



# Marknadsanalys av bränsleceller

Jon Sebastian Fjäder

Examensarbete

Plastteknik

25.05.2016

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Plastteknik
Identifikationsnummer:	14282
Författare:	Jon Sebastian Fjäder
Arbetets namn:	Marknadsanalys av bränsleceller
Handledare (Arcada):	Björn Wiberg, amanuens och forskare
Uppdragsgivare:	Björn Wiberg, amanuens och forskare
<p><b>Abstrakt</b></p> <p>Examensarbetet handlar om bränslecellernas kommersiella marknad på en global nivå och deras jämförelse med andra energiteknologier. Syftet med arbetet är att få en inblick i marknadens olika aspekter om bränslecellernas applikationer som delats in i tre kategorier. Kategorierna är stationära, transporterbara och bärbara applikationer. Frågeställningarna för arbetet är bränslecellernas roll i samhället, hur marknaden har utvecklats för bränsleceller från år 2010 framåt och vilka är marknadssegmenten? Undersökningens information reflekterar data från den kommersiella marknaden och är begränsad till åren 2010-2016. För att få en inblick i den globala energimarknaden har även andra energiteknologier tagits upp. Dessa är fem stycken, två av dem baserar sig på fossila bränslen och tre på förnybar energi. De är olja, kärnkraft, kolkraft, vindkraft och solkraft. Resultaten från årssammanfattningarna, artiklarna, nyheterna och rapporterna från den globala marknaden indikerar en ständig ökning inom alla applikationsområden för bränsleceller. I undersökningen beträffande stationära applikationer framkom det att de dominerar bränslecellsmarknaden inom alla områden som beaktats för att få information om branschen. För noggrannare information om ett enskilt företag tas resultat ur en undersökning om FuelCell Energy upp, där det bl.a. registrerats konkreta mängder av utsläpp som undvikts genom användningen av elektricitet från bränslecellskraftverk. Inom applikationer avsedda för transport har tre olika fordon med olika bränslen jämförts med varandra samt det har tagits upp resultat om tankningsstationer för vätedrivna fordon. För bärbara applikationer tas det upp bränsleceller som fungerar med protonbytes membraner (PEMFC) och direktmetanolsbränslecell (DMFC) samt substitut till bärbara bränsleceller.</p>	
Nyckelord:	Bränslecell, energiteknologi, väte, globala marknaden, stationära applikationer, applikationer avsedda för transport och bärbara applikationer
Sidantal:	64
Språk:	Svenska

Datum för godkännande:	
THESIS	
Arcada	
Study program:	Plastteknik
Identification number	14282
Author:	Jon <u>Sebastian</u> Fjäder
Thesis name	Marknadsanalys av bränsleceller A market analysis of fuel cells
Supervisor (Arcada):	Björn Wiberg, administrative assistant and researcher
Commissioned by:	Björn Wiberg, administrative assistant and researcher
<p>Abstract</p> <p>This thesis is about fuel cells on commercial market on a global level and their comparison to other energy technologies. The aim is to gain an insight into the market's various aspects and fuel cell applications that have been divided into three categories. The categories are stationary, transport and portable applications. The research questions for this thesis are the fuel cells role in the society, how has the market developed since 2010 and which are the market segments? The information gathered through research reflects data from the commercial market and is restricted to 2010-2016. To get an insight to the global energy market, information about other energy technologies has been gathered. They are restricted to five in total, two fossil fuels and three renewable sources. The technologies are oil, coal energy, nuclear energy, wind energy, and solar energy. The results from the annual reports, articles, news articles and reports from the global market indicate a steady increase in all application areas. In the study it was noticed that stationary fuel cells dominate the fuel cell market in all areas measurable shipped units worldwide. In the company survey on FuelCell Energy is for example the direct avoided amount of emissions due to the use of fuel cell power plants. In transport applications three different vehicles are compared and there is also results on fuel stations for hydrogen-powered vehicles. For portable applications addresses fuel cells that work with PEMFC and DMFC. Substitutes for portable fuel cells are included.</p>	
Key words:	Fuel cell, energy technology, hydrogen, global market, stationary applications, applications for transportation, portable applications
Number of pages:	64
Language:	Swedish
Date of acceptance:	

--	--

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Figurer .....	7
<b>1 INTRODUKTION .....</b>	<b>10</b>
1.1 Vad är en bränslecell? .....	10
1.2 Bränslecellens historia .....	11
1.3 Bränslecellsteknologins huvudsakliga områden .....	13
1.3.1 Stationära applikationer .....	13
1.3.2 Applikationer avsedda för transport .....	14
1.3.3 Bärbara applikationer .....	14
1.4 Investeringar i bränslecellsteknologin .....	14
1.5 Övriga energiteknologier .....	16
1.5.1 Mineralolja .....	16
1.5.2 Kärnkraft .....	17
1.5.3 Kolkraft .....	18
1.5.4 Vindkraft .....	18
1.5.5 Solkraft .....	19
<b>2 METOD .....</b>	<b>19</b>
2.1 Litteraturstudie .....	19
2.2 Informationskompetens .....	22
2.3 Metoder för att hitta information och data .....	22
2.3.1 Vetenskapliga artiklar .....	22
2.3.2 Årssammanfattningar .....	22
2.3.3 Teknologinyheter .....	23
2.3.4 Replikering av undersökningen .....	23
<b>3 RESULTAT .....</b>	<b>24</b>
3.1 Världsmarknaden .....	24
3.1.1 Företag och i vilka länder de finns .....	28
3.2 Applikationer .....	29
3.2.1 Stationära .....	29
3.2.2 Applikationer avsedda för transport .....	33
3.2.3 Bärbara applikationer .....	44
<b>4 DISKUSSION .....</b>	<b>50</b>
4.1 Världsmarknaden .....	50
4.2 Övriga energiteknologier .....	51
4.3 Applikationer för bränsleceller .....	52
4.3.1 Stationära .....	52

4.3.2	<i>Transport</i> .....	52
4.3.3	<i>Bärbara</i> .....	53
<b>5</b>	<b>KONKLUSION OCH VIDARE STUDIER</b> .....	<b>54</b>
5.1	Konklusion .....	54
5.2	Vidare studier .....	55
	<b>KÄLLFÖRTECKNING</b> .....	<b>56</b>
	<b>KÄLLFÖRTECKNING FÖR FIGURER</b> .....	<b>64</b>

## FIGURER

Figur 1. Sir William Groves bränslecell.....	12
Figur 2. Världsprognosen för oljekonsumtion från U.S. Energy Information Administration:s Short-Term Energy Outlook rapport .....	17
Figur 3. Världsproduktionen av elektricitet 2012 per energiteknologi. Noterbart är att gas- och kolkraft står för över hälften av produktionen. ....	25
Figur 4. Global energikonsumtion regionvis.....	25
Figur 5. Leverade mängden bränsleceller enligt styckemängd från 2008-2010.....	26
Figur 6. Mängden levererade bränsleceller enligt MW.....	27
Figur 7. Mängden levererade bränsleceller enligt tillverkningsregion. Noterbart är det att Nordamerika dominerar i tillverkningen av bränsleceller i MW. ....	27
Figur 8. Toyota Mirai .....	34
Figur 9. Tesla Model S 70D .....	36
Figur 10. Volvo V60 T3 .....	37

## TABELLER

Tabell 1. Bränslecellstyper .....	11
Tabell 2. Topp 10 investerare i bränsleceller, var av större intresse är länderna för detta arbete. Investeringarna är från tidperioden 01.01.2000-31.12.2014 .....	15
Tabell 3. Världsproduktionen i siffror .....	25
Tabell 4. Exempel på bränslecells företag.....	28
Tabell 5. Exempel på kommersiella stationära bränsleceller från diverse företag i världen .....	30
Tabell 6. Teknisk information om Toyota Mirai .....	34
Tabell 7. Teknisk information om Tesla Modell S 70D.....	36
Tabell 8. Teknisk information om Volvo V60 T3.....	37
Tabell 9. Ett sammandrag över fordonens viktigaste egenskaper .....	38
Tabell 10. Pris från Kaliforniens energikommission åt företag för att ha installerat vätetankstationer i Kalifornien .....	40
Tabell 11. Teknisk information om UPP™ .....	44

Tabell 12. Teknisk information om Oorja Fuel Cells Model 3 .....	47
Tabell 13. Teknisk information om EFOY Comfort .....	48
Tabell 14. Teknisk information om EFOY bränslehållare .....	49
Tabell 15. Ekonomisk information om SFC Energy .....	49



## FÖRORD

Detta examensarbete är en undersökning i bränslecellsmarknaden, bränslecellers roll i samhället, deras marknadssegment och jämförelse till andra energiteknologier. Examensarbetet är en litteraturstudie och består av en sammanfattning av vetenskapliga artiklar, årsredovisningar och dylikt material och är planerad samt skriven på ett sådant sätt att en person utan teknisk bakgrund eller tidigare kunskaper om bränsleceller skall kunna läsa och förstå arbetet. I introduktionen introduceras läsaren till vad som är en bränslecell, historia och övriga energiteknologier. I metoderna beskrivs tillvägagångssättet för en litteraturstudie, hur informationen till detta examensarbete har hittats och metoder för att replikera denna studie. I resultaten tas det upp global-, regions-, lands och produktfakta som fått genom undersökning. I diskussionsdelen kommer det att försökas ge en framtidsbild om marknaden baserat på de resultat och trender som har kommit upp i undersökningen. Till sist kommer konklusioner om arbetet och idéer till vidare studier.

Jag vill tacka amanuens och forskare Björn Wiberg för idén till detta examensarbete, hans hjälp och stöd för att komma igång samt tips och förslag hur jag kunde genomföra undersökningen.

Arbetets huvudsakliga mål är att ge en inblick i bränslecellsindustrin och dess möjligheter i framtiden. Studien begränsar sig till åren 2010-2016. Detta arbete kommer att främst handla om den kommersiella marknaden och därför kommer den inte att lägga alltför mycket vikt på rymd- och militärindustrin. Den enkla orsaken med dessa två senare nämnda är att mycket av deras undersökningar, finansiella data och dylikt är hemligstämplat och av naturliga skäl vill inte ge ut information åt allmänheten. Jag kommer att använda mig till en del av engelsk terminologi och förkortningar t.ex. på olika typers bränsleceller som Direct Methanol Fuel Cell eller DMFC eftersom detta verkar vara en norm inom branschen. Där det behövs kommer jag att ha en svensk översättning.

Ämnet intresserar mig personligen eftersom jag värnar om vår miljö och planet med dess klimat. Ifall bränsleceller kan leda till en markant minskning i koldioxidutsläpp i världen så är jag definitivt intresserad av denna teknologi.

# 1 INTRODUKTION

Bränsleceller anses vara en växande energiteknologi. Teknologin är ett alternativ till förbränningsteknologier. Det finns flera olika varianter av bränsleceller men de fungerar alla enligt samma princip. De ändrar kemisk energi till elektrisk energi. Till skillnad från förbränningsmotorer, har bränsleceller teoretiskt inga utsläpp förutom vatten vilket gör dem i sig miljövänliga. Det är bränslet till dem som eventuellt inte framställs miljövänligt som reducerar den aspekten. Dock finns det möjligheter att framställa bränslet miljövänligt vilket gör bränsleceller till ett väldigt attraktivt alternativ i framtiden.

Målen med detta examensarbete är att finna svar på tre forskningsfrågor:

1. Bränslecellernas roll i samhället?
2. Hur har marknaden utvecklats för bränsleceller från år 2010 framåt?
3. Vilka är marknadssegmenten?

## 1.1 Vad är en bränslecell?

Bränsleceller är enheter som producerar energi i form av värme, elektricitet och vatten. Produktionen av energi sker i form av en kemisk reaktion. Detta är en universell princip för alla de olika versionerna av bränsleceller som finns. Bränsleceller kan anses som en viss sorts batterier men de behöver inte laddas upp utan så länge bränslecellen har tillgång till väte och syre, producerar den energi. Det sker ingen förbränning i enheten så själva cellen är ren och miljövänlig men produktionen av dess bränsle är nödvändigtvis inte. Skillnaderna i bränslecellerna utgörs i stor del av hurudan elektrolyt som används i cellen. En elektrolyt är ett ämne som innehåller joner som möjliggör överförandet av elektrisk ström mellan ett positivt och negativt laddat ämne. Det betyder då att bränslecellens stora delar utgörs av en negativt laddad anod, elektrolyt och en positivt laddad katod. Dessutom ingår det en yttre enhet i systemet för att producera ström [1]

Det finns olika slags bränsleceller, de kategoriseras oftast enligt deras elektrolyt och i detta arbete är det valt att ta dem upp enligt det. De olika typerna ser man i tabell 1. [2]

Tabell 1. Bränslecellstyper

Förkortning (engelska)	Namn
MCFC	Molten Carbonate Fuel Cell
SOFC	Solid Oxide Fuel Cell
PAFC	Phosphoric Acid Fuel Cell
DMFC	Direct Methanol Fuel Cell
PEMFC	Proton Exchange Membrane Fuel Cell
AFC	Alkaline Fuel Cell

## 1.2 Bränslecellens historia

Bränslecellens historia började 1801 när Humphry Davy demonstrerade principen till det som kom att bli bränslecellen. Detta utvecklades av Sir William Grove 1839 när han skapade första gas batteriet som var den första bränslecellen som man kan se i figur 1. Han fortsatte att bygga på arbetet som den tyska kemisten Christian Schönbein hade gjort. Det var elektrolysen av vatten samt reaktionerna av väte och syre som ledde till Groves skapande av den första bränslecellen. Han kallade den "ett galvaniskt gas batteri". Tanken bakom allt detta var att om man kunde spjälka vatten till väte och syre med elektricitet så kunde man i omvänd ordning skapa elektricitet med att kombinera väte och syre. Grove använde sig av en bägare med svavelsyra som fungerade som en elektrolyt. Han hade sänkt två glastuber med platinaelektroder i bägaren. En av tuberna innehöll syre och den andra väte. Då skapades det en spänning i systemet och med att länka flera av dessa installationer tillsammans, kunde en högre spänning uppnås. Termen bränslecell skapades 50 år senare när två kemister, Ludwig Mond och Charles Langer, försökte bygga den första praktiska bränslecellen.

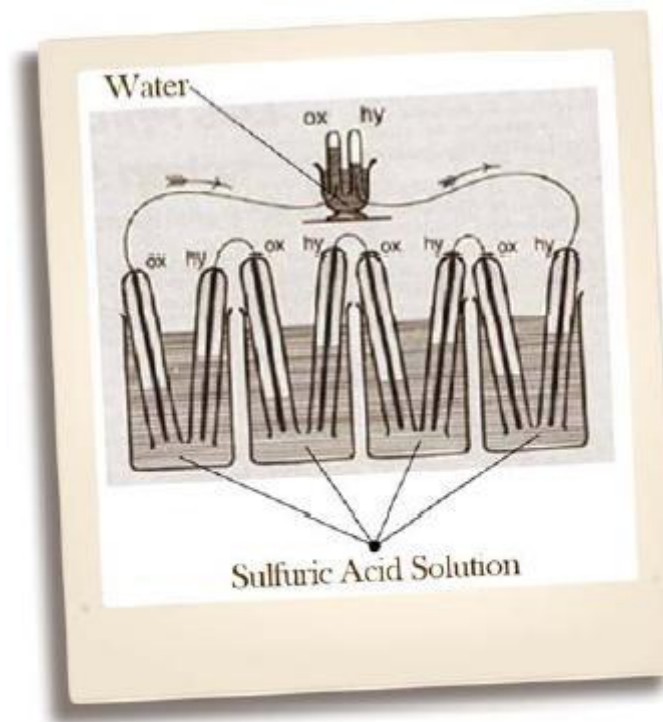


Diagram of William Grove fuel cell.

