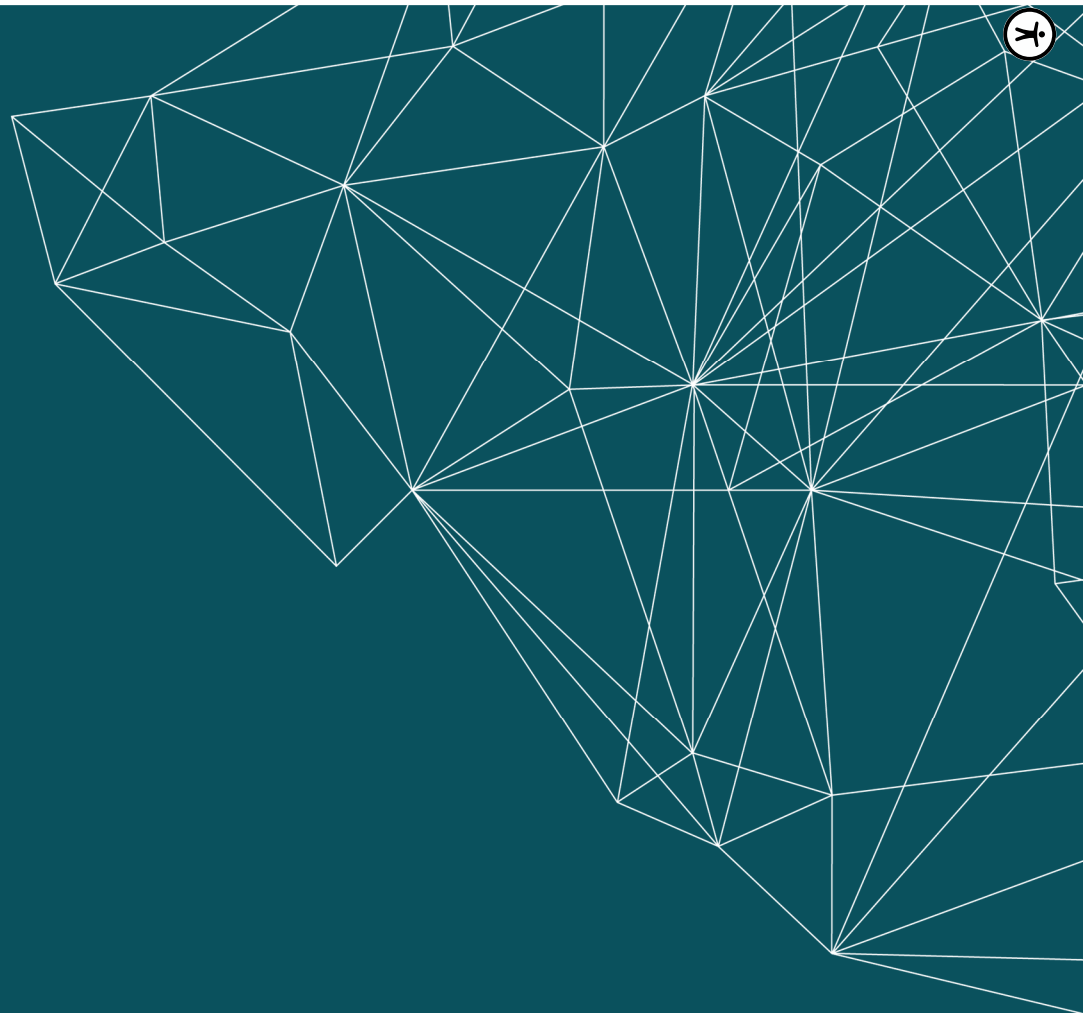




NYE VINDE TIL BRINT

PtX strategisk handlingsplan
Januar 2020

INDHOLDSFORTEGNELSE

Handlingsplanens hovedpunkter	4-8
Baggrundsmateriale	10-14
Uddybning af handlingsplanen	16-24
Kildehenvisninger	25

NYE VINDE - STRATEGIRAMME

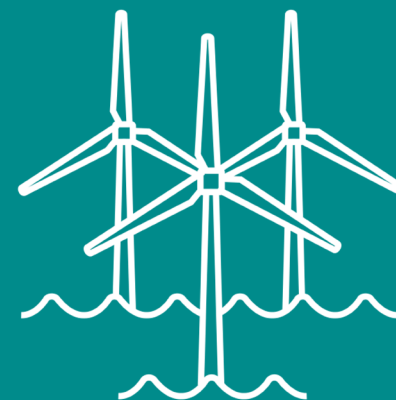
Koncernbestyrelsen har vedtaget en ny strategi "Nye vinde", der peger på PtX i stor skala som et middel til at bidrage til målet om 70 pct. reduktion af CO₂-udledning og dekarbonisering. På den baggrund er der udarbejdet en overordnet handlingsplan for, hvordan Energinet bedst muligt kan understøtte og accelerere udbygningen af PtX. Handlingsplanen tager udgangspunkt i fire grundlæggende principper, som beskriver rammen for Energinets engagement i implementering og udbredelsen af denne teknologi:

- En klar rollefordeling, hvor der skelnes mellem monopolopgaver og markedsbaserede aktiviteter.
- Understøtte, at forbrugsfleksibiliteten realiseres, og synergier udnyttes.
- Arbejde for rammevilkår, der understøtter værdikæden og sikrer den grønne værdi.
- Stiller viden og data til rådighed for offentligheden.

Handlingsplanens enkelte elementer kan kun implementeres i et koordineret samarbejde på tværs af Energinets datterselskaber og i tæt samspil med eksterne aktører såsom VE-producenterne, PtX-industrien og ikke mindst myndighederne på dansk og europæisk plan. Energinet vil derfor i samarbejde med myndigheder og relevante aktører:

- Bidrage til, at der udpeges indfødningszoner.
- Søge at udvikle markedsmodeller og integreret infrastrukturplanlægning.
- Give incitamenter til at udnytte infrastrukturen.
- Sikre den grønne værdi fra VE-ressource til slutbruger af PtX-produkter.

HANDLINGSPLANENS HOVEDPUNKTER



PTX – ET VIGTIGT POTENTIALE FOR DEN VIDERE OMSTILLING AF DANSK ENERGIFORSYNING

I juni 2018 indgik folketingets partier en energiaftale med det udgangspunkt, at Danmark skal være fri af fossile brændsler i 2050. Den socialdemokratiske regering har siden igangsat et dansk "månelandings-projekt" med 70 pct. reduktion af CO₂-udledningen inden 2030.

De danske ambitioner for en grøn omstilling skal gennemføres på en samfundsøkonomisk forsvarlig måde og uden at sætte Danmarks høje forsyningsikkerhed over styr. At bidrage til løsning af dette energiens trilemma er Energinets særlige samfundsansvar, og vi arbejder uophørligt på at løfte opgaven.

De lavt hængende frugter er plukket

De sidste 30 år har vi i Danmark været dygtige til at omstille energiproduktionen til vedvarende energi på markedsvilkår. Skal vi nå 70 pct. CO₂-reduktion i 2030, betyder det, at der foruden fortsat udbygning af VE også skal langt flere elbiler på vejene, og opvarmning af bygninger og industri skal løbende elektrificeres. I selv de mest optimistiske scenarier kan elektrificering dog ikke dække mere end 60-70 pct. af Danmarks energiforbrug.

Skal månelandingsprojektet blive en succes, kan man derfor ikke se bort fra omstillingen af de resterende 30-40 pct. af energiforbruget. For at hente omkostnings-effektive CO₂-reduktioner i sektorer som tung transport og visse dele af landbrug og industri, hvor elektrificering umiddelbart synes vanskelig, er der brug for brint og Power-to-X (PtX) som bindeled til grøn omstilling.

Vi gør det ikke alene

Energinet var en vigtig spiller under den første halvleg af den grønne omstilling. Specielt i forhold til effektiv indpasning af store mængder sol, vind og biogas samt sikring af effektive energimarkeder.

Med PtX står vi imidlertid over for en situation, hvor helt nye værdikæder vil opstå med en potentiel flerdobling af elforbruget i Danmark. Det betyder, at Energinet må gentænke den traditionelle tilgang til infrastruktur-udvikling. Hvis havvind i stor skala via PtX hurtigt skal forbindes med efterspørgselssiden, skal der ske en parallel og samtidig udvikling af både VE-produktionen fra Nordsøen, elektrolyse- og PtX-produktionen og afsætningen af PtX-produkterne.

Energinet vil med denne handlingsplan udvikle en række initiativer, som vil understøtte udviklingen af PtX-værdikæder i Danmark. Vi ønsker aktivt at samarbejde med potentielle producenter, teknologi-leverandører og ikke mindst forbrugere i kommende PtX-værdikæder. Energinet vil være parat til at indgå i partnerskaber og vil gerne bidrage til en national indsats for at fremme PtX, hvis der er et politisk ønske.

Danske styrkepositioner i forhold til sektorkobling

Danmark har flere komparative fordele, som har højnet interessen for PtX i Danmark markant over de seneste år.

- Konkurrencedygtige elpriser, stort VE-potentiale og et stærkt elnet med gode forbindelser til udlandet.
- Et effektivt gassystem med adgang til gaslagre, som også kan lagre brint.

Energens trilemma

Grøn omstilling



Forsynings-sikkerhed

Samfunds-økonomi

- En førende position inden for biogas som kan blive en vigtig komponent i kulstofbaserede PtX-produkter.
- Et fjernvarmesystem der kan udnytte værdien af overskudsvarme ved energikonvertering.
- En DataHub og fungerende håndtering af data til understøttelse af nye, grønne forretningsmodeller.

PTX-PERSPEKTIVER I DANMARK FREM MOD 2030-MÅL – OG VIDERE...

PtX har potentiale til at bidrage betydeligt i forhold til 2030-målet om 70 pct. reduktion af klimagasser i Danmark – og med markant yderligere reduktion efter 2030!

Som en del af Energinets 'Systemperspektiv 2035'-analyser er det indikativt vurderet, hvilken reduktion af CO₂-udledning en produktion af grønne brændstoffer inkl. PtX kan bidrage med i 2030 og 2035.

