

BRÄNSLECELLER SYNTESRAPPORT 2016-2017

RAPPORT 2017:463



TEKNIKBEVAKNING
BRÄNSLECELLER



Bränsleceller syntesrapport 2016–2017

Teknik och omvärldsbevakning

BENGT RIDELL, HANS POHL

ISBN 978-91-7673-463-6 | © Energiforsk december 2017

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Förord

I syfte att koordinera teknikbevakningen, men också för att sammanställa, analysera och sprida information om utvecklingen inom bränslecellsområdet finansierar Energimyndigheten projektet **Teknikbevakning av bränsleceller**. Projektet och dess resultat vänder till svenska intressenter och genomförs under 2016 – 2019 som ett temaområde inom kompetenscentret Swedish Electromobility Centre med Energiforsk som koordinator och projektledare.

Denna rapport, som har tagits fram inom teknikbevakningsprojektet, är en syntes, eller sammanfattade rapport, där framförallt den statligt finansierade bränslecellsverksamheten i Sverige beskrivs. I rapporten görs även en utblick och analys av världsmarknaden för olika typer av bränsleceller.

Projektet har genomförts av Bengt Ridell, Sweco och Hans Pohl, RISE Viktoria.

Styrgruppen för projektet har bestått av följande ledamöter: Stefan Bohatsch Volvo Cars, Annika Ahlberg-Tidblad Scania, Johan Svenningstorp AB Volvo, Andreas Bodén Powercell, Bengt Ridell Sweco Energuide, Göran Lindbergh Swedish Electromobility Centre/KTH, Peter Smeds/Magnus Lindgren Trafikverket, Elna Holmberg Swedish Electromobility Centre och Bertil Wahlund Energiforsk. Energiforsk framför ett stort tack till styrgruppen för värdefulla insatser.

Samtliga rapporter från projektet kommer att publiceras och fritt kunna laddas ner från Energiforsks webbplats under Teknikbevakning bränsleceller på www.energiforsk.se och på Swedish Electromobility Centres webbplats www.emobilitycentre.se.

Stockholm december 2017

Bertil Wahlund, Energiforsk AB

Här redovisas resultat och slutsatser från ett projekt inom ett forskningsprogram som drivs av Energiforsk. Det är rapportförfattarna som ansvarar för innehållet.



**Swedish
Electromobility
Centre**

Swedish Electromobility Centre är ett nationellt kompetenscentrum för forskning och utveckling av el- och hybridfordon och laddinfrastruktur. Vi enar Sveriges kompetens och utgör en bas för samverkan mellan akademi, industri och samhälle.

Sammanfattning

Denna rapport beskriver i första hand den publikt finansierade bränslecellsverksamheten i Sverige samt gör en utblick och analys av världsmarknaden för olika typer av bränsleceller. Områdets betydelse för industrin i Sverige diskuteras också. I Sverige sker teknikbevakning inom området genom Swedish Electromobility Centre, SEC.

Verksamheten inom bränslecellsområdet hos SEC startade 2014 och finansieras i huvudsak av Energimyndigheten. De uppdrag som har slutförts eller påbörjats presenteras i rapporten. Höskolorna KTH och Chalmers har projekt finansierade genom FFI Energi och miljö, för forskningsinsatser inom bränslecellsområdet som också berörs i rapporten.

Den totala bränslecellsmarknaden 2016 var i storleksordningen 500 MWe, en märkbar ökning från året tidigare. Ökningen berodde på att bilindustrin nu har börjat leverera tusentals bilar till marknaden främst i Japan, Korea och Kalifornien. De bränslecellsfordon som nu finns på marknaden; Toyota Mirai, Hyundai ix35 och den nya Honda Clarity, har alla prestanda och komfort som är helt konkurrenskraftig med konventionella bilar. Andra tillverkare bland annat Daimler har presenterat bilar men de är ännu inte släppta för försäljning. Det största hindret för en bred marknadsintroduktion är produktion och distribution av vätgas som fordonsbränsle. Nu har även tunga lastbilar med bränsleceller för framdrift börjat synas och testas. Det är främst i Los Angeles där det finns mycket tung trafik från hamnar till mottagare inom känsliga tätbebyggda områden. Elektriskt drivna class-8 lastbilar, de största, kan inte färdas mer än ca 150 km med ren eldrift. Då kan bränsleceller användas som räckviddsförlängare.

Kinesiska aktörer har i samarbete med bland andra Ballard aviserat att över tusen stadsbussar och andra större fordon ska komma med bränslecellsdrift under de närmaste åren.

Inom det stationära området så ökar volymen av sålda bränsleceller stadigt men långsammare. Det finns idag många anläggningar i multimegawatt klass varav ca en tredjedel drivs med biogas. I Japan finns det mer än 200 000 installerade bränsleceller. Merparten är PEFC och 18 000 är högttemperaturbränsleceller av SOFC-typ. De japanska företagen har stor erfarenhet av tillverkning, installation och drift och underhåll av bränsleceller, vilket har gjort att de har expanderat kraftigt på exportmarknaden, de har levererat stackar till de större projekten i Europa bland annat Enfield och nu även PACE.

Bränsleceller för reservkraft ökar märkbart och i Nordamerika finns det i cirka 5 000 bränsleceller för telekomstationer och 15 000 bränslecellsdrivna gaffeltruckar som använder vätgas som bränsle.

Ett märkbart hot mot marknaden i USA är att den har varit kraftigt subventionerad och under 2017 försvinner den största subventionen Tax Credit systemet som gav 3 000 USD/kWe samtidigt som medel för forskning inom US Hydrogen program halveras.

I Europa är Tyskland det klart ledande landet inom området. EU fortsätter sin finansiering av EU FCH JU2 som pågår under åren 2014 – 2020 med en budget på 1 350 MEURO. Halva budgeten finansieras av näringslivet. Inriktningen har blivit mer marknadsnära och projekten skall syfta till utveckling på nivån TRL 3 och högre. Grundläggande forskning får vända sig till andra utlysningar inom H2020.

Sverige har flera aktiva experter inom IEA Advanced Fuel Cells och IEA Hydrogen. Denna verksamhet fortsätter och expanderar internationellt. IEA har unika nätverk med deltagare från Asien, Nordamerika och Europa. Ur svenskt perspektiv är bränslecellstekniken idag främst viktig för exportindustrin. Det finns flera aktiva svenska företag som är framgångsrika på exportmarknaden som Powercell, Sandvik, Impact Coating, Cell Impact och även myFC. Det är viktigt att experter i Sverige är aktiva inom teknikbevakning av området för att stödja exportföretagen och för att kunna bedöma teknikens och marknadens utveckling.

Summary

This report primarily describes the publicly funded fuel cell projects and activities in Sweden as well as the report gives an overview of the world market for different types of fuel cells. The area's importance for industry and other stakeholders in Sweden is also discussed.

The activities in the fuel cell area at Swedish Electromobility Centre started in 2014. The projects that have been completed or ongoing are presented in the report. The universities have projects financed by the program FFI Energy and Environment for research activities in the fuel cell area these activities are performed by KTH and Chalmers and they are presented in this report.

The global fuel cell market in 2016 was in the order of 500 MWe, a noticeable increase from the previous year. The increase refers to the car industry that has now begun to deliver thousands of cars to the market mainly in Japan, Korea and California. There are today three models of fuel cell vehicles currently on the market; the Toyota Mirai, Hyundai ix35 and the new Honda. They have all the performance and comfort competitive with conventional cars. Other manufacturers, including Daimler, have introduced cars but they are not yet released for sale. The biggest obstacle to a broad market introduction is the production and distribution of hydrogen as a vehicle fuel. Now heavy trucks with fuel cells for propulsion have also begun to be seen and tested. It is mainly in the Los Angeles area where there is very heavy traffic with goods from harbors that goes through sensitive urban areas. Electrically powered large Class-8 trucks cannot today travel a distance more than 150 km with pure electric power. Then fuel cells can be used as range extenders.

Chinese actors have in collaboration with among others Ballard announced more than 1,000 city buses and other larger vehicles to hit the roads in the next few years.

Within the stationary area, the volume of fuel cells increases steadily but slower. There are today several multimegawatt class plants of which about one third are powered by biogas. In Japan, there are more than 200,000 installed fuel cells. Most of them are PEFC but about 18,000 are high-temperature fuel cells of SOFC type. The Japanese companies have extensive experience in manufacturing, installing, operating and maintaining fuel cells, which has made them expand heavily also on the export market. They have delivered stacks to major projects in Europe, including Enfield and PACE.

Fuel cells for emergency power are increasing significantly around the world. In North America, there are approximately 5,000 fuel cells for emergency and remote power for telecom stations and 15,000 fuel cell powered forklifts using hydrogen as fuel.

A noticeable threat to the market in the USA is that the Tax Credit System was stopped by the end of 2016. It was the most important subsidy for large stationary fuel cells, 3,000 USD / kWe. The budget for 2018 for the US DOE Hydrogen

program will decrease to only 45% of the previous budget. That will have a large influence on the R&D for PEFC.

Germany is the leading country for fuel cells and hydrogen in Europe. The EU continues its funding of the EU FCH JU2 Programme, which is ongoing in 2014–2020, with a budget of 1,350 MEURO. The half of budget is privately funded by the participating companies. The focus has become more market-oriented and the projects are aimed at development at TRL 3 and above. Basic research may refer to other calls within the H2020.

Sweden has several active experts in the IEA Advanced Fuel Cells and IEA Hydrogen. The IEA has unique networks with participants from Asia, North America and Europe. From a Swedish perspective, fuel cell technology today is primarily important for the export industry. There are several active Swedish companies that are successful in the export market like Powercell, Sandvik, Impact Coating, Cell Impact and myFC. It is important that experts in Sweden are active in the field of technology monitoring of the area to support export companies and to assess the development of the technology and the market.

Innehåll

1	Inledning	9
1.1	Bakgrund	9
1.2	Bränslecellstekniken	9
2	Teknik och marknad, status bränslecellstekniken	11
2.1	Marknadsläget	11
2.2	Fordonstillämpningar	13
2.3	Stationära tillämpningar	16
2.4	Portabla bränsleceller	18
3	Program och projekt	21
3.1	FFI-projekten	21
3.1.1	Nya komponenter och koncept PEFC för fordon	21
3.1.2	Improving lifetime and performance of SOFC for Truck APU	21
3.2	IEA Advanced Fuel Cells	22
3.3	IEA Hydrogen	23
3.4	EU FCH JU2	25
4	Uppdrag inom Teknikbevakningsprojektet 2015 – 2016	27
4.1	Projekt avslutade 2015	27
4.1.1	Left over hydrogen quality and cost	27
4.1.2	Teknikbevakning SOFC 2014–2015, IEA AFC Annex 32 SOFC och Annex 37 Modellering	27
4.1.3	Direct Ethanol Fuel Cells: ethanol for our future fuel cells?	29
4.1.4	Kravställning av kraftelektronik för användning av bränsleceller i elektriska fordon	30
4.1.5	Kostnadsutvecklingen för bränslecellsfordon	30
4.1.6	Konferensbevakning Fuel Cell Seminar 2015	31
4.2	Projekt avslutade 2016	31
4.2.1	Teknikbevakning SOFC 2015-2016	31
4.2.2	Bränslecellsdrivna lastcyklar	32
4.3	Pågående projekt	33
4.3.1	När passar bränsleceller bäst – en studie av elektrifierade drivlinor	33
4.3.2	Bränslecellers konkurrenskraft i vägfordon	34
4.4	Beviljade projekt 2017	35
5	Syntes teknikbevakning bränsleceller	37
5.1	SWOT globalt för området	37
5.2	Kommentarer ur ett svenskt perspektiv	39
6	ORDLISTA	42

1 Inledning

1.1 BAKGRUND

Denna rapport beskriver bränslecellsverksamheten inom Swedish Electromobility Centre, SEC, och andra publikt finansierade större projekt i Sverige inom bränslecellsområdet. I rapporten finns också en analys av bränslecellstekniken inom olika områden, status idag globalt och ur ett svenskt perspektiv. Teknikbevakning av bränslecellsområdet har sedan 2014 placerats hos SHC, numera Swedish Electromobility Centre, och finansieras i huvudsak av Energimyndigheten. Detta har gjort främst för att få en närmare koppling mellan forskningen i Sverige och fordonsindustrin. Ett långsiktigt syfte är att bidra till kompetensförsörjning för industrin i Sverige.

Under åren 2015–2016 har 15 olika uppdrag slutförts eller är under arbete. Höskolorna KTH och Chalmers har projekt finansierade genom FFI Energi och miljö, för forskningsinsatser inom bränslecellsområdet. Dessa aktiviteter kommer att presenteras i denna rapport.

Dessutom rapporteras verksamheten inom IEA Advanced Fuel Cells där flera experter och företag från Sverige är aktiva inom olika områden.

Hela verksamheten presenterades vid ett seminarium i december 2016 i Stockholm.

