verkliga snittförbrukningen är 23 kWh/100 km som beror av att testerna är gjorda i riktiga förhållanden. [9] Den verkliga energiförbrukningen har använts i beräkningarna.

Elpriset: Finlands medelvärde, 14,54c/kWh [10]

- $0,1454 \text{ €/kWh} * 85 \text{ kWh} = 12,36 \text{ €}$ för att ladda ackumulatorerna från tomt till fullt.
- $23 \text{ kWh} * 0,1454 \text{ €/kWh} = 3,34 \text{ €}$ för 100 km körande.

Elpriset innehåller inte anslutningsavgifter eller i detta fall den månatliga grundavgiften, däremot innehåller priset både energiöverföringspriset och skatt. Priset är räknat med en räknare som jämför elpriser i olika delar av Finland, som exempel har använts en årlig förbrukning på 5000 kWh som motsvarar ca 22 000 km i körsträcka samt medelpriset i landet. Beaktar man elbilens inneutrymmenas värmebehov vintertid sänker det räckvidden upp till 20%.

I jämförelse innehåller bensen en energimängd på 9,5 kWh per liter. [1] En 80 l tank innehåller alltså:

- $80 \text{ l} * 9,5 \text{ kWh} = 760 \text{ kWh}$ energi i en 80 l bensintank.
- $80 \text{ l} * 1,5 \text{ €/l} = 120 \text{ €}$

Om man räknar med en snittförbrukning på 7 l/ 100 km betyder det:

- $7 \text{ l} * 1,5 \text{ €} = 10,5 \text{ €}/100 \text{ km}$

Då man tar i beaktande endast körandets energiförbrukning är elbilar alltså betydligt effektivare, detta gäller dock bara energieffektiviteten och är en liten del av hela elbilskonceptet. Dessa beräkningar innehåller inte förbrukningen av bilens uppvärmning, som under kalla förhållanden kan använda upp till 20% av batterikapaciteten. Detta är endast jämförelsen mellan elbilens och bränslebilens körenergiförbrukning samt en kostnadsjämförelse i vardagligt bruk.

Inom de kommande åren kommer bränsle drivna bilars snittförbrukning att sjunka och energieffektiviteten att öka, men det tar tid för den globala bil stammen att förnyas. Bränsle drivna bilar blir bättre, men eftersom det ändå sker en förbränning i motorn kommer det alltid resultera i en hel del värme som går i stort sett till spillo, förutom i de kallare regionerna.

Energien använd i byggandet av elbilen är i övrigt lika med vanliga bränslebilar, förutom drivlinan. Bränslebilar har långa traditioner i framställning av motorer och växellådor, därmed är råvarorna och produktionsmetoderna bekanta sedan länge. Elbilars batterier däremot kräver relativt nya metoder och råvarubehandlingen i de mängder som de kommer utsättas för inom de kommande åren är aningen oroväckande. Grundämnesutvinningen för batterierna använder mera energi än den energi som driver bränslebilar, d.v.s. olja.

Elbilen har färre mekaniska komponenter i drivlinan eftersom energin från batterierna är enklare att leda till elmotorn i motsats till bränsle bilen, där det krävs flera mekaniska mellandelar som upptar både utrymme och ökar bilens vikt. Dessutom slits inte delarna i elbilens batterier och elmotorer i den takt att de kräver omfattande service under deras livstid. Eftersom elbilens uppbyggnad är mekaniskt enklare betyder det alltså att den kräver mindre service under dess livstid vilket sparar i både energianvändning och utsläpp.

Olja har i dagens läge ett EROEI-förhållande (*Energy Returned On Energy Invested*) på ca 15:1, alltså det krävs en enhet energi in för att få ut 15 enheter energi. Olika EROEI-värden presenteras i Tabell 1. Däremot är det svårt att veta vad EROEI-talet är för elbilarnas batterier, eftersom de består av så många olika grundämnen och komponenter. I början av 1900-talet var oljans EROEI-förhållande 100:1, eftersom fynden med lättaste tillgången användes först. Medelvärde för oljans EROEI-förhållande sjunker hela tiden p.g.a. att oljan måste pumpas upp på allt svårare ställen: havsbottnar, arktiska områden och djupt nere i jordskorpan för att nämna några. Lika är det också med batteriernas grundämnen, de lättaste tillgångarna används först. EROEI är dock ett lite missvisande jämförelsesätt i detta fallet eftersom batterierna kan laddas på nytt, oljan däremot ”laddas” i bränslebilar genom att fylla tanken. I stället borde man koncentrera sig på elförbrukningens EROEI och detta beror givetvis på hur elen produceras. [1]

Tabell 1. EROEI (Energy Returned On Energy Invested) för olika elproduktionsmetoder.

	EROEI
Vattenkraft	20-40:1
Vindkraft	18:1
Solkraft	15:1
Kolkraft	8:1
Kärnkraft	7-50:1

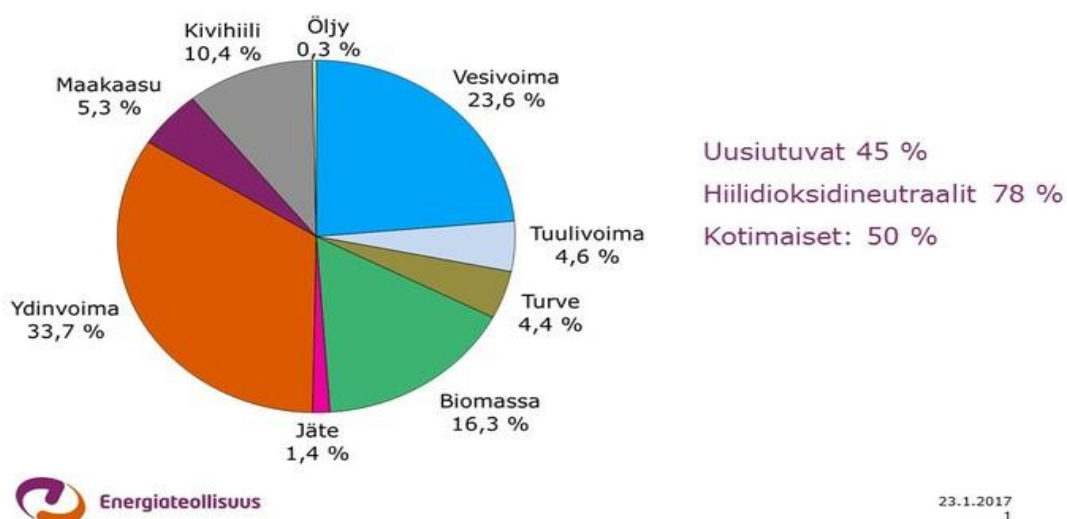
2.2 Elbilars utsläpp

Elbilar har inga direkta utsläpp i användningsskedet, i sin tur uppstår utsläppen i samband med elproduktionen. Det sägs att elbilar har ett så kallat ”långt avgasrör”. Utsläppen bestäms långt beroende på vad för sätt elkraftverken använder för att producera elen. Detta är ett av de mest omtalade samtalsämnen i elbilsdiskussionen, alltså med vilka tillgångar elen produceras.