70 pct.-målet er meget ambitiøst, og realisering af dette mål kræver en massiv indsats med en kombination af omstilling af elproduktion, en kraftig elektrificering og en målrettet udvikling af PtX til produktion af VE-brændstoffer, der ikke effektivt kan elektrificeres.

Figuren til højre illustrerer en foreløbig vurdering af den effekt, som en omstilling af kulkraft, elektrificering og grønne brændstoffer inkl. PtX vurderes at kunne bidrage med i 2030. Forløbet viser en CO₂-reduktion på ca. 4 mio. ton fra grønne gasser og brændstoffer inkl. PtX, hvor det direkte bidrag fra el er knap 1,5 mio. ton, mens resten kommer fra biogas og biomasse. Frem mod 2035 kan dette potentiale øges til en CO₂-reduktion med en størrelsesorden på ca. 10 mio. ton, hvoraf det direkte bidrag fra el vil udgøre ca. halvdelen.

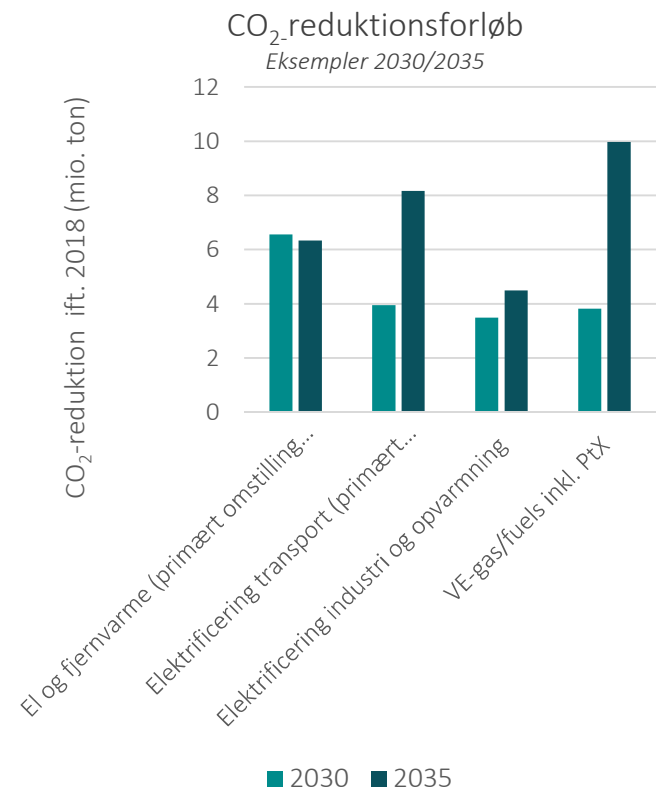
Grønne gasser og brændstoffer kan enten forbruges indenlands eller eksporteres til udlandet, hvormed det vil fortrænge fossile brændsler direkte. I forbindelse med produktion af grønne gasser og brændstoffer i stor skala bliver adgangen til kulstof en begrænsning, hvorfor fokus skal øges på at udnytte alle tilgængelige kulstofkilder, både kendte og mere uprøvede. De mere kendte teknologier til tilvejebringelse af kulstof vil i høj

grad være biogas, hvor også noget af potentialet fra halm udnyttes i denne beregning.

Udfordringen inden for grønne gasser og brændstoffer ligger frem mod 2035 i at kommercialisere nye teknologier, som skaffer adgang til kulstof, fx termisk forgasning eller CCU (Carbon Capture and Utilization) fra store CO₂-udledere som cementværker. I forhold til PtX er der en række dilemmaer i forhold til det danske 70 pct. reduktionsmål.

PtX til brændstoffer, der anvendes til vejtransport i Danmark og indenrigs luft- og søfart, vil tælle med i det danske 70 pct. reduktionsmål. Produktion af PtX-brændstoffer som fx flybrændstof til udenrigsfly og ammoniak til international skibsfart forventes også at være store, vigtige markeder i forhold til PtX-industrien. Dette vil bidrage til dekarbonisering i Europa og understøtte internationale reduktionsmålsætninger, omend det ikke bidrager til opfyldelse af det danske 70 pct. reduktionsmål.

Det er derfor et opmærksomhedspunkt at undgå, at et for snævert fokus i det nationale 70 pct. reduktionsmål kan skævvride PtX-indsatsen i forhold til sektorer, der ikke medregnes og i forhold til det endnu større bidrag til dekarbonisering, som PtX vil kunne levere efter 2030.



OVERORDNEDE PRINCIPPER

Nye værdikæder kræver ny koordinering og rollefordeling. Hvad er Energinets rolle?

PtX er grundlæggende sektorkobling i form af indirekte elektrificering, hvor VE-el konverteres til VE-brændstoffer, der kan erstatte fossile brændsler.

Sektorkobling via PtX er både umoden og kendetegnet ved forbrug og produktion igennem en række værdistrømme, som fx:

- VE-elproduktion fra vind og sol.
- Brintproduktion fra elektrolyse.
- Bevarelse af grøn værdi fra VE-produktion til slutkunde.
- Kulstof til produktion af mere avancerede PtX-produkter (kulbrinter).
- Infrastruktur til lagring og transport af disse nye produkt- og værdistrømme.
- Overskudsvarme fra konvertering.

Ovenstående blanding af kendte og nye værdistrømme skal bringes i samspil. Det er måske ikke urimeligt at hævde, at vejen til en accelereret PtX-udvikling i dag i mindre grad er afhængigt af F&I på de enkelte komponenter, men i højere grad kræver skalering og kommerciel industrialisering. Og dette kommer ikke af sig selv, da ingen aktør "sidder på" hele værdikæden.

Koordinering, samarbejde og rollefordeling er derfor nøgleord for at få brikkerne til at passe sammen. Energinet har derfor identificeret nogle grundlæggende principper, som skal tjene som rettesnor for handlingsplanen:

1. Energinet understøtter den *rette rollefordeling* imellem *Energinets systemoperatørvirksomhed og aktører, der agerer på markedsvilkår*.
2. *Fleksibiliteten* i PtX skal udnyttes effektivt til gavn for den grønne omstilling.

3. Energinet faciliterer de *rette rammer* for såvel *markeder* og *tilslutningsbetingelser* på teknologineutrale vilkår.

4. Energinet stiller *viden* om PtX *til rådighed* for den offentlige debat og for en teknisk og samfundsøkonomisk hensigtsmæssig udvikling.

Disse fire overordnede principper er et vigtigt udgangspunkt, da det er principperne, som sætter rammen for, hvilke funktioner og opgaver som naturligt falder inden for ansvarsområde af en infrastruktur-operatør, og hvad der skal overlades til samarbejdspartnere som myndigheder og øvrige aktører.

ROLLEFORDELING

Storskala brinttransport og -lagring på åbne tredjepartsvilkår: Uafhængige infrastrukturoperatører.

Elektrolyse og anvendelse af brint: Kommercielle aktiviteter.

Grøn værdi skal bevares for kommercielle aktører igennem værdikæden.

RETTE RAMMER

Aktiv understøttelse af udarbejdelse af rammer og værdikæder for PtX.

Omkostningsbaseret betaling for brug af infrastruktur.

Dokumentere og bevare grøn værdi.

Understøtte teknologineutrale og lige vilkår for store fleksible forbrugere.

FORBRUGSFLEKSIBILITET

Skabe rammer for fleksibilitet, så synergier kan udnyttes.

Reducere behovet for udbygning af elnettet.

Systemmæssig helhedsbetragtning i forhold til såvel ressourcer, eksisterende infrastruktur og afsætningsmuligheder.

VIDEN TIL RÅDIGHED

Sektorkobling og dens rolle i energisystemet.

Teknik, økonomi og rammevilkår.

Internationalt samarbejde.

EN STRATEGISK HANDLEPLAN MED BÅDE PLANLÆGNINGS- OG MARKEDSINITIATIVER

Når det gælder store samfundsinvesteringer som ny infrastruktur, er det historisk ofte begyndt med reguleret og planlagt implementering. Sidenhen er den løbende optimering af infrastrukturen og udnyttelsen heraf i langt højere grad sikret gennem deregulering og etablering af hensigtsmæssige markedsrammer, hvor sund konkurrence kan sikre den bedste allokering af ressourcer. Denne udviklingshistorie kan iagttages på tværs af en lang række store samfundsinvesteringer i infrastruktur som fx havne, broer, bane og inden for energisektoren på fx el-, gas- og fjernvarme.

- Elektrolyse og PtX kan ses som et større, nyt samfundsmæssigt tiltag og ikke blot en ny form for elforbrug, da formålet er at omforme elektrisk energi til andre energiformer i stedet for blot at bruge energien til et slutformål.
- Elektrolyse og PtX er grundlæggende en indirekte elektrificeret sektorkobling. Elektriciteten konverteres (forbruges) ikke direkte til sin endelige energiform som fx varme eller transportarbejde – men til kemisk energilagring i molekyler, så energien forholdsvis enkelt og billigt kan langtidslagres og transporteres inden forskellige typers anvendelse.
- Brintmolekylet er en central energibærer for PtX, men kræver dog infrastruktur i form af rør og underjordiske lagre for at kunne transporteres og lagres effektivt i større skala. Alternativt skal brinten efterspørges i samme takt og på samme placering som elektrolysen til slutforbrug eller videreføres til lettere transporterbare PtX-produkter. Det sidste kan til gengæld medføre krav om anden infrastruktur til transport af fx CO₂.
- Elektrolyse har ligeledes potentiale til at reducere stigningen i behovet for ny elinfrastruktur, særligt hvis elektrolyseanlæg er placeret nær (storskala) indfødn af elproduktion fra vind og sol til det kollektive elnet.

