

Regeringens strategi for POWER-TO-X

Power-to-X-strategiens indhold

Indledning	3
Hvad er Power-to-X?	5
Power-to-X i fremtidens energisystem	7
Drivhusgasudledninger kan reduceres med Power-to-X	7
Direkte elektrificering er den bedste udnyttelse af strømmen	8
Biogent og bæredygtigt kulstof kan blive en begrænset ressource	9
Konkurrenceforhold mellem Power-to-X og andre brændstoffer	11
Danmark kan blive en global aktør inden for Power-to-X	14
Regeringens fire pejlemærker skaber fundamentet for udviklingen og udbredelsen af Power-to-X	17
Pejlemærke 1: Power-to-X skal kunne bidrage til opfyldelsen af Danmarks klimalov	18
Power-to-X skal kunne bidrage til omkostningseffektive CO ₂ -reduktioner i Danmark og globalt	18
Regulering fremmer anvendelsen af Power-to-X	22
Pejlemærke 2: De regulatoriske rammer og infrastruktur skal være på plads, så Danmarks styrkepositioner kan udnyttes, og Power-to-X på sigt kan agere på markedsvilkår	27
Power-to-X skal på sigt agere på markedsvilkår	28
Rammevilkår, regulering, teknologiudvikling og infrastruktur skal understøtte Power-to-X på markedsvilkår	31
Pejlemærke 3: Samspillet mellem Power-to-X og energisystemet skal styrkes	38
Power-to-X skal bidrage til et integreret og fleksibelt energisystem	39
Hensigtsmæssig placering af elektrolyseanlæg er afgørende for effektiv udnyttelse af elnettet og samspillet med det samlede energisystem	41
Pejlemærke 4: Danmark skal kunne eksportere Power-to-X-produkter og – teknologier	45
Power-to-X kan blive et nyt eksportmarked for Danmark	46
Rammerne for eksport af Power-to-X skal på plads	50
Regeringens vision for Power-to-X	55

Indledning

Det er med *Klimaaftale for energi og industri mv. af 22. juni 2020* aftalt mellem regeringen og et flertal af Folketingets partier, at der udarbejdes en dansk strategi for Power-to-X (PtX) og anvendelse af kulstofholdige produkter (Carbon Capture and Utilization - CCU). Siden er udviklingen gået utrolig stærkt. Der er annonceret PtX-projekter i hele Danmark, og flere kommer løbende til. Regeringen har med flere aftaler og udspil sat gang i tiltag, der kan bidrage til at fremme PtX.

Udbredelse og anvendelse af PtX-teknologierne kræver strategisk planlægning, målretning og prioritering. Med denne strategi for PtX og CCU tager regeringen nu det første store helhedsorienterede skridt til at sikre de nødvendige rammevilkår for PtX i Danmark. Rammevilkårene skal understøtte teknologiernes bidrag til klimalovens målsætninger, indfrielse af de erhvervmæssige potentialer og teknologiernes samspil med det danske energisystem.

PtX-strategien bygger på Energistyrelsens analyser og løbende dialog med PtX-branchen. Det har ledt til opstillingen af regeringens fire pejlemærker, der skal fremme PtX i Danmark:

- 1) Power-to-X skal kunne bidrage til opfyldelsen af Danmarks klimalov.
- 2) De regulatoriske rammer og infrastruktur skal være på plads, så Danmarks styrkepositioner kan udnyttes, og Power-to-X på sigt kan agere på markedsvilkår.
- 3) Samspillet mellem Power-to-X og energisystemet skal styrkes.
- 4) Danmark skal kunne eksportere Power-to-X-produkter og -teknologier.

Pejlemærkerne hænger uadskilleligt sammen, og det vil kræve en indsats på alle fire områder, for at PtX kan blive en ny grøn forsyningssektor i Danmark og dermed levere grønne løsninger til gavn for både danske forbrugere og resten af verden.

Regeringen har med sin elektrificeringsstrategi, *Elektrificering af samfundet – Vejen mod det elektriske Danmark*, sat en klar vision for fremtidens elektrificerede samfund. Strategien indeholder otte konkrete pejlemærker, som regeringen mener er afgørende i overgangsfasen fra et fossildrevet til et eldrevet samfund. Strategiens scenarier viser et stort elektrificeringspotentiale inden for en række sektorer, som kan blive endnu større efter 2030 under forudsætning af en markant teknologi- og markedsudvikling inden for særligt indirekte elektrificering.

Regeringen foreslår, at Danmark skal sigte efter at bygge op mod 4 – 6 GW elektrolysekapacitet i 2030. Udbygningen skal så vidt muligt ske på markedsvilkår og understøtte realiseringen af Danmarks eksport- og erhvervspotentialer på PtX-området. Målsætningen kan også bidrage til at sænke Danmarks globale klimaaftryk og opnåelsen af nationale og internationale klimamålsætninger.

Regeringen foreslår endvidere at investere 1,25 mia. kr. - gennem et PtX-udbud til driftsstøtte til produktion af brint og andre PtX-produkter - med henblik på at understøtte industrialisering og opskalering af PtX-produktion i Danmark og derigennem reducere omkostningerne i forbindelse med brintproduktion. Det skal fremme vækst, beskæftigelse og Danmarks erhvervs- og eksportpotentialer inden for PtX-området. Når støtten tilgår produktionen af grøn brint, sikres det, at alle PtX-producenter principielt kan deltage i udbuddet, da alle kendte PtX-teknologier indebærer produktion af brint gennem elektrolyse. Herefter kan der ske viderekonvertering til andre PtX-produkter som ammoniak, metanol eller e-kerosen.

Regeringen vil derudover øremærke 344 mio. kr. målrettet innovative grønne teknologier via midler fra REACT-EU-initiativet og Fonden for Retfærdig Omstilling. Regeringen har derudover allerede i sin strategi for investeringer i grøn forskning, teknologi og innovation, *Fremtidens grønne løsninger*, udpeget fire missioner, der skal accelerere udviklingen af banebrydende grønne løsninger gennem en strategisk og sammenhængende grøn forskningsindsats fra grundforskning til kommercialisering. En af missionerne har fokus på grønne brændstoffer (PtX mv.) og skal bidrage til at udvikle løsninger til at omdanne strøm fra vedvarende energi til produkter, der kan anvendes til at reducere udledningerne fra dele af transport- og industrisektoren, hvor der ikke eksisterer omkostningseffektive alternativer til fossil energi. Der er afsat knap 1 mia. til strategiens fire missioner.

Regeringen har også sammen med et bredt flertal i Folketinget understøttet danske værdikæde-projekter for brint (IPCEI) med 850 mio. kr., udmøntet omkring 400 mio. kr. til udviklingen af PtX via EUDP og Energistyrelsens energilagingspulje og afsat 500 mio. kr. fra REACT-EU til opfølgningen på anbefalingerne fra de regionale vækstteams til at etablere otte lokale erhvervsfyrtårne, herunder et lokalt erhvervsfyrtårn i Syddjylland for grøn energi og sektorkobling. Regeringen foreslår med *Danmark kan mere I* at afsætte yderligere 500 mio. kr. i EU-midler frem mod 2027, så der i alt afsættes 1 mia. kr. til udviklingen af de lokale erhvervsfyrtårne, herunder erhvervsfyrtårnet i Syddjylland.

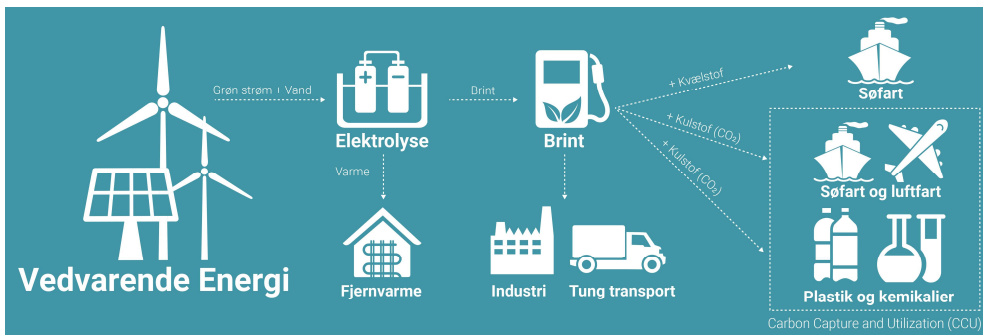
Dertil har regeringen med *Danmark kan mere I* foreslået at give et kapitalindskud i den nyetablerede Danmarks Investeringsfond på 6 mia. kr., hvoraf 1,7 mia. kr. er målrettet finansiering til virksomheder, der laver kommercielle storskala demonstrationsprojekter inden for bl.a. PtX.

Hvad er Power-to-X?

PtX dækker over en række teknologier, som alle tager udgangspunkt i, at strøm udnyttes til at fremstille brint. Brinten kan derefter anvendes direkte som brændstof i vejtransporten eller i industrien, eller den kan viderekonverteres til andre brændstoffer, kemikalier og materialer.

Det lyder avanceret, men idéen bag teknologien er på ingen måde ny. PtX bygger på det letteste, allermost enkle og udbredte grundstof, vi har, nemlig brint. Nummer ét i det periodiske system.

Figur 1 viser den samlede produktionskæde fra vedvarende energi (VE) til fremstilling af brændstoffer, der kan anvendes til transport og industri.



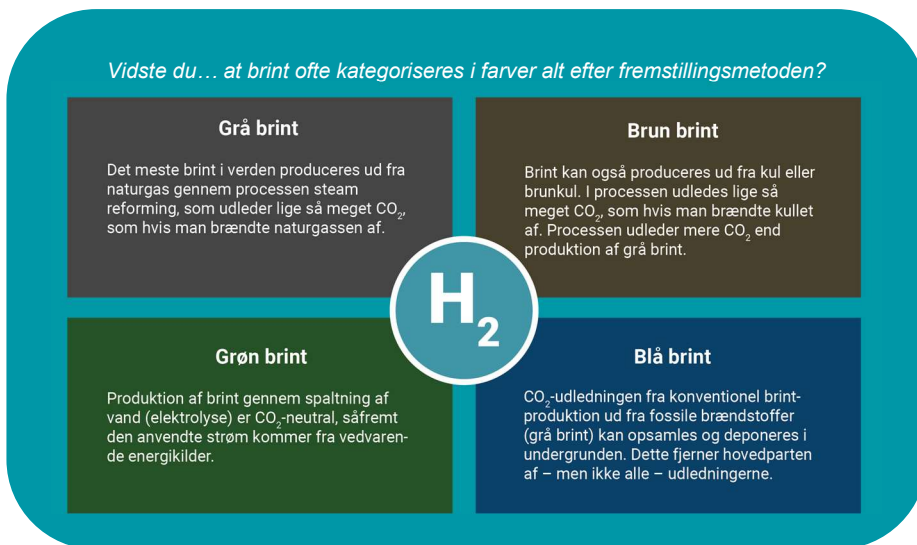
Figur 1. Vedvarende energi kan bruges til at fremstille brændstoffer og andre produkter, der kan bruges i transport og industri. Figuren viser, hvordan PtX kan anvendes i Danmark.

Kilde: Energistyrelsen

Elektrolyse spalter vand til brint og ilt ved brug af strøm

Den centrale teknologi i PtX er elektrolyse, som bruger strøm til at spalte vand i ilt og brint. Elektrolyse har været kendt i over 200 år. Brinten, der betragtes som "grøn", når den er fremstillet ved hjælp af VE-baseret strøm, kan herefter bruges direkte i industrien eller som brændstof, fx til lastbiler. Danmark har på nuværende tidspunkt ikke et stort forbrug af brint ud over på raffinaderierne, hvor brint bruges til fremstilling af fossile brændstoffer. Brinten kan også bruges som byggesten til at producere en lang række andre brændstoffer og produkter.

I dag foregår næsten al brintproduktion ud fra fossile brændsler som kul (brun brint) og naturgas (grå brint). I Danmark fokuseres der alene på grøn brint. Flere aktører har allerede annonceret og iværksat planer om PtX-projekter i stor skala, der skal producere store mængder grøn brint og brændsler inden 2030.



Ammoniak kan fremstilles med brint og kvælstof fra luften

Brint kan sammen med kvælstof danne ammoniak. Kvælstoffet fås nemt fra atmosfæren, hvor kvælstof udgør hovedbestanddelen. Den fremstillede ammoniak kan bruges som brændstof i motorer, der minder om dieselmotorer på fremtidens skibe eller til produktion af kunstgødning og andre kemikalier.

Brint og kulstof kan syntetiseres til plastik, flybrændstof og meget andet

Brint kan reagere kemisk med kulstof i store procesanlæg under højt tryk og temperatur og danne en række brændstoffer og andre produkter som metan, metanol, benzin, diesel, flybrændstof og plastik med samme egenskaber, som det kendes fra de fossile produkter. Processen kaldes også for Carbon Capture and Utilization (CCU).

Kulstoffet kan fx indfanges som CO₂ fra røggassen på fx affaldsforbrændingsanlæg eller fra biogasanlæg. Når kulstoffet har biogen oprindelse, dvs. stammer fra biomasse, opgøres det som klimaneutralt i energisektoren jf. FN's opgørelsesmetoder, da udledningen indregnes i kulstofbalancen for skove og jorde (LULUCF). Det betyder, at hvis den biogene CO₂ anvendes til at producere PtX-brændstoffer, kan disse samlet set betragtes som CO₂-neutrale.

CO₂ kan også fanges direkte fra luften. Det kaldes for *direct air capture* (DAC). Det forventes på sigt at kunne bidrage til den grønne omstilling, men der er endnu behov for udvikling og billiggørelse af teknologien. Biogent kulstof er en begrænset ressource, mens kulstof opsamlet fra atmosfæren i praksis er en ubegrænset ressource.

Power-to-X i fremtidens energisystem

Drivhusgasudledninger kan reduceres med Power-to-X

PtX-teknologier gør det muligt at producere brændstoffer og kemikalier, som i dag produceres ud fra fossile kilder, ud fra vedvarende energikilder. Dermed kan anvendelse af PtX-brændstoffer bidrage til CO₂-reduktioner, hvis de erstatter anvendelsen af fossile brændstoffer eller materialer (fx hvis e-metanol erstatter olie i skibe), eller hvis produktionen af kemikalier erstatter konventionel produktion, der normalt udleder CO₂. Fx når produktion af grøn ammoniak til kunstgødning erstatter produktion af fossilbaseret ammoniak, der udleder store mængder CO₂.

Det er en forudsætning for at betragte PtX-produkter som CO₂-neutrale, at den anvendte strøm og evt. kulstof også kan regnes som CO₂-neutral. I denne sammenhæng betyder det, at CO₂'en enten stammer fra bæredygtig biomasse eller direkte fra atmosfæren. CO₂'en kan også opsamles fra fossile kilder og anvendes til PtX. I så fald kan enten den fossile udledning eller PtX-produktet regnes som CO₂-neutral, men ikke begge dele. Det vil sige, at hvis CO₂ indfanges fra en fabrik, som bruger et fossilt brændstof, og denne anvendes til PtX, kan kun én af delene regnes som CO₂-neutral.

Hvis PtX skal bidrage til opfyldelsen af Danmarks 70 pct.-målsætningen, kræver det, at PtX-brændstoffer, enten danskproducerede eller importerede, bliver brugt som erstatning for fossile brændsler og brændstoffer i de sektorer i Danmark, der indgår i Danmarks nationale CO₂-regnskab. Hvis brændstofferne eksporteres eller anvendes til erstatning af biobrændstoffer, påvirker det ikke opfyldelsen af 70 pct.-målet, men kan bidrage til at erstatte fossile brændstoffer andre steder i verden, herunder fx inden for international skibs- og luftfart. PtX kan dermed på flere forskellige måder bidrage til at sænke CO₂-udledningerne globalt, som det fremgår af boks 1. Energistyrelsen opgør hvert år udviklingen i Danmarks globale udledninger i publikationen "Global Afrapportering"¹

Boks 1

Sådan kan Power-to-X bidrage til at sænke Danmarks globale klimaftryk

Eksport af brændstoffer

Såfremt danske PtX-brændstoffer anvendes til erstatning for fossile brændstoffer i udlandet, bidrager Danmark til at sænke de globale CO₂-udledninger.

Emissioner i værdikæden

Når CO₂-neutrale PtX-brændstoffer erstatter fossile brændstoffer, reduceres udledningerne. Power-to-X kan også bidrage til at reducere emissioner i værdikæden forbundet med udvinding af fossile brændstoffer, arealanvendelse mv. for førstegenerations-biobrændstoffer, forarbejdning, transport osv. De sidstnævnte omfattes i vidustrækning ikke af 70 pct.-målsætningen, men indgår i europæiske og globale klimamål og er en del af Danmarks globale klimaftryk.

¹ Global afrapportering, Energistyrelsen, 2021

International transport

Udledninger fra udenrigsluftfart og -søfart tælles ikke med i det danske nationale CO₂-regnskab, selvom brændstoffet tankes i Danmark. Anvendelse af PtX-brændstoffer i disse sektorer vil derfor bidrage til at reducere Danmarks globale klimaaftryk og indfri klimamål på europæisk og globalt niveau.

Hjemtagning af produktion af materialer og kemikalier

Danmark har i dag kun et mindre forbrug af brint i industrien og en mindre produktion af kemikalier mv. Produktion af kemikalier, som fx kunstgødning ud fra ammoniak baseret på PtX i Danmark, vil derfor erstatte produktion af fx ammoniak i udlandet og dermed reducere udledningerne i forbindelse med den udenlandske produktion af ammoniak.

Direkte elektrificering er den bedste udnyttelse af strømmen

Energistyrelsens analyser viser, at når transport og industri skal omstilles til fossilfrie drivmidler, er direkte elektrificering, fx igennem batteribaserede elbiler, i udgangspunktet mest omkostningseffektivt og den bedste udnyttelse af den grønne strøm. Eksempelvis omsættes ca. 70 pct. af vindenergien til fremdrift i et batteridrevet køretøj, mens ca. 30 pct. af vindenergien omsættes til fremdrift i en brintbil ifølge Energistyrelsen. Teknologierne til at erstatte fossilbaserede køretøjer med batterielektriske løsninger findes i høj grad allerede, og de bliver udbredt i disse år. Fremstilling af brændstoffer via PtX er energitungt, og derfor skal PtX-brændstoffer prioriteres, hvor direkte elektrificering ikke er mulig eller forbundet med meget store omkostninger.

Det fremgår af regeringens elektrificeringsstrategi, at op mod 80 pct. af den nationale transport på lang sigt vurderes at kunne elektrificeres direkte. Det gælder særligt i den lette vejtransport og store dele af den tunge transport som f.eks. personbiler, varevogne og lastbiler med kortere kørselsbehov.

Energistyrelsens analyser viser samtidig, at det vil være vanskeligt at elektrificere fx langdistanceflyruter, fragtsejladser og dele af den tunge vejtransport. Her kan PtX og biobrændstoffer levere fremtidens grønne brændstoffer, der kan erstatte fossile alternativer. Også dele af industrien kan bruge PtX til at omstille energiforbruget, hvor det ikke er muligt eller for omkostningstungt at elektrificere eller omstille til biogas.

Det kan fx være i forbindelse med industrielle højtemperaturprocesser eller særligt energikrævende køretøjer som fx mejetærskere og store entreprenørmaskiner. Processer i industrien - hvor udledningerne kommer fra processen og ikke fra energiforbruget som fx produktion af ammoniak til gødning – kan i sagens natur ikke fjerne udledningerne gennem elektrificering. Her kan PtX i nogle tilfælde erstatte fossile alternativer.

Biogent og bæredygtigt kulstof kan blive en begrænset ressource

Kulstofholdige brændstoffer såsom flybrændstof og metanol kan fremstilles gennem viderekonvertering af grøn brint og kulstof. Kulstoffet kan fx stamme fra CO₂ fra biogasanlæg, biomassefyrede kraftvarmeværker eller forbrænding af biologisk affald. Biogent og bæredygtigt kulstof ventes dog at blive en begrænset ressource, da verdens bæredygtige biomasseressourcer er begrænsede, og der er også brug for biomasse til fødevarer, foder og andre formål, der bidrager til CO₂-reduktioner i transport, byggeri og energisektorerne.