2.2.1 Finland

I Finland är läget bra eftersom vi använder mycket förnybar och koldioxidfri energi. Den största enskilda elproduktionsformen är kärnkraft, vilket har 0 g koldioxidutsläpp, bortsett från utvinningen och transporten av kärnbränslet och kärnavfallet. Vatten- och vindkraft är likaså relativt koldioxidneutrala. Den finska elproduktionen är till 78% koldioxidneutral. Olja används för elproduktion endast under vintern vid extrema tillfällen. Finlands energikällor presenteras i figur 2. Av dessa kan som utsläppsfria eller förnybara räknas: vatten- och vindkraft, kärnkraft och biomassa. Torv är inte direkt en förnybar energikälla eftersom det förnyas så långsamt.

Sähköntuotanto energialähteittäin 2016 (66,1 TWh)



Figur 1. Finlands energiproduktion 2016. Kärnkraft 33,7%, Vattenkraft 23,6%, Biomassa 16,3%, Stenkol 10,4%, Naturgas 5,3%, Vindkraft 4,6%, Torv 4,4%, Avfall 1,4% och Olja 0,3%.

Elproduktionen kommer att öka ifall elbilarna blir populära, men den ökar inte märkbart. Om elbilstammen ökar till 6 miljoner år 2020 och man räknar med att en bil kör i medeltal 15 000 km i året skulle det motsvara en elproduktion på 9 TWh, vilket utgör 0,08% av den globala elproduktionen. Om elbilarna 2040 står för ¼ av världens bilar skulle de stå för 11% av elkonsumention. [11]

Elbilens produktionsutsläpp kan inte påverkas direkt i Finland om inte själva bilarna byggs här. Det spekuleras om att Tesla skulle bygga en "Gigafactory" i Vasa, en jättelik fabrik som skulle producera batterier till deras elbilar. Förutsättningarna finns eftersom det finns gott om industri i området som kan utnyttjas i batteriproduktionen. Litium- och nickelgruvor finns i trakten, likaså en av världens ledande koboltförädlingsfabriker.

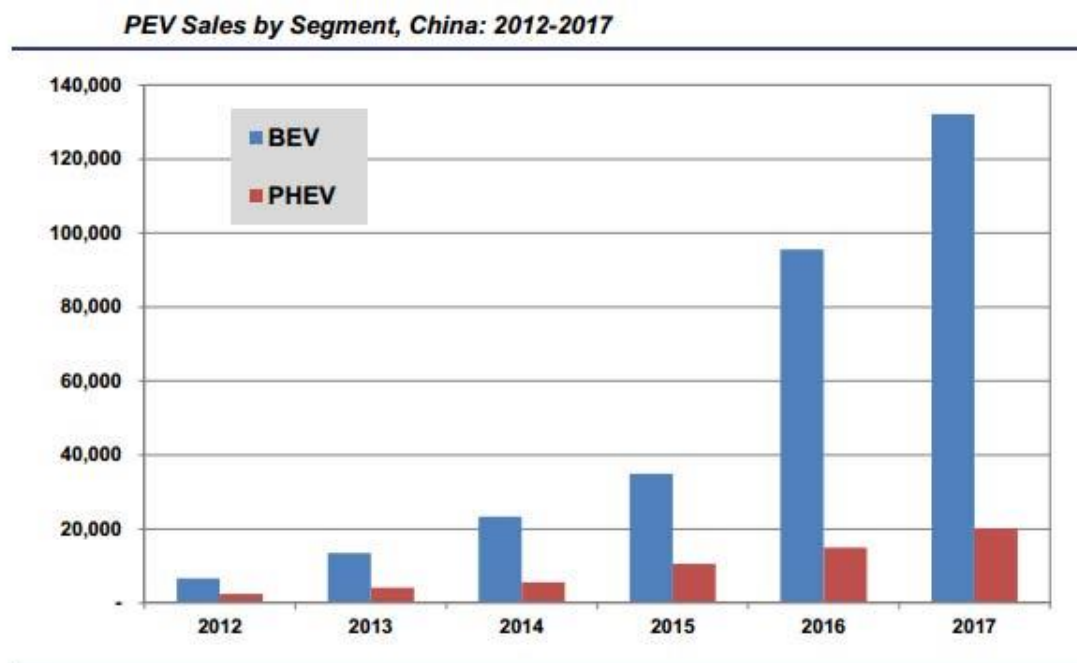
2.2.2 Det globala läget

I Finland är inte elproduktionens utsläpp ett så stort problem, men på en global nivå måste dessa tas i beaktande, särskilt samhällen som först håller på att uppnå den västerländska välfärdssituationen där det snabbt kommer att finnas tillgång till elbilar, men där energiproduktionen ännu är jämförelsevis förorenade. I Kina satsas det stort på förnybar energi, men dess andel av den jättelika populationens energibehov är än så länge marginell och samtidigt som det byggs kraftverk med låga utsläpp byggs kraftverk som drivs med kol. I land som Kina och Indien, som står för över 1/3 av världens befolkning, höjs levnadsstandarden tack vare den ekonomiska uppgången i landen. Då befolkningens levnadsstandard ökar, ökar också energibehovet. [12]

Då utvecklingsländer i dagens läge börjar bli industrialiserade samhällen, betyder det att de har snabbare chanser att utvecklas än traditionella industriländer som Finland. Den nya teknologin kan implementeras snabbare där eftersom mellanstadier som vi redan passerat kan hoppas över helt och hållet. Investeringarna blir ändå omöjligt stora om man vill välja att satsa på en helt grön framtid.

Rena elbilars (BEV, *Battery Electric Vehicle*) försäljning i Kina har ökat starkt de senaste åren, delvis p.g.a. skattelättnader, men den inhemska elbilsindustrin har också börjat pro-

ducera effektivare elbilar som kan tävla mot de stora traditionella bilföretagen. Försäljningen av elbilar är ändå låg jämförd med bränsle drivna bilar. I Kina såldes 2016 24 380 000 bilar varav under 100 000 var elbilar (figur 3). [13]



Figur 3. Försäljningen av elektriska bilar i Kina (BEV=Battery Electric Vehicle, PHEV=Plug-in Hybrid Electric Vehicle).

I vissa delar av världen har bränslecellselbilen också tagit över små delar av marknaden, i Kalifornien, Japan och i ett fåtal europeiska länder finns det vätgasdrivna bränslecellselbilar. Det som gör att vätgasbilen kan bli i skuggan av elbilen är infrastrukturens skillnader. Elnätverket är utspritt och lätt att bygga ut ifall det behövs, medan vätgasens infrastruktur är svår att bygga ut och kräver stora satsningar p.g.a. vätgasens farliga egenskaper då den reagerar med syre. Transportfordonens tankar måste vara av ett annat slag än motsvarande fordonens för bensintransport, och betyder ännu mer utsläpp då transporten görs med förorenande långtradare istället för ett elnätverk med låga förluster. I Kalifornien, som är i spetsen för att bygga ut vätgasstationer i samband med vanliga servicestationer är målet att nå över 100 stationer innan år 2025. I Japan, där de flesta bränslecellselbilstillverkare håller hus, finns redan över 100 vätgasstationer och målet är att nå 160 st före 2020. [14]

