

BRÄNSLECELLSDRIVNA LASTCYKLAR

RAPPORT 2017:368



TEKNIKBEVAKNING
BRÄNSLECELLER



Bränslecellsdrivna lastcyklar

En förstudie

ANDERS LUNDBLAD

ISBN 978-91-7673-368-4 | © ENERGIFORSK april 2017

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

Förord

I syfte att koordinera teknikbevakningen, men också för att sammanställa, analysera och sprida information om utvecklingen inom bränslecellsområdet finansierar Energimyndigheten projektet **Teknikbevakning av bränsleceller**. Projektet och dess resultat vänder till svenska intressenter, främst fordonsindustrin, och genomförs under 2014 – 2016 inom ramen för kompetenscentret Swedish Electromobility Centre med Energiforsk som koordinator och projektledare.

Denna rapport, som har tagits fram inom teknikbevakningsprojektet, är en förstudie av bränslecellsdrivna lastcyklar, dvs små transport- och arbetsfordon med effekter upp till någon eller några kW. Projektet ska undersöka utveckling av teknik och marknad samt vilka säkerhetskrav (standarder etc) som ställs. Målsättningen med projektet är att skapa underlag för ett större projekt där små bränslecellsdrivna lastcyklar kan demonstreras.

Projektet har genomförts av Anders Lundblad, Mälardalens högskola.

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

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

Stockholm april 2017

Bertil Wahlund Energiforsk AB



**Swedish
Electromobility
Centre**

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

Sammanfattning

Lastcyklar, det vill säga kraftigare cyklar avsedda för tyngre laster, är en nygammal företeelse i den svenska stadsmiljön, som ökat markant under senare år. Moderna lastcyklar har emellertid elmotorassistans som underlättar framdrift och möjliggör laster upp till 500 kg!

Denna förstudie syftar till att undersöka dels utveckling av teknik och marknadsbehov för bränsleceller till lastcyklar, dels vilka säkerhetskrav som ställs för att installera bränsleceller i små cykelfordon.

Studien visar att dagens litiumbatteriteknologi ger tillräcklig räckvidd även för professionella lastcykelanvändare, men att ett bränslecellssystem kan vara mycket attraktivt om man har ett extrakraftsbehov, exempelvis vid kyltransporter.

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

Summary

Cargobikes, that is more robust bicycles intended for heavier loads, are somewhat born-again vehicles in the Swedish city traffic environment and their numbers has increased a lot in recent years. Modern cargobikes, however, uses electric pedal-assist propulsion which enables load up to 500 kg!

This pre-study aims at investigating: 1) the technical developments and the market demand for fuel cell powered cargobikes, 2) what safety measures/standards must be applied to install fuel cells in small bicycle vehicles.

The study shows that the lithium battery technology of today provides sufficient range even for professional cargobike users, but that fuel cells could be very attractive if there is a need for extra power, for example in reffridgerated transport.

The project has also generated a design suggestion for a 4-wheeler cargobike equipped with a 150 W fuel cell system. The design work has considered the safety standard ISO 23273 and safety at traffic collisions.

Innehåll

1	Projektsyfte och metodik	7
2	Bakgrund om elcyklar och lastcyklar	8
3	Lite FC-cykel historia	10
4	Marknadsaktörer för lastcyklar och små PEM-bränsleceller (50–500 W)	11
5	Behovet av bränsleceller till lastcyklar	13
6	Bränslelösning – distribution av vätgas	16
7	Säkerhetsaspekter för bränsleceller på lastcyklar.	18
8	Förslag till specifikation på bränslecellsystem till lastcykel.	21
9	Slutsatser	22

1 Projektsyfte och metodik

Denna förstudie undersöker behovet av bränslecellssystem för lastcyklar och de tekniska krav som då måste ställas. Målsättningen med projektet är att skapa underlag för ett större FoU-projekt där små bränslecellsdrivna lastcyklar kan demonstreras.

Projektet har haft två huvudinriktningar:

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

Projektet har genomförts på Mälardalens Högskola genom litteraturstudier och besök på två konferenser (LEVS 2016 i Barcelona, där även en poster presenterades, och HFC Nordic i Sandviken). Vi har även scannat av internet och två internationella bränslecellsmässor för att hitta bränslecellsutvecklare (FCEXPO i Japan och H2-fair i Tyskland). Ett examensarbete har genomförts, där ett bränslecellssystem designats in i en befintlig lastcykel och utvärderats ur säkerhetssynpunkt. Dessutom har ett antal intervjuer genomförts, bland annat med utvecklare och användare av lastcyklar, för att diskutera efterfrågan på energi och eventuellt behov av en extra kraftkälla (APU).

