

Färdplan för

# GRÖN VÄT GAS

i Jämtlands län

# FÄRDPLAN FÖR GRÖN VÄTGAS I JÄMTLANDS LÄN

## AKTIVITETSLOGG

”Färdplan för grön vätgas i Jämtlands län” har utformats under några väldigt intensiva månader. Arbetet har dels bestått av omvärldsbevakning och deltagande vid seminarier och workshops, dels inhämtning av information och inspiration från skriftliga källor som anges i löpande text i huvudsak:

- A Hydrogen Strategy for a climate neutral Europe.
- HYDROGEN ROADMAP EUROPE - A sustainable pathway for the European Energy Transition.
- VEIKART FOR HYDROGEN I TRØNDELAG.

Deltagarna i projektgruppen har haft ett otal möten med branschaktörer enligt följande logg:

DATUM	MÖTE MED	DATUM	MÖTE MED
28/9	IVL Svenska Miljöinstitutet	4/11	Svensk Vindenergi
5/10	Mariestads kommun/Electrivillage	10/11	North Sweden European Office
7/10	Trafikverket	11/11	Reaxcer
8/10	Maserfrakt	13/11	Nordic Eco Solutions & Ö-sunds kommun
12/10	Vätgas Sverige	13/11	Sweco
14/10	Fossilfritt Sverige	16/11	Energimarknadsinspektionen
15/10	Sandvikens kommun	16/11	Nilsson Energy
16/10	Hybrit/Vattenfall	17/11	Siemens
20/10	Energigas Sverige	18/11	Liquid Wind
20/10	Östersunds kommun och Region JH	20/11	Jämtkraft analys
24/11	Jämtkraft Värme	22/10	Plagazi
27/11	Utvecklingsklustret Energi	2/11	Punkt R
4/12	Nel	14/12	Powercell

Övriga organisationer som deltagit vid de workshops vi arrangerat den 5/11 och 10/12 är: Bergs kommun, Berners, Hando, Krokomsbostäder, Loadex, Lundstams, Mittuniversitetet, MSB, New Republic, Powercell, Sandberg & Jonsson och Vindkraftcentrum. Därtill har många och långa diskussioner kombinerats med ett löpande arbete med olika scenarion i projektgruppen. Resultatet återfinns i föreliggande färdplan. Jag vill tacka alla som bidragit.

Östersund 2020-12-17

Linnea Karlsson, projektledare  
PEAK REGION AB

Färdplan för grön vätgas i Jämtlands län har utformats på uppdrag av:



## SAMMANFATTNING

- Vätgasproduktion är en hållbar elintensiv industri.
- God tillgång till erforderlig el-effekt finns i länet.
- God tillgång till förnybar el finns i länet.
- Elpriset i SE2 är relativt lågt.
- Vätgas behövs för produktion av biojet.
- Vätgas behövs för elektrifiering av Inlandsbanan.
- Lagring av el i vätgas kan stödja intermittent elproduktion i SE2.

Utifrån dessa, för tillfället unika, styrkeområden innehåller ”Färdplan för grön vätgas i Jämtlands län” ett huvudscenarion till år 2030 som bygger på att tillverkning av biojet har etablerats, att Inlandsbanan rustats och elektrifierats, att vätgas börjat ersätta diesel för tunga landsvägstransporter samt att vätgas ökat flexibiliteten för elproduktion med intermittent energikällor i SE2. Behovet av vätgas beräknas till ca. 15 000 - 30 000 ton per år vilket kräver ca. 0,75–1,5 TWh grön el per år och en samlad kapacitet för elektrolys om ca. 100 - 200 MW.

För att bygga och utveckla olika scenarion i färdplanen har information och kunskap hämtats från litteratur, samtal med branschaktörer, teknikleverantörer och konsulter m.fl. Det avser exempelvis uppgifter avseende investeringskostnader och tekniska data för elektrolysörer, lämplig kalkylränta, kostnader för anslutning till elnät och rörliga elkostnader m.m. I huvudscenariot har produktionskostnaden för vätgas beräknats till ca. 35 kr per kg. Även efter påslag för ev. distributionskostnader m.m. bedöms det vara ett konkurrenskraftigt pris för många tillämpningar. En av färdplanens slutsatser är därför att det är möjligt att storskaligt producera grön vätgas till ett konkurrenskraftigt pris. **Färdplanen är således en argumentation till varför en del av den kapacitet för produktion av grön vätgas som pekats ut EU-kommissionens vätgasstrategi ska lokaliseras till Jämtlands län.** Färdplanen bidrar även till den nationella vätgasstrategi som utformas i regi av Fossilfritt Sverige under hösten 2020 för lansering under vårvintern 2021.

Produktion, lagring, distribution och användning av grön vätgas är ett nytt område inom energisektorn vilket medför ett antal inneboende osäkerheter. Inicialt är det därför rimligt att etableringar erhåller investeringsstöd. Fram till 2030 indikerar också många prognoser att kostnaden för elektrolysörer kommer att minska samtidigt som kostnaden för koldioxidutsläpp och el kommer att öka. Alla dessa, och flera, parametrar kommer att påverka produktionspris och konkurrenskraft för vätgas.

”Färdplan för grön vätgas i Jämtlands län” handlar om att ersätta fossil energi med förnybar, att utveckla effektiva system för att flytta energi i tid, rum och form samt att bygga ett ekosystem där industriell och regional utveckling kombineras med fossilfri konkurrenskraft. Den bygger på integrering av produktion-lagring-användning, men även integrering av el-, värme- och transportsektorn. Huvudscenariot omfattar initialt investeringar ca. 10-15 miljarder kronor. Det är en stor industriell satsning. Kombinerat med många andra åtgärder kan färdplanen kraftigt bidra till målet om länet som fossilbränslefri region och en än mer attraktiv turismindustri.

”Färdplan för grön vätgas i Jämtlands län” har utformats under hösten 2020 i en projektgrupp bestående av JP Vind, Inlandsbanan, Jämtkraft, Region Jämtland Härjedalen och Samling Näringsliv. Peak Region har varit koordinatör. Ett förverkligande av färdplanens huvudscenarion förutsätter att genomförande påbörjas redan 2021. Inicialt kommer det att handla om demonstrationsprojekt, marknadsutveckling, att kartlägga och utveckla finansieringslösningar samt informations- och kommunikationsarbete. Det sistnämnda gäller inte minst kunskapsbyggande kring hur vätgas kan och ska hanteras på ett säkert sätt. □

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>1.</b>	<b>INLEDNING</b>	<b>1</b>
1.1.	Bakgrund	1
1.1.1.	Internationella och nationella klimatmål	1
1.1.2.	Klimatmål och utveckling på regional nivå	2
1.1.3.	Elsystemet och intermittenta energikällor	2
1.2.	Syfte	4
1.3.	Mål	4
1.4.	Metod	5
1.5.	Avgränsningar	6
<b>2.</b>	<b>VÄTGAS</b>	<b>7</b>
2.1.	Produktion	7
2.2.	Kemiska fakta och energiinnehåll	7
2.3.	Lagringstekniker	8
2.4.	Säkerhetsaspekter	8
2.5.	Omvärldsanalys	8
2.6.	Vad är ett konkurrenskraftigt pris?	10
<b>3.</b>	<b>STYRKEOMRÅDEN FÖR VÄTGAS I JÄMTLANDS LÄN</b>	<b>11</b>
3.1.	Storskalig vätgasproduktion är en hållbar elintensiv industri	13
3.2.	Lagring av el i vätgas kan stödja intermittent elproduktion i SE2	13
3.3.	Vätgas behövs för biojetproduktion	15
3.4.	Vätgas kan elektrifiera Inlandsbanan	16
<b>4.</b>	<b>RESULTAT AV SCENARIOARBETE</b>	<b>17</b>
4.1.	Vätgasproduktion kontra elektrolysörstorlek och elpris	17
4.2.	Vätgasproduktion vid låga elpriser	19
4.3.	Vätgasproduktion med nätanslutningskostnad och fast elpris	20
4.4.	Slutsatser av scenarioarbete	22
<b>5.</b>	<b>HUVUDSCENARIO OCH MÅLBILD</b>	<b>23</b>
<b>6.</b>	<b>Tid- och aktivitetsplan 2021 och framåt</b>	<b>25</b>
6.1.	Demonstrationsprojekt och marknadsutveckling	25
6.2.	Regional utveckling	25
6.3.	Information och kommunikation	27
<b>7.</b>	<b>FINANSIERINGSMÖJLIGHETER</b>	<b>29</b>



## INLEDNING

Peak Region AB har under hösten 2020 koordinerat arbetet med att utforma föreliggande "Färdplan för grön vätgas i Jämtlands län". I detta kapitel presenteras en del av bakgrunden till arbetet med färdplanen, syfte och mål samt metod för arbetet.

### 1.1. BAKGRUND

Under sommaren 2020 lanserade EU-kommissionen en vätgasstrategi för ett klimatneutralt Europa, detta som en del av det paket som kommit att kallas "EU Green deal". I strategin beskrivs bl.a. en väg för ett europeiskt ekosystem för vätgas. Föreliggande färdplan för vätgas har, tillsammans med de styrkeområden som presenteras i kapitel 3, utformats mot bl.a. denna bakgrund.

#### 1.1.1. INTERNATIONELLA OCH NATIONELLA KLIMATMÅL

— Vi gör allt som står i vår makt för att hålla det vi lovat Europas medborgare: Europa ska bli världens första klimatneutrala kontinent senast 2050. I dag passerar vi en milstolpe på den resan. Det nya målet att minska utsläppen av växthusgaser i EU med minst 55 procent fram till 2030 innebär att vi visar vägen mot en renare planet och en grön återhämtning. Europa kommer att gå starkt ur covid-19-krisen genom att investera i en resurseffektiv cirkulär ekonomi, främja innovation inom ren teknik, och skapa gröna jobb.

Så kommenterade EU-kommissionens ordförande Ursula von der Leyen överlämningen av EU-kommissionens förslag till europeisk klimatlag i september 2020. EU-parlamentet valde att skärpa målet till minskade utsläpp med 60 % under motsvarande period. Enligt kommissionen kommer det nya klimatmålet för 2030 att bidra till att ge fokus till Europas ekonomiska återhämtning från Covid-19-pandemin. Det kommer att stimulera till investeringar i en resurseffektiv ekonomi, främja innovation inom ren teknik, stärka konkurrenskraften och skapa gröna jobb. EU-länderna kan utnyttja 750 miljarder euro från återhämtningsfonden "Next Generation EU" och EU:s nästa långtidsbudget för att göra investeringar i den gröna omställningen.

EU-kommissionens vätgasstrategi är en del av detta sammanhang. I strategin anges bl.a. att EU, från år 2020 till 2024, ska stödja utbyggnaden av elektrolysörer med en samlad kapacitet av minst 6 GW (6 000 MW) för produktion av grön vätgas. Produktionen av vätgas ska årligen uppgå till minst 1 miljon ton. Från 2025 till 2030 behöver vätgas bli en inneboende del av unionens integrerade energisystem, med en samlad elektrolyskapacitet om minst 40 GW för produktion av grön vätgas. Produktionen av vätgas bör uppgå till minst 10 miljoner ton årligen.

Sveriges långsiktiga klimatmål är att nettoutsläppen ska vara noll senast år 2045. Det innebär att utsläppen inom Sveriges gränser ska vara minst 85 procent lägre år 2045 än 1990 samt att resterande utsläpp kan täckas fullt eller till viss del av kompletterande åtgärder. Som kompletterande åtgärder räknas bl.a. avskiljning och lagring av koldioxid från förbränning av biobränslen. Avskiljning och lagring av koldioxid benämns vanligen "Carbon Capture Storage" och skrivs därför senare i färdplanen med akronymen CCS. Under hösten 2020 utformas en nationell vätgasstrategi i regi av Fossilfritt Sverige, detta som en del av det nationella klimatarbetet.



