

Förnybar vätgas för transporter i Kronobergs län – en förstudie



Dokumentinformation:

Titel:	Förnybar vätgas i Kronoberg – en förstudie
Uttredare:	Daniella Johansson, projektledare och Sarah Nilsson, Energikontor Sydost AB, inom ramen för projektet Förstudie – Förnybar vätgas i Kronobergs län
Kvalitetsgranskat av:	Göran Gustavsson och Hanna Everling, projektledare, Energikontor Sydost AB, inom ramen för projektet Förstudie – Förnybar vätgas i Kronobergs län
Utgivare:	Energikontor Sydost AB Smedjegatan 37 352 46 Växjö Sverige
Med stöd från:	Tillväxtverket, Region Kronoberg, Växjö kommun, Växjö Energi och Volvo CE
Utgiven:	Mars 2020

Förord

Denna rapport är en del av förstudien: Förnybar vätgas i Kronobergs län, finansierad med medel från Tillväxtverket, Region Kronoberg, Växjö Energi, Växjö kommun och Volvo CE. Arbetet har följts av en styrgrupp som har bestått av: Julia Ahlrot från Växjö Energi, Steve Karlsson från Växjö kommun, Rickard Alm och Roland kvist från Volvo CE, Michael Strand från Linnéuniversitetet, Stefan Hermansson från Småländska bränslen, Beatrice Schmidt från Ljungby kommun och Karin Nilsson från Tunga fordon/RISE. Syftet med denna rapport är att ge en kunskapsbas för hur vätgas används som drivmedel idag och en förståelse för vad som menas med förnybar vätgas. Syftet är också att beskriva hur vätgas kan användas som drivmedel i ett regionalt perspektiv i Kronobergs län, samt vilka aktörer som skulle kunna vara användare, producenter eller distributörer av vätgas. Men också hur vätgas tillverkas och används idag, vilka faktorer i form av lagar och regler och konkurrens som påverkar utvecklingen av vätgas till drivmedel i ett regionalt perspektiv.

Det övergripande målet med förstudien: Förnybar vätgas i Kronobergs län, är att ta tillvara på den vilja och det intresse som finns kring vätgas som drivmedel. Denna rapport är en del av förstudien och ett stöd för att beskriva hur vätgas som drivmedel kan användas, samt ger goda exempel på kommuner som idag använder vätgas som drivmedel. Arbetet med att ta fram denna rapport har även fungerat som underlag till frågeställningar vid intervjuer.

Innehåll

1	Sammanfattning	5
2	Syfte och metod.....	7
2.1	Syfte.....	7
2.2	Avgränsning och metod	7
2.3	Ordlista och definitioner	7
3	Inledning	8
3.1	Varför är vätgas intressant idag?	8
3.2	Framtiden – en mix av förnybara drivmedel.....	8
3.3	Regionala mål, planer och policy	11
3.4	Sverige prioriterar inte vätgas som drivmedel.....	11
4	Omvärldsbevakning.....	12
4.1	Vätgasens historia och svenska pionjärer	12
4.2	Tidigare studier, befintliga nätverk och forskningsprojekt	12
4.3	Pågående vätgasprojekt i Sverige (2019)	14
4.4	Erfarenheter från Danmark.....	15
5	Bakgrund	17
5.1	Fakta kring vätgas	17
5.2	Vätgasproduktion	17
5.3	Användning och produktion av vätgas 2019.....	19
5.4	Lager och tankstation	20
5.5	Lagar, regler och tillstånd.....	22
5.6	Säkerhet	22
5.7	Vätgas är ett elfordon	24
6	Kostnader	25
6.1	Kostnadsparametrar av stor betydelse	25
6.2	Rörliga och fasta kostnader	25
6.3	Kostnad för vätgasfordon.....	28
6.4	Rapporter visar på kraftiga prissänkningar	28
7	Hållbarhetsaspekter	30
7.1	Verkningsgrader vid tillverkning och användning av vätgas	30
7.2	Utsläpp från vätgasfordon och jämförelse mellan batterifordon och vätgasfordon.....	31
7.3	Växthusgasutsläpp från vätgasproduktion.....	31
7.4	Andra utsläpp till luft och buller	32
8	Möjligheter i Kronobergs län	34
8.1	Studerade fall.....	34
8.2	Aktörer i värdekedjan	35
8.3	Behov, möjligheter och utmaningar	38
8.4	Kostnadsuppskattningar och lönsamhet	39
8.5	Minskade utsläpp och buller.....	44
8.6	Jämställdhet och regional utveckling	45

Förnybar vätgas för transporter i Kronobergs län – en förstudie

9	Viktiga faktorer för en utveckling av vätgas i Kronoberg.....	47
10	Rekommendationer för ett genomförandeprojekt	48
11	Slutsats och fortsatt arbete.....	49
11.1	Behov, möjligheter, kompetenser, aktörer och utmaningar för vätgas i Kronoberg	49
11.2	Plan för att utveckla vätgasens värdekedja i Kronoberg	50
11.3	Hur utformas ett genomförandeprojekt i Kronoberg.....	50
11.4	Fortsatt arbete.....	51
12	Källhänvisning	52
13	Bilaga A: Intervjuunderlag: Användare.....	56
14	Bilaga B – Intervjuunderlag: Producenter	58
15	Bilaga C – Intervjuunderlag: Övriga	60

1 Sammanfattning

Förstudien har genomförts av Energikontor Sydost under perioden juni 2019 till februari 2020. Målet har varit att undersöka möjligheter för att skapa en plan för att utveckla och testa produktion av förnybar vätgas vid en eller flera demonstrationsanläggningar för att tillhandahålla vätgas till potentiella användare i länet. Detta för att möjliggöra en utveckling av fordon för vätgasdrift. En styrgrupp från näringslivet och offentlig sektor, samt Linnéuniversitetet har träffats vid fem tillfällen. Metoder som har använts har främst varit kartläggning och intervjuer med aktörer inom hela vätgasens värdekedja, men också litteraturstudier, samt deltagande på seminarier och workshoppar arrangerade inom projektet. Energikontor Sydost har organiserat och genomfört seminarier och en workshop inom ramen för förstudien.

Förstudien har visat att vätgas skulle kunna bidra stort till ett fossilfritt län och ökad tillväxt genom regional produktion av drivmedel istället för import. Ett kommunalägt energiföretag skulle kunna vara en möjlig aktör för att producera vätgas. För att bygga vätgaskedjan krävs både politiska beslut och samverkan mellan kommuner och företag.

Intresserade aktörer finns

Förstudien visar att det finns intresserade aktörer i regionen som tillsammans kan bilda hela vätgaskedjan; produktion, distribution och användning. Däremot är det, som vid alla introduktioner av ett nytt bränsle, kostsamt i början när konsumtionen är låg; det krävs en uthållig aktör som kan göra en långsiktig investering inför framtiden, alternativt samhällsstöd i starten. Paralleller kan dras till introduktionen av biogas. Det samhällsstöd som kan bli aktuellt för produktion är Regionalfonden Småland och Öarna och då är ett offentligt ägt energibolag en lämplig aktör eftersom endast offentliga aktörer kan få stöd. Det finns eventuellt en möjlighet att få bidrag för tankstationer från Naturvårdsverket.

Viktigt med ett hållbart drivmedelsalternativ

Bland potentiella vätgasanvändare finns samtliga kommuner tillsammans med Region Kronoberg och Länsstyrelsen, liksom flera av aktörerna inom tunga fordon och logistik. Vätgasfordon är dock dyrare idag än vanliga fossilfordon och elfordon, även om teknikutvecklingen snabbt minskar kostnaderna för bränsleceller och andra komponenter som behövs i ett vätgasdrivet fordon. För stora delar av tunga fordons-branschen är inte ren eldrift ett alternativ eftersom batterierna blir för tunga och tid för laddning för lång. Ett emissionsfritt alternativ måste därför tas fram och vätgas är idag det bästa alternativet. Det är viktigt för vår region, som har stor andel företag inom logistik och produktion av tunga fordon, att vi utvecklar hållbara alternativ.

Bättre ekonomi med elektrolys än reformering av biogas

Det finns flera sätt att producera förnybar vätgas. För vår region är de aktuella teknikerna; från el med elektrolys, från biogas (metan) med reformering eller från skogsbränslen via förgasning. I denna rapport har fokus varit på tekniker som är möjliga på kort sikt, elektrolys och reformering av biogas. Av dem är elektrolys mest ekonomiskt fördelaktig. Reformering av biogas är idag mer kostsamt och biogas är redan ett bra fordonsbränsle i sig. Förgasningstekniken är under utveckling av bland andra Växjö Energi och Linnéuniversitetet.

Producera vätgas av lokal sol, vind och biomassa

Ju mer intermittent kraft det finns i nätet (el som kommer ojämnt över tid, så som el från vind och sol) desto större behov av lagring och/eller vätgasproduktion. Kronobergs län skulle kunna ersätta importerade fossila bränslen med drivmedel producerat från regional sol- eller

vindkraft, vilket inte bara skulle bidra till att nå miljömålen, utan också till en högre bruttoregionalprodukt och självförsörjningsgrad.

Politikerna måste vara med

Vid introduktion av biogas stod stadsbussarna i Växjö för den stora konsumtionen, vilken gjorde en utbyggnad av produktionen möjlig. Idag sköts länstrafiken av Region Kronoberg, som håller med om att kollektivtrafiken har en viktig roll även vid introduktion av vätgas. Det finns flera upphandlingar framöver som skulle kunna bli aktuella för vätgas, även om bättre utprovad teknik och mer erfarenhet behövs först.

Rekommendationer och slutsatser

En möjlig aktör för uppförande av vätgasproduktion är ett kommunalägt energibolag eftersom en offentlig aktör har möjlighet att få bidrag från Regionalfonden Småland och öarna. Att kombinera el till en vätgasanläggning från sol på sommaren och med el från biokraft på vintern kan vara en möjlighet. Drift av anläggning och tankstation kan även göras av annan aktör om så önskas. Tillståndprocessen för vätgas kan ta tid - regelverk är under utveckling och bör bevakas. Vätgasen måste vara förnybar för att möta krav från användarna. Sist men inte minst så är en lokal samverkan helt nödvändig för att bygga vätgaskedjan. Kronoberg behöver ta fram en vätgasstrategi för att effektivt kunna jobba framåt med vätgas och bilda ett nätverk med aktuella aktörer i kedjan. Vidare bör det göras en kampanj för att säkra upp antal fordon så att den som investerar i produktion, distribution och tankstationer har ett antal avsiktsförklaringar som ger en initialt säkrad volym.

Det finns mycket goda möjligheter för Kronobergs län att få igång en marknad för vätgas. Det finns ett stort intresse och vilja från politiker och flera aktörer i hela kedjan. Det är viktigt att utvecklingen fortsätter, även efter denna förstudie, med arbete på olika nivåer, samverkan mellan flera aktörer, kunskapsökning och medfinansiering från olika håll.

2 Syfte och metod

2.1 Syfte

Det övergripande syftet och målet med förstudien är att skapa förutsättningar för att olika aktörer tillsammans ska kunna utnyttja den vilja och potential som finns för att tillverka och använda förnybar vätgas i länet, samt att bidra till de regionala miljömålen i Kronoberg; *Begränsad klimatpåverkan i Kronobergs län, Fossilbränslefritt 2030 och Plusenergilän 2050*.

2.2 Avgränsning och metod

Studien har avgränsats till att gälla vätgas som drivmedel för vägtransporter. Vätgas som energilager ingår inte.

I studien ingår hela värdekedjan för vätgas, från primärråvara via distribution till slutanvändning.

I studien och intervjuer beskrivs de regionala förhållandena. Regionen avgränsas till att gälla Kronobergs län.

Metoden som används är inhämtning av information genom litteratursökning, intervjuer samt kunskapsinhämtning via deltagande på seminarier och workshoppar, samt genom intervjuer med aktörer i kedjan.

Denna rapport är av mer generell karaktär som beskriver vätgas som drivmedel och utvecklingen runt om i världen. Resultaten från förstudien är sammanfattade i denna rapport. En mer utförlig beskrivning av metodval, intervjuer och resultat finns i Resultatrapporten, som främst riktar sig till finansiärer av studien.

2.3 Ordlista och definitioner

Reformering – I reformeringen omvandlas metan, CH₄, till koldioxid och vätgas. Processen kräver energi med en hög temperatur, luft och sker i närvaro av en metallbaserad katalysator. Metanet som används kan antingen vara av fossilt ursprung, naturgas eller av förnybart ursprung, biogas.

Elektrolys – Metod som spjälkar vatten till vätgas och syrgas genom att tillsätta elektricitet.

Förgasning – Ofullständig förbränning av tex. skogsråvara som ger en sk. syntetisk gas med kolvätekedjor som sedan kan formas till önskvärt bränsle. I utvinningen av vätgas separeras gasen till vätgas och koldioxid.

Förnybar vätgas – Vätgas som produceras från förnybar råvara, dvs antingen från förnybar elproduktion från sol, vind eller bio. Alternativt från skogsråvara genom förgasning eller från matrester eller gödsel via rötning till biogas som sedan reformeras till vätgas.

Hydrogen – Det internationella namnet för vätgas.

HRS – Hydrogen Refueling Stations. Internationella namnet för tankstationer för vätgas.

HVO – Hydrotreated vegetable oil, eller på svenska: Hydrerad Vegetabilisk Olja.

RME – Rapeseed Methyl Ester, eller på svenska: Rapsmetylester.

MSB - Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap.

3 Inledning

Bakgrunden till studien är diskussioner mellan aktörer inom nätverket Sustainable Småland, Volvo CE, Linnéuniversitetet, Växjö Energi och Växjö kommun tillsammans med Småländska Bränslen och Energikontor Sydost, som startade i slutet av 2018. Dessa aktörer har olika ingångar och intressen kring användning, produktion och distribution av förnybar vätgas.

Den tunga fordonsindustrin, som är en viktig bransch i länet med många anställda, kan med arbetsmaskiner med bränsleceller istället för förbränningsmotorer lösa problem med lokala luftföroreningar och reducera klimatpåverkan. Dessutom minskar problem med buller och vibrationer, vilket bidrar till en förbättrad arbets- och närmiljö. Kundernas miljökrav ökar och vissa beställare vill idag endast köpa nollemissionsfordon. Offentliga aktörer driver på omställningen mot fossilbränslefria arbetsmaskiner genom att ställa krav i upphandlingar. För att vidareutveckla ny teknik och sprida ny kunskap om förnybara drivmedel och energieffektiva lösningar inom transportsektorn, behövs bättre tillgång till test- och demonstrationsmöjligheter och detta bör göras i samverkan mellan offentlig sektor, näringsliv och universitet.

Utsläppen från transporter utgör huvuddelen av de växthusgaser som släpps ut i Kronobergs län och det är nödvändigt att hitta ett alternativ om de regionala miljömålen ska nås.

Gruppen tog kontakt med Region Kronoberg och Tillväxtverket för att undersöka möjligheten att få stöd från Regionalfonden Småland och Öarna samt Region Kronobergs regionala tillväxtmedel, för en förstudie och påföljande ordinarie projekt. En förstudie beviljades och startade i juni 2019

3.1 Varför är vätgas intressant idag?

Vätgas ses som ett av framtidens drivmedel i en fossilfri värld runt om i världen. Stora satsningar på vätgas som drivmedel görs framförallt i Kalifornien, Japan, Sydkorea, Kina och Tyskland. Toyota bygger en vätgasstad vid Fuji i Japan och satsar på att ta fram vätgasdrivna fordon till OS i Japan under 2020. Tyskland är det land i Europa som har den största satsningen på infrastruktur för vätgas. Där öppnas ungefär en mack i veckan och inom kort siktar de på 100 tankstationer.

Flera stora biltillverkare har under det senaste halvåret gått ut med stora satsningar kring vätgas och flera lastbiltillverkare. Bland dem som visar nya modeller för vätgas finns BMW, Renault och Toyota Mirai. Hyundai kommer att leverera 1600 vätgasdrivna lastbilar till Schweiz fram till 2025. Norge siktar på 1000 vätgasdrivna lastbilar till år 2023.

3.2 Framtiden – en mix av förnybara drivmedel

Idag är bensin och diesel det dominerande bränslet. I en framtid med förnybara drivmedel kommer alternativen vara flera där valet av drivmedel och fordon beror på hur fordonet används. Den delade bilden är att det kommer behövas flera tekniker och drivmedelsslag för att uppnå fossilfri vägtransport¹. Det förnybara drivmedel som ökat mest i Sverige är användningen av HVO (hydrotreated vegetable oil). Råvaran för den HVO som används i Sverige 2018 är främst från PFAD (Palm Fatty Acid Distillate), som är en biprodukt från palmolja-produktion och från avfall från slakteri. Råttolja-användningen står för ca. 14%.

¹ Bilden delas även i föregående studie kring vätgas, tex. (Sweco, 2014) av forskare, tex Maria Grahm på Chalmers och företag som tex. Statkraft.

(Energimyndigheten 2019). I Sverige produceras HVO sedan 2010 genom SunPine och Preemraff, från råvaran tallolja. Tallolja är en biprodukt från pappersmassaindustrin i Sverige. STI1 i Göteborg startar en produktionslinje med förnybar diesel under 2019/2020.

HVO har slagit igenom eftersom det är lätt att ersätta fossil diesel och bensin med HVO, vad det gäller både infrastruktur och fordon. Den största mängden HVO importeras till Sverige och idag har Sverige omkring 25% av världsmarknaden av HVO. I en framtid med hårdare politiska målsättningar för klimatet tros konkurrensen på HVO ökar, och eftersom det är en begränsad produktion förutspås priset på HVO stiga i och med en ökad konkurrens. Ett exempel där en prisökning som redan i rad har skett påverkar valet av bränsle är inom kollektivtrafiken i Blekinge. Blekingetrafiken har kört kollektivtrafiken i Blekinge på HVO men under de senaste åren har drivmedlet skiftat till RME (Rapsmetylester) för att priset på HVO har stigit och priset på RME har varit mer fördelaktigt.

FAME (Fettsyrametylester) är ett annat flytande biogent bränsle som används både i inblandning i fossila drivmedel och till 100% i fordon i Sverige. I Sverige är det nästan uteslutande raps som används för framställning av FAME, dvs RME. RME är som HVO, ett flytande bränsle som beter sig i stort sett som de fossila alternativen och kan använda den infrastruktur som finns idag. Vi har produktion av RME i Sverige, men större delen importeras. RME produceras både i stora och små anläggningar i Sverige. Största producenterna är Perstorp Bioproducts och Ecobränsle. Användningen av RME har gått ner de senaste åren, men under 2018 användes mer RME än jämfört med 2017. Den övervägande mängden råvara till FAME kommer från EU-medlemsstater och 6% från Sverige, största mängden utanför EU kommer från Australien.

Både HVO och RME är begränsade resurser där råvaran sätter begränsningen. HVO görs i första hand av fettrester, men även skogsråvara som tallolja och palmolja används. I Sverige produceras HVO vid raffinaderierna i Göteborg. Där är råvaran i första hand tallolja, som är en biprodukt från den svenska pappersmasseproduktionen.

Biogasmarknaden är en marknad som vuxit i Sverige de senaste åren. I de flesta kommuner i Kronoberg kan du idag tanka biogas. I de kommuner där det ännu inte går, är utbyggnaden planerad och påbörjad. Biogasen produceras i första hand från råvaror som utgörs av restprodukter och avfall. Den största mängden biogas produceras i Sverige. De senaste åren har dock importen av biogas ökat och år 2018 stod importerad biogas för 29% av den totala mängden. Importen från Danmark står för den största delen och har mer än fördubblats jämfört med året innan (Energimyndigheten 2019). Biogasen är också en begränsad resurs, men där det finns en utbyggd infrastruktur och fördelen är framförallt att den kan produceras och användas lokalt.

