

SYNTESRAPPORT TEKNIK OCH OMVÄRLDSBEVAKNING BRÄNSLECELLER 2015

RAPPORT 2016:285



TEKNIKBEVAKNING
BRÄNSLECELLER



Syntesrapport teknik och omvärldsbevakning bränsleceller 2015

BENGT RIDELL

HANS POHL

ISBN 978-91-7673-285-4 | © 2016 ENERGIFORSK

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

Förord

I syfte att koordinera teknikbevakning, samt sammanställa, analysera och sprida information om utvecklingen inom bränslecellsområdet till svenska intressenter, främst fordonsindustrin, finansierar Energimyndigheten ett projekt "Teknikbevakning av bränslecellsområdet". Projektet genomförs under åren 2014-2016 inom ramen för Svensk Hybridfordonscentrum, SHC, med Energiforsk som koordinator och projektledare.

Denna rapport, som har tagits fram inom teknikbevakningsprojektet, är en syntes av 2015 års teknikbevakning och händelseutveckling. Samtliga rapporter kommer att finnas publicerade och tillgängliga att fritt laddas ner från Energiforsks webbplats, på www.branslecell.se och på SHC:s webbplats www.hybridfordonscentrum.se.

Projektet har genomförts av Bengt Ridell (projektledare) Sweco tillsammans med Hans Pohl, Viktoria Swedish ICT AB.

Styrgruppen för projektet har bestått av följande ledamöter: Anders Hedebyörn Volvo Cars, Annika Ahlberg-Tidblad Scania, Azra Selimovic och Johan Svenningstorp AB Volvo, Bengt Ridell Grontmij/Sweco, Göran Lindbergh SHC/KTH, Elna Holmberg SHC och Bertil Wahlund Energiforsk. Energiforsk framför ett stort tack till styrgruppen för värdefulla insatser.

Stockholm maj 2016

Bertil Wahlund Energiforsk AB

Sammanfattning

Denna rapport beskriver bränslecellsverksamheten inom SHC och andra publikt finansierade projekt i Sverige inom bränslecellsområdet. I rapporten finns också en analys av bränslecellstekniken status idag globalt och ur ett svenskt perspektiv. Verksamheten inom bränslecellsområdet hos SHC startade 2014 och finansieras i huvudsak av Energimyndigheten. Under 2015 slutfördes fem uppdrag som presenteras här. Högskolorna KTH och Chalmers har projekt finansierade genom FFI Energi och miljö, för forskningsinsatser inom bränslecellsområdet. Dessa berörs i rapporten.

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.

Bränslecellstekniken börjar bli allt mer kommersiell och konkurrenskraftig speciellt i Japan, Korea och USA. 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.

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. Det största hindret för en bred marknadsintroduktion är produktion och distribution av vätgas som fordonsbränsle.

Inom det stationära området så ökar volymen av sålda bränsleceller och det finns idag många anläggningar i multi-MW klass varav ca en tredjedel drivs med biogas. I Japan finns det mer än 150 000 installerade bränsleceller i merparten är PEFC men 11 000 är högtemperatur bränsleceller av SOFC-typ. 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 har levererat stackar till de större projekten i Europa bland annat Enefield.

Bränsleceller för reservkraft ökar märkbart och i Nordamerika finns det i cirka 10 000 bränslecellsdrivna gaffeltruckar som använder vätgas som bränsle. Den kraftigt expanderade marknaden är fortfarande beroende av statliga stöd.

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 när en större bredare marknadsintroduktion av tekniken kan komma.

Summary

In this report are the fuel cell activities of the SHC, The Swedish Electric & Hybrid Vehicle Centre, presented and other publicly funded fuel cell projects in Sweden are included. There is also an analysis of the status of the fuel cell technology today globally and from a Swedish perspective. In 2014, SHC included fuel cell technologies in its programme. These activities are mainly financed by the Swedish Energy Agency. In 2015, six projects and reports were completed. In addition, the technical universities KTH and Chalmers have been funded by the public-private partnership programme FFI Energy and Environment for research in the area of fuel cells with focus on transport applications.

Sweden has several active experts in IEA Advanced Fuel Cells and IEA Hydrogen. The IEA activities continue and expand, which is strengthening the international networks for stakeholders in Sweden. The IEA has developed a unique network with participants from Asia, North America and Europe.

Fuel cells are now becoming close to commercial and competitive especially in Japan, Korea and the United States. In Europe, Germany is the leading country. EU is continuing funding of the EU FCH JU2 through H2020 during the years 2014-2020 with a total budget of 1,350 MEURO. Half of the budget is financed by the private business sector. The focus of the EU programme has become more market-oriented. Basic research may turn to other calls in H2020.

The fuel cell vehicle has been introduced to the market. Toyota Mirai, Hyundai ix35 and Honda Clarity have performance and comfort comparable with conventional cars. The biggest obstacle to a broad market introduction of fuel cell cars is the production and distribution of hydrogen as a fuel.

For stationary applications the volume of fuel cells on the market has increased, today there are many plants in MW size of which about one third is fuelled by biogas. In Japan, there are more than 150,000 installed fuel cells in homes. The Japanese fuel cell companies have now gained considerable experience in manufacturing, installation, operation and maintenance of fuel cells. They have expanded considerably on the export market. Japanese companies have delivered fuel cell stacks to major projects in Europe including the large Ene.field project in which 1,000 fuel cells will be installed in 12 different countries in Europe.

Fuel cells for backup power increases significantly globally with several thousand units installed and in North America there are approximately 10,000 fuel cell powered fork-lifts that use hydrogen as a fuel. The fuel cell market is still dependent on government support.

From a Swedish perspective, the development of the fuel cell technology is today mainly important for the export industry. There are several Swedish companies that are recognized internationally like Powercell, Sandvik, Impact Coating, Cell Impact, and myFC. It is important that experts in Sweden follow the development of the technology and the development of the market to help exporting companies and other stakeholders in Sweden in the assessment of when a bigger broader market introduction of the technology may come.

