

Cleancon

Clean Construction Machinery

Produktionsmetoder och klassificeringar för vätgas och el samt rekommendationer för kravställning



Oktober 2024

Innhold

Cleancon - Bakgrund och partnerskap	3
Versjon og forfattere	4
1 Sammanfattning	5
2 Introduktion	5
3 Elektricitet och dess utsläpp	6
3.1 Produktionsmetoder for elektricitet	6
3.2 Elektricitet från elnäten	7
4 Vätgas och dess utsläpp	10
4.1 Vätgas från ångreforming	10
4.2 Vätgas från vattenelektrolys	11
5 Klassificering av elektricitet och vätgas	13
5.1 Ursprungsgarantier for elektricitet	13
5.2 Klassificering av vätgas	15
5.3 Europeiska regelverk kring vätgas	15
5.4 Ursprungsgarantier for vätgas	18
6 Rekommendationer for kravställning	19
6.1 Elektricitet och vätgas och dess användning	19
6.2 Kravställning vid offentlig upphandling	21
6.3 Rekommendationer for kravställning	21

Cleancon - Bakgrund och partnerskap

Cleancon är ett Interreg-projekt med fokus på emissionsfri drift av arbetsmaskiner samt deras infrastruktur.

Projektet accelererar utvecklingen av lösningar som möjliggör emissionsfria bygg- och anläggningssiter. Detta görs genom samverkan i värdekedjan, demoprojekt, framtagning av verktyg och modeller, för att långsiktigt säkerställa användning av förnybar energi och utsläppsfria arbetsmaskiner. Detta minskar utsläppen av växthusgaser från drift av maskiner och utrustning. Projektet analyserar och arbetar för hållbarhet under maskinens hela livscykel - i alla maskinens faser; produktion, användning och återvinning.

Med en ökande andel intermittent elproduktion från sol och vind skapas obalanser mellan tillgång och efterfrågan. Genom att energi lagras i vätgas såsom bränsle till arbetsmaskiner och fordon, utgör den också en buffert till tider av el- och effektbrist. Ett skifte från fossil förbränning till elektriska maskiner ökar energieffektiviteten, vilket kan bidra till att totalt sett minska energiförbrukningen.

En avgörande utmaning är infrastrukturen för emissionsfria arbetsmaskiner. Bygg- och anläggningsprojekt bedrivs inte sällan på platser med begränsad tillgång till elnät och vägnät för bränsleleveranser. Projektet identifierar framgångsfaktorer för hållbar energitillförsel och arbetar kontinuerligt för att mobilisera den kraft som marknadens beställare utgör för teknikutvecklingen och vidareutveckla metoder för uppföljning och säkerställande av efterlevnad på upphandlingens krav på emissionsfria maskiner och entreprenader. Verktygslådan uppdateras löpande och projektet fokuserar hela vägen på kunskapsöverföring och nätverkande.

Partnerskapet



Versjon og forfattere

Versjon: 0.1

Dato: 2024-10-25

Forfattere: Niklas Lindahl

1 Sammanfattning

För att batterielektriska eller bränslecellsfordon ska leda till utsläppsminskningar, bör hänsyn tas till hela värdekedjan från produktion till användning av elektricitet och vätgas, där olika produktionsmetoder ger upphov till olika stora utsläpp. Utsläppen kan också ske i flera led både uppströms och för distribution av gas och elektricitet.

Både vätgas från vattenelektrolys och från fossila bränslena kan vara förknippade med stora utsläpp, men det finns också tekniska lösningar för att minska dessa med åtminstone 70% för koldioxidsnål (low-carbon) vätgas eller mer för förnybar (renewable) vätgas. Dock är det också en kostnadsfråga, där vätgas med lägre utsläpp generellt har en högre kostnad.

Från EU har de senaste åren flera vätgasklassificeringar definierats, främst "low-carbon" och "renewable" där den senare ställer strikta krav för att få använda el från elnätet. Det är även i första hand "renewable" vätgas som kan komma att kunna dra nytta av offentligt stöd på EU-nivå, och sannolikt även på nationell nivå, men på vilket sätt är ännu inte klargjort.

Vid användning i fordon har direktelektrifiering med batterifordon en betydligt högre (ca. 3 gånger) högre energieffektivitet än vätgas och bränslecellsfordon, vilket medför att kravställning på vätgas är än viktigare.

Rekommendationen från den här rapporten inom Cleancon för kravställning är att:

- **Ta hänsyn till hela värdekedjan**, även produktions- och uppströmsutsläpp.
- **Ställ krav på certifiering**, när dessa är rimliga och etablerade för vätgas.
- **Minimikrav** på "low-carbon" vätgas, men "renewable" vätgas bör premieras.

2 Introduktion

Ett viktigt led i att minska utsläppen, exempelvis från transporter och arbetsmaskiner, är genom elektrifiering. Detta kan göras antingen via direkt elektrifiering i batterifordon eller via indirekt elektrifiering i bränslecellsfordon som drivs av vätgas. I båda fallen sker inga koldioxidutsläpp vid användning av fordonen.

Men för att förstå de totala utsläppen som användningen av fordonen ger upphov till bör man ta hänsyn till hela värdekedjan från produktion till användning av elektricitet och vätgas, där olika produktionsmetoder ger upphov till olika stora utsläpp.

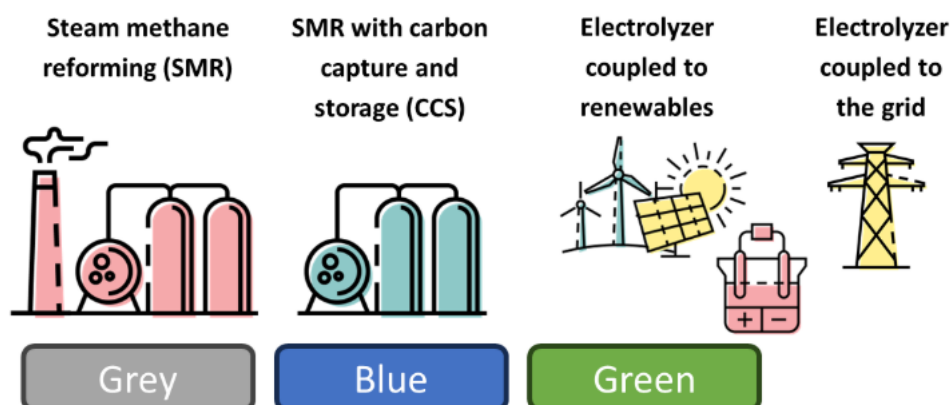
I kapitel 3 beskrivs övergripande produktionsmetoder för elektricitet och vilka utsläpp som är förknippade med dem. Från elnätet får man en mix av olika produktionsmetoder, som ser olika ut beroende på vart man befinner sig och även när man använder elen.

På liknande sätt beskrivs i kapitel 4 hur vätgas kan produceras på olika sätt, se Figur 1. Ur ett europeiskt perspektiv är de viktigaste metoderna främst från fossil naturgas utan eller med koldioxidinfångning (så kallad grå respektive blå vätgas) eller vattenelektrolys som tar el direkt från förnybar elektricitet (grön vätgas) eller från elnätet (vilket inte har någon färgbeteckning).

Även om regnbågen av färger som beskriver vätgas från olika produktionsmetoder så finns det ett stort spann av utsläpp förknippade med varje enskild färgbeteckning, beroende på exakt produktionsmetod för vätgasen och även för naturgasen samt elektriciteten. I kapitel 4 beskrivs hur vissa klassificeringar av vätgas håller på

att utvecklas, men att det ännu både på internationell och nationell saknas vedertagna definitioner för vilken vätgas som bör stödjas.

I kapitel 6 redogörs för effekterna från produktionsutsläppen vid användning, dels för batterifordon och dels för bränslecellsfordon. Slutligen ges generella rekommendationer för kravställning för el och vätgas.



Figur 1. Produktionsmetoder för vätgas och deras förknippade färger.

