

Projektrapport

ENERGITEKNIK: VÄTGASSAMHÄLLET



Patrik Olsson

Ann-Charlotte Boding

1 juni 2005

Sammanfattning

Detta projekt handlar om hur ett framtida samhälle, baserat på vätgasgenererad energi skulle kunna se ut, och hurvida det är realistiskt. Om man ser till visionerna kring detta samhälle är det mesta guld och gröna skogar. Projektgruppen presenterar visionerna, men granskar också i de följande kapitlen de olika faktorer i samhället som påverkas av en sådan drastisk förändring. Slutsatsen är att visionen är rimlig, även om den på vissa områden är lite för positiv.

Innehåll

1	Den visionära bilden av vätgassamhället	3
2	Behov och infrastruktur	4
2.1	Hushåll	5
2.2	Vård	5
2.3	Näringsverksamhet	5
2.4	Kommunikation	5
2.5	Industri	6
2.6	Transport	6
3	Framställningsmetoder	7
3.1	Nuvarande metoder	7
3.1.1	Reformering	7
3.1.2	Elektrolys	7
3.2	Nya produktionsmetoder	7
3.2.1	Tandemcell™	8
3.2.2	Artificiell fotosyntes	8
3.2.3	Bakterier	9
4	Lagringsmetoder	11
4.1	Komprimerad gas	11
4.2	Kyld vätska	11
4.3	Kemiska nanostrukturer	11
5	Användningsområden	12
5.1	Bränslecellen	12
5.1.1	Kort historik	12
5.1.2	Olika bränslecellstyper	13
5.2	Använda väte utan bränslecellen?	14
5.3	Praktiskt användande	14
5.3.1	Stationärt	14
5.3.2	Portabelt	14
5.3.3	Bostäder	14
5.3.4	Transporter	14
5.3.5	Minskning av utsläpp	15
5.4	Kostnadseffektivitet	15
6	Dagens energikällor	16
6.1	Fossila bränslen	16
6.2	Klassiska, förnyelsebara energikällor	16
6.3	Kärnkraft	17

7	Diskussion - slutsats	18
8	Källförteckning	19

1 Den visionära bilden av vätgassamhället

Över motorvägen ligger ett lätt dis, och man känner ingen doft av avgaser. Det är också förhållandevis tyst, då inga vrålande förbränningsmotorer hörs. Naturen kring vägarna verkar må bra, till skillnad från förr.

Bilarna drivs av tysta bränsleceller som ger dem elektrisk ström. Likaså drivs all bärbar teknologi av bränsleceller. När man kikar närmare på ett större kraftverk inser man att även dessa drivs av bränsleceller, fast i mycket större format. Vätgas framställs på en mängd olika sätt, beroende på var i världen användarna bor. I soliga länder används solen i stor utsträckning medan t.ex. det solfattiga Skandinavien använder mer högteknologiska metoder. Några av dessa metoder är framställning av vätgas genom genmodifierade bakterier respektive genom artificiell fotosyntes, vilket gör att många bostäder kan producera sin egen vätgas.

Vätgas är den mest använda energibäraren. Förutom att producera elektrisk ström kan vätgasen även användas till att producera värme genom förbränning, och genom samma metod kan man även framställa mekanisk energi. Kol, olja, koks och naturgas används bara till mindre energikrävande saker. Deras storhetstid som bränsle är sedan länge förbi.

Lagring av vätgas sker i specialbyggda tankar, som minimerar explosionsrisken. Detta är en bild av vätgassamhället, som det kanske kommer att bli på sikt.([1],[2])

2 Behov och infrastruktur

I vårt moderna samhälle finns ett enormt behov av energi i olika former. Vi vill ha ljus, värme, transporter och mycket annat. Efterfrågan på el blir allt större i takt med att konsumtionen ökar och att samhället övergår till att använda elen som främsta energibärare. Man skulle kunna kategorisera behoven i olika grupper:

- Hushåll
- Vård
- Näringsverksamhet
- Kommunikation
- Industri
- Transport

Tanken med ett vätgassamhälle är att integrera varje del av samhället till att kunna fungera med energin från vätgas. Infrastruktur är ett begrepp som inte bara definierar transportnätverk. Om man ser till *Institutionen för Infrastruktur* har de följande definition [11]:

- Nätverk för transport av varor och människor
- Nätverk för överföring av meddelanden, det vill säga kommunikationsnät
- Bebyggelse- och fastighetsstrukturen, det vill säga kulturmiljö
- Naturmiljö
- Samhällets institutioner, lagar, regler och beslutssystem
- De gemensamma varaktiga värderingarna

Här kan man se att behov och definitionen av infrastruktur stämmer väl överens. I underkapitlen nedan förs ett mer ingående resonemang. När det gäller de lagar och system samt värderingar som formar ett samhälle kan man säga att man faktiskt träffar kärnan för vätgasekonomin. Med lagar, riktlinjer och ett gemensamt etiskt mål skapar man möjligheter för energiutveckling som rör sig mot inte bara ett billigt alternativ utan även ett miljövänligt. Om det var trendigt att ha en miljövänlig bil istället för en bensinslukande SUV skulle ett stort steg vara taget på vägen när det gäller attityden.