Innehåll

1	Inledning	9
1.1	Bakgrund	9
1.2	Bränslecellstekniken	9
2	Status bränslecellstekniken	11
2.1	Marknadsvolymer och kostnadsläge	11
2.2	Fordonstillämpningar	13
2.3	Stationära tillämpningar	14
2.4	Portabla tillämpningar	14
3	Program och projekt	16
3.1	Nya komponenter och koncept för polymera bränsleceller till fordon	16
3.2	Improving Lifetime and Performance of SOFC for Truck APUs	16
3.3	IEA Advanced Fuel Cells	17
3.4	IEA Hydrogen	19
3.5	EU FCH JU	20
4	Uppdrag inom Teknikbevakningsprojektet Bränsleceller 2015	22
4.1	Left over hydrogen quality and cost	22
4.2	Teknikbevakning SOFC 2014, IEA AFC Annex 32 SOFC och Annex 37 Modellering	23
4.3	Direct Etanol Fuel Cells: ethanol for our future fuel cells?	26
4.4	Kravställning av kraftelektronik för användning av bränsleceller i elektriska fordon	26
4.5	Kostnadsutvecklingen för bränslecellsfordon	27
4.6	Konferensbevakning Fuel Cell Seminar 2015	27
5	Pågående teknikbevakningsprojekt	28
5.1	Teknikbevakning SOFC 2015-2016 samt IEA AFC SOFC Annex	28
5.2	Drivlinekonfigurationer	28
6	Syntes av verksamheten	29
6.1	SWOT globalt för området	29
6.2	Kommentarer ur ett svenskt perspektiv	30
7	Ordlista	33

1 Inledning

1.1 BAKGRUND

Denna rapport beskriver bränslecellsverksamheten inom SHC och andra publikt finansierade projekt i Sverige inom bränslecellsområdet. I rapporten finns också en analys av bränslecellstekniken status idag globalt och ur ett svenskt perspektiv. Teknikbevakning av bränsleceller har placerats hos SHC bland annat för att få en närmare koppling mellan forskningen och fordonsindustrin. Ett långsiktigt syfte är att bidra till kompetensförsörjning för fordonsindustrin i Sverige.

Verksamheten inom bränslecellsområdet med SHC som värd startade 2014 och leds av Energiforsk. Projektet finansieras av i huvudsak av Energimyndigheten. Under 2015 slutfördes fem uppdrag som presenteras här. Högskolorna KTH och Chalmers har projekt finansierade genom FFI Energi och miljö, för forskningsinsatser inom bränslecellsområdet. Dessa berörs i rapporten.

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 2015 på Arlanda. Då besöktes även den nya vätgastankanläggningen som uppförts på Arlanda flygplats. Den kan tanka fordon med trycksatt vätgas upp till 700 bar.

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 luftkvaliteten är viktigt till exempel inomhus i lagerlokaler mm.
- Liten signatur, tyst gång och ingen störande lukt.

Bland nackdelarna med bränsleceller kan kostnadsbilden och lågtemperaturteknikens beroende av vätgas som bränsle nämnas. Kostnaderna utvecklas dock i rätt riktning, mer om det längre fram.

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 börjar närma sig 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.

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 bilar, bussar, 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 mm till stora batterianläggningar som reservkraft för telekomanläggningar, datorhallar och sjukhus.
- Kraftvärmeverk för produktion av el och värme från olika typer av avfall som energirika avfallsgaser från till exempel måleriverkstäder, kemisk industri, vattenreningsanläggningar och rötgas producerat från avfall från jordbruk och livsmedelsindustrier mm.

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

2 Status bränslecellstekniken

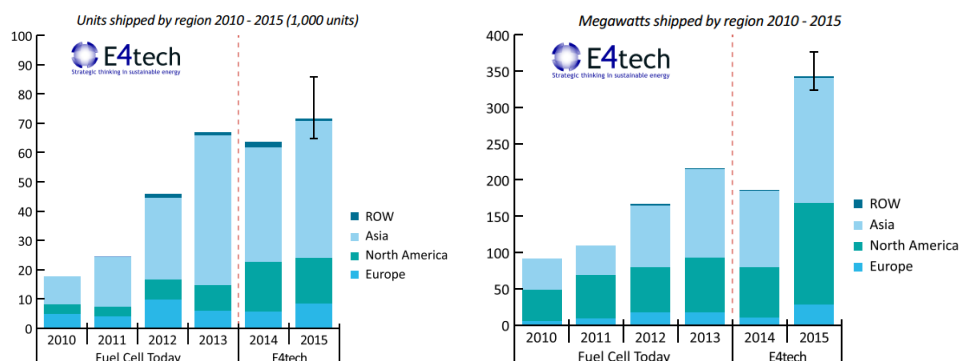
Bränsleceller kan användas inom många olika områden från små portabla enheter på några watt upp till stationära kraftvärmeverk i multi MW-klass. Den största anläggningen i Korea har effekten 60 MWe. Den kanske största potentialen för bränslecellstekniken är inom transportområdet för framdrivning av bilar. Olika områden har olika krav på bränslecellerna.

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 mm.

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 förväntade livslängden och dimensionerade körsträckan betydligt längre upp till 2 000 000 km ca 10 ggr längre vilket kommer att innebära större krav på bränslecellerna.

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. För stationära bränsleceller är ofta låg ljudnivå en stor fördel. För de bränsleceller som används för kraftvärme är kraven på uppstartstid och lastföljning inte så stora.

