

## Studie av marknad för nyckelkomponenter till självförsörjande fastigheter.

Anders Lundblad, RISE

### Inledning

I YEAH-konceptet ingår en mängd nyckelkomponenter som möjliggör självförsörjning gällande el, värme, vatten och avlopp. I denna bilaga försöker vi sammanfatta dagens situation för teknik och kostnadsutvecklingen. Vätgaslagring och bränsleceller har gjort framsteg under senaste decenniet och fått ökad uppmärksamhet för dess tänkbara potential i världens framtida energisystem. Förbättringar i teknologi och tillverkning har gjort att kostnaderna blivit betydligt lägre. Kommersiella produkter har blivit vanligare. Ett ökat fokus på att lösa problemen med global uppvärmning pekar på att enbart produktion av mer förnyelsebar elektricitet är otillräckligt [1]. Även exempelvis frågan om hur storskalig energilagring ska lösas är väsentlig, där vätgaslagring i kombination med bränsleceller är en möjlighet.

I marknads- och omvärldsstudien har projektgruppen haft ett intimt samarbete med ett antal underleverantörer av delsystemen för el- och värmeproduktion, framställning av vätgas, energilager, energiåtervinning, kyla och cirkulerande vatten. (Free Energy, Nilsson Energy, Norconsult, By Demand, Graytec, CarexofSweden). Representanter från dessa företag har deltagit i de månatliga möten som hållits och deltar även i referensgruppen för projektet. Styrkan i faktainsamlandet för denna inventering är att prisuppgifter som erhållits via offerter från underleverantörer kan betraktas som trovärdiga och aktuella. Dock begränsas relevansen för kostnadsuppgifter i viss mån till storleken på det fastighetskomplex som har studerats (44 lägenheter).

### Inventering av delkomponenter och deras marknad

#### Elproduktion

El från solceller (PV) och hybridsolceller (PVT) är de primära el-energikällorna för fastigheten. Det finns ett stort utbud av producenter och återförsäljare varav vissa har kontaktats (exempel på företag: Trina, JinKO, REC, LG och LUXOR). Typisk verkningsgrad för solcellsmoduler med monokristallina kiselceller är 18-20% och maxeffekten för de bästa modulerna har passerat 400 W[2]. För hybridsolceller med vätskekyllning uppskattas det genomsnittliga effektuttaget öka med 4% jämfört med vanliga solceller antaget en ingångstemperatur på 15°C i genomsnitt under ett år för hybridsolcellerna [3]. De bästa tunnfilmsteknologierna med CIGS- eller CdTe-solceller har en modulverkningsgrad på ca 15-18% [4][5]. Färgade tunnfilmssolceller har lägre verkningsgrad, som beror på val av färg. Kostnaden för en nyckelfärdig anläggning på ca 100 kW var i genomsnitt ca 10 000 kr/kW enligt svensk statistik för 2019 [6]. Både priser och prestanda förbättras kontinuerligt. Effektgarantin för solcellsmoduler är vanligen 25 år. Den ekonomiska livslängden är sannolikt längre i svenskt klimat, där de studier som gjorts av modulers minskade effekt över tid har visat på en betydligt lägre degradering än effektgarantin [7].

El produceras även i bränsleceller från lagrad vätgas. Den dominerande teknologin är idag Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEM-FC). PEMFC system har funnits på den europeiska marknaden ca 10 år och utvecklas av större fordonsföretag (Toyota, Honda, Hyundai m.fl.) och andra företag (Ballard, Hydrogenics, Plug Power, Powercell, Nedstack m.fl.). Kostnaden för bränslecellsystem (baserat på offerter) är idag 14 000 SEK/kW. Utvecklingen för bränsleceller går snabbt och flera aktörer startar nu automatiserade produktionslinor. Prisutvecklingen för bränslecellsystem är på väg neråt och beräknas om 10 år ligga på under 3 000 SEK/kW (exklusive installation), för stationära

system [8]. Livslängden för bränslecellssystemet anges normalt i driftstimmar (10 000 till 30 000) och kalendertiden i denna tillämpning uppskattas till 15 år.