Der er kulstof nok i 2030 – men forventeligt ikke på lang sigt

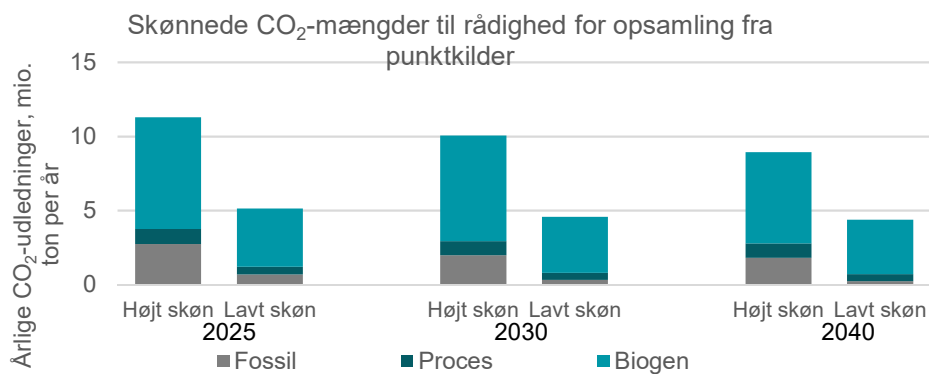
Den biogene CO₂ kan både anvendes til produktion af CO₂-neutrale brændstoffer og materialer (carbon capture and utilization, CCU) og lagres i undergrunden (såkaldt carbon capture and storage, CCS). Det fremgår af klimaloven, at negative udledninger fra teknologiske processer - som fx CCS - kan bidrage til at opfylde Danmarks reduktionsmål.

Regeringen præsenterede i juni 2021 første del af CCS-strategien og indgik på den baggrund en aftale om rammerne for CO₂-lagring i Danmark. Den 14. december indgik et bredt flertal i Folketinget en aftale om anden del af strategien, der fastlægger principperne for første udmøntning af CCUS-puljen og sætter rammerne for fangst og transport af CO₂.

Med Klimaaftale for energi og industri mv. 2020 er der i den forbindelse truffet beslutning om at afsætte 16 mia. kr. til en CCUS-pulje, som forventes at kunne medføre en reduktion på ca. 0,4 mio. ton i 2025 og 0,9 mio. ton CO₂ i 2030. Dertil er der med finansloven for 2022 afsat ca. 2,5 mia. kr. til en pulje til negative emissioner, som skal medføre en reduktion på 0,5 mio. ton CO₂e årligt fra 2025.

En fuld realisering af potentialerne for anvendelse af PtX i Danmark forudsætter anvendelse af klimaneutralt kulstof svarende til omkring 0,5-4,5 mio. ton CO₂ i 2030 og omkring 1,5-6,5 mio. ton CO₂ i 2050. Størrelsen på spændene afhænger bl.a. af hvor store dele af potentialet, der kan dækkes af PtX-brændstoffer uden kulstof såsom brint og ammoniak.

Til sammenligning vurderer Energistyrelsen, at der er omkring 4,5-10 mio. ton CO₂ til rådighed fra danske punktkilder i 2030, hvoraf ca. 4-7 mio. ton stammer fra biogene kilder, som det fremgår af figur 2. Her er medregnet en vis begrænsning af biomasseforbruget på kraftvarmeværker i forhold til i dag. Dette analyseres nærmere som følge af Klimaaftale for energi og industri mv. 2020.



Figur 2: Skønnede størrelser af CO₂-udledninger, som vil kunne opsamles og lagres eller anvendes fra danske punktkilder inden for affaldssektoren, kraftvarmeverker, biogasopgraderingsanlæg og industrien.

Kilde: Energistyrelsen

I fremtiden vil pyrolyse af fx afgasset biomasse, spildevandsslam og halm kunne levere yderligere kulstofinput til PtX-sektoren og negative emissioner i form biokol til nedpløjning og kulstofholdig gas eller olie til produktion af brændstoffer.

Biogent og bæredygtigt CO₂ fra punktkilder kan dermed blive en begrænset ressource på lang sigt, selvom Energistyrelsen vurderer, at der vil være tilstrækkeligt til at dække det nationale behov i Danmark frem mod 2030.

Vidste du... at med *Aftale om bæredygtighedskrav til træbiomasse til energi af 2. oktober 2020* gives der større sikkerhed for, at den biomasse, der bruges i Danmark, er så bæredygtig og klimavenlig som muligt. Reglerne om bæredygtighedskriterier for biomasse til el- og varmeproduktion trådte i kraft 30. juni 2021. Dertil kommer, at der er indgået politiske aftaler om fremme af alternativer til anvendelse af biomasse til opvarmning, som fx varmepumper.

Power-to-X-brændstoffer uden kulstof kan være det fremtidssikrede valg

Den bæredygtige biomasse er ikke en uendelig ressource, og stigende efterspørgsel på energi, brændstoffer, fødevarer og byggematerialer vurderes at give et betydeligt fremtidigt pres på verdens biomasseressourcer. Dette vurderes på sigt at lede til stigende priser på både biobrændstoffer og potentielt på kulstofholdige PtX-brændstoffer. PtX-brændstofferne brint og ammoniak indeholder ikke kulstof, og de er derfor alt andet lige billigere at producere end de kulstofholdige, da der ikke skal betales for kulstoffet fx fra opsamling af CO₂ fra røggas. Derfor bidrager disse ikke til presset på verdens bioressourcer.

Overvejelserne om både bæredygtighed, tilgængelighed af kulstof og økonomi tyder på, at kulstoffrie brændstoffer potentielt vil være en mere fremtidssikret løsning for de sektorer, som ikke behøver kulstofholdige brændstoffer, herunder

særligt søfart. Brint og særligt ammoniak er dog underlagt en række skærpede sikkerhedsregler ift. andre brændstoffer, bl.a. fordi ammoniak er giftigt i selv relativt små koncentrationer. Derudover er ammoniakmotorer stadig under udvikling. Såfremt særligt ammoniak skal slå igennem som det billigste brændstof i shippingsektoren, er der behov for, at disse forhold adresseres.

Når der alligevel på kort sigt kan være anvendelser for kulstofholdige brændstoffer i fx søfarten, skal det ses i sammenhæng med, at motorer til anvendelse af ammoniak stadig er under udvikling, og at ammoniak er giftigt og derfor forbundet med en række andre udfordringer.

Hvor meget kulstof kan vi anvende – og til hvad?

Det er ikke kun i energi- og transportsektoren, at der ventes stigende pres på bioressourcerne. Konkurrerende anvendelser til fødevarer, byggematerialer, kemikalier, plastik, negative emissioner og sidst men ikke mindst vild natur og kulstoflagring i skove ventes også at medføre en efterspørgsel efter stigende mængder biomasse og arealer.

Grøn og bæredygtig biomasse er dog en begrænset ressource på verdensplan. Ifølge anbefalinger fra Det Nationale Bioøkonomipanel er der ikke tilstrækkelig med biomasse i verden til at erstatte de store mængder fossile råvarer, der i dag benyttes til produktion af fx plastik, emballage, tekstiler og kemikalier.

På sigt kan udvikling af kulstoffangst fra luften, såkaldt *direct air capture* (DAC), bidrage til at løse udfordringen med de begrænsede mængder. Selv om denne teknologi er omkostningstung, blandt andet som følge af et relativt højt energiforbrug, vurderes de begrænsede biomassepotentialer at betyde, at DAC på sigt vil komme til at levere den resterende mængde kulstof ud over den, der kan komme fra biogene kilder.

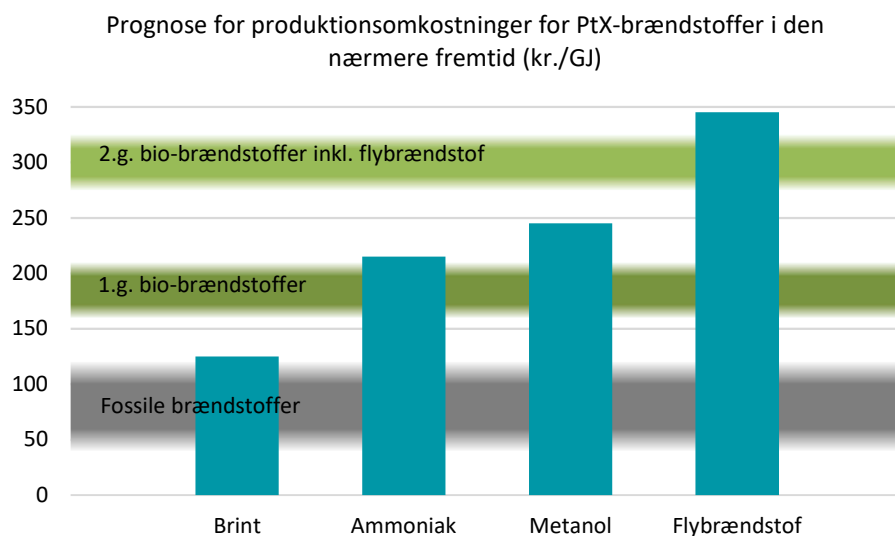
*Vidste du... at en metode til at opfange CO₂ direkte fra luften er undervejs? Teknologien kaldes på engelsk *direct air capture* (DAC). Verdens største DAC-anlæg gik i drift i Island i 2021 og skal hvert år opsamle 4.000 ton CO₂, som skal deponeres i den islandske undergrund. Derudover er der planer om mindst tre storskalaanlæg i USA, Skotland og Norge, der hver skal opsamle og lagre 0,5-1 mio. ton CO₂ om året.*

Konkurrenceforhold mellem Power-to-X og andre brændstoffer

PtX-produktion er i dag forbundet med betydeligt højere omkostninger end produktion af fossile brændstoffer. Det gør sig særligt gældende på grund af omkostningerne til brintproduktion gennem elektrolyse. Størstedelen af omkostningerne til brintproduktion udgøres af elprisen, betaling til elnettet (eltariffer) og investeringen i selve elektrolyseanlægget.

Direkte elektrificering er derfor typisk billigere end anvendelse af brint og andre PtX-brændstoffer, da kun omkring to tredjedele af energien i strømmen ender som energi i brinten. Ikke alle sektorer vil dog kunne elektrificeres direkte, og i nogle sektorer som luftfart, søfart, tung vejtransport og industri vil der fortsat være brug for brændstoffer.

Figur 3 viser Energistyrelsens prognose for produktionsomkostninger for brint og tre PtX-brændstoffer inden for dette årti. Til sammenligning vises også prognoser for markedspriser på fossile brændstoffer og biobrændstoffer. PtX-brændstoffer forventes at være dyrere end fossile brændstoffer og 1. generations biobrændstoffer i den nærmere fremtid. Derfor forudsætter anvendelse af PtX-brændstoffer regulering, der skaber incitamenter til at anvende mere klimavenlige brændstoffer eller bidrager til at udligne prisforskellen for forbrugerne. Det gælder også i sektorer, hvor PtX-brændstoffer på længere sigt vurderes at blive et omkostningseffektivt virkemiddel til CO₂-reduktioner. Det kan ske i form af afgifter og tilskud eller i form af CO₂-fortrængningskrav eller anden regulering.



Figur 3. Prognose for produktionsomkostninger for Power-to-X-brændstoffer i nærmere fremtid. Der vises desuden intervaller for markedspriser af fossile brændstoffer og biobrændstoffer, hvor ILUC-effekter på prisen ikke medtages.
Kilde: Energistyrelsen

På længere sigt kan global opskalering og industrialisering inden for PtX-produktion bidrage til betydeligt at sænke priserne på grøn brint og PtX-brændstoffer.

Boks 2

Hvornår bliver Power-to-X konkurrencedygtigt?

Energistyrelsens analyser viser ligesom flere aktørers analyser, at der er betydelige potentialer for reduktioner i omkostningerne til brintproduktion og PtX-produkter. Det gælder særligt som følge af opskalering og masseproduktion af elektrolyseanlæg samt af tilpassede rammevilkår.

Forudsigelser om teknologiudvikling er behæftet med væsentlig usikkerhed – særligt i forbindelse med hastigheden og omfanget af udrulning og masseproduktion af elektrolyseanlæg globalt set.

Derfor arbejdes der i strategien med to prognoser for produktionsomkostninger:

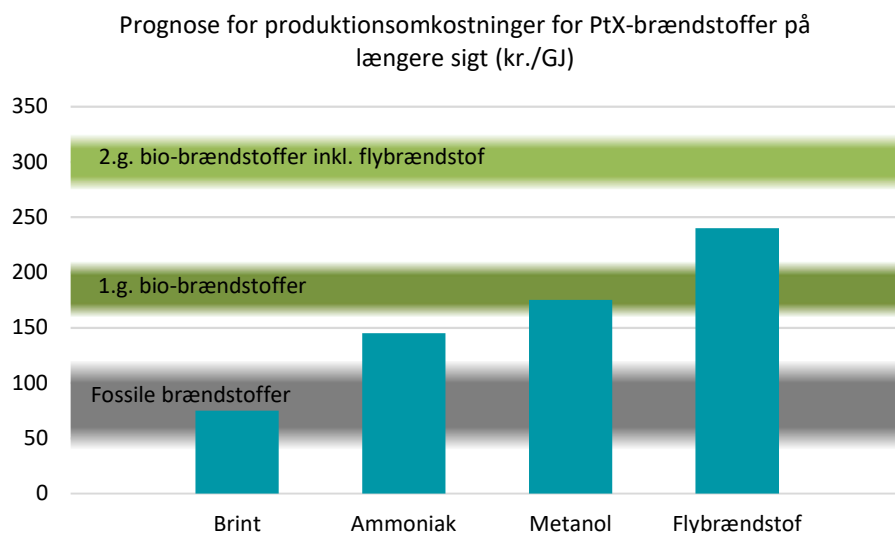
- Omkostninger i den nærmere fremtid, der vurderes at kunne opnås inden for dette årti, uden væsentlig tilpasning af rammevilkår med henblik på billiggørelse.
- Mulig udvikling af omkostningerne på længere sigte efter væsentlig opskalering og industrialisering af produktion samt forbedrede rammevilkår og udbredelse af understøttende infrastruktur.

Hvornår og i hvilket omfang, omkostningerne til PtX reduceres, er dog usikkert og afhænger af både nationale, regionale og globale udviklinger, tiltag og regulering.

Energistyrelsens analyser viser, at særligt kulstoffri PtX-produkter - som følge af lavere omkostninger - på sigt forventes at kunne konkurrere med 2. generations biobrændstoffer. Dette vil være den primære konkurrent at sammenligne med, for så vidt angår bæredygtige brændstoffer, da anvendelsen af 1. generations biobrændstoffer forventes begrænset og evt. reduceret over en årrække som følge af både national og international regulering. I nogle anvendelser – særligt i luftfarten – vil der fortsat være brug for kulstofholdige brændstoffer. Her viser

Energistyrelsens analyser, at PtX-brændstof til luftfarten (e-kerosen) vil kunne konkurrere med bio-kerosen, så længe der er biogen CO₂ til rådighed fra fx opgradering af biogas. Dette fremgår af figur 4, hvor omkostningerne til PtX-brændstoffer er lavere end i figur 3 som følge af den nævnte billiggørelse. Stigende efterspørgsel efter biogent kulstof kan presse prisen op, hvilket ikke er medregnet i figuren.

På længere sigt ventes DAC derfor at blive en mere udbredt kilde til kulstof. Her er kulstof dyrere, men trods den dyrere pris vurderes e-kerosen, der produceres på kulstof fra DAC, også at ligge på samme niveau som - eller billigere end - bio-kerosen.



Figur 4. Langsigtet prognose for produktionsomkostninger for PtX-brændstoffer under forudsætning af betydelig opskalering af produktion, teknologiudvikling, forbedrede rammevilkår og udbredelse af understøttende infrastruktur. Hertil vises intervaller for markedspriser af fossile brændstoffer og biobrændstoffer, hvor ILUC-effekter ikke medtages.
Kilde: Energistyrelsen

Danmark kan blive en global aktør inden for Power-to-X

Danmark har en række styrkepositioner inden for produktion og anvendelse af PtX, der skaber et solidt udgangspunkt for, at Danmark kan spille en vigtig rolle inden for udviklingen af fremtidens grønne brændstoffer. Der er i skrivende stund annonceret projekter på samlet ca. 7 GW elektrolyse frem mod 2030. Et udvalg af disse er kortlagt i figuren på side 16.

Danske virksomheder står stærkt på tværs af værdikæden

I Danmark er der omkring 70 virksomheder på PtX- og CCUS-området, som beskæftiger sig med projektudvikling, forskning, teknologiudvikling, rådgivning, produktionsudstyr samt drift og vedligeholdelse. Værdikæden for PtX er dog større og omfatter bl.a. vindmøllefabrikanter, anlægsejere og -udviklere, producenter af elektrolyse- og synteseanlæg, leverandører af brintinfrastruktur samt forbrugere af grønne brændsler inden for bl.a. søfart, luftfart og tung vejtransport.

Et unikt videns- og forskningsmiljø inden for Power-to-X

Der er generelt et højt vidensniveau i Danmark inden for grøn energi. Det gælder også PtX. Eksempler på dette er det stærke miljø for udvikling af brint- og PtX-løsninger, som findes på de danske universiteter og vidensinstitutioner i forskellige dele af landet fra Nordjylland til Sjælland. Samspillet mellem forskning og erhvervsliv er i den forbindelse helt centralt for at bringe opfindelser fra universiteterne ud til markedet.

Danmark har store havvindressourcer, adgang til biogen CO₂ og et robust energisystem

Danmark har store havvindressourcer og mulighed for stor havvindudbygning i særligt Nordsøen. Tidligere analyser fra 2019 viser, at der er plads til 40 GW havvind i dansk søterritorium, mens Energistyrelsens foreløbige vurdering er, at der afhængigt af mølletætheden vil være plads til mellem 17 og 27 GW havvind i de arealer, som aktuelt er udlagt til vedvarende energi i havplanen. Danmark har allerede en høj VE-andel i den danske elproduktion, og elproduktionen forventes kun at stige inden for de kommende år.

Et bredt flertal i folketinget har besluttet at etablere to energigøer i Danmark, som i en første fase vil tilføre 5 GW elektricitet fra havvind til elsystemet, og når de er fuldt udbygget producere elektricitet fra minimum 12 GW havvind. Elektriciteten vil kunne transporteres til fastlandet til dækning af vanligt elforbrug eller anvendes til innovative aktiviteter som fx PtX-produktionen eller energilagring enten på øen, tæt ved øens nettilslutning på fastlandet eller noget tredje. Produktionen fra energigøerne vil i sig selv mere end seksdoble havvindproduktionen i Danmark set i forhold til den aktuelle produktion og dermed potentielt udgøre en stor ressource for fremtidig PtX-produktion både i Danmark og i udlandet. Med Aftale om Finansloven 2022 udbygges den vedvarende energi yderligere med 2 GW ny havvind frem mod 2030. Det svarer til elforbruget i ca. 2 mio. danske husstande. Det er desuden aftalt, at regeringen i forbindelse med energi- og forsyningsudspillet i 2022 vil fremlægge analyser, der kan danne grundlag for evt. udbud af yderligere 1 GW.

Danmarks havvindressourcer skaber samlet set gode forudsætninger for produktionen af grøn brint, som kræver store mængder af grøn strøm. Når det gælder produktionen af mere avancerede PtX-produkter, hvor der skal anvendes kulstof, har Danmark også muligheden for at udnytte blandt andet biogasanlæg og biomassefyrede kraftvarmewærker til at fremskaffe biogen CO₂. Ud over store og i højere grad billige vedvarende energiresourcer samt adgang til biogen CO₂ har Danmark en lang tradition for sammentænkning på tværs af energisystemet som fx udbygningen af kraftvarme og fjernvarme i 1980'erne, en veludbygget gasinfrastruktur og en strategisk geografisk placering i forhold til eksport af PtX-produkter og -teknologier til fx Tyskland.

1 H2RES (ultimo 2021)
2 MW Elektrolyseanlæg, Avedøreværket
Projektkonsortium: Ørsted, Everfuel Europe A/S, NEL Hydrogen A/S, GreenHydrogen A/S, DSV Panalpina A/S, Brintbranchen og Energinet Elsystemansvar A/S.