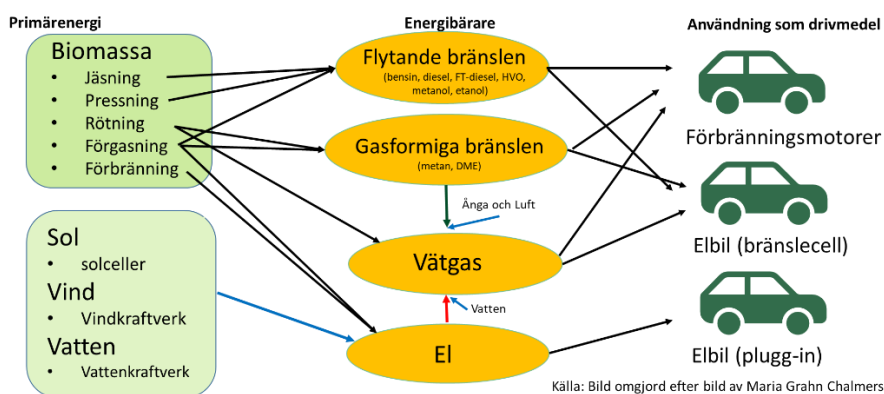
Sedan 2011 har användningen av etanol minskat kraftigt. Största anläggningen för etanolproduktion i Sverige är vid Lantmännen Agroetanol i Norrköping, som producerar etanol från grödor. Etanol produceras också i SEKABS anläggning i Örnsköldsvik där produktionen sker integrerat i sulfatmassabruket Domsjö Fabriker. Ursprunget för den etanol som använts i Sverige var under 2018 var främst från Ukraina (37%), Frankrike (19%) och Sverige (16%).

Det pågår flera satsningar på biodrivmedel från skogsråvara i Sverige. Södra startade 2019 produktion av grön metanol och håller fram till våren 2020 på att utreda möjligheter för produktion av flygbränsle från skogsråvara. Valmet, Fortum och Preem samarbetar för att utveckla teknik för att producera flytande bränslen från skogsråvara. Hösten 2019 startade bygget av världens största anläggning för produktion av pyrolysolja från sågspån på Setras sågverk i Gävle. Pyrolysoljan kan användas som råvara till att producera biodrivmedel vid Preems raffinaderier i Lysekil.

Elektrobränsle är ett annat möjligt förnybart bränsle i framtiden. Elektrobränsle är ett samlingsnamn för syntetiska bränslen som framställs från el till vätgas och syrgas. Vätgasen får sedan reagera med koldioxid tex. som finns i industrins rökgaser och bilda metanol eller annat kolväte som kan användas som drivmedel (Grahn & Jannasch 2018).

Utbyggnaden av infrastruktur för elfordon har pågått de senaste åren och många nya bilar är elbilar i någon form. Begränsningen för elbilar är inte i första hand tillgång till råvara, utan kapacitet i elnät och utbyggnad av infrastruktur. Elproduktion från sol och vind är begränsad i antal timmar på året som solen skiner och vinden blåser, men annars är råvaran inte begränsad utan det som sätter begränsningarna och tidsaspekten är tillgång till mark och tillstånd av olika slag.

Vätgas används idag endast på ett fåtal ställen. Vätgas kan användas både i förbränningsmotorer och i bränsleceller. Vätgasbilen fungerar som en elbil, men med ett drivmedel som har en liknande infrastruktur som de konventionella bränslena. Vätgas produceras idag från el eller från biogas, men i framtiden troligtvis även från skogsråvara. Det finns begränsningar för vätgasproduktion från biogas och skogsråvara, men när det gäller vätgas från el och vindkraft är det inte råvaran som i första hand sätter begränsningen utan tillgång till mark och tillstånd. Vid användning av el direkt kan kapaciteten på elnätet vara begränsande i en närtid.



Figur 1. Primärenergi, energibärare och användning av förnybara drivmedel.

Intresset för vätgas som fordonsbränsle har gått upp och ner sedan 80-talet. Idag är det en starkare trend än på länge och många tror att det blir en del av en framtida lösning, både forskare, företagare och branschföreträdare.

Det som framförallt drivit på vätgasens utveckling i Asien och Europa är de politiska ambitionerna. På många ställen är fokus att begränsa utsläppen till noll från tank-to-wheel. Det innebär att alla bränslen med kol utesluts, även om de är från förnybart ursprung. De enda bränslena som då är möjliga är el, vätgas eller ammoniak.

Ammoniak kan användas i både förbränningsmotorer och bränsleceller. Nackdelen är att har en frätande effekt och att det kan bildas kväveoxider vid användning. Men det bidrar inte till växthuseffekten vid användning eller vid rätt framställning.

3.3 Regionala mål, planer och policy

Gröna Kronoberg

Den regionala utvecklingsstrategin för Kronoberg 2019 – 2025, GRÖNA KRONOBERG, nämner att transportsektorns klimatpåverkande utsläpp måste minska för att Kronoberg ska kunna nå utsläppsmålen. Det kräver både nya och kraftfulla åtgärder där de hållbara alternativen behöver öka.

Fossilbränslefritt Kronoberg 2030 och plusenergilän 2050

Målet för Kronobergs län är att användningen av fossila bränslen har upphört till år 2030 och att produktionen av förnybar energi och biobränsle överstiger den totala energianvändningen i länet år 2050.

Regional plan för infrastruktur för elfordon och förnybara drivmedel

Vätgas omfattas av den regionala planen för infrastruktur för elfordon och förnybara drivmedel i Kronobergs län från december 2019 (Länsstyrelsen 2019). I planen beskrivs vätgas, samt vätgasens roll i nuläget och hur den kan komma att se ut i framtiden. Det lyfts fram att vätgasen har en roll att fylla i utvecklingen och användningen av förnybara drivmedel, men att det finns utmaningar i brist på fordon, tankställen samt produktion. Planen lyfter att en framtida etablering är lämplig längs länets större trafikstråk och vid framtida produktionsanläggningar.

Kommunala fordonspolicy

I Växjö kommun finns vätgas utskrivet som ett av de förnybara alternativen. Övriga kommuner har en mer allmänt hållen fordonspolicy.

3.4 Sverige prioriterar inte vätgas som drivmedel

År 2010 valde svenska myndigheter att göra vätgas till ett bevakningsområde istället för ett område där insatser skall göras. De satsningar kring vätgas som idag får stöd är vätgas för industriell användning och vätgas för lagring. Vätgas för drivmedel är inte prioriterat.

FCH JU är ett av EU-kommissionens forsknings och- och utvecklingsprogram för vätgas och bränsleceller. Programmet har en budget på 1,8 miljarder Euro från EU-kommissionen och näringslivet för att demonstrera och utveckla teknik i olika applikationer i energisystemet, byggnader och transporter.

Genom att ta fram en nationell strategi för vätgas, tror Vätgas Sverige att Sverige har större möjligheter att ta del av de EU-medel som finns att söka inom bland annat FCH JU.

4 Omvärldsbevakning

4.1 Vätgasens historia och svenska pionjärer

Vätgasatomen upptäcktes 1766 av Henry Cavendish och namngavs 1783 av Antoine Lavoisier (Vätgas Sverige, 05-11-2019).

Bränslecellen och elektrolysören började utvecklas redan på 1800-talet. Det har funnits forskning inom området sedan 1960-talet i Sverige, då främst på ASEA.

Inom industrin har vätgas använts i över 100 år.

Olof Tegström är den svensk som arbetat längst och intensivast med att skapa ett intresse för vätgasen och ingick bland annat i ett internationellt forskarnätverk kring vätgas med start på 1970-talet. För att fira Härnösands kommuns 400-årsjubileum, 1985, startade Olof Tegström tillsammans med Härnösands kommun och Mittuniversitetet projektet: WELGAS – Wind, Electricity and Gas. I projektet byggdes ett lågenergihus som drevs av energi som lagrades i vätgas som producerades av el från ett inhyrt vindkraftverk. Utöver vätgasutrustning till det nya huset byggdes också en carport för en vätgasdriven bil. Bilen var en Saab 900 som byggts om till vätgasdrift av elever på Mittuniversitetet (Hemab, 02-01-2020). Vätgas fick inga statliga bidrag och projektet WELGAS skrotades efter två år.

2010-talets vätgaspionjär heter Hans-Olof Nilsson. 2015 kapade Hans-Olof kontakten med elnätet för sin villa. Istället producerar han solceller som försörjer huset på sommaren och överskottet lagras i vätgas som sedan försörjer huset under vintern då solen inte lyser.

4.2 Tidigare studier, befintliga nätverk och forskningsprojekt

Rapporten: *Vätgasinfrastruktur för transporter* innehåller ett genomarbetat fakta-och kunskapsunderlag om vätgas som fordonsbränsle (Sweco, 2014). I rapporten beskrivs energisystemet och vätgasens roll i den svenska energisystemet samt en aktörsanalys. Rapporten resulterar i förslag på en implementeringsplan för väginfrastruktur i Sverige mellan åren 2014 – 2020. Författarna till rapporten förutser att år 2020 i Sverige kommer sannolikt vätgasproduktion till största delen ske i centrala elektrolysörer och transporteras i trycksatta kärl på lastbil. På längre sikt förväntas vätgasproduktion ske från förnybar el och biomassa. Verkligheten idag, år 2020, möter det författarna förutsåg. Det finns endast en liten pilot av vätgasproduktion vid tankstation i drift, övrig vätgas produceras i centrala elektrolysörer och transporteras via pipe-line (Sandviken) och vägtransport till tankställen (Mariestad, Arlanda).

I studien (Sweco 2016) togs mål och visioner fram för en strategisk innovationsagenda för vätgas som fordon för att ansöka om att bli ett så kallat strategiskt innovationsprogram (SIP) med finansiering från Energimyndigheten. Innovationsagendan Vätgas för fordon blev inte ett av de beviljade strategiska innovationsprogrammen 2017 (Sweco 2017).

I den nordiska studien *Blue Move for a Green Economy* beskrivs 13 case som utifrån sina regionala förutsättningar utvecklat lyckade projekt (Blue Move, 2017). *The Blue Move for a Green Economy* var ett EU-finansierat projekt som avslutades 2018. Projektet fokuserade på vätgasanvändning inom transportsektorn och främjade hela kedjan där vätgas används som drivmedel, från produktion och distribution till användning hos slutkonsumenter. Blue Move syftade till att ge vätgas som drivmedel stöd och förutsättningar för att utvecklas. En viktig slutsats från det projektet är att eftersom denna utveckling baseras på lokal entusiasm och

drivkraft, bildar denna typ av kluster en bättre grund för vidare expansion och snabbare lönsamhet än någon teoretiskt utvecklad strategi kring var den lämpligaste utbyggnaden ska ske (Blue Move, 2018). Inom projektet *The Blue Move for a Green Economy* har även erfarenheter och rekommendationer från drift av bränslecellsbilar sammanställts (the Blue Move, 2018b).

På SSAB i Oxelösund har ett demonstrationsprojekt kring vätgasdrivna truckar genomförts fram till 2018 (Berk och Reiber 2018). Effekterna av införandet studerades och bland annat visade resultaten att en bränslecellstruck kan minska koldioxidutsläppen med 77% jämfört med en dieseldriven referenstruck. Energiförbrukningen visade sig vara 40% mindre. Studien visar också att det finns ekonomiska incitament för en övergång till bränslecellstruckar förutsatt att vätgasbehovet är stort per dygn så att nyttjandegraden på en tankstation är hög.

Tidigare studier visar att priset på vätgas minskar om vätgaspåfyllnings-stationen har en hög nyttjandegrad och är en avgörande faktor för kalkylen (ex. Berk och Reiber 2018; the Blue Move 2018b).

Drivkrafter och hinder för vätgas till fordon beskrivs i flertalet rapporter, bland annat i Sweco 2014, Sweco 2016 och Blue Move 2018. Många av de drivkrafter och hinder som beskrivs, kvarstår även 2020. Det som kanske har ändrats sedan 2014 och 2016 är att det idag finns grupper runt om på lokal nivå som gör lobbyarbete på Regioner. Det finns grupper av företag och aktörer som jobbar med vätgasfrågan. Media rapporterar mer kring vätgas och oftast i positiva ordalag. I Kronobergs län finns det ett antal grupper och aktörer som gått samman för att driva vätgasfrågan vidare. Rotaryklubben i Markaryd och Business arena i Ljungby är två exempel. Under hösten 2019 anordnades en studiecirkel i Kronobergs län kring vätgas med föreläsningar och en studieresa till Mariestad via Studieförbundet.

Förutom de lokala grupperna som arbetar för vätgas i Kronobergs län finns sedan 2007 Vätgas Sverige som är den största aktören som jobbar för en utbyggd vätgasinfrastruktur. Vätgas Sverige består av ca 50 medlemmar från näringsliv, institut, kommuner, regioner, nationella myndigheter och föreningar. Verksamheten bedrivs i form av en ideell förening och består av en styrelse, ett kansli och medlemmar.

Forskning kring vätgas bedrivs runt om i Sverige. Flera av de stora universiteten och högskolorna har kurser på mastersnivå som behandlar bränsleceller eller vätgassystemet. Några av de satsningar som görs nämns här nedan:

- På RISE² rör forskningen kring vätgas allt från arbetsmaskiner, fartyg, fordon med bränsleceller, förnybara energisystem i fastigheter, energilager, vätgasinfrastrukturer, säkerhet till strategier för grön omställning.
- Just nu har Chalmers en gäst-forskare från California State University, Los Angeles som de senaste 10 åren har jobbat med vätgasforskning, för att öka utbytet kring bland annat vätgas. Det pågår även forskning kring nya material för bränsleceller³, kring

² Mer information hittas på RISE hemsida: <https://www.ri.se/sv/vad-vi-gor/expertiser/vatgas-och-bransleceller>

³ Artikel kring nytt material: <https://www.chalmers.se/sv/styrkeomraden/transport/nyheter/Sidor/Nytt-material-for-bransleceller.aspx>

sensorer för vätgas⁴ och systemstudier för transportsektorn där vätgas är ett alternativ som drivmedel eller som råvara till elektrobränslen⁵.

- På KTH arbetar man bland annat med nya material för elektrolyser⁶, eller nya sätt att ta fram vätgas⁷ samt systemaspekter.
- På Uppsala Universitet forskar man bland annat på att ta fram nya metoder för vätgastillverkning utan att använda sällsynta metaller.⁸
- Även på Lunds universitet finns det forskning kring vätgas i olika delar, allt från bränslecellenskomponenter, vätgasframställning och systemintegration.
- På Linnéuniversitetet pågår forskning kring vätgasproduktion via förgasning i samarbete med Växjö energi. Forskningen är en del av projektet Klimatneutralt Växjö 2030, som är en del i det strategiska innovationsprogrammet Viable Cities⁹. Forskningen kopplar an till projektets andra delmål: *att utreda förutsättningarna för produktion och användning av vätgas i Växjö.*

Som en del i underlag till Region Kronobergs kommande kollektivtrafikupphandling har Trivector under hösten 2019 analyserat möjligheterna med vätgasdrivna bussar i Kronobergs länstrafik. Slutsatsen av analysen är att vätgasdrift i hela kollektivtrafiken medför stora risker och att bränslecellsdrift istället bör testas först småskaligt och gärna i samverkan med tex en publik tankstation (Andersson & Englesson 2019).

4.3 Pågående vätgasprojekt i Sverige (2019)

Intresset för vätgas är stort och nya idéer och projekt kring vätgas har startat runt om i Sverige det senaste året. Eftersom detta är ett område under ständig utveckling kommer det att uppkomma nya projekt hela tiden. Men några av de projekt som startat innan eller under 2019 och som är på gång listas i texten nedan:

Hybrit

Hybrit är ett initiativ mellan SSAB, LKAB och Vattenfall med målet att göra tillverkningen av stål koldioxidfri. Processen går ut på att byta det kol som används i ståltillverkningen mot förnybart tillverkad vätgas istället. En förstudie under 2016 – 2017 visade att byte av kol mot vätgas, givet de priser som då gällde på el, koldioxid och kol, innebär en kostnadsökning på 20-30%. Men studien visade också att i en framtid med högre priser på koldioxid och lägre priser på el, kan en stålproduktion med förnybar vätgas istället för fossilt kol vara marknadsmässigt konkurrenskraftig (Hybrit development, 2020). Som ett första steg byggdes under 2018 en pilotanläggning i Luleå. Målet med projektet är att ha en fossilfri stålproduktion år 2035. Om Hybrit lyckas kommer det kunna leda till att Sveriges koldioxidutsläpp reduceras med 10% och

⁴ Exempel på forskningen: <https://www.energinyheter.se/20190802/20278/ny-forskning-varldens-snabbaste-vgassensor-baddar-ren-energi>

⁵ Mer information kring elektrobränsle finns bland annat i Maria Grahns publikationer: <https://www.chalmers.se/sv/personal/Sidor/maria-grahn.aspx>

⁶ Exempel på forskningen: <https://www.kth.se/forskning/artiklar/nytt-material-ger-billig-vgasproduktion-1.799926>

⁷ Exempel på forskningen: <https://www.ivl.se/toppeny/pressrum/pressmeddelanden/pressmeddelande---arkiv/2019-06-27-nya-resurseffektiva-kolfiberelektroder-for-att-utvinna-vgas-fran-avloppsvatten.html>

⁸ Exempel på forskningen: <https://www.uppsalauniversitet.se/nyheter-press/nyheter/artikel/?id=13206&typ=artikel>

⁹ <https://www.viablecities.se/foi-projekt/klimatneutrala-vaxjo-2030>

Finlands reduceras med 7%, enligt ordförande i Hybrit development (Metalliska material, hämtad 25-02-2020).

Preemraff i Göteborg

Preemraff i Göteborg har under 2019 ingått ett samarbete med Vattenfall där det planeras att bygga en elektrolysanläggning med grön el som förser raffinaderiet i Göteborg med förnybar vätgas för produktion av deras förnybara diesel och bensin.

Husprojekt

Flera husprojekt med vätgaslager är på gång. Det första projektet är ett miljonprojekts-område i Vårgårda utanför Göteborg som renoveras till Sveriges första flerfamiljshus med egen produktion och lagring av vätgas. I Mariestad planeras för två förskolor som ska byggas och drivas med sol och vätgas, baserat på samma teknik som i Vårgårda.

Zero-Sun

Projektet Zero-Sun (Skelefteå Kraft, 2019) drivs av Skelefteå Kraft tillsammans med samarbetspartners med syfte att studera energisystemet för ett självförsörjande hus där solceller, batterier, elektrolys, bergvärme, vätgas och bränsleceller samspelar för att villan ska klara självförsörjningen utan att kopplas till elnätet.

Zero Emission Hydrogen Turbine Center

I slutet av 2019 beviljades Siemens i Finnspång tillsammans med Länsstyrelsen i Östergötland, Finnspångs kommun, AGA Linde, Chalmers och Bologna Universitet medel från Energimyndigheten och programmet ERA-Net Smart Energy Systems för att genomföra projektet Zero Emission Hydrogen Turbine Center. Syftet är att genom projektet demonstrera hur förnybar elproduktion, energilagring i vätgas och gasturbiner kan samverka i ett framtida flexibelt och fossilfritt energisystem.

Nordic Hydrogen Corridor (NHC)

Ett EU-finansierat projekt som startade 2018 och där Vätgas Sverige är projektledare sedan januari 2020. Projektet pågår till och med 2020 och syftet är att bygga åtta vätgastankstationer, minst 100 elbilar med bränsleceller ska köpas in och en elektrolysör skall byggas i Sverige.

Scania i samverkan med Renova

Scania bygger ett renhållningsfordon som drivs med bränsleceller åt Renova i Göteborg. Fordonet väger 27 ton och det är Svenska Powercell som levererar bränslecellen. Scania utvecklar även bränslecellsdrivna lastbilar och har en beställning på fyra lastbilar från norska dagligvaruleverantören Asko (Scania 2018).

4.4 Erfarenheter från Danmark

Utvecklingen att bygga vätgasnätverk i Danmark startade i början av 2000-talet. Mellan 2012 och 2017 öppnades flera tankstationer och flera bilar köptes in. Satsningen resulterade i att Danmark blev första land med ett rikstäckande nätverk av vätgastankstationer. 2017 fanns 77 vätgasbilar och 10 vätgastankstationer. Idag, 2020, finns det 85 bilar och 6 tankstationer för personbilar och det finns planer på 6 - 20 taxibilar i Köpenhamns samt ny tankstation i Köpenhamn och 3 bussar och tankstation i Aalborg. Idag finns inga privata vätgasbilar i Danmark (Strandmöllen, 14-02-2020).