Figur 1. Sir William Groves bränslecell

Efter år 1889 hände det väldigt litet inom bränslecellsteknologin p.g.a. förbränningsmotors frammarsch i samhället. Francis Bacon bekantade dock sig med konceptet på 1930-talet och hans arbete ledde till det som var föregångaren till alkaliska bränslecellen AFC. Bacons bränslecell kom i fokus igen under den tid då Kalla kriget var som intensivast på 1960- och 1970-talet med rymdprogram av stormakterna USA och Sovjetunionen. Följande lyft för bränsleceller kom med oljekriserna 1973 och 1979 i USA, landet försökte minska sitt beroende av importerad olja som bränsle till transport. Det gjordes seriösa försök att överkomma problem med bränslecellsteknologin så som att hitta det optimala bränslet och reducerade priser för denna teknologi, för att nämna några. [3] [4]

Dagens problem och intressen kan även länkas till oljan och bensin samt diesel som förädlas av till bränsle. Miljövänlighet spelar en mycket större roll i dagens läge då allmänheten har blivit mera miljömedvetande. De är främst tre faktorer som driver detta intresse framåt, en hög energiomvandlingsgrad i de flesta typerna av bränsleceller, minimala utsläpp förutom värme och bränslecellernas pålitlighet som en konstant energikälla. [5]

## 1.3 Bränslecellsteknologins huvudsakliga områden

Bränsleceller kan i dagens läge hittas inom flera branscher. Det finns flera områden i samhället där de kan användas som en alternativ energikälla. De kan användas på områden där infrastrukturen inte tillåter konventionella och mera använda energikällor eller när ett område har drabbats av en naturkatastrof. De används inom transportindustrin som ett miljövänligare alternativ. Det finns också bärbara bränsleceller på den kommersiella marknaden men de används även inom t.ex. militärapplikationer.

### 1.3.1 Stationära applikationer

Stationära bränsleceller är, som namnet säger, bränsleceller som är designade att vara stationärt monterade på en plats. Enligt FuelCell Today utgörs dessa av system som ger både elektricitet och värme *CHP*, avbrottsfria kraftsystem *UPS* och primära kraftenheter. *CHP*-system kan effektmässigt klassas som de system som producerar mellan 0,5-10 kilowatt elektrisk kapacitet. De utnyttjar värmen som är en biprodukt av producerade elektriciteten och kan därför uppnå en total verkningsgrad mellan 80% och 95%. [6]

System som är gjorda för att producera både värme och elektricitet kallas på engelska för "Micro Combined Heat and Power". Dessa m-*CHP* system används vid bostadsområden och icke industriella användningsområden. Bränslecellernas typ är i stort sätt PEMFC och SOFC. Det förekommer överlägset mest av dem i Japan, kring 100000 enheter som används till hem. De förekommer ett hundratal även i Europa i fälttestomständigheter. [7]

Avbrottsfria kraftsystem (Uninterrupted Power Systems, *UPS*) används vid platser där det inte finns en existerande infrastruktur eller vid situationer med bristfällig elektricitetsförsörjning. De kan försörja telekommunikations stationer, datalagringscentral och hushåll.

Primära system är enheter som producerar flera megawatt, MW, av elektricitet och kallas därför också för stora stationära applikationer. De utvecklas att ersätta liten eller icke-existerande infrastruktur samt kan de fungera som punkter för en utbredning av infra. Bränslecells typer för primära system är främst SOFC, MCFC, PEMFC och PAFC. [8]

### **1.3.2 Applikationer avsedda för transport**

Man kan definiera bränslecells applikationer inom transportbranschen till fordon som direkt eller indirekt drivs av bränsleceller. Sådana fordon är t.ex. bussar, lastbilar, fordon för godshantering, lättfordon och dylika. Transportindustrin är direkt bunden till infrastrukturen för bränsleförsörjning för bränslecellsfordon, precis som fordon med förbränningsmotorer är. Den dominerande typen av bränsleceller är PEMFC. [9]

### **1.3.3 Bärbara applikationer**

Bärbara applikationer är avsedda att vara möjliga att bära med sig. Deras kraftskala är från endast några watt till 500kW. I kommersiellt bruk förekommer de främst som reservkraftaggregat men det är värt att nämna att det finns flera militära applikationer med bränsleceller. Det är DMFC och PEMFC som används till bärbara applikationer. De bärande fördelarna är användning utanför elnätet, längre livslängd jämfört med batterier, och pålitlighet för att nämna några. [10]

## **1.4 Investeringar i bränslecellsteknologin**

De bekräftade globala investeringarna från olika investeringsalternativ mellan åren 2000 till 2014 uppgick i 1697 miljoner US\$. Dessa investeringar gjordes av industriländer med undantag av Ryssland. Summan för de tio länder som investerat mest var 1590 miljoner US\$. USA var den största investeraren av alla länder. För en bättre uppfattning av investeringar på global nivå, se tabellen under. [11]

Tabell 2. Topp 10 investerare i bränsleceller, var av större intresse är länderna för detta arbete. Investeringarna är från tidperioden 01.01.2000-31.12.2014

Top Ten Fuel Cell Investors		Top Ten Countries with Highest Levels of Private Investment in Fuel Cells	
Company	Amount (million US\$)	Country	Total All VC and PE Investment (million US\$)
Credit Suisse (Switzerland)	136.2	U.S.	794.9
Kleiner Perkins Caufield & Byers (U.S.)	105.7	U.K.	244.7
Superannuation Fund (New Zealand)	100.0	Switzerland	156.5
New Enterprise Associates (U.S.)	71.0	Singapore	113.0
Mobius Venture Capital, Inc. (U.S.)	68.2	New Zealand	100.0
GIC Pte. Ltd. (Singapore)	63.0	Canada	73.8
GSV Capital Corp. (U.S.)	54.2	Germany	42.5
DAG Ventures LLC (U.S.)	54.2	Sweden	23.6
Rolls-Royce Holdings PLC (U.K.)	50.0	Russian Federation	21.0
Enertek Services Pte. Ltd. (Singapore)	50.0	Denmark	20.0
<b>Subtotal (top 10 only)</b>	<b>\$752.5</b>	<b>Subtotal (top 10)</b>	<b>\$1,590.0</b>
<b>TOTAL (All Companies and Countries)</b>			<b>\$1,697.0</b>

Trenden för ökade investeringar i bränslecellsteknologin kan ske genom lagstiftning. Enligt Kauppalehti 31.3.2016 har Norge och Nederländerna påbörjat lagstiftning som skulle förbjuda försäljningen av konventionella diesel- och bensindrivna fordon. Totalförbud av försäljningen av nya fordon drivna av fossila bränslen skulle träda i kraft 2025, varefter försäljningen av el- och bränslecellsdrivna fordon vore endast tillåtet. Genomförandet av planen skulle äga rum 2018-2029 och det skall ingå en tidigare ökning av skatter på förbränningsmotorer och rejält ökade stöd för el- och bränslecellsdrivna fordon. Den skärpta lagstiftningen gäller både personbilismen och distributions- samt tunga fordon. [12]

## 1.5 Övriga energiteknologier

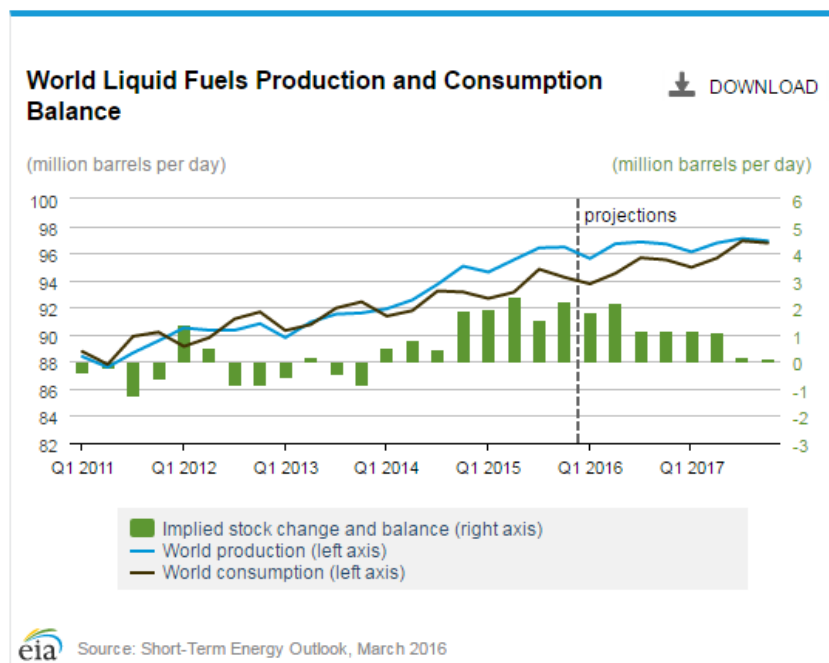
Det finns flera olika energiteknologier på världsmarknaden. För att kunna få en referens av bränslecellernas andel, måste man ta upp de övriga teknologiernas andel t.ex. i mängden producerad energi samt mängden kapital i branscherna. Deras mängder reflekteras även av hur väletablerade och använda de är i samhällen. De kan direkt klassificeras i två grenar: fossila bränslen och förnybara bränslen. Olja, kärnkraft och kolkraft hör till fossila medan vind- och solkraft hör till förnybara. [13]

### 1.5.1 Mineralolja

En heltäckande definition på olja är petroleum. Petroleum är en brännbar oljig blandning av främst kolväten som finns i jorden och klassas som ett fossilt bränsle. Olja raffinerar dvs. förädlas till olika produkter bl.a. bensin och diesel. Dessa två nämnda produkter är främst i bruk på den kommersiella marknaden och speciellt inom transport industrin. För att få en jämförelse till bränslecellsmarknaden, kan man leta upp information om mängden pumpad råolja och mängden kapital inom industrin. [14]

Enligt US Energy Information Administration EIA dvs. USA:s Energi informations administration och deras Short-Term Energy Outlook dvs. Korttids energiprognosen av konsumtionen, som publicerades 8.3.2016, i vilken petroleum år 2015 ökade med 1,3 miljoner tunnor per dag till ett genomsnitt på global konsumtion på 93,7 miljoner tunnor per dag. EIA förutspår en ökning i globala konsumtionen av petroleum och vätskeformsbränsle till 1,1 miljoner tunnor per dag år 2016 och 1,2 miljoner tunnor per dag för år 2017. [15]





Figur 2. Världsprognosen för oljekonsumtion från U.S. Energy Information Administration:s Short-Term Energy Outlook rapport

### 1.5.2 Kärnkraft

Kärnkraft produceras med radioaktivt bränsle. Bränslet består av stavar som är radioaktiva isotoper av uran nersänkta i en vattenbassäng. Bränslet, eller snarare sagt kärnan i atomen är instabil och bryts ner efterhand med halveringstiden. Processen spjälkar atomer och skickar ut neutroner som i sin tur kommer i kontakt med andra atomer och så sker samma sak igen. Det uppstår värme p.g.a. spjälkningen som tas till vara av vatten som värms upp och överförs som ånga till en turbin som producerar elektricitet. Det sker ingen förbränning så det finns inga utsläpp men det bildas radioaktivt avfall som bör hanteras. [16]

I dagens läge producerar 31 länder kärnkraft med 440 kommersiella reaktorer med en kapacitet på 380000 MW. Globalt byggs 65 stycken nya reaktorer (januari 2016) och 150 stycken är planerade. Kärnkraft utgör ca 11% av världens elektricitets försörjning enligt World Nuclear Association. [17]

### 1.5.3 Kolkraft

Kolkraft utgör 41% av världens elektricitetkonsumtion så den står för en majoritetsdel av alla olika energiformer. Elektricitet fås ur kol så att kolet först malas ner till pulver vilket ökar dess yta eller area och accelererar förbränningen. Pulvret körs sedan in i en ugn som opererar under hög temperatur, vilket producerar värme energi som hettar upp vatten till ånga som körs in i en turbin som är ansluten till en generator. Efter att vattenången har passerat turbinen kondenseras den igen till vätskeform och pumpas tillbaka till boileren. [18]

Det är inte realistiskt att avskaffa kol som energikälla även om användningen av kol kritiserats för att vara väldigt miljöbelastande då det bildas utsläpp som CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> och SO<sub>x</sub> gaser eftersom kolkraften är av stor betydelse för energiproduktionen. Mycket av den elektriciteten som går åt att tillverka miljövänligare alternativ kommer från kolkraft t.ex. i produktionen av vindkraftverk och all den logistik som krävs för att installera dem. [19]

### 1.5.4 Vindkraft

Vindkraft har under 2010-talet ökat markant. Detta skedde mellan 2010 och 2014, ökade den globala elektricitetsproduktionen från vindkraft till 370GW. Dock under år 2014 minskade nya installationer kraftig i Europa p.g.a. politiska osäkerheter, trots detta så var globala kapaciteten år 2015 432GW.

Vindkraft kräver stora förberedelser och investeringar och återbetalningstiden kan vara rätt lång. Det är också en oregelbunden energikälla och p.g.a. oregelbundna elektricitetsproduktionen kan det behövas alternativa källor när det inte blåser. Då när det blåser och de alternativa källorna inte behövs, gör det dem mindre lönsamma och därmed ökar deras priser.

### 1.5.5 Solkraft

Det finns några olika system för att utnyttja solkraft men de använder sig alla av energi från solen. Energin som kan upptas är direkt bunden till var på jorden man befinner sig dvs. vid vilken breddgrad. Energin som kan konverteras till elektricitet har med solljusets intensitet över area att göra. Ju mindre vinkel mellan positionen och solljuset, desto större intensitet.

Som tidigare nämnt finns det olika system för att uppta solens energi och deras engelska namn samt förkortningar är Photovoltaic Systems *PV* och Solar Thermal Systems, Concentrating Solar Power *CSP*. *PV* använder sig av solljus som strålar på solceller med halvledare som förvandlar solljuset som består av fotoner till elektrisk energi som är elektroner. *CSP* använder sig av speglar som fokuserar ljuset till en solfångare som hettar upp en vätska som sedan använder värme energin till att driva ånga in i turbiner för att producera elektricitet. De finns olika varianter av *CSP* men principen är samma. År 2012 passerade *PV* 100GW milstolpen och av elektricitet producerat med *CSP* fanns det 2,55GW. [20]

## 2 METOD

Denna del av arbetet är ägnat åt metoderna för hur materialet till arbetet har hittats samt en definition på en litteraturstudie. Sätten är varierade och medan vissa har mera vetenskaplig tyngd som undersökningar med flerfaldig data är de andra möjliga riktninggivare av kommande saker såsom teknologi- och vetenskapsnyheter. Arbetet behandlar främst den kommersiella marknaden och exkluderar delvis militära och rymdforsknings applikationer p.g.a. av bristfällig informations tillgång.

### 2.1 Litteraturstudie

En litteraturstudie definieras som ett arbete där informationskompetens står i en central roll. Meningen med en litteraturstudie är att sammanfatta existerande data och utifrån det

besvara författarens frågeställning. Frågeställningen skall vara begränsad och mätbar dvs. resultaten skall besvara frågeställningen och ge ett svar. Denna sammanfattning kan sedan användas av andra personer samt forskare och fungerar som ett medium för att få ens tankar och observationer ut till dem.

När frågeställningen är klar och man identifierat hurdan informationsbehovet är samt har referenserna, är nästa steg beslutet om man tänker använda källan. Det gör man med en valideringsprocess. När man läser vetenskapliga texter, är det inte lönsamt att läsa igenom hela verket för första gången. Med att läsa abstrakten, nyckelorden, ögna igenom bilder, grafer och framför allt resultaten kommer man effektivare fram till om vetenskapliga verket har med ens ämne att göra med. Ifall man hittar information som är centralt för en kan man fördjupa sig i texten.