- Infrastruktur til transport af energi har vidt forskellige tekniske egenskaber og vidt forskellige enhedspriser (mio. DKK/GW/km). Brintrør kan på grund af stor energitæthed i brint transportere meget mere energi pr. investeret DKK end tilsvarende AC- eller HVDC-løsninger og uden at blive påvirket af flaskehalsproblemer på samme måde som AC-nettet. Da der samtidig forventes:

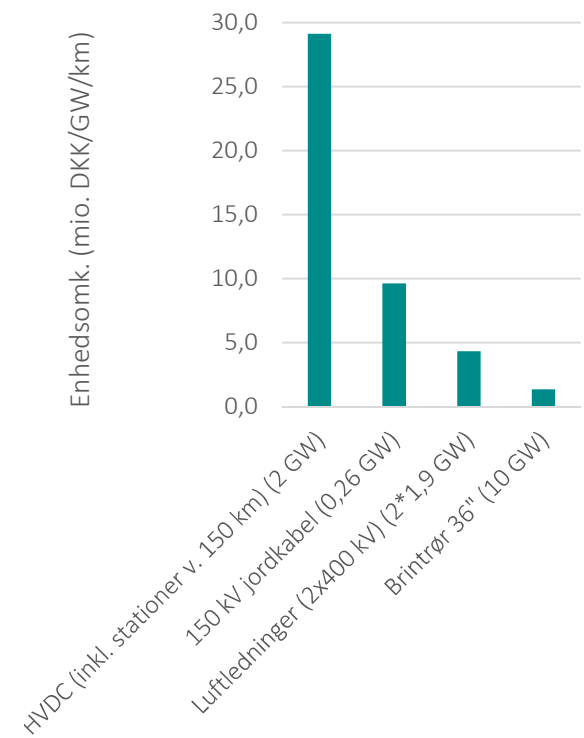
- netop at blive behov for at transportere effekter af GW-størrelse (op til +10 GW), som brintinfrastruktur giver mulighed for,
- at der opstår mulighed for at koble Danmark til en europæisk brintinfrastruktur og til et dansk brintlager, som vil give fleksibilitet imellem VE-produktion og brintproduktion,
- og da der under alle omstændigheder skal ske en konvertering fra elektrisk energi til brint ifm. alle former for PtX,

er det oplagt at afdække mulighederne for at anvende brint som primær energibærer fremfor store udvidelser af det eksisterende AC-net på land.

Jævnfør ovenstående kan elektrolyse og PtX ses som en ny og væsentlig energiteknologi, der har potentiale til at påvirke energiinfrastrukturen i Danmark betydeligt. Derfor indeholder den strategiske handlingsplan for PtX både initiativer af en mere overordnet planlægningsmæssig karakter ved siden af initiativer om at udvikle de eksisterende markedsrammer for især elsystemet til bedre at kunne omfavne elektrolyse forstået som et sektorkoblet, prisfleksibelt elforbrug.

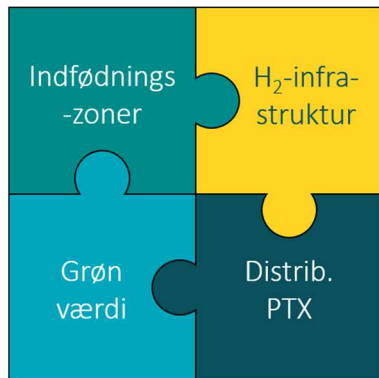
Det vurderes, at de fire udvalgte fokusområder, som introduceres på næste side, er de umiddelbart vigtigste at forholde sig til, hvis PtX og havvind i stor skala skal understøttes.

Indikative
enhedsomkostninger ved
nyetablering



FIRE VIGTIGE BRIKKER – INITIATIVER OG HANDLINGSPLAN

Ud fra en helhedsbetragtning vurderes det, at Energinet bedst kan understøtte en implementering af strategien om PtX og havvind i stor skala med en parallel indsats på disse fire indsatsområder. De fire indsatsområder er dermed ikke en "buffet" af uafhængige alternativer, men bør betragtes som fire puslespilsbrikker i en samlet pakke.



Indfødningszoner

Indfødningszoner vil gøre det muligt at tage imod GW-store effekter fra VE, uden at al strømmen skal distribueres i elnettet på land.

1. Afklare afgrænsninger og specificering af indfødningszoner
2. Afklare, om brintinfrastruktur er en forudsætning for indfødningszoner
3. Afdække behov og systemmæssig værdi af indfødningszoner
4. Identificere mulige placeringer af "de første indfødningszoner"



Brintinfrastruktur

Brintinfrastruktur vil gøre det muligt at fordele og lagre brint, så der kan ske en dekobling - både i tid og geografisk - imellem produktion og forbrug af brint.

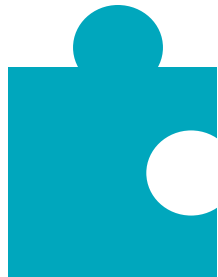
1. Afklare behov for brintinfrastruktur
2. Regulering af brintinfrastruktur
3. Planlægning ift. omverdenen
4. Afdække muligheder for ombygning af eksisterende gasinfrastruktur



Distribueret PtX

Distribueret PtX er grundlaget for at få taget hul på hele PtX-udviklingen med mindre anlæg under hensyntagen til adgang til kulstofkilder.

1. Undersøge behovet for yderligere fleksible elnetprodukter på transmissions- og distributionsniveau
2. Fastholde den grønne værdi på tværs af energisystemet
3. Arbejde for, at der formuleres en kulstofstrategi, så denne knappe ressource udnyttes bedst muligt



Grøn værdi

Fastholdelse af grøn værdi igennem værdikæden - på tværs af konverteringer af energiformer og gennem transportsystemer – sikrer, at slutbrugerne af PtX-produkter får værdi svarende til meromkostningen for det grønne slutprodukt

1. Sikre myndigheders afklaring af grøn certificering
2. Afklaring af europæiske eller internationale mærkningsregler i relation til fx direktivet for vedvarende energi

BAGGRUNDSMATERIALE



OMVERDENSANALYSE – UDENLANDSKE BRINT- OG PTX-TENDENSER (1/2)

Brint og Power-to-X har de seneste år fået stort momentum i Danmark såvel som internationalt. Forskellige lande og regioner ser forskellige behov og anvendelse af den grønne brint. Fælles for alle er det, at hurtigt faldende VE-priser og et accelereret behov for en grøn omstilling driver udviklingen frem i et ikke tidligere set tempo. I de følgende afsnit beskrives de globale tendenser på brint med et særligt fokus på brintinfrastruktur samt muligheder og konsekvenser set i et dansk perspektiv.

Europa

Ser man nærmere på Danmarks nabolande, er interessen for brint klar. Norge, Holland og Tyskland har allerede politiske brintstrategier. Her indgår konkrete planer for produktion af grøn og blå brint samt etablering af tilhørende brintinfrastruktur. I Holland, Tyskland og Frankrig skal de første +100 MW elektrolyseanlæg stå klar inden for 2-3 år. Her er det værd at notere, at el- og gas-TSO'er er direkte involveret som investorer i projekterne. I Holland og Tyskland er der i dag, modsat i Danmark, et reelt forbrug af brint i industrien.

Flere europæiske lande har oprettet store forskningspuljer dedikeret til brintteknologi. I Tyskland er der fx afsat 11. mia. kr. over en tiårig periode til udvikling af elektrolyse- og brændselscelleteknologi.

De hollandske el- og gas-TSO'er udgav i 2019 en infrastrukturplan for 2050, som er baseret på landsdækkende el-, metan- og brintnet i Holland og Tyskland.

I Storbritannien planlægges det såkaldte "H21 project", hvor et stort naturgasdistributionsområde inden 2034 skal konverteres til ren brint. Projektet omfatter ligeledes spaltning af naturgas til blå brint (se forklaring på næste side) med lagring af CO₂ i Nordsøen. På sigt skal brinten leveres fra elektrolyse.

Brint er i EU på vej på IPCEI-listen (Important Projects of Common European Interest), hvilket kan give en række værktøjer ift. at kickstarte området, da dispensationer i forhold til konkurrenceregler mv. hermed bliver nemmere tilgængelige.

Australien

Australien er på grund af det enorme potentiale for sol og vind kombineret med dårlige afsætningsmuligheder for strøm oplagt til brintproduktion. I 2019 præsenterede den australske regering et roadmap for, hvordan Australien skal blive en ledende producent og eksportør af brint.

Det australske roadmap for brint er opdelt i tre faser frem mod 2028.

- 1) Demonstrationsfase, hvor små anlæg producerer brint til brug i transportsektoren.
- 2) Større mængder brint produceres til iblanding i naturgasnettet.
- 3) Eksport af brint på skibe til et globalt brintmarked.

Det australske potentiale er så stort, at der på forhånd er indgået eksportaftaler til bl.a. japansk industri. Til eksport gøres brinten flydende ved nedkøling til -253 °C, hvorefter den flydende brint transporteres på skibe. Denne proces vil føre til tab af 30-40 pct. af energien. Til gengæld åbnes der for, at brinten kan afsættes på et globalt marked.

Asien

Japan og Sydkorea har høje ambitioner, når det kommer til brint. Begge lande vil være deciderede brintsamfund og har således politiske strategier for en omstilling af store dele af deres industri og transportsektor til brint. Begge lande har dog begrænsede VE-ressourcer og vil derfor være afhængige af import af flydende brint. Australien ser deres første marked netop i Japan og Sydkorea.



OMVERDENSANALYSE – UDENLANDSKE BRINT- OG PTX-TENDENSER (2/2)

Internationale tendenser med betydning for dansk planlægning

Som beskrevet er Holland og Tyskland allerede langt fremme med brint. At der allerede eksisterer konkrete planer for brintinfrastruktur syd for grænsen kan skabe nogle muligheder for Danmark.

Afsætningsmulighed for dansk brint i Holland og Tyskland er interessant og på sigt også afsætning via større europæisk brintinfrastruktur. Det er i den forbindelse interessant, at både Holland og Tyskland definerer sig selv som importlande for brint grundet begrænset VE-potentiale.

Import af brint og PtX-produkter til Europa

Hvorvidt import af flydende grøn brint til Europa kan blive aktuelt afhænger af, om lave brintproduktions-omkostninger i fx Australien opvejer omkostninger til transporten af brinten og til den energitunge proces ifm. at gøre brinten flydende.

Brint kan også omdannes til ammoniak, som har flere åbenlyse fordele. For det første er det nemt at producere ammoniak samme sted som brinten, da kvælstof kan udvindes direkte fra luften. For det andet eksisterer der allerede en global værdikæde for ammoniak og eksisterende efterspørgsel fra kemisk industri. Hertil er der stigende interesse i ammoniak som brændstof til skibsindustrien.

