

Internationell och nationell sammanställning av vätgas och vätgasklusters utveckling

Slutrapport, 2022-02-14



Uppdrag: Ei Vätgassammanställning
Uppdragsnummer: 30034719
Kund: Energimarknadsinspektionen
Datum: 2022-02-14
Upprättad av: Elin Lindblad, Annie Olofsson, Cecilia Wallmark, Erica Edfeldt Wehjte, Linn Arvidsson och David Frost

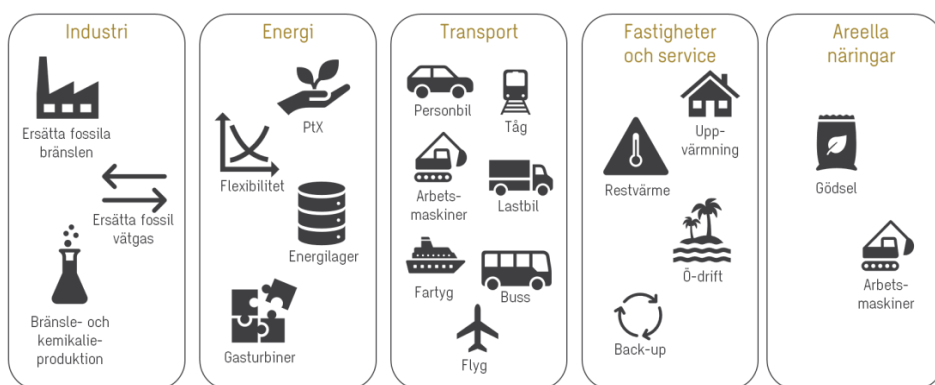
Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	4
1. Inledning	6
1.1 Syfte och mål.....	7
1.2 Omfattning	7
1.3 Ordlista och förkortningar	8
2. Introduktion till vätgas.....	9
3. Omvärldsbevakning av vätgasens utveckling	11
3.1 Internationell utblick.....	11
3.2 Vätgaskluster.....	26
4. Förutsättningar för utveckling av vätgas i Sverige och Norden.....	30
4.1 Förutsättningar för vätgasens utveckling i Sverige	30
4.2 Förutsättningar för vätgasens utveckling i övriga Norden	53
5. Synergier, skillnader och likheter mellan vätgas och metan	57
5.2 Synergier mellan vätgas och metan kopplat till produktion och distribution.....	59
5.3 Synergier mellan vätgas och metan kopplat till användning	61
6. Policyanalys samt regelverksanalys av dagens och kommande lagstiftning.....	64
6.1 Policyanalys.....	64
6.2 Regelverksanalys av dagens och kommande lagstiftning	75
7. Implikationer för Energimarknadsinspektionen	80

Sammanfattning

Att vätgasens roll kommer att vara betydande i den globala klimatomställningen börjar det råda konsensus kring. Syftet med denna rapport skriven av Sweco vid årsskiftet 2021–22 är att analysera den kommande vätgasutvecklingen samt att identifiera påverkan på Energimarknadsinspektionens (Ei:s) verksamhetsområden utifrån perspektiven produktion, distribution, lagring och användning av vätgas. Målet är att öka kunskapsnivån som en del i att Ei blir redo att möta en framtid där vätgasen har en omfattande roll inom energimarknaderna. Insikterna från arbetet ska kunna ge vägledning om vilka områden Ei skulle kunna behöva genomföra fördjupade analyser inom.

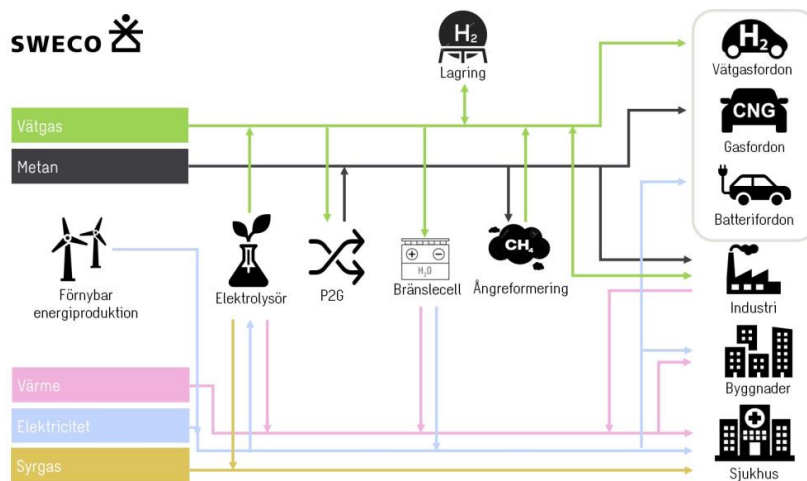
Intresset för vätgas ökar globalt, i synnerhet drivet av fokus på minskade koldioxidutsläpp, och många prognoser och scenarion pekar på en dramatisk vätgasutveckling. De flesta scenarion utgår ifrån en moderat utveckling av användningen under 2020-talet och den sammanfattade globala bilden är fokus på lokala kluster av produktion och användning till 2030, följt av storskalig infrastruktur och användning därefter. En sammanfattning av vätgasens användningsområden finns att tillgå i Figur 0-1. Flera länder har utvecklat nationella vätgasstrategier och än fler är på god väg med sådana strategier. Bara ett land, Japan, hade presenterat en nationell vätgasstrategi år 2017. Tolv länder och EU hade presenterat vätgasstrategier fram till juli 2021, och hela 30 länder i oktober 2021.



Figur 0-1 Vätgasens flexibla roll inom energisystemets användarsektorer. Källa: Sweco

Inom de kommande tio åren bedöms lokal och regional distribution av vätgas vara de två distributionsperspektiv som är realistiska för Sverige. Storskalig lagring av vätgas förväntas ha utvecklats till 2030, antingen i konventionella

vätgaslagringstankar eller genom den mer okonventionella tekniken "Lined Rock Cavern" (inkladda berggrum). Vidare förväntas vätgas vara en avgörande möjliggörare för omställningen av det svenska elsystemet genom dess potential att agera flexibilitetsresurs för elnäten genom anpassad produktion eller energilagring för att balansera intermittent elproduktion och möjliggöra reservkraft. I sin tur kommer stora mängder förnybar el krävas för att tillgodose det växande vätgasbehovet. Sverige har goda förutsättningar sett till en väl fungerande elmarknad och höga potential för förnybar elproduktion. Att koppla samman energiinfrastruktursystem medför ny potential att utnyttja synergier mellan de olika systemen. Sektorskopplingar mellan el, vätgas och det övriga energisystemet syns i Figur 0-2. Utvecklingen bedöms medföra ett behov för Ei och andra berörda myndigheter att bland annat genomföra ett antal förstudier gällande nya stamnät och regionnät för vätgas samt för befintligt elnät.



Figur 0-2 En översikt av energisystemets sektorskopplingar mellan produktion, distribution/lagring och användning med vätgas i fokus. Råvaror och produktion för övriga energibärare ej i bild. Källa Sweco.

Analyserad EU-policy, däribland "Fit for 55"¹, bedöms ge en positiv inverkan på vätgasens utveckling. Det saknas dock idag i hög grad regelverk som är specifika och/eller direkt tillämpliga för vätgas. Detta gäller samtliga delar i värdekedjan från produktion till användning. De behov som finns berör bland annat säkerhetsaspekter och prövningsförutsättningar för produktion, distribution och användning av vätgas. Avsaknaden av lagar, regelverk och riktlinjer på nationell- och EU-nivå leder till otydliga förutsättningar som kan bromsa vätgasens introduktion.

¹ EU:s plan för att minska växthusgasutsläppen med 55 % till 2030. Mer om detta i avsnitt 6.16.1.1.

1. Inledning

I takt med att världen ställer om till ett alltmer klimatneutralt samhälle krävs nya tekniklösningar för ett fossiloberoende energisystem. Europa har som mål att nettoutsläppen av växthusgaser ska vara noll till 2050, vilket innebär stora åtgärder inom samtliga sektorer i alla medlemsländer. I Sverige finns den politiska målsättningen om nettonollutsläpp till 2045, för att därefter bidra med negativa utsläpp.

Vätgas från förnybara energikällor anses avgörande för att ställa om energisystemet. Vätgas används redan idag på bred front inom industrin, men är då ofta producerad av fossila bränslen såsom naturgas. Transportsektorn, i synnerhet tyngre trafik, behöver alternativa lösningar som komplement där elektrifiering genom batterier inte räcker till. Även för balansering av elsystemet, för att erbjuda flexibilitet och för lagring i kombination med intermitterent elproduktion ses vätgas ha stor potential. Ny vind- och solkraft är billig men utmanande eftersom de är väderberoende. Även om kraftslagen kompletterar varandra under året innebär de ett ökat behov av reglerbara resurser så som energilagring och planerbar produktion. Vätgaslager kan agera mellanhand till den intermitteranta elproduktionen och energianvändarnas behov och således bidra till ett mer balanserat energisystem de kommande åren.

Mycket händer inom vätgasområdet. EU satsar på att vätgas ska ges det stöd det behöver för att implementeras storskaligt, vilket innefattar bidrag till forskning och utveckling, bidrag för massproduktion av exempelvis elektrolysörer samt för uppbyggnad av anläggningar. Som ett exempel har Clean Hydrogen Partnership (tidigare Fuel Cell and Hydrogen Joint Undertaking) tilldelats en miljard euro för tidsperioden 2021–2027² för vidare utdelning till marknaden, och många länder både i Europa och globalt erbjuder stora stödpaket för vätgasteknologi. Flera regelverkspaket på EU-nivå har antagits, eller är på väg att utvecklas, för att möjliggöra vätgasens introduktion på bred front. I Sverige har LKAB, SSAB, H2 Green Steel med flera stora och små bolag på allvar gett sig in i en utveckling som inkluderar förnybar vätgas. Den 25e november 2021 lämnade Energimyndigheten över ett förslag till en vätgasstrategi för Sverige till regeringen, där frågan om vätgasens roll bearbetats.

I denna rapport beskrivs vad vätgasens roll i energisystemet kan tänkas bli i Sverige och Europa, delges en omvärldsanalys samt fördjupade analyser av vilka effekter en vätgasmarknad kan komma att få på Ei:s verksamhetsområden samt på energimarknaden i framtiden.

² FCHJU, 2021. EUROPEAN HYDROGEN WEEK KICKED OFF TODAY, CLEAN HYDROGEN PARTNERSHIP LAUNCHED. Tillgänglig på: <https://www.fch.europa.eu/news/european-hydrogen-week-kicked-today-clean-hydrogen-partnership-launched>

1.1 Syfte och mål

I enlighet med Ei:s förfrågan är uppdragets syfte och mål följande:

”Syftet med uppdraget är att analysera den kommande vätgasutvecklingen samt att identifiera påverkan på Ei:s verksamhetsområden utifrån perspektiven produktion, distribution och användning av vätgas.

Målet är att öka kunskapsnivån så att Ei blir redo att möta en framtid där vätgasen har en omfattande roll inom energimarknaderna. Underlaget ska kunna ligga till grund för vidare analyser som Ei behöver göra för att kunna bidra till en effektiv energiomställning och genomföra en effektiv regelutveckling. Insikterna från arbetet ska kunna ge vägledning om vilka områden Ei skulle kunna behöva genomföra fördjupade analyser inom.”

1.2 Omfattning

Introduktion till vätgas. En kort introduktion och översikt över vätgasens egenskaper.

Omvärldsbevakning av vätgasens utveckling. En internationell litteraturstudie av samtliga världsdelar med fokus på den pågående och kommande – inom tio år – utvecklingen inom vätgasområdet. Omvärldsbevakningen innefattar utveckling och trender inom vätgaskluster, infrastruktur, reglering och regelutveckling. Även en sammanställning av lärdomar och erfarenheter från en handfull vätgaskluster presenteras.

Förutsättningar för utveckling av vätgas i Sverige och Norden. I kapitlet ges en sammanställning av möjlig utveckling och potentiella hinder för vätgas i olika sektorer och applikationer i Sverige och Norden. Inledningsvis beskrivs förutsättningarna i Sverige för vätgasens värdekedja följt av ett avsnitt om sektorskopplingar. I det tredje delkapitlet beskrivs förutsättningar och vätgasens utveckling i Norge, Finland och Danmark.

Synergier, skillnader och likheter mellan vätgas och metan. En översikt över potentiella synergier, skillnader och likheter mellan metan och vätgas samt en genomgång ges av vilken befintlig naturgasinfrastruktur som kan eller inte kan användas för vätgas.

Policyanalys samt regelverksanalys av dagens och kommande lagstiftning. En översikt av regelverk som finns idag relaterat till vätgas och vätgaskluster, samt även vilka regelverk som kan komma att påverkas och eventuellt tillkomma i takt med att vätgasen introduceras. I denna del analyseras även regelverk kopplade till naturgas och hur regleringen kan komma att behöva förändras beroende på vilka förutsättningar vätgasens introduktion kräver, samt vad som är tekniskt och regelmässigt möjligt. Vidare sammanställs vilka regelrelaterade hinder som kan tänkas uppkomma i takt med vätgasens introduktion, och hur Ei kan agera för att åtgärda hindren.

Implikationer för Energimarknadsinspektionen. I detta kapitel sammanställs *förslagen* på områden för Ei och andra relevanta aktörer att genomföra djupare analyser inom, relaterat till vätgasens utveckling. Dessutom ges förslag på regelverk som behöver anpassas och utvecklas för vätgasens introduktion i Sverige. Avsnittet ger en första översikt och är ej heltäckande, utan syftar till att ge en ingång till vidare arbetar och analys.

1.3 Ordlista och förkortningar

ACER	European Union Agency for the Cooperation of Energy Regulators
CBAM	Carbon Border Adjustment Mechanism
CEER	Council of European Energy Regulators
CFD	Contract for Differences
CCS	Carbon Capture and Storage, koldioxidavskiljning
CCUS	Carbon Capture, Usage and Storage
Ei	Energimarknadsinspektionen
Inre marknaden	En gränsöverskridande marknad inom Europeiska unionen med fri rörlighet för varor, tjänster, personer och kapital.
Koldioxid	I rapporten kommer "koldioxid" användas utbytbart med "koldioxidekvivalenter"
LNG	Liquefied Natural Gas – naturgas i flytande form.
LTS	Local Transmission System, regionnät
NTS	National Transmission System, stamnät
PtX	Power-to-X
PPA	Power Purchase Agreement – energiavtal för att säkerställa pris och förnybar el över tid
PtG	Power-to-Gas
SvK	Svenska kraftnät
TCO	Total Cost of Ownership - total ägandekostnad
TEN-E	Transeuropeiska energinätet
TEN-T	Transeuropeiska transportnätet
TSO	Transmission System Operator, systemansvarig för transmission
WEC	World Energy Council

2. Introduktion till vätgas

Vätgas är en energibärare och behöver tillverkas och distribueras innan den används. Vätgas kan användas antingen genom att förbrännas och exempelvis driva en gasmotor eller en förbränningsmotor, eller genom att omvandlas till el i en bränslecell.

Vätgas kan produceras från ett flertal källor såsom förnybara råvaror och fossilt bränsle. Det finns tre aktuella huvudsakliga metoder för framställning av vätgas: elektrolys (med el och vatten), reformering (av flytande eller gasformiga kolväten, oftast naturgas) och förgasning (av biomassa eller kol). När koldioxidlagring (CCS) tillämpas vid produktion av vätgas från fossila källor produceras vätgas som systemmässigt anses mindre utsläppsintensivt.

Hur miljömässigt hållbar vätgas är blir beroende av hur och av vad den har tillverkats. I EU:s vätgasstrategi, som presenterades i juli 2020, definieras vätgastyper utifrån produktionssätt enligt Tabell 2-1. Notera att sen vätgasstrategin presenterades har EU-kommissionen presenterat ett förslag till delegerad akt som definierar vad som är förnybar vätgas³. Förslaget begränsar definitionen av vätgas till endast den vätgas som kommer från förnybara energikällor *förutom* biomassa. Vidare innehåller förslaget också begränsningar för vätgas producerad genom elektrolys där endast förnybar el från elnät eller direkt elproduktion anses vara förnybar vätgas. Mer om detta i avsnitt 6.1.1.

Tabell 2-1. Definitioner av vätgas utifrån produktionssätt enligt EU:s vätgasstrategi⁴

Typ av vätgas	Beskrivning
Elbaserad vätgas	Elbaserad vätgas produceras genom elektrolys av vatten (i en elektrolysanläggning som drivs med el), oavsett källan till elektriciteten. Livscykelutsläppen av växthusgaser från produktionen av elbaserad vätgas beror på hur elektriciteten produceras.
Förnybar vätgas⁵	Förnybar vätgas är en gren inom elbaserad vätgas och produceras genom elektrolys av vatten (i en elektrolysanläggning som drivs med el), där elektriciteten kommer från <i>förnybara energikällor</i> . Livscykelutsläppen av växthusgaser från produktionen av förnybar vätgas är nära noll*. Förnybar vätgas kan också produceras genom reformering av biogas (i stället för naturgas) eller genom biokemisk omvandling av biomassa, om den uppfyller hållbarhetskraven. <i>Notera: se kommentar i löptext ovan gällande förslag på delegerad akt från EU-kommissionen, vilken utesluter biomassa.</i>
Ren vätgas	Ren vätgas är ett annat namn för förnybar vätgas.
Fossilbaserad vätgas	Fossilbaserad vätgas produceras genom en rad olika processer med fossila bränslen som råvara, främst reformering av naturgas eller förgasning av kol. Den står för merparten av

³ EU-kommissionen, 2021. *COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) ... supplementing Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council by setting out appropriate rules for the production of renewable hydrogen from electricity*

⁴ EU-kommissionen, 2020. *Frågor och svar: En vätgasstrategi för ett klimatneutralt Europa*. Tillgänglig på: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/document/print/sv/qanda_20_1257/QANDA_20_1257_SV.pdf

⁵ Om även vätgas som härstammar från kärnkraftsel inkluderas, är benämningen "fossilfri vätgas", se exempelvis <https://fossilfrittverige.se/strategier/vatgas/>

	den vätgas som produceras i dag. Livscykelutsläppen av växthusgaser från produktionen av fossilbaserad vätgas är stora.
Fossilbaserad vätgas med avskiljning av koldioxid	Fossilbaserad vätgas med avskiljning av koldioxid utgör en delmängd av den fossilbaserade vätgasen, men växthusgaserna från vätgasproduktionen avskiljs och lagras i stället för att släppas ut. Utsläppen av växthusgaser från produktionen av fossilbaserad vätgas med avskiljning av koldioxid eller pyrolys är lägre än för fossilbaserad vätgas, men hänsyn behöver tas till den varierande effektiviteten i avskiljningen av växthusgaser (maximalt 90 %).
Koldioxidsnål vätgas	Koldioxidsnål vätgas omfattar fossilbaserad vätgas med avskiljning av koldioxid samt elbaserad vätgas, med livscykelutsläpp av växthusgaser som är betydligt lägre än för den nuvarande vätgasproduktionen (den största mängden vätgas som används globalt produceras i dagsläget av fossilt bränsle).
Vätgasbaserade syntetiska bränslen	Vätgasbaserade syntetiska bränslen omfattar en rad gasformiga eller flytande bränslen som är tillverkade av vätgas och kol. Syntetiska bränslen omfattar t.ex. syntetisk fotogen för luftfart, syntetisk diesel för bilar och olika molekyler som används för produktion av kemikalier och gödselmedel. Syntetiska bränslen orsakar olika nivåer av utsläpp av växthusgaser, beroende på vilken råvara och process som används. I fråga om luftföroreningar orsakar själva förbränningen av syntetiska bränslen liknande utsläppsnivåer som fossila bränslen.

* Sweco kommentar: EU-kommissionens utkast på definition, Mer om detta i avsnitt 6.1.1.

3. Omvärldsbevakning av vätgasens utveckling

Detta kapitel innefattar en internationell litteraturstudie av samtliga världsdelar med fokus på den pågående och kommande – inom tio år – utvecklingen inom vätgasområdet. Omvärldsbevakningen innefattar utveckling och trender inom vätgaskluster, infrastruktur, reglering och regelutveckling. Detta innefattar beskrivning av EU:s vätgasstrategi samt (vilket främst beskrivs i regelverkskapitlet) en beskrivning av implikationer från EU:s regelverksförslag såsom "Fit for 55" och framför allt det föreslagna gasmarknadspaketet. Även en sammanställning av lärdomar och erfarenheter från olika vätgaskluster presenteras.

Områden för Ei och berörda aktörer att genomföra djupare analyser och arbete inom::

- Ei bör delta i internationella sammanhang för att kunna följa vätgasens snabba utveckling både i EU och globalt. Exempelvis skulle Ei kunna samordna nyhetsbevakningen med andra myndigheter.
- De närmaste 10 åren kommer mycket av förväntningarna på Ei relaterat till vätgas att handla om fokus på att sektorkopplingen el till vätgas växer fram, och på längre sikt kommer internationella vätgasmarknader utvecklas. När marknaden sedan mognar och volymerna ökar väntas fler "naturliga monopol" i form av rörledningar och större lager uppstå. Ei bör förbereda sig för att vara intäcksreglerande myndighet av vätgasinfrastruktur, samt för att vara aktiva i forandet av regelverk avseende ägandeformer. Det nyligen presenterade gasmarknadspaketet är en viktig del i detta.

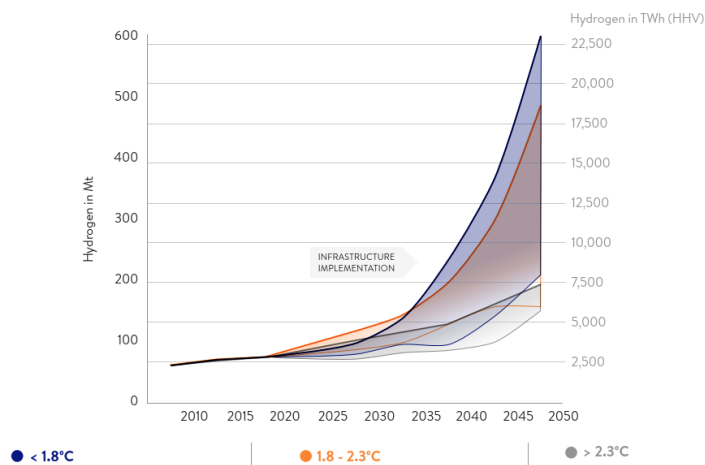
3.1 Internationell utblick

3.1.1 Vätgasens starka globala utveckling

Intresset för vätgas ökar globalt, i synnerhet drivet av fokus på minskade koldioxidutsläpp, och många prognoser och scenarion pekar på en dramatisk vätgasutveckling. Ett exempel är World Energy Councils (WEC) globala sammanställning⁶ i Figur 3-1. I figuren har WEC sammanställt data från tretton scenarion och grupperat dessa utifrån de specifika scenariernas klimatambitionsnivå. Dagens nivå ligger på knappt 2 500 TWh vätgas. Som

⁶ World Energy Council, 2021. Working Paper | Hydrogen on the Horizon: Hydrogen Demand and Cost Dynamics. Used by permission of the World Energy Council.

synes finns ett brett uppskattat spann för år 2050, från cirka 6 000 TWh vätgas upp till över 22 500 TWh.

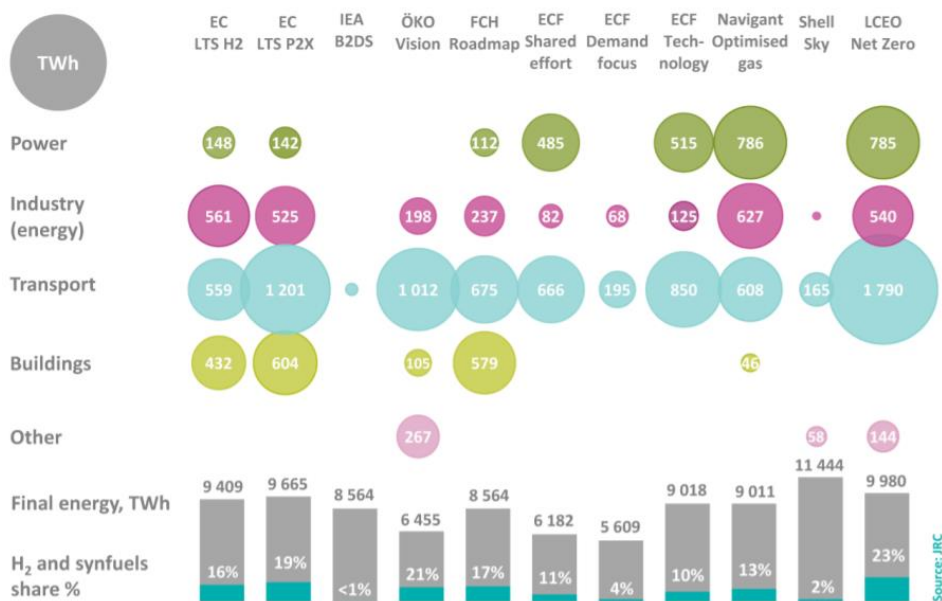


Figur 3-1. Vätgasutveckling till 2050 enligt tretton olika scenarion. Källa: World Energy Council

För år 2030 är scenariospannet smalare, och varierar mellan 2 500 TWh och cirka 5 000 TWh. De flesta scenarion utgår ifrån en moderat utveckling av användningen under 2020-talet. Volymerna bedöms alltså främst ta fart på stor skala efter år 2030, och därförinnan växa i en stadig men mer konservativ takt. Den relativa ökningen av vätgasproduktion- och användning är dock redan hög, i synnerhet med avseende på vätgas producerad med elektrolysörer. WEC bedömer att många scenarion antar denna utvecklingskurva då flertalet idag planerade och genomförda vätgasprojekt i världen fortfarande inte är i kommersiell skala (för ny typ av användning), samt att infrastrukturen för vätgas ännu inte är utbyggd. Investeringar som görs nu möjliggör den framtida ökningen. Detta är en bild som delas även i strategier och andra policydokument.

Om bilden avgränsas till EU, finns även här en mängd olika scenarioanalyser framtagna. EU-kommissionen har sammanställt elva analyser, presenterade i Figur 3-2, där vätgasens andel av total slutlig energianvändning i Europa i de flesta scenarion bedöms ligga mellan 10 och 23 % år 2050. Beroende på hur vätgasen produceras skulle detta innebära antingen ett tillkommande elbehov (för att producera vätgasen) motsvarande 80 % av dagens användning (elektrolys), eller 45 % av dagens naturgasanvändning (reforming kombinerat med koldioxidavskiljning motsvarande 460 miljoner ton CO₂)⁷.

⁷ EU-kommissionen, 2019. *Hydrogen use in EU decarbonisation scenarios*. Tillgänglig på: https://ec.europa.eu/jrc/sites/default/files/final_insights_into_hydrogen_use_public_version.pdf



Figur 3-2. Vätgasanvändning och andel av energibehov i Europa år 2050 enligt elva olika scenarioanalyser. Källa: EU-kommissionen⁸

Bilden av fokus på lokala kluster av produktion och användning till 2030, följt av storskalig infrastruktur och användning därefter, speglas även i EU:s vätgasstrategi som presenterades i juli 2020. I strategin presenteras vätgas som en möjliggörare av "Fit for 55", mer om detta i 6.1.1, och vätgas bedöms kunna gå från 2 % av energimixen idag till 13–14 % år 2050. Strategin sätter upp en väg mot ett europeiskt ekosystem för vätgas, som kan delas upp i tre konkreta faser⁹. De tre faserna beskrivs av EU-kommissionen på följande sätt:

- Fas 1, Idag (2020) –2024: Installation av åtminstone 6 GW elektrolysörer som kan producera sammanlagt en miljon ton förnybar vätgas per år. Fokus på uppskalning av elektrolysertillverkning och etablering av tankstationer, men begränsat behov av infrastrukturutbyggnad. Planering av framtida utbyggnation.
- Fas 2, 2025–2030: Vätgas etableras som en viktig del av EU:s integrerade energisystem, bland annat genom 40 GW installerade elektrolysörer som kan producera sammanlagt tio miljoner ton förnybar vätgas per år.
- Fas 3, Efter 2030: Storskalig utrullning över alla sektorer där andra kommersiellt gångbara energilösningar saknas ("hard-to-abate"-sektorer)¹⁰ från 2030 och framåt

EU:s vätgasstrategi har som övergripande syfte att uppnå sänkta utsläpp och stärkt konkurrenskraft. Gällande användning fokuserar EU i huvudsak två användningsområden i sin strategi; industrin (stål, kemi) samt transportsektorn.

⁸ Ibid

⁹ EU-kommissionen, 2020. *EU Hydrogen Strategy*. Tillgänglig på:

https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/fs_20_1296

¹⁰ Brukar ofta inkludera stål, kemi, aluminium, cement, konstgödsel samt tunga transporter som lastbilar, sjöfart och flyg

3.1.2 Hur kommer vätgasens produktion att utvecklas globalt?

Idag produceras ungefär 70 miljoner ton vätgas globalt, varav cirka 76 % från naturgas, 23 % från kol och 2 % via elektrolys¹¹. Hur den globala vätgasproduktionen kommer att utvecklas bedöms till stor del bli en följd av lokala förutsättningar där vätgasen produceras – exempelvis kopplat till lokal råvarutillgång, råvarupriser, eller kostnader och skatter på fossila bränslen, elektricitet och koldioxid – och av nationella eller regionala strategier. Idag är det billigaste produktionsalternativet i stora delar av världen reformering (naturgas), vilket i Mellanöstern kan kosta cirka 1 dollar per kg vätgas, 1,5 dollar per kg med CCS¹².

EU:s prioritet är att producera förnybar vätgas, baserad på huvudsakligen vind- och solenergi. Länder i EU har dock olika produktionsplaner, vilket kommer att belysas i 3.1.6. EU:s vätgasstrategi beskriver en mängd målsättningar och aktiviteter specifikt kopplade till *produktion* av vätgas. I nedan tabell har de huvudsakliga dragen kondenserats.

Tabell 3-1. Produktion av vätgas i EU, en färdplan till 2050. Källa: EU:s vätgasstrategi

Fas 1, 2020–2024	Fas 2, 2025–2030	Fas 3, Efter 2030:
<p>Fokus på produktion av olika former av koldioxidsnål, elbaserad vätgas, särskilt sådan som produceras med nära nollutsläpp av växthusgaser.</p> <p>Avsevärt utökad tillverkning av elektrolysörer, inklusive stora sådana (upp till 100 MW).</p> <p>Kommissionen anser att de lokala elektrolysörerna "idealiskt [ska] få energi direkt från lokala förnybara energikällor".¹³</p>	<p>Produktion av förnybar vätgas förväntas gradvis bli mer konkurrenskraftig.</p> <p>Decentraliserad produktion av vätgas i fokus. Lokala vätgaskluster växer fram, t.ex. i avlägsna områden eller på öar, eller regionala ekosystem.</p> <p>EU:s målsättning, presenterad av EU:s ordförande Ursula von der Leyen under vätgasveckan i december 2021, är en produktions-kostnad på under 1,8 euro per kilo grön vätgas till 2030¹⁴.</p>	<p>Vätgastekniken ska ha mognat och vara redo för storskalig utbyggnad och användning i sektorer där andra lösningar saknas eller är alltför dyra.</p> <p>I denna fas måste produktionen av förnybar el öka kraftigt eftersom omkring en fjärdedel av den förnybara elen fram till 2050 kan behöva användas för produktion av förnybar vätgas.</p>

3.1.3 Hur kommer vätgasens distribution att utvecklas globalt?

Generellt är den existerande distributions- och lagringskapaciteten för vätgas i världen inte tillräcklig för den förväntade vätgasutvecklingen. Hur vätgas transporteras och lagras kommer att ha en stor påverkan på vätgasens kostnadsbild, och exempelvis bedömer IRENA¹⁵ att distributionskostnaden kan variera mellan noll och tre gånger vätgasens produktionskostnad beroende på lösning.

Att den existerande distributions- och lagringskapaciteten för vätgas inte är tillräcklig för den förväntade vätgasutvecklingen bedöms även vara fallet i Europa, och EU-kommissionen poängterar i sin vätgasstrategi att idag finns otillräcklig infrastruktur både i form av nät, lagring och lastbilsinfrastruktur. EU-kommissionen beskriver vidare att sådan infrastruktur behövs för att marknaden ska kunna ta fart, men att det kan vara dyrt att få på plats. En viktig aspekt att ta hänsyn till vid läsning av den europeiska strategin är att de flesta länder i

¹¹ IRENA, 2019. The future of hydrogen

¹² Ibid

¹³ I det förslag på delegerade akt som kom från EU-kommissionen i november 2021 specificeras ytterligare vad som ska klassas som förnybar vätgas.