#### 1.1.2. KLIMATMÅL OCH UTVECKLING PÅ REGIONAL NIVÅ

I den gällande regionala energi- och klimatstrategin som antogs hösten 2019 anges bl.a. målbilden att länet ska vara fossilbränslefritt 2030. Det är en väldigt ambitiös målsättning som kräver ändrade resvanor, en omställning till 100 procent förnybar energi och elektrifiering av fordonsflottan m.m. Det regionala målet innebär att utsläppen måste minska med minst 10 % varje år under perioden 2020–2030. Utsläppen av växthusgaser och förbrukningen av fossila bränslen i Jämtlands län uppgick år 2018 till ca. 614 000 ton respektive ca. 170 000 m<sup>3</sup>. Även i den regionala utvecklingsstrategin finns en tydlig koppling till energi- och klimatfrågor. Bland annat anges som övergripande mål att det ska finnas en säker, uthållig och hållbar energiförsörjning för länets företag och hushåll. Vidare anges att Jämtlands län ska bidra till att begränsa klimatpåverkan, att energi- och klimatfrågorna ska skapa sysselsättning i länet samt att transporter ska vara oberoende av fossil energi.

#### 1.1.3. ELSYSTEMET OCH INTERMITTENTA ENERGIKÄLLOR

I elsystemet måste det hela tiden finnas balans mellan produktion och förbrukning. Vid varje given stund el produceras måste den också förbrukas. I Sverige har Svenska Kraftnät ansvar för att balansen i systemet upprätthålls på nationell nivå. Under senare år har elproduktion med vindkraft vuxit kraftigt. År 2014 fanns totalt 3048 stycken vindkraftverk i drift, år 2019 hade antalet ökat till totalt 4099 stycken. År 2019 uppgick produktionen till ca. 19,5 TWh, motsvarande ca. 12% av den totala elproduktionen på ca. 164 TWh. Branschorganisationen Svensk Vindenergi förutspår i sina scenarion att vindkraftsproduktionen kommer att fortsätta öka kraftigt från 2020 till 2039.

Elproduktion med vindkraft är ett exempel på så kallad intermittent elproduktion. Det innebär att produktionen är väderberoende vilket i sin tur innebär att produktionen blir svår att planera. I dagsläget är det mer komplicerat att upprätthålla systembalansen med intermittent produktion vilket kan medföra en risk för effektbrist. För producenten är det också svårt att planera utifrån aktuella elpriser på marknaden. För att undvika effektbrist behövs reglerkraft, ökad intermittent produktion medför även ett ökat behov av energilagring.

Lagringstekniker delas in i olika grupper; mekaniska, elektriska, elektrokemiska och kemiska. Ett exempel på kemisk lagringsteknik är vätgas. Energilager används för att flytta produktionen av el från en tidpunkt till en annan. Principen är att elenergin omvandlas till en annan energiform när elpriset är lågt och omvandlas tillbaka till elenergi när elpriset är högt. Skälet till det är att lager skulle kunna utnyttjas för att lagra det elenergiöverskott som kan uppstå periodvis för att slippa spilla bort det och producera vid tillfällena när produktionen är lägre. För att energilager ska vara lönsamma krävs relativt stora svängningar i pris. Tekniken inom olika lagringstekniker utvecklas och kan på sikt kan vara en lösning som är möjlig för att hantera de framtida utmaningarna.

Distributionen av el i Sverige baseras på det s.k. stamnätet, 80–90 % av den totala förbrukningen i landet transporteras på stamnätet. Till stamnätet är de stora produktionsanläggningarna, regionnäten och enstaka förbrukningsanläggningar anslutna. Stamnätet består av 15 000 km kraftledningar, 160 transformator- och kopplingsstationer och 16 utlandsförbindelser.

Den 1 november 2011 delade Svenska kraftnät in den svenska elmarknaden i fyra elområden, SE1–SE4. Jämtlands län ligger i SE2. Stundtals uppkommer trånga sektioner, s.k. flaskhalsar, i elnäten. Detta gäller inte minst överföringen av el mellan olika elområden. Frekvent återkommande flaskhalsar åtgärdas efter en samhällsekonomisk värdering genom investeringar i ny överföringskapacitet. Det är dock inte samhällsekonomiskt lönsamt att förstärka till en sådan nivå att flaskhalsar aldrig uppstår. Genom marknadsmodellen med elområden – s.k. market splitting eller marknadsdelning – sätts gränser vid flaskhalsarna. Det leder till att marknaden genom prissignaler anpassar det största tillåtna handelsflödet efter den fysiska överföringskapaciteten. I norra Sverige finns normalt ett överskott av elproduktion. Där är den största delen av landets vattenkraft belägen, samtidigt som förbrukningen ännu så länge är relativt låg. Det motsatta förhållandet gäller i södra Sverige. Genom att priset blir högre i underskottsområden än i överskottsområden ges tydliga signaler till marknaden. Relativt högre priser i ett område ger incitament till ökad produktion och minskad förbrukning. Dessa faktorer kan påverka lokaliseringen av elproduktion och elförbrukning.

## 1.2. SYFTE

Syftet med "Färdplan för grön vätgas i Jämtlands län" är att beskriva om, och i så fall hur, förutsättningar för ekonomiskt konkurrenskraftig produktion, lagring, distribution och användning av vätgas i Jämtlands län kan skapas. Frågeställningar under arbetet med färdplanen har bl.a. varit:

- **Vad är ett konkurrenskraftigt pris på vätgas?**
  - Varierar det konkurrenskraftiga priset beroende på användningsområde?
  - Vilken roll kan och ska vätgas spela i transformationen av energisystemet?
  - Vilken roll kan och ska vätgas spela i utfasningen av fossila drivmedel?
- **Hur stor efterfrågan på vätgas kan förväntas i länet och närliggande regioner?**
  - Inom vilka tillämpningsområden?
  - Hur stor elektrolysrörkapacitet, eleffekt och elproduktion krävs för att möta denna efterfrågan på grön vätgas?
  - Vad behöver elpriset vara för att uppnå ett konkurrenskraftigt pris på vätgas?
  - Kostnader och tekniker för lagring och distribution?
- **Vad kostar det att bygga produktionsanläggningar i olika storlekar?**
- **Ska produktion av vätgas vara placerad i anslutning till elproduktion och/eller användaren?**
- **Fördelar/nackdelar med vätgasproduktion i anslutning till en intermitterent energikälla?**
- **Fördelar/nackdelar med vätgasproduktion relaterat till tillgänglig effekt på elnätet?**
- **Hur stor produktion behövs för att uppnå ett konkurrenskraftigt pris på vätgas?**
- **Kan elektrolysören skalas ner för att istället ha en större lagring?**
- **Varför ska en del av den samlade kapaciteten av minst 6 GW för produktion av grön vätgas som pekats ut i EU-kommissionens vätgasstrategi lokaliseras till Jämtlands län?**

## 1.3. MÅL

Målsättningen för arbetet med färdplanen har varit att utveckla realistiska scenarion för produktion, lagring, distribution och användning av grön vätgas i Jämtlands län till ett konkurrenskraftigt pris. Därmed har målet även varit att argumentera för att en del av den samlade kapaciteten för produktion av grön vätgas som pekats ut i EU-kommissionens vätgasstrategi ska lokaliseras till Jämtlands län. Om inte här, var? Ett sådant scenario skulle på både kort och lång sikt kunna medföra:

- Etablering och utveckling av hållbara elintensiva industrier.
- Kraftigt minskade utsläpp av koldioxid.
- Förbättrade förutsättningar för elproduktion med intermitteranta förnybara energikällor.
- Tryggare energiförsörjning på både regional och nationell nivå.
- Diversifiering och transformation av energisystemet.
- Förbättrad infrastruktur inom transportsektorn.
- En ännu mer attraktiv besöksnäring.
- Regional utveckling i sammantaget väldigt stor skala.

#### 1.4. METOD

Med fokus på erfarenheter från Mariestad och Vårgårda arrangerade Region Jämtland Härjedalen och Samling Näringsliv i september 2019 en välbesökt informationsdag om vätgas. Informationsdagen följdes upp med en workshop i november 2019 samt en digital studieresa till Mariestad, Finspång, Sandviken och Luleå i maj 2020. Under våren 2020 skrevs också ett examensarbete vid Mittuniversitetet med rubriken "Kombinera vindkraftsproduktion med vätgastillverkning – En studie om lönsamheten i processen Power to Gas to Power". Detta är några exempel på arbeten och aktiviteter inom vätgasområdet som bedrivits i länet under de senaste åren. Frågan har dock varit aktuell även tidigare. Projektet Fjällcell bedrevs under mitten av 00-talet för elförsörjning av mätmaster med vätgas och bränsleceller. Östersunds kommun har också gjort ett antal studier på temat, bl.a. att undersöka förutsättningarna för att blanda biogas och vätgas.

Med utgångspunkt från dessa tidigare aktiviteter har Peak Region AB under hösten 2020 koordinerat arbetet med föreliggande färdplan. Arbetet har starkt inspirerats av motsvarande färdplan för Trøndelag, och utförts i en grupp bestående av JP Vind, Inlandsbanan, Jämtkraft, Region Jämtland Härjedalen och Samling Näringsliv. Linnea Karlsson har varit projektledare. Arbetet med färdplanen har bestått av en översiktlig omvärldsanalys, informationsinsamling genom litteraturstudier och möten med olika aktörer och intressenter inom vätgasområdet. Ett kalkylverktyg har utformats för att kunna testa olika scenarion avseende ett ekosystem för produktion, distribution och lagring av grön vätgas till ett konkurrenskraftigt pris. Scenarierna har i sin tur byggts upp utifrån aktuella frågeställningar och styrkeområden som identifierats i länet. Därutöver har två workshops arrangerats, i november och december 2020. Syftet med workshoppen var att få in synpunkter från olika intressenter för att färdplanen skulle bli så väl förankrad som möjligt bland intresserade och berörda parter.

#### 1.5. AVGRÄNSNINGAR

"Färdplan för grön vätgas i Jämtlands län" är avgränsad till att handla om produktion, lagring, distribution och användning av grön vätgas. Detta poängteras då vätgas även benämns med andra färger såsom exempelvis blå och grå. Avseende produktion omfattas endast elektrolys av vatten. Användningen av vätgas har avgränsats till energilagring, som råvara i industriella processer samt som drivmedel för tunga fordon. Vätgas som bränsle till personbilsflottan avhandlas inte nämnvärt.

Färdplanen ska ses som en del av en större transformation av energisystemet. Det handlar inte "bara" om att ersätta fossil energi med förnybar, det handlar också om att utveckla effektiva system för att flytta energi i tid, rum och form samt att bygga ett ekosystem där industriell utveckling kan kombineras med fossilfri konkurrenskraft. Färdplanen handlar om att utveckla scenarion avseende om, och i så fall vilken roll, som vätgas ska spela i denna transformation. Det innebär inte att vätgas vare sig kan eller ska lösa hela transformationen, vätgas passar inte för allt och alla alltid.

I detta ekosystem finns det, utöver vätgas, plats för många energikällor och energibärare. Vätgas är till exempel en del av elektrifieringen av transportsektorn, främst genom bränslecellsfordon (Fuel Cell Electric Vehicles, FCEV), men elektrifiering av fordonsflottan inkluderar även elfordon med batterier (Battery Electric Vehicles, BEV). På samma gång finns många tillämpningar inom transportsektorn då metangas, företrädesvis biogas, är ett utmärkt alternativ. Detsamma gäller andra hållbara, förnybara och flytande biodrivmedel.

Vid produktion av vätgas med elektrolys bildas, förutom vätgas, även syrgas och värme. För varje kg vätgas som produceras, produceras även ca. 8 kg syrgas och ca. 10 kWh värme. Produktion av vätgas till ett konkurrenskraftigt pris har i föreliggande färdplan huvudsakligen beräknats utifrån att det inte finns möjlighet till avsättning för vare sig syrgas eller värme. Dock bör det betraktas som en stor bonus om avsättning för syrgas och värme finns i anslutning till vätgasproduktionen.

