

Vätgasbubblan kommer att spricka



Svenska Hybrit gör "Grön", fossilfri järnsvamp med hjälp av vätgas. Foto: Adam Sundman/SvD/TT

Tekniken för att omvandla elektricitet till vätgas är ännu under utveckling och vi vet inte om den fungerar i stor skala. Vätgasen är svår att lagra och svår att hantera på ett miljövänligt sätt. Till detta kommer stora kostnader, skriver forskarna Jan Blomgren, Magnus Henrekson och Christian Sandström.

AV [JAN BLOMGREN](#), [MAGNUS HENREKSON](#) OCH [CHRISTIAN SANDSTRÖM](#) | 7 DECEMBER 2022

Eventuella åsikter och slutsatser i texten är skribentens egna.

I samhällsdebatten pekas ofta vätgas ut som en viktig ingrediens i strävan att minska

utsläppen av koldioxid. Det är också den lösning som såväl EU som den förra regeringen lyft fram.¹ Inom ramen för *EU Hydrogen Strategy* kommer EU att satsa 430 miljarder euro på vätgas fram till år 2030.² Den av regeringen initierade organisationen Fossilfritt Sverige förordar att Sverige år 2045 har byggt ut sin kapacitet att producera väte till 8 GW.³ För detta krävs 70 TWh el per år, vilket motsvarar hälften av dagens totala elförbrukning i Sverige.

Det finns två huvudsakliga tekniska tillämpningar som ofta blandas samman i debatten. Dels handlar det om *energilagring*, dels om att producera vätgas för *användning i industriella processer*, vilket vi nu ska fokusera på.

Vätgas finns inte i fritt tillstånd i naturen. Nästan all vätgas i världen produceras med fossil gas som råvara. I korthet innebär det att den fossila gasen, som består av kol och väte, reagerar med syre så att kolet bildar koldioxid och vätgas. Därmed leder produktionen av vätgas till utsläpp av stora mängder koldioxid.

Det har därför föreslagits att vätgas skulle produceras genom elektrolys, en process där el används för att dela upp vatten i vätgas och syrgas. Detta kräver dock mycket stora mängder el. Om den vätgas som redan idag används i Europa skulle produceras med elektrolys skulle ytterligare ungefär 440 TWh el behövas.⁴ Detta motsvarar mer än tre gånger Sveriges nuvarande elkonsumtion och nästan all el som i dag produceras av Frankrikes 56 kärnkraftsblock. Om ambitionen är att minska utsläppen av koldioxid förefaller det rimligt att börja med att framställa denna vätgas koldioxidfritt, innan man bygger infrastruktur för ytterligare insatser.

Det tänkta framtida vätgassamhället behöver alltså enorma mängder el. Vilka kostnader handlar det om?

Elproducerad vätgas och vätgasbaserat stål

Det finns i Sverige långtgående planer att framställa stål utan omfattande utsläpp av koldioxid. Järnmalm innehåller järnoxid, en förening av järn och syre. Idag avlägsnas syret genom att hetta upp malmen tillsammans med rent kol, vilket leder till att koldioxid avges och rent järn blir kvar. Denna process leder till betydande utsläpp av koldioxid. Globalt står ståltillverkning för åtta procent av världens utsläpp av koldioxid, att jämföra med 12 procent för all biltrafik och två procent för allt flyg.

Tanken är att i stället producera vätgas med elektrolys, och att vätet ska reagera med syret i järnoxiden, med vattenånga och rent järn som slutprodukt. Läger man samman de planer som presenterats i Sverige handlar det om ett elbehov på drygt 80 TWh för att producera den vätgas som åtgår. Detta är lika mycket som Finlands totala elförbrukning och fyra gånger mer än elförbrukningen i Stockholms län med 2,4 miljoner invånare.

☞ Bara byggnationen av elproduktionen skulle alltså kräva alla vinster under 27 år.