¹⁴ <https://www.euractiv.com/section/energy/news/lets-reach-for-the-stars-eu-aims-for-green-hydrogen-below-e2-kg-by-2030/>

¹⁵ IRENA, 2019. The future of hydrogen

Europa har stora befintliga (natur)gasnätverk – vilket Sverige inte har i motsvarande utsträckning.

Den ”svenska” inställningen till dedikerad vätgasinfrastruktur har dock utvecklats snabbt under de senaste åren, exempelvis bedömde Fossilfritt Sveriges vätgasstrategi från 2020¹⁶ det inte som realistiskt att kluster i Sverige skulle kopplas samman med nya långa vätgasledningar medan det nu finns flera projekt och visioner i tidiga stadium som fokuserar på nybyggnation av svensk vätgasinfrastruktur – se exempelvis Figur 3-3 framtagen av europeiska gasinfrastrukturföretag, däribland Nordion, gällande European Hydrogen Backbone år 2030.



Figur 3-3. Möjlig lösning för vätgasinfrastruktur i norra Europa år 2030 ("European Hydrogen Backbone"). Bilden beskuren för läsbarhet. Rapporten innehåller även möjliga lösningar för 2035 och 2040, se 2040 nedan. Källa: Gas for Climate: a path to 2050, 2021¹⁷

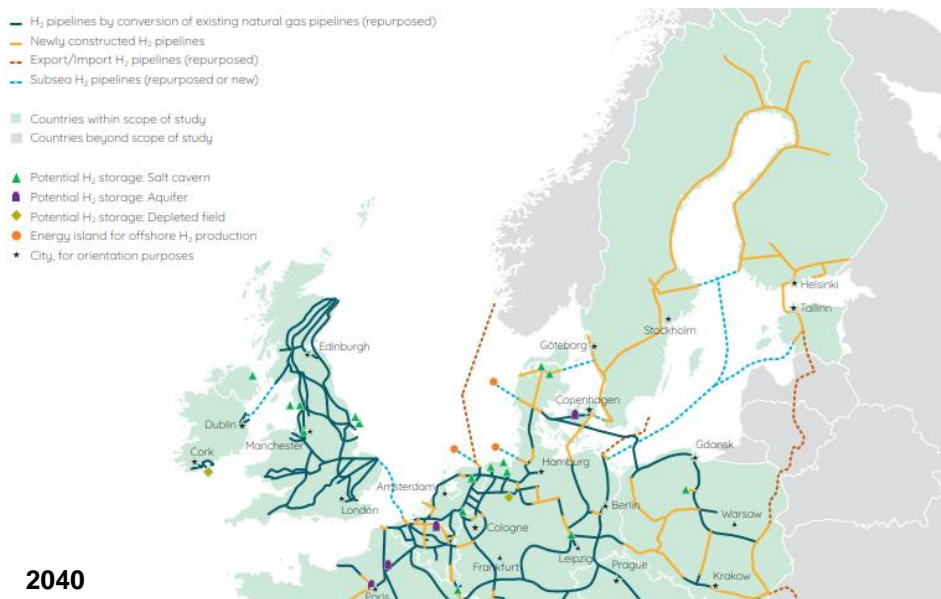
En möjlig utveckling efter 2030 bedöms av de tretton gasinfrastrukturföretagen kunna bli ett integrerat vätgasnät. Detta visas bland annat i nedan karta för 2040, se Figur 3-4.

¹⁶ Fossilfritt Sverige, 2020. *Vätgasstrategi för fossilfri konkurrenskraft*. Tillgänglig på:

<https://fossilfritt Sverige.se/2021/01/21/vatgasstrategi-for-fossilfri-konkurrenskraft/>

¹⁷ Gas for Climate: a path to 2050, 2021. *Extending the European Hydrogen Backbone*. Tillgänglig på:

https://gasforclimate2050.eu/sdm_downloads/extending-the-european-hydrogen-backbone/



Figur 3-4. Möjlig lösning för vätgasinfrastruktur i norra Europa år 2040. Bilden beskuren för läsbarhet. Källa: Gas for Climate: a path to 2050, 2021¹⁸

EU:s vätgasstrategi beskriver en mängd målsättningar och aktiviteter specifikt kopplade till *distribution* av vätgas. I Tabell 3-2 har de huvudsakliga dragen kondenserats.

Tabell 3-2. Distribution av vätgas i EU, en färdplan till 2050. Källa: EU:s vätgasstrategi

Fas 1, 2020–2024	Fas 2, 2025–2030	Fas 3, Efter 2030:
<p>Behovet av infrastruktur för transport av vätgas kommer att vara begränsat eftersom användningen inledningsvis kommer att vara nära produktionen.</p> <p>I vissa områden kan inblandning av naturgas bli aktuell.</p> <p>Planering av infrastruktur för överföring på medellånga avstånd och för ett stamnät bör inledas.</p> <p>Infrastruktur för avskiljning och användning av koldioxid kommer att krävas för att underlätta för vissa former av koldioxidsnål vätgas.</p>	<p>Lokala vätgaskluster kommer att utvecklas, med transport endast korta sträckor.</p> <p>Behov av vätgasinfrastruktur i hela EU, och åtgärder kommer att vidtas för transport av vätgas från områden med stor potential för förnybara energikällor till platser med stor efterfrågan - som eventuellt kan vara belägna i andra medlemsstater.</p> <p>Det kommer sannolikt att krävas transporter över längre sträckor, vilket kommer att ske genom översyn av de transeuropeiska energinäten (TEN-E).</p> <p>Den dedikerade vätgasinfrastrukturen som byggs kring vätgasklustren utnyttjas för industri och transport samt elbalansering, men också för uppvärmning av bostäder och kommersiella fastigheter.</p>	<p>Storskalig utbyggnad av infrastruktur. Vätgasen når alla sektorer där det är svårt att fasa ut fossila bränslen.</p> <p>Med antagen minskad efterfrågan på naturgas efter 2030, skulle delar av den befintliga europeiska gasinfrastrukturen kunna anpassas för storskalig gränsöverskridande transport av vätgas. Exempelvis förväntas att ett vätgasnät i Tyskland och Nederländerna kan bestå av upp till 90 % av konverterad infrastruktur.</p>

3.1.4 Hur kommer vätgasens användning utvecklas globalt?

Den globala användningen av vätgas bedöms riktas mot industri, transport och energisektorn, med en viss osäkerhet gällande användning i byggnader¹⁹. Även

¹⁸ Ibid

¹⁹ World Energy Council, 2021. Working Paper | Hydrogen on the Horizon: Hydrogen Demand and Cost Dynamics.

användningsområden för vätgas bedöms, liksom produktion och distribution, bero på regionala förutsättningar och strategier.

EU fokuserar i sin strategi på industri och transporter, och strategin beskriver en mängd målsättningar och aktiviteter specifikt kopplade till *användning* av vätgas. I Tabell 3-3 har de huvudsakliga dragen kondenserats.

Tabell 3-3. Användning av vätgas i EU, en färdplan till 2050. Källa: EU:s vätgasstrategi

Fas 1, 2020–2024	Fas 2, 2025–2030	Fas 3, Efter 2030:
<p>Användning av vätgas är i huvudsak nära produktionen, exempelvis större raffinaderier, stålverk och kemianläggningar.</p> <p>Tankstationer för bussar, taxibilar och lastbilar med vätgasdrivna bränsleceller²⁰.</p>	<p>Förnybar vätgas förväntas gradvis bli mer konkurrenskraftig, men riktade åtgärder för efterfrågesidan kommer att behövas för att stegvis ta med nya tillämpningar, inklusive stålproduktion, lastbilar, transport för järnväg och vissa delar av sjöfarten.</p> <p>Förnybar vätgas kommer att spela en roll när det gäller att balansera elsystemet och för att tillhandahålla flexibilitet. Vätgas kommer också att användas för lagring dygns- eller säsongvis.</p>	<p>Vätgas, liksom syntetiska bränslen baserade på vätgas och naturlig koldioxid, bedöms kunna få ett större genomslag i fler sektorer i ekonomin, från luftfart och sjöfart till industriella och kommersiella byggnader där det är svårt att fasa ut fossila bränslen.</p>

3.1.5 Internationell regelutveckling och vätgas

I detta avsnitt ges en överblick av det internationella perspektivet på vätgas och dess regelutveckling. För specifika regelutvecklingsfrågor relaterat till Ei och Sverige se kapitel 6.

Generellt kan sägas att dedikerade vätgasregelverk ofta inte finns, utan att man i de flesta länder behöver vända sig till flera olika regelverk, eller att lagstiftning helt saknas. Tyskland är ett av få länder som hittills har godkänt dedikerad vätgasnätslagstiftning, vilket beslutades sommaren 2021²¹.

En förutsättning för storskalig användning av vätgas bedöms, som tidigare nämnt, vara en etablerad infrastruktur. Gasnät har karaktären av ett naturligt monopol (med höga inträdesbarriärer, ej samhällsekonomiskt att ha parallella nät) och statlig reglering behövs därför för att undvika marknadsmisslyckandet monopol/oligopol och få till en marknad med flera som säljer gas.

En viktig del av behovet av regelutveckling relaterat till vätgas bedöms därför vara regelverk kopplade till just infrastruktur, och EU nämner i synnerhet två områden relaterat till regelutveckling i sin vätgasstrategi: *infrastrukturens roll och främjande av likvida marknader och konkurrens*. EU-kommissionen poängterar även att både el- och gasinfrastruktur reglerades långt efter de etablerades, men att man samtidigt kan lära sig mycket av hur dessa marknader reglerades²². Detta nämns i synnerhet för strategins första fas, se Tabell 3-4. Tabellen är inte heltäckande, men ett utsnitt av viktiga aspekter ur vätgasstrategin. Kommissionen har genom gasmarknadspaketet påbörjat storskalig reglering av vätgasmarknader och -infrastruktur, mer om detta i avsnitt 6.1.3.

²⁰ EU-kommissionen, 2020. *EU Hydrogen Strategy*. Tillgänglig på: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/fs_20_1296

²¹ <https://cms.law/en/int/expert-guides/cms-expert-guide-to-hydrogen>

²² ACER, 2021. When and How to Regulate Hydrogen Networks? "European Green Deal" Regulatory White Paper series (paper #1) relevant to the European Commission's Hydrogen and Energy System Integration Strategies

Tabell 3-4. Behov av regelutveckling relaterat vätgas i EU. Källa: EU:s vätgasstrategi

Fas 1, 2020–2024	Fas 2, 2025–2030	Fas 3, Efter 2030:
I denna fas förväntas vätgasutvecklingen i mångt och mycket utgå ifrån vätgaskluster. Kommissionen menar att de befintliga reglerna för slutna distributionssystem, direktledningar och/eller undantag på gas- och elmarknaderna kan ge vägledning till regleringen av den i fas 1 förväntade lokala produktionen och användningen, samt punkt-till-punktförbindelser mellan produktion och efterfrågan i kluster och kustområden.	I denna fas förväntas mer betydande vätgasvolym och transporter över längre sträckor vilket kommer att kräva översyn av lagstiftningen för den inre gasmarknaden ²³ för att möjliggöra en konkurrensutsatt gasmarknad som gynnar utfasningen av fossila bränslen. För att säkerställa kompatibla marknader för ren vätgas kan det bli nödvändigt med gemensamma kvalitetsstandarder (t.ex. avseende renhet och tröskelvärden för föroreningar) och/eller gränsöverskridande driftsregler.	Strategin påpekar att regelverken efter 2030 bör stödja anpassning av den befintliga europeiska gasinfrastrukturen, exempelvis genom att se över regelverket för finansiering och drift av anpassade naturgasledningar. Befintliga naturgasledningar ägs av nätoperatörer som ofta inte har tillstånd att äga, driva eller finansiera vätgasledningar.

Utöver ovan, fasspecifika, kommentarer kopplade till regelutveckling påpekas i strategin följande:

- *Befintliga regler som möjliggör effektiva affärstransaktioner och som utarbetats för el- och gasmarknaderna, t.ex. i fråga om tillträde till handelsplatser och standardiserade produktdefinitioner, skulle kunna övervägas för en vätgasmarknad.*
- *För att underlätta vätgasens utbyggnad och utveckla en marknad där även nya producenter har tillgång till kunder bör infrastrukturen för vätgas vara tillgänglig för alla på ett icke-diskriminerande sätt. Regler för tredjepartstillträde, tydliga regler för anslutning av elektrolysanläggningar till nätet och effektiviserad tillståndshantering och administration kommer att behöva utarbetas för att undvika en orimlig börda vid marknadstillträde.*

Mer om regelutveckling och policy kopplat till vätgas ur en svensk och europeisk kontext kan läsas i kapitel 6, Policyanalys samt regelverksanalys av dagens och kommande lagstiftning.

²³ En gränsöverskridande marknad inom Europeiska unionen med fri rörlighet för varor, tjänster, personer och kapital.

3.1.6 Vätgasstrategier globalt och i EU

Ett land, Japan, hade presenterat sin vätgasstrategi år 2017. Tolv länder och EU hade presenterat vätgasstrategier fram till juni 2021, och hela 30 länder hade detta i oktober 2021. Många länder har vätgasstrategier under utveckling och ett exempel i närtid är Sverige, där Energimyndigheten lämnade sitt förslag till regeringen den 25e november 2021. Vätgas har, som tidigare nämnts, många produktionssätt och användningsområden, och länders olika fokus utkristalliseras i de nationella strategierna. Ett exempel på detta kan ses i Figur 3-5; att Norge i sin vätgasstrategi fokuserar på sjöfart och vätgas producerad från naturgas/andra fossila råvaror kombinerat med CCS (vilket kallas "clean" i figuren). Utöver vätgas satsar Norge även på förnybar vätgas producerad via elektrolysörer ("green", syns ej i nedan tabell). Tabellen är hämtad ur World Energy Councils rapport "National Hydrogen Strategies", och kan där ses i sin helhet.

CATEGORY	ASIA			EUROPE									LAC	NORTH AMERICA
	Australia	Japan	South Korea	EU	France	Germany	Hungary	Netherlands	Norway	Portugal	Spain	Chile	Canada	
Strategy contains timeline for market development with targets	●	●	●	●	●	●	●	●	○	●	●	●	●	
Strategy contains hydrogen cost targets	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
Strategy includes measures to support H2 development														
Direct investments	●	●	●	●	●	●	○	●	●	●	●	●	●	
Other economic and financial mechanisms	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Legislative and regulatory measures	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Standardisation strategy and priorities	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Research & development initiatives	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
International strategy	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Strategy addresses social issues for H2 development	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
Strategy includes review and update	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
Strategy's H2 target source by 2030	Clean	Fossil based with CCS	From natural gas	Low carbon	Low carbon & fossil based	Carbon-free	Low carbon & carbon free	Blue & Green	Clean	Green	Renewable	Green	Low carbon intensity	
Strategy's H2 target source by 2050	Clean	CO ₂ free	Eco-friendly CO ₂ free	Clean / Renewable	Low carbon	Renewable	Low carbon & carbon free	Green	Clean	Green	Renewable	Green	Low carbon intensity	
Import / Self-reliance / Export	Export; Self-reliance	Import	Import; Export (tech)	Import; Export (tech)	Export	Import; Export (tech)	Self-reliance	Import to export H2 (EU hub)	Self-reliance	Self-reliance; Export	Self-reliance; Export	Self-reliance; Export	Self-reliance; Export	
MAIN GOALS / DRIVERS														
Decarbonisation	Lower	Immediate	Lower	Immediate	Immediate	Immediate	Immediate	Immediate	Immediate	Immediate	Immediate	Immediate	Immediate	
Diversify energy supply	Lower	Immediate	Long term	Lower	Lower	Immediate	Immediate	Immediate	Lower	Immediate	Immediate	Lower	Immediate	
Foster economic growth	Immediate	Immediate	Immediate	Lower	Immediate	Immediate	Lower	Immediate	Immediate	Immediate	Immediate	Immediate	Immediate	
Integration of renewables	Lower	Lower	Long term	Immediate	Lower	Immediate	Lower	Immediate	Lower	Immediate	Immediate	Immediate	Immediate	
SECTORAL PRIORITIES														
Heating	Immediate	Immediate	Lower	Lower	Lower	Lower	Immediate	Immediate	Lower	Immediate	Lower	Immediate	Immediate	
Industry														
Iron and Steel	Long term	Lower	Lower	Long term	Immediate	Immediate	Long term	Immediate	Lower	Immediate	Lower	Not seen	Immediate	
Chemical feedstock	Immediate	Lower	Not seen	Immediate	Immediate	Immediate	Immediate	Immediate	Immediate	Immediate	Immediate	Immediate	Immediate	
Refining	Not seen	Lower	Not seen	Immediate	Immediate	Immediate	Immediate	Immediate	Lower	Immediate	Immediate	Immediate	Immediate	
Others (cement, etc.)	Not seen	Not seen	Not seen	Not seen	Immediate	Lower	Long term	Lower	Not seen	Immediate	Lower	Not seen	Immediate	
Power														
Power generation	Lower	Immediate	Immediate	Lower	Not seen	Not seen	Lower	Lower	Not seen	Lower	Lower	Not seen	Lower	
Back-up services	Lower	Lower	Lower	Lower	Not seen	Not seen	Long term	Lower	Not seen	Lower	Lower	Not seen	Lower	
Transport														
Passenger vehicles	Lower	Immediate	Immediate	Lower	Lower	Lower	Long term	Immediate	Lower	Lower	Lower	Long term	Immediate	
Medium and heavy duty	Immediate	Long term	Immediate	Immediate	Immediate	Immediate	Immediate	Immediate	Lower	Immediate	Lower	Immediate	Immediate	
Buses	Immediate	Long term	Immediate	Immediate	Immediate	Immediate	Immediate	Immediate	Lower	Immediate	Lower	Immediate	Immediate	
Rail	Lower	Lower	Lower	Lower	Immediate	Immediate	Lower	Immediate	Not seen	Immediate	Lower	Not seen	Long term	
Maritime	Long term	Lower	Lower	Long term	Lower	Long term	Lower	Lower	Immediate	Long term	Lower	Long term	Long term	
Aviation	Lower	Lower	Not seen	Long term	Immediate	Long term	Not seen	Lower	Lower	Long term	Lower	Long term	Long term	

Figur 3-5. Översikt över nationella vätgasstrategier. Källa: World Energy Council²⁴

Europa visar stark framfart gällande vätgas. Europas vätgassatsningar styrs i synnerhet av EU:s vätgasstrategi, med dess fokus på grön/förnybar vätgas samt industri och transport, samtidigt som de olika medlemsländerna i EU satsar utifrån sina egna länders förutsättningar. I synnerhet Tyskland var en drivande kraft för EU:s vätgassatsning²⁵, och landet fokuserar på dels import av vätgas, men även balansering av det nationella energisystemet genom elektrolysörer, samt export av vätgasteknologi.

²⁴ World Energy Council, 2021. *Working Paper | National Hydrogen Strategies*. Used by permission of the World Energy Council.

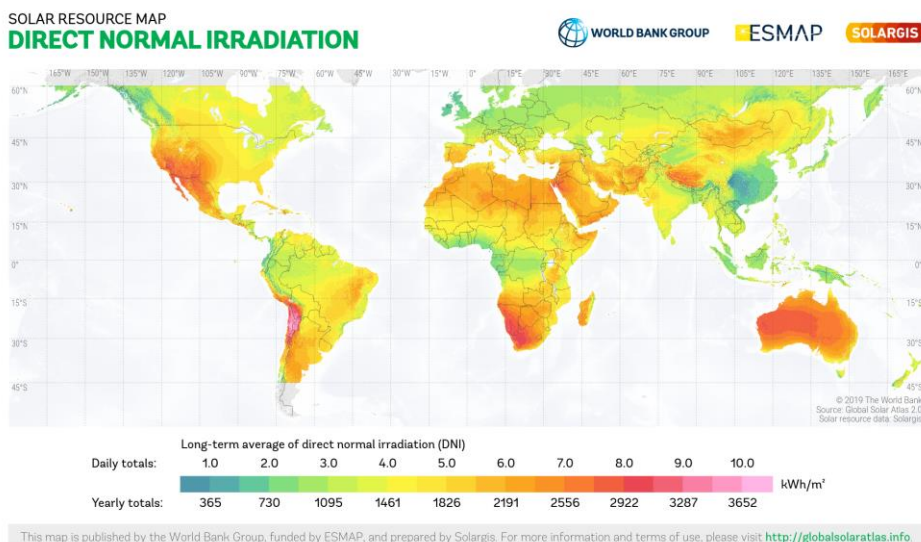
²⁵ Ibid

Amerika visar framfart gällande vätgas. Gällande Nordamerika är det endast Kanada som presenterat en fullskalig vätgasstrategi²⁶, USA har dock en programplan och Kalifornien var både tidiga och framgångsrika inom lätta vätgasfordon. Kanada satsar på självförsörjning, och i framtiden export av vätgas. I Sydamerika sticker Chile ut med sin vätgassatsning, med ett initialt fokus på självförsörjning och, i senare faser, en massiv global vätgasexport.

Delar av Asien visar stark framfart gällande vätgas. I synnerhet visar östra Asien stark framfart. Japan, som var ett av de första länderna i världen att publicera en vätgasstrategi, satsar liksom Sydkorea på ökad import av vätgas och export av vätgasteknologi. Båda länderna har begränsade egna förnybara energiresurstillgångar. Kina siktar på att bli en "vätgassupermakt" och installera 100 GW elektrolysörer till 2030. Kina är redan världens största vätgasproducent.

Oceanien visar stark framfart gällande vätgas. Även Australien satsar stort, på att bli vätgasexportör; målsättningen är att vara en av de tre största vätgasexportörerna till Asien. Nya Zeeland har publicerat en vätgasvision, och håller på att utarbeta en handlingsplan som fokuserar på självförsörjning och även export. Landet har bland annat tecknat ett samarbetsavtal med Japan där man tillsammans ska arbeta för vätgasutveckling som kan gynna båda länder.

Mellanöstern och Afrika visar viss framfart gällande vätgas. I synnerhet Mellanöstern ställs inför både möjligheter och utmaningar. Området har idag kostnadseffektiv fossil vätgasproduktion genom naturgas (utan CCUS)²⁷, och det globala fokuset på förnybar vätgas kan ses som en risk samtidigt som möjligheter ges genom befintlig infrastruktur och kunskap²⁸. Både Mellanöstern och Afrika har även några av de bästa lägena i världen för att producera förnybar vätgas med exempelvis solenergi, se Figur 3-6 nedan.



Figur 3-6. Global solresurskarta. Källa: Global Solar Atlas/World Bank Group²⁹

²⁶ Ibid

²⁷ IRENA, 2019. The Future of Hydrogen – Seizing today's opportunities

²⁸ IRENA, 2022. Geopolitics of the Energy Transformation - The Hydrogen Factor

²⁹ The map is obtained from the "Global Solar Atlas 2.0, a free, web-based application is developed and operated by the company Solargis s.r.o. on behalf of the World Bank Group, utilizing Solargis data, with funding provided by the Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP). For additional information: <https://globalsolaratlas.info>

Viktigt att notera är att förnybar vätgas även kan produceras med el från exempelvis vind, och att totalkostnaden för vätgas även inbegriper transportkostnader. IEA har gjort en produktionskostnadsbedömning där även el från landbaserad vindkraft ingår, vilken uppskattar vätgasproduktion i bland annat Indien, Mongoliet och delar av Kina som troligt ekonomiskt konkurrenskraftig³⁰.

I nedan avsnitt görs en mer djuplodande genomgång av ett urval av intressanta, och internationellt viktiga, nationella vätgasstrategier:

- Tyskland (juni 2020)
- Nederländerna (juni 2019)
- Storbritannien (augusti 2021)
- Kanada (december 2020)
- Japan (2017)
- Australien (november 2019)
- Chile (november 2020)

Respektive lands vätgasstrategi har sammanställts och analyserats utifrån ett antal parametrar som punktas nedan. Till viss del ingår insikter från tabellsammanställningen i ovan analys av vätgasens framfart per världsdelen.

- Kort sammanfattning av vätgasstrategin och landets syfte med densamma.
- Planeringsmål, exempelvis total installerad effekt elektrolysörer vid en viss tidpunkt.
- Produktion, såsom vilket eller vilka vätgasproduktionssätt som landet tänker satsa på enligt vätgasstrategin.
- Vätgasinfrastruktur.
- Användning innefattande vilket eller vilka användningsområden för vätgas som nämns i strategin.
- Regelutveckling med en sammanställning av tankar kring regler.
- Stöd där ett urval gjorts av insikter om stöd som lyfts.
- Vätgaskluster som innehåller en översikt om huruvida vätgasstrategin satsar på vätgaskluster eller ej.
- Specifikt nämnda hinder, där ett urval av specifikt nämnda hinder för vätgasens introduktion lyfts fram (ifall att hinder ingår i strategin).

³⁰ IEA, 2019. The future of hydrogen

Tabell 3-5. Nationella vätgasstrategier

Land	Tyskland (juni 2020)	Nederländerna (juni 2019)	Storbritannien (augusti 2021)	Kanada (december 2020)	Japan (2017)	Australien (November 2019)	Chile (november 2020)
Sammanfattning	<p>Tyskland satsar på teknologiskt ledarskap (samt export av detta) och import av vätgas. Strategin fokuserar på följande faser:</p> <p>2020–2023: påbörja marknadsutveckling och utnyttja möjligheter.</p> <p>2023–2030: Stärk marknadsutvecklingen nationellt och internationellt.</p>	<p>Nederländerna satsar på att kapitalisera på nationellt kunnande och infrastruktur inom gas.</p>	<p>Liksom Nederländerna satsar Storbritannien på att kapitalisera på nationellt kunnande och infrastruktur inom gas.</p>	<p>Kanada satsar på självförsörjning och export av vätgas, och delar liksom de flesta övriga länder in sin strategi i faser:</p> <p>2020–2025: Lägga grunden för vätgasekonomin i Kanada.</p> <p>2025–2030: Tillväxt och diversifiering.</p> <p>2030–2050: Fullt utvecklad marknad.</p>	<p>Japans vätgasstrategi har två huvudsakliga syften:</p> <p>1) Energisäkerhet och självförsörjning, samt</p> <p>2) Utsläppsminskning. Stor vikt läggs vid import av fossilfri vätgas, export av teknologi och internationella samarbeten. Roadmap i tre faser:</p> <p>Fas 1 (nu): Dramatisk expansion av vätgasanvändning, i synnerhet genom bränsleceller och fordon.</p> <p>Fas 2 (2025–2040): Fullskalig introduktion av vätgas och etablering av storskalig produktion.</p> <p>Fas 3 (ca 2040): Helt fossilfri vätgastillgång.</p>	<p>Australien satsar på export och självförsörjning, och har ett stort fokus på hubbar samt marknadsdriven utveckling. Roadmapen "the adaptive pathway", har två faser:</p> <p>Nu-2025: Fokus på att lägga grunden för vätgasens utveckling samt demonstrationer. Utvärdering av infrastrukturbehov. Bygga hubbar i demonstrations-skala, förbereda försörjningskedjor för framtida vätgashubbar.</p> <p>2025-: Storskalig marknadsaktivering. Uppskalning av projekt. Uppbyggnad av exportinfrastruktur.</p>	<p>Chile satsar på export av vätgas, och dess strategi är indelad i tre faser:</p> <p>2020: Lägga grunden.</p> <p>2025: Nationell upprampning och förberedelse för export av vätgas.</p> <p>2030: Utnyttja skala för att expandera globalt.</p>
Planeringsmål	<p>2030: Efterfrågan på 90–110 TWh. Installerad kapacitet på 5 GW elektrolysörer (dvs. motsvarande 14 TWh vätgas).</p> <p>2035 (ev. 2040): Ytterligare 5 GW elektrolysörkapacitet</p>	<p>Ej kvantitativa mål i strategin. I "National Climate Agreement" 500 MW elektrolysörkapacitet 2025, respektive 3–4 GW 2030.</p> <p>Bedömer att grunden för vätgasens tillväxt kommer att läggas fram till 2025.</p>	<p>2025: 1 GW elektrolysörkapacitet.</p> <p>2030: 5 GW elektrolysörkapacitet samt nödvändig infrastruktur, regelverk och marknader för vidare uppskalning på plats.³¹</p>	<p>2025: 3 miljoner ton vätgas (2 % av slutenergi-användningen)</p> <p>2030: 4 miljoner ton vätgas (6 %)</p> <p>2050: 20 miljoner ton vätgas (30 %)</p>	<p>Ett urval av mål finns i vätgasstrategin, exv.: 2030: 300 000 ton vätgas per år samt en produktionskostnad på under 3 dollar per kg.</p> <p>Målbild för "framtiden": 5–10 miljoner ton vätgas per år samt en produktionskostnad på under 2 dollar per kg.</p>	<p>Planeringsmålen är i huvudsak inte kvantitativa, strategin poängterar i mångt och mycket att förlita sig på marknaden (och public-private partnerships)³².</p> <p>2030: Tredje största exportören av vätgas till Asien.</p>	<p>2025: 5–8 GW elektrolysörer</p> <p>2030: 40 GW och 1,5 USD/kg vätgas (produktionskostnad).</p> <p>2050: 300 GW</p>

³¹ Kommer mäta och följa upp strategin bl.a. utifrån följande parametrar: 2030 ambition, kvarvarande fossil vätgas, kostnad för vätgasproduktion, ökad allmän kännedom om vätgas, ekonomisk tillväxt etc.

³² Man mäter både om marknaden utvecklas starkt, eller långsamt. Exv. mål som tyder på stark utveckling för 2025: "Corporate investment has taken a larger share in mainstream hydrogen technologies than government investment." Mål för 2030: "Corporate investment in hydrogen-related technologies are commonplace and risks of investing are well understood. Government grant support no longer necessary to bridge economics".

Produktion	<p>Import, i synnerhet från vätgas producerad med offshore-vind från Baltikum och länder kring Nordsjön, bedöms avgörande för att täcka differensen mellan efterfrågan och produktion (se planeringsmål).</p> <p>Även elektrolys, och fokus på hur förnybar elektricitet ska säkerställas.</p>	Fossilbaserad vätgas med avskiljning av koldioxid ("blå") eller förnybar vätgas ("grön")	<p>Fossilbaserad vätgas med avskiljning av koldioxid ("blå") eller förnybar vätgas ("grön")</p> <p>2021–2024: Småskalig elektrolysörproduktion</p> <p>2025–2027: Storskalig CCUS, uppskalning av elektrolys.</p> <p>2028–2030: Flera storskaliga CCUS-projekt och elektrolysörer</p> <p>2030-: Ökad skala och produktion även med exv. kärnkraft och biomassa</p>	<p>Kanada tänker sig att produktion av vätgas kommer att baseras på en blandning av produktionsvägar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Elektrolys via förnybar el - Fossila bränslen + CCS - Förgasning (biomassa) - Industriell biprodukt 	<p>Idag produceras vätgasen i Japan genom naturgas (reformerings).</p> <p>2030: Import-fokus men även Power-to-Gas (PtG) via förnybar energi.</p> <p>Målbild för "framtiden": "Koldioxidfri vätgas", genom brunkol + CCS samt förnybar energi.</p>	"Clean", dvs. fossilbaserad vätgas med avskiljning av koldioxid ("blå") eller förnybar vätgas ("grön").	Förnybar vätgas ("grön") producerad via vind, sol och vatten.
Vätgas-infrastruktur	<p>Använda befintliga gasnätverk samt bygga nya nätverk avsatta för vätgas. 2022 ska första konverterade rörledningen tas i bruk³³.</p> <p>Påpekar vikten av att harmonisera regelverk kring vätgastransport och därtill knutna utsläpp (inte bara produktion).</p> <p>För internationell handel föreslås fokus på Power to X (PtX) för att kunna utnyttja befintlig infrastruktur, exv. metanoltankers.</p>	<p>Poängterar att man har en unik utgångspunkt genom sin vana vid gashantering.</p> <p>Till 2027 ska "Hydrogen Backbone" färdigställas, ett gasnätverk med syfte att koppla ihop industrikluster med producenter (85 % retrofit, 15 % nybyggnation).</p> <p>Satsar på att transportera ren vätgas.</p> <p>Lagring i saltgruvor.</p>	<p>Även UK (utöver NL) trycker på sin långa erfarenhet inom gas samt att landet har bra geologiska förutsättningar för lagring</p> <p>2021–2024: Direkta pipelines, samplacering, flakning eller användning på plats</p> <p>2025–2027: Småskaliga klusternätverk, uppskalad flakning och småskalig lagring</p> <p>2028–2030: Stora klusternätverk, storskalig lagring, integration med gasnätverk</p> <p>2030-: Regionala och nationella nätverk, storskalig lagring integrerad med CCUS, gas- och elnät. Inte helt säkert att det blir nationella gasnät</p>	<p>2020–2025: Lastbilstransport (gas och flytande på östkusten), inblandning.</p> <p>2025–2030: Lastbilar (gas och flytande nationellt). Gasnät, både inblandning och ren vätgas.</p> <p>2030–2050: Samma som ovan kompletterad med saltgruvor för storskalig lagring.</p>	<p>Vätgasens möjlighet till långsiktig lagring ses som en viktig aspekt.</p> <p>2030: Uppskalning av infrastruktur.</p>	<p>Utvärdering av infrastrukturbehov för vätgas genomförs med deadline 2022. I analysen inkluderas el- och gasnät, vatten, tankstationer, vägar, järnvägar och hamnar, och ska "ta hänsyn till lokalsamhällets problem och prioriteringar". Planen ska därefter uppdateras vart femte år.</p> <p>Möjligt att vätgas kommer att blandas in i nuvarande gasnät, eller att rena vätgasnätverk kommer att byggas – detta beror dock på vätgasens utveckling.</p>	Infrastruktur nämns i förbigående som en möjliggörare.

