



# Analyseforudsætninger til Energinet 2023 – PtX og DAC

Baggrundsnotat

**Kontor/afdeling**  
Systemanalyse og  
Innovation

**Dato**  
13. oktober 2023

**J nr.** 2023 – 2106

CHWO / BRP, SHO

## Indholdsfortegnelse

Udvikling af PtX frem mod 2050 .....	2
Metode og antagelser for PtX.....	3
Generelt .....	3
PtX-Pipeline .....	5
Energijøer .....	6
Overplanting af radial havvind .....	7
Yderligere udbygning .....	8
Slutprodukter fra produktion af PtX.....	9
Anvendelse af PtX-produkter .....	10
Udvikling af Direct Air Capture (DAC) frem mod 2050 .....	12
Metode og antagelser for DAC .....	13
Usikkerhed.....	13
Ændringer ift. AF22 .....	14
Bilag 1: Supplerende figurer .....	16
Bilag 2: Links til politiske aftaler og ordninger .....	17

### Energistyrelsen

Carsten Niebuhrs Gade 43  
1577 København V

T: +45 3392 6700  
E: ens@ens.dk

[www.ens.dk](http://www.ens.dk)



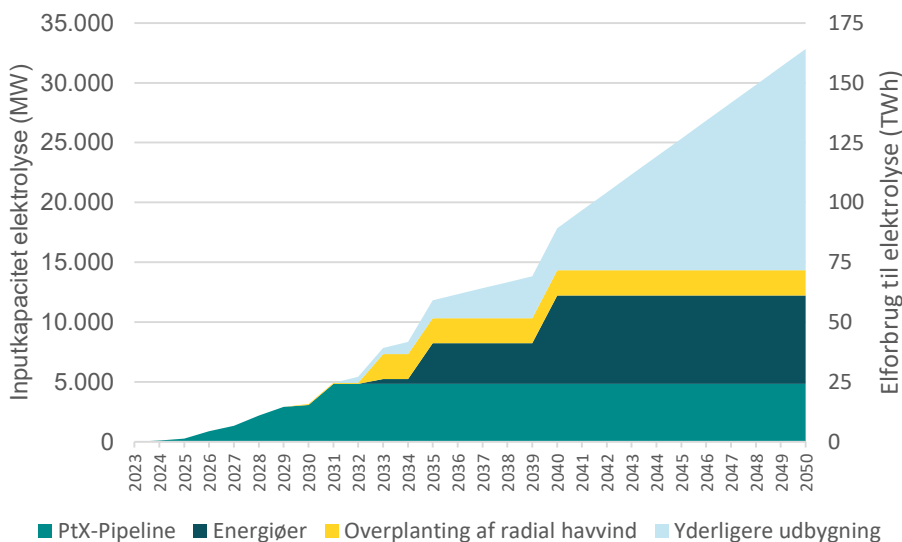
## Udvikling af PtX frem mod 2050

Figuren herunder viser den samlede udvikling i elektrolysekapacitet og elforbrug til elektrolyse. Elektrolysekapacitet er opgjort som inputkapacitet i AF23. Ved opgørelse af brintmængder skelnes der ikke imellem hvorvidt slutproduktet er brint eller andre PtX-produkter. Der præsenteres derimod den brintmængde som er produceret enten som mellemprodukt eller slutprodukt.

Fremskrivningen antager en stigning i hele perioden frem mod 2050. Det skyldes især målsætningen om 4-6 GW PtX i 2030, samt på lang sigt en antaget produktion til at imødekomme et indenrigsforbrug, der bidrager til målsætningen om klimaneutralitet, et antaget forbrug til udenlandsk transport gennem bunkring og som dækkes af indenlandsk produktion, og et yderligere eksportpotentiale af PtX-brændstoffer. Eksportpotentialet på lang sigt er beregningsteknisk bundet til det langsigtede ønske om at høste Danmarks havvindpotentiale med en antagelse om, at potentialet bliver anvendt til produktion af PtX.

AF23 er udarbejdet ud fra et fokus om langsigtet national selvforsyning, idet det forudsættes, at det indenlandske forbrug af bl.a. PtX-brændstoffer på årsniveau som minimum dækkes af hhv. el- og gasproduktion i Danmark.

De forskellige kategorier, der fremgår af figuren, beskrives nærmere i det følgende.



Figur 1: Samlet inputkapacitet og elforbrug til elektrolyse (MW og TWh), primo året. Al kapacitet og dens produktion eller forbrug, som antages etableret i løbet af et år medregnes med fuld kapacitet fra det efterfølgende år. Yderligere elforbrug til syntese af PtX-brændstoffer angives ikke, da denne andel er meget lille sammenlignet med elforbruget til elektrolyse og forventes at ligge inden for usikkerheden om antagelser for driftsmængden.