Låt oss börja med att anta att den erforderliga elen kommer att produceras med kärnkraft. Det senaste nya kärnkraftslandet i världen är Förenade Arabemiraten. Där har ett koreanskt företag byggt det nya kärnkraftverket Barakah med fyra reaktorer. Dessa reaktorer ger vardera 11 TWh per år och kostar 60 miljarder kronor styck.⁵ Det skulle därmed högt räknat krävas åtta reaktorer till en total kostnad om 480 miljarder kronor (om byggkostnaderna blir högre påverkar det naturligtvis kalkylen) för att producera de 80 TWh som krävs för att få fram den vätgas som åtgår till den planerade produktionen av fossilfritt stål.

Den samlade genomsnittliga helårsvinsten hos LKAB och SSAB under femårsperioden 2017–21 uppgick till 18 miljarder kronor om året. Bara byggnationen av elproduktionen skulle alltså kräva alla vinster under 27 år. Driftskostnaden för nybyggda kärnkraftverk torde ligga runt 60–80 öre per kWh initialt och sjunka ner mot 40 öre i takt med att investeringen blir avskriven. Det skulle ge ungefär 50 miljarder kronor i produktionskostnad för den el som krävs. Därmed skulle kostnaden för elproduktionen överstiga dagens vinstnivåer med en faktor tre.

Kostnaden för att bygga och driva elektrolysanläggningarna återstår att ta med i kalkylen. De mest optimistiska prognoserna anger en byggkostnad år 2030 på fyra miljarder kronor per GW,⁶ eller ytterligare 60 miljarder kronor. Det är oklart hur länge sådana anläggningar håller, då det handlar om en teknik som hittills inte byggts i så stor skala. De mest optimistiska bedömningarna ligger på upp emot tio år.⁷

Om den el som krävs för tillverkningen av det fossilfria stålet inte ska produceras med kärnkraft så måste den i allt väsentligt produceras med vindkraft. I så fall handlar det dels om högre kostnader för själva elproduktionen, särskilt om det handlar om havsbaserad vindkraft, dels om att det tillkommer stora kostnader för överföring av el från tusentals vindkraftverk. En utredning från OECD har visat att kostnaderna för elöverföring kan vara lika stora som för själva elproduktionen när produktionsanläggningarna är utspridda över stora områden, vilket är fallet med vindkraft.⁸

Staten villig att bära kostnaden

På denna punkt har dock staten tidigare indikerat villighet att bära en stor del av kostnaden för den havsbaserade vindkraften. Energiöverenskommelsen från 2016 (mellan S, M, MP, C och KD) angav att "[a]nslutningsavgifterna till stamnätet för havsbaserad vindkraft bör slopas."⁹

I sin planering för den kommande tioårsperioden anger Svenska kraftnät (2021, s. 136) att de ”bygger ut transmissionsnät till havs till vissa utvalda punkter och sedan ger möjlighet för flera aktörer att ansluta. ... Svenska kraftnät [betalar] för transmissionsnätet till havs och anslutande part betalar anslutningen mellan elproduktionsanläggningen och den havsbaserade knutpunkten.” Trots detta och trots att myndigheten listar de omfattande ansökningarna om att bygga havsbaserad vindkraft så avstår de helt från att ange vilka ytterligare kostnader detta kan leda till för skattebetalarna. De skriver (s. 149): ”Vid bedömning av investeringsbehovet 2022–2031 har hänsyn inte tagits till ett utökat uppdrag avseende havsbaserad vindkraft, och inga kvalificerade analyser av konsekvenserna på vår investeringsportfölj av ett sådant uppdrag har gjorts.”

Med tanke på att det enligt Svenska kraftnät (2021, s. 127) finns ansökningar om att ansluta 116 GW havsbaserad vindkraft till elsystemet är detta förbiseende minst sagt anmärkningsvärt. Med en effektfaktor på 50 procent skulle detta motsvara en årlig elproduktion på enorma 508 TWh, det vill säga ungefär tre gånger Sveriges nuvarande totala elproduktion. En stor del av subventionen skulle hamna hos LKAB och ståltillverkningsföretagen SSAB och H2GS. Det stål de tillverkar kommer sedan i huvudsak att exporteras och ingå som insatsvara i produkter som konsumeras i andra länder, det vill säga det blir i sista änden en överföring av resurser från det svenska skattebetalarkollektivet till medborgarna i andra länder. Läget kan dock ha förändrats radikalt i och med den nya regeringen. Enligt Tidöavtalet stoppas ”[p]lanen att låta elnätsskollivet subventionera den havsbaserade vindkraftens elnätanslutningar”.¹⁰ Detta har redan lett till ett kraftigt fall i intresset att investera i havsbaserad vindkraft.