2.1 Hushåll

Om man tittar på ett vanligt hushåll i Sverige så drar det väldigt mycket energi jämfört med ett hushåll i ett u-land. Dels har man en hel del som går till uppvärmning, men man har även alla våra vardagliga ting som man inte alltid reflekterar över. Lampor, mobiltelefoner, datorer, spisar, stereoapparater, tvättmaskiner, microvågsugnar o.s.v. I och med att fler hushåll går över till el för att sköta uppvärmningen måste det även börja produceras mer el. Den tillväxt man har i i-länderna är dock ingenting i jämförelse med vad som kommer hända när större delen av Asien och Afrika får upp sin standard och därmed sin förbrukning. Det blir problem med ökade utsläpp och resursbrist när den omfattande landsbygden höjer sin energikonsumption. Den otålighet som nog föreligger i att få en ökad standard gör nog tyvärr att man inte ser till långsiktiga konsekvenser.

Om vätgasekonomin håller vad den lovar blir inte bara problemen med miljöförstöring och resursbrist lösta utan bidrar även till att ge större möjligheter för fattiga länder att snabbare höja sin standard utan alltför stor miljöbelastning.

2.2 Vård

Vården intar tillsammans med andra krisenheter i ett samhälle en särställning när det gäller energibehov. De flesta större sjukhus har reservgeneratorer för strömavbrott och klarar avbrott tämligen länge. Många olika livsuppehållande system skulle annars upphöra att fungera och operationer skulle vara omöjliga. För att inte vara sårbara har de därför dessa speciallösningar som tillfälligt täcker upp. Med en vätgasekonomi skulle de alltid kunna vara oberoende och inte behöva oroa sig för fluktationer i de allmänna näten.

2.3 Näringsverksamhet

Detta täcker in allt från butiker till kontor till bilverkstäder och affärer. Näringssektorn är stor och glupsk. Många butiker har tänt dygnet runt, fasader är upplysta och datorer stängs aldrig av. Man kan ju hävda att datorerna inte drar så mycket, men när de kommer upp i miljonantal blir det ju en del i alla fall. Detta är dock en standard vi vant oss vid. Upplysta miljöer är även brottsförebyggande och gör att man med viss trygghet rör sig ute även när det är mörkt. Nedsläckning vore ett steg tillbaka till medeltiden - the dark ages.

2.4 Kommunikation

All kommunikation sker med el. Med anpassning till stationära bränsleceller (kap. 5.3.1) skulle till exempel radiostationer, mobila sändarstationer mm. kunna vara självförsörjande. Det innebär att man även i katastrofsituationer kan säkerställa en god kommunikation.

2.5 Industri

Industrin drivs oftast direkt med smutsiga fossila bränslen, men håller långsamt på att fasas över till el. Detta blir i nutid att förflytta problemet till en annan plats för elen produceras oftast med fossila bränslen eller kärnkraft. För att få över industrin till en vätgaslösning krävs en effektiv och stor produktion. Vissa speciallösningar, som att få ut energi vid rening av avloppsvatten (kap. 3.2.3), kanske inte löser behovet även om det leder till ett minskat energibehov utifrån.

2.6 Transport

När de flesta pratar om infrastruktur så menar de transportnät. För att få ett fungerande samhälle måste adekvata transporter ske. Hela trafiknätet består av allt från vägar till tåg, båt och flyg. Här finns en enorm förbränning av fossila bränslen och därmed utsläpp av allt möjligt. Bilden av att varje kines helt plötsligt skulle köra varsin bil får tanken att svindla lite. Skulle koldioxidhalten öka så pass mycket att andelen syre i atmosfären faktiskt minskade, så vi bokstavligen långsamt skulle kvävas? Troligtvis inte, men tanken är lite skrämmande när man överväger effekterna. Om vi utgår från samhället idag och tänker oss en helhetslösning med vätgas, går det? Med nya former av bränsleceller kan man få fram miljövänliga och billiga person- och lastvagnar. Vätgas kan även användas till att producera billig el, vilket gör att man kan utnyttja järnvägsnäten mer effektivt och även expandera dem. Idag finns även befintliga pipelines som skulle kunna ställas om för transport av vätgas. Man vill även få ett väl fungerande kollektivtrafiknät. En bra lösning är då att satsa på spårvagnar, tunnelbanor, pendeltåg och liknande trafik som kan drivas med el eller bränsleceller.