2 Green Fuels for Denmark (2023-2030)
Elektrolyseanlæg, Storkøbenhavn
10 MW i 2023, 250 MW i 2027 og 1,3 GW i 2030
Projektkonsortium: Ørsted, Københavns Lufthavne, A.P. Møller - Mærsk, DSV Panalpina, DFDS, SAS, COWI og BCG

3 Power2Met (indviet juni 2020)
E-Metanolanlæg, Aalborg Universitet
10-30 MW, støttet gennem EUDP
Projektkonsortium: Green Hydrogen Systems, Re:Integrate, Aalborg Universitet, Hydrogen Valley, E.ON, NGF Nature Energy, Drivkraft Danmark, Rockwool, Process Engineering, Holtec Automatic-Nord og Lillegaarden EL.

4 Green CCU Hub (2024)
120 MW elektrolyseanlæg i Aalborg til produktion af e-metanol til tung trafik og skibsfart.
Projektkonsortium: Re:Integrate, European Energy, Aalborg Havn, Blue World Technologies

5 Green Hydrogen Hub (2025-2030)
350 MW elektrolyse + brintlager i Hobro/Viborg Op til 1 GW på sigt
Projektkonsortium: Eurowind, Energinet, Corre Energy

6 Blue Seal (idriftsættelsesdato ukendt)
Elektrolyseanlæg, Hobro 50 MW
Ballard Power Systems

7 Greenlab Skive (2022)
Elektrolyseanlæg, Skive 12 MW i 2022 og muligvis op til 250 MW på længere sigt. Brint + metanol til tung transport.
Projektkonsortium: GreenLab Skive A/Sm Eurowind Energy, Everfuel, Enig Holding, E.ON DK, GreenHydrogen, Re:Integrate, DTU, Energinet, DGC og EA Energianalyse.

8 HySynergy (2022-2030)
Elektrolyseanlæg, Crossbridge Energy Fredericia, 20 MW i 2022, 300 MW i 2025 og op til 1 GW på sigt
Projektkonsortium: Everfuel Europe A/S, Crossbridge Energy Fredericia, Energinet Elsystemansvar, TVIS, TREFOR Elnet, EWII Energi A/S og Aktive Energi Anlæg A/S.

9 Høst (2025)
1 GW anlæg ved Esbjerg Havn til produktion af ammoniak til landbrug og skibsfart
Projektkonsortium: CIP, Din Forsyning, Esbjerg Havn, Arla, Danish Crown, Mærsk, DFDS

10 REDDAP (2022)
10 MW anlæg til produktion af ammoniak i Lemvig
Projektkonsortium: Skovgaard Invest, Vestas, Haldor Topsøe.

11 Green HyScale (2024)
100 MW elektrolyseanlæg, Skive, støttet af EU (Horizon 2020)
Projektkonsortium: GreenLab A/S, Green Hydrogen Systems A/S, Energy Cluster Denmark, Lhyfe, Siemens Gamesa, Equinor Energy A/S, DTU, Imperial College London, Quantafuel og Euroquality.

12 H2 Energy Europe (2024)
1 GW elektrolyseanlæg til produktion af brint til bl.a. tung vejtransport
Projektkonsortium: H2Energy, Hyundai, Trafigura, mv.
Projektkonsortium: CIP, Din Forsyning, Esbjerg Havn, Arla, Danish Crown, Mærsk, DFDS

13 Eurowind Mariagerfjord (idriftsættelsesdato ukendt)
To 35-50 MW elektrolyseanlæg
Projektkonsortium: Eurowind

14 European Energy (2023/24)
6 MW brintanlæg i Esbjerg. Øges muligvis til 12 MW.

15 Aabenraa Havn (2025)
100 MW elektrolyseanlæg
Projektkonsortium: Linde Gas A/S, Aabenraa Havn

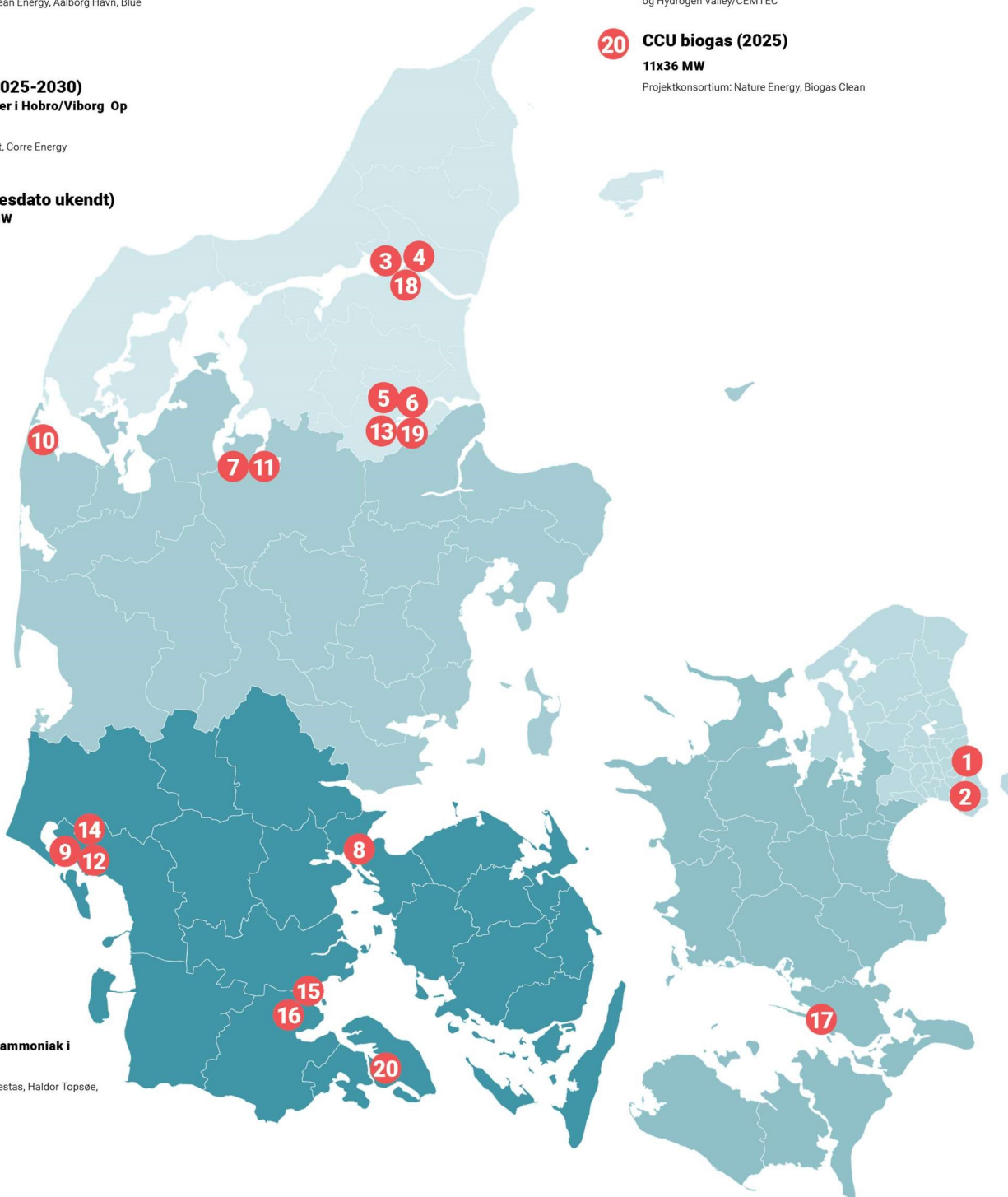
16 Aabenraa (2023)
10.000 ton metanol pr. år.
Projektkonsortium: European Energy, ReIntegrate

17 Vordingborg Biofuels (2024/25)
100.000 ton e-metanol pr. år. I Vordingborg (elektrolysekapacitet ukendt)
Projektkonsortium: Haldor Topsøe, Biofuel Technology, Vordingborg Havn

18 Aalborg (2028)
300-400 MW elektrolyse til produktion af metanol
Projektkonsortium: CIP, RenoNord, Aalborg Forsyning

19 HyBalance (indviet september 2018)
Elektrolyseanlæg, Hobro 1,2 MW
Projektkonsortium: Air Liquide, Hydrogenics, LBST, Neas Energy og Hydrogen Valley/CEMTEC

20 CCU biogas (2025)
11x36 MW
Projektkonsortium: Nature Energy, Biogas Clean



Regeringens fire pejlemærker skaber fundamentet for udviklingen og udbredelsen af Power-to-X

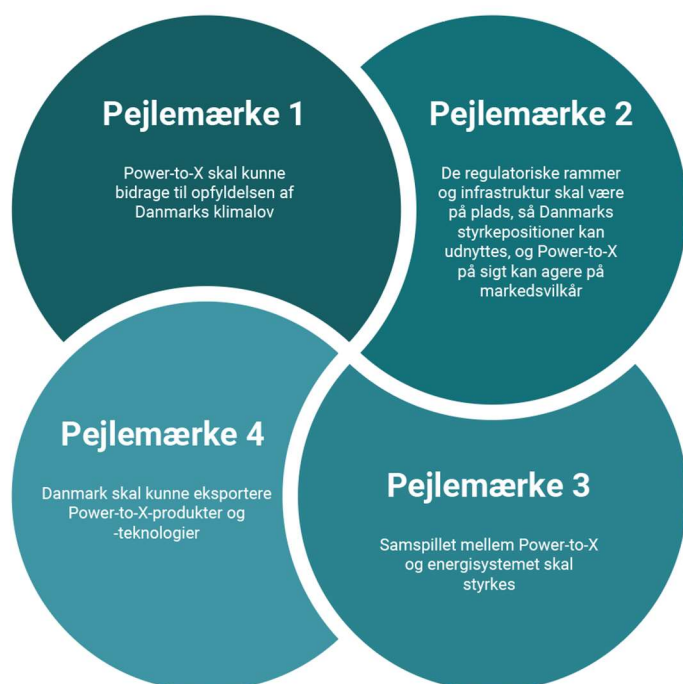
Den grønne omstilling kræver en grundlæggende forandring af vores samfund. Det betyder udbygning af de værktøjer, som vi allerede kender og bruger. Der er således behov for mere grøn strøm fra vindmøller og solceller, flere elbiler på vejene og flere varmepumper i de danske huse og virksomheder.

Regeringen satte med sin elektrificeringsstrategi retningen for den direkte elektrificering af Danmark. Regeringen vil med sin strategi for PtX sætte skub i den indirekte elektrificering, så Danmark kan blive et klimaneutralt samfund, hvor bæredygtig transport med såvel lastbiler, skibe og fly er muligt.

Den teknologiske udvikling foregår med en rivende hastighed, og PtX er en afgørende teknologi for en grøn, CO₂-neutral fremtid. Fra Esbjerg til Bornholm er der fremlagt ambitioner for PtX i stor skala, og det forventes at fortsætte i de kommende år.

PtX har et stort potentiale for at reducere Danmarks og verdens CO₂-udledninger, skabe værdi for det danske energisystem og samtidig bidrage med væsentlige erhvervsmæssige gevinster. Danmark står stærkt, men der er også en række udfordringer, som skal håndteres, så PtX kan udrulles i stor skala og agere på markedsvilkår. Det kræver en helhedsorienteret tilgang.

Derfor fremsætter regeringen, som det fremgår af figur 6, fire pejlemærker, der tilsammen bidrager til at overkomme barriererne for PtX og skabe en retning for udviklingen og udbredelsen af grøn brint og grønne PtX-produkter. Regeringen tager hermed det første store helhedsorienterede skridt mod en ny forsyningssektor.



Pejlemærke 1: Power-to-X skal kunne bidrage til opfyldelsen af Danmarks klimalov

Delkonklusion: PtX kan bidrage til den grønne omstilling. PtX bør primært fremmes i sektorer, hvor direkte elektrificering ikke er mulig eller er forbundet med prohibitivt høje omkostninger som fx dele af industrien, dele af den tunge vejtransport, søfarten og luftfarten. PtX vil konkurrere med biobrændstoffer i de samme anvendelser, men vurderes på sigt at blive billigere end 2. generations biobrændstoffer.

Regeringen vil sikre, at PtX kan bidrage til opfyldelse af Danmarks klimamål i form af 70 pct.-målet i 2030, det langsigtede mål om klimaneutralitet i senest 2050 og reduktionen af Danmarks globale klimaaftryk.

Pejlemærke 1.

Regeringen vil derfor:

- Arbejde for ambitiøse, fælleseuropæiske krav til CO₂-fortrængning i forhandlingerne om Kommissionens "Fit-for-55"-pakke, herunder for søfart.
- Arbejde for et højere fælleseuropæisk underkrav til PtX-brændstoffer i luftfarten, samt for muligheden for nationalt at kunne sætte højere krav.
- Igangsætte en analyse af bioressourcer til grøn omstilling.

Power-to-X skal kunne bidrage til omkostningseffektive CO₂-reduktioner i Danmark og globalt

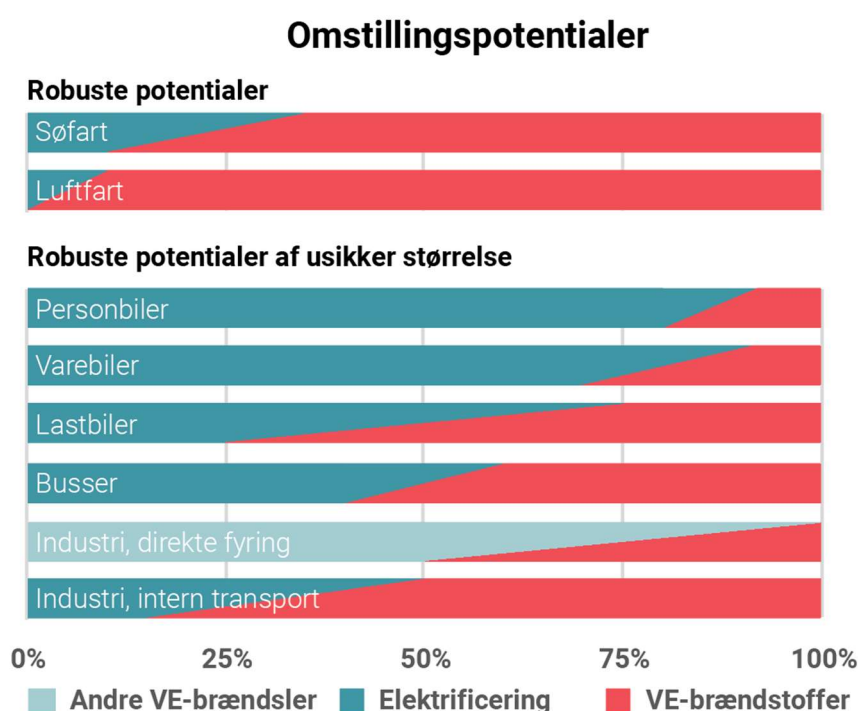
I regeringens klimaprogram fremgår et reduktionspotentiale på ca. 9 mio. ton CO₂ for anvendelse af VE-brændstoffer i fortrinsvist transportsektoren. Potentialet udgør et teknisk bruttopotentiale og tager således ikke højde for konkurrerende teknologier som elektrificering.

PtX-brændstoffer er i mange tilfælde dyrere end direkte elektrificering, men vurderes på sigt at blive billigere end de fleste biobrændstoffer. Dermed kan PtX-brændstoffer spille en vigtig rolle i de sektorer, hvor det ikke er muligt eller for dyrt at elektrificere direkte.

For nogle sektorer som søfart og luftfart ventes flydende eller gasformige brændstoffer også på lang sigt at skulle levere langt hovedparten af energiforbruget, idet kun en mindre andel af energiforbruget i sektorerne kan dækkes med direkte elektrificering. I en række anvendelser i vejtransporten og industrien er det mere uklart, i hvilket omfang PtX bør spille en rolle. Fordelingen

mellem elektrificering og PtX-brændstoffer vil afhænge af teknologiudviklingen og prissætningen for både direkte elektrificering og PtX-brændstoffer.

Energistyrelsens analyser viser, at PtX-brændstoffer har potentiale til at levere de billigste CO₂-reduktioner i visse andele af en række sektorer. Dette illustreres i figur 7, som viser fordelingen af langsigtede potentialer mellem elektrificering og VE-brændstoffer, herunder PtX- og biobrændstoffer, med blandt andet udgangspunkt i scenarierne fra Klimaprogram 2021.



Figur 7: Langsigtede omstillingspotentialer af forskellige segmenter, ved enten direkte elektrificering, omstilling til VE-brændstoffer, dvs. bio eller PtX, eller ved omstilling til VE-brændsler såsom biogas, biomasse eller bioolier. For procesvarme ved direkte fyring ses der isoleret på højtemperatur procesvarme ved faste og flydende brændsler i direkte fyringsprocesser.
Kilde: Energistyrelsen

Energistyrelsens analyser viser, at der frem mod 2050 er sandsynlighed for, at PtX vil få en væsentlig rolle i luftfarten og hovedparten af søfarten. Hertil kommer, at PtX kan få en væsentlig rolle i industriens interne tunge transport og højtemperaturprocesser, dele af den tunge vejtransport, raffinaderierne samt dele af forsvarets udledninger.

For disse sektorer er der dog større usikkerhed forbundet med den præcise udbredelse af PtX grundet usikkerhederne omkring konkurrencen med andre teknologier såsom direkte elektrificering. Det vurderes dog robust, at PtX kan spille en rolle i at få omstillet alle de nævnte sektorer.

Energistyrelsen vurderer også, at det er muligt at øge iblanding af PtX-brændstoffer som metanol, e-benzin og e-diesel i tilbageværende biler med forbrændingsmotorer, frem til de elektrificeres. Dette kan evt. være billigere på kort sigt end yderligere fremme af elektrificeringen af person- og varebiler ud over den almindelige udskiftningstakt. Det skal dog opfattes som en mulig overgangsløsning, der ikke er den mest omkostningseffektive eller klimavenlige løsning på lang sigt.

Hertil vil der være væsentlige potentialer for anvendelse af PtX-produkter inden for produktion af materialer og kemikalier, såsom e-plast og e-kunstgødning, der kan erstatte fossile alternativer. Produktionen af sådanne produkter foregår dog i overvejende grad uden for Danmark i dag. Hvis produktionen skal omlægges til PtX-baseret produktion og flyttes til Danmark, vil det ikke bidrage til Danmarks nationale reduktioner. Det vil i stedet medvirke til at sænke Danmarks globale aftryk og de globale CO₂-udledninger generelt.

Energistyrelsen har vurderet potentialerne for omkostningseffektive CO₂-reduktioner inden for transportsektoren og industrien i 2050. Disse potentialer fremgår af tabel 1. Af tabellen fremgår også Energistyrelsens opgørelser af potentialerne i de tilsvarende sektorer i 2030. Hvorvidt disse reduktioner er omkostningseffektive i 2030 afhænger af målsætninger, beregningspriser, regulering mv. og udviklingen på PtX-området, herunder hvilke rammevilkår produktion og anvendelse af PtX-brændstoffer underlægges.

Frem mod 2050 har PtX potentiale til at bidrage med langsigtede, omkostningseffektive CO₂-reduktioner inden for specifikke sektorer på op til ca. 8 mio. ton CO₂. Det nationale reduktionspotentiale i 2050 er op mod ca. 3,5 mio. ton CO₂, mens resten af reduktionspotentialet er fra omstilling af internationale skibe og fly, der tankes i danske havne med destination uden for Danmark.

Allerede i 2030 har PtX et teknisk potentiale til at bidrage med CO₂-reduktioner i de samme sektorer, hvor PtX på sigt vurderes at være omkostningseffektive, på op til ca. 4,5 mio. ton CO₂. Dette dækker både reduktioner, som tæller med i Danmarks nationale CO₂-regnskab, og reduktioner fra internationale skibe og fly, der tankes i danske havne med destination uden for Danmark, og som derfor ikke tæller med i Danmarks nationale CO₂-regnskab.

I Danmarks nationale CO₂-regnskab kan anvendelse af PtX-produkter samlet bidrage med CO₂-reduktioner på maksimalt 2 mio. ton CO₂ i 2030, der tæller med i 70 pct.-målet, hvor en delmængde på ca. 0,5 mio. ton CO₂ kommer fra overgangsrelevante anvendelser, der ikke nødvendigvis vil være omkostningseffektive på lang sigt.