” Den totala effektiviteten i denna process ligger på runt 35 procent. Med andra ord får man ut ungefär en enhet el efter att ha använt tre enheter för att driva systemet.

Om vätgasen produceras med vindkraft tillkommer ytterligare kostnader orsakade av varierande tillgång till el. Med de volymer som diskuteras får man ett elsystem där vindkraften står för långt mer än hälften av all el. Då är inte den viktigaste utmaningen att priset varierar kraftigt med varierande elproduktion (vilket det kommer att göra). En ännu större utmaning är att vid svaga vindar kommer det helt enkelt inte att finnas tillräckligt med el för att driva elektrolysen, oavsett priset. Därmed kommer man att behöva bygga överkapacitet för att producera ett överskott vid god tillgång på el, och anläggningarna får sedan gå på nedsatt kapacitet eller stå helt stilla vid svaga vindar. Jämfört med om man haft konstant tillgång till el tvingas man alltså att bygga större kapacitet för vätgasproduktion, och ökad kapacitet för lagring.

Oavsett tankarna på vätgas producerad med el för industriprocesser diskuteras även möjligheten att använda vätgas för energilagring. Vätgasen kan sedan eldas i en gasturbin för att generera el. Den totala effektiviteten i denna process ligger på runt 35 procent. Med andra ord får man ut ungefär en enhet el efter att ha använt tre enheter för att driva systemet. Här finns dessutom komplikationen att vätgas kräver mycket stora lagringsvolym; energitätheten är bara en tredjedel av motsvarande täthet hos naturgas. Idag finns inga turbiner som kan använda ren vätgas; det krävs en inblandning av minst 40 procent metangas. Huruvida det går att klara ren vätgaseldning med rimlig teknikutveckling återstår att se.

Många försvårande omständigheter

En annan försvårande omständighet är att det krävs tillgång till stora mängder rent vatten. Idag krävs ofta att vattnet renas innan elektrolysen (den process där vattnet delas upp i vätgas och syrgas). Den enklaste metoden att få tillräckligt rent processvatten är ofta att koka det till ånga och sedan kondensera det tillbaka till vätska. Detta är dock synnerligen energikrävande, och om man gör detta med el blir den totala effektiviteten än lägre.

Om inte kärnkraft är aktuellt, måste således den fossilmfria elen produceras med vindkraft.¹¹ Låt oss för enkelhets skull anta att elen ska produceras nära där den används och att havsbaserad vindkraft då knappast är aktuell på grund av att Bottenviken är islagd stora delar av året. Att underhålla verken under vinterhalvåret och få till förtöjningar som klarar de enorma krafter som uppstår när isen kommer i rörelse vid islossningen är utmaningar som ännu inte antagits av någon; oss veterligen finns ingen större vindkraftspark till havs någonstans i världen där havet är isbelagt stora delar av året.

Då det inte alltid blåser optimalt producerar landbaserade vindkraftverk bara motsvarande ungefär 40 procent av installerad effekt. Men om så mycket el produceras med vind måste det balanseras med stabil baskraft. Vattenkraften är redan fullt utnyttjad för detta ändamål. En möjlighet som är i linje med visionen om det fossilmfria vätgassamhället är då att producera el med vätgas när det inte blåser. Energiförlusten från el till vätgas och åter till el är cirka två tredjedelar; det krävs därför tre kW vindel för att producera en kW vätgas. För varje kW vätgas krävs därför motsvarande sju kW installerad vindkraft om effektfaktorn är 40 procent. Så även när det blåser för fullt måste huvuddelen av den el vindkraftverken producerar avledas till att producera vätgas som kan användas för att producera el när det inte blåser.