En del i förklaringen till att vätgasutvecklingen i princip stannat mellan 2017 och 2020 i Danmark är att priserna för bilar inte minskat som förutspådd, dels att det idag inte går att få tag på vätgasbilar för att Toyota satsar allt på bilar till OS 2020 men också för att de små produktionsanläggningarna av vätgas inte har fungerat.

5 Bakgrund

5.1 Fakta kring vätgas

Vätgas är ett mycket vanligt förekommande grundämne på jorden, men sällan som ren vätgas. Det är istället bundet till andra grundämnen tex, syre i vatten eller kol i metan. Två sätt att utvinna vätgas är att skilja vätgas från syre i vattenmolekylen genom elektrolys eller från kolatomen genom reformering eller förgasning.

Vätgas är det tidigaste bildade grundämnet i universum och det är även det lättaste ($0,089\text{kg}/\text{Nm}^3$). Vid standardtryck och standardtemperatur (0°C) är väte en tvåatomig gas (H_2), den är doftlös, färglös och mycket lättantändlig.

Vätgas är ett kraftfullt bränsle för det frigörs stora mängder energi när vätgas reagerar med syre (dvs brinner). Vätgas innehåller $33\text{kWh}/\text{kg}$ (Östberg, 2017), vilket kan jämföras med ett energiinnehåll på ca. $12\text{kWh}/\text{kg}$ (vid 15°C) för bensin och diesel (SPBI 2020) och ca. $0,1 - 0,2\text{kWh}/\text{kg}$ för fordonsbatterier. Det gör det lämpligt att driva fordon och elgeneratorer. Slutprodukten är vanligt vatten, eftersom vätgas reagerar med syre och bildar H_2O .

Energitätheten är hög per massenhet, men låg per volymenhet. Det är därför vanligast att lagra och transportera vätgas i komprimerad form vid 200 - 700 bar eller i flytande form, vilket den antar vid -253°C . Det är i komprimerad form som vätgas används i bränsleceller för att driva fordon. Tankning sker vid två tryck enligt gällande standard, 350 bar för bussar och 700 bar för personbilar.

Vätgas kan användas som drivmedel i fordon, som energilager av el eller som energilager i bärbara apparater, hus och byggnader, samt som råvara till industri.

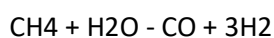
5.2 Vätgasproduktion

Det vanligast sättet att producera vätgas är via reformering av naturgas och spjälkning av vatten via elektrolys. Förgasning av skogsråvara är ett alternativ som ligger längre fram i tiden. I Kronobergs län finns det goda förutsättningar för alla tre alternativen.

5.2.1 Ångreformering

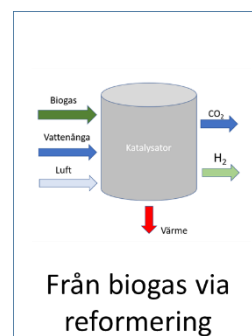
Ångreformering kan användas för att framställa vätgas från kolvätebaserade bränslen, som naturgas eller biogas. Ångreformering är idag mycket vanligt förekommande i industrin, tex raffinaderier, då baserat på naturgas.

Processen är endotermisk, dvs kräver energi med en hög temperatur ($700 - 1100^\circ\text{C}$) och närvaro av metallbaserad katalysator. Vattenången reagerar med metanet och bildar koldioxid och vätgas. Kemiska reaktionen är:



Verkningsgrad vid reformering

Verkningsgraden för reformering av naturgas är ca. 70%. I rapporten (Sweco, 2014) görs en sammanställning av litteraturen som visar att verkningsgraden för reformering varierar mellan



55 - 80%. Vid reformering frigörs värme och verkningsgraden beror på om värmen som bildas tas tillvara eller går förlorad.

5.2.2 Elektrolys

Vid elektrolys används elektricitet för att spjälka vattenmolekylerna till syre och vätgas. Hur miljövänlig produktionen är beror på varifrån elen kommer.

Spjälkningen av vattenmolekylerna är endoterm – dvs avger energi vid ca. 65°C.

Energiåtgången vid elektrolys är omkring 56kW el för att producera 1kg vätgas.

Livslängd på en elektrolys-stack är mellan 5 – 10 år. Livslängden beror på tillgängligheten på elektrolysen och byts vanligtvis efter antal drifttimmar och inte år.

Vattenförbrukningen är omkring 10 liter vatten per kg producerad vätgas.

Verkningsgrad vid reformering

Verkningsgraden för elektrolysprocessen är ca. 70%. I rapporten (Sweco, 2014) görs en sammanställning av litteraturen som visar att verkningsgraden för reformering varierar mellan 55 - 73%. Vid elektrolys frigörs värme och verkningsgraden beror på om värmets som bildas tas tillvara eller går förlorad. Elektrolysörer på en lägre effekt har en bättre verkningsgrad än de som körs fullt ut (Oazer, 2020).

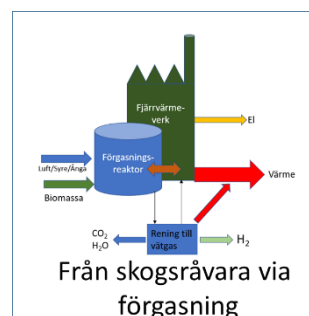
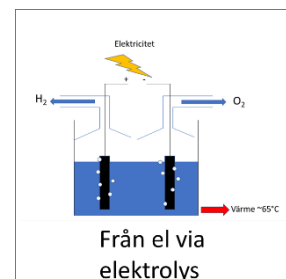
Energiförlusterna är störst vid produktion av vätgas och vid distribution/lagring. Eftersom vätgas är lättflyktigt behöver det lagras under tryck, vilket kräver energi. Vid komprimering av vätgas från atmosfärstryck till 200 bar, går det åt ca. 15MJ per kg vätgas, vilket motsvarar 12 - 13% av det lägre värmevärdet för gasen (Ball & Wirtschel 2009). Energiåtgången för komprimering av vätgas uppskattas till 11% av det lägre värmevärdet för gasen för 200 bar, 14% av det lägre värmevärdet för gasen upp till 350 bar och 18% av det lägre värmevärdet av gasen upp till 700 bar (Sweco 2014).

Ju mer gasen komprimeras, ju mindre lagringsutrymme behövs, dock ökar energiförlusterna. Dessutom ställs det större krav på de kärl som skall laga vätgas. De behållare som klarar tryck på 700 bar eller högre är idag dyra.

5.2.3 Förgasning

Förgasning är en termokemisk process som omvandlar fasta eller flytande bränslen till en gas med högt energiinnehåll (sk. Syntesgas). Syntesgasen innehåller bland annat metan, vätgas och kolmonoxid. Genom att separera vätgas från syntesgasen genom olika omvandlingssteg kan en ren vätgas fås. Koldioxid och vatten bildas också vid omvandlingen. Genom att placera en förgasningsanläggning vid ett fjärrvärmeverk som hanterar stora strömmar av skogsråvara kan värmen som bildas vid förgasning nyttjas i fjärrvärmesystemet, befintlig teknik och personal kan användas, samt andra nyttor som logistik av biomassa kan samverka.

Linnéuniversitetet har ett pågående projekt tillsammans med Växjö energi som undersöker möjligheterna att bygga en förgasningsanläggning kopplat till en av pannorna på Växjö energi.



Verkningsgrad vid reformering

Verkningsgraden för elektrolysisprocessen är ca. 70%. I rapporten (Sweco, 2014) görs en sammanställning av litteraturen som visar att verkningsgraden för reformering varierar mellan 55 - 73%. Vid elektrolysis frigörs värme och verkningsgraden beror på om värmet som bildas tas tillvara eller går förlorat.

5.2.4 Övriga produktionsalternativ

Vätgas kan bildas som biprodukt vid katalysatorreformering av nafta, som är den vanliga processen i ett raffinaderi. Vätgas uppstår även som biprodukt vid klortillverkning inom den kemiska industrin.

Elektrolysis används inom aluminiumindustrin för att förbättra aluminiumets egenskaper. Vid dessa processer bildas vätgas som en biprodukt.

Flera forskningsprojekt pågår för att hitta alternativa sätt att producera vätgas med mindre mängd vätgas eller helt utan. Som exempel pågår forskning för att utvinna vätgas med hjälp av cyanobakterier och hur vätgas kan framställas med hjälp av artificiell fotosyntes.

I Köping ska det byggas en produktionsanläggning för att bränna skrot. Detta skall ske i ugnar som håller en så hög temperatur att det som stoppas ner övergår i atomer och medför en ren utgående gas. Vätgas är primärprodukten i systemet och den koldioxid som bildas kan komma att förvaras i flytande form¹⁰.

IVL och KTH arbetar även med att ta fram kolfiberelektroder för möjligheten att utvinna vätgas från avloppsvatten¹¹.

5.3 Användning och produktion av vätgas 2019

Idag används vätgas främst som råvara inom kemiindustrin, där vätgas tex. används för att tillverka ammoniak som i sin tur kan används för tillverkning av konstgödsel. Ett annat vanligt användningsområde är på raffinaderier, där vätgas används för att omvandla råolja till bensin och diesel. Den industriella vätgasanvändningen sker i:

- 55% för tillverkning av ammoniak
- 25% till raffinaderier och drivmedeltillverkning
- 10% för tillverkning av metanol
- 10% för tillverkning av andra produkter (stål, glas och mat)

Det vanligaste produktionssättet för vätgas är via reformering av naturgas. 70 % av världens vätgas produceras från naturgas, 25% från olja, kol och bi-produkter och 5% genom elektrolysis (Vätgas Sverige, 05-11-2019). Den årliga produktionen av vätgas i världen är ca. 45 - 50 miljoner ton per år (Vätgas Sverige, 05-11-2019).

¹⁰ Läs mer om nyheten här: <https://koping.se/nyheter/2019-12-06-kopings-kommun-skriver-avsiktsforklaring-med-ett-foretag-i-framkant-inom-miljo.html#>

¹¹ Artikel kring forskningen: <https://www.ivl.se/toppmeny/pressrum/pressmeddelanden/pressmeddelande---arkiv/2019-06-27-nya-resurseffektiva-kolfiberelektroder-for-att-utvinna-vatgas-fran-avloppsvatten.html>

5.3.1 Storskalig vätgasproduktion i Sverige

Vätgas produceras och används främst inom industrin i Sverige. Nedan listas några stora producenter och användare:

- Premraff i Lysekil (Naturgasreformer med kapacitet på 200 000 Nm³/h (Blue Move, 2017))
- Inovyns Alkali industri i Stenungssund
- Preemraff i Göteborg (Har en naturgasreform, ska även bygga en elektrolysanläggning med en kapacitet på 20 MW_{vätgas} (Bioenergitidningen, 06-05-2019))
- Höganäs i Höganäs (1 500 Nm³/h reformer och 700 Nm³/h elektrolysör (Blue Move, 2017))
- AAK i Karlshamn (2x 600 Nm³/h elektrolysör (Blue Move, 2017))
- Sandvik i Sandviken (2x 275 Nm³/h elektrolysör (Blue Move, 2017))
- Halmstad (2x 250 M.3/h elektrolysör (Blue Move, 2017))

5.4 Lager och tankstation

Eftersom vätgas har en låg energitäthet per volym, behöver den lagras under tryck eller vid mycket låga temperaturer (-253°C). Ju mer gasen komprimeras, ju mindre lagringsutrymme behövs, dock ökar energiförlusterna. Dessutom ställs det större krav på de kärl som skall lagra vätgas. De behållare som klarar tryck på 700 bar eller högre är idag dyra. Det kan därför vara en fördel att lagra vätgas vid lägre tryck. Idag distribueras och lagras vätgas vanligtvis runt 200 bar.

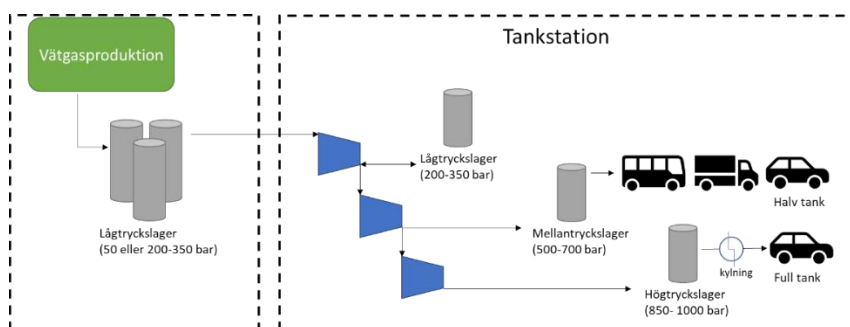
Kostnaden för tankstation beror på vad man vill tanka. Mycket snabbbladdning vid höga tryck blir dyrare, då lagringen är dyrare i material och kräver även kylning vid sänkning av trycket från ca. 1000 bar till 700 bar. Lagring och tankning vid 350 bar blir billigare. Längre tankningar blir också billigare, då inte samma lagringsvolym är nödvändig.

Vid små stationer utformas tankningen med fördel med en multikompressor som klarar att höja trycket i olika steg. Medan vid större volymer och kontinuerlig drift är det en fördel med optimerade kompressorer. El-åtgången för tankstationen är därmed också svår att bedöma. Enligt (Ball & Wirtschel, 2009) krävs det ca. 15 MJ per kg vätgas för att höja trycket från atmosfärstryck till 200bar, vilket motsvarar ca. 10 - 13% av det lägre värmevärdet för vätgasen.

Figur 2, visar en principskiss för hur lagring och tankstation för vätgas är uppbyggd. Först lagras vätgas i lager nära produktionen av vätgas, antingen vid 50 bar eller vid högre tryck runt 200 - 350 bar. De högre trycken används om vätgasen skall distribueras till annan plats med hjälp av fordon, annars lagras vätgasen i lågtryckslager vid tankstationen. Tankstationen kan ha en eller flera kompressorer. En kompressor kan höja trycket till olika lagringsnivåer. Olika tryck behövs för olika fyllningar. För fyllning av tomma tankar behövs ca. 200 - 350 bar. För fyllning av bussar eller lastbilar, eller för en halv tank i en personbil, behövs ett lager på ca. 500 - 700 bar. För snabb tankning av personbilar behövs ett lager på ca. 850 - 1000 bar.

Vätgas blir varmt när det fylls från ett högre till ett lägre tryck. Det behövs därför också en kylning i tankstationen, vilket vanligtvis är ner till -40°C (Oazer, 2020).

Tankning av bussar och initialt också för lastbilar sker vid 350 bar. Tankning av personbilar och framöver även för lastbilar sker vid 700 bar.



Figur 2. Schematisk bild för att beskriva principen för hur lagring och tankstation för vätgas är uppbyggd. Komprimeringen kan ske i en kompressor, i flera steg eller i flera kompressorer.

5.4.1 Produktion av vätgas för drivmedel och tankstationer (HRS) i Sverige 2019

Idag finns det fyra tankställen för vätgas i drift. Dessa är (Vätgas Sverige, 2020a):

- **Göteborg, 2015**, operatör: Woikoski, leverantör av elektrolysör: Green hydrogen (ej i drift)
- **Arlanda, 2015**, operatör: AGA Linde, leverantör av elektrolysör: Green hydrogen
- **Sandviken, 2016**, operatör: AGA Linde, leverantör av elektrolysör: Green hydrogen
- **Mariestad, 2017**, operatör: H2 Logic/Värner Energi, leverantör av elektrolysör: Green hydrogen
- **Umeå, 2019**, operatör: Oazer, leverantör av elektrolysör: Green hydrogen

I Sandviken går det en pipeline med vätgas från vätgasproduktionen inne på företaget Sandvik till en tankstation belägen nära produktionsanläggningen. Det är även "överskotts"-vätgas från produktionen på Sandvik som förser tankstationen på Arlanda flygplats med vätgas.

I Mariestad invigdes världens största solcellsdrivna vätgasanläggning i juni 2019. Det gör att ungefär 1/10 av tankstationens kapacitet av vätgas kan produceras med hjälp av solenergi från solcellsparken som finns i anslutning till vätgas-tankstationen. Det drygt 1500 kvadratmeter stora solcellsfältet bredvid tankstationen ger 250 kilowatt effekt vilket räcker till att producera ca. 4000 kg vätgas per år. Vätgasen är tänkt att lagras under hela året och när behovet av vätgas ökar kan anläggningen utökas, enligt Mariestads kommun. Produktionsanläggningen i Mariestad väntar dock fortfarande på tillstånd för att köras och det är oklart om anläggningen kan få tillstånd i nuvarande form. I Mariestad är VänerEnergi ansvariga för drift och underhåll av anläggningen.

I Umeå är det företaget Oazer som levererat en containerbaserad tankstation som producerar vätgasen via elektrolys. Anläggningen är en demonstrationsanläggning och det är företaget Oazer som själva sköter och ansvarar för anläggningen. Planerna är att bygga ut och öka kapaciteten på anläggningen.

Tankning av fordon sker enligt en standard för vätgastankning. Vilket är 350 bar för Bussar och initiala lastbilstyper och 700 bar för personbilar, mindre fordon och framöver även lastbilar. Det går att utforma tankstationer så att det går att tanka vid både 350 och 700 bar.

5.5 Lagar, regler och tillstånd

Vätgas har använts inom industrin i mer än 100 år, det finns därför både internationella regler och standarder. Den svenska industrin och dess företag som idag hanterar stora mängder vätgas har också en stor kunskap kring hantering och säkerhet.

När det gäller etablering av vätgasproduktion och tankställen i Sverige så finns inga nationella regler eller ramverk utan varje enskilt fall hanteras av den enskilda kommunen och dess räddningstjänst. Varför det kan bli olika förhållningssätt och bedömningar vid varje fall av etablering. Idag finns inga nationella föreskrifter för vätgas, dessa är dock under utveckling av Energigas Sverige. Etablering av vätgasproduktion och tankstationer måste istället förhålla sig till regler som gäller för andra gaser. Vid etablering är det framförallt tre delar av installationen som omfattas av lagar och regler (Oazer, 2020):

- Brandskydd som hanteras direkt av räddningstjänsten
- Elsystemet som besiktas av ackrediterat 3-partsorgan
- Högtrycks systemet som besiktas av ackrediterat 3-partsorgan

De aktörer som under de senaste åren har arbetat med etablering av vätgasproduktion, lager eller tankstation vittnar om svårigheter och otydligheter kring lagar och regler. Vilket också har lett till förseningar för att få tillstånd. Vilket grundar sig på att det inte finns ett nationellt regelverk och en okunskap kring vätgas hos MSB (Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap), konsulter som gör riskbedömningen, 3-partsorgan och de lokala räddningstjänsterna. Ju fler projekt som sätts igång ju mer ökar kunskapen. Det pågår dessutom ett jobb hos Energigas Sverige för att upprätta föreskrifter för hantering av vätgas vid etablering av tankställen och vätgasproduktion som skall underlätta och hjälpa de myndigheter som beslutar om säkerhetsaspekter vid nyetablering.

5.6 Säkerhet

Vätgas är en reaktiv och brännbar gas som kan explodera vid "rätt" förhållanden. För att det ska ske krävs det en viss koncentration av vätgasen, tillräckligt med syre samt uppvärmning.

Men vätgas har varit en av de vanligaste industrigaserna väldigt länge och det finns därför stor erfarenhet av att både lagra och hantera gasen på ett säkert sätt. En fördel som vätgasen har är att den är flyktig, dvs den stiger snabbt och spänds ut i luften om den skulle läcka ut. Några exempel på säkerhetsåtgärder för hantering av vätgas är:

- Säkerställa att vätgas kan ta sig ut i tex. ett lager, dvs att det är tjocka väggar och ett tunt tak, eftersom vätgasen stiger och lägger sig i taken om det blir en läcka
- Gastuber i stället för stora tankar, vilket ger en mindre volym om en behållare skulle springa läck och en snabbare utblandning i luften (Elinsatallatören, 02-01-2020).
- Inga brandfarliga föremål i närheten
- Känsliga detekteringssystem vid anläggningen.
- Tjocka väggar som skyddar mot yttre påverkan som tex. brand.