Tabel 1: Estimer for anvendelse af PtX-brændstoffer i Danmark i sektorer, hvor det på sigt vurderes omkostningseffektivt		
Anvendelse	Potentiel reduktion (mio. ton CO ₂ /år)	
	2030	2050
Robuste potentialer		
Power-to-X til søfart	0,6 - 1,2	1,9 - 2,6
- Heraf indenrigstransport	0,1 - 0,4	0,4 - 0,7
Power-to-X til luftfart	0,3 - 2,5	1,5 - 3,0
- Heraf indenrigstransport	0,02 - 0,13	0,08 - 0,15
Robuste potentialer af usikker størrelse		
Brint til let vejtransport, herunder varebiler	0,0 - 0,1	0,0 - 0,4
Brint til lastbiler og busser	0,02 - 0,4	0,4 - 1,2
Brint til industri, direkte fyring	0,0 - 0,1	0,0 - 0,5
Brint eller e-diesel til industri, intern transport	0,0 - 0,2	0,2 - 0,5
E-brændstof til forsvaret (fly, skibe, køretøjer)	ukendt	ukendt
Brint til biobrændstofproduktion mm. på raffinaderier	ukendt	ukendt
Produktion af kemikalier mv. (gødning, plast mv)	ukendt	ukendt
Usikre potentialer for overgangsløsninger, der ikke er omkostningseffektive		
Metanol iblandet benzin	0,03 - 0,05	0,00 - 0,01
Evt. iblanding af e-brændstof i diesel/benzin	0,3 - 0,5	0,0 - 0,1
Sum	1,3 - 5,1	4,1 - 8,2
Heraf bidrag til 70 pct.-målet	0,5 - 1,9	1,1 - 3,5
Anm.:		
1. 'Robuste potentialer' er her defineret ved anvendelsesområder, hvor direkte elektrificering ikke er mulig eller forventes dyrere end omstilling ved PtX-brændstoffer.		
2. 'Usikker størrelse' defineres ved, at graden af PtX-anvendelse indenfor anvendelsesområdet er usikker. Det kan være segmenter med betydeligt elektrificeringspotentiale, men hvor anvendelse af PtX-brændstoffer vil være mest omkostningseffektivt og praktisk i dele af segmentet.		
3. Det tekniske bruttoreduktionspotentiale fra Klimaprogrammet 2021 peger på, at PtX har potentiale til at bidrage med indenlandske CO ₂ -reduktioner på ca. 9 mio. ton i 2030. Nærværende tabel viser Energistyrelsens beregninger af de omkostningseffektive potentialer. Disse er mindre end de tekniske potentialer, hvilket bl.a. skyldes overlap mellem anvendelse af PtX-brændstoffer og elektrificering, som i store dele af potentialet ellers er det omkostningseffektive valg i det angivne tekniske bruttopotentiale i Klimaprogrammet.		
4. Iblanding af e-brændstof i diesel/benzin vurderes ikke at være en omkostningseffektiv anvendelse, da det – dog under stor usikkerhed – ikke vurderes at være konkurrencedygtigt med 2. generationsbiobrændstoffer.		
Kilde: Energistyrelsen		

Begrænsede mængder biogent kulstof til Power-to-X-brændstoffer

I visse sektorer – hovedsageligt i luftfarten – vurderer Energistyrelsen, at der vil være brug for kulstofholdige brændstoffer i en længere årrække. I 2050 vil indfrielsen af alle potentialer i tabellen kræve anvendelse af 1,5-6,5 mio. ton grøn CO₂ afhængig af andelen, der kan dækkes af PtX-brændstoffer uden kulstof. Såfremt der udelukkende skal anvendes CO₂ til potentialerne inden for luftfart, bliver behovet omkring 3 mio. ton CO₂ om året. Hertil kommer evt. behov til

brændstoffer til eksport, kemikalieproduktion mv. Som beskrevet i afsnittet om biogent kulstof, ventes biomasse og biogent kulstof at blive begrænsede ressourcer på lang sigt. Håndtering af denne udfordring er en forudsætning for at opfylde nationale, internationale (herunder Danmarks forpligtigelser i EU og FN) og eksportrelaterede potentialer for de kulstofbaserede PtX-produkter på lang sigt.

Vidste du...

at raffinaderier har grønne ambitioner? Raffinaderiet i Fredericia, Crossbridge Energy, vil være CO₂-neutral inden 2035 ved at skifte dele af råolien ud med bioolier og grøn brint til produktion af biobrændstoffer. Raffinaderiet investerer allerede nu i grøn brint med HySynergy-projektet, der har modtaget midler fra Energistyrelsens energilagringsspulje og indgår i processen for tildeling af støtte gennem IPCEI-programmet.

at der allerede kører brinttaxier på de danske veje? Bilfabrikanten Toyota har sammen med taxitjenesten DRIVR sendt over 100 brintbiler ud på gaderne i København, og NEL, Circle K og Everfuel har opstillet tankstationer fra Esbjerg til København. Brint kan således supplere elbiler, hvor særlige behov gør det vanskeligt at omstille til ren el.

at Mærsk har bestilt otte store containerskibe, der kan sejle på klimaneutral metanol? Det første containerskib skal sejle på verdenshavene fra 2024. Det klimaneutralbrændstof skal bl.a. leveres af det danske vedvarende energiselskab European

Regulering fremmer anvendelsen af Power-to-X

Så længe PtX-brændstoffer er dyrere end fossile brændstoffer, vurderer Energistyrelsen, at yderligere reduktioner gennem PtX vil kræve regulatoriske tiltag. Det kan fx være krav såsom det vedtagne nationale CO₂-fortrængningskrav for vejtransporten (jf. *Aftale om grøn omstilling af vejtransporten* fra december 2020) og den kommende EU-regulering i *Fit-for-55*. Samtidig er der behov for at større viden om den langsigtede udfordring med begrænsede mængder af biogent kulstof.

Fit-for-55 kan have stor betydning for anvendelsen af Power-to-X

Europa-Kommissionen præsenterede i juli 2021 pakken *Fit-for-55*, der indeholder en række forslag til at understøtte EU's klimamålsætning om mindst 55 pct. reduktion af drivhusgasudledninger i 2030, herunder forslag til ny europæisk regulering af transportsektoren (inkl. sø- og luftfart). Pakken skal forhandles, før reglerne kan træde i kraft, og der er derfor usikkerhed om den endelige udformning af reglerne.

Boks 3

Europa-Kommissionens forslag til regulering af transportområdet og industrien i Fit-for-55

Generelt for transportsektoren (revision af VE II-direktiv)

Europa-Kommissionen foreslår med revisionen af VE II-direktivet, at der stilles krav om CO₂-fortrængning på 13 pct. i 2030 i transportsektoren. Kommissionen lægger også op til et specifikt iblandingskrav for avanceret biobrændstof (2,2 pct. i 2030) og for PtX-brændstoffer (punkt mål på 2,6 pct. i 2030). Det vil være op til medlemsstaterne at pålægge brændstofleverandører at sikre, at forpligtelserne opfyldes. Der er tale om et minimumskrav, men det kan øges nationalt og eventuelt indføres frem mod 2030.

Søfarten i EU (Fuel EU Maritime)

For søfarten foreslår Kommissionen en ny forordning, hvor der lægges op til et specifikt krav om CO₂-fortrængning, som stiger til 6 pct. frem mod 2030 og øges til 75 pct. i 2050, hvor opfyldelsen kan ske med VE-brændstoffer (inkl. PtX), men ikke traditionelle førstegenerations-biobrændstoffer. Forslaget vil indebære en totalharmonisering på EU-niveau, og det medfører, at der som udgangspunkt ikke kan stilles skærpede nationale krav.

Luftfarten i EU (ReFuel EU Aviation)

På luftfartsområdet foreslår Europa-Kommissionen et generelt krav om iblanding af VE-brændstoffer på 2 pct. i 2025, stigende til 5 pct. i 2030 og 63 pct. i 2050, hvor første generations biobrændstoffer ikke kan bidrage. Der lægges samtidigt op til et specifikt krav om iblanding af PtX-brændstoffer på 0,7 pct. i 2030, stigende til 28 pct. i 2050. Forslaget vil indebære en totalharmonisering på EU-niveau, hvorfor der som udgangspunkt ikke kan stilles skærpede nationale krav.

Øvrige elementer (AFI-forordning og revision af forordning om CO₂-standarder for person- og varebiler)

Udover ovenstående indeholder pakken også nye regler for opsætning af brinttankstationer samt en stramning af eksisterende CO₂-standarder for nye person- og varebiler. Effekterne af AFI er svært kvantificerbare, men Energistyrelsen forventer, at det overordnet kan understøtte udbredelsen af brint i den tunge transport.

Industri

Pakken indeholder et forslag om et nationalt delmål om minimum 50 pct. VE i det samlede brintforbrug i industrien i 2030. Da Danmarks eksisterende brintforbrug er lavt, vil dette primært bidrage til reduktioner i udlandet, evt. med danskproduceret brint.

Energistyrelsens analyser viser, at forslagene i *Fit-for-55* vil sikre en betydelig efterspørgsel efter PtX-brændstoffer i Danmark og EU. På baggrund af *Fit-for-55* vil forbruget af PtX-brændstoffer i 2030 kunne fortrænge op til 0,5 mio. ton CO₂ om året i den danske transportsektor, men det afhænger blandt andet af, om implementeringen af kravet til PtX-brændstoffer resulterer i fortrængning af fossile brændstoffer eller biobrændstoffer. Såfremt der primært fortrænges 2. generations biobrændstoffer, vil det kun resultere i mindre reduktioner af udledninger i værdikæden.

Kravene kan også opfyldes i den internationale sø- og luftfarts tankning i Danmark, hvilket vil bidrage til opfyldelsen af internationale målsætninger. Disse reduktioner indgår dog ikke i det nationale CO₂-regnskab, og de tæller således ikke med i 70

pct.-målet. Det er derfor usikkert i hvilket omfang, at reduktionerne fra *Fit-for-55* vil bidrage til de danske klimamål.

Regeringen vil arbejde for en ambitiøs udformning af krav i Fit-For-55, herunder indenfor bl.a. luftfart og søfart. Kravene skal sikre en øget national og international efterspørgsel på PtX-produkter gennem grundlæggende ensartede rammevilkår på tværs af EU, der skal bidrage til at fremme anvendelsen af PtX, hvor det er hensigtsmæssigt på den lange bane.

Nationale CO₂-fortrængningskrav for vejtransporten fremmer grønne brændstoffer

Energistyrelsens analyser viser, at nogle af de biobaserede brændstoffer, som iblandes benzin og diesel på det danske marked, kan medføre betydelige CO₂-udledninger i værdikæden. De sidstnævnte omfattes ikke af 70 pct.-målsætningen i den udstrækning, at de foregår i udlandet, men de er en del af Danmarks globale klimaaftryk.

Det skyldes, at førstegenerations-biobrændstoffer produceres af afgrøder og kan lægge beslag på store landbrugsarealer enten i Danmark eller udlandet. Et øget forbrug af disse biobrændstoffer øger derfor risikoen for inddragelse af nye arealer, som førhen var udyrkede, via skovrydning og dræning. Dette kaldes Indirect Land Use Change (ILUC) og indebærer en klimaeffekt, idet områder med et højt kulstoflager fjernes. Når nye arealer opdyrkes, er der i øvrigt stor risiko for negativ påvirkning af biodiversiteten.

I Danmark er der fra 2022 indført en ny regulering af VE-brændstoffer til køretøjer, som er baseret på krav om CO₂e-fortrængning. Dette vil bidrage til at fremme de klimavenlige brændstoffer. Samtidigt er der truffet politisk beslutning om at inddrage ILUC-værdier eller lignende i den nationale brændstofregulering senest fra 2025. Europa-Kommissionen lægger i øvrigt op til, at førstegenerations-biobrændstoffer ikke skal kunne medregnes i opfyldelsen af de specifikke krav i *Fit-for-55* for søfart og luftfart.

Anvendelse af PtX-brændstoffer frem for biobrændstoffer kan således være med til at begrænse det samlede forbrug af biomasse til energi samt begrænse udledningerne forbundet med produktion af biobrændstoffer, der i en række tilfælde ligger uden for Danmark. Produktionen af PtX-brændstoffer kan bedre skaleres end produktionen af biobrændstoffer afhængigt af udbygningen af vedvarende energi og adgangen til bæredygtig CO₂. Energistyrelsen forventer derfor, at brint og andre PtX-brændstoffer vil spille en bærende rolle i omstillingen af den samlede transportsektor sammen med direkte elektrificering.

Behov for yderligere analyser om biomasse og biogent kulstof

Regeringen har med *Aftale om en grøn omstilling af dansk landbrug* lagt sporene til, at pyrolyseteknologi kan bidrage med negative udledninger i landbruget ved

kulstoflagring i form af biokul. Dertil har regeringen og Folketinget med CCS-strategien aftalt at gennemføre en analyse af rammevilkårene for fremme og billiggørelse af DAC-teknologier. Derudover vil regeringen iværksætte en analyse af bioressourcer til grøn omstilling.

Formålet er at skabe et samlet overblik over de bioressourcer der er tilgængelige for den grønne omstilling og synergier mellem primærproduktionen, forskellige raffineringsteknologier og områder som fangst, lagring og anvendelse af CO₂, pyrolyse, biogas, PtX mv.

*Regeringen vil arbejde for at fremme den grønne omstilling i transportsektoren og industrien. Med *Køreplan for et grønt Danmark* planlægger regeringen i 2022 og 2023 at præsentere flere strategier og udspil for sektorer, hvor PtX potentielt kan spille en væsentlig rolle på sigt:*

- Strategi for udrulning af drivmiddelinfrastruktur til tung vejtransport
- Udspil om grøn omstilling af flytrafikken
- Grønt industriudspil
- Udspil til en grøn energi- og forsyningssektor
- Udspil om bæredygtige brændstoffer i vejtransporten og søfarten

Regeringen har allerede fremmet anvendelsen af PtX-brændstoffer:

- Aftale om udmøntning af pulje til grøn transport: Der er afsat en pulje på i alt 50 mio. kr. i 2022 til tilskud til køb af grønne lastbiler. Parterne bag aftalen blev desuden enige om at udmønte 72 mio. kr. i 2021 til medfinansiering af grøn drivmiddelinfrastruktur til erhvervstransport. Puljen målrettes tank- og ladeinfrastruktur til fx taxier, varebiler, lastbiler og busser, der kører på alternative drivmidler som fx brint.
- Aftale om grøn omstilling af vejtransport: Der lægges op til, at ILUC-værdier eller lignende indgår i den nationale regulering senest i 2025. Der skal i 2023 træffes politisk beslutning om eventuelle skærper af CO₂-fortrængningskravet samt specifikke krav til bl.a. PtX-brændstoffer fra 2025.
- Klimaaftale for energi og industri mv.: Der blev afsat ca. 16 mia. kr. til en CCUS-pulje, der med aftale om anden del af en samlet CCS-strategi er blevet opdelt i to faser. Første fase sigter mod at realisere CO₂-reduktioner på 0,4 mio. ton årligt fra 2025. I anden fase forventes erfaringer fra første udmøntning og udviklingen i markedet at kunne bidrage til, at reduktionerne (forventeligt 0,9 mio. ton årligt) frem mod 2030 realiseres mest hensigtsmæssigt I forbindelse med anden udmøntning af CCUS-puljen vil der blive set på, hvordan anvendelsen af CO₂ kan bidrage til klimamålsætningerne.
- En køreplan for fangst, transport og lagring af CO₂: Med anden del af en samlet CCS-strategi blev det aftalt at igangsætte et analysearbejde af rammevilkårene for fremme og billiggørelse af DAC-teknologier. Den fangede CO₂ vil desuden kunne anvendes i kulstofholdige brændstoffer produceret via PtX.
- Aftale om grøn omstilling af dansk landbrug: Det indgår bl.a. i aftalen at afsætte 196 mio. kr. til pyrolyse i 2023-2024 i tillæg til 200 mio. kr. i 2021-2022 afsat med aftale om finansloven for 2021, så der samlet afsættes 396 mio. kr. til udvikling af brun bioraffinering såsom pyrolyse. Midlerne afsat med *Aftale om grøn omstilling af dansk landbrug* søges tilvejebragt via Fonden for Retfærdig Omstilling.

Pejlemærke 2: De regulatoriske rammer og infrastruktur skal være på plads, så Danmarks styrkepositioner kan udnyttes, og Power-to-X på sigt kan agere på markedsvilkår

Delkonklusion: PtX kan i fremtiden konkurrere med andre alternativer til fossile brændstoffer. Det kræver dog, at der etableres de rette regulatoriske rammer for PtX-produktion, -transport, -lagring og -anvendelse og en brintinfrastruktur, så PtX kan agere på markedsvilkår. Derudover lægger regeringen op til at støtte teknologi-udvikling og opskalering som et væsentligt bidrag til industrialiseringen af PtX.

Regeringen vil arbejde for, at danske brint- og PtX-produkter på sigt kan konkurrere med biobaserede brændstoffer og udenlandske PtX-produkter på markedet. Derfor vil regeringen skabe hensigtsmæssige økonomiske og regulatoriske rammer for, at produktion og anvendelse af PtX-produkter på sigt kan agere på markedsvilkår. Regeringen vil også etablere rammerne for en brintinfrastruktur i Danmark, der kan understøtte fleksibel drift af PtX-anlæggene og transportere brint over store afstande.

Pejlemærke 2.

Regeringen vil derfor:

- Investere 1,25 mia. kr. målrettet driftsstøtte til produktion af brint og andre PtX-produkter. Formålet med PtX-udbuddet er at understøtte industrialisering og opskalering af PtX-produktion i Danmark og derigennem reducere omkostningerne i forbindelse med brintproduktion. Det skal fremme vækst, beskæftigelse og Danmarks erhvervs- og eksportpotentialer inden for PtX-området. Støtten ydes som fast pristillæg i en 10-årig periode.
- Gå i dialog med Kommissionen om at udmønte 344 mio. kr. af REACT-EU-midler og Fonden for Retfærdig Omstilling til etablering af en national investeringsstøtteordning for innovative grønne nøgleteknologier med fokus på især PtX og brint, herunder grønne produktions- og demonstrationsprojekter.
- Igangsætte et 360 graders eftersyn af Danmarks lovgivning ift. brint.
- Udarbejde en national regulering for et dansk brintmarked.
- Give Energinet og Evida mulighed for at eje og drive brintinfrastruktur.

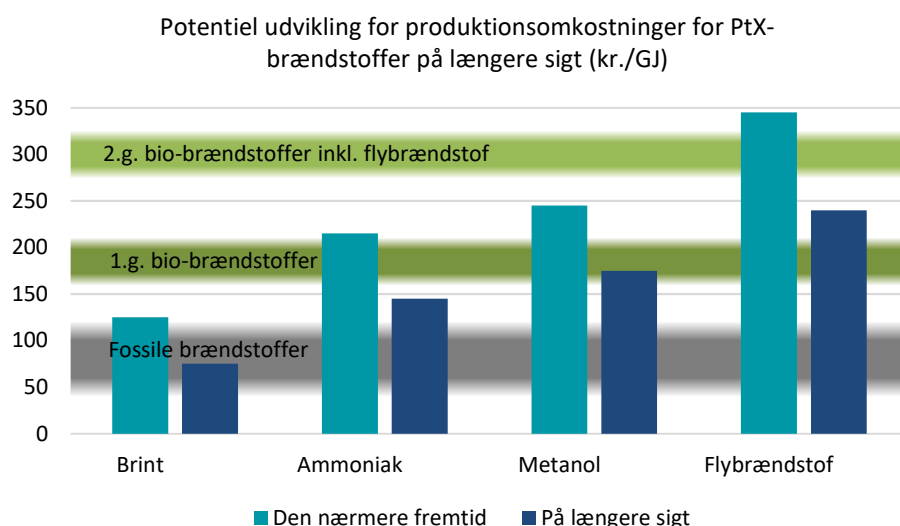
- Følge op på anbefalingerne fra vækstteam Sydjylland om etableringen af et lokalt erhvervsfyrtårn for grøn energi og sektorkobling.