³³ <https://cms.law/en/int/expert-guides/cms-expert-guide-to-hydrogen/germany>

Användning	Industri och transporter i fokus, i synnerhet tung vägtrafik.	Industri och transporter (i huvudsak).	2021–2024: Transport (tung trafik, exv. ambulanser, test inom tåg och flyg). Industripiloter. Pilot av vätgas på kvartersnivå. 2025–2027: Industri. Transport (även sjöfart). Pilot av vätgas på bynivå. Inblandning. 2028–2030: Industri, energiproduktion, transport. Pilot av vätgas på stadsnivå. 2030-: Fullskalig användning, eventuellt inkluderat gasnätskonvertering.	Transport, elproduktion, Industri (värme och råvara), Värme till byggnader. 2020–2025: Transport och industri. Piloter inom gasnät och tunga transporter. 2025–2030: Kommersiell skala av ovan. Sjöfart, energilagring och tåg tillkommer på pilotnivå. 2030–2050: Sjöfart, energilagring och tåg på kommersiell skala.	Transport, exv. lätta personbilar Energiproduktion, vätgas som medel för en minskning av fossila utsläpp (el och värme, exv. via bränsleceller i hushåll). Industri	Transport, i synnerhet tung trafik och sjöfart. Inblandning i nuvarande gasnätverk. Industri (råvara och värme).	Chile satsar stort på export, av produktionen år 2050 är ungefär 30 % intern användning och 70 % export.
Regelutveckling	I juli 2021 antog det tyska parlamentet en ändring av energilagen som innefattade reglering av vätgasnätverk. Gällande gasnät för ren vätgas beslutades i synnerhet att särskilja regelverken från naturgas ³⁴ . Gasnäten väljer själva om de vill bli reglerade ("opt-in regulation"). Inget specifikt tillsynsorgan har beslutats.	I synnerhet fokus på regelverksbehov för användning av befintliga nätverk och temporära roller för nätoperatörer (större strukturförändringar efter att marknaden mognat). Inga specifika regelverk har tagits fram, vilket innebär att existerande gaslagar appliceras ³⁵ . Arbete pågår att ta fram en "the Energy Act", vilken antagligen kommer att påverka all lagstiftning.	Urval av milstolpar: 2021–2024: Utgå ifrån befintliga regelverk för gasnät 2025–2027: Initialt regulatoriskt ramverk för vätgasnät, inklusive fakturering. 2028–2030: Långsiktigt regelverk på plats för att stödja nätutbyggnad 2030-: Ramverk för internationella gasnät eller frakt. Kontinuerlig utveckling	Strategin konstaterar att nödvändiga regelverk inte finns idag utan att det är ett "lapptäcke" mellan regioner ³⁶ .	Regelutveckling nämns som viktigt och något som måste beaktas.	Regelutveckling inkluderat som viktig del av strategin, även här poängteras vikten av "responsiv reglering" - som anpassas efter förutsättningarna. Har startat en "Hydrogen Technologies" teknisk kommitté för att underlätta utveckling av nationella standarder. Vill vara ledande inom vätgascertifiering, och stödja en internationell certifieringsinsats (strategin nämner att man kommer luta sig på CertifHy ³⁷)	Chile kommer att ta fram en sammanhållen regulatorisk utvecklingsplan som kommer att synkas mellan alla instanser som har tillsynsbefogenheter över vätgasens värdekedja. Man etablerar även en "task force" som ska stötta utvecklare i tillstånds- och pilotprocesser. Översyn av naturgasregelverk och infrastruktur för att främja "grön vätgas-kvoter".
Stöd	Flera olika stöd nämns i strategin, exempelvis	Tillfälliga produktionsstöd för att stödja uppskalning.	Pågående projekt att ta fram "a Hydrogen Business	Inte särskilt tydligt gällande stöd, utöver ett	Stort fokus på minskning av investeringskostnader via	Fokus på stöd till storskaliga, demonstrations-	Strategin nämner stöd översiktligt, men föreslår att

³⁴ I avvaktan på ny EU-lagstiftning

³⁵ <https://cms.law/en/int/expert-guides/cms-expert-guide-to-hydrogen/netherlands>

³⁶ I strategin skrivs att följande behövs: "Policier och förordningar som uppmuntrar användning av vätgasteknik, inkl. regleringar kopplade till med fossilsnåla bränslen, prissättning av koldioxidutsläpp, bestämmelser om fordonsutsläpp, fordonsmandat utan utsläpp, skapande av utsläppsfria zoner och uppdrag för förnybar gas i naturgasnätverk. Det behövs också mekanismer för att minska risken för investeringar för slutanvändare att anpassa sig till regelverk."

³⁷ <https://www.certifyhy.eu/>

	Contracts for Difference (CfD). Central poäng att säkerställa att <i>alla</i> Tysklands regioner drar nytta av stödet och den nya vätgas-ekonomin. Extra viktigt med snabb upprampning av teknologisk utveckling, då Tyskland satsar på export av teknologi. De instiftade nationella vätgasrådet syftar till att stödja vätgas-kommitténs införande av vätgasstrategin.	I övrigt en kombination av befintliga och nya stödsystem för investeringar och pilotprojekt.	Model". Stödjer CfD-modellen. Inget stöd till storskalig infrastruktur planerat (än så länge). Möjligt att stöd till småskalig infrastruktur, inklusive lagring, kan inkluderas inom övrigt investeringsstöd. Efter 2030 bedöms en konkurrensutsatt marknad driva utvecklingen.	konstaterande att det behövs, i synnerhet inom de kommande 5–10 åren för att attrahera och riskminimera industriinvesteringar - exempelvis investeringsstöd eller stöd för att driva upp en efterfrågan.	samarbeten, forskning och utveckling, både för vätgas och bränsleceller.	och pilotprojekt. De flesta finansierade projekt ligger i en regional hubb eller nära befintliga användare/infrastruktur.	etablera i "public-private" rundabordssamtal för att diskutera vägen mot konkurrenskraftig grön vätgas genom prissättning av utsläpp. Chile satsar även 50 MUSD för att stödja "gröna" vätgasprojekt.
Vätgas-kuster	Ej identifierats i strategin, dock poängteras vikten av samarbete – men då i huvudsak på EU-övergripande nivå.	Kluster nämns som en tydlig möjlighet.	Kluster centrala i strategin, exv. infrastruktur. I synnerhet efter 2025 är kluster centrala milstolpar - i synnerhet kluster som utgår ifrån Carbon Capture, Usage and Storage (CCUS). Flertal pågående eller påbörjade projekt nämnda i strategin. De få, men stora, klustren som bedöms uppkomma under 20-talet antas agera som "pathfinders", och man kommer att arbeta med dessa för att förstå möjligheter och hinder.	Strategin diskuterar "hubbar". 2020–2025: Regionala hubbar. 2025–2030: Expansion av hubbarna med vätgaskorridorer och uppstart av nya hubbar. 2030–2050: Full kanadensisk expansion och mellan-provinsial handel.	Ej identifierat.	Strategin lägger stor tyngd på regionala "hydrogen hubs" i samarbete med industrin. Hubbmodellen ses som en förutsättning för att utveckla skalan som behövs för en konkurrenskraftig industri.	Kort nämnt i form av en ambition för "produktion av 200 000 ton vätgas/år i två vätgaskuster år 2025".
Specifikt nämnda hinder (urval)	Ej identifierat.	Ej identifierat.	Produktionskostnad för blå/grön vätgas. Teknisk osäkerhet (ej beprövad teknik, åtminstone i denna skala). Osäkerhet gällande reglering och policy. Koordinera tillgång och efterfrågan.	Hinder per strategiområde, exv.: distributionskostnader för vätgas kan vara signifikanta om nyckelinfrastruktur saknas, avsaknad av vätgastankstationer, uppfattad konkurrenssituation med elfordon när alternativen kan vara komplement. etc	Ej identifierat.	Ej identifierat.	Ej identifierat.

3.2 Vätgaskluster

Vätgaskluster analyseras genom en intervjustudie med fem aktörer i utvalda kluster. För respektive vätgaskluster sammanställs erfarenheter och lärdomar, vilka typer av stöd som klustren efterfrågar, och deras identifierade behov av nya eller uppdaterade regelverk.

Vätgaskluster, så kallade "Hydrogen Valleys", definieras ofta som ett geografiskt område - en stad, en region eller ett industriområde - där vätgas används inom flera olika användningsområden. Ofta täcks hela vätgasens värdekedja, det vill säga produktion, lagring, distribution och slutanvändning. Syftet med vätgaskluster är vanligen ekonomiska – att förbättra möjligheterna för projektets totalekonomi – men även att främja samarbete och kunskapsutbyte³⁸.

Vätgaskluster ses ofta som de första lokala eller regionala stegen på vägen mot en storskalig nationell eller transnationell vätgasekonomi³⁹. Mer om denna utveckling och klustrens roll kan läsas i avsnitt 4.1.2. Antalet vätgaskluster i världen ökar, och även klustrens planerade storlek och komplexitet. Av de 37 projekt som inkluderas i "The Hydrogen Valley platform"⁴⁰ är fyra stycken fullt implementerade samt tretton vätgaskluster har påbörjat implementering. Fuel Cells And Hydrogen 2 Joint Undertaking (FCH 2 JU) har identifierat fem framgångsfaktorer för vätgaskluster⁴¹, varav flera berörs av de intervjuade aktörerna:

1. Ett projektscope som både utnyttjar lokala tillgångar och adresserar lokala behov eller utmaningar
2. Ett ekonomiskt hållbart affärscase som säkerställer projektets attraktivitet relaterat till konkurrerande alternativ
3. Tillräckligt med offentlig och/eller privat finansiering för att täcka eventuell diskrepans mellan användarnas betalningsvilja och vätgasklustrets kostnader
4. Kontinuerliga, starka, partnerskap samt etablerade samarbeten som täcker hela projektets värdekedja
5. Politiskt stöd från beslutsfattare på regional och nationell nivå, samt stöd från lokalbefolkning

Vätgasklustren i intervjustudien har valts ut baserat på att de både har lång historik inom naturgas- och/eller vätgas och idag har ambitiösa planer för fortsatt implementering i många sektorer. Aktörer från följande kluster har intervjuats, och det är dessas insikter som presenteras under rubrikerna "Varför

³⁸ Tillgänglig på: <https://www.fch.europa.eu/page/mission-innovation-hydrogen-valleys-platform>

³⁹ FCH 2 JU (numera Clean Hydrogen Partnership), 2021. Hydrogen Valleys - Insights into the emerging hydrogen economies around the world

⁴⁰ The Hydrogen Valleys Platform, <https://www.h2v.eu/hydrogen-valleys>

⁴¹ FCH 2 JU (numera Clean Hydrogen Partnership), 2021. Hydrogen Valleys - Insights into the emerging hydrogen economies around the world

vätgaskluster”, ”Vätgasklustrens behov av investeringar, samverkan och stöd” samt ”Vätgasklustrens behov av regelverk”:

- Kalifornien (USA)
- Leeds (Storbritannien)
- Hamburg (Tyskland)
- Mid Sweden Hydrogen Valley (Gävle, Sverige)
- Groningen (Nederländerna)

3.2.1 Varför vätgaskluster? Insikter från intervjuade aktörer.

Gemensamt för de intervjuade aktörerna är att drivkraften eller startskottet till vätgasklustret uppges vara behovet av samarbete och samverkan. Ofta har klustren uppstått i relation till en större engagerad aktör, exempelvis en industri eller en hamn, och ett par av respondenterna är aktiva deltagare i flera vätgaskluster. Vissa kluster har börjat med ett fokus som sedan har skiftat eller utökats med behoven, såsom Mid Sweden Hydrogen Valleys till en början avgränsade transportfokus vilket utökats till även hantering av energi- och effektbrist i elsystemet, sektorskoppling och industri.

Anledningarna till att fokusera på vätgas skiljer sig mellan respondenterna. Det kaliforniska vätgasklustret skapades exempelvis utifrån ett identifierat behov av bränslecellsbilar som komplement till batteri-elbilar eftersom elnätet i staten inte bedömdes räcka till om elbilar skulle vara *enda* omställningsmöjligheten för transporter.

Den intervjuade aktören i Hamburg är del i flera olika vätgaskluster, med två tydliga syften utkristalliserade. Det första syftet är att minska koldioxidutsläppen från sin egen organisation och från lokala värdekedjor, det andra syftet är att samarbeta kring att utveckla transport- och logistiklösningar för vätgas. Aktören poängterar att en styrka i att vara del i vätgaskluster är att det möjliggör samarbeten kring utmaningar, att de upplever att ”alla aktörer inom vätgas-ekonomin möter samma problem” och därmed kan dela möjliga lösningar, samt att det är lättare att få igenom förändring och påverka om man är fler.

Ett exempel på ett vätgaskluster som drivits av FCH JU:s framgångsfaktor ”ett projektscope som både utnyttjar lokala tillgångar och adresserar lokala behov eller utmaningar”, och som inkluderats i denna intervjustudie, är Groningen/Northern Netherlands. Klustret återfinns i en region som har stor befintlig gasinfrastrukturutbyggnad (för naturgas), stor regional kompetens inom gas, såväl som möjlig tillgång till förnybar energiproduktion (havsbaserad vindkraft) - samtidigt som naturgasfälten i området kommer att avslutas på grund av ökade jordbävningar, och längre fram en bedömd minskad global efterfrågan på grund av energiomställningen. Den intervjuade aktören poängterar att många aktörer, både privata och offentliga, varit mycket intresserade av att delta i och driva klustret framåt.

3.2.2 Vätgasklustrens behov av investeringar, samverkan och stöd

Mid Sweden Hydrogen Valley satsar på att identifiera och samarbeta med regioner som har *kommit långt* i sitt vätgasarbete, för att undvika att fastna i att ”endast prata visioner” och nämner just norra Nederländerna och Normandie som exempel på kluster som kommit långt.

European Clean Hydrogen Alliance nämns som en stark och bra gruppering, och aktörer poängterar styrkan i att alliansen har tagit inspiration från den lyckade europeiska batterialliansen.

Flera av de intervjuade aktörerna nämner finansiering som en av de viktigaste förutsättningarna, och även potentiellt hinder, för vätgaskluster. Fortsatt ses främst ett behov av investeringsstöd ("capex-stöd") även om vissa av klustren tar upp en önskan om ersättning för rörliga kostnader ("opex-stöd") för vätgasutrustning, exempelvis eftersom det är höga service- och underhållskostnader för vätgastankstationer innan användningen rampats upp. Samtidigt poängteras att opex-stöd endast behövs inledningsvis och att en tydlig utfasningsplan krävs.

Kalifornien uppger att det viktigaste steget för samverkan var att definiera och förankra ett gemensamt mål i regionen, i deras fall formulerat som 700 ton vätgasproduktion dagligen för att nå kommersiell skala. Detta mål ledde till att myndigheter och andra aktörer började arbeta i samma riktning.

Intervjuad aktör i Hamburg påpekar att det yttersta syftet med stöd bör vara att säkerställa jämförbara priser för förnybara alternativ med fossila. Man tycker även att det är lättare att säkerställa stöd för pilotprojekt, eftersom de stora projekten kräver en förutsägbarhet för att räkna hem affären som inte finns idag. Aktören påpekar även att stöd som kräver förnybart producerad vätgas hindrar utvecklingen för exempelvis infrastruktur och bränsleceller.

I Kalifornien bestämde sig staten för att "välja ett antal vinnare" hellre än att ge många aktörer bidrag. Den intervjuade aktören menar att detta var lyckosamt, och att det både snabbt fick upp skalans så att aktörerna kunde fokusera mer på exempelvis affärsmodeller än på att täcka kostnader, och att metoden totalt ledde till mindre kostnad för staten.

Ett viktigt stöd för att möjliggöra vätgaskluster nämns vara främjandet av att bilda nätverk och partnerskap, både på regional, nationell, och EU-nivå. Detta menas ha varit mycket hjälpsamt, och att vissa samarbeten inte hade kommit till stånd om det centralt inte hade uppmuntrats.

I Groningen har den intervjuade aktören identifierat behovet av att utreda om de policyinstrument som finns är tillräckliga för att facilitera vätgasstransformation kopplad till små och medelstora bolag, i form av tillväxt och jobbskapande. Aktören deltar därför i ett Interreg-projekt kring policybehovet, där även bland annat Mid Sweden Hydrogen Valley deltar.

3.2.3 Vätgasklustrens behov av regelverk

Miljöprövningsprocessen är ett hinder idag, enligt den intervjuade svenska klusteraktören, genom att en helt ny miljöprövning behöver göras även vid små ändringar i vätgasanläggningens upplägg - något som aktören menar är svårt att förstå anledningen till. Aktören poängterar att det skulle kunna vara ett hinder för den förnybara vätgasutvecklingen att en prövning behöver göras när man går från vätgas producerad av naturgas, till förnybar vätgas.

En annan aspekt som belyses är vikten av ändamålsenliga regelverk kopplade till restströmmar från vätgasproduktion, exempelvis till den syrgas som produceras från elektrolysören där syrgas för medicinskt bruk idag har krav på sig att tillverkas enligt en viss process och denna definition skulle behöva uppdateras för att inkludera restprodukten syrgas från elektrolysörer.

I Hamburg nämner aktören att för mycket regelverk kan sinka hellre än stärka utvecklingen. Tysklands mål med sin nationella vätgasstrategi är att vara tekniskt ledande inom vätgas, och den intervjuade aktören menar att för att uppnå detta måste industrin och vätgasklustren agera snabbt i jämförelse med andra länder eller regioners utvecklingstakt. Idag menar man att detta hindras av det komplexa regelverkslandskapet i Tyskland.

Regelverk (och stöd) bör vara tydliga för flera år framåt för att ge tilltro. Det är på denna tidshorisont som många aktörer planerar sin affär, och att gå ut med en viss finansiell stöttning på ett års sikt, vilket bedöms som vanligt i exempelvis Tyskland, bedömer aktören i Hamburg inte stärka en branschutveckling i någon större utsträckning – ”eftersom ingen vet vad som händer efter det året”.

4. Förutsättningar för utveckling av vätgas i Sverige och Norden

I kapitlet ges en sammanställning av möjlig utveckling och potentiella hinder för vätgas i olika sektorer och applikationer i Sverige och Norden. Inledningsvis beskrivs förutsättningarna i Sverige för vätgasens värdekedja följt av ett avsnitt om sektorskopplingar. I det tredje delkapitlet beskrivs förutsättningar och vätgasens utveckling i Norge, Finland och Danmark.

4.1 Förutsättningar för vätgasens utveckling i Sverige

Områden för Ei och berörda aktörer att genomföra djupare analyser och arbete inom:

Det kan vara ändamålsenligt för Ei att:

- I samverkan med andra berörda myndigheter kartlägga vilken stöttning olika aktörer i en svensk vätgasekonomi behöver i form av regelverk, för att facilitera framväxten av en effektiv vätgasmarknad i Sverige
- Skapa kontakter med andra tillsynsmyndigheter (framför allt samarbeten i Norden/närliggande länder)
- Klargöra Sveriges förutsättningar för sektorskopplingen el till vätgas och rörledning för att vara med och påverka beslut från EU-nivå

Avsnitten nedan inleds med en nulägesbeskrivning vilken följs av utblickar mot 2030 och 2050 för respektive steg i vätgasens värdekedja: produktion, distribution och lagring samt användning.

4.1.1 Produktion av vätgas i Sverige

En av styrkorna med vätgas är den breda råvarutillgången och de många framställningsalternativen, vilket ger en flexibilitet som är gynnsam vid integration med befintligt energisystem⁴² – se mer om detta i avsnitt 4.1.4 om sektorskopplingar.

⁴² Det bör dock nämnas att EU-lagstiftningen tydligt styr mot vätgas som produceras specifikt från förnybar el.

Produktion av vätgas idag

Det finns i dagsläget tre huvudsakliga metoder för framställning av vätgas: elektrolys, reformering och förgasning, vilka tidigare redogjorts för i Tabell 2-1 i kapitel 2. Utöver dessa finns en rad metoder under utveckling, exempelvis med vätgas från alger och artificiell fotosyntes. Nedan ges en förenklad översikt av huvudsakliga produktionssätten och främsta för- och nackdelar.

Tabell 4-1 En förenklad översikt av för- och nackdelar för olika produktionsmöjligheter av vätgas

	Fördelar	Nackdelar
Elektrolys	Klimatneutral process	Behov av billig el
Reformering av naturgas	Låg produktionskostnad*	Fossilt
Reformering av biogas	Produkt som redan har egen avsättning	Begränsad tillgång
Förgasning av biomassa	Klimatnytta	Finns en risk att det inte klassificeras som hållbart i EU:s taxonomi
Övriga (artificiell fotosyntes etc)	Framtida potential	Ännu ej kommersiella

* Total kostnad beror på priset på EU ETS

Vätgas produceras globalt idag i huvudsak från naturgas via storskalig ångreforming. Till viss del sker detta även i Sverige, exempelvis för raffinaderier på västkusten (Preem). I andra industriella processer kan vätgas utgöra en biprodukt.

En del vätgasproduktion i Sverige sker via elektrolys, ungefär 5 000 ton per år vilket utgör cirka 3 % av Sveriges årliga vätgasproduktion⁴³. Många industrier är kopplade till elektrolysörer, oavsett om de äger dem själva eller om en gasleverantör såsom Linde äger anläggningen och säljer vätgas till industrin. För de fyra vätgastankstationer som finns i Sverige idag har två egen lokal vätgasproduktion på plats, Umeå och Mariestad. Stationen i Sandviken får vätgas från Lindes vätgasproduktion för användning av Sandvik. Om all vätgas som idag produceras i Sverige skulle framställas med elektrolysörer skulle det motsvara ett elbehov på 9 TWh (med en antagen verkningsgrad på 65 %)⁴⁴. I dagsläget är investeringskostnaden för elektrolysörer relativt hög eftersom det fortfarande är en omogen teknik på storskalig nivå.

En annan avgörande kostnadspost för vätgasproduktion via elektrolysörer är el. Säkerställandet av tillgång och lågt pris på förnybar el utgör därmed en av de största utmaningarna för att mer förnybar vätgas ska komma till stånd, där Sverige har bra förutsättningar jämfört med många andra länder.

Sverige har med sin stora andel fossilfria elproduktion och stora potential för mer förnybar elproduktion förutsättningar att gå i bräschen för den förnybara vätgasens utveckling. Redan idag finns storslagna planer inom olika användarsektorer tack vare Sveriges väl fungerande elmarknad och stora vindkraftspotential. Ett lågt pris på förnybar el kommer att vara avgörande för utveckling av vätgasproduktion via elektrolys där svenska aktörer har möjlighet att långsiktigt säkerställa elpriset via Power Purchase Agreement (PPA:er). Eftersom vätgas har potential att integreras i många delar av energisystemet är

⁴³ Fossilfritt Sverige, 2021. *Strategi för fossilfri konkurrenskraft*. Tillgänglig på: <https://fossilfritt Sverige.se/strategier/vatgas/>

⁴⁴ Energimyndigheten, 2021. *Förslag till Sveriges nationella strategi för vätgas, elektrobränslen och ammoniak*. ER 2021:34

det viktigt att se till att dess utveckling och möjligheter tillgodoses ur flera olika perspektiv.

Utvecklig fram till 2030

I huvudsak förväntas vätgas produceras från el i Sverige under årtionden framåt, för att vätgasen ska klassas som förnybar krävs att elen är förnybar eller fossilfri⁴⁵. I Sverige planeras framför allt ny elproduktion tillkomma i form av vindkraft, på land eller till havs.

För kvantifiering av vätgasproduktion i Sverige fram till 2030 har olika scenarion skapats av ett urval av aktörer. Kvantifieringen utgår ofta ifrån energi- och effektbehov för vätgasproduktion via elektrolys, och en sammanfattning av fyra scenarion till 2030 respektive 2035 kan ses i Tabell 4-2.

Tabell 4-2. Elbehov för vätgasproduktion från följande tidigare genomförda studier: Fossilfritt Sverige 2021⁴⁶, Svenska kraftnät 2021⁴⁷, Energiforsk 2021⁴⁸ samt Energimyndigheten 2021⁴⁹.

År	Fossilfritt Sverige (min)	Fossilfritt Sverige (max)	Svenska kraftnät (min)	Svenska kraftnät (max)	Energiforsk	Energi-myndig-heten (min)	Energi-myndig-heten (max)
2030	1,9 GW _{el}	3,3 GW _{el}			2,1 GW _{H2}	5 GW _{el}	5 GW _{el}
	16 TWh _{el}	28 TWh _{el}			18 TWh _{H2}	22 TWh _{el}	42 TWh _{el}
2035			5 TWh _{el}	34 TWh _{el}			

Fossilfritt Sverige lanserade en aktörsbaserad vätgasstrategi för Sverige i början av 2021, med bland annat scenarion för vätgasproduktion. Scenarierna baseras på projekt som var tillkännagivna fram till 2020, och visar en produktion på 7 TWh vätgas producerad via elektrolys år 2030 samt 5 TWh vätgas producerad genom andra produktionsslag⁵⁰. Vidare har två scenarion tagits fram för installerad elektrolyseffekt till 2030 och vilken elmängd dessa motsvarar. Det lägre scenariot avser tillkännagivna elektrolysprojekt 2021 och det högre tillkännagivna elektrolysprojekt 2021 adderat med projekt som ännu inte annonserat produktionsval.

I Svenska kraftnäts (SvK:s) "Långsiktiga marknadsanalys" från 2021 finns fyra olika elektrifierings-scenarion där elbehovet för vätgasproduktion varierar med dessa scenarion⁵¹. I scenariot med högst elproduktion har SvK antagit en i hög grad integrerad sektorskoppling mellan vätgas och elsystemet år 2035, där vätgas spelar en avgörande roll som möjliggörare för utbyggnaden av sol- och vindenergi, mer om detta i avsnitt 4.1.4. Ett huvudantagande i SvK:s rapport är att vätgasproduktion är stark knuten till elpriset och dess utveckling. Vid höga elpriser antas i stället för produktion via elektrolysörer import eller utnyttjande av lager användas.

⁴⁵ Energimyndigheten, 2021. *Förslag till Sveriges nationella strategi för vätgas, elektrobränslen och ammoniak*. ER 2021:34

⁴⁶ Fossilfritt Sverige. 2021. "Strategi för fossilfri konkurrenskraft". Tillgänglig på: <https://fossilfritt Sverige.se/wp-content/uploads/2021/09/Strategi-for-fossilfri-konkurrenskraft-bioenergi-och-bioravara-i-industrins->

⁴⁷ SvK, 2021. *Långsiktig Marknadsanalys 2021*. Tillgänglig på: <https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2021/langsiktig-marknadsanalys-2021.pdf>

⁴⁸ Energiforsk. 2021. The role of gas and gas infrastructure in Swedish decarbonization pathways 2020-2045.

⁴⁹ Energimyndigheten, 2021. *Förslag till Sveriges nationella strategi för vätgas, elektrobränslen och ammoniak*. ER 2021:34

⁵⁰ Fossilfritt Sverige. 2021. "Strategi för fossilfri konkurrenskraft". Tillgänglig på: <https://fossilfritt Sverige.se/wp-content/uploads/2021/09/Strategi-for-fossilfri-konkurrenskraft-bioenergi-och-bioravara-i-industrins->

⁵¹ SvK, 2021. *Långsiktig Marknadsanalys 2021*. Tillgänglig på: <https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2021/langsiktig-marknadsanalys-2021.pdf>

På uppdrag av Energiforsk har Guidehouse tagit fram studien "The role of gas and gas infrastructure in Swedish decarbonization pathways 2020–2045"⁵². Till 2030 anges i denna studie vätgasproduktionen uppgå till 18 TWh med en installerad kapacitet på 2,1 GW_{H2}. Studien utgår ifrån att vätgas produceras där det finns tillgång på el för att sedan transporteras dit efterfrågan finns. Till 2030 förväntas enligt Energimyndighetens förslagna vätgasstrategi en elektrolysörskapacitet på minst 5 GW_{el}⁵³.

Fram till 2030 förväntas ett huvudsakligt fokus i Sverige på pilot- och demonstrationsprojekt i kombination med en kraftsamling för att bygga upp kunskap och förutsättningar för väl integrerade värdekedjor kopplade till fossilfri vätgas⁵⁴. Installationerna förväntas främst ske inom industrisektorerna kemi, raffinaderier, stål och järn. Elektrolysörer förväntas installeras lokalt för att användas inom bland annat transporter, till exempel vätgastankstationer. Dessa pilot- och demonstrationsprojekt antas möjliggöra framväxten av vätgaskluster.

Göteborgs Hamn AB har tillsammans med Statkraft exempelvis börjat planera inför en nyetablering av grön vätgasproduktion inom Göteborgs hamn⁵⁵. Denna planeras initialt ha en kapacitet 4 MW vilket motsvarar en produktion på cirka två ton vätgas per dygn. Kapaciteten kan komma att växa om efterfrågan ökar och nya användningsområden medför ännu större behov.

När det gäller optimering av lokalisering av vätgasproduktion framgent – det vill säga om den bör vara lokal, regional eller central – behöver många olika faktorer vägas in. Bland dem finns transportkostnader, tillgång och kostnader på förnybar el men även förutsättningar för produkter som inte är vätgas, det vill säga biprodukterna syrgas och värme. Kostnader och nyttor för dessa specifika geografiska platser behöver vägas mot varandra och beror på de lokala förutsättningarna för att använda syre, värme och tex ett energilagets fördelar.

Kopplat till nuläget utmaningar förväntas investeringskostnaden i elektrolysörer minska i takt med att tekniken mognar⁵⁶. Tillgång och pris på förnybar el beror på hur elsystemet utvecklas, både sett till utbyggnad av elnäten, ökad elanvändning och expansionen av intermittenta produktionsslag⁵⁷. Pris och tillgång på el och vätgas anses bli starkt beroende av varandra i framtiden då de båda energibärarna blir möjliggörare för varandra. Vätgas produceras med el och elsystemet kan optimeras och balanseras med hjälp av vätgas, vilket utvecklas under avsnitt 4.1.4 angående sektorskopplingar.

Utblick mot 2050

Efter 2030 förväntas en snabbare ökning av vätgasproduktionskapacitet med elektrolysörer, till 2045 är planeringsmålet att ytterligare 10 GW_{el} finnas tillgängligt utöver de 5 GW_{el} till 2030⁵⁸. I scenarierna presenterade ovan förväntas produktionsökningen ske i snabbare takt allteftersom investeringskostnaderna för elektrolysörer förväntas minska. Huruvida

⁵² Energiforsk. 2021. *The role of gas and gas infrastructure in Swedish decarbonization pathways 2020-2045*.

⁵³ Energimyndigheten, 2021. *Förslag till Sveriges nationella strategi för vätgas, elektrobränslen och ammoniak*. ER 2021:34

⁵⁴ Ibid

⁵⁵ Statkraft. 2021. *Anläggning för vätgasproduktion planeras i Göteborgs hamn*. Tillgänglig på: <https://www.statkraft.se/media/news-and-stories/archive/2021/anlaggning-for-vatgasproduktion-planeras-i-goteborgs-hamn/>

⁵⁶ Energimyndigheten, 2021. *Förslag till Sveriges nationella strategi för vätgas, elektrobränslen och ammoniak*. ER 2021:34

⁵⁷ SVK, 2021. *Långsiktig Marknadsanalys 2021*. Tillgänglig på: <https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2021/langsiktig-marknadsanalys-2021.pdf>

⁵⁸ Energimyndigheten, 2021. *Förslag till Sveriges nationella strategi för vätgas, elektrobränslen och ammoniak*. ER 2021:34

produktion sker i anslutning till användning eller på platser bäst lämpade sett till elsystemet beror till stor del på hur transportkostnader förhåller sig till elpriset samt om ett nationellt distributionsnät är på plats.