Idag lagras vätgas i behållare av stål, kolfiber eller glasfiber. Läckagen är så små att de nästan är omätbara (Vätgas Sverige, 2020).

Alla bränslecellsbilar genomgår samma krocktester som konventionella bilar och bedöms därmed med samma stränga krav. Enligt Vätgas Sverige (Vätgas Sverige, 2020) undviks att en tank explodera på följande sätt:

- Det finns inget syre i tankarna – vilket gör att tankarna inte kan explodera
- Vid en ev. brand i bilen finns ventiler som stänger av vätgasflödet. Om temperaturen stiger kommer trycket i tanken att öka. För att inte det leder till en explosion finns det ventiler som släpper ut vätgasen – bort från bilens passagerare.
- Det finns sensorer som detektera ev. läckage på flera ställen. Dessa larmar och stänger flödet av vätgas om en läcka skulle uppstå.
- Vätgasen stiger uppåt vid läckage.

2019 hamnade Hyundai Nexo på Folksams lista över mest säkra och bränslesnåla bilmodeller, som första vätgasbil (Folksam 2019).

Den vätgas som används i samhället är inte samma vätgas som används för tillverkning av den farliga vätgasbomben. Den vätgas som används inom industrin, för lagring och för elproduktion är en vanligt förekommande väteisotop, även kallad Protium. För att skapa en vätebomb behövs däremot en ovanlig väteisotop, Tritium. Denna isotop förekommer inte naturligt utan framställs genom med hjälp av en kärnreaktor (Vätgas Sveige, 2020).

Många personer förknippar vätgas med det som hände luftskeppet Hindenburg i början på 1900-talet. Det var 1937 som det vätgasdrivna luftskeppet Hindenburg förvandlades till ett brinnande inferno utanför New York. Detta kom att kallas Hindenburg-katastrofen och innebar slutet för luftskeppsepoken. En trolig teori till varför luftskeppet Hindenburg brann, var att den hade en ytbeläggning av järnoxid och aluminium och att det var denna ytbehandling som antändes när en blixträffade fartyget (Vätgas Sverige, 05-11-2019). Vätgasen brann i sin tur upp snabbt och försvann, medan dieseln som skeppet var tankat med brann i tio timmar efter blixtnedslaget. Det medför att det är troligt att luftskeppet hade brunnit även om det varit fyllt med Helium, som var tänkt från början.

I juni 2019 skedde en brand av läckande vätgas som skapade en tryckvåg vid en vätgastank i Oslo. Orsaken till olyckan var en läckande högtryckstank, som inte var placerad där dispensern för påfyllning av vätgasbilar var placerad. Enligt installatören, Norska Nel, var anledningen att en del i högtrycksanläggningen inte var åtdragen med rätt vridmoment, dvs orsaken var den mänskliga faktorn. Ingen människa skadades allvarligt vid olyckan, men tre personer fick föras till sjukhus efter att deras air-bag utlösts av tryckvågen. Orsaken till den gnista som tände gasen är inte klarlagd, men möjliga teorier är statisk elektricitet eller friktion i gruset under tanken.

Olyckan i Norge har lett till flera säkerhetsåtgärder. Direkt efter olyckan stängdes samtliga vätgasmackar och mackarna har öppnats först efter att Norska myndigheter utrett händelsen. Mackarna började åter öppnas under vintern 2019 (Vätgas Sverige, 2019). Enligt tidningen Elinstallatören (Elinstallatören, aug 2019) inför företaget Nel utökade säkerhetsåtgärder vid installation med ytterligare en montör för att säkerställa att rätt vridmoment används.

Precis som vid hantering av andra gaser och drivmedel är det viktigt att jobba med säkerhet. För ett nytt drivmedel som vätgas är det extra viktigt att jobba information, både till dem som hanterar vätgasen vid produktion eller distribution och till de nya användarna, företag, logistikfirmor, chaufförer och privatpersoner. Det är också viktigt att allmänheten informeras för att få en acceptans hos användarna.

5.7 Vätgasfordon är ett elfordon

Det finns två olika typer av elfordon:

- Batteri-elfordon= BEV (Battery Electric Vehicles)
- Bränslecellsfordon= FC-EV /FCV (Fuel Cell Electric Vehicles). På Svenska FC-fordon.

Ett vätgasfordon är en elbil med en gastank och bränslecell samt ett litet batteri, istället för endast ett batteri som i konventionella elbilar. Vätgas och luft omvandlas till el som driver bilens motor. I processen bildas också vatten och värme. Vätgas innehåller 33kWh/kg (Östberg 2017), vilket kan jämföras med ett energiinnehåll på ca. 12 kWh/kg (vid 15°C) för bensin och diesel (SPBI 2020) och ca. 0,1 - 0,2 kWh/kg för fordonsbatterier.

Verkningsgraden i en bränslecellsbil är mellan 40 - 50% (Sweco 2014; EM analys och Profu 2019). Det kan jämföras med verkningsgraden för en elbil (inklusive förluster vid transformering och laddning) ca. 75% (38% i kallt klimat) (Sweco 2014). Likt förbränningsmotorer bildas värme i bränslecellen som kan användas för uppvärmning av fordonet. Elmotorer skapar dock inte värme vilket gör att energi i form av el eller dieselaggregat måste användas för att värma upp kupén. Kupéuppvärmning med el i ett elfordon ger ca. 30% högre elförbrukning av batterikapaciteten i en elbil (Sweco, 2014).

Bästa energieffektivitet fås dock om el används direkt i en elbil men nackdelarna med en elbil är:

- Tunga batterier (energilagret)
- Långa ladd-tider (i förhållande till vanlig tankning)
- Än så länge begränsade räckvidder

En fördel som ett bränslecellsdrivet fordon är således att energilagringssviken är lättare jämfört med en batteri-elbil. Dessutom kan en bränslecellsbil tankas på ca. 5 minuter medan en batteri-elbil behöver ca. 20 - 30 minuter för att laddas upp till ca. 80%, med dagens teknik (Oazer 2020).

En bränslecellsdriven elbil har en fördel jämfört med batteri-elbilar vid längre sträckor och tyngre laster, samt i fordon där snabb laddning är viktig. Det är även en fördel i fordon som arbetar där el inte alltid finns att tillgå, så som lastbilar, bussar eller arbetsmaskiner.

En annan aspekt är att el kan lagras som vätgas. Vilket ger en flexibilitet i elsystemet som får ett större värde när den intermittenta kraften i systemet ökar.

5.7.1 Vätgasfordon (2019)

Idag¹² finns det ca. 45 bränslecellsbilar. De flesta finns i Sandvikens kommun. Sandvikens kommun har i början av 2020 avslutat en upphandling gällande vätgasbussar till kommunen. Det är bussföretaget Solaris som kommer leverera bussarna. Tyvärr var leveranstiden längre än väntat och bussarna kommer att komma först 2022. I Göteborg är en sopbil med bränsleceller under utveckling och ska börja rulla 2020.

¹² Antalet bilar registrerade 2019. Vätgas är under utveckling och antalet bilar kommer snabbt att ändras om utvecklingen av tankstationer och produktionsanläggningar sätter igång.

6 Kostnader

I detta kapitel ges en bild av kostnaderna för produktionsanläggning och tankställe. I slutet ges också en bild av hur olika experter bedömer kostnadsutvecklingen framåt för vätgas.

6.1 Kostnadsparametrar av stor betydelse

Vid beräkning av kostnader för att upprätta en vätgasproduktion och en vätgastankstation är följande kostnadsparametrar av stor betydelse:

- Kostnaden för primärenergi (el eller biogas)
- Investeringskostnad (produktionsanläggning + tankställe)
- Ekonomisk livslängd (Avskrivningstid)
- Räntekostnader
- Servicekostnader
- Övriga kostnader (bygglov, mark, byggnader, tillstånd etc)
- Oförutsedda kostnader

En elektrolysör har en livslängd på stacken på mellan 5 – 10 år. Livslängden kommer att påverka totalekonomin för systemet. Men det beror på hur många timmar den används. Om stacken inte byts kommer verkningsgraden att påverkas. Kostnad för en ny stack – ca. 2 miljoner kr (Johansson, 2017).

Övriga kostnader kan inkludera ytterligare lagring av vätgas, ev. transport, anslutning till vatten, kylanläggning, om ställverk behövs, elinstallationer, grundplatta, asfaltering, markarbeten, extra byggnader och staket, luftkompressorer, ingenjörsarbete, bygglov och tillstånd från räddningstjänst.

6.2 Rörliga och fasta kostnader

Det finns ett antal tillverkare av vätgasproduktionssystem. Några som har vätgas som affärsidé är: AGA, Nilsson Energy, Oazer, Hynoin, Strandmöllen, Metacon och lokala entreprenörer och konsulter. Utanför Sverige finns fler företag, däribland norska NEL och danska Greenhydrogen. Det finns dessutom flera svenska företag som producerar och utvecklar komponenter till vätgassystem, en av de största är Power Cell som utvecklar bränsleceller.

Investeringskostnader

Investeringskostnaderna för en vätgasproduktion anläggning varierar mellan 5 – 20 miljoner beroende på mängden vätgas som kan produceras och mellan tillverkare. En del i skillnaderna kan bero på att innehållet i investeringskostnad kan skilja sig åt. Några olika principkostnader från olika leverantörer listas nedan:

- Elektrolysör: 5 - 10 miljoner för en liten demo (ett fåtal bilar) (Oazer, 2020)
- Elektrolysör: ca. 5,6 miljoner för 65kg/dag (Oazer 2020)
- Elektrolysör: ca:6,4 miljoner för 130kg/dag (Oazer 2020)
- Elektrolysör: ca: 13 miljoner för max-kapacitet 45 000 kg/år (60Nm³/h =ca. 130/dag) (Nilsson Energy 2019)

- Elektrolysör: ca. 14¹³ miljoner för max. 150 Nm³/h (ca. 330 kg/dygn) (Johansson 2017 med data från NEL)
- Elektrolysör: ca. 20¹⁴ miljoner för max. 300 Nm³/h (ca. 650 kg/dag) (Johansson 2017, data från NEL 2017)
- Elektrolysör: ca. 11 miljoner för max. 390 kg/dag (Oazer 2020)
- Elektrolysör över ca. 390 kg/dag ger ingen skalfördel för kostnad per kg vätgas (Oazer 2020)

Det finns skalfördelar vid ökning från liten till större anläggning. Dock försvinner skalfördelen för elektrolyssystemet vid ca. 1 TWh vätgas (Sundin och Westerlund).

Kostnaden för en produktionsanläggning för reformering av biogas uppskattas till ca. 7,5 MSEK för en minsta modul på ca. 20 Nm³ vätgas/h. En större anläggning på ca. 350 – 370 Nm³ vätgas/h uppskattas till ca. 36 MSEK (Dahlberg 2019).

Kostnaden för tankstation beror på vad man vill tanka, men mellan ca 10 och 24 miljoner. Mycket snabbbladdning vid höga tryck blir dyrare, då lagringen är dyrare i material och kräver även kylning vid sänkning av trycket från ca. 1000 bar till 700 bar. Lagring och tankning vid 350 bar blir billigare. Längre tankningar blir också billigare, då inte samma lagringsvolym vid höga tryck är nödvändigt.

Vid små stationer utformas tankningen med fördel med en multikompressor som klarar att höja trycket i olika steg. Medan vid större volymer och kontinuerlig drift är det en fördel med optimerade kompressorer. El-åtgången för tankstationen är därmed också svår att bedöma, mellan ca 35 och 120 kW för tankstation har angetts under intervjuer och i (Sweco 2014) uppskattas energiförbrukningen vara mellan ca 10 - 20% för komprimering och lagring av vätgas.

Kostnad solcellspaneler och batterier: En möjlighet är att koppla solceller till elektrolysen, som är gjort i Mariestad. Kostnaden för solcellspaneler är ca. 7000 kr per installerad kW (Nilsson Energy, 2019). Med en anläggning på 255 kW blir det ca. 1,7 miljoner kronor. I anläggningen i Mariestad ska detta räcka till att producera 4000 kg vätgas/år.

Driftkostnader

- El (snitt (Spot)pris: 400 kr/MWh, med nätavgift 159 kr/MWh)
- Biogas (Rå biogas: 5,2 SEK/Nm³ och uppgraderad biogas: 10,6 SEK/Nm³)
- Vatten (0,04 kr/l)
- El för komprimering och lagring
- Kylsystem
- Service och underhåll (ca. 5% av investeringskostnaden)
- Driftpersonal (ej med i beräkningarna)
- + avbetalning på investering

En del av kostnaden för inköpt el kan undvikas om en produktionsanläggning för vätgas placeras inom ett så kallat icke koncessionspliktigt nät, där ingen överföringsavgift behöver betalas eller i direkt anslutning till elproduktion.

¹³ Omräknat till 2019 års penningvärde med KPI-index

¹⁴ Omräknat till 2019 års penningvärde med KPI-index

Inkomster av vätgasproduktion

- Försäljning av vätgas som drivmedel (80 – 100kr/kg)
- Ev. försäljning av syrgas (ca. 8kg O₂/kg H₂, marknadsvärdet är ca.1SEK/kg O₂ (flytande syrgas) och ca. 20-40SEK/Nm³ för komprimerad syrgas som säljs för användning till svetsning (Strandmöllen, 2020)¹⁵
- Ev. försäljning av värme

Idag säljs vätgas till ett pris mellan 80 och 100 kr per kilo på tankstationer i Sverige. Marknadspriset för vätgas på tub från annan leverantör, är omkring 400 - 500 kr per kg.

Möjlighet till finansiering/bidrag

- Europeiska regionalfonden, upp till 50%. Exempel på aktiviteter som kan få stöd: *Spets- och demoprojekt inom transportsektorn, inklusive planering, upphandling och investeringar (Tillväxtverket 2020)*. Se mer information i kapitel 8.4.2.
- Premie för bilar: Bonus Malus systemet, max 60 000 kr.
- Kan vara svårt att få bidrag för bilar i ERUF, däremot kan eventuellt solceller ingå.
- Elbusspremie för elbussar, stort tryck – därmed inte säkert att få bidrag.
- Solcellsbidrag, 20%, 1,2 miljoner. Dagens system gäller till 2020-12-31. Januari 2020 är det 20 000 anläggningar i kö – kan vara svårt att få bidrag.

Skatteregler

- Enligt skatteverket fås skattebefrielse för förbrukning av el i elektrolytiska processer för vätgasproduktion (Skatteverket, 2020a).
- Elproduktion för intern användning är skattefri upp till 255kW för solceller, 50kW för kraftvärme.
- Från 1 juli 2017 gäller skattebefrielser för småskalig elproduktion per anläggning. Vilket innebär att ett bolag/ägare kan göra avdrag på skatten (ner till 0,5öre/kWh el) om man har flera anläggningar som producerar förnybar el, tex både solceller och kraftvärme, förutsatt att det räknas som olika anläggningar.
- El som produceras i en solcellsanläggning med en sammanlagd installerad topp effekt av 255 kilowatt eller mer är skattepliktig. Producenten är skattskyldig och ska anmäla sig för registrering hos Skatteverket. Producenten ska i en punktskattedeklaration redovisa energiskatt för den el som denne förbrukar, både den el som producenten producerat och den el som producenten köpt. I punktskattedeklarationen finns möjlighet att göra avdrag för energiskatt på el som den skattskyldige förbrukat i huvudsak för elektrolytiska processer (Skatteverket 2020b).
- Det är också möjligt att få elcertifikat för förnybart producerad el.

¹⁵ 1kg flytande O₂=0,763 Nm³

6.3 Kostnad för vätgasfordon

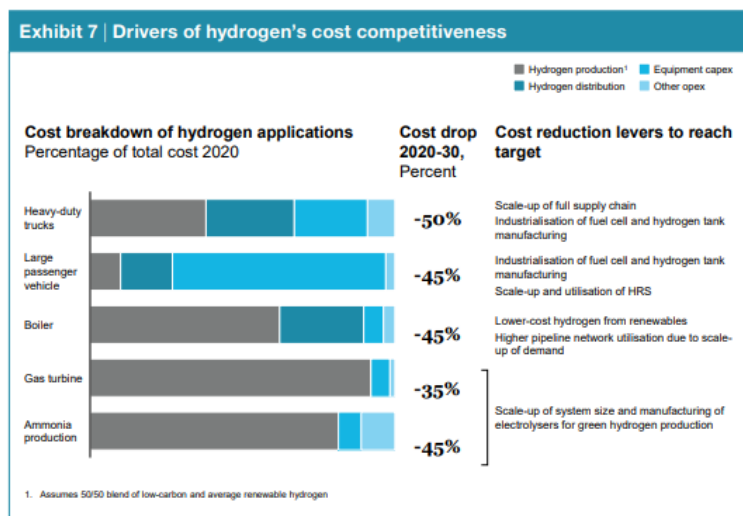
En vätgasdriven personbil kostar mellan 700 000 och 800 000kr. I bilen är det bränslecellen som kostar, ca 500 000kr. Tillverkarna tror att när efterfrågan ökar kan kostnaden sjunka till 50 000kr. Det skulle göra att en vätgasbil kostar 250 - 350 000kr.

En buss kostar ca. 7miljoner (med ev. möjlighet att få elbilspremie)¹⁶.

6.4 Rapporter visar på kraftiga prissänkningar

I slutet av februari 2020 släppte Hydrogen Council en rapport som visar hur kostnaden för vätgasapplikationer kommer att minska under det kommande decenniet (Hydrogen Council, 2020).

En ökad efterfråga av vätgas och en pågående uppskalning av produktion och distribution av vätgas driver en ökande tillverkning av utrustning och komponenter som enligt rapporten kommer att minska kostnaderna med upp till 50% till 2030, på flera vätgasapplikationer. Som exempel nämns att vid en produktion av 0,6 miljoner vätgasfordon per år kommer de totala kostnaderna¹⁷ per fordon att minska med 45% jämfört med idag. Figur 3 är från (Hydrogen Council, 2020) och visar uppdelningen av kostnader för olika vätgasalternativ, möjlig minskning i kostnader fram till 2030 samt vilka åtgärder som behövs för att nå kostnadsminskningarna.



Figur 3. Uppdelning av kostnader för olika vätgasapplikationer, möjliga kostnadsminskningar till 2030 och åtgärder för att nå målet. Bilden är från (Hydrogen Council, 2020)

Rapporten visar att vätgas kommer att vara ett konkurrenskraftigt alternativ till andra alternativ med låga CO₂ utsläpp i 22 av 35 studerade fall. Några av de fall som nämns är:

- I kommersiella fordon, tåg, långa transporter – vilket beror på lägre kostnader för utrustning och tankning
- Vätgas kommer spela en större roll i balansering av elsystemet eftersom produktionskostnaderna för vätgas kommer att minska och behovet att balansera kommer att öka.

¹⁶ Sandvikens kommun har nyligen köpt upp två vätgasbussar som kommer att rulla 2022.

¹⁷ TCO (total costs of ownership) – totala kostnaderna för att använda applikationen inkluderat kapital, driftkostnader och finansieringskostnader

Rapporten visar också att i 9 av de 35 studerade fallen kommer vätgas-lösningar med låga koldioxidutsläpp eller helt förnybara vätgas-lösningar var konkurrenskraftiga redan 2030, jämfört med konventionella alternativ.

För att nå de kostnadsreduktionerna som förutspås i rapporten nämner författarna att det behövs investeringar, politiska beslut och en ökad efterfrågan som leder till en ökad marknad.

Det är fler än the Hydrogen Council som tror på lägre kostnader på för vätgasproduktion, en sådan aktör är Statkraft (Statkraft, 14-02-2020). Jämförelsen görs ofta med utvecklingen av solceller som har minskat med 88% på drygt 10 år. Kostnadsminskningen antas falla i samma storleksordning (70 - 80%) för elektrolysörer när efterfrågan ökar och teknikern utvecklas (Statkraft,14-02-2020). Effektiviteten väntas också öka från 70 - 80% fram till 2050 (Statkraft,14-02-2020).