2.1 MARKNADSVOLYMER OCH KOSTNADSLÄGE

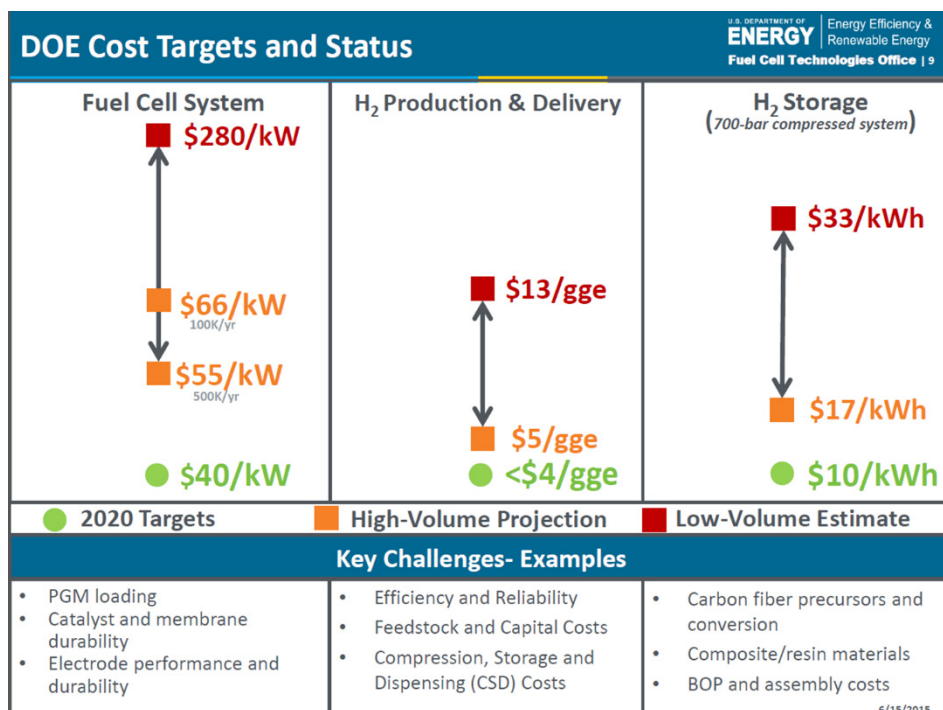


Figur 1: Leveransvolym i antal och megawatt¹

Försäljningen av bränsleceller är ganska stabil och den ökade under 2015, se Figur 1. Den stora ökningen i antalet skeppade MW kan förutom inom det stationära med

¹ FuelCellIndustryReview 2015

MCFC från Fuel Cell Energy och POSCO i Korea samt SOFC från Bloom Energy även härledas till bilindustrin. Varje serietillverkad bränslecellsbil har en effekt kring 100 kWe. Det blir snabbt många MW när hundratals bilar skeppas. Antalet skeppade MW förväntas stiga ytterligare under 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, mellanpunkten 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 %. Det kan göras genom till exempel med tunnare materia, mindre mängd platina och effektivare tillverkning.

Vätgasproduktionen behöver 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 stor-skalig 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 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.

² US update IEA ExCo November 2015 Nancy Garland DoE

2.2 FORDONSTILLÄMPNINGAR

Det finns idag serietillverkade bilar med bränsleceller som har all komfort och prestanda som behövs för att konkurrera med konventionella fordon. Hyundai var först ut med att erbjuda fordon under 2013 med modellen Hyundai iX35 FCV. Då sattes målet att leverera 1 000 bilar till och med 2015. I mitten av 2015 hade knappt 300 bilar levererats i Europa, USA och Korea och det är inte troligt att målet nåddes, trots en då aviserad rejäl prissänkning. Anledningen till att inte fler kunde levereras uppges främst vara bristen på tankstationer för vätgas.

Toyota presenterade sin Mirai i slutet av 2014 och antalet beställningar översteg vida produktionskapaciteten. Inledningsvis levererades bilen endast i Japan men sedan augusti 2015 går den även att beställa på andra marknader. Produktionsvolymerna för bilen är cirka 700 år 2015, 2 000 år 2016 och 3 000 år 2017. År 2020 siktar Toyota på att sälja 30 000 Mirai.

Honda presenterade sin nya bränslecellsbil Clarity år 2015 (samma namn som den bil som presenterades 2008). Den kommer att börja levereras under 2016 då Honda siktar på att tillverka cirka 200 bilar.

Det är relativt tyst från flera andra biltillverkare som tidigare har aviserat att de utvecklar FCV som Daimler/Mercedes, GM, Ford, VW, BMW, Nissan, m fl. Daimler har vid ett par tillfällen reviderat tidsplanen för sin introduktion av serietillverkade personbilar och i nuläget är det 2017 som gäller. Dock gör företaget genom EvoBus relativt många stadsbussar för olika EU-projekt, se nedan.

En del bilföretag använder bränsleceller som range extenders till batterifordon. Den mest kända modellen är Renault Kangoo som har levererats till La Poste i Frankrike.

Tunga vätgasdrivna fordon som lastbilar och arbetsmaskiner får mer uppmärksamhet. En viktig drivkraft för att använda bränsleceller i tunga fordon är att förbättra luftkvaliteten i tätorter och industri och hamnområden. Möjligheten att leverera tillförlitliga stackar i 100 kWe klass kan öppna upp denna marknad. Det finns stora förväntningar på att den ökning i volymer som personbilsleveranserna nu uppvisar ska spilla över i rejäla kostnadssänkningar även för systemen i tunga fordon. Kraven på livslängd är dock större än för personbilar.

Främst inom EU-projekt rullar cirka 90 stadsbussar från olika leverantörer; EvoBus, Wright, Van Hool och Solaris. I Kalifornien är cirka 20 bränslecellsbusar i drift och även i Korea och Japan finns det några. I Japan kommer Toyota-Hino att ta fram en ny buss inför OS i Tokyo 2020 och i USA finns planer på att ta fram en helamerikansk bränslecellsbus. Annars är det mest enstaka fordon som tas fram.

Kostnaden för att producera vätgas som fordonsbränsle är en viktig fråga. Liksom för batteribilarna så är balansgången mellan förnybar och industriell vätgas tillverkad genom reformering av naturgas viktig, inte minst ur ett kommunikationsperspektiv. På längre sikt måste 100 % förnybar vätgas eftersträvas men på kortare sikt kan det vara aktuellt att dra nytta av redan existerande produktionsanläggningar. Säkerhetsfrågorna kring vätgas har fått en högre prioritet, ett globalt samarbete har initierats av USA.

