



Education in Hydrogen Technologies Area

TANKSTATIONER FÖR VÄTGAS



Co-funded by
the European Union

Project is supported
within the Erasmus+ programme
2021-1-CZ01-KA220-VET-000028073

1 INNEHÅLL

1	Innehåll.....	2
2	Introduktion.....	4
1.	Introduktion – historia	4
2.	Jämförelse mellan en vätgasbil och en elbil.....	7
3.	Lagstiftning om drift och underhåll av bensinstationer	8
2.1	Grundläggande nomenklatur enligt tekniska regler TPG 304 03.....	11
2.2	Tankstationer för vätgas - EN 17127 - Tankstationer för vätgas utomhus med påfyllningsprotokoll.....	14
2.3	Tankstationer för vätgas - ISO 19880-1:2020 - Vätgas - Tankstationer - Del 1: Allmänna krav 14	
2.4	Vätgasegenskaper - EN 17124 - Vätgasbränsle - Produktspecifikation och kvalitetssäkring för vätgastankstationer - PEM-bränsleceller (Proton Exchange Membrane) för fordonstillämpningar.....	15
2.5	Påfyllningsprocess - EN 17127 (hänvisar till SAE J2601) - Påfyllningsprotokoll för lätta vätgasfordon	16
2.5.1	Påfyllningsanslutningar - EN ISO 17268 - Anslutningsanordningar för påfyllning av vätgas i landfordon	18
3	Anläggningar för fyllning av teknisk gas	18
3.1	Transport av vätgas.....	20
3.2	Säkerhetsregler för arbete med industrigaser.....	22
4	Fyllningsstationens konstruktionsdelar.....	23
4.1	De viktigaste delarna av en vätgastankstation	23
5	Drift och underhåll av fyllningsstationen	29
5.1	Villkor för säker drift av en vätgastankstation.....	30
5.2	Driftskontroll av vätgastankstationen.....	31
5.3	Olyckor vid tankstationer för vätgas.....	32
6	Typer av bensinstationer	33
6.1	Klassificering efter typ av vätgas.....	34
6.2	Fördelning per tankningsteknik	34
6.3	Klassificering efter vätgaskälla.....	35
7	Prognoser under utveckling	37

8	Sammanfattning	40
9	Referenser	41
10	förteckning över bildkällor	43
11	förteckning över tabeller.....	43

Finansieras av Europeiska unionen. De synpunkter och åsikter som uttrycks är endast upphovsmannens [upphovsmännens] och utgör inte Europeiska unionens eller Europeiska genomförandeorganet för utbildning och kulturs (EACEA) officiella ståndpunkt. Varken Europeiska unionen eller EACEA tar något ansvar för dessa.

2 INTRODUKTION

Denna modul fokuserar på vätgastankstationer. Syftet är att bekanta läsaren med grundläggande koncept om design, konstruktion och drift. I kapitlet *historia* utforskas historien och utvecklingen av vätgastankstationer inom transportsektorn. Modulen presenterar också en introduktion till vätgas och de första vätgastankstationerna samt den efterföljande utvecklingen.

Senare delar av modulen belyser de lagliga krav som styr utformning och drift av vätgastankstationer. Även de standarder som påverkar byggandet och driften av vätgastationerna presenteras. I avsnittet görs en summering av industriella vätgastankstationer. Produktionen och transporten av vätgas till tankstationerna sammanfattas. Detaljerade beskrivningar av detta återges i separata moduler.

En fördjupad presentation av olika typer av tankstationer, deras struktur och säkerhet sker i avsnitten 3.2. I dessa avsnitt diskuteras också olyckor som har inträffat under tankstationers drift och vikten av driftsäkerhet för både tankstationer och vätgasteknik generellt betonas. Detta är avgörande för teknikens framtida utveckling och användning.

Avslutningsvis utforskar det sista kapitlet prognoser för tankstationernas framtid och deras roll inom transportsektorn.

1. INTRODUKTION – HISTORIA

NYCKELORD: BRÄNSLECELLER, EKOLOGI, ELFORDON, HISTORIA, INFRASTRUKTUR, ISLAND, MILJÖ, PERSON- OCH GODSTRANSPORTER, TANKNING, TANKSTATIONER, UTSLÄPP, VÄTGAS

Väte är inte bara det lättaste gasformiga grundämnet, utan även det tredje mest förekommande grundämnet på vår planet. Väte förekommer oftast i naturen som en förening med andra ämnen, eftersom det är högt reaktivt. En väteatom består av en proton i kärnan och en elektron i skalet.

En fördel med väte är att det är en ren energikälla och därmed miljövänlig. Väte förorenar inte omgivningen vid utsläpp, vilket gör det till en ren energikälla. Trots att väte är mycket lättantändligt, leder dess användning inte till förbränning.

Upptäckten av väte skedde redan 1766 av Henry Cavendish, men vid den tiden fanns det ingen betydande användning för ämnet. De tidiga användningarna inom transportsektorn var främst

kopplade till ballonger och luftskepp. Då användes väte som en bärgas tillsammans med helium. Eftersom vätgas är lättare än luft, kan ballonger och luftskepp sväva.

När vi diskuterar användningen av väte för framdrivning idag måste vi särskilja mellan dess användning i bränsleceller, eller själva upptäckten av bränslecellen, och dess användning i förbränningsmotorer.

Principen för bränslecellen, som omvandlar kemiska energi till elektricitet, upptäcktes 1838 av den schweiziske forskaren Christian Friedrich Schönbein. Den första fungerande prototypen, det vill säga testmodellen, byggdes av den brittiske forskaren Sir William Grove. Efter uppfinningen av dynamon som omvandlar rörelseenergi till elektricitet, föll bränslecellen delvis i glömska. Bränslecellen fick en nystart på 1960-talet. Detta berodde till stor del på kosmisk forskning, eftersom bränslecellen har ett mer gynnsamt förhållande mellan energi och vikt. Till exempel var Apollo-rymdskeppen utrustade med dem, men de är också kraftkällan för dagens rymdfärjor. [3]

Vätgasmotorn var den första patenterade förbränningsmotorn. Så tidigt som 1808 beviljades den pensionerade majoren Issac de Rivaz patent. Den praktiska användningen kom däremot mycket senare än så. Vätgasen i Rivazs motor framställdes genom elektrolys av vatten och "konstruktionen var ... osäker och praktiskt taget oanvändbar" [4]. Den första fungerande förbränningsmotorn med vätgas utvecklades ett sekel efter det första franska patentet, 1920. Dess användning testades först i Ricardos och Maybachs luftskeppsmotorer.

I och med dagens ansträngningar att minska utsläppen från transporter utvecklas användningen av vätgas som utsläppsfri energikälla. För transportsektorn utvecklas användningen av vätgas som energikälla parallellt med elektrisk mobilitet. Särskilda tankstationen krävs för att pumpa vätgas till fordon. Tankstationerna behöver säkerställa snabb och säker påfyllning av bilens tankar. Vätgas pumpas i gasform och komprimeras till högt tryck. Den första vätgastankstationen öppnades 2002 i Reykjavik på Island. [2] När Företaget Shell öppnade den 2003 fanns det bara en bränslecellsbil, en Mercedes-Benz Sprinter, och tre Daimler Chrysler vätgasbussar i drift på Island som en del av Europeiska unionens första kollektivtrafikprogram någonsin.

Island ansågs vara en ideal plats för detta projekt eftersom det finns gott om billig och ren vattenkraft. Det finns också geotermisk energi, det vill säga värme från jordskorpan, som kan användas för att producera bränsle genom elektrolys med minimala koldioxidutsläpp. Näst efter Kalifornien i USA gjorde detta Island till en pionjär i övergången till en vätgasekonomi. År 2007 fanns mer än 40 vätgasdrivna fordon på vägarna, mestadels Toyota Prius-hybrider.

Japan har för närvarande det största antalet vätgastankstationer av världens länder. I september 2021 fanns det 154 vätgastankstationer i drift i landet. Det är inte förvånande att Japans är en ledande

leverantör av vätgasbränsle. De japanska biltillverkarna Toyota och Honda är bland de enda två biltillverkarna i världen som massproducerar vätgasbilar. [3]

I Europeiska unionen finns det cirka 136 vätgastankstationer. De första vätgastankstationerna började introduceras år 2016. Utbyggnaden stannade därefter av fram till år 2019, då antalet nästan tredubblades på ett enda år. Under år 2020 minskade antalet med 10 tankstationer på grund av Storbritanniens utträde ur EU. Vätgas ses som en viktig resurs för att uppnå utsläppsminskningar och användning av den som fordonsbränsle inom transportsektorn stöds av många regeringar.

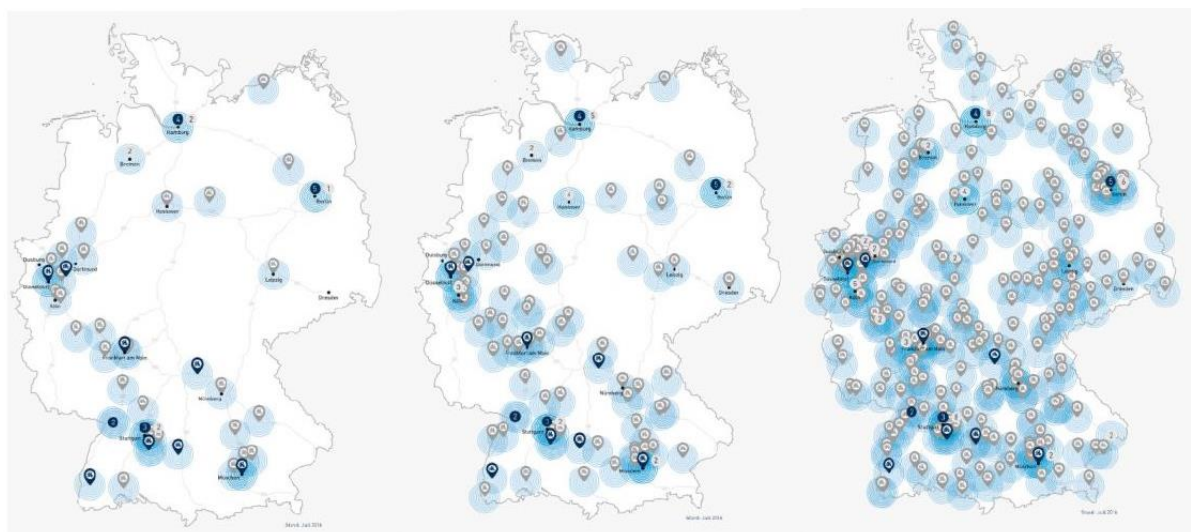


Bild 1 Tankstationsnätverk i Tyskland 2016, 2018, 2023 [5]

Den första icke-offentliga bensinstationen öppnades i Tjeckien år 1999 i Neratovice, följt av ytterligare en i ÚJV Řež år 2020. År 2022 öppnades den första offentliga tankstationen i Tjeckien i Ostrava. Efter Parisavtalet, och mer nyligen efter COP26, försöker världen hitta innovativa tekniker för att ersätta fossila bränslen och minska utsläppen av växthusgaser. Vätgas har vuxit fram som ett sådant alternativ, särskilt för transportsektorn. Den globala efterfrågan på vätgas uppgick till 71 miljoner ton under 2019 med raffinaderisektorn som den största förbrukaren. IEA förutspår att den totala efterfrågan år 2070 kan uppgå till mer än 500 miljoner ton, där transportsektorn förväntas vara den största förbrukaren av vätgas.