Power-to-X skal på sigt agere på markedsvilkår

Energistyrelsens analyser viser, at dansk producerede PtX-brændstoffer potentielt kan blive konkurrencedygtige alternativer til fossile brændstoffer i en række sektorer. Det gælder både over for biobrændstoffer og over for PtX-brændstoffer produceret i andre lande.

PtX på markedsvilkår kræver, at omkostningerne sænkes, som det fremgår af figur 8. Figuren viser prognoser for produktionsomkostningerne for fire PtX-produkter sammenlignet med markedspriser for fossile brændstoffer og biobrændstoffer. For PtX-brændstofferne vises prognosen for produktionsomkostninger i den nærmere fremtid og på længere sigt under forudsætning af den billigørelse, der beskrives i afsnittet om konkurrenceforhold. Derudover er det en forudsætning, at rammevilkårene for produktion, transport, lagring og anvendelse af brint og andre PtX-produkter indrettes hensigtsmæssigt, og at den grønne værdi af PtX-produkter kan dokumenteres og afspejles i markedsprisen.

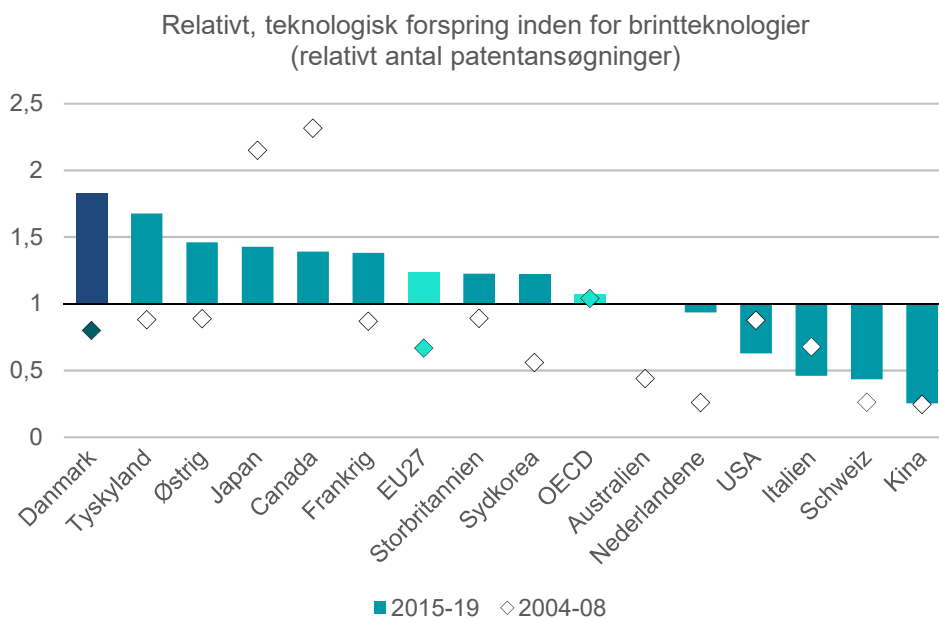
Dette understreges af, at aktørerne bag de fleste af de op mod 7 GW PtX-projekter, der hidtil er udmeldt, efterspørger tilpassede rammevilkår og gennemskuelig regulering snarere end offentlig støtte som forudsætning for, at projekterne kan gennemføres.



Figur 8. Prognose for produktionsomkostninger for hhv. i løbet af dette årti (den nærmere fremtid) og på længere sigt efter opskalering af produktion, teknologiudvikling, forbedrede rammevilkår og udbredelse af understøttende infrastruktur for hver af de fire PtX-brændstoffer. Der vises desuden intervaller for markedspriser af fossile brændstoffer og biobrændstoffer, hvor ILUC-effekter ikke medtages.
Kilde: Energistyrelsen.

Teknologisk udvikling og opskalering kan give billigere Power-to-X-anlæg

Danske virksomheder har gode forudsætninger for at få en stærk markedsposition i den industrielle udbygning af et globalt marked for grønne brændstoffer (PtX). Danmark har ifølge OECD et teknologisk forspring, da danske virksomheder har udviklet og besidder nøgleteknologier, som er nødvendige for at etablere store og effektive produktionsanlæg for PtX, jf. figur 9, der viser et relativt teknologisk forspring inden for brintteknologier, 2004-08 sammenlignet med 2014-18.



Anm: Data viser patentansøgninger, som er indgivet under Patentsamarbejdsstraktaten (PCT) inden for grønne brintteknologier. Patentantallet er baseret på indgivelsesdatoen og patentindgiverens land angivet ved brøktal. Opgørelsen inkluderer kun lande, som har mere end 20 brintteknologipatenter i perioden 2014-18. Oversat ved egen tilvirkning fra OECD's arbejdspapir "Innovation and Industrial Policies for Green Hydrogen"

Kilde: OECD, STI Micro-data Lab: Intellectual Property Database, <http://oe.cd/ipstats>, Juni 2021.

Hvis danske virksomheder skal lykkes med at udvikle større dele af produktionen af nøgleteknologier i Danmark, er der brug for rammevilkår for virksomhedernes investeringer i udviklingsaktiviteter, som understøtter øget industrialisering af hele produktionskæden for innovative grønne nøgleteknologier til PtX-produktion. Flere aktører har meddelt, at næste skridt i billiggørelse og teknologiudvikling er opskalering og industrialisering af produktionsanlæg. Elektrolyseanlæg, som udgør en væsentlig del af omkostningerne til brintproduktion, er modulære enheder, der består af mange små elementer (elektrolyseceller), der kobles sammen. Disse kan masseproduceres på linje med solceller og batterier, og der forventes betydelige potentialer for at sænke produktionsomkostningerne ved opskalering af produktionen. PtX-anlæg bliver dermed ikke kun billigere at bygge, jo større de bliver. De bliver også billigere, jo flere der bliver bygget.

Derfor støtter regeringen allerede forskning-, udviklings-, innovations- samt større demonstrations- og skaleringsprojekter, der bl.a. kan bidrage til at nedbringe produktionsomkostningerne ved nøgleteknologier – fx elektrolyse mv. – som kan bidrage til at gøre storskala PtX-anlæg mere konkurrencedygtige. Med denne strategi tilføres yderligere midler med en ny investeringsstøtteordning, med fokus på opskalering af de nødvendige grønne nøgleteknologier.

Omkostninger til elforbrug dominerer produktion af brint

I tillæg til omkostningerne til selve elektrolyseanlægget udgør omkostningerne til indkøb af strøm og betaling af tariffer til det kollektive elnet omkring 2/3 af omkostningerne til produktion af grøn brint i Danmark i Energistyrelsens prognose. En mulig nedbringelse af disse omkostninger indeholder dermed et betydeligt potentiale for lavere priser på brint og andre PtX-produkter.

Markedspriserne på el – de såkaldte spotpriser – svinger time for time, og de afhænger bl.a. af udbuddet af billig VE-elektricitet og efterspørgslen efter strøm i prisområdet. Hvis et elektrolyseanlæg er tilstrækkeligt fleksibelt, og aftageren af den producerede brint kan acceptere en svingende produktion, kan elektrolyseanlæg nøjes med at producere i de timer på året, hvor strømmen er billigst. Ofte vil aftageren af brint dog være interesseret i en konstant strøm af brint. Denne udfordring kan afhjælpes med adgang til brintinfrastruktur, herunder brintlagre. Endelig er brinttransport i rør effektivt til at binde forbrug og produktion sammen. Dermed kan et brintinfrastruktursystem baseret på rørtransport og brintlagring i stor skala være værdifuldt for PtX-produktion i Danmark.

Udbygning af Power-to-X og vedvarende energi går hånd i hånd

Det forventes i udgangspunktet, at den grønne omstilling vil afføde en øget efterspørgsel efter grøn strøm i fremtiden, blandt andet til PtX-produktion. I Danmark er der allerede stor interesse for PtX, og de annoncerede projekter - fra private aktører frem mod 2030 - har en samlet elektrolysekapacitet på op mod 7 GW. Der er usikkerhed om den konkrete mængde, som bliver realiseret, men tallet overstiger den udbygning, der er lagt til grund i Energistyrelsens aktuelle fremskrivninger. De udmeldte projekter og initiativer, der yderligere fremmer PtX, må derfor forventes at bidrage til en øget efterspørgsel efter grøn strøm i fremtiden.

Behov for robust og gennemsigtig regulering

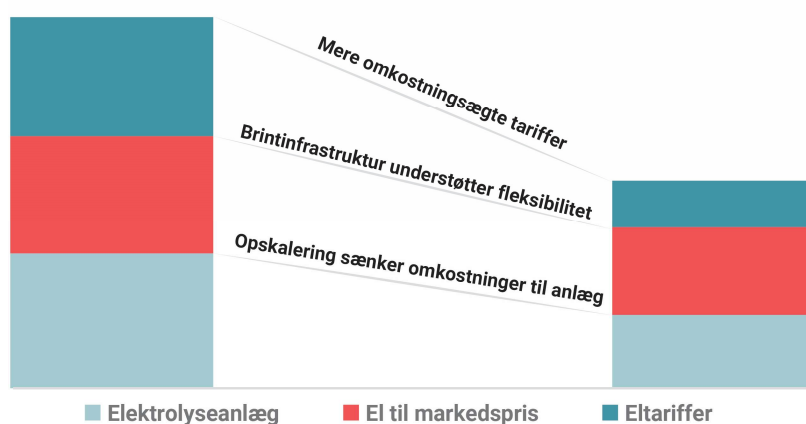
Produktion, transport, lagring og anvendelse af brint og andre PtX-brændstoffer kræver robust og gennemsigtig regulering på en lang række områder vedrørende sikkerhed, miljø, planlægning, markedsregulering mv. For at et kommende brintmarked kan fungere, særligt på tværs af grænser, er det nødvendigt at sikre, at den grønne værdi - dvs. klimaneutraliteten - af både brint og andre PtX-brændstoffer kan dokumenteres. Dokumentationen skal være troværdig og harmoniseret på tværs af EU. Endelig udgør rørtransport af brint i praksis et monopol, og etablering af en brintinfrastruktur kræver derfor en effektiv og

hensigtsmæssig markedsregulering med henblik på at sikre lige adgang til systemet og lave priser for forbrugere af PtX-produkter.

Rammevilkår, regulering, teknologiudvikling og infrastruktur skal understøtte Power-to-X på markedsvilkår

Regeringen har siden 2019 investeret omkring 400 mio. kr. igennem EUDP og Energistyrelsens energilagingspulje. I 2021 afsatte regeringen sammen med partier i Folketinget desuden 850 mio. kr. til udviklingen af fremtidens grønne brændstoffer gennem det fælleseuropæiske projekt om grøn brint (IPCEI). Regeringen vil endvidere investere 1,25 mia. kr. i et PtX-udbud, og i aftalerne om forskningsreserven mv. i 2021 og 2022 har regeringen sammen med Folketingets partier i alt prioriteret knap 1 mia. kr. til fire grønne missioner, som skal bidrage til forskning og udvikling af grønne teknologier, herunder en mission om grønne brændstoffer til transport og industri (PtX mv.). Missionerne skal løftes af missionsdrevne partnerskaber, der omfatter relevante vidensinstitutioner, virksomheder, offentlige myndigheder og private aktører, som skal gå sammen om en fælles forsknings- og innovationsindsats over flere år. Innovationsfonden er ansvarlig for etableringen af disse partnerskaber. Det er vigtige tiltag, der understøtter teknologimodningen og industrialiseringen af brint og PtX i Danmark, og som dermed ventes at bidrage til at sænke omkostningerne ved PtX-produktion.

Flere tiltag kan dog bidrage til at gøre PtX mere konkurrencedygtig: Sammenhængende lovgivning i Danmark og EU, der sikrer klare rammer og understøtter den grønne værdi af PtX, etableringen af en dansk brintinfrastruktur, der forbinder produktion og forbrug og understøtter lagring samt mere omkostningsægte tariffer, der kan bidrage til at sænke omkostningerne ved brintproduktion. Regeringens tilgang til billiggørelse af PtX-produkter illustreres i figur 10.



Figur 10: De tre største elementer i produktionsomkostningerne for grøn brint kan sænkes gennem en række ændringer af rammevilkår, som regeringen lægger op til.
Kilde: Energistyrelsen

Robuste regulatoriske rammer, der understøtter udbygning af Power-to-X

Der er de seneste år sket en markant udvikling i modningen af brint og PtX. Det betyder, at den eksisterende lovgivning ikke på nuværende tidspunkt kan imødekomme den hastige udvikling, der sker på brintområdet.

Godkendelsesprocedurer og sikkerhedsgodkendelser er komplicerede og kan vanskeliggøre etableringen af PtX-produktionsanlæg samt transport- og lagringsfaciliteter for brint og andre PtX-produkter. Den komplekse lovgivning medfører, at både PtX-investorer og myndighederne er usikre på rammerne. Det kan forlænge opførelsen af PtX-anlæggene. Når PtX-aktører vil bygge PtX-anlæg i Danmark, skal det så vidt muligt være både nemt og hurtigt reguleringsmæssigt. En klar og transparent regulering skaber sikre rammer for investorer.

Derudover pågår der et arbejde i EU med at afklare, hvordan PtX-producenter, der producerer brint til transportsektoren ved anvendelse af elektricitet fra det kollektive elnet, skal dokumentere, at den producerede brint er baseret på vedvarende energi. Aktuelt pågår der en revision af VE II-direktivet (art. 27 delegeret retsakt). Metoden, der skal sikre, at produktion af grøn brint ikke medfører øget fossil elproduktion, er afgørende for en fremtidig værdisætning af grønt brint produceret i Danmark, når brinten handles på tværs af landegrænser i EU. Der mangler også et dokumentationssystem for, hvornår kulstofholdige PtX-produkter kan regnes som grønne, afhængigt af hvor den kulstof, der er brugt i produktionen, stammer fra. Europa-Kommissionen lancerer i december en meddelelse om genopretning af bæredygtige kulstofkredsløb, som forventes at indeholde en handlingsplan til fremme af kulstoflandbrug og udvikling af en lovramme vedrørende et certifikationssystem for CO₂-optag. Der er i den forbindelse behov for et harmoniseret system, som kan dokumentere oprindelsen af kulstof mhp. lagring eller anvendelse.

Nyere forskning peger på, at brint er en relativt kraftig drivhusgas, og det er derfor vigtigt at sikre, at den fremtidige regulering for brint også tager hensyn til dette aspekt.

Regeringen vil

- Gå i dialog med Kommissionen om at udmønte 344 mio. kr. af REACT-EU-midler og Fonden for Retfærdig Omstilling til etablering af en national investeringsstøtteordning for grønne innovative teknologier inden for især PtX og brint, herunder også grønne produktions- og demonstrationsprojekter.
- Iværksætte et 360 graders eftersyn af lovgivning ift. brint, der identificerer barrierer for udviklingen af et brintmarked og etablering af

en brintinfrastruktur, hvilket kan gøre det lettere for danske og internationale virksomheder at producere og anvende PtX.

- Udarbejde en national regulering med inddragelse af PtX-branchen for at sikre gennemsigtige markedsforhold for en brintinfrastruktur og samtidig give mulighed for, at eksisterende metangasrør kan konverteres til transport af brint.
- Arbejde nationalt og i EU-regi på at skabe klare og ensartede regler for certificering af PtX-produkter, der er produceret på vedvarende energi og bæredygtigt kulstof, som både sikrer den grønne værdi af PtX og ikke forsinkes både danske og europæiske projekter.

En dansk brintinfrastruktur skal muliggøre transport og lagring af brint

I Danmark eksisterer der ikke rørbunden infrastruktur til transport af brint over længere afstande. Dele af Danmarks eksisterende gassystem vil dog i fremtiden kunne omstilles til transport af brint, jf. *Grøn gasstrategi*. Det kræver imidlertid omfattende planlægning og strategiske valg at konvertere gasrør til nye formål. Umiddelbart er der på kortere sigt kun få rørstrækninger, der kan genbruges til nye formål.

Boks 4

Brintinfrastruktur

Danmark har i dag ikke en brintinfrastruktur. Ved brintinfrastruktur forstås gasrør og gaslagre til transport og lagring af brint. Etablering af den rørbundne infrastruktur indebærer enten konvertering og genanvendelse af dele af det eksisterende gassystem eller etablering af en dedikeret brintinfrastruktur.

Det danske gassystem består af et transmissionssystem (ejes og drives af Energinet), et distributionssystem (ejes og drives af Evida) og Energinets to underjordiske gaslagre i henholdsvis Lille Torup i Nordjylland og Stenlille på Sjælland. Lagrene bliver brugt til at opbevare overskydende gas og udjævne sæsonvariationer i gasforbruget, og lagrene skaber dermed fleksibilitet til hele gassystemet og dets aktører.

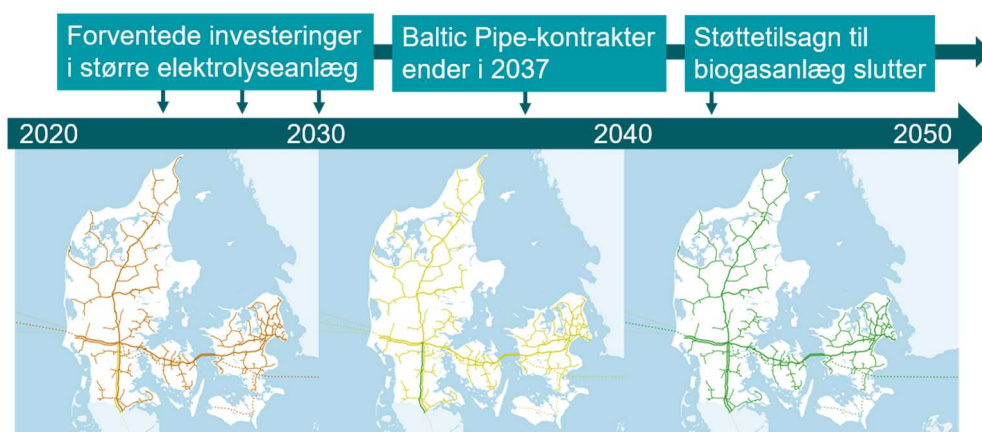
Fra et samfundsøkonomisk perspektiv kan det give god mening at omdanne strøm til brint, som derefter kan håndteres i gassystemet, hvor både transport og lagring er nemmere og billigere end transport og lagring af strøm. Lagring af brint både i rør og gaslagre giver mulighed for at gemme brint til de perioder, hvor VE-produktionen er mindre end elforbruget.

Energinet har i samarbejde med Energistyrelsen været i dialog med i alt 19 markedsaktører fra ind- og udland, som har tilkendegivet interesse i dansk brintinfrastruktur. Dialogen har givet mere klarhed over bl.a. værdien af brintinfrastruktur for markedsaktørerne samt relevant timing for evt. etablering af denne. Flere markedsaktører antager, at de indledningsvist skal kunne klare sig uden brintinfrastruktur, men at det senere bliver nødvendigt for at realisere en fuld kommerciel skalering.

Energinet vurderer, at det ene af de to gasrør, der i dag forbinder det danske og tyske gassystem mellem Egtved og Ellund, kan konverteres til eksport af ren brint og derved bidrage til at sammenkoble danske PtX-producenter med en Europæisk

brintinfrastruktur. Ligeledes vil dele af gasdistributionssystemet eventuelt kunne genanvendes i takt med, at gasfyr til individuel boligopvarmning udfases.

Størstedelen af gassystemet har en lang restlevetid og vil forventeligt være i brug mange år frem, da der blandt andet er truffet politiske beslutninger om at udbygge biogasproduktionen. Det indebærer, at der vil være biogas i gassystemet i minimum de næste tyve år. Desuden vil den kommende Baltic Pipe-forbindelse transportere store mængder gas på tværs af Danmark til Polen frem til 2038 og forventeligt også længere frem. Derfor vil det ikke umiddelbart være muligt at konvertere meget store dele af det eksisterende gassystem til f.eks. brint. Dette vises i figur 11.



Figur 11. Oversigt over det danske gassystem og muligheder for konvertering over tid. Rød: Ingen mulighed for konvertering, gul: nogen mulighed for konvertering, grøn: god mulighed for konvertering. Bemærk rørstrækning i Sydjylland, som potentielt kan konverteres til brinteksport på mellemlang sigt. Kilde: Energistyrelsen

For at understøtte den langsigtede etablering af en egentlig dansk brintinfrastruktur, vil regeringen arbejde på at fjerne de væsentligste barrierer og sikre, at der findes klare regler for etablering af infrastruktur, sikkerhed m.v.