En rapport från (Deloitte and Ballard, 2020) visar även den på sjunkande priser på bränslecellsfordon med upp till 50% de kommande 10 åren, vilket fås genom en ökad efterfrågan, minskad kostnad på bränsleceller, economic of scale, användning av förnybara alternativ för produktion samt en mognad av vätgas-infrastrukturen, vilket bland annat innebär minskade underhåll och reparationskostnader.

Hur priserna utvecklas är svårt att bedöma, som exempel gjorde Mc Kinsey 2010 en rapport som visade att kostnaderna för vätgas vid pump förväntades minska från 140 kr/kg år 2010 till under 60 kr/kg 2020 och närmre 40 kr/kg till år 2030. I en artikel från 2014 (Toyota, 2013) meddelar Toyota att priset på deras bränslecellsbil förväntas sjunka till 300 000kr fram till 2020. Idag är priset vid mack i Sverige runt 100 kr per kilo och en bil kostar mellan 700 000 och 800 000 kr. Utvecklingen av vätgas har inte gått så fort som man trott, men idag är förutsättningarna bättre än tidigare och vi ser en ökad efterfrågan och produktion runt om i världen och kraftigare politiska beslut, vilket gör det mer troligt att framtidsutsikterna som presenteras idag, 2020, är mer realistiska än de som presenterades 2010.

7 Hållbarhetsaspekter

Vi har fokuserat på hållbarhetsaspekter som berör de regionala miljömålen i Kronoberg; *Begränsad klimatpåverkan i Kronobergs län, Fossilbränslefritt 2030 och Plusenergilän 2050*, eftersom vi har bedömt att påverkan är störst här. Andra aspekter som utsläpp av partiklar och utsläpp i städer samt användningen av jordartsmetaller har beaktats i en kvalitativ diskussionen. Det finns även andra hållbarhetsaspekter som med fördel kan undersökas i den förslagna vätgasstrategin.

Införandet av förnybar vätgas i transportsektorn kan vara en del i lösningen att nå de nationella målen om att *senast 2045 inte ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären*, eller att nå Transportutmaningen från Fossilfritt Sverige om att *transportsektorn i Sverige ska minska med 70 procent till år 2030 jämfört med år 2010*. Det finns också stora företag med ambitiösa klimatmål, där en aktör är Södra som ska vara fossilfritt i alla sina transporter till 2030, där vätgas kan vara en del i lösningen.

För att vätgas ska bidra till att nå ovan nämnda mål, behöver produktion och användning vara hållbar. Både när det gäller ekonomisk hållbarhet, ekologisk hållbarhet och social hållbarhet, som arbetstillfällen och jämlikhet/jämställdhet. I detta kapitel lyfts generella aspekter och antaganden som har gjorts kring hållbarhetsaspekter i denna studie. Resultatet kring de studerade fallen presenteras i sedan i kapitel 0.

Arbetet med hållbarhetsaspekterna kring vätgas kopplar an till att belysa de globala målen nr 7,9,1, 12 och 15.



Figur 4. Mål 7, 8, 9, 11, 12 och 15 är de av de 17 globala målen som beaktas vid arbetet med de hållbarhetsaspekter som studerats för produktion och användning av vätgas i Kronobergs län.

7.1 Verkningsgrader vid tillverkning och användning av vätgas

Vid tillverkning av vätgas är verkningsgraden omkring 70% för alla sätt att producera vätgas, via reformering (av metan), via elektrolys (från el) och via förgasning (från skogsråvara).

I rapporten vätgasinfrastruktur för transporter (Sweco 2014) görs en bra sammanställning av verkningsgrader för olika sätt att tillverka vätgas, vilket varierar mellan 30 - 70%. Vid alla produktionssätt bildas även värme, vilket inte har inkluderats i jämförelsen av energieffektivitet för olika sätt att producera i sammanställningen som gjorts i den nämnda rapporten. Energieffektiviteten för olika vätgaskedjor i rapporten (Sweco,2014) inkluderar inte

heller insamling och transport av biomassa för förgasning eller utvinning och transport till central biogasanläggning.

Beroende på om värmen tas tillvara eller inte kommer verkningsgraden för de olika processerna att variera. Vid användning av el tillkommer en verkningsgrad vid generering av el, beroende på råvara, tex genom förbränning av skogsråvara till värme och el.

Verkningsgraden i en bränslecellsbil är mellan 40 - 50% (Sweco, 2014; EME Analys och Profu). Det kan jämföras med verkningsgraden för en elbil (inklusive förluster vid transformering och laddning) ca. 75% (38% i kallt klimat) (Sweco 2014). Likt förbränningsmotorer bildas värme i bränslecellen som kan användas för uppvärmning av fordonet. Elmotorer skapar dock inte värme vilket gör att energi i form av el eller dieselaggregat måste användas för att värma upp kupén. Kupéuppvärmning med el i ett elfordon ger ca. 30% högre elförbrukning av batterikapaciteten i en elbil (Sweco, 2014).

De stora energiförlusterna i vätgaskedjan sker främst i produktionssteget samt vid användning i fordonet. Generellt påverkar distributionssteget den totala energieffekten mindre, dock har vätgas en relativ hög energianvändning för distribution och lagring, då vätgas lagras under höga tryck och energiåtgången varierar beroende på behov av och utformning av tankstation. Energiåtgången för komprimering av vätgas varierar mellan 11 - 18% beroende på om gasen skall komprimeras till 200 eller 700 bar.

7.2 Utsläpp från vätgasfordon och jämförelse mellan batterifordon och vätgasfordon

Vid körning släpper vätgasbilar ut endast vatten.

Jämfört med elbil kräver en vätgasbil endast ett litet batteri, vilket innebär att mindre mängd sällsynta metaller behövs. Dock behöver även bränslecellerna metaller. Platina är en metall som används vid elektrolys som både är ovanlig och dyr. Det pågår ständigt arbete med att minska mängden platina i bränsleceller, tex. har forskare på Chalmers hittat ny metod för legering mellan platina och yttrium¹⁸ som har möjlighet att minska platina mängden i bränsleceller med 70% (Lindahl et al. 2018). Det finns även forskning som visat att det skulle vara möjligt att göra bränsleceller helt fria från metaller och i stället använda järnjoner och organiskt material (Berggren et al. 2013).¹⁹

7.3 Växthusgasutsläpp från vätgasproduktion

Vid produktion av vätgas via elektrolys genereras inga koldioxidutsläpp eller andra växthusgaser. Däremot beroende av hur elen som används i elektrolysen har producerats, kan det ha släppts ut växthusgaser i genereringen av el. Vid reformering av biogas används en viss mängd el och samma gäller för användningen av el i reformen som för elektrolysen. I reformen skapas också koldioxid. Är råvaran biogas är det av biogent ursprung och bidrar inte till nettoökning av koldioxid i atmosfären. Däremot bidrar biogas till en viss mängd koldioxidutsläpp i tillverkningsprocessen. Koldioxidutsläpp och andra växthusgasutsläpp kommer även uppstå vid eventuell transport av vätgasen (mängd beror på vilket drivmedel

¹⁸ Yttrium är en ädelmetall

¹⁹ <https://www.science.su.se/english/about-us/news/artificial-enzyme-makes-fuel-from-water-1.148767>

som transportfordonet använder). El används vid tankning och lagring av vätgas, som beroende på ursprung kan ge upphov till koldioxidutsläpp.

I denna förstudie har följande antaganden gjorts:

- Vätgasen transporteras inte utan kommer att tankas där den produceras (inga utsläpp från transport)
- CO₂ emissioner kopplat till biogasproduktion: 24,5 ton CO₂ /GWh biogas (Karlsson, 2019)
- Följande alternativ för el-generering har använts:
 - Nordisk elmix (125g CO₂ eq./kWh) (Naturvårdsverket, 2018)
 - El från solceller (24g CO₂ eq./kWh) (Vattenfall 2019)
 - El från vindkraft (13g CO₂ eq./kWh) (Vattenfall 2019)
 - Nordisk residualmix 2018 (250,76g CO₂ eq./kWh) (Energimarknadsinspektionen 2019)
 - El från kolkraftverk (750g CO₂ eq./kWh) (EME analys och Profu)

För att utvärdera utsläppen från elanvändning finns det flera metoder. Vilken metod som är mest lämplig beror på vilket system som skall utvärderas. För ett system som innebär stora förändringar med en lång livslängd är rekommendationen att använda ett framåtblickande perspektiv eller en s.k. komplex marginal, som är en kombination av driftmarginal i det befintliga systemet och en utbyggnadsmarginal för ett elsystem som expandera (Gode et al. 2009, EME analys och Profu). En sådan metod kräver dock kännedom och antaganden om förändringar i elsystemet och därmed avancerade modellberäkningar. Gode et al. (2009) anser att en lika god uppskattning är att använda kolkondens på kort sikt och naturgasbaserad elproduktion på längre sikt. I broschyr för beräkningsmetoder för olika systemen från Elforsk (EME och Profu) rekommenderas ett framåtblickande perspektiv med två utsläppsnivåer från ett europeiskt elsystem: 600g CO₂/kWh och 150g CO₂/kWh. De olika nivåerna har beräknats fram utifrån olika antaganden på pris på CO₂ (20 €/ton CO₂ i fall ett och 40 - 50 €/ton CO₂ i fall 2).

Nordisk elmix representerar medelel-produktionen i Norden, vilken är den marknad vi handlar och köper el på. Medelel är inte lämpligt att använda för utvärdering av införandet av nya system (Gode et. al 2009 och EME analys och Profu), men finns med i denna analys för att det är Nordisk elmix som måste användas vid ansökningar till Klimatklivet (Naturvårdsverket 2018). Nivån på utsläppen kan även ses som en framtid med ett europeiskt elsystem och höga klimatambitioner och högt pris på koldioxid.

Nordisk residualmix består av den el som blir över när all el som spårats med hjälp av ursprungsgarantier räknats bort. Nivån i utsläpp kan även representera en framtid med en europeisk elmarknad som har relativt höga priser på utsläpp av CO₂. I vår analys har vi valt att också använda el från kolkraft som ett alternativ i analysen, det kan tänkas representera en framtid där elsystemet är europeiskt och med låga klimatambitioner och lågt pris på koldioxid. Detta alternativ är kanske minst troligt av alla alternativ.

7.4 Andra utsläpp till luft och buller

Vid övergång till vätgasdrivna bilar, som endast släpper ut vatten, kommer utsläppen av kväveoxider, kolmonoxid, bensen och partiklar att minska, vilka påverkar människors hälsa i framförallt tätorter och stadstrafik samt leder till försurning.

I dag är kväveoxidkraven för Euro-6 för dieslbilar 168mg NO_x/km och för bensinbilar 60mg NO_x/km (Naturvårdsverket 2020a). För varje kg vätgas (100km) innebär det en minskning mellan 6–16,8 g NO_x, beroende på om en vätgasbil ersätter en bensinbil eller en diesebil.

Däremot kommer vätgasbilar att fortsätta bidra till utsläpp av partiklar till luften i form av slitage av vägar, däck och bromsar, vilket också är den största källan av partikelutsläpp från vägtrafik idag (Naturvårdsverket 2020b).

Halterna av kolmonoxid och bensen har minskat kraftigt i Sverige sedan många år tillbaka. Trots det kan det uppstå höga halter i framförallt tätorter under kalla vinterdagar (Naturvårdsverket 2020c) och från äldre fordon (Naturvårdsverket 2020d). Vätgasfordon leder till en ytterligare minskning av dessa luftföroreningar som är skadliga för människans hälsa.

Förbränning av oljeprodukter ger också upphov till vissa utsläpp av metaller, vilket förhindras vid vätgasdrift.

En vätgasbil är en elbil vilket innebär att bullernivåerna är lägre än vid drift av fossila bilar.

8 Möjligheter i Kronobergs län

Det är framförallt som drivmedel, i industrin och som lagring, som de flesta tror att vätgas har en framtid. I flera fall finns det få eller inga alternativ till diesel och bensin. För att nå de nationella och regionala målen om fossilfri transportsektor och det regionala målet om plusenergilän är vätgas en av pusselbitarna.

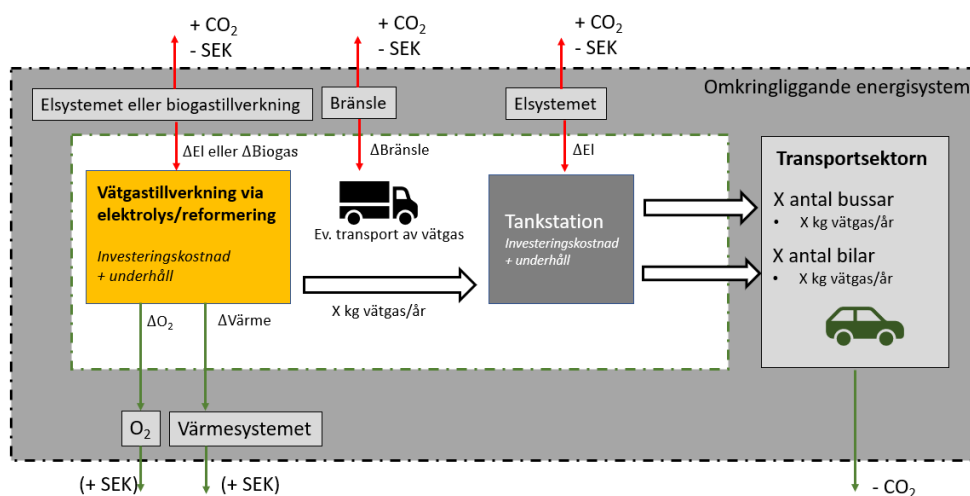
8.1 Studerade fall

Schematisk bild på de fall som studerats utifrån ekonomiska och hållbarhetsmässiga aspekter visas i Figur 5. Det primära systemet som undersöks är två spår:

1. Vätgasproduktion med el via elektrolys + tankstation
2. Vätgasproduktion med biogas via reformering + tankstation

Det tredje spåret är förgasning av biomassa. Alternativet med förgasning skiljer sig från de andra två alternativen eftersom tekniken fortfarande är under utveckling och en produktion ligger längre fram i tiden jämfört med de andra två alternativen. Dessutom pågår en förstudie kring detta spår, där förutsättningar och beräkningar är under utveckling i samverkan mellan Linnéuniversitetet och Växjö Energi. Alternativet med förgasning har därför lämnats utanför kostnads- och hållbarhetsanalysen i denna förstudie eftersom syftet är att skapa ett genomförandeprojekt i närtid. Då är förgasning inte ett alternativ. Förgasning är däremot ett bra och rimligt alternativ på lång sikt och fler av intervjuobjekten pekar också på att förgasning har möjlighet att bli ett konkurrenskraftigt alternativ eftersom råvaran, biomassa har en låg kostnad jämfört med både el och biogas.

För att ge en mer heltäckande livscykelanalys tas även hänsyn till utsläpp som bildas vid generering av den el och biogas som behövs för vätgasproduktion. Värme och syrgas (vid elektrolys) bildas som biprodukter vid produktion av vätgas. Både försäljning av värme och syrgas skulle kunna generera en inkomst och eventuellt även leda till minskade utsläpp beroende på vilken värme som ersätts eller vilken syrgasproduktion som ersätts. Dessa två strömmar inkluderas dock inte i det generella fallet, men finns med i en kvalitativ diskussion av resultatet. I analysen inkluderas även vad produktion av vätgas kan leda till för minskade utsläpp i transportsektorn om det ersätter fossila alternativ som bensin och diesel.



Figur 5. Schematisk bild på vilka utsläpp och kostnader som är inkluderade i hållbarhetsanalysen. Pilarna representerar netto-energiflödena som tillförs och lämnar systemet samt hur det interagerar med omkringliggande energisystem. Det ger upphov i kostnader ($-\text{SEK}$) eller intäkter ($+\text{SEK}$) samt ökade eller minskade utsläpp ($+/- \text{CO}_2$).

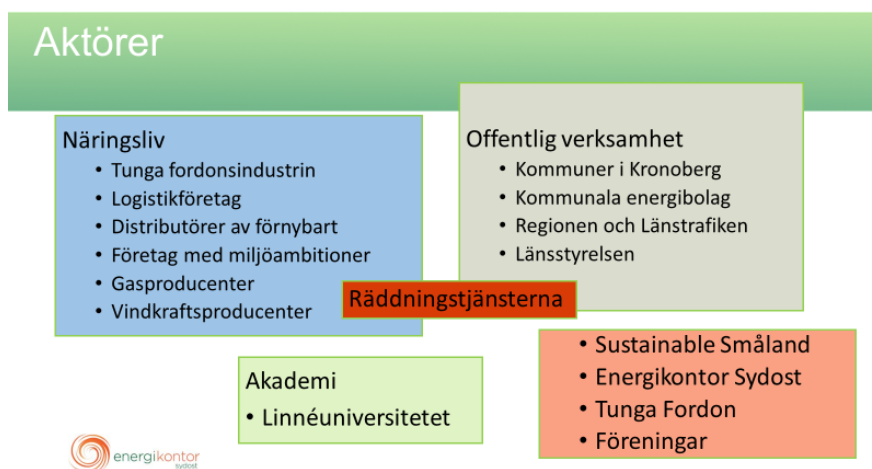
8.2 Aktörer i värdekedjan

Det finns många aktörer i vätgaskedjan. För att få tillstånd en vätgasproduktion och användning är det viktigt att samverkan sker mellan olika aktörer.

Idag finns ingen stor användare eller producent av vätgas i Kronoberg. Men Kronoberg har möjlighet att vara i framkant, regionen har en stark industri för tunga fordon. E4 går förbi två av kommunerna och det ligger även andra större vägar som trafikeras av tunga fordon i länet. Det finns även flera stora logistikföretag och många små. Det finns stora planer på vindkraft vilket ger möjlighet till vätgasproduktion med vinkraftsel. I Kronoberg finns det dessutom flera alternativ att producera vätgas. Genom reformering av biogas, genom elektrolys och genom förgasning av biomassa. Där det tredje alternativet är under utveckling, och ligger därmed längre fram i tiden än reformering och elektrolys.

I Kronoberg finns intresse från alla kommuner att följa vätgasutvecklingen. I fem kommuner finns det ett större intresse både ifrån kommunen, kommuninvånare och företag. På flera håll har det bildats arbetsgrupper som driver frågan om vätgas, eller ordnar studiecirkelar.

Det finns många aktörer i vätgaskedjan och behovet av samverkan för att vätgas ska få genomslag är något som alla aktörer är eniga om, se även Figur 6

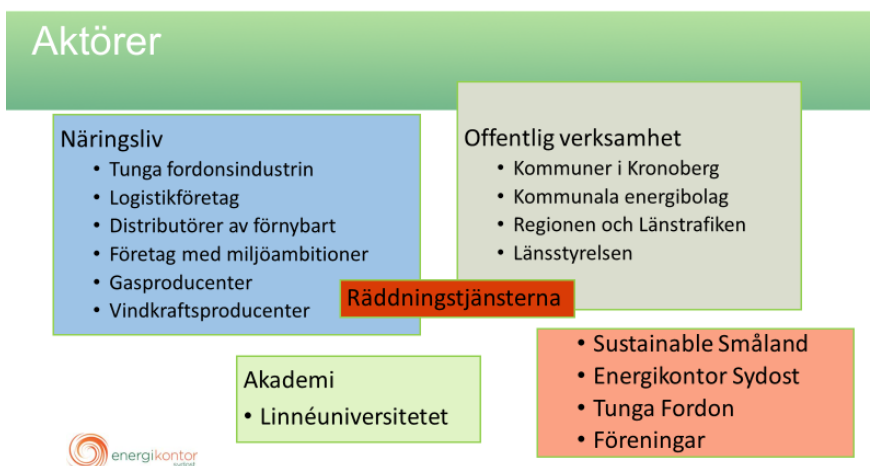


Figur 6. De aktörer som kan komma att ha betydelse är:

- Näringslivet, framförallt den tunga fordonsindustrin, logistikföretag, gasproducenter med erfarenhet av vätgas, elproducenter som kan leverera el till vätgasproduktion, men också distributörer av förnybara drivmedel, konsulter och tillverkare av vätgasproduktionsanläggningar/tankstationer. Näringslivet i stort har möjlighet att vara ned och demonstrera och testa vätgasdrivna fordon.
- Offentlig sektor är viktig i omställningen till förnybart och för att introducera vätgas. Den offentliga sektorn har möjlighet att vara med att demonstrera och testa vätgasdrivna fordon och bussar. Kommunala energibolag är en möjlig aktör för uppförande av vätgasproduktion för att de har möjlighet att få bidrag från Regionalfonden Småland och öarna. Det finns ett intresse att uppföra demonstrationsanläggning för vätgasproduktion, energibolag har erfarenhet av byggprojekt, med projektering, upphandling, drift av olika processer etc. Energibolag har i många fall också tillgång till mark vilket ger möjlighet att kombinera med sol eller att använda biokraft för att på det sättet slippa nätavgifter för elanvändning. Drift av anläggning och tankstation kan göras av annan aktör. Region Kronoberg med Länstrafiken och Länsstyrelsen i Kronobergs län är också viktiga aktörer, dels för att ta

fram handlingsplan för vätgas eller för att driva kampanjer för att få avsiktsförklaringar kring vätgasbilar.