2 Bakgrund om elcyklar och lastcyklar

Lastcyklar kan förändra transporter i innerstaden

Lastcyklar är ett samlingsnamn för lite robustare cyklar med någon form av lastutrymme. Dessa cyklar kan ha fler än två hjul och är elcyklar. De elcyklar man ser på svenska gator idag är cyklar med elassistans, eller "pedelecs" som dom kallas på engelska. Dessa elcyklar har, enligt lag, elmotorer på max 250W och ska vara utrustade med ett "pedal assistant system", dvs pedalsensorer som gör att elmotorn endast kopplas in när man trampar själv. När cykelns hastighet överstiger 25 km/h ska elmotorn kopplas ur automatiskt. Ett nytt koncept "speed-pedelecs" (klass L1e-B) som tillåter hastigheter upp till 45 km/h har nu införts i vissa europeiska länder och man kan förvänta sig att Sverige följer efter. För speed pedelecs tillåts motoreffekter upp till 4kW [1]. Det finns också en annan klass som är mer tillämplig för last-cyklar, L1e-A, som tillåter motorer upp till 1 kW men maxhastigheten 25 km/h bibehålls. Vanliga pedelecs klassificeras som cyklar och behöver inte typgodkännas. Klasserna L1e-A och L1e-B kommer däremot behöva typgodkännas av trafikverket, något som kräver CE-godkännande mm av cykelutvecklarna.

Försäljning av elcyklar ökar stort just nu vilket har uppmärksammats i media under året [2]. Enligt en marknadsprognos ökar försäljningen i Sverige med upp till 50% under 2016 och når i så fall 45000/år [3]. I Europa säljs i år nära 2 miljoner elcyklar, vilket kan jämföras med de 37 miljoner elcyklar som årligen säljs i Kina [4].

Ökningen av elcyklar i Sverige kan bero på flera faktorer som ökad trängsel och köbildning för bilister, större miljöengagemang, möjlighet att cykelpendla till jobbet utan att bli svettig, bättre cykelleder och fler cykelparkeringar. Även politiska beslut för att förbättra den lokala luftkvaliteten kan leda till ökad användning av elcyklar. Ett exempel är förbudet mot dieslbilar i Oslo [5], som beslutats under hösten 2016.

Elcyklar medför att man cyklar längre sträckor [6]. Gränsen för rimlig cykelpendlingssträcka förskjuts uppåt. Att använda cykel för transporter över 10 mil förefaller inte längre orimligt, speciellt med införandet av speed pedelecs. Därmed ökar behovet av energi och även behovet av bränsleceller till cyklar.

Lastcyklar är en nygammal företeelse i Sverige. På 1940 och 50-talen användes cykeltransport flitigt för att buda varor. Därefter blev den utkonkurrerad av motordrivna alternativ. På senare år har dock cykeltransport och lastcyklar ökat i omfattning igen. Att buda varor med cykel i storstäder går idag snabbare än bilar,

¹ <https://ecf.com/what-we-do/road-safety/electric-bicycle-pedelec-regulation> (datum: 161107)

² <http://www.svt.se/nyheter/inrikes/forsaljningen-av-elcyklar-slar-rekord> (datum: 161105)

³ CONEBI 2016 report on bicycle sales 2015, including EPACs:

http://issuu.com/conebi/docs/european_bicycle_industry_and_market/25?e=18546908/40043954

⁴ Från "Electric Vehicles Worldwide Reports 2015", (<http://www.ebwr.com/>)

⁵ <http://www.dn.se/nyheter/varlden/oslo-infor-forbud-mot-dieslbilar/> (datum: 161105)

⁶ Aslak Fyhri, Nils Fearnley, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Volume 36, May 2015, Pages 45–52.

tack vare cykelns högre framkomlighet. Enligt en studie publicerad av Cyclelogistics, kan upp till 51% av innerstadstransporterna utföras av lastcyklar^[7]. Cykeltransport med eller utan eldrift ger ökad hållbarhet både genom minskade avgasutsläpp och genom att dessa fordon skapar mindre trängsel på gatorna. Lastcyklar (i stället för en andrabil) används även flitigt av småbarnsföräldrar för transport till och från dagis.

I den moderna staden ökar användningen av cyklar till transport och caféverksamhet och nya innovativa användningar dyker upp dagligen. Exempel på sådana är HejHejStockholm (fd Stockholm cykeltaxi), Movebybike, Pling transport, Wheelys café mm (se Figur 1). Speciellt intressant är Wheelys café, en franchising verksamhet för små cafécyklar som startades 2013 i Stockholm. Idag finns det över 100 registrerade Wheelys caféer över hela världen!

Gemensamt för lastcyklar är att de är byggda för att bära tyngre laster (upp till 500 kg). Ett ekipage som väger 500 kg förbrukar ganska mycket energi och batterierna räcker endast några mil. Därför är det möjligt att bränsleceller kan erbjuda ett attraktivt alternativ för professionella användare (bud, taxi), speciellt med tanke på att vätgastankning går på några minuter.

Vissa lastcyklar behöver även extrakraft (APU) till en frysbox eller kaffekokare. En annan APU-applikation är belysning till reklamskyltar eller skärmar som placeras på en parkerad lastcykel.



Figur 1. Lastcykel exempel: cykeltaxi (HejhejStockholm), cykelcafé (Wheelys) och transport (Velove bikes).