4.1.2 Distribution och lagring av vätgas i Sverige

Områden för Ei och berörda aktörer att genomföra djupare analyser och arbete inom:

- Sverige har inte samma tradition av gasnät som flera länder i Europa. Sverige bör därför bevaka och dra lärdomar från andra länder med mer erfarenhet (exempelvis Danmark och Tyskland) kring reglering av rörledningar. I samverkan med andra berörda myndigheter bör Ei även bevaka EU-regelverksutvecklingen för att se att denna blir ändamålsenlig även för svenska förhållanden.
- Ei och andra berörda myndigheter bör utreda eventuellt behov av reglering gällande större vätgaslager.
- Relevant för Ei att bevaka studier i exempelvis Nordic Grid Development Perspective gällande behov av nya stamnät och regionnät för vätgas, med fördel tillsammans med andra aktörer:
 - Finns det regulatoriska hinder?
 - Hur ser tillståndsprocessen ut idag för vätgasinfrastruktur och finns det hinder?

Regelverk som behöver anpassas och utvecklas:

Vid lokal vätgasdistribution:

- Regelverk för vätgasaktörers roll på elmarknaden (nätanslutning och deltagande på balansmarknader) kan komma att behöva utformas av Ei

Vid regional vätgasdistribution:

- Vid regional utveckling växer Ei:s roll bland annat sett till nätreglering. Ei behöver sannolikt utveckla regelverk för nätreglering och tillståndsprocesser för gasnät

Vid nationell vätgasdistribution:

- Vid en storskalig nationell utveckling av vätgasdistribution bör det tillsättas en utredning kring vem som ska axla det övergripande ägandeansvaret och hur det ska utformas. Utredningen bör beakta huruvida Svenska kraftnät, en privat aktör eller annan aktör är det bästa alternativet.

Vid transnationell vätgasdistribution:

- En transnationell distribution kräver samarbeten över landsgränser med anslutande länders tillståndsmyndigheter. Detta kräver Europeiskt gemensamt regelverk, vilket redan initierats genom EU:s vätgasstrategi och gasmarknadspaketet och förväntas utvecklas vidare.

Vätgasdistribution

Det finns idag tre huvudmöjligheter för vätgasdistribution: på flak i trycksatta behållare, i rörledning samt i flytande form. Vätgasen kan även distribueras indirekt via "distribuerad produktion"; genom en annan energibärare som exempelvis ammoniak.

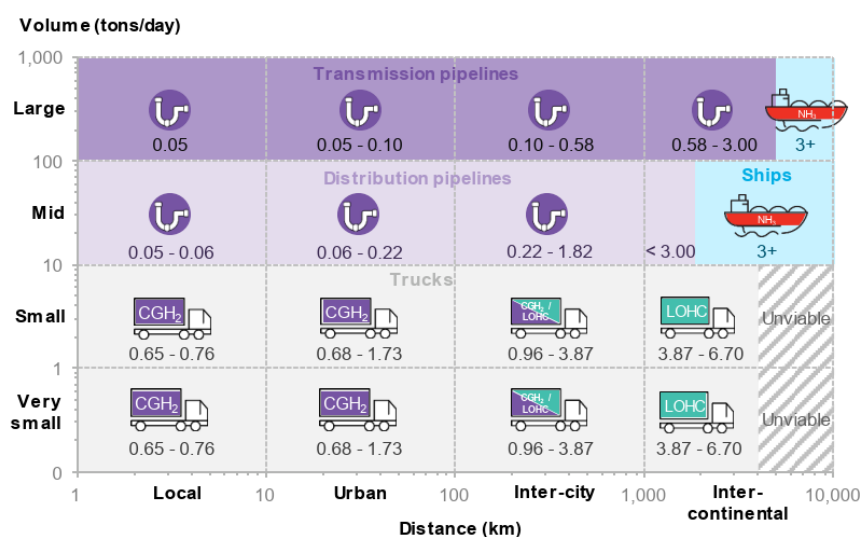
Trycksatta behållare. Trycksatta behållare är en vanlig lösning i industrier som använder mindre mängder vätgas. Det används även för vätgasförsörjning till många tankstationer. Det finns även lastbilar med stora komposittankar som fyller över gas till stationära tankar vid en tankstation. Dessa behöver ha ett betydligt högre tryck för att kunna fylla över så stor del av gasen som möjligt.

Rörledning. Vid behov av transport av riktigt stora mängder energi är rörledningar det mest fördelaktiga, men rörledningar kräver stora investeringar.

Flytande. Flytande vätgas är utrymmeseffektivt ombord på lastbil, och ses som en väg framåt när fler fordon börjar använda sig av vätgas som bränsle. Detta eftersom mycket stora mängder kan tas in på kort tid. Dock går det åt mycket energi vid förvätskningen vilket måste tas hänsyn till vid bland annat ekonomiska beräkningar.

Distribuerad produktion. Ett sätt att undvika distribution av ren vätgas är att i stället distribuera energi i andra former för att omvandla den till vätgas på plats för användning. Detta kan antingen ske genom reformering av metan (natur- eller biogas), etanol, metanol, DME eller med hjälp av el i en elektrolysör.

Kostnaderna för olika distributionssätt är starkt beroende av transporterade gasmängder och avstånd. BloombergNEF har sammanställt en översikt över transportkostnader i dollar per kg vätgas utifrån transporterad volym och avstånd, se Figur 4-1. LOHC betyder "bärare av organiskt flytande vätgas", det vill säga vätgas som ska transporteras långa sträckor eller lagras under lång tid binds till andra molekyler. CGH₂ i figuren betyder komprimerad vätgas.



Legend: Compressed H₂ Liquid H₂ Ammonia Liquid Organic Hydrogen Carriers
Source: BloombergNEF. *Note: figures include the cost of movement, compression and associated storage (20% assumed for pipelines in a salt cavern). Ammonia assumed unsuitable at small scale due to its toxicity. While LOHC is cheaper than LH₂ for long distance trucking, it is less likely to be used than the more commercially developed LH₂.*

Figur 4-1. Transportkostnader för vätgas baserat på avstånd och volym (\$ per kg, 2019). Källa: BloombergNEF⁵⁹. NB: Rapporten är utkast och bilden kommer kanske uppdateras.

Lagring av vätgas

Det finns tre huvudsakliga sätt, faser, att lagra vätgas på: komprimerad, flytande eller vätgas bunden i metallstruktur (metallhydrid).

Gasform. Gasformig vätgas är det som i dagsläget används i fordon. Vid tankstationen lagras merparten av vätgasen vid ett betydligt lägre tryck än det som tankas till fordonen, eftersom lagring vid lägre tryck medför lägre kostnader. Normalt sker detta vid 200 bar, och då används stålbehållare av samma typ som för gasleveranser till industrin idag. För högre tryck används tankar gjorda av en komposit av glasfiber och kolfiber. Även så kallad "line

⁵⁹ BloombergNEF, 2020. Hydrogen Economy Outlook 2020

packing”, där vätgas lagras i gasnät, är ett möjligt sätt att lagra vätgas i gasform. Mer om detta i avsnitt 5.2.3.

Flytande form. Flytande vätgas tar liten plats både vid distribution och lagring relativt komprimerad vätgas. Nedkylningen kräver dock stora mängder energi som ligger på närmare 40 % av vätgasens energiinnehåll. Ytterligare en nackdel är att en del av vätet ständigt övergår i gasform på grund av stora temperaturskillnader mellan behållare och omgivning. Det bästa är alltså om det finns kontinuerlig avsättning för denna gas så att den inte behöver gå till spillo. Vätgas har under lång tid lagrats i flytande form och det finns en fungerande marknad för detta i bland annat Tyskland, där det används i flera industrier.

Metallstrukturer. Att lagra väte i metallstrukturer, metallhydrider, är ett effektivt sätt att lagra mycket väte på ett litet utrymme. Väteatomerna hamnar närmare varandra än i såväl trycksatt som flytande väte. Samtidigt gör vikten från metallen att det inte anses lämpligt för lagring ombord på fordon. Det väger mångdubbelt mer än de två ovanstående metoderna. Samtidigt tar det relativt lång tid att lagra och få ur vätet ur metallstrukturerna. En hel del värme behöver även kylas bort när vätet lagras i strukturen om detta ska göras skyndsamt. För varje gång metallhydriden lagrar vätgas degenereras den något, vilket gör att den måste bytas ut efter viss tids användning.

BloombergNEF har sammanställt olika lagringsmöjligheter för vätgas och dessas huvudsakliga användningsområde, Levelized Cost of Storage (LCOS) samt geografisk tillgänglighet⁶⁰, se Tabell 4-3. Allt är inte relevant i en svensk kontext, exempelvis saknar Sverige saltgruvor – mer om detta i kapitel 5. LOHC betyder ”bärare av organiskt flytande vätgas” och förklaras i samband med Figur 4-1.

Tabell 4-3 Lagringsmöjligheter för vätgas. Källa: BloombergNEF

	Gastillstånd				Vätsketillstånd			Fast tillstånd
	Saltgruvor	Utarmade gasfält	Klippgrottor	Trycksatta behållare	Flytande väte	Ammoniak	LOHC	Metallhydrider
Huvudsaklig användning (volym och cykler)	Stora volymer (veckor-månader)	Stora volymer (säsong)	Mellanstora volymer (dagar)	Små volymer (dagar)	Små-mellanstora volymer (dagar-veckor)	Stora volymer (veckor-månader)	Stora volymer (veckor-månader)	Små volymer (dagar-veckor)
Riktmärke LCOS	\$0,23	\$1,90	\$0,71	\$0,19	\$4,57	\$2,83	\$4,50	Inte utvärderad
Möjlig framtida LCOS	\$0,11	\$1,07	\$0,23	\$0,17	\$0,95	\$0,87	\$1,86	Inte utvärderad
Geografisk tillgänglighet	Begränsad	Begränsad	Begränsad	Ej begränsad	Ej begränsad	Ej begränsad	Ej begränsad	Ej begränsad

Olika geografiska perspektiv för vätgasdistribution

Beroende på var produktion och användning placeras och vilka aktörer som är involverade kommer Sverige att få olika typer av distributionsnät för vätgas. Nedan följer en fördjupning av alternativ för distribution av vätgas i Sverige i tre olika geografiska perspektiv:

⁶⁰ BloombergNEF, 2020. Hydrogen Economy Outlook 2020

- Lokalt: Distribution inom eller mellan enskilda aktörer, eller i mindre vätgaskluster i anslutning till industrier, hamnar och eventuellt tankstationer
- Regionalt: Regionala strukturer och mindre lokala vätgasnät utvecklas när produktion och användning inte ligger i direkt anslutning tillvarandra
- Nationellt och/eller transnationellt: Detta sker när eller om en nationell eller transnationell vätgasmarknad utvecklas och ett rikstäckande vätgasnät byggs ut. Produktion antas vara storskalig (både centralt och mer decentraliserat) och användning är decentraliserad runt om i landet

I Tabell 4-4 beskrivs olika typer av geografiska nivåer för gasnät för faktorerna aktörer, stödtjänster (stödtjänster utvecklas i Kapitel 4.1.4 om sektorskopplingar), samt relativa fördelar och nackdelar mellan de olika varianterna. Inom vilka tidsramar respektive perspektiv förväntas beskrivs i kommande avsnitt.

Tabell 4-4. Exempel på faktorer för gasnät utifrån olika geografiska perspektiv i Sverige⁶¹

Geografi	Aktörer	Stödtjänster	Fördelar	Nackdelar
Lokal vätgas-distribution	Industrier, raffinaderier, lokala och regionala nät- och energibolag, myndigheter och branschorganisationer	Balansmarknader, användarflexibilitet, effektreserv, störningsreserv	Snabb etablering med få inblandade aktörer	Risk för suboptimering som fördröjer och krånglar till effektiv gemensam utbyggnad på sikt
Regional vätgas-distribution	Industrier, raffinaderier, lokala och regionala nät- och energibolag, nationell TSO (Svenska kraftnät), myndigheter och branschorganisationer	Balansmarknader, användarflexibilitet, effektreserv, störningsreserv och eventuella gasnät som lager	De aktörer som är intresserade regionalt har många potentiella binyttor av att samarbeta. Större utbyte av biprodukter och potentiellt lägre investeringar per aktör.	Det kan ta tid att komma överens och att skapa optimala lösningar för många aktörer samtidigt.
Nationell (transnationell) vätgasdistribution	Industrier, raffinaderier, lokala och regionala nät- och energibolag, TSO:er (vid transnationell distribution), branschorganisationer, myndigheter och aktörer från sammankopplade länder	Balansmarknader, användarflexibilitet, effektreserv, störningsreserv och gasnät som lager	Potentiellt byggs ett storskaligt stornät i syfte att täcka behovet flera årtionden framåt i syfte att bygga med helhetssyn och att inkludera länkar till grannländerna	Risk för uppbyggnad av infrastruktur som inte kan utnyttjas, eller vars dimensionering inte är i linje med faktisk användning.

Distribution av vätgas i Sverige idag

Vätgas används idag primärt i nära anslutning till där den produceras eller transporteras i gastuber i komprimerad form på lastbilar eller tankbilar⁶².

⁶¹ Energiforsk, 2021, *Sektorskoppling för ett mer effektivt energisystem*, Tillgänglig på: <https://energiforsk.se/media/29722/sectorskoppling-for-ett-mer-effektivt-energisystem-energiforskrappport-2021-764.pdf>

⁶² Energimyndigheten, 2021. *Förslag till Sveriges nationella strategi för vätgas, elektrobränslen och ammoniak*. ER 2021:34

Utveckling fram till 2030

Distributions- och lagringssystem för vätgas förutses byggas upp samplanerat med lokalisering av produktion och användning^{63,64}. Ett alternativ kan vara att föregå användning med större distributionsnät än vad som initialt krävs för att optimera investeringar med avseende på fysisk kapacitet och finansiella medel över tid. Förstudier kopplat till detta genomförs av aktörer såsom Nordion och genom forskningsprojekt såsom Bothnia Bay som Luleå Tekniska Universitet (LTU) och RISE genomför med start januari 2022 gällande vätgasledning runt Bottenviken. Investörer intresserar sig vidare för frågeställningarna.

Infrastrukturmässigt, sett till elnätets perspektiv och utmaningar, kan det vid mycket stora mängder energi vara billigare och ta mindre arealer i anspråk att bygga rörledningar för vätgas än kraftledningar^{65,66}. I samband med gasmarknadspaketet förväntas fler energisystemanalyser genomföras där rörledningar och elledningar övervägs gemensamt, mer om gasmarknadspaketet i Kapitel 6.1.3. Vidare har ett större gasnät potential att agera lager till elsystemet. Vilken aktör som vid storskalig utbyggnad av vätgasnät skulle vara stamnätsoperatör är inte givet, det skulle kunna vara ett liknande upplägg som för el dvs Svenska kraftnät eller en privat aktör såsom exempelvis Nordion Energi AB (som idag är stamnätsoperatör för naturgasnätet).

Swecos tolkning av trenderna idag med utsikt mot 2030 är att lokal och regional distribution kommer vara de två distributionsperspektiv som är realistiska för Sverige. Enligt Energimyndighetens förslagna vätgasstrategi förväntas inte något nationellt vätgasnät till 2030 i Sverige⁶⁷. Däremot förväntas storskalig lagring av vätgas ha utvecklats, antingen i konventionella vätgaslagringstankar eller genom den mer okonventionella tekniken "Lined Rock Cavern" (inkladda berggrum). Hybrit-projektet planerar för närvarande ett 100 m³ vätgaslager som ska inneslutas i en berggrum 30 meter under jord. Anläggningen förväntas vara i drift någon gång mellan 2022 och 2024, och innan anläggningar såsom denna bevisats fungera såsom önskat är tekniken under utvärdering.

European Hydrogen Backbone har utvecklat ett scenario till 2040 där två tredjedelar av alla befintliga naturgasnät i Europa konverteras till vätgasinfrastruktur i kombination med nya nät⁶⁸. För länder som Sverige med blygsam gasinfrastruktur kommer nya rörledningar behövas i stor omfattning, vilket ses i Figur 3-3 i kapitel 3.1. I European Hydrogen Backbone:s scenario fram till 2030 byggs ett regionalt nätverk i söder, från Skåne till Stockholm som kan sammankoppla industrier med städer. I norr ses ett transnationellt, regionalt, gasnät byggas länkat över till Finland.

I Figur 4-2 ses en modellerad bedömning av utvecklingen av vätgasinfrastruktur till 2030 enligt en studie av Energiforsk⁶⁹. Till 2030 utvecklas infrastruktur i norra Sverige vilket drivs på av stål- och gruvindustrins vätgasbaserade klimatomställning. Mellan SE1 och SE2 ses en rörledning med kapacitet på 1 GW_{H2}, där vätgas producerad i SE2 och transporteras till industrikluster i SE1. I

⁶³ Energiforsk. 2021. *The role of gas and gas infrastructure in Swedish decarbonization pathways 2020-2045*.

⁶⁴ Kapitel 3.2 Vätgaskluster

⁶⁵ Fossilfritt Sverige, 2021. *Strategi för fossilfritt konkurrenskraft*. Tillgänglig på:

<https://fossilfritt.sverige.se/strategier/vatgas/>

⁶⁶ Intervju med SvK den 3:e december 2021

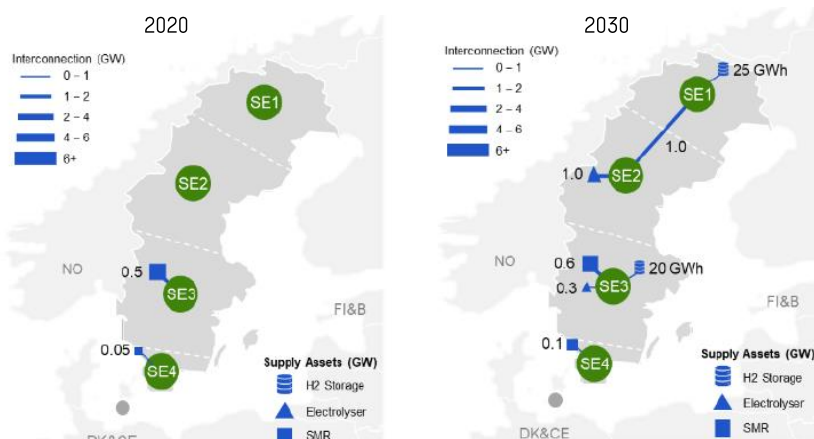
⁶⁷ Energimyndigheten, 2021. *Förslag till Sveriges nationella strategi för vätgas, elektrobränslen och ammoniak*. ER 2021:34

⁶⁸ Gas for climate, 2021. *The European Hydrogen Backbone vision*. Tillgänglig via:

<https://gasforclimate2050.eu/ehb/>

⁶⁹ Energiforsk. 2021. *The role of gas and gas infrastructure in Swedish decarbonization pathways 2020-2045*.

SE1 ses även en lagringskapacitet på 25 GWh för att optimera vätgasanvändningen. I Energiforsks beräkningar antas inte hopkoppling med Sverige och Finland respektive Danmark förrän 2045.



Figur 4-2 Ett scenario för vätgasens infrastrukturutveckling i Sverige från 2020 till 2030 uppdelat på elområden⁷⁰

Utblick mot 2050

Enligt förslaget till Sveriges vätgasstrategi förväntas infrastrukturen under Fas 2 (2031–2045) utvecklas baserat på lärdomar från den första fasen⁷¹. De alternativ som diskuteras i förslaget är rörledningar och transport via väg, räls och sjöfartsleder. En avgörande faktor för Sveriges strategi är hur efterfrågan utvecklas mellan kluster, både i Sverige och i resten av de nordiska länderna. Samtidigt är utvecklingen i Norden starkt bunden till den utveckling som pågår i övriga Europa. I Fas 2 kan således en transnationell vätgasstruktur börja ta form. I samtliga scenarion som presenterats ovan bedöms ett rikstäckande stamnät för vätgas vara på plats 2045^{72,73,74}.

Tankstationsinfrastrukturen inom transportsektorn byggs ut alltmer då antalet vätgasdrivna tunga fordon växer⁷⁵. Inom sjö- och luftfart fortskrider omställningen vilket kan komma att leda till ett ännu större kapacitetsbehov för distribution av vätgas (förutsatt att det är ekonomiskt konkurrenskraftigt).

4.1.3 Användning av vätgas i Sverige

Vätgas är en flexibel energibärare som kan användas där det behövs energi och el. Vätgas är också en viktig insatsråvara till industriella processer och till produktion av elektrobränslen. Vätgasanvändning kan delas in i användning inom olika sektorer, såsom industri, energi, transport, fastigheter och service samt areella näringar. I industrin har vätgas använts under hela det föregående seklet i olika tillverkningsprocesser.

⁷⁰ Energiforsk. 2021. *The role of gas and gas infrastructure in Swedish decarbonization pathways 2020-2045*.

⁷¹ Energimyndigheten, 2021. *Förslag till Sveriges nationella strategi för vätgas, elektrobränslen och ammoniak*. ER 2021:34

⁷² Ibid

⁷³ Gas for climate, 2021. *The European Hydrogen Backbone vision*. Tillgänglig via: <https://gasforclimate2050.eu/ehb/>

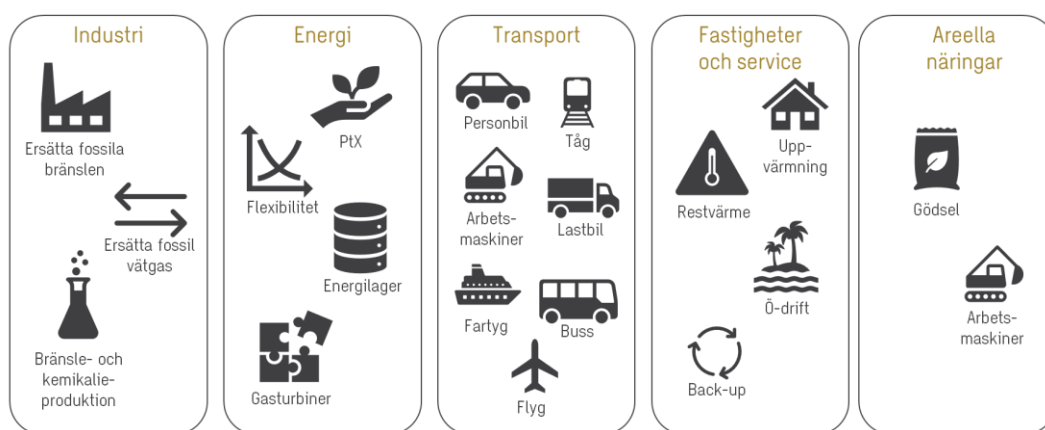
⁷⁴ Energiforsk. 2021. *The role of gas and gas infrastructure in Swedish decarbonization pathways 2020-2045*.

⁷⁵ Energimyndigheten, 2021. *Förslag till Sveriges nationella strategi för vätgas, elektrobränslen och ammoniak*. ER 2021:34

Användning av vätgas idag

I dagsläget är fossil vätgas en viktig råvara inom processindustrin i Sverige, främst inom kemi- och raffinaderiindustrin och uppgår till ungefär 180 000 ton per år (motsvarar 6 TWh/år)⁷⁶. I EU:s vätgasstrategi från juli 2020 framgår att det är ett mål för EU är att ersätta befintlig fossilbaserad vätgas för industrin till vätgasproduktion⁷⁷. Det finns planer på produktion av elektrobränslen, biobränslen och väteperoxid med hjälp av fossilfri vätgas. Det pågår även en omfattande utveckling inom stål- och järnindustrin för att genom direktreduktion av järnmalm⁷⁸ tillverka fossilfri järnsvamp och fossilfritt stål.

Vätgas ses spela en viktig roll inom samtliga av energisystemets användarsektorer. Ett urval av dessa användningsområden, uppdelade i sektorerna industri, energi, transport, fastigheter och service samt areella näringar kan ses i Figur 4-3.



Figur 4-3. Vätgas, en flexibel energibärare. Källa: Sweco

I Tabell 4-5 har Sweco redogjort för sammanvägd förväntan gällande vätgasens potentiella betydelse för respektive användningssektors omställning tillsammans med för- och nackdelar samt vilka alternativ till vätgas som förekommer.

Tabell 4-5 Huvudsakliga fördelar, nackdelar, betydelse och alternativ översiktligt sammanfattat per sektor, utöver detta tillkommer övriga sektorskopplingar.

Sektor	Fördelar för sektorn med vätgas	Nackdelar för sektorn med vätgas	Betydelsen för sektorns omställning	Alternativ för sektorn
Industri	Minskade utsläpp, kunna erbjuda produkter med lägre klimatavtryck och högre värde på marknaden.	Dyrare tillverkningskostnader och därmed produkter.	Vätgas förväntas i Sverige få en stor betydelse för industriell omställning, där HYBRIT och H2 Green Steel är två tydliga exempel.	Alternativ anses saknas i nämnda industriella tillämpningar.

⁷⁶ Energimyndigheten, 2021. Förslag till Sveriges nationella strategi för vätgas, elektrobränslen och ammoniak. ER 2021:34

⁷⁷ Europeiska Kommissionen, 2020. En vätgasstrategi för ett klimatneutralt Europa. Tillgängliga på: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/ALL/?uri=CELEX%3A52020DC0301>

⁷⁸ Där vätgas används för att reducera (ta bort syre) järnmalm i stället för kol eller koks

Energi	Möjlighet till minskade utsläpp. Brett spektrum av möjliga stödtjänster. Flexibilitet i användning (genom exempelvis gasturbiner). Billigare transport vid mycket stora mängder.	Hög volym skapar behov av stora lager. Säkerhetsrisker medför stora kostnader. Omogen teknik.	EU beskriver vätgas som en nyckel för energiomställningen.	Elnät, batterier, pumpkraft etc. är alternativa tekniska lösningar.
Transport	Vätgas kan erbjuda mer medförd energi än batterier. Vidare även ett minskat behov av nätutbyggnad, minskat behov av andra stödtjänster och ökad redundans i energisystemet.	Vätgas har stor volym och för de allra tyngsta och längsta transporterna blir det en för stor nackdel och flytande drivmedel erfordras.	Fram till 2030 förväntas betydelsen vara liten på nationell nivå, till 2050 kan vätgas få ett större genomslag även för textunga vägtransporter, tåg, sjöfart och flyg. Arbetsmaskiner och gruvdrift kan komma i gång på kort sikt, lastbilar förväntas ses på vägarna från cirka 2025.	Energimyndigheten pekar på att flytande biodrivmedel på kort och medellång sikt förväntas utgöra en betydande andel i transportsektorn, och på längre sikt är el ett alternativ till vätgas i transportsektorn ⁷⁹ .
Fastighet	Möjlighet till nya backup-lösningar för tex sjukhus i jämförelse med batterilager.	Dyr teknik och ej klarlagda säkerhetskrav.	Lokal försörjningstrygghet kan komma att värderas högre över tid.	Dagens system med centrala elnät och fjärrvärmesystem är effektiva. Backupsystem med textflytande biodrivmedel är också alternativ framåt.
Areella näringar	Minskade utsläpp.	Dyrare tillverkningskostnader och därmed produkter.	Ingen större betydelse har hittills bedömts finnas. Förnybar inhemskt producerad vätgas för produktion av gödsel analyseras.	Tuff konkurrens med länder som har billigare elproduktion.

Utveckling fram till 2030

Fram till 2030 är det vätgasanvändningen inom industri och transporter⁸⁰ som förväntas öka mest. De industrisektorer som förväntas stå för största användningsökningen är omställningen av stål- och järnindustrin tillsammans med kemi- och raffinaderiindustrin⁸¹. Ett tjugotal användningsområden för vätgas bedöms av Hydrogen Council som konkurrenskraftiga alternativ till konventionella substitut eller andra koldioxidsnåla alternativ ur ett total ägandekostnads (TCO)-perspektiv till år 2030⁸², exempelvis just inom stål, sjöfart och tung trafik. Konkurrenskraften bedöms påverkas av produktions- och distributionskostnader för vätgas men även kostnaden för alternativ såsom batterier.

Inom transportsektorn sker satsningar på bland annat vätgasdrivna lastbilar och för bantrafiken undersöks förutsättningarna att ställa om till vätgasdrivna tåg i stället för dagens dieseldrivna. Ett exempel på detta är den pågående

⁷⁹ Energimyndigheten, 2021. *Förslag till Sveriges nationella strategi för vätgas, elektrobränslen och ammoniak*. ER 2021:34

⁸⁰ Se exempelvis Wallmark et al., 2021. Scenarier, kostnader och åtgärder för drivmedelsinfrastruktur i omställningen till hållbara transporter

⁸¹ Energimyndigheten, 2021. *Förslag till Sveriges nationella strategi för vätgas, elektrobränslen och ammoniak*. ER 2021:34

⁸² Hydrogen Council, 2021. *Hydrogen Insights - A perspective on hydrogen investment, market development and cost competitiveness*

utredningen av omställningen av Inlandsbanan⁸³. Vidare föreslås att dessa vätgasdrivna tåg i framtiden även ska kunna transportera vätgas från produktionsanläggningar till slutanvändare. Pågående projekt inom koldioxidavskiljning knyter vidare an till vätgas då koldioxid är en potentiell insatsråvara vid produktion av elektrobränslen. Utifrån de initiativ och planer som finns hos industri- och transportsektorn kan ett antal scenarion för vätgasanvändningen till 2030 ses. Gas For Climate har i sin rapport via European Hydrogen Backbone angett ett årligt vätgasbehov från transportsektorn till 2030 på 0,7 TWh⁸⁴. Industrisektorn i sin tur bedöms utgöra ett totalt behov på cirka 8 TWh där raffinaderi- och kemiindustrin står för cirka 5 TWh och stål- och järnindustrin för cirka 3 TWh.

I studien "The role of gas and gas infrastructure in Swedish decarbonization pathways 2020–2045" har två olika scenarion tagits fram för vätgasanvändning i Sverige⁸⁵. Det ena scenariot utgår från en kommande hög efterfrågan på förnybar gas medan det andra är utformat efter en betydligt lägre efterfrågan. Båda scenarierna utgår från ett stort förnybart gasbehov inom industrisektorn men i det lägre scenariot är det främst stål- och kemisektorn som är drivande. Inom transporter ses direktelektrifiering som den dominerande tekniken för vägfordon och gas används i det begränsade scenariot till sjöfart, flyg och långväga vägtransporter. I scenariot med hög efterfrågan bedöms förnybar och koldioxidfri gas (vätgas och biogas) spela en viktig roll för all transport men med en begränsad användning inom lätta vägburna fordon. Till 2030 anges den totala vätgasanvändningen i Sverige för det lägre scenariot uppgå till 21 TWh medan det högre uppgår till 24 TWh. Vidare har för det högre scenariot även en fördelning av vätgasanvändningen gjorts mellan elområden, precis som för distribution. Till 2030 står SE3 för det största behovet på 14 TWh följt av SE1 på 8 TWh medan SE2 och SE4 står för 1 TWh vardera. Anledningen till skillnaderna beror främst på att det är i SE1 och SE3 som majoriteten av Sveriges vätgasintensiva industrier är lokaliserad och i scenariot förväntas vara belägna även till 2030.

Fossilfritt Sverige har i sin vätgasstrategi angett ett vätgasbehov på cirka 15 TWh till 2030 vilket baserats på tillkännagivna projekt 2021⁸⁶. De företag som står för majoriteten av användningen är HYBRIT, Liquid Wind samt Preem. I scenariot är respektive projekts behov aggregerat till en tidpunkt trots att utvecklingen för många projekt snarare förväntas trappas upp stegvis.

Utblick mot 2050

De studier som beaktats bedömer att det är samma sektorer som fortsätter att utgöra det största vätgasbehovet även efter 2030, det vill säga industri och transport⁸⁷. I takt med att tekniker blir mer kommersiella förväntas vätgasanvändningen öka i snabbare takt efter 2030 och framåt 2045 förväntas ett vätgasbehov på cirka 50–68 TWh^{88,89}.

