

Vätgasens roll för tunga vägtransporter

En delrapport från IVAs projekt
Vätgasens roll i ett fossilfritt samhälle

H₂

TEMA
KLIMAT-RESURSER-ENERGI

APRIL 2022



Kungl. Ingenjörsvetenskaps
Akademien

Innehåll

Inledning	4
Sammanfattande slutsatser	6
Potentiell användning av vätgas inom transportsektorn	10
Fordon och tankstationer	13
Underlag för kostnadsberäkningar	14
Beräkningsfall och kostnadsdata	15
Kostnadsjämförelse bränslecellsbil mot batteribil	18
Intäkter från försäljning av biprodukter	19
Värdet av längre räckvidd och större flexibilitet	20
Känslighetsanalys	22
Alternativa metoder för produktion av vätgas	24
Produktion i lokal vindkraftpark (ö-drift)	25
Intermittent produktion av vätgas	25
Beskattning och andra styrmedel	28
Stöd till utbyggnad av vätgasinfrastrukturen	29
Beskattning av el och vätgas	29
Beskattning av tung lastbilstrafik	30
Appendix	32
Bilaga 1: Avgränsningar	33
Bilaga 2: Framställning av vätgas genom elektrolys	33



Inledning

»Rapporten analyserar vätgasens möjligheter för tunga vägtransporter.«

Intresset för vätgas har ökat kraftigt under senare år. Fossilfri vätgas ses som en möjlighet att fasa ut fossila bränslen och nå klimatmålen. Det har under de senaste åren producerats ett flertal rapporter inom vätgasområdet, internationellt och i Sverige. IVA vill bidra med underlag genom att fokusera på några frågeställningar där en fördjupad analys kan behövas. Därför startade IVA under våren 2021 projektet Vätgasens roll i ett fossilfritt samhälle.

Syftet med projektet är att belysa på vilket sätt vätgas kan bidra till ökad effektivitet och hållbarhet i det svenska energisystemet, och hur det i förlängningen kan bidra till stärkt konkurrenskraft för svensk industri. Projektet fokuserar på två frågeställningar; hur en storskalig produktion av vätgas genom vattenelektrolys interagerar med utvecklingen på elmarknaden och vilken roll vätgas kan spela för tunga vägtransporter i fjärrtrafik.

Denna rapport ägnas frågan om vätgas kan bli ett framtida bränsle i transportsektorn, främst för drift av tunga vägfordon i fjärrtrafik. Den utgör en något förenklad sammanfattning av underlagsrapporten "Vätgasens roll för tunga vägtransporter – en underlagsrapport", författad av arbetsgruppens ordförande Per Kågeson. I underlagsrapporten finns en detaljerad redovisning av alla antaganden om kostnader, beläggningsgrader, avskrivningstider, räntor med mera, och alla referenser. Dessutom kan den intresserade ladda ner det kalkylblad i vilket alla beräkningar utförts och sedan själv laborera med olika antaganden för att se hur detta påverkar utfallet.

Såväl underlagsrapporten som den nu föreliggande sammanfattningen har tagits fram i nära samarbete mellan författaren och den arbetsgrupp som haft till uppgift att analysera förutsättningarna för användning av vätgas i transportsektorn.

Rapporten har tagits fram under hösten 2021 och våren 2022.

Per Kågeson, Nature Associates (ordförande)
Emelie Algebrant, Tekniska Verken, Linköping
Maria Bratt Börjesson, VTI
Elna Holmberg, AB Volvo
Staffan Rödjedal, AB Volvo
Per Wassén, f.d. Powercell
Karin Byman, projektledare IVA

Arbetsgruppen står bakom rapporten i dess helhet, men alla individer står inte bakom alla formuleringar.



Sammanfattande slutsatser

»Vätgas kan ha en nisch inom tunga lastbilar i fjärrtrafik, men då krävs en snabb utbyggnad av infrastrukturen där kapacitet är viktigare än antal tankstationer.«

Bäst förutsättningar för vätgas i transportsektorn har tunga lastbilar i fjärrtrafik. Analysen visar dock att vätgas kan få svårt att konkurrera med batteridrift även i detta segment om man bara ser till de direkta kostnaderna. Kostnaden år 2030 för fordon och drivmedel bedöms bli 50 procent högre per fordonskilometer jämfört med batteridrift. Resultatet bör inte förvåna, eftersom vätgas i bränsleceller förbrukar cirka 2,5 gånger mer el per fordonskilometer. Vätgasdrift med bränsleceller har dock andra fördelar som bör beaktas i den totala kalkylen.

Batteribilar kan inte ta lika stor nyttolast som bränslecellsfordon eftersom vikten hos batterierna reducerar deras kapacitet, något som är av betydelse för vätgasens möjligheter att ta marknadsandelar inom segmentet långväga godstransporter. Den fördelen kommer dock att minska i takt med att framtida batterier förmår lagra mer energi per kilo. En mer varaktig fördel är att det tar längre tid att ladda batterier än att fylla på vätgas. Detta kan ge åkerier som använder långdistansbilarna i flera skift per dygn möjlighet till ett högre fordonsutnyttjande. Det kan alltså löna sig för en del åkerier att betala mer för bränslecellsfordon än för batteribilar om detta leder till högre intäkter som kan täcka merkostnaden.

För fordon som måste stanna för förarens dygnsvila eller som står i depå över natten blir fördelen av snabbare påfyllning däremot liten. Merparten av batteriladdningen kan då ske under uppehållet och som långsamladdning vid förhållandevis låg effekt.

För att omställningen från dieseldrivna fordon ska komma i gång krävs att infrastrukturer för snabbaddning av batterier respektive försäljning av vätgas kommer på plats i sådan utsträckning att åkerierna vågar köpa eldrivna fordon. I båda fallen krävs finansiell medverkan från staten och/eller EU. För att undanröja osäkerhet om villkoren och sätta fart på utbyggnaden behöver regeringen skyndsamt utreda och fastställa vilken stödmodell som kan fungera bäst med avseende på måluppfyllelse, riskavlastning, teknik- och konkurrensneutralitet samt effekter på statsbudgeten.

Med tanke på osäkerheten om framtida efterfrågan på vätgas för fordonsbruk och de höga kostnaderna bör Sverige prioritera tankstationer som byggs för att klara efterfrågan från ett rimligt antal tunga lastbilar och har teknik som gör det möjligt att tanka dem på 10–15 minuter. Detta är viktigare än att antalet tankstationer är stort. För kostnadseffektiv implementering av EUs kommande förordning om alternativbränsleinfrastruktur är det viktigt att Sverige i förhandlingarna säkerställer att minimiavstånden mellan tankstationerna kan anpassas till befolknings- och trafikunderlagen i olika delar av vårt land.

Om vätgasen framställs i en anläggning som bara körs när elpriset är lågt (intermittent drift) kan kostnaden för själva gasen reduceras med upp till 20 procent (fordonskostnadsdelen påverkas inte). Men det förutsätter investering i överkapacitet hos elektrolysörerna och ett lager motsvarande några hundra timmars behov. En sådan anläggning bör vara stor för att man ska kunna hålla lagerkostnaden (per ton) på en tillräckligt låg nivå. Lönsamheten förbättras om elektrolysen kan förläggas till en plats där producenten kan få sidoinkomster genom försäljning av biprodukterna spillvärme och syrgas. När elektrolysen bara är i drift under perioder med lågt elpris kan producenten potentiellt även få intäkter från stödtjänster till elnätet (dvs. få betalt för att inte producera när priset är högt). Men det förutsätter att en marknad för sådana tjänster etableras.

För att den tunga fordonstrafiken ska kunna elektrifieras krävs att konceptet sammantaget kan konkurrera kostnadsjämsamt med fordon som drivs med diesel och/eller biobränslen. Projektet har analyserat behovet av styrmedel och funnit att statliga subventioner av fordon och infrastruktur bara kan fungera under inledningsskedet för att sätta fart på omställningen. På tio års sikt måste marknadsvillkoren vara sådana att elektrifiering är lönsam utan stöd.

En del av den nuvarande prisskillnaden kan försvinna genom högre skatter på diesel och genom reduktionsplikten som höjer priserna genom att ställa krav på en snabbt växande andel biodrivmedel. Men metoden är politiskt



osäker eftersom det kan visa sig vara svårt att få väljarna att acceptera mycket höga priser på bensin och diesel. En viktig kompletterande åtgärd är därför att införa kilometerskatt (distansbaserade vägtullar) för tunga fordon på hela det statliga vägnätet och differentiera den kraftigt för att gynna elektriska fordon (inkl. bränslecellsbilar). EUs eurovinjettdirektiv ändras inom kort så att en sådan differentiering blir möjlig. Kilometerskatten har dessutom fördelen att inkludera och påverka alla de utlandsregistrerade långtradare som kör på svenska vägar.

Det är viktigt att styrmedlen utformas så teknikneutralt som möjligt. Annars snedvrids konkurrensen mellan olika tekniker och alternativ, vilket leder till att klimatomställningen blir onödigt dyr. Ett exempel på en oönskad snedvridning är förhållandet att el som används för laddning av batterier idag belastas med en av Europas högsta elskatter, medan el som används för framställning av vätgas är skattebefriad. Denna snedvridning riskerar att leda till onödigt hög elförbrukning och en samhällsekonomiskt dålig resursanvändning.