### **Framställning av vätgas och kompression**

Vätgas produceras med hjälp av en elektrolysör. Alkalisk elektrolys (AEC, det vill säga elektrolyten är en alkalisk lösning) är en industriell process sedan över 100 år tillbaka, men även PEM-baserade system är också kommersiella sedan några år tillbaka. PEMEC (PEM Electrolysis Cell) anses mer flexibel för varierande effektbehov men i modern alkalisk teknologi har flexibiliteten förbättrats avsevärt. Bland möjliga leverantörsföretag kan nämnas NEL, ITM-power, Green Hydrogen med flera, men även större industriföretag som Siemens och Mitsubishi. EU har en ambitiös målsättning att installera minst 6 GW elektrolysörer före 2025 [9]. Detta och övriga världens ökning av grön vätgasproduktion förväntas ha en positiv inverkan på prisutvecklingen på elektrolysörer. Kostnaden för en AEC elektrolysör (baserat på offerter) är idag 41 000 SEK/kW. Livslängden kan nå upp till 60 000 driftstimmar och uppskattas till 25 år för denna applikation.

För att lagra vätgasen behöver den komprimeras från 1-50 bar beroende på fabrikat av elektrolysör till lagringstrycket som är 200-450 bar. Kompression sker vanligtvis med hjälp av mekanisk kolvkompressor, men andra möjliga metoder är adsorption/desorption i metallhydrid och elektrokemisk vätgaspumpning (företag: Hystorsys, Hyet). Konventionell kompression är en mogen bransch även om fler har fått upp intresset för vätgaskompression nu (företag: Hofer, Ventos, med flera). Kostnaden för en kompressor av aktuell storlek (typ 6 kW) är ca 330 kSEK/kW (baserat på offerter). Livslängden för en konventionell kompressor i denna applikation är ca 25 år.

### **Energilager**

Energi i form av vätgasen kan lagras i trycksatta cylindrar vid 200-450 bar. Utvecklingen går mot att lagringstrycken höjs, vilket medför ökad kapacitet. Cylindrarna kan placeras i rack inuti en container. Sådana system med vätgastankar kan köpas från ett flertal leverantörer både inom och utom Europa (Linde, Air Liquide, med flera). Kostnaden för vätgaslagret ligger idag på ca 5 000 SEK/kg (baserat på offerter). Kolfiber och trycktanksproduktion är idag en automatiserad produktionsprocess med få mantimmar därför och därför tror vi endast på en mindre minskning i pris för denna komponent [10]. Livslängden för ett vätgaslager beräknas till 15 år för själva tankarna, övriga materiel upp till 50 år.

För korttidslagring av el från dag till natt är batterier att föredra eftersom verkningsgraden i energiomvandlingen el-vätgas-el är mycket lägre (25-30%) jämfört med batterisystem (ca 85%). Batterier har dock högre självurladdning, storlek/vikt och kostnad per kWh. Det finns ett antal möjliga batteriteknologier för stationära lager på marknaden: Blysyrbatteriet (Varta, Rolls), Nickelmetallhydrid (Nilar), Litiumbatterier med flera. Bland Litiumbatterier finns flera varianter men bäst för stationära lager (på grund av lägre risk för allvarliga bränder) är LTO (anoden är litiumtitanat) och LFP (katoden är järnfosfat). Bland företag kan nämnas Pylontech, Northvolt, CATL, Tesla, med flera. Tack vare elbilens genombrott har batterisystemens pris minskat drastiskt under senare år och de ingående materialens kostnad är nu upp emot 65% av Litiumbatteriets kostnad [11]. Idag kostar Litiumbatterisystemet 6 800 SEK/kWh (baserat på offerter). Med den fortsatta batteriexpansionen förväntas även batterisystemen bli billigare, om än i mindre utsträckning än vätgassystemen. Batteriets livslängd anges i antal laddcykler (100% upp- och urladdning ger mellan 6 000-8 000 cykler) och detta beräknas motsvara 15 år för denna applikation.