När den nuvarande infrastrukturen inte räcker till måste inte bara tekniken utvecklas, utan även infrastrukturen behöver utvecklas för att länderna ska kunna uppfylla sina nettonollmål. Endast tre länder i Europa har uppfyllt EU:s krav på en hållbar klassificering för vätgasproduktion med hjälp av el från nationella nät. De flesta länder skulle producera vätgas med hög koldioxidintensitet om de använde el från elnätet. Förutom produktens koldioxidintensitet var de största globala utmaningarna

för vätgasteknik, enligt 2021 års undersökning, dess komplexa distribution och inkonsekventa leverans- och lagringsfrågor.

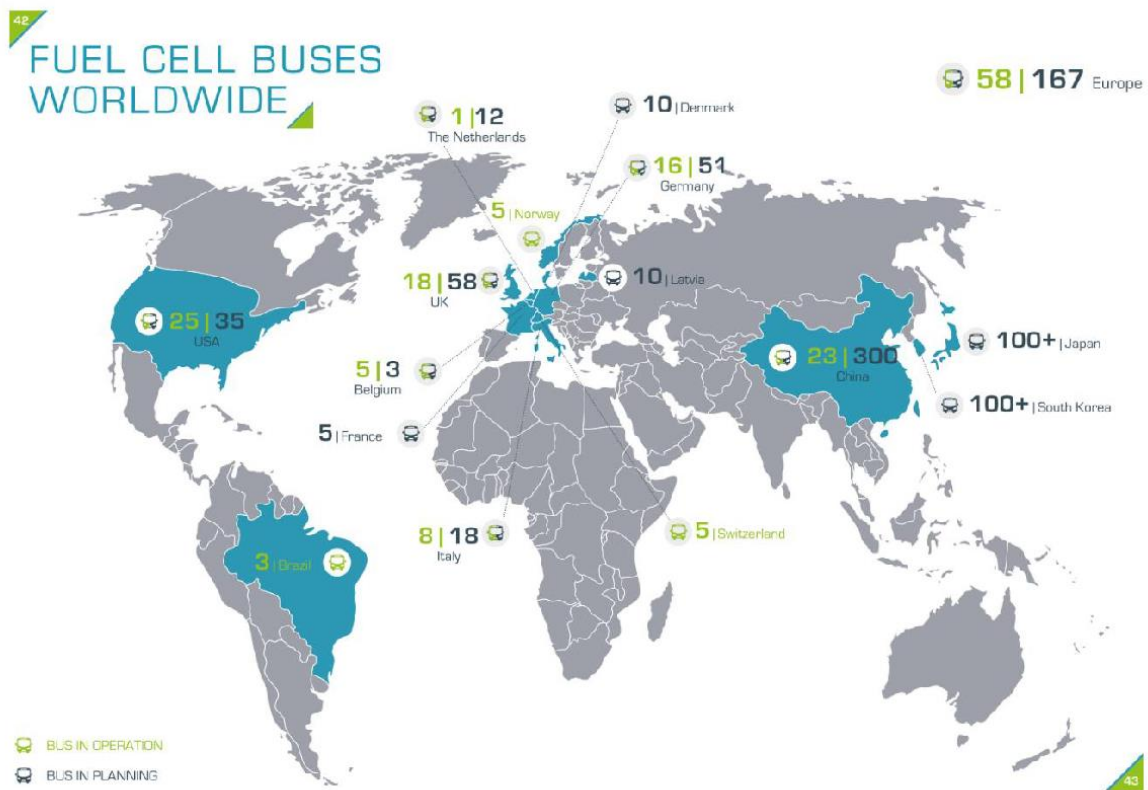


Bild 2 Nuläge och utsikter för utbyggnaden av vätgasdrivna bussar. [4]

Tankning sker på tankstationer. Hela processen är mycket lik tankning med traditionella fossila bränslen. När du har anslutit påfyllningspistolen till tankventilen vrider du på en spak och systemet sköter resten. Att fylla tankarna tar 5 minuter och ger bilen full kapacitet. Tankningen sker alltså på samma sätt som för CNG/LPG-fordon, förutom att vätgasen är komprimerad och inte flytande. Denna skillnad beror på att det krävs en temperatur på $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$ för att vätgas ska bli flytande. Att uppnå en så låg temperatur skulle vara ekonomiskt och tekniskt mycket utmanande.

2. JÄMFÖRELSE MELLAN EN VÄTGASBIL OCH EN ELBIL

Med tanke på den snabba utvecklingen av elfordon och deras tillhörande infrastruktur, är en jämförelse mellan vätgasbil och elbil på sin plats. Modul två behandlar detta ämne mer ingående, men det är värt att redan nu nämna en grundläggande jämförelse.

När det gäller personbilar är den största fördelen med vätgasdrift tankningstiden. Beroende på fordonstyp och tankstation tar det vanligtvis bara ett par minuter. En annan fördel är att ett bränslecellsfordon inte behöver ha lika många batterier och därmed lättare än ett rent elfordon. Den lägre vikten innebär en längre räckvidd, som nästan är jämförbar med den för fordon som drivs med fossila bränslen. Räckvidden är ca 450-700 km. Den största nackdelen med vätgasdrivna fordon, jämfört med elbilar, är avsaknaden av ett nätverk av tankstationer och den begränsade räckvidden för vätgasdrivna personbilar. En av fördelarna med elfordon är alltså möjligheten att ladda batterierna hemma. Denna fördel är dock beroende av installationen av en laddningsanläggning och behovet av en privat parkeringsplats.

Andra transportområden där vätgas kan användas som bränsle är framförallt godstransporter på väg, kollektivtrafik, arbets- och hanteringsmaskiner samt järnvägstransporter. På dessa områden kan användningen av vätgas som energikälla vara effektivare än ren el.

Sammanfattningsvis är de främsta fördelarna med vätgasdrift är fordonens betydligt lägre vikt, den snabba påfyllningen och den enklare konstruktionen av en tankstation jämfört med en laddningsstation med den nödvändiga effekten.

INSTUDERINGSFRÅGOR:

- 1) Var och när öppnades världens första vätgastankstation? [Reykjavik, 2003]
- 2) Vilket land hade det största antalet tankstationer i världen år 2021? [Japan; 154]
- 3) Nämn minst två personbilstillverkare som serietillverkar vätgasdrivna fordon. [Hyundai, Toyota, Honda]

3. LAGSTIFTNING OM DRIFT OCH UNDERHÅLL AV BENSINSTATIONER

NYCKELORD: GILTIGHET, HFS, IEC, ISO, KOMMUNIKATION, LAGSTIFTNING, NOMENKLATUR, PÅFYLNINGANS LUTNING, PÅFYLNINGSPROCESS, PROTOKOLL, SAE, SÄKERHET, STANDARD, STANDARDISERING, VÄTGASKVALITET

Detta kapitel fokuserar på det juridiska ramverket för drift och underhåll av vätgastankstationer, HFS. Lagstiftningen som rör utformningen av HFS är också relaterad till denna fråga och ges därmed

utrymme under detta avsnitt.

Överensstämmelse med lagstiftningen är avgörande för att säkerställa säker drift av HFS och för att säkerställa dess livslängd. I detta kapitel introduceras läsaren till den grundläggande terminologin enligt gällande lagstiftning samt en förklaring av de grundläggande begreppen.

Lagstiftningen inom EU bestäms av europeiska standarder, men vissa operativa och tekniska detaljer kan specificeras i nationella bestämmelser, t.ex. brandbestämmelser. De viktigaste internationella organisationerna som utfärdar tekniska standarder är ISO (International Organisation for Standardisation), IEC (International Electrotechnical Commission) och SAE (Society of Automotive Engineers). Inom dessa organisationer utvecklas standarder av medlemmar i TC (Technical Committee), CEN (European Committee for Standardisation) och CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardisation). Utvecklingen av lagstiftningsstandarder är mycket snabb och i samband med utvecklingen av vätgasteknik sker också en ständig utveckling och ändring av befintliga standarder och skapandet av nya. [17]

De viktigaste CEN/CENELEC TC:erna för vätgasrelaterade standarder är

CEN/CLC/TC 6 - Vätgas

CEN/TC 23 Transportabla gasflaskor

CEN/TC 69 Industriventiler

CEN/TC 185 Fästdon

CEN/TC 197 Pumpar

CEN/TC 234 Infrastruktur för gas

CEN/TC 235 Gastryckregulatorer och tillhörande säkerhetsutrustning för användning inom gasindustrin - gasöverföring och gasdistribution;

CEN/TC 236 Icke-industriella manuella avstängningsventiler för gas och gasdistribution speciella ventilkombinationer - andra produkter

CEN/TC 238 Provgaser, provtryck, apparatkategorier och gasapparater.

CEN/TC 268 Cryogenic vessels and specific applications of hydrogen technology commission.

Eftersom frågorna och omfattningen av dessa standarder ligger utanför ramen för denna modul, kommer standarder som är specifikt relaterade till konstruktion och drift av HFS att beskrivas nedan. [17]

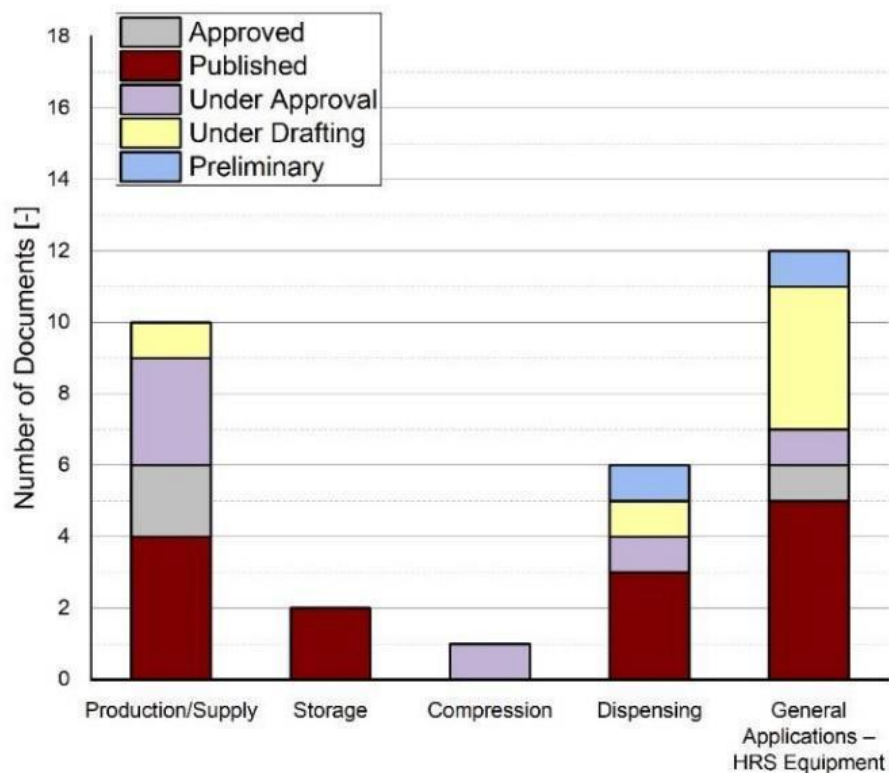


Bild 3 Status för utvecklingen av CEN- och CENELEC-standarder för HFS. [17]

Lagstiftningen om HFS i EU regleras huvudsakligen av följande standarder [12]:

Tankstationer för vätgas - EN 17127 - Tankstationer för vätgas för utomhusbruk med tankningsprotokoll; ISO 19880-1:2020 - Vätgas - Tankstationer - Del 1: Allmänna krav

Väteegenskaper - EN 17124 - Vätgasbränsle - Produktspecifikation och kvalitetssäkring för vätgastankstationer - Protonbytarmembran (PEM) bränslecellstillämpningar för fordon

Påfyllningsprocess - EN 17127 (hänvisar till SAE J2601) - Påfyllningsprotokoll för lätta ytmonterade vätgasfordon

SAE J2799 - Hårdvara och mjukvara för kommunikation mellan vätgasfordon och vätgasstationer

Påfyllningsanslutningar - EN ISO 17268 - Anslutningsanordningar för påfyllning av vätgas i ytfordon.