3 Framställningsmetoder

Större delen av den vätgas som framställs idag produceras från metangas, fossila bränslen eller bränsleprodukter. Med denna produktion kvarstår problemet att det bildas föroreningar och att dessa resurser är på väg att ta slut. Naturgas kan man i och för sig utvinna ur gödsel, men där kvarstår problemet med koldioxidutsläpp. Kol kan också i en övergångsperiod ganska väl användas för framställning, men även där är det problem med koldioxidutsläpp. En möjlighet är om man får till en väl fungerande rening och att växthusgaser inte släpps ut i atmosfären, utan pumpas ned i jorden igen. Nya metoder som är förnybara och utan utsläpp är det som krävs.

3.1 Nuvarande metoder

Nästan all produktion av vätgas kommer från naturgas, olja och kol. År 2003 var den globala produktionen av vätgas nästan hälften från naturgas, cirka en tredjedel från olja och resten från kol. En bråkdel, cirka 4%, sker genom elektrolys. [12]

3.1.1 Reformering

Genom olika behandlingar av fossila bränslen och naturgas så kan man utvinna vätgas. Den vanligaste metoden är steam reforming-processen[10]. Principen är att man låter vattenånga reagera med ett kolväte tillsammans med en katalysator. Temperaturen ska då ligga vid 750-800°C. I processen måste man rena gasen från föroreningar så som svavel, klor och tungmetaller. Andelen föroreningar beror på om någon rening skett innan och typ av fossilt bränsle. I reformeringsprocessen bildas kolmonoxid och vätgas. Kolmonoxiden reagera ytterligare med vatten och bildar koldioxid. Nu har man fått fram något som kallas syngas - en blandning av CO_2 och H_2 . Den används till bränsle direkt, delas upp för att få ren gas eller användas till framställning av andra kemikalier.

3.1.2 Elektrolys

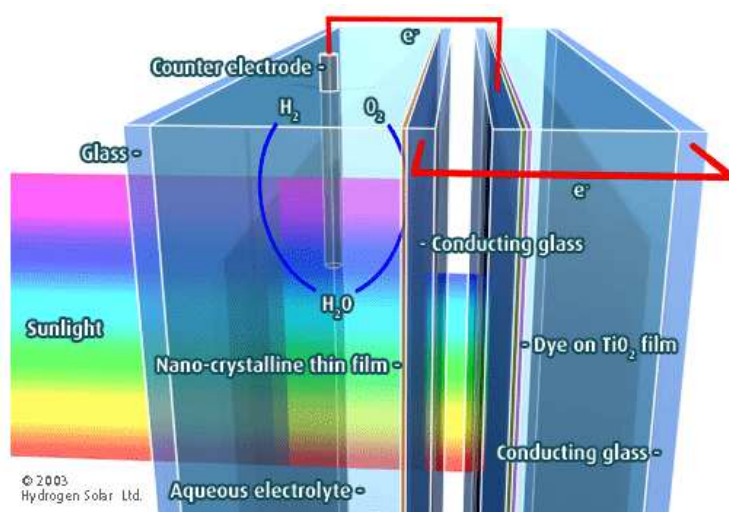
Principen är helt enkelt att splittra vatten till vätgas och syrgas. Detta görs på elektrisk väg och kostar därför en del energi. Alltså är det inte så lämpligt för stora kvantiteter, även om det går, eftersom det skulle kosta för mycket. I en miljöaspekt är processen ren, men man måste även ta hänsyn till hur elen är producerad [12]

3.2 Nya produktionsmetoder

Det finns en del nya sätt att framställa vätgas på, dels för att vara just miljövänliga, men främst för att vara billiga och förnybara. Lösningarna varierar beroende på rent geografiskt var man är, så vi har valt ut tre metoder som fungerar överallt.

3.2.1 TandemcellTM

Principen är att på elektrolytväg få fram vätgas och syrgas ur vatten. För ändamålet har man skapat en speciell solcell och utnyttjar på så vis solenergi för den ganska energikrävande processen [6]. Cellen består av två stycken seriekopplade ljuskatalysatorceller, därav namnet. Den främre utnyttjar ljus av korta våglängder (UV och blå) som träffar en film av nanokristaller fäst på det bakre glasat. På så vis uppkommer ett ytskikt med elektronhålpar. Resten av ljuset passerar igenom till en Graetzelcell. Detta är en relativt effektiv solcell med ett lager av titaniumoxid-kolloider blandade med färg. När ljuset träffar lagret produceras elektroner. Ett tidigare problem var att UV-ljus tärde på Graetzelcellen, men i och med kombinationen av dessa två solceller är det inte längre ett problem. Materialet sägs vara billigt, men exakt hur man utvinner gasen från cellen redovisas inte. Problemet är kanske inte löst eller är än så länge konfidentiellt.