Flydende PtX-produkter såsom flybrændstof og metanol har også den fordel, at det er nemt at håndtere, billigt at transportere, og at der er eksisterende efterspørgsel. Adgangen til kulstof i PtX-processerne sætter lokale begrænsninger på produktionen af disse typer brændsler.

Formår man at løse den udfordring, er det imidlertid meget sandsynligt, at det kan produceres billigt i store mængder uden for Europa.

Produktionsomkostninger for grøn brint

Ifølge analyseinstituttet Bloomberg New Energy Finance kan omkostningerne til produktion af grøn brint være reduceret med 80 pct. allerede i 2030. Foruden industrialisering af elektrolyseanlæg forudsætter en sådan udvikling, at sol og vind fortsat falder i omkostninger.

Blå brint som alternativ/konkurrent til elektrolyse

Blå brint er betegnelsen for brint, som er fremstillet ved spaltning af naturgas, og hvor CO₂'en opfanges og lagres i undergrunden. De umiddelbare fordele ved blå brint er primært, at det på den helt korte bane er billigere at producere og nemmere at skalere relativt til grøn brint. Hvor grøn brint kræver en massiv udbygning af vind og sol for at komme op i skala, kan blå brint hurtigt få volumen. I dag er det tæt på 1/5 af EU's naturgasforbrug, som spaltes til brint i forskellige former for industri, hvorefter CO₂ udledes til atmosfæren. Fra Danmarks og Energinets side er det derfor vigtigt at forholde sig til udviklingen på europæisk plan. På den ene side kan blå brint blive en direkte konkurrent til grøn brint. Omvendt kan blå brint være med til at opbygge nye værdikæder, herunder infrastruktur, som kan bane vejen for grøn brint på lidt længere sigt.

IEA-analyse om brint.

IEA har i juni 2019 udgivet rapporten "The Future of Hydrogen - Seizing today's opportunities". I rapporten præsenteres syv nøgleanbefalinger for at muliggøre produktion og brug af brint i stor skala, hvilket er en forudsætning for PtX. Fem af disse anbefalinger vedrører vigtige emner ift. PtX såsom at:

- Fastslå brints plads i den langsigtede energipolitik.
- Skabe en kommerciel efterspørgsel for ren/grøn brint.
- Forholde sig til first-mover-problemerne.
- Fjerne unødvendige regulatoriske barrierer.
- Indgå i internationalt samarbejde og monitorere udviklingen.



EFTERSPØRGSELSSIDEN

Sammenlignet med andre steder (fx Australien), hvor der er adgang til store VE-ressourcer, er der i den danske case den fordel, at de danske vindressourcer ligger tæt på et stort forbrugscentrum: Europa med Tyskland og Holland som de første oplagte markeder.

Brint vil på sigt kunne produceres lokalt og transporteres i rør, billigere end hvad shipping tillader. Det er dog ikke sikkert, produktionen fra Nordsøen rækker til Europas forbrug, hvorfor der kan være plads til både import og lokal europæisk produktion.

Lokalt vil der i Danmark ikke være nok kulstofressourcer (antaget direct air capture ikke pludselig bliver meget billigt) til at mætte en total europæisk omstilling af fx flysektoren. I en skandinavisk kontekst er det totale potentiale for carbon stort, men p.t. ikke kendt. Det mest sandsynlige er, at der vil være et marked for både lokal produktion og import.

Det forventes, at der etableres store forbrug af brint i både Tyskland og Holland i de nærmeste år. Eksport af brint i rørbunden infrastruktur til kontinentet synes derfor oplagt i en dansk kontekst. Den er naturligvis begrænset af, hvornår der forefindes den nødvendige brintinfrastruktur til tilslutning i Danmark. Danmark bør holde sig parat og koble sig på den første tysk/hollandske brintinfrastruktur, så danske brintproducenter får god adgang til det tyske og hollandske industribrintmarked, så snart der er mulighed for det. Danmark bør dog også afsøge andre afsætningskilder, såfremt denne eksportmulighed ikke rykker hurtigt nok.

Når brint eksporteres til udlandet, gavner det ikke alene danske virksomheder. Det understøtter også den grønne omstilling i de regioner, hvor brinten eksporteres til.

Danmark har p.t. et meget lille forbrug af brint i industri. Ligeledes er den direkte anvendelse i transportsektoren yderst begrænset. Det manglende brintforbrug i DK skaber derfor en problematik ift. etablering af PtX-produktion i stor skala, inden der er etableret en tilsvarende efterspørgsel.

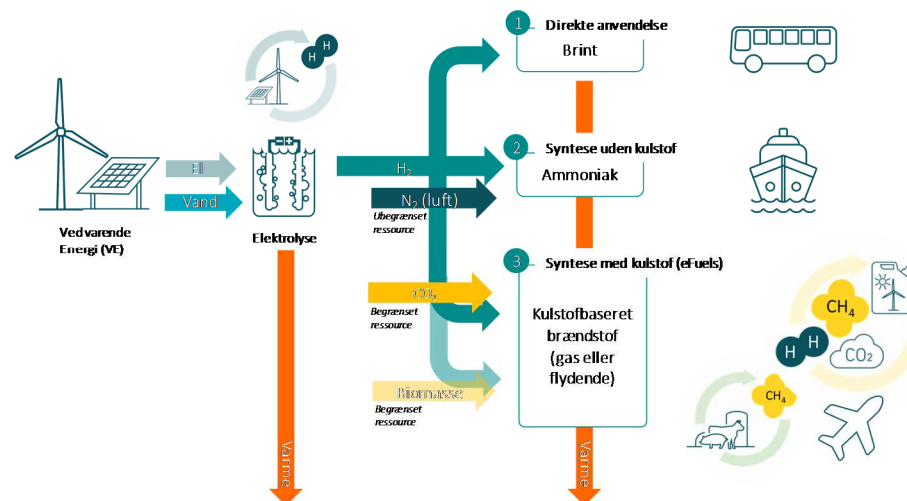
Et første marked for brintproduktion i Danmark er derfor umiddelbart begrænset til flådekøretøjer på ren brint (busser, skraldebiler osv.) og PtX-forædlingsindustri, hvor der produceres brændsler, som kan indgå som direkte erstatning for fossile brændsler i dag. Det kan fx være eFuel-erstatninger for benzin, diesel og jetfuel. Enten rent eller til opfyldelse af iblandingskrav.

Produktion af eFuels vil kunne finde sted, inden der eksisterer en international brintinfrastruktur. Der synes især at tegne sig nogle første nicher for eFuels til fly, da her er en stor interesse og betalingsvillighed. Adgang til kavernelagring kan dog tænkes at forbedre økonomien i sådanne anlæg. Det bør prioriteres at sikre, at PtX-forædlingsindustrien samles i zoner, så senere omkostninger til infrastruktur ikke vokser unødigt.

Når behovet til fx eFuels tillader en brintinfrastruktur, vil værdikæder kunne optimeres via bl.a. muligheden for kavernelagring. Denne infrastruktur bør i det omfang, økonomien tillader det, lægges i nærheden af industri, så der kan skabes mulighed for, at dansk forbrug til fx høj procesvarme eller andre kemiske processer kan benytte brint direkte, så biogassen frigives til brug som byggesten i PtX-produktion. Det giver yderligere mulighed for at tiltrække mere PtX-industri samt evt. proces/kemi-industri, der har behov for større mængder brint.

Den overordnede driver for efterspørgsel af og højere priser for grønne brændstoffer

- Regulering, herunder EU-regulering, om fx iblandingskrav af grønt brændstof i fossilt brændstof, skaber et marked og en vilje hos kommercielle aktører til at betale en merpris for grønne energiprodukter.
- Forventningen om yderligere regulering og yderligere skærpede krav til CO₂-udledning skaber en forventning om yderligere efterspørgsel efter grønne energiprodukter. Denne forventning skaber en stor aktivitet, når mange aktører går i gang med at forberede sig på dette.



Der er tre overordnede anvendelsesmuligheder for grøn brint

- Direkte anvendelse af brint, fx brændstof til lokal transport, busser mv., procesindustri, stålproduktion, kemisk produktion, evt. boligopvarmning i Tyskland og Holland.
- Grønt brændstof i form af ammoniak til stort energiforbrug, hvor kulstof er en begrænsende faktor, fx skibsfart, kemisk produktion, gødningsproduktion.
- Grønt brændstof, hvor kulstofbaserede brændstoffer er særligt velegnede; fx brændstof, specielt flybrændstof, kemisk produktion og industri.

GRØN VÆRDI

Samfundsmæssigt bidrager PtX via sektorkoblinger med grøn værdi via drivhusgasreduktioner i de svære sektorer transport, landbrug, og industri samt i den mere tilgængelige og store varmesektor.

Markedsmæssigt er værdien af grøn brint afgørende for at sikre grønne forretningsmodeller. Grønne brændsler er dyrere end fossile brændsler med billige CO₂-kvoter og med små eller ingen CO₂-afgifter. Producenter af grønne brændsler har behov for en merindtægt ud over den "ækvivalente fossile energi". Den merindtægt kan komme fra højere betalingsvillighed for et grønt fremfor et sort produkt. Den grønne værdi er reel: I dag er værdien af grøn metanol fx det dobbelte af den fossile værdi. Merværdien for grønne produkter skabes bl.a. af de reguleringsmæssige krav om iblanding af grønt brændstof samt en forventning hos store aktører om yderligere regulering fremover.

Hvorvidt et energiprodukt er grønt, er defineret i EU's nye VE-direktiv (RED II). Såfremt energien skal anvendes i transportsektoren, stiller RED II yderligere krav for at sikre, at den anvendte strøm til elektrolyse også de facto er grøn.

Det må forventes, at der er en højere betalingsvillighed for brint, der er dokumenteret grønt til anvendelse i transportsektoren, hvorfor det vil være essentielt for en positiv business case, at brinten kan dokumenteres grøn til transportsektoren for at opnå maksimal grøn værdi.