1.2 BRÄNSLECELLSTEKNIKEN

Bränslecellens arbetsprincip är en elektrokemisk process där vätgas förs till en anod och syrgas till en katod. Via ett membran produceras el och värme och restprodukten blir vatten. Vätgasen kan produceras på många olika sätt från förnybara och fossila bränslen. Biobränslen kan rötas eller förgasas och användas som bränsle. Vätgas kan enkelt tillverkas med elektrolys av vatten. Det vanligaste sättet att tillverka vätgas idag är genom reformering av naturgas.

Bränslecellerna har en del fördelar gentemot konkurrerande tekniker i samma storleksklass:

- Bränsleflexibilitet, vätgas kan liksom el produceras på en mängd olika sätt, från fossila eller förnybara råvaror. En del bränslecellstyper kan dessutom direkt använda andra bränslen än vätgas.
- Hög verkningsgrad även vid dellast.
- Låga emissioner, i princip enbart vattenånga om vätgas används som bränsle. Det gör att bränsleceller kan placeras i urbana miljöer och där luftkvalitén är viktigt till exempel inomhus i lagerlokaler mm.
- Liten signatur, tyst gång och ingen störande lukt.

Bland nackdelarna med bränsleceller är främst fortfarande höga kostnader och lågtemperaturteknikens beroende av vätgas. Kostnaderna utvecklas dock i rätt riktning och är nu till stor del en volymfråga.

Bränsleceller kan användas inom många olika områden där det finns ett elbehov. Inom fordonsområdet används bränsleceller idag främst som drivkälla för bilar.

Det finns andra möjliga användningsområden till exempel som APU, ett extra kraftaggregat som i tyngre fordon kan ersätta en motor och en generator eller i mindre fordon som ersättning för batterier.

Bränsleceller används alltmer som drivkälla för arbetsfordon speciellt de som arbetar inomhus typ gaffeltruckar eller liknande. Antalet bränslecellsdrivna truckar är i storleksordningen 10 000 i Nordamerika.

Bränsleceller med vätgas som bränsle har även börjat användas i större fordon och tunga truckar, ännu så länge dock bara i pilotskala. Ett exempel är hamnområden där luftkvaliteten kan ha stor betydelse. Även ute på vattnet är vätgasdrivna färjor aktuella, bland annat har Norge planer på sådana.

Tåg med bränsleceller finns också. Alstom ska leverera sådana i Tyskland försedda med bränsleceller från Hydrogenics med förväntad inledande drift med passagerare ombord 2018.

Inom det stationära området kan bränsleceller användas för produktion av el till elnätet eller till icke nätanslutna anläggningar. En stor möjlig marknad är som reservkraft till olika sorters anläggningar, vanligast är telekom och datacenter. Den volymmässigt största marknaden idag är olika typer av kraftvärmeanläggningar.

Bränsleceller kan till exempel användas som,

- Drivkälla till elektrifierade fordon som bilar, bussar, lastbilar, gaffeltruckar och annan lagerhanteringsutrustning och även andra tyngre fordon
- APU, extra kraftkälla speciellt i tyngre fordon
- Kraftverk eller kraftvärmeanläggningar anslutna till elnätet. Förutom naturgas kan även biogas, vätgas eller olika flytande bränslen användas.
- Ersättning för både små och stora batterier inom olika användningsområden från små portabla enheter för laddning av mobiltelefoner m m till stora batteri-anläggningar som reservkraft för olika typer av telekomanläggningar, datorhallar, sjukhus och hotell m m.
- Kraftvärmeverk för produktion av el och värme från olika typer av avfall som energirika avfallsgaser från till exempel vattenreningsanläggningar, måleri-verkstäder, kemisk industri, och rötgas producerat från avfall från jordbruk och livsmedelsindustrier m m.

Det finns fyra huvudtyper av bränsleceller och deras vanligaste förkortningar är polymerelektrolytbränsleceller (PEFC), fastoxidbränsleceller (SOFC), smältkarbonatbränsleceller (MCFC) och fosforsyrebränsleceller (PAFC).

2 Teknik och marknad, status bränslecellstekniken

2.1 MARKNADSLÄGET

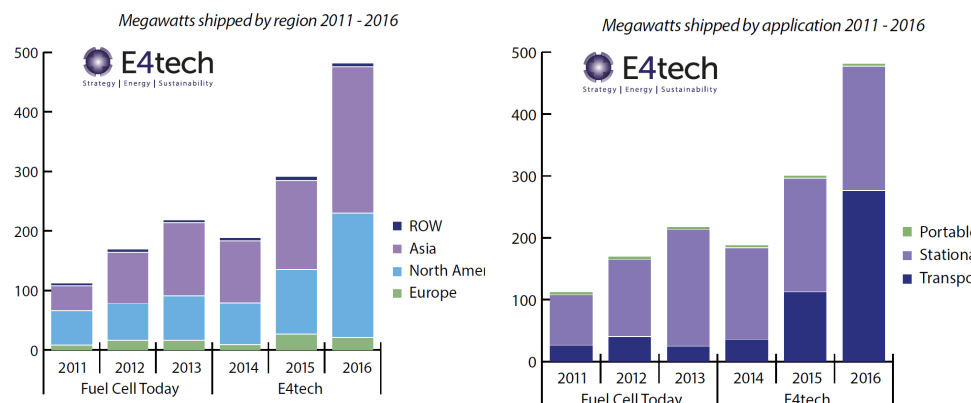
Bränsleceller kan använda inom många olika områden från små portabla enheter på några watt upp till stationära kraftvärmeverk i multi MW-klass samt för framdrivning av olika typer av fordon. Den största anläggningen i Korea har effekten 60 MWe. Olika områden har olika krav på bränslecellerna som hög verkningsgrad, bränsleflexibilitet, ljudnivå m m. Den förmodligen största potentialen för bränslecellstekniken är inom transportområdet för framdrivning av bilar.

Små portabla bränsleceller skall vara enkla att hantera och så små som möjligt. De skall kunna använda ett bränsle som kan hanteras säkert av alla. Kraven på livslängd och övrig prestanda är måttliga. För militära ändamål skall portabla bränsleceller vara tysta och ha liten signatur, det vill säga inte kunna upptäckas på grund av värme, avgaser, ljud, lukt m m.

Inom transportområdet skall bränslecellerna vara kompakta, ha hög krafttäthet och vara driftsäkra. De skall hålla bilens livslängd det vill säga i storleksordningen 5 000 – 10 000 timmar. De måste kunna starta snabbt och ha mycket god lastföljning. Idag är det bara PEFC-tekniken som kan uppfylla de kraven. För tyngre fordon som lastbilar är den dimensionerade körsträckan betydligt längre upp till ca 10 ggr längre eller upp till 2 000 000 km.

För stationära bränsleceller som idag tillverkas från ca 1 kWe upp till multi-MW anläggningar är det andra krav. Stackens livslängd och anläggningens verkningsgrad är viktiga krav. Livslängder för stacken från 40 000 timmar upp till 80 000 timmar är vanliga specifikationer. För stationära bränsleceller kan det också vara viktigt att kunna använda olika sorters bränsle som biogas och flytande bränslen till exempel metanol, diesel och fotogen. En låg ljudnivå är en stor fördel. För de bränsleceller som används för kraftvärme är kraven på uppstartstid och lastföljning inte så stora.

Den största tillväxten och utvecklingen sker i Asien med Japan och Korea som de stora dragloken och Kina på gång med offentliga stöd för FoU m m. Marknaden i USA och Europa utvecklas långsammare och bärs upp av offentliga stöd för FoU och demonstrationsanläggningar. Det är fortfarande långt kvar innan vi kan se en kommersiell marknad utanför Asien. Men de skeppade volymerna av bränsleceller ökade kraftigt också under 2016, vilket är viktigt för utveckling av tekniken. De större volymerna tvingar fram bättre tillverkningsteknik och materielutveckling samtidigt som installationer och kringutrustningen optimeras.



Figur 1: Leveransvolym i antal och megawatt¹

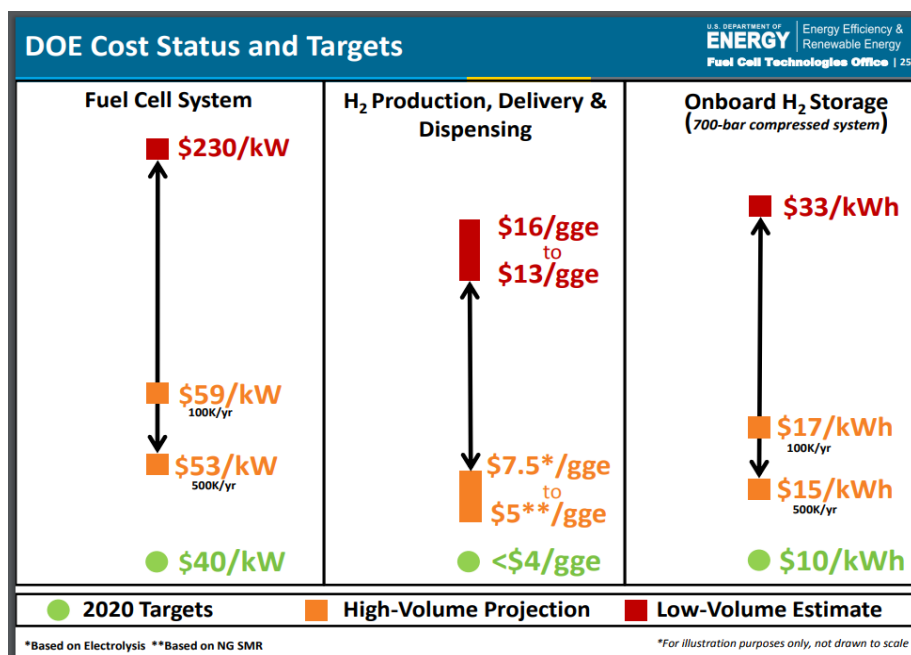
2016 var ett bra år för bränsleceller och det levererades flera tusen bränslecellsbilar från Toyota, Hyundai och Honda. Ene-Farm programmet med små CHP för bostäder i Japan fortsatte med oförminskad styrka. Försäljningen av bränsleceller är ganska stabil och den ökade under 2016, se Figur 1. Den stora ökningen i antalet skeppade MW kan till stor del härledas till bilindustrin. Varje serietillverkad bränslecellsbil har en effekt kring 100 kWe. Det blir snabbt många MW när tusentals bilar skeppas.

De stora anläggningarna inom det stationära området med MCFC från Fuel Cell Energy och POSCO i Korea samt SOFC från Bloom Energy och PAFC från Doosan ger även de stora volymer. Det japanska Ene-Farm programmet fortsätter med mer än 35 000 installerade enheter. Den stora prognostiserade ökningen med 100 000-tals anläggningar per år har dock ännu inte kommit igång. Antalet skeppade MW förväntas stiga ytterligare under 2017. Det är några stora anläggningar i USA och Korea samt Ene-Farm programmet som kommer att fortsätta.

I Europa är det stora glädjeämnet att de långsiktiga programmen NIP i Tyskland och FCH JU2 från EU kommer att fortsätta under många år både som FoU- och demonstrationsprogram.

Den globala försäljningen av portabla bränsleceller har ännu inte visat på någon ökning, tvärtom snarare en kraftig minskning 2016. Det kan bero på att kommersialiseringen har svårt att komma igång. myFC gör ett tekniksprång med ett modellbyte som kan bli framgångsrikt de kommande åren. Det är också en viss utslagnings i branschen och konkurrensen från laddbara power pack är svår. Portabla bränsleceller har dock en del fördelar som inte kan nås med power pack, de behöver till exempel inte laddas.

¹ FuelCellIndustryReview 2016



Figur 2: Teknikläget enligt US Department of Energy²

Figur 2 visar forsknings- och utvecklingsläget för bränslecellstekniken inom transportområdet i USA. Den översta punkten är i läget idag, mellanpunkterna visar läget med dagens teknik om den tillverkas i stora volymer och den nedersta punkten är det uppsatta målet för en kommersiell teknik.

För bränslecellssystemet krävs en kostnadsreducering på ca 25 % även för en tänkt massproduktion för personbilar. Det kan nås till exempel med tunnare material, mindre mängd platina och effektivare tillverkning.

Kostnaden för att producera förnybar vätgas bör komma ner till ca 4 USD per kg. Sorten gge (US gallon gas equivalent) motsvarar ungefär ett kg vätgas. Detta kan göras redan idag vid storskalig industriell produktion av vätgas producerad genom reformering av naturgas. Om vätgas skall vara förnybar och producerad från sol, eller vind eller biogas så är det högre priset som gäller.

Att tanka och lagra vätgas vid 700 bars tryck ombord ett fordon kräver speciella tankningsrutiner, tankar och kompressorer, som är mer kostsamma än tidigare standard som var 350 bar. Det krävs betydande utvecklingsinsatser för att kunna nå det uppsatta målet 10 USD/kWh. Den största kostnaden är kolfibermaterialet.