Valideringsprocessen går hand i hand med källkritik. Enligt Bengt Haraldsson från Kungliga Tekniska högskolan har man tre kunskapsteorier till sitt förfogande i granskningen av en källa. Dessa är ämneskunskap, kunskaps- och vetenskapsteoretisk kunskap och kunskap om hur vetenskaplig information kommuniceras. Ämneskunskap utgörs av två grenar: formell kunskap och vardagsförståelse. Formell kunskap är den sortens kunskap som man lär sig i universitet, skolor och dylika instanser som är en samling av flera människors erfarenheter och logiska beslut och antaganden. Formell kunskap anses som en högre form av kunskap på grund av det. Vardagsförståelse är i kontrast till det föregående med att det har deducerats av en individ i enbart egna upplevelser. Vardagsförståelse kan dock fungera som en startpunkt till formell kunskap. Vardagsförståelse skall ändå användas försiktigt då den avspeglar sällan en verklig bild om hur vår värld fungerar. För att avgöra källans värde kan man fråga sig följande frågor: Är resultatet rimligt? Hur stämmer det här överens med min tidigare kunskap? Kunde resultat och mätvärden mm. tolkas på ett annat sätt?

Kunskapsteori inom naturvetenskaper strävar att vara så objektiv som möjligt. I vardagligt tal hör man ofta om hur folk tycker dvs. har åsikter om något. Detta hör inte hemma hos naturvetenskapliga undersökningar men man skall ändå komma ihåg att resultat tolkas subjektivt av individen. Grunder för god vetenskap baserar sig på tre grunduttaganden: reproducerbarhet, fullständighet och objektivitet. Den första handlar om att är det vi

gjort möjligt att göra om under samma omständigheter, den andra handlar om att är alla villkor och alla resultat medräknade och den tredje har att göra med författarens objektivitet, har personen en jävig position eller dolda agendor.

Haraldsson tar upp Bocks fyra typer av kunskap ur boken *Getting it right* (Bock och Scheibe, 2001) och de är spekulativ kunskap, presumtiv kunskap, stipulativ kunskap och konklusiv kunskap. Spekulativ kunskap handlar om tyckanden och dogmer och skall inte användas som en kunskapsteori. Presumtiv kunskap är något man kommit överens om som utgörs av axiom, lagar och antaganden. Presumtiv kunskap anses sann för att man inte har kunnat motbevisa den eller så anses det som en universell sanning. Stipulativ kunskap utgörs av tre delmängder: fakta, konvention och definition. Kunskapen anses sann för den har nåtts med den vetenskapliga metoden av personer från olika håll har fått resultat som är överens med varandra dvs. resultaten har skapats av reproducerbara experiment. Konklusiv kunskap grundar sig på bekräftelser och statistiska bevis. Denna kunskap är stora data- och informationssamlingar gjorda av mänskligheten men de baserar sig oftast på de logiska resultaten från de andra kategorierna och utan dem kan inte konklusiva kunskapen existera.

När man granskar information som någon framställt är det lönsamt att göra det med de olika kunskapsteorierna. Om den presenterade informationen utgår från att vara klanderfri logisk slutledning av insamlad fakta, skall man granska fakta för att se hur överenskommet det är. Om det insamlade materialet är upphovsmannens egna empiriska studier lönar det sig att granska metoderna hur data samlades. Datainsamling har två grenar: kvalitativ och kvantitativ. Kvalitativ fokuserar på att ha en mindre grupp av källor och mera detaljerad frågeställning med respektive detaljerade svar medan kvantitativ fokuserar på mängden källor för att få ett svar av en bredare grupp av källor. Kvalitativ datainsamling anses som ett ``mjukare`` sätt medan kvantitativ som består av mätningar, observationer och enkäter anses ``hårdare``. Ingentera utesluter den andra i sig men de tillämpas i olika situationer.

Vetenskaplig kommunikation inom naturvetenskap, teknologi och medicin förekommer främst genom tidskrifter. Tidskrifter är vecko- och månadstidningar, revyer och nyhetsblad mm. som publiceras digitalt eller som fysiska hårdkopior. Följande vanligaste former

är konferenshandlingar och sedan böcker som inte står för så stor mängd kommunikation. Det är viktigt att ha i åtanke vem som gör den vetenskapliga kommunikationen om man använder den i sitt arbete. Texter som saknar referenser till publicerade artiklar skall man fundera noga över att använda. Sådana texter kan dock stöda ens egna argument ifall man vill visa att ens egna argument är av bättre värde med korrekta referenser till publikationer. För att handskas med vetenskaplig kommunikation kan man fråga sig några frågor som att vem författaren, författarens organisation och utbildning, hur man granskar tidsskrifterna, om informationen är digital på en webbplats så vem det är som äger webbplatsen.

## **2.2 Informationskompetens**

“Informationskompetens är kunskapen om vilken information som bör inhämtas, hur detta ska gå till och hur informationen därefter kreativt ska användas för att på bästa sätt lösa ett praktiskt eller teoretiskt problem. Informationskompetens är även förmågan att genomföra stegen beskrivna ovan i praktiken.” [21]

## **2.3 Metoder för att hitta information och data**

### **2.3.1 Vetenskapliga artiklar**

För att hitta vetenskapliga artiklar om teknik, är det bra att bekanta sig med Science Direct. Det är en sökmotor med en databas på över 250 000 artiklar, revyer och böcker [22]. En till är Google Scholar som är en liknande sökmotor. Detta arbete handlar om bränsleceller så med att leta med orden “Fuel cell” hittades det ca 2 000 000 resultat.

### **2.3.2 Årssammanfattningar**

Årssammanfattningar är sammansatt information från ett visst område. I det här arbetets fall handlar det om en överblick av industrin för bränsleceller där det ingår mängden sålda enheter, investeringar och utvecklingen inom industrin. När det handlar om en hel bransch eller industri, är det vettigaste alternativet att söka information från en statlig institution. För att nå rätt måste man ha en idé om vilken institution kunde ha information om ämnet

och t.ex. ett väldigt bra ``fynd`` var marknadsrapporten 2014 från US Department of Energy. Andra exempel är International Energy Agency och World Nuclear Association. Till detta ändamål använde sökmotorn Google för att komma åt hemsidor istället för artiklar. Vill man få information och därmed resultat av ett specifikt företag lönar det att besöka deras websidor och leta efter publikationer, kvartals- och årsrapporter.

### **2.3.3 Teknologinyheter**

Nyheter kan ge en indikation på trender. Även om nyheter inte är lika omfattande som vetenskapliga artiklar kan de ge en bra mängd information. Speciellt teknisk riktade nyhetssidor har bra sammanfattningar av teknologiska uppfinningar och framsteg. Nyheter är också ett snabbare sätt att få ut information men de är också riktade till allmänheten och där folk som inte har teknisk bakgrund ingår. Man skall dock vara kritisk när man kollar vem som har publicerat nyheten, i Finland är Kauppalehti, YLE och Tiede & Talous pålitliga källor. Ett problem dock med nyheter är att de kan ha populariserad vetenskap var forskares facktermer försöker förklaras åt allmänheten. Populariseringen kan t.ex. vara en simplificerad förklaring med en liknelse till någon vardaglig och etablerad sak i samhället. Det kan också leda till misstolkningar av medierna och senare av samhället.

### **2.3.4 Replikering av undersökningen**

För att replikera denna undersökning skall man börja helt enkelt med Googles undersökning med sökordet ``Fuel Cell`` samt kolla referenserna i Wikipedia för att komma igång. Därefter söker man med ``fuel cell market`` varefter man går igenom länkarna och når DOE:s hemsida varifrån man får deras marknadsanalys om branschen och den globala marknaden. För noggrannare information om indelningen av alla tre applikationsfält för bränsleceller måste man söka enskilt med deras namn och på engelska. Man skall lägga märke till företagen som nämns i rapporten och utifrån det börja leta fakta om dem.

Ett annat är olika intresseorganisationer som t.ex. World Nuclear Association. Det finns mängder av källor varifrån man kan få information om en enskild energiteknologi men

det kan bra anses att större organisationer har en mera pålitlig information. Beroende på vilka energiteknologier man vill behandla så finns det en världsorganisation för den.

Information från ett resultat kan leda till ett annat. Som exempel kan det nämnas att från DOE:s rapport togs bärbara bränslecellen Upp<sup>TM</sup> för att få ett exempel på en kommersiell produkt. Från det hittades websidan för produkten och därifrån vidare utvecklades undersökningen till att få en opartisk produktrevy då inte det fanns tillgängligt ett exemplar för empiriska studier. När det kommer till substitut kan man utgå från logiska slutsatser vad konsumenten kunde använda i stället.

Nyheter om bränsleceller hittas med det som sökord för respektive språk. Vid insamlingen av källor till detta arbete lästes sidorna från t.ex. YLE och Kauppalehti dagligen för att hitta intressanta och relaterade artiklar som handlar om bränsleceller.

### **3 RESULTAT**

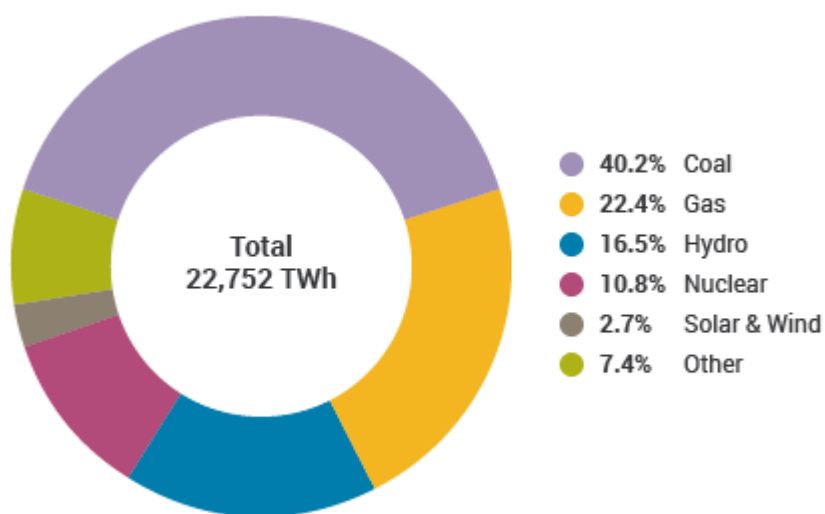
I detta kapitel tas resultaten upp och utgör sammandraget från global-, världsdels-, landsmässig- och företagsinformation. Informationen betraktar flera aspekter för att skapa en så övergripande bild för läsaren som möjligt. Resultaten på bränslecells applikationer är indelade enligt samma struktur som i introduktionen.

#### **3.1 Världsmarknaden**

Bränslecellsindustrin växer varje år enligt marknadsrapporterna från varierande källor. Enligt DOE:s marknadsrapport från år 2014 ökade värdet på industrin till 2,2 miljarder US\$ år 2014 från år 2013 då den var värd 1,3 miljarder US\$. Enligt International Energy Agency:s rapport om elektricitet 2014, var världsproduktionen 22752 TWh år 2012 som går att se i figur 3. Terawatt är en enhet för att beskriva stora mängder kraft, 1TW = 1000GW ->  $10^{12}$ W. Bränslecellerna faller in i kategorin Övrigt i tabellen nedan. Därefter följer en figur från IEA:s Key World Statistics 2015 dvs. nyckelstatistiken till energi-produktionen och konsumtionen i världen. Figur 4 visar världskonsumtionen regionmässigt från år 2013, noterbart är OECD-ländernas andel på ca fyra tiondedelar.



### World Electricity Production 2012

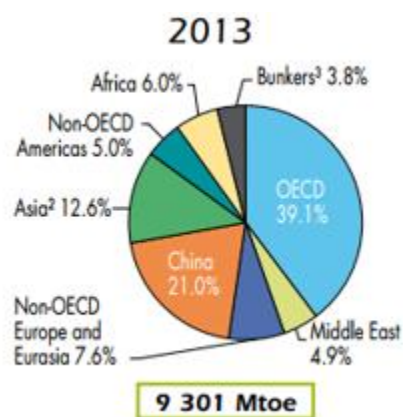


Source: IEA Electricity Information 2014

Figur 3. Världsproduktionen av elektricitet 2012 per energiteknologi. Noterbart är att gas- och kolkraft står för över hälften av produktionen.

Tabell 3. Världsproduktionen i siffror

Energikälla	Andel i %	Andel i TWh
Kolkraft	40,2	9146,304
Gaskraft	22,4	5096,448
Vattenkraft	16,5	3754,08
Kärnkraft	10,8	2457,216
Sol- och vindkraft	2,7	614,304
Övriga	7,4	1683,648

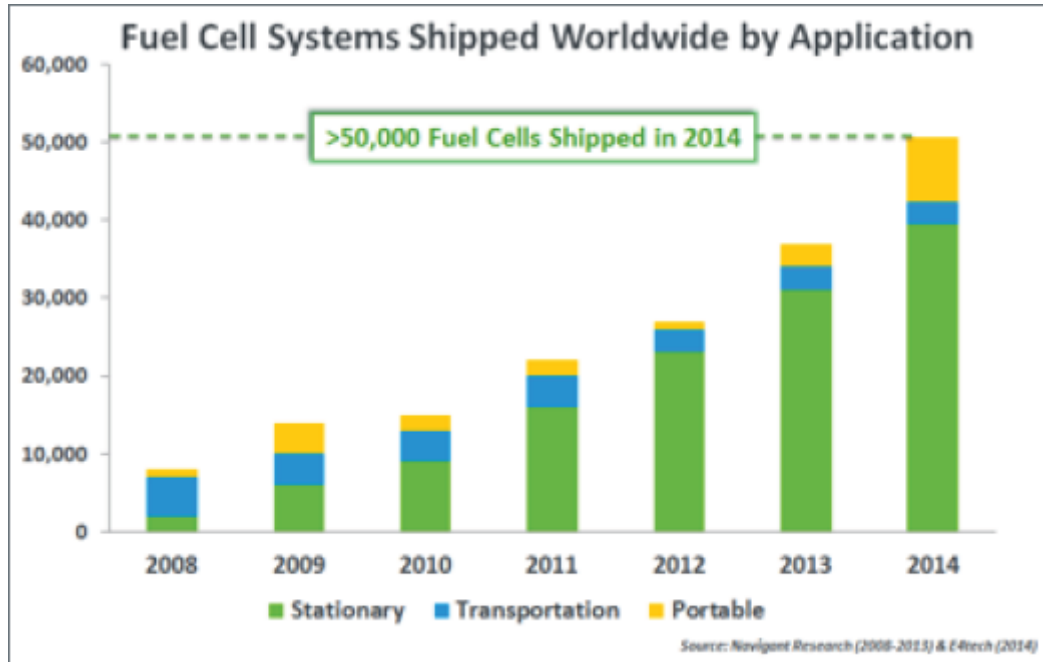


Figur 4. Global energikonsumtion regionvis

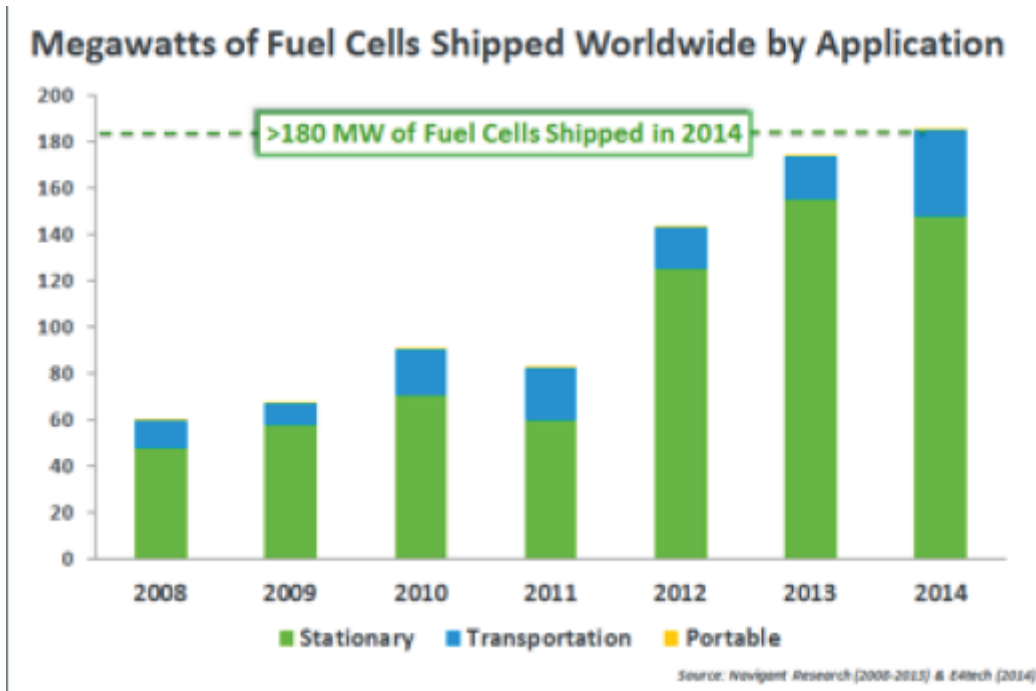
År 2013 levererades 37% mera bränslecells enheter globalt än år 2012 och det skedde en ökning i MW på 7%. Över 50 000 enheter transporterades år 2014. För att få en inblick i mängder för bränsleceller, följer det nedan tre figurer. De har olika enheter och visar olika aspekter av marknaden. Nordamerikanska företag transporterade mer än 140MW vilket är tre gånger mer än Europas och Asiens mängder.