⁸³ Fossilfritt Sverige, 2021. *Strategi för fossilfri konkurrenskraft*. Tillgänglig på: <https://fossilfritt Sverige.se/strategier/vatgas/>

⁸⁴ Gas For Climate, 2021. *Analyzing future demand, supply, and transport of hydrogen*. Tillgänglig via: https://gasforclimate2050.eu/sdm_downloads/2021-ehb-analysis-future-demand-supply-and-transport-of-hydrogen/

⁸⁵ Energiforsk. 2021. The role of gas and gas infrastructure in Swedish decarbonization pathways 2020-2045.

⁸⁶ Fossilfritt Sverige, 2021. *Strategi för fossilfri konkurrenskraft*. Tillgänglig på: <https://fossilfritt Sverige.se/strategier/vatgas/>

⁸⁷ Energimyndigheten, 2021. *Förslag till Sveriges nationella strategi för vätgas, elektrobränslen och ammoniak*. ER 2021:34

⁸⁸ Fossilfritt Sverige, 2021. *Strategi för fossilfri konkurrenskraft*. Tillgänglig på: <https://fossilfritt Sverige.se/strategier/vatgas/>

⁸⁹ Energiforsk. 2021. The role of gas and gas infrastructure in Swedish decarbonization pathways 2020-2045.

4.1.4 Sektorskopplingar med vätgas

Områden för Ei och berörda aktörer att genomföra djupare analyser och arbete inom:

- EU-direktiv implementeras nationellt och elmarknadsdirektivet innehåller bland annat krav om att de kraftverk och andra resurser som levererar tjänster som behövs för driften av elsystemet får ersättning. Stödtjänsterna möjliggör en ökad integration av el från förnybara energikällor och förbättrar samtidigt konkurrensen med en fortsatt hög försörjningstrygghet. Ei bör i samverkan med Svk utreda om det idag finns hinder för energilagringsanläggningar att delta på marknaderna för stödtjänster. Mer om detta avsnitt 6.1.4.
- Utreda om Ei har en roll gällande systemansvar, prissättning, leveranskrav mm för "off-grid"-lösningar i samband med vätgasproduktion,

Regelverk som behöver anpassas och utvecklas:

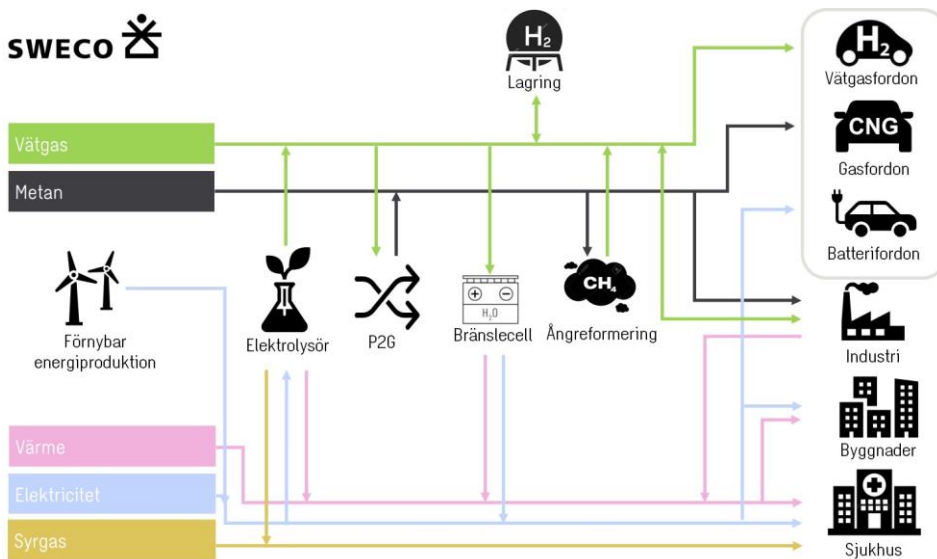
- Se över så att det inte finns regelverkshinder för samplanerad el- och gasinfrastruktur. Detta för att möjliggöra prioriterade el- och gasnätsförstärkningar, potentiella synergier mellan el- och gasnäten, och möjligheter till proaktiv nätutbyggnad.
- Se över nationella regelverk vid anslutning av gasturbiner så att det inte finns nationella snedvridningar för ny elproduktion.
- Elnäten och gasnäten kommer att behöva byggas ut för att tillgodose det växande vätgasbehovet. För att underlätta detta bör Ei förkorta Ei:s del av tillståndprocesser för el- och eventuellt även för gasnätsutbyggnad samt se över behovet av att de, vid behov, utförs i en gemensam tillståndprocess.
- Utveckla regelverk vilka ligger i linje med elmarknadsdirektivet angående stöd- och flexibilitetstjänster samt elnätstariffer, se avsnitt 6.1.4.
- Relevant för Ei och andra berörda myndigheter att utreda om det finns hinder för energilagringsanläggningar att ansluta sig till stamnät och regionnät idag, vilka skulle kunna påverka sektorskopplingen el till vätgas?

Dagens svenska energisystem består till stor del av separata värdekedjor för olika sektorer och energibärare, men det förväntas förändras bland annat i takt med att vätgas utvecklas och knyter samman systemen⁹⁰. De tre energibärarna el, vätgas och metan kan omvandlas från och till varandra efter önskemål och behov, givet att omvandlingsprocessen inte kostar mer än värdet av slutprodukterna.

Att koppla samman energiinfrastruktursystem medför ny potential att utnyttja synergier mellan de olika systemen. Potentiella sektorskopplingar för vätgas kan både ses mellan olika delar av försörjningssystemen och mellan olika användarsektorer⁹¹. Varje omvandling medför en förlust, eller skapar nya biprodukter. Vid produktion av vätgas med elektrolysör blir syre och värme biprodukter, samtidigt som processen är beroende av el. Kopplingen till elsystemet förstärks ytterligare genom vätgasens potential att agera flexibilitetsresurs för elnäten, eller möjligheten till att användas som reservkraft eller såsom energilager för att balansera intermitterande elproduktion. I Figur 4-4 ses en översikt av de sektorskopplingar som knyter ihop vätgas med resten av energisystemet. En sådan sammanlänkning kommer kräva samverkan mellan energisystemets olika aktörer och strukturer.

⁹⁰ Energimyndigheten, 2021. *Förslag till Sveriges nationella strategi för vätgas, elektrobränslen och ammoniak*. ER 2021:34

⁹¹ Energiforsk, 2021. *Sektorskoppling för ett mer effektivt energisystem*, Tillgänglig på: <https://energiforsk.se/media/29722/sectorkoppling-for-ett-mer-effektivt-energisystem-energiforskrappport-2021-764.pdf>



Figur 4-4 En översikt av energisystemets sektorskopplingar mellan produktion, distribution/lagring och användning med vätgas i fokus. Råvaror och produktion för övriga energibärare ej i bild. Källa: Sweco.

Den 3:e februari 2022 presenterade regeringen sin elektrifieringsstrategi, i vilken de beskriver att de avser att ge Svenska kraftnät i uppdrag att tydliggöra förutsättningar för att främja flexibilitet vid anslutning av nya elkrävande verksamheter (såsom vätgasproduktion med elektrolys). Det kan handla om att anpassa elanvändning för att minska effekttoppar och optimera nyttjandet av elnäten.⁹² Ifall att tydligare "krav" sätts på vätgasaktörer att kunna vara flexibla i sin elanvändning stärker detta sektorskopplingen el-vätgas ytterligare och stärker sannolikheten att vätgasproducenter aktivt kommer att bidra till att hjälpa elsystemet. I kommande kapitel redogörs för de nu mest diskuterade sektorskopplingarna för vätgas sett till produktion, distribution, lagring och användning.

I kommande kapitel redogörs för de nu mest diskuterade sektorskopplingarna för vätgas sett till produktion, distribution, lagring och användning.

4.1.5 Produktion

Elnät för vätgasproduktion

Vätgas är en stor möjliggörare för elsystemet, men för att producera den mängd förnybar vätgas som förväntas efterfrågas i framtiden av industrier och transportsektorn kommer en stor mängd förnybar el att krävas. Detta innebär att elproduktion, och i vissa fall elnätet, är avgörande möjliggörare för vätgasens utveckling. För höga effekttag krävs rätt dimensionering av elnäten vilket sin tur kräver stora investeringar på samtliga nätnivåer, framför allt på transmission- och regionnätetsnivå. Därav kommer Ei bland annat få en viktig roll sett till ledtider vid tillståndsprocesser för både el- och gasnät. I samband med tillståndsprocesser för el- och gasnät aktualiseras även valet av

⁹² Regeringen, 2022: *Nationell strategi för elektrifiering – en trygg, konkurrenskraftig och hållbar elförsörjning för en historisk klimatomställning*. Tillgänglig på: <https://www.regeringen.se/48fe15/contentassets/d6a6d34c455c4f13be990fb835895718/atgarder-i-en-nationell-strategi-for-elektrifiering>

energidistributionsmetod: det är en avvägning om det är mest effektivt med ny- och re-investeringar i el- eller gasnät.

Om tillgång till överföringsförmåga av el hindrar en vätgasproducent finns andra alternativ⁹³. Ett av dem är så kallade "off-grid"-lösningar där elektrolysörer producerar vätgas med el som inte matas från elnätet. På så vis kan tillståndprocesser, nätbegränsningar och anslutningskostnader undvikas eller minimeras. Nackdelen med alternativet är lägre drifttid och -nivå per år för elektrolysörerna samt att vätgasproduktion begränsas till platser med tillgång till konstant elproduktion.

Ett annat alternativ är en hybridlösning när produktionen är ansluten till elnätet. Fördelarna är ett minskat behov av elnätskapacitet och lägre elnätstariffer samtidigt som det ökar drifttiden för elektrolysörer. Minskad elnätskapacitet kan gynna nätbolaget om det är trångt i näten medan minskade tariffkostnader och ökad drifttid gynnar vätgasproducenten. Däremot kan konsekvensen bli att produktion inte sker i anslutning till användning vilket i sin tur leder till ökade transportkostnader för vätgas.

Elektrolysörer och vätgaslager på elmarknaden

Sektorskoppling mellan vätgasproduktion och kraftsystemet innebär att elektrolysörer kan användas både för stödtjänster och priselastiskt på den fysiska elmarknaden. Eftersom varken elektrolysörer eller vätgaslager i nuläget är etablerade aktörer på elmarknaden kommer El:s roll vara avgörande för att skapa förutsättningar för denna sektorskoppling. Stödtjänster för balansering inbegriper alla åtgärder och processer genom vilka Svenska kraftnät fortlöpande säkerställer att systemfrekvensen bibehålls inom ett fördefinierat stabilitetsområde och att nödvändiga reserver upprätthålls med hänsyn till den kvalitet som krävs. De stödtjänster som beskrivs i detta avsnitt inkluderar balanstjänster och användarflexibilitet. Stödtjänster som avser vätgas till el (effektreserv och störningsreserv) beskrivs under "Elproduktion genom vätgas" längre fram i detta kapitel.

Frekvenshållning upprätthålls genom att vätgasproduktion regleras upp och ned utifrån rådande förutsättningarna i elnätet och på de olika balansmarknaderna. Elektrolysörer som reglerprodukt har tekniskt sett potential (och rätt enligt elmarknadsdirektivet, se Kapitel 6.1.4) att verka på samtliga fem balanskraftsmarknader (FFR, FCR-N, FCR-D, aFRR och mFRR)⁹⁴ som alla verkar för att upprätthålla frekvensen i vårt elsystem (50,0 Hz) men på olika sätt vilket finns beskrivet i Tabell 4-6.

Tabell 4-6. En sammanfattning av balanskraftsmarknader i dagens elsystem

Marknad	FFR (Fast Frequency Reserve)	FCR-N och FCR-D (Frequency Containment Reserve)	aFRR och mFRR (Frequency Restoration Reserve)
Kort beskrivning	Syftet med marknaden för FFR är att kompensera under de timmar svängmassan (rotationsenergin) i systemet är låg. Detta förekommer vanligtvis under kvällar och nätter på	Innefattar en marknad som består av anläggningar som känner av kraftsystemets frekvens och anpassar sig därefter. Dessa delas in i	FFR är reserver som återställer frekvensen efter det att det har uppstått en störning i systemet som delas upp

⁹³ Energimyndigheten, 2021. *Förslag till Sveriges nationella strategi för vätgas, elektrobränslen och ammoniak*. ER 2021:34

⁹⁴ Energiforsk, 2021. *Sektorskoppling för ett mer effektivt energisystem*. Tillgänglig på: <https://energiforsk.se/media/29722/sectorkoppling-for-ett-mer-effektivt-energisystem-energiforskrappport-2021-764.pdf>

	vardagar samt under alla helgtimmar under sommarmånaderna. Reserven har en snabb aktiveringstid på omkring en sekund.	två spann N (Normal) och D (Disturbance). FCR-N är en så kallad symmetrisk produkt som ska gå att reglera både upp och ned och täcker spannet 49,9–50,1 Hz. FCR-D har tidigare endast funnits för uppreglering (49,9–49,5 Hz ⁹⁵) men som nu utformas även för nedreglering (50,1–50,5 Hz ⁹⁶).	i a (automatisk) och m (manuell). Aktivering av automatiska reserver (a) sker via en central styrsignal medan de manuella (m) aktiveras på begäran från Svenska kraftnät.
--	--	--	--

I Tabell 4-7 sammanfattas respektive balansmarknads förutsättningar kommenterat i kombination med en elektrolysör från Siemens som exempel⁹⁷. För att skapa lönsamhet är utgångspunkten att vätgasproduktionen har ett annat primärt syfte än deltagande på balansmarknader, exempelvis en processindustri. Detta beror på att intäkter endast från balansmarknader inte motsvarar investeringen i elektrolysörer, majoriteten av intäkterna kommer från vätgasen som råvara. Därför behövs en viss överdimensionering av produktionskapaciteten för att inte äventyra industrins vätgasbehov om det saknas flexibilitet, alternativa produktionssätt eller lager

Tabell 4-7 Resurskrav och ersättning för de olika balansmarknaderna som de är utformade idag^{98,99} med kommentarer för ett elektrolysörexempel från Siemens prestanda¹⁰⁰.

Stödtjänster/ Elektrolysör	FFR	FCR-N	FCR-D	aFRR	mFRR	Elektrolysörer
Volymkrav	0–300 MW för Norden	Ca 200 MW för Sverige	Ca 400 MW för Sverige	Ca 150 MW för Sverige	Inga volymkrav	Beror på anläggningens storlek
Minsta budstorlek	0,1 MW	0,1 MW	0,1 MW	5 MW	10 MW (5 MW i SE4)	
Reglering	Symmetrisk produkt (både upp- och nedreglering)	Symmetrisk produkt (både upp- och nedreglering)	Uppreglering vid låg frekvens	Upp- och nedreglering men med separata bud	Både upp- och nedreglering	
Aktiveringstid för respektive balansmarknad & aktivering av lastkapacitet för elektrolysörer	1,3 s vid 49,7 Hz 1,0 s vid 49,6 Hz 0,7 s vid 49,5 Hz	Aktiv +/- 0,1 Hz (inom 180 s)	Aktiv under 49,9 Hz (inom 30 s)	Återställer FCR-N (inom 120 sekunder)	Köps efter behov (inom 15 min)	+/- 10 %/ sekund (givet standby) *
Uthållighet	30 s (alt 5 s)	1 h	20 min	1 h	1 h	
Repetierbarhet	Återaktivering inom 15 min					

⁹⁵ SvK, 2021. "Frekvenshållningsreserv störning (FCR-D)". Tillgänglig på:

<https://www.svk.se/aktorsportalen/systemdrift-elmarknad/information-om-stodtjanster/fcr-d/>

⁹⁶ SvK, 2021. "Utveckling av ny stödtjänst: FR-D nedreglering". Tillgänglig på: <https://www.svk.se/utveckling-av-kraftsystemet/systemansvar-elmarknad/utveckling-av-ny-stodtjanst-fcr-d-nedreglering/>

⁹⁷ SvK, 2021. "Information om stödtjänster". Tillgänglig på: <https://www.svk.se/aktorsportalen/systemdrift-elmarknad/information-om-stodtjanster/>

⁹⁸ Ibid

⁹⁹ Detta är förutsättningarna idag som kan komma att förändras i samband med Nordic Balancing Model (NBM) som presenteras med utförligt i avsnittet för de nordiska förutsättningarna

¹⁰⁰ Elektrolysörmodellen är Siemens The Silyzer 300

Ersättning	Marginalpris	Energi: marginalpris Kapacitet: pay as bid	Kapacitet: pay as bid	Energi: marginalpris Kapacitet: pay as bid	Energi: pay as cleared vid avrop för balansreglering , pay as bid vid specialreglering	
-------------------	--------------	---	--------------------------	---	---	--

* Om elektrolysören är avstängd tar det exempelvis för en av dagens etablerade produkter cirka 1 minut att starta upp varefter given aktiveringstid gäller.

De produkter på balansmarknaderna som anses vara bäst lämpade för elektrolysörer (med dagens förutsättningar på marknaden) är FCR-D och FCR-N¹⁰¹. Att delta på någon av FRR-marknaderna kräver konstant tillgänglighet och därför större produktionsskillnader, vilket i sin tur medför större kapacitetsbehov för flexibilitet i vätgasanläggningen och högre kostnader. Med hänsyn till att både dagens balansmarknad och sektorskopplingen vätgas-el fortfarande är marknader och tekniker i sin linda kommer dialog med SvK och andra berörda aktörer vara en viktig del i utvecklingen av exempelvis ersättningsmodeller.

Flexibel elanvändning är ytterligare en systemtjänst som vätgasproduktion kan bistå elsystemet med under flera tidshorisoner¹⁰². Flexibel elanvändning innebär att vätgasproduktion flexibelt anpassas efter förutsättningar på den fysiska elmarknaden¹⁰³. Exempelvis kan industrier med elektrolysör-anläggningar ha möjlighet att anpassa sin produktion till när elpriserna är låga (överskott i systemet) för att sedan lagra vätgasen och använda vid tillfälle då elpriserna är höga¹⁰⁴.

Behovet av flexibel elanvändning kommer bli allt större med ökad andel intermittent elproduktion i kraftnäten. Vätgaslager är således en möjliggörare för ett förnybart elsystem precis som ökad förnybar elproduktion krävs för att det aktuella vätgasbehovet ska kunna tillgodoses (förutsatt vätgas produceras med elektrolysörer). Vätgasproducenter lämpar sig extra väl beror på vätgasens storskaliga och långvariga lagringsförmåga jämfört med el. Vidare kommer vätgas med höga planerade volymer (se 4.1.3 för vätgasanvändning i Sverige) genom sin flexibilitet vara en avgörande faktor när utbud och efterfrågan möts på elmarknaden¹⁰⁵. Vätgaslager med flexibel produktion och användning kan således bidra till att jämna ut elpriserna tack vare vätgasens lagringsmöjlighet. Värt att notera är att industrins incitament till flexibel elanvändning även beror på priset på producerade varor. Exempelvis, om det råder höga elpriser samtidigt som stålpriset står högt kommer inte stål- och järnindustrin minska sin elanvändning eftersom de kan acceptera höga energikostnader i en sådan situation.

Idag finns inte några specifika krav för att ansluta flexibel vätgasproduktion till elnätet, med eller utan lager utöver allmänna anslutningsregler¹⁰⁶. I och med

¹⁰¹ Energiforsk, 2021. *Sektorskoppling för ett mer effektivt energisystem*. Tillgänglig på: <https://energiforsk.se/media/29722/sectorskoppling-for-ett-mer-effektivt-energisystem-energiforskrapport-2021-764.pdf>

¹⁰² Vätgas Sverige, 2021. *Vätgas som energilager*. Tillgänglig på: [Vätgas som energilager – Vätgas Sverige \(vatgas.se\)](https://vatgas.se)

¹⁰³ Regeringen, 2022: *Nationell strategi för elektrifiering – en trygg, konkurrenskraftig och hållbar elförsörjning för en historisk klimatomställning*. Tillgänglig på: <https://www.regeringen.se/48fe15/contentassets/d6a6d34c455c4f13be990fb835895718/atgarder-i-en-nationell-strategi-for-elektrifiering>

¹⁰⁴ Vätgas Sverige, 2021. *Vätgas som energilager*. Tillgänglig på: [Vätgas som energilager – Vätgas Sverige \(vatgas.se\)](https://vatgas.se)

¹⁰⁵ SvK, 2021. *Långsiktig Marknadsanalys 2021*. Tillgänglig på: <https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2021/langsiktig-marknadsanalys-2021.pdf>

¹⁰⁶ Intervju med SvK den 3:e december 2021

elsystemets egna utmaningar anser även Svenska kraftnät att det i framtiden kommer krävas flexibla elnätsanslutningar (där även kunden har vissa skyldigheter gentemot elnätet eller ges incitament för att erbjuda flexibilitetstjänster), speciellt för aktörer likt vätgasproducenter som förväntas använda stora mängder el och kan lagra energi. Vidare ser Svenska kraftnät exempelvis en risk i att det inte kommer att vara ekonomiskt försvarbart att dimensionera elnätet om elektrolysörer överdimensioneras storskaligt utan säkerställande av flexibilitet. Hur specifika upplägg kommer att se ut för elektrolysörsanläggningar är under utveckling där ett exempel kan vara att ge stöd för att investera i anslutna vätgaslager¹⁰⁷.

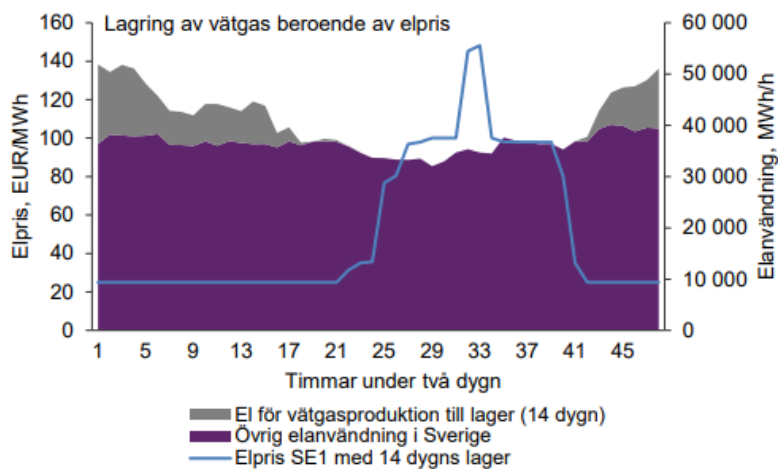
Ett alternativ till flexibel elanvändning kopplat till den fysiska elmarknaden är lokala flexibilitetsmarknader¹⁰⁸. I stället för att förhålla sig till elhandel har elektrolysörsanläggningar möjlighet att sälja sin flexibilitet till elnätsägaren för att hantera exempelvis flaskhalsar eller kapacitetsproblem. Tack vare elektrolysörers snabba responstid sig tekniken väl för stödtjänsten då bud kan ske med kort varsel.

De aktörer vilka anses ha potential för att bistå kraftnätet med stödtjänsterna beskrivna ovan är främst industrier, exempelvis järn- och stålindustrin, eller mindre aktörer med eller utan aggregatorer beroende på anläggningens storlek. Svenska kraftnät har i sin Långsiktiga Marknadsanalys 2021 simulerat ett scenario med ett fjorton dagars stort vätgaslager och hur detta påverkar den nationella elanvändningen¹⁰⁹. I Figur 4-5 ses ett exempel över två dagar i januari där Sveriges totala elanvändning (lila) visas mot elpriset i SE1 med ett 14 dygns vätgaslager (blå linje) och vätgaslagrets flexibilitet gentemot elpriset (grått). Vätgaslagrets flexibilitet gör att den totala elanvändningen (lilla och grått) blir lägre vid höga elpriser. Vidare har LKAB angett att deras simuleringar av ett fjorton dygns vätgaslager skulle kunna räcka för att balansera hela det nordiska elsystemet, utöver att täcka bolagets egna behov.

¹⁰⁷ Energiforsk, 2021. *Sektorskoppling för ett mer effektivt energisystem*. Tillgänglig på: <https://energiforsk.se/media/29722/sectorkoppling-for-ett-mer-effektivt-energisystem-energiforskrapport-2021-764.pdf>

¹⁰⁸ SvK, 2021. *Lokala flexibilitetsmarknader*. Tillgänglig på: <https://www.svk.se/utveckling-av-kraftsystemet/systemansvar--elmarknad/lokala-flexibilitetsmarknader2/>

¹⁰⁹ SvK, 2021. *Långsiktig Marknadsanalys 2021*. Tillgänglig på: <https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2021/langsiktig-marknadsanalys-2021.pdf>



Figur 4-5 Simulerat exempel på den nationella elanvändningen med ett fjorton dagars stort vätgaslager samt förhållandet till elpriset i SE1¹¹⁰

4.1.6 Distribution/lagring

Infrastruktur för vätgas eller metan som komplement till elsystemet

Ett gasnät innehar egenskaper vilka kan komplettera ett elnät, exempelvis möjliggöra stora effektöverföringar, samt erbjuda lagringsmöjligheter och flexibilitet. Egenskaperna liknar dem som redogjorts för under "Stödtjänster genom elektrolys och vätgaslager" i avsnitt 4.1.5. Att transportera energi i form av vätgas i vätgasnät är även uppskattningsvis två till fyra gånger billigare än att transportera energin i form av el (även off-shore).¹¹¹

Vidare ställer regelverk såsom elmarknadsdirektivet¹¹² och elmarknadsförordningen¹¹³ (vilka förklaras i avsnitt 6.1.4) krav på att energilagringanläggningar ska kunna leverera stödtjänster och vara en aktör på elmarknaden, vilket ytterligare stärker sektorskopplingen el-vätgas.

4.1.7 Användning

Kopplingar mellan olika användarsektorer

Vätgas är en möjliggörare för aktörer att erbjuda nya tjänster. Ett energibolag som börjar producera vätgas för att försörja en industri skulle kunna välja att producera extra vätgas för användning i transportsektorn, till exempel. Eller om en tankstationsaktör vill producera egen vätgas från el kan restvärmen potentiellt säljas till ett närliggande värmenät. En kommersiell fastighetsägare med större taktytor lämpliga för solceller kan exempelvis producera vätgas till sina kunders fordon, och samtidigt utnyttja restvärmen i sina fastigheter.

¹¹⁰ SvK, 2021. *Långsiktig Marknadsanalys 2021*. Tillgänglig på: <https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2021/langsiktig-marknadsanalys-2021.pdf>

¹¹¹ Creos, DESFA, Elering, Enagás, Energinet m.fl., 2021, *Analysing future demand, supply, and transport of hydrogen*, Tillgänglig på: https://gasforclimate2050.eu/wp-content/uploads/2021/06/EHB_Analysing-the-future-demand-supply-and-transport-of-hydrogen_June-2021_v3.pdf

¹¹² Elmarknadsdirektivet. (EU)2019/944.

¹¹³ Elmarknadsförordningen. (EU) 2019/943.

Elproduktion genom vätgas

Sektorskopplingen elproduktion genom vätgas sker i två omvandlingssteg. I det första används el till att producera vätgas genom elektrolysörer¹¹⁴. Vätgasen lagras för att sedan i steg två producera el genom gasturbiner eller bränsleceller. Med vätgas som energibärare i stället för el uppstår lagringsmöjligheter även under längre tidshorisonter. Jämfört med dagens batterier som har en lagringskapacitet som stäcker sig över timmar och dygn kan vätgas lagras från tim- till säsongsnivå. Nackdelen är att omvandlingsförlusterna blir stora med flera steg. Den totala verkningsgraden (från el till lager till el) uppgår till cirka 33–43 %. Gasturbiner är en mogen teknik och används i hög utsträckning för spetslastproduktion i dagens elnät men med fossil gas¹¹⁵. Vätgasdrivna gasturbiner är idag en icke-etablerad teknik men ett område med snabb utvecklingstakt vilket beskrivs vidare i Kapitel 5. För att en övergång till vätgas ska ske krävs det att vätgasdrivna gasturbiner eller bränsleceller blir konkurrenskraftiga gentemot befintliga tekniker. Sådana styrmedel finns delvis på plats, exempelvis höjda priser på koldioxid. Vidare saknas förnybara alternativ (utom möjligen biogas). Sektorskopplingen förväntas realiseras successivt under en övergångsperiod där gasturbiner förses med en allt högre grad vätgas i takt med investeringskostnaden sjunker¹¹⁶.

En fördel med vätgas är, som nämnt ovan, att elproduktion genom vätgas kan användas för säsongslagring av el, trots den låga verkningsgraden jämfört med andra energilagringstekniker¹¹⁷. Vätgas kan också produceras flexibelt, med hänsyn till elpriset och då bidra med användarflexibilitet som reducerar effektoppar i elsystemet, vilket har beskrivits mer ingående i avsnittet för "Stödtjänster genom elektrolysörer och vätgaslager" i avsnitt 4.1.5. Tekniklösningen har även potential att tillämpas vid punkter i elnäten med lokala kapacitetsproblem som skulle ta många år att åtgärda. En ekonomisk förutsättning är att det finns tillgång till billig vätgas¹¹⁸.

Gasturbiner kan bidra på flera sätt till elsystemet, dessa finns sammanställda sett till potential från 2020 till och med efter 2040 i Tabell 4-8¹¹⁹. Exempelvis kan gasturbiner tillämpas för störnings- och effektreserven, flaskhalshandling för distributionsnät och på den fysiska marknaden idag. I samband med kärnkraftens avveckling kan även gasturbiner som reglerresurs bli kostnadseffektivt vid kall väderlek enligt Tabell 4-8, detta blir aktuellt under 2020-talet.

¹¹⁴ Energimyndigheten, 2021. Förslag till Sveriges nationella strategi för vätgas, elektrobränslen och ammoniak. ER 2021:34

¹¹⁵ Energiforsk, 2021. *Sektorskoppling för ett mer effektivt energisystem*. Tillgänglig på: <https://energiforsk.se/media/29722/sectorskoppling-for-ett-mer-effektivt-energisystem-energiforskrapport-2021-764.pdf>

¹¹⁶ Ibid

¹¹⁷ Energiforsk, 2019. "Gas för flexibilitet i kraftproduktion". Tillgänglig på: <https://energiforsk.se/program/nordeuropeiska-energiperspektiv-nepp/rapporter/gas-for-effektflexibilitet-i-kraftproduktion-2019-616>

¹¹⁸ Energimyndigheten, 2021. Förslag till Sveriges nationella strategi för vätgas, elektrobränslen och ammoniak. ER 2021:34

¹¹⁹ Energiforsk, 2021. *Gas för effektflexibilitet i kraftproduktion*. Tillgänglig på: <https://energiforsk.se/program/nordeuropeiska-energiperspektiv-nepp/rapporter/gas-for-effektflexibilitet-i-kraftproduktion-2019-616/>

Tabell 4-8 Gasturbiners primära roll i framtidens elsystem samt över olika tidshorisonter. 2020+: Efter avveckling av Ringhals 1 och 2, 2040+: Ett 100% förnybart elsystem¹²⁰

Område och ansvar	Idag	2020+	2030	2040+
Störningsreserv – SvK	Ersätter olja för gasturbiner	Ersätter olja för gasturbiner	Ersätter olja för gasturbiner	Utökning med gasförsörjda GT
Effektreserv – SvK	Ersätter olja för gasturbiner	Ersätter olja för gasturbiner	Nya resurser i reserven	Nya resurser i reserven
Flaskhalshantering – TSO (Svk)	-	-	-	Vid kall väderlek i SE3
Flaskhalshantering - DSO	Vid lokal kapacitetsbrist	Vid lokal kapacitetsbrist	Vid lokal kapacitetsbrist	Vid lokal kapacitetsbrist
Dagenföre-/intradagsmarknad – Nord Pool	Inte lönsamma som spetslast i dagens marknad	Inte lönsamma som spetslast i dagens marknad	Ett fåtal timmar, tveksam lönsamhet	Ett hundratal timmar, tveksam lönsamhet
Balansmarknader – SvK	-	Vid mycket kall väderlek	Vintertid	Vintertid
Elberedskapsförmåga – SvK	Kan hanteras av störningsreserven	Behöver säkerställas av andra resurser	Behöver säkerställas av andra resurser	Behöver säkerställas av andra resurser

Restflöden

Värme: Alla energiomvandlingar betyder förluster i någon form och ofta är det värme som bildas. De två tekniker för elektrolysörer som används på marknaden idag är PEM och alkaliska elektrolysörer. Högtemperatur-elektrolysörer, tex SOEC, står under utveckling, men förväntas inte nå kommersialisering än på flera år. PEM och alkaliska elektrolysörer har typiska verkningsgrader mellan 65–85 % och arbetstemperaturer i intervallet 55–85 °C. Det är främst värme i det högre intervallet som är användbar för koppling till fjärrvärmenät.