Om vi antar att kombinationen av vindkraft och vätgas framställd med vindkraftsel ska producera 80 TWh el per år till LKAB och stålföretagen och om vi något optimistiskt antar att det blåser så mycket att vindkraften direkt kan leverera 40 procent av detta, då krävs 48 TWh vätgasel. (Vi har försiktigtvis utgått från LKAB:s ursprungliga bedömning om ett elbehov för deras del på 60 TWh. Detta har de nu [höjt till 70 TWh](#). Tillsammans med SSAB:s och H2GS behov på 15 respektive 12 TWh summerar det totala elbehovet för den planerade järnsvamps- och ståltillverkningen till 97 TWh.)

För att producera 48 TWh vätgasel till elnätet åtgår 144 TWh vindkraftsel; fyra femtedelar av vindkraftverkens elproduktion måste användas till att producera vätgas som producerar el när det inte blåser. Eftersom landbaserade vindkraftverk bara producerar motsvarande 40 procent av installerad effekt så krävs vindkraftverk som, om det blåste optimalt hela tiden, skulle producera 440 TWh.

Dåligt utnyttjande av elnätet

En viktig aspekt, som ofta förbisetts i debatten hittills, är det extremt dåliga utnyttjande av elnätet detta skulle leda till. Det skulle bli oerhört kostsamt att bygga upp ett elnät som klarar att tillfälligt överföra radikalt högre effekt än idag och sedan stå överksamt eller gå på långt under maximal kapacitet en stor del av tiden.

Ett alternativ som verkar förespråkas av gruv- och stålföretagen är att bara producera vätgas till järnsvamps- och stålproduktionen när det blåser och då bygga upp lager av vätgas som är tillräckliga för att hålla i gång de kontinuerliga produktionsprocesserna. Enligt beräkningar skulle detta kräva mycket stora lager av vätgas, eventuellt kan det krävas en maximal lagringskapacitet på så mycket som 16 TWh (mätt som den mängd el som åtgår för att producera gasen). Till detta kommer att elektrolysörerna i det fallet bara kan utnyttjas till i bästa fall hälften av full kapacitet eftersom de bara kan köras när det blåser. Det beräknade kravet på lagringskapacitet kan jämföras med det största energilager som HYBRIT-projektet planerar för, det ligger på 0,1 TWh,¹² medan H2GS säger sig bara planera för ett vätgaslager motsvarande några timmars behov.¹³

För att sammanfatta: Tekniken för att omvandla elektricitet till vätgas är ännu under utveckling och vi vet inte om den fungerar i stor skala, vätgas är svår att lagra, exceptionellt reaktiv och svår att hantera på ett miljövänligt sätt.

Vindkraftverkens roll

Hur många vindkraftverk behövs då för att få fram de 80 TWh el som krävs för att producera vätgasen, hur stor landyta måste tas i anspråk (vi antar för enkelhets skull att all vindkraft är landbaserad då havsbaserad vindkraft knappast är möjlig i Bottenviken) och vad är den materiella resursåtgången?

Låt oss börja med fallet där stora vätgaslager ska byggas upp för att kunna förse anläggningarna med vätgas även när det inte blåser. Då räcker det med 80 TWh vindkraftsel. Låt oss utgå från uppgifterna från den landbaserade vindkraftsparken utanför Piteå som fullt utbyggd kommer att bestå av 1 100 verk och uppta en yta på 450 kvadratkilometer. Den beräknas leverera 10–12 TWh per år, vilket innebär att det krävs ungefär 100 verk per TWh.¹⁴

Om vi antar att produktionen och landåtgången per verk blir densamma för att producera de 80 TWh som behövs krävs det 8 000 verk och en landyta på 3 300 kvadratkilometer, vilket motsvarar två och ett halvt Öland.¹⁵ Ett modernt landbaserat vindkraftverk väger 300 ton, till varje verk krävs en välpreparerad tillfartsväg, en monteringsyta på 5 000 kvadratmeter, och till varje vindkraftverks fundament åtgår 750 ton betong och 40 ton stål och järn. Rotorbladen är tillverkade av ett icke-nedbrytningsbart kompositmaterial och uppskattningar anger att bladen på ett verk kan tappa omkring 10 procent av totalvikten under sin livslängd, vilket motsvarar sex ton per verk.¹⁶ Verken kommer under sin livslängd att kräva löpande underhåll och har en livslängd på i bästa fall 25 år.