I Asien fortsatte Japan att utveckla sitt Ene-Farm-projekt som förser japanska hushåll med bränslecells system. Projektet började redan 2009 och den kumulativa sålda mängden steg till 115000 enheter. Företagen som säljer Ene-Farm:s system, installerade mer än 30000 enheter där kraftmängden från bränsleceller var 30MW.

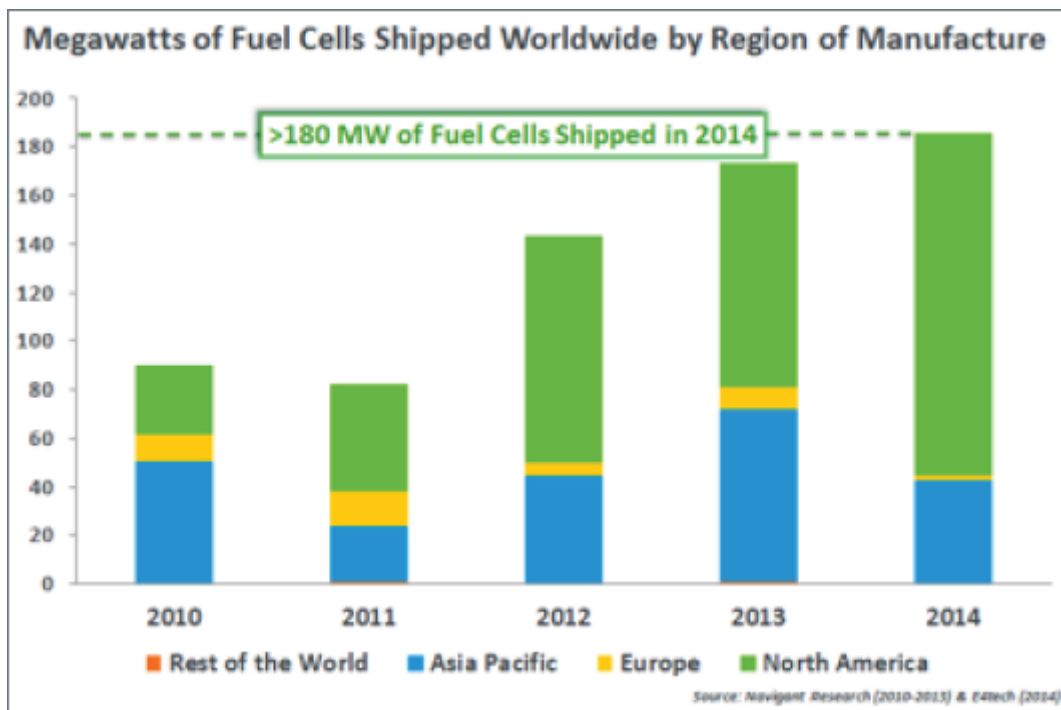
En noterbar ökning skedde i utskeppade bärbara bränsleceller inom marknadssegment som gas- och olja, säkerhet och övervakning, fritidsunderhåll t.ex. externa kraftenheter för karavanfordon, friluftstugor samt camping och båtar, samt militärapplikationer t.ex. bärbar elektronik för infanterisoldater. [23]



Figur 5. Leverade mängden bränsleceller enligt styckemängd från 2008-2014.



Figur 6. Mängden levererade bränsleceller enligt MW från år 2008-2014.



Figur 7. Mängden levererade bränsleceller enligt tillverkningsregion från år 2008-2014. Noterbart är det att Nordamerika dominerar i tillverkningen av bränsleceller i MW.

### 3.1.1 Företag och i vilka länder de finns

Bränsleceller är högteknologi och produceras främst i industrialiserade länder. Exempel på några av dessa företag presenteras i tabell 4. Även deras läge samt deras produktionskapacitet och data är från år 2014 från DOE:s marknadsanalys bilaga 1 presenteras (i slutet av dokumentet).

Ett annat resultat är från Fuel Cells 2000 och deras sökmotor om de topp 200 företagen i världen som de anser att är mest aktiva inom branschen. Som begränsande sökord användes ``Fuel Cell Developer`` för att begränsa företagen till tillverkare av slutliga produkter till den kommersiella marknaden. Definitionen för en ``Fuel Cell Developer`` enligt dem är ett företag som tillverkar bränslecells staplar till stationära, transport och bärbara applikationer. Företagen som hittades med Fuel Cells 2000 var följande: 23 stycken i Nordamerika, 18 stycken i Europa, tre stycken i Asien och en i Australien. Här nedan följer en tabell av exempel på företag åt läsaren som är en kombination av information från båda källorna. Tabellen innehåller inte alla företag i världen, dess uppgift är att visa exempel på var i världen man hittar bränslecellstillverkaren. [24] [25]

Tabell 4. Exempel på bränslecells företag och var de finns i världen.

Företag	Land	Produktionskapacitet	Bränslecells typ	Applikation(er)
Ballard Power Systems	Kanada	>150MW	PEM	Transport, materialhantering, stationär
FuelCell Energy	USA	120MW (nuvarande)	MCFC	Stationär
Fuji Electric	Japan	2MW (under expansion)	PAFC	Stationär
Fuji Electric Corp. of America	USA	-	-	Stationär
Oorja Fuel Cells	USA	-	DMFC	Materialhantering, reservkraft, bärbara

PowerCell	Sverige	10MW (2000 enheter)	PEM	Reservkraft, bärbara
SFC Energy GmbH	Tyskland	-	DMFC	Reservkraft, bärbara
Bloom Energy	USA	-	SOFC	Stationär
Cellkraft AB	Sverige	-	-	Stationär
Convion Ltd.	Finland	-	SOFC	Stationär

## 3.2 Applikationer

Bränsleceller kan indelas enligt applikationer. Det har valts att följa samma struktur som i introduktionen och är indelade i tre klasser: stationära, sådana som är avsedda för transport och bärbara. Resultaten är bl.a. ekonomiska för att få en insikt i kapitalsummor som ett företag på bränslecellsmarknaden kan ha. Det förekommer alltså resultat om enskilda företags ekonomiska information. Inom transport och bärbara applikationer har det valts att ta med substitut för att jämföra nuläget bland kommersiellt tillgängliga produkter med bränsleceller.

### 3.2.1 Stationära

Marknaden för stationära bränsleceller utgörs av flera segment t.ex. enheter som producerar primärkraft för elnätverket. Underklasserna som nämndes i introduktionen finns på flera håll. I tabell 5 kan man se exempel på kommersiella stora stationära bränsleceller från vissa företag i världen som tillverkar enheter för primärkraft samt m-CHP. År 2014 beställdes eller installerades mer än 81MW av stora kommersiella stationära bränsleceller.

Tabell 5. Exempel på kommersiella stationära bränsleceller från diverse företag i världen.

Examples of Commercially Available Stationary Fuel Cells 2014 - Prime Power and m-CHP			
Manufacturer	Product	Type	Output
Ballard Power Systems Canada	ClearGen	PEM	Multi-500 kW power banks
Bloom Energy U.S.	ES-5400	SOFC	100 kW
	ES-5700	SOFC	200 kW
	UPM-570	SOFC	160 kW
Ceramic Fuel Cells Ltd. Australia	BlueGen	SOFC	2 kW
	Gennex	SOFC	1.5 kW
Doosan Fuel Cell America U.S.	PureCell System Model 400	PAFC	400 kW
Elcore GmbH Germany	Elcore 2400	SOFC	300 W
ENEOS CellTech Japan	Ene-Farm	PEM	250-700 W
FuelCell Energy U.S.	DFC 300	MCFC	300 kW
	DFC 1500	MCFC	1,400 kW
	DFC 3000	MCFC	2,800 kW
	DFC-ERG	MCFC	Multi-MW
Fuji Electric Japan	FP-100i	PAFC	100 kW
Panasonic Japan	Ene-Farm	PEM	200-750 W
Toshiba Japan	Ene-Farm	PEM	250-700 W

Det valdes att undersöka noggrannare ett av företagen i tabellen ovan för att få en bättre bild av ett multinationellt bolags verksamhet bl.a. ekonomisk information. Företaget som valdes var FuelCell Energy U.S. FuelCell Energy U.S. sålde enheter för flera MW i USA och Korea, filialen FuelCell Energy Solutions GmbH ökade sin tillväxt på den tyska marknaden. I Korea förstärkte företaget sitt strategiska samarbetsförhållande med företaget POSCO Energy och sålde eller installerade över 37MW åt POSCO. Båda företagen kom överens om ett förstärkt och förbättrat leveransnätverk. POSCO höll även på att bygga en ny fabrik som hade som mål att bli klar i mitten av år 2015 som skulle fördubbla FuelCell Energys globala produktionskapacitet. [26]

I slutet av fjärde kvartalet 31.10.2014 rapporterade FuelCell Energy rapporterade intäkter på 54,5 miljoner US\$ jämfört med föregående års (2013) resultat på 55,2 miljoner US\$.

En ökning skedde i produktförsäljning med 42,4 miljoner US\$ jämfört med år 2013 med 36,2 miljoner US\$. Service- och licensintäkter uppgick till 6,7 miljoner US\$, år 2013 var inkomsterna 15,4 miljoner US\$ men 10,2 miljoner var från ett flerårigt avtal med samarbetspartnern POSCO i Korea så resultatet är en tolkningsfråga. Avancerade teknologier kammade in 5,3 miljoner US\$ som är en ökning från år 2013 resultat på 3,6 miljoner US\$. Bruttoinkomsten för fjärde kvartalet år 2014 var totalt 6,0 miljoner US\$ jämfört med föregående års resultat på 2,6 miljoner US\$ och bruttomarginalen 2014 var 10,9% jämfört med 2013 4,7%. Ökningarna är ett resultat av en blandning av försäljningen av nyckelfärdiga projekt samt mindre produktionskostnader från effektiverade produktionsmetoder. Fiskala året 2014 inkomster var 180,3 miljoner US\$ jämfört med föregående fiskala året 2013 på 187,7 miljoner US\$.

I slutet av fjärde kvartalet 31.10.2015 rapporterade FuelCell Energy intäkter på 51,5 miljoner US\$ jämfört med 2014 resultat på 54,5 miljoner US\$. Produktförsäljningen var 43,9 miljoner US\$, service och licensintäkter 5,5 miljoner US\$ och avancerade teknologiernas intäkter var 2,1 miljoner US\$. Bruttoinkomsten var 3,1 miljoner US\$ och bruttomarginalen 6,1%, en minskning på 4,8% från det föregående året. Den totala orderstocken för fjärde kvartalet 2015 var 381,4 miljoner US\$, 2014 var den 333,9 miljoner US\$. Totala orderstocken utgjordes av 90,8 miljoner US\$ från produktförsäljning, service och lisens 254,1 miljoner US\$ och avancerade teknologier 36,5 miljoner US\$. För att jämföra utgjordes totala orderstocken för fjärde kvartalet 2014 av 113,1 miljoner US\$ från produktförsäljning, 196,8 miljoner US\$ från service och lisens och 24,0 miljoner US\$ från avancerade teknologier.

I slutet av första kvartalet 09.03.2016 rapporterade FuelCell Energy intäkter på 33,5 miljoner US\$ jämfört med första kvartalet 2015 resultat på 41,7 miljoner US\$. Produktförsäljningen var 25,1 miljoner US\$ jämfört med 2015 resultat på 33,4 miljoner US\$. Service- och licensintäkterna var 6,3 miljoner US\$ jämfört med föregående första kvartalets 3,9 miljoner US\$. Avancerade teknologierna hade en intäkt på 2,1 miljoner US\$ jämfört med föregående första kvartalets 4,4 miljoner US\$. En bruttoförlust uppkom under första kvartalet 2016 på 0,2 miljoner US\$. Året innan genererade företaget en bruttoinkomst på

4 miljoner US\$. Enligt företagets rapport skedde förlusten p.g.a. en blandning av modulutbyte och andra servicerelaterade kostnader samt aktivitet inom de avancerade teknologierna.

Höjdpunkter i företagsverksamheten från första kvartalet 2016 inkluderade nya projekt. FuelCell Energy och läkemedelsföretaget Pfizer gjorde ett 20-årigt avtal där Pfizer köper elektricitet genererat från en 5,6 MW bränslecell till sitt campus behov samt till ångan som de behöver för sina undersökningar och processer. Projektet torde vara klart vid mitten av fiskala året 2016. FuelCell Energy fortsatte att göra markanta framsteg i utvecklingen av multi-MV bränslecells parker som kan generera närtids intäkter. I Connecticut fick Beacon Falls Energy Park godkännande av det lokala rådet och 63MW projektet kan påbörjas. Två noterbara milstolpar för FuelCell Energy från de senaste åren är mängden kWh som användes av deras bränslecells kraftverk. 11.12.2014 rapporterade företaget att de hade nått 3 miljarders kWh milstolpen i använd elektricitet. Företaget installerade sitt första kommersiella bränslecellskraftverk 2003. Med att använda elektrokemiska processer för elektricitetsproduktion undvek de att bidra med tre biprodukter från den konventionella användningen av fossila bränslen, nämligen NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> och små partiklar. NO<sub>x</sub> är kväveoxid som bildar smog dvs. rökblandad dimma. SO<sub>x</sub> är svaveloxid som orsakar sura regn som förstör bl.a. skogar. Små partiklar är partikelutsläpp som orsakar andningssvårigheter hos människor t.ex. astma. Jämfört med ett kraftverk i USA som använder sig av fossila bränslen har bränslecellerna undvikt att skapa ca 25 600 ton av de ovannämnda föroreningarna. Dessutom undveks koldioxidutsläpp på 1,9 miljoner ton. En sådan mängd av koldioxid upptas från atmosfären av ca 1,4 miljoner ``acres`` som är 567 500 hektar amerikansk skog. 4 miljarders kWh milstolpen nåddes 17.09.2015, på under ett år efter 3 miljarders kWh. Utsläpp som undveks av bränslecells kraftverk motsvarade ungefär utsläppen av 408 000 bilar eller en koldioxidmängd som motsvarar vad 1,6 miljoner ``acres`` dvs. 648 000 hektar amerikansk skog kan uppta. 4 miljarders kWh skulle kunna förse 362 000 amerikanska hushåll, respektive 905 000 tyska hushåll eller 1 115 000 sydkoreanska hushåll.

``Den här milstolpen är definitivt värd att fira, eftersom det tog ungefär åtta år av vårt energigenererande arbete att nå effekten 1 miljard kWh och nu endast nio månader att öka den från 3 miljarders kWh till 4 miljarders kWh. Denna ökade tillväxt är ett erkännande för vårt operativa resultat för alla våra enheter (flotta) liksom det växande stödet för ren



elproduktion då våra bränslecellslösningar bidrar till att uppfylla målen för minskade utsläpp och förnybara standarder för portfolier'' - *Chip Bottone, Verkställande direktör för FuelCell Energy Inc.* [27] [28] [29] [30][ 31]

### **3.2.2 Applikationer avsedda för transport**

Transportindustrin har två ``hårdvaror`` som möjliggör transport av personer och gods. De är fordonen och tankningsstationerna för fordonen. Båda kommer att tas upp i detta avsnitt i den ordningen. Eftersom fokus ligger på den kommersiella marknaden så tas Toyotas bilmodell Mirai som ett alternativ för konsumenter. Som en jämförelse tas Tesla Modell S 70D upp som ett substitut och Volvo V60 med T3 bensinförbränningsmotor som ett exempel på ett konventionellt fordon.