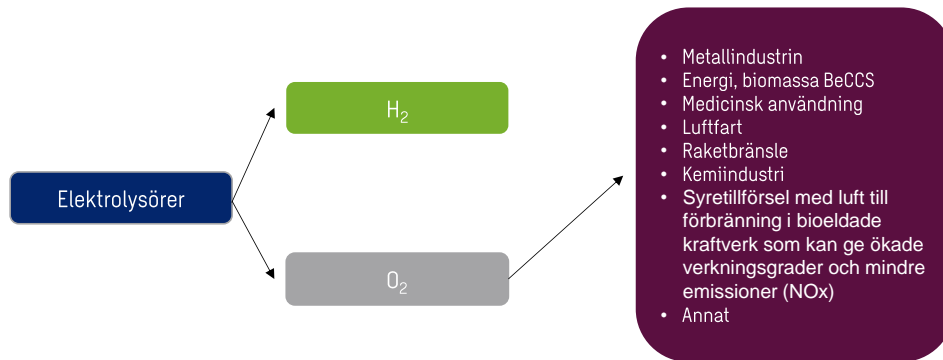
Temperaturerna i de svenska fjärrvärmenäten varierar för olika orter och det är bara för ett fåtal som denna restvärme kan göra nytta när det är som kallast ute¹²¹. Notera att det uppstår en ytterligare temperaturförlust i värmeväxlingen till fjärrvärmenätet. Detta betyder att nyttan den avgivna värmen kan göra måste värderas från plats till plats och för vilken specifik användning som är möjlig, även andra applikationer än fjärrvärme är möjlig. Med nya tekniker såsom lågtemperaturvärmesystem och billigare värmepumpar kan återvinningen av värme bli mer intressant.

Syre: Vid produktion av vätgas via elektrolys spjälkas vatten, H₂O, till vätgas, H₂ och syrgas, O₂. Det produceras viktjämnt cirka åtta gånger mer syrgas än vätgas vid denna spjälkning. Syrgas är en produkt som handlas på marknaden även om det idag finns ett mindre antal leverantörer i Sverige. Swecos bedömning är att syrgasens värde kommer att förändras över tid i takt med att vätgasproduktionen ökar vilket tillgängliggör mer syre på marknaden, och att utveckling av syreanvändning därmed kan ta fart för fler applikationer.

¹²⁰ Energiforsk, 2021. Gas för effektflexibilitet i kraftproduktion. Tillgänglig på: <https://energiforsk.se/program/nordeuropeiska-energi-perspektiv-nepp/rapporter/gas-for-effektflexibilitet-i-kraftproduktion-2019-616/>

¹²¹ Kinnander, 2022. Energy efficiency and profitability of an alkaline electrolyzer with heat and oxygen recovery. Lund University

I Figur 4-6 visas exempel på syrgasanvändning idag och områden där syrgas kan komma att användas helt enkelt för att det uppstår en tillgång lokalt, tex som tillsättning tillsammans med luft i förbränningsanläggningar av bioenergi.



Figur 4-6 Översikt av exempel på användningsområden för syre¹²²

¹²² Almqvist, E. 2003. *History of industrial gases*. New York, Springer Science

4.2 Förutsättningar för vätgasens utveckling i övriga Norden

Områden för Ei och berörda aktörer att genomföra djupare analyser och arbete inom:

- Dra nytta av Danmarks tillsynsmyndighets arbete med reglering av gasnät, tillståndsprocesser och energiöar
- Samarbeta med Finlands tillsynsmyndighet och deras behov av sektorskoppling el till vätgas och eventuella vätgasnät över landsgränser, och energiöar
- Dra lärdom av Norges nationella pilotprojekt av vätgasdrivna färjor och hamnar för internationella vätgasmarknader

Regelverk som behöver anpassas och utvecklas:

- Utforma gemensamma europeiska regelverk anpassat för vätgas inom internationella områden så som hamnar

Det svenska el- och energisystemet är sammankopplat med samtliga länder i Norden och det är därför intressant att genomföra en djupdykning sett till förutsättningarna för vätgas i Norge, Finland och Danmark både idag och framåt.

Trots den geografiska närheten skiljer sig förutsättningarna för energiproduktion mellan länderna, vilket i sin tur gör att vätgas förväntas spela olika roller i olika länder. Med det sagt har samtliga nordiska länder ambitiösa klimatmål och god tillgång till naturresurser och Norge samt Danmark satsade tidigt på vätgas. I Nordic Energy Researchs senaste rapport presenteras en gemensam modell för vätgasdistribution som en viktig framgångsfaktor för den nordiska utveckling som är direkt kopplat till en större internationell vätgasmarknad¹²³. Vidare lyfts vikten av samarbete inom regelverksutvecklingen för ett nordiskt distributionssystem. Ett utvidgat nordiskt samarbetet pågår redan på elnätssidan genom projektet Nordic Balancing Model (NBM) som anpassar balanseringen av det nordiska elsystemet för exempelvis ökad intermittent elproduktion¹²⁴.

Nedan följer en jämförelse av vätgasens utveckling i Norge, Finland och Danmark samt identifierade viktiga implikationer för Ei. Respektive lands förutsättningar beskrivs utifrån vätgasens värdekedja i form av produktion, distribution och lagring samt användning i kombination med redogörelse av regelverk.

Tabell 4-9. Jämförelse av vätgasens utveckling och nationella arbete i Norge, Finland och Danmark främst baserat på intervjuer med vätgasexperter i respektive land

	Finns en nationell vätgasstrategi	Ses sektorskopplingar till elsystemet som nödvändigt enligt intervjuad nationell expert?	Förväntas ett nationellt vätgasnät enligt intervjuad nationell expert	Anses tillståndsprocesser vara ett hinder enligt intervjuad nationell expert?	Primära finansärer
Norge	Ja	Nej	Nej	Ja	Staten
Finland	Nej	Ja	Nej	Ja	Staten

¹²³ Nordic Energy Research, 2022. *Hydrogen, electrofuels, CCU and CCS in a Nordic context*.

¹²⁴ Nordic Balancing Model, 2021. *Nordic Balancing Model*. Tillgänglig å: <https://nordicbalancingmodel.net/>

Danmark	Nej (men finns en PtX-strategi)	Ja	Ja	Nej	Privata aktörer/Statens
---------	---------------------------------	----	----	-----	-------------------------

4.2.1 Norge

För vätgasproduktion är det främst fossilbaserad vätgas med avskiljning av koldioxid som anses aktuellt för Norge i dagsläget. Vätgasproduktionssiterna behöver därför vara anpassade för koldioxidavskiljningsanläggningar, vilket reducerar antalet lämpliga lokaliseringar för de första vätgasklustren att växa fram. En av de platser som är aktuella är beläget utanför Bergen, i samlokalisering med den befintliga CCS-anläggningen¹²⁵. Ytterligare en aktuell typ av lokalisering för vätgaskluster är i anknytning till kemiindustrier. I Norge finns en trend för mindre öar med liten befolkning att använda bränsleceller i stället för dieselgeneratorer.

Norge har inget nationellt gasnät, däremot är landet en stor exportör av naturgas till bland annat Storbritannien. Det finns planer på att uppnå en viss inblandning av vätgas i gasledningen som förbinder länderna. En potentiell distributionsutveckling anses koppla till den pågående industriutvecklingen i Sverige, via järnväg och genom vätgasproduktion i Narvik. Vidare har aktörer i Japan visat intresse för att investera i vätgasproduktion i Norge för att sedan via skepp frakta till Japan. Anledningen till intresset är dels tillgången till stora landytor, dels goda vindkraftresurser.

Vätgaskluster förväntas utvecklas i snabb takt då det finns en stor efterfrågan inom både transportsektorn och industrin. Det finns även en tydlig styrning från politiken att det är just vätgaskluster som det ska satsas på i Norge snarare än en gasnätsstruktur.

Användning och behov av vätgas i Norge förväntas huvudsakligen utgöras av transport- och industrisektorn¹²⁶. Lokalisering av kluster planeras, som det ser ut nu, i anknytning till hamnar då den maritima energiomställningen kommer kräva stora mängder vätgas.

Att sjöfart är internationellt betingat bedöms dock försvåra regelverksprocessen och medföra långa ledtider vilket av intervjuad expert bedöms kunna påverka vätgasens utveckling. På nationell- respektive EU-nivå sker viss reglering och initiativ finns för att ställa om från fossilt. Redan i dag finns en norsk färja som agerar försökskanin till regelverksutvecklingen kring vätgas och maritimsektorn¹²⁷. Pilotprojektet är finansierat av den norska staten för att i framtiden ha möjlighet att minimera riskerna för privata aktörer. Det största hindret som identifierats i projektet är tidsåtgången för tillstånd. Vidare planeras en helt vätgasdriven rutt i Lofoten till 2025 och i dagsläget har fyra konsortium positionerat sig för att vinna kontraktet¹²⁸. Denna typ av pilot- och utvecklingsprojekt samt kunskapen de bidrar med är något som Sverige kan dra nytta av genom utökat internationellt samarbete. Norge är idag inte ett industritungt land men ett "industrioptimistiskt", i denna utveckling förväntas vätgas spela en viktig roll.

¹²⁵ Invest in Bergen, 2021. *Plans to create clean hydrogen in Greater Bergen*. Tillgänglig på: <https://www.investinbergen.no/news/plans-to-create-clean-hydrogen-in-greater-bergen/>

¹²⁶ Norwegian Ministry of Petroleum and Energy, 2020. *The Norwegian Government's hydrogen strategy*. Tillgänglig på: <https://www.regjeringen.no/en/dokumenter/the-norwegian-governments-hydrogen-strategy/id2704860/>

¹²⁷ Offshore Energy, 2021. *Worlds first hydrogen-powered ferry delivered*. Tillgänglig på: <https://www.offshore-energy.biz/worlds-1st-hydrogen-powered-ferry-delivered/>

¹²⁸ H2 View, 2021. *Norwegian hydrogen ferry to operate between Bodø and Lofoten from 2025*. Tillgänglig på: <https://www.h2-view.com/story/norwegian-hydrogen-ferry-to-operate-between-bodo-and-lofoten-from-2025/>

Den flexibilitetspotential som vätgas bedöms kunna bistå elsystemet med i andra länder, är i Norge redan till stor del redan säkerställd genom landets vattenkraft ¹²⁹. Det bedöms därmed finnas mindre konkurrensfördelar och motiv för vätgasproducenter att bidra med flexibilitet i Norges elsystem.

4.2.2 Finland

Finland har som mål att vara koldioxidneutrala till 2035, och vätgas förväntas spela en avgörande roll i denna omställning. Det finns ännu ingen nationell vätgasstrategi men arbetet bedöms komma att initieras inom de närmsta åren som en integrerad del av den nationella klimatstrategin. Däremot har flera finska sektorer och aktörer utvecklat egna scenarier för vätgasens utveckling de kommande åren¹³⁰. Trots detta är större planerade projekt relativt få i jämförelse med exempelvis Sverige. Anledningen bedöms av intervjuad expert vara det höga priset på elektrolysörer där lönsamhet endast finns för raffinaderier sett till dagens förutsättningar. Det finns ett dussintals produktionsanläggningar för vätgas i Finland, dels där vätgas är primärprodukt, dels där det är en biprodukt.

Sett till distribution förväntas inget större vätgasnät byggas utan lokala kluster är den utveckling som förutsås. Mindre ledningar mellan industrier finns redan idag. Dessutom finns ett mindre naturgasnät runt Helsingfors. Mycket av utvecklingen kopplat till vätgasinfrastruktur i Finland bedöms av experten komma att bero på vätgasens utveckling i Sverige, till stor del med anledning av de stora industrisatsningar som pågår i norra Sverige. Om omställningen till grönt stål lyckas kommer den få stor påverkan på elmarknaden vilket öppnar upp för produktionsmöjligheter i Finland.

De största användarna är industrier, främst raffinaderier och biobränsletillverkare, tillsammans med transportsektorn. Dessa användare förväntas även de kommande åren stå för en fortsatt hög andel av vätgasanvändningen. Gällande sektorskopplingar anses vätgasen bli en viktig spelare på den finska elmarknaden och den finska TSO:n Fingrid har arbetat för att anpassa sig efter marknadens omställning för att uppnå så pass låga kostnader som möjligt. I samband med Finlands nya kärnkraftsreaktor (som tas i drift under 2022¹³¹) bedöms nya möjligheter för elektrolysörer och flexibel vätgasproduktion uppkomma.

4.2.3 Danmark

I dagsläget har den danska regeringen endast initierat en PtX-strategi men inte en renodlad nationell vätgasstrategi. Stor tillit sätts till en naturlig marknadsutveckling, en utveckling som bedöms vara i full gång. Danmark som målsättning att nå 70 % minskade CO₂-utsläpp till 2030¹³² där PtX förväntas spela en avgörande roll i omställningen.

Förutsättningar för en stark vätgasutveckling finns, genom en hög andel förnyelsebar energi från sol och vind. Vidare finns, precis som i Norge, en

¹²⁹ Norwegian Ministry of Petroleum and Energy, 2020. *The Norwegian Government's hydrogen strategy*. Tillgänglig på: <https://www.regjeringen.no/en/dokumenter/the-norwegian-governments-hydrogen-strategy/id2704860/>

¹³⁰ Business Finland, 2020. *National Hydrogen Roadmap for Finland*. Tillgänglig på: <https://www.businessfinland.fi/4abb35/globalassets/finnish-customers/02-build-your-network/bioeconomy--cleantech/alykas-energia/bf-national-hydrogen-roadmap-2020.pdf>

¹³¹ YLE, 2021. *Historisk dag för finländska kärnkraft: Olkiluoto 3 har körts i gång*. Tillgänglig på: <https://svenska.yle.fi/a/7-10010571>

¹³² Danska utrikesdepartementet, 2021. *Power-to-x and hydrogen opportunities in Denmark*. Tillgänglig på: <https://investindk.com/publications/power-to-x-and-hydrogen-opportunities-in-denmark>

efterfrågan från flera användarsektorer, bland dem industrier och transporter (sjöfart, luftfart och tunga vägbundna transporter).

Sett till distributionsförutsättningar är Danmark redan idag försett med ett rikstäckande naturgasgasnät, sammankopplat med både Sverige och Tyskland. Danmark är leverantör av naturgas tack vare fyndigheter i Nordsjön. I dagsläget finns ingen tydlig plan på en ersättning av vätgas i befintliga gasnät, utan det planeras byggas ett parallellt vätgasnät. Till skillnad från i Sverige bedöms är tillståndprocesserna betydligt kortare och dessutom har ett nationellt gasnät redan byggts en gång. Med det sagt saknas fortfarande ett fullständigt regelverk för vätgasdistribution. Ett pilotprojekt genomfördes redan 2008 i liten skala i Vestenskov med ett gasnät till 100 % bestående av vätgas.

Vätgaskluster har varit etablerade i Danmark sedan 20 år. I Köpenhamn har den privata sektorn varit drivande i utvecklingen av ett vätgaskluster där tester gjorts för bränsleceller, taxibilar och tunga transporter. I Esbjerg planeras produktion av grön vätgas med kapacitet på 1 GW till 2030, tänkt att användas till gödningsmedel och bränsle till sjöfarten. Ägare är det schweiziskt företaget H2 Energy Europe. Andra aktörer som finansierar projekt i Danmark är exempelvis Maersk och pensionsfonder.

Den danska staten är involverade i ett projekt gällande en så kallad "energiö" i Nordsjön. Pionjärprojektets syfte är att undersöka hur resurserna från havsbaserad vindkraft bäst kan tas till vara på genom en aggregator ute till havs¹³³. Energiön syfte är dels att producera förnybar vätgas som sedan säljs vidare till aktörer inom den privata sektorn för bränsleframställning¹³⁴, dels att bidra med stödtjänster till elsystemet. Ägandestrukturen är uppdelad mellan stat och privata aktörer men trots detta står den privata sektorn för 100 % av finansieringen, vilket är en tydlig indikation på starka stödsystem. Den danska staten står för 51 % av ägandet.

I Danmark har den privata sektorn till stor del drivit vätgasutvecklingen där tillit har satts till marknaden för fungerade strukturer, således har det inte funnits någon större efterfrågan på regelverk för vätgas eller på en nationell vätgasstrategi (utöver den befintlig för PtX). Med det sagt ges en viss trygghet till de aktörer som redan satsar på tekniken om det finns en tydlig nationell riktning enligt intervjuad expert. En skillnad sett till danska och svenska förutsättningar för integrerade gas- och elsystem är att det är samma TSO för de båda energisystemen, Energinet i Danmark.

¹³³ Danska Energimyndigheten, 2021. Tillgänglig på: <https://ens.dk/en/our-responsibilities/wind-power/energy-islands/denmarks-energy-islands>

¹³⁴ IEA, 2021. *Energy Island project in the North Sea*. Tillgänglig på: <https://www.iea.org/policies/11562-energy-island-project-in-the-north-sea>

5. Synergier, skillnader och likheter mellan vätgas och metan

Detta kapitel ger en översikt över potentiella synergier, skillnader och likheter mellan metan och vätgas samt en genomgång ges av vilken befintlig naturgasinfrastruktur som kan eller inte kan användas för vätgas.

Metan är den huvudsakliga beståndsdel i både naturgas och biogas. Naturgas har dock en högre andel kolväten än biogas. Konventionellt utvinns naturgas från gasfält eller i samband med oljeutvinning. Beroende på källa varierar naturgasens sammansättning. Huvudsakligen består blandningen av kolväten (energibärare), men även gaser som inte innehåller energi som exempelvis koldioxid. Användningsområdena för naturgas är främst som energibärare och som råvara¹³⁵. Beroende på hur biogasen produceras kommer den att ha olika andel metan och CO₂ inkluderat. Biogas har mindre höga kolväten än naturgas vilket gör att energiinnehållet blir något lägre per volymenhet. Biogasen behöver uppgraderas för användning i fordon, vilket innebär att CO₂ avskiljs.

De flesta gasnät i Europa och runt om i världen har förmodligen haft vätgas i sig någon gång. Från början producerades gas i lokal skala genom destillering av kol eller olja. Denna gas, känd som stadsgas, bestod vanligtvis av 50 % vätgas, med mindre mängder metan och kolmonoxid.

Med upptäckten av naturgas omvandlades många av gasnäten runt om i världen på 1960- och 1970-talen¹³⁶ till att i första hand innehålla denna gas. Detta berodde på de överlägsna uppvärmningsegenskaperna hos naturgas och för att den eliminerade farorna med kolmonoxid i människors hem. Sedan dess har naturgas varit en viktig energikälla när det gäller att tillhandahålla värme, energi till industrin och för balanseringen av elnätet i många länder.

¹³⁵ Sweco, 2014. *Vinster med gas*. Projekt beställt av Svenskt Näringsliv

¹³⁶ Tillgänglig på: <https://www.resource-innovations.com/resources/hydrogen-town-gas-industrial-gas-decarbonised-fuel>

5.1.1 Kort introduktion till distribution av metan, med fokus på rörledningar

Gasledningssystemet kan delas in i tre kategorier av nät: stamnät (på engelska "National Transmission System", NTS), regionnät (på engelska "Local Transmission System", LTS) och distributionsnät (på engelska, "Distribution System"). Det svenska naturgassystemet bygger på ett stamnät och flera distributionsnät. Sveriges stamnät är 600 km långt, och det finns totalt 3 500 km distributionsnät¹³⁷. Stamnätet på västkusten, se figur nedan, har en trycknivå på 80 bar, och distributionsnätet ett tryck strax under 4 bar.



Figur 5-1. Det svenska gasnätet på västkusten¹³⁸

5.1.2 Kort introduktion till lagring av metan

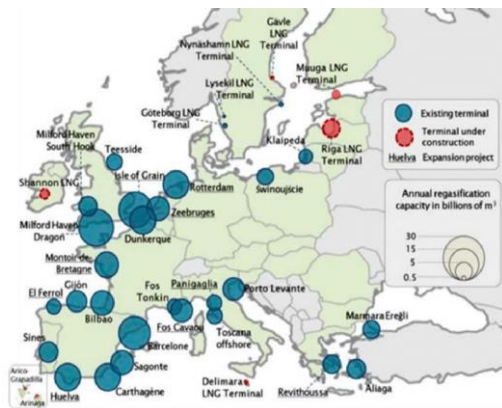
Ett lands stamnät är ryggraden i alla integrerade gasnät. Dessa högtrycksrörledningar som verkar upp till tryck på 100 bar är vanligtvis stora i diameter och kan även användas för att lagra stora volymer gas. Detta är känt som "pipelinepackning". Om Sverige bygger större vätgasledningar kan även dessa användas som en viktig lagringsmöjlighet.

I Sverige finns ett stort, konstgjort, underjordiskt naturgaslager ("Lined Rock Cavern", LRC) i Skallen i Halland. Där det är geologiskt möjligt kan akvifärer och saltgruvor användas för att lagra metan. Denna praxis är tekniskt mogen och har använts i stor skala i många decennier. Sådana geologiska lagringsmöjligheter finns inte i Sverige.

Det finns ytterligare en väl använd metod för storskalig lagring av metan, vilket är genom kondensering. Kondensering innebär att naturgas kyls till flytande tillstånd och därigenom enklare kan transporteras runt om i världen. Som framgår av figuren nedan utgör terminaler för flytande naturgas, så kallade LNG-terminaler en betydande del av Europas naturgasinfrastruktur. Sverige har tre LNG-terminaler i drift, två på västkusten och en på östkusten.

¹³⁷ Tillgänglig på: <https://www.ei.se/ei-in-english/natural-gas/the-swedish-natural-gas-system-structure>

¹³⁸ Energimyndigheten, 2021. *Förslag till Sveriges vätgasstrategi*



Figur 5-2. LNG-terminaler i Europa¹³⁹. Källa: Gucma, Maciej & Chł. (2018).

5.2 Synergier mellan vätgas och metan kopplat till produktion och distribution

Områden för Ei och berörda aktörer att genomföra djupare analyser och arbete inom:

- Relevant för Ei att utreda hur naturgaslagen fungerar vid vätgasinblandning i naturgassystemet.

5.2.1 Vätgas och metan kan produceras av varandra

Vätgas kan utvinnas ur metan, och vätgas kan vara en råvara för att producera metan.

Metan utvinns främst från gas- och oljekällor runt om i världen. Sverige importerar det mesta av sin naturgas från Danmark genom den sammanlänkande rörledningen i södra Sverige.

Metan tillhandahålls också av biogasproducenter. Biogas tillverkas genom rötning av biologiskt avfall och från gaser från deponier, reningsverk eller lantbruksindustrin. Biogas kan också tillverkas genom att bryta ner flytande biobränslen till metan genom förgasning. Biogas som uppfyller gaskvalitetsnormen kan injiceras i naturgasnätet. Biogas kan, liksom naturgas, reformeras till vätgas.

Metan kan å andra sidan också produceras från vätgas. Genom att kombinera vätgas med koldioxid är det möjligt att via en Sabatierprocess producera metan. Givet att vätgasen för processen producerats från förnybara källor räknas även produkten som förnybar. Denna process ingår i det större begreppet Power-to-gas (P2G, PtG), vilket är samma namn som används för att producera vätgas från el. Det pågår för närvarande flera projekt för att industrialisera denna process i större skala och studier har gjorts tex på Gotland 2017 där ekonomisk relevans kunnat påvisats¹⁴⁰.

¹³⁹ Gucma, Maciej & Chł. (2018). *The impact of a liquefied natural gas terminal on the gas distribution and bunkering network in Poland.*

¹⁴⁰ Mohseni, Sweco 2017

5.2.2 Synergier och skillnader vid distribution av metan och vätgas, med fokus på rörledningar

Det finns många likheter mellan hur ett distributionsnät för vätgas skulle se ut och befintliga naturgasnät. I ett svenskt sammanhang finns det flera alternativ gällande den befintliga infrastrukturen utifrån målet om koldioxidneutralitet:

1. Att fortsätta använda den befintliga naturgasinfrastrukturen för just naturgas, och att använda denna naturgas för att producera vätgas kompletterad med CCS.
2. Att använda det befintliga naturgasnätet i Sverige för att distribuera vätgas:
 - a. Med en blandning av vätgas och naturgas.
 - b. Med ren vätgas.
3. Bygga nya vätgasnät.

Många gasledningsoperatörer runt om i världen utreder för närvarande hur vätgas kan komma att påverka deras befintliga infrastruktur. Varje vägval har fördelar och nackdelar relaterat till kostnad, tidsperspektiv, nytta och säkerhet.

För rörledningar av stål är den största utmaningen materialkompatibilitet. En betydande utmaning är väteförspädning och att förstå befintliga rörledningars sårbarhet för detta. Väteförspädning innebär att vätgas löses upp i metallstrukturen och ändrar dess mekaniska egenskaper, vilket kan minska rörledningens livslängd. Olika studier genomförs för närvarande av befintliga kompressorers kompatibilitet med olika blandningar av vätgas ^{141, 142}.

För närvarande pågår även forskning om hur mycket av stamnäten och regionnäten som kan konverteras till 100 % vätgas. Utmaningarna med konvertering och behovet av försörjningstrygghet för kunderna kommer sannolikt att innebära installation av nya nationella och regionala vätgasnätverk. Om stamnätet eller regionnätet konverteras först, kommer hela städer att behöva konverteras på ett par dagar.

Gällande distributionsnätet är återanvändningspotentialen hög vid omvandling från utnyttjande från naturgas till vätgas. Moderna distributionsnätverk är vanligtvis gjorda av polymer- och elastomerbaserade material och hittills har kompatibilitetstester inte visat några problem.

Preliminära data från projektet H21 i Storbritannien¹⁴³ tyder på att om ett system inte läcker naturgas, tenderar det att inte läcka vätgas heller. Eftersom vätgas har en tredjedel av naturgasens värmevärde, krävs dock tre gånger flödet i volym för att ge samma värmevärde. Detta kan orsaka kapacitetsproblem om man använder befintlig infrastruktur där det finns hastighetsbegränsningar.

5.2.3 Synergier och skillnader vid lagring av metan och vätgas

I Sverige används idag tre olika lagringstekniker för naturgas; i ett underjordiskt lager (Skallen), i rörledningar och i flytande form. Dessa teknologier och anläggningstyper är väl beprövade för naturgas och har utvecklats över tid, vilket innebär både relevanta säkerhetsföreskrifter och tydliga driftdirektiv för

¹⁴¹ Tillgänglig på: <https://www.nationalgrid.com/uk/gas-transmission/document/133841/download>

¹⁴² Tillgänglig på:

https://extranet.acer.europa.eu/official_documents/acts_of_the_agency/publication/transporting%20pure%20hydrogen%20by%20repurposing%20existing%20gas%20infrastructure_overview%20of%20studies.pdf

¹⁴³ Intervju 2021-12-08

naturgas. Att lagra stora volymer vätgas kräver dock anpassningar eller nya föreskrifter och direktiv, mer om detta i 6.2.2 Riskhänsyn.

Med samma principer som naturgaslagret i Skallen erbjuder stora, konstruerade, underjordslager en lovande möjlighet för vätgaslagring i Sverige.

Lagring av vätgas i rörledningar – så kallad line packing - är, bortsett från vissa materialaspekter, en tekniskt möjlig lagringsmetod för vätgas.

Naturgas görs vanligen flytande både för transport och lagring i fartyg och terminaler. Naturgas har en kokpunkt på -163 °C medan väte har en kokpunkt på -253 °C. Denna betydande temperaturskillnad gällande kokpunkt innebär att det, bland annat, krävs en mycket hög isoleringsgrad för att lagra flytande vätgas. Andra utmaningar med flytande vätgas är kondensation av syre på rörtor, samt att den höga avkokningshastigheten gör att tillförsel av gas mycket noggrant måste matchas med uttag. Dessa tekniska utmaningar medför att den befintliga infrastrukturen för flytande naturgas bedöms som olämplig för vätgaslagring. Sverige har dock relativt liten LNG-användning.

5.2.4 Synergier och skillnader vid import/export av metan och vätgas

Huvuddelen av import och export av naturgas sker genom LNG-terminaler och båtar, samt genom rörledningar. Gällande rörledningar kan mer läsas ovan i avsnitt 5.2.2. Gällande LNG-terminaler finns dock de tekniska hinder för att återanvända denna naturgasinfrastruktur som nämnt i avsnitt 5.2.3, vilket gör det troligt att ny infrastruktur skulle behöva byggas för att hantera import av flytande vätgas.

5.3 Synergier mellan vätgas och metan kopplat till användning

Möjliga synergier mellan vätgas och metan beror på hur de används inom sina respektive branscher.

5.3.1 Synergier mellan vätgas och metan kopplat till transport

Det finns inga direkta synergier mellan användning av biogas och vätgas i fordon, eftersom den utrustning som används inte är korskompatibel mellan gaserna.

5.3.2 Synergier mellan vätgas och metan kopplat till industri

Idag används ofta fossila kolbaserade bränslen såsom naturgas eller gasol i industriella processer och för uppvärmning. Dessa kommer på sikt bytas ut till förnybara alternativ, där vätgas blir ett alternativ som både kan produceras förnybart och som inte ger några CO₂-utsläpp vid förbränning då det inte innehåller kol. Exempelvis arbetar Ovako i Hofors under 2021 med ett utbyte av gasol till vätgas, där ändå gasolinfrastrukturen väljs att behålla som backuplösning.

Industrin står för en minoritet av de befintliga gasanslutningarna, samtidigt som industrin är den överlägset största konsumenten av naturgas. För stora användare av naturgas finns alternativet att omvandla naturgas till vätgas före användning, och fånga in koldioxiden för lagring. För små användare är

koldioxidavskiljning idag inte en ekonomiskt gångbar lösning på grund av de höga kapitalkostnaderna.

Vid byte från naturgas eller gasol till vätgas i en industri behöver hela systemlösningen projekteras om. Brännare behöver bytas ut, en del rör skulle kanske kunna användas om de varit överdimensionerade tidigare, tillstånd och säkerhetsaspekter analyseras och anpassas på nytt. Påverkan av varje industris process behöver utredas före byte från en gas till en annan.

5.3.3 Synergier mellan vätgas och metan kopplat till energi

När det gäller värme och energi är utmaningarna och användningsområdena gällande vätgas liknande de som diskuteras gällande industrin. Där naturgas förbränns kan även vätgas förbrännas för att ge värme, men brännare kommer att behöva bedömas för lämplighet och anpassas eller bytas ut.

Naturgas används i många länder för att tillhandahålla el vid ökad belastning på elnätet (så kallade spetslastturbiner). På samma sätt kan vätgas vara en lämplig energibärare för motsvarande spetslastturbiner. Anläggningarna är i allmänhet gasturbiner som körs när det finns stor efterfrågan, och som alltså bara levererar ström ibland.

Siemens är ett av de företag som utvecklar vätgasgasturbiner med målet att ha en 100 %-ig vätgasturbin till 2030. Med en betydande vätgaslagring kan dessa anläggningar vara avgörande för att balansera efterfrågan på el mot utbud. För närvarande erbjuder Siemens de gasturbiner som visas nedan, och deras förmåga till vätgashantering visas i grafen till höger (vilken volymandel). Det kan alltså konstateras att det redan nu finns en möjlighet att använda en blandning av metan och vätgas inom kraftindustrin.

Läs vidare i kapitel 4.1.4 – där ytterligare sektorskopplingar mellan vätgas och metan beskrivs.

5.3.4 Synergier mellan vätgas och metan kopplat till fastigheter

I de flesta länder är majoriteten av anslutningarna till gasnätet hushåll. Inom bostadsbeståndet är de största användningsområdena för naturgas uppvärmning och matlagning. Liksom för industri- och energiindustrin, kommer brännare och utrustning att behöva modifieras eller bytas ut för hushållskunder.

Det har visat sig att vätgas på ett säkert sätt kan blandas in i befintlig naturgasinfrastruktur utan störande förändringar för konsumenterna upp till 20 volym-%, vilket demonstrerats av HyDeploy-projektet i nordvästra Storbritannien¹⁴⁴. Detta skulle vara ett kortsiktigt alternativ för att minska koldioxidutsläppen i gasnätet. Inblandning till en högre %-andel skulle kräva både utrustnings- och nätverksmodifieringar, vilket innebär att en 100 %-ig konvertering till vätgas i stället för inblandning idag är mer eftertraktat på flera ställen Europa.