Innan vi diskuterar de enskilda standarderna är det viktigt att bekanta sig med den grundläggande terminologin. För att underlätta referens har den tjeckiska standarden *TPG 304 03 - Vätgastankstationer för mobil utrustning* utvecklats för att förenkla den grundläggande orientering som krävs för design, konstruktion, tillverkning, drift och underhåll av HFS. Från denna standard har de nödvändiga termerna utarbetats. Kunskap om denna terminologi är viktig för korrekt orientering, inte bara i lagstiftningsdokument, utan också i tekniska föreskrifter och teknisk litteratur.

2.1 GRUNDLÄGGANDE NOMENKLATUR ENLIGT TEKNISKA REGLER TPG 304 03

Säkert avstånd - det avstånd mellan riskkällan och målet, till exempel personer, utrustning och miljö som säkerställer en acceptabel risk till en förutsägbar gräns. Vätgastankstationen är både källan till faran och målet. Situationen är densamma med utrustningen runt vätgastankstationen i förhållande till den. Säkerhetsavståndet kan minskas genom ytterligare säkerhetsåtgärder.

Säkerhetsavstånd - det minsta avstånd mellan en riskkälla och ett objekt som är nödvändigt för att mildra effekten av en sannolikt förutsebar händelse och förhindra att en mindre incident eskalerar till en större incident.

Riskbedömning vid drift av vätgastankstationer - Fastställande av ett kvantitativt eller kvalitativt riskvärde för specifika situationer och erkända faror vid en vätgastankstation under normala driftsförhållanden. Kommitténs riskbedömningsrapport är en del av projektdokumentationen.

Kompressor - En anordning som komprimerar vätgasen som tillförs genom sugledningen till minst det maximala drifttrycket för tanken för mobil utrustning.

Mekanisk fränkoppling - En anordning som förhindrar att påfyllningsslangen går sönder, skadar dispenseringsenheten och påfyllningssnabbkopplingen lossnar.

Högsta arbetstryck (MWP) - Det högsta tryck som vätgastankstationen kan utsättas för under drift vid ett givet processläge, oberoende av vätetemperaturen, innan åtgärder vidtas för att säkerställa att det inte säkert överskrids eller reduceras, t.ex. med hjälp av säkerhetsventiler.

Oförutsedd händelse - Varje oplanerad situation i den normala driften av en vätgastankstation som kan orsaka eller kommer att orsaka skada på hälsa, skada eller förlust av egendom, material, miljöskada eller förlust av verksamhet.

Riskområde - Ett område där en explosiv atmosfär förekommer eller kan förekomma i sådan mängd att särskilda försiktighetsåtgärder måste vidtas vid utformning, installation och användning av vätgastankstationen.

Icke-offentlig vätgastankstation - en station som betjänar en sluten grupp av kunder, t.ex. en företagsstation.

Nominellt arbetstryck (NWP) - det tryck som enheten är inställd på vid en vätgastemperatur på 15 °C; typiska värden för bilar är 700 bar, för bussar och lastbilar 350 bar

Operatör - en person som är kvalificerad att använda utrustningen

Vätgasflödesbegränsare - Anordning som stänger av vätgasflödet när en förutbestämd vätgasflödesgräns uppnås, vilket vanligtvis är 60 g/s vätgas.

Påfyllningsövertryck - Det tryck vid vilket gasen tillförs den mobila utrustningen.

Påfyllningsanslutning - En komponent i ett utmatningsställ eller en apparat som består av en flexibel anslutning (påfyllningsslang), en mekanisk fråkoppling och en snabbkoppling för påfyllning.

Vätgaspåfyllningsstation - En anordning för att fylla trycktankarna på mobil utrustning med komprimerat väte. Den består av en vätgaskälla, en kompressor, en kylvanhet, högtrycksbehållare, utmatningsutrustning och, i förekommande fall, andra tillbehör.

Långsam tankstation - en tankstation utan en högtrycksförvaringstank för komprimerat väte, där den mobila utrustningens tank fylls direkt från kompressorns utloppsledning.

Arbetstryck (WP) - Det högsta tryck som förväntas för en vätgaspåfyllningsstation vid ett givet processläge under normal drift.

Område utan explosionsrisk - Ett område där en explosiv atmosfär inte förväntas förekomma i sådana mängder att särskilda försiktighetsåtgärder måste vidtas vid konstruktion, installation och användning av vätgastankstationen.

Läckageprovning med drifttryck - En läckageprovning som utförs på utrustning i drift.

Snabbfyllningsstation - en fyllningsstation med en högtryckstank för komprimerat väte, som möjliggör snabb fyllning av tanken på en eller flera mobila enheter samtidigt genom överfyllning.

Sugledning - vätgastillförselledningen från lågtryckstanken till kompressorns inlopp.

Tryckläckageprovning - Ett förfarande för att verifiera att den utrustning som provas uppfyller läckagekraven.

Användare - operatören av den mobila utrustningen eller föraren av den mobila utrustningen eller operatören av vätgastankstationen, dvs. en person över 18 år som är förtrogen med driften av utrustningen för fyllning av komprimerat väte.

Offentlig vätgastankstation - en station som tillåter försäljning av vätgas till mobila enheter till allmänheten i enlighet med lag nr 311/2006 Coll.

Ventilation - utbyte av luft i ett utrymme genom naturlig konvektion (vindpåverkan, temperaturgradient), forcerad konvektion (fläktverkan) eller en kombination av båda.

Vätgas - en gas av den kvalitet som krävs för drift av bränsleceller; enligt ISO 14687-2 måste vätgasens renhet vara minst 99,97 %.

Vätgasfilter - en anordning för att avlägsna mekaniska föroreningar från komprimerad vätgas.

Tryckhållfasthetsprovning - Ett förfarande för att verifiera att den utrustning som provas uppfyller kraven på mekanisk hållfasthet.

Explosiv atmosfär - En blandning av luft med brännbara ämnen, t.ex. väte, i form av gaser, ångor, dimma eller damm vid atmosfäriska förhållanden som sträcker sig från den nedre explosionsgränsen (LEL) till den övre explosionsgränsen (UEL) vid vilken, efter initiering, förbränningen sträcker sig till volymen av hela den oförbrända blandningen.

Dispenser - en utmatningsanordning som inte uppfyller definitionen av en dispenser, men som utför en funktion för utmatning av komprimerad vätgas under specifika förhållanden. Det kan vara interna anläggningar; små tankstationer; utvecklingstankstationer eller andra anläggningar för vilka denna lösning är lämplig.

Utmatningsställ - en utmatningsanordning för komprimerat väte som inte behöver öppnas för drift och som är utrustad med en specificerad mätare för mätning av den mängd väte i kilogram som matas ut för kommersiella ändamål och en kontroll- och säkerhetsanordning för att säkerställa att de föreskrivna påfyllningsvillkoren uppfylls.

Utmatningsutrustning - utrustning för utmatning och mätning av den mängd komprimerat väte som tas ut. Dessa är utmatningsställ och utmatningsanordningar.

Högtryckstank - en anordning som används för att lagra komprimerat väte för snabb påfyllning av en eller flera mobila enheter samtidigt och samtidigt minska antalet kompressorstarter.

Säkerhetsanordning - En anordning för att skydda mot en farlig situation som automatiskt gör att påfyllningen av en mobil enhet avbryts om vätgas läcker ut eller påfyllningsslangen går sönder.

Vätgaskylanordning - en anordning som kyler vätgas. Den är placerad nedströms kompressorutloppet

2.2 TANKSTATIONER FÖR VÄTGAS - EN 17127 - TANKSTATIONER FÖR VÄTGAS UTOMHUS MED PÅFYLNINGSPROTOKOLL

I dokument EN17127 fastställs minimikraven för att säkerställa driftskompatibilitet mellan vätgastankstationer, inklusive tankningsprotokoll, som levererar gasformigt väte till vägfordon. Vägfordon innefattar elfordon med bränsleceller som uppfyller den lagstiftning som är tillämplig. Säkerhets- och prestandakraven för hela vätgastankstationen ingår inte i detta dokument. [13]

2.3 TANKSTATIONER FÖR VÄTGAS - ISO 19880-1:2020 - VÄTGAS - TANKSTATIONER - DEL 1: ALLMÄNNA KRAV

I dokumentet ISO 19880-1:2020 fastställs minimikrav för konstruktion, installation, idrifttagning, drift, inspektion och underhåll, säkerhet och, i tillämpliga fall, prestanda för offentliga och icke-offentliga HFS-tankstationer som tillhandahåller gasformigt väte för lätta vägfordon. Informationen i detta dokument omfattar även riktlinjer och krav för tankning av medeltunga vägfordon. Dessutom kan informationen i detta dokument tillämpas på vätgastankstationer med andra användningsområden, t.ex:

- Tankstationer för motorcyklar, gaffeltruckar, spårvagnar, tåg, flod- och marina tillämpningar.
- Utmatningsstationer inomhus.
- bostadsapplikationer för framdrivning av landfordon.
- Mobila tankstationer.
- Tankstationer för icke-offentliga demonstrationer.

Detta dokument tar däremot inte upp andra specifika krav som kan vara nödvändiga för en säker drift av dessa tankstationer.

Detta dokument innehåller krav och riktlinjer för följande delar av en tankstation

- System för produktion/tillförsel av vätgas:
- Leverans av vätgas via rörledning, leverans av gasformig och/eller flytande vätgas via lastbilar eller släpvagnar för lagring av metallhydrider;
- Vätgasgeneratorer på plats som använder vattenelektrolysprocessen eller vätgasgeneratorer som använder bränslebearbetningsteknik;
- Lagring av flytande väte;
- Vätgasreningssystem, beroende på vad som är lämpligt;
- Komprimering;
- Komprimering av vätgas;
- Pumpar och förångare;
- Lagring av vätgas;
- Utrustning för förkylning;
- System för vätgasdispensering; [14]

2.4 VÄTGASEGENSKAPER - EN 17124 - VÄTGASBRÄNSLE - PRODUKTSPECIFIKATION OCH KVALITETSSÄKRING FÖR VÄTGASTANKSTATIONER - PEM-BRÄNSLECELLER (PROTON EXCHANGE MEMBRANE) FÖR FORDONSTILLÄMPNINGAR

Dokumentet EN 17124 specificerar kvalitetsegenskaperna för vätgasbränsle. Detta gäller bränsle som används vid vätgastankstationer och är avsett för användning i fordonssystem med bränsleceller som använder protonbytesmembran (PEM). Dessutom behandlar dokumentet kvalitetssäkringsaspekter för att säkerställa vätgasbränslets beständighet."[15]

Total andel vätgas och förorenande gaser	
Minsta halt av rent väte	99,97 %
Total mängd andra gaser än väte	300µmol/mol

Maximala koncentrationer av enskilda förorenande gaser	
Vatten (H ₂ O)	5 µmol/mol
Totala kolhydrater(methan)	2 µmol/mol
Syre(O ₂)	5 µmol/mol
Helium (He)	300 µmol/mol
Totalt kväve (N ₂) a Argon (Ar)	100 µmol/mol
Koldioxid (CO ₂)	2 µmol/mol
Kolmonoxid (CO)	0,2 µmol/mol
Svavelföreningar totalt (H ₂ S)	0,004 µmol/mol
Formaldehyd (HCHO)	0,01 µmol/mol
Myrsyra (HCOOH)	0,2 µmol/mol
Amoniak (NH ₃)	0,1 µmol/mol
Halider totalt	0,05 µmol/mol
Maximal koncentration av partiklar	1 mg/kg

Tabell 1 Krav på vätgaskvalitet för vätgasdrivna bränsleceller [8]

2.5 PÅFYLNINGSPROCESS - EN 17127 (HÄNVISAR TILL SAE J2601) - PÅFYLNINGSPROTOKOLL FÖR LÄTTA VÄTGASFORDON

EN 17127 är baserad på SAE J2601 - Filling Protocols for Light Surface Hydrogen Gas Vehicles i påfyllningsprocessen. Standarden SAE J2601 definierar protokoll och processgränser för vätgastankning i fordon. Processgränserna till exempel bränsletillförseltemperatur, maximal flödes hastighet, sluttryck och hur snabbt det uppnås, beror på externa faktorer. Externa faktorer kan vara omgivningstemperatur, bränsletillförseltemperatur och trycket i den tank som vätgasen ska fyllas på i. SAE J2601-standardens definierar standardprotokoll för vätgastankning. Dessa protokoll baseras antingen på en uppslagstabell som använder en fast hastighet för tryckökning i behållaren, eller på användning av en dynamisk formel för tryckökning. I detta fall beräknas påfyllningshastigheten kontinuerligt under påfyllningsprocessen. Vid användning av protokollet med uppslagstabell är det vätgastryckvärde som uppnås i slutet av fyllningsprocessen känt, medan protokollet som använder

formeln för tryckstegringshastighet definierar det maximala vätgastryckvärde som uppnås under fyllningsprocessen. Båda protokollen tillåter vätgaspåfyllning med eller utan kommunikation (mellan påfyllningsanordningen och fordonet).