## Metode og antagelser for PtX

### Generelt

Fremskrivningen er opdelt i følgende fire kategorier:

- Ved **PtX-Pipeline** forstås et estimat af udbygning frem mod 2030 som følge af konkrete offentlige projektudmeldinger og som er konsistent med PtX-målsætningen om 4-6 GW elektrolysekapacitet i 2030.
- Ved **Energigøer** forstås PtX koblet til udbygningen af de to energigøer ved Bornholm og i Nordsøen.
- Ved **Overplanting af radial havvind** forstås mulig PtX-kapacitet knyttet til øvrig havvindudbygning med politiske aftaler og ud over PtX-kapacitet knyttet til energigøerne.
- Ved **Yderligere udbygning** forstås øvrig PtX-udbygning efter 2030 til at imødekomme for det første et indenrigsforbrug baseret på Energistyrelsens elscenarie til baggrund for Klimaprogrammet 2022 (KP22), som opfylder målsætningen om klimaneutralitet i 2045, for det andet en PtX-produktion der matcher et antaget forbrug fra international sø- og luftfart, der tankes i Danmark (såkaldt bunkering, herefter refereret til som udenlandsk transport), og for det tredje en antaget udbygning med elektrolyse til eksport, som følger udbygningen med havvind.

### Levetid

Der regnes med en levetid af PtX-anlæg på 30 år. Konkrete delkomponenter af PtX-anlæg, herunder fx såkaldte stakke af elektrolyseceller vurderes at have kortere levetider. Her antages disse komponenter løbende udskiftet gennem det samlede anlægs levetid. Da hele PtX-kapaciteten i fremskrivningen er ny PtX-kapacitet opstillet efter 2020, regnes der derfor ikke med nogen nedtagning af PtX-kapacitet i fremskrivningsperioden. Levetiden er overordnet baseret på antagelserne i Energistyrelsens Teknologikatalog.

### Fuldlasttimer

Udgangspunktet for produktion fra PtX koblet til det kollektive elnet er 5.000 fuldlasttimer svarende til niveauet i tidligere fremskrivninger. Fuldlasttimerne og driften af PtX-anlæggene vil i realiteten afhænge af adskillige faktorer, herunder elprissammensætning og øvrige udgifter til drift, samt investeringsomkostninger. I praksis må der forventes en betydelig spredning mellem de forskellige anlægstyper baseret på bl.a. elektrolyseteknologi mv. De antagne fuldlasttimer bør derfor ses som et overordnet skøn for driften af anlæg, som kan variere i nogle år, og som der kan laves tilsvarende følsomheder omkring.

### Effektivitet

Effektiviteten er baseret på virkningsgrader i Energistyrelsens Teknologikatalog. I de tilfælde det er ukendt hvilken elektrolyseteknologi, der vil anvendes i et konkret projekt fra PtX-pipelinen, baseres tal på alkalisk elektrolyse. Dette bliver også gjort



for de PtX-kapaciteter ud over de konkrete pipeline-projekter, hvor det er ukendt, hvilket slutprodukt der vil produceres.

### Overskudsvarme

Det er muligt at anvende overskudsvarmen fra elektrolyse til brug i fjernvarmen. Dette kræver, at et givent elektrolyseanlæg er placeret i nærheden af et fjernvarmenet. Til analyser af samspil mellem elektrolyse og fjernvarme anbefales Energinet at anvende Energistyrelsens teknologikataloger for PtX-teknologier. For generelle energisystemanalyser kan Energinet derimod antage, at 10 pct. af elforbruget til et givent elektrolyseanlæg omsættes til overskudsvarme, der kan anvendes til fjernvarme. Det teknologiske potentiale for udnyttelse af overskudsvarme er højere end 10 pct. jf. Energistyrelsens Teknologikatalog, og antagelsen afspejler således en forventning om, at ikke al overskudsvarmen fra elektrolyseanlæggene vil blive udnyttet i fjernvarmenettet, fx pga. driftsmønster, geografisk placering osv. Overskudsvarme fra viderekonverteringsanlæg, som kan anvendes til fjernvarme, forventes at ligge inden for usikkerheden omkring potentialet.