2.3 STATIONÄRA TILLÄMPNINGAR

Japan är fortfarande det klart ledande landet för utveckling av små stationära system. I Japan finns sedan slutet av 2015 mer än 150 000 stationära bränsleceller i drift i byggnader. Större delen av dessa bränsleceller är PEFC men 11 000 är högtemperatur-bränsleceller med SOFC teknik. 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 har levererar stackar till de större projekten i Europa bland annat Ene.field där 1000 bränsleceller skall installeras i 12 olika länder i Europa

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 är i storleksordningen 1-10 kWe används ofta PEFC med vätgas som bränsle. Det finns mer än 6000 sådana anläggningar i drift.

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 FuelCell Energy. Doosan från Korea kommer att återuppta tillverkningen i USA av 400 kWe PAFC fosforsyra bränsleceller med tekniken som utvecklades av UTC Power.

Korea har de största anläggningarna fler på 10-tals MW. Europa ligger något efter men det finns i Tyskland och via EU-projekt en del större projekt till exempel Ene.field där 1000 mikroCHP anläggningar skall placeras i byggnader i 12 länder i Europa.

Inom SOFC-programmet i USA, påbörjas nu byggandet av minst två olika 400 kWe SOFC stackar. 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.

I Europa är det främst EUs program EU FCH JU och Tysklands NOW som driver på utvecklingen och demonstrationsprojekten.

Subventionssystemen för bränsleceller i USA speciellt Tax Credit systemet som ger bidrag till en reduktion av investeringskostnaden har haft stor betydelse för marknadsintroduktionen av olika typer av bränsleceller.

2.4 PORTABLA TILLÄMPNINGAR

Det finns idag helt kommersiella portabla bränsleceller som till exempel som laddar till mobiltelefoner eller PC. De går att köpa i större elektronik affärer eller på nätet. MyFC från Sverige är ett viktigt exempel. Denna marknad har ännu inte tagit fart men den utvecklas snabbt. Likaså finns det många militära tillämpningar för portabla bränsleceller

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. Nya och än mer användarvänliga modeller kommer förmodligen att introduceras under 2016.

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.

3 Program och projekt

Nedan avrapporteras för fullständighetens skull något om bränslecellsaktiviteter i Sverige som i huvudsak inte organiseras inom ramen för SHCs verksamhet.

Inom FFI Energi och miljö genomfördes under 2013 en särskild utlysning inriktad på bränsleceller för fordon. Två projekt valdes ut för finansiering, ett med inriktning på polymera bränsleceller under ledning av Göran Lindbergh, KTH, och ett med inriktning på fastoxidbränsleceller under ledning av Jan-Erik Svensson, Chalmers.

3.1 NYA KOMPONENTER OCH KONCEPT FÖR POLYMERA BRÄNSLECELLER TILL 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 katalysators aktivitet och stabilitet.

Lägesrapporten från slutet av 2015 redovisar bland annat följande genomförda aktiviteter:

”En grupp av nya jonomerer har tagits fram vid LU. En grupp av membran med liknande molekyllär struktur, men baserade på antingen sulfonerade eller fosfonerade jonledande grupper, har karakteriserats med avseende på ledningsförmåga. Efter ytterligare modifiering och materialkarakterisering kommer de mest lovande jonomererna integreras i bränsleceller och karakteriseras elektrokemiskt på KTH.

Ädelmetallfria katalysatorer baserade på järn-kväve-kol har levererats till projektet av projektets samarbetspartner i Frankrike. Elektroder baserade på dessa katalysatorer har framställts, och studier av katalysatorernas stabilitet genomförs nu i små laboratoriebränsleceller på KTH.

I arbetet med anjonledande alkaliska membranbränsleceller (AEMFC) har elektroder med olika förhållande mellan jonomer och katalysator karakteriserats elektrokemiskt.

Flera typer av bipolära plattor har levererats av Sandvik. Vissa av dessa har formats av Cell Impact. Formningsparametrarnas inverkan på de slagna plattornas geometri har studerats. Olika bipolära plattor har studerats i bränsleceller under drift på KTH.”

3.2 IMPROVING LIFETIME AND PERFORMANCE OF SOFC FOR TRUCK APUS

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 lägesrapporten från oktober 2015 rapporteras bland annat följande resultat:

- På Chalmers har en försöksuppställning för mätning av Area Specific Resistance (ASR) färdigställts inom projektet. Preliminära mätningar visar på väldigt lovande resultat.³
- 3000 h dual atmosphere test har genomförts, dvs test med olika gaser på respektive sida om materialet.
- Sandvikbeläggningar har undersökts och det har konstaterats att reproducerbarhet angående sammansättning och tjocklek är mycket bra.
- Prover med multilagerskikt med upp till fyra lager har tillverkats.
- De första korrosionsmätningarna tyder på ett starkt förbättrat korrosionsmotstånd.
- ASR-undersökningar visar en oförväntat stark effekt av elektrodmaterialen. Vidare undersökning av detta pågår.
- ASR-mätningar visar en positiv effekt av Cerium-tillsatser i beläggningen.
- Genom undersökning av aktiveringsenergi i kombination med impedansanalys är det möjligt att identifiera de olika bidragen till ASR.
- Dual atmosphere undersökningen visar en oväntat stark effekt vid låga temperaturer (600°C). Denna artikel har accepterats för publikation i Journal of Power Sources.

3.3 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. De ersätter de tidigare Implementing Agreements. 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 mm. 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.

Sydskraft 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.