Der findes i REDII tre veje til at dokumentere, at brint til transportprodukter er grønne. I en dansk kontekst er især de to første veje specielt interessante:

1) I forhold til landingzones kan der være mulighed for at producere 100 pct. grøn strøm ud fra en opstrømsmodel. Selvom strøm fra en vindpark uden bagvedliggende interconnectorer klart er fysisk grøn, er det ikke uden udfordringer reguleringsmæssigt, da krav om additionalitet fx betyder, at møller skal opføres efter elektrolyseenhederne, hvilket er svært at forestille sig i praksis.

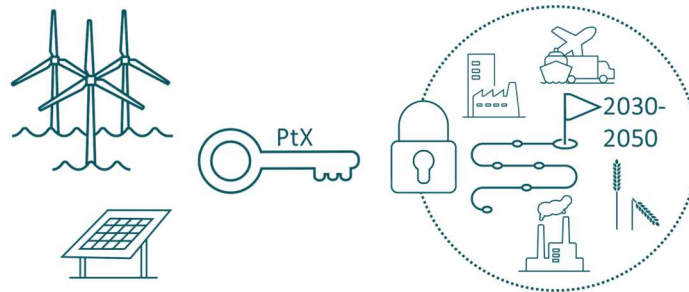
2) I forhold til distribueret PtX er det mest oplagte en løsning baseret på, at der kan dokumenteres tidsmæssig og geografisk sammenhæng mellem strømproduktion fra en VE-kilde samt forbruget i en elektrolyseenhed. I en Energinet-kontekst er en sådan løsning realiserbar via de data, der bl.a. findes i DataHubben. Løsningen er udfordret af, at Europa-Kommissionen kan vente til den 31. december 2021 med at vedtage en 'delegated act', som præciserer, hvordan krav skal efterleves.

I Energinet køres p.t. et sprint i Digitalisering 'Project Green Coin', som har til formål at demonstrere, at der kan laves en løsning, der understøtter de krav, der udlægges i RED II. Det setup, der testes i Energinet i dag, er mere restriktivt end forventningen til en 'delegated act' fra Europa-Kommissionen i 2022.

3) Den tredje og sidste vej kan betegnes som en "fallback-løsning": En elnetforbunden elektrolyseenhed kan producere grøn brint med en procentdel defineret af RES-E to år forinden. I Danmarks tilfælde var RES-E 60,4 pct. i 2017, hvilket betyder, at et elektrolyseanlæg koblet til elnettet i 2019 producerer 60,4 pct. grøn brint og 39,6 pct. ikkegrøn brint. Løsningen udhuler en business case for en PtX-producent grundet lav effektivitet, og det bemærkes ligeledes at modellen ikke skaber sammenhæng mellem elproduktion og forbrug, hvorfor den ikke sikrer en egentlig sektorkobling med synergi. Med denne løsning vil der rent fysisk være både grøn og ikkegrøn brint i et net; vil dette have betydning for markedsværdien af brinten? Det gode ved løsningen er, at Danmark allerede i dag har en komparativ fordel, og at den er tilgængelig uden udfordringer allerede i dag.

Ud over at tænke data og digitalisering ind i forhold til certificeringer vil der være en grøn markedsværdi i, at mange data bliver tilgængelige, så markedet kan anvende detaljerede geografiske energidata til at dokumentere grønne værdikæder og andre produkter over for slutkunder.

PtX giver grøn værdi til...



samfundet

og



markedet

TRANSPORT AF ENERGI

– PRIS FOR KAPACITET OG VALG AF ENERGIBÆRER

PtX og havvind i stor skala vil betyde, at kravene til det samlede energisystem vil blive kraftigt forøget. Der tales om elektriske effekter af ny havvind, der på sigt er i 10 GW-klassen; dvs. væsentligt større end den *samlede maksimalbelastning* i det danske elsystem.

Såfremt storskala havvind og PtX på vilkårlige placeringer skal indpasses i elnettet med udbygning af AC-nettet, vil der dermed ikke blive tale om en gradvis og langsom ændring af elsystemet. Der vil i stedet formentlig blive tale om meget store trinvisse udvidelser og med et langsigtet behov for flere 400 kV-luftledningssystemer – eller andre eltransmissionsanlæg med en tilsvarende kapacitet – imellem netttilslutning af havvind og store forbrugssteder.

I forbindelse med PtX skal elektrisk energi under alle omstændigheder konverteres til brint. Det er derfor naturligt at overveje, om energien – efter ilandføringen fra havvindmølleparker – skal transporteres videre som elektricitet eller som brint.

De forskellige muligheder for transport af store mængder energi har vidt forskellige tekniske egenskaber og vidt forskellige enhedspriser (mio. DKK/GW/km), jf. tabel nedenfor.

Løsninger med AC-net – luftledninger såvel som kabler – vil medføre behov for redundante forbindelser for at sikre forsynings sikkerheden, hvis man skal undgå de typiske flaskehalsproblemer i elnettet. De landskabelige påvirkninger vil være betydelige, uanset om der skal ses på kabel- eller luftledningsløsninger, og det er erfaringsmæssigt meget vanskeligt at opnå tilladelser og offentlig accept af disse

anlæg.

Transport i brintrør har en væsentligt lavere enhedsomkostning. Denne forskel er forårsaget af den meget store energitæthed i brint. Enhedsomkostningen er faktisk så meget lavere, at det er billigere at etablere et stort brintrør med op til 10 GW kapacitet end at etablere en enkelt ny 2 * 400 kV-luftledning eller en enkelt HVDC-forbindelse – som endda vil have væsentligt lavere kapacitet. Det betyder, at det kan være fordelagtigt at gå efter en brintløsning, selv hvis der ikke er brug for hele kapaciteten fra begyndelsen, hvis blot der er behov for en del af kapaciteten.

Brintinfrastruktur giver samtidig nogle yderligere muligheder.

- Det vil blive muligt at koble Danmark til en europæisk brintinfrastruktur, når eller hvis det bliver opbygget i Tyskland og Holland.
- Det vil blive muligt at forbinde elektrolyseanlæg til et dansk brintlager, hvilket vil give mulighed for fleksibilitet imellem brintproduktion baseret på VE og brintforbrug til videre processer.

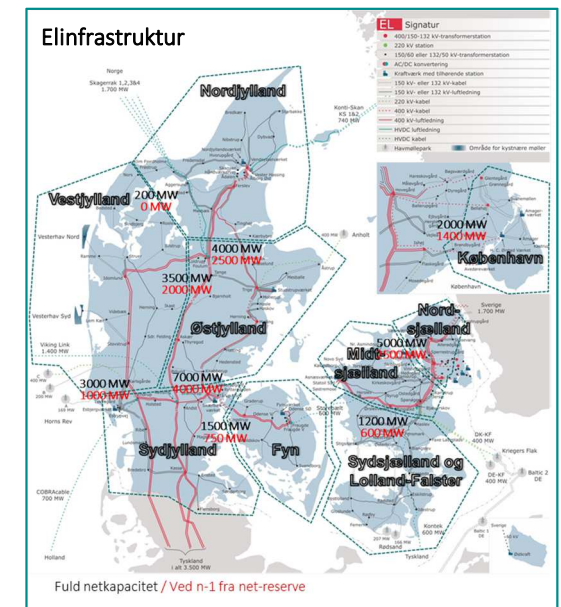
Da PtX og havvind i stor skala netop indebærer effekter i GW-klassen, skal det derfor på et tidspunkt træffes en overordnet beslutning om, i hvilken form de store mængder energi skal transporteres rundt i det samlede energisystem.

Ovenstående betragtninger viser, at det er oplagt at afdække mulighederne for at anvende brint som primær energibærer fremfor store udvidelser af det eksisterende AC-net på land, og hvordan det kan tænkes sammen med mulighederne for at omforme energien fra en form til en anden.

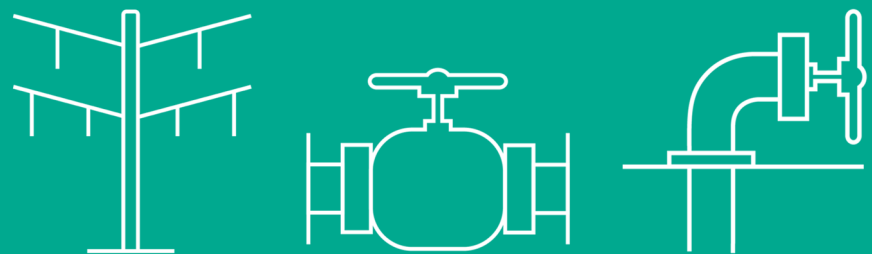
Anlægstype	Effekt (GW)	Enhedspris (mio. DKK/GW/km)
HVDC (150 km inkl. konvertere)	2	29,1
150 kV-jordkabel	0,26	9,6
Luftledninger 2*400 kV	2 * 1,9	4,3
Brintrør 36"	10	1,4



versus



UDDYBNING AF HANDLINGSPLANEN



DE FIRE VIGTIGSTE BRIKKER

Det vurderes, at disse fire indsatsområder er de vigtigste at forholde sig til, såfremt Energinet skal understøtte en implementering af strategien om PtX og havvind.



Indfødningszoner

- En "buffer- og konverterings-zone" mellem storskala indfødnings af vind (eller sol) og det kollektive AC-net.
- Indeholder som minimum elektrolyse, men kan også indeholde lokal PtX-forædlingsindustri, hvis ikke der er infrastruktur til at transportere den rå brint videre.
- Er forventeligt enklere og hurtigere at implementere (også som sandbox) end et fuldt PtX-kompatibelt markedsdesign.



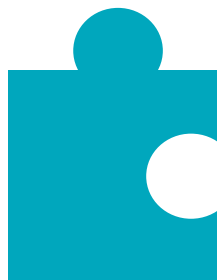
Brintinfrastruktur

- Kan åbne for øgede afsætningsmuligheder for brint – både som slut- og mellemprodukt – og både nationalt og internationalt.
- I stedet for at se brintinfrastruktur som noget, der kan komme, når PtX har nået en vis skala, kan brintinfrastruktur også ses som en enabler for storskala elektrolyse og PtX.



Distribueret PtX

- PtX-anlæg uden for indfødningszoner.
- Det brede fundament for udvikling og opskalering samt lokalt samspil med distribuerede ressourcer; specielt kulstofkilder.