Kostnaden för återvinning och återställning av marken är oss veterligen inte inkluderad i de kalkyler som i dag används när man beräknar vindkraftens kostnader. I själva verket avser kraftbolagen att lämna fundamentet i marken och lägga över ett tunt jordlager när verken är uttjänta.

Fördubblad resursåtgång

På motsvarande sätt kan vi göra en kalkyl för fallet där även vätgas ska produceras med vindkraft för att användas till att producera el när det inte blåser. Kalkylen ovan visade att det då i stället måste produceras 176 TWh vindkraftsel, det vill säga nästan dubbelt så mycket, vilket fördubblar den resursåtgång som anges i förrförra stycket.

Hur stor kan då kostnaden förväntas bli för att på detta sätt producera de 80 TWh el som behövs för tillverkningen av det fossilfria stålet, inklusive all den vätgas som måste produceras och kunna lagras i stor skala för att stabilisera elsystemet? Trots att en sådan lösning förespråkas av många som ser en massiv utbyggnad av produktion och användning av fossilfri el (dock ej kärnkraft) som helt central för att stoppa den globala uppvärmningen, så har vi inte lyckats hitta en enda seriös kalkyl av vad el producerad på detta sätt kan komma att kosta när den fullt ut bär sina kostnader.

„ I ett Europa som upplever strukturell brist på elektricitet redan i dag blir det svårt att se hur en sådan expansion av elbehovet är förenligt med en hållbar utveckling.

Enligt vår uppfattning är det ett minimikrav att de som förespråkar kombinationen av vindkraft och vätgas såväl för att producera fossilfritt stål som för att stabilisera elsystemet presenterar en realistisk kalkyl för vad den el som åtgår kommer att kosta. Denna kalkyl måste inkludera kostnaden för samtliga anslutningar (inklusive till land i det havsbaserade fallet), stödtjänster för att motverka obalanser i nätet, ett system för avvecklingskostnader (där ägarna fonderar medel i Riksgälden) samt kostnaden för elektrolysörer och vätgaslagring. I stället för att som idag klassas som byggnader bör vindkraftverk klassas som maskiner, med strängare skyddslagstiftning som följd.

Även om vi skulle gissa på en låg kostnad på en krona per kWh inklusive uppskattad kostnad för nätförstärkningar för att producera de 80 TWh som järnsvamps- och ståltillverkningen kräver, så uppstår en kostnad på 80 miljarder kronor som ska läggas på stålpriset. Detta motsvarar ensamt SSAB:s totala försäljning 2021. Om kostnaden i stället skulle bli lika hög som kostnaden för havsbaserad vindkraft i Storbritannien, det vill säga drygt två kronor per kWh så hamnar vi i stället på drygt 160 miljarder kronor.

Intresset för vätgas drivs av EU-bidrag

Ovanstående kalkyler borde stämma till eftertanke och man kan fråga sig hur vätgas kan ha fått så stor uppmärksamhet trots dess många inneboende brister, främst gällande den utomordentligt stora åtgången av elektricitet. I ett Europa som upplever strukturell brist på elektricitet redan i dag blir det svårt att se hur en sådan expansion av elbehovet är förenligt med en hållbar utveckling.

Trots dessa brister har vi de senaste åren sett hur vätgasen fått alltmer uppmärksamhet. Vätgas förespråkas av många som en viktig väg – kanske den allra viktigaste – till fossilfrihet och hajpen blir alltmer påtaglig:

- Lilla Mariestads kommun deltog vid FN:s klimatkonferens i Glasgow hösten 2021 för att dela med sig av sina erfarenheter av vätgas.
- Bolag med H₂ eller Hydrogen i namnet börjar dyka upp – REH₂, H₂ Green Steel, Green Hydrogen och H₂ Energy är bara några exempel i raden.
- Flera av dessa bolag har nu fått offentligt garanterade lån eller bidrag. H₂ Green Steel fick i februari 2022 30 miljoner av Energimyndigheten och i oktober

meddelades att de hade säkrat kreditfinansiering på 3,5 miljarder euro där större delen garanteras av offentliga institutioner.¹⁷ I december 2021 fick REH2 355 miljoner från Naturvårdsverket via deras program Klimatklivet.