2.3 Elbilars miljöpåverkan

Elbilars utsläpp börjar redan då råvarorna till bilarna tas till vara, den största enskilda miljöpåverkande råvaran är den som används för att tillverka batterierna. Batterierna är litium-jon-ackumulatörer i de flesta elbilar. Litium-jon batterier används för de har en hög energidensitet, ett bra energi-till-vikt förhållande och är ekonomiskt lönsam. Utvinningen av litium görs i gruvor och miljörisker är ett betydande problem i gruvdriften. Litiumbehovet fördubblades mellan åren 2003 och 2007 medan produktionen inom de kommande åren förväntas tiofaldigas, då kommer också riskerna att öka då det inte längre görs under lika kontrollerade förhållanden. Hälften av världens litium ligger under en uttorkad sjö i Bolivia och tros bli motsvarigheten till Saudi-Arabiens olja, där västvärlden kan utnyttja det fattiga folket och ta tillvara de dyrbara resurserna. Gruvdriften kräver stora mängder vatten och i en uttorkad sjö finns det ont om det, dessutom förstörs landskapet medan största delen av grovjobbet görs av stora maskiner som drivs med fossila bränslen. Eftersom de bolivianska fyndigheterna ligger i en öken kommer också arbetsförhållandena att vara ytterst svåra. Litium finns det ändå gott om och den förväntas räcka decenniet ut och naturligtvis används de "lätta" fynden först. Detta kan dock leda till ett likadant problem i framtiden som med oljan att vi når en "lithium peak" och råvarans pris ökar. Prisökningen kan sedan leda till att batteripriserna ökar, därmed ökar också bilpriserna och det i sin tur till färre sålda elbilar. I batterierna behövs också andra råvaror än litium, även om det är den huvudsakliga råvaran, det behövs nickel, kobolt och mangan vilka också skall utvinnas. Dessa finns det heller inte i obegränsade mängder och samma råvaror används också inom elektronikindustrin. Ackumulatörer behövs fortsättningsvis också i smarttelefoner, bärbara datorer handverktyg, kroppvårdsapparater m.m.

Kobolt som behövs för batteriernas katoder finns endast på få ställen i världen och ett liknande problem som kan ske i Bolivia finns redan i Kongo där 60% av världens kobolt-tillgångar anses finnas. [15] En stor del av kobolten som kommer från Kongo utvinns för hand eftersom det är billigare än att driva en industriell gruva. Även om den alternativa metoden för industriell utvinning är liten med tanke på råvarumassorna, utsätter den ändå miljontals människor för nöd eftersom kobolten ofta rengörs i vattendrag vilket leder till

miljö- och hälsoproblem för lokalbefolkningen som använder detta vatten. Stora internationella elektronik- och bilföretag försöker undvika bilden om att de använder miljöförstörande produktionsmetoder och använder därför flera mellanhänder för att gömma spåren varifrån råvarorna egentligen kommer.

Ett citat ur pressen nyligen:

” Lithium-ion batteries were supposed to be different from the dirty, toxic technologies of the past. Lighter and packing more energy than conventional lead-acid batteries, these cobalt-rich batteries are seen as ‘green.’ They are essential to plans for one day moving beyond smog-belching gasoline engines. Already these batteries have defined the world’s tech devices.” – Washington Post 3.3.2017 [15]

Detta är taget ur Washington Posts reportage om koboltutvinningen i Kongo och tankesättet bakom de ekologiska elbilarnas batterier. Hela näringskedjan tar skada då vattendrag och åkermarker förstörs av tungmetaller som hamnar i naturen som resultat av gruvutvinningen. Mänskliga rättigheter ignoreras totalt och internationella företag använder råvaran så länge de inte själv är i direkt kontakt med gruvorna.

Batterierna i en typisk elbil är omringade av ett skal i aluminium, vilket används som skydd mot orenligheter och väder. Aluminium används ofta i biltillverkningen som material för bilens kaross och är ett vanligt byggnadsmaterial inom hela bilindustrin. Aluminiumproduktionen har höga utsläpp eftersom processen för att få ren aluminium kräver mycket energi, ett ton ren aluminium producerar över 1,5 ton CO₂-ekv. [16] Batteripaketet kräver givetvis tiotals meter anslutningssladdar eftersom batteriet är uppbyggt av hundratals celler som är serie- och parallellkopplade för att uppnå rätt spänning och ström. Dessa anslutningssladdar är oftast någon slags metallegeringar och eftersom det finns betydligt mera anslutningar i en elbil än i en bränslebil betyder det att miljöpåverkan är högre.

Som sagt är det elbilarnas unika komponenter som orsakar de flesta miljöriskerna i byggnadsskedet och under utvinningen. Elbilars batterier skiljer från vanliga bilars startackumulatörer eftersom de behöver helt andra egenskaper. Utan att desto mera gå in på detaljer friger startbatteriet i vanliga bränslebilars mycket ström för att få igång förbränningsmotorerna medan elbilarna kräver en jämnare och längre urladdning för att kunna nå längre sträckor. Även om den överlägset vanligaste batteritypen för elbilar är litium-jon batterier finns det också andra konkurrerande batterityper. För att kunna uppnå de egenskaper som krävs måste batteriet snabbt och pålitligt laddas upp, det får inte tappa för mycket av sin kapacitet med tiden, det måste vara energitätt och lätt samt vara ekonomiskt lönsamt att producera.

Blyackumulatörer kan förutom för att starta en bil användas som batterier i elbilar, då krävs ett batteri med egenskaper för långsam urladdning. Blyackumulatören är dock inte det bästa alternativet för den får aldrig urladdas helt och hållet, eftersom dess kapacitet minskar och den tål inte upprepade urladdningar. Likaså minskar kapaciteten under extrema temperaturer och livslängden är endast ca 3 år, betydligt kortare än elbilens. [17] Då det kommer till batteriets miljöpåverkande egenskaper är bly en av de giftigaste metallerna i jordskorpan och dess utvinning medför alltid miljörisker.

Nickel-metall hybrider (NiHM) är ett alternativ för elbilar och har använts i flera sammanhang, bl.a. i Toyota Prius-hybridbilen. Denna batterityp har en längre livstid jämfört med blyackumulatören och tål snabba laddningar och urladdningar. Problemet jämfört med litium-jon batterierna är att batteriet kan överhettas och är dyrare att tillverka. Dessutom är laddningsegenskaperna sämre och livslängden kortare än litium-jon batteriernas. Egenskaperna för alternativen presenteras i tabell 2. [18]

Tabell 2. Jämförelse mellan olika batterityper som används i elbilar

	Energi per vikt Wh/kg	Energidensitet Wh/l	Laddningscyklar 80% DOD
Li-jon	100-250	250-360	>1000
NiHM	30-80	140-300	500-1000
Blyackumulator	30-40	60-75	500-800

Fördelen med elbilar är att det inte uppstår någon slags lokala utsläpp och därför passar de väl in i stadsmiljö där luftkvalitén lätt blir dålig p.g.a. partiklar som vanliga bränslebilar släpper ut. I stora städer betyder det att luften blir renare och så kallad ”smog”, alltså synliga föroreningar, minskar i samband med att antalet elbilar ökar. Det innebär att utsläppen blir större vid elkraftverken, men gör det enklare att minska föroreningarna eftersom de uppstår endast på ett fåtal ställen. Bullerutsläppen minskar också eftersom elmotorn är nästan ljudlös.