Grøn værdi

- Merværdien for grønne produkter skabes bl.a. af de reguleringsmæssige krav om iblanding af grønt brændstof mv. Den "grønne værdi" skal fastholdes hele vejen igennem energisystemet, når energi blandes, transporteres, lagres og omformes fra en energiform til en anden.



INDFØDNINGSZONER

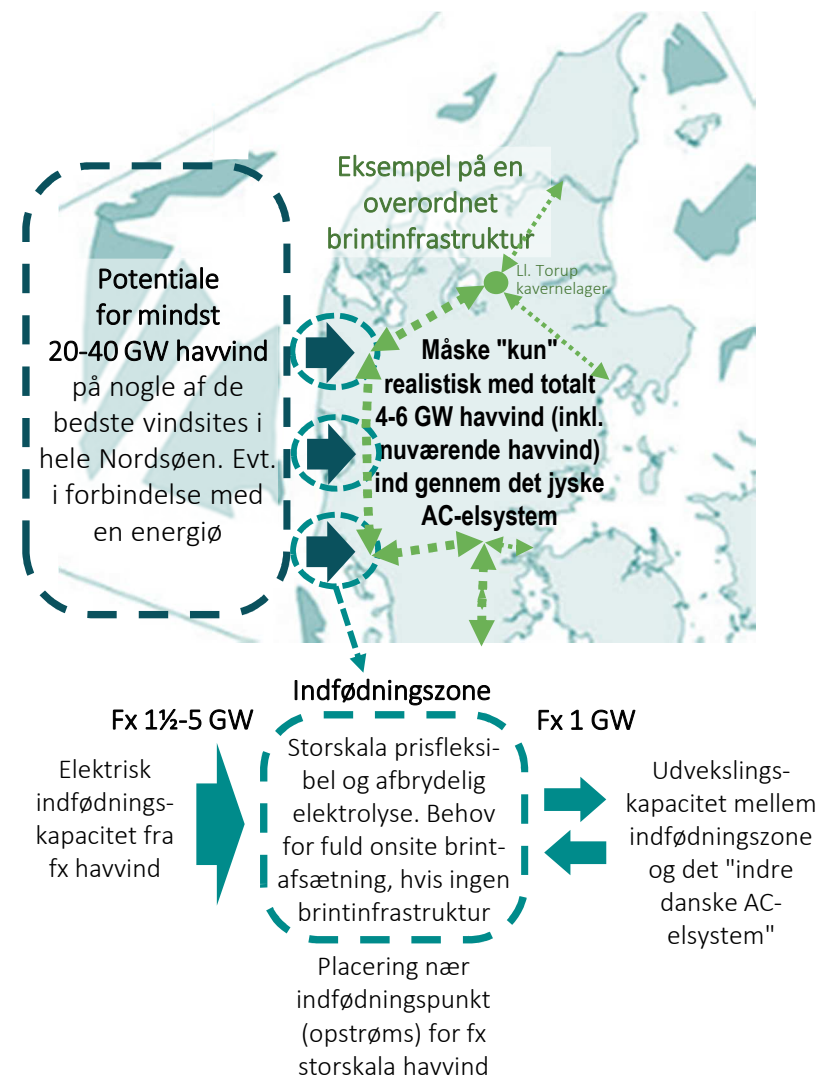
Begrebet indfødningszone er i en udviklingsfase, hvorfor der her kun kan gives en foreløbig beskrivelse af konceptet. En mulig definition på en indfødningszone kan være, at det er et afgrænset område, der elektrisk ligger placeret opstrøms fra en betydelig indfødnings af fluktuerende, vedvarende elproduktion (vind og sol) som en "buffer" mellem storskala VE-elproduktion og "det indre danske AC-elsystem". Zonen er kendetegnet ved, at den vil have en større VE-indfødningskapacitet end den designede udvekslingskapacitet med resten af elnettet. I zonen er der et betydeligt prisfleksibelt/afbrydeligt sektorkoblet elforbrug – her som udgangspunkt elektrolyse – der muliggør nyttiggørelse gennem konvertering af den elektriske VE-indfødnings – også i perioder, hvor indfødnings overstiger den designede udvekslingskapacitet med resten af det kollektive elnet. Det overordnede koncept om indfødningszone er illustreret i nederste del af figuren til højre.

Konceptet er tænkt som et muligt værktøj til også på kortere sigt driftssikkert at kunne integrere større mængder vind og sol i det danske energisystem, end det kollektive elnet realistisk/økonomisk kan udbygges til. Når indfødningszonen samtidig kombineres med elektrolyse/PtX, giver det ligeledes mulighed at medvirke til dekarbonisering af "de svære" sektorer som transport og industri i både Danmark og EU, hvilket er det helt overordnede argument for PtX.

Ved at elektrolysekonverteringen sker i en indfødningszone tæt på VE-kilden, reducerer man behovet for elinfrastruktur og hjælper aktørerne til at bevare den grønne værdi af den producerede brint – både i forhold til det reviderede VE-direktiv (RED II) og i forhold til slutkunden, der ønsker et skudsikkert og enkelt forklarligt grønt produkt. I langt størstedelen af den tid, hvor strømmen er billig nok til, at elektrolysen kører, vil den komme opstrøms – fra konkrete VE-kilder. Grønne elektroner til grønne molekyler.

En væsentlig udfordring for storskala elektrolyse/PtX er, hvordan afsætningsmuligheden for brint (som mellem- eller slutprodukt) sikres. Brint er besværlig og dyr at lagre og transportere i mindre mængder (tryktanke). Det kan således være en markant "hønen-og-ægget"-problematik at skulle etablere/sikre et lokalt storskala brintforbrug, der matcher den løbende produktion af brint fra elektrolysen i indfødningszonen. Til storskala fluktuerende brintproduktion synes kavernelagre og rørinfrastruktur af være en markant mere effektiv og billigere løsning. Et kavernelager kan sikre en billig brintbuffer, der kan udjævne tidsmæssige forskelle mellem produktion og forbrug af brint. En rørinfrastruktur kan billigt og effektivt forbinde indfødningszoner med kavernelager og potentielle brintforbrugssteder (fx PtX-forædlingsindustri) – og evt. med en overordnet international brintinfrastruktur, som, jf. udmeldinger fra vore nabolande, måske ikke ligger så langt ude i fremtiden. Se figur til højre for en eventuel overordnet brintinfrastruktur i Jylland.

Hvis der ikke er brintinfrastruktur til stede fra start, vil nærhed til gasnet og/eller CO₂-kilder være vigtigt for at understøtte lokal brintefterspørgsel til fx PtX-forædlingsindustri, der opgraderer brint til karbonbaserede brændsler. Nærhed mellem indfødningszone og fjernvarmeforbrug vil desuden kunne nyttiggøre overskudsvarme fra elektrolyse og lokale PtX-forædlingsprocesser.

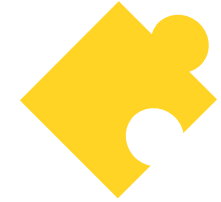




AKTIONER – INDFØDNINGSZONER

For at understøtte udvikling i Danmark af storskala havvind og storskala PtX-anlæg i indfødningszoner bør følgende initiativer gennemføres:

Initiativ	Bemærkninger	Mål/leverance	Aktionsejer - internt	Samarbejds-partnere - eksternt
Udarbejde koncept for indfødningszoner - Definition af indfødningszone - Markedsmodel for aktører (producenter og evt. forbrugere) i indfødningszoner. - Tekniske krav til samspil imellem indfødningszoner og omkringliggende kollektivt elforsyningsnet. - Regulering og rammevilkår; herunder tarifiering, for aktører internt i indfødningszone.	Dette er reelt flere tæt koblede delopgaver. Begrebet indfødningszone er i en udviklingsfase, hvorfor der på nuværende tidspunkt kun kan gives en foreløbig beskrivelse af delopgaverne på overskriftsniveau. Koncepter kan være forskellige, afhængigt af om der er mulighed for afsætning via brintinfrastruktur, eller om produceret brint skal bruges lokalt i takt med produktionen. Ved udarbejdelse af koncepter for indfødningszoner skal der være fokus på både implementerbarhed og kostbaseret incitamentstruktur for aktører i zonen (producenter såvel som forbrugere), som både gør det attraktivt at befinde sig i zonen, samtidig med at zonen skal være godt indpasset i elsystemet.	Udarbejde konkrete koncepter for indfødningszone-modeller. Koncepterne skal indeholde vurdering af implementerbarhed i forhold til regulering, systemdrift, energipolitisk kompatibilitet samt forslag til rammevilkår/tilslutningsprincipper.	Elsystemansvar, Gas TSO.	Input fra projektpartnere i PtX-projekter, hvor Energinet deltager; Energistyrelsen.
Monitorering og koordinering imellem indfødningszoner, brintinfrastruktur og brintefterspørgsel. <i>Initiativet har stort overlap med "afklaring af behov for brintinfrastruktur" under brintinfrastruktur – og skal ske i tæt koordination hermed.</i>	Det skal afdækkes, i hvilken grad brintinfrastruktur er en forudsætning for etablering af elektrolyse/PtX i større skala i Danmark. I hvilken udstrækning er aktørerne klar til at etablere elektrolyse med og uden brintinfrastruktur – og hvor der kan forventes efterspørgsel med og uden brintinfrastruktur?	En indikativ markedsvurdering af potentiale for elektrolyse og brintforbrug i Danmark (eller til eksport) med og uden brintinfrastruktur.	Elsystemansvar, Gas TSO, Gas Storage Denmark.	Et bredt spekter af (potentielle) kommercielle elektrolyse/PtX-aktører i Danmark; Energistyrelsen.
Identificere mulige placeringer af de første indfødningszoner (i forlængelse af forrige initiativ).	Elektrolyse (og evt. følgeindustri) i en indfødningszone har en lang række potentielle værdistrømme – og omkostninger – som skal ses samlet for at kunne vurdere værdien ved forskellige placeringer. Energinet har primært fokus på de el- og gastekniske/økonomiske elementer. Men også varmegrundlag; geologiske muligheder; lokal/kommunal forankring; aktørværdi/-interesse skal tages med i en sådan helhedsvurdering.	Geografisk identificering af mulige initiale indfødnings-zoner (og evt. separate zoner til PtX-forædlings-industri givet brintinfrastruktur). Skal kunne fungere som konkret indspil til videre dialog om (placering af) storskala elektrolyse/PtX i Danmark.	Elsystemansvar, Gas TSO.	Inddragelse af en lang række potentielle offentlige og private interessenter inden for PtX i Danmark.
Fastholdelse af den grønne værdi i energien, så der kan produceres grøn brint, som kan anvendes til transport og iblanding mm., bl.a. iht. REDII.	Det vil være vigtigt for mange PtX-anlægs forretningsgrundlag, at al den producerede brint er 100 pct. grøn og kan anvendes som sådan i alle sammenhænge. Der kan være særlige forhold for dette; rent certificeringsmæssigt, hvis der er tale om indfødningszoner med tilslutning til brintinfrastruktur.	Initiativet håndteres under <i>Grøn værdi</i> .	Koncernstab, Elsystemansvar Gas TSO.	Energistyrelsen og Departementet.