2.2 FORDONSTILLÄMPNINGAR

Många av de stora biltillverkarna ägnar sig åt utveckling av bränslecellsfordon. Om de samarbeten som finns fungerar som avsett framstår det som troligt att följande stora biltillverkare har förutsättningar att leverera bränslecellsfordon inom fem år: Hyundai (sedan 2013), Toyota (sedan 2014), Honda (sedan 2016), Daimler

² Hydrogen and Fuel Cells Overview Dr. Sunita Satyapal Director U.S. Department of Energy Fuel Cell Technologies Office April 12, 2017 DLA Worldwide Energy Conference National Harbor, MD

(2017?), Nissan, Renault, GM, Ford och BMW. I Figur 3 återfinns ett kollage med aktuella fordon. Utöver det har Hyundai visat ett fordon som ska komma 2018.



Figur 3: Bränslecells-bilar från Hyundai, Toyota, Honda och Daimler.

Toyota och BMW samarbetar bland annat inom bränslecellsutveckling. Sammalunda gör Honda och GM liksom Daimler, Nissan/Renault och Ford. Volkswagen ingår inte i dessa samarbeten utan har istället samarbete med Ballard, som är den största leverantören av bränsleceller till tyngre fordon.

Att tillverkarna har förutsättningar att leverera fordon är inte liktydigt med att de kommer att eller ens vill leverera. I en del fall kan investeringarna i aktiviteter kopplade till bränsleceller snarare ses som ett slags försäkring; om det visar sig att marknadsutvecklingen tar fart måste de åtminstone ha hyfsad koll på tekniken.

Nissan har också annonserat ett parallellt spår till huvudlösningen, dvs. vätgasdrivna polymerbränsleceller med effektbatterier som hybridisering, se Figur 3. Nissans parallella lösning bygger på ett batterifordon som kompletterats med en räckviddsförlängare baserad på fastoxidbränsleceller. Det tankar etanol.



Figur 4: Nissans bil med SOFC räckviddsförlängare.

Hyundai, Toyota och Daimler har även gjort tyngre fordon med bränslecellsdrift, både skåpbilar och stadsbussar, se Figur 4. Till stor del används samma lösningar som för personbilarna i de tyngre fordonen. Det framstår som kostnadseffektivt i nuläget men på sikt torde det behövas specifika lösningar för respektive tillämpning.



Figur 5: Toyotas bränslecellsbus.

Volymsmässigt förefaller Kina dominera på området tunga fordon. Ballard och Hydrogenics har annonserat affärer omfattande över tusen bussar och andra tunga fordon. Fordonen byggs i Kina, liksom ibland även bränslecellerna och ska ut på vägarna under de närmaste åren.

Alla bränslecellsfordon har batterier i drivlinan för att kunna återvinna bromsenergi och jämna ut belastningen på bränslecellerna. Hyundai, Toyota och Honda har små effektbatterier och det har även varit fallet i de fordon som exempelvis Daimler och GM tillverkat. Nu har Daimler aviserat en annan lösning för den SUV

som företaget ska introducera 2018 med väsentligt större batterier som dessutom är laddbara från nätet. Även flera bussmodeller har batterier med kapacitet att lagra mer elektrisk energi än vad som framstår som motiverat för att ta hand om bromsenergin.

För tyngre fordon framstår den kombinerade lösningen med bränsleceller och batterier som ganska intressant. Med hjälp av ett rejält batteripaket och ganska stora bränsleceller för elproduktion hävdar exempelvis Nikola Motors att fordonet får egenskaper som är bättre än dieselversionen i nästan alla avseenden, se Figur 5. Mycket återstår innan det är bevisat om Nikola Motors lyckas nå sin vision att bli en Tesla för tunga fordon.



Figur 6: Nikola Motors vätgasdrivna lastbil

Särskilt intressant vore det om bränslecellerna kunde drivas med något annat än vätgas. För stationära tillämpningar används ibland fastoxidbränsleceller (SOFC), vilka kan drivas med många olika kolväten utan alltför komplicerade reformer. En nackdel med SOFC och reformering är begränsningar i dynamik och att den helst bör vara ständigt i drift eftersom uppstarten både tar tid och sliter på cellerna. Många tunga fordon rullar nästan kontinuerligt och ibland behövs det energi även när de står still för komfort eller kylning av lasten. Således bör SOFC plus batterier fungera utmärkt i det avseendet. En annan nackdel med SOFC är att tekniken är mindre mogen än PEFC. Det gör svårt att bedöma om och när en kommersiellt konkurrenskraftig lösning kan bli aktuell. En fördel är att SOFC förväntas ha bättre livslängd än PEFC, vilket också passar bra för tunga fordon som ska hålla flera gånger längre än personbilar.

2.3 STATIONÄRA TILLÄMPNINGAR

Stationära tillämpningar där bränsleceller används för kraftvärme, som reservkraft eller helt enkelt som kraftverk, har idag en ganska stabil och växande marknad, dock i många fall fortfarande subventionerad. Den totala volymen av sålda stationära bränslecellssystem ökade något 2016, nivån var i storleksordningen 200 MWe fördelad på 55 000 anläggningar. De flesta är PEFC men även en betydande del är SOFC och MCFC.



Figur 7 Bränsleceller från AISIN och Panasonic för Ene-Farm i Japan.

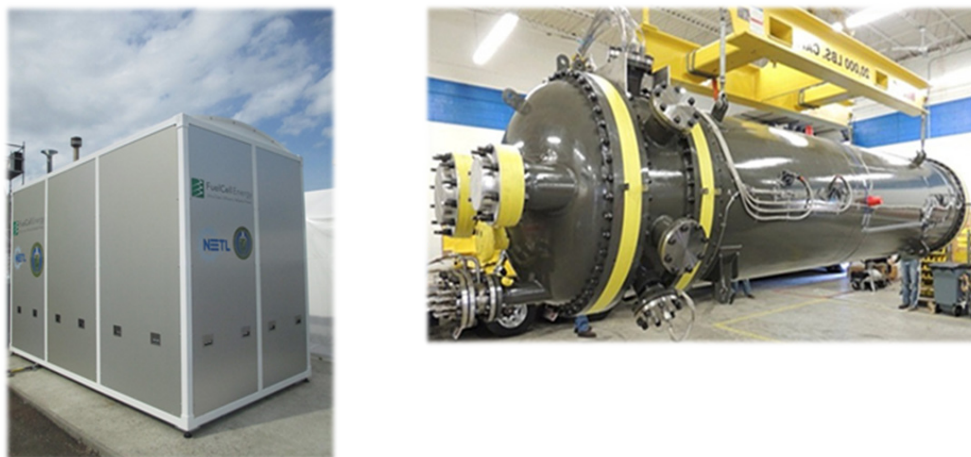
De stora antalet enheter domineras av Japans Ene-Farm program, totalt finns det nu ca 200 000 bränsleceller som mikroCHP i Japan varav i storleksordningen 18 000 är SOFC högtemperaturbränsleceller.

Effektmässigt, antalet MW, dominerar MCFC-anläggningar från Fuel Cell Energy och dess partners POSCO Korea och FCES Tyskland samt SOFC från Bloom Energy. Dessa anläggningar är ofta i storleksordningar från 300 kWe upp till multi-MW storlekar. Doosan, som har tagit över UTCs 400 kWe PAFC system, har en del beställningar i pipelinen och kommer att leverera 10-tals MW under 2017. De tillverkas fortfarande i USA av Doosan America i UTCs gamla verkstäder.

För 2017 är läget något oroande i USA där Tax Credit systemet förvinns, som subventionerade bränsleceller med 3000 USD/kWe. Den nya administrationen i USA har även mer än halverat anslagen till FOU och demonstrationer inför 2018. I Japan ser det ljusare ut även om Ene-Farm programmet inte går så fort fram som det var planerat. Nu planerar tillverkarna att lansera anläggningar i olika storlekar upp till 50 kWe för att kunna nå en större marknad, främst större byggnader.

En betydande och växande marknad för stationära bränsleceller är reservkraft eller primärkraft till anläggningar utanför elnätet eller i svaga nät. Det är främst anläggningar för telekomindustrin, radiolänk och datorhallar. I dessa anläggningar som ofta är i storleksordningen 1–10 kWe används PEFC med vätgas som bränsle. Det finns mer än 6000 sådana anläggningar i drift. För större reservkraftsanläggningar för datorhallar, hotell och sjukhus används större anläggningar som kan vara på flera MWe. De körs då i regel parallellt med elnätet.

Kraftvärmemarknaden med biogas som bränsle är stor, speciellt i Kalifornien där det finns subventioner för denna typ av anläggningar. Det finns flera anläggningar i MW-klass som använder biogas från vattenreningsanläggningar som bränsle. Även bryggerier och annan livsmedelsindustri i Kalifornien producerar biogas från sitt avfall som sedan används som bränsle till större bränslecellsanläggningar. Idag är dessa anläggningar till största delen MCFC från Fuel Cell Energy.



Figur 8 Fuel Cell Energy 50 kWe SOFC och LG 200 kWe SOFC.

Inom SOFC-programmet i USA, påbörjas nu byggandet av minst två olika större 250 – 500 kWe SOFC stackar. Det är LG och Fuel Cell Energy som gör detta. Det kan bli ett stort steg framåt för SOFC tekniken. Idag finns det egentligen ingen som bygger större stackar. Bloom Energys SOFC teknik för MW anläggningar är en samling av många små stackar. SOFC programmet finansieras av Department of Fossil Energy som ännu inte är berörts av några budgetnedskärningar av den nya administrationen i USA.

För Europas del är satsningen på stationära bränsleceller mer långsiktigt och domineras av publikt finansierade EU projekt och det tyska NIP programmet. Det nya stora flaggskeppet är EU-projektet PACE där 2 600 bränsleceller kommer att placeras i byggnader som kraftvärmeanläggningar i olika länder i Europa. De japanska företagen har nu stor erfarenhet av tillverkning, installation och drift och underhåll av bränsleceller, vilket har gjort att de har expanderat kraftigt på exportmarknaden. De japanska tillverkarna har ingått olika joint ventures i Europa och de levererar nu stackar till de större EU projekten som EneField och PACE.

2.4 PORTABLA BRÄNSLECELLER

Begreppet portabla bränsleceller är ganska brett. Den vanliga definitionen är små bränsleceller i regel under 1 kWe ofta betydligt i storleksordningen 10 We. Portabla bränsleceller för olika användningsområden och med en mängd olika tekniker är under stark utveckling. Det är dock en bit kvar innan ett stort kommersiellt genomslag. Konkurrensen från batterier är stor och tekniken är ännu inte färdigutvecklad. För portabla bränsleceller är vikten och storleken av stor betydelse. De skall också vara robusta och tåla en del omild behandling

Ett intressant utvecklingsspår är att hybridisera bränsleceller och batterier. Idag används och utvecklas portabla bränsleceller som har flera olika användningsområden.

- Laddare till mobiltelefoner eller PC; det finns idag i princip helt kommersiella portabla bränsleceller som till exempel som laddar till mobiltelefoner eller PC. De säljs till exempel av större elektronikkedjor och direkt via internet
- Större portabla system som används utanför elnätet som mindre kraftaggregat till fritidsändamål eller industriella tillämpningar där tillfällig kraft behövs. De kan också användas som kraftkälla för övervakningskameror eller liknande
- Det finns flera olika militära användningsområden för portabla bränsleceller. Det kan vara den enskilde soldaten som behöver en kraftkälla för sin utrustning eller något större kraftaggregat för användning i fält.

De små portabla bränslecellerna som används för laddning av mobiltelefoner och PC har ännu inte börjat få en större spridning trots att de finns kommersiellt tillgängliga. Marknaden har ännu inte ökat i någon större omfattning. Konkurrenten från konventionella laddningsbara Powerpack är svår. Nya och än mer användarvänliga modeller kommer att introduceras under 2017. Det är till exempel myFC JAQ som har allt bränsle i ett kort som enkelt laddar bränslecellen.



Figur 9 JAQ från MyFC med bränslekort.

En annan tillverkare med en alternativ teknik är eZellerons Kraftwerk en portabel bränslecell av microtuber som använder butan som bränsle. Butangasen lagras och laddas enkelt med en bränsletub.

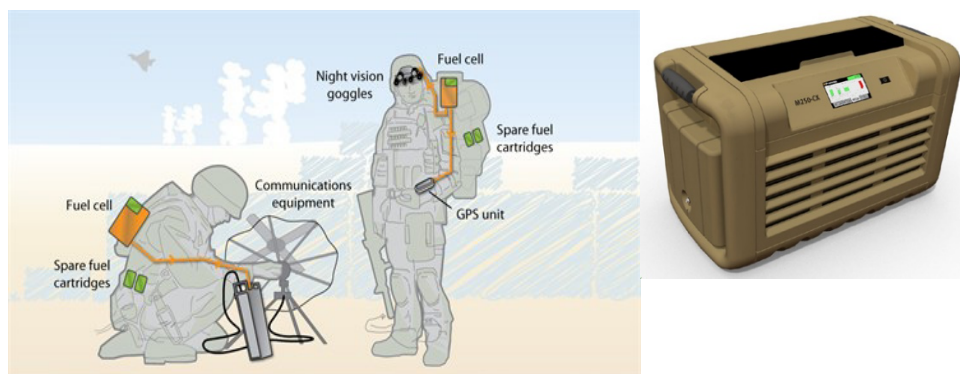


Figur 10 eZellerons portabla bränslecell Kraftwerk.