EU vil med lanceringen af sin gas- og brintpakke i december 2021 præsentere et udkast til, hvordan konkurrenceregulering for brint skal udformes på europæisk plan. Det betyder, at fælleseuropæiske regler for brint først ultimo 2025 vil være gennemført i dansk ret. I Danmark er der dog allerede nu behov for en form for konkurrenceregulering for at sikre fair konkurrencevilkår ift. transport i brintrør.

Regeringen vil

- Sikre de nødvendige rammer i lovgivningen og i formålsbestemmelsen til, at Energinet og Evida kan eje og drive brintinfrastruktur. Herved kan Energinet og Evida, som allerede har kompetencer til at drive gasinfrastruktur, anvende midler til udviklingen af

brintinfrastrukturprojekter som fx markedsafdækningsbehov og forundersøgelser på lige fod med andre relevante markedsaktører i EU.

- I 2022 tage stilling til organiseringen af et dansk brintmarked, og hvordan det sikres, at relevante aktører bringes i spil ift. ejerskab og drift på brintmarkedet.
- Gennemføre en analyse af tilgængelighed af nye brændstoffer i danske havne, med ophæng i *Infrastrukturplan 2035*, idet danske havne kan spille en nøglerolle i omstillingen af den danske søfart. Fx kan havnene udleje ledige arealer til private virksomheder, der vil producere PtX, såfremt produktionen forudsætter havnenær beliggenhed, eller arealerne ikke kan udlejes til havnerelaterede aktiviteter. Regeringen anser derudover tilgængeligheden af elektricitet og infrastruktur til takning i danske havne som en forudsætning for at muliggøre søfartens grønne omstilling fra fossile til grønne brændstoffer.

Mere omkostningsægte tariffer kan sænke omkostningerne til Power-to-X

Tariffbetalingen udgør med de nuværende transmissionstariffer omkring 1/3 af omkostningerne ved brintproduktion. Mere omkostningsægte tariffer, herunder geografisk differentierede forbrugstariffer, giver mulighed for at reducere brintproduktionsomkostningerne ved at gøre det attraktivt for PtX-anlæg at placere sig hensigtsmæssigt ift. elnettets kapacitet. Omkostningsægte tariffer har til formål at sikre en mere effektiv anvendelse af elnettet, og potentielt sparede investeringer i nettet, men kan samtidig bidrage til at gøre PtX mere konkurrencedygtig og dermed kunne agere bedre på markedsvilkår. Regeringens konkrete forslag på tarifområdet beskrives nærmere under pejlemærke 3.

De fleste store elektrolyseanlæg ventes tilsluttet det såkaldte transmissionsnet, som kendes for de store højspændingsledninger, der transporterer strøm rundt i Danmark. Denne del af elnettet ejes og drives af Energinet, og betalingen udgøres bl.a. af en nettarif og en systemtarif.

Energinet har udviklet to forslag til nye tarifprodukter, der sigter mod en mere omkostningsægte betaling for transport af strøm i transmissionsnettet og systemdrift. Det første forslag går ud på at omlægge systemtariffen, som udgør ca. halvdelen af Energinets samlede tariffer. Den foreslåede omlægning indebærer en ændring fra en ren forbrugsafhængig tarif til en fast abonnementsbetaling kombineret med en lav forbrugsafhængig systemtarif. Det kan være til gavn for de meget store elforbrugere. Det andet forslag indebærer en reduceret nettarif for store fleksible elforbrugere som fx elektrolyseanlæg. Betingelsen for den lavere betaling er, at forbrugerne kan blive afbrudt i situationer, hvor der er mangel på kapacitet i nettet.

Samlet kan tarifforslagene reducere omkostningerne ved brintproduktion i Energistyrelsens prognose med op mod ca. 25 pct. Alle ændringer af tarifmetoder skal godkendes af Forsyningstilsynet. Hertil kommer evt. effekter af regeringens yderligere forslag, som beskrives under Pejlemærke 3.

Sydjylland kan blive et erhvervsfyrtårn for grøn energi og sektorkobling

Regeringens regionale vækstteams fremlagde i maj 2021 deres anbefalinger til, hvordan regeringen bedst investerer i de lokale styrker og potentialer rundt om i landet til gavn for fremtidig vækst og beskæftigelse i hele Danmark. De regionale vækstteams anbefalede etableringen af otte lokale erhvervsfyrtårne, der skal udvikle de danske styrkepositioner de kommende år.

Sydjylland rummer særlige potentialer for hurtig omstilling og udvikling inden for løsninger af PtX. Sydjylland har særlige styrker på området bl.a. på grund af den geografiske placering i elnettet, gode infrastrukturelle forudsætninger med store gasledninger fra vest til øst - og mod Tyskland - samt tilstedeværelsen af en række stærke grønne virksomheder. Vækstteamet anbefalede derfor bl.a., at der etableres et nationalt center for grøn energi og sektorkobling, og der skal arbejdes for at omstille, tiltrække og uddanne arbejdskraften til de kommende grønne jobs.

PtX vil også have betydning for erhvervsfyrtårnet i Nordjylland, der har ambitioner inden for udviklingen af CCS- og CCU-løsninger samt Bornholm, der bl.a. også har ambitioner for PtX-projekter.

Regeringen har afsat 500 mio. kr. fra det såkaldte REACT-EU-initiativ til opfølgningen på anbefalingerne fra de regionale vækstteams. Rundt om i landet har lokale og nationale aktører samlet sig i lokale konsortier, der samarbejder om at søge midler til opbygningen af erhvervsfyrtårnene. Som led i *Danmark Kan Mere I* har regeringen afsat yderligere 500 mio. kr. fra Fonden for Retfærdig Omstilling samt EU's Strukturfonde, så der i alt er afsat 1 mia. kr. til udviklingen af de lokale erhvervsfyrtårne de kommende år. Regeringen vil derudover indgå partnerskaber med de lokale konsortier, de tværkommunale erhvervshuse og Danmarks erhvervsfremmebestyrelse for at understøtte og videreudvikle potentialerne.

Regeringen vil

- Med *Danmark Kan Mere I* afsætte yderligere 500 mio. kr. i EU-midler til at udvikle de otte lokale erhvervsfyrtårne de kommende år i tillæg til de 500 mio. kr. fra REACT EU-midlerne, som allerede er afsat til opfølgningen på anbefalingerne fra de regionale vækstteams.
- Indgå partnerskaber med de lokale konsortier i de otte lokale erhvervsfyrtårne, herunder i Sydjylland, og derigennem bidrage til udviklingen af de lokale erhvervsfyrtårne de kommende år.

Partnerskaberne danner rammen for regeringens løbende dialog med aktørerne i Sydjylland om, hvordan PtX kan fungere på markedsvilkår.

Regeringen har understøttet markedsgørelsen af Power-to-X:

- Med aftale om Fordeling af forskningsreserven mv. i 2021 blev der afsat ca. 700 mio. kr. til de fire grønne forskningsmissioner, herunder missionen om grønne brændstoffer til transport og industri. Innovationsfonden tager ultimo 2021 stilling til, hvordan midlerne udmøntes. Der er afsat ca. 195 mio. kr. til PtX-missionen.
- Med Aftale om fordeling af forskningsreserven mv. i 2022 er der afsat yderligere 295 mio. kr. til de fire missioner fra Grøn Forskningsstrategi, herunder PtX-missionen.
- Med aftale om dansk deltagelse i et "vigtigt projekt af fælleseuropæisk interesse" (IPCEI) vedrørende brint har regeringen investeret 850 mio. kr. i Danmarks deltagelse i IPCEI, der har til formål at understøtte store, transnationale udviklingsprojekter, som kan komme hele EU til gavn.
- PtX-virksomheder er blevet de første i testordning for grønne løsninger: Energistyrelsen tildelte i maj 2021 Greenlab Skive og Brande Brint status som regulatorisk testzone, hvorledes de undtages for en række regler og bestemmelser på energiområdet. Virksomhederne, der har fokus på produktion og udvikling af grøn brint, kan dermed indhente konkrete erfaringer, som potentielt kan bruges til at forbedre lovgivningen.
- EUDP-bevillinger og Energilagingspulje: Regeringen har samlet investeret ca. 400 mio. kr. til forskning, udvikling og demonstration af PtX-løsninger, herunder ca. 300 mio. kr. gennem den generelle EUDP-bevilling og PtX-særpulje og 128 mio. kr. til energilagingspulje, som projekterne HySynergy og GreenLab Skive har fået tilskud fra.

Pejlemærke 3: Samspillet mellem Power-to-X og energisystemet skal styrkes

Delkonklusion: PtX kan spille sammen med både el-, varme og gassystemet i et integreret energisystem, hvor især samspillet med elsystemet er væsentligt. Elektrolyseanlæg kan spille en vigtig rolle i elsystemet ved at aftage store mængder grøn strøm, når vinden blæser og elprisen typisk er lav, og lukke ned når det er vindstille og elprisen typisk er høj. Dette forudsætter, at anlæggene kører fleksibelt. Flexibel drift kan give en højere afregningspris for VE-anlæg i de timer, hvor anlægget kører, også i timer hvor der er stor VE-produktion og typisk lave priser. Under særlige forhold kan elektrolyseanlæg, der er fleksible og placeret hensigtsmæssigt, bidrage til at sænke eller udsætte behovet for forstærkninger og investeringer i elnettet og understøtte afregningsprisen for VE-anlæg i timer med overproduktion.

Regeringen vil arbejde for at skabe rammer, der kan sikre, at PtX kan bidrage til et integreret og fleksibelt energisystem, hvor PtX integreres i energisystemet på en måde, så det spiller med sammen el-, gas- og varmesektoren. Regeringen vil derfor styrke fundamentet for, at PtX-anlæg placeres de steder i landet, hvor de kan skabe værdi for elsystemet ved at tilbyde fleksibilitet og mindske behovet for netudbygning og -forstærkning.

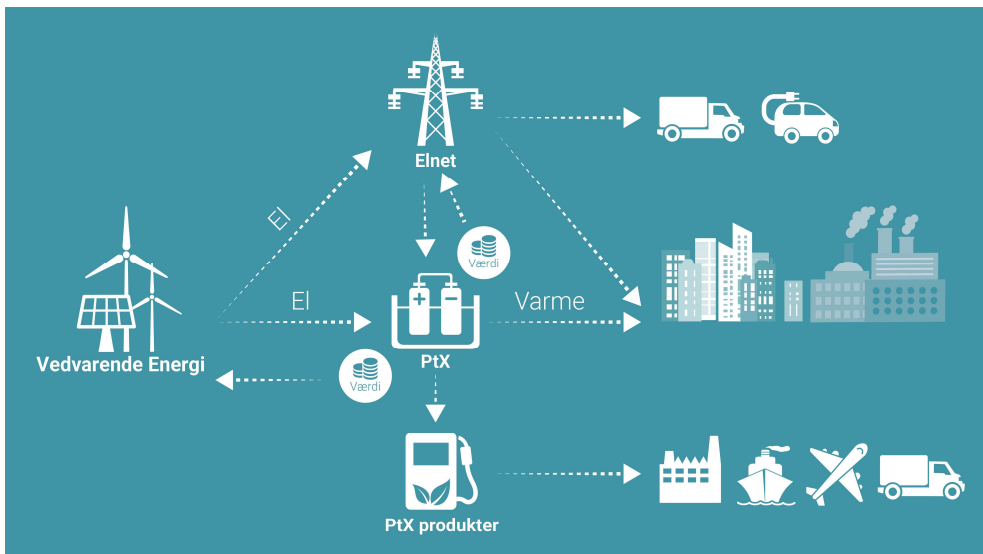
Pejlemærke 3.

Regeringen vil derfor:

- Give mulighed for geografisk differentierede forbrugstariffer, hvorved Energinet og netvirksomhederne får mulighed for at differentiere forbrugstariffer for store elforbrugere på baggrund af geografisk placering, så tarifferne i større omfang bliver omkostningsægte. Det kan give fremtidige PtX-anlæg økonomisk incitament til at placere sig hensigtsmæssigt i elnettet og derigennem bidrage til en mere effektiv anvendelse af elnettet.
- Give mulighed for tilladelse til etablering af direkte linjer mellem store elforbrugere og elproducenter gennem ansøgning, fx mellem et PtX-anlæg og en vindmølle- eller solcellepark, hvor det skaber samfundsøkonomiske gevinster.
- Følge op på anbefalingerne fra vækstteam Sydjylland om etablering af et erhvervsfyrtårn for grøn energi og sektorkobling, herunder samspillet mellem PtX og fjernvarmen.

Power-to-X skal bidrage til et integreret og fleksibelt energisystem

PtX-anlæg bruger store mængder strøm til at producere grønne gasser eller flydende brændstoffer til transportsektoren og industrien. PtX-anlæg genererer i processen store mængder overskudsvarme. PtX-anlæg kan dermed bidrage til et mere integreret og fleksibelt energisystem, som illustreret i figur 12.



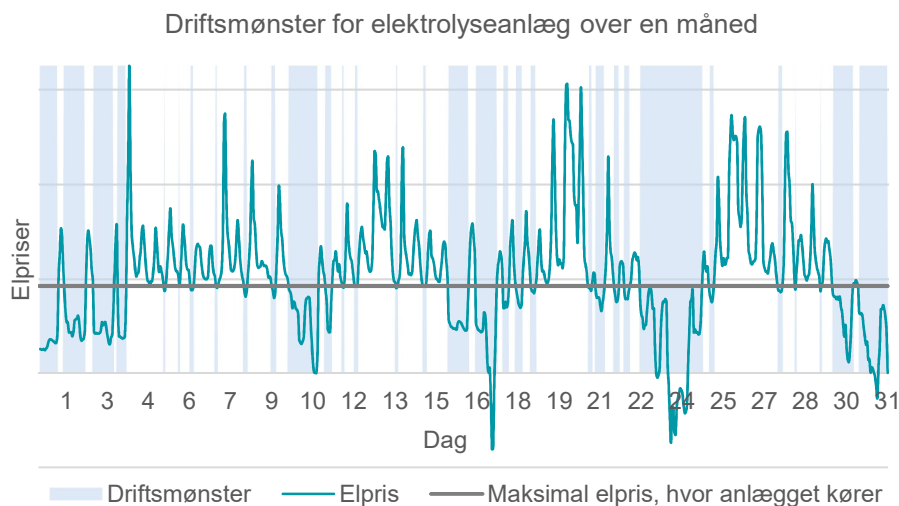
Figur 12. PtX kan skabe værdi for elforsyningen og elnettet, levere varme til fjernvarmen samt producere grønne brændstoffer til transport og industri.

Kilde: Energistyrelsen

Power-to-X og samspillet med elsystemet

Den danske elforsyning er i stigende grad baseret på VE fra primært vindenergi. Det stiller store krav til udviklingen af elnettet og resten af elsystemet.

Elektrolyseanlæg, som er kernekomponenten i PtX, kan køre fleksibelt, og PtX-anlæg kan således i vidt omfang skrue op og ned eller tænde og slukke helt for produktionen af brint. Dermed kan elektrolyseanlæggene skrue op og ned for elforbruget afhængig af elpriserne, som i høj grad hænger sammen med hvor meget vedvarende elektricitet, der er i elnettet. På en efterårsdag, når vinden blæser, vil elektrolyseanlæggene typisk køre og producere grøn brint. Når det er vindstille, og elpriserne typisk er højere, kan PtX-anlæggene slukke eller skrue ned for produktionen. Dette illustreres i figur 13, som viser drift af et elektrolyseanlæg hen over en måned med svingende elpriser. I perioder, hvor elnettet er belastet af forbrug, kan PtX-produktionen også skrue ned eller slukke for forbruget. Under forudsætning af at elektrolyseanlæggene placeres geografisk hensigtsmæssigt, kan de derfor bidrage til en effektiv udnyttelse af det kollektive elnet og potentielt reducere eller udskyde behovet for netforstærkninger.



Figur 13. Illustration af driften af et elektrolyseanlæg over en måned med svingende elpriser (den blå kurve). Elektrolyseanlægget vil være i drift når elprisen ligger under den grå linje, og de blå felter viser de tidsrum hvor anlægget kører og producerer grøn brint. Den grå linje repræsenterer en elpris, der optimerer produktionsomkostningen på brint.

Kilde: Energistyrelsen

Effektiv udnyttelse af vedvarende energi gennem Power-to-X

Udbygningen af vedvarende energi stiger i de kommende år. Dette vil føre til lavere elpriser i de perioder, hvor der er stor VE-produktion. I disse perioder vil der også opstå stigende eksport til meget lave elpriser eller ligefrem periodevis tvangsafbrydelse af produktionen. Eksport til lave elpriser gavner ikke det danske marked isoleret set, men kan gavne elektrificering og grøn omstilling i udlandet. Periodevis tvangslukning af VE-produktion gavner dog hverken elmarkedet eller den grønne omstilling.

Store elektrolyseanlæg med fleksibel drift er gode partnere for stor VE-produktion. De kan aftage strømmen og hermed øge dens værdi og afregningspris i perioder, hvor der er meget strøm i nettet. På denne måde kan PtX understøtte en fortsat udbygning af vedvarende energi i Danmark uden øget støtte trods stigende VE-kapacitet.

Udnyttelse af overskudsvarme

Overskudsvarmen fra PtX-anlæg kan afhængigt af lokale forhold enten anvendes i det lokale fjernvarmenet eller som procesvarme i værdikæden og i industrielle sammenhænge. Værdien af overskudsvarme afhænger i høj grad af temperaturen på varmen, og hvor ofte den er til rådighed. Er temperaturen tilstrækkelig høj, kan varmen udnyttes direkte. Alternativt skal der benyttes en varmepumpe til at hæve temperaturen, hvilket er et fordyrende element. Overskudsvarmens temperatur afhænger i høj grad af den valgte elektrolyseteknologi, hvor temperaturene typisk ikke vil være høje nok til direkte udnyttelse med nuværende teknologi. Derudover afhænger det af om brinten viderekonverteres, hvilket foregår under højere

temperaturer. Hvis temperaturen er høj nok, og varmen er til rådighed en stor del af året, kan anlægget potentielt have værdi for et fjernvarmenet. Er den derimod kun til rådighed i en begrænset del af året, skal fjernvarmevirksomheden alligevel etablere andre produktionsanlæg. Dette kan ofte være tilfældet for PtX-anlæg, da de ventes at have en fleksibel drift som svinger med elpriserne.

Værdien af at udnytte overskudsvarmen afhænger derfor i høj grad af lokale forhold. Den samfundsøkonomiske værdi af at udnytte overskudsvarmen vil normalt være lavere end den samfundsøkonomiske værdi af en hensigtsmæssig geografisk placering i forhold til elnettet. Derfor er det mest hensigtsmæssigt at indrette rammerne, så de afspejler dette.