Bränslecellsdrivna fordon, på engelska Fuel Cell Vehicles eller Fuel Cell Electric Vehicles, används inom flera områden och variationer finns såsom tidigare redan nämnts i avsnitt 1.3.2. Under år 2014 samlade stora biltillverkare mycket media synlighet med FCEV debut och kommersiella utlåtanden. Flera länder stärkte sitt stöd, sin politik och sitt finansiella bidrag till bränslecellsfordon. I april 2014 startade BMW, Daimler, Honda, Hyundai, och Toyota ett gemensamt projekt vid namn HyFive där målet är att placera ut 110 FCEV i flera städer i Europa. Projektet ägnar också att skapa vätetankningsstationer Stor-Britannien, Danmark och Österrike.

Som förberedelser för FCEV har 51 länder och regioner kommit överens att dra ner på striktheten i inspektionerna på fordonen, baserat på gemensamma säkerhetsbestämmelser. Dessa gemensamma bestämmelser handlade främst om bränsletankarna som skall innehålla vätet under hård tryck. Japans regering meddelade år 2014 att de kommer att ge en rabatt på 2 miljoner ¥ (ca 18615 US\$) åt konsumenter som köper FCEV. Dessutom skall de byta sina personbilar i statlig tjänst till FCEV. Japanska biltillverkaren Toyota introducerade sin nya FCEV modell med namnet Mirai på bilmässan i Paris samma år och försäljningen av den började i Japan 15 december. Toyota har meddelat att de kommer att investera 20 miljarder ¥ (182 miljoner US\$) för att trefaldiga den inhemska produktionskapaciteten som respons till efterfrågan. Produktionskapaciteten ökas med två

produktionslinjer i fabriken där Mirai-bilarna görs för hand, i samma fabrik har företaget tillverkat tidigare superbilen Lexus LFA. [32]

För att ge läsaren en bild och jämförelsepunkter, har tre bilmodeller tagit upp och deras tekniska information samt utseende finns att se nedan. Det är ett faktum att konsumentens val av en bil har även estetisk aspekt och därför är bilderna medtagna.



Figur 8. Toyota Mirai

Tabell 6. Teknisk information om Toyota Mirai

Modell och tillverkare	Mirai	Toyota
Bränslecellens typ	TFCS (Toyota Fuel Cell System)	SPEFC (Solid Polymer Electrolyte Fuel Cell)
Kraft	153HP, 114kW	
Vridmoment	335Nm	
Körräckvid, genomsnitt	500km	
Cellens uppbyggnad	370 celler i en rads stapling	
Elektrisk motor	Synkroniserad AC	Batteri: Ni-MH
Elmotorns kraft	151HP, 113kW	
Bränsle	Komprimerad vätgas	

Utsläpp	Zero Emissions Vehicle (ZEV)	Utsläpp: H2O
Antal vätetankar	2	
Lagringsmetod	Type-4	Högtrycks kolfibertankar
Max. tankningstryck	87,5MPa	
Normalt användningstryck	70MPa	
Tankarnas volym	Fram: 60L	Bak: 62,4L
Lagringskapacitet, massa	5kg	
Tankningstid, genomsnitt	5min	
Bränsleförbrukning, genomsnitt	4,7L/100km	
Tophastighet	Ca 178km/h	
Acceleration 0-100km/h	9,0 sekunder	
Max. minus grader för användning	-30 grader Celsius	
Pris, Tyskland utan moms., Finland inkl. moms och bilskatt	Tyskland: 66 000€	Finland: 84 500€

[33] [34] [35]



Figur 9. Tesla Model S 70D

Tabell 7. Teknisk information om Tesla Modell S 70D

Tillverkare/modell	Tesla Model S 70D
Elektisk motor	
Kraft	Totalt: 510HP Fram: 262HP Bak: 332HP
Drivmoment	525Nm
Körräckvid, genomsnitt	470km
Batteriets uppbyggnad	Li-jon batteri med mikroprocessor
Utsläpp	Inga
Tankningstid	Ca 1,5h med 240V -> 72km körräckvid
Antal tankstationer i Finland	5
Lagringskapacitet	70kWh
Topp hastighet	225 km/h
Acceleration 0-100km/h	5,4 sekunder
Pris i Finland	Ca 90 000€

[36] [37][ [38][ [39]



Figur 10. Volvo V60 T3

Tabell 8. Teknisk information om Volvo V60 T3

Tillverkare/modell	Volvo/V60 T3
Motortyp	2L bensindriven med turboaggregat
Kraft	152HP, 112kW
Drivmoment	300Nm
Bränsle	Bensin
Körräckvid	1164km
Motorns uppbyggnad	4 cylindrar, 82mm cylinderdiameter
Utsläpp, genomsnitt	123g/km
Tankningstid	Ca 5min
Bränsleförbrukning, genomsnitt	5,8L/100km
Tankens volym	67,5L
Topphastighet	205 km/h
Acceleration 0-100km/h	8,7 sekunder
Pris i Finland	Ca 40 000€

[40] [41] [42]

Det hittades inte konsistenta och jämförbara försäljningssiffror till Toyota Mirai och Tesla Model S70D globalt. Toyota meddelar information om Mirain i form producerade fordon. Tesla meddelar mängden levererade bilar åt kunder samt årliga produktionsmål.

Volvo har däremot exakt antal sålda V60:or månadsmässigt. Mirain lanserade år 2014. År 2015 var produktionen 700 stycken, år 2016 är målet 2000 stycken och år 2017 3000 stycken. Från Tesla hittades resultat som var en blandning av levererade och producerade fordon med ca ett årligt mål på 35 000 stycken levererade fordon. Volvo sålde år 2014 61 977 stycken V60:or, år 2015 45 712 stycken och mellan januari och april 12 126 stycken. [43]

Tesla rapporterar sin produktion och sitt levererande enligt kvartal. Enligt Tesla skeppade företaget vid sista kvartalet år 2014 11 627 stycken Model S bilar men de specificerade inte hur många av dem var S 70D. År 2015 levererade de från första tre kvartalen 33 117 stycken fordon och i sista kvartalet har de inkluderat Tesla Model X. Under första kvartalet av år 2016 levererade Tesla 14820 stycken fordon av vilka 12 420 stycken var Model S fordon. Företaget tror sig nå en leveransmängd på 80 000-90 000 fordon under år 2016. [44] [45] [46] [47] [48]

Tabell 9. Ett sammandrag över fordonens viktigaste egenskaper

Egenskap	Toyota Mirai	Tesla Model S 70D	Volvo V60
Drivsystem	TFCS/SPEFC	Elektrisk motor	2L + turbo
Kraft	153HP, 114kW	510HP	152HP, 112kW
Vridmoment	335Nm	525Nm	300Nm
Bränsle	Komprimerad vätgas	El från batteri	Bensin
Utsläpp	H <sub>2</sub> O	Inga	123g CO <sub>2</sub> /km
Körräckvidd	500km	470km	1164km
Tankningstid	Ca 5 min	1,5h 240V -> 72km	Några min
Pris	Ca 84 500€	Ca 90 000€	Ca 40 000€

Det finns även andra fordon som är redan på marknaden eller i testningsskede och därför nämns det några till exempel nedan, dock inte lika detaljerad som de tidigare exemplen. Ytterligare en japansk biltillverkare Honda kom ut med sitt fordon FCV CONCEPT på bilmässan i Los Angeles (Los Angeles Auto Show), en efterträdare till FCX Clarity. Bilmens försäljning har planerats att börja i mars 2016 på inhemsk marknad och senare i USA och Europa.

Volkswagen premierade med sin bränslecellsbil även på Los Angeles Auto Show. Fordonet var ett undersökningsprojekt som heter Golf SportWagen HyMotion. Som drivlina använder den sig av en fjärde generations 100kW bränslecell. Fordonet accelererar från 0-100km/h på 10,0 sekunder och körräckvidd på 500km. Vätet är lagrat i kolfibertankar under fordonet. Flera undersökningsfordon har blivit byggda och de baserar sig på den amerikanska versionen av Volkswagen Passat och de använder samma komponenter som SportWagen HyMotion. Ett märke till av Volkswagen koncernen, Audi, hade en A7 Sportback på utställning samtidigt och även den använder sig av samma bränslecellssystem.

Ett framsteg till kom i oktober när Mercedes-Benz FCEV bilflotta passerade 300 000km milstolpen i sin undersökning som utfördes under vardagsförhållanden. De debuterade även med ett nyttofordon, G-Code, vid öppningstillfället av ett nytt forsknings- och utvecklingscenter i Beijing. Fordonet är en hybrid med en motor med turboaggregat som använder sig av väte som driver framhjulen. En elektrisk motor driver bakaxeln och överför kraft selektivt till bakhjulen.

DOE:s National Renewable Energy Laboratory och General Motors har påbörjade ett gemensamt projekt för att dra ner på kostnaderna på bränslecellsstaplarna (fuel cell stacks). Genom att satsa på forskning och utveckling av material som används till bränsleceller samt förbättrade tillverkningsmetoder skall få kostnaderna att sjunka. Projektets finansiering går upp i miljoner US\$ och sträcker sig över flera år. Fokus ligger bl.a. på att minska mängden platina som används som elektrod, nå ökning i energidensitet, att få en bättre förståelse av föroreningar i bränsleceller och deras inverkan på cellens prestanda och öka på produktionshastigheten för att dra fördelar av stordrifts produktion.

Tankstationer är andra halvan inom transportindustrin. År 2014 togs det i bruk 17 nya vätetankstationer globalt. Två i Nordamerika, tre i Asien och tolv i Europa. För att ge en bild om hur infrastruktur kan utvecklas tas det upp resultat från USA, Asien och Europa i respektive ordning.

I USA har projektet H2USA som startades 2013 för att öka på takten för landets infrastruktur för FCEV och som i sig har lett till att över 30 företag och organisationer är kopplade till bränsleceller. År 2014 välkomnades nya medlemmar till H2USA-projektet, där en av deltagarna var delstaten Kalifornien som representeras av California Energy Commission. Kommissionen delade ut en stor summa kapital som finansierings utmärkelser till företag för utvecklingen och implementeringen av tankstationer på en total summa på 46,6 miljoner US\$. Detaljerna av detta kan ses noggrannare i tabell 10. Finansiering möjliggör 13 nya stationer i Norra Kalifornien och 15 i Södra Kalifornien och en mobil tanknings enhet. Företaget FirstElement Fuel , Inc. fick dessutom lån från Toyota och Honda som hjälpbidrag för att vidare utveckla tankstationerna Toyotas lån var 7,3 miljoner US\$. Hondas andel var 13,8 miljoner US\$ för möjliggöra med delstatens hjälp bygandet av ytterligare 12 stationer som skulle öka FirstElements Fuel:s nätverk till 31 stationer, 19 av dessa stationer finns specificerade i tabellen nedan; [49]

Tabell 10. Pris från Kaliforniens energikommission åt företag för att ha installerat vätetankstationer i Kalifornien

California Energy Commission - ARFVTP Funding Awards for New Public Hydrogen Refueling Stations		
Company	Award	Details
FirstElement Fuel, Inc.	\$2,902,000	To construct two 100% renewable refueling stations in Los Angeles.
	\$24,667,000	For 17 stations located in Campbell, Coalinga, Costa Mesa, Hayward, Laguna Niguel, Lake Forest, La Canada Flintridge, Long Beach, Mill Valley, San Diego, San Jose, Santa Barbara, Saratoga, South Pasadena, South San Francisco, Redwood City, and Truckee.
HyGen Industries, LLC	\$5,306,814	To construct three 100% renewable hydrogen refueling stations located in Orange, Pacific Palisades, and Rohnert Park.
Linde LLC	\$4,250,000	To install two hydrogen refueling stations in San Ramon and Oakland.
ITM Power Inc.	\$2,125,000	To install a hydrogen refueling station in Riverside.
Air Liquide Industrial US	\$2,125,000	To install a hydrogen refueling station in Palo Alto.
HTEC Hydrogen Technology & Energy Corporation	\$2,125,000	To install a hydrogen refueling station in Woodside.
Ontario CNG Station Inc.	\$2,125,000	To install a 100% renewable hydrogen refueling station in Ontario.
Gas Technology Institute	\$999,677	To design, fabricate, test, and deploy a fully operational, commercial mobile hydrogen refueler with the capability to fill either 350 bar or 700 bar vehicle tanks through onboard metered dispensing hoses.
<b>TOTAL</b>	<b>\$46,625,491</b>	



I Asien bestämde flera länder år 2014 för fortsatt finansiering av vätetankstationer. Japans Ministry of Economy, Trade and Industry var deras Hydrogen/Fuel Cell Strategy Council dvs. Väte- och bränslecells strategiråd på svenska, lade ut en trefasig strategi där första fasen har konkreta mål för transport industrin. I första fasen planerades det att vätetankstationer för FCEV skall ökas till 100 stycken samt kommersialiseringen av FCEV år 2015. År 2016 skulle vätedrivna bussar introduceras och kommersiella samt industriella bränslecellssystem av typen SOFC år 2017. Fas två och tre var mera diffust bestämda. De består av fullskalig produktion av vätebaserad energiproduktion och lagring men är inte noggrannare definierade.

Den Europeiska Unionen gjorde upp nya direktiv för att bygga upp infrastrukturen kring tankstationer för förnybart bränsle men sänkte sedan antalet vätetankningsstationer och el-laddningsstationer för medlemsstaterna som de måste ha installerade vid år 2020, planerna och riktlinjerna för hur de når målen måste vara klara vid slutet av år 2016. I medlemsstaterna som väljer att satsa på infrastruktur för vätebränsle, syftar direktivet på att säkerställa en tillräcklig mängd av tankningsstationer med gemensam standard att vara byggda vid slutet av år 2025. EU:s Transeuropeiska transportnätverksprogram *TEN-T* kommer att utveckla nationella planer för Belgien, Finland och Polen. Programmet kommer att utveckla en regionalplan till Riga i Lettland och dessutom genomföra ett test med tre vätetankningsstationer med innovativa element i Finland i Helsingfors hamn och i Göteborg i Sverige. I Tyskland bekräftade deras nationella organisation för vätebränsle-cells teknologier sitt engagemang tillsammans med diverse andra organisationer att utveckla den tyska infrastrukturen med två miljarder € över följande tio åren. Daimler och Linde Group började samarbeta tillsammans med diverse olja- och gasföretag för att öka på mängden vätetankstationer i Tyskland. Företagen investerar kring tio miljoner € i tio tankstationer och första öppnades åt allmänheten i september år 2014 i Berlin-Charlottenburg. Stor-Britanniens regering offentliggjorde planer på stöda framträdandet av FCEV och en infrastruktur för vätetankningsstationer med elva miljoner £ (17,4 miljoner US\$). Dessa elva miljoner £ är fördelat enligt följande: två miljoner för att uppgradera sex till åtta stationer som redan är i bruk som demonstrationsprojekt till offentliga stationer, 3,5 miljoner £ till ett antal mellan fyra och sju nya stationer och två miljoner £ till 40 FCEV i offentliga sektorn. [50]

För att tävla inom transportindustrin måste bränslecellerna vara effektiva, de måste ha någon fördel eller fördelar. Dessa kan vara effektivitetsgraden av en motor, bränslekostnader, anskaffnings- och driftkostnader, skattelättnader, lagstiftning mm. Exempel på sådana faktorer tas upp till följande från varierande tidskrifter. Som nämnt i introduktionsavsnittet för investeringar 1.4 har Norge och Nederländerna påbörjat lagstiftning för att övergå från fordon med förbränningsmotorer till batteri- och bränslecellsdrivna fordon.