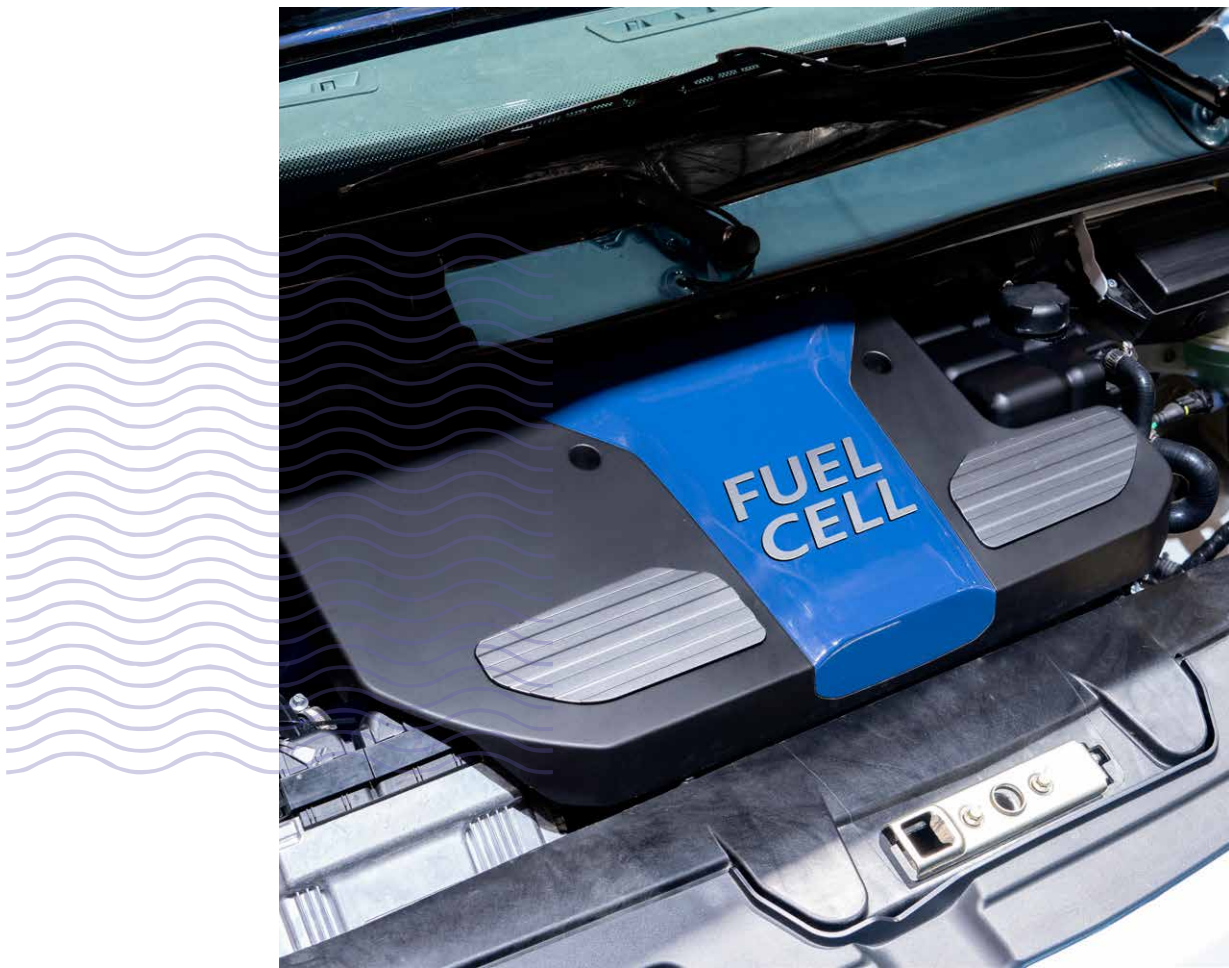
Slutsatsen är att det enklaste sättet att skattemässigt likställa batteridrift med vätgas och bränsleceller vore att sänka skatten på el till den lägsta tillåtna i EUs energiskattedirektiv. Det innebär cirka 1 öre per kilowattimme i stället för dagens 36 öre. Om riksdagen tvekar inför det skattebortfall som blir

följden av en generell sänkning av skatten (ca 25 mdkr/år) kan ett alternativ vara att nedsätta skatten till EUs miniminivå för el som tillförs batterier i tunga fordon som är föremål för kilometerskatt. Om inte, tvingas man istället att beskatta vätgas som tillförs motorfordon med en skattesats som uppväger fördelen av att framställningen av gasen är skattebefriad. Det skulle försvåra introduktionen av vätgas för fordonsdrift, eftersom alternativet på grund av sin låga totalverkningsgrad är mer känsligt för höga energiskatter än batterialternativet.

Regering och riksdag bör snarast undanröja den osäkerhet som finns kring tillståndprocesser och säkerhetskrav samt se till att myndigheternas arbete för att stödja introduktionen av vätgas samordnas. Det behövs också en nationell samordning av utbyggnaden av tankstationer. Brister i detta avseende kan leda till att man inte förmår tillvarata de skal fördelar som kan ligga i gemensam produktion av vätgas för användning inom olika sektorer.

Med tanke på den korta återstående tiden till 2030 måste ledtiderna kortas om vätgas och batteridrift av tunga lastbilar ska hinna få någon större betydelse till dess. Det vore illa om bristande styrning av de ansvariga myndigheterna och en långsam hantering av styrmedelsfrågorna skulle förhindra eller försena ett utnyttjande av potentialen.





Potentiell användning av vätgas inom transportsektorn

»Totalverkningsgraden är låg men högre kostnader kan i vissa fall uppvägas av snabbare tankning och större lastkapacitet.«



De mest gynnsamma förutsättningarna för vätgas och bränsleceller inom vägtrafiken finns troligen i segmentet tunga lastbilar (40 och 60 tons totalvikt) med långa dagliga körsträckor och i synnerhet i sådana där stora tunga batterier skulle reducera fordonets nyttolastkapacitet. Med vätgas bortfaller den motsättningen och föraren behöver heller inte stanna för snabbaddning av batterier. Vår rapport fokuserar därför på förutsättningarna att använda vätgas i bränsleceller i tunga lastbilar i fjärtrafik och en kostnads- mässig jämförelse mellan denna lösning och batteridrift.

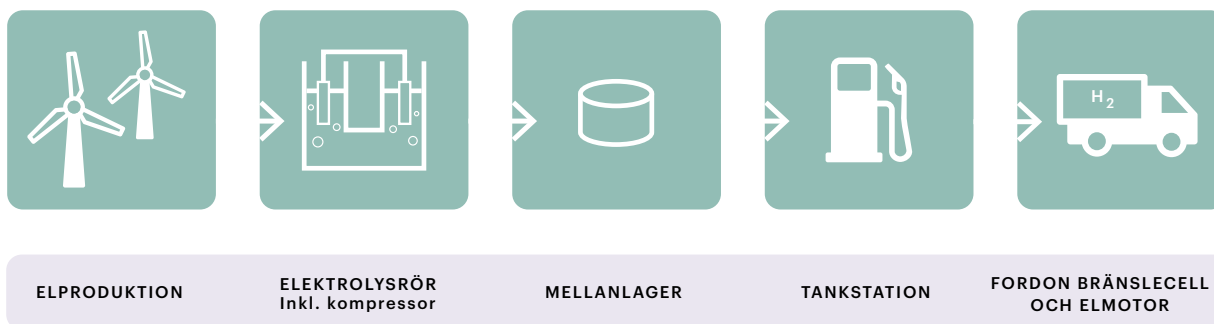
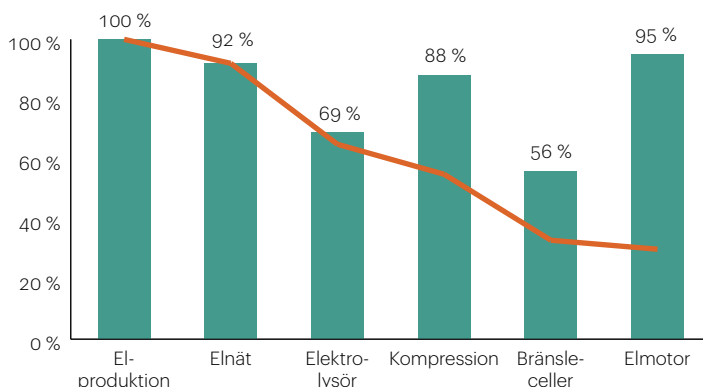
Underlagsrapporten innehåller även en jämförelse med alternativet batteribilar på elväg.

Utöver lastbilar i långväga trafik kan specialfordon med särskilda energibehov vara tänkbara nyttjare av bränsle- celler och vätgas, till exempel lastbilar som transporterar frysta livsmedel eller renhållningsfordon som behöver el för komprimering av sopor. Timmerbilar är ett annat tänk- bart fordonsegment.¹ En del tunga arbetsmaskiner kan också komma att drivas av bränsleceller, liksom tåg på

1 Ett pågående projekt, H2-Timmer, analyserar förutsättningarna i Sverige.

Figur 1: Illustration av verkningsgraden från elproduktion till elmotor i en bränslecellsbil med vätgas som bränsle. Totalverkningsgraden landar i cirka 30 procent. Källa: IVAs projekt Vätgasens roll i ett fossilfritt samhälle.