3 Elektricitet och dess utsläpp

3.1 Produktionsmetoder för elektricitet

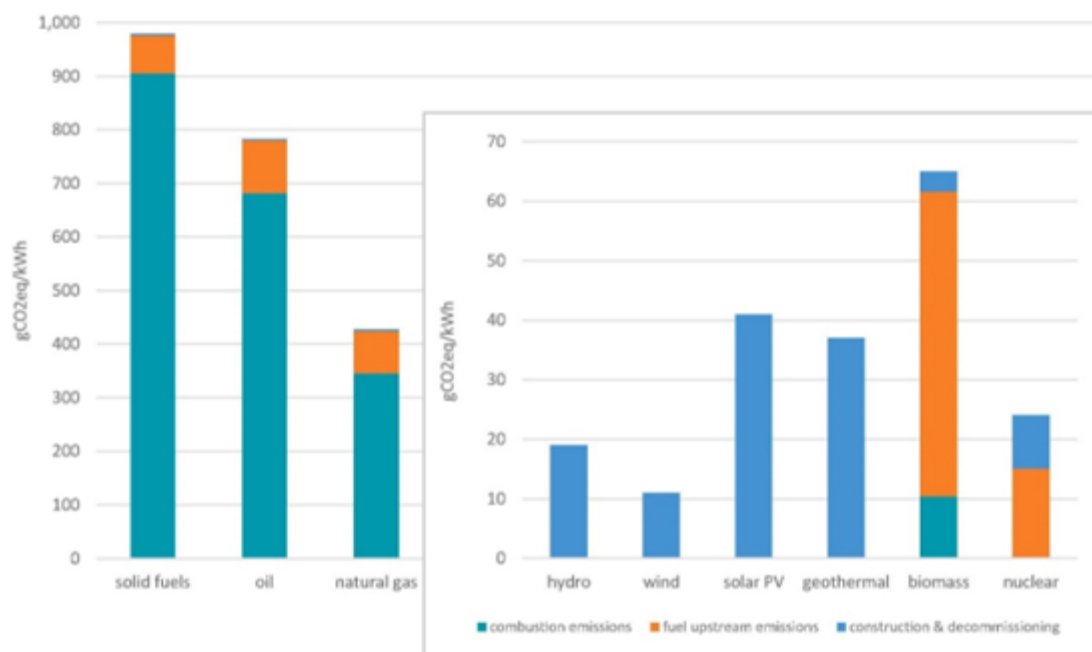
Elektricitet kan produceras med värmekraftverk eldade med fossila bränslen som kol, olja eller naturgas; alternativt drivna med fossilfri energi från bio- eller kärnbränsle; samt från förnybara källor som vatten, vind, sol- eller geotermisk kraft.

När man bedömer utsläppen från de olika produktionsmetoderna bör man inkludera de direkta utsläppen från förbrukningen av bränsle (vilka kan benämnas som det första systemomfånget av utsläpp, scope 1). Det är också lämpligt att inkludera de indirekta utsläpp som genereras uppströms i värdekedjan (scope 2), exempelvis de utsläpp som produktion och transport av de bränslen som används i kraftvärmeverken medför. Utöver dessa kan även utsläppen för att producera och installera samt avveckla kraftverken inkluderas (scope 3).

Europeiska kommissionen har sammanställt livscykelutsläppen av koldioxid (CO_2) för olika kraftkällor i en europeisk kontext.¹ Utvärderingen följer en metod kallad well-to-wheel (WTW) för att inkludera utsläpp i hela värdekedjan från utvinning av bränslet (tex i en oljekälla, well) till användning (tex i ett fordon, wheel). Bland annat inkluderas scope 3 utsläpp från anläggningsbyggande (utvinning av råvaror, tillverkning av material och utrustning, transport från tillverkningsanläggningar till byggarbetsplatser och byggande på plats) och från nedströmsprocesser (avfallshantering, avveckling av kraftverk och återställande av mark). Jämfört med en fullständig livscykelanalys (LCA) kan WTW beskrivas som en förenklad LCA där endast en påverkanskategori inkluderas, växthusgasutsläppen uttryckt i koldioxidekvivalenter (gCO_2eq) per producerad energi.

¹ [Quantification of the carbon intensity of electricity produced and used in Europe - ScienceDirect](#)

Koldioxidekvivalenter inkluderar producerad koldioxid men även andra växthusgaser, till exempel metan, vars bidrag till växthuseffekten omvandlas till motsvarande mängd CO₂.



Figur 2. Utsläppintensitet från elektricitetsproducerande anläggningar, inklusive direkta förbränningsutsläpp (scope 1) och uppströms utsläpp för bränslen (scope 2) samt konstruktion och avveckling (scope 3).²

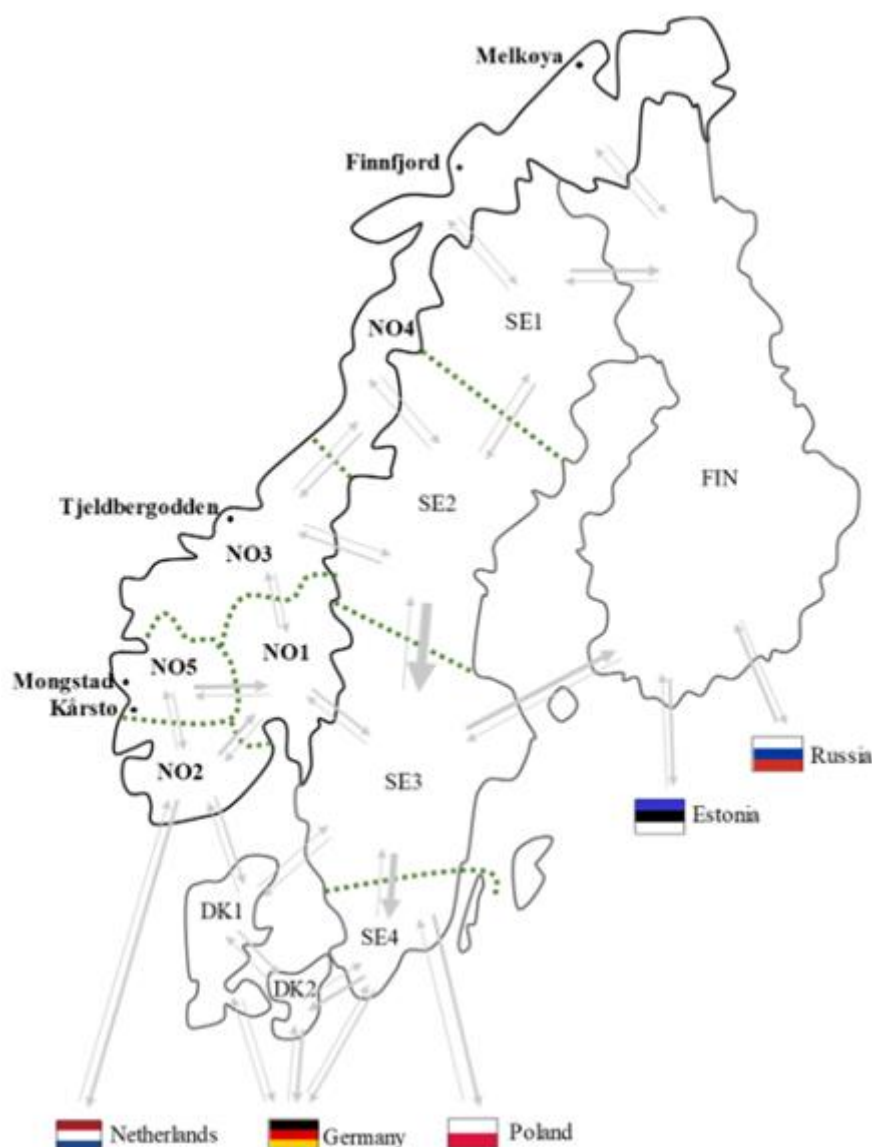
När det gäller förnybar energi (vattenkraft, solenergi, vindkraft, geotermisk energi) är driftutsläppen försumbara. Utsläppen från byggnation och avveckling utgör den största andelen av de totala livscykelutsläppen från den producerade förnybara elen. I jämförelse är de direkta utsläppen från fossilbaserad elproduktion de viktigaste, eftersom utsläppen från byggandet har liten inverkan sett över hela kraftverkens livslängd. Även om uppströmsutsläppen för de fossila bränslena är betydligt mindre än de direkta utsläppen, så är de fortfarande större än de samlade utsläppen från de fossila kraftverken, vilket också gör att olika skalor måste användas i Figur 2 för att åskådliggöra utsläppen från de olika kategorierna.