För fyllning med kommunikation måste SAE J2799 - Hårdvara och mjukvara för kommunikation mellan vätgasfordon och stationer användas utöver SAE J2601. En kritisk faktor för vätgaspåfyllningens prestanda är HFS:ens förmåga att uppnå önskad temperatur på det levererade vätet. Beroende på temperaturen delas den levererade vätgasen in i tre kategorier, som betecknas med bokstaven "T": T40, T30, T20. T40-kategorin är den kallaste. Standarden SAE J2601 definierar påfyllningsprotokoll för tryckklasserna 350 bar och 700 bar och tre kategorier av bränsletillförseltemperaturer (-40 °C, -30 °C, -20 °C). Den definierar också två storlekar av vätgaslagringssystem. Det första systemet fungerar med både 350 och 700 bars tryck och dess volym är 49,7l - 248,6l och det andra fungerar endast med 700 bars tryck och dess volym är 248,6l och högre. [16]

Parameter	Gräns
Minsta vätetemperatur	-40 °C
Maximal vätgastemperatur	85 °C
Lägsta tryck i behållaren	0,5 MPa
Högsta tryck i behållaren	87,5 MPa
Maximal flödeshastighet	60 g/sec.

Tabell 2 Prestanda- och säkerhetsgränser för vätgaspåfyllning enligt SAE J260

SAE J2799 - Hårdvara och mjukvara för kommunikation mellan vätgasfordon och vätgasstationer.

Denna standard specificerar kraven på hård- och mjukvara för kommunikation vid vätgastankning av vätgasdrivna ytfordon (HSV), t.ex. bränslecellsfordon, men kan även tillämpas på tunga fordon (t.ex. bussar) och industritruckar (t.ex. gaffeltruckar) med en lagringstank för komprimerat väte. Den innehåller en beskrivning av den kommunikationshårdvara och det kommunikationsprotokoll som kan användas för att tanka HSV. Avsikten med denna standard är att möjliggöra en harmoniserad utveckling och implementering av gränssnitt för vätgastankning.

2.5.1 PÅFYLNINGANSLOTNINGAR - EN ISO 17268 - ANSLUTNINGSANORDNINGAR FÖR PÅFYLNING AV VÄTGAS I LANDFORDON

Detta dokument definierar konstruktion, säkerhet och driftsegenskaper för anslutningar för tankning av vätgas i markfordon. I detta dokument delas tankningsanslutningar in i följande tre grundläggande delar:

- Tryck och skyddskåpa (fordonsmonterad).
- Munstycke
- Kommunikationsanordning (kommunikation mellan det fyllda fordonet och HFS)

Detta dokument är avsett för påfyllningsanslutningar med ett nominellt arbetstryck upp till 70 MPa. Utformning och typer av påfyllningsanslutningar behandlas i ett separat avsnitt i modulen.

INSTUDERINGSFRÅGOR:

- 1) Vilka är de viktigaste internationella organisationerna som utfärdar tekniska standarder? (ISO, IEC, SAE)
- 2) EN ISO 17268 - Påfyllningsanslutningar för vätgas för landfordon är avsedd för utrustning som arbetar upp till vilket nominellt arbetstryck? (70 MPa)
- 3) Vilken är den lägsta halten rent väte för bränsleceller? (99,97 %)

3 ANLÄGGNINGAR FÖR FyllNING AV TEKNISK GAS

NYCKELORD: DISTRIBUTION, FyllNING, FLASKOR, FLASKPAKET, INDUSTRIGASER, LAGRING, PRODUKTION, SÄKERHET TRANSPORT, VÄTGAS

Industrigaser är en del av vår vardag eftersom de används för att tillverka de allra flesta av de produkter vi använder. Industrigaser är inte bara en viktig del av tillverkningsprocesserna inom industrin, utan är också oundgängliga inom hälsovård, livsmedel, elektroteknik, forskning och många andra områden.

Användningen av industrigas påverkar därför inte bara allas liv, utan också den miljö vi lever i. Denna modul fokuserar på vätgas och relaterad teknik. I denna del av texten kommer vi att titta på andra tekniska gaser förutom vätgas. Du hittar också grundläggande information om produktion av industrigaser, deras transport och distribution. Påfyllningsanläggningar för tekniska gaser levererar tekniska gaser till kunder, fyller tomma tankar för tekniska gaser och transporterar dem.

Produktion och distribution av industrigaser är en process som utförs av internationella företag med global närvaro. Produkterna från deras verksamhet är inte bara industrigaser, utan också kemikalier som används i olika industrier och bearbetning av avfallsprodukter från kemisk produktion. De största tillverkarna och distributörerna av vätgas i världen är Linde, Air Products, Messer, Air Liquide International och Cummins.

I industriella gastankningsanläggningar lagras vätgas i ståltankar ovan eller under jord. Från dessa tankar fylls vätgasen vidare på i transport- eller tryckflaskor. De trycksatta lagringstankarna kan ersättas av underjordiska tankar med stor kapacitet på lämpliga platser. Dessa är vanligtvis underjordiska utrymmen som skapats genom gruvsdrift. Lagringstrycket för vätgas är ca 110 bar; högre tryck används inte på grund av risken för läckage av naturgas genom bergmassan. Underjordiska lagringstankar har fördelen att de har stor kapacitet och inte tar upp plats på markytan. Nackdelen med denna typ av lagring är att man måste välja en lämplig plats på grund av de geologiska förhållandena. Utbyggnaden av vätgasfordon är beroende av ett tillräckligt tätt nätverk av tankstationer, som måste vara lättillgängliga för användarna. Av denna anledning är det nödvändigt att bygga tankstationer i städer och runt vägar där det inte finns några lämpliga vätgaskällor. Det är därför nödvändigt att importera vätgas till tankstationer på ett liknande sätt som tankstationer för fossila bränslen eller gasol/CNG. Vid produktionspunkten fylls vätgasen i lämpliga behållare för transport och transporteras sedan till den slutliga distributionspunkten.

På grund av vätgasens specifika egenskaper uppstår ett antal problem vid lagring, transport och distribution, varav de viktigaste är följande:

- Extremt låg bulkdensitet (3,2 gånger lägre än naturgas och 2700 gånger lägre än bensin).
- Komprimerad vätgas kan vara explosiv - risk för explosion
- Reglerna för vätgaslagring är inkonsekventa runt om i världen
- Svårt att blanda vätgas med naturgas vid transport i befintliga rörledningar
- Vätgas kan öka sprödheten hos de material som transport- och lagringsutrustningen är tillverkad av [18].

I denna del av texten introduceras läsaren till transporten av vätgas till den slutliga distributionspunkten, transportmedlen och förhållandet till tankstationer. Eftersom frågan om transport av vätgas från produktionspunkten till den slutliga påfyllningspunkten är av avgörande betydelse för tankstationer, kommer följande avsnitt att fokusera på transportmedlen för vätgas. När det gäller tankstationer är det viktigt att det finns ett tillräckligt utbud av vätgas för att täcka den dagliga förbrukningen, även om dessa stationer är belägna i tätbebyggda områden med dålig tillgänglighet för lastbilar.

Det finns framför allt tre typer av vätgastransport som kan användas för vätgastankstationer:

- 1) Vätgastransport via rörledning
- 2) Transport av vätgas på flaska på väg eller järnväg
- 3) Transport av flytande vätgas
- 4) Transport av vätgas i rörledning i en blandning med naturgas

Transport av vätgas genom rörledningar

Vätgasledningar är tillverkade av metall eller plast och används för att distribuera vätgas antingen via befintlig naturgasinfrastruktur eller genom att bygga nya rörledningar enbart för transport av vätgas.

Att bygga nya vätgasledningar kräver en betydande initialinvestering, men det är förmodligen det enklaste sättet att distribuera gasen. Å andra sidan innebär användningen av befintlig naturgasinfrastruktur lägre initialkostnader, men man måste se till att rätt andel vätgas finns i gasblandningen. Det krävs också ytterligare investeringar i teknik för att separera vätgasen från naturgasen när den når sin destination. [18] Transport av vätgas genom rörledningar är fördelaktigt vid produktionspunkten för att försörja en vätgastankstation avsedd för interna transportfordon eller för att försörja en offentlig vätgastankstation som ligger i närheten av vätgasproduktionen.

Transport av komprimerad vätgas på väg eller järnväg

Transport av komprimerat väte på väg eller järnväg är för närvarande det mest använda transportsättet för väte. Vätgas transporteras i trycksatta behållare med ett tryck på 200 bar i enlighet med ADR-avtalet om internationell transport av farligt gods på väg. [19] Ett exempel på användning av vätgas- och bensintransport med lastbil kan illustreras med den jämförelse som publicerats i "Hydrogen Strategy of the Czech Republic". Samma lastbil som transporterar komprimerad vätgas kan transportera 500 kg vätgas. Detta beror på att cylindrarna måste klara ett mycket högt tryck. En lastbil med vätgas väger nästan lika mycket som en lastbil utan vätgas, den enda skillnaden är de 500 kg. Den komprimerade vätgastanken är robust. På grund av den låga mängden vätgas som transporteras i en enda trailer är denna transportmetod endast ekonomisk upp till ett avstånd på cirka 150 km. [19] Vid transport av komprimerad vätgas på väg eller järnväg behöver ingen transportinfrastruktur byggas och den transporterade vätgasmängden kan doseras på lämpligt sätt. För den slutliga distributionen av vätgas kan transportbehållare användas som mobila lagringstankar för tankstationer, vilket eliminerar behovet av att pumpa vätgas till tankstationens lagringstank. Nackdelarna är det begränsade avståndet, särskilt när det gäller vägtransporter, och risken för olyckor. [19]

Transport av flytande väte

En alternativ väg som skulle kunna öka mängden transporterad vätgas avsevärt är att förvätska den. Eftersom flytande vätgas lagras vid en temperatur på -253°C . innebär detta ökade krav på de material som används och höga energibehov för förvätskningen. En stor nackdel är därför att ca 40 % av energin går förlorad vid själva förvätskningen. Ett annat alternativ för att öka den transporterade volymen vätgas är att kondensera den. Att uppnå en så låg temperatur som -253° är förknippat med höga energikostnader för kondensering och höga krav på de material som används för att lagra den kondenserade vätgasen. Upp till 40 % av den energi som finns lagrad i vätgasen går förlorad under förvätskningen. [19] Fördelen med denna typ av transport är möjligheten att transportera stora mängder vätgas över avsevärda avstånd till dess att lämpliga gasledningar har byggts. Nackdelarna är energiförbrukningen och, när det gäller vägtransporter, risken för olyckor. [19]