BRINTINFRASTRUKTUR

Ved brintinfrastruktur forstås gasrør og gaslagre til transport og lagring af ren brint. Fra et infrastrukturperspektiv kan det give god mening at omdanne strøm til molekyler, som kan håndteres i gasinfrastruktur. Molekyler har høj energidensitet, som gør det markant nemmere og billigere at transportere og lagre store mængder energi. Intelligent integreret brintinfrastruktur kan derfor reducere behovet for ny elinfrastruktur.

I forhold til indfødningszone-konceptet er det relevant at afdække mulighederne for rørbinden transport af ren brint i kombination med gaslagre. I Danmark er der i dag ikke en industri, som er klar til at aftage brint i en skala, som kan bære investeringen i infrastruktur. For at det bliver relevant at bygge infrastruktur til transport og lagring af ren brint, skal der derfor etableres nye forbrugsområder inden for transport, raffinaderier og i særdeleshed produktion af flydende brændsler.

Alternativet til at begynde med brintinfrastruktur, der kan forsyne en dansk brintindustri, er, at der bygges eksportforbindelser til Tyskland og Holland. Fordelen ved denne løsning er, at der er sikre afsætningsmuligheder i den eksisterende brintforbrugende industri i

disse lande. Dette vil også medføre eksport af forbrugsfleksibilitet takket være dansk lagring.

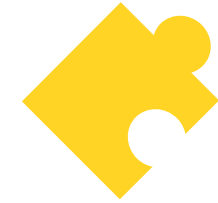
I begge tilfælde er der dog et grundlæggende "hønen-og-ægget-dilemma" ift., hvem der skal bygge og eje brintinfrastrukturen, i hvilken skala det skal bygges og under hvilke forudsætninger. Hvis ikke dette dilemma adresseres, kan det betyde, at PtX-udviklingen i Danmark bliver forsinket eller i værste fald aldrig kommer i gang.

Energinets PtX-handlingsplan vil kigge på tekniske muligheder og begrænsninger i de to muligheder, som der er for etablering af brintinfrastruktur i Danmark: 1) konvertering af dele af det eksisterende naturgasnet til transport af brint og 2) etablering af dedikeret ny brintinfrastruktur.

I det tilfælde, at der etableres brintinfrastruktur i Danmark, kan det betyde, at Energinets rolle vil blive udvidet fra ejerskab og drift af el og naturgasinfrastruktur til også at omfatte brintinfrastruktur.



AKTIONER – BRINTINFRASTRUKTUR



Initiativ	Bemærkninger	Mål/leverance	Aktionsejer - internt	Samarbejds-partner - eksternt
Energinet vil arbejde på at afklare behovet for brintinfrastruktur (rør og lager). Det indebærer bl.a. at opstille scenarier for brintforbrug i Danmark med og uden adgang til brintinfrastruktur. <i>Initiativet har stort overlap med indfødningszoner – og skal ske i tæt koordination hermed.</i>	Det er vanskeligt at forestille sig, at produktion og forbrug af brint i sådanne mængder, optimalt kan ske samtidigt på samme lokation. Med andre ord, er det forventeligt, at der bliver behov for både transport og lagring af brint i et Danmark, som realiserer sine klimaambitioner i 2030.	- Energinet skal gå ind i partnerskaber med andre potentielle aktører i PtX-værdikæder med henblik på at udvikle scenarier for, hvornår og i hvilket omfang der bliver behov for brintinfrastruktur. - Energinet skal bruge disse scenarier som input til analyseforudsætningerne.	Elsystemansvar, Gas TSO, Gas Storage Denmark.	Kommercielle aktører: fx Ørsted, Vestas, Siemens Haldor Topsøe, den danske søfartsindustri m.fl. Departementet, Energistyrelsen.
Energinet vil afklare, hvordan brintinfrastruktur bør reguleres. For at forstå Energinets rolle vil vi i dialog med ejer definere kriterier for, hvornår brintinfrastruktur bør reguleres og pålægges tredjepartsadgang.	Det er ikke givet på forhånd, at Energinet er den naturlige ejer af brintinfrastruktur. P.t. er der ingen hjemmel i 'lov om Energinet'. Ved at opstille kriterier for brintinfrastrukturejerskab kan der bedre argumenteres for, hvornår Energinet kan skabe værdi som ejer af brintinfrastruktur.	Energinet skal sammen med ejer have opstillet kriterier for, hvornår brintinfrastruktur bør reguleres som et naturligt monopol for at tydeliggøre Energinets potentielle rolle.	Koncernstab, Gas TSO, Gas Storage Denmark.	Departementet, Energistyrelsen, med input fra et bredt spekter af aktører i Danmark.
Energinet skal følge udviklingen i vores nabolande tæt, særligt planer om brintinfrastruktur i Tyskland og Holland.	Energinet er nødt til at forholde sig til de regionale og globale tendenser for brint og PtX for at forstå, hvilke værdikæder der kan opstå i og uden for Danmarks grænser. Hertil opnå mere viden om, hvordan infrastrukturen skal tilpasses for at understøtte nye værdikæder og fremme udviklingen på brint	Energinet skal indgå i partnerskaber med tyske og hollandske el- og gas-TSO'er for at følge og forstå udviklingen syd for grænsen.	Gas TSO, Gas Storage Denmark, Elsystemansvar.	Udenlandske TSO'er Interessefællesskaber såsom 'Gas for Climate'.
Det skal afklares, hvilke muligheder og tekniske begrænsninger der er med at ombygge dele af den eksisterende danske gasinfrastruktur til brint vs. at bygge ny brintinfrastruktur.	I dag findes der ikke dansk sikkerhedsregulering for brintinfrastruktur. Det vil tage tid at få på plads og kan derfor med fordel startes op, inden behovet opstår.	- Energinet skal udvikle konceptuelle tekniske løsningsmodeller for at etablere brintinfrastruktur med henblik på at få omkostningsestimater for forskellige løsninger. - Energinet skal sammen med relevante myndigheder forberede de sikkerhedsmæssige foranstaltninger ifm. etablering af brintinfrastruktur.	Gas TSO, Gas Storage Denmark.	Sikkerhedsstyrelsen/ Energistyrelsen.



PTX UDEN FOR INDFØDNINGSZONER – "DISTRIBUERET PTX"

Definitionen af *Distribueret PtX* er først og fremmest PtX-anlæg, som ikke ligger i en *Indfødningszone*. Dette omfatter derfor bl.a. (men ikke udelukkende) anlæg, som ligger placeret langt fra store indfødningspunkter og således anlæg i MW snarere end GW-skala. Grænsen for, hvad der er *Distribueret PtX*, flyttes således med definitionen af *indfødningszoner*.

Disse anlæg må formodes at kunne ligge næsten alle steder i landet og i alle størrelser, fra hundreder af kW til hundreder af MW, og vil således have meget forskellige forretningsgrundlag.

Strategien for Distribueret PtX skal søge at gøre det attraktivt at etablere PtX-anlæg i alle størrelser samt gøre det muligt for anlægget at udnytte alle de værdistrømme, som det skaber – herunder ikke kun brintproduktionen, med også produktion af varme, balancering af elnettet, optimering af både op- og nedstrømsinfrastruktur, reduktion af klimabelastningen fra CO₂-udledere ved at muliggøre genanvendelsen af kulstoffet mv.

Distribueret PtX har den unikke fordel, at det kan balancere lokale elnet, levere de samme systemydelser som udlandsforbindelser, kraftværker mm. og producere brint mv. lokalt og på den måde udbrede brint til større områder på kortere tid og til lavere pris, end PtX i få centrale indfødningszoner som kræver landsdækkende infrastruktur for at nå alle områder. Med Distribueret PtX kan mindre delnet til transport af brint opstå uafhængigt af hinanden og på den måde skabe et mere dynamisk og mere markedsdrevet grundlag for produktion og forbrug.

Der er allerede adskillige PtX-projekter i drift rundt omkring i landet, fx BioCat Roslev, HyBalance (på billedet herunder), Power2Met og det voksende netværk af brinttankstationer, som producerer brinten on site vha. grøn strøm og elektrolyse (GreenHydrogen/Nel/Danish Hydrogen Fuel/ Copenhagen Hydrogen Network). Der er desuden et antal PtX-projekter i pipeline forskellige steder i landet, som Energinet har kendskab til uden at være involveret i dem. Disse nye projekters økonomiske bæredygtighed vil afhænge af deres rammebetingelser, hvor de økonomiske vilkår ift. det kollektive elforsyningsnet er specielt vigtige.