På grund av deras biogena ursprung redovisas inte koldioxidutsläpp från förbränning av biomassabränslen. Koldioxiden som släpps ut förändrar inte den totala balansen i atmosfären, eftersom CO₂ tidigare absorberades under biomassans tillväxt. Förutom CO₂-utsläpp kan användningen av biomassa som bränsle leda till utsläpp av metan och kvävedioxid i atmosfären, och därför bidrar utsläppen av dessa två växthusgaser till utsläpp som följd av förbränning av biomassa. Dessutom beaktas alla utsläpp i tidigare led från odling, skörd, bearbetning och transport av biomassa.

3.2 Elektricitet från elnäten

Det europeiska elnätet är starkt sammankopplat. I relation till, och för att undvika, flaskhalsar i transmissionssystemet har det skapats elprisområden som kan ha olika elpriser. Norge består av fem elprisområden, Sverige av fyra, Danmark av två medan hela Finland utgör ett elprisområde. Vart och ett av dem har fysiska anslutningar till angränsande elprisområden som möjliggör import och export av el, se Figur 3.

² [Quantification of the carbon intensity of electricity produced and used in Europe - ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617300011)



Figur 3. Elprisområden och överföringsmöjligheter inom den skandinaviska elmarknaden.³

Utsläppsintensiteten för elproduktion inom ett elprisområde beror på mixen av olika kraftslag. Både Norge och Sverige har huvudsakligen fossilfri elproduktion, vilket ger låga utsläpp jämfört med sina grannländer och inte minst med övriga EU, se Tabell 1.

När det gäller utsläppsintensiteten för använd el så ändras den dels av att förluster för distribution till användaren tillkommer, dels av handel med el mellan elprisområde. Distributionsförlusterna ger ökade utsläpp, då mer el måste produceras för att motsvara användningen. För handel får det importerande landet utsläpp relaterade till importerad el att lägga till sina egna utsläpp från elproduktion, vilket kan ge olika effekter för olika länder beroende på hur mycket och från vilken produktionsmetod man importerar el.

³ [Evaluation Method for the Hourly Average CO₂eq. Intensity of the Electricity Mix and Its Application to the Demand Response of Residential Heating \(mdpi.com\)](https://doi.org/10.3390/11050840)

Tabell 1. Utsläppsintensitet på landnivå för produktion respektive användning av elektricitet 2019.⁴

gCO ₂ eq/kWh	Produktion	Användning
Danmark	115	158
Finland	114	141
Sweden	33	40
Norge	28	31
EU	296	334

Tabell 2. Utsläppsintensitet på elprisområdesnivå för användning av elektricitet. Data för Norge från 2015.⁵ Data för Sverige från 2018-2021.⁶ Data för Danmark från 2021.⁷

Elprisområde	NO1	NO2	NO3	NO4	NO5	SE1	SE2	SE3	SE4	DK1	DK2
gCO ₂ eq/kWh	15	17	11	9	20	14	16	24	53	151	68

Även om årsmedelvärde används ovan för att beskriva nätrelaterade utsläpp, innebär den komplexa dynamiken i moderna kraftsystem, särskilt de som innehåller en betydande andel intermittent förnybar energi, att produktionsmixen blir allt mer volatil och följaktligen också de tillhörande utsläppen.

I allmänhet drivs vattenkraftsmagasinen på ett kostnadsoptimalt sätt, så att elektricitet importeras under natten när elen är billig och exporteras till kontinentala Europa under dagen, när elen är dyr. På så sätt följer att när spotpriserna på el är höga, under höga elbehov, leder det vanligtvis till låga utsläppsintensiteter, medan den importerade elen vid låga priser nattetid ökar utsläppsintensiteten (på timbasis upp till 100 gCO₂eq/kWh för NO2 och 500 för SE4).⁸

Det kan noteras att värdena i tabellerna inte är helt jämförbara, då det kan skilja i vilka scope som tas med i beräkningen och skillnader mellan år på grund av väderomständigheter men också utvecklingen av energisystemet. Relaterat till det senare skedde 2020 och 2021 en minskning av timbaserade

⁴ [Quantification of the carbon intensity of electricity produced and used in Europe - ScienceDirect](#)

⁵ [Evaluation Method for the Hourly Average CO₂eq. Intensity of the Electricity Mix and Its Application to the Demand Response of Residential Heating \(mdpi.com\)](#)

⁶ [Grid-supported electrolytic hydrogen production: Cost and climate impact using dynamic emission factors - ScienceDirect](#)

⁷ [Miljøredøgørelsen \(energinet.dk\)](#)

⁸ [Evaluation Method for the Hourly Average CO₂eq. Intensity of the Electricity Mix and Its Application to the Demand Response of Residential Heating \(mdpi.com\)](#)

utsläppsintensiteter i Sverige, orsakad av bränslebyten i kraftvärmeenheter, bland annat på grund av höga priser för EU:s utsläppshandelssystem (ETS), från maximum på ca. 500 gCO₂eq/kWh till ca. 250 på timbasis.⁹

4 Vätgas och dess utsläpp

Vätgas används idag framför allt inom raffinaderier för rening och uppgradering av råolja till lättare produkter samt inom kemisektorn som råvara till metanol och ammoniak. Av vätgasen som används globalt (94 Mt 2021) produceras 62% genom ångreforming av fossil metangas medan 18% uppkommer som en biprodukt vid t.ex. naftareforming och kloralkalielektrolys. Mindre än 1% utgörs av vätgas med låga utsläpp, varav endast 0,04% från elektrolys av vatten.¹⁰

I detta kapitel beskrivs de huvudsakliga produktionsmetoderna för vätgas som är aktuella i ett skandinaviskt perspektiv och deras relaterade utsläpp. Analysen bygger på en metodik som utvecklats inom "International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy" (IPHE).¹¹

4.1 Vätgas från ångreforming

I produktion av vätgas med ångreforming (steam methane reforming, SMR) används fossil metangas (CH₄) både som bränsle för att ge ånga till reformeringsprocessen och som råmaterial för vätemolekylerna (H₂). Sammantaget kräver en SMR-process cirka 45 kWh naturgas per kilogram väte som produceras (kWh/kg H₂). De direkta utsläppen av koldioxid (CO₂) från väteproduktion från ångreforming är cirka 9 kg CO₂-ekv/kg H₂.

Ytterligare utsläpp sker vid produktion, bearbetning och transport av naturgas, antingen i form av metanutsläpp från ventiler eller läckage, eller som CO₂-utsläpp från fackling av metan vid gasfält samt kopplat till den energi som används för att producera och transportera naturgas (t.ex. utsläpp kopplade till elektriciteten för komprimering av naturgas). Uppströmsutsläpp (de utsläpp som sker uppåt i värdekedjan innan användning) för naturgas kan variera kraftigt mellan olika gaskällor och länder, beroende på olika produktionsmetoder och insatser för att minska utsläppen.

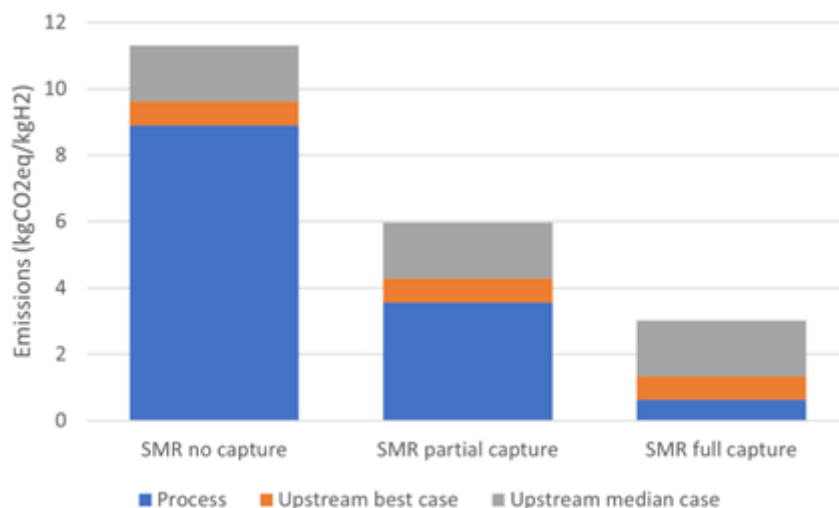
De globala medianutsläppen uppströms från gasproduktion är idag cirka 15 kg CO₂-ekvivalenter per gigajoule producerad naturgas (CO₂-eq/GJNG), vilket ger ytterligare utsläpp på 2,4 kg CO₂-ekv/kg H₂ och totala utsläpp på ca. 11 kg CO₂eq/kg H₂ för vätgas från SMR. Tillämpningen av bästa praxis för att undvika utsläpp från naturgasproduktion, såsom används i Norge, begränsar uppströmsutsläppen till 4,5 kg CO₂-eq/GJNG, varav 0,8 kg CO₂-eq/GJNG är metanutsläpp och 3,7 kg CO₂-eq/GJNG CO₂-utsläpp främst från energianvändning vid gasproduktion och transport, motsvarande ca. 0,7 kg CO₂-ekv/kg H₂.¹²

⁹ [Grid-supported electrolytic hydrogen production: Cost and climate impact using dynamic emission factors - ScienceDirect](#)

¹⁰ [Towards hydrogen definitions based on their emissions intensity – Analysis - IEA](#)

¹¹ [Methodology for Determining the Greenhouse Gas Emissions Associated with the Production of Hydrogen - Working Paper Ver 3 July 2023 \(iphe.net\)](#)

¹² [Global Methane Tracker 2023 – Analysis - IEA](#)



Figur 4. Utsläpp för vätgasproduktion med ångreforming. Processutsläpp (blå) tillsammans med uppströmsutsläpp vid bästa praxis (orange) respektive medianen (grå) för ångreforming (SMR) utan koldioxidinfångning, med partiell (60%) och full (93%) koldioxidinfångning.