Transport av vätgas via rörledning i en blandning med naturgas

Vid denna typ av transport används det befintliga nätet av rörledningar som är avsedda för transport av naturgas, till vilken en viss mängd väte skulle tillsättas. För närvarande är gasnätet tekniskt förberett för vätgastillsatser på upp till 2 %. Efter tekniska ändringar skulle det teoretiskt sett vara möjligt att transportera upp till 10 % väte. Den största nackdelen med denna typ av transport är att vätgasen måste separeras från naturgasen hos slutanvändaren. Fördelen är den högre flödes hastigheten för naturgas/väteblandningen genom rörledningen. Detta transportsätt är kostnadseffektivt vid höga

transportvolymen och när ett stort antal kunder är koncentrerade till en region. Enligt den tyska vätgasstrategin krävs det 1 200 vagnar, 600 fartyg eller rörledningar med en diameter på 82 cm för att transportera 100 000 ton vätgas. [19]

3.2 SÄKERHETSREGLER FÖR ARBETE MED INDUSTRIGASER

Att arbeta med industrigaser är extremt farligt. Felaktig hantering av dessa ämnen kan få allvarliga konsekvenser och leda till fara för liv och hälsa. Beroende på vilken typ av gas som används finns följande farokategorier:

- Toxiska faror
- Brandfara
- explosionsrisk

Att arbeta säkert med gaser bör alltid börja med att skapa en lämplig infrastruktur. Infrastrukturen bör bestå av enkel- och dubbelsidiga interna och externa gasinstallationer, automatiska gasexpansionsstationer, installationer med hög täthet gjorda av koppar- eller stålror. Andra ytterligare utrustning kan vara t.ex. tryckreduceringsventiler och avstängningsventiler.

Rum där en explosiv atmosfär kan genereras måste först utrustas med aktiva säkerhets- och ventilationssystem. Laboratorier eller produktionshallar ska vara utrustade med detektionssystem som är lämpliga för typen av gas och effektiva avgassystem för reaktionsgaser. Dessutom ska det finnas effektiv ventilation i rum, gasskåp och förvaringsutrymmen. Flaskor med komprimerade gaser bör skyddas mot tippning, överhettning och skador. När arbetet är slutfört ska gasflaskorna tas bort och flyttas till en plats där de inte utgör någon fara. Tänk på att det finns stor risk för explosion vid brand eller felaktig transport. Speciella vagnar bör användas för transport. Gasflaskorna ska inte göras på egen hand. Det är också förbjudet att lagra brandfarliga gaser tillsammans med oförenliga ämnen, t.ex. oxiderande gaser tillsammans med brandfarliga eller aggressiva gaser. Att känna till de grundläggande reglerna och föreskrifterna är nyckeln till ett säkert arbete med gaser. Det lönar sig att känna till reglerna och föreskrifterna och att utbilda varandra om säkerhet.

INSTUDERINGSFRÅGOR

1) Kan du nämna minst tre typer av vätgastransporter? (Transport via rörledning, transport av komprimerad vätgas via väg eller järnväg, transport av flytande vätgas via väg eller järnväg, transport av vätgas via rörledning i en blandning med naturgas)

2) Varför är det nödvändigt att bygga tankstationer i stadsområden eller nära vägar? (på grund av lättillgänglighet)

3) Vilka är riskerna med att hantera industrigaser? (explosionsrisk, brandrisk, toxiska risker)

4 Fyllningsstationens konstruktionsdelar

I det här avsnittet får läsaren lära sig om de viktigaste delarna i en vätgastankstation, deras syfte och dess funktion. Den tar också upp hur de olika delarna av en vätgastankstation är anslutna för att bilda en funktionell och säker enhet. Eftersom en vätgastankstation är en komplex enhet som kombinerar elektriska-, mekaniska-, och högtryckselement är det viktigt att känna till de enskilda delarnas funktion och säkerhetsföreskrifterna för underhåll och reparation av dem.

4.1 DE VIKTIGASTE DELARNA AV EN VÄTGASTANKSTATION

En vätgastankstation består av följande delar:

- Lagringstank för vätgas (under jord, ovan jord)
- Kompressor
- Värmeväxlare
- Lagringstank för högt tryck
- Doseringsanordning för kylning
- Dispenseringsställ
- Snabbkoppling för påfyllning

Vätgaslagringstank - Den vätgas som kommer att fyllas på i vätgastankstationen lagras oftast komprimerad i trycksatta lagringstankar. På grund av den mycket lilla vätgasmolekylen är det nödvändigt att välja ett material för lagringstankarna som förhindrar vätgasläckage genom materialstrukturen. Tryckkärl tillverkas oftast av stål eller kompositmaterial. När det gäller kompositbehållare placeras ett stål- eller aluminiumskikt inuti behållaren för att förhindra vätgasläckage. Vätgasen lagras i tankarna vid ett tryck på 200 bar. Detta vätgaslagringssystem är beprövat och har testats under lång tid. Nackdelen är att tankarna är mycket stora, särskilt när det

gäller tankstationer som måste betjäna ett stort antal fordon. De trycksatta lagringstankarna kan vara en fast del av tankstationen och vätgasen leds in i rör eller transporteras till platsen med lastbilar och pumpas sedan in i tanken. Det andra alternativet är att använda mobila lagringstankar. I mobila lagringstankar fylls vätgasen på vid tankstationen för industrigas och denna tank transporteras sedan på väg eller järnväg till tankstationen. Trycksatta stål- eller komposittankar kan placeras på markytan eller under jord.

I vissa fall är det möjligt att producera vätgas på plats. Oftast produceras det med hjälp av elektrolys, vilket gör att kostnaden för att transportera vätgasen till tankstationen elimineras.

Följande två system används huvudsakligen för vätgaslagring på plats:

Bulkbunt - ett ställ som innehåller gasflaskor. Alla gasflaskor i bulkpaketet är anslutna till varandra med rör och ventiler. Detta lagringskoncept är idealiskt om systemet ska byggas ut senare, eftersom hur många volymer som helst kan anslutas. Även mycket små mängder kan lagras med detta koncept.



Bild 4 Bulkpaket [20]

Rörformig lagringstank - dessa lagringstankar består av långa lagringsenheter som är installerade i en ram. Ett rörlager är 6 eller 12 meter långt och kan lagra stora mängder vätgas.



Bild 5 Rörformig lagringstank [20]

Kompressor - Kompressorn komprimerar vätgasen för att öka trycket och minska volymen, vilket gör att mer vätgas kan lagras i systemet och att gasen kan flöda effektivt vid utmatning. [22] Vid högtryckspåfyllning (700 bar) krävs kompressorn för att trycksätta vätgasen till ca 950 bar. [23] Vid fyllning med medelhögt tryck komprimeras vätgasen till ett tryck på ca 530 bar. [23] Kolvkompressorer med torrkedja och elektrohydrostatisk drivning används för vätgaskomprimering. Kompressorenheten består av två koaxiala, vertikala gascylindrar, var och en mekaniskt kopplad och driven av en hydraulcylinder. Utrymmet mellan gas- och drivcylindrarna förhindrar att mediet förorenas av hydraulolja.

De två drivcylindrarna är hydrauliskt anslutna till varandra. Ändringar i slagriktningen görs med kontaktlösa brytare och hydraulcylindrarna drivs av ett hydraulaggregat. Vid användning av ett system med en styrpump kan ändringen av kolvslaget styras steglöst. Elektrohydrostatiskt drivna torrgående kolvkompressorer komprimerar gaser som väte, kväve, helium, argon eller etylen helt fria från smörjmedel och fasta partiklar. Den speciella utformningen av gaskolvstättningarna och styrelementen

gör det också möjligt att helt avstå från den vanliga smörjningen av tätningsskomponenterna i tillämpningar med höga och högsta tryck.



Bild 6 Kompressor för tankstation [21]

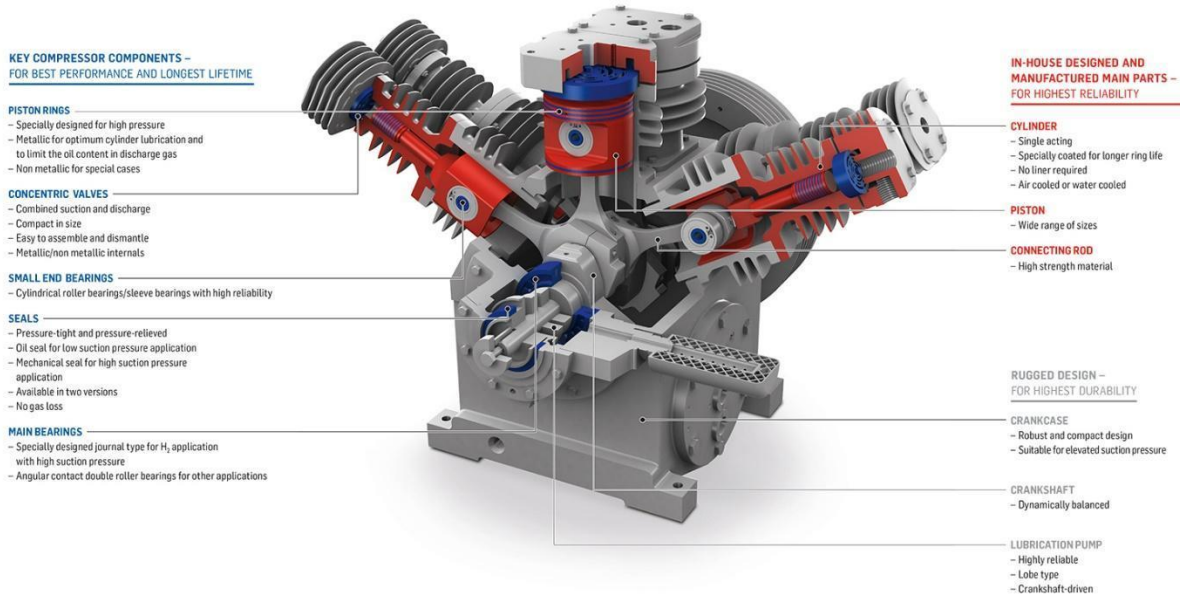


Bild 7 Diagram över högtryckskompressor [20]

Värmeväxlare - under komprimeringsprocessen upphettas vätgasen oönskat, så den högt komprimerade vätgasen måste passera genom en värmeväxlare där den kyls.

Högtryckstank - Den högt komprimerade gasen lagras i en tank där den är redo att fyllas på i fordonet. Lagringen styrs av specialutformade ventiler, kopplingar och elektriska styrenheter som är utformade för att reglera trycket och interagera med tappningsutrustningen och fordonet efter behov. [22]

Kyld dispenseringsutrustning - För fyllning kyls vätgasen till -40°C för snabb och effektiv fyllning för att säkerställa säker vätgasdispensering och överensstämmelse med fyllningsprotokoll, dvs. J2601-protokollet.