- Det formas nationella strategier och kommuner börjar formulera egna vätgasstrategier.

En viktig drivkraft bakom denna hajp är förekomsten av stora mängder öronmärkta bidrag. EU väljer i sin *Green deal* att öronmärka 43 procent av totalbeloppet för satsningar på vätgas. Hela 430 miljarder euro (motsvarar 85 procent av Sveriges BNP) finns att tillgå i Bryssel för den som ägnar sig åt vätgasbaserade satsningar.

” Risken är stor att det som nu pågår visar sig vara ännu en i raden av subventionsbubblor som blåsts upp på energiområdet under 2000-talet – biogasen, biodieseln och bioetanolen.

Svenska myndigheter och regeringar har inte varit sena att haka på vätgaståget. I Sverige har det främst handlat om att använda vätgas för att producera fossilfritt stål och därmed kunna eliminera Sveriges CO₂-utsläpp vid ståltillverkning, men också att i stället för att exportera järnmalmen förädla den till järnsvamp på plats med hjälp av vätgas. Svenska myndigheter förstärker också regelmässigt de stöd som EU ger med ytterligare stöd.

I tidigare forskning om etanolbubblans tillkomst har visats att just förekomsten av kraftiga subventioner – vad som i praktiken kan karaktäriseras som gratispengar – förvrängde incitamentsstrukturerna för de inblandade så att en bubbla skapades.¹⁸ De faktorer som blåste upp en spekulationsbubbla på bioetanalområdet är i hög grad för handen på vätgasområdet.

Vätgasbubblan synad

Med tanke på hur stor uppmärksamhet som ägnats åt visionen om ett framtida fossilfritt ”vätgassamhälle” kan det tyckas förvånande att både så många tekniska problem återstår att lösa och att väl underbyggda kostnadskalkyler lyser med sin frånvaro. Vår analys visar att även försiktiga antaganden om kostnaden per kWh räcker för att påvisa den bristande realismen i de visioner som målas upp.

Risken är stor att det som nu pågår visar sig vara ännu en i raden av subventionsbubblor som blåsts upp på energiområdet under 2000-talet – biogasen, biodieseln och bioetanolen. Om detta också visar sig vara en bubbla kommer det att vara en bubbla som är betydligt större och kostsammare för samhället än de tre tidigare.