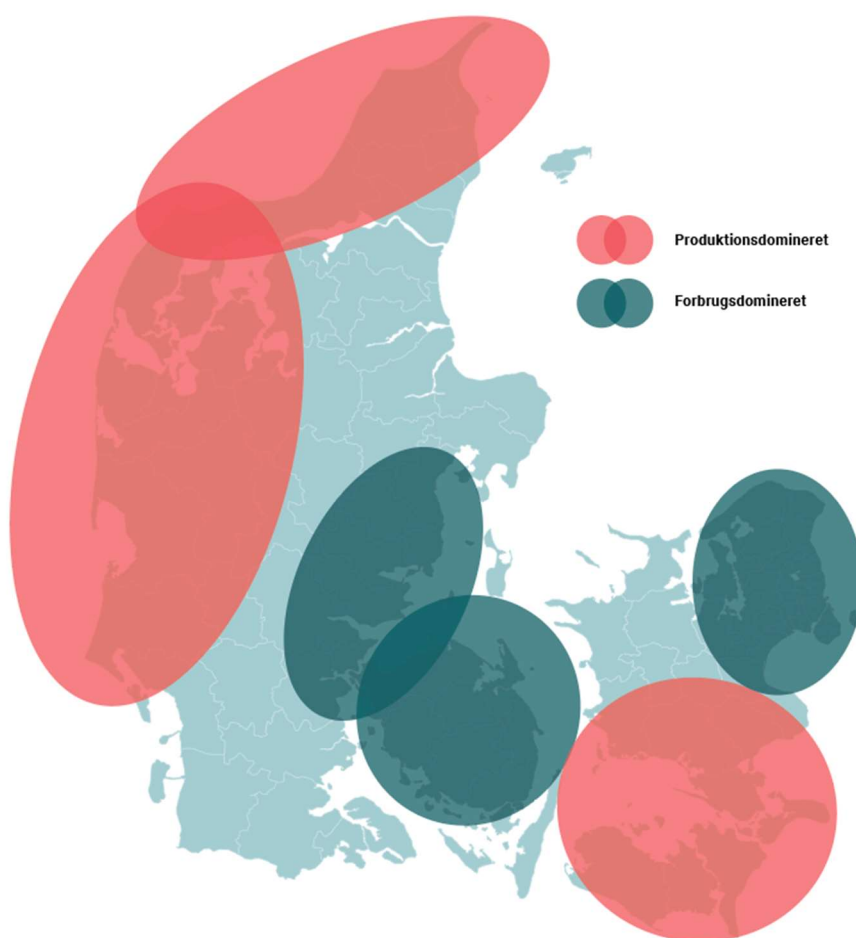
Vidste du... at overskudsvarme fra elektrolyse under gunstige forhold og bl.a. afhængigt af, hvilken elektrolyseteknologi der er tale om, kan mindske de samlede omkostninger ved produktionen af brint på mellem 5 til 10 pct.? Copenhagen Infrastructure Partners forventer, at overskudsvarmen fra produktionen af grøn ammoniak og skibsbrændstoffer med afsæt i 1 GW elektrolyse kan forsyne op mod 15.000 gennemsnitsboliger i Esbjerg og Varde med grøn fjernvarme.

Hensigtsmæssig placering af elektrolyseanlæg er afgørende for effektiv udnyttelse af elnettet og samspillet med det samlede energisystem

Geografisk differentierede forbrugstariffer er et vigtigt signal til store elforbrugere
Energistyrelsens analyser viser, at en væsentlig forudsætning for, at elektrolyseanlæg kan spille sammen med elnettet, er, at anlæggene placeres geografisk hensigtsmæssigt. Det er centralt, at elektrolyseanlæg placerer sig steder, hvor nyt stort elforbrug kan indpasses i det eksisterende net. Som hovedregel er dette områder, der er domineret af store mængder elproduktion og omvendt ikke områder, der i forvejen er domineret af et stort elforbrug. Sådanne områder er illustreret i figur 14.

Vidste du... at betalingen for brug af det kollektive elnet opkræves i form af såkaldte forbrugstariffer over elregningen? Det er Energinet og netvirksomhederne, der opkræver tarifferne inden for rammer udstukket i Elforsyningsloven. Forsyningstilsynet skal forinden godkende tarifferne. I dag er det ikke tilladt at gøre forskel på tarifferne afhængigt af geografisk placering af elforbruget. Hvis det tillades, får Energinet og netvirksomhederne mulighed for bl.a. at opkræve lavere tariffer fra store forbrugere, der er placeret i områder med tilstrækkelig netkapacitet, og omvendt opkræve højere tariffer fra forbrugere der placerer sig i områder, hvor netkapaciteten er mere presset. Det kan reducere behovet for netudbygning.

Figuren viser det danske elnet, som det overordnet ventes at se ud i 2030. Såfremt nye store VE-anlæg tilsluttes i forbrugsdominerede områder på fx Sjælland, så områderne går fra at være forbrugs- til produktionsdomineret, kan det også være hensigtsmæssigt at placere PtX-anlæg i disse områder.



Figur 14. Kapacitetskort over det danske elnet. For at PtX-anlæggene skaber værdi for det danske elnet, skal store anlæg typisk placeres i de produktionsdominerede områder.
Kilde: Energinet

Det er i dag ikke muligt at foretage en geografisk differentiering af forbrugstarifferne jf. elforsyningsloven. Det forhindrer en omkostningsægte afspejling af geografisk bestemte netomkostninger i tarifferne. Anvendelsen af geografisk differentierede forbrugstariffer kan skabe samfundsøkonomisk værdi, da det vil tilskynde nye store elforbrugere til at placere sig hensigtsmæssigt i elnettet og derved bidrage til, at netkapaciteten bruges mere effektivt. Dette kan mindske behovet for investeringer i elnettet.

Regeringen ønsker at give mulighed for geografisk differentierede forbrugstariffer for store elforbrugere som fx elektrolyseanlæg. Det er forventningen, at tiltaget vil lede til udvikling af nye tariffer, der kan øge store elforbrugeres incitament til at placere sig hensigtsmæssigt i forhold til ledig kapacitet i elnettet. Dette vil understøtte en øget samplacering af elforbrug og -produktion til fordel for udnyttelsen af det kollektive elnet, og det vil styrke samspelet mellem PtX og energisystemet.

Geografisk differentierede forbrugstariffer understøtter også regeringens pejlemærke om, at PtX skal agere på markedsvilkår, da mere omkostningsægte tariffer - afhængigt af den konkrete placering - kan gøre det billigere at producere brint via elektrolyse.

Direkte linjer kan koble vedvarende energianlæg direkte med Power-to-X-anlæg

Direkte linjer er en elforbindelse mellem elproduktion og -forbrug. Det kan fx være en vindmøllepark og en stor elforbruger – som et PtX-anlæg - der kobles direkte sammen uden om det kollektive elnet. Afhængig af den konkrete udformning af reglerne for etablering af direkte linjer kan elforbrugeren spare tariffbetalingen for den el, der leveres med den direkte linje fra producenten til forbrugeren, og som dermed ikke belaster det kollektive net. Den reducerede tariffbetaling kan øge incitamenterne til samplacering af produktion og forbrug af strøm og reducere behovet for udbygning af elnettet. Direkte linjer kan også sænke produktionsomkostningerne for PtX-anlæg, som ansøger om og får tilladelse til at opføre en direkte linje efter de fastsatte kriterier. Omkostninger forbundet med etablering af direkte linjer betales af opstilleren

Regeringen vil for større elforbrugere, som fx PtX-anlæg, tillade

- En mulighed for, at Energinet og netvirksomhederne kan anvende geografisk differentierede forbrugstariffer.
- Ansøgningsbaseret mulighed for etablering af direkte linjer mellem elproduktion og elforbrug, fx mellem en vindmøllepark og et PtX-anlæg, når det vurderes at være samfundsøkonomisk hensigtsmæssigt.

Mulighederne for at give tilladelse til henholdsvis geografisk differentierede forbrugstariffer og direkte linjer er analyseret nærmere i særskilt analyse. De konkrete tarifmodeller udvikles af netvirksomhederne og Energinet og godkendes af Forsyningstilsynet.

Udnyttelse af overskudsvarme kan være en samfundsøkonomisk gevinst

Placering af PtX-anlæg i nærheden af et fjernvarmenet er en forudsætning for udnyttelsen af overskudsvarmen fra PtX-anlægget. Energistyrelsens analyser peger her på, at den samfundsøkonomiske værdi af en hensigtsmæssig placering i forhold til elnettet ofte vil overstige den samfundsøkonomiske gevinst ved udnyttelsen af overskudsvarme. Det skyldes, at placeringer tæt på et fjernvarmenet ofte er i forbrugsdominerede områder, som ikke nødvendigvis er en hensigtsmæssig placering af et PtX-anlæg.

Såfremt placeringen af et PtX-anlæg muliggør fordelagtig udnyttelse af overskudsvarme, som det fx kan være tilfældet i Esbjerg, er det dog væsentligt, at overskudsvarmen kan udnyttes til gavn for varmekunderne, PtX-operatøren og den grønne omstilling. Den politiske aftale om at fremme udnyttelsen af overskudsvarme i fjernvarmesektoren, som regeringen og et bredt politisk flertal i folketinget indgik i september 2021, giver gode muligheder for udnyttelse af overskudsvarme fra PtX-anlæg i fjernvarmesektoren.

Regeringen har understøttet fleksibilitet og sektorkobling gennem:

- Aftale om udnyttelse af overskudsvarme og lempelse af elvarmeafgift: Regeringen og et bredt politisk flertal i folketinget indgik i september 2021 en ny aftale om at fremme udnyttelsen af overskudsvarme i fjernvarmesektoren, som forventes at træde i kraft i 2022. Sammen med lempelsen af elvarmeafgiften og ophævelsen af overskudsvarmeafgift for elbaseret overskudsvarme giver den nye aftale gode muligheder for udnyttelse af overskudsvarme fra PtX-anlæg i fjernvarmesektoren.
- Fonden for Retfærdig Omstilling: Danmark står til at modtage 663 mio. kr. i løbende priser i perioden 2021-27 fra EU's *Fonden for Retfærdig Omstilling*. Det er foreslået som led i *Danmark Kan Mere 1* at prioritere minimum 100 mio. kr. fra Fonden for Retfærdig Omstilling til opfølgning på anbefalingerne fra regeringens regionale vækstteams som led i udvikling af lokale erhvervsfyrtårne i erhvervsudspillet.
- Aftale om stimuli og grøn genopretning: Det blev besluttet at nedsætte syv regionale vækstteams, samt at afsætte 500 mio. kr. fra det såkaldte REACT-EU-initiativ til opfølgning på deres anbefalinger om at etablere 8 lokale erhvervsfyrtårne rundt om i Danmark. Derudover blev det ifm. fordelingen af EU's strukturfondsmidler den 23. juni 2021 besluttet, at der prioriteres 400 mio. kr. til udvikling af de anbefalede lokale erhvervsfyrtårne. PtX spiller en central rolle for erhvervsfyrtårnet i Sydjylland. PtX vil også have betydning for erhvervsfyrtårnet i Nordjylland, der har ambitioner inden for udviklingen af CCS- og CCU-løsninger, samt Bornholm, der også har ambitioner for PtX-projekter.

Pejlemærke 4: Danmark skal kunne eksportere Power-to-X-produkter og –teknologier

Delkonklusion: Eksport af Power-to-X-produkter og -teknologier, der er fremstillet i Danmark, kan skabe vækst og arbejdspladser til gavn for Danmark og dansk erhvervsliv og medvirke til at reducere udledning af CO₂ uden for Danmarks grænser.

Regeringen vil sikre, at Danmark bidrager til indfrielsen af EU's reduktionsmål i 2030 og 2050 samt Parisaftalens mål, og samtidig udnytter de danske virksomheders erhvervs- og eksportpotentialer ved at muliggøre opskalering og udvikling af den danske PtX-industri på tværs af hele værdikæden. Udenlandske investorer kan yde et væsentlig bidrag hertil, og en investeringsfremmeindsats kan fremme dette. Samtidig kan et fokus på innovation bidrage til at fremme fremtidig dansk eksport og tiltrækning af udenlandske investeringer.

I tillæg til investeringsstøtteordningen, der skal bidrage til opskaleringen og udviklingen af PtX-teknologier (jf. pejlemærke 2), vil regeringen derfor styrke rammerne for, at der er adgang til finansiering til store demonstrationsprojekter som fx PtX-anlæg, at danske virksomheder kan eksportere certificeret grøn brint og grønne PtX-brændstoffer, og at der kan etableres en brintinfrastruktur i Danmark, som på sigt kan eksportere brint til andre europæiske lande.

Pejlemærke 4.

Regeringen vil derfor:

- Foreslå, at Danmark skal sigte efter at bygge op mod 4 – 6 GW elektrolysekapacitet i 2030.
- Understøtte eksport af brint- og PtX-produkter ved at skabe rammerne for en brintinfrastruktur, der på sigt kan blive forbundet med en fælles europæisk brintinfrastruktur.
- Styrke adgang til risikovillig kapital, herunder danske virksomheders adgang til eksportfinansiering, for at understøtte den kommercielle udvikling af PtX-teknologier og –produkter både i Danmark og globalt.
- Understøtte danske virksomheders eksport af brint og PtX-teknologi og arbejde for tiltrækning af udenlandske investeringer i danske PtX-projekter.
- Arbejde for at sikre klare og ensartede regler ifm. europæisk certificering for grøn brint og biogen, bæredygtig CO₂.

Power-to-X kan blive et nyt eksportmarked for Danmark

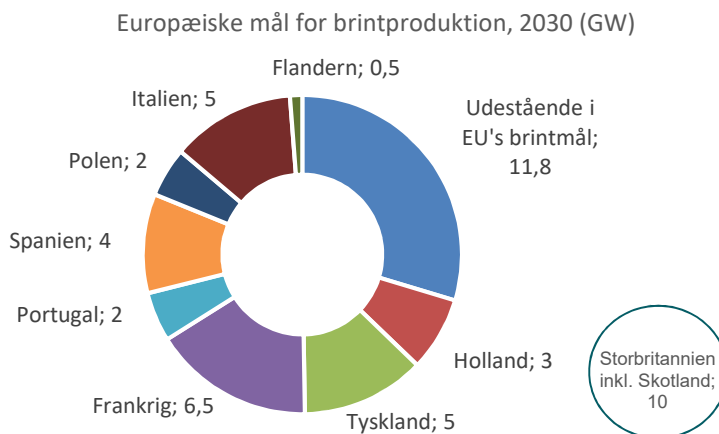
Grøn brint og andre PtX-produkter, hermed de teknologier og anlæg der skal producere PtX, ventes at komme til at spille en væsentlig rolle i den grønne omstilling af transport og industri på verdensplan i fremtiden. Der forventes således markante stigninger i verdens brintforbrug samtidig med, at det nuværende forbrug, der stort set udelukkende udgøres af fossilbaseret brint, skal omstilles til brint fremstillet med lavere eller ingen udledninger.

Europa-Kommissionen præsenterede EU's brintstrategi i juli 2020. Strategien beskriver tre faser af udbygningen af brintproduktion og infrastruktur:

- 1) Fra 2020 til 2024 skal elektrolysekapaciteten i EU stige til mindst 6 GW.
- 2) Fra 2025 til 2030 skal elektrolysekapaciteten i EU stige til mindst 40 GW.
- 3) Fra 2030 til 2050 er målet, at teknologierne til produktion af grøn brint er modne og udrullede. Hertil kommer sideløbende mål om import af grøn brint fra tredjelande på op til 40 GW i 2030.

Sideløbende med lanceringen af EU's brintstrategi har en række europæiske lande præsenteret nationale brintstrategier, som opstiller nationale mål for etablering af elektrolysekapacitet. Som det fremgår af figur 15, har EU-medlemslandene i alt udmeldt mål om ca. 28 GW elektrolysekapacitet i 2030, og der udestår således ca. 12 GW ift. EU's målsætning om 40 GW i 2030.

EU's strategi - samt de fleste nationale strategier - udpeger grøn brint som endemål, mens enkelte nationale strategier dog identificerer blå brint som overgangsteknologi. Det vil sige brint baseret på naturgas, hvor det meste af den udledte CO₂ fanges og lagres i undergrunden.



Figur 15 EU har i EU's brintstrategi sat et mål om 40GW elektrolyse blandt EU's medlemslande i 2030. En række lande har udmeldt nationale mål om elektrolysekapacitet, og der udestår således ca. 12 GW elektrolyse ift. EU's mål. Dertil har Storbritannien og Skotland udmeldt mål om brintproduktion på tilsammen 10GW.

Der er altså stor interesse for PtX og særligt grøn brint i udlandet, og flere lande i Europa som fx Tyskland, Holland og Belgien sigter efter at importere brint og andre PtX-produkter og -teknologier. Tyskland, Holland og Belgien har allerede i dag et stort forbrug af fossil brint i industrien, som vil kunne erstattes af grøn brint og dermed nedbringe industriens CO₂-udledninger. Eksport af danske PtX-produkter og -teknologier kan bringe værdi til Danmark og bidrage til den grønne omstilling globalt.

Regeringen foreslår, at Danmark skal sigte efter at bygge op mod 4 – 6 GW elektrolysekapacitet i 2030. Udbygningen skal så vidt muligt ske på markedsvilkår og understøtte realiseringen af Danmarks eksport- og erhvervspotentialer på PtX-området. Målsætningen kan også bidrage til at sænke Danmarks globale klimaaftryk og opnåelsen af nationale og internationale klimamålsætninger. En dansk elektrolysekapacitet på mellem 4 til 6 GW vil, under en række forudsætninger, kunne levere reduktioner på op til 2,5-4,0 mio. tons CO₂ i 2030, herunder op til 2 mio. tons inden for 70 pct.-målsætningen.

Vidste du... at Tyskland i deres brintstrategi har afsat 15 mia. kr. til at etablere energipartnerskaber for at importere brint og andre PtX-produkter? I den tyske brintstrategi nævnes blandt andet Nordsølandene som mulige producenter af grøn brint til det tyske marked. Den tyske energirådgiver Agora Energiwende forventer, at brint primært vil blive handlet mellem nabolande.

Danske Power-to-X-produkter kan konkurrere med Power-to-X-produkter i udlandet

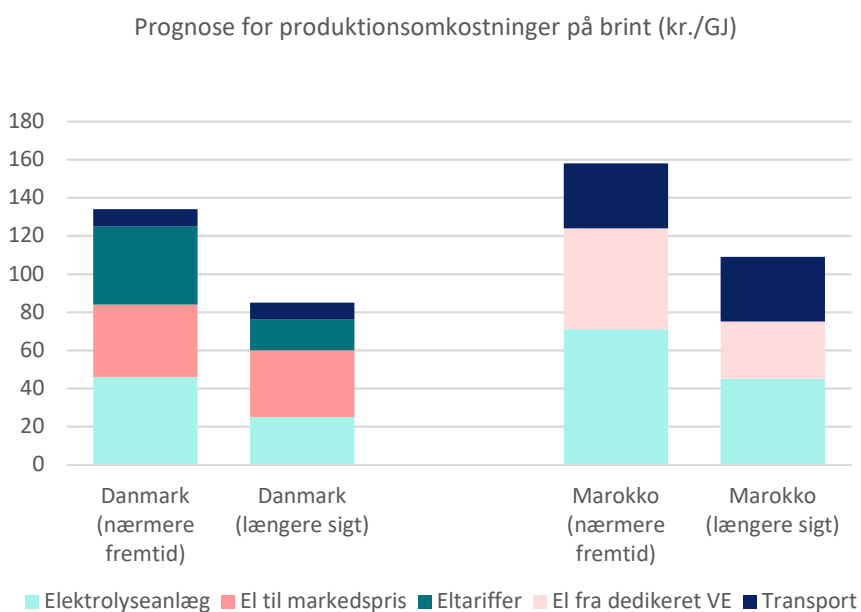
Danmark har store VE-ressourcer, høj forsyningsikkerhed og et elsystem, der er velforbundet til udlandet. Derudover har danske virksomheder kompetencer inden for alle dele af PtX-værdikæden. På den baggrund er Danmark potentielt velegnet som eksportland for grøn brint og PtX-produkter til konkurrencedygtige priser.

Vidste du... at Danmark har gode forudsætninger for at eksportere grøn energi til vores nabolande? I 2020, var den danske nettoeksport 3 TWh til Tyskland. Danmark skal også fremover eksportere strøm, når priserne i udlandet er høje. Det er også godt for klimaet, da det mindsker behovet for kraftværker i andre lande. Der er dog store udfordringer med at få strømmen videre sydpå i Europa. Eksport af brint kan således gøre det muligt for Danmark at kunne eksportere mere grøn energi. Regeringen vil understøtte, at Danmark både kan eksportere grøn energi som elektroner og molekyler

Energistyrelsen analyser viser, at de kortsigtede produktionsomkostninger for grøn brint i Danmark er på niveau med produktionsomkostninger for grøn brint i

Marokko, som ofte anvendes som benchmark for store brintleverancer til markederne i Nordeuropa på grund af landets store sol- og vindpotentialer. Når omkostningerne til transport af brinten medregnes, har Danmark en fordel ved den geografiske nærhed til bl.a. det tyske og hollandske marked, og de kortsigtede omkostninger ligger samlet på et konkurrencedygtigt niveau med brint fra Marokko.