Det är möjligt att använda koldioxidinfångning och lagring (carbon capture and storage, CCS) för att minska utsläppen till atmosfären. I SMR används metangas både som råvara för att förse processen med vätgasmolekyler och som energikälla för att driva processen. Att fånga upp CO₂ från den råvarurelaterade användningen av naturgas är möjlig till relativt låga avskiljningskostnader, eftersom separering av råvaran CO₂ från vätgas är en del av SMR-processen. Denna partiella infångning kan minska de direkta CO₂-utsläppen från processen med 60%, vilket ger totala utsläpp på ca. 4,4-6,0 kg CO₂-ekv/kg H₂ (beroende på uppströmsutsläppen för metangasen).

På en SMR-anläggning är det också möjligt att fånga upp den CO₂ som kommer från användningen av naturgas som bränsle för ångproduktion. Avskiljningskostnaderna är högre jämfört med att fånga upp råvarurelaterade CO₂, eftersom rökgasströmmen från att använda naturgas som bränsle är mer utspädd. Att fånga upp båda koldioxidkällorna kan ge en minskning av processutsläppen med 93%, vilket ger totala utsläpp på ca. 1,3-3,0 kg CO₂-ekv/kg H₂ (återigen beroende på uppströmsutsläppen för metangasen).

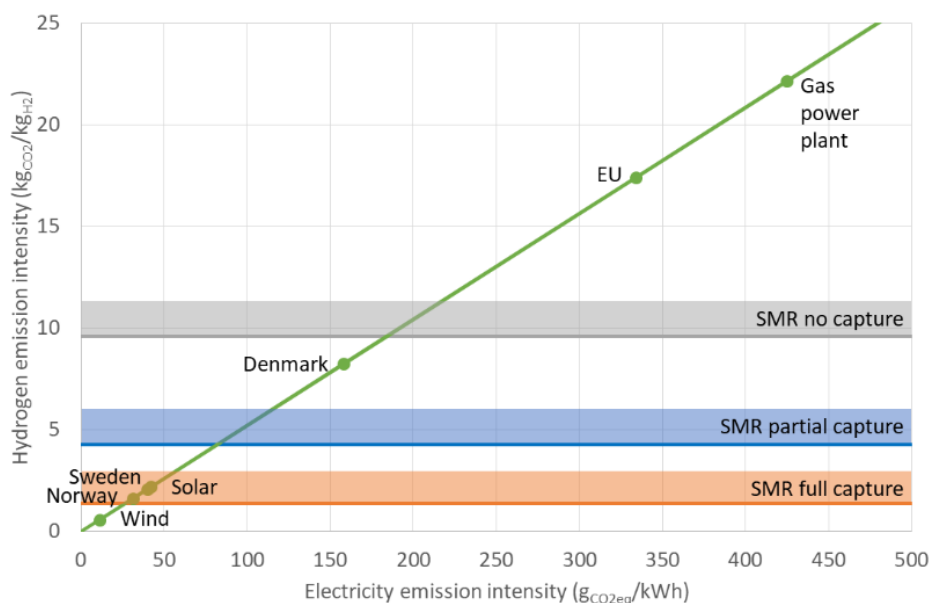
För vätgasproduktion från biomassafergasning anses de direkta utsläppen vara noll. Utsläpp sker även uppströms i bioenergiförsörjningskedjorna. Vid användning av flis kan dessa utsläpp vara 4-18 kg CO₂-ekv/GJ, vilket ger totala utsläpp på 1,0-4,7 kg CO₂-ekv/kg H₂ för väte från biomassafergasning. Att kombinera en sådan fergasningsanläggning med CCS och en infångningsgrad på 95 % ger då negativa utsläpp på 16 till 21 kg CO₂eq/kg H₂, genom att ta bort det infångade biogena kolet från den naturliga kolcykeln.¹³

4.2 Vätgas från vattenelektrolys

Vid vätgasproduktion genom vattenelektrolys sönderdelas vatten (H₂O) till vätgas (H₂) och syrgas (O₂) genom en elektrokemisk reaktion där energi tillförs från elektricitet. Det krävs cirka 50-55 kWh elektricitet per kilogram väte som produceras (kWh/kg H₂), vilket motsvarar en energieffektivitet på 61-67%. Processen ger inte upphov till några direkta koldioxidutsläpp utan utsläppen från vattenelektrolys bestäms av uppströmsutsläppen från elproduktionen.

¹³ [Towards hydrogen definitions based on their emissions intensity – Analysis - IEA](#)

För el från förnybara källor (främst sol-, vind-, och vattenkraft) är det vanligt att man sätter nollutsläpp för den producerade elen.¹⁴ På så sätt får man nollutsläpp för vätgasproduktion för elektrolysörer direktkopplade till förnybar energi. Skulle man också ta med hela scope 3 utsläppen från produktion och avveckling av kraftverken, enligt Figur 2, tillsammans med motsvarande utsläpp för elektrolysörsystemet (ca. 0,13 kg CO₂-ekv/kg H₂¹⁵) får man totala utsläpp på 2,3 kg CO₂-eq/kg H₂ för sol-, 0,7 för vind-, 1,1 för vatten respektive 1,4 för kärnkraft. Om man däremot använder el från naturgaseldade kraftverk för att driva elektrolysörer får man en utsläppsintensitet på över 22 kg CO₂-eq/kg H₂, vilket är mer än dubbelt så mycket som om man istället använt naturgasen för att producera vätgas genom ångreforming.



Figur 5. Utsläpp för vätgasproduktion med elektrolys. Utsläppsintensiteten för vätgas beror på utsläppsintensiteten för elektriciteten, vilka här är tagna på årsmedelvärde för respektive land. För jämförelse visas utsläpp för vätgasproduktion med ångreforming (SMR) utan, med partiell (60%) och full (93%) koldioxidinfångning samt med ett spann som omfattar från bästa praxis upp till medianen för uppströmsutsläpp.

För elektrolysörer kopplade till elnätet beror utsläppen från vätgasproduktionen på utsläppsintensiteten hos elnätet, vilket som beskrivet i kapitel 3 varierar både beroende på vart man är och för vilken timme på året det gäller. Använder man årsgenomsnittet (Tabell 1) får man 1,6 kg CO₂-eq/kg H₂ för Norge, 2,1 för Sverige och 8,2 för Danmark medan EU-snittet ger 17 kg CO₂-eq/kg H₂.

Produktionskostnaden för vätgas från elektrolysörer kopplade till vindkraft är ca. 5 \$/kg_{H2} i nordvästra Europa, medan den från SMR utan koldioxidinfångning är ca. 2 \$/kg_{H2} och från SMR med full koldioxidinfångning blir ca. 3 \$/kg_{H2}.¹⁶ Dessa prisskillnader gör att klassificeringar och regleringar blir aktuella för att främja vätgas med lägre utsläpp.

¹⁴ [Methodology for Determining the Greenhouse Gas Emissions Associated with the Production of Hydrogen Working Paper Ver 3 July 2023 \(iphe.net\)](#)

¹⁵ [Towards hydrogen definitions based on their emissions intensity – Analysis - IEA](#)

¹⁶ [Towards hydrogen definitions based on their emissions intensity – Analysis - IEA](#)

5 Klassificering av elektricitet och vätgas

Med tanke på de olika produktionsmetoderna för vätgas och deras relaterade utsläpp förväntas robusta certifieringssystem spela en nyckelroll i den framväxande globala väteekonomin. Certifiering definieras som den process som genomförs för att utvärdera om en produkt uppfyller en given uppsättning krav.