³ För en närmare beskrivning av Area specific resistance, se exempelvis Singhal SC. and Kendall K (2003) High Temperature Solid Oxide Fuel Cells: Fundamentals, Design, and Applications (s 272 ff)

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

		Operating Agent	Svensk deltagare
Annex 30	Electrolysis	Jürgen Mergel FZJ, Jülich Germany	-
Annex 31	PEFC	Dj Liu Argonne NL USA	Lars Pettersson KTH
Annex 32	SOFC	Jari Kiviaho VTT Finland	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	Cam Samsun FZJ Jülich, Tyskland	- (one man project)
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. Sverige och Bengt Ridell, Sweco AB är Operating Agent, ordförande, för Annex 33 stationära bränsleceller. 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

3.4 IEA HYDROGEN

IEA Hydrogen var ett av de första TCP, Technical Collaboration Programme (tidigare kallat Implementing Agreement) som 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 organization 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 8 Tasks aktiva idag.

Sverige har med experter som deltagare 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

IEA Hydrogen har en ny uppdaterad websida www.ieahia.org

IEA har nyligen 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 arbetet med att ta fram rapporten. Den är sammansatt av IEAs centrala analysgrupp. Rapporten går att hämta med länken nedan.

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

3.5 EU FCH JU

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.

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. Verksamheten i Europa skall kunna växa och säkerställa en ökande arbetsmarknad inom området.

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. Det finns dessutom utrymme för projekt som inte direkt passar in under dessa områden, ca 5 % av budgeten 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 websidan under fliken key documents, se länken <http://www.fch.europa.eu/node/843>.

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 ca 100 medlemmar. Den har nyligen bytt namn och till viss del karaktär till att bli mer marknads- och lobbyinriktad än tidigare. Den heter numera Hydrogen Europe, för mer detaljerad information se <http://hydrogeneurope.eu>.

Forskningsgruppen har 66 medlemmar från olika forskningsinstitut och universitet i Europa. mer information om organisationen och dess medlemmar finns på websidan <http://www.nerghy.eu/>.

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

Det är 170 projekt som har godkänts och startat sedan början av FCH JU 2008. Flera projekt är under förhandling med EC och de förväntas starta under året. Det finns deltagare från Sverige i ca 30 av dessa projekt.

Utlisningen för 2016 öppnades i januari 2016 och deadline för ansökningar den 3 maj 2016. Detaljerad information om den utlysningen finns på länken <http://www.fch.europa.eu/page/call-2016>.

Det pågår flera projekt med bränslecellsfordon. Det största är CHIC där 26 bränslecells-bussar skall användas i 5 olika städer i Europa. Flaggskeppsprojektet inom det station-ära området är Ene.Field där 1 000 bränsleceller från nio leverantörer med olika tekniker skall demonstreras i 12 länder i Europa. Det kommer uppföljare till dessa projekt, vilka nu är under förhandling med EC.

Ett nyligen startat projekt är H2ME 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 Falkenbergs Energi AB.

Det finns en uppdaterad websida för FCH JU2. Där finns all information även för det tidigare programmet. Alla 170 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.

4 Uppdrag inom Teknikbevakningsprojektet Bränsleceller 2015

4.1 LEFT OVER HYDROGEN QUALITY AND COST⁴

Detta uppdrag har utförts av SP med huvudförfattare Anna Alexandersson och Karine Arrhenius.

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 i regel facklas bort idag. Denna vätgas tillverkas i regel genom reformering av naturgas. Kostnadsskillnaden är markant mellan industriell vätgas och förnybar vätgas producerat med elektrolys direkt vid tankstationen.

Tabell 1: Kostnader för vätgas

Hydrogen from electrolysis 2012	38-47 SEK/kg
Hydrogen from electrolysis 2030	33-38 SEK/kg
Left over hydrogen from Swedish Chemical Industry (estimation from interviews)	15-20 SEK/kg

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 vätgaskvalitet avseende mängden tillåtna föroreningar som krävs i standarden ISO 14.687-2 "vätgas-produkt Specifikation - Del 2: PEFC (PEM) bränslecellsapplikationer för vägfordon" och att diskutera möjliga utvecklingar 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 14.687-2. Ett annat mål är att diskutera kostnadsscenario för den industriella vätgasen tillverkad från fossila bränslen som skall kunna användas som en fordonsgas jämfört med vätgas som framställs av elektrolys från förnybar elektricitet.

Om man vill använda ett annat produktionssätt än elektrolys behöver ett reningssteg tillsättas och man behöver ha god kontroll på vätgasens kvalitet. Det behövs även viss rening av vätgasen producerad från alkaliska elektrolysörer.

Det finns två standarder för ren vätgas:

ISO 14687-2 Hydrogen Fuel — Product Specification — Part 2: Proton exchange membrane (PEM) fuel cell applications for road vehicles.

ISO 14687-3 Hydrogen Fuel – Product Specification – Part 3: Proton exchange membrane (PEM) fuel cell applications for stationary appliances.

⁴ Rapport 2015:177 Analysis of Hydrogen Quality av Anna Alexandersson m.fl., SP

Eftersom ISO 14687-2 kräver högre renhet och kraven på noggrannhet är stora fokuserar projektet på denna standard. SP har inom projektet utvecklat mätmetoder för att kunna utföra mätningar enligt standarden.

I nuvarande situation måste minst 10 olika analyser utföras för att täcka 12 av 14 parametrar. Ett sätt att minska antalet olika analyser och samplingsmetoder är att använda ett instrument endast tillägnat att mäta orenheter i vätgas. Ett möjligt instrument är ett gasanalys-instrument som kallas OF-CEAS (optical feedback cavity enhancement).

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.

4.2 TEKNIKBEVAKNING SOFC 2014, IEA AFC ANNEX 32 SOFC OCH ANNEX 37 MODELLERING

Institutionen för Energivetenskaper vid, LTH, Lunds Universitet har fått i uppgift att bevaka utvecklingen inom SOFC-området genom att delta som experter i IEA Advanced Fuel Cells Annex 32 SOFC. De är även svenska deltagare i Annex 37 Modellering. Arbetet utförs av Bengt Sundén och Martin Andersson.