⁷ http://www.cyclelogistics.eu/docs/111/CycleLogistics_Baseline_Study_external.pdf (datum: 161115)

3 Lite FC-cykel historia

Många demonstratorer, men inga kommersiella succéer.

Att utveckla demonstrationsprototyper av bränslecellsdrivna cyklar (FC-cyklar) har länge varit populärt bland forskningsinstitutioner och företag. Detta möjligen på grund av att det är billigare att bygga en cykel än en bil. Denna aktivitet fick ett uppsving efter PEM-teknologins genombrott på 1990-talet. Emellertid har ingen av dessa prototyper lett till någon stor kommersiell produkt, antagligen på grund av hög kostnad och/eller att man inte har kunnat presentera någon praktisk lösning på hur bränslet ska distribueras. Bland tidiga exempel på FC-cykel prototyper kan nämnas Manhattan Scientific [8] som presenterade en PEM-bränslecellcykel redan år 2000. Andra exempel från tidigt 2000-tal är ENEA i Italien [9] och Hwang et al i Taiwan [10]. Senare, mer kommersiella exempel, är från Weigl et al i Malaysia [11], "Alpha" från Ataway och Pragma industries [12] och H2-bike från Linde [13] (se Figur 2 nedan). Gemensamt för dessa FC-cyklar är att de är batterihybrider där den dynamiska lasten tas upp av batteriet och bränslecellen körs på mer konstant effekt. Dom flesta demonstratorer har drivits av trycksatt vätgas, men också metallhydrider eller kemiska hydrider har använts. Det finns även exempel på demonstratorer av andra lätta bränslecellsfordon [14], som inte kan kategoriseras som cyklar och därför inte är i fokus för denna studie.



Figur 2. Exempel på tidiga (vänster, ENEA[9]) och mer nutida (höger, Linde[13]) FC-cykeldemonstratorer.

⁸ Fuel Cells Bulletin, Volume 3, Issue 23, August 2000, Pages 6

⁹ Luciano Cardinali, Saverio Santomassimo, Marco Stefanoni, Journal of Power Sources, Volume 106, Issues 1–2, 1 April 2002, Pages 384–387.

¹⁰ J.J Hwang, D.Y Wang, N.C Shih, D.Y Lai, C.K Chen, Journal of Power Sources, Volume 133, Issue 2, 4 June 2004, Pages 223–228.

¹¹ Joerg D. Weigl, Zi. Zi. Wang and Helia Mohammadi Sepahvand, ECS Trans. 2012 volume 42, issue 1, 39–42.

¹² <http://ataway.com/en/accueil.html>, <http://www.pragma-industries.com/consumer-products/light-mobility/> (datum: 161106)

¹³ http://www.the-linde-group.com/en/clean_technology/clean_technology_portfolio/hydrogen_energy_h2/experience_h2/h2_bike/index.html (datum: 161111)

¹⁴ J.J. Hwang, D.Y. Wang, N.C. Shih, Journal of Power Sources, Volume 141, Issue 1, 16 February 2005, Pages 108–115.

4 Marknadsaktörer för lastcyklar och små PEM-bränsleceller (50–500 W)

Många lastcykelutvecklare, men få bränslecellsföretag

På hemsidan "Cykla med lastcykel" (<http://www.cyklamedlastcykel.se/>), finns en mängd information om lastcyklar och deras användning (se intervju med Jon Jogensjö nedan). Detta nätverk arrangerar årligen "Sweden cargo bike show" i Stockholm. Enligt hemsidan finns ett 15-tal fabrikat i Norden och ca 40 i hela Europa. I Holland, som är ett föregångsland för lastcyklar, arrangeras årligen "International CargoBike Festival" med flera hundra besökare från ett tjugotal länder. Lastcykelutvecklare är ofta mindre företag som riktar sig mot professionella användare med specifika behov. Exempel på bolag är Velove bikes i Göteborg, ett utvecklingsföretag som gör 4-hjuliga transportcyklar, väl lämpade för godstransport (se även intervju med grundaren Johan Erlandsson). Ett annat är Cykelfabriken i Stockholm som bygger två- och tre-hjuliga lastcyklar, även specialbeställningar.

Aktiva företag som utvecklar och säljer bränslecellssystem mindre än 500 W är förvånansvärt få. I den marknadsgenomgång som redovisas nedan är det bara två företag (Horizon och Pragma Industries) som levererar vätgasbränsleceller i flera storlekar i intervallet 50 – 500 W mer eller mindre "från hyllan" (se Figur 3 nedan). Övriga bolag har en eller två produkter som kan beställas vid förfrågan. Man kan därför sluta sig till att marknaden för små bränslecellssystem är relativt liten. I intervallet 500-2 kW är urvalet större, men i de flesta fall är dessa bränsleceller avsedda för stationära tillämpningar. Bland utvecklare av direktmetanolbränslecellen, DMFC, kan nämnas Smart Fuel Cells från Tyskland och ProPower från Korea, men denna studie har fokuserat på vätgasbränsleceller.