Färdplanen är avgränsad till att primärt handla om förutsättningarna för produktion, lagring, distribution och användning av grön vätgas i Jämtlands län. Denna avgränsning motiveras inte av en protektionistisk syn på omvärlden, energisystemet i Jämtlands län är en del av energisystemet i sin helhet. En del av den vätgas som kommer att produceras här kommer att användas i andra regioner, tillika en del av de produkter som tillverkas med vätgas som råvara. Färdplanen syftar dock i första hand till att skapa industriell utveckling här i regionen. Färdplanen ska också bidra till att maximera nyttan i transformeringen av energisystemet med hjälp av de unika förutsättningar och styrkeområden som finns i länet.

Avslutningsvis är färdplanen inte tänkt att likställas med en vetenskaplig rapport. Den har utformats under en väldigt kort och intensiv period med syfte att påskynda arbetet med vätgas som en del av transformationen av energisystemet. Prioriteringen har varit att hitta rimliga antaganden, beräkningar och storleksordningar, inte att alla detaljer ska vara exakt på decimalen korrekta. □

## VÄTGAS

I detta kapitel redovisas ett antal fakta om produktion och användning av vätgas m.m.

### 2.1. PRODUKTION

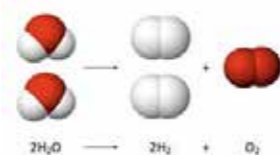
Vätgas kan framställas genom olika processer. Beroende på vilken process som används benämns vätgasen med olika färger, exempelvis grå, blå eller grön vätgas. Av tidigare kapitel framgår att färdplanen endast grön vätgas. I EU-kommissionens vätgasstrategi pekas också grön vätgas ut som det EU kommer att ge stöd till i satsningar.

Den metod som idag är den vanligaste för att framställa vätgas, ur kolvätebaserade bränslen, kallas ångreformer. Vanligast är att naturgas används för att producera vätgas. De två huvudsakliga produkterna blir då vätgas och koldioxid. När denna process används kallas vätgasen för grå eller blå, beroende på om koldioxiden avskiljs med hjälp av CCS (blå) eller inte (grå). I dagsläget är grå vätgas vanligast, det innebär att koldioxiden vid ångreformerung av naturgas inte tas tillvara via CCS.

För att tillverka grön vätgas med elektrolys krävs förnybar el, vatten och en elektrolysör. Framställningsprocessen medför i det närmaste nollutsläpp av växthusgaser och vätgasen kallas därför grön. Elektricitet från exempelvis vindkraft, solenergi och/eller vattenkraft används för att dela vatten i vätgas och syrgas. Detta görs via en elektrokemisk reaktion, där avjoniserat vatten delas upp i dess beståndsdelar O<sub>2</sub> och H<sub>2</sub>. Reaktionerna vid katod och anod blir enligt följande ekvationer.

**Katod reaktion:**  $4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2$

**Anod reaktion:**  $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$

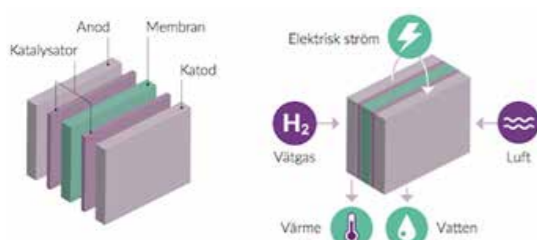


Att producera 1 kg vätgas med elektrolys kräver ca 50 kWh el. Vid produktion av 1 kg vätgas bildas också ca. 8 kg syrgas och ca 10 kWh värme.

### 2.2. KEMISKA FAKTA OCH ENERGIINNEHÅLL

Vid normalt tryck och temperatur är väte gasformigt. Vätgas är ett av de vanligast förekommande grundämnena i atmosfären. Vätgas är smak-, färg- och luktlös. Den är inte giftig men vätgas är en lättantändlig gas och kan brinna om den kommer i kontakt med luft eller rent syre. Vätgas är det lättaste ämnet i universum vilket betyder att det är under en kort tid den skulle brinna innan den försvinner upp i atmosfären.

Vätgas har ett högt energiinnehåll per vikt, ca 33 kWh/kg, men ett lågt energiinnehåll per volym. 1 kg motsvarar en volym på ca 11 m<sup>3</sup>, eller 33/11, dvs 33 kWh/m<sup>3</sup> vid normalt tryck och temperatur. Motsvarande siffror för ex. dieselolja är ca 12 kWh/kg respektive ca 9 800 kWh/m<sup>3</sup>.



Vätgas kan användas som bränsle i fordon. För att omvandla vätgasens kemiska energi till elektricitet på ett effektivt sätt används då bränsleceller. Restprodukterna i processen är vatten och värme. Värmen kan ex. användas för att värma kupén.

Det finns olika typer av bränsleceller. De delas in i låg- och högtemperaturtekniker. PEFC eller PEM är en lågtemperaturteknik och används oftast i fordon.

SOFC är en högtemperaturteknik och används i större grad till stationära bränsleceller. SOFC har högst el-verkningsgrad, ofta över 60 %.

### 2.3. LAGRINGSTEKNIKER

Det finns olika sätt att lagra vätgas. De vanligaste sätten är att komprimera vätgasen till 200–700 bar eller kyla ned gasen till -253°C då den blir flytande. Lagringskärl för vätgas är oftast cylinderformade och kan vara gjorda av olika material beroende på vilket tryck för gasen det ska klara av. Det går också att lagra vätgas genom metallhydrid, det är en kemisk förening mellan väte och en övergångsmetall. Vätgas kan även lagras under jord i t.ex. saltgrottor som har en naturlig förmåga att sluta tätt vilket förhindrar gasläckage. Saltet reagerar inte heller med gasen vilket gör att saltgrottor är ett bra alternativ för att lagra stora mängder gas. Gaslagring i berggrum är också ett alternativ, det krävs då någon typ av tätning för att undvika läckage. Tekniken används idag för att lagra naturgas eller andra kolvätebaserade gaser. Ett exempel på en anläggning med biogas är "Skallen gas storage facility", som ägs av Swedegas och är belägen i Halland.

### 2.4. SÄKERHETSASPEKTER

Vätgas har använts som råvara inom kemisk industri i över hundra år. Några vanliga användningsområden är tillverkning av ammoniak som kan användas för att göra konstgödsel samt som insatsvara i petroleumraffinaderier. Den långa historiken innebär att det finns mycket kunskap om hur vätgas ska hanteras på ett säkert sätt. Icke desto mindre är det viktigt att tänka säkerhet kring vätgas då det är en brandfarlig gas med specifika egenskaper som skiljer sig från andra gaser. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) har nyligen givit ut en handbok "Hantering av brandfarlig gas för yrkesmässig verksamhet" som ett komplement till andra regelverk inom området. Handboken redovisar det krav som finns i föreskrifterna och allmänna råd om hantering av brandfarlig gas. För att säkerställa säkerheten är det viktigt att i ett tidigt skede ha kommunikation med den lokala räddningstjänsten, MSB samt andra aktörer som har erfarenhet inom ämnet.

### 2.5. OMVÄRLDSANALYS

EU-kommissionens vätgasstrategi redogör för en färdplan till 2030 med en produktionskapacitet om 40 GW från förnybar el för produktion av grön vätgas. Strategin innehåller en plan för utformning av ramverk för marknadsregler och infrastruktur, samt åtgärdsförslag och en investeringsagenda för att nå ökad efterfrågan och produktion av vätgas. Den redogör också för utvecklingsbehov. Strategin anger att det i första fasen fram till 2024 ska installeras en samlad elektrolyskapacitet om 6 GW. Elektrolysörerna ska etableras där efterfrågan på vätgas finns.

I Trøndelag har det gjorts en färdplan för vätgas, "VEIKART FOR HYDROGEN I TRØNDELAG". Några slutsatser är att vätgasmarknaden bör ses som en värdekedja. I ett tidigt skede bör prioriteras de områden för produktion där en tillräckligt stor efterfrågan identifieras, detta för att det ska bli ekonomiskt hållbart att starta produktion då transportkostnader tillkommer om vätgasproduktionen inte är i anslutning till slutanvändarna. Enligt den trönderska färdplanen bör produktionsvolymen ligga på 800–1 000 kg per dygn för att producera vätgas till samma pris eller under fossila bränslen. Det betyder att storskalig produktion är fördelaktigt om efterfrågan finns och tillgång till effekt och låga elpriser finns tillgängligt, detta då elkostnaderna står för ca 70% av produktionskostnaden.

**VÄTGAS SVERIGE** startade som en nationell organisation den 1 januari 2007. Vätgas Sverige har som syfte att fungera som initiativtagare, samordnare och kunskapsspridare för att främja vätgas som energibärare i Sverige. Nordic Hydrogen Corridor är ett projekt som drivs av Vätgas Sverige. Projektet delfinansieras av EU:s fond för ett sammanlänkat Europa. Syftet med projektet är att öka mobiliteten för vätgas i Sverige till samma nivå som grannländerna. Målet är att distribuera och utveckla en produktionsenhet och åtta stycken tankstationer för vätgas<sup>13</sup>. I dag finns det enligt Vätgas Sverige fem vätgastankstationer och ca 50 stycken vätgasbilar registrerade i Sverige.

**FOSSILFRITT SVERIGE** jobbar med att ta fram en vätgasstrategi som ska redovisas under våren 2021.

Kungliga Tekniska Högskolan (KTH) har startat ett forskningsprojekt kallat **PUSH** (Production, Use and Storage of Hydrogen). Forskningen genomförs av sju grupper vid KTH, Chalmers Tekniska Högskola, Umeå universitet och Lunds universitet samt forskningsinstitutet RISE. Projektet ska omfatta hela värdekedjan i ett vätebaserat energisystem och syftet är att uppnå förbättring i alla steg.

**MARIESTADS KOMMUN** har byggt världens första solcellsdrivna vätgastankstation. Stationen invigdes i maj 2019 och är placerad i Haggården vid E20 och RV 26. Solcellspark och elektrolysör är byggd intill tankstationen, alla komponenter är placerade i containrar för att lättare kunna flyttas vid behov.

I **SANDVIKEN** finns det en vätgastankstation där AGA Gas förser tankstationen med vätgas och Sandvik har tillverkat delar av ingående komponenter. Tankstationen förser ca 15 bilar med vätgas. Planen är att 2021 också ha två vätgasbussar i Sandviken.

**HYBRIT** är ett projekt som startats av SSAB, LKAB och Vattenfall. Projektets syfte är att drastiskt minska stålindustrins utsläpp av koldioxid. SSAB är Sveriges enskilt största utsläppare av koldioxid trots att SSAB:s produktionssystem är ett av det mest koldioxideffektiva masugnsbaserade systemen i världen. Initialt i projektet gjordes ett industriellt utvecklingsprojekt för att hitta lösningar med en vätebaserad järnproduktion, med direktreduktion kan vätgas användas för att skilja järnet från syret utan att använda kol. Biprodukten blir då enbart vatten. Vätkästen produceras med fossilfri el. Resultatet ska bli världens första fossilfria ståltilverkningssteknologi.

Daimler Truck och Volvo har tillsammans startat ett nytt bolag för att satsa på storskalig produktion av bränslecellsfordon. De ser att behovet av transporter kommer att fortsätta att öka och ser att batterier och bränsleceller kan göra det möjligt för att nå CO<sub>2</sub>-neutrala transporter. För tunga transporter ser de att bränsleceller är ett bra alternativ för att klara längre sträckor. Solid oxide electrolysis cell (SOEC) är den senaste tekniken inom elektrolys, den befinner sig delvis kvar på experimentstadiet. Enligt en rapport från IEA "The Future of Hydrogen Seizing today's opportunities" kan SOEC-elektrolysören även användas som en bränslecell. Den kan alltså tillverka vätgas först för lagring och sedan användas som bränslecell för att tillverka el igen.