- Verkningsgrad
- Akkumulerad verkningsgrad



oelektrifierade banor och mindre fartyg. På lång sikt kan vätgas (i flytande form) även bli aktuell inom luftfarten. Inom sjöfarten förefaller ammoniak och metanol framställd av vätgas (elektrobränslen) bli ett framtida huvudalternativ. I den aktuella litteraturen råder emellertid stor enighet om att efterfrågan på vätgas för användning i industriella processer kommer att vara mycket större än efterfrågan på vätgas som drivmedel.

För personbilar och lätta lastbilar är batterier ett bättre alternativ än vätgas. Privatbilisterna laddar mestadels hemma till låg kostnad och de flesta gör bara några få långresor med bil per år. Det skulle krävas ett mycket lågt elpris under en stor del av året för att sänka priset på vätgas till en nivå där den kan bli konkurrenskraftig i personbilar.

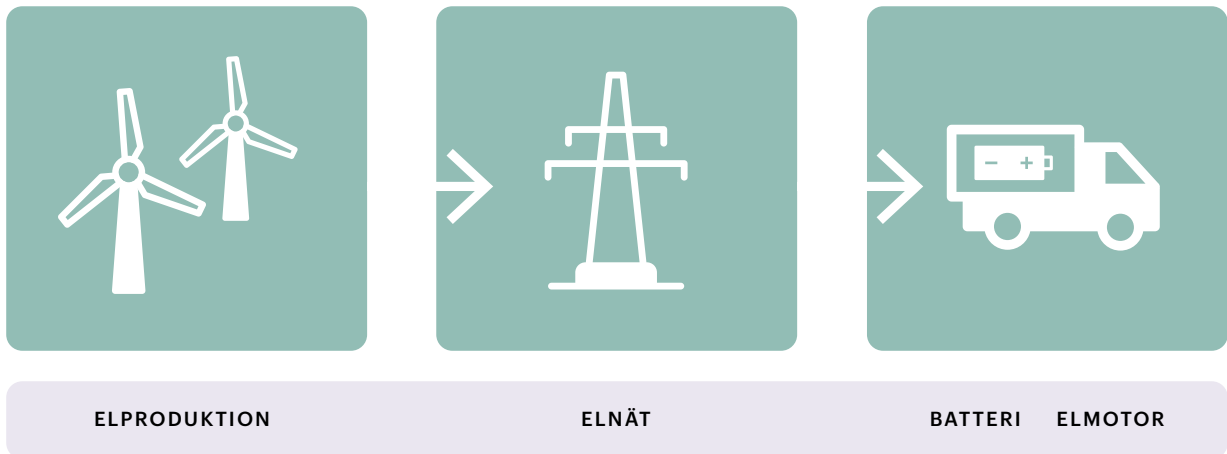
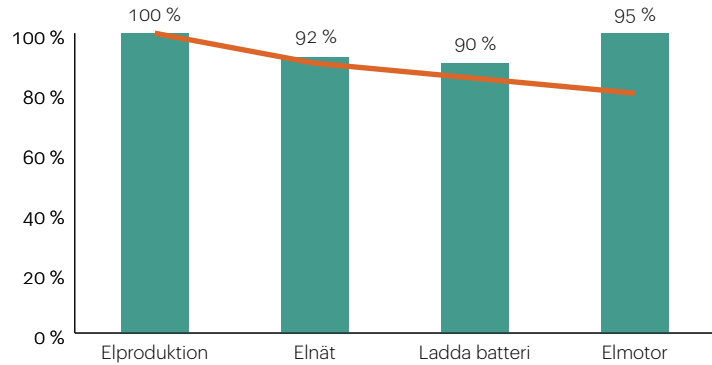
Den huvudsakliga anledningen till låga förväntningar på vätgas i vägtrafiken är att totalverkningsgraden är låg,

vilket medför att det måste finnas en betydande fördel för bränsleceller om man ska välja detta framför batteridrift. Förluster i kedjan elnät-elektrolysör-kompressor-bränsletank-bränsleceller leder till att bara drygt 30 procent av den initialt tillförda elenergin kan nyttjas för att driva bilens hjul. När batterier som driver ett vägfordon laddas med el från nätet uppgår totalverkningsgraden till 80–85 procent (sommartid och med långsamladdning). En vanlig bedömning är därför att batterier bör användas så långt det är möjligt, i syfte att hushålla med elektriciteten.

Vätgas (framställd ur naturgas) används även i raffinaderier vid produktion av såväl diesel och bensin som flytande biodrivmedel. Förbrukningen (ca 4 TWh/år) är väsentligt större än den mängd vätgas som kan komma att användas i bränsleceller för drift av fordon år 2030.

Figur 2: Illustration av verkningsgraden i kedjan från elproduktion till elmotor och framdrivningsarbete i en batteribil. Totalverkningsgraden landar i cirka 80 procent. Källa: IVAs projekt Vätgasens roll i ett fossilfritt samhälle.

- Verkningsgrad
- Akkumulerad verkningsgrad



Fordon och tankstationer

För ett år sedan meddelade Daimler och Volvo att de inlett ett gemensamt bränslecellsprojekt i syfte att starta upp serietillverkning av vätgasdrivna lastbilar år 2025. Scania erbjuder sedan september 2021 bränslecellselektriska lastbilar med en leveranstid på 24 månader.

I Sverige finns ett halvt dussin tankställen för vätgas och ytterligare några planeras. Investeringsbolaget Qarlbo ska med ekonomiskt stöd från Klimatklivet bygga 24 vätgas-tankstationer i Sverige. Dessa kommer att etableras på Rastas serviceanläggningar och ska i första hand erbjuda grön vätgas till tunga fordon. I en första etapp ska nio sta-

tioner byggas till 2024. Det är fråga om små anläggningar med låg dygnskapacitet. Vätgasproduktionen ska ske på plats genom elektrolys.

Danska Everfuel planerar att bygga 15 vätgastankstationer i Sverige till slutet av 2023, varav åtta kommer att etableras inom Nordic Hydrogen Corridor tillsammans med Vätgas Sverige, Statkraft, Hyundai och Toyota. Resterande tankstationer planeras enskilt eller i samarbete med andra partners.

För en redogörelse av studiens avgränsningar, se **Bilaga 1**.



Underlag för kostnadsberäkningar

»Det har varit en utmaning att hitta tillförlitliga uppgifter om framtida kostnader för tekniker som ännu är omogna.«

Vätgas framställs idag främst genom ångreformerings av naturgas eller kol. Produktionen av fossilfri vätgas genom elektrolys står för mindre än 2 procent av den totala vätgasproduktionen i Europa. Vätgasen används huvudsakligen till produktion av ammoniak, som främst används för framställning av konstgödsel, i kemiindustrin samt i oljeraffinerier. Globalt förbrukades cirka 90 miljoner ton år 2020.

I Sverige används ungefär 180 000 ton vätgas per år (cirka 6 TWh). Gasen framställs huvudsakligen genom reformering av naturgas (67 %). Näst största källan är industriella restströmmar, medan knappt 3 procent produceras genom elektrolys. Vätgasen används främst i raffinaderier (72 %) och som råvara inom kemisk industri (27 %). Resten (1 %) utnyttjas i metallurgiska processer eller som drivmedel.

Vätgas förväntas inom tio år användas inom nya områden, framför allt i industriprocesser som ersättning för fossila bränslen, men även inom transportsektorn. I Sverige planeras en mycket omfattande användning av vätgas för fossilfri framställning av järnsvamp, en ersättare för dagens användning av stenkol vid reduktion av järnmalm.

Tillkommande vätgas utöver dagens behov planeras i första hand produceras genom elektrolys av vatten baserad på fossilfri el (se bilaga 2). Detta kommer att kräva stora mängder el och få en stor inverkan på elsystemet, vilket diskuteras i den kommande rapporten "Vätgasens roll i ett fossilfritt samhälle" (IVA 2022). Enbart dagens behov av vätgas skulle kräva cirka 9 TWh el per år om det skulle tillgodoses genom elektrolys.

Beräkningsfall och kostnadsdata

Det är inte lätt att hitta tillförlitliga uppskattningar av framtida kostnader för tekniker som fortfarande är att betrakta

som omogna. Beträffande den reduktion av priserna som teknisk utveckling i kombination med serietillverkning kan komma att ge talar man om lärkurvor. De uttrycks som den procentuella minskningen av kostnaden vid en fördubbling av tillverkningsvolymen. I litteraturen anges ibland vilken lärkurva och vilken ökning av produktionsvolymen som författaren/författarna antar ska komma att inträffa. Båda faktorerna är emellertid svåra att bedöma.

Vi har haft särskilt svårt bedöma kostnaden för lagring av vätgas. De uppgifter om vätgaslager som finns avser antingen små metall- eller kolfibercylindrar, avsedda för några hundra kilo vätgas under högt tryck, eller mycket stora lager i saltformationer eller berggrum, som under lägre tryck kan rymma hundratals eller tusentals ton vätgas. Vid lagring i liten skala tvingas man idag addera ett antal cylindrar för att skapa lager på flera ton.