Ytterligare en nyhet har med effektivitetsgraden att göra med. Enligt nyheten från Kauppalehti och ScienceNews som handlar om en publicerad rapport i *Journal of materials Chemistry A*. Båda nyhetsartiklarna börjar med att det är prognosticerat att väte kommer att vara framtidens bränsle och nya undersökningar som denna är ett steg mot den utvecklingen. Forskarna Arvin Kakekhani och Sohrab Ismail-Beigi från universitet i Yale skrev en rapport där de hade upptäckt och undersökt att ferroelektriska oxider som katalysatorer för att mera effektivt separera väte och syre från vattenmolekyler. Katalysatorn behöver en yta för att fånga vattenmolekylen för att kunna spjälka den och sedan släppa väteatomen. I användningen av ordinära katalysatorer har man varit tvungen att kompromissa mellan dessa två processer, enligt gjorda datorsimuleringars resultat kan man tillverka ferroelektriska substanser som b.la. blytitanat så att de lätt kan fånga molekylerna för att sedan med hjälp av värme byta om till att släppa atomerna effektivare än tidigare. Kakekhani säger dock att undersökningen har varit på konceptnivå och borde konfirmeras med experiment.

[51] [52] [53]

I en annan nyhet från Kauppalehti publicerad 10.03.2016 skriver Maiju Vehviläinen om olja som bränsle i artikeln ``Öljyn aika loppuu``. Artikeln handlar om efterfrågan på olja kommer att ta slut och vid vilken tidpunkt. Till den har hon intervjuat flera personer som har med oljebranschen att göra. Enligt svaren från de intervjuade så kommer efterfrågan att ta slut och de flesta förespråkar att de kommer att ske mellan 2030-2050. Detta korrelerar med det senaste klimatmötet i Paris.

Hon skriver även att sambandet mellan konsumtionsbeteende angående oljans pris och efterfrågan har ändrats, som konstant påpekas av IEA (International Energy Agency) i deras rapporter. Många trodde att oljans världsmarknad skulle balanseras av de sjunkande

priserna men så har det inte gått och det har funnits en överproduktion. Detta ser man även från figur 3 i avsnitt 1.5.1 i detta arbete som är från EIA:s (Energy Information Administration) STEO-analys. IEA förklarar också fenomenet med att världsmarknaden har blivit mer oljeintensiv dvs. för att nå samma bruttonationalprodukt som tidigare behöver man inte använda samma mängd olja. Vissa länders regeringar har snappat upp möjligheten som den billiga oljan har möjliggjort med att ta bort subventioner och stöd som håller oljans pris konstgjort förmånlig.

Det andra som har skett är att den billiga oljan inte tycks ha verkat som ett substitut för investeringar i förnybar energi. Bloomberg New Energy Finance rapporterade en rekordhög summa på 329 miljarder US\$ investeringar i förnybar energi år 2015. Trots oljans pris, ökar investeringarna i förnybar energi år för år p.g.a. klimat- och energipolitik, stöd och subventioner, samt teknologiska framsteg. Olja är dock fortfarande den mest använda primärkällan för energi enligt artikeln. Men även om trenden tycks vara sjunkande efterfråga och överproduktion så är det ett faktum att den ökade förmögenheten hos människor i Afrika, Indien och Kina kommer att önska ta del av privatbilismen som västvärlden redan är van med. Dessutom kommer världens befolkning att öka och likaså energikonsumtionen. Men t.o.m. de mest sansade forskarna är av den åsikten att oljans andel av världsmarknaden kommer att minska så spridningen gällande åsikterna om tidpunkten. Professor Christian Breyer som är specialiserad i förnybara energins framtid säger i intervjun att från ett teknologisk och ekonomisk synvinkel är oljeindustrin totalt ersättningsbar vid detta århundradets mitt. Han säger att batteridrivna fordon kan prismässigt tävla med fordon med förbränningsmotorer 2030-2040 och att oljeindustrin kan tappa sin betydelse redan på 2050-talet. Även Bloomberg New Energy Finance har räknat ut att ifall utvecklingen sker som tidigare kommer en långdistans elbil att kosta under 22 000 US\$ år 2040 men det är många som tycker att uträkningen är för optimistisk. [54]

Exempel på statligt stöd till miljövänligare fordon finns det även från Finland. Enligt artikeln i Helsingin Sanomat publicerad 13.04.2016 har finska statens prov med skrotningsbidrag hämtat till landet ca 8000 bilar med låga utsläpp. Ungefär 60% av de inköpta bilarna skulle inte ha inskaffats utan bidraget under provtiden. Målet med försöket var att förnya Finlands flotta av bilar till nya miljövänligare och säkrare fordon. Undersökningen

har gjorts av Trafi tillsammans med bilindustrin. Staten betalade 1000€ stöd åt konsumenten som valde att skrota sin bil, bilen i fråga måste dock vara minst tio år gammal vid köpstunden av den nya bilen med låga utsläpp. Dessutom betalade bilindustrin ett extra tillägg på 500€ åt konsumenten. Försöket gav ett positivt resultat. Uträkningar från Trafi säger att helhetsavkastningen åt staten blev över 28 miljoner € och att utan bidraget skulle staten ha gått miste om 17 miljoner € i form av bilskatt. [55]

### 3.2.3 Bärbara applikationer

Bärbara applikationer utgörs av bränsleceller som är avsedda för att vara mobila. De är i stort sätt enheter som producerar små mängder av kraft men det finns undantag. En annan benämning är mikrobränsleceller. I denna del kommer resultaten på exempel på PEMFC och DMFC för att tas upp. [56] [57]

Företaget Intelligent Energy lanserade sin bärbara bränslecell år 2013. Produkten heter Upp™ och år 2014 fick företaget nya distributions och försäljnings samarbetare bl.a. Brookstone i USA och Apple i Stor-Britannien. Produkten är en extern laddare till bärbar elektronik och den består av en bränslehållare och en bränslecell. Elektricitet överföringen sker med en USB 2.0-kabel. Nedan följer en tabell av teknisk information om produkten.

Tabell 11. Teknisk information om UPP™

Upp™	Bärbar extern laddare
Spänning	5V
Kraft	5W
Maximal strömavgivning	1000mA
Bränslecells typ	PEMFC
Dimensioner inkluderat dammskydd	124,5mm x 40mm x 48mm
Vikt	235g

Bränslehållaren	
Kapaciteten	25 Wattimmar
Bränsle	Väte
Lagringsmedium	Nickelmetalhydrid Ni-MH
Vardags exempel: gånger man kan ladda en smart-mobiltelefon	5 (dock beror det på telefon modellen enligt tillverkaren)
Dimensioner	90,5mm x 40mm x 48mm
Vikt	385g
Livslängd	9 år (enligt tillverkaren)
Pris	*

*\*Företaget Intelligent Energys websida ger inget pris, dessutom när man försöker komma åt prisinformation via ``Buy Now``-länken så kommer man till en ickefungerande websida. På samarbetspartner Brookstones websida hittar man inte överhuvudtaget produkten. Besökts 27.04.2016.*

[58]

Det fanns inte tillgång till produkten för att kunna göra empiriska studier. Däremot hittades det ett videoklipp från sociala median YouTube. Användarnamn ``mikeselectricstuff`` har gjort en produktrevy av Upp<sup>TM</sup> som är publicerad 19.12.2015 under kategorin Vetenskap och teknik. Videoklippen heter ``The ``Upp`` fuel cell charger. A completely pointless product.``. Personen har över 60 000 följare och därför valdes videoklippen som referens till produkten. Videoklippen är inte heller sponsorerat eller beställt av något företag, därför kan det antas att den är objektiv. I klippet ingår en ekonomiska, praktiska och tekniska undersökningar, istället för att endast ha t.ex. ekonomisk information från någon annan revy. Han börjar med att berätta förklara att det är en laddare som använder väte och är en nisch produkt. Redan i början av revyn undrar han att varför den är gjord. Han påpekar att Upp<sup>TM</sup> kostade 150£ vid dess lansering och 50£ för extra bränslehållaren. Han fortsätter med att ta upp fördelen att bränslehållarens livstid är 9 år enligt tillverkaren men för att få igång processen behöver produkten startelektricitet som kommer från ett litiumbatteri. I produktpaketet kommer det med ett dammskydd som även fungerar som en laddningsstation för bränslecellens litiumbatteri ifall den skulle bli tom dock om den tappas bort blir produkten så gott som värdelös. I hans analys om priset och fördelarna tar

han upp faktumet att konsumenten kan köpa ett litiumbatteri med mera kraft och mAh till ett lägre pris. Han poängterar också att bränslehållarna inte går att laddas själv av konsumenten och måste bytas ut hos en återförsäljare. I hans undersökning på tillverkarens websida visar det sig att de flesta återförsäljarna finns i London. Han letar upp liknande produkter som går att laddas av konsumenten och hittar laddningsenheter som kostar 419\$ och 719\$ och konstaterar i sarkastisk ton sin åsikt över dem.

Revyn fortsätter med att undersöka ifall de givna värden för bränslecellens kapaciteter stämmer. Han applicerar 500mA och noterar att spänningen sjunker. Vid 600mA stänger produkten av sig men han säger att det kan bero på att bränslehållaren inte är full. Eftersom det är en laddare, prövar han ifall den stänger av sig då enheten den laddar är fullt laddad och slutar dra ström, vilket Upp<sup>TM</sup> gör. Han fortsätter med att leka med bränslehållaren och därför tas det inte mera upp om det här. Till följande tar han bränslecellsmodule i bitar, bygger om den för att kunna göra vidare tester på kraften den ger ut. Han når vid det här skedet till en effekt på ungefär 1W men påpekar igen att det kan bero på mängden väte i bränslehållaren. Han låter systemet vara igång med minimalbelastning över en natt så att trycket kan byggas upp tillbaka. Sedan använder han 1 ampere och höjer spänningen till 2,5V och får 2,5W ut ur bränslecellen. Han fortsätter med att öka på A och får ett värde som närmar sig 5W, det som tillverkaren har gett ut som bränslecellens effekt.

Han summerar sin analys med att säga att det är intressant teknologi men att ny teknologi och nya manickor borde lösa ett problem eller ha ett mervärde och fördelar jämfört till existerande teknologi på marknaden. [59]

I en nyhetsartikel av Michael Kanellos åt Forbes, publicerad 31.01.2013, beskrivs liknande synpunkter som togs upp i det tidigare nämnda videoklipppet om bärbara bränsleceller som fungerar som externa laddare till elektriska apparater. Han skriver att bärbara applikationer har varit en av de svåraste segmenten för ``grön`` teknologi. Som ett exempel på en produkt tar han upp Nectar av Lilliputian Systems, ett företag som är baserat i Massachusetts, USA. Han påpekar att Nectar låter fantastisk och den kan hålla en persons mobiltelefon laddad i två veckor. Sedan tar han upp finansieringen. Lilliputian Systems

har samlat in 140 miljoner US\$ över flera omgångar och att få in summan i intäkter kommer inte att vara lätt. Problemet han lyfter upp är Nectar:s försäljningspris på 299 US\$ och extra bränslehållare för 9,99 US\$. Han argumenterar över om konsumenter verkligen är färdiga att köpa en laddare med ett volatilt bränsle för detta pris till vilket han konstaterar att de inte är, då det finns laddningsstationer på offentliga ställen sedan länge tillbaka. Enligt Kanellos har klyftan mellan elnätverket och bärbar elektronik stängts för länge sedan. [60]

Eftersom det tidigare nämndes litiumbatteri som ett substitut, tas till följande upp ett resultat från den finska marknaden. För att jämföra Upp<sup>TM</sup> till ett litiumbatteri, så får man på den finska marknaden från Teknikmagasinet en extern laddare till bärbar elektronik som har 20 000 mHa, två USB-portar där ena är 2,1A och den andra 1A, en solpanel för underhållningsladdning, dimensionerna är 85mm x 160mm x 26mm, vikten är 483g. Priset för denna laddare är normalt 59,99€ och under detta arbetes skapande på rea för 49,99€. [61]

Ett annat bränsle för bärbara kommersiella bränsleceller är metanol och bränslecellstypen DMFC. Även om bränsleceller spjälkar vätet från metanolen så är inte bränslet vätgas utan metanol. Det har valts två resultat från den kommersiella marknaden för att få en inblick i applikationer med DMFC. Företaget Oorja Fuel Cells som är baserat i Fremont, Kalifornien, producerar denna sorts bränsleceller. Deras bränsleceller används för diverse ändamål så som material- och godshantering, telekommunikation och stationära applikationer samt bärbara applikationer. För mobila applikationer har de Model 3.

Tabell 12. Teknisk information om Oorja Fuel Cells Model 3

Prestanda	Bruttoeffekt: 1,5kW
	Nettoeffekt: 1,1kW
	Spänningsskala: 24V (18V–28V); 48V (44V–55V)
	Tid från start till toppeffekt: 20min
Driftsförhållanden	Miljöförhållanden: -20°C - 45°C

	Bränslecellens driftförhållanden: 25°C-80°C
	Fukt: Ingen påverkan
	Max. arbetshöjd: 1981m
Design	Dimensioner: 77,5cm x 32,4cm x 34,3cm
	Vikt: 77kg
	Tankens kapacitet: 12L
	Oljud under drift: <70dB
Bränsle	Metanol (destillerad vatten mix eller ren, 50% eller 100%)
	Bränsleförbrukning: 0,8L/kWh
Utsläpp	Koldioxid: <3%
	Metanol: <0,23% (inte giftigt mängd)
	Vatten: 99,77%
	Avfallsvolymen: 270ml/h

[62] [63]

Ett annat företag är tyska SFC Energy och deras DMFC produktfamilj är EFOY Comfort. Deras produkter är tillgängliga i 26 länder, även i Finland. De marknadsförs på företagets hemsida för marknadssegment som karavanbilar, båtar och stugor. Som tidigare nämnts i arbetet är det för tillfällen när man inte har tillgång till elnätverket. Det finns tre modeller i produktfamiljen.

Tabell 13. Teknisk information om EFOY Comfort

EFOY Comfort	80	140	210
Max. effekt	40W	72W	105W
Laddningskapacitet/dygn	80Ah	140Ah	210Ah
Spänning	12V	12V	12V
Ström vid 12V	3,3A	6,0A	8,8A
Förbrukning/kWh	0,9L	0,9L	0,9L
Vikt	7,1kg	7,8kg	8,5kg



Dimensioner	44,3cm x 20,2cm x 28,8cm	44,3cm x 20,2cm x 28,8cm	44,3cm x 20,2cm x 28,8cm
Miljöförhållanden	-20°C - 40°C	-20°C - 40°C	-20°C - 40°C
Garanti	2 år	2 år	2 år

## Bränsletankar till bränslecellerna

Tabell 14. Teknisk information om EFOY bränslehållare

Bränslehållare	M5	M10
Volym	5L	10L
Nominell kapacitet	5,5kWh/460Ah	11,1kWh/925Ah
Vikt	4,3kg	8,4kg
Dimensioner	19cm x 14,5cm x 28,3cm	23cm x 19,3cm x 31,8cm
Förbrukningsdagar, genomsnitt	15	30

Finansiell data från senaste åren reflekterar en minskning i försäljningen. I SFC Energys årsrapport från 2015 berättar Dr. Peter Podesser från företagets styrelse om orsakerna till minskningen. Det skedde två oförutsägbara händelser på marknaden av vilka den ena var oljans marknadspris kraftiga ändring, oljan blev förmånligare. En annan orsak var att tyska försvarsmakten Bundeswehr inte fick igenom sina reformer och därför pausades företagets projekt med försvarsmakten. Finansiell information om företaget nedan.

Tabell 15. Ekonomisk information om SFC Energy

	01.01.-31.12.2014	01.01.-31.12.2015	Procentuell ändring
Försäljning	53 631 000€	47 310 000€	-11,8%
Bruttovinst	15 661 000€	13 227 000€	-15.5 %
Intäktsmarginal	29.2%	28.0%	-
Orderstocken	10 626 000€	11 759 000€	10.7 %
Heltidsanställda	246	235	-4.5 %

[64] [65] [66] [67] [68] [69]

## 4 DISKUSSION

I detta kapitel diskuteras resultaten. De tas upp enligt samma struktur som i tredje kapitlet. Målet med diskussionen är att tolka resultaten som fåtts om bränslecellernas marknad och en jämförelse till andra energiteknologier.