5.3.5 Synergier mellan vätgas och metan kopplat till areella näringar

Biogas som producerats i jordbruk kan omvandlas till vätgas genom reformering. Även i Sverige har företag såsom Metacon och EcoBioFuel pekat på de miljömässiga fördelarna med detta och arbetat för utveckling av sådana

¹⁴⁴ Intervju november 2022

systemlösningar för att få ut kolet ur flödet vid användning, oavsett om i fordon eller t.ex. industriellt.

5.3.6 Metan och vätgas för användaren

Vätgas är flyktig, vilket innebär att gasen snabbt blandas upp med luft vid eventuella utsläpp. Till skillnad från metan som är tyngre, samlas vätgas och blir kvar i håligheter såsom i tak på tunnlar. Samtidigt som vätgasen är flyktig brinner den med en nästan osynlig låga, har ingen lukt och mycket låg antändningsenergi jämfört med metan. För individen och gasleverantören är säkerhetsåtgärder därför av största vikt.

Naturgas är luktsatt vilket innebär att allmänheten generellt är mycket välutbildad i att identifiera läckor. Vätgas luktsätts normalt sett inte. Problemet med om vätgas skulle luktsättas med ämnet THT som oftast används för naturgas är att det kan förgifta bränsleceller och vätgaskatalysatorer. SGN i Storbritannien har undersökt vilka luktämnen som är bättre anpassade för ett distributionsnät för vätgas, men kommit fram till att mer forskning behövs om bränsleceller ska kunna kopplas till distributionsnätet¹⁴⁵.

¹⁴⁵ Tillgänglig på: <https://sgn.co.uk/sites/default/files/media-entities/documents/2020-11/00%20Hydrogen%20Odorant%20Final%20Report%20v10.pdf>

6. Policyanalys samt regelverksanalys av dagens och kommande lagstiftning

En översikt av vilka regelverk som finns idag relaterat till vätgas och vätgaskluster, samt även vilka som kan komma att påverkas och eventuellt tillkomma i takt med att vätgasen introduceras. I denna del analyseras även regelverk kopplade till naturgas och hur regleringen kan komma att behöva förändras beroende på vilka förutsättningar vätgasens introduktion kräver, samt vad som är tekniskt och regelmässigt möjligt. Vidare sammanställs vilka regelrelaterade hinder som kan tänkas uppkomma i takt med vätgasens introduktion, och hur Ei kan agera för att åtgärda hindren.


6.1 Policyanalys




Detta kapitel ger en översikt över nuvarande och kommande policy kopplat till vätgas. Det innefattar både strategier (såsom EU:s vätgasstrategi), bindande lagstiftning såsom de olika direktiv som ingår in EU:s satsning för att nå det högre klimatmålet "Fit for 55" samt indikativ som finns för att "pusha marknaden" mot mer hållbar såsom taxonomin.

Även befintlig lagstiftning/lagstiftning som nu implementeras påverkar vätgas. Som exempel kan nämnas elmarknadsdirektivet och elmarknadsförordningen. Dessa ställer krav på att energilagringanläggningar ska kunna leverera stödtjänster och vara en aktör på elmarknaden, vilket ytterligare stärker sektorskopplingen el-vätgas.

En sammanställning av ny och kommande EU-policy och hur den bedöms påverka förutsättningarna för vätgas visas i Tabell 6-1.

Tabell 6-1. Översikt av EU-policy och hur den påverkar förutsättningarna för vätgas. Källa: EU-kommissionen, Sweco

Policy/styrmedel	Beskrivning	Påverkan vätgas
EU:s vätgasstrategi	EU:s vätgasstrategi tydliggör vikten av vätgas i Europa och beskriver vilka satsningar som bör göras för att möjliggöra framväxten av grön och kostnadseffektiv vätgas i EU.	

Översyn av EU:s utsläppshandelssystem (EU ETS)	Fri tilldelning av utsläppsrätter föreslås för grön vätgasproduktion för att göra utjämna marknadsvillkoren med naturgasbaserad vätgasproduktion som idag får viss fri tilldelning. Vätgas bedöms även kunna få stöd genom innovationsfonden som finansieras via EU ETS. Kommissionen föreslår även att det nuvarande EU ETS utvidgas till att omfatta delar av sjöfart. Därutöver föreslår kommissionen att ett separat utsläppshandelssystem införs för vägtransporter och byggnader. Att kostnaderna för fossil energianvändning i bebyggelse, transportsektor och sjöfart ökar främjar alternativ såsom förnybar vätgas.	
Översyn av direktivet om förnybar energi (RED)	MS ska säkerställa att 50 % av industrins vätgasanvändning utgörs av förnybara bränslen av icke-biologiskt ursprung (rfnbo:s, såsom vätgas producerad av el). Rfnbo:s, som används inom flyg eller sjöfart undantas, och där ska rapporteringen av använd mängd räknas upp gånger 1,2 (energiinnehåll). Samtidigt föreslås ett nytt bindande delmål, om att varje medlemsstat ska uppnå en andel om minst 2,6 procent rfnbo:s i transportsektorn.	
Ändring av förordningen om fastställande av normer för koldioxidutsläpp för personbilar och lätta lastbilar	Ändring av förordningen om fastställande av normer för koldioxidutsläpp för personbilar och lätta lastbilar förbjuder försäljningen av lätta fordon med förbränningsmotor efter 2035. Detta gör att bilar med direktelektrifiering och vätgas premieras (lätta fordon bedöms dock främst direktelektrifieras).	
Översyn av energiskattedirektivet (ETD)	Minimiskatten för rfnbo:s sätts till 0,15 EUR/Gigajoule, vilket är den lägsta skattesatsen som föreslås. Även koldioxidsnål vätgas kommer ligga under denna skattesats under en övergångsperiod. Minimiskatten sätts även till noll för förnybar vätgas som används i flyg och sjöfart. Undantag från energibeskattnin för övriga bränslen fasas stegvis ut under en tioårsperiod, vilket främjar bland annat förnybar vätgas.	
Initiativen ReFuelEU, luftfart, och FuelEU, sjöfart, för hållbart flygbränsle och ett grönt europeiskt sjöfartsområde	De föreslagna direktiven syftar till att begränsa de fossila utsläppen från luftfart och sjöfart kan därför sägas stärka vätgasens roll.	
Ändring av direktivet om utbyggnaden av infrastrukturen för alternativa bränslen (AFIR)	Förslaget innehåller bindande mål när det gäller utbyggnad av tankställen för vätgas. Medlemsstaterna ska säkerställa att det senast 31 december 2030 finns tankställen för vätgas längs det transeuropeiska transportnätet (TEN-T) och vid urbana knutpunkter. Avståndet mellan tankställena får vara som mest 150 km och de måste uppfylla en särskild angiven minimikapacitet. Det ska även finnas kapacitet för flytande vätgas, och stationerna ska kunna hantera både lätta och tunga fordon.	
Taxonomi	Gränsen för utsläpp från vätgasproduktion har satts till 3 ton CO ₂ per ton vätgas (över livscykel), vilket tydligt främjar grön vätgas. Det bör dock vara möjligt även för blå respektive turkos vätgas att klassas som godkända enligt taxonomi. Elproduktion från förnybar vätgas anses vara i linje med taxonomi om den är under gränsen 100 g CO ₂ per kWh.	
EU:s gasmarknadspaket	EU:s gasmarknadspaket identifierar hinder och möjligheter för vätgas och beskriver regelverksförändringar och satsningar som bör göras för att möjliggöra framväxten av grön och kostnadseffektiv vätgas i EU.	
Elmarknadsdirektivet och elmarknadsförordningen	Syftar till gemensamma regler på den europeiska inre marknaden för el. Ei har en viktig roll kopplat till implementeringen av elmarknadsdirektivet och elmarknadsförordningen i Sverige. Regelverken tydliggör vikten av öppenhet, transparens och teknikneutralitet. Regelverket möjliggör för integration av förnybar energi genom harmoniserade krav och regelverk för kapacitetsmarknader. Vidare innehåller det regler kring på vilket sätt energilagringsanläggningar har rätt att delta vid upphandling och kvalificering av stödtjänster.	

Som kan ses i tabellen bedöms samtliga analyserade policydelar ge en positiv inverkan på vätgasens utveckling. Viss pågående policyutveckling som inte bedöms påverka vätgas har uteslutits ur tabellen. EU:s intresse för att främja vätgas förbättrar kontinuerlig förutsättningarna för vätgas. EU:s vätgasstrategi har beskrivits i kapitel 3.

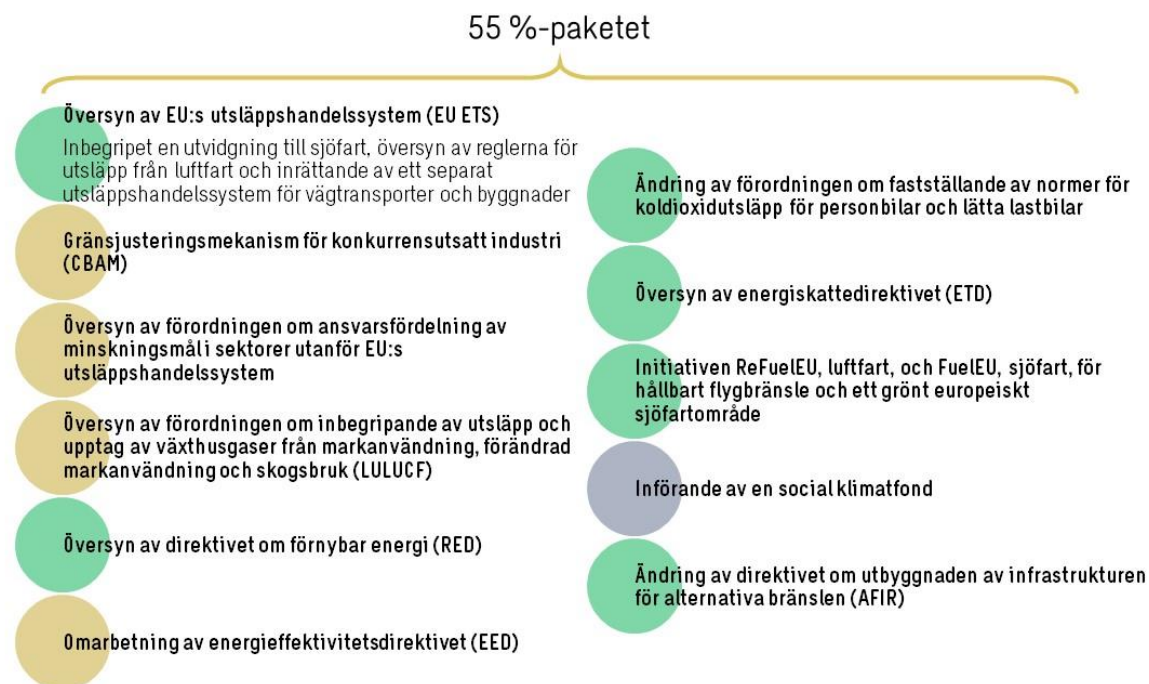
6.1.1 Fit for 55 (juli 2021) och dess implikationer för Sverige/Ei

Områden för Ei och berörda aktörer att genomföra djupare analyser och arbete inom:

- Relevant för Ei att bevaka och följa utvecklingen av förslagen i fit for 55-paketet
- Lagstiftningsutvecklingen inom fit for 55-paketet förväntas ha stor betydelse för vätgasens utveckling i EU och i Sverige. Beroende på vilket sätt och i vilken grad vätgas främjas kommer det därför att påverka Ei. Vätgasens roll och vätgasmarknadens storlek i Sverige kommer att ha betydelse för områden som Ei verkar inom såsom behovet av koncession på vätgasinfrastruktur, tariffer, intäktsramsreglering, transparens och icke-diskriminering. Dock har inga specifika implikationer för Ei identifierats utifrån fit for 55-paketet som presenterades i juli (se även beskrivning av gasmarknadspaketet i kapitel nedan)

Den 14 juli 2021 presenterade EU-kommissionen 55 %-paketet (eng. fit for 55), som innehåller åtgärder och konkreta förslag på hur målet – att minska EU:s nettoutsläpp med minst 55 procent jämfört med 1990 års nivåer till 2030 – ska uppnås. Paketet innehåller lagstiftningsförslag på flera områden. Figur 6-1 visar en översikt av de olika delarna i fit for 55-paketet, där de som bedöms ha påverkan på vätgasens förutsättningar framåt har markerats med grönt.

Fit for 55-paketet följer generellt EU:s dialogprocess vilket innebär att rådet och parlamentet tittar på kommissionens förslag och sedan antar sina egna positioner (genom majoritetsomröstningar), och utifrån detta nås sedan en överenskommelse för respektive del som sedan blir legalt bindande. Vissa undantag finns, exempelvis behöver varje medlemsland i rådet godkänna energiskattedirektivet för att det ska gå igenom. Processen för att förhandla fit for 55-paketet förväntas ta totalt 18–24 månader.



Figur 6-1. Översikt av ingående policydelar i EU:s fit for 55-paket som presenterades juli 2021.

Delar som bedöms som särskilt relevanta för vätgas har markerats med grönt. Källa: EU¹⁴⁶

Vissa delar (exempelvis EU ETS och direktivet för förnybar energi) är förslag på att uppdatera befintliga direktiv för att anpassas till EU:s nya klimatmål (och övriga anpassningar kommissionen bedömer lämpliga), och vissa delar är nya tillkomna delar (exempelvis Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM). Många av förslagen stöttar direkt eller indirekt en introduktion av vätgas i det europeiska, och svenska, energisystemet. Nedan redogörs för utvalda delar ur Fit for 55-paketet med särskild relevans för vätgas. Med ”förnybara bränslen av icke-biologiskt ursprung” avses nuvarande och kommande elektrobränslen som görs av (i hög grad förnybar) el, främst vätgas.

EU:s utsläppsrättshandelsystem EU ETS

Fri tilldelning av utsläppsrätter föreslås för grön vätgasproduktion för att utjämna marknadsvillkoren med naturgasbaserad vätgasproduktion som idag får viss fri tilldelning. Vätgas bedöms även kunna få stöd genom innovationsfonden som finansieras via EU ETS.¹⁴⁷ Kommissionen föreslår även att det nuvarande EU ETS utvidgas till att omfatta delar av sjöfart. Därutöver föreslår kommissionen att ett separat utsläppshandelsystem införs för vägtransporter och byggnader. Att kostnaderna för fossil energianvändning i bebyggelse, transportsektor och sjöfart ökar främjar alternativ såsom förnybar vätgas.

Förnybarhetsdirektivet RED

Kommissionen föreslår att medlemsstaterna ska säkerställa att 50 % av industrins vätgasanvändning utgörs av förnybara bränslen av icke-biologiskt ursprung. Hållbarhetskriterierna för vätgas utvecklas så att bränslets växthusgasprestanda kan jämföras med alternativen (se delkapitel om olika färger på vätgas). Förnybara bränslen av icke-biologiskt ursprung¹⁴⁸ kan användas som energi, men även för andra syften såsom råmaterial till industrier, dessa ska också räknas in i måluppfyllelsen.

Ett nytt bindande delmål, om att varje medlemsstat ska uppnå en andel om minst 2,6 % förnybara bränslen av icke-biologiskt ursprung i transportsektorn.

Kommissionen föreslår även att oavsett användningssektorer måste växthusgasprestandan för alla förnybara bränslen av icke-biologiskt ursprung och återvunna kolbaserade bränslen minska utsläppen växthusgaser med minst 70 % (från att direktivet träder i kraft), jämfört med fossila alternativ.

Kommissionen föreslår även att se över var i värdekedjan man räknar andelen förnybar energi. Förslaget innebär att räkningen för förnybara bränslen av icke-biologiskt ursprung ska ske vid användning, inte vid produktion.

Kommissionen föreslås att komplettera förnybarhetsdirektivet med en delegerad akt för att specificera metodiken för hur klimatutsläppsreduktion beräknas för förnybara bränslen av icke-biologiskt ursprung och från återvunnen CO₂.

¹⁴⁶ EU-kommissionen, 2021. *Fit for 55 package under the European green deal*, Tillgänglig på:

<https://www.europarl.europa.eu/legislative-train/theme-a-european-green-deal/package-fit-for-55>

¹⁴⁷ Energy monitor, 2021. *Green hydrogen to get targets, free carbon credits in EU*. Tillgänglig på:

<https://www.energymonitor.ai/tech/hydrogen/green-hydrogen-to-get-targets-free-carbon-credits-in-eu>

¹⁴⁸ Med ”förnybara bränslen av icke-biologiskt ursprung” avses nuvarande och kommande elektrobränslen som görs av (i hög grad förnybar) el, främst vätgas.

EU-kommissionens förslag till delegerad akt som definierar vad som är förnybar vätgas kom i november 2021.¹⁴⁹ Förslaget begränsar definitionen av förnybar vätgas till vätgas som kommer från förnybara energikällor utom biomassa. Den sätter även olika villkor kopplat till var och när den förnybara elen producerats i förhållande till var och när vätgasen som ska anses förnybar producerats, så att exempelvis att via en PPA (power purchase agreement) ha köpt in förnybar el på årsbasis (och kanske i ett annat elområde) inte nödvändigtvis räcker för att vätgasen ska få klassas som förnybar.

Ändring av förordningen om fastställande av normer för koldioxidutsläpp för personbilar och lätta lastbilar

I EU finns sedan 2008/09 bestämmelser om krav för koldioxidutsläppen från lätta fordon. Kommissionen föreslår en skärpning av de befintliga EU-målen för 2030 till 55 % reduktion för personbilar och till 50 % reduktion för lätta nyttofordon samt ett nytt EU-mål som innebär nollutsläppskrav för nya lätta fordon från 2035.¹⁵⁰ Ett nollutsläppskrav skulle i praktiken innebära att nya lätta fordon med förbränningsmotor fasas ut i nybilsförsäljningen i hela EU eftersom den aktuella lagstiftningen reglerar utsläpp av koldioxid från avgasröret.

Koldioxidnormer för tunga fordon ingår inte i fit for 55-paketet men kommer att revideras senare. Enligt gasbranschen kan skrivningarna i normerna för lätta lastbilar samt att Kommissionen tillskriver även LNG för långväga tunga transporter en "limited role" i direktivet för utbyggnaden av infrastruktur för alternativa drivmedel ses som en indikation om att Kommissionens kommande förslag om nya koldioxidnormer för tunga fordon också förväntas bygga på tailpipe-perspektiv, med fokus på att främja el och vätgas.¹⁵¹

Energiskattedirektivet

I energiskattedirektivet sätts minimiskattesatser, baserat på energiinnehåll och miljöprestanda. Minimiskatten förnybara bränslen av icke-biologiskt ursprung, däribland förnybar vätgas, sätts till 0,15 EUR/Gigajoule, vilket är den lägsta skattesatsen av alla som föreslås inom direktivet (som även föreslås för el). Även koldioxidsnål vätgas kommer ligga under denna skattesats under en övergångsperiod.

Minimiskatten sätts även till noll för förnybar vätgas som används i flyg och sjöfart – tillsammans med flera andra bränslen såsom hållbara biobränslen, biogas och el. Detta samtidigt som att undantaget från energibeskattnings för övriga bränslen stegvis kommer fasas ut under en tioårsperiod, vilket starkt främjar bland annat förnybar vätgas.

Initiativen ReFuelEU, luftfart, och FuelEU, sjöfart

Dessa initiativ innehåller beskrivningar för hållbart flygbränsle och ett grönt europeiskt sjöfartsområde. Initiativet FuelEU Maritime ska stimulera användningen av hållbara bränslen och utsläppsfri teknik inom sjöfarten genom att sätta ett tak för de växthusgaser som orsakas av den energi som används av fartyg som anlöper europeiska hamnar. Kravet på reduktion av växthusgaser omfattar från fartyg överstigandes 5 000 bruttoregister-ton och inleds med 2 %

¹⁴⁹ EU-kommissionen, 2021. COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) .../... supplementing Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council by setting out appropriate rules for the production of renewable hydrogen from electricity

¹⁵⁰ Tillgänglig på: <https://data.riksdagen.se/fil/D693502E-42B6-4659-9BF4-58F995DE47F6>

¹⁵¹ Energigas Sverige: EU-utblick med fokus på förslaget till lagstiftningspaket Fit for 55, 2021-09-29

från 2025 och ökas till 75 % 2050 (år 2030 är värdet 6 %).¹⁵² De föreslagna kraven ska omfatta fartygsresor inom och mellan unionen samt 50 % av resor utanför EU. Initiativet ReFuelEU Aviation innebär att bränsleleverantörer blir skyldiga att blanda in allt större andelar hållbara bränslen i flygbränsle som tas ombord på EU:s flygplatser, bland annat de syntetiska koldioxidsnåla bränslen som kallas e-bränslen.¹⁵³

De föreslagna direktiven syftar till att begränsa de fossila utsläppen från luftfart och sjöfart kan därför sägas stärka vätgasens roll. Detta gäller framför allt för sjöfart.

Direktivet för utbyggnad av infrastruktur för alternativa drivmedel (AFIR)

Direktivet (som nu föreslås omformas till en förordning) ställer krav på att medlemsstaterna ska ta fram handlingsprogram för utbyggnaden av infrastruktur för alternativa drivmedel såsom vätgas, el och naturgas. Det övergripande syftet med förslaget till EU-förordning är att det ska finnas en tillgänglig och användbar infrastruktur för alternativa drivmedel i hela EU.¹⁵⁴

Den föreslagna uppdateringen av förordningen ställer specifika och tillkommande krav kopplat infrastruktur för elladdning och vätgas.¹⁵⁵ För vätgas gäller det att medlemsstaterna ska säkerställa att det senast 31 december 2030 finns tankställena för vätgas längs TEN-T-nätet och vid urbana knutpunkter. Avståndet mellan tankställena får vara som mest 150 km och de måste uppfylla en särskild angiven minimikapacitet. Det ska även finnas kapacitet för flytande vätgas.¹⁵⁶

6.1.2 Taxonomin och dess implikationer för Sverige/Ei

Områden för Ei och berörda aktörer att genomföra djupare analyser och arbete inom:

- Relevant för Ei att känna till taxonomin och eventuella marknadsimplikationer, men inga direkta implikationer för Ei
- Ei måste inte redovisa i linje med taxonomin, och ej heller Ei:s ansvar att följa upp att andra företag redovisar enligt taxonomin

Taxonomin är ett sätt att klassificera vilka investeringar som kan betraktas som miljömässigt hållbara, och är ett sätt att styra finanssektorns investeringar mot mer hållbara. Större företag som omfattas av EU:s minimikrav för direktivet för hållbarhetsrapportering ska ange hur stor del av deras verksamhet som är förenlig med taxonomin. Figur 4 visar vilka miljömål som ingår i taxonomin. För att anses vara i linje med taxonomin måste man väsentligt bidra till minst ett miljömål och inte orsaka väsentlig skada på något av de andra målen. Taxonomiförordningen publicerades i juni 2020 (EU 2020/852) och är en

¹⁵² Tillgänglig på: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:078fb779-e577-11eb-a1a5-01aa75ed71a1_0001_02/DOC_1&format=PDF

¹⁵³ Tillgänglig på: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:00c59688-e577-11eb-a1a5-01aa75ed71a1_0001_02/DOC_1&format=PDF

¹⁵⁴ Tillgänglig på: <https://data.riksdagen.se/fil/BE7AF0CD-79EB-4F5F-A89C-650E78E7116A>

¹⁵⁵ Tillgänglig på: https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/revision_of_the_directive_on_deployment_of_the_alternative_fuels_infrastructure_with_annex_0.pdf

¹⁵⁶ Regeringskansliet Infrastrukturdokumentet, 2021, Faktapromemoria 2020/21:FPM141 Översyn av direktivet om utbyggnad av infrastrukturen för alternativa bränslen, Tillgänglig på <https://www.regeringen.se/4a93df/contentassets/fb59eb5808514f47abe1a7c0db0e18a5/oversyn-av-direktivet-om-utbyggnad-av-infrastrukturen-for-alternativa-branslen-202021fpm-141.pdf>

delegerad akt, begränsning av klimatförändringar och anpassning till klimatförändringar kom i april 2021. De övriga fyra miljömålen kommer att presenteras i en/flera delegerade akter 2022.



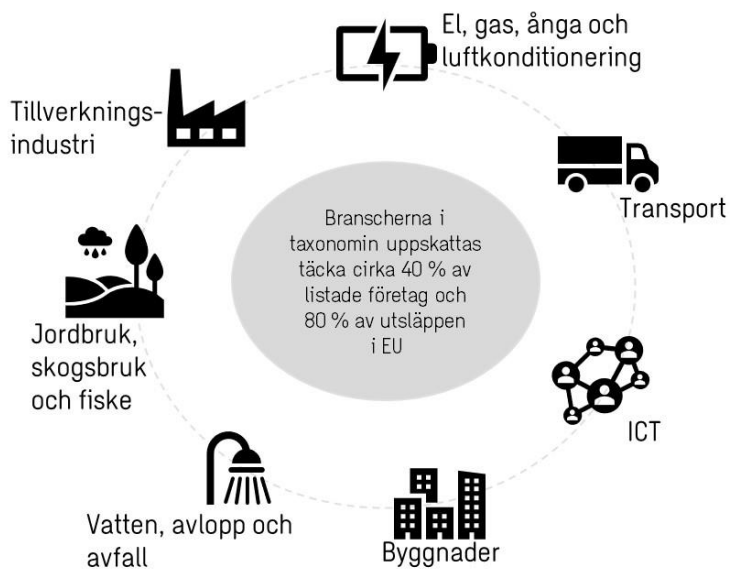
Figur 6-2. En översikt av de miljömål som taxonomin omfattar. Källa: EU-kommissionen¹⁵⁷, Sweco

För att en investering eller finansiell produkt ska klassificeras som hållbar inom taxonomin ska uppfylla följande kriterier:

1. Bidra väsentligt till ett eller flera av de definierade miljömålen.
2. Inte orsaka betydande skada på övriga miljömål.
3. Uppfylla minimikrav inom skyddsåtgärder fastställda inom taxonomin.
4. Överensstämma med tekniska granskningskriterier.

Taxonomin redogör för kriterier för att stort antal branscher, se Figur 6-3. De branscher som hittills inkluderas uppskattas täcka cirka 40 % av listade företag och 80 % av utsläppen i EU. Tanken är att fler branscher ska inkluderas allt eftersom.

¹⁵⁷ EU-kommissionen, 2021. *Sustainable finance package*, Tillgänglig på: https://ec.europa.eu/info/publications/210421-sustainable-finance-communication_en#taxonomy



Figur 6-3. Branscher som omfattas av taxonomin (hittills). Källa: EU-kommissionen, Sweco

Gränsen för utsläpp från vätgasproduktion har satts till 3 ton koldioxid per ton vätgas (över livscykeln), vilket tydligt främjar förnybar vätgas ("grön"). Det bör dock vara möjligt även för fossilbaserad vätgas med avskiljning av koldioxid ("blå") respektive vätgas som produceras av naturgas via en pyrolysisprocess ("turkos") att klassas som godkända enligt taxonomin. Produktionen av vätgasbaserade bränslen såsom ammoniak kan också klassas som hållbara enligt taxonomin om de uppfyller vissa gränsvärden. Även produktionen av maskiner som används för vätgasproduktion kan klassas som en aktivitet. Detta tycks gälla även för maskiner som producerar blå eller turkos vätgas dvs inte bara elektrolysörer. Elproduktion från förnybar vätgas anses vara i linje med taxonomin om den är under gränsen 100 g koldioxid per kWh. Elproduktion från fossilbaserad vätgas med avskiljning av koldioxid ("blå") respektive vätgas som produceras av naturgas via en pyrolysisprocess ("turkos") räknas inte som hållbar enligt taxonomin (även om vätgasen i sig kan göra det).¹⁵⁸

¹⁵⁸Baker McKenzie, 2021. *What Does the EU Taxonomy Mean for the Hydrogen Industry?* Tillgänglig på: <https://www.bakermckenzie.com/en/insight/publications/2021/05/eu-taxonomy-hydrogen-industry>

6.1.3 Gasmarknadspaketet och dess implikationer för Sverige/Ei

Områden för Ei och berörda aktörer att genomföra djupare analyser och arbete inom:

- Relevant för Ei att bevaka och följa utvecklingen av förslagen i gasmarknadspaketet
- I ett första skede (innan 2030) i gasmarknadspaketet ligger fokus på framväxandet av marknaden genom lokala/regionala kluster av lokal produktion och användning. Om vätgas i Sverige utvecklas till betydande skala är det dock sannolikt att Ei blir reglerande myndighet för vätgasinfrastruktur och är den aktör som bör tillhandahålla information om metod för att beräkna intäktsram
- Att regelverket utvecklas först efter 2030 kan ha positiva aspekter i form av förenklad marknadsutveckling, dock finns risken att regionala vätgasnät hunnit byggas upp enligt olika förutsättningar, standarder, tryck etc, Ei bör utreda för- och nackdelar med förskjuten reglering vidare.
- Krav på åtskillnadsregler och att aktörer inom naturgas bör vara åtskilda de inom vätgas kan skapa mer jämlika förutsättningar och främja en effektiv marknad, men kan även delvis hämma marknadsutvecklingen, exempelvis då det riskerar att begränsa möjligheterna för naturgas- och vätgasnätverksamhet gällande utbyte av kompetens, kunskap och resurser. Ei bör titta vidare på vilken grad av åtskillnad som kan anses ändamålsenlig.
- Sannolikt involverade i arbetet med 10-årsplan för utvecklandet av vätgasinfrastruktur i EU, samt arbete kopplat till lagringskapacitet
- Mer sannolikt att ex SvK involveras i "European Network of Network Operators for Hydrogen", men Ei skulle kunna ha en roll här

Regelverk som behöver anpassas och utvecklas:

- Ei kan potentiellt bli inkopplade i arbetet med certifiering, säkerhets- och miljöstandarder
- Ei blir sannolikt ansvariga för icke-diskriminerande infrastrukturtillgång och för att stärka konsumentkraften

Den 15:e december 2021 publicerades EU:s gasmarknadspaket, som är en del av fit for 55 och kompletterar de förslag som lades fram inom fit for 55-paketet i juli. Syftet med gasmarknadspaketet (reglering¹⁵⁹ och direktiv¹⁶⁰) är att möjliggöra för marknaden att gå mot CO₂-fri gasanvändning, lägga fram policyåtgärder som stöder skapandet av lämplig infrastruktur och effektiva marknader samt reducera hinder för en kostnadseffektiv övergång. Paketet definierar förnybara gaser och låg-CO₂-gaser:

- Förnybara gaser – gaser som produceras från biomassa inklusive biometan, såväl som vätgas producerat av förnybara källor
- Låg CO₂-gaser ("Low carbon gases") genererar åtminstone 70 % mindre växthusgasutsläpp än fossilgas sett över hela livscykeln.

Exempel på åtgärder som innefattas:

- Reducerade tariffer för förnybar och låg-CO₂-gas.
- För att undvika inlåsnings effekter av naturgas sätts en gräns för långsiktiga gaskontrakt att de inte får sträcka sig efter 2049.
- Introduktion av ett certifieringssystem för låg-CO₂-vätgas och syntetiska bränslen

¹⁵⁹ EU-kommissionen, 2021. *Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on common rules for the internal markets in renewable and natural gases and in hydrogen*. Tillgänglig på <https://ec.europa.eu/energy/sites/default/files/proposal-revised-gas-markets-and-hydrogen-regulation.pdf>

¹⁶⁰ Ibid

- Utvecklandet av ett internationellt ramverk för vätgasbaserade lösningar, inklusive harmoniserade säkerhets- och miljöstandarder
- 10-årsplan för utvecklandet av vätgasinfrastruktur i EU
- Främja och säkerställa EU-lagringskapacitet, vilket även minskar risken för brist

I ett första skede i gasmarknadspaketet (fram till 2030) ligger fokus på framväxandet av marknaden för vätgas genom lokala/regionala kluster av produktion och användning. Först därefter bedöms ytterligare reglering av marknaden få en tydligare roll. Att regelverket utvecklas först efter 2030 kan ha positiva aspekter i form av förenklad marknadsutveckling, dock finns risken att regionala vätgasnät hunnit byggas upp enligt olika förutsättningar, standarder, tryck etc, och att det därmed uppstår problem när dessa regionala kluster ska anslutas till varandra och byggas ihop till ett sammanhållet nationellt vätgasnät, samt anpassas till kommande reglering.¹⁶¹

Paketet syftar även till att skapa en vätgasmarknad med lämplig infrastruktur och gränsöverskridande koordinering, inklusive överföringskapacitet mellan länder, där vätgas kostnadseffektivt kan flyttas mellan områden där det kan produceras på ett förnybart sätt till industriella kunder som behöver vätgasen. Att konvertera befintlig naturgasinfrastruktur bedöms kunna vara kostnadseffektivt. Givet att vätgasproduktion och användning bedöms vara relativt lokal i början beskrivs att naturliga monopol bör undvikas. Paketet föreslår därför regler för drift och underhåll av vätgasinfrastruktur, transparens vad gäller gaskvalité, legal åtskillnad mellan olika delar i värdekedjan ("unbundling") och icke-diskriminerande infrastrukturtillgång.