Lista över leverantörer av vätgasbränsleceller och system i intervallet 50-500 W.

BOC (<http://www.boconline.co.uk>), ett engelskt dotterbolag i Lindekoncernen, har tagit fram Hymera, ett portabelt bränslecellssystem som ger 150 W. Hymeran säljs i Sverige av Safe X System Scandinavia AB (se intervju nedan).

Eco Energy Technology (<http://www.eco-energy.com.tw/>) är ett taiwanesiskt bränslecellsföretag som bland annat säljer en bränslecellsdriven go-kart.

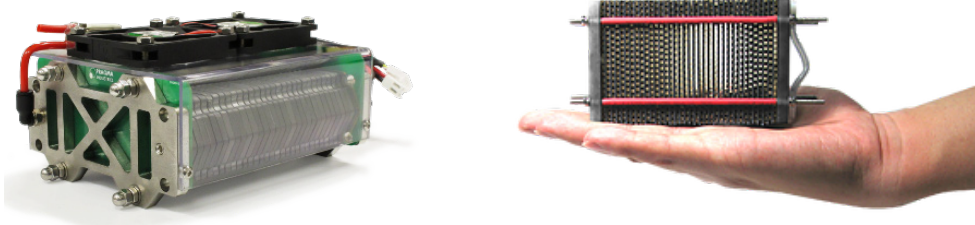
Genport (www.genport.it) är ett italienskt bolag som utvecklar portabla och stationära bränsleceller för olika tillämpningar. Säljer en portabel 300 watts-enhet.

Horizon Fuel Cell Technologies (www.horizonfuelcell.com/) är världens största och mest välkända tillverkare av små bränsleceller i effektområdet 10 W till 5 kW. Horizon utvecklar även portabla bränslecellssystem i området 150-500 W. Bränslecellerna använder ren vätgas, reformerad metanol och kemiskt genererad vätgas.

Intellegent Energy, IE (www.intelligent-energy.com) är ett internationellt bränslecellsutvecklingsbolag med huvudsäte i Storbritannien. IE jobbar mot stationära, fordons- och elektronikapplikationer. Bland deras bränslecellsdrivna utvecklingsprodukter kan nämnas: mobilladdare, drönare och motorcyklar. Man har ett nära samarbete med Suzuki som är stora inom tvåhjuliga elfordon.

Paxitech (<http://www.paxitech.com/>) är ett franskt bolag som utvecklar och säljer små passiva mikrobränsleceller och system upp till 10 W. På hemsidan beskriver man dock projekt där man har utvecklat större system.

Pragma Industries (<http://www.prigma-industries.com/>) är ett franskt bolag som utvecklar material, bränslecellsstackar och testutrustning. Man har stackar för beställning i effektområdet 40-130 W. Tillsammans med Ataway saluför man "Alpha -The first commercially available fuel cell electric bike".



Figur 3. Exempel på luftkylda PEM-stackar: vänster, Pragma Industries, 70W och höger, Horizon Fuel Cells, 200 W.

5 Behovet av bränsleceller till lastcyklar

Bränsleceller bäst som APU?

I förstudien har ett antal intervjuer med lastcykelutvecklare, professionella användare och andra relaterade intressenter genomförts. Den genomgående slutsatsen är att räckviddsångesten för lastcykelanvändare är liten trots att ett lastcykelekipage kan väga flera hundra kilo. Det framgår dock att batterikapaciteten och räckvidden minskar drastiskt då det är minusgrader ute. Kanske kan införandet av högre motoreffekter förändra denna bild, men i dagsläget är både utvecklare och användare av lastcyklar nöjda med Li-batteriteknologin för framdrift. Att använda bränsleceller som extrakraft (APU) ser dock många positivt på eftersom kontinuerlig drift och större energimängder ofta behövs till APUer. Exempel är belysning, reklamskärmar, kylaggregat, matlagning, elektriska maskiner och verktyg (tex kran), mm.

Johan Erlandsson – Velove bikes AB

Velove bikes är en lastcykelutvecklare som startade 2013 och som utvecklar och säljer en 4-hjulig lastcykel av märket Armadillo.

På frågan om kunder med tunga laster och långa transporter kan Johan inte se så stora fördelar med bränsleceller jämfört med batterier. Däremot kan det vara intressant att driva energikrävande extrautrustning på lastcyklar med bränsleceller, som t.ex. kylanläggningar för att kunna erbjuda obruten kylkedja. En annan möjlig kundgrupp är elcykelturister som då kan vara ute i långa perioder utan att vara beroende av att övernatta på ställen med eluttag. Han tror också att bränslecellsystem kan vara attraktiva som reservkraftsystem åt elcykelåkerier vid elavbrott.

Lars Söderström – Safe X System Scandinavia AB

SafeX har specialiserat sig på utveckling av smarta lösningar för trafik och infrastruktur. SafeX är återförsäljare av Hymera, ett 150 W bränslecellsystem som tagits fram av BOC.