Sammantaget bedrivs det i skrivande stund oerhört många projekt och det pågår väldigt många aktiviteter på temat vätgas som en del av transformationen av energisystemet. Tanken med detta kapitel har varit att beskriva ett urval av dem, det finns betydligt fler.

## 2.6. VAD ÄR ETT KONKURRENSKRAFTIGT PRIS?

Vad som är ett konkurrenskraftigt pris för vätgas går att se på olika sätt och beroende på tillämpning. Enbart priset kan betraktas, men även miljönyttan den gröna vätkästen har i jämförelse med fossila drivmedel kan inkluderas. Tabell 1 nedan visar en jämförelse av kostnader för en diesel-, bränslecells- och batteribil av samma märke i personbilsstorlek. Siffrorna avseende förbrukning är hämtade från biltillverkaren medan energipriserna avser genomsnittliga priser för olika energibärare i Sverige i september 2020. Prisuppgifterna anges exklusive moms.

**Tabell 1. Kostnadskalkyl för diesel-, bränslecells, och batteribil.**

Kostnadskalkyl	Enhet	Dieselbil	Bränslecellsbil	Batteribil
Förbrukning (enhet per mil)	l/mil, kg/mil, kWh/mil	0,5	0,1	1,5
Energianvändning	kWh/mil	4,9	3,3	1,5
Energipris	Kr/l, kr/kg, kr/kWh	11	72	0,84
Energikostnad	kr/kWh	1,13	2,19	0,84
Energikostnad per mil	kr/mil	5,52	7,2	1,25

Priset för att köpa ett kilo vätkästen idag vid en vätgastankstation varierar mellan 64–80 kronor, vilket gör att kostnaden per mil blir betydligt högre än motsvarande kostnad för diesel och el. För att få ner kostnaderna för vätkästen i denna tillämpning krävs att produktionskostnaderna för vätkästen minskar. Priset för vätkästen till kund påverkas också ofta av distributionskostnaden. Vid längre avstånd är transport via järnväg, exempelvis via Inlandsbanan, ett mycket lämpligt alternativ.

För att vätkästen ska bli konkurrenskraftigt jämfört med diesel behöver priset för vätkästen vid tankstation ligga på ca 45–60 kronor. Verkningsgraden för elektrolysteknik är idag ca 60–70 % men antas kunna förbättras avsevärt inom ett antal år. Kostnaden för elektrolysörer antas också halveras inom de kommande tio åren. Om detta blir fallet kommer kalkylerna för vätkästenproduktion förbättras. Motsatt utveckling, dvs en högre produktionskostnad skulle bli fallet om beskattning av produktion av vätkästen förändras, för närvarande är elektrolys belagt med nedsatt energiskatt. På samma sätt skulle produktionskostnaden öka om elpriset ökar.

Verkningsgraden i en bränslecell är högre än i en förbränningsmotor vilket gör att energianvändningen per mil blir lägre i en bränslecellsbil (FCEV) jämfört med en bil med förbränningsmotor (ICE). Ur ett kostnadsperspektiv för personbilar har batteribilar (BEV) lägst energikostnad per mil. I dagsläget har batterier dock ett lågt energiinnehåll per kilo vilket gör att de sällan lämpar sig för tyngre fordon. Den låga energidensiteten, kombinerat med relativt låg hastighet för påfyllning av energi, innebär nackdelar för batterifordon i det tyngre fordonsegmentet. För arbetsmaskiner, färjor, tåg, lastbilar ses därför vätkästen av flera institutioner som ett bättre alternativ för minskade utsläpp av koldioxid inom transportsektorn. Värt att notera är att det i aktuella rapporter fastslås att såväl BEV som FCEV behövs för denna transformation. Vidare ska poängteras att ovanstående tabell är ett exempel på kostnadsjämförelse.

Vid andra tillämpningar, ex. där vätkästen används som råvara, kan betalningsviljan vara högre medan det för andra tillämpningar kan vara lägre. Ett exempel på det senare där priset på vätkästen förmodligen behöver vara ännu lägre för att vara konkurrenskraftigt, förutsatt att nuvarande beskattningsnivåer på dieselolja förblir oförändrade, är de delar av transportsektorn i Sverige som innehar reducerade energi- och koldioxidskatter på dieselolja. □



## STYRKEOMRÅDEN FÖR VÄTGAS I JÄMTLANDS LÄN

SJ insåg tidigt att eldrift för tåg hade framtiden för sig och de ville bygga egna vattenkraftverk för att elektrifiera malmbanan. Dåvarande Vattenfall ansåg dock att ett kraftverk i Porjus, invigt 1915, kunde klara av både SJ:s behov och försörja Norrland med elström. Andra kraftverk byggdes för att försörja den växande massa- och pappersindustrin med billig energi, till exempel Krångede kraftverk (invigt 1936) som också ledde till den första överföringen av elkraft från norr till söder. Det finns alltså en lång tradition i Sverige av att använda naturtillgångar för industriell utveckling och ökad konkurrenskraft. Även regionalt finns det många sådana exempel. Många tillverkningsindustrier i Jämtlands län baseras på skogsråvara och fjällmiljön används bl.a. för turismindustrin. Även inom energisektorn finns det, förutom utbyggnad av vattenkraften, många regionala exempel på hur naturtillgångar nyttjats för ökad konkurrens- och attraktionskraft. Ved från skogen har i liten skala alltid använts för att värma hus. Jämtlands län var dessutom tidigt ute med utbyggnad av fjärrvärme, biobränslebaserad kraftvärme och med att använda värmepumpsteknik.

Till en början drevs den industriella utvecklingen, baserad på förnybara natur- och energitillgångar, främst av rationella ekonomiska skäl. Efterfrågan på biobränslen för fjärrvärmeproduktion gjorde exempelvis att sågverken fick avsättning för sina restprodukter. I takt med att miljöfrågor, klimatfrågan i synnerhet, aktualiserats allt mer har det också blivit angeläget att integrera klimatarbete och industriell utveckling. Med den kopplingen är det positivt att elproduktionen i Jämtlands län, totalt ca. 14 TWh per år, baseras på vatten-, vind- och biobränslebaserad värmekraft. Samtidigt uppgår elförbrukningen i länet till knappt 2 TWh/år. Stora mängder förnybar el distribueras från länet till andra regioner och länder. Energiförsörjningen för uppvärmning och industriella processer i länet baseras till mer än 90 % på förnybar energi, främst biobränslen och värmepumpar. Andelen förnybart i den sektorn ökar i takt med att fossila bränslen konkurreras ut. Inom transportsektorn har transformationen inte kommit lika långt, andelen förnybart är ca. 20 %. Länet har en relativt väl utbyggd infrastruktur för förnybara drivmedel och laddning av elbilar. Antalet laddbara fordon per invånare i länet är också relativt högt.

Sammantaget baseras energianvändningen i Jämtlands län till mer än 70 % på förnybar energi. Det är en oerhörd hög andel, såväl ur ett nationellt som ur ett internationellt perspektiv. Målsättningen är att bli en fossilbränslefri region och därmed nå 100 % förnybart. Det sker också en utveckling som accelererar arbetet. Stadsbussarna i Östersund trafikeras inom kort av fler elbussar, det arbetas för kortad restid på Norra Stambanan, det pågår ett arbete med att elektrifiera Inlandsbanan med hjälp av vätgas och rusta upp järnvägen till förmån för överflyttning av gods från väg till järnväg. Därtill drivs projekten [Green Flyway](#), [Ladda Mittstråket](#), [Stolpe in för Stad och Land](#), [Förnybart i tanken](#) m.fl.

Föreliggande färdplan för vätgas tar avstamp i det industriella utvecklingsperspektivet, den utgör därmed en fortsättning på en mer än 100 år lång tradition av att nyttja tillgångar av förnybara naturresurser för regional utveckling. Vidare bygger den på en integrering av dels produktion-lagring-användning, dels olika sektorer av energisystemet; el- och värmeproduktion samt olika transportslag. Färdplanen handlar om att flytta energi i tid, rum och form för att möjliggöra industriell utveckling. Jämtlands län har ett antal, för tillfället unika, styrkeområden avseende produktion av grön vätgas.

De styrkeområden, en kombination av fysiska förutsättningar och förväntad efterfrågan, som beskrivs i detta kapitel utgör därmed en argumentation till varför en del av den samlade kapacitet för produktion av grön vätgas som pekats ut EU-kommissionens vätgasstrategi ska lokaliseras till Jämtlands län.



## THE NORDIC/NATIONAL GRID

The Swedish national grid for electricity consists of 15,000 km of power lines, 160 substations and switching stations and 16 overseas connections.

- 400 kV line
- 275 kV line
- 220 kV line
- HVDC
- Joint operation link for voltage lower than 220 kV
- ..... Planned/under construction
- Hydro power plant
- ▲ Thermal power plant
- ✈ Wind power plant
- Transformer/switching station
- Planned/under construction



### 3.1. STORSKALIG VÄTGASPRODUKTION ÄR EN HÅLLBAR ELINTENSIV INDUSTRI

Merparten av elproduktionen i Sverige finns i SE1 och SE2, Jämtlands län ligger i SE2, medan merparten av elanvändningen sker i SE3 och SE4. Elpriserna i de olika områdena varierar, hur mycket beror på tillgång och efterfrågan. Generellt är det dyrare att använda el i södra Sverige, där det är underskott på produktion kontra konsumtion, jämfört med i de nordligare delarna av landet. Elpriset i SE2 är idag ett av de lägsta i Europa. Jämtlands län ligger även väldigt centralt avseende stamnätet för överföring av el. Under de senaste åren har stamnätet i området förstärkts genom bygget av en 400 kV:s ledning. Den nya kraftledningen är en av fem större utbyggnader i de nordiska länderna som pekats ut som strategiskt viktiga. Tillsammans ökar de nya kraftledningarna tillgängligheten och förbättrar därmed överföringskapaciteten avsevärt i det nordiska elsystemet. I Midskog, strax utanför Östersund, finns en av de viktigaste anslutningspunkterna i stamnätet. Sex kraftledningar å 400 kV vardera från Norge och Sverige möts i Midskog och det finns två av varandra oberoende anslutningar till stamnätet. Tillgängligheten är god.

Från Midskog finns mycket god kapacitet för överföring av el till närområdet. Kombinerat med den goda tillgången till grön el har två markområden i Östersundsområdet avsatts för etablering av hållbara elintensiva industrier. Detta som en del av projektet Power Region, drivet av kommunerna Krokom och Östersund tillsammans med Jämtkraft och Region Jämtland Härjedalen. En sammanlagd överföringskapacitet om 500 MW, 230 MW respektive 270 MW, har öronmärkts för etableringar. Produktion av grön vätgas skulle kunna vara en sådan. Arbetet inom Power region överensstämmer således väldigt väl in i arbetet med föreliggande färdplan för grön vätgas.

### 3.2. LAGRING AV EL I VÄTGAS KAN STÖDJA INTERMITTENT ELPRODUKTION I SE2

Utvecklingen under det senaste året har varit att prisskillnaden mellan olika SE har ökat. Dessutom förväntas kraftigare prissvängningar, så kallad volatilitet, som ett resultat bl.a. av att utbyggnaden av vindkraft förväntas fortsätta att öka i SE1 och SE2. Däremot förväntas inte överföringskapaciteten till andra SE öka lika snabbt. Ett lågt och volatilt elpris är inte lika tilltalande för vindkraftsproducenten som för konsumenten. En relativt hög prisvolatilitet är däremot en förutsättning för att energilager ska vara lönsamma.