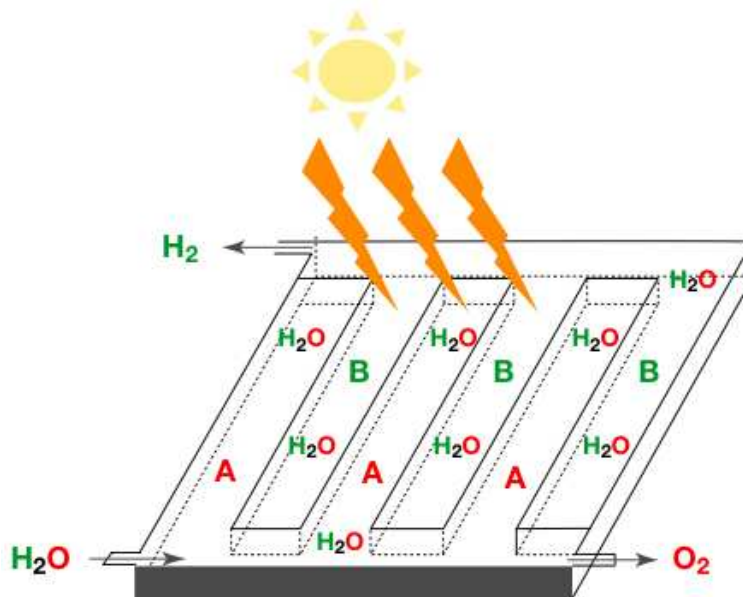


Figur 1: Principskiss över Tandemcellen

3.2.2 Artificiell fotosyntes

Fotosyntes består av många olika processer. En av dessa delprocesser kallas fotosystem II. Där tar växtcellen upp vatten och koldioxid och bildar syre och vätejoner i ett mellansteg. Vätejonerna används sedan tillsammans med koldioxiden till att bygga upp kolhydrater. Konsortiet för artificiell fotosyntes arbetar med att ta fram en fungerande fotosyntetisk cell som producerar vätgas utifrån detta steg.[8] Detta steg är det man vill efterhära och lägga på ett steg där vätejonerna omvandlas till vätgas. Målet är att skapa en molekyl som dels kan spjälka vatten och sedan flytta elektronerna för att i slutsteget tillverka vätgas av vätejonerna (samt få syrgas som en biprodukt) Än så länge har man fått fram en produkt som kan ta elektroner från en del strukturen, men ännu inte kan spjälka vatten. För att tillverka den katalysatordel som omvandlar vätejoner till gas så studerar man vätgasproducerande alger och järn-svavelföreningar. Figur 3.2.2 visar en tänkt mo-

dell av en fotopanel, där A är biten som spjälkar vattnet och B där jonerna ombildas till vätgas. Hur effektivt är då detta? Man beräknar effekten till att kunna vara 45-50 %, men för att få ett realistiskt värde räknar man i praktiken med ca 15%. Om man utgår från det så innebär det i praktiken att om en villa täcker sitt tak med fotopaneler så tillgodoses hela villans energibehov. Detta är ju en bra lösning här i Norden. Vi kan då spara sommarens energi i form av vätgas till vinterns behov.



Figur 2: Principskiss av en tänkt fotopanel

3.2.3 Bakterier

Detta är en spännande metod. Den möjliggör inte bara enkel och miljövänlig produktion av vätgas utan kan göra ytterligare en miljöinsats, nämligen vattenrening. Forskare på Penn State universitetet har utvecklat en metod som får bakterier att utveckla fyra gånger så mycket vätgas som vid vanlig förmultning [13]. Det som gör metoden lite speciell är att man ska kunna använda vilken biologiskt nedbrytbar massa som helst, som avloppsvatten från människor, jordbruks- eller industriavfall. För processen använder man en microbial fuel cell (MFC), framtagen för att rena avloppsvatten och producera el. Normalt har bakterier en övre gräns för produktion av vätejoner, men genom att lägga på en liten spänning av ca 0,25 volt så producerar de mer. Dock tillkommer att det även sker en liten produktion av koldioxid. Genom att utesluta syre och tillföra lite elektricitet så producerar cellen vätgas istället. Principen i cellen är att när bakterierna äter biomassa producerar de elektroner, som överförs till en anod, och protoner i form av vätejoner som överförs till en katod. Från detta kan man bilda vätgas. Experimenten utfördes med en anaerob MFC och på acetat [14]. Om man har ett material som producerar 2-3 mol H_2 /mol glukos i processen så

har man en potential att utvinna 8-9 mol H_2 /mol glukos till en energikostnad av 1,2 mol H_2 . Det ger en nettovinst på 6,8-7,8 mol H_2 jämfört med det ursprungliga. Denna metod är kanske inte lämpad för att försörja industrin, men har potential att göra ett reningsverk självförsörjande. Det är ett stort steg framåt om man kan återutvinna energi ur energikrävande processer. Den vetenskapliga rapporten, *Electrochemically Assisted Microbial Production of Hydrogen from Acetate*, kommer att publiceras i *Environmental Science and Technology*.

4 Lagringsmetoder

När det gäller lagring av vätgas är ett av de stora problem att det tar mycket plats. Det finns idag tre huvudtyper av lagring:

- Komprimerad gas
- Kyld vätska
- Kemiska nanostrukturer.