Lars berättar Hymeran kan användas för tex belysning på byggarbetsplatser utan el och att vägverket i Västmanland har använt en Hymera i kombination med solceller som energikälla till trafikskyltar. 20 liters vätgastankar hämtades då från en gasflaskedepå i Västerås.

Jon Jogensjö – Fotograf och initiativtagare till "Cykla med lastcykel" svenska nätverket för lastcykelutveckling (<http://www.cyklamedlastcykel.se/>)

Jon har en 2-hjulig elassisterad lastcykel av märket Bullitt som han kan cykla 3-4 mil med innan batteriet tar slut (8,8 Ah, 317 Wh). Detta räcker till för alla uppgragsresor inom Stockholmsområdet. Om all kamerautrustning är med väger lasten mer än 100 kg, men det hanterar lastcykeln på ett bra sätt. Den stora

fördelen med lastcykeln i innerstaden är ökad framkomlighet. Jon ser inte behov av bränsleceller för att öka räckvidden, men han ser positivt på att ha extra kraftkälla för att tex kunna lyfta tyngre laster eller ha en lysande reklamskärm. Lastcykeln har stora ytor och är bra för att synliggöra logotyper.

Ulrik Bengtsson – Cycleurope Sverige AB.

Cycleurope är en stor cykelkoncern med huvudkontor i Sverige som producerar flera välkända märken: Monark, Bianchi, Crescent, Spectra, Tec och Monark Exercise.

Ulrik arbetar främst med elcyklar till privatpersoner. Idag finns det standardbatterier på 9-11 Ah (325-400 Wh) som räcker mellan 4 och 7 mil, men kunden kan även beställa batterier med 14Ah (500 Wh) eller till och med 17 Ah (600 Wh) i samma kapslingslåda. Cykelsträckan kan då förlängas till uppemot 25 mil beroende på hur mycket extraeffekt man behöver. Ulrik ser att teknikutvecklingen på batterifronten går stadigt framåt och ser inget behov av bränsleceller för att förlänga räckvidden. Snabbare laddning av batterier vore dock önskvärt. Normalt tar en laddning idag 4-6 timmar (80% laddning kan nås efter 2 timmar). Vad gäller behov av att använda cykeln som extra kraftkälla finns idag endast ett USB-uttag för att ladda mobilen. Ulrik ser idag inte någon kundefterfrågan på extrakraft i högre effektnivåer, men hänvisar till dotterföretaget Monark Exercise i Vansbro som jobbar med tyngre cyklar till professionella kunder (se nedan).

Mats Hermansson – Monark Exercise AB

Monark Exercise i Vansbro utvecklar och säljer spinningcyklar för motion och medicinska test, men även olika typer av transportcykelprodukter. Bland dem kan nämnas lastcyklar med elassistans till professionella kunder, som till exempel post och tidningsutdelare.

Mats framhåller att Monark Exercise är mer användningsfokuserade (tex ergonomi) än vanliga cykelmärken, som mer fokuserar på snygg design. Mats upplever att batterikapaciteten och körsträckan normalt sett inte är något problem. Dock kan körsträckan sjunka till 1-1,5 mil vid kall väderlek och fullastad postcykel. Det händer dock mycket på batterifronten just nu och dessa problem kan komma att lösas inom kort.

Vad gäller extrakraft ser Mats ett antal tillämpningar där det behövs: lastcyklar som uthyres för branding (dvs har en skylt med företagslogotyp), kafécyklar och andra foodtruck-inspirerade aktiviteter.

Gunnar Björkman – Kungl. Djurgårdens förvaltning

Kungl. Djurgårdens förvaltning, även kallad Djurgårdsförvaltningen, förvaltar och sköter om alla parkområden i anslutning till nationalstadsparken Djurgården i Stockholm.

Våren 2014 köpte Kungl. Djurgårdens förvaltning in 5 st två-hjuliga lastcyklar för användning på Djurgården och i Hagaparken. Cyklarna används för att transportera personal och maskiner (grästrimmers, klippare mm) till olika platser. Lastcyklarna är smalare och smidigare än elbilar att ta sig fram med på parkernas gångvägar. Dessutom är de 10 gånger billigare och kräver inte körkort för att användas, vilket är en fördel när många säsongsanställda är ungdomar. Lastcyklarna används endast under vår, sommar och tidig höst. Gunnar har inga problem med lastcyklarnas räckvidd eftersom cykelsträckorna inte är så långa. Batteridrivna maskiner (el-trimmer, el-motorsåg, el-lövblåsare mm) används mycket och även om Gunnar inte anser sig ha ett stort behov av batteriladdning under arbetspassen, så tror han att vissa andra trädgårdsföretag som har längre arbetspass kan vara intresserade av detta.

Chad Ellingson – Velo Coffee

Velo Coffee är en franchise-rörelse som erbjuder högkvalitetskaffe serverat från en cykelvagn. Chad Ellingson driver en Velo Coffee-kafécykel i Stockholm.