### 4.1 Världsmarknaden

Även om bränslecellernas andel på världsmarknaden inte är bland de topp tre energiformerna, kan de ses som ett seriöst alternativ som en energikälla i framtiden. Det är för att lagstiftningen generellt sätt går mot ett håll och en framtid där fossila bränslen inte används eller deras användning försöker minimeras. Exempel på detta är klimatmötet i Paris samt Norges och Nederländernas lagstiftning om försäljningsförbudet av fordon med förbränningsmotorer åt privatkonsumenter. Mängden levererade enheter på styckevis och i kraftenheter såsom kW antyder på en växande världsmarknad för bränsleceller i framtiden. Men eftersom deras andel är en knappa tiondedel argumenterar jag för att bränsleceller inte kommer att ersätta någon annan energikälla i sin helhet i nära framtiden. De har dock sina delområden var de kan verkligen etablera sig.

Orsaken till varför bränslecellsindustrin använder sig av olika mätvärden för att kolla hur många bränsleceller levereras någonstans i världen kan ha med följande att göra. Det ger en felaktig bild om hur mycket kapital rör sig i branschen om man endast kollar på styckemängden sålda enheter för har man t.ex. sålt tre stycken multi-MW bränsleceller för att bygga upp en kraftverkspark så ger det en bättre bild att rapportera om det i MW. Levererade mängder enligt tillverkningsregion och i MW ger en bild av var i världen t.ex. stationära bränsleceller som producerar mycket mera kraft än bärbara enheter tillverkas och därmed ser man också vart företagen, arbetarna och know-how:n är centrerad.

## 4.2 Övriga energiteknologier

Olja fungerar som primärkälla för världens transport och jag påstår att den kommer att göra det fram till 2050. Förändringen i bilflottan till väte- och eldrivna fordon kommer att ske snabbare i industrialiserade länderna. Det beror på faktorer så som statligt stödda investeringar, borttagning av subventioner för prismanipulering av bensin och diesel samt lagstiftning för att nämna några.

Produktionen av elektricitet domineras av kolkraft. Ca 41% av den totala konsumtionen utgörs av det vilket nämndes i introduktionen och i resultaten. Kolbrännandet skapar dock koldioxid, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> och små partiklar som är farliga för miljön och människan. Har man följt med världsnyheter så har man säkerligen stött på bilder från Kina där rökblandad dimma dvs. engelskans smog, som är en verklighet. Detta är inte hållbar utveckling.

Kärnkraft är en ren energiform ifall man bortser avfallet. Kärnkraft är med dagens standarder en säker och konstant energikälla. Teknologin kan dock medföra verkliga strålningskatastrofer för omgivningen t.ex. Tjernobyli och Fukushima. Detta kan inte ske med bränsleceller. Kärnkraftens andel i världsförsörjningen av elektricitet är på väg att öka enligt World Nuclear Association. Jag antar att det beror på utsläppsmål från diverse länder medan industrier söker efter energikällor som försörjer deras elektricitetsbehov för att driva sin verksamhet. Ett annat faktum är energidensiteten i radioaktiva materialet som används som bränsle, den är överlägsen. Även om man kan producera primärkraft och därmed elektricitet så har vissa delar av samhället ett så enormt behov av el att bränsleceller inte kan rakt ersätta det. Men de är ypperliga som en reservkälla för t.ex. sjukhus vid strömavbrott då de kan fysiskt placeras nära lokalerna som behöver oavbrutet elektricitet.

Det investeras stort i solkraft enligt världsnyheter. Det är dock ett faktum att deras lönsamhet har mycket att göra med var de är belägna. Så som tidigare förklarats med solljusets intensitet, är detta problematiskt för t.ex. Norden. Nordens höst- och vintermånader är inte heller ljusintensiva som skapar ett bränsleproblem för solkraftverken. Solkraft är en ``grön`` energikälla men den är inte lika pålitlig och konstant som t.ex. kärn- eller kolkraft. Enligt världsmarknadsrapporten utgör solkraft kombinerat med vindkraft en ca 3%

andel men informationen är fyra år gammal vid tidpunkten av detta examensarbete och färskare resultat kunde ge en annan bild av situationen. Vindkraft lider av investeringskostnaderna som krävs för ett vindkraftverk men den har förmånliga aspekter i underhåll och drift. Det är inte en konstant energikälla och kräver geografisk planering dvs. undersökningar och uträkningar om var det tenderar att blåsa.

## **4.3 Applikationer för bränsleceller**

### **4.3.1 Stationära applikationer**

Enligt resultaten av t.ex. FuelCell Energys kWh milstolpar där det tog åtta år för att nå en miljards målet medan det tog under ett år för att komma från tre miljarder kWh till fyra miljarder kWh. Det här visar att stationära bränsleceller har en framtid även om de ekonomiska siffrorna inte visar det som är från de senaste åren vilket kunde förklaras med ett rejält skift i oljans pris samt servicekostnader som i FuelCell Energy:s fall.

Som tidigare nämnt håller lagstiftningen globalt att gå mot ett håll där man försöker minska användningen av fossila bränslen om inte helt förbjuda dem, vilket skapar ett tomrum på primärkraftsmarknaden och ger ytterligare möjligheter till företag som tillverkar stationära bränsleceller. De kan användas för reservkraft till livsviktiga instanser och samhällsfunktioner. De kan appliceras till att försörja residensboenden som t.ex. i Japan. Bränsleceller kan installeras på platser som saknar infrastruktur av diverse skäl.

### **4.3.2 Applikationer avsedda för transport**

För att få en bild av transportindustrin och speciellt den kommersiella sidan valdes tre bilmodeller. Enligt undersökningarna och resultaten är Toyota Mirai det mest seriösa exemplet av en vätedriven bil åt konsumenter. Teslas Model S 70D valdes som substitut som tävlar i alternativen för ett utsläppsfria fordon. Som ett exempel på ett konventionellt fordon valdes Volvos V60 T3. Teslas bil är ett substitut till Mirain då ingendera av dem förbrukar direkt ett fossilt bränsle. V60 T3 valdes för att den ansågs vara i samma klass som de två övriga personbilarna.

Mirain har den fördelen jämfört med S 70D att den nuvarande bränsleförsörjningsinfrastrukturen är vätskebaserad. En annan är tankningstiden, som är i samma klass med bensin- och dieseldrivna fordon medan Teslas bilar tar en mycket längre tid att laddas. Konsumenten kommer inte att vilja övergå från en rätt snabb visit vid en tankstation till något annat. Speciellt när det är frågan att transportera sig över längre sträckor. Även om Teslas fordon kan laddas t.ex. vid hushållets garage med solkraft enligt företagets marknadsföring är inte solkraft en konstant energikälla.

I kallare klimat som i Norden och därmed Finland, håller laddningen i el batterier sämre vilket är en ytterligare orsak till att vätedrivna fordon är ett vettigt alternativ för de kallare regionerna.

Volvo V60 T3.an har en överlägsen fördel och det är körräckvidden som ligger teoretiskt på över 1000km. Det kan påstås att den är teoretisk eftersom olika faktorer påverkar bränslekonsumtionen som övrig trafik, var körandet sker, förarens kör stil mm. Men V60:ans körräckvidd kan ändå påstås att vara minst dubbelt så stor som Mirains eller Modell S 70D:s.

Men när man jämför fordonen måste övervägas att för vilka kundsegment företagen vill nå med sina fordon och om de är menade som ett alternativ för alla eller endast vissa.

### **4.3.3 Bärbara applikationer**

Till bärbara applikationer valdes Intelligent Energys externa bärbara laddare Upp<sup>TM</sup>. Det finns på marknaden andra företag och produkter som det verkar att gå bättre för samt har vettigare pris jämfört med andra alternativ. Upp<sup>TM</sup> valdes efter undersökning p.g.a. dess brister för att även inkludera misslyckanden inom bränslecellsindustrin för att ge en mera objektiv och verklig bild. För att läsaren skall få en referenspunkt, valdes ett litiumbatteri med stor kapacitet som substitut. När man jämför dessa två produkter så är litiumbatteriet en klar vinnare med bättre kapacitet till endast ca 1/3 av priset. Väte är ett mycket volatilt grundämne vilket väcker säkerhetsfrågor hos konsumenten. Jag instämmer med Michael Kanellos och hans nyhetsartikel om det att klyftan mellan bärbar elektronik och elnätverket har stängts för en god tid sedan med de lösningarna som finns i dagens samhälle i en

urban miljö. Men bärbara applikationer såsom kraftaggregat har sitt nischområde i t.ex. friluftaktiviteter som en pålitlig energikälla då det inte finns tillgång till ett elnätverk.

Oorja Fuel Cells bärbara DMFC kan argumenteras att inte vara bärbara då deras bärbara bränslecell Model 3 väger 77kg eller inte åtminstone som en bränslecell som en enskild person lätt förflyttar från plats A till plats B men det är möjligt. De har främst applicerats i gaffeltruckar som är avsedda för godsflytt i lagerutrymmen. Deras fördelar är att de går att tanka snabbt för en fortsatt verksamhet. Bränslecellen eliminerar behovet av en laddningsstation för elbatterier som ökar ytarealen för godsförvaring.

Det tyska företaget SFC Energy GmbH och deras produktfamilj valdes för en närmare undersökning eftersom företaget uppkom ofta i Department of Energys marknadsanalys från år 2014 och enligt kraftmängden verkade produkterna vara riktade åt privatkonsumenter. Efter en snabb undersökning visade sig detta vara sant. Företagets produktförsäljnings resultat indikerar på en minskad efterfråga och detta kan ha att göra med globala priset på olja. Från olja raffinerar diesel och bensin och de väletablerade kraftaggregaten på marknaden använder sig av dem.

## **5 KONKLUSION OCH VIDARE STUDIER**

### **5.1 Konklusion**

Bränsleceller är en ren energikälla om bränslet framställs med hjälp av förnybar energi. De existerar inom flera marknadssegment i samhällen, i vissa bättre än i andra. Resultaten tyder på att de kommer att vara ett mera utnyttjat alternativ i framtiden på den globala

energimarknaden. Det ser man bl.a. på de ständigt ökande mängderna i alla tre enhetsformer som togs upp i resultaten samt inom alla applikationsområden.

Den nuvarande teknologin möjliggör dem att fylla vissa nischer i samhället ypperligt. Företagen som t.ex. Toyota som har börjat se potential för bränsleceller inverkar definitivt på framtida marknaden samt industriländernas satsningar. Även industriländer med USA, Japan och Tyskland i spetsen gör bränsleceller mera vardagliga med investeringar och lagstiftning.

## **5.2 Vidare studier**

Eftersom det här arbetet har varit en global undersökning, kunde det vara av värde att göra en undersökning på ett mera specifikt område angående bränsleceller t.ex. endast om stationära bränsleceller och hur de har applicerats inom ett land eller en region. Ett annat alternativ kunde vara en undersökning om t.ex. en DMFC till en bärbar applikation, en undersökning om prestationsförmåga med laborationer som utgångspunkt.

## KÄLLFÖRTECKNING

- [1] J. Larminie ja A. Dicks, ”Chapter 1: Introduction,” tekijä: *Fuel Cell Systems Explained*, Chichester, John Wiley & Sons Ltd, 2003, pp. 1-5.
- [2] ”FuelCell Today,” FuelCell Today, 2016. [Online]. Available: <http://www.fuelcelltoday.com/technologies/afc>. [Haettu 04 2016].
- [3] J. M. J. L. Blomen ja N. M. Mugerwa, ”Chapter 1: History,” tekijä: *Fuel Cell Systems*, New York, Plenum Press, 1993, pp. 19-21.
- [4] F. Today, ”FuelCell Today,” [Online]. Available: <http://www.fuelcelltoday.com/history>. [Haettu 04 04 2016].
- [5] Cleantech Magazine, ”Fuel Cell History,” [Online]. Available: <http://www.cleantechinvestor.com/portal/fuel-cells/6455-fuel-cell-history.html>. [Haettu 04 04 2016].
- [6] FuelCell Today, ”Stationary Fuel Cells,” 2016. [Online]. Available: <http://www.fuelcelltoday.com/applications/stationary>. [Haettu 08 04 2016].
- [7] S. Curtin ja J. Gangi, ”Fuel Cell Technologies Market Report 2014, s.11,” 10 2015. [Online]. Available: [http://energy.gov/sites/prod/files/2015/10/f27/fcto\\_2014\\_market\\_report.pdf](http://energy.gov/sites/prod/files/2015/10/f27/fcto_2014_market_report.pdf). [Haettu 08 04 2016].
- [8] FuelCell Today, ”Stationary Fuel Cells,” 2016. [Online]. Available: <http://www.fuelcelltoday.com/applications/stationary>. [Haettu 04 08 2016].
- [9] FuelCell Today, ”Transport Fuel Cells,” 2016. [Online]. Available: <http://www.fuelcelltoday.com/applications/transpor>. [Haettu 08 04 2016].



- [10] FuelCell Today, "Portable Fuel Cells," 2016. [Online]. Available: <http://www.fuelcelltoday.com/applications/portable>. [Haettu 08 04 2016].
- [11] S. C. a. J. Gangi, "Fuel Cell Technologies Market Report 2014, s.23-24," 10 2015. [Online]. Available: [http://energy.gov/sites/prod/files/2015/10/f27/fcto\\_2014\\_market\\_report.pdf](http://energy.gov/sites/prod/files/2015/10/f27/fcto_2014_market_report.pdf). [Haettu 08 04 2016].
- [12] J. Turtiainen, "Kaksi Euroopan maata aikoo kieltää uusien bensa- ja dieselautojen myynnin kokonaan," Kauppalehti, 31 03 2016. [Online]. Available: <http://www.kauppalehti.fi/uutiset/kaksi-euroopan-maata-aikoo-kieltaa-uusien-bensa-ja-dieselautojen-myyntin-kokonaan/Qany7U7W>. [Haettu 09 04 2016].
- [13] U.S. Energy Information Administration, "Nonrenewable Energy Explained," 27 10 2015. [Online]. Available: [http://www.eia.gov/EnergyExplained/?page=nonrenewable\\_home](http://www.eia.gov/EnergyExplained/?page=nonrenewable_home). [Haettu 10 04 2016].
- [14] Merriam-Webster(Dictionary), "Petroleum," [Online]. Available: <http://www.merriam-webster.com/dictionary/petroleum>. [Haettu 10 04 2016].
- [15] U.S. Energy Information Administration, "Short-Term Energy and Summer Fuels Outlook," 12 04 2016. [Online]. Available: [https://www.eia.gov/forecasts/steo/report/global\\_oil.cfm](https://www.eia.gov/forecasts/steo/report/global_oil.cfm). [Haettu 12 04 2016].
- [16] Nuclear Energy Institute, "How Nuclear Reactors Work," [Online]. Available: <http://www.nei.org/Knowledge-Center/How-Nuclear-Reactors-Work> besökt 11.4.2016. [Haettu 11 04 2016].
- [17] World Nuclear Association, "Nuclear Power in the World Today," 01 2016. [Online]. Available: <http://www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/nuclear-power-in-the-world-today.aspx>. [Haettu 11 04 2016].