### Nettilslutning

Analyseforudsætningerne præsenterer en samlet udvikling af PtX-kapacitet. Det beskrives nærmere inden for de følgende afsnit om de enkelte fire kategorier, på hvilken måde den pågældende PtX-kapacitet som udgangspunkt i AF23 er koblet til det kollektive elnet, og hvilke evt. alternative setups der er relevante at undersøge gennem følsomheder.. Valget om nettilslutningen for et projekt afhænger af adskillige faktorer, som i et projektspecifikt tilfælde kan afvige af de her præsenterede overordnede metoder, hvorfor det anbefales, at Energinet supplerer det centrale forløb med følsomheder herom.

I Analyseforudsætningerne til Energinet 2023 er det forudsat, at PtX-kapacitet koblet til overplantet havvind og Energibørnholm er forbundet gennem en direkte linje til havvindmølleparken og samtidigt forbundet med det kollektive elnet uden begrænset netadgang. En sådan forbindelse kan fysisk være muligt gennem den samme kabelforbindelse, som fører fra havvindmølleparkens transformerstationer til nettilslutningspunktet.

Forudsætningen skyldes primært, at parkernes nettilslutningspunkt i øjeblikket forventes ikke at være placeret i områder/geozoner, hvor nettet pt. er dimensioneret efter forbruget. Det kan forventes, at kommende tarifstrukturer for store elforbrugere kan give et lignende incitament for placeringen som producentbetalingen gør for elproducenter.

Mindre projekter, som evt. vælger en anden form for netadgang grundet fx at være en testzone, tages ikke højde for i Analyseforudsætningerne til Energinet, da disse er af mindre betydning for den samlede aggregerede fremskrivning.



Der er andre hensyn, herunder en blanding af VE-produktionskapacitet, som kan have betydning for valget om tilslutning til det kollektive net med eller uden begrænset netadgang. Herunder kan det nævnes, at en supplerende produktion fra solceller alt andet lige føre til en gunstigere udnyttelse af den direkte linje mellem havvind og forbrug, og mindske behovet for en fuld netadgang. Det er dog forudsat i AF23, at elforsyningen på direkte linje fra udbudsparkerne og Energiø Bornholm alene kommer fra havvind.

### PtX-Pipeline

Fordelingen af udbygningen med PtX til og med 2030 er for det første og overvejende baseret på projekterne i PtX-pipelinen med skæringsdato 15. juni 2023. Ud fra informationerne om projekterne i PtX-pipelinen, herunder forventet idriftsættelsesdato og opskalering af evt. projektfaser, indmeldt støtte til projekterne, samt evt. købs- eller andre aftaler, er der udarbejdet et overordnet estimat for forventet sandsynlighed af udbygning af PtX-kapacitet af disse.

For det andet indgår PtX-udbuddet med en estimeret elektrolysekapacitet på 200 MW separat i fremskrivningen og følger det antagne etableringstidspunkt af PtX-kapaciteterne, som også er antaget i KF23. Det er muligt, at projekterne fra PtX-pipelinen vil deltage i udbuddet. Grundet usikkerheden om udfaldet af PtX-udbuddet er det en beregningsteknisk antagelse, at de 200 MW indgår separat i fremskrivningen og oveni kapaciteterne som baseret på PtX-pipelinen.

For det tredje er en yderligere udbygning knyttet til Hesselø-havvindmølleparken på 100 MW, som svarer til halvdelen af den overplantede havvindkapacitet og dermed følger havvindens fremskrivning. Den antagne PtX-kapacitet knyttet til den overplantede havvindkapacitet indgår ligeledes separat i fremskrivningen og oveni kapaciteterne som baseret på PtX-pipelinen.

Udbygningen af både PtX-udbuddet og via overplantning ifm. Hesselø tælles med i Tabel 1, som viser alle aggregerede tal frem mod 2030.

Da PtX-pipelinen udelukkende er et billede på annoncerede projekter til dags dato og kontinuerligt er under forandring, skal fremskrivningen ses som et øjebliksbillede og er behæftet med betydelig usikkerhed.

Udbygningen fremgår af tabellen herunder. Tabellen viser den akkumulerede udbygning frem mod udgangen af 2030.



Tabel 1: Forudsætninger for udbygning fra PtX-pipeline, PtX-udbuddet og fra Hesselø. Tal er her også opgjort som ultimo år for at visualisere den samlede fremskrivning frem mod 2030-målsætningen.