Dispenseringsställ - Har samma funktion som dispenseringsstället på en konventionell tankstation. Inkluderar påfyllningskoppling, påfyllningsslang, display och styrteknik. Betalterminalen kan placeras separat. Med hjälp av displayen kan användaren enkelt starta tankningsprocessen. Därefter följer en kort steg-för-steg-instruktion tills påfyllningskopplingen sitter fast ordentligt på fordonets bränslepåfyllningsstos. Vätgas med temperaturer ner till -40 °C strömmar sedan genom påfyllningskopplingen in i fordonets vätgastank. Utmatningsenheten kan fylla fordonstanken med ett tryck på både 350 bar och 700 bar. [20]



Bild 8 Dispenseringsutrustning [20]

Tankstationerna ska installeras utomhus under ett skydd av icke brännbart material, inklusive tak. De ska placeras så att de är väl synliga från vätgastankstationens operatörs position eller kan kontrolleras genom kameraövervakning och så att fordon inte passerar genom de riskområden som omger dem. Skyddet ska vara konstruerat för en vindhastighet på 160 km/h och en snölast på taket på 100 kg/m², med beaktande av seismiskt motstånd.

Snabbkoppling för påfyllning - kopplar samman påfyllningsutrustningen och det påfyllda fordonet. Den ska ge en upplösning för fyllningstryck på 350 bar eller 700 bar. För påfyllningsanslutningar får endast påfyllningsslangar användas. Deras utformning säkerställer en ledande anslutning till den mobila påfyllningsanordningen, tål vätgasflöde och driftstryck. Påfyllningsanslutningen får inte vara kortare än 3 m och inte längre än 5 m. Snabbkopplingens utformning ska förhindra att den används för andra ändamål än påfyllning av tankarna på mobil vätgasutrustning. Den ska dessutom säkerställa att vätgasflödet endast är öppet när den är tätt ansluten till den mobila utrustningens påfyllningsanslutning och ska utesluta oavsiktlig fränkoppling. Fränkoppling av påfyllningens snabbkoppling ska endast vara möjlig efter tryckavlastning. Om den mekaniska påfrestningen överskrider en viss gräns kommer den att koppla bort och stänga vätgastillförseln från dispensern och vätgasreturflödet från tanken på den mobila utrustning som fylls. Den kraft som krävs för att koppla bort är väsentligt mindre än draghållfastheten hos påfyllningsanslutningsslangen eller den kraft som krävs för att dra i påfyllningens snabbkoppling eller skada dispenseringsanordningen. [24] Snabbkopplingen för påfyllning ska tillåta ett tillräckligt snabbt gasflöde för kortast möjliga påfyllningstid för fordonet och ska också tillåta datalänkning av det påfyllda fordonet och

dispenseringsanordningen för att säkerställa datakommunikation och optimal inställning av påfyllningsläget.



Bild 9 Påfyllning av snabbkoppling för 700 bar tryck. [25]

INSTUDERINGSFRÅGOR

- 1) Vilka material används oftast för lagringstankar för komprimerad vätgas (stål eller kompositmaterial)?
- 2) Vad är syftet med kompressorn i en vätgastankstation? (komprimerar vätgasen från tanken till ett högt tryck, som sedan matas in i fordonet)
- 3) Ange minst fyra funktioner som måste säkerställas av tankstationen (tillräckligt snabbt gasflöde, säker fränkoppling och tryckavlastning, kommunikation mellan doseringsanordningen och det fyllda fordonet, ingen förväxling av påfyllningstryck)

5 DRIFT OCH UNDERHÅLL AV FYLLNINGSSTATIONEN

NYCKELORD: CERTIFIERING, EXPLOSION, GASDETEKTERING, INSPEKTION, KVALIFICERING, LÄCKAGE, RISKER, SÄKERHET, SÄKERHETSAVSTÅND, SKYDD AV PASSAGERARE, UNDERHÅLL, VÄTGAS

För att garantera säkerheten vid påfyllning av fordon och under den faktiska driften av tankstationen måste tillräcklig uppmärksamhet ägnas åt driftskontroller och underhåll av vätgastankstationen. Denna fråga kommer att behandlas i denna del av texten. Läsaren kommer att introduceras till de olika uppgifter som ingår i kontrollen av en vätgastankstations skick, säkerhetsbestämmelserna och de system som garanterar säker drift. Slutligen kommer fall av olyckor vid vätgastankstationer att presenteras och deras orsaker och konsekvenser att förklaras.

5.1 VILLKOR FÖR SÄKER DRIFT AV EN VÄTGASTANKSTATION

För en säker drift av tankstationen är det nödvändigt att följa anläggningens bruksanvisning och driftsregler. Ett diagram över vätgastankstationens utrustning, bruksanvisningar, lokala driftsföreskrifter och brandföreskrifter måste finnas tillgängliga på tankstationens plats.

En skylt som förbjuder påfyllning av obehöriga personer och instruktioner för påfyllning ska finnas på en framträdande plats i närheten av varje tankstation för komprimerat väte. Det rekommenderas att detta förbud införs på minst två världsspråk och, i gränsområden, på grannlänternas språk. Den mobila utrustningens motor måste vara avstängd under påfyllningen och den måste vara säkrad mot förflyttning. Endast den fyllda mobila utrustningen får befinna sig inom det område som är avsett för påfyllningsanordningen under påfyllningsprocessen. Rökning och öppen eld är förbjudet på vätgastankstationens område. Detta förbud måste anslås på en synlig plats. Säkerhetsskyltar och skyltar ska användas, och deras utformning och placering ska anges i relevant lagstiftning. Dessa omfattar varningar för följande typer av faror:

- Områden där det kan finnas en explosiv atmosfär
- Brandfarliga ämnen
- Komprimerade gaser
- Risk för elektriska stötar
- Avblåsning av säkerhetsventiler
- Heta eller kalla ytor
- Mekaniska faror

Utmatningsutrustningen ska vara säkrad mot missbruk under icke-drifttimmar på det sätt som beskrivs i de lokala föreskrifterna.

Dokumentation av vätgastankstationen i drift ska innehålla en bruksanvisning som beskriver det korrekta förfarandet för användning av alla delar av vätgastankstationen. Bruksanvisningen ska identifiera risker och faror och ange säkerhetsåtgärder. Bruksanvisningen ska också innehålla en

beskrivning och förklaring av alla varningar och märkningar som används på vätgastankstationen, särskilt de som avser farliga områden. Servicehandboken ska ingå i den tekniska dokumentationen och ska innehålla instruktioner för kvalificerat underhåll av processutrustningen, med uppgifter om korrekt förfarande för uppställning, behandling, förebyggande kontroller och reparationer. Servicehandboken skall innehålla rekommendationer för kvalificerat underhåll, serviceintervall och dokumentation. Om metoder för att verifiera korrekt funktion finns tillgängliga, t.ex. testprogram för programvara, skall användningen av dessa metoder beskrivas i detalj. Kvalificerat underhåll skall utföras av en auktoriserad organisation. Bestämmelserna gäller i tillämpliga delar för byggnadsdelar av vätgastankstationer där underhållsinstruktionerna utarbetas av byggentreprenören. [24] Om det uppstår ett fel i tankstationens högtrycksdel är det nödvändigt att stänga av vätgastillförseln och avbryta vätgastillförseln till det fordon som fylls på om det är anslutet. Därefter kommer ett kontrollerat utsläpp av vätgas från de trycksatta delarna till den omgivande atmosfären att ske.

5.2 DRIFTSKONTROLL AV VÄTGASTANKSTATIONEN

Vätgastankstationen ska genomgå en periodisk inspektion minst en gång var sjätte månad, varvid följande ska utföras

- En visuell inspektion av hela anläggningens skick.
- Kontroll av att säkerhetsutrustningen och de fjärrstyrda ventilerna fungerar.
- Kontroll av brandsäkerhetsutrustningens driftstatus.
- Kontroll av anslutningarnas täthet under drift av anläggningen.
- Visuell kontroll av kabelisoleringens integritet.
- Visuell inspektion av jordnings- och utjämningsanordningar det vill säga ledarnas integritet, anslutningspunkter fria från korrosion och mekanisk lossning etc.

Vätgastankstationer ska inspekteras regelbundet en gång om året:

- Inspektion av gasutrustningen.
- Kontroll av genomströmning och justering av tryckutjämningsanordningar.
- Kvalitetsprovning av vätgas.

- Kontroll av brandtätningarnas kompaktitet och märkning.
- Kontroll av massflödesmätaren för vätgas.
- Driftskontroll av elektrisk utrustning i riskområden.

Vätgastankstationer ska genomgå en periodisk inspektion vart tredje år:

- En driftskontroll av gasutrustningen, inklusive en kontroll av operatörens kvalifikationer.
- En driftskontroll av den elektriska utrustningen, inklusive en kontroll av operatörens kvalifikationer.

Endast personer som är över 18 år, medicinskt lämpliga, bevisligen utbildade, bekanta med de lokala driftsreglerna, utbildade i händelse av en olycka och testade för att driva en vätgastankstation får driva en vätgastankstation.

5.3 OLYCKOR VID TANKSTATIONER FÖR VÄTGAS

Trots alla säkerhetsåtgärder för att säkerställa driften av vätgastankstationer inträffade den 10 juni 2019 en explosion vid en vätgastankstation i den norska kommunen Bærum. Två personer som befann sig i ett fordon nära vätgastankstationen skadades i olyckan. Explosionen var så kraftig att den utlöste krockkuddarna i fordon i närheten. Tillverkaren av vätgastankstationen var NEL, som är den största tillverkaren av elektrolysörer med en historia som går tillbaka till 1927 och en ledande tillverkare av vätgastankstationer.

Ägaren till den berörda vätgastankstationen är Uno-X Hydrogen och stationen öppnades 2016. Det var en Nel H2Station med vätgasproduktion på plats.

Den huvudsakliga orsaken till explosionen var en bristfällig åtdragning av bultarna på vätgastanken, vilket ledde till ett gradvis fel på tätningssystemet, följt av ett okontrollerat läckage av vätgas och sedan en explosion. Tiden mellan läckaget och explosionen var 7 minuter. Den efterföljande utredningen avslöjade ett fel i monteringen av högtryckslagret, som består av ståltankar och andra komponenter från underleverantörer.

Utredningen testade de högtryckstankar som används i denna typ av bensinstation och fann att systemet var helt säkert när det gäller materialstruktur och design, men monteringen av systemet

visade sig vara osäker. Otillräcklig åtdragning av bultarna kan orsaka ett vätgasläckage med dödlig utgång.

Efter denna incident har NEL skärpt kontrollen av monteringen av tryckkärlen ytterligare, där de enskilda monteringsstegen kontrolleras på samma sätt som inom flygindustrin.

INSTUDERINGSFRÅGOR

- 1) Vem får driva en vätgastankstation? (Personer över 18 år, medicinskt lämpliga, bevisat utbildade, bekanta med lokala driftsregler, utbildade i nödövningar och testade för att driva en vätgastankstation)
- 2) Med vilka intervall inspekteras vätgastankstationen? (6 månader, 1 år, 3 år)
- 3) Vilka uppgifter utförs vid den 1-åriga inspektionen? Ange minst fyra. (Kontrollera gasutrustning, kontrollera tryckavlastningsanordningar för spel och justering, testa vätgaskvalitet, kontrollera kompaktet och märkning av brandtätningar, kontrollera vätgasmassflödesmätare, driftskontroll av elektrisk utrustning i riskområde.

6 TYPER AV BENSINSTATIONER

NYCKELORD: BUSSAR, EKONOMI, FLYGPLAN, FLYTANDE VÄTE, INTERN TRANSPORT, KYLNING, LAGRING, MOBILITET, OFFENTLIG, PERSONBILAR, STATIONÄR TANKSTATION, TÅG, TEKNISKA FÖRUTSÄTTNINGAR, TILLGÄNGLIGHET, KOMPRIMERAT GASFORMIGT VÄTE, VÄTGASKÄLLA, VÄTGASTANKSTATION

I det följande delas vätgastankstationer in i flera kategorier. Denna kategorisering är avsedd att hjälpa läsaren att förstå vätgastankstationerna och att sammanfatta de viktigaste fördelarna och nackdelarna med varje lösning. Vid valet av typ av en viss vätgastankstation är de ekonomiska, tekniska och säkerhetsmässiga möjligheterna och den specifika avsedda användningen av tankstationen avgörande. Efter att ha beaktat alla dessa aspekter genomförs en studie och den lämpligaste utformningen av tankstationen väljs. Här klassificeras vätgastankstationer efter vilken typ av vätgas som används, stationens placering, vilken typ av fordon som stationen är avsedd för och källan till den vätgas som distribueras i tankstationen.