I energibranschen syftar termen på utfärdandet av ett bevis från en oberoende aktör för att bekräfta att en enhet av en given energibärare uppfyllde en uppsättning attribut vid sin produktion och eller/utmed hela värdekedjan. Dessa attribut kan täcka miljöaspekter (växthusgasutsläpp från produktion och transport av vätgas, användning av mark och vatten, påverkan på luftkvaliteten), såväl som sociala aspekter. Certifieringen gör det därför möjligt för slutkonsumenten att göra ett välgrundat val om vilken typ av vätgas de skaffar, samt bevis på köp och konsumtion av den certifierade kvantiteten vätgas.

På så sätt kan certifiering bidra till att:¹⁷

- Möjliggöra genomförandet av regeringens politik eftersom certifiering kan utgöra en integrerad del av policyåtgärder såsom mål, kvoter och skattelättnader.
- Bevisa energins hållbarhetsegenskaper, såsom koldioxidavtryck, på ett tillförlitligt sätt.
- Skapa transparens för konsumenterna och möjliggöra konsumenternas valmöjligheter.
- Tillåta konsumenter att signalera efterfrågan på vätgas baserat på dess hållbarhetsegenskaper.

Ett certifieringssystem kräver ett antal aktörer:

- Innehavaren av certifieringssystem ansvarar för att utforma och driva certifieringssystem.
- Certifieringsorgan, ofta ackrediterade enligt vissa ISO-standarder, är oberoende tredje partners som verifierar överensstämmelsen med en tillämpad metod.
- Utfärdande organ säkerställer att informationen som bevisas av certifikatet är korrekt och uppfyller kraven i systemet.

Utfärdandet av elektroniska certifikat, som sedan kan överföras antingen med eller separat från den fysiska energibäraren (elektricitet eller vätgas) kan drivas av slutkonsumenten för att uppfylla obligatoriska (påtvungade av en lagstadgad skyldighet) eller frivilliga krav (påtvungade av konsumenten själv eller dess partners, drivna av miljörapportering och upplysningskrav).

De egenskaper som bevisas av ett certifieringsschema kan anpassas för att matcha kraven i nationell lagstiftning som specifikt gäller vätgas, som till exempel skapar incitament för förnybar vätgas genom en skattelättnad eller ett kvotsystem.

5.1 Ursprungsgarantier för elektricitet

Inom energibranschen finns det två typer av spårbarhetsmodeller som vanligtvis används vid certifiering av energiprodukter:

- Massbalanseringsmodell som gör det möjligt att spåra och följa hållbarhetsattribut från produktion till konsumtion som länkar hållbarhetsattribut bevisade genom certifikatet till den fysiska produkten,

¹⁷ [Hydrogen Certification 101 | Hydrogen Council](#)

till exempel ett kg vätgas. Massbalansering används ofta vid certifiering av exempelvis biobränslen och kräver en underliggande fysisk länk mellan producenter och konsumenter.

- Bok- och anspråksmodell (book and claim model) som gör det möjligt att spåra de elektroniska certifikaten, som innehåller information om den fysiska produkten, från utfärdandet som bokförs av producenten till att de annulleras för att tas i anspråk av konsumenten. Det möjliggör åtskillnad mellan den certifierade produkten och certifikatet, så att produkten kan handlas separat från certifikatet.

Bok- och anspråksmodellen hanterar producenter och konsumenter relativt separat för att certifiera en given energienhet, där ursprungsgarantier för förnybar el är ett exempel som beskrivs nedan. Certifieringssystem med massbalanseringsmodell inkluderar däremot alla aktörer som är involverade i hela värdekedjan.

Elkonsumenter kan stödja en omställning av energisystemet, elproduktion, genom att till exempel aktivt köpa "grön" el, det vill säga el som genereras från förnybara källor, vilket ökar trycket på energibolag att utöka andelarna förnybar energi.

Men eftersom el från olika produktionsmetoder mixas kan ursprunget för en specifik megawattimme (MWh) grön el från nätet inte i sig bestämmas. Konsumenter som ändå är villiga att köpa grön el har olika alternativ, med olika positiva inverkan på grön elproduktion och kostnader. Dessa kan vara "energy attribute certificates" (EACs), "power purchase agreements" (PPAs) och direktinvesteringar för egen konsumtion. Bland kommersiella och industriella konsumenter är EACs det mest använda alternativet för att köpa grön el.

Ursprungsgarantier (UG) infördes i Europeiska unionen (EU) 2001 och är den vanligaste typen av EACs i EU. På den europeiska UG-marknaden kan en elproducent för varje MWh grön el som den matar in i nätet begära att en UG utfärdas i respektive nationellt register. Denna UG kan handlas internationellt mellan handlare, energibolag och leverantörer tills den annulleras på begäran när motsvarande MWh grön el har sålts och använts av en konsument. Om en UG inte använts efter 12 månader, löper den ut och tas bort från registret.¹⁸ Motsvarande MWh grön el matas fortfarande ut i nätet – elens "grönhet" har dock inte sålts.

UG-marknaden är helt oberoende av elmarknaden, eftersom det med UG endast handlas med "grönheten" av elen. Marknaden kännetecknas mestadels av icke-transparent bilateral handel och endast begränsad information om GO-priser är allmänt tillgänglig. Vidare är priserna föremål för volatilitet och har periodvis ökat kraftigt, exempelvis vid energikrisen i Europa 2022 men även under 2018 då låga nivåer i norska vattenreservoarer resulterade i förväntningar om minskat utbud av UG, men har sedan återgått till normala prisnivåer, som brukar variera runt 0,5-1,5 EUR/MWh.¹⁹

Systemet för UG kan ge ett missvisande intryck att man stöttar lokal elproduktion. Men det är möjligt att köpa UG från hela Europa, så även isländska UG trots att det saknas en fysisk förbindelse mellan Island och övriga Europa. Nederländska UG har till exempel höga priser på grund av begränsat utbud och hög konsumentefterfrågan, medan norska UG har låga priser på grund av överutbud och mindre intresse från konsumenter. Detta leder till att norska UG köps av aktörer i Tyskland, så att norsk elanvändning anses komma från fossila bränslen i betydligt högre grad än elproduktionen. För att balansera dessa kritiska aspekter är det viktigt att komma ihåg att UG-systemet aldrig utformades med avsikten att främja grön

¹⁸ [Om ursprungsgarantier \(energimyndigheten.se\)](https://energimyndigheten.se)

¹⁹ [The European Market for Guarantees of Origin for Green Electricity: A Scenario-Based Evaluation of Trading under Uncertainty \(mdpi.com\)](https://www.mdpi.com/1911-2429/14/1/1)

elproduktion, utan för att kunna lämna ut information om elens produktionsmetod. Men vid hög efterfrågan på UG ökar dess priser, vilket skulle kunna motivera nya investeringar i förnybar energi.

5.2 Klassificering av vätgas

Certifieringssystem kan vara frivilliga och användas av marknadsaktörer för rapporterings- och offentliggörande syften, såsom CertifHy i EU som beskrivs i slutet av detta kapitel. Certifiering kan också krävas av regulatoriska skäl för att bevisa överensstämmelse med specifika lagstiftningskriterier i ett land, eller för att dra nytta av statliga incitament, såsom skatteavdraget för väteproduktion enligt Inflation Reduction Act (IRA) i USA. Finansieringsprogram, anbud eller auktioner kan också kräva att vissa utsläppsintensitetsnivåer uppfylls, till exempel anbudsförfarandet för vätgasinköp inom H2Global eller European Hydrogen Bank.²⁰

Marknaden för förnybar vätgas är fortfarande i ett tidigt utvecklingsskede. Många regeringar har identifierat potentiella mekanismer för att skapa denna efterfrågan, såsom auktioner, mandat, kvoter och krav vid offentlig upphandling. Men majoriteten av dessa policies har ännu inte implementerats.