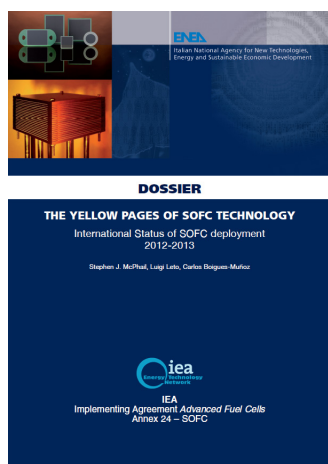
IEA Annex 32 SOFC

Annex 32 har som uppgift att studera teknikfrågor för utveckling 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.

Annex 32 innehåller serier av årliga workshops där representanter från de deltagande länderna presenterar status för SOFC-forskning, utveckling och demonstration i sina respektive länder, förutom att diskutera ett speciellt utvalt ämne. Där så är möjligt, länkas dessa workshops till andra relevanta konferenser.

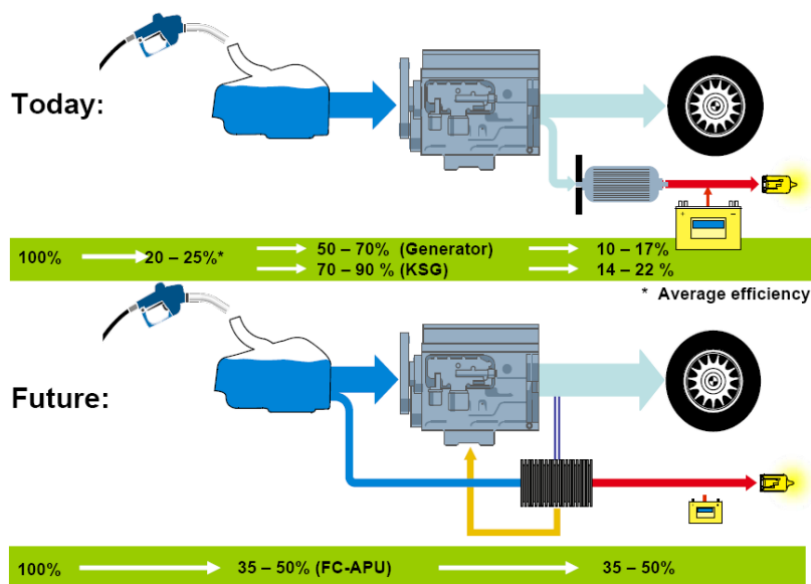
Aktiva partners i Annex 32 är Danmark, Finland, Frankrike, Tyskland, Italien, Japan, Korea, Sverige, Schweiz och USA. Jari Kiviaho från VTT i Finland är Operating Agent. Från Sverige är professor Bengt Sundén och docent Martin Andersson från LTH med som experter.

Ett möte arrangerades under år 2015 i anslutning till ECS - SOFC konferens juli 2015 i Glasgow, Skottland.

Figur 3: Rapport om SOFC-teknologin⁵

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 militära ändamål där SOFC-system är tillgängliga i dag. Den framtida potentialen är 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.



Comparison of overall electrical efficiencies between a conventional engine based power train and a SOFC-based APU.

Courtesy of FZ Jülich. Germany

Figur 4: Jämförelse konventionell drivlina och en med SOFC som APU⁶

⁵ www.ieafuelcell.com

⁶ Comparison of overall electrical efficiencies between a conventional engine based power train and a SOFC-based APU. *Courtesy of FZ Jülich. Germany*

Utveckling och kommersialisering av PEFC-tekniken för mikrokraftvärme är ungefär 5 år före SOFC-tekniken i det japanska EneFarm programmet där mer än 150 000 bränsleceller har tagits i drift. En liknande utveckling kan väntas för APU-marknaden för fordon. En elverkningsgrad är ofta 10 procentenheter högre för ett SOFC-system jämfört med ett PEFC-system. En elektrisk verkningsgrad på 60 % för ett SOFC-system (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.

Topsoe Fuel Cells och CFCL har nyligen avbrutit sina respektive SOFC-verksamheter. Författarna ser detta som en följd av den ekonomiska "valley-of-death", d.v.s. produkten var där, men betydande ekonomiska resurser hade behövts för att få ut produkterna på marknaden. CFCLs teknik och den tyska verksamheten har nyligen blivit uppköpt av SolidPower i Italien.

NASAs SOFC-forskning är mycket långt ifrån någon kommersiell tillämpning. Det är dock lovande för framtida produktutveckling av SOFC-teknologin att NASA tror på tekniken. 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 teknologin.

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.

Annex 37 är baserat på task sharing med fokus på att dela information och lära från medlemmar. 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. Programvara som utvecklas eller vidareutvecklas i Annexet kommer att upprätthållas och dokumenteras på nätet. Medlemmar kommer att träffas minst en gång om året för att diskutera både vetenskapen (kemi och fysik) och tekniken (programmeringsspråk, programvara bästa praxis etc.). Detta skulle kunna samlokaliseras med någon lämplig extern konferens. Dessutom kommer kvartalsvisa videokonferenser att hållas.

Det primära målet är att utveckla state-of-the art för så kallade flerskalemodeller FCS 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. Programvaruutvecklingens bästa praxis ska följas, inklusive att upprätthålla versioner och löpande föra en dokumentation av arbetet.

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. Även arbetsgruppsmöten anordnas mellan annexmöten, det senaste var i Grenoble mars 2015.

Operating Agent är Steven Beale från FZ Jülich i Tyskland. Följande länder (i alfabetisk ordning) 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.

4.3 DIRECT ETANOL FUEL CELLS: ETHANOL FOR OUR FUTURE FUEL CELLS?⁷

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 identifiera potentialen för direktetanolbränsleceller (DEFC) för fordonsdrift och sammanställa var teknikfronten ligger. Detta mot bakgrund av att etanol som drivmedel på många vis framstår som attraktivare än exempelvis vätegas och att det finns, om än i begränsad omfattning, tecken som tyder på att DEFC kan fungera bra.