Tabell 1 sammanfattar kostnaderna för vätgas under antagande att elektrolysörernas verkningsgrad kommer att uppgå till 69 procent år 2030 och att den årliga underhållskostnaden för vätgastankstationen motsvarar 2 procent av kapitalkostnaden. I grundalternativet produceras vätgasen vid tankstationen med kontinuerlig drift och baserat på el från nätet. Elkostnaden antas i genomsnitt uppgå till 65 öre per kilowattimme, inklusive nätavgifter men exklusive skatt.

I alternativet med intermittent drift av elektrolysörerna bygger affärsmodellen på att man vill undvika att producera när elpriset är högt. Vid intermittent produktion under hälften av årets timmar måste elpriset vara så lågt att det uppväger den högre kapitalkostnaden för större elektrolysörer och ett lager motsvarande några hundras timmars behov.

Tabell 2 sammanfattar kostnaderna för publik laddning av fordonsbatterier. Den årliga underhållskostnaden upp-

Tabell 1: Kostnader för framställning, lagring och försäljning av vätgas.
Källa: IVAs projekt Vätgasens roll i ett fossilfritt samhälle.

Grundalternativet	Kronor/enhet	Storlek	Investering
<i>Elektrolys vid tankstation med kontinuerlig drift</i>			
Vätgastankstation		2 ton/dygn	30 mnkr
Elektrolysör	6 000 kr/kW	4 MWe	24 mnkr
Elanslutning av elektrolysör	2 000 kr/kW	4 MWe	8 mnkr
SUMMA INVESTERING			62 mnkr
<i>Intermittent vätgasproduktion vid tankstation</i>			
Vätgastankstation		2 ton/dygn	30 mnkr
Elektrolysörer	6 000 kr/kW	8 MWe	48 mnkr
Elanslutning av elektrolysörer	2 000 kr/kW	8 MWe	16 mnkr
Lager vid tankstationen (200 bar)	4 800 kr/kg	10 ton	48 mnkr
SUMMA INVESTERING			142 mnkr

skattas motsvara 1 procent av kapitalkostnaden. Laddför-lusterna antas i genomsnitt uppgå till 10 procent av den tillförda energin.

I våra beräkningar har vi satt avskrivningstiderna till 15 år för tankstation, elektrolysör och batteriladdare samt till 25 år för rörledning och buffertlager. Kalkylräntan är genomgående 6 procent. Många av de uppgifter som använts härstammar från artiklar och rapporter där kostnader anges i US-dollar eller euro, och för dessa har vi räknat med att kursen mot kronan är 8,6 för dollarn och 10,0 för euron. Under senhösten 2021 och vintern 2022 försvagades kronan påtagligt, men vi har trots detta valt att hålla fast vid de tidi-

gare, nyss nämnda, kurserna eftersom vi bedömer att de bättre återspeglar kronans värde över en längre tidsperiod.

De redovisade kostnaderna för publik laddning respektive försäljning av vätgas täcker inte ägarens utgifter för sådant som mark, snöröjning, belysning och personal (om stationen är bemannad) och inte heller bolagets overhead-kostnader. För jämförelse med kostnaden för dagens drivmedelsalternativ har vi i beräkningarna lagt in ett åttaprocentigt påslag på produktkostnaden för el respektive vätgas.

Tabell 3 sammanfattar kostnaderna för bränslecellsbilar (FCEV²) respektive batteribilar (BEV³). Bränslecellernas

² FCEV = Fuel Cell Electric Vehicle.

³ BEV = Battery Electric Vehicle.

Tabell 2: Kostnader för laddning av batterifordon. Källa: IVAs projekt Vätgasens roll i ett fossilfritt samhälle.

	Kronor/enhet	Storlek	Investering
Snabbladdningsaggregat, inkl. transformatorstation och nätanslutning	5 000 kr/kW	600 kW	3,00 mnkr
Snabbladdningsaggregat för destinationsladdning	5 000 kr/kW	350 kW	1,75 mnkr
Laddstolpe för långsam laddning i depå	6 000 kr/kW	50 kW	0,20 mnkr
ANTAGEN ELKOSTNAD, INKLUSIVE NÄTAVGIFTER (EXKL. ELSKATT OCH MOMS)			
Publik snabbladdning			0,80 kr/kWh
Semipublik snabbladdning på destination			0,65 kr/kWh
Publik långsamladdning			0,70 kr/kWh

Tabell 3: Antaganden om fordonskostnader med mera 2030. Kronor (exkl. moms).

	Bränslecellsbil (FCEV)	Batteribil (BEV)
Dragbil med elektrisk drivlina, exkl. batterier, bränslecell och tank (kr)	1 000 000 kr	1 000 000 kr
Batteristorlek (kWh)	70 kWh	800 kWh
Effektbatterikostnad (kr/kWh)	4 285 kr/kWh	-
Energibatterikostnad (kr/kWh)	-	1 250 kr/kWh
Batterikostnad (kr)	300 000 kr	1 000 000 kr
Bränslecellsystem, 300 kW à 1 000 kr (kr)	400 000 kr	-
Vätgastank för 55 kg à 6 000 kr, 700 bar (kr)	400 000 kr	-
Övriga system (kr)	300 000 kr	200 000 kr
TOTAL FORDONSKOSTNAD (KR)	2 400 000 kr	2 200 000 kr
Energi batteri/tank-till-hjul, inkl. laddförluster (kWh/km)	2,15 kWh/km	1,30 kWh/km

verkningsgrad (räknat på en hel körcykel) antas 2030 vara 56 procent. Vi har valt att inte beakta kostnaden för underhåll av fordonen, vilket innebär att vi bortser från att den troligen är lite högre för bränslecellsbilen än för batteri-

bilarna. Vi beaktar inte heller eventuella skillnader i restvärde efter sju år.

Övriga avgränsningar för studien återges i bilaga 1.



Kostnadsjämförelse bränslecellsbil mot batteribil

»Kostnaden för bil och drivmedel blir 50 procent högre per fordonskilometer.«

Tabell 4: Kostnader per fordonskilometer i grundalternativet, utan respektive med el- och vätgasbeskattning. Kronor per fordonskilometer. Källa: IVAs projekt Vätgasens roll i ett fossilfritt samhälle.

	Bränslecellsbil (FCEV)	Batteribil (BEV)
Exklusive skatt (kr/fkm)	6,6 kr/fkm	4,4 kr/fkm
Inklusive skatt (kr/fkm)	7,9 kr/fkm	4,8 kr/fkm

Baserat på underlagsrapportens antaganden kostar obeskattad vätgas vid pump 1,67 kronor per kilowattimme när produktionen sker kontinuerligt vid stationen med el från nätet. Det motsvarar (för internationell jämförelse) ett pris vid pump på cirka 6,4 dollar per kilo vätgas.⁴

Tabell 4 visar utfallet i grundalternativet för vätgasproduktion jämfört med ett batteribilsalternativ (BEV) där 60 procent av laddningen sker i depå, 30 procent vid destination och 10 procent som snabbaddning. Av tabellen framgår att bränslecellsdrift med vätgas (FCEV) år 2030 kan förväntas kosta 50 procent mer per fordonskilometer (fkm) än batterielektrisk drift (BEV). Resultatet är inte överraskande. En rad studier har under de senaste åren kommit till samma slutsats.

Av tabellen kan också utläsas att beskattning på lika villkor leder till att vätgasdrivna bränslecellsbilar påförs en högre kostnad per fordonskilometer än batteribilar. Det är en följd av större omvandlingsförluster. Jämförelserna avser kostnaden per kilometer för lastbilar (40 ton) med en körsträcka på 13 000 mil per år.

Till en del påverkas utfallet av att batteribilar har ett förspång framför bränslecellsbilar, både avseende teknisk

mognadsgrad och marknadspenetration. Även om resultatet bygger på antaganden om en betydande kostnadsreduktion till 2030 kommer vätgasalternativets fulla utvecklingspotential inte hinna utnyttjas till dess. För fortsatt kostnadsreduktion är effekten av skalfördelar i massproduktion av ingående komponenter viktigare än fortsatta förbättringar av verkningsgraden hos elektrolysörer och bränsleceller. Den lägre totalverkningsgraden jämfört med batterier kommer att förbli ett problem för vätgasalternativet.

För att kunna bedöma om vätgas, trots väsentligt högre kostnad per fordonskilometer, ändå kan bli ett alternativ behöver man analysera övriga faktorer som kan påverka lönsamheten. Till dessa faktorer hör sidoinkomster vid produktion av vätgas samt i vilken grad vätgasalternativet kan öka åkeriernas intäkter jämfört med batterielektrisk drift.

Intäkter från försäljning av biprodukter

Vid produktion av vätgas genom elektrolys med antagen verkningsgrad uppkommer spillvärme motsvarande en

4 IEA uppskattar att kostnaden år 2030 kommer att hamna någonstans mellan 4,5 och 6,0 dollar per kg.

dryg tredjedel av den tillförda elenergin. Temperaturen (60–80°C) är tillräckligt hög för att potentiellt ge värmen ett värde. Det förutsätter att produktionen äger rum där det finns ett värmebehov. När produktionen sker i direkt anslutning till tankstationen kan vissa förutsättningar finnas om det finns närliggande byggnader som behöver värmas, till exempel en restaurang. En station som vid 65 procents beläggning producerar 1,3 ton vätgas skulle kunna leverera 28 MWh per dygn. Det är långt mer än vad som kan användas på tankstationen, i synnerhet under sommarhalvåret då det inte finns något behov av uppvärmning.