Det skall nämnas att eZelleron har finansiella problem vilket gör att introduktionen av Kraftwerk är försenad och förmodligen kommer att ske via deras amerikanska bolag.

Det finns även flera militära användningsområden för portabla bränsleceller som utvecklas främst genom DARPA i USA. Det är dels små bränsleceller som kan bäras av enskilda soldater, dels mindre SOFC bränsleceller som kan användas som

extra elförsörjning för små flyttbara förband. I Norge och USA har små obemannade undervattensfarkoster (UUV) utvecklats. De har uppnått bättre prestanda och operationstid än jämförbara farkoster med batteridrift.



Figur 11 Protonex portabla SOFC framtagen för militären i USA.

Portabla bränsleceller har sannolikt en växande marknad inom många områden. Den stora utmaningen är att vara bättre än laddningsbara batterier. Idag är det i första hand kostnaden som är det största problemet. Portabla bränsleceller har inte gjort sig beroende av subventioner på samma sätt som stationära bränsleceller och kommer därför att utvecklas så länge det finns privata medel. De militära användningsområdena gör att dessa portabla bränsleceller utvecklas med hög prioritet på funktion och robusthet, vilket kan komma att i framtiden ge spin-off även på den betydligt större civila marknaden.

3 Program och projekt

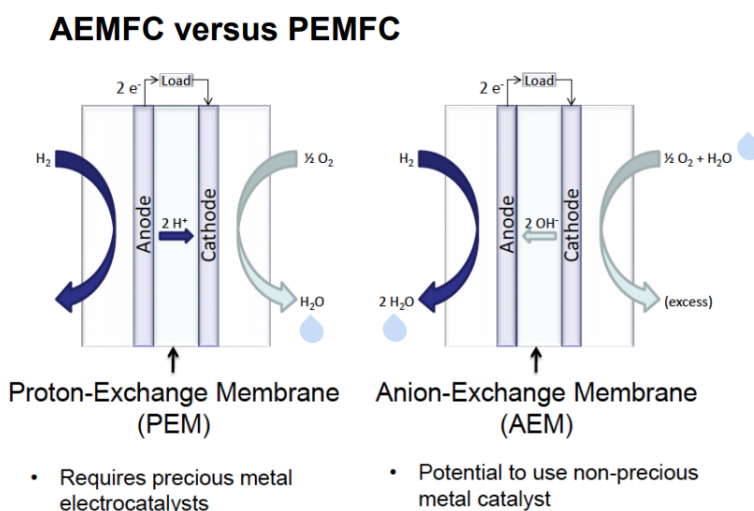
3.1 FFI-PROJEKTEN

3.1.1 Nya komponenter och koncept PEFC för fordon

KTH leder detta FFI-projekt som har en budget om nära 13 Mkr. Även Lunds universitet och Chalmers medverkar från akademiskt håll liksom bilindustrin och tillverkare av komponenter till bränsleceller och bränslecellsstackar.

Projektet spänner från studier av sura och basiska elektrolyter via ädelmetallfria katalysatorer till systemfrågeställningar rörande integration av bränsleceller i fordon och transportsystem. Fokus i studiet av nya koncept ligger på ökad kunskap om och förbättrad polymerelektrolyt med avseende på stabilitet och jonledningsförmåga samt katalysatorns aktivitet och stabilitet.

I Figur 11 redovisas en anledning till varför alkaliska bränsleceller är intressanta att utveckla.



Figur 12: Jämförelse PEM med AEM.

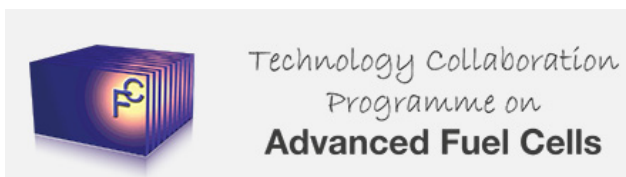
Inom projektet utvecklas även ett modifierat aromatiskt membran med längre sidokedja. Mätningar med det membranet visar bland annat på högre flexibilitet och bättre ledningsförmåga.

3.1.2 Improving lifetime and performance of SOFC for Truck APU

Chalmers leder detta FFI-projekt budgeterat till knappt 9 Mkr. Därutöver medverkar även AB Volvo, Sandvik och den finska bränslecellstillverkaren Elcogen. Projektet avser utvecklingen av fastoxidbränsleceller för APU-tillämpningar och fokus ligger på beläggning av den bipolära plattan. Genom en flerskiktsbeläggning ska projektet förbättra livslängden på bränslecellerna.

I en presentation i november 2016 rapporteras bland annat framsteg när det gäller beläggningen från Sandvik, som ger minst lika goda resultat som Elcogens standardbeläggning. Byte av stålqualität uppges kunna reducera kostnaden för den delen till en tiondel. Proven i stackar med enklare stål uppvisar dock betydande prestandafall över tiden, trots att laboratorieförsök med enstaka celler indikerat bra resultat. Därför utvecklas nya provmetoder med olika gaser på respektive sida om materialet som medger mer tillförlitliga testresultat.

3.2 IEA ADVANCED FUEL CELLS



IEA är en OECD-organisation som bildades i samband med oljekriserna 1973–1974 då oljepriset chockhöjdes och de oljeproducerande gick samman och bildade OPEC för att kunna upprätthålla ett högre oljepris och ha kontroll över produktionen. Inom IEA bildades forskargrupper och nätverk idag benämnda TCP, Technology Collaboration Programmes. Inom ett TCP skall olika grupper med forskare och andra intressenter arbeta tillsammans och bilda nätverk inom ett teknikområde för att nå de av IEA uppsatta målen. Det gäller speciellt att utveckla tekniker som inte är direkt beroende av oljan, till exempel olika former av förnybara bränslen, solenergi, vindkraft, vattenkraft, vätgas, bränsleceller m m, men även kol och fusion har fått ett stort utrymme. Det finns idag ett 40-tal olika TCP. IEA Advanced Fuel cells och IEA Hydrogen är två av dessa. Sverige är idag med i 23 av 40 TCP.

Mer detaljerad information om olika TCP finns på websidan www.iea.org/tcp.

Sydkraft och Vattenfall var tidiga användare av bränsleceller i Europa. Sydkraft var med om att starta IEA Advanced Fuel Cells som är inriktat på forskning och användarfrågor däribland marknadsutveckling. Ordförande i IEA Advanced Fuel Cells är Detlef Stolten från FZJ Jülich i Tyskland. Vice ordförande är Bengt Ridell, Sweco, Sverige, och Nancy Garland, US DOE, USA. Svensk representant i ExCo, Exekutivkommitéen, är Kristina Difs från Energimyndigheten med Bengt Ridell Sweco som ersättare.

IEA Advanced Fuel Cells har idag 15 medlemsländer där Kina är den senaste medlemmen. De deltar via SAE China som är en organisation för fordon i Kina. Det är nu möjligt för organisationer och företag att direkt vara med i IEA AFC. Det ger en möjlighet att vara med även om landet officiellt inte är med. VTT Från Finland är med som organisation. De har då möjlighet att vara med i ExCo men saknar rösträtt.

I Tabell 2 visas de olika Annexen inom IEA Advanced Fuel Cells och vem som leder dem (Operating Agent) samt de svenska deltagarna.

Tabell 1 Involverade i de olika annexen

		Operating Agent	Svensk deltagare
Annex 30	Electrolysis	Jürgen Mergel FZJ, Jülich, Germany	-
Annex 31	PEFC	Di-Jia Liu, Argonne NL, USA	Lars Pettersson, KTH
Annex 32	SOFC	Jari Kiviaho, VTT, Finland	Martin Andersson och Bengt Sundén, LTH Jan-Erik Svensson, Chalmers
Annex 33	Stationary	Bengt Ridell, Sweco, Sverige	Bengt Ridell, Sweco Per Ekdunge, Powercell
Annex 34	Transport	Rajesh Ahluwalia, Argonne NL, USA	Sandvik och Impact Coating
Annex 35	Portable	Fabio Matera, Italien	Eva Fontes, Intertek
Annex 36	Systems Analysis	Detlef Stolten, FZJ Jülich Tyskland Nancy Garland, US DOE, USA	-
Annex 37	Modelling	Steven Beale, FZJ Jülich, Tyskland	Martin Andersson, LTH

Det kan nämnas att det tidigare MCFC-annexet numera tillhör Annex 33 Stationära bränsleceller. Annex 36 System Analysis är nyligen avslutat. Slutrapporten publicerades i tryckt bok från Wiley i Tyskland. Eventuellt kommer Annex 36 att fortsätta med nya uppgifter.

Det finns deltagare från 13 länder i Annex 33. Annex 33 har som huvuduppgift att studera frågor som skall underlätta införandet av stationära bränsleceller i olika länders energisystem samt att studera den tekniska utvecklingen och marknaden för bränsleceller.

För mer information se websidan www.ieafuelcell.com

3.3 IEA HYDROGEN

IEA Hydrogen var ett av de första TCP, Technical Collaboration Programme. Det startades av IEA 1977. IEA Hydrogens vision är en ren hållbar energiförsörjning där vätgas har en nyckelroll som energibärare. IEA Hydrogen är till stor del forskningsinriktat. Idag är 22 länder medlemmar i IEA Hydrogen däribland Sverige. Det finns också tre sponsorer som är med som aktiva medlemmar, HySafe, The International Organisation for Hydrogen Safety, Shell från Nederländerna och NOW från Tyskland, en organisation som administrerar det statliga tyska programmet för vätgas och bränsleceller.

IEA Hydrogen arbetar med olika Tasks som pågår i regel 3–6 år där varje Task skall lösa en specifik uppgift som redovisas i en slutrapport. Det finns en del Tasks som ofta förnyas, det är till exempel Hydrogen Safety och Hydrogen Storage. Totalt har det startats ca 40 Tasks av dessa är 10 Tasks aktiva idag.

CURRENT TASKS

Task 29 - Distributed and Community Hydrogen	2010-2014 (2017)
Task 30 - Global Hydrogen Systems Analysis	2010-2014 (2017)
Task 32 - Hydrogen Based Energy Storage	2013-2018
Task 33 - Local Hydrogen Supply for Energy Applications	2013-2016
Task 34 - Biological Hydrogen for Energy and Environment	2014-2017
Task 35 - Renewable Hydrogen Production	2014-2017
Task 36 - Life Cycle Sustainability Assessment	2014-2017
Task 37 - Hydrogen Safety	2015-2018
Task 38 - Power-To-Hydrogen and Hydrogen-To-X	2015-2019
Task 39 - Hydrogen in Marine Applications	2016-2019

Sverige har experter som deltar i flera pågående Tasks till exempel:

- Task 32 Hydrogen based energy storage, Stockholms Universitet
- Task 33 Local hydrogen supply for energy applications, Lunds Universitet och Catator
- Task 34 Biological hydrogen production, Umeå Universitet och Uppsala Universitet
- Task 38 Power to hydrogen and hydrogen to X, Sweco Energuide

Svensk representant i ExCo, Exekutivkommittén är Stiva Liwiz, Energimyndigheten och ersättare är Bengt Ridell, Sweco Energuide.

IEA Hydrogen har en ny uppdaterad websida www.ieahia.org där finns förutom information om tasks även länkar till publicerade rapporter och möten och större event inom vätgasområdet.

IEA Analys grupp har publicerat en roadmap för vätgas och bränsleceller. Rapporten beskriver de steg regeringar, industri och forskare behöver ta för att möjliggöra en bred introduktion av vätgas som energibärare före 2050. IEA Hydrogen har varit delaktiga i arbete med att ta fram rapporten. Den är sammansatt av IEA:s centrala analysgrupp. Rapporten går att hämta med länken nedan.

<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/technology-roadmap-hydrogen-and-fuel-cells.html>

3.4 EU FCH JU2



EUs verksamhet inom bränslecells- och vätgasområdet är samlat sedan hösten 2008 inom ett så kallat JU, Joint Undertaking. En ny period för åren 2014 – 2020 kallad FCH JU2 startades under 2014, omfattningen för sjuårsperioden är 1 330 MEUR där 50 % skall finansieras med privata medel. Finansieringen från EC, EU-kommissionen, görs via ramprogrammet Horizon2020, ofta benämnt H2020. De uppsatta målen för FCH JU2 är nu mer marknadsinriktade och framhäver Europa och europeisk industri. Forskningsdelen är mycket liten, för grundläggande forskning som inte är direkt knutet till industrins utveckling inom bränslecellsområdet hänvisas till andra utlysningar inom H2020. TRL3 är miniminivå för projekten.