I dagsläget använder Chad gasol för att värma sitt kaffevatten, men han ser det som mycket attraktivt om han istället kunde använda el, både till kaffemalning och bryggning. Med tanke på Chads omsättning finns det dock, i dagsläget, små möjligheter att investera i ett bränslecellssystem.

6 Bränslelösning – distribution av vätgas

Vätgas kan idag distribueras till mer än 200 ställen över hela landet

Utgångspunkten för denna förstudie är att polymerelektrolytbränsleceller (PEMFC) för vätgas används. Även om direktmetanolbränslecellen (DMFC) också skulle kunna användas anses detta val som både dyrare och med sämre utsikter för kostnadsreduktion i framtiden. Vätgas är dock ett svårare bränsle att lagra på ett kostnads- och utrymmes-effektivt sätt. Det finns tre huvudsakliga metoder för bränslelager till PEM-bränsleceller i detta format: högtryckstankar, lågtryckstankar med metallhybrider och kemikalier (oftast vätskor) som kan omvandlas till vätgas i en reaktor.

Lagring i högtryckstankar är idag vanligast för fordonsapplikationer. Man använder glasfiber- eller kolfiber-arterade plastcylindrar (vanligtvis epoxiplast) som invändigt täckts med ett metallskikt för att förhindra vätgasdiffusion. Idag använder man 700 bar som standard för bilar, men 350 och 200 bar är också vanligt. Trycket reduceras sedan ned till 0,5-1 bar innan gasen når bränslecellen. Fördelen med trycktankar är att dom ger hög energidensitet och möjlighet till snabb laddning. En nackdel med högtryckstankar är att det blir dyrt för den enskilde användaren att ha en egen tankstation hemma eftersom gasen först måste komprimeras, vilket är dyrt.

Vätgas kan lagras som hydrid i speciella metallegeringar där de små väteatomerna kan diffundera in och lägga sig mellan atomerna. Vätgaslagring i metallhydridtankar har fördelen att man vid tankning kan använda vätgas producerat vid ett relativt lågt tryck (några bar). Metallhydrider är dock tunga (och dyra) vilket gör att energilagringensdensiteten per vikt blir lägre än de batterier de är tänkta att ersätta. Tankning av metallhydrider tar dessutom tid eftersom vätet måste diffundera in i metallen.

Att lagra vätet i en kemisk substans har länge eftersträvat av bränslecellsbilsutvecklarna och det finns ett antal olika lösningsförslag. Metanol är en sådan attraktiv substans som är lätt att lagra och att reformera till vätgas. Reformeringen kräver dock ett avancerat reningssteg för att ta bort kolmonoxid som annars förgiftar PEM-bränslecellen och detta leder till att systemet blir komplext och dyrbart.

Högtryckslagring av vätgas är den metod som får anses mest mogen och lämpad för en lastcykeldemonstrator. För att diskutera möjliga distributionslösningar av vätgas har Niclas Andersson på Aga/Linde kontaktats. Enligt Niclas är den vettigaste vätgaslösningen att använda utbytbara tankar, på samma sätt som man idag använder gasoltankar. Aga tillhandahåller idag vätgas i form av 200-barstankar av metall eller fiberarmerad plast om 5 och 20 liter. Dessa kan distribueras till över 200 försäljningsställen över hela landet [15] och i närheten av Stockholm finns 10 ställen (se Figur 4 nedan). Att detta distributionssystem

¹⁵ http://www.aga.se/sv/customer_service_ren/agent_finder/index.html (datum: 161112)

existerar redan idag är ganska intressant, med tanke på dagens diskussion om vätgasinfrastruktur för vätgasfordon.



Figur 4. 10 försäljningsställen nära Stockholm där man idag kan få vätgas.

7 Säkerhetsaspekter för bränsleceller på lastcyklar.

Design av bränslecellsdriven lastcykel med säkerhetstänk

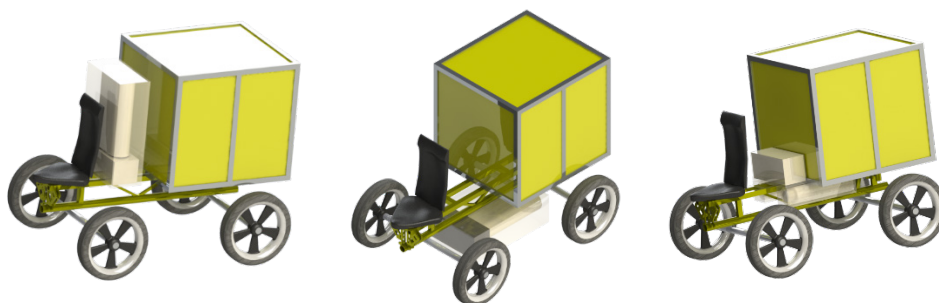
Vätgas är en brandfarlig och explosiv gas som sedan länge hanterats av industrin och det finns ett antal säkerhetsstandarder som behandlar vätgas. Vätgas är dock, i princip, inte farligare än någon annan brandfarlig gas, men skiljer sig från tex gasol genom att den är lättare än luft och därför tenderar att ackumuleras vid taket. När det gäller fasta installationer ska man följa SRVFS 2004:7 som utarbetats av Svenska Elektriska Kommissionens (SEK). En fast vätgasinstallation ska normalt besiktigas av brandmyndigheten efter att en nöjaktig säkerhetsanalys har utförts. Installationer i fordon skiljer sig givetvis från fasta, men principer för explosiva riskområden (tex behov av skyddsklassad elektronik) är ändå relevanta.