Slutsatsen blir således att det bara är stationer förlagda i närheten av bebyggelse som använder fjärrvärme som skulle kunna utnyttja spillvärmen effektivt. Detta förutsätter dock att värmeverken är intresserade och att anslutningskostnaden är överkomlig.

Vid elektrolys sönderdelas vatten i vätgas och syre. För varje kilo vätgas frigörs åtta kilo syre. Syrgas används bland annat i verkstadsindustrin (gassvetsning, lödning m.m.), i stålindustrin, i pappersindustrin (blekning av massa) samt inom sjukvården. Energimyndigheten anger, baserat på intervjuer med personer inom skogsindustrin, att priset vid försäljning i bulk kan uppgå till cirka 50 euro per ton (500 kr). Om efterfrågan på vätgas från inhemsk elektrolys växer kraftigt kommer mängden syrgas sannolikt ganska snart att överstiga efterfrågan. Vätgasproducenter i närheten av större förbrukare har därför bäst förutsättningar att få en extra intäkt från försäljning av syrgas.

Slutsatsen i rapporten är att försäljning av biprodukterna i bästa fall kan motsvara 5–10 procent av kostnaden för elektrolysen, men att det i många fall sannolikt inte går att sälja dem alls. Effekten på kostnaden för vätgasdrivna bränslecells-bilar blir mindre, eftersom bränslet bara utgör en delpost.

Värdet av längre räckvidd och större flexibilitet

För batteribilar innebär batteriernas vikt att fordonet inte kan medföra lika stor nyttolast som vätgasdrivna bränsle-

cellsfordon. Fördelen är inte lika påtaglig för "volymgods" som för transport av tungt gods. En stor del av den långväga godstrafiken med lastbil avser högvärdigt gods som sällan har hög vikt per volymenhet.

Batterierna hos en fjärrbil på 40 ton kan under de närmaste åren komma att väga 6–7 ton, medan vikten hos drivlinan i en motsvarande dieselbil kan uppgå till cirka 3 ton. Det innebär för batteribilarna en tillkommande vikt på 3–4 ton. Jämfört med ett bränslecellsfordon som drivs med vätgas blir skillnaden cirka 5 ton, eftersom dess bränsletank, effektbatterier och bränsleceller tillsammans väger cirka 2 ton.

Denna skillnad kommer dock inte att bli bestående. Som framgår närmare i underlagsrapporten räknar flera bedömare med att teknikutvecklingen snabbt kommer att reducera vikten hos batterierna. Om dessa förväntningar infrias kommer vätgasdrivna bränslecellsfordon inte ha någon markant viktfördel framför batterifordon bortom år 2030.

Andra fördelar med vätgas är lite större räckvidd och väsentligt snabbare påfyllnad av bränsle. Fler batterier kan ge samma räckvidd, men i så fall till priset av ytterligare minskad kapacitet för nyttolasten. Det förefaller således rimligt att anta att vätgasdrift kommer att behålla ett litet övertag när det gäller räckvidd.

Vätgastankning kan med rätt utrustning genomföras på kort tid. Med 3 kilo per minut tankar man 45 kilo på en kvart. Med snabb batteriladdning från en 600 kW-laddare skulle det ta 7,5 timmar att fylla på samma mängd energi. Men jämförelsen haltar eftersom en batteribil kräver mycket mindre energi per fordonskilometer än en motsvarande bränslecellsbil driven med vätgas. Dessutom saknas mestadels anledning för åkeriet att snabbbladda under många timmar. Merparten av energin tillförs genom långsamladdning under förarens dygnsvila. Snabbbladdning kommer att vara komplementär och sällan eller aldrig kräva längre tid än de 45 minuter av obligatorisk vilotid som EUs regelverk föreskriver. Under en sådan rast kan man med 600 kW vid behov höja fyllnadsgraden från 20 procent till 76 procent hos ett batteri på 800 kWh.

Vätgasdrivna bränslecellsfordon har fördel av att föraren inte behöver stanna för dygnsvila eller vilopaus på en

Tabell 5: Kostnadsfördelning för tunga lastbilar i långväga distribution. Källa: Sveriges Åkeriföretag.

Kostnadsslag	
Värdeminskning samt ränta	15,2 %
Däck	2,8 %
Underhåll och reparationer	6,9 %
Skatt	1,3 %
Lön	39,6 %
Diesel	28,4 %
Administration och övrigt	5,8 %
TOTALT	100,0 %

station som säljer vätgas. Bäst förutsättningar har vätgasdrift sannolikt i de långväga inhemska transporter där stora bolag med egna terminaler låter förarna byta bilar vilket gör det möjligt att använda fordonen i mer än ett skift per dygn. Det kan till exempel innebära att en södergående bil möter en norrgående på en bestämd plats där förarna byter fordon med varandra och sedan kör tillbaka till sin "hem-terminal". Där tar någon annan över bilen under nästa skift. Därigenom står fordonen sällan tillräckligt länge på samma plats för att i batterialternativet hinna långsamladda i tillräcklig utsträckning.

Om bränslecellsbilarnas fördelar är så stora att de helt uppväger merkostnaden för fordon och drivmedel beror således på vilka typer av uppdrag åkeriet räknar med att använda dem till. På kort sikt förefaller skillnaden i nyttolast vara en faktor som väger tyngre än den obetydliga skillnaden i tidsmässig uppoffring för bränslepåfyllnad jämfört med snabbaddning. För fordon som används i flerskift överväger dock effekten av kortare tid för bränslepåfyllnad jämfört med batteriladdning eftersom möjligheten att långsamladda under vilouppehåll blir sämre.

För att bedöma effekterna av att kunna använda mindre tid för bränslepåfyllnad måste man beakta åkeriets samtliga kostnader, alltså även utgifter för förare, däck, underhåll, service och skatter. Om bilen kan användas mer effektivt kan åkeriets kostnader för några av kostnadsslagen i tabell 5 slås ut över en större produktion. Det handlar främst om värdeminskning, skatt och administration vilka tillsammans utgör en dryg femtedel av kostnadsmassan. Effekten av detta kan förmodas variera något beroende på transportupplägg.

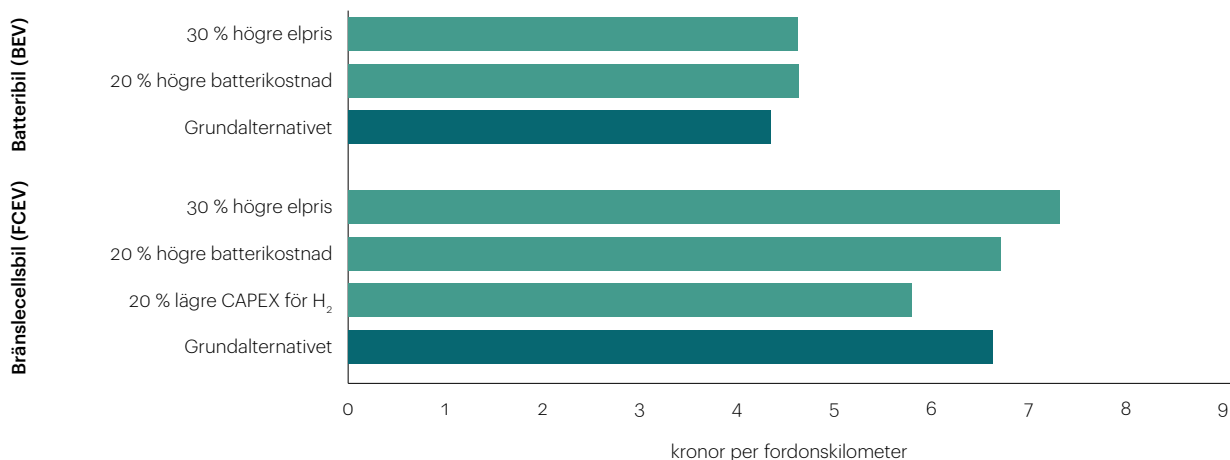
Rapporten analyserar de ekonomiska förutsättningarna för vätgas respektive batterier i 40-tonsbilar. För drift av 60-tonsbilar krävs 30–40 procent mer energi per fordonskilometer, men det uppvägs av att lastkapaciteten ökar. Dock krävs större batterikapacitet respektive större vätgastank för att klara samma körsträckor som motsvarande 40-tonsbilar. Men med ökad totalvikt minskar den andel av nyttolastkapaciteten som går till spillo på grund av batterivikten. Det innebär att batteribilens konkurrensfördel vid jämförelse med vätgasdrivna bränslecellsfordon ökar med stigande totalvikt, räknat som kostnad per tonkilometer.



Känslighetsanalys

»Resultaten är robusta. Räknat per fordonskilometer kommer batteribilar att även på sikt vara billigare men skillnaden kan komma att minska.«

Figur 3: Kostnad (kr/fkm) jämfört med grundalternativet vid andra kostnadsantaganden (exkl. elskatt).
Källa: IVAs projekt Vätgasens roll i ett fossilfritt samhälle.