5.3 Europeiska regelverk kring vätgas

I detta avsnitt presenteras EU-dokument av betydelse för det skandinaviska vätgassystemet och hur de förhåller sig till varandra. Först introduceras och beskrivs några nyckelformuleringar som är vanliga i EU-dokument:

- En strategi definierar planen för hur ett givet mål ska uppnås.
- Policies är regler eller riktlinjer som antas av en aktör för att styra beslut och uppnå långsiktiga mål.
- Ett EU-direktiv är en rättsakt vilken anger ett mål som alla EU-länder ska uppnå. Det är dock upp till de enskilda länderna att utarbeta sina egna lagar för hur dessa mål ska nås.
- En EU-förordning är å andra sidan en bindande rättsakt. Den måste tillämpas i sin helhet i hela EU.

EU:s förordningar och direktiv är naturligtvis relaterade till varandra. På grund av nya eller uppdaterade strategiska planer (t.ex. European Green Deal, Fit for 55 Package etc.) eller klimatmål behöver flera av dem revideras, vilket i sin tur kan innebära behov av nya eller ändrade nationella lagar. Några av nyckeldokumenterna, och deras relation, för vätgas presenteras kort i detta avsnitt.

European Green Deal (2019/640) är en tillväxtstrategi, presenterad i december 2019, som syftar till ett rättvist samhälle med en resurseffektiv och konkurrenskraftig ekonomi, där det inte finns några nettoutsläpp 2050 och ekonomisk tillväxt är frikopplad från resursanvändning. För att leverera detta, och säkerställa en effektiv koldioxidprissättning i hela ekonomin, revideras alla relevanta klimatpolitiska instrument.

Den europeiska klimatlagen skrev 2020 in i lag det långsiktiga målet att bli klimatneutralt till 2050 för EU-länderna som helhet och sätter delmål att minska utsläppen med minst 55 % till 2030, jämfört med 1990 års nivåer.

För att uppnå "the European Green Deal", beskrivs det i **EU:s vätgasstrategi** (2020/301) att vätgas över tid kan erbjuda lösningar för delar av energi-, industri- och transportsektorerna som är svåra att ställa om genom direkt elektrifiering. Prioriteringen är att successivt utveckla vätgasproduktion från vind- och solenergi med följande mål:

²⁰ [Second renewable hydrogen auction: European Commission publishes Terms and Conditions - European Commission](#)

- I den första fasen (2020-2024) ska minst 6 GW elektrolysörer producera 1 Mt väte.
- I den andra fasen (2025-2030) producerar minst 40 GW elektrolysörer 10 Mt väte.
- I den tredje fasen (2031–2050) ska förnybar vätgasteknik mogna genom storskalig utbyggnad och förväntad ökad efterfrågan.

Det är erkänt att en stark investeringsanda är avgörande för att nå de strategiska målen. För att stödja detta startades European Clean Hydrogen Alliance för att identifiera livskraftiga investeringsprojekt, inklusive "Important Projects of Common European Interest" (IPCEI), längs värdekedjan för vätgas. Vidare bör gemensamma kriterium för certifiering av förnybar vätgas införas.

I den första fasen förväntas produktionen placeras nära befintlig vätgasefterfrågan, till exempel inom den kemiska sektorn. Dessutom måste tillverkningen av stora elektrolysörer (upp till 100 MW) skalas upp. I den andra fasen behövs politik för att öka efterfrågan, till exempel kvoter eller "carbon contracts for difference" i specifika sektorer, och för att inkludera nya tillämpningar. Dessutom kommer ett pan-europeiskt vätgasnät att planeras, med målet om en öppen EU-marknad för vätgas med obehindrad gränsöverskridande handel till 2030.

Fit for 55-paketet från 2020 består av en uppsättning sammanlänkade förslag för att säkerställa en rättvis, konkurrenskraftig och grön omställning. Den innehåller förslag till reviderade eller nya regler för att implementera EU:s klimatlag, i synnerhet för att nå det förbättrade målet om minskade nettoutsläpp av växthusgaser med minst 55% till 2030 (det tidigare målet var 40%).

En hörnsten i paketet är att bygga vidare på EU:s system för handel med utsläppsrätter, **EU Emission Trading System** (EU-ETS), som bör tillhandahålla en kostnadseffektiv mekanism för att få ner utsläppen genom en kolprissignal (dvs. en kostnad per ton utsläppt CO₂), genom att stärka och gradvis tillämpa systemet på nya sektorer inom transport och byggnader. För att förbli konkurrenskraftig och undvika koldioxidläckage föreslås en koldioxidgränsjusteringsmekanism (carbon border adjustment mechanism, CBAM).

EU:s taxonomiförordning (2020/852) är ett klassificeringssystem för miljömässigt hållbar ekonomisk verksamhet. Enkelt uttryckt är det lista som beskriver specifika affärsaktiviteter som anses hållbara av EU som skapats för att hjälpa investerare att göra gröna investeringar. Taxonomin specificerar hur en verksamhet kan bidra till miljömål, såsom begränsning av klimatförändringar och klimatanpassning, och vilka kriterier verksamheten måste uppfylla. Taxonomin fyller två viktiga behov: den ger ett gemensamt språk för att prata om hållbarhet och den använder objektiva, kvantifierbara kriterier för att bedöma företag. Förordningen trädde i kraft i juli 2020.

EU-taxonomin sätter en gräns för "hållbar" ("sustainable") vätgasproduktion på 3 kg_{CO2}/kg_{H2} (inklusive blått väte och grönt väte med en gräns på 100 g_{CO2}/kWh för elmixen).

REPowerEU är europeiska kommissionens plan för att gå bort från beroendet av ryska fossila bränslen, långt före 2030, och att påskynda omställningen av ren energi. Syftet presenterades i mars 2022, kort efter att ledarna för Europeiska rådet enades om att EU skulle "helt fasa ut sitt beroende av rysk gas-, olja- och kolimport så snart som möjligt". På kort sikt kommer detta att ske genom att spara energi och diversifiera leveranserna. På lång sikt är ytterligare energi från förnybar energi (därav RE, renewable energy) samtidigt som man skifte från fossila bränslen till vätgas och biometan är nyckelåtgärder.

REPowerEU-planen, som presenterades i maj 2022, ökade ambitionen för väteproduktion tills 2030 inom EU till 10 Mt samt import av 10 Mt (varav 4 Mt i form av ammoniak), för att möjliggöra rekommendationen att

höja delmålen för RFNBOs inom industrin till 75 % och inom transport till 5 %. För att påskynda investeringar i förnybart väte kommer ytterligare finansiering av vätgas i industrin samt ett EU-omfattande system för Carbon Contracts for Difference (CfD) att finnas tillgängligt (även om inga detaljer lämnas).

Förnybartdirektivet (**Renewable Energy Directive, RED**) är EU:s rättsliga ram för utveckling av förnybar energi. Den omfattar alla sektorer och strävar efter att EU ska vara ledande inom produktion och omvandling av ren energi. En revidering (inofficiellt kallad RED III) trädde i kraft i nov. 2023.

Revideringen (2023/2413) innehåller bland annat ett ökat mål på EU-nivå på minst 42,5 % av den förnybara energin i den totala energimixen till 2030. Den nuvarande andelen förnybar energi är cirka 23 %. Ett delmål på 1% förnybara bränslen av icke-biologiskt ursprung (Renewable Fuels of Non-Biological Origin, RFNBO), huvudsakligen "förnybar" ("renewable") vätgas och elektrobränslen, till 2030 införs för transporter. Medlemsstaterna ska också se till att bidraget från RFNBOs bör vara 42% av vätgasen som används i industrin senast 2030, och 60% senast 2035.

Definitionen av RFNBO (t.ex. "renewable hydrogen") föreslås i RED II från 2018 att ske i två delegerade akter, vilka antogs i juni 2023. För att vätgas ska kvalificera sig som "renewable" står det i den första delegerade akten (2023/1184) att vätgasproduktionen ska stimulera utbyggnaden av ny förnybar elproduktionskapacitet (additionalitetsprincipen) eller ske vid tidpunkter då elektrolysörerna stödjer integrationen av förnybar elproduktion i elsystemet, eller i elprisområden där förnybar el redan dominerar och där ytterligare kapacitet av förnybar elproduktion varken är nödvändig eller möjlig att tillföra.

Därför kan "renewable" vätgas produceras i elektrolysörer med direktledning till förnybara kraftverk, om kraftverken tagits i bruk maximalt 36 månader före eller efter elektrolysören. Alternativt kan "renewable" vätgas produceras i elektrolysörer kopplade till elnätet med grundkraven att producenten har Power Purchase Agreement (PPA) som uppfyller:

Additionalitet – Elproduktionen togs i drift tidigast 36 månader före elektrolysör-anläggningen, eller 36 månader efter om elproduktion läggs till en befintlig installation.