6.1 KLASSIFICERING EFTER TYP AV VÄTGAS

1) Vätgastankstationer för komprimerat gasformigt väte

2) Vätgastankstationer för flytande väte

Vätgastankstationer för att fylla bränslecellsfordon med vätgas i gasform används för fordon där vätgasen på samma sätt lagras som en gas i fordonets lagringstank. Det finns i allmänhet två standarder för tankstationer för gasformig vätgas - påfyllning av vätgas vid 700 bar (H70) eller vid 350 bar (H35). Personbilar använder vanligtvis H70-teknik. Tankstationer som använder flytande vätgas är betydligt mindre vanliga. Vätgas är endast flytande vid temperaturer under $-252,87\text{ }^{\circ}\text{C}$. En tankstation för flytande vätgas kräver ett intensivt kylsystem som är mycket energi- och teknikintensivt. [26]

6.2 FÖRDELNING PER TANKNINGSTEKNIK

1) Stationär

2) Mobil

Vätgasstationer är i allmänhet ett stationärt system. Huvudfunktionen för en vätgastankstation är att fungera som ett vätgaslagringssystem med vätgaslagring och tankningsteknik. I de flesta fall levereras vätgas för närvarande till stationen i flaskor eller i specialiserade vätgasbehållare på lastbilar. Vissa stationer producerar vätgas direkt vid vätgasstationen genom elektrolys från vind eller sol. Pipelines som är utformade för längre sträckor skulle vara ett annat effektivt sätt att leverera vätgas till dessa stationer i framtiden.

Mobila vätgastankningssystem är mycket mindre och används för nödtankning eller för vissa speciella mobila användningsfall. Fördelen med mobila tankstationer är att stationen kan utformas som en funktionell enhet, som transporteras till platsen från den industriella gastankningsanläggningen och ersätts av en full station när den töms, medan den tomma stationen transporteras bort för att fyllas. Detta system lämpar sig t.ex. för transporter inom företaget. [26]. Vätgas för personbilar kräver vätgastankstationer som ger ett tryck på H70 (700 bar), medan lastbilar och andra specialfordon numera vanligtvis kräver vätgastankstationer med H35 (350 bar). Flytande vätgas skulle också kunna användas för lastbilstillämpningar i framtiden. Fördelen med det är den högre energidensiteten hos flytande vätgas.

Flytande vätgas planeras att lagras i en vätgastank med hjälp av toppmodern teknik. Bränslecellsbusar blir alltmer populära eftersom denna typ av vätgasfordon har en hög vätgasförbrukning som är förutsägbar. En flotta med flera vätgasbusar kan motivera investeringen i en egen vätgastankstation. Vätgasförbrukningen kan beräknas och stationen kan fyllas på regelbundet. Vätgasdrivna bränslecellsbusar lagrar för närvarande vätgas vid 350 bar. Interna transportfordon använder huvudsakligen 350 bar-teknik eftersom ett sådant lagringssystem kräver mindre investeringar. Till skillnad från bilar kan regelbunden tankning planeras och utföras vid en station som byggs nära den allmänna driftsbasen, t.ex. utanför eller inuti anläggningen. Andra transportsätt, såsom tåg, spårvagnar eller till och med flygplan, kan ha vätgastankstationer i en depå eller hangar. [26]

6.3 KLASSIFICERING EFTER VÄTGASKÄLLA

1) Vätgastankstationer utan egen vätgaskälla

2) Vätgastankstationer med egen vätgaskälla

De flesta tankstationer byggs på platser där det inte finns några lämpliga vätgaskällor och vätgas måste transporteras till dessa stationer. Vätgastankstationer med egen vätgaskälla bör byggas vid vätgasproduktionsanläggningar, t.ex. produktion från deponigas, vätgas som en restgas från kemisk produktion etc. Genom att bygga vätgastankstationer på dessa platser sparas en betydande del av kostnaderna för att transportera vätgasen och fylla den i transportbehållare. Nackdelen är att den vanligtvis är mindre tillgänglig för allmänheten. Därför är denna typ av tankstation särskilt lämplig för lokala kunder eller för tankning av fordon som är verksamma inom produktion av denna typ av vätgas.

För närvarande är den vanligaste typen av vätgastankstation för komprimerad vätgas. Dessa stationer är stationära och liknar CNG-tankstationer till sin utformning. Påfyllningstrycket är fastställt till 700 bar för personbilar och 350 bar för lastbilar. I de flesta av de tankstationer som redan har implementerats importeras vätgas i tankar och pumpas sedan in i en lagringstank i tankstationen.

Här är ett exempel på en liten vätgastankstation som, tack vare den teknik som används och dess ringa storlek, är mycket väl lämpad för exempelvis tätbebyggda stadsområden. Honda har en ganska lång historia med vätgasbilar, och den första FCX Clarity-modellen dök upp på marknaden redan 2007. Samtidigt har man också ägnat lång tid åt att utveckla en bättre vätgastankstation. År 2014 presenterades den första prototypen av en SHS-station - en station som rymmer allt som behövs för att producera vätgas på minsta möjliga utrymme. År 2015 kom man med en revolutionerande teknik

för vätgasproduktion med hjälp av högtryckselektrolys med sin egen enhet som kallas Power Creator. SHS-stationen är ett mycket kompakt sätt att producera, lagra och fylla på vätgas, allt med endast en anslutning till vatten och elektricitet. Den tillförda energin förväntas huvudsakligen komma från förnybara källor, vilket minskar koldioxidutsläppen även när vätgas produceras. Genom att använda power creator-systemet produceras vätgas med högt tryck och därför finns det inget behov av att använda kompressorer som tar upp utrymme och därmed minskas också elförbrukningen för hela anläggningen, enligt Hondas webbplats har elförbrukningen minskats till en fjärdedel. Samtidigt finns det inget behov av så stora tankar för att lagra mer vätgas. Alla dessa förbättringar har gjort det möjligt för stationen att ta upp ett utrymme på 3,7 m x 2,25 m x 2,57 m och kan placeras nästan var som helst.

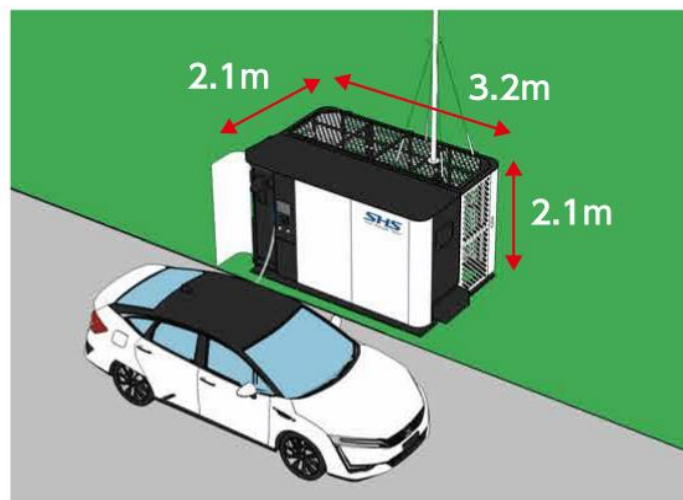


Bild 10 Honda SHS [27]

INSTUDERINGSFRÅGOR

- 1) Vilka är fördelarna och nackdelarna med vätgastankstationer som byggs på plats? (Fördelar: eliminerar kostnaden för att fylla vätgas i transportbehållare och transportera den från produktionsplatsen till tankningsplatsen; nackdelar: mindre tillgänglig för allmänheten, mer lämplig för lokal distribution)
- 2) Vilken är den största nackdelen med vätgastankstationer för flytande väte? (Energi och teknisk komplexitet, för flytande väte måste det hållas vid temperaturer under $-258\text{ }^{\circ}\text{C}$.)

3) Vilken är för närvarande den vanligaste typen av vätgastankstation? (stationär för komprimerad vätgas med ett fyllningstryck på 700 bar för personbilar och 350 bar för lastbilar, utan egen vätgaskälla).

7 PROGNOSE UNDER UTVECKLING

NYCKELORD: BILAR, BRÄNSLECELLER, EFFEKTIVITET, EKOLOGI, EUROPEISKA UNIONEN, FORSKNING, FRAMTID, LASTBILAR, MILJÖ, OBEROENDE, SUBVENTIONER, TANKSTATIONER, TILLGÄNGLIGHET, UTSLÄPP, UTVECKLING, ANVÄNDNING, VÄTE

Framtiden för vätgastankstationer är nära kopplad till utvecklingen av vätgasproduktionen och infrastrukturen för att transportera den till tankstället. Nästa nödvändiga steg blir att övergå till gröna energikällor för vätgasproduktion och att öka bränslecellernas effektivitet. Det ökande antalet vätgasdrivna fordon kommer att sätta press på det ökande antalet tankstationer och deras ökade tillgänglighet.

För att ge några exempel lanserade den japanska biltillverkaren Toyota sin första vätgasbil i form av Mirai, och i början av december introducerades den experimentella GR Yaris med en vätgasdriven förbränningsmotor. Båda bilarna visar på ett genialt sätt två olika sätt att använda vätgas i transportsektorn: medan Mirai använder kemiska reaktioner i bränsleceller för att generera elektricitet för elektrisk framdrivning, förbränner GR Yaris vätgas i en modifierad konventionell motor. Båda har obestridliga miljöfördelar: användning av vätgas i en bränslecell ger endast icke-mineraliserat vatten som avfall, och även förbränning i en konventionell motor ger endast upphov till relativt små mängder av skadliga NO_x. "Vätgasbränslecellen är betydligt lättare att återvinna, med nackdelen att man använder mycket sällsynta metaller som platina eller iridium".

När Europeiska kommissionen lade fram sin vätgasstrategi 2020 satte den upp målet att skapa ett fullständigt ekosystem för vätgas i EU för att bidra till att minska koldioxidutsläppen inom alla berörda sektorer. Två år senare håller konkret lagstiftning på att tas fram på EU-nivå för att hjälpa till att omsätta målen i praktiken. Vätgas omfattas till exempel av det välkända klimatlagstiftningspaketet Fit for 55, som definierar produktionen av förnybar vätgas och innehåller åtgärder för att uppmuntra

konsumtionen. Dessa inkluderar byggandet av tankstationer och relaterad infrastruktur. I den nya energiplanen REPowerEU har kommissionen föreslagit åtgärder för att hjälpa EU att bryta sitt energiberoende av Ryssland. Planen syftar också till att säkerställa överkomlig och ren energi för EU-27. Som en del av dessa åtgärder har kommissionen föreslagit en ökning av vätgasmålen. Europa tänker inte bara på vätgas som en annan ren energikälla eller energilagring, utan också som ett alternativt bränsle för fordon. Även om projekt för vätgastransporter befinner sig i sin linda har de potential.