Denne udvikling illustreres i figur 16. I figuren sammenlignes omkostningerne til produktion og transport af grøn brint fra Danmark til markederne i Nordvesteuropa med de tilsvarende omkostninger for grøn brint fra Marokko. Omkostningerne ved produktion af brint i Danmark samt transport til Nordvesteuropa kan potentielt bringes til et niveau, der ligger under produktions- og transportomkostninger for brint produceret i Marokko som følge af opskalering, industrialisering, tilpasning af rammevilkår mv. jf. Pejlemærke 2.



Figur 16. Prognoser for produktionsomkostninger for grøn brint i Danmark og Marokko samt transport til Nordvesteuropa. Omkostningerne i Danmark gives i den nærmere fremtid, samt på længere sigt under forudsætning af en væsentlig opskalering og masseproduktion af teknologien, etablering af brintinfrastruktur, markedsregulering osv. Det er antaget at el i Danmark kommer fra elnettet, mens el i Marokko er fra dedikeret VE. Den relative omkostning til elektrolyseanlæg er højere i Marokko end i Danmark grundet færre årlige produktionstimer fra solenergi. Kilde: Energistyrelsen.

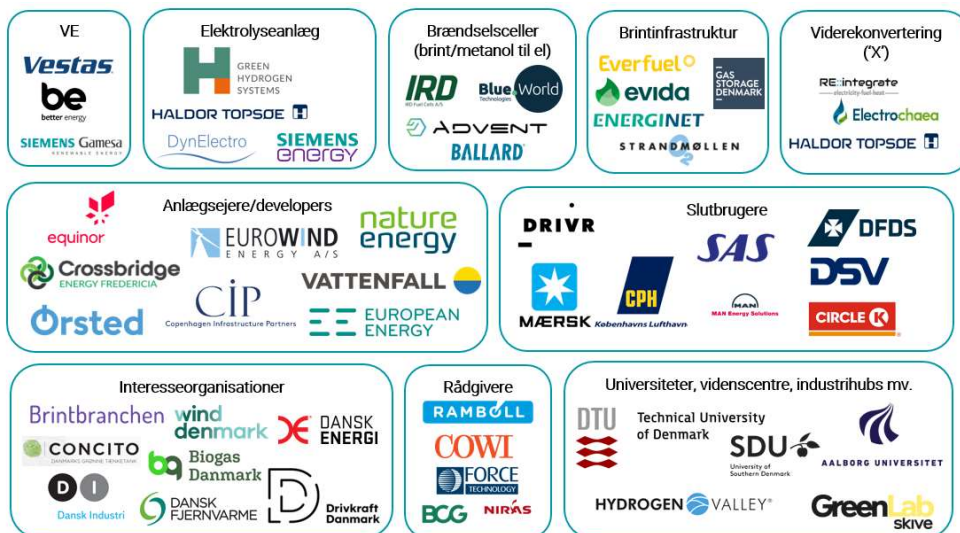
Stort marked for Power-to-X-teknologi kan komme danske virksomheder til gode

Det er ikke kun PtX-produkterne, der kan eksporteres. Danske virksomheder har kompetencer inden for både PtX og CCUS, hvor ca. 70 større og mindre virksomheder beskæftiger sig med teknologierne, jf. figur 17.

PtX-teknologi omfatter både eksport af fysiske elementer som fx elektrolyseenheder, viderekonverteringsanlæg, brintrør, ammoniakmotorer til skibe,

brintlastbiler og rådgivning inden for sektorkobling, infrastruktur mm. De danske virksomheder kan både eksportere PtX-teknologi og rådgive PtX-aktører i udlandet.

En rapport, der er udarbejdet af Rambøll, viser, at dansk eksport af PtX-teknologi kan udgøre 100-410 mia. kr. akkumuleret frem mod 2035. Det er baseret på Rambølls antagelse om, at det danske marked kan udgøre 3 pct. af det forventede globale marked. Derudover kan dansk eksport af CCUS-teknologi udgøre 90-190 mia. kr. akkumuleret frem mod 2035, hvis det antages, at det danske marked udgør 1 pct. af det forventede globale marked. Dansk eksport af PtX- og CCUS-teknologi kan blive et vigtigt eksportområde for danske virksomheder og dansk erhvervsliv og skabe værdi for Danmark.



Figur 17. PtX-værdikæde i Danmark. Listen er ikke udtømmende.

Vidste du... at danske PtX-projekter kan søge om støtte via EU's Innovationsfond?

Europa-Kommissionen oprettede i 2019 en Innovationsfond til at støtte demonstrationsprojekter af nye banebrydende energiteknologier i stor skala inden for vedvarende energi, energilagring, industriprocesser samt optag, lagring og anvendelse af CO₂. Kommissionen har estimeret, at der vil være omkring 25 mia. euro til rådighed i 2020-2030¹. Det endelige beløb afhænger af kvoteprisen, der er steget betydeligt over de seneste år. Fonden finansieres i 2021-2030 af provenu ved aktionering af ca. 450 mio. CO₂-kvoter fra EU's kvotehandelssystem samt evt. overskydende støttemidler fra programmet NER300.

*Regeringen vil styrke mulighederne for at medfinansiere kommercielle storskala demonstrationsanlæg inden for bl.a. Power-to-X. Regeringen har med udspillet *Danmark kan Mere I* foreslået at oprette Danmarks Investeringsfond (DIF) ved at sammenlægge Vækstfonden, EKF - Danmarks Eksportkredit og Danmarks Investeringsfond. Regeringen har endvidere foreslået at lave et kapitalindskud på 1,7 mia. kr. til fonden, der kan bruges til finansiering til virksomheder, der laver kommercielle storskala demonstrationsprojekter inden for bl.a. PtX. Regeringen vil med *Danmark kan Mere I* have danske PtX-teknologier og – anlæg op i skala og ned i pris – og ud på de globale markeder.*

Rammerne for eksport af Power-to-X skal på plads

Brintinfrastruktur er en forudsætning for dansk eksport af brint

Energistyrelsens analyser viser, at en væsentlig forudsætning, for at dansk brint kan eksporteres konkurrencedygtigt til fx Tyskland, er, at dansk brintinfrastruktur kobles op på en planlagt, kommende europæisk brintinfrastruktur, jf. figur 18. Dele af den eksisterende infrastruktur til gastransport i Sydjylland kan muligvis benyttes som et dansk eksportrør. Det vil gøre det muligt at afsætte danskproduceret brint i Tyskland og andre importlande i Nordvesteuropa.



*Figur 18. Dansk brintrør koblet til europæisk brintrør skaber mulighed for brinteksport til Tyskland og andre nordeuropæiske lande.
Kilde: Energistyrelsen*

Forordningen om den transeuropæiske energinfrastruktur (TEN-E) åbner mulighed for, at grænseoverskridende projekter til konvertering af naturgasledninger til transport af brint baseret på vedvarende energi fremover kan støttes med EU-midler via EU-programmet 'Connecting Europe Facility' (CEF). Der er i perioden 2021-27 afsat ca. 44 mia. kr. til at støtte den europæiske energinfrastruktur.

Regeringen vil skabe rammerne for, at brintinfrastruktur kan spille en nøglerolle for eksporten af brint. Regeringen har med pejlemærke 2 fremsat ambitionen om en stærk dansk brintinfrastruktur, der kan etableres ved enten at lægge nye gasrør eller genbruge eksisterende gasrør. Regeringen vil imidlertid også arbejde for etableringen af en fælles europæisk brintinfrastruktur, så Danmark kan eksportere grøn brint til nabolande via sammenhængene gasrør til fx Tyskland, Sverige, Nederlandene og Belgien.

Certificering af brint og kulstof

Det forventes, at grøn brint på kort og mellemlangt sigt vil eksistere side om side med fossilt produceret brint med og uden kulstoffangst (såkaldt grå og blå brint). Selvom blå og grøn brint sommetider sidestilles som lavemissionsbrint, er der højere CO₂-udledninger forbundet med blå brint. Derfor bør den grønne merværdi af danskproduceret grøn brint sikres gennem certificering. Certificering af grøn brint skal afspejle den klimamæssige fordel ved at anvende grøn brint. Energistyrelsens og Energinets markedsdialog peger på, at der vil være en merværdi forbundet med en certificering af, at brinten er baseret på vedvarende energi.

Vidste du... at Energinet har lanceret prototypen EIOprindelse, som kan bidrage til at sikre en bedre dokumentation af det grønne elforbrug? EIOprindelse er en ny premium-dokumentation af grønt elforbrug, hvor strømforbrug gennem data kobles til havvind-, vind- eller solparks produktion og dermed i høj tidsopløsning på timebasis kan beskrive, hvor meget grøn strøm man forbruger. Dermed vil man løse et af de problemer, der er med de nuværende oprindelsesgarantier, nemlig at opgørelsen af elforbruget kun sker på årlig basis.

PtX-processer er afhængige af den grønne strøm, som skal kunne dokumenteres for, at PtX-produkter kan betragtes som reelt bæredygtige og CO₂-neutrale. På den måde indeholder EIOprindelse et potentiale for både grønt elforbrug, sektorkobling og PtX.

Energinet har marktestet prototypen i 2020 med +50 aktører, som viste efterspørgsel og betalingsvillighed. På samme tid er der udvist stor international interesse for EIOprindelse – både i forhold til at danne grundlag for en international standard i regis af EnergyTag og i dialog med EU Kommissionen.

Kulstofholdige PtX-brændstoffer, såsom metanol og flybrændstof, har brug for kulstof i produktionen. Brændstoffets samlede CO₂-aftryk vil her afhænge af kulstofkilden. Certificering af kulstof kan derfor ligeledes blive afgørende for at sikre transparens for aftagerne, hvilket ifølge Energistyrelsens markedsdialog i stigende grad vil være en vigtig konkurrenceparameter for både producenter og aftagere af PtX-brændstofferne i takt med den grønne omstilling. Certificering af grøn brint og kulstof behandles under Pejlemærke 2.

Regeringen vil arbejde for klare og ensartede regler ifm. certificering af grøn brint og kulstof på tværs af landegrænser. Regeringen vil i forbindelse VE II-direktivets art. 27 arbejde for retvisende fælleseuropæiske regler for grøn brint og PtX-brændstoffer, så grøn brint og PtX-brændstoffer, der er produceret på vedvarende energi i Danmark, får en høj værdisætning, når den handles på tværs af Europas landegrænser til gavn for Danmark og danske virksomheder.

Fælles EU-regler og certificering af grøn brint kan imidlertid ikke stå alene. I takt med at produktionen af kulstofholdige PtX-produkter til fly og skibe vil stige i fremtiden, er der behov for, at det anvendte kulstof er biogent og bæredygtigt. Europa-Kommissionen er ved at udarbejde et lovforslag vedrørende et certifikationssystem for CO₂-optag, som forventes fremlagt ultimo 2022. Regeringen vil arbejde for, at der udvikles et harmoniseret system i Europa, der kan dokumentere oprindelsen af kulstof.

Grøn brint baseret på vedvarende energikilder og bæredygtigt kulstof er vigtige konkurrenceparametre, som regeringen vil understøtte til gavn for danske virksomheder.

Globale klimamål og samarbejde på tværs af lande

Nogle af de sektorer, hvor PtX har særligt stort potentiale - særligt søfart og luftfart, er internationalt konkurrenceudsatte. Det betyder, at der er behov for ambitiøse, globale klimamål og regler, der kan fremme dekarbonisering af disse sektorer ikke kun i Danmark, men også i resten af verden.

Regeringen vil arbejde for en klimaneutral søfart senest i 2050. På COP26 præsenterede den danske regering sammen med Marshalløerne, USA, Storbritannien og en række andre lande en fælles erklæring om klimaneutral søfart senest i 2050. Det danske søfartserhverv har allerede en målsætning om at være klimaneutral i 2050, og det vil regeringen i samarbejde med andre af verdens store søfartsnationer understøtte ved at arbejde for, at det også bliver et globalt mål i FN's Søfartsorganisation (IMO). På den måde vil regeringen både bidrage til at sikre opnåelsen af Parisaftalens målsætninger og til at sikre de bedste rammer for erhvervets investeringer i grøn søfart både nu og i fremtiden.

En forudsætning, for at PtX kan blive et vigtigt eksportmarked for Danmark og bidrage til den europæiske og globale klimaindsats, er et godt samarbejde med andre lande. Danmark er bl.a. en del af det internationale, offentlig-private samarbejde Zero-Emission Shipping Mission, som også omfatter USA og Norge og det danske forskningscenter Mærsk Mc-Kinney Møller Center for Zero Carbon Shipping.

Energistyrelsen har myndighedssamarbejde med en række lande, herunder Tyskland, Storbritannien, Nederlandene, USA, Japan, Kina, Sydkorea og Australien, der er aktive inden for brint og PtX. Der er fokus på at forbedre rammebetingelserne for grønne investeringer inden for mere etablerede teknologier som havvind, fjernvarme og energieffektivitet til gavn for grøn omstilling og dansk eksport. Der er i myndighedssamarbejdet i stigende grad efterspørgsel efter fælles udvikling og gensidig vidensudveksling om regulering af nye teknologier såsom PtX og CCUS, hvilket også indgår som et fokusområde i flere bilaterale samarbejdsaftaler.

Regeringen understøtter international fremme af Power-to-X bl.a. gennem:

- Mission Innovation: Danmark har været drivkraften bag forberedelsen af Shipping Missionen om en klimaneutral søfart, som er blevet udvalgt som én af missionerne under den nye Mission Innovation 2.0. Ud over Shipping Missionen bliver også en Power Mission og en Hydrogen Mission lanceret. Regeringen har i juni 2021 lanceret samarbejdet zero-emission shipping mission mellem Danmark, USA, Norge og to store privataktører – Global Maritime Forum og Mærsk Mc-Kinney Møller Center for Zero Carbon Shipping.
- Udenrigsministeriets Trade Council, innovationscentre og Invest in Denmark: Regeringen har gennem The Trade Council fokus på at hjælpe danske PtX-virksomheder ind på nye markeder. Samtidig arbejder Invest in Denmark på at tiltrække udenlandske PtX-aktører til Danmark. De danske innovationscentre prioriterer samarbejder om Power-to-X for at opnå ny viden, og dermed på sigt bidrage til at hjemtage midler, videreudvikle og kommercialisere Power-to-X-teknologier.
- Green Hydrogen Compact Catalogue: Green Hydrogen Compact Catalogue er et dansk initiativ, som blev lanceret ifm. FN's energitopmøde i september 2021. Målet er at samle en række forskellige aktører, herunder regeringer, internationale organisationer, private virksomheder og andre interessenter, mhp. at understøtte det internationale og tværsektorielle samarbejde om udviklingen af grøn brint.

- Energistyrelsens bilaterale samarbejder med enkelte lande om PtX som led i myndighedssamarbejdet på energiområdet, ligesom området er skrevet ind i flere samarbejdsaftaler under myndighedssamarbejdet.
- World Leader Summit Statement on the Breakthrough Agenda – Hydrogen. Danmark har ifm. COP26 tilsluttet sig initiativ om globalt samarbejde på udvikling af grønne teknologier, herunder på hydrogen, med henblik på hydrogen skal være betaleligt og tilgængeligt globalt i 2030. Samarbejdet skal bl.a. drives i hhv. Clean Energy Ministerial, samt i regi af Mission Innovation, LeadIT og Mission Possible, og skal tage sit udgangspunkt i statusrapporter udarbejdet af IEA og IRENA.
- LeadIT Summit Statement. Dansk tilslutning til erklæring om industritransition med fokus på handlingsplaner på landeniveau, der inddrager alle offentlige og privatsektor aktører; et marked for grøn hydrogen med henblik på net-zero i 2050, finansiering og infrastruktur.

Regeringens vision for Power-to-X

Danmark producerer i dag store mængder grøn strøm fra vindmøller og solceller, der løber gennem kabler på tværs af landet, og Danmark har potentiale til at producere endnu mere grøn strøm i fremtiden. Strømmen skal både bruges direkte i husholdninger, virksomheder og til transport, men strømmen skal også omdannes til brint og andre PtX-produkter, der kan fortrænge de fossile brændsler i den tungeste transport og industri, hvor elektrificering ikke er mulig.

Strategien fastsætter en række pejlemærker for udrulning af PtX i Danmark og skaber samtidig nogle vigtige rammer for regeringens videre arbejde med PtX.

Regeringens vision for dansk Power-to-X

Danmarks PtX-potentialer er store, og regeringen har med denne strategi fremsat fire pejlemærker, der tilsammen udstikker retningen for regeringens arbejde med at fremme udviklingen, udbredelsen og anvendelsen af brint og andre PtX-produkter.

Med Power-to-X-strategien sætter regeringen en retning, der skal sikre:

- **At Power-to-X kan bidrage til opfyldelse af klimaloven**, herunder 70 pct.-målet i 2030 og det langsigtede mål om klimaneutralitet i senest 2050, samt de internationale klimamål, som Danmark har forpligtet sig til i EU og gennem Parisaftalen. Regeringen vil derfor arbejde for en ambitiøs udformning af krav i Fit-for-55 pakken, herunder inden for luftfart og søfart, igangsætte en analyse af bioressourcer til grøn omstilling og investerer 1,25 mia. kr. igennem et PtX-udbud målrettet driftsstøtte til produktion af brint og andre PtX-produkter.
- **At de regulatoriske rammer og infrastruktur er på plads, så Danmarks styrkepositioner udnyttes, og Power-to-X på sigt kan agere på markedsvilkår.** Regeringen vil derfor igangsætte et 360 graders eftersyn af regulering ift. brint, skabe en national regulering af et brintmarked og give Energinet og Evida mulighed for at eje og drive brintinfrastruktur. Regeringen vil desuden gennemføre en analyse om muligheder og behov i forhold til havnenes rolle som grønne transporthubs og følge op på anbefalinger fra vækstteam Sydjylland mhp. at etablere et erhvervsfyrtårn for grøn energi og sektorkobling.
- **At samspillet mellem Power-to-X og energisystemet styrkes.** Regeringen vil give mulighed for geografisk differentierede forbrugstariffer for større elforbrugere, så fx PtX-anlæg har incitament til at placere sig geografisk hensigtsmæssigt ud fra hensyn til belastningen af elnettet. Regeringen vil desuden tillade ansøgningsbaseret mulighed for direkte linjer mellem fx større elforbrugere og VE-producenter, hvor dette er samfundsøkonomisk

hensigtsmæssigt, hvorved tariffbetalingen til det kollektive elnet undgås eller reduceres.

- **At Danmark kan eksportere Power-to-X produkter og teknologier.**
Regeringen vil derfor understøtte eksport af brint- og PtX-produkter og -teknologier, som kan bidrage til realiseringen af de internationale klimamål og fremme danske virksomheders erhvervs muligheder ved at etablere rammerne for en brintinfrastruktur, samt styrke adgangen til risikovillig kapital, herunder danske virksomheders adgang til eksportfinansiering. Regeringen vil også foreslå, at Danmark skal sigte efter at bygge 4 – 6 GW elektrolysekapacitet i 2030. Regeringen vil desuden i samarbejde med erhvervslivet revidere Eksportstrategien for Energi fra 2017 med henblik på at sikre en partnerskabsbaseret tilgang til at understøtte eksportindsatsen for PtX produkter og – teknologier.

Frem mod 2025 vil regeringen, som det fremgår af *Køreplan for et grønt Danmark*, præsentere flere strategier og udspil, der skal vise vejen til klimalovens målsætning om at reducere Danmarks drivhusgasudledning med 70 procent i 2030:

Regeringen vil i 2022 præsentere:

- Energi- og forsyningsudspil
- Grønt industriudspil
- Strategi for udrulning af drivmiddelinfrastruktur til tung vejtransport
- Udspil om en grøn omstilling af flytrafikken, en grøn industri, en grøn energi- og forsyningssektor

Regeringen vil i 2023 præsentere:

- Udspil om bæredygtige brændstoffer i vejtransporten og søfarten

Regeringen vil i 2024:

- Tage stilling til den fremadrettede missionsbårne forskningsindsats samt den tværgående indsats for at accelerere udviklingen af grønne løsninger, og hvordan prioriteringerne bedst muligt kan understøtte klimalovens mål.

Regeringen vil i 2025 præsentere:

- Udspil til en klimahandlingsplan



Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet

Holmens Kanal 20, 1060 København

Tlf. : +45 33 92 28 00

E-mail: kefm@kefm.dk