4.1 Komprimerad gas

Gasen komprimeras till vätskeform och kan på så vis transporteras i specialbyggda tankar med hjälp av lastbilar [15]. När det gäller längre transporter är det bättre med pipeline [12]. På så vis kan gasen transporteras från tillverkningsort till förbränningsanläggningar eller specialbyggda tankställen för vätgasdrivna fordon [16]. Denna metod används också till tuber i varierande storlek beroende på ändamål.

4.2 Kyld vätska

Metoden går ut på att kyla gasen till nära nollpunkten (ca 253 °C) för att sedan förvara den i kyltankar. Detta ger ca sex gånger mer gas på samma yta som komprimerad gas. Problemen är dock att ca 30-40% av vätgasens energi går åt i kylprocessen och att det finns en förångningsrisk vid hanteringen [12].

4.3 Kemiska nanostrukturer

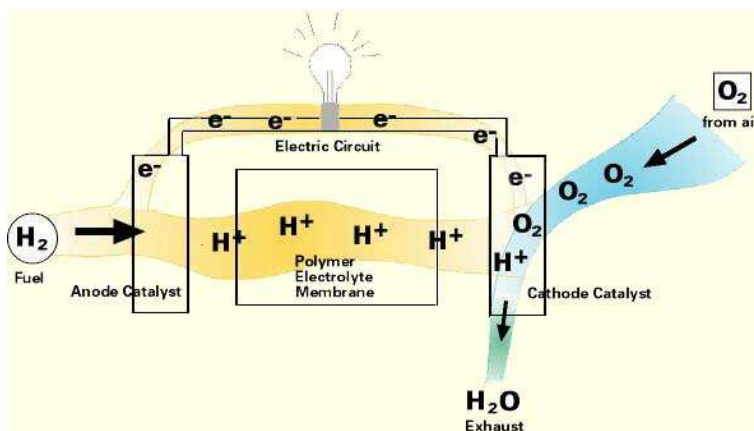
Principen är att binda vätet antingen i metallkolloider (s.k. metallhydrider) eller nanostrukturer av kolväte (s.k. fullerener). Problem som uppstår är att det är antingen för tungt eller för giftigt [12].

5 Användningsområden

Om vi har tillgång till en stabil produktion av vätgas, vad kan vi då rent praktiskt genomföra med detta? Vilka teknologier kan denna nyttjas som energikälla till och vad krävs för att det skall kunna fungera i vårt samhälle på stor skala? Inom detta avsnitt diskuteras vad den nya tekniken tillför rent praktiskt, antingen genom användandet av bränsleceller eller genom andra metoder.

5.1 Bränslecellen

Den omtalade bränslecellen omvandlar på kemisk väg bränsle, t.ex. vätgas, till el och värme. I fallet med vätgas produceras bara vatten som biprodukt. Om andra ämnen, t.ex. biogas skulle användas i bränslecellen så ger den fortfarande fördelar genom att ha en såpass bra energieffektivitet att utsläppet av koldioxid blir lågt jämfört med nuvarande metoder. Principen med bränsleceller generellt är att producera elektrisk ström genom att låta väte och syreatomer reagera. Detta visas i figur 5.1. Cellen innehåller i lågtemperaturbränsleceller ädelmetallkatalysatorer som Platina och Palladium, vilket driver upp priserna. Om en bränslecell skall användas med ett annat bränsle än vätgas så behöver bränslet reformeras först, vilket innebär att man gör bränslets vätgas tillgängligt för bränslecellen. Vissa typer av bränsleceller kan sköta sin egen reformering internt (ofta de som arbetar vid höga temperaturer), medans andra måste få det gjort externt.



Figur 3: Principskiss över en bränslecell

5.1.1 Kort historik

Bränslecellen demonstrerades redan 1839 av William Groove på Royal Institute i London. Därefter dröjde det ca 100 år innan NASA började visa intresse för tekniken, då för att producera vatten och ström ombord på rymdfarkoster. De bränsleceller som nyttjades gick under namnet AFC (Alcalic Fuel Cells) och var en mycket dyr och känslig teknik. Forskning under 80-talet var mer

fokuserad på PAFC (Phosphoric Acid Fuel Cells). Experimentanläggningar som använde denna teknik var i drift på 90-talet i Sverige och gav lovande resultat. Interesse fattades sedan för MCFC (Molten Carbonate Fuel Cells) och SOFC (Solid Oxide Fuel Cells) samt PEFC (Polymer Electrolyte Fuel Cells).

5.1.2 Olika bränslecellstyper

Idag arbetar man mycket med 6 stycken olika varianter av bränsleceller. MCFC, PAFC, SOFC och AFC är alla högttemperaturbränsleceller (150 – 1000°C) och lämpar sig till mindre och större kraftverk och även i fordon. Flera av dem har fördelar som att de kan utföra intern reformering och/eller att man kan klara sig utan ädelmetallkatalysatorer. De två andra bränslecellerna som finns med nedanstående lista, PEFC/PEM och DMFC arbetar under lägre temperaturer och är mer inriktade på bärbar elektronik. Man har även pratat om att ha dem i bilar.