Lagring av vindkraftel i vätgas skulle kunna medföra många positiva effekter. Ett alternativ skulle kunna vara att el används för vätgasproduktion när elpriset är lågt och omvandlas tillbaka till elenergi när elpriset är högt. För detta alternativ krävs även utrustning för elproduktion med vätgas, det kan t.ex. vara en gasturbin eller en bränslecell. I detta alternativ skulle vindkraftproducenten dessutom kunna erbjuda olika former av nättjänster, exempelvis reglerkraft, för att undvika effektkriser. Ett annat alternativ skulle kunna vara att producera vätgas när elpriset är lågt för vidare distribution och försäljning av vätgas till andra ändamål och branscher, exempelvis som bränsle till transportsektorn. Det finns också alternativ där el från vindkraft enkom används för vätgasproduktion, vindkraftverken ansluts då inte till elnätet, samt att Inlandsbanan kan användas för transport av vätgas och därmed indirekt överföring av el från SE2 till SE3 och SE4.

Sammantaget är det en tilltalande tanke att använda el från vindkraft, och för den delen andra förnybara och intermittenta energikällor, för att producera och lagra grön vätgas. Hittills genomförda studier visar också att kombinationen av vindkraft och vätgasproduktion kan vara ekonomiskt fördelaktigt under vissa förutsättningar .

Det gäller att hitta en balans mellan rörliga kostnader (OPEX) och kapitalkostnader (CAPEX) för att uppnå lönsamhet för hela systemet. Exempelvis finns en risk för att kapitalkostnader tillhörande elektrolysören blir för höga om vätgasproduktionen blir för liten, och vice versa. Oavsett vilket finns det anledning att tro att Jämtlands län, med elpriset i SE2 och de planer som finns på fortsatt utbyggnad av vindkraft, lämpar sig väldigt väl för kombinationen av vindkraft- och vätgasproduktion. Arbetet med utveckling av vindkraftsproduktion i länet ingår därför som en naturlig del i arbetet med föreliggande färdplan för grön vätgas. Färdplanen passar även väl in i pågående arbete med strategin för en hållbar vindkraftsutbyggnad som Naturvårdsverket och Energimyndigheten ska slutföra i december 2020.





### 3.3. VÄTGAS BEHÖVS FÖR BIOJETPRODUKTION

Under våren 2019 tog ett antal företag och organisationer i Jämtlands län initiativ till att köpa in biodrivmedel till inrikesflyget från Åre Östersund Airport (ÅÖA). Mängden fossilfritt flygbränsle som köptes in uppgick till ca. 60 ton, motsvarande ca. 1 % av den totala mängd drivmedel som tankas vid ÅÖA under ett år. Syftet med initiativet var att driva på utvecklingen mot ett fossilfritt samhälle och därigenom stärka regionens attraktivitet samt för att ge en kraftfull signal till marknaden om att det finns efterfrågan på biodrivmedel, s.k. biojet, även för flyget. Biojet produceras ännu så länge i liten volym och är dyrare än konventionellt flygbränsle baserat på fossila bränslen.

Som ett led i arbetet med att minska flygets klimatpåverkan har regeringen beslutat att införa en reduktionsplikt för flyget, i likhet med det system som gäller drivmedel för landsvägstransporter. Systemet införs 2021 då andelen förnybart ska vara 0,8 %. Andelen ska därefter successivt öka för att år 2030 uppgå till 27 %. Den ökade efterfrågan på biojet som förväntas genom införandet av reduktionsplikten förutsätter produktion av större volymer biojet, förmodligen också till ett lägre pris.

Mot bl.a. denna bakgrund startades under sommaren 2019 ett forskningsprojekt där IVL - Svenska Miljöinstitutet tillsammans med Jämtkraft, Chalmers och Lunds universitet utreder om det går att starta storskalig produktion av fossilfritt flygbränsle i Östersund. Även Fly Green Fund, Nordic Initiative for Sustainable Aviation, A Flygbränslehantering och The Power Region genom Östersunds kommun är med i projektet. Syftet med projektet är att utreda förutsättningarna för att komplettera kraftvärmeproduktion med ett steg till och få biojet som en av flera slutprodukter.

Förenklat är tanken att samla in biogen koldioxid från kraftvärmeproduktion. Koldioxiden sammanförs sedan med vätgas för produktion av bl.a. biojet. Det faller även ut andra produkter, s.k. elektrobränslen, i den här processen. Mängden koldioxid som kan samlas in från kraftvärmeverket i Lugnvik dimensionerar hur mycket elektrobränsle det går att producera. Utifrån detta går det även att dra slutsatser hur mycket grön vätgas som skulle behövas för processen.

I resultaten av projektet, som börjat redovisas i slutet av 2020, beräknas produktionen av elektrobränsle till ca. 100 000 m<sup>3</sup> per år. Mängden biojet beräknas motsvara ca. 5% av det flygbränsle som årligen tankas i Sverige. Utsläppen av koldioxid från kraftvärmeproduktionen beräknas uppgå till ca. 140 000 ton per år. Förhållandet mellan koldioxid och vätgas utgörs av en faktor 7, dvs 7 enheter koldioxid kräver en enhet vätgas. 140 000 ton koldioxid motsvarar således ett årligt behov av ca. 20 000 ton vätgas. Därtill kan delar av den syrgas och värme som bildas vid elektrolysen tillvaratas i produktionen av biojet. Det är alltså inte en fråga om, utan hur mycket, vätgas som kommer att behövas för produktion av biojet. Fortsatt utredning kommer att visa hur stor mängd koldioxid som är möjlig att tillvarata och därmed hur stort behovet av vätgas kommer att bli.

### 3.4. VÄTGAS KAN ELEKTRIFIERA INLANDSBANAN

Inlandsbanan, som sträcker sig från Mora till Gällivare, ägs av de 19 kommuner som ligger längs bansträckningen. I dagsläget utgörs trafiken på banan av både person- och godstrafik. Persontrafiken utgörs i sin tur främst av turisttrafik under sommarens och vinterns högsäsonger. Godstrafik sker året om. Inlandsbanan är inte elektrifierad vilket gör att framdriften av de tåg som körs sker med dieseldrivna lok. Övrig energiförsörjning på tågen, ex. el- och värme i passagerarvagnarna, baseras också på diesel genom ett elverk som finns på en egen vagn. Den vagnen kallas värmefinka eller tågvarmevagn. Inlandståg AB har som en del av övergången till förnybar energi under senare år allt mer övergått från fossil dieselolja till biodrivmedlet HVO. IBAB har byggt egna tankställen för HVO längs banan.

IBAB har en ambition om att avsevärt höja banans kvalitet och standard. En högre bärighet skulle ge möjlighet till längre tåg, högre hastigheter och som ett resultat av detta betydligt mer trafik. Framför allt är ambitionen att öka mängden godstrafik. Aktuella branscher som skulle kunna transportera gods med en upprustad bana är skogs-, fisk-, gruv- och stålindustrin.

IBAB har samtidigt en ambition att bli ett mer hållbart och konkurrenskraftigt företag genom att erbjuda koldioxidfria transporter till sina kunder. Under 2019 genomförde därför en grupp studenter vid KTH arbetet "CO<sub>2</sub>-free and quiet power wagon on Inlandsbanan by using hydrogen and fuel cells". Olika scenarion studerades. I ett scenario undersöktes möjligheterna att implementera vätgas och bränsleceller för energiförsörjning av tågvarmevagnarna. Ett annat scenario baserades på en tiofaldig ökning av trafiken på Inlandsbanan, kombinerat med att såväl lok som tågvarmevagnar baserar sin energiförsörjning på vätgas och bränsleceller. I det senare scenariot skulle alltså Inlandsbanan elektrifieras, om än inte med konventionell elförsörjning via elkabel längs spåret som försörjer tågen med el. IBAB:s arbete överensstämmer således väl med inriktningen i färdplanen för vätgas i Jämtlands län.

Resultaten visar att en fullständig elektrifiering av Inlandsbanan, med vätgas och bränsleceller, förutsätter tankstationer på några orter. Det föreslås att etableringen av de tankstationer som ändå krävs görs på ett sådant sätt att det gagnar även andra transportslag och aktörer. Leveranser av vätgas föreslås ske i samarbete med relevant aktör i energibranschen. Sedan KTH-studien gjordes har behovet av tankstationer minskat. Det kommer mer att handla om att tanka under färd. Det gamla systemet som användes för ånglok, en vagn lagrad med energi bakom loket, kan vara på väg tillbaka. Vätgas lagrad i trycktankar i containrar på separat vagn bakom loket möjliggör långa räckvidder och möjligheten att inte skapa inläsnings effekter i en tankinfrastruktur. Vätgas kan då istället distribueras via tåg till tankstationer för landsvägstrafik.

Elektrifiering av Inlandsbanan och en tiofaldig ökning av trafiken beräknas medföra ett behov av vätgas om ca 5 000 ton per år. Det motsvarar ca. 25 000 m<sup>3</sup> dieselolja och utsläpp av koldioxid med ca. 60 000 ton per år. Resultaten visar dock också att aktuellt pris på vätgas är för högt för att övergången till vätgas ska vara realistiskt. IBAB bedömer att ett pris på ca. 30 kr per kg kan göra vätgas till ett ekonomiskt konkurrenskraftigt alternativ. □



## RESULTAT AV SCENARIOARBETE

I detta kapitel redovisas resultatet av de scenarion som skapats utifrån frågeställningarna i kapitel 1.2. Exempelvis, vad kostar det att bygga vätgasproduktionsanläggningar i olika storlekar? Vad behöver elpriset vara för att uppnå konkurrenskraftigt pris på vätgas till olika användningsområden? Hur stor elektrolysörkapacitet krävs för att möta den förväntade efterfrågan på grön vätgas i länet?

### VÄTGASPRODUKTION KONTRA ELEKTROLYSÖRSTORLEK OCH ELPRIS

De investeringskostnader, övriga kostnader och tekniska parametrar gällande elektrolysör som visas i tabell 2 är hämtade från teknikleverantörer och teknik konsulter. För att beräkna årliga kostnader för vätgasproduktion användes ekvation 1. Annuitetsfaktorn beräknades med kalkylränta 5,5% (r) hämtad från diskussion med projektgruppen och ekonomisk livslängd (n) hämtad från teknikleverantörer och teknik konsulter. Elektrolysörens livslängd är satt till ca. 80 000 timmar. I scenariot är drifttimmarna satta till 90 % av årets timmar, resterande tid avsatt för underhåll och oväntade driftstopp, vilket gör att den ekonomiska livslängden blir ca. 10 år.

$$\text{Annuitetsfaktorn} = \frac{r}{1 - (1+r)^{-n}} \quad (1)$$

I tabell 2 visas parametrar för elektrolysörer med tre olika storlekar. Investeringskostnaden för en elektrolysör varierar beroende på storlek, efter en viss nivå uppnås skalfördelar per effekt enhet. Vid en storlek på 20 MW eller större beräknas investeringskostnaden vara linjär. Därav investeringskostnadsfaktorn, ju lägre effekt under 20 MW desto högre faktor. I detta scenario antogs att elektrolysören kräver ca 50 kWh för att producera ett kilo vätgas. I total investeringskostnad ingår allt som krävs för att producera och lagra vätgas. Denna kostnad kan bli både lägre och högre beroende på hur stor lagringskapacitet varje enskild produktionsanläggning behöver. En vätgastank som rymmer ca 600 kilo beräknas kostar ca 3,2 miljoner kronor.