EU programmet FCH JU2 har nu börjat samarbeta i högre omfattning med andra teknikområden och de har haft eller planerar gemensamma aktiviteter som workshops med vindkraftsindustrin och solenergi-industrin samt gasinfrastrukturbolag.

Vätgas som energibärare speciellt som transportbränsle skall enligt EC vara en mogen och konkurrenskraftig teknik år 2020. Det skall uppnås genom ett samarbete som leds av industrin där forskning och utveckling samt demonstration av tekniken ingår. Det betonas också att europeisk industri skall vara ledande och konkurrenskraftig inom området.

De nyheter inom transportområdet som nämns för 2016–2017 är att forskning inom platina fria PEFC kommer att prioriteras. FCH JU vill se fler demonstrationer för tunga fordon speciellt i stadsmiljö och för gaffeltruckar och liknande arbetsredskap.

Inom energiområdet så kommer utveckling och demonstration av stora elektrolysörer att bli ett prioriterat område. Ett annat område är flytande organiska vätgasbränslen.

Verksamhetens bakgrund, huvudprogram samt mål och visioner för FCH JU2 finns presenterade i dokumentet MAWP, Multi-Annual Work Programme. Dokumentet går att ladda ner från länken <http://www.fch.europa.eu/page/multi-annual-work-plan>.

Inom FCH JU2 görs det en årlig utlysning i storleksordningen 100 MEUR. Programmet är indelat i två lika stora huvudområden Transport och Energisystem. För övriga projekt finns ca 5 % av budgeten som används för Cross-cutting and Overarching issues.

Varje år publiceras en Annual Work Plan AWP som innehåller förutsättningarna för årets utlysning och årets budget för verksamheten. Alla AWP finns på webbsidan under fliken key documents, se länken <http://www.fch.europa.eu/node/843>.

Utlisningen för 2017 som omfattade 116 M€ stängde den 20 april. Det kom in 70 ansökningar varav 45 inom energiområdet och 16 för transportområdet. Detaljerad

information om den utlysningen finns på länken. www.fch.europa.eu/page/call-2017.

Det är nu 203 projekt som har godkänts och startat sedan början av FCH JU 2008. Flera projekt är under förhandling med EC och de förväntas starta senare under året. Det finns deltagare från Sverige i ca 30 av dessa projekt.

JIVE är ett nytt projekt inom bussområdet. 142 bränslecellsbusar skall användas i 5 olika länder på 9 olika ställen i Tyskland, Storbritannien, Italien, Lettland och Danmark. Projektet finns beskrivet i detalj på websida. <http://www.fch.europa.eu/project/joint-initiative-hydrogen-vehicles-across-europe>

JIVE är det femte större bussprojektet som finansieras av EU.

Inom det stationära området är det nya stora flaggskeppsprojektet PACE där 2 650 bränsleceller skall placeras i bostäder som microCHP. Det är 5 olika leverantörer, både PEFC och SOFC. Bränslecellerna skall i första hand placeras i Belgien, Frankrike, Italien, Storbritannien och Nederländerna men även andra länder kan ansluta till projektet.

Ett nyligen startat projekt är H2ME, Hydrogen Mobility for Europe där 29 nya vätgastankstationer kommer att uppföras och enligt planerna skall 325 bränslecellsfordon varav 200 personbilar från Hyundai och Daimler och 125 Renault Symbio Fcell med bränsleceller som range extender. Projektet skall pågå under 5 år. Skandinavien är en av fyra huvudregioner som är med i projektet, från Sverige deltar AGA AB.

Ett annat viktigt projekt är HYLAW med syftet att underlätta introduktionen av vätgas som energibärare genom att undersöka befintlig lagstiftning inom området och ändra den där så behövs. Det är 23 olika deltagande organisationer från Sverige deltar Vätgas Sverige.

Det finns en uppdaterad websida för FCH JU2. Där finns all information även för det tidigare programmet. Alla godkända projekt är presenterade. Det finns information om nödvändiga bestämmelser och dokument för att kunna göra ansökningar i FCH JU2, se www.fch-ju.eu.

För att ett projekt skall godkännas krävs att minst en av projektdeltagarna är med i antingen Industrigruppen eller Forskningsgruppen. Övriga projektdeltagare behöver inte vara med i dessa organisationer. Industrigruppen har växt och har numera 107 medlemmar från 21 olika länder. Industrigruppen heter numera Hydrogen Europe och den är nu mer marknads- och lobbyinriktad än tidigare. För mer detaljerad information se <http://hydrogeneurope.eu>.

Forskningsgruppen som har bytt namn till Hydrogen Europe Research har 65 medlemmar från olika forskningsinstitut och universitet i Europa. Mer information om organisationen och dess medlemmar finns på Hydrogen Europe Research websida <http://www.nerghy.eu/>.

Från Sverige är AB Volvo och PowerCell med i Industrigruppen Hydrogen Europe och KTH är med i Forskningsgruppen Hydrogen Europe Research.

4 Uppdrag inom Teknikbevakningsprojektet 2015 – 2016

4.1 PROJEKT AVSLUTADE 2015

4.1.1 Left over hydrogen quality and cost

Detta uppdrag har utförts av SP med huvudförfattare Anna Alexandersson och Karine Arrhenius. Projektet avslutades och publicerades hösten 2015.

Bakgrunden till detta projekt är att undersöka möjligheterna att på ett enkelt sätt snabba upp uppbyggnaden av en infrastruktur för vätgas som fordonsbränsle i Sverige. Idag produceras stora mängder vätgas vid kemiska och petro-kemiska industrier i Sverige. Det blir en hel del överproduktion av vätgas från dessa anläggningar, som ofta facklas bort idag. Denna vätgas tillverkas till stor del genom reformering av naturgas. Kostnadsskillnaden är markant mellan industriell vätgas och förnybar vätgas producerat med elektrolys direkt vid tankstationen.

Ett problem med den industriella vätgasen kan vara dess brist på renhet. Kraven på renhet för vätgas som skall användas som fordonsgas är höga beroende på PEFC-bränslecellernas känslighet för föroreningar, speciellt CO.

Målen för projektet var att utvärdera analytiska metoder för att bestämma vätgas-kvalitet avseende mängden tillåtna föroreningar som krävs i standarden ISO 14687-2 "vätgas-produkt Specifikation - Del 2: PEFC (PEM) bränslecellsapplikationer för vägfordon", och att diskutera möjliga lösningar för att förbättra detektionsgränserna och minska antalet analyser som krävs. De metoder som föreslås i rapporten bygger på den instrumentpark som för närvarande finns på SP kemiska laboratorium och utvecklingen tyder på investeringar som krävs för att kunna utföra alla analyser som krävs enligt ISO 14687-2. Ett annat mål var att diskutera kostnadsscenarios för den industriella vätgasen tillverkad från fossila bränslen som skall kunna användas som fordonsgas jämfört med vätgas som framställs av elektrolys från förnybar elektricitet.

Detektionsgränserna är troligen satta mycket lägre än vad som är nödvändigt för att inte skada bränslecellerna, och i standarden står det nämnt att gränserna kan komma att justeras. Antalet föroreningar kan dock ha stor inverkan på livslängden för stacken.

Priset för överskottsvätgas uppskattades till 15–20 SEK/kg jämfört med vätgas från elektrolys som är cirka 40 till 50 SEK/kg. Det skall då nämnas att överskottsvätgasen till största delen är tillverkad från fossila bränslen.

4.1.2 Teknikbevakning SOFC 2014–2015, IEA AFC Annex 32 SOFC och Annex 37 Modellering

Institutionen för Energivetenskaper vid LTH, Lunds Universitet hade i uppgift att under 2014–2015 bevaka utvecklingen inom SOFC-området genom att delta som

experter i IEA Advanced Fuel Cells Annex 32 SOFC. De deltar även från Sverige i Annex 37 Modellering. Arbetet utfördes av Bengt Sundén och Martin Andersson.

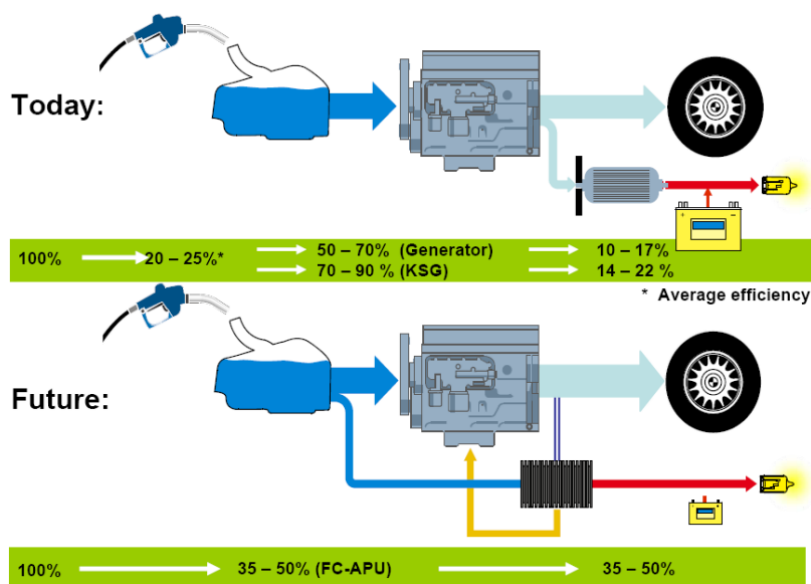
IEA Annex 32 SOFC

Annex 32 har som uppgift att studera teknikfrågor för utveckling av SOFC-bränsleceller. De centrala problemen idag med SOFC är mekaniska och kylning av större keramiska stackar. Bland materialfrågorna är metalliska interconnect ett viktigt område. Interconnect är strömledaren från cellerna som ofta korroderar eller deformeras främst på grund av de höga temperaturerna.

Aktiva partners i Annex 32 är Danmark, Finland, Frankrike, Tyskland, Italien, Japan, Korea, Sverige, Schweiz och USA. Jari Kiviaho från VTT i Finland är Operating Agent. Från Sverige är professor Bengt Sundén och docent Martin Andersson från LTH med som experter.

Från Annex 32 och utvecklingen inom SOFC-området kan nämnas

Den första fastoxidbränslecellen (SOFC) utvecklades redan 1937, dock har den stora kommersialiseringen dröjt. Det är främst inom specifika nischmarknader, t.ex. lokal kraftgenerering till datacenter, småskalig kraftvärme för enskilda hushåll samt för olika militära ändamål där SOFC-system är tillgängliga i dag. Den framtida potentialen kan vara stor inom nämnda områden och även för t ex distribuerad kraftgenerering i MW-skala samt som extra kraftaggregat i lastbilar och andra fordon och i vissa fall även för framdrivning.



Figur 13: Jämförelse konventionell drivlina och en med SOFC som APU³

³ Comparison of overall electrical efficiencies between a conventional engine based power train and a SOFC-based APU. Courtesy of FZ Jülich, Germany

En elektrisk verkningsgrad på 60 % för ett SOFC-system utvecklat av CFCL och ett system så litet som 1,5 kW har uppnåtts jämfört med upp till 70 % i lab-skala. Elverkningsgraden kan jämföras med dieselmotorn för vägfordon, där en maximal verkningsgrad om 48 % (världsrekord är 54,4 %) för en optimal belastning är möjlig. Det bör noteras att både dieselmotorn och SOFC-systemet för framdrivning vinner betydande elverkningsgrad från en hybridisering, d v s kan motorn eller bränslecellen arbeta på en optimal belastning och eventuellt överskott (eller brist) kan då lagras i batteriet. Ännu har vi inte sett något praktiskt exempel på SOFC för framdrivning av fordon men det kan bli en möjlighet i framtiden.

NASAs SOFC-forskning är lovande för framtida produktutveckling av SOFC-teknologin. På samma sätt är det för General Electrics SOFC-aktiviteter, som till en början inte är ämnade för fordonsindustrin, men när en av världens största företag startar sin SOFC forskning, är det klart att de tror starkt på tekniken.

IEA Annex 37 Modellering

Annex 37 Modellering syftar till att utveckla, underhålla och tillämpa öppna källkoder Computational Fluid Dynamics (CFD) programvara för att utveckla bränsleceller, elektrolysörer och andra elektrokemiska tillämpningar (vätelagring, batterier, etc.). I arbetet ingår validering och verifiering (V & V) i jämförelse med andra CFD koder. I arbetet ingår också fysiska experiment, utveckling av "benchmark problem", och round-robin tester.

Två webbplatser har tagits fram, en offentlig webbplats tillgänglig för vem som helst, och en privat hemsida som endast kan nås av deltagande medlemmar. Medlemmar består både av användare och programutvecklare. Att föra samman dessa två grupper är en viktig del av arbetet i Annexet.