They (PEM) are the primary candidates for light-duty vehicles, for buildings, and potentially for much smaller applications such as replacements for rechargeable batteries.

— Department of Energy (U.S.A.)

Kort sagt kan man säga att olika typer av bränsleceller ger olika för och nackdelar, beroende på var de används.

- *AFC (Alkaliska bränsleceller)*
Verkningsgraden kan nå 70% och arbetstemperaturen är 150 – 200°C.
- *PAFC (Fosforsyrabränsleceller)*
Verkningsgraden ligger på 40% samt att 85% av ångan tas om hand. Arbetstemperaturen på 150 – 200°C.
- *MCFC (Smältkarbonatbränsleceller)*
Verkningsgraden kan nå 85% och arbetstemperaturen är ca 650°C.
- *SOFC (Fastoxidbränsleceller)*
Verkningsgraden kan nå 85% och arbetstemperaturen är ca 1000°C.
- *PEFC (Polymerelektrolytbränsleceller)* eller *PEM (Protonutbytesmembran)*
Verkningsgraden kan nå 40 – 60% och arbetstemperaturen är ca 80°C.
- *DMFC (Direktmetanolbränsleceller)*
Verkningsgraden kan nå 40% och arbetstemperaturen är 50 – 100°C.

5.2 Använda väte utan bränslecellen?

Projektteamet har inte hittat några metoder som kan konkurrera med bränslecellen som teknik för elproduktion, vad gäller effektivitet och miljövänlighet. Man kan dock använda vätgas med dagens metoder, d.v.s. via förbränning.

BMW arbetar med att producera en motor, BMW CleanEnergy, som drivs genom förbränning av väte i något som de kallar för vattencykeln. [17]

This cycle is the central concept of BMW CleanEnergy. Liquid hydrogen is generated from energy and water. In the engines of BMW hydrogen vehicles, the hydrogen combusts with oxygen again, and returns to water. BMW CleanEnergy simply follows the principles of nature. — BMW

BMW menar att man får samma prestanda med denna motor som med en som drivs på bensen, vilket skulle göra den till en stark konkurrent till bränsleceller i bilar.

5.3 Praktiskt användande

5.3.1 Stationärt

Flera tusen stationära system för elproduktion finns installerade runt om i världen, i allt från sjukhus och hotell till kraftverk och flygplatser - både som huvudsaklig strömkälla och som backup. Servicekostnaderna för installerade anläggningar är också lägre än för konventionella system.

5.3.2 Portabelt

Miniatyrbränsleceller kan ersätta batterierna i all bärbar elektronik och förlänga tiden mellan påfyllningarna rejält. Mobiltelefoner som kan användas en månad i sträck, bärbara datorer som kan vara igång åtskilliga timmar längre än om de hade körts på batterier. Flera av elektronikföretagen använder sig av bränsleceller som drivs på metanol, vilka nämns i 5.1.2.

5.3.3 Bostäder

Då bränsleceller är tysta kan de reducera både ljudnivåer och föroreningar, vilket gör dem väldigt lämpliga att ha som strömkällor i bebyggda områden. De kan dels användas som backup eller som primära strömkällor ifall ett bostadsområde inte nås av huvudnätets strömledningar. Överskottsvärme från bränsleceller kan användas till t.ex. uppvärmning av bostäder och vatten.

5.3.4 Transporter

Experter tror inte att det kommer att finnas bränslecellsdrivna bilar på marknaden förrän 2010, men alla de stora företagen på bilmarknaden håller antingen på att utveckla, eller att testa en bil som drivs med bränsleceller. Fordon som utrustats med bränsleceller är t.ex. bilar, bussar,

lokomotiv, tåg skotrar och flygplan.

Det kan nämnas att Japans nationella mål är att var 14:e bil skall vara bränslecellsdriven 2020.

5.3.5 Minskning av utsläpp

Genom att använda bränsleceller i kombination med soptippar eller med reningsverk som tar hand om kloakvatten kan utsläpp av naturgas minskas och istället användas för att producera ström. Denna teknik är redan i drift på ett flertal platser i U.S.A.

5.4 Kostnadseffektivitet

Den stora frågan är *när* bränslecellen blir kostnadseffektiv. I fallen med de redan nu tillgängliga bränslecellerna för hemmabruk så räknar företagen med att husägaren får tillbaka sina investerade pengar på 4 år, vilket inte är farligt. I fallet med bränsleceller i bilar får vi dock vänta lite till innan bränsleceller blir såpass bra och billiga att de kan konkurrera med de bilar som drivs av förbränningsmotorer.

Generellt sett verkar de större produkterna vara enklare att göra kostnadseffektiva, medans det är svårare att göra det för t.ex. bilar och bärbar teknologi. Teknologin som används i de större bränslecellssystemen har dessutom haft längre tid på sig att mogna, vilket säkert också kan bidra till att det ser ut på det viset.