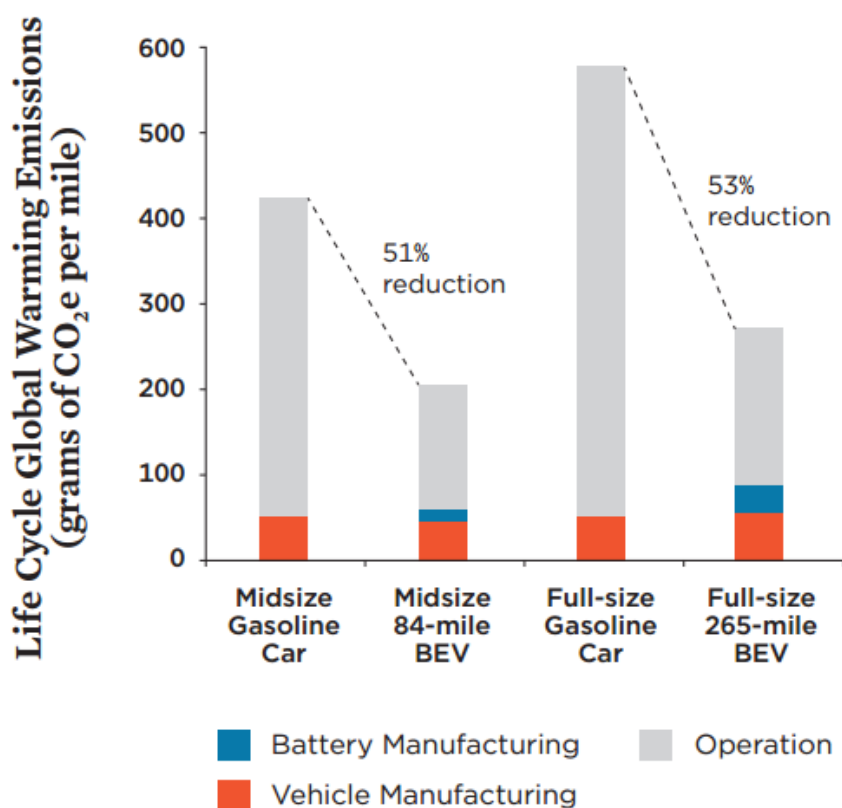
Vätgasen som behövs för att driva bränslecellselbilar bildar stora utsläpp i samband med tillverkningen eftersom största delen av vätgasen produceras i samband med natur- och biogastillverkning. Vätgas får man som en produkt från naturgas då man under en hög temperatur, ca 800 °C, och med en katalysator gör att vattenånga reagerar med naturgasens metan, vilket resulterar i koldioxid och vätgas. Det är ett industriellt sätt att producera vätgas, men eftersom reaktionen är endotermisk betyder det att den behöver utomstående energi.

2.4 Livscykelanalys

I dagens läge känner man till hur elbilen byggs och vad den har för inverkan på miljön före användningsskedet. Detta vet man endast i en relativt liten skala, det återstår att se hur massproduktionen påverkar vår omgivning. Den stora skillnaden i livscykelutsläppen mellan elbilar och bränslebilar är faktumet att bränslebilar utsläpp uppstår till 90 % av användning, medan elbilarnas livscykelutsläpp har en större andel inom produktionen.

Elbilars produktionsutsläpp är högre p.g.a. de högteknologiska batterierna, produktionen för en elbil motsvarar de utsläpp som uppstår i en bränslebils användning under 6 till 16 månader. [19] Livstidsutsläppen i snitt är 70g CO₂-ekv/km. [20]

I figur 4 ser man hur en stor elbil minskar livstidsutsläppen med 53 % jämfört med en lika stor bensinbil, detta beräknat utgående från på amerikansk el. Det man inte ser i figuren är hur batteriernas avfallsåtervinning påverkar, batterierna innehåller värdefulla delar även efter att bilen nått slutet av sin livscykel. Återvinningen har ännu inte kommit igång eftersom hela elbilskonceptet är så nytt, men det medför i varje fall utsläpp som måste tas i beaktande. Följande idéer för återvinningen har nämnts: återanvändning som batterier i samband med hushåll för att lagra sol- och vindkraft, demontera batterierna och använda de nyttiga delarna i nya batterier, samt det värsta alternativet: som landfyllnads-material (osannolikt p.g.a. giftiga metaller). Hur som helst är elbilens livstidsutsläpp lägre än bränslebils utsläpp. [20]



Figur 4. Jämförelse av livscykelns utsläpp mellan bensinbilen och elbilen.

2.5 Framtidsvyer

För att elbilen skall bli en konkurrenskraftig motsvarighet till bränslebilen krävs att den kan tävla ekonomiskt mot den traditionella bilen. Det räcker inte endast med att tala om ekologisk nytta för att i slutändan gäller ofta ändå det fasta priset på fordonet. Därför måste elbilarna bli billigare för att allvarligt kunna tävla på dagens marknad och utvecklas utan att få statligt stöd. Elbilen blir billigare då batterierna blir billigare. Batteripriset anges i USD/kWh, alltså hur många amerikanska dollar det kostar att producera en kWh batterikapacitet. Batteripriserna har sjunkit snabbt, 2008 låg priset vid \$1000/kWh och 2015 var priset redan nere vid \$268/kWh. Enligt USA:s energidepartement skall medelpriset sjunka till \$125/kWh för att kunna konkurrera med bränslebilar, det förväntas nå 2022. Tesla som med bygget av ”Gigafactory” siktar på att vara föregångare vill nå den magiska gränsen på \$100/kWh redan 2020. [21]

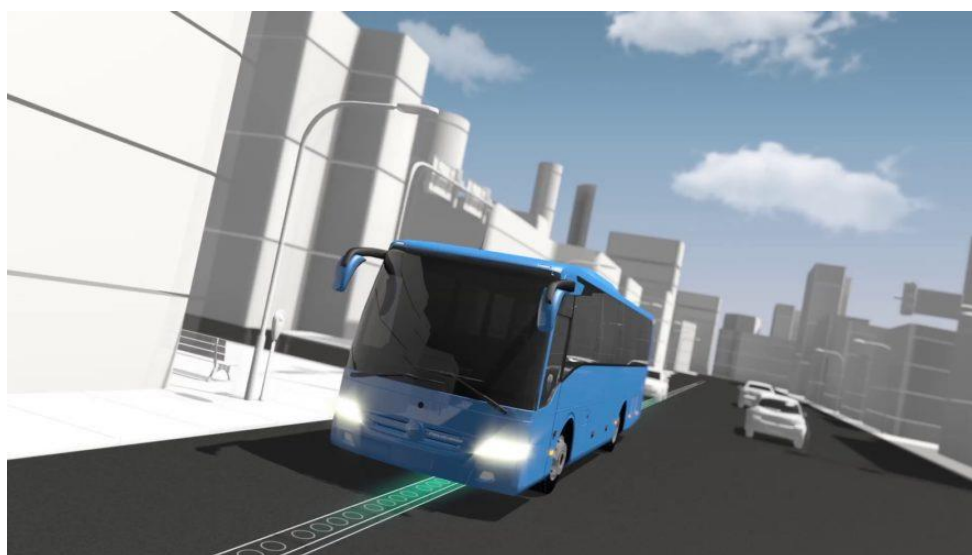
En annan viktig utvecklingspunkt för elbilen är dess förmåga att skapa effektivare batterier som kan förlänga bilarnas räckvidd. Elbilen fungerar bra i urbana områden, men då man måste köra längre sträckor tvingas man ladda bilen emellanåt. Även om laddningen på en laddningsstation tar endast en halv timme kan det leda till problem. I kalla länder där räckvidden ytterligare förkortas väljer nog konsumenten ofta en bränsle driven bil. Kylan försämrar batteriernas laddning märkbart och försämrar räckvidden i vissa fall upp till 30%. Batterivärmare används i kalla förhållanden, men ironiskt nog drivs de ofta av bensin. Det kan vara problematiskt i länder som Finland där det är kallt en stor del av året, även om största delen av vardagliga körsträckor ändå kunde uppnås med den försämrade kapaciteten. Räckvidden blir längre i samma takt som företagen lyckas göra ekonomiskt lönsamma batterier där lika mycket energi kan laddas i en kompaktare volym och därmed öka batteripaketets kapacitet. Wattimmar per liter (Wh/l) är det man syftar till då det talas om energidensitet i batterier. Energidensiteten för batterierna var endast 60 Wh/l 2008, medan den 2015 redan stigit med nästan 400% till 295 Wh/l. USA:s energidepartements mål för 2022 är en energidensitet på 400 Wh/l.