Det primära målet är att utveckla state-of-the-art för så kallade flerskalemodeller med hjälp av programvara med öppen källkod. Modellerna ska sedan användas för att främja vetenskap och teknik och moderna bränsleceller får därigenom en konkurrensfördel gentemot andra tekniker. Modellerna ska valideras med experimentella data och förbättras som ett resultat av valideringen.

Det första mötet i Annex 37 arrangerades av och hos FZ Jülich i januari 2015 och följande möte hölls i Neapel i december 2015 med ENEA som värd. Operating Agent är Steven Beale från FZ Jülich i Tyskland. Följande länder har visat intresse för att delta: Kanada, Kroatien, Danmark, Frankrike, Tyskland, Italien, Storbritannien, USA och Sverige. Från Sverige deltar docent Martin Andersson och professor Bengt Sundén, båda från LTH.

4.1.3 Direct Ethanol Fuel Cells: ethanol for our future fuel cells?⁴

En projektgrupp bestående av Helena Berg, Libergreen, Joakim Nyman, Viktoria Swedish ICT AB, Per Erlandsson, Lantmännen, Patrik Johansson and Aleksandar Matic, Chalmers genomförde denna förstudie. Den syftade till att kritiskt identi-

⁴ RAPPORT 2015:137 av Helena Berg, Libergreen, Joakim Nyman, Viktoria Swedish ICT AB, Per Erlandsson, Lantmännen, Patrik Johansson and Aleksandar Matic, Chalmers

era potentialen för direktetanolbränsleceller (DEFC) för fordonsdrift och sammanställa var teknikfronten ligger. Detta mot bakgrund av att etanol som drivmedel på många vis framstår som attraktivt. En intressant teknik är DEFC med alkaliska membran, vilka kan ge hög verkningsgrad, dessutom utan att platina behövs som katalysator. Dock är denna teknik långt ifrån färdigutvecklad och inte heller provad för fordonsdrift.

Förstudien rekommenderar bland annat att AAEM-koncept studeras vidare, exempelvis med avseende på hur temperatur och andra driftsparametrar påverkar effekttäthet och komplexitet för fordonstillämpningar. Vidare rekommenderas en analys av hur denatureringsämnen påverkar prestanda och livslängd för bränslecellssystemet.

4.1.4 Kravställning av kraftelektronik för användning av bränsleceller i elektriska fordon⁵

Andreas Bodén, Powercell AB och Anders Hedebjörn, Volvo Cars specificerade en högsämningsomvandlare (DC/DC-omvandlare) för ett bränslecellssystem och undersökte utifrån denna specifikation vilka möjliga leverantörer och produkter som fanns på marknaden. Även en kostnadsuppskattning vid volymproduktion gjordes.

Ett resultat av studien är att specifikationen i sig inte skiljer så mycket från det som erbjuds men att det inte fanns någon produkt på marknaden som möter kraven fullt ut. En eller två leverantörer kan inom rimlig tid ta fram prototyper enligt specifikationen.

Om DC/DC-omvandlaren även ska kunna användas i ett tyngre fordon görs bedömningen att den enda parametern som direkt påverkar den elektriska designen är att utgående spänning måste vara justerbar så att den kan passa den högre spänningsnivå som tyngre fordon använder.

4.1.5 Kostnadsutvecklingen för bränslecellsfordon⁶

Hans Pohl på Viktoria Swedish ICT AB genomförde studien. Syftet var att öka kunskapen om kostnader förknippade med bränslecellsfordon med fokus på de delar i fordonet som är unika för bränslecellsdrivna fordon, dvs. bränslecellssystemet och vätgastanken. Med data från litteratur, media och genom personliga kontakter med experter på området ger rapporten en översikt över marknadsutvecklingen, den skärskådar dussintalet kostnadsanalyser och den redogör för en intervju med den biltillverkare som var först ut på marknaden med ett litet större antal fordon (Hyundai).

Genomgången av kostnadsanalyserna visar att kostnaden för hela drivlinan varierar mellan 10 000 och 22 500 USD, under antagande om stor tillverkningsvolym.

Bland slutsatserna betonas att det i takt med att biltillverkarna med Hyundai, Toyota och Honda i spetsen nu börjar sälja bränslecellsfordon blir allt svårare att

⁵ Rapport 2015:211 av Andreas Bodén, Powercell AB och Anders Hedebjörn, Volvo Cars

⁶ Rapport 2015:166 av Hans Pohl, Viktoria Swedish ICT AB

göra kostnadsanalyser av det slag som granskats i rapporten. I en grov jämförelse mellan fordon som drivs med batterier respektive bränsleceller ligger kostnaden år 2020 ungefär lika vid en batteristorlek om 30 kWh. Nissan Leafs batterikapacitet är 24 kWh.

4.1.6 Konferensbevakning Fuel Cell Seminar 2015⁷

Fuel Cell Seminar är en återkommande konferens som arrangeras i USA av Department of Energy. Konferensen täcker hela bränslecellsområdet, både teknik- och marknadsfrågor, m m, för transportsidan, stationära och portabla system. 2015-års konferens hölls i Los Angeles den 16 – 18 november. Den bevakades av Bengt Ridell, Sweco, tillsammans med Hannes Falk-Windish från Chalmers och Cecilia Wallmark från Sweco. Stämningen på konferensen var konstruktiv, och de stora frågorna är nu att kommersialisera tekniken, få ner kostnader, förbättra livslängd och följa upp säkerhetsaspekter.

Huvudtalarna var alla överens om att bränslecellstekniken kan vara en viktig teknik för att minska utsläpp av växthusgaser. Överhuvudtaget var det ett stort fokus på klimatfrågorna, betydligt mer än i tidigare konferenser. Miljön är en viktig och stor drivkraft för utveckling av bränslecellstekniken för klimatet men i många fall främst för den lokala miljön. Det kan nämnas att tunga fordon hade ett speciellt fokus under konferensen.

Sverige hade relativt sett många deltagare på Fuel Cell Seminar: Sandvik, Impact Coating, Cell Impact och AP & T från Ulricehamn var med i utställningen. Det var flera svenska presentationer i den tekniska delen bland annat från PowerCell, Sandvik, Sweco, Impact Coating och Cell Impact.

4.2 PROJEKT AVSLUTADE 2016

4.2.1 Teknikbevakning SOFC 2015-2016

Institutionen för Energivetenskaper vid LTH, Lunds Universitet hade som tidigare år fått förnyat förtroende att under 2015-2016 bevaka utvecklingen inom SOFC-området genom att delta som experter i IEA Advanced Fuel Cells Annex 32 SOFC. De var även svenska deltagare i Annex 37 Modellering. Arbetet utfördes av Bengt Sundén och Martin Andersson.

Ett 1,5 kW SOFC-system med en elektrisk verkningsgrad på 60 % (LHV) har uppmätts flera gånger i fält på kommersiella anläggningar. De tillverkas idag av Solid Power i Italien som köpte CFCL som utvecklade dessa SOFC. SOFCMAN i Kina hävdar att de kan nå 72,5 % (LHV) för ett SOFC-system som är under utveckling. Detta är ännu inte bekräftat av någon slutanvändare.

Kommersialiseringen av SOFC-system sker inom specifika marknader, t.ex. i USA stora SOFC i MW-klass för lokal kraftgenerering till speciellt datacenters och i Japan och Europa småskalig kraftvärme för enskilda hushåll. SOFC används och utvecklas också för olika militära ändamål främst i USA. Den framtida potentialen

⁷ Rapport 2016:271 Fuel Cell Seminar 2015 av Bengt Ridell, Sweco, Hannes Falk-Windish, Chalmers och Cecilia Wallmark, Sweco.

är stor inom nämnda områden och även för t.ex. distribuerad kraftgenerering i MW-skala som förväntas starta i Japan och Sydkorea. Det finns även möjliga användningsområden inom transportområdet olika typer av APU och i vissa fall även för framdrivning av lastbilar och andra fordon. Utvecklingen har under senare år inkluderat även elektrolys så kallade SOEC, dvs omvända elektro kemiska reaktioner för att producera vätgas och/eller metan.

Volvo har deltagit i europeiskt finansierade SOFC-projekt, exempelvis DESTA med syfte att utveckla en APU för tunga lastbilar. Det finns flera företag som arbetar med fordonsinriktad SOFC-utveckling till exempel AVL, Eberspächer och Elcogen i Europa, samt Delphi, Protonex och Ultra Electronics USSI i Nordamerika. Med militära applikationer för fordon, APU mm arbetar Fuel Cell Energy, Protonex och MSRI i Nordamerika samt Catator i Sverige.

Antalet samarbeten i bränslecellsbranschen ökar stadigt, exempelvis samarbetar Panasonic och Viesmann, Toshiba med BDR Thermea och Aisin med Bosch. Daimler och Ford samarbetar genom deras joint-venture AFCC-Auto. Honda och GM utvecklar gemensamt bränsleceller. Honda samarbetar även med Ceres Power. VW arbetar tillsammans med Ballard.

Antalet företag som utvecklar bränslecellssystem baserade på flera olika teknologier ökar. Även antalet offentligt finansierade program t.ex. Callux i Tyskland och ENE-FARM i Japan som stöder flera olika bränslecellsteknologier däribland SOFC parallellt ökar.

Den japanska regeringen planerar att använda OS 2020 i Tokyo som uppvisning för deras vätgas och bränslecellssatsningar.

4.2.2 Bränslecellsdrivna lastcyklar

Projektet har genomförts vid Mälardalens Högskola med Anders Lundblad som projektledare. Syftet med projektet var att undersöka behovet av bränslecellssystem för lastcyklar och de tekniska krav som då måste ställas. Målsättningen med projektet är att skapa underlag för ett större FoU-projekt där små bränslecellsdrivna lastcyklar kan demonstreras.

Projektet har haft två huvudinriktningar:

1. Undersöka utveckling av teknik och marknad för lastcyklar som drivs av små PEM-bränsleceller och att undersöka hur vätgasbränsle kan distribueras.
2. Undersöka vilka säkerhetskrav (standarder, etc) som ställs i Sverige och internationellt för att installera bränslecellssystem i lastcyklar.

Lastcyklar, det vill säga kraftigare cyklar avsedda för tyngre laster, är en nygamal företeelse i den svenska stadsmiljön, som ökat markant under senare år. Moderna lastcyklar har emellertid elmotorassistans som underlättar framdrift och möjliggör laster upp till 500 kg! En APU-bränslecell skulle med fördel kunna användas för att förlänga lastcykelns räckvidd (range-extender).

Studien visar att litiumbatteriteknologi ger tillräcklig räckvidd även för dagens professionella lastcykelanvändare, men att ett bränslecellssystem kan vara mycket

attraktivt om man har ett extra kraftbehov, exempelvis vid kyltransporter eller för värme till kafécyklar.

Projektet har även resulterat i ett designförslag för en fyrhjulig lastcykel utrustat med ett 150 W bränslecellssystem. Designförslaget är framtaget med hänsyn taget till säkerhetsstandarden ISO 23273 och till säkerhetskrav vid bland annat kollisioner.

- Vätgas till små bränsleceller (50–500 W) kan redan idag kostnadseffektivt distribueras till de över 200 gasol-depåer som finns över hela Sverige.
- Ett designförslag har utvecklats som visar att bränslecellssystemets komponenter, på ett säkert sätt, kan integreras in chassit på en lastcykel.

Nästa steg blir att genomföra ett demonstrationsprojekt där ett antal lastcyklar utrustas med bränslecell och används i olika tillämpningar. Projektets stödföretag; Aga-Linde, Velove bikes och Safe-X Systems, är alla positiva till ett demonstrationsprojekt under förutsättning att det kan finansieras på ett bra sätt.

4.3 PÅGÅENDE PROJEKT

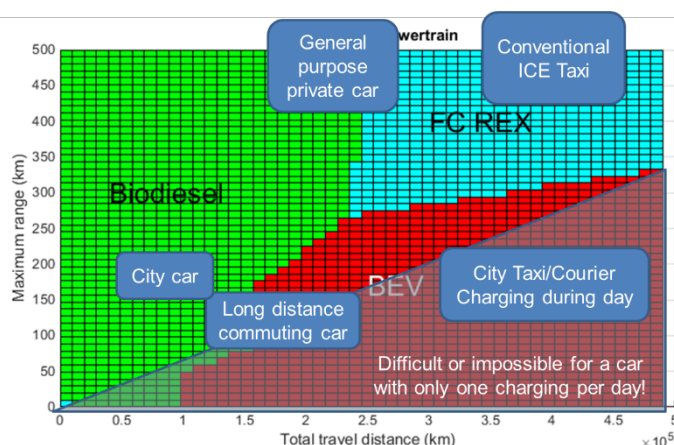
4.3.1 När passar bränsleceller bäst – en studie av elektrifierade drivlinor

Projektet genomfördes under 2016 och slutfördes i början av 2017. Chalmers/SHC (Anders Grauers), Vätgas Sverige (Erik Wiberg) och RISE Viktoria (Joakim Nyman) genomförde projektet under ledning av RISE Viktoria (Hans Pohl).