6 Dagens energikällor

I denna sektion hålls en kort genomgång om de bränslen som används idag, samt de alternativ som man har försökt att gå över till under de gångna decennierna. Fördelar och nackdelar, samt hur de skulle kunna nyttjas i ett vätgassamhälle beskrivs kort.

6.1 Fossila bränslen

De fossila bränslena har varit vårt samhälles primära energibärare under en lång tid, en tid som kanske snart är slut. Men i slutet av denna period kan man ändå nyttja de fossila bränslena för att underlätta en övergång till vätgassamhället. Alla fossila bränslen har det gemensamt att man kan utvinna vätgas ur dem genom reformering. Förhoppningsvis kommer man då även att pumpa ner växthusgaser i jorden igen eller på annat sätt stoppa dem från att komma ut i atmosfären.

- *Kol*
Kol ger ofta större föroreningar än både olja och naturgas, främst på grund av att kolet kan innehålla mycket svavel som kommer ut i luften vid förbränning. Som källa till vätgas är det mycket intressant för länder som Kina, som har väldiga koltillgångar.
- *Olja*
Det stigande priset på olja är väl en av de saker som rejält har snabbat på utvecklingen mot vätgasdrift i fordon.
- *Naturgas*
Naturgas kan vara ett bra, alternativt sätt, att producera vätgas. Naturgas pumpas inte bara upp med olja, utan framställs redan i stora mängder av oss människor, t.ex. i samband med boskap och reningsverk. Om man framställde vätgas från naturgasen skulle förmodligen både reningsverk och bondgårdar kunna bli självförsörjande, och man skulle kanske kunna driva detta i större skala.

6.2 Klassiska, förnyelsebara energikällor

De klassiska förnyelsebara energikällorna har många fördelar, men ingen av dem, har slagit igenom stort på internationell skala. Detta beror mycket på de krav de ställer på den naturliga miljön och att det är svårt, och dyrt, att producera stora mängder ström genom dessa metoder.

- *Solkraft*
Denna strömkälla har stor potential om den blir effektivare och billigare. Ny forskning har gett tunna solceller som skulle kunna bidra till hushållens försörjning, men potentialen att producera stora mängder ström ligger fortfarande långt bort.
- *Vindkraft*
Har med framgång nyttjats i t.ex. Danmark, där man har som mål att få vindkraften att stå för en betydande del av elproduktionen i landet. Största nackdelen är att effekten är liten, vilket också leder till att de stora farmarna av vindkraftverk påverkar miljön på vissa orter.

- *Vattenkraft*

Vattenkraften har framgångsfullt nyttjats i Sverige och Norge, men har nackdelen att ge stora miljöpåverkningar. Ingen ytterligare utbyggnad av vattenkraften sker därför i Sverige.

6.3 Kärnkraft

Fissionskraft är den process då vi utvinner energi i form av värme genom att klyva tunga atomkärnor, medans fusionskraft är den process vi genom att efterlikna solen utvinner energi genom att slå ihop väte till helium. Fission har använts i många år, medans forskning på fusionskraft har pågått i ca 50 år.

- *Fission (från och med nu kärnkraft)*

Kärnkraften är ett kraftfullt, modernt sätt att producera ström på, som står för en stor andel av den producerade strömen i Sverige. Många länder håller på att bygga ut kärnkraften, men den har fått mycket opinion emot sig då kärnkraftolyckor ger väldigt stora och oönskvärd konsekvenser. Man har dessutom problem med vad man skall lagra utbränt kärnmaterial, som skall vara utom räckhåll i upp till 100.000 år. Nya generationens kärnkraftverk lovar att vara säkrare och ge större effekt, och denna energikälla kommer säkerligen att vara kvar. I ett vätgassamhälle kan man tänka sig att kärnkraften på sikt kommer att tillgodose de delar av samhället som konsumerar större mängder el än bränsleceller kan producera, t.ex. industrin.

- *Fusion*

Fusionskraften har potential att producera väldiga mängder energi med nästan inga restprodukter. Man räknar idag med att ett fåtal fusionskraftverk skulle kunna försörja hela Europa. När fusionskraften väl fungerar kan den mycket väl bli en bra ersättare till fissionskraften.

7 Diskussion - slutsats

Hur realistisk är visionen?

Produktionen av vätgas med de nya metoderna kräver rent vatten, vilket är en bristvara i många länder. Visserligen kan man rena havsvatten, men en riktigt bra process är inte klar ännu. Detta leder till att de äldre metoderna med reformering förmodligen kommer att användas under en lång tid framöver, om än moderniserade och med färre utsläpp än idag. Kommande framställningsmetoder är effektiva nog att ta över på låg- och medelnivå, men är ett problem på industrinivå.