Enligt Paris klimatkonferens 2015 är målet för elektriska passagerarfordon 2050 900 miljoner bilar, totalt 40% av världens passagerarfordon. Det är resultatet av långsiktigt tänkande och otaliga forskningsresultat där man vill kartlägga växthusgasers följder, främst

CO₂. Målet för 2030 är däremot 100 miljoner bilar, ett mål som känns möjligt att nå. 2015 byggdes 68,5 miljoner bilar i världen, av dessa var 550 000 elbilar, vilket betyder att på 15 år borde elbilsförsäljningen öka i medeltal med över 25% per år för att nå 100 miljoner 2030. [21] [22] Det är lätt att endast stirra på siffror om totala mängden elbilar i framtiden, frågan är på vilken bekostnad man kan åstadkomma dessa resultat samt hur hållbar utvecklingen kommer att vara.

2.5.1 Kontaktlös laddning

Inom elbilars laddningsteknologi sker hela tiden nya framgångar, ett alternativ i framtiden kan vara vägunderlag som laddar bilen medan man kör på den (figur 5). Laddande vägar är redan i utveckling och har testats i England, Sydkorea och Israel. De första testerna gjordes för busstrafik och vidareutvecklas för att kunna appliceras till personbilsbruk. Enligt det israeliska företaget Electroad ska man under en dag kunna förvandla 1 km asfaltväg till ett laddande vägunderlag. Laddningsslingor installeras under asfalten varefter en komponent installeras under fordonen för att kunna utnyttja den elektromagnetiska energin från vägen. En inverter installeras vid sidan om vägen för att styra slingornas verksamhet. Människor utsätts inte för strålning eller någon annan fara i eller utanför fordonet. [23]



Figur 5. Elbilarna kan i framtiden laddas medan de körs.

I Norden och andra länder med snö under vintertid är dock tekniken med laddningsslingor i vägen tämligen orealistisk. Användningen av dubbdäck sliter ner vägunderlaget till den grad att laddningsslingor inte kan läggas nära vägunderlaget utan att man med korta mellanrum måste asfaltera om. Sedan ifall man skulle välja att bygga ut tjockare och hållbarare vägunderlag leder det till att slingornas effektivitet minskar. Kontaktlös laddning kunde fungera om bilen är stillastående, d.v.s. om elbilen kunde parkeras i en parkeringsruta och börja ladda batteriet direkt.

2.5.2 Laddning via mekanisk kontakt

Förutom slingor i vägen finns det också andra idéer på hur man kunde ladda elbilens batterier medan man kör. För att göra laddningen så effektiv som möjligt krävs en fysisk kontakt mellan bilen och laddningssystemet, i elbilens fall betyder det antingen kontakt ovanom eller under bilen. En kontakt under bilen kan genast förbises eftersom spänning i en öppen skena av något slag medför säkerhetsrisker och innehåller dessutom samma problematik som laddningsslingorna under asfalten. Då återstår alltså en fysisk laddningskontakt ovanför bilen, liknande tågtrafikens eltillförselssystem. För eldrivna bussar har det redan byggts liknande system som används i storstäder runtom i världen, bl.a. i Stockholm. Ett system kunde byggas ut längs med landsvägarna och därmed kunna öka elbilars räckvidd utanför urbana områden. Även om det är svårt att se personbilar med långa antenner köra omkring på landsvägar, möjligtvis skulle en fil för endast elbilar kunna fungera, men det innebär ännu större infrastruktursatsningar.

2.5.3 Framtida batterityper

Litium-jon batterierna är för tillfället batterierna som ser ut att bli standard i elbilar, men forskning pågår konstant för att hitta en ännu bättre lösning. Ett alternativ för framtidens batterier är en batterityp vars elektrolyt är fasta glaselektrolyter, till skillnad från litium-jon batteriets elektrolyt som är vätskebaserad. Det innebär mindre säkerhetsrisker eftersom vätskebaserade elektrolyter kan under snabba laddningar leda till bränder eller explosioner i batteriet, liknande som skedde i vissa Samsung-apparaters batterier när de laddades. Förutom säkerhetsriskerna är denna nya batterityp också effektivare och mer ekologisk än litium-jon batteriet. I batteriet utvecklat av University of Texas, USA har

man lyckats utveckla ett koncept som visat sig klara av flera laddningscyklar och klara av att laddas snabbare än litium-jon batteriet, dessutom har man bytt ut litiumet mot sodium. Sodium kan man framställa direkt från havsvatten, vilket skulle minska på miljöriskerna som gäller massproduktionen av de nuvarande litium-jon batterierna. Den nya tekniken är också kompaktare och tillverkningsprocessen är betydligt enklare än den för litium-jon batterierna. Den ska också tåla kyla upp till -60°C och inte vara så beroende om omgivningens temperaturer, d.v.s. att batteritypen skulle trivas i kalla förhållanden och därmed skulle den passa bra in i Finland. Det återstår att se hur denna batterityp kan utnyttjas i större skala, men den har utvecklats med tanke på elbilar och kunde vara något som kunde minska elbilens miljöpåverkan ytterligare. [24]

I bilaga 2 ser man hur utvecklingen kan se ut för trafikens energikällor. Man ser hur energin som krävs för att driva elbilarna samt hur bränslecellselbilarnas vätgas förväntas användas inom de kommande åren. Vätgasbilar är inte ännu aktuella i Finland även om det redan har byggts ett fåtal stationer med vätgastillgång.

3 ELPRODUKTIONENS ROLL FÖR ELBILAR

Elbilarnas användningsutsläpp bestäms främst av hur elen produceras i de lokala kraftverken. Det betyder att elproducenterna är de som i första hand bestämmer hur miljövänlig energi elbilarna använder. I dagens läge finns redan finska elbolag som erbjuder 100% förnybar energi i elproduktionen vilket i teorin betyder att alla har möjligheten att påverka och byta till dessa aningen dyrare elbolag och därmed tvinga bolagen att bygga miljövänligare produktion. Detta leder förstås till nästa problem: de miljövänliga produktionsmetodernas ineffektivitet.

För att kunna möta t.ex. Finlands energibehov med endast förnybar energi skulle man vara tvungen att fylla ut åkrar med vindturbiner, bygga små lokala solkraftverk på byggnaders tak samt bygga vattenkraft på de få ställen som det ännu inte gjorts. Under långa tider på vintern är sedan solpanelerna så gott som improduktiva, turbinerna kan vara ineffektiva p.g.a. kyla samt många mindre vattenkraftverk är frusna just då energibehovet är som störst. Dessutom är sol- och vindkraften effektiv endast på dagen även om det behövs el också efter att dessa tillgångar slutar producera el, vilket betyder att energin borde lagras någonstans tills den behövs. Det som kan underlätta situationen är ackumulatorer och olika buffrar som lagrar energin ända tills den behövs. Lagrandet innebär förluster, men om elen i första hand produceras lokalt motsvarar det energiförlusterna som vanligtvis skulle komma från elnätet.