International Standards Organisation, ISO, bedriver sedan några årtionden arbete med att utarbeta standarder för bränslecellsystem i fordon. ISO-standarderna omvandlas sedan till nationella standarder runt om i världen. Arbetet har resulterat i att det idag finns ett antal standarder som berör användning av vätgasbränsleceller till fordon [16]. Den ISO-standard som identifierats vara mest relevant för bränslecellsdrivna lastcyklar är "Fuel Cell Road vehicles – safety standards", ISO 23273. I ISO 23273 hänvisas till "Recommended Practice for General Fuel Cell Vehicle Safety", SAE J2578, utgiven av SAE International som är ett annat organ för utarbetande av standarder. Dessa standarder ger information om hur bränslecellsfordon ska designas och testas för att fordonens förare och omgivning ska vara säkra. En viktig punkt i ISO standarden är att genomföra en feleffektsanalys (Failure Mode and Effects Analysis, FMEA) eller motsvarande för att tänka igenom olika felscenarior. Det kan dock vara lättare att förstå standarderna och deras syften om man har ett fordon att applicera reglerna och FMEAn på.

Därför har, inom ramen för denna förstudie, ett examensarbete initierats på Mälardalens Högskola, vars syfte är att designa-in ett kommersiellt bränslecellssystem i en befintlig lastcykel. Bränslecellsystemet (Hymera, 150 W) säljs av SafeX Systems och cykeln har utvecklats av Velove Bikes. Vätgastankarna säljs och distribueras av Aga/Linde. Magnus Olsson på Aga/Linde har varit behjälplig i de initiala säkerhetsdiskussionerna. En del i exjobbsarbetet var att genomföra en FMEA. Dessutom avser man att kontakta Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, MSB och transportstyrelsen.

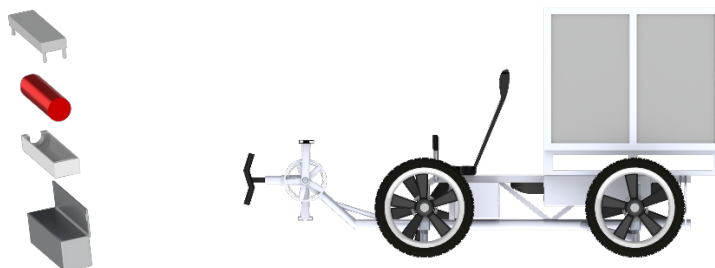
Den första delen i designarbetet var att CAD:a upp lastcykeln och komponenterna i bränslecellssystemet. Därefter gjordes preliminära designförslag där komponenterna placerades ut (se Figur 5 nedan).

¹⁶ <http://fuelcellstandards.com/home.html> (datum:161113)



Figur 5. Preliminära förslag på utplacering av bränslecellskomponenter: precis bakom sätet (vänster), under lastplanet (mitten) och bränslecell bakom medan vätgastankar placeras under (höger).

Utformningen diskuterades sedan med handledare och företagspartners. Ett slutgiltigt designförslag presenteras i Figur 6 nedan:



Figur 6. Slutgiltigt designförslag: expanderad vy med inkapslingen av gastankarna (vänster), sido-vy med utplacering av bränslecellsystem under sitsen och gastankarna under lastcontainern (höger).

Motiveringen till denna utformning var att:

1. detta är det mest ergonomiska alternativet, monteringsmässigt samt för användaren.
2. komponentplaceringen ger mer jämvikt för konstruktionen (detta var något som var viktigt enligt Velove bikes).
3. vid kollision kommer komponenterna vara bättre skyddade än vid andra placeringar. Kollisionssimuleringar genomfördes för att verifiera designens krocksäkerhet.

Materialförslag för slutkonceptet:

Aluminium för yttre inkapsling. Flamttålig ABS-plast för inre inkapsling av vätgastuberna. Silikonfodral som inre inkapsling för bränslecellen (om man vill förhöja IP-klassningen). Materialen valdes utifrån vikt, pris och deras skyddande egenskaper. CES Edupack användes för detta.

Mer information finns i den slutgiltiga exjobbssrapporten som utförts av Sophie Lindström och Henrik Nguyen, Akademin för Innovation, Design och Teknik, MDH, och som presenterades i slutet av Januari 2017^[17].

¹⁷ Sophie Lindström och Henrik Nguyen, "Konstruktion av lastcykel: Fokus på komponentplacering för ett bränslecellsystem" Akademin för Innovation, Design och Teknik, MDH, 2017.