- Olika nätverk och föreningar är viktiga för att driva kunskapen och utvecklingen vidare, där Sustainable Småland, Energikontor Sydost, Tunga Fordon är några som kan ha roller att fylla.
- Akademien och Linnéuniversitetet är viktiga för att få en kontinuerlig kunskapsökning kring vätgas som drivmedel, för att koppla både utbildning och forskning till vätgas.
- En viktig aktör är räddningstjänsterna i samverkan med MSB (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap). Utan tillstånd kommer ingen vätgas att produceras.



Figur 6. Aktuella aktörer i vätgaskedjan i Kronobergs län.

8.3 Behov, möjligheter och utmaningar

Resultatet i denna förstudie visar att det finns ett behov av vätgas i Kronobergs län och samtidigt möjlighet att producera vätgas som möter behoven. Utifrån genomförda intervjuerna finns det ett mindre behov redan i närtid och ett större behov på längre sikt. Resultaten visar på ett behov på ca. 20 000 kg vätgas/år på kort sikt och upp mot 3 000 000 kg vätgas/år på längre sikt, med antagandet att 10%²⁰ av fordonsflottan körs på vätgas. Möjligheterna att producera vätgas kan möta behovet, genom reformering av biogas, el från vindkraft, från företag som idag ventilerar bort vätgas eller från förgasning. Men potentialen finns också att producera med el från elnätet eller från solceller runt om i Kronoberg län. Figur 7 visar att behov och produktion av vätgas kan möta varandra i Kronobergs län.



Figur 7. Behov av vätgas på kort och lång sikt i Kronobergs län samt vätgas potentialen från biogas, el från vindkraftverk, företag med restström av vätgas samt förgasning. Ytterligare potential finns med biogas, el från elnätet eller i kombination med solceller.

Kunskapen kring vätgas är under uppbyggnad men eftersom erfarenheter från vätgasdrift och produktion för drivmedel är begränsad runt om i Sverige finns det behov av en ytterligare kunskapshöjning kring vätgas, speciellt kring säkerhetsaspekter. Detta gör att tillståndprocessen för vätgas idag tar tid. Regelverket är under utveckling och bör bevakas.

Detta har varit speciellt tydligt i det pilotprojekt som Uppvidingehus har jobbat med kring vätgaslagring. Där riskanalysen var färdig men omprövades efter att ny kunskap kom till konsulten som gjort riskanalysen och där diskussioner med räddningstjänst och MSB har lett till nya direktiv om säkerhet i utformningen av lager.

Trots att kunskapen kring vätgas behöver förbättras har Kronoberg ett försprång då det finns erfarenhet både i Uppvidingehus, hos lokala entreprenörer och konsulter kring vätgas som bör beaktas och delas.

Utmaningarna för att vätgas ska få genomslag i Kronoberg är främst ekonomin för de första anläggningarna, infrastrukturen och tillgängligheten, kunskapen kring vätgas, att få balans mellan tillgång och efterfrågan på vätgas. För att möta utmaningarna är svaret: Lokal samverkan.

²⁰ Baseras på intervjuer med forskare och andra experter om vad det tror om framtiden.

8.4 Kostnadsuppskattningar och lönsamhet

För att uppskatta kostnaden för att producera vätgas har kostnaden för att producera vätgas via elektrolys och reformering uppskattats med uppgifter från olika leverantörer och för olika storlekar på anläggning. Kostnadsuppskattningarna skall ses som indikativa då förutsättningarna och kostnadsutvecklingen kommer att förändras över tid.

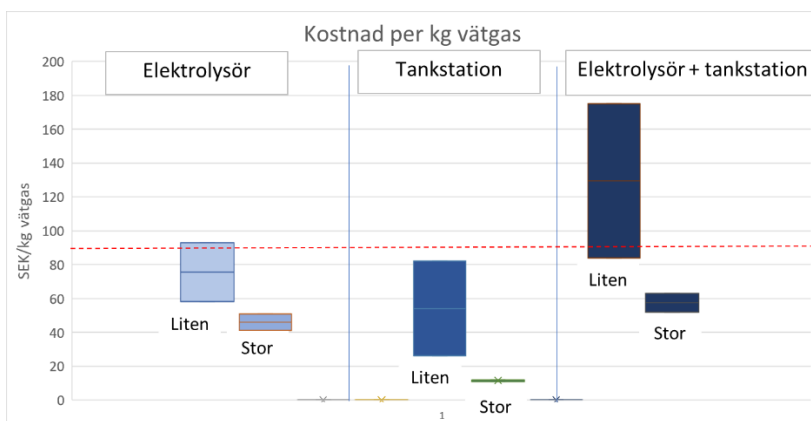
8.4.1 Kostnad per kg vätgas

De antaganden som gjorts presenteras i Tabell 1.

Tabell 1. Antaganden vid kostnadsuppskattningar.

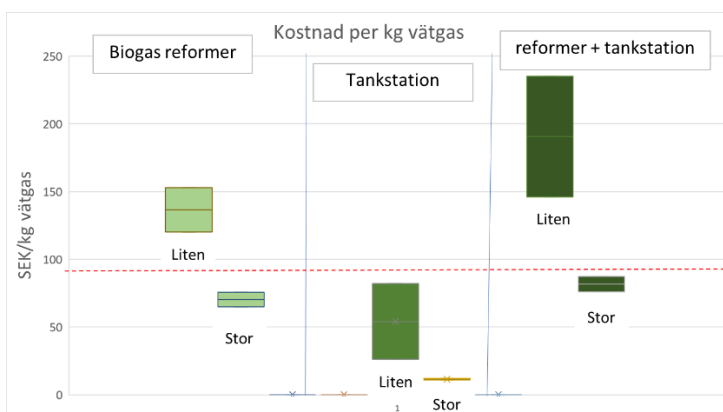
Antaganden		Enhet	Kommentar
Antal leverantörer inkluderade	4	st	
Antal anläggning tot	13	St	
Övriga kostnader och oförutsedda händelser	1,5 investeringskostnad X	SEK	
Elpris	559	SEK/MWh	inkl. nätavgift
Elåtgång elektrolys	56	kWh/kg _{vätgas}	
Elåtgång reformering	30 (liten) & 80 (stor)	kW	
Elåtgång tankstation	35 (liten) & 120 (stor)	kW	
Annuitetsfaktor	0,12		kan motsvara 8% ränta och ekonomisk livslängd 15 år
Drifttimmar:	8500	h	
Kostnad tankstation	9 (liten) & 24 (Stor)	MSEK	
Liten elektrolys	<1	MW _{vätgas}	
Stor Elektrolys	>1	MW _{vätgas}	
Liten reformer	Ca. 20	Nm ³ /h _{vätgas}	Minsta möjliga modul
Stor reformer	Ca. 400	Nm ³ /h _{vätgas}	2x400 Nm ³ /h och för hela biogasproduktionen i Växjö

Resultaten som presenteras kring kostnadsuppskattningarna från en elektrolys + tankstation i Figur 8 visar att en större anläggning ger en mindre kostnad per producerat kilo vätgas. Kostnaden för ett system med elektrolysör och tankstation varierar för en liten anläggning (<1MW) mellan 84 och 175 SEK/kg vätgas och för en stor anläggning (>1MW) mellan 52 och 63 SEK. Detta kan jämföras med marknadspriset för vätgas 2019, som i Sverige låg på ca. 90 kr/kg.



Figur 8. Kostnadsuppskattning (SEK/kg vätgas) för produktion av vätgas via elektrolys, för tankstation av vätgas samt elektrolys + tankstation. Liten elektrolys <1MW vätgas, Stor Elektrolys >1MW vätgas. För tankstationen gäller två storlekar och att det varierar mycket i kostnad för en liten beror på att det är kopplat till olika stor vätgasproduktion. Det röda strecket indikerar dagens marknadspris på vätgas, ca 90kr/kg.

Även resultaten från kostnadsuppskattningar kring en reformer + tankstation som presenteras i Figur 9 visar att en större anläggning ger en mindre kostnad per producerat kilo vätgas. Kostnaden för ett system med reformer och tankstation varierar för en liten anläggning (minsta modul) mellan 146 och 235 SEK/kg vätgas och för en stor anläggning (2 + ca. 200 Nm³/h) mellan 76 och 88 SEK. Detta kan jämföras med marknadspriset för vätgas 2019, som i Sverige låg på ca. 90 kr/kg.



Figur 9. Kostnadsuppskattning (SEK/kg vätgas) för produktion av vätgas via reformering av biogas, för tankstation av vätgas samt reformer + tankstation. En liten reformer är en minsta modul och en stor är två moduler på ca. 200 Nm³/h, för hela biogasproduktionen i Växjö. För tankstationen gäller två storlekar och att det varierar mycket i kostnad för en liten beror på att det är kopplat till olika stor vätgasproduktion.

8.4.2 Möjlighet att få samhällsstöd

Eftersom en vätgaskedja inte kan bära sina kostnader initialt, har vi undersökt möjligheterna att få samhällsstöd. Enda möjligheten till samhällsstöd för en demonstration av produktion av förnybar vätgas är Regionalfonden Småland och öarna. Det finns eventuellt en möjlighet att få bidrag för tankstationer från Naturvårdsverket.

Regionalfonden Småland och öarna

Ett genomförandeprojekt för att åstadkomma en kedja av förnybar vätgas i Kronoberg stämmer väl med intentionerna i Regionalfonden Småland och öarna. Där finns det specifika målet: Stimulera till energieffektivare transporter och ökad användning av förnybar energi inom transportsektorn och som exempel på åtgärder: Spets- och demoprojekt inom

transportsektorn, inklusive planering, upphandling och investeringar. Vidare så beskrivs transportfrågan som en stor utmaning som måste hanteras för att nå en koldioxidfri ekonomi. Det betonas också att arbetstrafiken som inkluderar både lastbilstrafik och arbetsmaskiner, exempelvis skogsmaskiner som används i skogs- och logistiknäringarna, som är stora i regionen, bidrar till transportsektorns höga utsläppsnivåer.

Stödet kan endast gå till offentlig aktör och uppgå till max 50%. Nästa möjliga ansökningsdatum är september. Sista projektdag mars 2023. Dialog med Region Kronoberg om stöd för ett genomförandeprojekt har öppnats eftersom regionens godkännande är avgörande för beviljade.

Naturvårdsverket och övriga

I det tänkta projektet i Kronoberg produceras vätgas från förnybar el men enligt Naturvårdsverkets regler ska all el räknas om nordisk elmix, oavsett hur elen har producerats. Därmed blir klimatnytta liten och endast projekt med hög klimatnytta per krona kan få stöd. Det finns dock en öppning eftersom även man även bedömer hur åtgärden kan bidra till spridning av teknik och till marknadsintroduktion, enligt Länsstyrelsen i Kronobergs län som bedömer att det finns chans att få bidrag från Klimatklivet för tankstationer. Både offentliga och privata aktörer kan få bidrag. Flera ansökningar kring vätgas har inkommit till förra versionen av Klimatklivet, men ingen har hittills blivit beviljad.

Energimyndigheten: Pilot o Demo samt FFI Energi o Miljö. Dessa program är forskningsinriktade och investeringsstöd medges inte för kända tekniker.

Vinnova: Testbäddar för samhällets utmaningar. Enligt Vinnova så räknas inte bygget av en vätgaskedja som en testbädd.

Horizon 2020 och andra EU-program: Dessa program är i stort sett slut och nya kommer inte förrän med nästa budgetperiod tidigast 2021.

8.4.3 När blir det lönsamt?

Idag säljs vätgas som drivmedel mellan 80 och 100 kr/kg. För att en vätgasanläggning inklusive tankning ska vara lönsam behöver kostnaden per kg vara under 90 kr/kg. Resultaten som presenteras i Figur 10 och Figur 11 visar att stora system med elektrolys eller reformering av biogas kan vara lönsamma förutsatt att det finns avsättning för all vätgas som produceras.

Exempel elektrolys + tankstation inkl. känslighetsanalys

Elektrolys är det alternativet som i dag är troligast och där det finns intressenter i Kronobergs län för en produktion, varför vi valt att göra en nollpunktsanalys (break even)²¹ för en elektrolysanläggning + tankstation. El är den största rörliga kostnaden vid elektrolys och därför har priset på el varierats för att visa hur det påverkar resultatet. Variationen på elpriset kan representera olika alternativ, antingen att priset varierar på marknaden, men också att solceller kopplas direkt till anläggningen, då är priset på el endast avbetalning på solceller, eller att vindkraftverk kopplas direkt till vätgasanläggningen och producerar vätgas endast när elpriset är under ett visst pris. För att också se hur ett ev. bidrag spelar roll för kalkylerna har det antagits två fall. Ett utan och ett med bidrag för investering. Kalkylerna har också gjorts för om vätgasen används i personbilar eller i bussar. I verkligheten är väl en kombination mest trolig, samt även tankning i lastbilar.

²¹ När inkomster och utgifter tar ut varandra

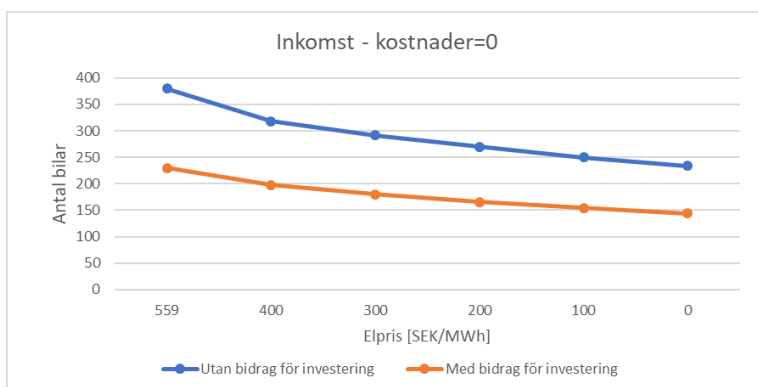
Antaganden gällande annuitetsfaktor, elåtgång för elektrolys och tankstation samt elpris följer antaganden i Tabell 1. Följande antaganden har gjorts kring investeringskostnader:

- Investering Elektrolys + tankstation: 18 MSEK
- Övrigt: 4 MSEK
- Osäkra kostnader: 2,2 MSEKSEK
- Möjligt bidrag 50% av investeringskostnader= 12,1 MSEK
- Vätgasåtgång personbil: 0,5 kg/dag
- Vätgasåtgång buss: 20 kg/dag
- Intäkt vätgas: 90kr/kg vätgas

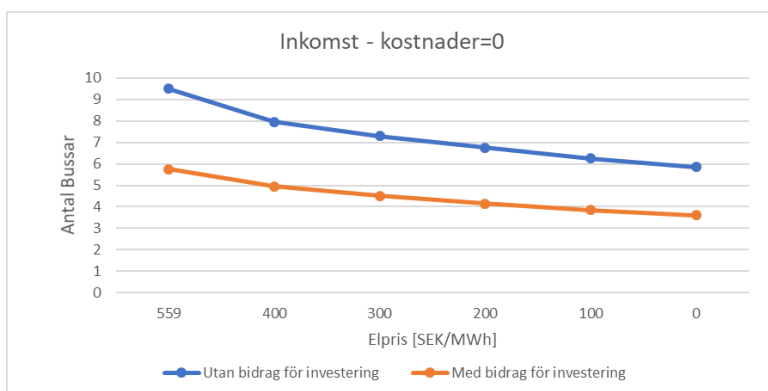
Vid elektrolys produceras även syre och det bildas värme vid spjälkning av vattenmolekylerna. Eventuella intäkter för detta är inte medräknat. Kostnaden för ev. byte av stack i elektrolysören är inte heller medräknad. Kostnaderna för fordon ligger inte hos ägaren av vätgasanläggning + tankstation.

Elpriset har varierats mellan 559 kr/MWh och 0kr/MWh. Priset kommer kanske aldrig vara noll, men om vätgasproduktion direkt ansluts till vindkraftsproduktion och solesproduktion kommer de rörliga kostnaderna för el endast vara avbetalning på investering varje år.

Antal bilar som behövs för att inkomsterna skall vara större än utgifterna för vätgasproduktion (inkl. tankstation) varierar mellan 230 och 380 i fallet utan bidrag då elpriset varierar mellan 0 och 559 kr/MWh. Med bidrag varierar antalet bilar som behövs mellan 140 och 230, mellan 0 och 559kr/MWh. För ett system där endast bussar tankas behövs mellan 6 och 10 bussar, beroende på elpriset och i ett fall utan bidrag. I ett fall med bidrag behövs mellan 4 och 6 bussar, beroende på elpriset. Se Figur 10 och Figur 11. Även ett litet antal bussar kan alltså ha en avgörande påverkan på lönsamheten.



Figur 10. Antal vätgasbilar som krävs för att inkomster och kostnader (för produktion + tankstation) skall vara lika. Antal bilar är beräknade för ett fall med och ett fall utan bidrag. För att se elprisets påverkan har elpriset varierats mellan 559 kr/MWh och 0kr/MWh.



Figur 11 Antal vätgasbussar som krävs för att inkomster och kostnader (för produktion + tankstation) skall vara lika. Antal bilar är beräknade för ett fall med och ett fall utan bidrag. För att se elprisets påverkan har elpriset varierats mellan 559 kr/MWh och 0kr/MWh.

8.4.4 Sammanfattning kostnader och lönsamhet

Det finns flera sätt att producera förnybar vätgas. För vår region är de aktuella teknikerna från el med elektrolys, från biogas med reformering eller från skogsbränslen via förgasning. I denna studie har kostnaderna för förgasning inte analyserats eftersom alternativet ligger längre fram i tiden. Av alternativen på kort sikt, elektrolys och reformering av biogas, är elektrolys mest ekonomiskt fördelaktigt. Reformering av metan är idag mer kostsamt och biogas är redan ett bra fordonsbränsle i sig. Kostnaden är mindre för större produktionsanläggningar och dessa anläggningar visar en kostnad per producerad kg vätgas som är under dagens marknadspris.

De stora osäkerheterna kring kostnaderna är kostnaderna för byte av stack, vid elektrolysören, som inte är inkluderade i dessa beräkningar. Kostnaden för övriga kostnader så som tex, bygglov, anslutningar, byggnader, tillståndskostnader, projekteringskostnader etc. samt oförutsedda kostnader. Dessa kostnader är antagna att vara 50% av investeringskostnaden i de uppskattningar som redovisas ovan. Även elpriset har stor betydelse och i Energimyndighetens kortsiktsrapport förväntas medelårspriset för el sjunka jämfört med 2018 års medelpris på 45,8 öre/kWh till 35 öre/kWh (år 2022). Vidare tror man att elpriset kommer att variera mer i framtiden med mer förnybar och intermittent kraft i elsystemet.

Det finns idag en osäkerhet kring leveranstider för fordon. Det finns ännu inte stor tillverkning av fordon och det kan därför dröja att få ett fordon. Toyota som är en av de ledande tillverkarna har tex. fokus på att leverera fordon till OS i Japan 2020. Sandvikens kommun har precis avslutat en upphandling av två vätgasdrivna fordon. I deras upphandling visade det sig svårt att få in anbud från busstillverkare av vätgasfordon, vilket till största delen berodde på möjligheten till service. Till slut fick de in ett anbud från tillverkaren Solaris, men leveranstiden blev ett år längre än de hoppats på, i början av 2022.