Det som kontroversiellt nog kan möjliggöra en stabil elmarknad är kärnkraften, vars koldioxidutsläpp är så gott som försumbara. Kärnkraften har förstås sina risker, men från ett miljöperspektiv är de i dagens läge relativt låga. Jämförelsevis använder kolkraften mera energi redan under utvinningen, innan kolet har bränts. IV-generationens kärnkraftverk som förväntas bli kommersiellt lönsamma under 2030-talet kan utnyttja dagens kärnbränsle 100 gånger mer effektivt samt använda nutida kärnkraftverks kärnavfall som bränsle. [25]

Elbilarnas globala utsläpp kommer inte att bli totalt koldioxidfria förrän så gott som all el produceras med förnybar energi och det kommer knappast någonsin att hända. Elbilens

miljövänlighet bestäms av hur utsläppsfri den producerade energin är, detta betyder att i stora delar av världen där den huvudsakliga elproduktionen drivs med kol är elbilarna värre än bränsle drivna fordon då det kommer till koldioxidutsläpp. Enligt beräkningar gjorda 2016 av Argonne National Laboratory i Illinois, USA är koldioxidutsläppen för en elbil som använder sig endast av kolkraft 315 g/km. [26] Andra resultat varierar från 240–600 CO₂ g/km för energi från kolkraft. Utsläppen för en elbil driven av kolkraft är alltså högre än utsläppen från en vanlig bränsle driven bil.

3.1.1 Beräkningar av koldioxidutsläpp kontra elproduktion

Kapitlet behandlar utsläppen som uppstår i finsk elproduktion och jämförs med utsläppen som traditionella fordon och bränsle cellselbilar producerar. Den finska elproduktionens koldioxidutsläpp 2015 var 6,5 miljoner ton, medan den totala elproduktionen samma år var 66,1 TWh. [27] [28] Därav kan man beräkna:

$$6\,500\,000\,000\,000 \text{ gram} / 66\,100\,000\,000 \text{ kWh} = \mathbf{98,33 \text{ g CO}_2 / \text{kWh}}$$

Detta är dock inte hela sanningen eftersom Finland också importerar el och den totala konsumtionen 2015 var 82,5 TWh, d.v.s. 16,4 TWh producerades utomlands, vilket inte nödvändigtvis är lika ren produktion som den finska elproduktionen. Medelvärdet för hela Europeiska unionens energiproduktions koldioxidutsläpp 2014 var 275,9 g CO₂ /kWh. [29] Koldioxid är inte den enda växthusgasen och därför räknas också andra växthusgaser in i samma värde och då talas det om koldioxid-ekvivalenta utsläpp. Förutom koldioxid hör metanutsläpp (CH₄), olika kväveoxider (NO_x) och diverse F-gaser (fluor) till dessa utsläpp. I USA var elproduktionens koldioxid-ekvivalenta utsläpp 2015 i snitt så höga som 480 g CO₂-ekv/kWh. [19]

Finlands elproduktions koldioxid-ekvivalenta värde för 2014 var: **175,1 g CO₂-ekv/kWh.** [30]

23 kWh/100 km är den testade snittförbrukningen för en Tesla Model S P85D, koldioxidutsläppen går därmed att räkna ut.

$$23\text{kWh} * 175,1 \text{ g CO}_2\text{-ekv/kWh} = \mathbf{4027,3 \text{ g CO}_2\text{-ekv/100km}}$$

142,17 g CO₂-ekv/km är räknat från vägtrafikens totala koldioxid-ekvivalenta utsläpp år 2014. [31] Enligt bilaga 1 var de finska personbilarnas koldioxid-ekvivalenta medelvärde 2011 167 g CO₂-ekv/km, vilket tyder på en tydlig förminskning av bilarnas utsläpp.

$$100\text{km} * 142,17 \text{ g CO}_2\text{-ekv/km} = \mathbf{14\ 217,5 \text{ g CO}_2\text{-ekv/100km}}$$

$$14\ 217,5 / 4027,3 \text{ g CO}_2\text{-ekv/100km} = \mathbf{3,53}$$

Enligt dessa beräkningar är alltså elbilen 3,53 ggr miljövänligare än bränsle drivna bilar då det gäller användningsutsläppen i Finland. Dessa uträkningar har förstås sina förenklingar och baserar sig inte på nyaste data utan är från åren 2014 - 2015. Jämfört med andra beräkningar faller denna ändå inom ramarna för ett acceptabelt resultat. Enligt bilaga 1 var de koldioxid-ekvivalenta utsläppen 2011 167 g CO₂-ekv/km, vilket också stöder räkne resultaten.

Bränslecellsbilars vätgas produceras globalt till över 90 % genom ångreformeringsprocesser från bio- eller naturgas. I denna process lyckas man förvandla ca 4/5 av naturgasen till vätgas, även om själva processen också kräver energi (värme och rätt tryck) för att nå det önskade målet. Vätgasen har under de förhållanden den ligger i bilens tank, ett större energiinnehåll än vad naturgasen skulle ha ifall den användes i en bil driven direkt av naturgas, vilket betyder att det är ett steg i rätt riktning då det gäller minskning av fordonsutsläpp. De koldioxid-ekvivalenta utsläppen bestäms i stor del av ångreformeringsprocessen, i den första delen av processen reagerar gasen med en katalysator och vattenånga och bildar kolmonoxid (CO) och vätgas (H₂). I den andra delen kan få ut mera vätgas om man blandar första delens oönskade slutprodukt, kolmonoxid med vatten.

Beroende på utgångsämnena i reaktionen är koldioxidutsläppen för varje producerad kg vätgas ca 10 kg CO₂. [32] Förbrukningen för en typisk bränslecellselbil är 106,2 km/kg vätgas (Toyota Mirai 2017) [33]. Koldioxidutsläppen för en bränslecellselbil där vätgasen är producerad med ångreformeringsprocess från naturgas kan därmed beräknas enligt följande:

$$100 \text{ km} / (106,2 \text{ km/kg}) = \mathbf{0,94 \text{ kg}}$$

$$0,94 \text{ kg/100 km} * 10 \text{ kg CO}_2 = \mathbf{9 \text{ 400 g CO}_2 / 100 \text{ km}}$$

Detta värde är endast en uppskattning av hur mycket koldioxid processen producerar, teknologin för ångreformeringsprocessen är under konstant utveckling och blir bättre med tiden. Värdet är ändå riktigt med tanke på hur mycket utsläpp det uppstår då vätgasen produceras, mer energi krävs sedan för att komprimera och transportera vätgasen till dess slutändamål. Man har beräknat att det CO₂-ekvivalenta värdet för "Well to Wheel" kan vara över 20 000 g CO₂-ekv. för 100 km. [34] Dessutom innehåller det beräknade värdet inte de andra växthusgaserna som uppstår under ångreformeringsprocessen, de totala utsläppen beror på hur rena ämnen som har använts i tillverkningen.