Det finns redan vätgasdrivna bilar, lastbilar, bussar, tåg och till och med fartyg. Men de är långt ifrån allmänt spridda. Transportexperter säger att vätgas kommer att slå igenom för godstransporter snarare än för persontransporter. När det gäller bilar är det batterier som gäller. Om vi talar om persontransporter har batteridriften nästan ett decenniums försprång. Det visar att införandet av vätgas inom transport i allmänhet, och persontransporter i synnerhet, verkar vara en kompletterande lösning snarare än den huvudsakliga. När det gäller godstransporter har vätgas däremot ett antal fördelar jämfört med batterier. En av fördelarna är fordonens lägre vikt, liksom den snabba tankningen på 20 minuter och den tillförlitliga och högre räckvidden. Räckvidden bör inte minska nämnvärt ens under kalla förhållanden. Även av detta skäl ses vätgas som en lösning, särskilt för långväga godstransporter och där fordonet måste lastas kontinuerligt. Det är troligt att batterier och vätgas kommer att fyllas på och samexistera. Vätgas är också vettigt ur ČESMAD BOHEMIAs synvinkel (sammanslutningen av åkare). "De prototyper [av vätgasfordon] som testats verkar vara lämpliga för långväga transporter, deras räckvidd är jämförbar med dieselfordon och bättre än batteridrivna elfordon".

Utbyggnaden av vätgasdrift är fortfarande i framtiden, och flera frågetecken behöver redas ut. Ett av dem är till exempel var man ska installera de skrymmande vätgastankar som lastbilar behöver. Huruvida Europa kan lyckas producera tillräckligt med ren vätgas är också ett avgörande frågetecken. Vätgasproduktion från fossila bränslen skulle absolut inte leda till koldioxidneutralitet. Om vi talar om så kallad grön vätgas är den största stötestenen den produktionsskala som behövs. För att utveckla vätgasdrivna transporter är det naturligtvis också nödvändigt att bygga tillräckligt många tankstationer. Byggandet av tankstationer är inte bara ekonomiskt utan också tekniskt krävande. Till exempel kostade den tjeckiska tankstationen, som har varit i drift sedan juni 2022 i Ostrava, cirka 15 miljoner CZK. Tjeckien planerar att bygga cirka 80 sådana tankstationer i landet fram till 2030.

Ett annat hinder för en snabb utveckling av vätgasfordon är antagandet om ett mycket högt pris på vätgasfordon. Om EU vill uppnå sina mål att göra transporter utsläppsfria bör vätgastankstationer finnas tillgängliga minst var 150:e kilometer längs det transeuropeiska biltransportnätet senast 2030.

Detta skulle skapa ett tillräckligt tätt nätverk av vätgastankstationer för att säkerställa tillräcklig gränsöverskridande konnektivitet i EU och stödja de 60 000 vätgaslastbilar som förväntas finnas på EU:s vägar 2030.

De 60 000 vätgaslastbilarna återspeglar resultaten av en studie från 2020 som beställdes av det gemensamma företaget för bränsleceller och vätgas (FCH JU). Slutsatsen var att bränsleceller "är en mycket lovande lösning för utsläppsfri framdrivning för tunga godstransporter". Studien visade att vätgasdrivna bränslecellslastbilar kan bli kostnadseffektiva 2027 om priset på vätgas sjunker till 6 euro/kg. Studien lyfte också fram vätgaslastbilarnas höga operativa flexibilitet och relativt korta tankningstider.

En rättslig ram kommer att vara avgörande för att vätgaslastbilar ska få fäste på marknaden. "Utan EU:s flaggskeppspaket Fit for 55 skulle endast 3 000 vätgaslastbilar finnas på Europas vägar 2030", sade en tjänsteman från Europeiska kommissionen till EURACTIV. Men med de nuvarande förslagen för att uppfylla EU:s klimatambitioner kommer detta antal att stiga till 60 000. I studien skisseras ett scenario där 17 % av de nya lastbilar som säljs 2030 skulle drivas med vätgas. Två viktiga kriterier måste uppfyllas - vätgas bör säljas till ett pris under 6 euro/kg och kostnaderna i samband med vätgasteknik behöver sjunka. Om detta skulle ske kan det innebära att cirka 60 000 vätgaslastbilar skulle rulla på europeiska vägar år 2030. År 2030 kan grön vätgas kosta så lite som 1,8 euro/kg. Kostnaden för tekniken skulle kunna sättas på en lovande nedåtgående bana genom gemensam forskningsfinansiering från EU och industrin.

För vätgastankstationer är framtiden främst inriktad på att bygga ett tillräckligt tätt nätverk av tankstationer, lösa problemet med vätgasförsörjningen och minska tankningstiderna. Ett alternativ som övervägs är att öka påfyllningstrycket, men detta kommer att leda till ännu högre krav på säkerhet, materialkvalitet och design av både tankstationer och fordon. När antalet tankstationer ökar kommer priset på tankstationer att sjunka, vilket gör det möjligt att öka antalet tankstationer ytterligare.

För att göra byggandet och driften av vätgastankstationer mer effektivt och kostnadseffektivt utvecklar institutionen för energiteknik vid universitetet i Duisburg-Essen (UDE) och centrumet för bränslecellsteknik (ZBT) för närvarande simuleringsmodeller av tankstationskomponenter för att analysera och utvärdera utformningar. Forskare från UDE och ZBT tittar på de grundläggande komponenterna i en vätgastankstation. På ZBT:s testbädd undersöker de bränslepumpen, tankstorleken och trycket, matar in resultaten i simuleringar och beräknar sambanden mellan komponenterna för att göra tankningen effektiv. Avgörande för utformningen av en vätgastankstation är dess avsedda användning. Tankstationer i små städer eller företag och stationer som ligger längs motorvägar kommer att vara helt olika.

En annan fråga som måste hanteras är förlusterna i produktions- och distributionskedjan för vätgas. Ju effektivare processen är, desto lägre blir det slutliga priset på vätgas. Vätgas är också betydligt dyrare än fossila bränslen. Projektledaren Jürgen Roes från avdelningen för energiteknik säger: "Trots detta är vätgas från sol- och vindenergi en viktig energilagringseenhet i framtiden eftersom den inte förorenar miljön." Det är därför vettigt att använda resursen så effektivt som möjligt och att börja fundera på hur man kan använda den så ekonomiskt som möjligt. [28]

INSTUDERINGSFRÅGOR

- 1) I vilket transportsätt förväntas vätgas vara den huvudsakliga användningen? (godstransporter och stadsbussar)
- 2) Vilka är fördelarna med vätgasdrivna fordon jämfört med elfordon? (lägre vikt, längre räckvidd, räckvidd oberoende av utomhustemperatur, snabbare tankning)
- 3) Hur stor andel av de nya lastbilar som säljs i EU 2030 bör drivas med vätgas (17 %)?

8 SAMMANFATTNING

Syftet med denna text är att introducera läsaren till de grundläggande frågorna om vätgastankstationer, deras historia och drift. Läsaren bör känna till de lagstiftningsfrågor och tekniska föreskrifter som påverkar både den faktiska utformningen och byggandet av tankstationer och regler för deras drift och underhåll. I följande avsnitt kommer läsaren att bekanta sig med de olika typerna av vätgastankstationer, deras grundläggande egenskaper och avsedda användning. Texten avslutas med en bedömning av den framtida utvecklingen av vätgastankstationer samt den allmänna användningen av vätgas som energikälla inom transportsektorn.

Frågan om vätgasteknik är mycket bred och genomgår en dynamisk utveckling, så det är inte möjligt att täcka all information som rör denna fråga i en utbildningstext. För en perfekt orientering i frågan om vätgas och dess användning är det nödvändigt att bekanta sig med andra moduler och att följa utvecklingen inom vätgasteknikområdet. Generellt sett kan vätgastekniken anses vara mycket lovande, även om en utbredd användning kommer att åtföljas av ett stort antal problem och kommer att bli kostsam.

- [1]: <https://finmag.penize.cz/veda-a-technika/430830-je-vodik-palivem-budoucnosti-nastupujici-trend-ocima-expertu>
- [2] <https://www.wired.com/2007/11/checking-in-on/>
- [3] <https://www.statista.com/statistics/1026719/number-of-hydrogen-fuel-stations-by-country/>
- [4] CHIC » Fuel cell electric bus project CHIC launches final project report as tool for cities and bus operators [online]. [vid. 2017-01-19]. Dostupné z: <http://chic-project.eu/newsevents/news/fuel-cell-electric-bus-project-chic-launches-final-project-report-as-tool-for-cities-and-bus-operators>
- [5] H2-Stationen. H2 Mobility [online]. [vid. 2017-02-10]. Dostupné z: <http://h2-mobility.de/h2-stationen/>
- [6] <https://www.iberdrola.com/sustainability/hydrogen-stations>
- [7] <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/hydrogen-refuelling-station>
- [8] TPG 304 03 www.cgoa.cz
- [9] <https://hydro-tech.hennlich.cz/produkty/kompresory-a-plnici-stanice-vodiku-14468.html>
- [10] <https://www.sultrade.cz/standardni-vysokotlake-kompresory/>
- [11] <https://www.products.pcc.eu/cs/blog/vyznam-technickych-plynu-v-prumyslu/>
- [12] <https://www.technicka-zarizeni.cz/sbornik-prednasek-kh-2021/vystavba-a-provoz-vodikovych-plnicich-stanic-a-nektere-souvislosti/>
- [13] <https://www.technickenormy.cz/csn-en-17127-venkovni-vydejini-vodikove-cerpaci-stanice-na-plynny-vodik-s-plnicimi-protokoly/>
- [14] <https://www.iso.org/standard/71940.html>
- [15] <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/90016399-7325-4ffa-a34f-058be6306350/en-17124-2022>
- [16] https://www.sae.org/standards/content/j2601_202005/

[17] Comparative study of Global, European and Italian Standards on Hydrogen Refueling Stations

Matteo Genovese, Viviana Cigolotti, Elio Jannelli and Petronilla Fragiaco E3S Web Conf., 334 (2022) 09003

DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202233409003>

[18] <https://www.tuvsud.com/cs-cz/odvetvi/energetika/konvencni-energie/vodikova-energie/skladovani-preprava-a-distribuce-vodiku>

[19] Vodíková strategie České republiky, *Ministerstvo průmyslu a obchodu*

[20] <https://www.sultrade.cz/standardni-vysokotlakové-kompresory/>

[21] <https://hydro-tech.hennlich.cz/produkty/kompresory-a-plnící-stanice-vodiku-14468.html>

[22] <https://www.haskel.com/en-us/blog/how-does-a-hydrogen-refuelling-station-work>

[23] <https://hdsam.es.anl.gov/index.php?content=hrsam>

[24] TPG 304 03

[25] <https://www.weh.us/weh-fueling-nozzle-tk17-h-70-mpa-for-fast-filling-cars-singlehanded-operation-selfservice.html>

[26] <https://hyfindr.com/hydrogen-refueling-station/>

[27] <https://global.honda/innovation/FuelCell/smart-hydrogen-station-engineer-talk.html>

[28] <https://fuelcellsworks.com/news/filling-station-of-the-future-using-hydrogen-more-efficiently/>

10 FÖRTECKNING ÖVER BILDKÄLLOR

Picture 1 Filling station network in Germany in 2016, 2018, 2023 [5]	6
Picture 2 Current status and outlook for the expansion of hydrogen-powered buses. [4]	7
Picture 3 Status of development of CEN and CENELEC standards for HFS. [17]	10
Picture 4 Bulk bundle [20]	25
Picture 5 Tubular storage tank [20]	25
Picture 6 Compressor for filling station [21]	26
Picture 7 High Pressure Compressor Diagram [20]	27
Picture 8 Dispensing equipment [20]	28
Picture 9 Filling quick coupling for 700 bar pressure. [25]	29
Picture 10 Honda SHS [27]	36

11 FÖRTECKNING ÖVER TABELLER

Table 1 Hydrogen quality requirements for hydrogen fuel cells [8]	16
Table 2 Performance and safety limits for hydrogen filling according to SAE J260	17