8 Förslag till specifikation på bränslecellsystem till lastcykel.

Luftkyld bränslecell, max 250 W, till APU och "range-extender"

Möjligheten att ta med sig stora mängder energi samt att snabbt kunna fylla upp med ny gas ger bränsleceller ett försteg framför batterier. Författaren tror att denna unika funktionalitet gör att bränsleceller kan bli attraktiva/kostnadseffektiva för lastcykelanvändare, speciellt om man har ett extrakraftsbehov.

Förslaget i detta avsnitt baseras på input som erhållits under förstudien, men är inte att betrakta som en generell specifikation för bränslecellsystem i lastcyklar. Under förstudiearbetet har det framkommit att behovet av bränsleceller till framdrift av lastcyklar är litet, men att olika APU-tillämpningar kan vara intressant. Många APU-tillämpningar används dock även under framdrift (tex kylaggregat) och om bränslecellen ändå är igång kan man fråga sig om den inte borde ladda batteriet för framdrift också. Därmed får APU-bränslecellen även en funktion som så kallad "range extender". Frågan om bränslecellen ska vara igång under framdrift, har även en inverkan på vilken säkerhetsstandard som ska användas.

PEM-bränslecellsystemets design specifikation:

- Batterihybrid
Bränslecellen är lättast att applicera tillsammans med ett befintligt lastcykelbatteri som är dimensionerat för att ge tillräcklig motoreffekt. Bränslecellens drift kan därmed regleras av batteriets laddningsstatus.
- Storlek 50-250 W
Bränslecellens storlek kommer vara beroende av den APU-applikation till vilken den behövs. Den övre gränsen för bränslecellens effekt är 250 W som är den högsta tillåtna motoreffekten idag.
- Luftkylning
Bränsleceller i denna storleksordning är vanligtvis luftkylda. Kylfläkten kan även användas för att ventilerar bränslecellssystemet och undvika risk för explosiva gasblandningar.
- Skyddklassad elektronik
Bränslecellssystemet kommer vara utsatt för väder och vind. Av Den behöver den kapslas in av säkerhetsskäl och för att undvika korrosion. Denna inkapsling måste dock vara ventilerad eftersom vätgas inte får ackumuleras inuti inkapslingen.
- Inkapslade högtryckstankar
Som bränsle ska utbytbara vätgastankar användas. För att minska behovet av skyddsavstånd till föraren bör man kapsla in vätgastankarna och deras reduceringsventiler.

9 Slutsatser

Detta projekt har undersökt möjligheten och behovet av bränslecellssystem på lastcyklar. Arbetet har utförts genom litteraturstudier (vetenskapliga och internet), deltagande i konferenser, intervjuer med bland annat utvecklare och användare av lastcyklar. Ett examensarbete har också genomförts där ett bränslecellssystem designats in i en 4-hjulig lastcykel.

Bränslecellsdrivna cyklar har demonstrerats sedan tidigt 2000-tal, men har ännu inte resulterat i några kommersiella succéer. Dock är elassisterade lastcyklar på fram-marsch och kan användas av taxibolag, budfirmor, kafécyklar mm. Följande slutsatser kan listas:

- Cykeltillverkare och lastcykelanvändare ser i dagsläget inget behov av att öka räckvidden med hjälp av bränsleceller. Man anser att nuvarande batteripack uppfyller användarnas behov, även om lång laddningstid och kort räckvidd på vintern kan vara problematiskt.
- Flera utvecklare och användare av lastcyklar bekräftar att bränslecellssystem som kan ge större energimängder, skulle öppna för nya kommersiella möjligheter, exempelvis extrakraft (APU) till kylsystem eller kafécyklar.
- En APU-bränslecell skulle med fördel även kunna användas för att förlänga lastcykelns räckvidd (range-extender).
- Vätgas till små bränsleceller (50-500 W) kan redan idag kostnadseffektivt distribueras till de över 200 gasol-depåer som finns över hela Sverige.
- Ett designförslag har utvecklats som visar att bränslecellssystemets komponenter, på ett säkert sätt, kan integreras in chassit på en lastcykel.

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

BRÄNSLECELLSDRIVNA LASTCYKLAR

Lastcyklar, det vill säga kraftigare cyklar som är avsedda för tyngre last, är en nygammal företeelse i den svenska stadsmiljön, som ökat stort under senare år. Moderna lastcyklar har hjälp av en elmotor som underlättar framdrift och som gör det möjligt att cykla med laster upp till 500 kilo.

I den här förstudien undersöks om bränslecellssystem kan vara attraktiva som extrakraft till lastcyklar. Resultaten visar att behovet av att öka lastcykelns räckvidd är litet. Däremot visar det sig att bränsleceller är intressanta för kafécyklar med behov av extraström och för kyltransporter.

Projektet har tagit fram ett designförslag för en fyrehjulig lastcykel utrustad med ett bränslecellssystem på 150 W. Designen har gjorts med hänsyn till gällande säkerhetsstandard och till säkerhetskrav vid kollisioner.

Ett nytt steg i energiforskningen

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



Energiforsk