Elbilarnas batterier måste laddas dagligen om bilen används regelbundet och då måste elnätets belastningar tas i beaktande. Detta är inte så aktuellt ännu, men när mängden elbilar ökar är det en central fråga. En elbil som används i vardagen kommer med största sannolikhet att laddas under natten och om alla hundratusentals bilar laddas samtidigt uppstår en elförbrukningstopp under nattetid som måste klaras av med ökad elproduktion. Det borde dock inte ställa till med problem eftersom elkonsumtionen på natten annars är låg, förutom att i CHP-kraftverk (Combined Heat and Power) då värmebehovet nattetid vanligen ökar och kompenseras av mindre elproduktion.

I de flesta fallen kommer elbilens batterier inte att använda all kapacitet dagligen, vilket betyder att ifall man kunde ladda en del av elen tillbaka till nätet eller till det egna hushållet skulle man egentligen kunna driva husets elapparater till priset av natt-elen. Urladdningen tillbaka till nätet är en utmaning eftersom likströmmen är svår att konvertera till växelström. Att elbilen lagrar elenergi i batteriet betyder att ifall den kunde urladda bilens elektriska kapacitet tillbaka till nätet kunde man t.ex. minska eller helt och hållet

sluta använda toppkraftverk då det uppstår energipikar. Dessa toppkraftverk drivs ofta med någon slags fossila bränslen, vilket betyder att ändringen kunde minska energipikarnas utsläpp märkbart.

4 SAMMANDRAG

I stora delar av världen är människor bekanta med begreppet klimatförändring och därtill tror på att den faktiskt är verklighet och inte en konspirationsteori av något slag. Dessa människor som tror och känner till problemet är de som borde ändra sin livsstil för att på så vis vara förebild åt de som inte ännu känner till problemets verkliga utsträckning. Små gärningar blir stora då alla följer med i utvecklingen och försöker sitt bästa att svänga de oroväckande trender människan har förorsakat.

Elbilen är framtidens fordon, men den är enskilt inte den globala räddaren. Den har potential att minska utsläppen märkbart, men globalt innebär det ändå en minskning på endast 10–15%. För att minska de globala utsläppen borde alltså alla transportmedel minska sina utsläpp: fartyg, flygplan, lastbilar och bilar. Dessutom måste också industrins, elproduktionens, agrikulturens, byggandets och boendets utsläpp fås ner. I Europeiska unionen är man redan på god väg, men västvärlden kan inte ensam stoppa klimatförändringen och därför borde också resten av världen reagera. Enligt Paris klimatavtal från 2015 skall länderna som skrivit under binda sig till att nå nollutsläpp senast 2050 och stoppa temperaturstigningen till 1,5°C. Det är ett optimistiskt mål och kommer t.o.m. att leda till att vissa privilegier som vi ser som vardagliga kommer att förbjudas totalt. Detta kan sedan leda till oroligheter när människor blir utan det de har vant sig att leva med. Frågan blir sedan hur politiker lyckas hålla emot folket utan att populismen tar över. Detta fenomen syns redan i USA där president Trump lyckats utnyttja ett splittrat folk för att bli vald, bara för att ta steget mot en sämre miljö med att stryka flera tidigare klimatavtal. Under sådana tider är det viktigt att folk som anser att miljön och framtiden är viktig, att försöka med egna små gärningar ansvara för och bära förorenarnas belastning. Alla kommer inte att tro eller bry sig om miljön om den inte påverkar en direkt.

Den batteridrivna elbilen (BEV) är miljövänligast av alla elbilstyper, bränslecellselbilen (FCEV) är miljövänlig så länge som vätgasen är en naturlig sidoprodukt av någon process, men miljöverkan blir betydligt sämre om vätgasen börjar produceras endast för

bränsle. Elektrolysen är inte ett hållbart sätt att producera vätgas eftersom det är så energikrävande, vilket betyder att den totala energin införd i processen är betydligt högre än att direkt ladda batteriet med el.

Elbilen är bättre för miljön än den bränsle drivna bilen, men hur mycket? Det beror långt på hur elenergin produceras samt hur råvarorna behandlas före och efter att de varit en del av bilen. Dessutom bestäms elbilens miljöförbättrande grad av hur populär den blir och i hurdan utsträckning den börjar användas. Det som kommer att vända trenden är den dag då elbilarna klarar av allt som bränslebilarna klarar av idag samt viktigast av allt, de blir lika billiga som bränslebilar.

KÄLLOR

- [1] Rauli Partanen, *Suomi öljyn jälkeen*, 2013, upplaga 3, Into, 341 sidor.
- [2] Trafis elbilsregister den 31.12.2016 [www] Hämtad 17.2.2017 Tillgänglig: https://www.trafi.fi/tietopalvelut/tilastot/tieliikenne/ajoneuvokanta/ajoneuvokannan_kayttovoimatilastot/sahkokayttoiset_autot
- [3] Bränslecellselbilarnas verkningsgrad, [www] Hämtad 6.4.2017 Tillgänglig: <http://www.autoblog.com/2013/11/20/vws-krebs-talks-hydrogen-says-most-efficient-way-to-convert/>
- [4] PEM bränslecellens egenskaper, [www] Hämtad 8.4.2017 Tillgänglig: <http://www.fuelcelltoday.com/technologies/pemfc>
- [5] Info om bränslecellsbilen, [www] Hämtad 8.4.2017 Tillgänglig: <http://www.myfuelcell.se/br%C3%A4nslecellsbilar>
- [6] Markus F. Felgenhauser, Matthew A. Pellow, Sally M. Benson m.fl. Economic and Environmental Prospects of Battery and Fuel Cell Vehicles for the Energy Transition in German Communities, *Energy Procedia* vol. 99, 2016, s. 380-391, Hämtad 8.4.2017 Tillgänglig: ScienceDirect
- [7] Elbilars laddningstationer i Finland, YLE, 8.7.2015 [www], Hämtad 28.2.2017 Tillgänglig: <http://yle.fi/uutiset/3-8138074>
- [8] Elon Musk om bilbatteriers storlek i elbilar, 16.9.2016, [www] Hämtad 21.2.2017 Tillgänglig: <https://twitter.com/elonmusk/status/776677760039133185>
- [9] Förbrukningen för Tesla Model S P85D, [www] Hämtad 21.2.2017 Tillgänglig: <http://www.fueleconomy.gov/feg/Find.do?act=ion=sbs&id=35980&id=36009&id=36008&id=35994>
- [10] Totala elpriset per kWh, [www] Hämtad 27.3.2017 Tillgänglig: <http://sahkonhinta.fi/summariesandgraphs>