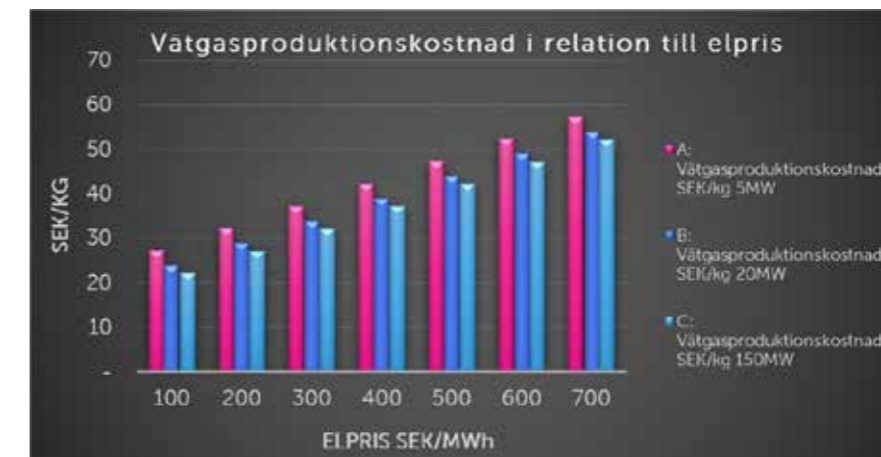
Enligt kapitel 2.6 är ett konkurrenskraftigt pris för vätgas vid tankstation 45–60 kr/kg, priset varierar beroende på användningsområde. Priset för vätgas sattes till 44 kr/kg och kostnaden för transport av vätgasen 7 kr/kg för att hamna inom spannet för konkurrenskraftigt pris. Kostnaden för transport av vätgas har hämtats från [VEIKART FOR HYDROGEN I TRØNDELAG](#). Transportkostnaden kan dock variera kraftigt, dels beroende på transportsträcka, dels beroende på transportslag.

Tabell 2. Parametrar för elektrolysör med tre olika storlekar.

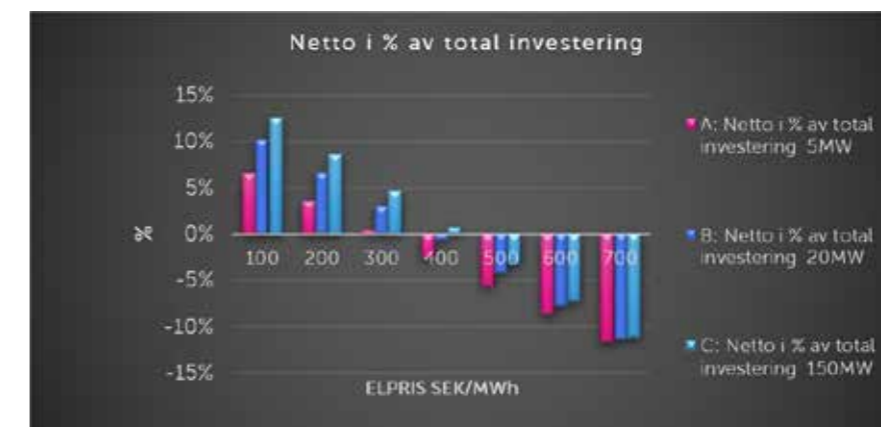
	Enhet	A	B	C
Elektrolysörens effekt	MW	5	20	150
Ekonomisk livslängd	År	18	18	18
Energibehov	MWh/år	21 900	87 600	657 000
Drifttimmar	Timmar/år	4 380	4 380	4 380
Investeringskostnadsfaktor		1,30	1,10	1,0
Investeringskostnad	MSEK/MW	26	22	20
Total investeringskostnad elektrolysöranläggning	MSEK	130	440	3 000
Vätgasproduktion	Ton/år	438	1 752	13 140
Försäljningspris vätgas	SEK/kg	45	45	45
Kostnad för transport	SEK/kg	7	7	7

För att beräkna vätgasproduktionskostnaden summerades alla årliga kostnader och dividerades med årlig vätgasproduktion. Då elpriserna står för en stor del av vätgasproduktionskostnaden jämfördes olika elpriser som visas i diagrammet nedan, figur 2. Elpriserna varierade från 100 till 700 kr/MWh. Det kan avläsas av diagrammen att elpriset har en stor påverkan på vätgasproduktionskostnaden och i nästa steg årliga kostnader. Elektrolysörens storlek har även en påverkan på vätgasproduktionskostnaden på grund av att investeringskostnaden per MW är lägre för elektrolysörer större än 20 MW.

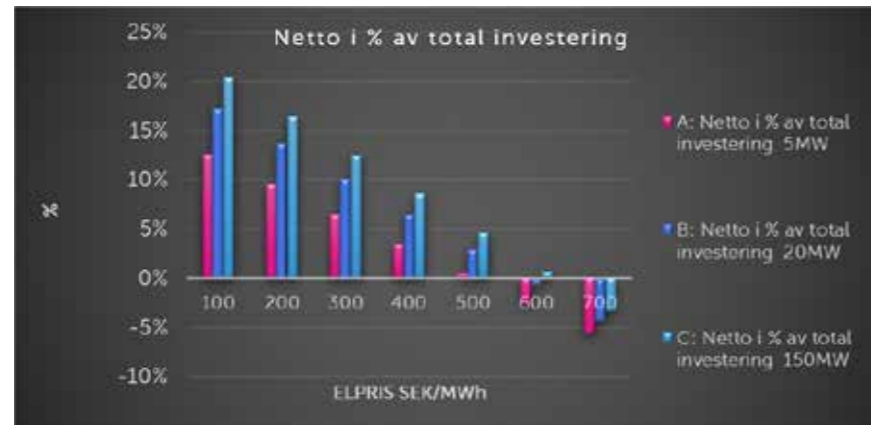
Årliga intäkter beräknades genom att multiplicera det antagna försäljningspriset för vätgas per kilo med den årliga vätgasproduktionen som presenteras i tabell 2. Årliga kostnader innehåller CAPEX, OPEX, årliga vattenkostnader, årliga elkostnader och transportkostnader, där elkostnaden är den parameter som varierar. De årliga kostnaderna sattes mot de årliga intäkterna för att beräkna netto. I figur 3 och 4 redovisas diagram med netto i procent av den totala investeringen för olika storlekar på elektrolysör, elpriser samt två olika försäljningspriser för vätgas, 45 kr/kg respektive 55 kr/kg. Försäljningspriset för vätgas och elpriset vid produktion har en stor påverkan på netto. Vid försäljningspris på 55 kr/kg och elpris 500 kr/MWh blir netto i procent av den totala investeringen för en elektrolysör på 150 MW 5 %.



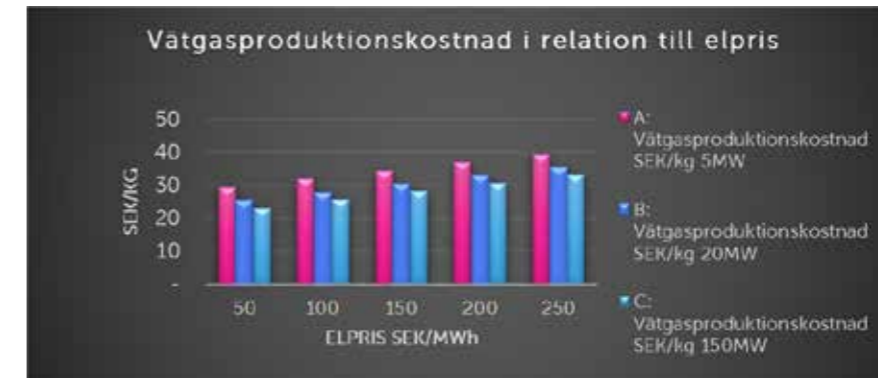
Figur 2. Vätgasproduktionskostnad i relation till olika elpriser för elektrolysörer på 5, 20 och 150 MW.



Figur 3. Netto i procent av total investering med försäljningspris för vätgas 45kr/kg, transportkostnad 7kr/kg



Figur 4. Netto i procent av total investering med försäljningspris för vätgas 55kr/kg, transportkostnad 7kr/kg



Figur 5. Vätgasproduktionskostnad i relation till elpris, 50–250 kr/MWh, för elektrolysörer med storlek på 5, 20 och 150 MW.

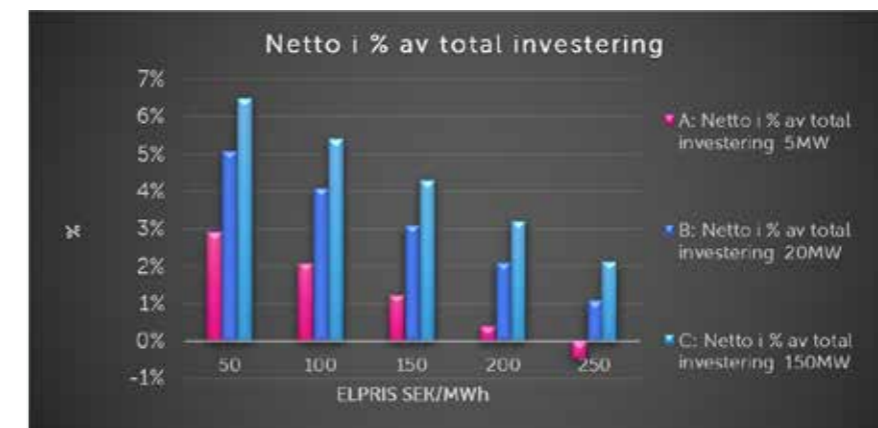
### VÄTGASPRODUKTION VID LÅGA ELPRISER

I detta scenario sattes drifttimmarna till 50 % (4 380) av årets alla timmar för att kunna undersöka hur vätgasproduktionskostnaden påverkas om elektrolysören endast kör när elpriset är <250 kr/MWh. Under 2020 har elpriserna i SE2 varit så låga under många timmar men elpriset varierar och det är svårt att säga exakt hur elmarknaden kommer se ut om några år. Vid planering av ny elproduktion prognostiseras på tio års sikt ett betydligt högre elpris än det som varit gällande under 2020.

Tabell 3. Fasta parametrar för elektrolysör med tre olika storlekar.

	Enhet	A	B	C
Elektrolysörens effekt	MW	5	20	150
Ekonomisk livslängd	År	18	18	18
Energibehov	MWh/år	21 900	87 600	657 000
Drifttimmar	Timmar/år	4 380	4 380	4 380
Investeringskostnadsfaktor		1,30	1,10	1,0
Investeringskostnad	MSEK/MW	26	22	20
Total investeringskostnad elektrolysöranläggning	MSEK	130	440	3 000
Vätgasproduktion	Ton/år	438	1 752	13 140
Försäljningspris vätgas	SEK/kg	45	45	45
Kostnad för transport	SEK/kg	7	7	7

I diagrammet (figur 5) redovisas vätgasproduktionskostnaden för elpriser mellan 50–250 kr/MWh och för att undersöka om det är lönsamt att bara producera vätgas när det är låga elpriser beräknades årlig netto i procent av total investering som visas nedan i diagram (figur 6). Om elpriset skulle vara ca 150 kr/MWh under 50% av årets alla timmar blir det årliga nettot i procent av den totala investeringen ca. 4 % med en elektrolysör på 150 MW om försäljningspriset för vätgas är 45 kr/kg.



Figur 6. Netto i procent av total investering, med elpris mellan 50–250 kr/MWh samt försäljningspris på vätgas 45kr/kg och transportkostnad 7 kr/kg för elektrolysörer med storlek på 5, 20 och 150 MW.

### VÄTGASPRODUKTION MED NÄTANSLUTNINGSKOSTNAD OCH FAST ELPRIS

I scenariot vätgasproduktion med nätanslutningskostnad och fast elpris undersöktes en elektrolysör på 150 MW. Investeringskostnad för nätanslutning avser lokala och aktuella förhållanden. Detsamma gäller den rörliga elkostnaden som satts till 350 kr/MWh, inklusive effektagifter m.m. För att beräkna den årliga kostnaden användes annuitetsfaktorn, se ekvation 1. Vätgasproduktionskostnaden beräknades genom att summera årliga kostnader och sedan dividera med årlig vätgasproduktion.