År (ultimo)	År (primo)	Akkumuleret kapacitet DK1 (MW)	Akkumuleret kapacitet DK2 (MW)	Akkumuleret kapacitet (MW)
2022	2023	5	0	5
2023	2024	110	0	110
2024	2025	220	30	250
2025	2026	790	80	870
2026	2027	1.050	280	1.330
2027	2028	1.900	280	2.180
2028	2029	2.625	280	2.905
2029	2030	2.625	440	3.065
2030	2031	4.080	850	4.930

Udviklingen i elforbruget til PtX forventes at være stigende til ca. 4,9 GW til udgangen af 2030. Udviklingen er konsistent med sigtelinjen om 4-6 GW elektrolysekapacitet fra *Aftale om udvikling og fremme af brint og grønne brændstoffer* af d. 15. marts 2022. Udviklingen er størst sent i nærværende årti pga. flere projektudmeldinger, som sigter mod at etablere enten hele projektet, eller en betydelig andel af den samlede PtX-kapacitet, frem mod 2030. En aggregering af en højere PtX-kapacitet, som opstilles i et kortere tidsrum, kan betyde yderligere usikkerhed om realiseringen af udbygningen.

### Nettilslutning

Elforbrugskapaciteten fra PtX-pipelinen antages fuldstændigt at være tilsluttet til det kollektive elnet uden begrænset netadgang. Det kan dog være muligt, at enkelte projektudvikler beslutter for et konkret projekt at ville anlægge en direkte linje med begrænset netadgang enten over projektperioden eller de første år efter idriftsættelsen og f.eks. inden den nødvendige netforstærkning kan være klar, hvorfor det anbefales som skrevet ovenfor, at fremskrivningen suppleres med følsomheder for at analysere konsekvenser ved en reduceret elnetudbygning.

### Energijøer

I AF23 antages den følgende udbygning med PtX knyttet til energijøerne:



Tabel 2: Forudsætninger for udbygning knyttet til energioer.

Projekt	Placering	År for idriftsættelse (medregnes fra året efter)	Kapacitet (MW)
Energio Bornholm	EØB	2032	400
Energio Nordsø (Fase 2)	EØN	2035 (primo)	3.000
Energio Nordsø (Fase 3)	EØN	2040 (primo)	4.000

7 GW af de antagne fuldt udbyggede 10 GW fra Energio Nordsøen antages dermed i AF23 knyttet til PtX-produktion. Det bemærkes, at denne fordeling bag Energio Nordsøen ikke er baseret på politiske aftaler.

### Nettilslutning

Som del af mulighederne for at overplante yderligere havvind ud over den tilladte nettilslutningskapacitet lægges det til grund, at der etableres en tilsvarende mængde PtX-kapacitet på 400 MW som følger den antagne overplantede havvindkapacitet ved Energio Bornholm.

Det forudsættes derfor i AF23 i forbindelse med overplantet havvindkapacitet som udgangspunkt ikke, at havvindmøllerne nedreguleres i enkelte timer grundet manglende aftagskapacitet af el, som ellers er et kendetegn ved en klassisk overplanting, eller med andre ord at produktionskapaciteten kan ses som overdimensioneret ift. aftagskapaciteten, da PtX-anlægget vil kunne aftage al den resterende havvindkapacitet, som ikke er nettilsluttet. Under dellast kan havvind dog vælge at føde yderligere strøm ind i elnettet i stedet for at forsyne PtX-anlægget. Antagelsen om udbygningen med PtX-kapacitet er behæftet med betydelig usikkerhed, da det også er muligt, at udbuddet vindes af et projekt med nedskaleret PtX-kapacitet ift. havvindkapacitet, eller helt uden PtX-kapacitet.

PtX-anlægget antages at ligge inden for samme budzone som Energio Bornholm, samt at være tilkoblet til det kollektive elnet uden begrænset netadgang.

Det lægges for Energio Nordsøen ligeledes til grund, at udbygningen med PtX sker inden for budzonen og koblet til elnettet. Også her kan PtX knyttet til øen derfor også forsynes af det kollektive elnet, eller interkonnektorerne knyttet til øen.

### Overplanting af radial havvind

I AF23 antages den følgende udbygning med PtX knyttet til øvrige radiale havvindsudbudsparker:



Tabel 3: Forudsætninger for udbygning knyttet til øvrige radiale udbudsparker.