- [11] Elbilens andel i elkonsumtionen, [www] Hämtad 16.3.2017 Tillgänglig: http://fs-uneep-centre.org/sites/default/files/publications/globaltrendsrenewableenergyinvestment2016lowres_0.pdf
- [12] Befolkningsmängder, [www] Hämtad 2.3.2017 Tillgänglig: <http://www.worldometers.info/world-population/>
- [13] Antalet sålda bilar i Kina, [www] Hämtad 2.3.2017 Tillgänglig: <https://www.statista.com/statistics/233743/vehicle-sales-in-china/>
- [14] Antalet vätagasbilar, [www] Hämtad 7.4.2017 Tillgänglig: <http://www.japantimes.co.jp/news/2016/03/16/business/japan-eyes-40000-fuel-cell-cars-160-hydrogen-stations-by-2020/#.WOeF9IWGPiV>
- [15] Washington posts artikel om kobolt, 3.3.2017, [www] Hämtad 9.3.2017 Tillgänglig: <https://www.washingtonpost.com/graphics/business/batteries/congo-cobalt-mining-for-lithium-ion-battery/>
- [16] Aluminiumproduktionens utsläpp, [www] Hämtad 28.4.2017 Tillgänglig: <http://aluminium.org.au/climate-change/smelting-greenhouse-performance>
- [17] Morelius, John. 2011, Verkningsgradanalys över mobila tillämpningars ackumulatörer. Examensarbete, Helsingfors: Arcada, Elektroteknik
- [18] Elbilars batterialternativ, [www] Hämtad 11.4.2017 Tillgänglig: http://www.afdc.energy.gov/vehicles/electric_batteries.html
- [19] USA:s koldioxid-ekvivalenta utsläpp 2015, [www] Hämtad 30.3.2017 Tillgänglig: <http://www.ucsusa.org/sites/default/files/attach/2015/11/Cleaner-Cars-from-Cradle-to-Grave-full-report.pdf>
- [20] Livstidsutsläppen i snitt, [www] Hämtad 31.3.2017 Tillgänglig: <http://shrinkthat-footprint.com/wp-content/uploads/2013/02/Shades-of-Green-Full-Report.pdf>
- [21] Batterikostnader från International Energy Agencys sidor, [www] Hämtad 16.3.2017 Tillgänglig: https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Global_EV_Outlook_2016.pdf

- [22] Antalet sålda bilar i världen 2015, [www] Hämtad 17.3.2017 Tillgänglig: <https://www.statista.com/statistics/262747/worldwide-automobile-production-since-2000/>
- [23] Laddande vägunderlaget, [www] Hämtad 11.4.2017 Tillgänglig: <http://inhabitat.com/israel-to-test-electric-roads-that-wirelessly-charge-vehicles-as-they-drive/>
- [24] Nya batteriteknologier, [www] Hämtad 27.4.2017 Tillgänglig: <https://news.utexas.edu/2017/02/28/goodenough-introduces-new-battery-technology>
- [25] IV-generationens kärnkraftverk, [www] Hämtad 20.3.2017 Tillgänglig: <http://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-power-reactors/generation-iv-nuclear-reactors.aspx>
- [26] Henric Borgström. 2017, Forum för ekonomi och teknik, nr 2/2017, s. 24-25
- [27] Energiproduktion i Finland 2015, [www] Hämtad 19.3.2017 Tillgänglig: http://energia.fi/sv/basfakta_om_energibranschen/energiproduktion/elproduktion
- [28] Elproduktionens koldioxidutsläpp 2015, [www] Hämtad 19.3.2017 Tillgänglig: <http://talotekniikka-lehti.fi/sahkontuotannon-hiilidioksidipaastot-ennatysalas/>
- [29] European Environment Agency's statistic över CO₂-utsläpp i EU, [www] Hämtad 28.3.2017, Tillgänglig: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/overview-of-the-electricity-production-2/assessment>
- [30] Elproduktionens utsläppskoefficient, [www] Hämtad 19.3.2017 Tillgänglig: <https://www.energiavirasto.fi/sahkontuotannon-paastokerroin>
- [31] Vägtrafikens koldioxidutsläpp 2014 [www] Hämtad 23.3.2017 Tillgänglig: <http://katsaukset.trafi.fi/etusivu/kestavyys/liikenteen-kasvihuonekaasupaastot.html>
- [32] Ångreformerings koldioxidutsläpp, [www] Hämtad 18.4.2017 Tillgänglig: <http://inpact.inp-toulouse.fr/GPE-EPIC2009/abstracts/abstract160.pdf>
- [33] Förbrukningen för en modern bränslecellselbil, [www] Hämtad 18.4.2017 Tillgänglig: https://www.fueleconomy.gov/feg/fcv_sbs.shtml

[34] "Well to Wheel"- utsläpp för ångreformeringsprocessen, [www] Hämtad 21.4.2017
Tillgänglig: <http://www.nrel.gov/docs/fy14osti/60528.pdf> s. 10

Bilaga 1

Suomen henkilöautojen keskimääräinen päästö ja energiankulutus matkayksikköä kohden vuonna 2011														
	Päästöt [g/km]											Kulutus [g/km] /100 km	Kulutus [MJ/km]	Energia [kWh/km]
	CO	HC	NOx	PM	CH ₄	N ₂ O	NH ₃	SO ₂	CO ₂	CO ₂ eq.				
Bensinikäyttöiset, maantieajo	1,9	0,13	0,37	0,0035	0,0059	0,0024	0,0035	0,0008	142	143	50	6,6	2,1	0,6
Bensinikäyttöiset, katuajo	2,2	0,24	0,26	0,003	0,01	0,008	0,018	0,0012	214	217	75	10	3,2	0,9
Bensinikäyttöiset, keskimäärin	2	0,17	0,33	0,0033	0,0074	0,0044	0,029	0,00094	167	169	59	7,8	2,5	0,7
Dieseliikäyttöiset, maantieajo	0,07	0,021	0,54	0,029	0,00058	0,0042	0,001	0,0009	136	137	46	5,4	2	0,55
Dieseliikäyttöiset, katuajo	0,21	0,44	0,51	0,03	0,0013	0,0077	0,001	0,0014	206	208	70	8,3	3	0,83
Dieseliikäyttöiset, keskimäärin	0,12	0,17	0,53	0,029	0,0008	0,0054	0,001	0,0011	160	162	54	6,4	2,3	0,65
Maantieajo	1,3	0,09	0,43	0,012	0,0041	0,003	0,024	0,00084	140	141	49	6,2	2,1	0,58
Katuajo	1,5	0,3	0,34	0,012	0,007	0,0079	0,013	0,0013	211	214	73	9,4	3,1	0,87
Keskimäärin	1,4	0,17	0,4	0,012	0,0052	0,0047	0,02	0,00099	165	167	57	7,4	2,5	0,68

Koldioxid och koldioxid-ekvivalenta utsläppen samt personbilars snittenergiförbrukning i kWh/km i Finland 2011

Bilaga 2

Polttoaine-komponenttien kulutus	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	Fosfiilinen bensini l/a	1 751 024 617	1 714 252 332	1 675 994 608	1 645 889 791	1 598 817 880	1 550 904 503	1 505 805 383	1 463 816 892
Fosfiilinen diesel l/a	2 655 438 628	2 624 958 989	2 334 466 259	2 382 138 751	2 412 771 399	2 430 682 559	2 428 184 518	2 420 533 857	2 416 578 993
Biodiesel l/a	126 332 872	186 873 218	520 691 377	509 303 421	486 609 358	490 221 693	508 045 651	524 935 053	531 523 768
Etanoli l/a	149 471 533	129 651 096	132 691 962	123 144 843	121 209 739	122 813 487	124 687 798	126 855 370	127 763 129
Fosfiilinen kaasu kg/a	2 380 499	2 194 592	2 188 013	2 032 337	1 715 303	1 771 889	1 866 737	2 015 897	2 219 602
Biokaasu kg/a	420 088	756 460	847 688	1 186 990	1 445 853	1 499 049	1 609 071	1 774 135	1 994 504
Sähkö kWh/a	0	0	959 552	2 799 185	5 827 743	11 747 669	20 800 869	33 081 438	48 467 394
Vety kg/a	0	0	0	0	0	938	3 186	6 230	10 046

Fordonens förväntade användning av el och väte i trafiken i Finland fram till 2020.