En första del i projektet sökte klarlägga vilka systemkonfigurationer med bränsleceller som har varit och är aktuella samt hur olika lösningar används inom olika fordonstyper och marknadssegment. Resultatet visar att drivlinor av hybridtyp dominerar både bland personbilar och bussar. Med detta menas fordon som huvudsakligen drivs med el från vätgasdrivna bränsleceller där batteripaketet används som en effektbuffert. Bland det fåtal fordonstyper som har nått marknaden var detta den enda lösningen i nuläget. Bussutvecklingen följer två spår. Det ena spåret är med specifika bränslecellsstackar för bussar, vanligen från Ballard. Det andra spåret, som förefaller att bli dominerande, är att använda dubblerade system från personbilarna.

I en andra delen av projektet utvecklades en metodik för att systematiskt studera hur olika typer av drivlinor passar för olika typer av tillämpningar. Primärt används kostnaden för fordonsanvändaren som styrande faktor. Mot bakgrund av några antaganden jämförs kostnaden för investering och drift av bränslecellsfordon, batterifordon, förbränningsmotorfordon med biodrivmedel, samt två olika varianter av batterifordon med räckviddsförlängare, en med bränsleceller och en med förbränningsmotor.

Analysen visar på karaktärsskillnad i hur kostnaden för bränslecellsfordon och batterifordon varierar i förhållande till dimensionerna räckvidd per tank och total körsträcka under fordonets livslängd. Det är tydligt att batteridrift är bäst när räckviddskraven är måttliga och den totala körsträckan är lång.



Figur 14: Olika typtillämpningar mappade mot analysens resultat.

En jämförelse av alternativen visar att förbränningsmotorfordonet med biodiesel är attraktivast för tillämpningar med kort och måttlig körsträcka under fordonets livstid, jämför Figur 13. Vid lång total körsträcka och god räckvidd per tank (eller laddning) är batterifordon med bränsleceller som räckviddsförlängare billigast. Denna del av marknaden omfattar inte så många fordon. Dock sträcker sig tillämpningsområdet ner till att tangera den stora bulken av personbilar idag, dvs fordon som totalt körs cirka 20 000 mil och har en räckvidd på 50 mil.

Jämförs projektets första och andra del kan några skillnader noteras. En viktig skillnad är att bränsleceller som räckviddsförlängare uppvisar bättre totalekonomi än den idag dominerande lösningen med bränsleceller, dvs. ej laddbara bränsle-cellshybrider. Avgörande för denna slutsats är emellertid antagandet om att ett batterifordon med räckviddsförlängare till 67 procent körs på el från elnätet. Detta kan vara svårt i praktiken. En annan skillnad är att batteridrift ofta positioneras som lämpliga för små fordon som inte kör så långt medan bränslecellsdrift är för stora fordon med längre körsträckor. Kostnadsanalysen tar inte hänsyn till storlek (och vikt) men avseende körsträckor så bör batteribilar köras mycket för att vara konkurrenskraftiga. Det matchar inte segmentet stadsbil särskilt bra med undantag för taxi, möjligtvis. Bränslecellsfordonen ligger mer rätt i detta avseende.

4.3.2 Bränslecellers konkurrenskraft i vägfordon

Projektet genomfördes under 2016 och första halvan av 2017 av KTH (Annika Carlsson och Göran Lindbergh), SWECO (Bengt Ridell), Kanehira Maruo, SHC/LSP (Magnus Karlström) under ledning av RISE Viktoria (Hans Pohl). Projektet studerade under vilka förutsättningar som olika typer av drivlinor med bränsleceller är konkurrenskraftiga.

I policydelen av projektet konstaterades det att regelverken för lokala och globala emissioner utvecklas, dock normalt sett med utgångspunkt i vad som är tekniskt och ekonomiskt rimligt att klara med förbränningsmotorer och fossila drivmedel. I takt med att kraven skärps får leverantörer av fordon allt bättre möjligheter att få

avsättning för miljömässigt högkvalitativa produkter. Olika former av elektrifiering får ökad konkurrenskraft, primärt för att elektrifiering minskar utsläppen av växthusgaser. Det finns områden med speciella krav på utsläppen. Rena nollemissionszoner är dock små och ovanliga och bedöms inte få en stor marknadspåverkan de närmaste åren. Viktigare att hålla under noggrann uppsikt på när det gäller lagar och regler är stora regleringsglada marknader som Kina, Japan och Kalifornien.

Flertalet policyinsatser som gynnar batterifordon gynnar även bränslecellsfordon. En viktig skillnad är dock insatser riktade mot infrastrukturen. Vätgasfordon är till skillnad från batterifordon beroende av publik infrastruktur.

Den tekno-ekonomiska analysen i projektet fokuserar på tunga fordon. Stadsbussar med bränslecellsdrift fungerar bevisligen rent tekniskt men ekonomiskt finns det analyser som indikerar att bussar med batterier och frekvent laddning är attraktivare. Detta är givetvis avhängigt kostnaden för drivmedlet med mera. Normalt sett är el klart billigare än vätgas per fordonskilometer.

För lastbilar är komprimerad eller flytande vätgas bättre än batterier som energilager men långt ifrån lika bra som diesel. Tillämpningar med måttliga räckviddskrav per arbetsdag som medger plats för stora vätgastankar är intressantast. Lastbilar med stora batterier och vätgasdrivna bränsleceller finns, bland annat från Nikola Motors.

De stora OEMerna arbetar med både bränsleceller och laddbara fordon och de bränslecellsbilar som finns på vägarna möter inga generella restriktioner i användningen. Toyota, Hyundai och Daimler gör även stadsbussar med bränslecellsdrift. Bussarna använder i princip dubblade system från bilarna och än större vätgaslager. Samma gäller även för den lastbil för demonstrationsdrift i hamnen i Los Angeles som Toyota introducerade våren 2017. Det finns även andra aktörer som bygger bränslecellsbussar. De använder vanligen stackar från Ballard.

4.4 BEVILJADE PROJEKT 2017

Can fuel cells become a mass-produced option globally for heavy duty trucks 2030+? An exploratory study, Magnus Karlström, Chalmers, m fl. Projektet delfinansieras av teknikbevakningen och leds av Magnus Karlström, SHC/Chalmers. Medverkar från samma organisation gör även Elna Holmberg och Anders Grauers. Hans Pohl, RISE Viktoria, är också med i projektet som startade under våren 2017 med beräknat avslut i december samma år.

Ambitionen med projektet är att förfina analysen av om och i så fall under vilka premisser som lastbilar med bränslecellsdrift kan bli konkurrenskraftiga. En viktig utgångspunkt är det avslutade projektet som redovisas ovan, se 4.3.1.

Analysen omfattar infrastruktur och drivmedel och den är öppen för att olika tekniska lösningar kan vara aktuella i olika regioner i världen, till stor del beroende på hur energiförsörjningssystemen ser ut.

Studien kommer att undersöka möjligheterna för bränslecellernas som ett alternativ för tunga lastbilar globalt 2030+. Bedömningen är huvudsakligen baserad på

TCO (totalkostnadsälgande) beräkningar av bränslecellsalternativet jämfört med andra miljövänliga alternativ som biobränslen, batteridrift och elvägssystem. Både PEMFC- och SOFC-bränsleceller kommer att studeras. Det görs också undersökning av hur olika tillverkare idag bedömer potentialen för bränsleceller i lastbilar.

Teknikbevakning avseende SOFC och FC modellering, Lunds Universitet, Energivetenskaper, Martin Andersson/Bengt Sundén. Projektet avser teknikbevakning och analyser av fastoxidbränsleceller (SOFC) med fokus på fordon och stationära tillämpningar, samt elektrolysörer där det bedöms relevant.

Teknikbevakning SOFC (and SOEC), Chalmers, Energi och material, Jan-Erik Svensson. I det här projektet bevakas utvecklingen inom SOFC (samt relaterade SOEC) teknologin. Detta kommer att ske genom att aktivt besöka de mest relevanta internationella SOFC/SOEC konferenserna och därefter rapportera nyheter inom SOFC/SOEC industrin i SHC's nyhetsbrev (eventuellt även andra medier).

Kostnadsfunktion för bränslecellssystemet, RISE Viktoria, Hans Pohl. Det finns mycket som talar för att kostnaden för bränslecellssystem för fordon inte är direkt proportionell mot systemets effekt. För att bättre kunna bedöma olika användningar av bränsleceller i eldrivna fordon, exempelvis som huvudsaklig energiomvandlare eller som räckviddsförlängare, behövs en kostnadsfunktion för bränslecellssystem från 5 – 300 kW.

Att lagra vätgas, RISE Viktoria, Hans Pohl & Sweco, Bengt Ridell. Lagring av trycksatt vätgas i kombination med bränsleceller erbjuder tydliga fördelar jämfört med lagring i batterier. Nyckelfördelarna är att vätgas kan tankas snabbt och att mer energi kan medföras i fordonet utan kraftig viktökning. Teknikutvecklingen för vätgastankar för personbilar har gått fort och ett nytt inslag är att även tunga fordon med 700 bars tankar har presenterats. Projektet adresserar nyckelfrågorna om livslängd och kostnad, primärt för trycktankar för vätgas men även för andra lagringsalternativ.

Bränsleceller i fordon och hanteringsmaskiner i intermodala transportsystem, TFK, Angelica Treiber. Intermodala transporter, som utgörs av en kombination av väg- och järnvägstransporter har ofta betydande fördelar ur energiförbruknings- och miljösynpunkt vid en jämförelse med direkta vägtransporter. De svaga länkarna, utifrån energi-, kostnads- och miljöaspekter, är omlastningar vid intermodala terminaler. En ansats i denna studie är därför att undersöka förutsättningarna för att etablera anläggningar för bränslepåfyllning och/eller vätgasgenerering vid de intermodala terminalerna. Anläggningarna avses därigenom kunna utnyttjas av de vätgasdrivna vägfordonen samt eventuella vätgasdrivna truckar, växellok och andra fordon.

Bränslecellsdrivna lastcykelfordon med extra funktionalitet, mini-demo, RISE SP, Anders Lundblad. Detta är en uppföljning till en tidigare förstudie om bränslecellsdrivna lastcyklar. I projektet genomförs en mini-demonstration av en bränslecellsdriven lastcykel som kan användas för kyltransporter eller andra applikationer där extraenergi behövs (tex kommunala arbetsfordon).

5 Syntes teknikbevakning bränsleceller

5.1 SWOT GLOBALT FÖR OMRÅDET

SWOT-analysen beaktar i första hand senaste årens händelser på marknaden och inom forskningen.

Styrkor

Bilindustrin har inte bara annonserat masstillverkning av bränslecellsdrivna personbilar utan även börjat leverera fordon till enskilda kunder, idag finns ca 3 000 FCV på vägarna. De vätgasfordon som finns tillgängliga idag har fullt konkurrenskraftig prestanda och bekvämlighet. Toyota Mirai finns nu tillgänglig på flera marknader och tillverkas i ett antal tusen per år, enstaka fordon finns i Sverige. Hyundai har sedan tidigare levererat sin ix35 Tucson i flera länder inklusive Sverige. Ny modell från Hyundai har annonserats och kommer inom kort och Daimler har presenterat sin plug-in FCV som skall lanseras inom några månader. Honda levererar sin nya Honda Clarity. De låga eller obefintliga skadliga lokala emissionerna från bränslecellsfordon är en stark konkurrensfördel gentemot diesel- och bensinfordon.

De stationära bränslecellerna har högre verkningsgrad än konkurrerande tekniker, de är allt mer bränsleflexibla och använder idag ofta förnybara bränslen, speciellt olika typer av biogas och i vissa fall vätgas. De stora volymerna av stationära bränsleceller i Japan har givit betydande erfarenheter från tillverkning, installation och service av bränsleceller. Produkterna blir bättre och kostnaderna minskar väsentligt.

Portabla bränsleceller säljs kommersiellt bland de större elektronikkedjorna och på internet. Flera tillverkare har annonserat nya och än mer användarvänliga modeller.

Vätgas erbjuder möjligheter att lagra energi, exempelvis i elproduktionssystem med stora obalanser mellan utbud och efterfrågan. Med ökande mängd vind- och solexel ökar lagringsbehoven och vätgas är billigare som lagringsmetod än exempelvis batterier. Detta medför också att vätgas delvis kan produceras med förnybar el som betingar ett mycket lågt eller rentav negativt värde.

Det publika stödet för forskning och marknadssatsningar är fortfarande betydande i USA och Japan. I Tyskland och inom EU:s program är stödet för FoU och demonstrationer fortfarande växande och långsiktigt. En del tekniker är konkurrenskraftiga på marknaden och en del stöd har börjat fasas ut.