Tidskorrelation - Produktionen av vätgas sker inom samma timme som produktionen av el.

Geografisk korrelation - Båda anläggningarna bör ligga inom samma elprisområde, eller i angränsande elprisområden om elpriset i den zon som genererar elen är lika med eller högre än i den zon som producerar vätgas.

För att på kort sikt öka elektrolyserkapaciteten gäller dock inte additionalitetsprincipen för vätgasproduktionsanläggningar installerade före 2027 och fram till 2030 anses tidskorrelation på månadsbasis vara tillräckligt.

För elprisområden med lägre utsläppsintensitet än 18 gCO₂/MJ (vilket motsvarar 65 kgCO₂/kWh) görs undantag från additionalitetsprincipen, men PPAs som uppfyller tids- och geografisk korrelation krävs fortfarande. För elprisområden där den genomsnittliga andelen förnybar el överstiger 90% under föregående kalenderår, anses vätgasproduktion från elektrolysörer kopplade till elnätet vara "renewable" utan några krav på PPAs.

För Norge var andelen förnybar el 98% år 2020, så elektrolysörer kopplade till elnätet ger "renewable" vätgas. Även om andelen förnybar el i Sverige var 60% 2020 på nationell nivå så var den ca. 95% i både SE1 och SE2, så även för de elprisområdena ställs inga krav på el tagen från elnätet. SE3 och SE4 lever, enligt

Tabell 2, upp till kraven på lägre än 65 kgCO₂/kWh, så de undantas från additionalitetsprincipen medan PPAs som uppfyller tids- och geografisk korrelation fortfarande behövs.

Ur ett skandinaviskt perspektiv är det värt att notera att den delegerade akten uttryckligen nämner att "renewable" vätgas (eller el som används för att producera den) inte får komma från biomassa, utan i så fall klassificeras denna vätgas som "biomass"^{21, 22}.

Gasmarknadspaketet ("hydrogen and decarbonized gas package", förordning 2021/803 och direktiv 2021/804) presenterades i december 2021 och antogs i maj 2024,²³ för att skapa förutsättningar för en övergång från fossil naturgas till "förnybara" och "koldioxidsnåla" ("low-carbon") gaser, i synnerhet väte och biometan. Ett av huvudmålen är att etablera en marknad för vätgas och möjliggöra utvecklingen av dedikerad infrastruktur.

Ett certifieringssystem för gaser med låga koldioxidutsläpp, inklusive "low-carbon" vätgas, ska upprättas som ett komplement till certifieringen av "renewable" vätgas enligt förnybartdirektivet. Koldioxidsnål vätgas ska ge minst 70% lägre utsläpp än fossil vätgas från naturgas. Närmare bestämmelser om metod och bedömning av minskning av växthusgaser kommer att fastställas i en delegerad akt inom 12 månader efter att paketet antogs.

Sammanfattningsvis finns det ingen enhetlig klassificering av eller rekommendation för utsläpp för vätgas inom det europeiska regelverket som håller på att växa fram. Däremot finns direktiv och förordningar som ställer krav på olika klassificeringar av vätgas, vilka kortfattat beskrivs i Tabell 3.

Tabell 3. Sammanfattning av olika klassificeringar av vätgas i europeiska regelverk och dess krav.

Klassificering	"sustainable"	"renewable" (RFNBO)	"low-carbon"
Regelverk	EUs taxonomi	Förnybartdirektivet	Gasmarknadspaketet
Krav	utsläppsintensiteter lägre än 3 kgCO₂/kgH₂	vattenelektrolys med strikta krav på förnyelsebar el.	70% lägre utsläppsintensiteter än fossil vätgas

Vätgas som kvalificeras som "sustainable" skulle kunna gynna företag som rapporterar enligt EU-taxonomin och dess produktion kan stödjas med privat kapital inom ramen för hållbar finansiering. Vätgas som kvalificeras som "renewable" enligt RED, och i viss men troligen lägre mån "low-carbon" vätgas, kommer att kunna dra nytta av offentligt stöd på EU-nivå (och sannolikt även på nationell nivå).

5.4 Ursprungsgarantier för vätgas

Som nämnts i direktiven planerar Europeiska kommissionen för att certifiera koldioxidavtrycket för vätgas (och andra bränslen) med låga koldioxidutsläpp på ett harmoniserat sätt. Certifiering av vätgasproduktion ses som avgörande för att införa transparens och spårbarhet på den framväxande EU-marknaden. Eftersom förnybar vätgas för närvarande är dyrare än fossila alternativ, blir certifiering en viktig möjlighet för att utöka

²² [EU Delegated Acts on Renewable Hydrogen \(europa.eu\)](https://european-council.europa.eu/media/en/press-articles/2022/04/22/EU_Delegated_Acts_on_Renewable_Hydrogen_(europa.eu))

²³ [EU plans single database to certify carbon content of hydrogen, low-carbon fuels – Euractiv](https://euractiv.com/en/energy/energy/eu-plans-single-database-to-certify-carbon-content-of-hydrogen-low-carbon-fuels)

marknaden och att fånga premiumvärdet av förnybar och koldioxidsnål vätgas, exempelvis genom ursprungsgarantier på liknande sätt som för el.²⁴

Vätgascertifikat är ett nytt tillskott till UG-familjen, som ännu inte är etablerade utan befinner sig i pilot-stadier. En certifiering introducerades 2019 och levereras av en koalition som heter CertifHy, som levererar information om energikällan, produktionsanläggningen, tidpunkten för produktion, produktens kolintensitet och datum för utfärdande av certifikatet. CertifHy har initierats på begäran av Europeiska kommissionen, med offentlig finansiering av Clean Hydrogen Partnership och dess föregångare sedan 2014. CertifHy-schemat har utformats för RFNBO och "low-carbon" vätgas, som för närvarande väntar på godkännande från Europeiska kommissionen. Dessa utgör grunden för det första icke-statliga ursprungsgarantisystemet för vätgas i världen. GO-systemet är inte obligatoriskt, utan producenter och användare får ansluta sig på frivillig basis.²⁵

6 Rekommendationer för kravställning

Användning av elektricitet och vätgas inom olika sektorer kan ge upphov till olika utsläppsminskningar, beroende på vilken energikälla som ersätts. I det här kapitlet beskrivs hur användning inom fordon ger olika utsläppsintensiteter beroende på produktionsmetod men också för olika fordon och bränslen.

6.1 Elektricitet och vätgas och dess användning

Elektriska fordon kan vara antingen batteridrivna (battery electric vehicle, BEV) eller bränslecellsdrivna (fuel cell electric vehicle, FCEV). Även om inga koldioxidutsläpp sker vid användningen av elektriska fordon bör man ta hänsyn till hela värdekedjan från produktion till användning av elektricitet och vätgas.

Som beskrivet i Kapitel 4 ger olika produktionsmetoder upphov till olika stora utsläpp. Vid användning i fordon ger effektiviteten för de olika drivlinorna också upphov till olika energibehov. I Tabell 4 har energikonsumtionen för en timmerlastbil på 4,4 kWh/km²⁶ (motsvarande 0,45 liter diesel per km) skalats med motsvarande skillnad i verkningsgrad för att få energibehovet för FCEV (motsvarande 0,12 kgH₂/km) respektive BEV.

Tabell 4. Energieffektivitet och energiåtgång för elektriska fordon.