Den i nuläget intressantaste tekniken är DEFC med alkaliska membran, AAEM, 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.

4.4 KRAVSTÄLLNING AV KRAFTELEKTRONIK FÖR ANVÄNDNING AV BRÄNSLECELLER I ELEKTRISKA FORDON⁸

Andreas Bodén, Powercell AB och Anders Hedebyörn, Volvo Cars genomförde en förstudie som specificerade en högsämningsomvandlare (DC/DC-omvandlare) för ett bränslecellssystem och undersökte utifrån denna specifikation vilka 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 finns någon produkt på marknaden som möter kraven fullt ut. Primärt är det spänningsnivåerna som inte erbjuds för existerande enheter. Det finns inte heller någon prototyp som svarar mot specifikationen. 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.

⁷ RAPPORT 2015:137 av Helena Berg, Libergreen, Joakim Nyman, Viktoria Swedish ICT AB, Per Erlandsson, Lantmännen, Patrik Johansson and Aleksandar Matic, Chalmers

⁸ Rapport 2015:211 av Andreas Bodén, Powercell AB och Anders Hedebyörn, Volvo Cars

4.5 KOSTNADSUTVECKLINGEN FÖR BRÄNSLECELLSFORDON⁹

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. Det indikerar en fordonskostnad i spannet 21 000 – 33 500 USD.

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 göra kostnadsanalyser av det slag som granskats i rapporten. Alternativa metoder föreslås, exempelvis att bevaka prisutvecklingen på marknaden, att köpa in och plocka isär marknadsledande fordon eller att genomföra upphandlingar av hela fordon eller delsystem.

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.

4.6 KONFERENSBEVAKNING FUEL CELL SEMINAR 2015¹⁰

Fuel Cell Seminar är en årlig konferens som arrangeras i USA av Department of Energy. Konferensen täcker hela bränslecellsområdet, både teknik- och marknadsfrågor mm för transportsidan, stationära och portabla system. Årets konferens hölls i Los Angeles den 16 – 18 november 2015. 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.

Konferensen bevakades av Bengt Ridell Sweco som sätter samman och kommer att under våren 2016 publicera en konferensrapport med hjälp av Hannes Falk-Windish från Chalmers och Cecilia Wallmark från Sweco.

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.

⁹ Rapport 2015:166 av Hans Pohl, Viktoria Swedish ICT AB

¹⁰ Rapport 2016:271 Fuel Cell Seminar 2015 av Bengt Ridell, Sweco Hannes Falk-Windish, Chalmers och Cecilia Wallmark, Sweco

5 Pågående teknikbevakningsprojekt

5.1 TEKNIKBEVAKNING SOFC 2015-2016 SAMT IEA AFC SOFC ANNEX

Detta är ett fortsättningsprojekt på det som redovisas under 4.2. Projektperioden startade i juni 2015 och kommer att avslutas i oktober 2016.

Projektet omfattar teknikbevakning och analys av utvecklingen för SOFC, fastoxid-bränsleceller, med speciellt fokus på fordonstillämpningar.

Projektet kommer att innehålla analyser och bedömningar av nödvändig utveckling och eventuella teknikgenombrott som krävs för att SOFC ska kunna bli kommersiellt för fordonstillämpningar. Både SOFC som APU och SOFC för framdrivning inklusive räckviddsförlängare för elfordon omfattas.

I projektet ingår även deltagande i IEA Fuel Cell Annex 32 (SOFC) och Annex 37 (Modeling). Utförare av projektet är Martin Andersson och Bengt Sundén, Lunds Universitet, Energivetenskaper.

5.2 DRIVLINEKONFIGURATIONER

Projektet genomförs i samarbete mellan SHC/Chalmers, Vätgas Sverige och Viktoria Swedish ICT AB. Det startade 2016 med ambitionen att bringa klarhet i vilka kombinationer av bränsleceller och batterier som är tekniskt och ekonomiskt gångbara. I en inledande del av projektet studeras hur de fordon med bränsleceller som hittills presenterats offentligt är konfigurerade. En databas med ett hundratal olika fordon skapas för att stödja analysen. Huvuddelen av projektet avser med hjälp av relativt enkla samband och antaganden söka studera vilken typ av drivlina som är mest attraktiv för olika typer av användningsmönster, för lätta och tunga fordon. Alternativ som undersöks är bland annat bränslecellsfordon med små effektbatterier som hybridisering, laddbara bränslecellsfordon och renodlade batterifordon.

Resultatet av projektet förväntas bli en pedagogisk modell för hur de olika drivlinealternativen passar för olika tillämpningar.

6 Syntes av verksamheten

6.1 SWOT GLOBALT FÖR OMRÅDET

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

Styrkor

Bilindustrin har inte bara annonserat masstillverkning av bränslecellsdrivna personbilar utan även börjat leverera fordon till enskilda kunder. Toyota Mirai finns nu tillgänglig på flera marknader. Hyundai har sedan tidigare levererat sin ix35 Tucson i flera länder inklusive Sverige. Honda har annonserat att de kommer att leverera nya Honda Clarity under 2016.

Försäljningen av bränsleceller fortsätter att öka inom det stationära området. Det gör att tillverkarna får ökad erfarenhet från tillverkning, drift och underhåll samt installationer av bränslecellsanläggningar. Produkterna blir bättre och kostnaderna minskar.

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

Det publika stödet för forskning och marknadssatsningar är fortfarande betydande och växande i USA, Japan, Tyskland och inom EUs program.

Svagheter

Personbilarna är i många avseenden attraktiva för kunderna men det återstår att se om de kan tillverkas och säljas i större volymer. 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 livstid har dock nått kommersiella villkor.

Även om vätgas kan produceras och distribueras på många sätt är det ett opraktiskt drivmedel som kräver omfattande investeringar i infrastruktur. Utbyggnadstakten för tankstationer är än så länge blygsam. Idag produceras vätgas till största delen från naturgas, och då är klimatnyttan oklar. Förnybar vätgas är dyrare.