Många parametrar kan potentiellt påverka utfallet av jämförelsen mellan bränslecellsfordon och batterifordon. Bland dem finns antaganden om beläggningsgrad, energi-omvandlingsförluster, val av kalkylränta och avskrivningstider samt komponentkostnader och elpris. En mer ingående diskussion om detta finns i underlagsrapporten. Här nöjer vi oss med att redovisa effekten på utfallet av alternativa antaganden för de ekonomiskt tyngsta parametrarna. Resultaten sammanfattas i figur 3.

Om vätgasalternativet (men inte batterier) antas få 20 procent lägre kapitalkostnader (CAPEX) i hela kedjan (produktion-transport-lagring-tankstation) reduceras merkostnaden per fordonskilometer jämfört med batterifordon från 50 procent till 38 procent (exkl. skatter). Det är dock i sammanhanget viktigt att notera att vi redan i grundalternativet antagit en betydande kostnadsreduktion år 2030 jämfört med 2020.

Brist på kritiska metaller kan få en negativ inverkan på batteripriserna. Vi prövar därför effekten av 20 procent dyrare batterier år 2030 jämfört med grundalternativet och

antar att energi- och effektbatterier⁵ påverkas procentuellt lika mycket. Påverkan på kostnaden per fordonskilometer blir förstås större för batteridrift.

En nyckelfråga för lönsamheten hos vätgas som framställs genom elektrolys är vad som händer med elpriset. Som framgår närmare av underlagsrapporten är sannolikheten för stigande priser betydande. Vi prövar därför i känslighetsanalysen utfallet av ett 30 procent högre genomsnittligt elpris (inkl. nät-kostnader) år 2030 jämfört med grundalternativet.

Av diagrammet framgår den förändring jämfört med grundalternativet som har störst betydelse för vätgasens möjlighet att konkurrera med batteridrift är ett läge där alla kapitalkostnader vid produktion och användning av vätgas reduceras samtidigt som det inte sker någon kostnadsförändring för batterifordon. Effekten av högre batteripriser har ringa påverkan. Ett högt elpris missgynnar vätgasdrivna bränslecellsfordon. Men inte ens med en osannolik kombination där alla parametrar utvecklas på ett sätt som gynnar vätgasalternativet kan bränslecellsfordon (FCEV) 2030 kostnadsmissigt komma i närheten av batteribilar (BEV).

⁵ För att klara snabba lastvariationer samt behoven i uppförsbackar och vid accelerationer behöver bränslecellerna stöd av ett mindre effektbatteri som också används för lagring av den energi som frigörs i nedförsbackar.



Alternativa metoder för produktion av vätgas

»En produktion som anpassas till rådande elpris kan ge lägre kostnader för vätgasen men kräver investeringar i lager och fler elektrolysörer.«

I vårt grundalternativ framställs vätgasen vid varje tankstation genom utnyttjande av el från nätet. Det innebär att man investerar i en elektrolysör som precis klarar det lokala behovet och som vanligen används dygnet runt oavsett priset på el. Andra former för vätgasproduktion kan emellertid tänkas ge lägre totalkostnad. Vi har därför översiktligt studerat några ytterligare varianter (se underlagsrapporten för fördjupad analys).

Produktion i lokal vindkraftpark (ö-drift)

En variant skulle kunna vara att producera vätgas avsedd för en tankstation i en dedikerad vindkraftpark i stationens närhet och därigenom slippa kostnaden för att ansluta vindkraftparken och elektrolysören till elnätet, så kallad ö-drift. Det innebär att vätgasproducenten köper hela kraftverkets årsproduktion till ett avtalat pris per kilowattimme. Modellen förutsätter att man investerar i ett stort lager och i överkapacitet hos elektrolysörerna så att man kan producera mycket när det blåser. Ändå tvingas man "spilla" vind, eftersom det blir för dyrt att investera i elektrolysörer som bara används under en liten del av årets timmar. En överslagsmässig beräkning visar att ö-drift i en lokal vindkraftpark leder till att kostnaden för vätgasen ökar med cirka 1 krona per kilowattimme jämfört med grundalternativet.

Intermittent produktion av vätgas

Intermittent produktion av vätgas kan däremot erbjuda möjligheter att få ner kostnaden. Konceptet bygger på att elpriset i ett framtida elsystem med hög andel vindkraft kom-

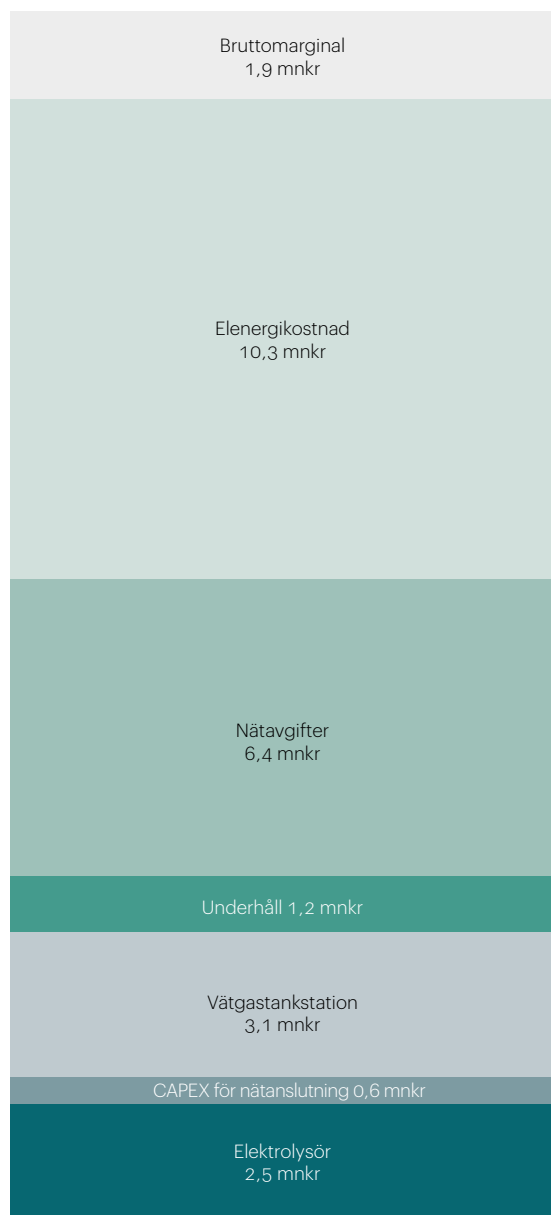
mer att variera mer än idag. Under dessa förutsättningar kan det bli lönsamt att investera i överkapacitet hos elektrolysörerna och ett vätgaslager som motsvarar några hundra timmars behov om man därigenom kan undvika att producera under timmar och dagar då elpriset är högt. Med en sådan modell medverkar dessutom vätgasproducenterna till att balansera det svenska elsystemet.

En variant är en lokal eller central produktionsanläggning som använder el från nätet och producerar mot lager. En vindkraftpark som är partiellt dedikerad till lokal produktion av vätgas men samtidigt är nätansluten med en viss andel av sin maximala effekt (en hybridlösning) är en annan möjlighet.

Lokaliseringen av vätgasproduktionen kan också påverka lönsamheten. För att kunna sälja biprodukterna överskottsvärme och/eller syrgas krävs närhet till områden där dessa produkter behövs. Det kan tala emot en lokalisering till vindkraftparker på land eller till havs. Avståndet till vätgaskunderna är också viktig parameter.

Förutsättningarna för att nå en kostnadsoptimerad vätgasproduktion inom HYBRIT-projektet ger visst underlag för en bedömning av möjligheterna till hybridlösningar. Energimyndigheten har från aktörer som representerar projektet fått veta att en kostnadsreduktion på 15–20 procent jämfört med vätgasproduktion i konstant drift bedöms vara möjlig genom investeringar i överkapacitet och lager. För detta krävs en fördubblad kapacitet hos elektrolysörerna jämfört med kontinuerlig drift samt ett lager motsvarande 6–20 dagars behov. Bedömningen bygger på ett antagande om att den framtida kostnaden för elektrolysörerna i det aktuella fallet är sju gånger större än investeringen i lagret, men en sådan relation kan bara uppnås vid storskalig produktion. Det kan tala för att en intermittent vätgas-

Figur 4: Kostnadernas fördelning i grundalternativet, miljoner kronor per år. Källa: IVAs projekt Vätgasens roll i ett fossilfritt samhälle.



produktion bör ske i stora anläggningar snarare än i små lokala anläggningar.

Figur 4 visar hur kostnaderna för elektrolysen i den här rapportens grundalternativ fördelas på olika kostnadsposter.

För att kunna leverera samma mängd per dygn till kunderna antas att man vid intermittent produktion måste fördubbla kapaciteten hos elektrolysörerna för att kunna undvika att producera under hälften av årets timmar då elpriset är högt. I ett fall med lokal intermittent produktion krävs att det genomsnittliga elpriset faller från grundalternativets 40 öre per kilowattimme till 17 öre för man ska kunna leverera till samma pris mot kund som i alternativet med kontinuerlig drift (och hälften så stor elektrolyskapacitet). Nätavgifterna antas vara desamma.