I direktivet (kapitel 9, sektion 4) anges vilka åtskillnadsregler som krävs för en nätoperatör för vätgas. Kraven är inte helt enkla att förstå fullt ut men kan sägas vara hårdare för en nätoperatör för vätgas än vad som gäller för naturgas och el idag. Risken med hårdare krav på vätgas är det kommer motverka utbyggnaden och att viktiga aktörer stängs ute.¹⁶² Vidare framgår det att distributionsnätoperatörer som vill omvandla sitt gasnät till vätgas och/eller investera i ny infrastruktur för vätgas kommer få ökade krav på åtskillnad. Detta riskerar att begränsa möjligheterna för naturgas- och vätgasnätverksamhet gällande utbyte av kompetens, kunskap och resurser för att utveckla och säkert driva gas- och framtida vätgasnät.

I syfte att säkerställa en lämplig utveckling och hantering av EU:s vätgasnätverk och för att facilitera gränsöverskridande handel föreslås att "European Network of Network Operators for Hydrogen" etableras.

Kommissionen föreslår att säkerställa att även mindre installationer som ansluts till distributionsnätet ska ha likvärdig access till grossistmarknaden. I viss grad kan gasen blandas med naturgas, men det kräver att gasens kvalité följs upp noga.

Framtagandet av en 10-årsplan för utvecklandet av vätgasinfrastruktur i EU inkluderar modellerandet av ett integrerat vätgasnät, baserat på nationella vätgasplaner, nationella investeringsplaner, gränsöverskridande förbindelser och eventuella identifierade investeringsgap. Planen ska även indikera lämplig storlek och lokalisering på power-to-gas-installationer som elektrolysörer.

¹⁶¹ Information från Energigas Sverige kopplat till gasmarknadspaketets implikationer, 2022

¹⁶² Ibid

Marknadsreglerna ska även stärka konsumentkraften och möjliggöra för kunder att göra informerade och hållbara val, samt att de enkelt ska kunna byta leverantör. Tanken är att marknadsreglerna ska öka konsumenternas engagemang och skydda dem. Detta ska göras genom information till kunderna (exempelvis om deras energianvändning), prisjämförelseverktyg samt korrekt och transparent fakturainformation.

I syfte att främja och säkerställa EU-lagringskapacitet ska medlemsländer analysera sina lagernivåer och potentiella risker relaterade till försörjningssäkerhet, även när lagret ägs av aktörer i andra länder. När risker identifieras ska en plan för åtgärder tas fram, såsom kravställande av minimilagernivåer.

Det beskrivs även i gasmarknadspaketet att ökad transparens kan komma att behövas vid övergången från naturgasstransmissionsnät till vätgasstransmissionsnät, vilket transparens vad gäller tillåten intäktsram bör möjliggöra. Det skrivs vidare att reglerande myndighet (såsom Ei) bör tillhandahålla information om metod för att beräkna intäktsram, kapitalbas, avskrivningsregler, OPEX, CAPEX och avkastning för TSO:er.¹⁶³

6.1.4 Elmarknadsdirektivet och elmarknadsförordningen och dess implikationer för Sverige/Ei

Områden för Ei och berörda aktörer att genomföra djupare analyser och arbete inom:

- Relevant för Ei och andra berörda myndigheter att fortsätta att utveckla regelverk som är relevant för vätgas som ligger i linje med elmarknadsdirektivet angående stöd- och flexibilitetstjänster samt elnätstariffer.

Elmarknadsdirektivet¹⁶⁴ och elmarknadsförordningen¹⁶⁵ kom i nya versioner 2019 och syftar till gemensamma regler på den europeiska inre marknaden för el. Ei har en viktig roll kopplat till implementeringen av elmarknadsdirektivet och elmarknadsförordningen i Sverige.

Regelverken tydliggör vikten av öppenhet, transparens och teknikneutralitet och lägger grunden till väl fungerande elmarknader som kan bidra till att Europa kan uppnå klimatmålen och målen om ren energi till alla européer.

Elmarknadsförordningen har bland annat möjliggjort att vi idag har gemensamma regler vid anslutning av kraftverk i hela EU samt även möjliggjort gemensamt regelverk för kapacitetsmarknader¹⁶⁶. Kapacitetsmarknader ger intäkter för planerbara kraftverk och andra planerbara resurser och kan därmed öka deras värde. EU-direktiv implementeras nationellt och elmarknadsdirektivet innehåller bland annat krav om att de kraftverk och andra resurser som levererar tjänster som behövs för driften av elsystemet kommer att få en

¹⁶³ For example, the transfer of transmission assets from a natural gas network to a hydrogen network or the implementation of an inter-TSO compensation mechanism (ITC) require more transparency than currently exists. In addition, the assessments of tariff evolutions on the long term requires clarity on both natural gas demand and cost projections. Transparency on allowed revenue should enable the latter. Regulatory authorities should, in particular, provide information on the methodology used to calculate the revenues of transmission system operators, the value of their regulatory asset base and its depreciation over time, the value of operational expenditures, the cost of capital applied to transmission system operators and the incentives and premia applied., EU-kommissionen, 2021. *Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on common rules for the internal markets in renewable and natural gases and in hydrogen.* sida 27 Tillgänglig på https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:0c903f5a-5d8b-11ec-9c6c-01aa75ed71a1_0001_02/DOC_1&format=PDF

¹⁶⁴ Elmarknadsdirektivet. (EU)2019/944.

¹⁶⁵ Elmarknadsförordningen. (EU) 2019/943.

¹⁶⁶ Ibid

ersättning för detta¹⁶⁷. Stödtjänster möjliggör en ökad integration av el från förnybara energikällor och förbättrar samtidigt konkurrensen med en fortsatt hög försörjningstrygghet. Att elmarknaderna blir öppna, transparenta och teknikneutrala är viktigt för att även energilagring (såsom vätgas) ska kunna leverera tjänster och bidra med priselasticitet på elmarknaden.

6.2 Regelverksanalys av dagens och kommande lagstiftning

Områden för Ei och berörda aktörer att genomföra djupare analyser och arbete inom:

- Ansvariga för regeringsuppdraget för översyn av arbetssätt och parallella processer för kortare ledtider för elnätutbyggnad.
- Ei blir mycket sannolikt involverade i eventuell kommande översyn över system för prövning av vätgasledningar. Detta kan medföra harmonisering, omarbetning eller ny lagstiftning.
- Ei behöver genomföra djupare analyser gällande utformningen av en framtida reglering inom specifikt vätgas, såsom metod för att beräkna intäktsram, kapitalbas, avskrivningsregler, avkastning mm.
- Rörledningslagen alternativt nytt regelverk framför allt avseende distribution av vätgas är ett regelverk som kommer att behöva utvecklas.

Det saknas idag i hög grad regelverk som är specifika och/eller direkt tillämpliga för vätgas. Detta gäller samtliga delar i värdekedjan. De behov som finns berör bland annat säkerhetsaspekter och prövningsförutsättningar för produktion, distribution och användning av vätgas. Avsaknaden av lagar, regelverk och riktlinjer på nationell- och EU-nivå leder till otydliga förutsättningar som kan bromsa vätgasens introduktion.

Även andra delar i infrastrukturen påverkar i hög grad möjligheten för vätgas, inte minst eltillgång och eldistribution. Tillgång till el för produktion har i ett flertal tidigare dokument¹⁶⁸ och sammanhang identifierats som en nyckelfråga.

6.2.1 Tillförsel

Det huvudsakliga hindret som kan stoppa en vätgasintroduktion knyter an till långsamma eller oförutsägbara tillståndsprocesser, antingen för elledning eller för vätgasanläggningar. Det krävs stora mängder el vid storskalig vätgasproduktion via elektrolys. I många fall krävs kraftigt ökad kapacitet i nätet, inte minst stamnätet för el. Koncessionsprocessen för nya elledningar tar lång tid och utgör risk för uteblivna investeringar i storskalig vätgasproduktion.

Det pågående regeringsuppdraget att utveckla arbetssätt och parallella processer för kortare ledtider för elnätutbyggnad är av yttersta vikt för att komma till rätta med detta hinder.

Vindkraft förväntas vidare vara en viktig källa för el för vätgasproduktion i ett förnybart energisystem. De stora industrierna som satsar på vätgasanvändning i norr ser vindkraft som det energislag som troligast får störst betydelse för att öka energitillförseln till energisystemet. Industrierna och lokala aktörer behöver veta på kort sikt att detta inte blir problem på medellång (5–10 år) eller lång sikt. Oavsett om det är allmänhet, försvaret eller kommuner som skapar hinder för

¹⁶⁷ Elmarknadsdirektivet. (EU)2019/944.

¹⁶⁸ Energimyndigheten Vätgasstrategi

dessa etableringar, eller hindrar nödvändiga storskaliga vätgaslager finns det en risk för att introduktionen stoppas av dessa hinder.

6.2.2 Produktion och lager

Produktion av vätgas regleras genom prövning enligt miljöbalken samt omfattas även av lagen om brandfarliga och explosiva varor. Det pågår ett flertal initiativ för att underlätta och effektivisera tillståndsprocessen vilket även förväntas påverka vätgasens situation även om det i dagsläget är svårt att förutse på en mer detaljerad nivå.

Prövning av vätgasproduktion

Tillståndsprövning av vätgasproduktion sker inom ramen för prövning av miljöfarlig verksamhet (9 kap. miljöbalken). Det yttre ramverket för prövningen är ändamålsenligt och fyller i huvudsak önskad funktion. Tidsaspekten och förutsägbarheten i prövningsprocessen behöver dock förbättras liksom tydligheten.

Koppling till miljöprövningsutredningen och snabbare processer

Den 20 augusti 2021 fick den pågående Miljöprövningsutredningen¹⁶⁹ utökat uppdrag med ett antal frågeställningar vilka har stor potentiell betydelse för möjligheten till effektiv och storskalig vätgasproduktion. Uppdraget ska redovisas den 22 maj 2022.

- Utredda om det behövs ändringar i miljöbalken avseende regleringen av domstolarnas handläggning.
- Föreslå de förändringar i regleringen om domstolarnas handläggning som behövs för en effektivare prövning vid mark- och miljödomstolarna. Utredda om det bör införas ett begränsat förtursförfarande för mål och ärenden om tillstånd som innebär en omställning för en miljöfarlig verksamhet som på ett väsentligt sätt bidrar till att nå målen i det klimatpolitiska ramverket för minskade utsläpp av växthusgaser.

Vätgasproduktion hanteras olika beroende på slutanvändning

Inom ramverket finns det idag luckor där vätgas inte "passar in i systemet" och där översyn behöver ske. Ett belysande exempel är vilken nivå en vätgasproduktionsanläggning prövas på. Prövningsnivån styrs av hur anläggningen klassificeras enligt miljöprövningsförordningen (2013:251). En stor andel av prövningarna för produktion av vätgas hanteras idag genom att använda miljöprövningsförordningens prövningskod 40.15B "anläggning för att uppgradera eller för att på annat sätt än genom anaerob biologisk behandling tillverka mer än 1 500 megawattimmar gas eller vätskeformigt bränsle per kalenderår". För vätgas som inte primärt ska användas som bränsle sker i stället prövning enligt annan kod vilket skulle kunna medföra att två lika stora anläggningar prövas på två olika nivåer (länsstyrelsens miljöprövningsdelegation kontra mark- och miljödomstol). Att prövning av i sak identiska anläggningar sker i olika instanser strider mot miljöprövningsförordningens grundprincip där det i första hand är den potentiella miljöpåverkan som ska utgöra grunden för klassificering. Likaså råder det idag oklarheter angående hur en avfallsbaserad vätgasproduktion skulle prövas.

¹⁶⁹ dir. 2020:86

Svenskt Näringsliv uppdrog 2011 åt Ramböll Management Consulting (Ramböll) att göra en undersökning av genomförandetider och framtida resursbehov för projekt med miljöpåverkan. 2016 presenterades en uppföljande rapport¹⁷⁰. Studien av A-verksamheter, vilka avgörs i mark- och miljödomstol, visade att den genomsnittliga totala handläggningstiden 2016 uppgick till 52 veckor, en minskning från tidigare år. För B-verksamheter, vilka avgörs av länsstyrelsens miljöprövningsdelegation, uppgick den genomsnittliga totala handläggningstiden till 66 veckor. Dessa tider inkluderar inte de förberedande arbeten som sker innan ansökan ges in. Tiden innan en ansökan ges in omfattar förstudie, samråd och genomförande av miljökonsekvensbeskrivningen. Även denna tid undersöktes. Uppgifterna togs fram genom intervjuer med ett urval av sökande. I genomsnitt tog den förberedande fasen 31 veckor.

Tillväxtanalys (Myndigheten för tillväxtpolitiska utvärderingar och analyser) fick inom ramen för arbetet med Sveriges mineralstrategi i uppdrag¹⁷¹ av Näringsdepartementet att följa upp och utvärdera satsningarna på att utveckla en effektivare miljötilståndsprövning med kortare handläggningstider och bibehållen miljöskyddsnivå. Myndighetens resultat sammanfaller i stort med Svenskt Näringslivs rapport. Det konstaterades även i rapporten att det är storvariation mellan prövningsmyndigheter och verksamheter

En genomlysning av miljöprövningsförordningen med förslag till justeringar för att bättre spegla den teknikutveckling som skett och sker förväntas ske inom de närmaste åren. Likaså en översyn över vid vilka nivåer tillståndsplikt inträder. Även en i sammanhanget liten anläggning träffas av tillståndskravet. En avsevärd förenkling för introduktion av vätgas skulle ske om gränsen för när det skulle räcka med att anmäla en verksamhet, i stället för att ansöka om miljötilstånd sänktes och/eller tydliggjordes.

Riskhänsyn

Riskhänsyn vid anläggningar dimensioneras vid såväl prövning av miljöfarlig verksamhet som vid prövning enligt lagen om brandfarliga och explosiva varor. För vätgas är dessa risker i mycket hög grad sammanfallande. Lagen om brandfarliga och explosiva varor är tydlig i vad som anses acceptabelt och vad som kräver åtgärd. Miljöbalken saknar sådan tydlighet och det ställs därför mycket varierande krav beroende på remissinstansers kunskapsnivå och allmänna inställning. Det medför en osäkerhet för verksamhetsutövare som inte på förhand kan dimensionera sin anläggnings utformning. En genomlysning av situationen och enighet om för vilka områden acceptabel risknivå enligt brandfarliga och explosiva varor även utgör acceptabel risknivå enligt miljöbalken skulle underlätta introduktionen av vätgas avsevärt då tydliga spelregler och förutsägbara kravnivå innebär bättre beslutsunderlag för verksamhetsutövare då investeringsbeslut skall fattas.

6.2.3 Distribution

Mycket stor osäkerhet råder idag bland aktörer hur vätgas som ska eller kan distribueras i rörledning ska hanteras juridiskt. Bristen på styrning medför att varje projekt tvingas bana i ospårad terräng. Ett tydligt ramverk för prövning och godkännande skulle vara mycket välkommet bland aktörerna. Miljöbalkens

¹⁷⁰ Svenskt Näringsliv. *Ledtider vid tillståndsprövning av verksamheter med miljöpåverkan*, februari 2016

¹⁷¹ dnr N2015/5294/FÖF

funktion 12:6-samråd tvingas fylla en funktion den inte från början var tänkt att fylla och inte passar för. Ett 12:6-samråd avser en verksamhet eller åtgärd som kan komma att väsentligt ändra naturmiljön, och som inte omfattas av tillstånds- eller anmälningsplikt enligt andra bestämmelser i miljöbalken. Som framgår av Miljöbalken är det huvudsakliga syftet att tillvarata naturmiljö.

Säkerhetsaspekter är t.ex. olämpliga att hantera inom ramen för detta system. I praktiken hanteras frågorna för närvarande som en kombination av 12:6 och MSB:s föreskrifter om brandfarlig gas.

Bland annat Fossilfritt Sverige har framfört förslaget att inkludera vätgas i lagen (1978:160) om vissa rörledningar. Energimyndigheten har ställt sig bakom detta i förslaget till vätgasstrategi. Det är värt att notera att denna lagstiftning inte har tillämpats i någon högre grad och att praxis därmed saknas. Det är därför svårt att bedöma dess lämplighet för ändamålet såsom den är utformad idag.

Naturgaslagen öppnar genom sin definition av naturgas¹⁷² upp för att använda denna reglering förutsatt att de tekniska förutsättningarna och regleringens syfte medger det. En sådan användning är idag ännu oprövad. Om naturgaslagen befins vara lämplig finns det dock en risk för att även mindre projekt behöver genomgå en omfattande koncessionsförfarande. En gränströskel som reglerar prövningens omfattning bedöms behövas för att inte regleringen snarare ska medföra hinder för etablering än stöd. Koncession enligt naturgaslagen handläggs vidare enligt ett tvåstegssystem där Energimarknadsinspektionen handlägger ärendet och regeringen fattar beslut. Det gör att prövningen blir tidskrävande för gas. En jämförelse kan göras med koncession för el där prövningsordningen med få undantag innebär beslut direkt från Energimarknadsinspektionen.

Oaktat om distribution av vätgas avses styras genom ett befintligt men något justerat regelverk eller genom en helt ny lagstiftning behöver frågan utredas noga. En sådan utredning/förarbete skulle vara till gagn för såväl tillståndsgivande myndighet som den sökande verksamhetsutövaren. Ett regelverk som inkluderar vätgas i distributionsledet kan förväntas komma att utarbetas inom de närmaste åren.

6.2.4 Användning

Inom ramen för den pågående Miljöprövningsutredningen¹⁷³ har utredaren i uppdrag att bland annat

- bedöma om tillämpningsområdet för att tillståndspröva ändringar och anmäla ändringar som bidrar till minskad miljöpåverkan för befintliga verksamheter kan utvidgas och, om det bedöms möjligt och lämpligt, föreslå de ändringar som krävs för att åstadkomma ett sådant "grönt spår", och
- bedöma om ett anmälningsförfarande under vissa förutsättningar kan ersätta tillståndsförfarandet då en verksamhet eller ändring i verksamhet inte kan antas medföra en betydande miljöpåverkan.

Det är än så länge oklart om vätgas kommer att inkluderas i dessa punkter. Inom industriella applikationer används gas för att uppnå en lång rad funktioner, reduktionsgas, uppvärmning, energibärare för att nämna några. Använda

¹⁷² SFS 2005:403 1 kap 2 § Med naturgas avses i denna lag även biogas, gas från biomassa och andra gaser, i den mån det är tekniskt möjligt att använda dessa gaser i ett naturgassystem.

¹⁷³ dir. 2020:86

volymer kan vara större eller mindre i den enskilda verksamheten men sammantaget över hela den svenska industrin blir det stora volymer.

Ett förenklat tillståndsförfarande vid byte av gas i befintlig verksamhet medför därför en mycket stor potential för genomslag av vätgas, inte minst inom industriella applikationer.

7. Implikationer för Energimarknadsinspektionen

I detta kapitel presenteras förslag på områden för Ei och andra relevanta aktörer att genomföra djupare analyser inom, relaterat till vätgasens utveckling. Dessutom ges förslag på regelverk som behöver anpassas och utvecklas för vätgasens introduktion i Sverige. Avsnittet ger en första översikt och är ej heltäckande, utan syftar till att ge en ingång till vidare arbetar och analys.

I Tabell 7-1 visas en sammanställning av de tidigare presenterade implikationerna för Ei i form av *områden för Ei och berörda aktörer att genomföra djupare analyser och arbete inom samt regelverk som behöver anpassas och utvecklas*. Implikationerna har sorterats per kapitel, se kolumn till vänster i tabellen vilken följer rapportens disposition.

Tabell 7-1. Implikationer för Energimarknadsinspektionen av vätgasens utveckling nationellt och internationellt

Kapitel	Implikationer för Energimarknadsinspektionen	Varför	
3	Omvärldsbevakning av vätgasens utveckling	Ei bör delta i internationella sammanhang för att kunna följa vätgasens snabba utveckling både inom EU och globalt. Exempelvis skulle Ei kunna samordna nyhetsbevakning med andra myndigheter.	För att kunna följa vätgasens snabba utveckling både i EU och globalt.
		Ei bör förbereda sig för att vara intäcksreglerande myndighet av vätgasinfrastruktur, samt för att vara aktiva i forandet av regelverk avseende ägandeformer. Det nyligen presenterade gasmarknadspaketet är en viktig del i detta .	De närmaste 10 åren kommer mycket av förväntningarna på Ei relaterat till vätgas att handla om fokus på att sektorkopplingen el till vätgas växer fram, och på längre sikt kommer internationella vätgasmarknader utvecklas. När marknaden sedan mognar och volymerna ökar väntas fler "naturliga monopol" i form av rörledningar och större lager uppstå.
4.1	Förutsättningar för vätgasens utveckling i Sverige	Det kan vara ändamålsenligt för Ei att: <ul style="list-style-type: none"> I samverkan med andra berörda myndigheter kartlägga vilken stöttning olika svenska vätgasaktörer behöver i form av regelverk, för att facilitera framväxten av en effektiv vätgasmarknad i Sverige 	För att dra nytta av andra länders och myndigheters redan genomförda arbete och samtidigt identifiera Sveriges position vid utveckling av nationella regelverk utifrån elmarknadsdirektivet och elmarknadsförordningen samt gasmarknadspaketet.

		<ul style="list-style-type: none"> Skapa kontakter med andra tillsynsmyndigheter (framför allt samarbeten i Norden/närliggande länder) Klargöra Sveriges förutsättningar för sektorskopplingen el till vätgas och rörledningar för att vara med och påverka beslut från EU-nivå 	
	Distribution och lagring av vätgas i Sverige	Sverige har inte samma tradition av gasnät som flera andra länder i Europa. Sverige bör därför bevaka och dra lärdomar från dessa länder med mer erfarenhet (exempelvis Danmark och Tyskland) kring reglering av rörledningar. I samverkan med andra berörda myndigheter bör Ei även bevaka EU-regelverksutvecklingen för att se att denna blir ändamålsenlig även för svenska förhållanden.	För att säkerställa en väl genomförd implementering av gasmarknadspaketet.
		Ei och andra berörda myndigheter bör utreda eventuellt behov av reglering gällande större vätgaslager.	Eftersom det inte finns någon befintlig reglering.
		Relevant för Ei att bevaka studier i exempelvis Nordic Grid Development Perspective gällande behov av nya stamnät och regionnät för vätgas, med fördel tillsammans med andra aktörer: <ul style="list-style-type: none"> Finns det regulatoriska hinder? Hur ser tillståndprocessen ut idag för vätgasinfrastruktur och finns det hinder? 	För att skapa en uppfattning av eventuella regulatoriska hinder för nationell vätgasinfrastruktur.
		Vid lokal vätgasdistribution: Regelverk för vätgasaktörers roll på elmarknaden (nätanslutning och deltagande på balansmarknader) kan komma att behöva utformas av Ei.	Behov kan uppkomma sett till vätgasens potentiella betydande inverkan på elsystemet.
		Vid regional vätgasdistribution: Vid regional utveckling växer Ei:s roll bland annat sett till nätreglering. Ei behöver sannolikt utveckla regelverk för nätreglering och tillståndprocesser för gasnät.	En regional infrastruktur kommer behöva regleras precis som övriga energisystem.
		Vid nationell vätgasdistribution: Vid en storskalig nationell utveckling av vätgasdistribution bör det tillsättas en utredning kring vem som ska axla det övergripande ägandeansvaret och hur det ska utformas. Utredningen bör beakta huruvida Svenska kraftnät, en privat aktör eller annan aktör är det bästa alternativet.	Även om det ligger långt fram i tiden är det ett viktigt perspektiv att ha i åtanke då mycket pekar på en nationell infrastruktur på sikt och att vissa grundstenar behöver komma på plats så snart som möjligt.
		Vid transnationell vätgasdistribution: En transnationell distribution kräver samarbeten över landsgränser med anslutande länders tillståndsmyndigheter. Detta kräver Europeiskt gemensamt regelverk, vilket redan initierats genom EU:s vätgasstrategi och gasmarknadspaketet och förväntas utvecklas vidare.	
4.2	Sektorskopplingar	EU-direktiv implementeras nationellt och elmarknadsdirektivet innehåller bland annat krav om att de kraftverk och andra resurser som levererar tjänster som behövs för driften av elsystemet får ersättning för de extra tjänster de bidrar med utöver elproduktionen. Stödtjänsterna möjliggör en ökad integration av el från förnybara energikällor och förbättrar samtidigt konkurrensen med en fortsatt hög försörjningstrygghet. Ei bör i samverkan med Svk utreda om det idag finns hinder för energilagransanläggningar att delta på marknaderna för stödtjänster.	För att sektorskopplingen kan ske i flera olika avseenden och nivåer samt kommer bli avgörande för Sveriges klimatomställning.

		Se över så att det inte finns regelverkshinder för samplanerad el- och gasinfrastruktur. Detta för att möjliggöra prioriterade el- och gasnätsförstärkningar, potentiella synergier mellan el- och gasnäten, och möjligheter till proaktiv nätutbyggnad.	
		Utreda om Ei har en roll gällande systemansvar, prissättning, leveranskrav mm för "off-grid"-lösningar i samband med vätgasproduktion.	Även utan nätanslutning kan eventuellt dessa aktörer behöva regleras, vilket bör utredas.
		Se över nationella regelverk vid anslutning av gasturbiner så att det inte finns nationella snedvridningar för ny elproduktion.	I och med den pågående och kommande stora utbyggnaden av ny elproduktion behöver nationella regelverket ses över.
		Elnäten och gasnäten kommer att behöva byggas ut för att tillgodose det växande vätgasbehovet. För att underlätta detta bör Ei förkorta Ei:s del av tillståndsprocesser för el- och eventuellt även för gasnätsutbyggnad samt se över behovet av att de, vid behov, utförs i en gemensam tillståndsprocess.	För att möjliggöra utbygganden av vätgasproduktion i snabb takt.
		Utveckla regelverk vilka ligger i linje med elmarknadsdirektivet angående stöd- och flexibilitetstjänster samt elnätstariffer	För att bidra till vätgasens utveckling och implementering.
		Relevant för Ei och andra berörda myndigheter att utreda om det finns hinder för energilagringsanläggningar att ansluta sig till stamnät och regionnät idag, vilka skulle kunna påverka sektorskopplingen el till vätgas?	
4.3	Förutsättningar för vätgasens utveckling i övriga Norden	Dra nytta av Danmarks tillsynsmyndighets arbete med reglering av gasnät, tillståndsprocesser och energiöar. Samarbeta med Finlands tillsynsmyndighet och deras behov av sektorskoppling el till vätgas och eventuella vätgasnät över landsgränser. Dra lärdom av Norges nationella pilotprojekt av vätgasdrivna färjor och hamnar för internationella vätgasmarknad. Utforma gemensamma europeiska regelverk anpassat för vätgas inom internationella områden så som hamnar.	För att dra lärdomar och utveckla samarbete. För att internationella regelverk behöver utformas för dessa sektorer.
5	Synergier mellan vätgas och metan kopplat till produktion och distribution	Relevant för Ei att utreda hur naturgaslagen fungerar vid vätgasinblandning i naturgassystemet.	Identifiera eventuella hinder för användning av befintlig infrastruktur.
6.1	Fit for 55 (juli 2021) och dess implikationer för Sverige/Ei	Inga specifika implikationer för Ei har identifierats utifrån fit for 55-paketet som presenterades i juli. Relevant för Ei att bevaka och följa utvecklingen av förslagen i "Fit for 55"-paketet.	Lagstiftningsutvecklingen inom "Fit for 55"-paketet förväntas ha stor betydelse för vätgasens utveckling i EU och i Sverige. Beroende på vilket sätt och i vilken grad vätgas främjas kommer det därför att påverka Ei. Vätgasens roll och vätgasmarknadens storlek i Sverige kommer att ha betydelse för områden som Ei verkar inom såsom behovet av koncession på vätgasinfrastruktur, tariffer, intäktsramsreglering, transparens och icke-diskriminering.

	Taxonomi och dess implikationer för Sverige/Ei	Relevant för Ei att känna till taxonomi och eventuella marknadsimplikationer, men inga direkta implikationer för Ei.	Ei måste inte redovisa i linje med taxonomi, och det är ej heller Ei:s ansvar att följa upp att andra företag redovisar enligt taxonomi.
	Gasmarknadspaketet och dess implikationer för Sverige/Ei	<p>Relevant för Ei att bevaka och följa utvecklingen av förslagen i gasmarknadspaketet.</p> <p>I ett första skede (innan 2030) i gasmarknadspaketet ligger fokus på framväxandet av marknaden genom lokala/regionala kluster av lokal produktion och användning. Om vätgas i Sverige utvecklas till betydande skala är det dock sannolikt att Ei blir reglerande myndighet för vätgasinfrastruktur och är den aktör som bör tillhandahålla information om metod för att beräkna intäktsram.</p> <p>Att regelverket utvecklas först efter 2030 kan ha positiva aspekter i form av förenklad marknadsutveckling, dock finns risken att regionala vätgasnät hunnit byggas upp enligt olika förutsättningar, standarder, tryck etc, Ei bör utreda för- och nackdelar med förskjuten reglering vidare.</p> <p>Krav på åtskillnadsregler, samt att aktörer inom naturgas bör vara åtskilda. Vätgas kan skapa mer jämlika förutsättningar och främja en effektiv marknad, men kan även delvis hämma marknadsutvecklingen, exempelvis då det riskerar att begränsa möjligheterna för naturgas- och vätgasnätverksamhet gällande utbyte av kompetens, kunskap och resurser. Ei bör titta vidare på vilken grad av åtskillnad som kan anses ändamålsenlig.</p> <p>Ei sannolikt involverade i arbetet med 10-årsplan för utvecklandet av vätgasinfrastruktur i EU, samt arbete kopplat till lagringskapacitet.</p> <p>Mer sannolikt att exv. SvK involveras i "European Network of Network Operators for Hydrogen", men Ei skulle kunna ha en roll här.</p> <p>Ei kan potentiellt bli inkopplade i arbetet med certifiering, säkerhets- och miljöstandarder.</p> <p>Ei blir sannolikt ansvariga för icke-diskriminerande infrastrukturell tillgång och för att stärka konsumentkraften.</p>	Gasmarknadspaketet har stor relevans för Ei:s verksamhetsområden och uppdrag.
	Elmarknadsdirektivet och elmarknadsförordningen och dess implikationer för Sverige/Ei	Relevant för Ei och andra berörda myndigheter att utveckla regelverk vilka ligger i linje med elmarknadsdirektivet angående stöd- och flexibilitetstjänster samt elnätstariffer.	För att det kommer in nya användare i energisystemet.
6.2	Regelverksanalys av dagens och kommande lagstiftning	<p>Ei ansvariga för regeringsuppdraget för översyn av arbetssätt och parallella processer för kortare ledtider för elnätutbyggnad.</p> <p>Ei blir sannolikt involverade i eventuell kommande översyn över system för prövning av vätgasledningar. Detta kan medföra harmonisering, omarbetning eller ny lagstiftning.</p>	<p>Även andra delar i infrastrukturen påverkar i hög grad möjligheten för vätgas, inte minst eltillgång och eldistribution.</p> <p>Relevant lagstiftning för vätgasens utveckling.</p>

		<p>Ei behöver genomföra djupare analyser gällande utformningen av en framtida reglering inom specifikt vätgas, såsom metod för att beräkna intäktsram, kapitalbas, avskrivningsregler, avkastning mm.</p>	<p>Om vätgas växer till den skala som det finns planer på både nationellt och på EU-nivå kommer det att utgöra ett naturligt monopol som bör intäktsregleras.</p>
		<p>Rörledningslagen (lagen om särskilda rörledningar) alternativt nytt regelverk framför allt avseende distribution av vätgas är ett regelverk som kommer att behöva utvecklas av Ei.</p>	<p>Rörledningslagen är en tämligen förlegad lagstiftning som inte applicerats på länge och aldrig på vätgas. Praxis saknas. Likaså är naturgaslagen inte självklart lämplig för styrningen av distribution av vätgas. För ett effektivt regelverk som gynnar introduktionen av vätgas och samtidigt ger klara spelregler skulle gedigna förarbeten till applicerade regelverk vara till stort stöd för både aktörer och myndigheter.</p>