**Tabell 4. Fasta parametrar för en elektrolysör om 150 MW och nätanslutningskostnader.**

	Enhet	C
Elektrolysörens effekt	MW	150
Ekonomisk livslängd	År	10
Energibehov	MWh/år	1 182 600
Drifttimmar	Timmar/år	7 884
Investeringskostnadsfaktor		1,0
Investeringskostnad	MSEK/MW	20
Vätgasproduktion	Ton/år	23 562
Investeringskostnad nätanslutning	SEK/MW	1 200 000
Total investeringskostnad	MSEK	3 180
Elpris	SEK/MWh	350
Vätgasproduktionskostnad	SEK/kg	35
Kostnad för transport	SEK/kg	7

Årliga intäkter sattes mot årliga kostnader med ett försäljningspris för vätgas som varierar från 35–75 kr/kg i diagrammet nedan (figur 7). Av diagrammet kan utläsas att försäljningspriset påverkar de årliga intäkterna. I detta scenario när elpriset är fast blir även årliga kostnader en fast kostnad. Försäljningspriset för vätgas i detta scenario bör vara 45 kr/kg eller högre för att de årliga intäkterna ska överstiga de årliga kostnaderna.



Figur 7. Årliga kostnader och intäkter med en elektrolysör på 150 MW samt försäljningspris på vätgas mellan 35–75 kr/kg.

### SLUTSATSER AV SCENARIOARBETE

I kapitel 2.6 redovisas att priset på vätgas till slutkund bör ligga mellan 45–60 kr/kg för att vara konkurrenskraftigt gentemot dieselolja. För andra tillämpningar kan det konkurrenskraftiga priset vara ett annat. Inlandsbanan har exempelvis angett 30 kr/kg som ett konkurrenskraftigt pris, för andra tillämpningar kan priset på vätgas vara högre än 60 kr/kg och ändå vara konkurrenskraftigt. En grundlig studie om att kombinera vätgaslager och bränslecell eller gasturbin med intermittent elproduktion bör göras för att beräkna konkurrenskraftigt pris på vätgas i ett sådant scenario.

Utifrån de resultat som presenteras i kapitel 4 är slutsatsen att det möjligt att producera grön vätgas till ett konkurrenskraftigt pris för flera tillämpningar. Med en elektrolysör på 150 MW effekt, ett elpris på 350 kr/MWh och en transportkostnad på 7 kr/kg kan försäljningspriset för vätgas hamna inom det aktuella prisspannet samtidigt som årliga intäkter överstiger årliga kostnader. Det kan även finnas möjlighet att sälja vätgasen för olika priser, och olika tillämpningar, men ändå göra en lönsam affär.

Enligt de styrkeområden som presenteras i kapitel 3 kommer behovet av vätgas förhoppningsvis inom 10 år att vara ca 20 000–25 000 ton vätgas per år. Det är möjligt att skala elektrolysören för att "bara" producera vätgas för behovet som Inlandsbanan och biojet har till en början, för att sedan bygga på moduler allt eftersom om vätgasbehovet ökar. För att tillgodose behovet för Inlandsbanan och biojet krävs en elektrolysör på ca. 150 MW. Den kan producera ca. 22 700 ton vätgas per år och har ett energibehov på ca. 1,2 TWh per år.

Resultaten visar att elkostnaden har stor påverkan avseende vätgaspriset konkurrenskraft. I kapitel 4.1 jämförs olika storlekar på elektrolysörer samt elpriser. Av detta går det att dra slutsatsen att med en elektrolysör om 150 MW effekt går det att få en vinstmarginal även vid ett elpris på 400 kr/ MWh och ett försäljningspris för vätgas på 45 kr/kg. Det gäller inte för de mindre elektrolysörerna. Drifttimmarerna för elektrolysören spelar även de en stor roll för vätgasproduktionskostnaden. Om produktion av vätgas bara sker vid låga elpriser går det att pressa ner vätgaskostnaderna relativt lågt, vinsten per år blir dock ganska låg i relation till investeringen för elektrolysören. Vid sådana tillämpningar kommer det bli viktigt att hitta andra intäkter, som exempelvis nättjänster. En sammanlagd slutsats av detta är att produktion av grön vätgas till ett konkurrenskraftigt pris går att uppnå, med nuvarande förutsättningar, förutsätter att efterfrågan finns, att elpriserna förblir på dagens nivå och produktionen av vätgas bör vara storskalig. □

## HUVUDSCENARIO OCH MÅLBILD

**Utifrån länets styrkeområden och resultaten av scenarioarbetet har färdplanen för grön vätgas i Jämtlands län konkretiserats till ett huvudscenario som handlar om att flytta energi i tid, rum och form samt mellan olika energisektorer. Scenariot sträcker sig tio år framåt och bygger på att tillverkning av biojet har etablerats, likaså att Inlandsbanan byggts ut. Behovet av vätgas för dessa tillämpningar, summerat från kapitlet 3.3. och 3.4. beräknas uppgå till totalt ca. 10 000 – 25 000 ton per år.**

**HUVUDSCENARIOT RYMMER** även ett antagande om att 50 000 m<sup>3</sup> fossil dieselolja för tyngre fordon ersatts med vätgas. Denna volym dieselolja motsvarar knappt hälften av förbrukningen i Jämtlands län år 2018, respektive ett energiinnehåll om ca. 500 000 MWh. Med en antagen verkningsgrad om ca. 30% i förbränningsmotorer beräknas mängden nyttiggjord energi till ca. 150 000 MWh per år. Bränsleceller har dubbelt så hög verkningsgrad som förbränningsmotorer vilket innebär att det krävs ett betydligt mindre energiinnehåll i tillfört bränsle för att uppnå samma nytta. Genom att ersätta förbränningsmotorer med bränsleceller, respektive dieselolja med vätgas, beräknas behovet av tillförd energi i bränslet halveras till ca. 250 000 MWh. Det motsvarar ca. 7 500 ton vätgas per år.

**DET TOTALA BEHOVET** av vätgas i huvudscenariot beräknas således till ca. 15 000 – 30 000 ton per år. Produktion av denna mängd vätgas kräver ca. 0,75–1,5 TWh grön el per år samt en samlad kapacitet för elektrolys om ca. 100 – 200 MW. I sammanhanget kan det vara värt att poängtera att denna elektrolyskapacitet är oerhört stor jämfört med vad som i dagsläget finns installerat i såväl EU som världen. Som jämförelse kan nämnas att HYBRIT:s elektrolysör i demonstrationsfasen har en effekt om ca. 4,5 MW. Projektet Hållbar elintensiv industri har konstaterat att möjligheten för anslutning av erforderlig effekt finns i länet. Tillika tillgång till förnybar el. Av kapitel 3.2. framgår att elpriset SE2 är relativt lågt. Förutsättningarna för att etablera vätgasproduktion i enlighet med EU:s vätgasstrategi i Jämtlands län bör därmed betraktas som mycket goda.

**HUVUDSCENARIOT ÄR ATT** merparten av elektrolyskapaciteten initialt samlokaliseras med produktion av biojet. Detta motiveras bl.a. av att både vätgas OCH "restprodukter" från elektrolysen behövs i den processen vilket medför en bättre resurs- och kostnadseffektivitet i produktionen. Dessutom ligger den planerade produktionen av biojet strategiskt belägen avseende transporter av vätgas på såväl lands- som järnväg. Däremot bör vätgasproduktionen dimensioneras större än "bara" för produktion av biojet. Därmed kan skalfördelar för produktionskostnaden uppnås samtidigt som även andra behov av vätgas kan tillgodoses. Huvudscenariot baseras på en samlad elektrolyseffekt om 150 MW, en rörlig elkostnad på 350 kr/MWh samt totalt 80 000 drifttimmar för elektrolysören. Med dessa, och ett antal andra indata som presenteras i kapitel 4, beräknas produktionskostnaden till ca. 35 kr per kg vätgas. Även efter påslag för transport mm. bedöms detta kunna vara ett konkurrenskraftigt pris för många tillämpningar. Bedömningen är dock också att ett konkurrenskraftigt pris, för flertalet tillämpningar, till att börja med bygger på möjligheten till investeringsstöd för storskalig produktion av vätgas. Ännu svårare att uppnå ett konkurrenskraftigt pris bedöms det bli vid produktion av vätgas i mindre skala, om än produktionen ligger närmare användaren.

**HUVUDSCENARIOT BYGGER ÄVEN** på slutsatsen att vätgas kan spela en roll för att förbättra förutsättningarna för elproduktion med intermittenta energikällor. Med ett allt mer volatilt elpris i SE2 förväntas flexibilitetsbehovet öka. Genom att komplettera elproduktion med produktion och lagring av vätgas samt elproduktionskapacitet i form av ex. bränsleceller och/eller gasturbiner kan ökad flexibilitet uppnås.

**GENOM OPTIMERING KAN** producenten välja att tillgodose efterfrågan på el, vätgas och/ eller olika former av nättjänster beroende på aktuellt marknadsläge. Konkurrenskraften för vätgasproduktion i denna tillämpning är både kort- och långsiktigt svårare att bedöma än tidigare delar av huvudscenariot. Trenden om att transformationen av energisystemet som underbygger integrering och diversifiering av produktion, lagring och användning av energi är dock väldigt tydlig. Slutsatsen i färdplanen är därför sammantaget att utvecklingen inom området fortsatt bör följas med utgångspunkt från att ett pilotprojekt i mindre skala ska genomföras i närtid.

**TIDIGARE HAR NÄMNATS** att huvudscenariot för färdplanen sträcker sig tio år framåt i tiden. Under denna period förväntas, enligt flertalet bedömare, kostnaden för elektrolysörer minska avsevärt samtidigt som kostnaden för utsläpp av koldioxid förväntas öka. Det är dock viktigt att poängtera att kostnaden för produktion av grön vätgas med elektrolys är väldigt avhängig elprisets utveckling. Många bedömare prognostiserar att elpriset, jämfört med idag, kommer att fördubblas fram till 2030. En viktig parameter inför ev. beslut om storskalig produktion av vätgas är därmed att i möjligaste mån säkra kostnaderna för el för en så lång tid som möjligt. En ytterligare parameter i sammanhanget är att det med stor säkerhet kommer att uppstå konkurrens mellan olika producenter och leverantörer av vätgas. Löpande omvärldsbevakning kommer därför att vara ett viktigt område för det fortsatta arbetet. Det finns förmodligen också ett mervärde i att bli en av de första regionerna som bygger upp ett system för produktion, lagring, distribution och användning av grön vätgas då en sådan positionering i sig själv kan förväntas attrahera möjliga finansörer och kapital. Sammantaget är detta ett relativt nytt område på energimarknaden vilket medför ett antal inneboende osäkerheter. I ett första skede bör det därför betraktas som en förutsättning att det finns möjlighet till investeringsstöd vid etablering av produktionsanläggningar för grön vätgas. På sikt bör förutsättningarna för att produktion av grön vätgas ska kunna bli konkurrenskraftigt även utan finansiellt stöd bedömas som goda.

**EN PRODUKTIONSANLÄGGNING** för biojet och storskalig elektrolyseffekt om 150 MW förväntas medföra en investeringskostnad om totalt ca. 3 miljarder kronor. Därtill beräknas investeringskostnaden för upprustning av Inlandsbanan, i sig en stor förbättring av järnvägsinfrastrukturen såväl regionalt som nationellt, till erforderlig standard till omkring 10 miljarder kronor. Huvudscenariot omfattar således initialt investeringar om totalt ca. 10–15 miljarder kronor. Därtill kommer nya intäktsmöjligheter om ca. 1 miljard kronor årligen. En sådan utveckling torde vara en av de största industriella satsningarna som någonsin genomförts i Jämtlands län. Fossilfri konkurrenskraft kan därmed kombineras med regional och industriell utveckling i stor skala samtidigt som det medför tryggare energiförsörjning både regionalt och nationellt.