När den intermittenta produktionen sker i större skala och mot ett centralt lager räcker det om det genomsnittliga elpriset under de timmar då produktionen sker uppgår till 28 öre per kilowattimme för att klara kostnadsparitet med grundalternativet (dvs. samma årskostnad på 26,1 mnkr för den mängd som behövs för försörjning av en tankstation som omsätter 2 ton/dygn).

Med tanke på skalfördelarna kan produktion i stora anläggningar baserad på låga elpriser under perioder med mycket vind vara en möjlighet att få ner kostnaden för framställning av vätgas genom elektrolys i Sverige. Sidointäkter från försäljning av spillvärme och syrgas kan potentiellt bidra till att sänka nettokostnaden för produktion av vätgas men är helt avhängiga av var produktionen sker.

Vi har inte underlag för en exakt beräkning, men det förefaller rimligt att priset på vätgas vid pump ska kunna reduceras med maximalt 20 procent om den framställs genom intermittent drift av en större anläggning. I så fall kan man år 2030 vara nere på omkring 1,34 kronor per kilowattimme (= 5,1 dollar/kg). Därtill kommer dock kostnaden för transport av gasen från centrallagret till den enskilda tankstationen.





Beskattning och andra styrmedel

»Statens åtgärder för att främja fossilfria transporter med tunga lastbilar måste vara teknikneutrala. Omställningen underlättas av införande av en koldioxidifferentierad kilometerskatt.«

Underlagsrapporten innehåller en detaljerad analys av behoven av styrmedel för att klara vägtrafikens elektrifiering genom batterier och vätgas. Här sammanfattas några av de viktigaste slutsatserna.

En vanlig bedömning bland Europas miljöinriktade tanke- och smedjor (Agora Energiewende, Guidehouse, CE Delft och T&E) är att vätgas i första hand bör användas i sektorer där andra fossilfria alternativ saknas. De anser att ett ramverk för marknadsintroduktion av förnybar vätgas initialt bör riktas mot applikationer där det är klart att vätgas behövs och är en "no-regret option".

Stöd till utbyggnad av vätgasinfrastrukturen

Osäkerheten är mindre för tunga lastbilar i fjärrtrafik än för övriga fordonskategorier. Det innebär att statens stöd till utbyggnad av vätgasinfrastruktur för transportsektorn initialt bör inriktas på att tillmötesgå den tunga trafikens behov. Under det första skedet bör man dock inte gå längre än vad som är nödvändigt. Ett stort antal vätgastankstationer är mindre viktigt än att varje tankstation ligger på lämplig plats och är dimensionerad så att stora lastbilar snabbt kan tanka.

För den södra halvan av Sverige räcker det sannolikt initialt med ett tiotal tankstationer, vardera med kapacitet att leverera minst ett ton vätgas per dygn vid ett tryck som är tillräckligt för att medge tankning av en stor lastbil på 10–15 minuter. Det är därför viktigt att Sverige ser till att EU-kommissionens förslag till förordning (AFIR) ändras så att

medlemsländerna får möjlighet att anpassa både storleken hos vätgastankstationerna och deras inbördes avstånd till befolknings- och trafikunderlagen.

Statens stöd till utbyggnad av vätgasinfrastrukturen bör utformas så att kostnaden hålls nere och att alla aktörer som uppfyller kraven likabehandlas. Elektrifieringskommissionen framhåller att det behövs en samordnad insats. De bidrag till små tankstationer (med egen vätgasproduktion) som nyligen beviljats inom Klimatklivet är förenade med en påtaglig risk för att utbytet inte blir optimalt. Viktigt i sammanhanget är att söka utnyttja skalfördelar i produktion och lagring av vätgas och att stimulera lösningar som gör att vätgassektorn kan bidra till balansering av elsystemet. Utmaningen diskuteras närmare i underlagsrapporten.

För att minimera behovet av investeringar i infrastruktur är det viktigt att skapa förutsättningar för hög beläggning både på vätgastankstationer och stationer för snabbaddning av tunga lastbilar. Utveckling av informations- och bokningssystem för att förbättra tillgängligheten och minska osäkerheter inför ankomst till enskilda tank- och laddningsstationer kan kostnadsmässigt få stor betydelse.

Beskattning av el och vätgas

El som används i bostäder, service med mera beskattas i större delen av Sverige med 36 öre per kilowattimme. Den svenska skatten är den tredje högsta i Europa (efter Nederländerna och Danmark). Omkring hälften av medlemsländerna har punktskatter som ligger på eller strax över

energiskattedirektivets nuvarande miniminivå (ca 1 öre/kWh). Skatten på el är rent fiskal, eftersom den saknar koppling till några samhällsekonomiska kostnader. Den höga svenska elskatten försvårar elektrifieringen av vägtrafiken och i procent av varuvärdet är den högre än både punktskatterna på öl och vin och energiskatten på fossil diesel.

Vätgas som används i bränsleceller är däremot obeskattad, och el som används för framställning av vätgas genom elektrolys får inte beskattas enligt EUs energiskattedirektiv (ETD). Det innebär att vätgas i bränsleceller är skattemässigt gynnad trots att den låga totalverkningsgraden gör att det går åt cirka 2,5 gånger mer el räknat från elnät till hjul jämfört med batteridrift. Eftersom det i viss utsträckning kan förekomma konkurrens mellan vätgas/bränsleceller och batterier är det angeläget att likabehandla de båda alternativen skattemässigt.

Det enklaste sättet att skapa en teknikneutral beskattning vore att reducera skatten på el till energiskattedirektivets miniminivå. Baserat på dagens beskattade elförbrukning skulle det dock innebära ett intäktsbortfall för staten på 25 miljarder kronor per år. Att alternativt enbart befria alla typer av fordon från skatten men behålla den på hushållsel skulle inte fungera, eftersom merparten av laddningen av personbilar sker hemma.

Ett annat alternativ till likabehandling av de två alternativen kunde vara att belägga vätgas som används i fordon med en skattesats som motsvarar fördelen av att den el som används för framställning genom elektrolys är obeskattad. Med dagens verkningsgrad⁶ hos elektrolysen skulle vätgas behöva beskattas med 20 kronor per kilo (exkl. moms) för att likställas med beskattningen av den el som tillförs batterier. En hög beskattning försvårar dock för vätgasalternativet, som för att kunna konkurrera med batteridrift behöver ett lågt elpris.

En tredje möjlighet skulle kunna vara att enbart befria tunga fordon från skatten på el. Det bör vara möjligt om de laddas

från uttag som inte får eller kan användas för laddning av lätta fordon och som abonnemangs- och skattemässigt kan åtskiljas från övrig elförbrukning på platsen för laddningen. Eftersom den spårburna trafiken i Sverige är befriad från elskatt förefaller det lämpligt från konkurrenssynpunkt att inte heller belasta el som tillförs lastbilar och bussar med skatt. Den tunga trafikens kostnader föreslås i stället internaliseras genom kilometerskatt (se nedan). Det är för uppnående av samhällsekonomisk kostnadseffektivitet angeläget att regeringen snarast låter utreda möjligheterna att nedsätta skatten på el som tillförs tunga vägfordon till den lägsta inom EU tillåtna nivån.

Beskattning av tung lastbilstrafik

För att ge de svenska åkerierna ekonomiska förutsättningar att satsa på elektriskt drivna fjärrlastbilar måste de totala kostnaderna för dessa ligga i paritet med motsvarande kostnader för nya förbränningsmotordrivna bilar som går på fossil och/eller biodiesel eller på biogas. För att elektrifiering av den tunga fjärrtrafiken i någon mån ska kunna bidra till uppfyllande av de klimatpolitiska målen för 2030, behöver "Total Cost of Ownership" (TCO) för nya tunga bränslecells- och batteribilar hamna i paritet med det konventionella alternativet redan i mitten av 2020-talet.

Bred enighet råder numera om att vägtrafiken till stor del måste elektrifieras. Mängden biodrivmedel räcker inte när även andra sektorer behöver använda bioenergi. Trots detta ger politiken idag ett starkare stöd till biodrivmedel än till elektrifiering. De enda incitament till elektrifiering av tunga lastbilar som erbjuds är nedsatt fordonsskatt och en premie på maximalt 40 procent av skillnaden i inköpskostnad jämfört med ett konventionellt fordon. Fordon som kan köras på biogas eller bioetanol får samma stöd. Det finns ingen enda åtgärd som är specifikt inriktad på att underlätta elektrifiering av tung lastbilstrafik.

6 Som antas vara i genomsnitt 60 % (inkl. förluster vid kompression av gasen).

I underlagsrapporten redovisas i detalj hur dieselbränsle och tunga lastbilar beskattas idag och vilka förändringar som behövs för att med någorlunda säkerhet se till att en elektrifiering av nya tunga lastbilar blir lönsam inom de närmaste åren. Sammantaget kan åtta olika typer av skatter och statsbidrag komma att påverka lönsamheten hos investeringar i elektrifierade tunga lastbilar:

1. Den årliga fordonsskatten
2. Statsbidrag till inköp av nya fordon
3. Skatten på diesel
4. Skatten på el
5. Handel med utsläppsrätter
6. Reduktionspliktens utformning
7. Avståndsbaserade "vägtullar" (kilometerskatt) för tunga fordon
8. Bidrag från staten och/eller EU till investeringar i tank- och laddningsinfrastruktur

Med tanke dels på osäkerheten kring hur EUs kommande regelverk slutligen kommer att utformas, dels på risken för att svenska politiker inte kommer att orka upprätthålla ett mycket högre pris på diesel än grannländernas blir slutsatsen att införande av en koldioxidifferentierad kilometerskatt är den viktigaste åtgärden om Sverige vill elektrifiera den tunga trafiken. Eurovinjettdirektivet har nyligen omförhandlats så att det blivit möjligt att reducera vägtullar⁷ för utsläppsfria fordon med 75 procent jämfört med den högsta taxan.