Svagheter

Personbilarna är i många avseenden attraktiva för kunderna och politikerna men bilarna tillverkas ännu inte i några större volymer. Det är därför fortfarande svårt för privatpersoner att köpa eller få tillgång till en bränslecellsdriven bil. De modeller som erbjuds på marknaden är dyrare än motsvarande fordon med mer konventionell drivlina och det är också osäkert om satta priser är långsiktigt hållbara för biltillverkarna. Prestanda och livslängd har dock nått kommersiella villkor.

Även om vätgas kan produceras, distribueras och lagras på många sätt så är det ett drivmedel som kräver omfattande investeringar i infrastruktur. Utbyggnadstakten för tankstationer är än så länge blygsam. Utbyggnaden av infrastrukturen kräver publik finansiering eftersom det är svårt att med dagens bilpark kunna göra vinster av försäljning av vätgas. Idag produceras vätgas till största delen från naturgas, och då är klimatnyttan oklar. Förnybar vätgas är dyrare men nödvändig.

För stationära bränsleceller är fortfarande de stora svagheterkostnader och i vissa fall livstid. Detta gör att stationära bränsleceller, speciellt större anläggningar, fortfarande är beroende av olika former av subventioner.

Trots att det finns fullt kommersiellt tillgängliga portabla bränsleceller så uppvisar försäljningsvolymerna inte någon snabb ökning varken i Sverige eller globalt. Det har ännu inte utvecklats en kommersiell standard inom området.

Hot

Priset på fossila bränslen som olja och gas är lågt och består den prisnivån blir det svårare att sälja fordon och drivmedel som är klimatneutrala. De låga priserna för fossila bränslen gör det svårare för alternativa tekniker att expandera på marknaden.

Alternativa fordonstekniker, inte minst olika slags batterifordon, kan beroende på hur snabbt teknikutvecklingen går göra att de marknadssegment där bränslecellsfordon är konkurrenskraftiga krymper.

Den initiala utbyggnaden av infrastruktur för vätgas kräver offentlig finansiering eftersom underlaget i antalet fordon är och kommer att vara litet de första åren. En alltför långsam utbyggnad av infrastrukturen för vätgas kan hämma försäljningen och därmed utvecklingen av bränslecellsfordon.

Ett påtagligt hot är att de publika subventionerna och finansieringar inom bränslecellsområdet minskar eller tas bort. Detta är redan nu en realitet i USA där den nya administrationen har tagit bort Tax Credit systemet som gav en rabatt på 3 000 USD/kWe för vissa bränsleceller. Bolag som Fuel Cell Energy och Plug Power har påverkats väsentligt. US DOEs forskningsbudget för vätgasteknik och PEFC kommer att halveras 2018. Liknande system och feed-in-tariff finns i flera länder där bränslecellsmarknaden är framgångsrik. Det är mycket osäkert hur länge nuvarande subventionssystem fortsätter.

För mindre stationära bränsleceller är konkurrensen från batterier och motorer en svårighet, främst beroende på pris och konservatism.

Det stora hotet mot portabla bränsleceller är att batteritekniken utvecklas och förbättras väsentligt avseende prestanda, vikt och pris m m. Laddbara Power packs är redan idag ett starkt alternativ som laddare av mobiltelefoner. De har inte alla bränslecellens fördelar men i gengäld är de väsentligt billigare.

Möjligheter

Klimatfrågan med krav på minskade utsläpp av växthusgaser ökar möjligheterna för bränslecellstekniken inom alla områden eftersom de med fördel kan använda förnybara och lokalt producerade bränslen.

Den lokala luftmiljön är ett växande problem i många större städer. Då kan både bränslecellsbilar och batteribilar vara till stor fördel eftersom de i princip inte har några skadliga lokala emissioner. Detta är en fråga som har fått stor uppmärksamhet speciellt i USA och Kina och nu även i Europa.

Om infrastrukturen för vätgas byggs ut enligt de planer som är presenterade i USA, Japan, Tyskland och en del andra länder så kan bränslecellsbilar få ett kraftigt uppsving.

Det ökade behovet av reservkraft öppnar upp för en stor marknad för stationära bränsleceller. För stationära bränsleceller är möjligheterna att använda biogas eller lokalt producerad vätgas som bränsle en stor fördel. Bränsleceller har en del stora fördelar gentemot dieselmotorer på reservkraftsområdet inte minst ljudnivån, de låga emissionerna av exempelvis NOx och partiklar samt möjligheterna att använda rena förnybara bränslen.

För portabla bränsleceller är en stor drivkraft den ständigt ökade efterfrågan av uppkopplade mobiltelefoner samtidigt som batterikapaciteten blir ett allt större problem. Det gäller även annan elektronik som läsplattor och PC. Kraven på ständig uppkoppling öppnar upp för en stor efterfrågan på trådlösa laddare.

5.2 KOMMENTARER UR ETT SVENSKT PERSPEKTIV

Idag finns fyra mer eller mindre renodlade bränslecellsbolag i Sverige som är listade på börsen; PowerCell, Impact Coating, Cell Impact och myFC. Det finns dessutom andra större bolag som prioriterar bränslecellsområdet som Sandvik och Höganäs som materialtillverkare, och även ABB som leverantör av kraftelektronik. Sverige har också en betydande exportindustri inom transportområdet med särskild styrka i tunga fordon, för dem kan bränsleceller bli en viktig teknik i framtiden. Det finns också en del svenska företag på mjukvarusidan som är betydande internationellt det viktigaste är COMSOL och Intertek som avancerat testcenter.

Det finns stora förutsättningar för svensk industri att vara med som leverantörer på den internationella bränslecellsmarknaden. De svenska företagen är välkända genom att de är med i flera EU-finansierade projekt men också välkända genom direkta kontakter på världsmarknaden. För svensk exportindustri är inte alltid den inhemska marknaden av högsta prioritet.

Minst lika viktigt är det att svensk industri och andra framtida användare förmår beställa, integrera och använda bränslecellsteknik om och när den blir en nödvändighet på de marknader där industrin verkar.

Det kan tyckas att drivkrafterna för den inhemska marknaden för bränsleceller är svag i Sverige. I Sverige finns internationellt sett låga energipriser och små emissioner av växthusgaser som genereras från el- och värmeproduktionsområdet. Dessutom ger vattenkraften goda möjligheter att lagra energi tills det att den behövs. I takt med att förnybara elproduktionsmetoder som vindel och solen växer ökar dock behovet av lagring av energi över dygnet och mellan säsongerna.

Dagens samhälle är alltmer sårbart med den ökande datoriseringen och då är behovet av reservkraft för speciellt telekomstationer och datacenter allt viktigare

för att säkra tillgängligheten andra områden som kräver reservkraft är sjukhus, hotell och kontor.

Ett annat område som kan vara aktuellt för Sverige är att använda biogas som bränsle för bränsleceller. Marknaden för biogas som fordonsbränsle är vikande bland annat på grund av konkurrens från plug-in hybrider och minskande subventioner. Det produceras stora mängder biogas vid reningsverk och inom lantbruket som idag inte används utan i regel facklas bort.

Att ersätta olika typer av andra batterisystem med bränsleceller till exempel som drivkälla för gaffeltruckar kan mycket väl komma att bli en konkurrenskraftig teknik även i Sverige.

Nu när tekniken blir allt mer kommersiell så kan den även komma att användas i Sverige. Teracom, Telia, Svenska Kraftnät och Banverket har gjort flera tester med bränsleceller som reservkraft för mobilsystem och radiolänk, ofta med gott resultat. I Danmark finns mer än 100 sådana anläggningar i drift bland annat för tetrasystemet som är nödfrekvensen. Då måste bränsleceller vara konkurrenskraftiga tekniskt och ekonomiskt miljöfrågorna har inte så stor betydelse för reservkraft.

Den största drivkraften ur miljösynpunkt är inom transportområdet. Där kan en infrastruktur för vätgas och användning av bränslecellsfordon väsentligt minska utsläppen av växthusgaser från Sverige förutsatt att vätgasen tillverkas från klimatneutrala råvaror. Bränslecellsbilar har likt batterifordon i princip inga emissioner under drift, vilket är en viktig faktor för den lokala miljön.

Taxibolag har visat intresse av att använda bränslecellsbilar i sin verksamhet. Ett bolag i Sverige använder bränslecellsbilar i sin verksamhet i första hand för transporter till Arlanda flygplats där det idag finns en tankstation för vätgas.

Även om det enligt den kostnadsstudie som genomfördes inom teknikbevakningen ännu återstår en del tills bränslecellsfordon är ekonomiskt konkurrenskraftiga fullt ut, finns det stor anledning att fortsatt hålla ögonen på tekniken, inte bara för att några asiatiska biltillverkare har börjat sälja fordon i litet större antal. I jämförelse med andra tekniker som tar andelar på marknaden, exempelvis laddhybrider, så framstår bränslecellsfordon ha potentialen att erbjuda större nytta i flera dimensioner, exempelvis mångsidighet, miljönytta och lägre totalkostnader.

I linje med ovanstående är teknikbevakningen och de fördjupningar som görs inom olika områden, exempelvis vätgasens produktion och kvalitet, kostnader för bränsleceller, integrationsaspekter för bränsleceller i fordon, etanoldrivna bränsleceller m m, viktiga för Sverige ur minst två perspektiv. Dels ger studierna underlag för bedömningar av när och i vilka tillämpningar som bränslecellstekniken kan komma att få genomslag, vilket är avgörande kunskap såväl för industriella som offentliga aktörer. Dels ger studierna en viss kunskapsuppbyggnad i landet. Det är viktigt att Sverige har en djup kunskap inom området eftersom det kan komma att utvecklas till en betydande marknad med stora exportmöjligheter för svensk industri och även viktiga användningsområden inom landet.

Det kan också noteras att teknikbevakningen genomförs med förhållandevis små resurser. Möjligheterna att finna finansiering för annan bränslecellsorienterad

forskning är begränsade. Om och när användningen av bränsleceller tar fart i industrin är det sannolikt till stor del disputerade personer som kommer att efterfrågas. Med tanke på den relativt långa tid som utbildningen av disputerade personer inom området kräver är det förenat med en risk för Sverige och svensk industri att hålla en så låg aktivitetsnivå på lärosätena.

6 ORDLISTA

AEM	Anion Exchange Membrane
APU	Auxiliary Power Unit
BOP	Balance of Plant
CFCL	Ceramic Fuel Cells Ltd utvecklare av SOFC
CFD	Computational Fluid Dynamics
CHP	Combined Heat Power, kraftvärme
DEFC	Direct Ethanol Fuel Cell
US DOE	Department of Energy i USA
EU FCH JU	EU programmet Fuel Cell and Hydrogen Joint Undertaking
FCS	Fuel Cell Seminar
FCV, FCEV	Bränslecellsfordon
FFI	Fordonsstrategisk forskning och innovation
GHG	Växthusgaser
H2020	Horizon 2020 EUs ramprogram för forskning 2014 - 2020
IEA	International Energy Agency
ICE	Internal Combustion Engine
kW	Kilowatt
kWe	Kilowatt el
kWh	Kilowattimmar
MCFC	Molten Carbonate Fuel Cell
MW	Megawatt
NEDO	The New Energy and Industrial Technology Development Organization of Japan
NOx	Kväveoxider
PAFC	Phosphoric Acid Fuel Cell
PEFC, PEM	Polymer Electrolyte Fuel Cell även kallad PEMFC
SOEC	Solid Oxide Electrolyser
SOFC	Solid Oxide Fuel Cell
TCO	Total Cost of Ownership

TCP	Technical Collaboration Program inom IEA, tidigare Implementing Agreement
TRL	Technology Readiness Level
USD	Amerikanska dollar
UUV	Obemannade undervattensfarkoster

BRÄNSLECELLER SYNTESRAPPORT

2016-2017

Här beskrivs projekt i Sverige inom bränslecellsområdet som är offentligt finansierade inklusive verksamheten inom International Energy Agency, IEA. Bränslecellstekniken börjar bli allt mer kommersiell och konkurrenskraftig framförallt i Japan, Korea, Tyskland och USA.

Forskningsprogrammet EU FCH JU2 pågår under åren 2014 – 2020 med en budget på 1 350 MEURO.

De bränslecellsfordon som introduceras på marknaden, Toyota Mirai, Hyundai ix35 och Honda Clarity, har alla prestanda och komfort som är helt konkurrenskraftig med konventionella bilar.

Inom det stationära området finns det idag många anläggningar i multi-MW klass. I Japan finns det mer än 150 000 installerade bränsleceller i bostäder.

Ur svenskt perspektiv är bränslecellstekniken idag främst viktig för exportindustrin med företag som Powercell, Sandvik, Impact Coating, Cell Impact och myFC.

Ett nytt steg i energiforskningen

Energiforsk är en forsknings- och kunskapsorganisation som samlar stora delar av svensk forskning och utveckling om energi. Målet är att öka effektivitet och nyttiggörande av resultat inför framtida utmaningar inom energiområdet. Vi verkar inom ett antal forskningsområden, och tar fram kunskap om resurseffektiv energi i ett helhetsperspektiv – från källan, via omvandling och överföring till användning av energin. www.energiforsk.se



Energiforsk