NOTER

1. Kristensson, Johan (2021), "Svenska vätgasstrategin: 8 GW produktionskapacitet till 2045". Ny Teknik, 21 januari. <https://www.nyteknik.se/energi/svenska-vatgasstrategin-8-gw-produktionskapacitet-till-2045-7008377>; European Commission (2020). COM (2020) 301 final: A Hydrogen Strategy for a Climate-Neutral Europe. Bryssel: EU Publications Office.
2. Vätgas Sverige (2020), "EU-kommissionen satsar 430 miljarder euro på vätgas", <https://www.vatgas.se/2020/07/08/eu-kommissionen-satsar-430-miljarder-euro-pa-vatgas/>.
3. Fossilfritt Sverige (2021), "Dags för Sverige att satsa stort på fossilfri vätgas". Dagens Nyheter, 20 januari. <https://www.dn.se/debatt/dags-for-sverige-att-satsa-stort-pa-fossilfri-vatgas/>.
4. IEA (2022), "Hydrogen". Paris: International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/hydrogen>; Cihlar, Jan, m.fl. (2020), Hydrogen Generation in Europe: Overview of Costs and Key Benefits. EU ASSET project. Bryssel: EU Publications Office.
5. NS Energy (2022), "Barakah Nuclear Power Plant, Abu Dhabi". <https://www.nsenergybusiness.com/projects/barakah-nuclear-power-plant-abu-dhabi/>. Dessa uppgifter har bekräftats i direkta kontakter med ägarföretaget ENEC och har översatts till svenska kronor utifrån den växelkurs som gällde då kontrakten tecknades.
6. Bellini, Emiliano (2022), "Large scale alkaline electrolyzers may be built at €444/kW in 2030". pv magazine, 9 februari. <https://www.pv-magazine.com/2022/02/09/large-scale-alkaline-electrolyzers-may-be-built-at-e444-kw-in-2030/>.
7. Enligt Voltachem kan elektrolysörer förväntas hålla i fem år. För att inte uppfattas som överdrivet negativa har vi dubblat den siffran till tio år. Se Voltachem (2015), "Improving lifetime of electrolyzers to store energy using hydrogen". 2 november. <https://www.voltachem.com/news/improving-lifetime-of-electrolyzers-to-store-energy-using-hydrogen>.
8. OECD-NEA (2012). Nuclear Energy and Renewables. System Effects in Low-Carbon Electricity Systems. <http://www.oecd.org/publications/nuclear-energy-and-renewables-9789264188617-en.htm>.
9. Energiöverenskommelsen (2016). "Ramöverenskommelse mellan Socialdemokraterna, Moderaterna, Miljöpartiet de gröna, Centerpartiet och Kristdemokraterna". Denna fanns tidigare på regeringens webbplats.
10. Sid. 15 i Samarbetspartierna Sverigedemokraterna, Moderaterna, Kristdemokraterna och Liberalerna (2022). "Tidöavtalet: Överenskommelse för Sverige 2022–2026".

<https://mb.cision.com/Public/4669/3648119/994c611dffa285e6.pdf>.

11. Delvis kan förstås även solkraft användas, men för enkelhets skulle antas vi att all produktion sker med vindkraft.
12. Ett sådant lager finns dock inte i dag. Det närmaste som finns att jämföra med är naturgaslagret "Skallen" i Halland som om det gjordes om till vätgaslager skulle kunna lagra motsvarande 0,025 TWh energi (Olsson 2022). Om denna vätgas i sin tur skulle användas för att producera el skulle det räcka till knappt 0,01 TWh.
13. <https://www.svd.se/a/nWeo3d/racker-elen-till-gron-omstallning>.
14. Cementa (2022), "Markbygden: Högre vindkraftverk kräver starkare fundament". <https://www.cementa.se/sv/markbygden-hogre-vindkraftverk-kraver-starkare-fundament>.
15. Om verken i genomsnitt blir större än i den vindkraftspark som nu byggs utanför Piteå blir antalet verk och den mark som åtgår i motsvarande mån mindre.
16. Energimyndigheten (2021). Vindkraftens resursanvändning – Underlag till Nationell strategi för en hållbar vindkraftsutbyggnad. Ett livscykelperspektiv på vindkraftens resursanvändning och växthusgasutsläpp. https://www.energimyndigheten.se/48ff35/globalassets/fornybart/strategi-for-hallbar-vindkraftsutbyggnad/vindkraftens-resursanvandning_slutversion-20210127.pdf.
17. <https://www.h2greensteel.com/latestnews/leading-european-financial-institutions-support-h2-green-steels-35-billion-debt-financing>.
18. Sandström, Christian och Richard Björnemalm (2022). "Hur uppstår gröna bubblor? Lärdomar från etanolbubblan som sprack". Ekonomisk Debatt 50(5), 65–71.

Jan Blomgren är professor i tillämpad kärnfysik och egen företagare inom rådgivning och utbildning på kärnkraftsområdet.

Magnus Henrekson är professor i nationalekonomi och senior forskare vid Institutet för Näringslivsforskning (IFN). Till 2009 var han innehavare av Jacob Wallenbergs forskningsprofessur vid Handelshögskolan i Stockholm. Han forskar främst om institutioners betydelse och entreprenörskapets ekonomi.

Christian Sandström är biträdande professor i företagsekonomi, Internationella Handelshögskolan i Jönköping och Ratio.

Webblänk till artikeln:

<https://kvartal.se/artiklar/vatgasbubblan-kommer-att-spricka/>