**I HUVUDSCENARIOT ERSÄTTS** fossil energi med förnybar för olika tillämpningar med totalt ca. 175 000 m<sup>3</sup> per år, motsvarande utsläpp av koldioxid med ca. 437 500 ton per år. Minskningen motsvarar således hela länets förbrukning av fossila bränslen respektive 75% av de totala utsläppen av växthusgaser år 2018. Färdplanen för grön vätgas kan således kombineras med många andra åtgärder, kraftigt bidra till målet om länet som fossilbränslefri region. I förlängningen kan den också förväntas medföra att länets turismindustri blir än mer attraktiv genom att besökare till länet kan erbjudas resor som försörjs av förnybar energi till, från och inom länet. □

# TID- OCH AKTIVITETSPLAN 2021 OCH FRAMÅT

Det huvudskenario för grön vätgas i Jämtlands län som presenteras i kapitel 5 sträcker sig till 2030. Förverkligandet av detta scenario förutsätter dock att arbetet med genomförandet av färdplanen påbörjas snarast. Aktiviteter på både kort och längre sikt kommer att vara nödvändiga, likväl som aktiviteter i både stor och liten skala. I det följande presenteras ett förslag till insatser, fördelade på ett antal olika rubriker och insatsområden, som anses nödvändiga. Insatserna är översiktligt beskrivna, en noggrannare planering och projektering kommer att vara nödvändig i varje enskilt fall. Insatserna har nummerats, initialt utan inbördes rangordning, för att lättare kunna diskuteras och därefter rangordnas. Planer kommer naturligtvis också löpande att behöva revideras och utvecklas.

## 6.1. DEMONSTRATIONSPROJEKT OCH MARKNADSUTVECKLING

1. Löpande informationssammanställning och sökning av aktuella investeringsstöd.
2. Det är viktigt att infrastrukturen för tankställen finns på plats innan fordonen. Tankställen för biogas OCH vätgas bör initialt etableras på de orter som utpekats som viktiga för leveranser av vätgas från och till Inlandsbanan.
3. Göra Inlandsbanan till världens första vätgasdrivna godskorridor för långa tåg som kan köra långa avstånd. Inlandsbanan kan bli Sveriges första "pipeline" för vätgas och därmed en pilotanläggning för distribution av vätgas från SE2 till SE3-4.
4. Produktion och leverans av vätgas till Inlandsbanans tågvarmeväggar.
5. Etablering av elektrolysör och vätgasbaserad elproduktion i anslutning till vindkraftspark.
6. Identifiering av lämpliga objekt för användning av vätgas och bränsleceller vid reservkraftverk för elproduktion, exempelvis i anslutning till vattenkraftstation eller vårdinrättningar.
7. Leverans av vätgas med tillhörande test av bränslecellsdrivna arbetsmaskiner, ex. truckar och hjullastare, hos intresserade entreprenad- och åkeriföretag.
8. Samarbete med fordonsleverantörer för test av bränslecellsdrivna tunga landsvägsfordon.
9. Samarbete med liftanläggning för test av bränslecellsdrivna pistmaskiner.
10. Samarbete med Trafikverket för test av bränslecellsdrivna färjor.
11. Samarbete med projektet Green Flyway för test av vätgasdrivna flygplan.
12. Utreda projekt avseende fastighet med ekosystem för grön vätgas. Överskott av el från solceller används för att producera vätgas som säsongslagras. Vätgas används sedermera för produktion av el och värme i fastigheten.
13. Upprustning av järnvägen in till industriområdet som rymmer framtida vätgasproduktion.
14. Samarbete med Östersunds kommun avseende produktion, distribution och användning av biogas och vätgas. Kan synergieffekter mellan biogas och vätgas uppnås, dels inom transportsektorn men även gällande kraftvärmeproduktion?
15. Uppbyggnad av system för, och samarbete med lämplig aktör kring, distribution av vätgas. Lämpliga system för transport på såväl lands- som järnväg behöver utredas, liksom pipelines vid kortare sträckor..
16. Utreda huruvida etablering av icke nätansluten vindkraftspark som används enbart för produktion av vätgas kan vara ett gångbart alternativ.
17. Samarbete med Region Jämtland Härjedalen inför upphandling av fordon för länstrafik.
18. Fortsatt arbete med biojet-projektet. Det bedöms vara loket som drar övriga etableringar.
19. Utveckling av affärsmodeller för produktion, distribution och användning av vätgas. Kan exempelvis vara s.k. HPA, där en viss mängd vätgas upphandlas till ett visst pris över tid.
20. Etablera samarbete med Vindkraftcentrum.
21. En pilotanläggning för produktion av biojet i mindre skala bör etableras för att testa och utvärdera teknik och system.

## 6.2. REGIONAL UTVECKLING

22. Regionerna befinner sig just nu i en process kring infrastrukturplaner; Atlantbanestråket, Inlandsstråket m.m. Historiskt sett har de andra regionerna i Norrland oftast pratat om satsningar längs kusten när det gäller infrastruktursatsningar. Nu finns läge att kraftsamla kring Inlandsbanan då även Norrbotten ser detta som en strategiskt viktig fråga. Ur ett regionalt utvecklingsperspektiv kommer det därför vara väldigt viktigt att den regionala politiken stödjer uppbyggnaden av Inlandsbanan på nationell nivå.
23. Färdplanen för grön vätgas kan om den genomförs bli en av de största industriella satsningarna någonsin i Jämtlands län. Länet kan även bli en av de första regionerna som tar ett samlat grepp och använder industriell utveckling och symbios som hävstång för ett väldigt aktivt klimatarbete. Många kommer att vilja bidra till en sådan satsning och förutsättningarna för att attrahera kapital torde vara goda.
24. Industriell utveckling av den här typen kommer att medföra ett stort behov av som kompetens inom många olika områden. Rekrytering av erforderlig kompetens kommer att vara ett viktigt moment i arbetet med färdplanen. I ett sådant arbete bör Mittuniversitet involveras.
25. Genomförandet av färdplanen för grön vätgas kan göra Jämtlands län till ett ännu mer attraktivt län att flytta till samt bo och verka i. Många av de produkter och system som kommer att behövas befinna sig i ett utvecklingsskede vilket förväntas attrahera start-ups m.fl.
26. Färdplanen för grön vätgas kommer att medföra positiva effekter för Jämtlands län och klimatet. Men kommer även att medföra positiva effekter på nationell nivå.
27. Färdplanen för vätgas kan komma att förbättra förutsättningarna för intermittenta energikällor, inte minst vindkraften, på fler sätt. Drift och lönsamhet har behandlats tidigare. Genom att förädla vindkraften ytterligare genom produktion, distribution och användning av vätgas kan även andra positiva effekter för vindkraften uppnås, exempelvis en ökad förståelse för varför vindkraft behövs och varför just här i länet. Och framför allt vilka fördelar för regional utveckling det kan medföra.
28. Jämtlands län har ur ett globalt perspektiv unika tillgångar i form av rent vatten, ren luft och stora markarealer. Att ansvarsfullt nyttja dessa tillgångar för en kombination av ett aktivt klimatarbete och industriell utveckling kan skapa nya möjligheter i form av att nya verksamheter väljer att etablera sig här. Utvecklingen på kapitalmarknaden har exempelvis under de senaste åren visat att allt mer kapital och allt fler näringar söker sig till regioner som strävar efter att bli "klimatpositiva". Jämtlands län kan bli en sådan region.
29. Produktion av vätgas kan lämpa sig på fler platser i länet. Det bör ske ett löpande arbete avseende identifiering av sådana lokaliseringar. Äggfors skulle kunna vara ett sådant exempel men det finns med all säkerhet flera, inte minst på platser där det skulle stärka länets landsbygdsutveckling.
30. Göra Inlandsbanan till världens första vätgasdrivna godskorridor för långa tåg som kan köra långa avstånd. Inlandsbanan kan bli Sveriges första "pipeline" för vätgas och därmed en pilotanläggning för distribution av vätgas från SE2 till SE3-4.



### 6.3. INFORMATION OCH KOMMUNIKATION

31. Färdplan för grön vätgas i Jämtlands län ska bidra till genomförandet av den nationella vätgasstrategin som tas fram under hösten 2020 och lanseras våren 2021.
32. På nationell nivå bör samarbete också sökas med lämpliga branschorganisationer såsom Energigas Sverige och Vätgas Sverige. Samarbete bör även sökas med branschorganisationer på internationell nivå.
33. Produktion, lagring, distribution och användning av vätgas är i Jämtlands län en ny näringsgren. Många målgrupper behöver informeras om hur det kan bidra positivt till den regionala utvecklingen. Om inte detta jobb görs grundligt riskerar motsättningar pga okunskap att uppstå.
34. Kommunikation kring produktion och användning av vätgas behöver vara enkel. Det är viktigare att belysa användningsområden och nyttor än att förklara den kemiska processen.
35. Power Region planerar ett skräddarsytt utbildningspaket för politiker och näringsliv m.fl, inom detta tema.
36. Löpande informations- och utbildningsarbete kommer att behövas kring säkerhet. Detta arbete bör med fördel genomföras i samarbete med branschorganisationer samt berörda myndigheter såsom MSB och Räddningstjänsten. Ev. diskussioner och debatter kring explosionsrisker och "vätgasbomber" kan därmed förebyggas.
37. Genomförandet färdplan för grön vätgas i Jämtlands län bör med fördel kommuniceras tillsammans med den nationella strategin för vätgas.
38. Vätgas kommer att behövas som en del av transformationen av energisystemet, likväl som en del av elektrifieringen av transportsektorn. Detta behöver fortsatt kommuniceras, likväl som att även andra drivmedel och energibärare kommer att behövas för denna transformation. Det är därmed viktigt att fortsatt kommunicera att ex. biogas och etanol även fortsatt är utmärkta alternativ för tunga transporter, likväl som att elbilar (BEV) lämpar sig väldigt väl på personbilssidan.
39. Sammantaget finns ett behov av att kommunicera vätgasens roll som en del av helheten i transformationen av energisystemet, inte som lösningen på allt. Detta kommer att vara en väldigt viktig del av trovärdigheten för fortsatt arbete med föreliggande färdplan.





## FINANSIERINGSMÖJLIGHETER

Av kapitel 6 framgår att informations-sammanställning och sökning av, vid aktuell tidpunkt, aktuella och relevanta stöd till finansiering kommer att vara en väldigt viktig del för det fortsatta arbetet med färdplanen. Därutöver bör kontakter och diskussioner föras kring möjlighet till privat kapital såväl regionalt som nationellt och internationellt. Nedan listas ett antal finansieringsmöjligheter som kan bli aktuella i närtid.

- **Klimatklivet** - ett stöd till lokala och regionala investeringar som minskar utsläppen av koldioxid och andra gaser som påverkar klimatet.
- **Industriklivet** – ska bidra till omställningen mot nettonollutsläpp inom processindustrin genom investeringsprojekt, pilot- och demonstrationsprojekt samt genomförbarhetsstudier.
- **Klimatpremien** - premie för vissa miljölastbilar och elektriska arbetsmaskiner. Den sökande kan få max 20 procent av miljöfordonets inköpspris i stöd.
- **100 MW elektrolysörer**. EU-program för att stimulera utvecklingen av större anläggningar.
- **European Clean Hydrogen Alliance** - innebär inga avsatta medel men möjliggör istället undantag från statsstödsregler vilket möjliggör nationella EU-investeringar.
- **Hydrogen technologies in carbon intensive regions** – kommissionen vill uppmuntra till interregionalt samarbete baserat på regionernas strategier för smart specialisering. Tidpunkten för denna utlysning antyder att detta kan bli regionala sammanslutningar som får en framskjuten roll inom insatser för vätgas.
- **EU Innovation Fund** - intäkter från handel med EU:s utsläppsrätter ska investeras i innovationsprojekt som ska bidra till att uppfylla målet om första klimatneutrala kontinenten till 2050 uppnås.