- [18] World Coal Association, "Coal & Electricity," 2016. [Online]. Available: <http://www.worldcoal.org/coal/uses-coal/coal-electricity>. [Haettu 11 04 2016].
- [19] World Coal Association, "Coal Matters," 20 11 2014. [Online]. Available: World Coal Association, Coal Matters, s.1-2, [http://www.worldcoal.org/sites/default/files/coal\\_matters\\_divestment\\_future\\_role\\_coal%2820\\_11\\_2014%29.pdf](http://www.worldcoal.org/sites/default/files/coal_matters_divestment_future_role_coal%2820_11_2014%29.pdf) . [Haettu 20 04 2016].
- [20] World Nuclear Association, "Renewable Energy and Electricity," 04 2016. [Online]. Available: <http://www.world-nuclear.org/information-library/energy-and-the-environment/renewable-energy-and-electricity.aspx>. [Haettu 20 04 2016].
- [21] B. Haraldsson, "Litteraturstudie," 2011. [Online]. Available: [https://www.kth.se/polopoly\\_fs/1.308099!/Menu/general/column-content/attachment/Litteraturstudie-booklet.pdf](https://www.kth.se/polopoly_fs/1.308099!/Menu/general/column-content/attachment/Litteraturstudie-booklet.pdf). [Haettu 21 04 2016].
- [22] Science Direct, "Science Direct Homepage," 2016. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/>. [Haettu 21 04 2016].
- [23] S. Curtin ja J. Gangi, "Fuel Cell Technologies Market Report 2014, s.23-24," U.S. Department of Energy, 10 2015. [Online]. Available: [http://energy.gov/sites/prod/files/2015/10/f27/fcto\\_2014\\_market\\_report.pdf](http://energy.gov/sites/prod/files/2015/10/f27/fcto_2014_market_report.pdf). [Haettu 21 04 2016].
- [24] S. Curtin ja J. Gandi, "Fuel Cell Technologies Market Report 2014, s.66," 10 2015. [Online]. Available: [http://energy.gov/sites/prod/files/2015/10/f27/fcto\\_2014\\_market\\_report.pdf](http://energy.gov/sites/prod/files/2015/10/f27/fcto_2014_market_report.pdf). [Haettu 08 05 2016].
- [25] Fuel Cells 2000, "Fuel Cell Industry Top 200 Companies," 2016. [Online]. Available: [http://hfcarchive.org/fuelcells/top\\_200.cgim](http://hfcarchive.org/fuelcells/top_200.cgim). [Haettu 08 05 2016].
- [26] S. Curtin ja J. Gandi, "Fuel Cell Technologies Market Report 2014, s.52," 10 2015. [Online]. Available:

[http://energy.gov/sites/prod/files/2015/10/f27/fcto\\_2014\\_market\\_report.pdf](http://energy.gov/sites/prod/files/2015/10/f27/fcto_2014_market_report.pdf).

[Haettu 22 04 2016].

- [27] FuelCell Energy, "FuelCell Energy Reports Fourth Quarter and Fiscal Year 2014 Results and Business Highlights," 15 12 2014. [Online]. Available: <http://fcel.client.shareholder.com/releasedetail.cfm?ReleaseID=887788>. [Haettu 23 04 2016].
- [28] FuelCell Energy, "FuelCell Energy Reports Fourth Quarter 2015 Financial Results and Business Update," 15 12 2015. [Online]. Available: <http://fcel.client.shareholder.com/releasedetail.cfm?ReleaseID=946946>. [Haettu 23 04 2016].
- [29] FuelCell Energy, "FuelCell Energy Reports First Quarter 2016 Financial Results and Business Update," 09 03 2016. [Online]. Available: <http://fcel.client.shareholder.com/releasedetail.cfm?ReleaseID=959798>. [Haettu 23 04 2016].
- [30] FuelCell Energy, "FuelCell Energy Reaches Industry Milestone of Three Billion Kilowatt Hours of Fuel Cell Power Generation Benefiting Public Health on Three Continents," 11 12 2014. [Online]. Available: <http://fcel.client.shareholder.com/releasedetail.cfm?ReleaseID=887247>. [Haettu 23 04 2016].
- [31] FuelCell Energy, "FuelCell Energy Achieves Another Industry Milestone With Four Billion Kilowatt Hours of Ultra-Clean Power Generation," 17 09 2015. [Online]. Available: <http://fcel.client.shareholder.com/releasedetail.cfm?ReleaseID=932076>. [Haettu 23 04 2016].
- [32] S. Curtin ja J. Gandi, "Fuel Cell Technologies Market Report 2014, s.31-32," 10 2015. [Online]. Available: [http://energy.gov/sites/prod/files/2015/10/f27/fcto\\_2014\\_market\\_report.pdf](http://energy.gov/sites/prod/files/2015/10/f27/fcto_2014_market_report.pdf). [Haettu 24 04 2016].

- [33] Toyota , ”2016 Toyota Mirai Fuel Cell Sedan Production Information,” 02 12 2015. [Online]. Available: <http://toyotanews.pressroom.toyota.com/releases/2016+toyota+mirai+fuel+cell+product.htm>. [Haettu 24 04 2016].
- [34] J. Tervola, ”Toyota Mirai saa voimansa vedystä - 178 km/h, 550 km ajosäde päihittää Teslan,” Tekniikka & Talous, 17 10 2015. [Online]. Available: <http://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/autot/toyota-mirai-saa-voimansa-vedysta-178-km-h-550-km-ajosade-paihittaa-teslan-6058499>. [Haettu 24 04 2016].
- [35] Teknavi, ”Ajossa Toyotan polttokennoauto: onko aika vihdoin kypsä uudelle tekniikalle?,” 13 04 2015. [Online]. Available: <http://teknavi.fi/autot/ajossa-toyotan-polttokennoauto-onko-aika-vihdoin-kypsa-uudelle-tekniikalle>. [Haettu 24 04 2016].
- [36] Tesla, ”Support: Model S Specifications,” [Online]. Available: <https://www.teslamotors.com/support/model-s-specifications>. [Haettu 24 04 2016].
- [37] Tesla, ”Model S Homepage,” [Online]. Available: [https://www.teslamotors.com/fi\\_FI/models?redirect=no](https://www.teslamotors.com/fi_FI/models?redirect=no). [Haettu 24 04 2016].
- [38] T. Jalovaara, ”Teslan uusi perusmalli on S 70D,” Tekniikan Maailma, 08 04 2015. [Online]. Available: <http://tekniikanmaailma.fi/teslan-uusi-perusmalli-on-s-70d/>. [Haettu 24 04 2016].
- [39] Tesla, ”Tesla: Superchargers Suomi,” 2016. [Online]. Available: [https://www.teslamotors.com/fi\\_FI/findus#/bounds/70.0922932,31.5870999,59.7370386,20.5474108?search=supercharger&name=Suomi](https://www.teslamotors.com/fi_FI/findus#/bounds/70.0922932,31.5870999,59.7370386,20.5474108?search=supercharger&name=Suomi). [Haettu 24 04 2016].
- [40] Volvo, ”Tekniska data, funktioner och utrustning,” 2016. [Online]. Available: <http://www.volvocars.com/se/bilar/modeller/v60/specifikationer#>. [Haettu 24 04 2016].

- [41] Trafi, "Trafi Autovertaamo," 2016. [Online]. Available: <http://autovertaamo.trafi.fi/>. [Haettu 24 04 2016].
- [42] Trafi, "Volvo V60 T3 Business R-Design Edition," 2016. [Online]. Available: <http://autovertaamo.trafi.fi/autontiedot/volvo-v60-t3-business-r-design-edition/97516>. [Haettu 26 04 2016].
- [43] Toyota: The official blog of Toyota GB, "Toyota Mirai production to be increased," 22 01 2015. [Online]. Available: <http://blog.toyota.co.uk/toyota-mirai-production-increased>. [Haettu 24 04 2016].
- [44] Tesla, "Fourth Quarter & Full Year 2014 Shareholder Letter," 11 02 2015. [Online]. Available: [http://files.shareholder.com/downloads/ABEA-4CW8X0/0x0x808854/bb31868e-588e-4e95-b72e-729e88e9e932/Q4\\_14\\_Shareholder\\_Letter\\_Final.pdf](http://files.shareholder.com/downloads/ABEA-4CW8X0/0x0x808854/bb31868e-588e-4e95-b72e-729e88e9e932/Q4_14_Shareholder_Letter_Final.pdf). [Haettu 24 04 2016].
- [45] Tesla, "Tesla Delivers 10,030 Vehicles in Q1 of 2015," Tesla Press, 03 04 2015. [Online]. Available: <http://ir.teslamotors.com/releasedetail.cfm?ReleaseID=904880>. [Haettu 24 04 2016].
- [46] Tesla, "Tesla Delivers 11,507 Vehicles in Q2 of 2015," Tesla Press, 02 07 2015. [Online]. Available: <http://ir.teslamotors.com/releasedetail.cfm?ReleaseID=920434>. [Haettu 24 04 2016].
- [47] Tesla, "Tesla Delivers 11,580 Vehicles in Q3 of 2015," Tesla Press, 02 10 2015. [Online]. Available: <http://ir.teslamotors.com/releasedetail.cfm?ReleaseID=935005>. [Haettu 24 04 2016].
- [48] Tesla, "Tesla Delivers 14,820 Vehicles in Q1 2016; On Track for Full-Year Delivery Guidance," Tesla Press, 04 04 2016. [Online]. Available: <http://ir.teslamotors.com/releasedetail.cfm?ReleaseID=963460>. [Haettu 24 04 2016].

- [49] S. Curtin ja J. Gandi, ”Fuel Cell Technologies Market Report 2014, s. 39-41,” 10 2015. [Online]. Available: [http://energy.gov/sites/prod/files/2015/10/f27/fcto\\_2014\\_market\\_report.pdf](http://energy.gov/sites/prod/files/2015/10/f27/fcto_2014_market_report.pdf). [Haettu 24 04 2016].
- [50] S. Curtin ja J. Gandi, ”Fuel Cell Technologies Market Report 2014, s. 41-42,” 10 2015. [Online]. Available: [http://energy.gov/sites/prod/files/2015/10/f27/fcto\\_2014\\_market\\_report.pdf](http://energy.gov/sites/prod/files/2015/10/f27/fcto_2014_market_report.pdf). [Haettu 24 04 2016].
- [51] K. Hänninen, ”Uusi menetelmä voi nopeuttaa vetyautojen yleistymistä,” Kauppalehti, 23 03 2016. [Online]. Available: <http://www.kauppalehti.fi/uutiset/uusi-menetelma-voi-nopeuttaa-vetyautojen-yleistymista/DDWrSGXR>. [Haettu 24 04 2016].
- [52] T. Siegfried, ”New type of catalyst could aid hydrogen fuel,” ScienceNews, 21 03 2016. [Online]. Available: <https://www.sciencenews.org/article/new-type-catalyst-could-aid-hydrogen-fuel>. [Haettu 24 04 2016].
- [53] S. I.-B. Arvin Kakehani, ”Hydrogen production by thermal water splitting using ferroelectric,” tekijä: *MAR16, Meeting of The American Physical Society*, Yale University, New Haven, Connecticut, USA, 2015.
- [54] M. Vehviläinen, ”Öljyn aika loppuu,” Kauppalehti, 10 03 2016. [Online]. Available: <http://www.kauppalehti.fi/uutiset/oljyn-aika-loppuu/Sn4KT2GQ>. [Haettu 25 04 2016].
- [55] M. Koivisto, ”Trafi: Romutuspalkkio tuotti 17 miljoonaa euroa – kokeilu loppuu rahoituksen puutteen vuoksi,” Helsingin Sanomat, 13 04 2016. [Online]. Available: <http://www.hs.fi/kotimaa/a1460436588295>. [Haettu 24 04 2016].
- [56] S. G. J. Curtin, ”Fuel Cell Technologies Market Report 2014, s. 62,” U.S. Department of Energy, 10 2015. [Online]. Available: [http://energy.gov/sites/prod/files/2015/10/f27/fcto\\_2014\\_market\\_report.pdf](http://energy.gov/sites/prod/files/2015/10/f27/fcto_2014_market_report.pdf). [Haettu 25 04 2016].

- [57] Fuel Cell & Hydrogen Energy Association, "Portable Power," [Online]. Available: <http://www.fchea.org/portable/>. [Haettu 25 04 2016].
- [58] Intelligent Energy, "Tech Specs," 2014. [Online]. Available: <http://beupp.com/technical-specification/>. [Haettu 25 04 2016].
- [59] mikeselectricstuff, Ohjaaja, *The "Upp" fuel cell charger. A completely pointless product..* [Filmi]. United Kingdom: YouTube, 19.12.2015.
- [60] M. Kanellos, "Why Are Portable Fuel Cells Such A Flop?," Forbes, 31 01 2013. [Online]. Available: <http://www.forbes.com/sites/michaelkanellos/2013/01/31/why-are-portable-fuel-cells-such-a-flop/>. [Haettu 25 04 2016].
- [61] Teknik Magasinet, "Mobile Power 20000mAh," 2016. [Online]. Available: <http://www.teknikmagasinet.fi/tuotevalikoima/sahko/akut-ja-paristot/nodladdare/mobile-power-20000mah>. [Haettu 26 04 2016].
- [62] Oorja Fuel Cells, "Products," 2016. [Online]. Available: <https://oorjafuelcells.com/related-products/>. [Haettu 27 04 2016].
- [63] Oorja Fuel Cells, "Oorja Model 3 Specifications," 15 10 2015. [Online]. Available: [https://newoorjasite.files.wordpress.com/2015/03/f-2m3-3-model-3-specs\\_10-14-15.pdf](https://newoorjasite.files.wordpress.com/2015/03/f-2m3-3-model-3-specs_10-14-15.pdf). [Haettu 27 04 2016].
- [64] SFC Energy GmbH, "Annual Report 2015," 27 04 2016. [Online]. Available: [http://www.sfc.com/investors/en/downloads/SFC\\_GB2015\\_E\\_27.04.2016\\_final\\_safe.pdf](http://www.sfc.com/investors/en/downloads/SFC_GB2015_E_27.04.2016_final_safe.pdf). [Haettu 29 04 2016].
- [65] SFC Energy GmbH, "Data & Facts," 2016. [Online]. Available: <http://www.sfc.com/en/the-company/data-and-facts/sfc-in-numbers>. [Haettu 29 04 2016].
- [66] SFC Energy GmbH, "Consumer," 2016. [Online]. Available: <http://www.sfc.com/en/markets/consumer>. [Haettu 29 04 2016].

- [67] SFC Energy GmbH, "EFOY Comfort: Tekniset tiedot," [Online]. Available: <http://www.efoy-comfort.com/fi/tekniset-tiedot>. [Haettu 29 04 2016].
- [68] SFC Energy GmbH, "Investors," [Online]. Available: <http://www.sfc.com/en/investors/ir-home#header>. [Haettu 29 04 2016].
- [69] SFC Energy AG, "SFC Energy AG publishes audited consolidated financial figures for 2015 and forecast for 2016," 03 03 2016. [Online]. Available: <http://www.sfc.com/investors/en/index-latest-news-6.php#header>. [Haettu 29 04 2016].

## KÄLLFÖRTECKNING FÖR FIGURER

Figur 1. Sir William Groves bränslecell, <http://www.cleantechinvestor.com/portal/fuel-cells/6455-fuel-cell-history.html>

Figur 2. Världsprognosen för oljekonsumtion, [https://www.eia.gov/forecasts/steo/report/global\\_oil.cfm](https://www.eia.gov/forecasts/steo/report/global_oil.cfm)

Figur 3. Världsproduktionen av elektricitet 2012, <http://www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/nuclear-power-in-the-world-today.aspx>

Figur 4. Global energikonsumtion regionvis, [https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld\\_Statistics\\_2015.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld_Statistics_2015.pdf) , s. 7

Figur 5. Levererade bränsleceller enligt styckemängd, [Fuel Cell Technologies Market Report 2014](#), s. 23-24

Figur 6. Levererade bränsleceller enligt MW, [Fuel Cell Technologies Market Report 2014](#), s. 23-24



Figur 7. Levererade mängden bränsleceller enligt tillverkningsregion och MW,  
[Fuel Cell Technologies Market Report 2014](#), s. 23-24

Figur 9. Toyota Mirai,  
<https://ssl.toyota.com/mirai/fcv.html>

Figur 10. Tesla Model S 70D,  
[https://www.teslamotors.com/fi\\_FI/models?redirect=no](https://www.teslamotors.com/fi_FI/models?redirect=no)

Figur 11. Volvo V60 T3,  
<http://www.volvocars.com/se/bilar/modeller/v60>

Figur 12. Tankstationer i Kalifornien,  
[Fuel Cell Technologies Market Report 2014](#), s.40