Om industrin själv skall producera sin egen el på plats behöver de ett eget produktionsverk eller alternativt bygger man upp stora centraliserade elkraftverk som drivs med väte och som kan tillgodose energibehovet hos industrin. Det bästa när det gäller enorma konsumtioner av el vore ett fusionskraftverk, men innan tekniken är mogen måste man nog gå andra vägar så länge, dock inte för länge. Industrins omställning till vätgasburen el kommer med största sannolikhet att dröja ett tag, tills teknologin har mognat ytterligare och hanteringen av vätgas är bättre och billigare.

Ett annat problem är hur man billigt och säkert skall kunna lagra och transportera gasen. De största problemen är explosionsrisken och det faktum att gasen tar mycket plats. Metallhydrider och fullerener kan också användas för att lagra vätgasen, men denna teknik kan inte ses som färdigutvecklad.

Med den teknologi som finns, och den som håller på att mogna, kan vi förvänta oss att samhället kommer att gå över mer och mer till väte som energibärare. Förutom de stationära bränsleceller som redan finns i dag kommer den normale konsumenten snart att märka av det i den nya bärbara tekniken. Villa- och fastighetsägare kan på sikt bli självförsörjande vad gäller energi. Energibolagen kommer att få en mindre central roll allt eftersom mer av energiproduktionen sker på lokal nivå.

Vilken väg bilutvecklingen kommer att ta är inte självklart, men att fordon kommer att drivas på vätgas känns ganska säkert. Frågan är snarare om förbränningsmotorn eller bränslecellen kommer att användas.

De första stegen är redan tagna mot vätgasekonomin i och med att stora marknadskrafter så som EU och USA har valt att lägga sin energiutveckling i den riktningen. I och med Kyotoavtalets förverkligande så återstår att se vilken väg Ryssland tänker gå. Det är inte troligt att alla går på vätgaslinjen. Länder med mycket sol året runt och torka har nog bättre nytta av solcellsproducerad ström. Nya varianter av solceller kommer med bättre effekt och lägre tillverkningskostnad.

Visionen kan bli en verklighet, även om det troligtvis kommer att ta lite längre tid än vad hoppfulla forskare tror idag. Det som avgör övergången kommer tyvärr inte vara miljöaspekten, utan hur fort det blir billigt och lättillgängligt.

8 Källförteckning

Referenser

- [1] Björn Forsman, (2004),
http://www.chalmers.se/HyperText/ChalmersMagasin/nr3_2004/h2.pdf
Chalmers Magasin Nr 3 - Vätgassamhället
- [2] Stenbjörn Styring, Göran A. Persson, (2005),
<http://fy.chalmers.se/f5xrk/energis.pdf>
Föreläsningsserie i energiteknik
- [3] Elforsk, (2002-02-21),
http://www.elforsk.se/varme/underlag/progrbeskr._bc.pdf
FoU Program - Stationära Bränsleceller 2002-2005
- [4] The Online Fuel Cell Information Resource, (2005-04-21),
<http://www.fuelcells.org>
- [5] The FuelCellStore.com, (2005-04-21),
<http://www.fuelcellstore.com>
- [6] Hydrogen Solar, (2005-04-21),
<http://www.hydrogensolar.com>
TandemcellTM
- [7] Gratzel cell, (2005-04-21),
<http://solar-club.web.cern.ch/solar-club/SolPV/autres/organics.html>
Organic solar cells
- [8] Artificiell fotosyntes, (2005-04-21),
<http://www.biokemi.lu.se/AFS-WWW/html/Energi%20av%20sol%20och%20vatten.pdf>
Konsortiet för artificiell fotosyntes
- [9] H_2 -analys, (2005-04-21),
<http://nrel.gov/docs/fy04osti/34929.pdf>
Diskussionsunderlag
- [10] Reformering, (2005-04-21),
<http://www.synetix.com/hydrogen/steamreformingprocess.htm>
Reformeringsprocesser
- [11] Infrastruktur, (2005-04-21),
<http://www.infra.kth.se>
Institutionen för infrastruktur - KTH

- [12] CAN, (2005-04-21),
<http://www.climnet.org/CTAP/workshop2003/2-3Duwe-H2overview.pdf>
CAN Europe
- [13] The Register, (2005-04-21),
http://theregister.co.uk/2005/04/26/bacteria_hydrogen_production/
Produktion av vätgas med hjälp av bakterier
- [14] American Chemical Society, (2005-04-21),
<http://pubs.acs.org/cgi-bin/abstract.cgi/esthag/asap/abs/es050244p.html>
Abstract från *Electrochemically Assisted Microbial Production of Hydrogen from Acetate*
- [15] Linde Gas, (2005-04-21),
http://www.linde-gas.com/international/web/lg/com/likelgcomn.nsf/docbyalias/hydrogen_storage
Linde Gas - lagring av vätgas
- [16] Linde Gas, (2005-04-21),
http://www.linde-gas.com/international/web/lg/com/likelgcomn.nsf/docbyalias/hydrogen_filling_station
Linde Gas - tankstationer för vätgas
- [17] BMW Group, (2005-04-21),
<http://www.bmwgroup.com/>
BMW Group - Research & Development