Standarden med vätgas vid 700 bars tryck har fördyrat distribution, tankningsprocess och tankarna i fordonen.

För stationära bränsleceller är fortfarande de stora svagheterkostnader och i vissa fall livstid.

Trots att det finns helt kommersiellt tillgängliga portabla bränsleceller så uppvisar försäljningsvolymerna inte någon snabb ökning varken i Sverige eller globalt.

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 också 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.

De flesta bränslecellstillverkarna är fortfarande beroende av offentligt stöd för sin verksamhet. Tax Credit systemet där köparen av stationära bränsleceller oftast får en rabatt på 3 000 USD/kWe är ett av många system i USA som gynnar industrin. Liknande system och feed-in-tariff finns i flera länder där bränslecellsmarknaden är framgångsrik. Det är osäkert hur länge nuvarande subventionssystem fortsätter. I USA skall dessa system förnyas inför 2017.

Möjligheter

Klimatfrågan med krav på minskade utsläpp av växthusgaser ökar möjligheterna för bränslecellstekniken inom alla områden.

Den lokala luftmiljön är ett växande problem i många större städer. Då kan både bränslecellsbilar och batteribilar vara till stor fördel. Detta är en fråga som har fått stor uppmärksamhet speciellt i USA och Kina.

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.

För stationära bränsleceller är möjligheterna att använda biogas som bränsle en stor fördel. Bränsleceller har en del stora fördelar gentemot dieselmotorer på reservkraftsområdet speciellt ljudnivån, de låga emissionerna ex NO_x och partiklar samt möjligheterna till att använda rena förnybara bränslen.

6.2 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, till exempel 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.

Det finns stora förutsättningar för svensk industri att vara med som leverantörer på den internationella bränslecellsmarknaden. Företagen är välkända speciellt genom att de är med i flera EU-finansierade projekt men också kända genom direkta kontakter på världsmarknaden.

Minst lika viktigt är det att svensk industri 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 vat-

tenkraften goda möjligheter att lagra energi tills när den behövs. I takt med att förnybara elproduktionsmetoder som vindel och solet växer ökar dock behovet av lagring av energi över dygnet och mellan säsongerna.

Andra områden där bränsleceller kan komma att användas i Sverige är som reservkraft eftersom de kan starta upp snabbt, tyst och miljövänligt. Behovet av säkra elleveranser, reservkraft och kraft utanför elnätet ökar idag. Det gäller till exempel telekomstationer och datorhallar samt sjukhus och kontor.

Ett annat område som kan vara aktuellt för Sverige är att använda biogas som bränsle för bränsleceller. Det produceras stora mängder biogas vid reningsverk och inom lantbruket som idag inte används utan i regel facklas bort.

Att ersätta olika typer av batterisystem med bränsleceller till exempel för reservkraft eller drivkälla för gaffeltruckar kan mycket väl vara konkurrenskraftig teknik även i Sverige.

Nu när tekniken blir allt mer kommersialiserad 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. De viktiga frågorna för att expandera på marknaden är priset och drifttid.

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. Bränslecellsfordon 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 bränslecellsfordon i sin verksamhet. Ett bolag kommer att använda bränslecellsfordon 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 fortsätta 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.

7 Ordlista

APU	Auxiliary Power Unit
BOP	Balance of Plant
CaFP,	California Fuel Cell Partnership
CFCL	Ceramic Fuel Cells Ltd ett företag från Australien som utvecklar SOFC
DEFC	Direct Ethanol Fuel Cell
USDOE	Department of Energy i USA
EU FCH JU	EU programmet Fuel Cell and Hydrogen Joint Undertaking
FCS	Fuel Cell Seminar
FCV, FCEV	Bränslecellsfordon
GHG	Växthusgaser
H2020	Horizon 2020 EUs ramprogram för forskning 2014 - 2020
IEA	International Energy Agency
ICE	Internal Combustion Engine
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattimmar
MCFC	Molten Carbonate Fuel Cell
MW	Megawatt
NEDO	The New Energy and Industrial Technology Development Organization of Japan
PAFC	Phosphoric Acid fuel Cell
PEFC	Polymer Electrolyte Fuel Cell även kallad PEMFC
SOFC	Solid Oxide Fuel Cell
TCP	Technical Collaboration Program inom IEA, tidigare Implementing Agreement
TRL	Technology Readiness Level
USD	Amerikanska dollar

SYNTESRAPPORT TEKNIK OCH OMVÄRLDSBEVAKNING BRÄNSLE- CELLER 2015

I denna rapport beskrivs svenska bränslecellsprojekt med statlig finansiering. Redovisningen omfattar också den verksamhet som bedrivs inom International Energy Agency, IEA.

Tekniken för bränsleceller börjar bli allt mer kommersiell och konkurrenskraftig. De mest aktiva länderna är Japan, Korea, Tyskland och USA. Personbilar med bränsleceller på marknaden har prestanda och komfort som håller samma standard som konventionella bilar. Det är i dag märkena Toyota Mirai, Hyundai ix35 och Honda Clarity. Inom området stationära bränsleceller finns det nu många biogasdrivna anläggningar av klassen multimegawatt för kraftvärmeproduktion och mindre som reservkraftanläggningar. I Japan finns det drygt 150 000 småskaliga stationära bränsleceller installerade i bostäder. EU fortsätter att satsa stort på bränslecellsområdet, där forsknings- och demonstrationsprogrammet EU FCH JU2 pågår under åren 2014 – 2020 med en budget på 1 350 MEURO. Företag i Sverige som arbetar med bränsleceller idag är exempelvis Powercell, Sandvik, Impact Coating, Cell Impact och myFC. Även fordonsindustrin visar ökande intresse.

Det är viktigt med teknikbevakning inom området för att stödja exportföretagen och för att kunna bedöma behoven av insatser inom forskning, utveckling och marknadsintroduktion.

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