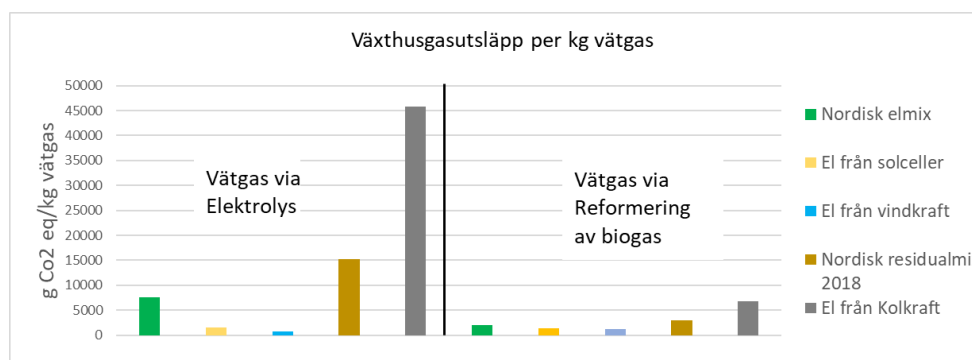
Det händer också mycket runt om kring oss. Utvecklingen går framåt för bränsleceller vilket kommer att påverka både tekniken och kostnaderna. Det är därför högst troligt att priset går ner både på fordon och på produktionsanläggningar när efterfrågan och produktionen ökar.

8.5 Minskade utsläpp och buller

Vid övergång till vätgasdrivna bilar, som endast släpper ut vatten, kommer utsläppen av kväveoxider, kolmonoxid, bensen, metaller och partiklar att minska. Det kommer ge en positiv påverkan på människors hälsa i framförallt tätorter och stadstrafik samt minskningen av försurande ämnen. Bullernivån i trafiken, speciellt vid lägre hastigheter, kommer också att minska.

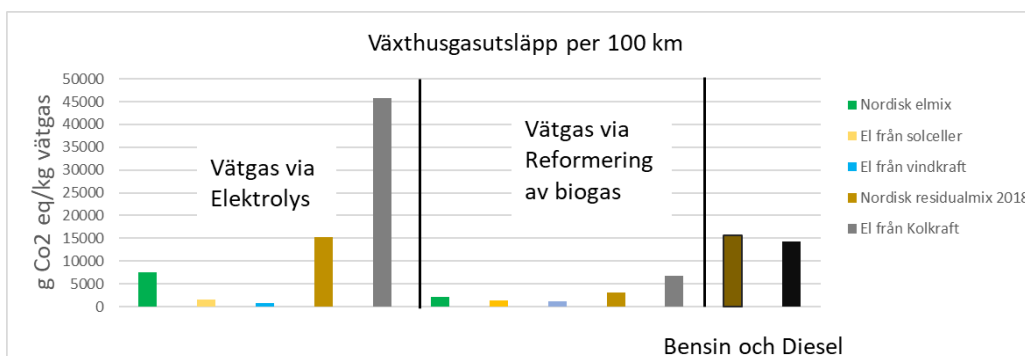
De klimatpåverkande utsläppen kommer att vara noll från *tank-to-wheel*. Hur stora de totala utsläppen är beror främst på hur den el som används i vätgasproduktionen är genererad, se Figur 12. Vilka fall som används för beräkning av utsläpp beskrivs i kapitel 0.

Högst utsläpp av växthusgaser medför produktion av vätgas via elektrolys i de fall där elen har genererats med hög andel fossilt, dvs med höga CO₂ utsläpp. Reformering av biogas ger lägre utsläpp vilket beror på att de mesta utsläpp av CO₂ vid reformering av biogas är av biogent ursprung och därför ingår i kolets krets-lopp, vilket inte bidrar till ökade utsläpp av koldioxid. Däremot är biogasproduktionen kopplad till en viss mängd CO₂-utsläpp som redovisas i antaganden kapitel 0. Vid biogasproduktionen används också en viss mängd el, vilket gör att även vätgasproduktion via reformering av biogas har olika mängd utsläpp beroende på antaganden kring elens utsläpp. Dock är elbehovet inte lika stort vid reformering som vid elektrolys och är därför inte lika stora skillnader. Även den el som behövs för komprimering och lagring har uppskattats och inkluderats. Det har antagits att den el som behövs motsvarar 15% av det lägre värmevärdet för vätgas, vilket uppskattats till 5 kWh/kg vätgas.



Figur 12 Växthusutsläpp för produktion av ett kg vätgas via elektrolys och biogasreformering vid olika fall av utsläpp från generering av el.

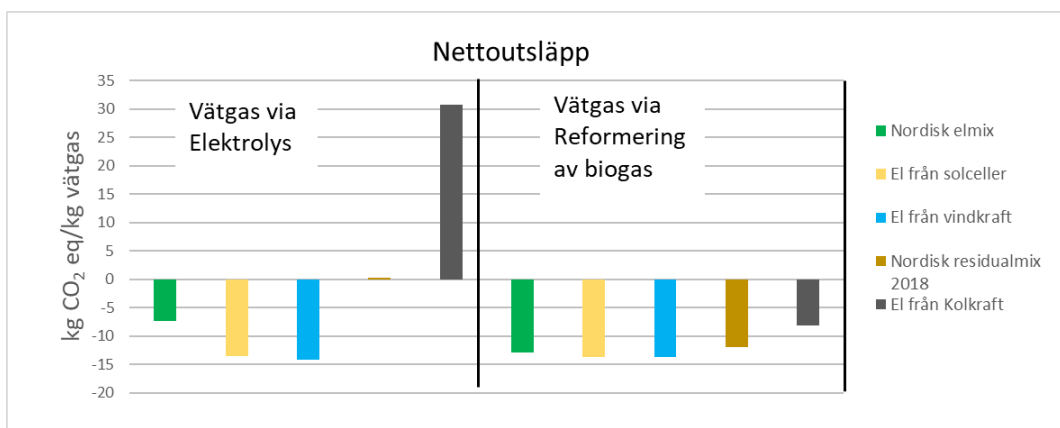
För att sätta utsläppen för vätgasproduktion i perspektiv med dagens fordonsflotta, har en jämförelse gjorts med utsläppen från bensen och diesel, se Figur 13. Resultaten visar att koldioxidutsläppen kan vara lägre vid användning av vätgas istället för bensen och diesel förutsatt att vätgasen produceras från biogas eller från förnybar el.



Figur 13. Växthusgasutsläpp per 100 km för vätgas via elektrolys och reformering av biogas i jämförelse med utsläpp från bensin och diesel per 100 km.

Figur 14 visar koldioxidutsläppen per kg vätgas för det studerade systemet då den producerade mängden vätgas antas ersätta ett fossilt alternativ. I detta fall antas ett medelvärde mellan bensin och diesel. Resultaten visar att ur ett systemperspektiv ger användning av vätgas i fordonsflottan minskade utsläpp av växthusgaser i de flesta fall.

När vätgas produceras från el är det viktigt att säkerställa att elen är förnybar genom att tex, bygga solceller eller vindkraftverk vid elektrolys.



Figur 14. Nettoutsäpp av växthusgaser vid användning av 1kg vätgas istället för fossila drivmedel. 1kg vätgas motsvarar en körsträcka på 100km och vätgas antas ersätta en mix av bensin och diesel (ett medelvärde har använts).

8.6 Jämställdhet och regional utveckling

När det gäller produktion och användning av vätgas kommer det främst ske i branscher som idag inte är jämställda, dvs sektorn för tunga fordon och energibranschen. Ett införande av produktion och användning av fordonsbränsle kommer således med största sannolikhet leda till i första hand fler arbetstillfällen för män.

När det gäller användningen av vätgasbilar som privatpersoner är det i denna studie endast män som visat intresse, däremot finns det inget som säger att användningen av vätgas i personbilar behöver bli ojämställd. Används vätgas däremot i bussar som går i kollektivtrafiken kommer det vara en jämnare könsfördelning på dem som nyttjar bränslet.

Idag importeras alla fossila drivmedel till Kronoberg. En del av den bensin och diesel som används i Kronobergs län kommer från de raffinaderier som finns i Sverige, vilket till viss del har genererat inkomst och arbetstillfällen i Sverige. Preem är den största tillverkaren av drivmedel i Sverige och står för 80% av raffinaderikapaciteten, med raffinaderiet i Lysekil som enskilt

största aktör. I Lysekil importeras råolja med högt svavelinnehåll främst från Ryssland (Preem, 2020). Sveriges totala råoljeimport kommer främst från Ryssland (>30%), Norge (~30%) och Nigeria (~20%) (Energimyndigheten 2019). HVO och RME importeras till Kronoberg och största delen tillverkas utanför Sveriges gränser. I dag importeras 85% av allt biodrivmedel på den svenska marknaden.

Regional produktion av förnybart drivmedel istället för import av fossila bidrar till en ökad tillväxt, vi har dock inte kunnat bedöma storleken. Det bidrar också till det mål som Kronoberg har om Plusenergilän 2050. Även i ett nationellt perspektiv kan inhemsk produktion av drivmedel vara viktigt, det kan ge tillväxt, ökad självförsörjningsgrad och därmed ökad resiliens. Vi föreslår att värdet av detta utreds vidare och beräknas i en kommande vätgasstrategi. En inte oväsentlig del av Sveriges import av fossila bränslen kommer dessutom från länder där de demokratiska bristerna är stora, som Ryssland.

9 Viktiga faktorer för en utveckling av vätgas i Kronoberg

Vätgas skulle kunna bidra stort till ett fossilfritt län och ökad tillväxt genom regional produktion av drivmedel istället för import. För att bygga vätgaskedjan krävs både politiska beslut och samverkan mellan kommuner och företag. Att dela på risken för investering i produktion eller i fordon mellan olika aktörer i kedjan är ett sätt att driva utvecklingen framåt. Det är också viktigt att vätgasproduktionen är hållbar och leder till minskade utsläpp jämfört med de fossila alternativen.

Andra viktigaste faktorerna för en utveckling av vätgas i Kronoberg som framkommit i denna studie är:

- Investeringsstöd, men lönsamt i förlängning
- Att säkerhetsaspekterna noga beaktas och informeras om för att skapa en acceptans hos utförare och användare
- Ökad kunskap kring vätgas i alla led från utförare till användare
- Att det upprättas regelverk kring vätgas för att underlätta tillståndsprocessen
- Tankställen/tillgång till vätgas – även när vätgasmack finns måste det alltid gå att tanka
- Att få till en kritisk massa av användare av vätgas
- Beslutsfattare i företag och offentliga aktörer vill gå före
- Lokala drivkrafter
- Upprättande av pilotprojekt
- Att drivmedel och fordon inte kostar väsentligt mer
- Att kundens kund ställer krav på nollutsläpp eller på att drivmedlet ska vara vätgas

10 Rekommendationer för ett genomförandeprojekt

Första vätgasstation placeras där marknad finns. Vätgasproduktion måste vara förnybar. Produktion bör i närtid vara från: solel, vindel, biokraft eller biogas. Produktion via elektrolys är det mest kostnadseffektiva alternativet på kort sikt.

För att driva en tankstation krävs att ansvarig (stationsföreträdare) utbildas inom området. Det behövs också personal som kan övervaka och sköta anläggningen. Det är stationsföreträdaren som har ansvaret men övervakning och skötsel kan hanteras av annan aktör, om detta önskas. Detta upplägg är inget nytt utan görs inom många verksamheter och en lämplig anläggningsägare är företrädesvis en aktör som redan har kunskap kring detta och väl känner till lagar och regler som berör en vätgasanläggning eller liknande lagar och regler och som lätt kan ta till sig nya föreskrifter, så som Lagen om Brandfarliga och Explosiva varor, tryckkärlsdirektivet, Atex-direktivet samt arbetsmiljölagen. En viktig del i upplägget av en tankstation och anläggning är det servicekontrakt som upprättas mellan leverantör och stationsägare.

En möjlig aktör för uppförande av vätgasproduktion är kommunalägt energibolag:

- Det finns intressenter
- Ett kommunalägt bolag har möjlighet att få offentliga bidrag för investeringar och demonstrationer via europeiska regionalfonden.
- Ett kommunalägt energibolag är vana vid att upphandla processer och har därmed erfarenheter från projektering av anläggningar, uppföljning av anbud, byggmöten, drift av olika processer och erfarenheter av att hantera brandfarlig gas och höga tryck.
- Har troligtvis större möjlighet till tillgång till mark
- Möjlighet att kombinera solel med el från biomassa under vinterhalvåret, utan el från elnätet, om anläggning placeras i närheten av ett bioeldat fjärrvärmeverk.

Osäkra parametrar:

- Tillståndsprocessen för vätgas kan ta tid - regelverk är under utveckling och bör bevakas
- Bättre kostnadsberäkning kan göras först när storlek är bestämd
- Leveranstider för fordon osäkra

Preliminär tidsåtgång för upprättande av vätgasproduktion bedöms till 18 - 26 månader:

1. Våren 2020 Förstudie med första kalkyl, dvs dessa anläggningar behövs, här ska de ligga, kapaciteter etc. Även en första diskussion kring tillståndsfrågor, avstånd, i kombination med detaljplanen etc. (2 - 3 månader)
2. Systemhandling och projektering. (3 - 4 månader)
3. Upphandling (3 - 4 månader)
4. Bygga (6 - 12 månader)
5. Idrifttagande (1 - 3 månader)

Första punkten behöver göras innan ev ansökan om bidrag görs, punkt 2 – 5 kan ingå i projekttiden.

11 Slutsats och fortsatt arbete

Genom införandet av vätgas som produceras på ett hållbart sätt kan emissioner från transportsektorn minska och bidra till att nå de regionala och nationella målen för minskade emissioner i transportsektorn. För vissa transporter kan vätgas komma att bli en av få möjligheter för att bli fossilfri. Regional produktion av förnybart drivmedel istället för import av fossila drivmedel bidrar till en ökad tillväxt. Det kan också bidra till de regionala miljömålen i Kronoberg; *Begränsad klimatpåverkan i Kronobergs län, Fossilbränslefritt 2030 och Plusenergilän 2050*. Även i ett nationellt perspektiv kan inhemsk produktion av drivmedel vara viktigt, det kan ge tillväxt, ökad självförsörjningsgrad och därmed ökad resiliens.

11.1 Behov, möjligheter, kompetenser, aktörer och utmaningar för vätgas i Kronoberg

Kronoberg har möjlighet att vara i framkant när det gäller vätgas. Regionen har en stark industri för tunga fordon och flera stora och många små logistikföretag. Två av kommunerna ligger längs E4 och de flesta har större vägar med tung trafik, dessutom är många av länets invånare mer eller mindre beroende av att kunna åka längre sträckor med bil. Två stora företag med ambitiösa planer för fossilfrihet i alla led har sina huvudkontor i Kronobergs län vilket ger möjlighet att ställa krav och/eller samverka mellan kund och logistikaktör.

Utifrån intervjuer i den förstudie som har genomförts mellan juni 2019 och februari 2020, ser vi ett behov av vätgas på ca. 20 ton/år inom en nära framtid. På längre sikt med ett antagande att ca. 10% av fordonen i Kronobergs län är behovet av vätgas mer än 1000 gånger så stort, ca 2 700 ton per år. Det finns i Kronoberg goda förutsättningar att möta dessa behov. Det finns möjlighet att producera vätgas via elektrolys från förnybar el, via reformering av biogas från Växjö eller Alvesta eller i ett längre perspektiv via förgasning av biomassa i kombination med kraftvärmeproduktion. Det finns stora möjligheter att koppla vätgasproduktion till de planer som finns för vindkraftsproduktion i Kronobergs län, där det ibland kan vara svårt att leverera ut på nätet, pga att nätkapaciteten är för liten.

En ökad kunskap kring vätgas behövs för att vätgas ska få en stor spridning, men det viktigaste är samverkan mellan kedjans olika aktörer. Där de främst aktörerna är företag inom: tunga fordon, logistik, bilfirmor, energibolag, region, länsstyrelse, räddningstjänster, kommuner och andra nätverk och organisationer.

De största osäkra parametrarna är tillståndprocessen för vätgas, där regelverket är under utveckling och där det därför är för varje enskild tillståndsenhet att ta beslut. Leveranstiden för fordon är också osäker.

Utmaningen är att få ihop hela kedjan med produktion och användare; när hela kedjan är på plats finns det stora förutsättningar för lönsam produktion av vätgas.

11.2 Plan för att utveckla vätgasens värdekedja i Kronoberg

Det finns stort intresse från många olika aktörer i Kronobergs län för användning av vätgas och produktion.

När förstudien startade var förhoppningen att hitta en aktör som var villig att investera i vätgasproduktion. Det visade sig inte vara så enkelt, och förstudien har istället utvecklats till att fokusera till att öka kunskapen och sammanföra hela kedjans aktörer för att starta och driva samtalet vidare. Resultatet av deltagandet på slutseminariet visar på att projektet kan antas vara lyckat på den punkten. Vid slutseminariet som lockade över 100 personer och därmed var fullsatt, var hela kedjan representerad, med företag inom tunga fordon, logistik, stora företag som har möjligheter att samverka/sätta press på underleverantörer, offentlig sektor, politiker (både kommun- region- och rikspolitiker) samt universitet. Alla aktörer är eniga om att samverkan mellan kedjans alla aktörer är nödvändiga för att vätgasproduktion skall bli verklighet i Kronoberg.

Det är nu viktigt att arbetet inte stannar med denna förstudie utan att arbetet drivs vidare i olika forum. Förslag till fortsatt arbete beskrivs i kapitel 11.4.

11.3 Hur utformas ett genomförandeprojekt i Kronoberg

En möjlig aktör för vätgasproduktion och tankställe är ett offentligt ägt energibolag, som också har möjlighet att söka om bidrag via Europeiska Regionalfonden Småland och Öarna. En annan möjlighet är att ansöka från Klimatklivet, men där är sannolikheten att få bidrag mindre och i så fall endast för tankstationer.

Projektagare för ett genomförandeprojekt är företräddelsevis en aktör med stor erfarenhet av att driva projekt, dvs med erfarenheter i det administrativa arbetet som projektbidrag innebär, till exempel Energikontor Sydost, medan den aktör som ska producera då kan koncentrera sig helt på att bygga produktionen. En annan fördel är att om ett genomförandeprojekt genomförs i samverkan mellan aktör som ansöker för produktion och tankstation och annan aktör som representerar en större målgrupp är möjligheten att sprida kunskapen vidare till andra aktörer i Kronobergs län. Det är viktigt att vid upprättandet av genomförandeprojektet sprida den kunskap som kommer att ges även i och utanför länen. Eventuellt kan ett genomförandeprojekt förutom spridning och kunskapsökning även inkludera framtagandet av en vätgasstrategi i Kronobergs län.

11.4 Fortsatt arbete

För att Kronoberg effektivt ska kunna jobba framåt med vätgas behövs det ta fram en strategi för vätgas. För att säkra upp antal fordon så att den som bygger har ett antal avsiktsförklaringar bör det göras en kampanj.

Det stora intresse som har uppmärksammats genom denna studie bör också tas tillvara och kunskapen kring vätgas bör tas tillvara från olika aktörer och spridas mellan aktörer för att utveckla vätgasen i Kronobergs län. En avgörande faktor för vätgasutvecklingen kommer vara samverkan, både mellan företag, offentlig verksamhet och politiker. Men även med myndigheter och räddningstjänster för att få tillstånd för produktion och användning och olika föreningar och organisationer för nätverk och kunskapshöjande åtgärder. Om och när vätgasen får en spridning och ökar kommer det också att öka behovet av arbetskraft och därmed behovet av utbildning på olika nivåer att öka, både bland chaufförer, tillverkare, ingenjörer, konsulter etc.