HyBalance i Hobro, hybalance.eu



AKTIONER – DISTRIBUTUERET PTX

For at forbedre forretningsgrundlaget for PtX-anlæg, som falder i denne kategori, bør følgende initiativer gennemføres:

Initiativ	Bemærkninger	Mål/leverance	Aktionsejer - internt	Samarbejds- partner - eksternt
Undersøge mulighederne for at indføre mere fleksible netprodukter/kostægte tariffer, så den faktiske systemværdi og – omkostning ved etablering og drift af et konkret anlæg afspejles i betalingen for at anvende nettet. Initiativet hænger tæt sammen med og bygger ovenpå arbejdet i det eksisterende tarifprojekt.	Der pågår allerede arbejde om tarifferne og netprodukter, og disse projekter er på vej til at tage et solidt skridt på vejen mod bedre vilkår for PtX. Men der er behov for at fortsætte undersøgelserne, om endnu større fleksibilitet i både adgangen til nettet og en dertil hørende lavere betaling for at anvende nettet samlet set er hensigtsmæssige for at bidrage til en endnu større udbredelse af PtX. Dette bør undersøges både for anlæg i eltransmissionsnettet og for anlæg i eldistributionsnettet, hvor mange af disse anlæg netop må forventes tilsluttet.	Analyser af, hvordan forretningsgrundlag og barrierer for PtX-anlæg påvirkes af forskellige grader af fleksibilitet i netadgang og betaling. Analyser vedr. muligheden for at indføre mere fleksible produkter med tilhørende fleksibel betaling; også for kunder i DSO-net.	Elsystemansvar.	Aktører, som arbejder aktivt med PtX-planer, som fx Ørsted, Mærsk, Nel og Københavns lufthavn. Dansk Energi Net, Distributions-selskaberne.
Fastholdelse af den grønne værdi i energien, så der kan produceres grøn brint, som kan anvendes til transport og iblanding mm., bl.a. iht. REDII.	Det vil være vigtigt for mange PtX-anlægs forretningsgrundlag, at al den producerede brint er 100 pct. grøn og kan anvendes som sådan i alle sammenhænge – hvilket i dag kun er muligt (ift. REDII) med offgrid-løsninger.	Initiativet håndteres under <i>Grøn værdi</i> .	Koncernstab, Elsystemansvar, Gas TSO.	Aktører, som arbejder aktivt med PtX planer, som fx Ørsted, Mærsk, Nel og Københavns lufthavn, Energistyrelsen og Departementet.
Energinet bør arbejde på, at der etableres en national kulstofstrategi mhp. at minimere mængden af kulstof, som ikke anvendes til produktion af e-fuels, da netop mængden af kulstof vil blive en begrænsende parameter i fremtiden.	Der kan fx etableres incitamentsordninger for PtX-anlæg, som kan (gen)anvende kulstofkilder, som ellers er vanskelige at anvende. Et andet kraftfuldt tiltag er at indlemme biogas produceret på halm i støttereget, hvilket vil øge den tilgængelige kulstofmængde markant. Derudover er det oplagt for en kulstofstrategi at forholde sig til kulstoflagring (som buffer mellem produktion/capture og forbrug, CCUS) samt permanent deponering (CCS).	At begynde dialogen med Energistyrelsen om behovet for og betydningen af en sådan strategi for opnåelsen af målet om 70 pct. CO ₂ -reduktion.	Koncernstab, evt. med bidrag fra Elsystemansvar.	Aktører, som arbejder aktivt med PtX planer, som fx Ørsted, Mærsk, Nel og Københavns lufthavn, Energistyrelsen og Departementet.



MAKSIMERING AF BRINTENS VÆRDI GENNEM GRØN CERTIFICERING

Værdien af brint afhænger af den påtænkte anvendelse. Ud over anvendelsen i procesindustri tegner der sig for øjeblikket tre potentielle anvendelser.

For det første kan brint via PtX bruges til at dekarbonisere ellers vanskelige sektorer såsom dele af industrien og den tunge transport. Et første skridt i denne sektorkoblingsvej kan være at danne basis for produktion af biobrændstoffer til opfyldelse af transportsektorens iblandingskrav på biobrændstof (RED II). I forhold til iblandingskravet er en oprindelsesgaranti eller en grøn certificering et krav.

For det andet kan brint og brintproduktion ses som en understøttelse af elsektorens fleksibilitets- og lagringsbehov. Denne anvendelse indbefatter også en vis grad af sektorkobling, da energilagring i større omfang betyder konvertering til andre energiformer. Og i forhold til de politiske mål for el- og varmesektorernes CO₂-reduktion og klimamålene er en grøn certificering en oplagt værdiskabende foranstaltning.

For det tredje er der på kortere sigt mulighed for eksport af brint til fx Tyskland, der p.t. har et større marked for brint end Danmark. I de eksisterende markeder i udlandet er grøn brint mere værd end fossil brint.

I alle anvendelser af forøget brintproduktion eller PtX vil værdien af brinten være størst, hvis oprindelsen i 100 pct. vedvarende energi dokumenteres. Uanset om det handler om det nationale klimaregnskab eller handelsværdien i udlandet, vil en grøn certificering af den medgående el til brintproduktionen fungere som fødselshjælper for investeringer i udbygningen. Og derfor er det vigtigt, at de danske myndigheder forbereder sig på at indføre en grøn certificering som en del af rammevilkårene for en kommende opstart af brintindustri i Danmark.

Den grønne værdi er afgørende for den kommercielle levedygtighed for alle former for VE-baseret PtX-produktion. Dette gælder, uanset om der er tale om PtX-anlæg produceret i indfødningzoner, distribueret PtX eller brint, der transporteres og lagres i en brintinfrastruktur. Af hensyn til stabile og gennemsigelige rammevilkår for aktører og potentielle investorer i brintproduktion er det derfor vigtigt, at der tages fat på spørgsmål om grøn certificering eller oprindelsesgarantier upfront – altså nu.

På lidt længere sigt imødeses en afklaring af, hvilken rolle brint og biogasser skal spille på europæisk plan, og om der er basis for en egentlig grøn markedsmodel.



AKTIONER – GRØN VÆRDI



Initiativ	Bemærkninger	Mål/leverance	Aktionsejer - Internt	Samarbejds- partner - eksternt
Etablering af en grøn certificering for brint eller oprindelsesgaranti for den medgående VE-strøm ved elektrolyseproduktion af brint.	Hvad enten der etableres indfødningszoner eller distribuerede PtX-løsninger, bliver der behov for transport af energi. Hvis løsningen vurderes at være en rørført brintinfrastruktur, rejser det spørgsmålet om certificering af brinten i rørene. I tider med overskud af VE i det danske elsystem er al brintproduktion selvfølgelig grøn; men hvis der (fx på grund af proces-inerti) laves elektrolyse i situationer med mindre end 100 pct. VE i elsystemet, kan man forestille sig en proportional certificering ud fra den aktuelle el-deklaration. Samspillet med oprindelsesgarantiarbejdet er her essentielt – ikke mindst for at kunne realisere reel sektorkobling, hvor grøn brint kan konverteres til andre energibærere og anvendes i slutsektorer. Dokumentation af den grønne værdi bør udvikles på et digitalt fundament med basis i de fysiske forhold i nettene. Herved kan aktualisering og dokumentation af den (mer)værdiskabende grønne basis ske løbende og rutinemæssigt.	Sikre dialog og fremdrift i forhold til myndighed og ejers involvering i internationale aftaler og samarbejder på brintområdet.	Koncernstab, Elsystemansvar, Gas TSO.	Energistyrelsen og Departementet.
Afklaring af, om der er europæiske eller internationale mærkningsregler i farvandet, som kan standardisere certificering til fx transport og iblandingskrav i henhold til RED II.	Det kan være vigtigt for kommende PtX-anlægs forretningsgrundlag, at al den producerede brint er 100 pct. grøn og kan anvendes som sådan i alle sammenhænge – hvilket i dag kun er muligt med offgrid-løsninger. På længere sigt vil al strøm i det danske elsystem være 100 pct. VE, og dermed vil behovet for grøn certificering forsvinde til fordel for en "Made in Denmark"-garanti. I den mellemliggende periode er der forskellige muligheder, afhængigt af hvilken infrastruktur der udvikles. Fx kan det tænkes at være mest hensigtsmæssigt at deklarere den "sorte" brint, hvis majoriteten af brint i en dansk infrastruktur er grøn. I relation til RED II kan en proportional certificering ud fra den aktuelle eldeklaration være utilstrækkelig, da det bliver uklart, hvor grønt slutproduktet bliver. I år er det 64 pct. af de sidste to års elproduktion i Danmark, som er grøn, men bliver det så til 64 pct. grøn brint og 36 pct. sort? I så fald kan forretningsmodellen for brintproduktionen blive undermineret, da der vil blive "tvangsproduceret" 36 pct. sort brint med en lav værdi, som kan medføre tab for producenten. Eller kan nogle forbrugere bruge 100 pct. grøn strøm, mens andre bruger 100 pct. sort?	Sikre at kommende standarder og regulering i forhold til grøn værdi ved brint er kompatible eller i overensstemmelse med initiativer i vores nabolande og på fælleseuropæisk plan. Fx Holland og Tysklands energiministres joint declaration om Nordsøen og brintproduktion samt RED II.	Koncernstab, Elsystemansvar, Gas TSO.	Energistyrelsen og Departementet samt energipolitiske kredse.

KILDEHENVISNINGER

- **"Klima-KPI for Dansk Industri – muligheder og omkostninger ved drivhusgasreduktionstiltag frem imod 2030"** – Ea-afrapportering til Dansk Industri, Sept. 2019, <https://www.danskindustri.dk/arkiv/analyser/2019/9/e-a-energianalyse/>
- **"The Future of Hydrogen - Seizing today's opportunities"** – IEA-rapport , juni 2019, <https://webstore.iea.org/the-future-of-hydrogen>
- **"Hydrogen: The molecule to power a clean economy"** - Bloomberg New Energy Finance, Aug. 2019, [bloomberg.com/news/articles/2019-08-21/cost-of-hydrogen-from-renewables-to-plummet-next-decade-bnef 2019](https://www.bloomberg.com/news/articles/2019-08-21/cost-of-hydrogen-from-renewables-to-plummet-next-decade-bnef-2019)
- **"Infrastructure Outlook 2050"** - TenneT & Gasunie, 2019 https://www.tennet.eu/fileadmin/user_upload/Company/News/Dutch/2019/Infrastructure_Outlook_2050_appendices_190214.pdf
- **"Hydrogen: a renewable energy perspective"** - IRENA, Sept. 2019 <https://www.irena.org/publications/2019/Sep/Hydrogen-A-renewable-energy-perspective>