## Övriga nyckelkomponenter

Övriga nyckelkomponenter för det självförsörjande energisystemet såsom bergvärmepump, ackumulatortank för varmvatten, marklager för värme och hybridventilation är kända och beprövade teknologier för fastighetsmarknaden och deras prisutveckling förutspås inte minska särskilt mycket i framtiden. Därför redovisas deras kostnadseffektivitet endast kortfattat i nedanstående sammanställningstabell, Tabell 1.

Tabell 1. Sammanställning nyckelkomponenters prestanda, kostnad och livslängd.

Komponent	Prestanda	Kostnad	Livslängd
Solcellsystem standard, PV/PVT*	18-20/19-21%	10 000/21 000 SEK/kWp	25 år
Tunnfilmsolceller	10-18% (beror på färg)	35 000 SEK/kWp	25 år
Elektrolysör (AEC)*	5 kWh/Nm <sup>3</sup>	41 000 SEK/kW	25 år
Kompressor(kolvtyp, 6 kW)	35-350 bar	330 kSEK/kW	25 år
Vätgaslager/system(tryckcylindrar)	740 Wh/kg	5 000 SEK/kg	50 år
Batteri (Litium)	200 Wh/kg	6 800 SEK/kWh	15 år
Bränslecell (PEMFC)*	3 kW/kg	14 000 SEK/kW	15 år
Bergvärmepump	COP 4,6 (EN 14511)*	5 000 sek/kW (värme)	15 år
Akkumulatortank	-----	32 000 SEK/m <sup>3</sup>	25 år
Markvärmelager	Ca 50 kWh/m <sup>3</sup> (energi lagrad per år)	1,90 SEK/kWh (värme)	50 år
Hybridventilation	-----	50 000 SEK/lgh	50 år

\*PV/PVT=Photovoltaic/Photovoltaic and Thermal, AEC=Alkaline Electrolysis Cell, PEMFC=Proton Exchange Membrane Fuel Cell, COP= Coefficient of Performance.

## Referenser

- 1) Iain Staffell *et al*, "The role of hydrogen and fuel cells in the global energy system." Energy & Environmental Science, 2019, 12, 463.  
<https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2019/ee/c8ee01157e#!divAbstract>
- 2) Jinko Solar. Products. <https://www.jinkosolar.com/>
- 3) Free Energy. Kommunikation Jakob Jamot, 5 juni 2020.
- 4) First Solar. Technical documents. <http://www.firstsolar.com/Resources/Technical-Documents>
- 5) Solar Frontier. Products. <https://www.solar-frontier.com/eng/solutions/products/index.html>
- 6) IEA PVPS. National Survey Report of PV Power Applications in Sweden 2019 [https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/08/NSR\\_Sweden\\_2019.pdf](https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/08/NSR_Sweden_2019.pdf)
- 7) J. Hedström and L. Palmblad, "Performance of old PV modules — Measurement of 25 years old crystalline silicone modules" 2006.

---

<https://energiforskmedia.blob.core.windows.net/media/19320/performance-of-old-pv-modules-measurement-of-25-years-old-crystalline-silicone-modules-elforskrappport-2006-71.pdf>

8) Michael Penev *et al*, "Energy Storage: Days of Service Sensitivity Analysis", National Renewable Energy Laboratory (NREL) 2019, <https://www.nrel.gov/docs/fy19osti/73520.pdf>

9) "A Hydrogen Strategy for a climate neutral Europe", strategidokument presenterat av EU kommissionen 8 Juli 2020, en del av Green Deal.

[https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/attachment/865942/EU\\_Hydrogen\\_Strategy.pdf](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/attachment/865942/EU_Hydrogen_Strategy.pdf)

10) Suijt Das *et al*, "Global Carbon Fiber Composites Supply Chain Competitiveness Analysis", Clean Energy Manufacturing Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, University of Tennessee, NREL 2016, <https://www.nrel.gov/docs/fy16osti/66071.pdf>

11) Gert Beeckmans *et al*, "Cost Projection of State of the Art Lithium-Ion Batteries for Electric Vehicles Up to 2030", MOBI Research Group, Vrije Universiteit Brussel 2017, <https://www.mdpi.com/1996-1073/10/9/1314/htm>