Utifrån de resultat som framkommit under detta arbete föreslår Energikontor Sydost att arbetet med vätgas skall fortsätta i Kronoberg genom följande åtgärder:

1. **Strategisk handlingsplan för vätgas bör tas fram, en s.k. vätgasstrategi.**
2. **Nätverk för privata och offentliga aktörer som vill gå vidare med vätgas.**
3. **Nätverk för privatpersoner intresserade av vätgas.**
4. **Ansökan till Regionalfonden Småland och Öarna, om offentlig aktör finns som vill investera i anläggning.**
5. **Kampanj för att avsiktsförklaring vätgasbil.**
6. **Öka kunskapen kring vätgas genom utbildning på olika nivåer**

I den föreslagna vätgasstrategin anser Energikontor Sydost att andra hållbarhetsaspekter än klimatpåverkande utsläpp med fördel bör undersökas noggrannare. Vi föreslår vidare att värdet av lokalproducerad vätgas när det gäller ökad tillväxt, ökad självförsörjningsgrad och resiliens utreds vidare och beräknas i en kommande vätgasstrategi.

För ansökan till Regionalfonden Småland och Öarna finns två alternativ. Antingen kan en ansökan lämnas in för ett genomförandeprojekt, men det kan också tänkas möjligt att söka ytterligare förstudie för att utreda de specifika aspekterna på ett demonstrationsprojekt, vilka inte har kunnat ingå i denna förstudie.

Energikontor föreslår också följande företag/organisationer som ansvariga för varje punkt:

1. *Region Kronoberg*
2. *Energikontor Sydost om finansiering kan ordnas.*
3. *Befintliga nätverk för miljöfordon, miljöbränslen*
4. *Energikontor Sydost kan vara behjälplig vid ansökan och som projektadministratör.*
5. *Länsstyrelsen genom GreenAct Kronoberg*
6. *Linnéuniversitetet och andra utbildningsaktörer*

I denna rapport har vi fokuserat på vätgas för fordon och specifikt för vägtransport. Det finns som vi nämnt på flera ställen i rapporten stor potential för vätgaslagring från de vindkraftsplaner som finns i Kronobergs län. Energikontor Sydost ser ett behov i att studera vätgaslager i kombination med vätgas mer ingående och ta med i beräkningarna variationer i pris för att kunna realisera vätgaslagring från vindkraft, både i syfte att lagra vätgas och producera drivmedel.

12 Källhänvisning

Andersson P G, Englesson H, 2019, Bränslecellsbusar – bedömning av vätgas som drivmedel för Växjö stadsbusstrafik, Trivector PM 2019:136.

Ball, M. & Wietschel, M., 2009. The Hydrogen Economy. Cambridge: Cambridge

Berggren et al, 2013, Biomimetic assembly and activation of [FeFe]-hydrogenases, Nature Publishing Group, a division of Macmillan Publishers Limited. All Rights Reserved. , 2013. Vol. 499, nr 7456, s. 66-69

Berk P och Reiber A, 2018, Bränsleceller för truckar och andra fordon för interna transporter inom processindustrin, Energimyndigheten, 35723-2

Bioenergitidningen, 06-05-2019, <https://bioenergitidningen.se/biodrivmedel-transport/preem-och-vattenfall-fordjupar-samarbetet-for-fossilfri-drivmedelsproduktion-i-stor-skala>, infomatins hämtad 16-10-2019

Blue Move, 2017, Mulighetsstudie for hydrogen produksjon, industri, lagring og distribusjon, The Blue Move for a Green Economy
<http://www.scandinavianhydrogen.org/wp-content/uploads/2017/03/Rapport-KL-2017-01-BM-V1.pdf>

Blue Move, 2018, Vätgas och Bränsleceller – framgångsfaktorer för affärsmodeller, Slutrapport för "The Blue Move for a Green Economy", ett projekt inom Interreg Öresund-Kattegat-Skagerrak, http://www.scandinavianhydrogen.org/wp-content/uploads/2017/05/BM_Rapport-framgangsfaktorer.pdf hämtad 09-09-2019

Blue Move, 2018b, Bränslecells-bilar – erfarenheter och rekommendationer, "The Blue Move for a Green Economy", ett projekt inom Interreg Öresund-Kattegat-Skagerrak, <http://www.scandinavianhydrogen.org/wp-content/uploads/2017/05/Blue-Move-rapport-WP5.2.pdf> hämtad 09-09-2018

Dahlberg K, Informationen har inhämtats genom samtal med Kurt Dahlberg på Hynoin 19-12-2019 samt via mail under perioden 2-10-2019 – 20-12-2019.

Elinstallatören, aug.2019,
<https://www.elinstallatoren.se/innehall/nyheter/2019/augusti/orsak-bakom-norsk-vatgasexplosion-funnen/> hämtad senast 2019-11-28

Elinstallatören, <https://www.elinstallatoren.se/innehall/nyheter/2019/januari/mr.-vatgas-lagrar-solenergin-till-vintern/>, senast hämtad 2020-01-02

EME Analys AB och Profu, Miljövärdering av el – med fokus på utsläpp av koldioxid, Energiforsk

Energimarknadsinspektionen, 2019, Växthusgasutsläpp från residualmixen i Norden är tagen frpn Energimarknasinspektionen <https://www.ei.se/sv/nyhetsrum/nyheter/nyheter-2019/nu-finns-information-om-residualmix-for-2018/>

Energimyndigheten, 2019, Drivmedel 2018- Redovisning av rapporterade uppgifter enligt drivmedelslagen, hållbarhetslagen och reduktionsplikten. ER2019:14

Folksam, 2019, Säkra och bränslesnåla nybilar 2019 – fler nya bilar klarar högre krav på autobroms, <https://nyhetsrum.folksam.se/sv/2019/01/14/sakra-och-branslesnala-nybilar-2019-fler-nya-bilar-klarar-hogre-krav-pa-autobroms/> hämtad senast 25-02-2020

Gode J, Byman K, Persson A, Trygg L, 2009, Miljövädning av el ur systemperspektiv – en vägledning för hållbar utveckling, IVL, B1882, <https://www.ivl.se/download/18.343dc99d14e8bb0f58b759f/1445517418744/B1882.pdf> hämtad 21-02-2020.

Grahn & Jannasch. 2018. Electrolysis and electro-fuels in the swedish chemical and biofuel industry: a comparison of costs and climate benefits. F3 - The Swedish Knowledge Centre for Renewable Transportation Fuels, Report 2018:02

Hemab – Härnösand Energi och Miljö. <https://www.hemab.se/omoss/vatgasiarnosand.4.2131c0d41518a7405a269f3.html> – information hämtad senast 2020-01-02

Hybrit development, Om projektet Hybrit, <http://www.hybritdevelopment.com/hybrit-toward-fossil-free-steel>, hämtad senast 25-02-2020

Hydrogen Council, 2020, Path to hydrogen competitiveness, https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2020/01/Path-to-Hydrogen-Competitiveness_Full-Study-1.pdf hämtad 2020-02-25

Jacobsson R, Sandén P, Andersson A, Bergfors E och Lindqvist G, 2017, Strategiska innovationsagendor – en kartläggning av finansierade agendor , Sweco, https://www.vinnova.se/contentassets/689146a8bd274c52b3f177a8a125827a/swecos-kartlaggning-av-strategiska-innovationsagendor_20170601pdf.pdf

Johansson M, 2017, Energilagring i vätgas, Exjobb Luleå tekniska universitet, Institutionen för teknikvetenskap och matematik. URN: urn:nbn:se:ltu:diva-65245, <http://ltu.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1135186&dswid=-7814>, hämtad 05-12-2020

Karlsson, 2019, Information kring CO2 utsläpp vid biogasproduktion från Växjö kommun och VA chefen Steve Karlsson

Lindahl N et al., 2018, Fuel Cell Measurements with Cathode Catalysts of Sputtered Pt3Y Thin , ChemSusChem, Film. Vol. 11 Issue 9 p. 1438-1445

Länsstyrelsen i Kronobergs län, 2019, REGIONAL PLAN FÖR INFRASTRUKTUR FÖR ELFORDON OCH FÖRNYBARA DRIVMEDEL https://www.lansstyrelsen.se/download/18.5069148016f1ab4b8a31f4ce/1578572490522/Regional%20plan%20f%C3%B6r%20infrastruktur%20f%C3%B6r%20elfordon%20och%20f%C3%B6r%20f%C3%B6rnybara%20drivmedel_2019-12-18.pdf

Metalliska material, Artikel om att hybritprojektet fått pris av naturvårdsverket,
<https://www.metalliskamaterial.se/sv/fakta/hybrit-prisas-av-naturvardsverket/artikel>
 hämtad 25-02-2020

Naturvårdsverket, 2018, Växthusgasutsläpp från nordisk elmix är taget från instruktionen för klimatklivet: <https://www.naturvardsverket.se/upload/stod-i-miljoarbetet/bidrag-och-ersattning/bidrag/klimatklivet/berakna-utslappsminskning-vagledning-klimatklivet-2018-09-04.pdf>

Naturvårdsverket, 2020a, Kväveoxider från vägtransporter
<https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Kvaveoxider-utslapp-till-luft-fran-vagtransporter/> hämtad 21-02-2020

Naturvårdsverket, 2020b, Utsläpp från luftföroreningar,
<https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Statistik-om-luft/Utslapp-av-luftfororeningar/> hämtad 21-02-2020

Naturvårdsverket, 2020c, kolmonoxid, <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Luftfororeningar/Kolmonoxid/> hämtad 21-02-2020

Naturvårdsverket, 2020d, Kolväten, <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Luftfororeningar/Kolvaten/> hämtad 21-02-2020

Nilsson Energy, 2019, Information inhämtad från intervju 16-10-2019 samt mail konversation mellan 17-10-2019 och 13-02-2020.

Oazer, 2020, Information inhämtad från intervju via telefon 10-01-2020 samt mailkontar mellan 2020-01-02 och 2020-02-13 med Boh Westerlundh, vd Oazer.

Preem, 2020, Premraff Lysekil <https://www.preem.se/om-preem/om-oss/vad-vi-gor/raff/preemraff-lysekil/> hämtad 21.02.2020

Scania, 2018, Nyhet kring att Scania bygger fler vätgasbilar,
<https://www.scania.com/se/sv/home/experience-scania/news-and-events/News/archive/2018/12/scania-bygger-fler-vaetgasdrivna-lastbilar.html> hämtad 26-02-2020

Skatteverket, 2020a, Förbrukning av el för kemisk reduktion eller i elektrolytiska processer
<https://www4.skatteverket.se/rattsligvagledning/edition/2020.1/356486.html#h-Forbrukning-av-el-for-kemisk-reduktion-eller-i-elektrolytiska-processer> hämtad 09-02-2020

Skatteverket, 2020b, Information hämtad från mail från Skatteverket 2020-02-13
 Skelefteå Kraft, om projektete Zero Sun, <https://www.skekraft.se/om-oss/foretaget/zero-sun/> hämtad senast 16-10-2019

SPBI – Svenska Petroleum och biodrivmedelinstitutet.
<https://spbi.se/uppslagsverk/fakta/berakningsfaktorer/energiinnehall-densitet-och-koldioxidemission/> - Information hämtad senast 2020-01-02

Statkraft, 14-02-2020, Information hämtad från presentation av Per Rosenqvist, Statkraft, på slutseminarium den 14 februari 2020

Strandmöllen, 14-02-2020, Information inhämtad från presentation av Strandmöllen på slutkonferens den 14 februari 2020.

Strandmöllen, 2020, Information inhämtad via mail med Finn Kofoed-Dam, vd Strandmöllen Sverige 26-02-2020

Sundin O, Westerlund Boh, Information baseras på svar vid intervju med Olle Sundin (7-10-2019) och Bo Westerlund (10-01-2020) på Oazer.

Sweco, 2014, VÄTGASINFRASTRUKTUR FÖR TRANSPORTER- FAKTA OCH KONCEPTPLAN FÖR SVERIGE 2014-2020, Sweco, RAPPORT HIT-1 NIP-SE, http://www.vatgas.se/wp-content/uploads/2016/02/Vatgasinfrastruktur_Huvudrapport.pdf

Sweco, 2016, Strategisk innovationsagenda – Vätgas för fordon, SWECO UPPDRAGSNUMMER 5471359000. http://www.vatgas.se/wp-content/uploads/2016/09/Strategisk-Innovationsagenda_Vatgas-for-fordon.pdf hämtad 30-10-2019

Tillväxtverket, 2020, Regionala strukturprogrammet Småland och Öarna, <https://tillvaxtverket.se/download/18.a48a52e155169e594d37fc/1465392410578/Regionala%20strukturfondsprogrammet%20f%C3%B6r%20Sm%C3%A5land%20och%20%C3%96arna.pdf> hämtad senast 05-02-2020

Toyota, 2013, Automotive News Toyota predicts big cuts in fuel cell costs, <http://www.autonews.com/article/20131014/OEM06/310149959/toyota---predicts---big---cuts---in---fuel---cell---costs#>, hämtad senast 2020-02-26

Vattenfall, 2019, Växthusgasutsläpp från solel är taget från Vattenfall: <https://www.vattenfall.se/elavtal/energikallor/elens-ursprung/>

Vätgas Sverige, 05-11-2109, information hämtad från presentation på seminarium kring vätgas i Växjö den 5 november.

Vätgas Sverige, 2019, <http://www.vatgas.se/2019/11/27/svensk-norskt-samarbete-siktarpaa-nat-av-vatgastankstationer/> hämtad senast 2019-11-28

Vätgas Sverige, 2020, Vätgas och säkerhet, <http://www.vatgas.se/wp-content/uploads/2019/03/Vatgas-och-Sakerhet.pdf> hämtad senast 25-02-2020

Vätgas Sverige, 2020a, Tankstationer i Sverige, <http://www.vatgas.se/tanka/stationer/>, information hämtad senast 24-02-3030

Östberg P, 2017, Vätgas som energilager – Om vätgasens potential som energibärare i termiska kraftverk, Lunds Universitet, ISSN 0282-1990

13 Bilaga A: Intervjuunderlag: Användare

Frågor

Datum:

Vilket företag:

Intervjuperson och kontaktuppgifter:

1. Berätta om er verksamhet?
2. Var använder ni vätgas idag / skulle ni vara intresserade att använda vätgas?
 - Processen?
 - Drivmedel?
 - Annat
3. Hur stor mängd vätgas använder ni/ skulle ni vilja använda?
4. Är det samma mängd hela året eller varierar behovet??
 - Om variation, hur ser den ut: – Vinter/vår sommar/höst.
 - Vätgas/månad
5. Spelar det någon roll var vätgasen kommer ifrån?
 - Från förnybar el eller fossil el?
 - Från naturgas eller biogas?
6. Vad betalar ni för vätgas idag? / Hur mycket är ni beredda att betala för vätgas?
7. Skulle ni kunna tänka er betala mer för lokal förnybar vätgas?
8. Vad skulle få er att använda förnybar vätgas?
 - Har ni några krav idag att byta från fossil till förnybart?
 - Vilka alternativ har ni till vätgas? (fordon)
9. Vad tror ni är viktigt för att vätgas ska få genomslag i Kronoberg?
 - Politiska beslut?
 - Lokala drivkrafter?
 - Annat?
10. Har ni vätgas med i er fordonspolicy? (*Fråga kanske främst riktad till Miljöstrateger*)
11. Vad tror ni är användningsområdet för vätgas i framtiden?
12. Vad är möjligheterna med vätgas?
13. Vad är utmaningarna/svårigheterna med vätgas?
14. Hur ser ni på den vätgasens utveckling?
 - Vilka faktorer kommer att påverka branschens utveckling?
 - Hur påverkar de branschen?
15. Skulle ni vara intresserade att ingå i nätverk för förnybar vätgas (användning, produktion och distribution?)
16. Skulle ni vara intresserade av att medverka i ett demonstrationsprojekt (test-bädd)?

- Skulle ni i så fall ha möjlighet att medfinansiera?
- Medverka med er tid och kunskap?
- Vad skulle ni vilja testa?

17. Känner ni till någon som har planer/ vill använda förnybar vätgas inom er bransch?

18. Har ni förslag på företag/person som vi inte får glömma att intervjua inom denna studie?

19. Övrigt?

Tack för att ni tog er tid att delta!

14 Bilaga B – Intervjuunderlag: Producenter

Frågor

Datum

Vilket företag

Intervjuperson och kontaktuppgifter

20. Berätta om er verksamhet?

21. Hur producerar ni vätgas / Hur tänker ni att ni kan producera vätgas?

- Elektrolys?
 - a. Kommer den el ni använder från förnyelsebara källor?
- Reformering?
 - a. Rötning
 - b. Förgasning
 - c. Naturgas eller **biogas**?
 - d. Kommer den el som används i processen från förnybara källor?
- Annan metod
- Var produceras er vätgas?

22. Hur stor mängd vätgas producerar ni / har ni kapacitet att producera?

- Hur mycket el behövs för den produktionen?
- Hur mycket metan/biomassa/rötslam behövs för den produktionen?
 - i. Hur mycket el behövs till reformeringen?
- Blir det några biprodukter vid produktionen och vad används dessa till?

23. Till vilket pris producerar ni vätgas idag? Till vilket pris är ni beredda att producera vätgas?

- Är ni beredda att höja priset om förnybar?

24. Produceras samma mängd vätgas per månad eller varierar det?

- Om variation, hur ser den ut: – Vinter/vår sommar/höst.
- Vätgas/månad

25. Är det viktigt att den vätgas ni producerar/ vill producera är förnybar, dvs kommer från förnybara källor?

26. Vad krävs för att ni ska producera förnybar vätgas i Kronoberg, dvs vätgas där all energi som behövs kommer från förnybara källor?

- Tex. ett visst underlag/volym
- Politiska beslut?

27. Vad tror ni är viktigt för att vätgas ska få genomslag i Kronoberg?

- Politiska beslut?
- Lokala drivkrafter?
- Investeringsstöd?
- Annat?

28. Vad finns det för möjligheter att producera vätgas?

29. Nackdelar /svårigheter med att producera vätgas?

- Olika metoder
30. Vad tror ni är användningsområdet för vätgas i framtiden?
31. Skulle ni vara intresserade att ingå i nätverk för förnybar vätgas (användning, produktion och distribution?)
32. Skulle ni vara intresserade av att medverka i ett demonstrationsprojekt (testbädd)?
- Skulle ni i så fall ha möjlighet att medfinansiera?
 - Medverka med er tid och kunskap?
33. Känner ni till någon som producerar vätgas inom er bransch?
34. Har ni förslag på företag/person som vi inte får glömma att intervjua inom denna studie?
35. Övrigt?

Tack för att ni tog er tid att delta!

15 Bilaga C – Intervjuunderlag: Övriga

Frågor

Datum

Vilket företag/Organisation

Intervjuperson och kontaktuppgifter

36. Berätta om er verksamhet och arbete kring vätgas?
37. Vad är för och nackdelar med dessa två sätt att producera vätgas?
 - Elektrolys?
 - Reformering?
 - a. Rötning
 - b. Förgasning
38. Vilket sätt tror ni har störst potential och varför?
39. Är det viktigt att vätgasen är förnybar?
40. Vad är möjligheterna med förnybar vätgas?
41. Vad är utmaningarna/svårigheterna med förnybar vätgas?
42. Hur stor del av transporterna tror ni går på vätgas 2040?
43. Vad tror ni användare är beredda att betala för vätgas?
44. Tror ni användare är beredda att betala mer för förnybar vätgas?
45. Vad krävs för att lokal produktion/distribution och användning skall vara möjlig i Kronoberg, tror ni?
 - Tex. ett visst underlag (volym)
 - Politiska beslut?
 - Teknikutveckling?
 - Annat?
46. Andra lärdomar/erfarenheter ni ser från andra lyckade projekt i Sverige/EU?
 - Politiska beslut?
 - Lokala drivkrafter?
 - Annat?
47. Vad tror ni är de största användningsområdena för vätgas i framtiden?
48. Vilka är de största användarna?
49. Hur stor roll tror ni det spelar att vätgasen är förnybar?
50. Hur ser ni på vätgasens utveckling?
 - Vilka faktorer kommer att påverka branschens utveckling?
 - Hur påverkar de branschen?
51. Känner ni till någon som har planer att använda eller producera förnybar vätgas i Sverige?
52. Har ni förslag på företag/person som vi inte får glömma att intervjua inom denna studie?
53. Övrigt?