Drivlina	Energieffektivitet	Energibehov timmerlastbil
Battery electric vehicle	80%	2,2 kWh/km
Fuel cell electric vehicle	45%	3,9 kWh/km
Diesel combustion engine	40%	4,4 kWh/km

Verkningsgraden från el till vätgas i elektrolysör (ca. 64%) och från vätgas till el bränsleceller (ca. 45%) ger en total energieffektivitet på ca. 29%, vilket kan jämföras med ca. 80% från el till kemisk energi och tillbaka till el i ett batteri. Därför blir i Figur 6 utsläppen ca. 2,8 gånger högre för FCEVs än BEVs vid en given utsläppsintensitet för elektriciteten. Detta gör exempelvis att man för BEVs drivna med en elmix motsvarande

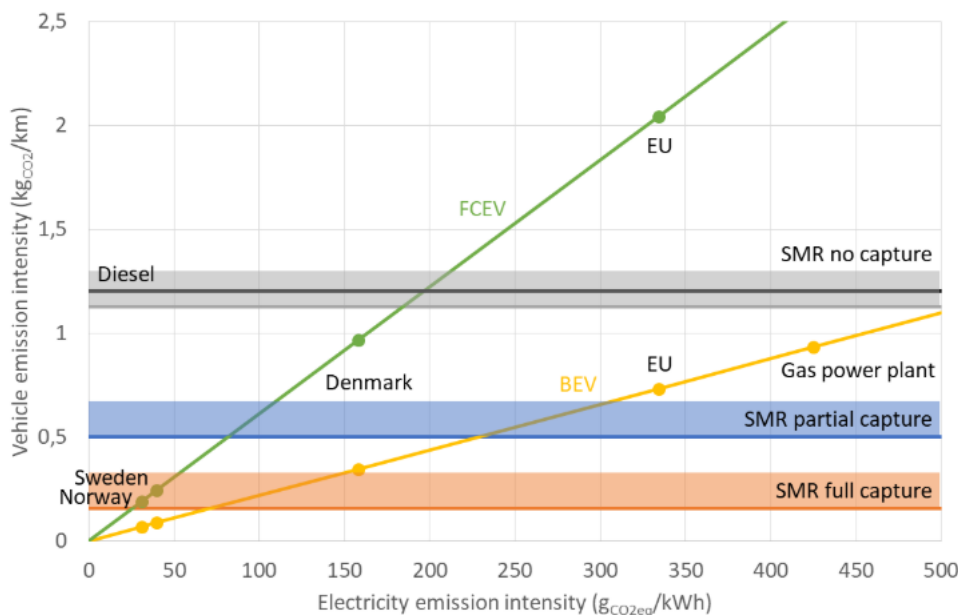
²⁴ [EU plans single database to certify carbon content of hydrogen, low-carbon fuels – Euractiv](#)

²⁵ [Hydrogen Certification - European Commission \(europa.eu\)](#)

²⁶ [Slutrapport Vätgas som alternativ för skogsindustrins transporter.pdf](#)

dansk utsläppsintensitet nästan når ner till samma utsläppsnivåer som för FCEVs drivna med vätgas producerad med elektrolys vid svensk och norsk utsläppsintensitet eller ångreforming med full koldioxidinfångning.

Fossil diesel ger en utsläppsintensitet som motsvarar FCEVs med vätgas från ångreforming utan koldioxidinfångning. Om man utgår från fossil naturgas får man något lägre utsläpp för BEVs drivna på el från gasturbin än för FCEVs drivna på vätgas från SMR utan koldioxidinfångning. Här bör det tilläggas att vid användning av vätgas i bränsleceller är kraven på gasrenhet så noga att det i praktiken är olämpligt att använda ångreformerad vätgas utan i stället är man hänvisad till vätgas från vattenelektrolys.



Figur 6. Utsläpp för produktion av elektricitet och vätgas som används i elektriska fordon beroende på utsläppsintensiteten för elektriciteten, vilka här är tagna på årsmedelvärde för respektive land. För jämförelse visas utsläpp från FCEV vid vätgasproduktion med ångreforming (SMR) utan, med partiell (60%) och full (93%) koldioxidinfångning samt med ett spann som omfattar från bästa praxis upp till medianen för uppströmsutsläpp. Mörkgrå linje visar utsläppen från motsvarande timmerlastbil driven med fossil diesel.

Värt att notera är att i Figur 6 tas hänsyn till alla utsläpp från elproduktionen, även tillverkning och avveckling av kraftverken, medan utsläppen från tillverkning av fordon eller produktionsanläggningar för vätgas inte är medräknat. Exemplet här är beräknat för en specifik timmerlastbil och dess energibehov, men de olika energieffektiviteterna för olika drivlinor gäller generellt och för andra jämförbara fordon med samma energibehov men olika drivlinor fås samma relativa trender i utsläppsintensitet, om än med andra absoluta utsläpp per km (eller timme).

Utöver energieffektivitet så finns det också andra aspekter såsom vikt och tid för tankning och installation av infrastruktur där vätgasanvändning kan ha fördelar gentemot batterielektrofiering. Dessutom möjliggör lagring av vätgas att den kan produceras under timmar med låg utsläppsintensitet i nätet och för att sedan användas för att undvika att behöva använda el från nätet under timmar med hög utsläppsintensitet, och då även för att ladda BEVs från bränsleceller i stället för från nätet.

6.2 Kravställning vid offentlig upphandling

För att driva omställningen mot fossilfria byggarbetsplatser har Oslo kommun, i tät dialog med marknaden och dess aktörer, satt upp standardkrav i offentliga upphandlingar.²⁷ Dessa innehåller bland annat:

- Upphandlingen bedöms till 70% på pris och till 30% på miljökonsekvenser.
- Minimikrav är att arbetsplatsen ska vara fossilfri. Bonus i bedömningen om den är **utsläppsfri**, vilket också kommer bli ett krav från 2025.

Även om Oslo varit ledande så har många kommuner tagit efter detta exempel och ställer nu liknande krav. På liknande tema har Fossilfritt Sverige tagit fram en handlingsplan för hur kommuner kan jobba med klimatkrav vid upphandling,²⁸ där bland annat dessa punkter lyfts:

- Kommunens inköp inom transporter, energi samt bygg och anläggning ska vara fossilfria eller klimatneutrala år 2030.
- Ta ett regionalt ansvar för att driva på för mer samordnade klimatkrav med andra beställare för att underlätta och minska de ekonomiska riskerna för leverantörer som utvecklar klimatsmartare produkter och tjänster.
- Avsätt tillräckliga resurser så att den offentliga upphandlingen kan användas som ett strategiskt verktyg för att uppnå kommunens klimat- och hållbarhetsmål.

6.3 Rekommendationer för kravställning

För att elektrifieringen av energisystemet, direkt i exempelvis BEVs eller indirekt i exempelvis FCEVs, ska leda till utsläppsminskningar, bör hänsyn tas till hela värdekedjan från produktion till användning av elektricitet och vätgas, där olika produktionsmetoder ger upphov till olika stora utsläpp.

Den första rekommendationen är att inte bara inkludera direkta utsläpp vid produktion och användning av vätgas, utan att även **inkludera uppströmsutsläpp vid kravställningen**. Detta är av betydelse för den fossila naturgas som används vid framställning av vätgas via ångreformerering, men även för elektricitet tagen från elnätet vid vätgasproduktion via elektrolys.

Den andra rekommendationen för kravställning på använd el och vätgas är att ställa **krav på certifiering**. För elektricitet är systemet med ursprungsgarantier etablerat och krav på förnybara (sol-, vind-, eller vatten-kraft eller fossilfria (även inklusive kraftverk med biobränsle samt kärnkraft) ursprungsgarantier kan ställas. För vätgas finns det ännu ingen övergripande certifiering, men systemet för detta är under uppbyggnad.

Den tredje rekommendationen är att sätta en gräns för maximala produktionsutsläpp för vätgas. Vilken gräns man bör sätta kan däremot vara beroende av omständigheterna. I dagsläget är mindre än 1% av vätgasen globalt producerad med låga utsläpp, så tillgången och kostnaden för denna kan vara begränsande faktorer. Samtidigt är det denna vätgas som EU vill främja och tillgången förväntas öka.

Givet detta verkar det rimligt att ställa **minimikrav** om att vätgasen kan klassas som "low-carbon", vilket med minimikrav om att minska utsläppsintensiteten jämfört med fossil vätgas (ca. 11 kg_{CO2}/kg_{H2}) med 70% ger en övre gräns på ca. 3.3 kg_{CO2}/kg_{H2}. Denna gräns skulle, vilket visas i Figur 5, inkludera vätgas från

²⁷ [Sådan fik Oslo verdens første emissionsfri byggeplads – Center for Offentlig-Privat Innovation](#)

²⁸ [Klimatledarkommunerna - Fossilfritt Sverige](#)

ångreformering med full koldioxidinfångning, även med medianutsläpp uppströms för metankällan, och från elektrolys med fossilfri elektricitet.

I takt med att "renewable" vätgas blir mer tillgängligt skulle man kunna höja kraven, eller på annat sätt **premiera vätgas med lägre utsläpp än minimikravet**. Med tanke på de redan idag låga utsläppsintensiteterna i främst SE1, SE2 och Norge kan man, liksom de europeiska kraven, anse att vätgas från elektrolys är "renewable" och inte ställa ytterligare (eventuellt fördyrande) krav på certifiering.