Fördelar med en koldioxidifferentierad kilometerskatt är dels att utländska lastbilar inte kan undgå beskattning genom att tanka utomlands, dels att den svenska skatten på diesel inte behöver höjas till en nivå där de fördelningspolitiska effekterna blir påtagligt negativa. Genom att införa en koldioxidifferentierad kilometerskatt bidrar Sverige också till omställningen av utlandsregistrerade fordon som kanske möter otillräckliga incitament i sina hemländer.

I Tyskland har regeringen förstått betydelsen av att använda kilometerskatt för att underlätta ett skifte till nollemissionsfordon. Avsikten är att höja skatten och differentiera den kraftigt så att fossilfria lastbilar från och med 2023 får mycket lägre skatt än dieselbilarna. Systemet utvidgas till att omfatta cirka 90 procent av det tyska vägnätet.

Om miljödifferentierade vägtullar införs på hela det statliga vägnätet bör den årliga fordonsskatten på tunga lastbilar kunna avskaffas och ersättas av en låg registreringskatt. Därigenom når man ytterligare ett steg mot likabehandling av svenska och utlandsregistrerade tunga lastbilar.

Införande av generella vägtullar för tunga lastbilar skulle kunna kombineras med övervakning i realtid via transponders som gör att man kan se till att bilarna inte överskrider hastighetsgränsen som på motorväg är 80 km/h för lastbilar med släp. Det skulle ge en påtaglig minskning av energiåtgången jämfört med dagens trafik där fjärrbilarna ofta i strid med gällande bestämmelser framförs i 90 km/h eller mer. Dessutom kan man därigenom övervaka att fusk med arbetstider och cabotage inte förekommer.

7 Direktivets beteckning på distansrelaterad beskattning.



Appendix

Bilaga 1: Avgränsningar
Bilaga 2: Framställning av
vätgas genom elektrolys

Bilaga 1: Avgränsningar

Vi har avstått från att jämföra elektrifieringsalternativen med biodrivmedel, trots att de senare på kort sikt kan vara billigare. Skälet är att förutsättningar för hållbar tillförsel av stora kvantiteter till vägtrafiken i Europa saknas med tanke på omfattande behov av bioenergi i andra sektorer och i transportslag som har sämre förutsättningar för elektrifiering än vägtrafiken. IPPC uppskattar den globala tillgången på hållbar bioenergi år 2050 till cirka 27 000 TWh (= mindre än 3 TWh/miljon invånare).

Analysen tar inte upp frågan om miljö- och klimatpåverkan från framställning av batterier, bränsleceller, elektrolysörer, vindturbiner, bränsletankar och annan utrustning som kan behövas. Utfallet av ett försök till en sådan analys skulle variera mycket beroende på vilka antaganden som görs om det specifika behovet av olika material, var utvinningen sker, effekterna på miljön i olika led av produktionsprocessen samt hur stor andel som i framtiden kan komma att återvinnas.

Jämförelsen mellan alternativen batterier och vätgas bygger på ett antagande om att gasen framställs genom elektrolys baserad på fossilfri el.

Analysen är inriktad på de företagsekonomiska förutsättningarna snarare än på försök att beräkna den samhällsekonomiska lönsamheten. Det innebär att effekten på utfallet av skatter, avgifter och subventioner blir en naturlig del av analysen.

Vid val av vätgastankstationernas storlek utgår studien från EU-kommissionens bedömning i förslaget till alternativbränsleinfrastrukturförordning (AFIR⁸) om att tankstationer med kapacitet att leverera två ton vätgas per dygn år 2030 ska finnas längs det europeiska huvudvägnätet (TEN-T) på ett högsta avstånd av 150 kilometer från varandra. Två ton vätgas per dygn räcker till tankning av cirka 40 stora lastbilar.

Bedömningen av kostnaderna för de olika alternativen avser

läget år 2030. Fortsatt teknikutveckling förväntas i kombination med effekter av masstillverkning ge fallande kostnader för batterier, elektrolysörer, bränsleceller och vätgaslager. Med tanke på osäkerheten kompletteras grundkalkylen med en känslighetsanalys som avser de kostnadsparametrar som kan förväntas ha störst inverkan på utfallet. Därtill kommer frågan om beskattning. För närvarande beskattas inte vätgas som tillförs bränsleceller, medan el som används i hushåll, service-närings och fordon är föremål för en hög punktskatt i Sverige.

Bilaga 2: Framställning av vätgas genom elektrolys

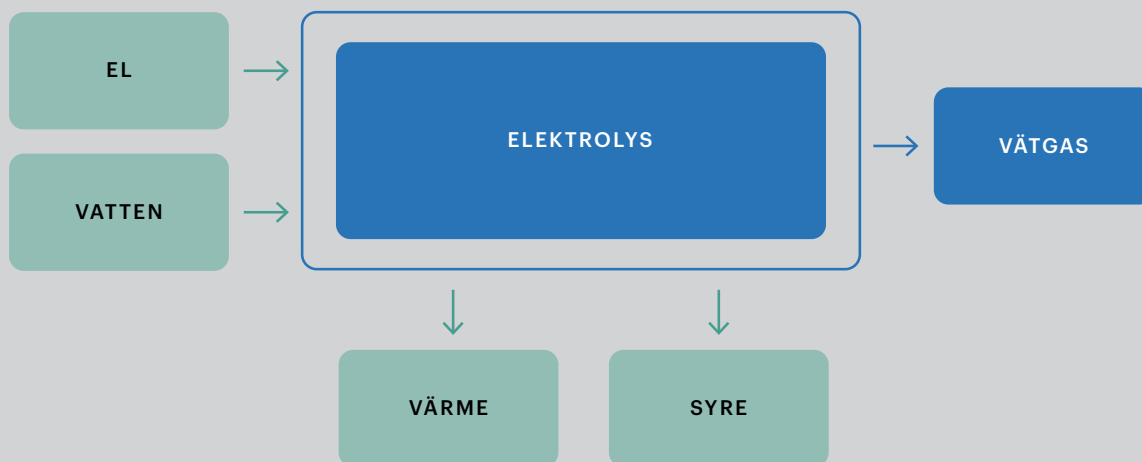
Vid elektrolys används el för att spjälka upp vatten (H₂O) i väte (H₂) och syre (O₂). Elektrolysprocessen är endoterm, det vill säga den kräver energi. Verkningsgraden i en elektrolysör ligger idag på 60–65 procent. För varje kilo väte som bildas, bildas även 8 kilo syre som helst också bör kunna nyttiggöras. De elektrolysörer som är kommersiella idag håller en arbetstemperatur på 60–80 grader Celsius vilket gör att även spillvärmen kan tas tillvara. Det höjer då totalverkningsgraden för anläggningen.

Det finns tre olika tekniker för elektrolys av vatten och de befinner sig i olika utvecklingsstadium; alkalisk elektrolys, PEM-elektrolys (Polymer Electrolyte Membrane Electrolysis) och SOEC-elektrolys (Solid Oxide Electrolysis Cell).

Gemensamt för de olika teknikerna är att de består av samma huvudkomponenter; elektroder, elektrolyt och någon typ av membran. Alkalisk elektrolys är mogen och kommersiellt tillgänglig teknik. PEM och SOEC är under utveckling och förekommer i olika demonstrationsprojekt. PEM är dyrare men har fördelen att den kan regleras snabbare efter variationer i eltilförsel, exempelvis vid variabel vindkraft. I denna rapport har vi utgått från prognostiserade kostnader för alkalisk elektrolys.

8 AFIR = Alternative Fuel Infrastructure Regulation.

Figur 5: En illustration av elektrolysisprocessen.



Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademien är en fristående akademi med uppgift att främja tekniska och ekonomiska vetenskaper samt näringslivets utveckling. I samarbete med näringsliv och högskola initierar och föreslår IVA åtgärder som stärker Sveriges industriella kompetens och konkurrenskraft. För mer information om IVA och IVAs projekt, se IVAs webbplats: www.iva.se.

Utgivare: Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademien (IVA), 2022
Box 5073, SE-102 42 Stockholm
Tfn: 08-791 29 00

Inom ramen för IVAs verksamhet publiceras rapporter av olika slag. Alla rapporter sakgranskas av sakkunniga och godkänns därefter för publicering av IVAs vd.

IVA-M 532
ISSN: 1100-5645
ISBN: 978-91-89181-27-4

Projektledning: Karin Byman, IVA
Text: Per Kägeson
Layout: Pelle Isaksson, IVA

Denna rapport finns att ladda ned via www.iva.se



Kungl. Ingenjörsvetenskaps
Akademien