Projekt	Placering	År for idriftsættelse (medregnes fra året efter)	Kapacitet (MW)
Hesselø	DK2	2029	100 (fremgår også af Tabel 1)
Kriegers Flak II	DK2	2032	400
Kattegat	DK1	2032	100
Nordsøen I (del 1)	DK1	2032	500
Nordsøen I (del 2)	DK1	2032	500
Nordsøen I (del 3)	DK1	2032	500

### Nettilslutning

For nettilslutningen af PtX knyttet til de øvrige radiale udbudsparker gælder overordnet samme antagelser som for antagelserne af den del af fremskrivningen, som er knyttet til Hesselø og Energiøerne, dvs. at PtX-kapaciteten både er tilsluttet havvindkapaciteten og samtidigt er tilkoblet det kollektive elnet. Dette skyldes, at den tilhørende PtX-kapacitet antages at blive etableret på land og dermed alt andet lige bl.a. kan placeres langs nettilslutningen fra havvindmølleparken frem til koblingspunktet med det kollektive elnet og udnytte den eksisterende infrastruktur omkring anlægget. Det kan dog være muligt, at nogle af anlæggene grundet projektspecifikke årsager alligevel ikke vælger at tilslutte sig det kollektive elnet. Energinet opfordres derfor at lave supplerende følsomheder med alternative tilslutningskoncepter.

### Yderligere udbygning

Den resterende udbygning med PtX i AF23 fremgår af tabellen herunder.

Tabel 4: Forudsætninger for øvrig årlig udbygning efter 2030.

År (primo)	Kapacitet DK1 (MW)	Kapacitet DK2 (MW)	Total kapacitet (MW)
2032	350	150	500
2034	350	150	500
2035	350	150	500
2036-2039	500	0	500
2041-2050	1.500	0	1.500





Der antages beregningsteknisk, at den øvrige udbygning inden 2035 vil finde sted både i DK1 og DK2, da det ikke vides, om PtX-kapacitet vil forsynes af kapacitet fra havvind eller land-VE. Efter 2036 antages beregningsteknisk, at udbygningen af PtX overordnet følger udbygningen af havvind i Nordsøen.

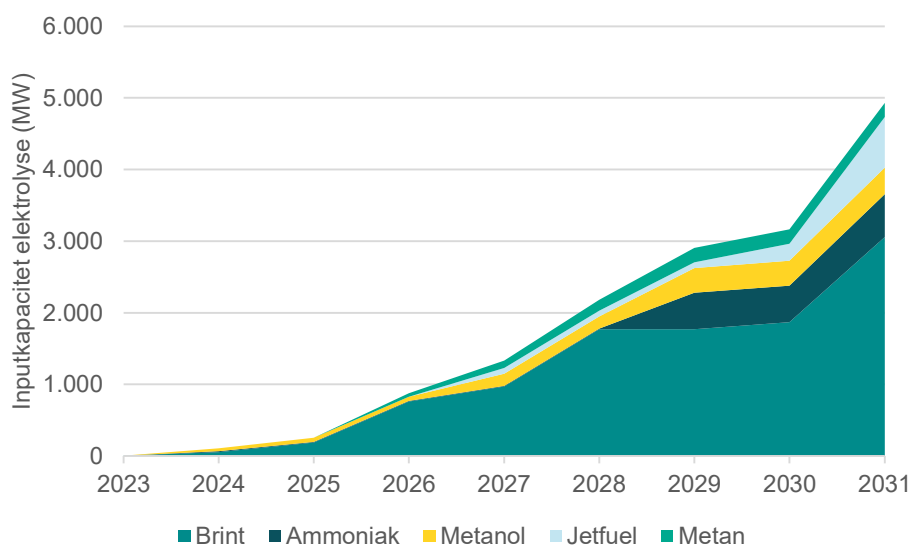
Udbygningen er beregningsteknisk glattet ud således, at der udbygges med 500 MW i alle år mellem 2031-2040 med undtagelse af primo 2033, hvor der udbygges PtX knyttet til overplanted havvind. Udbygningen fra 2041-2050 ligger på 1.500 MW årligt.

### Nettilslutning

Graden af nettilslutning i forbindelse med udbygningen på lang sigt er behæftet med betydelige usikkerheder, da møllerne har mulighed for enten direkte tilslutning til elnettet, eller at udnytte strømmen til elektrolyse via offshore brintmøller, eller via direkte linjer. På lang sigt efter 2040 er det beregningsteknisk lagt til grund, at halvdelen af udbygningen med PtX vil blive tilkoblet det kollektive elnet uden begrænset netadgang. Den anden halvdel lægges beregningsteknisk til grund at blive etableret som offshore brintmøller med en brintproduktion svarende til havvindens fuldlasttimer.

### Slutprodukter fra produktion af PtX

Figuren herunder viser forløbet af elektrolysekapacitet frem mod ultimo 2030/primo 2031, som overvejende er baseret på konkrete projektudmeldinger PtX-pipelinen, kategoriseret efter deres udmeldte produktion af et givent slutprodukt.



Figur 2: Slutprodukter af fremskrivningen baseret på PtX-pipelinen, opgjort i elforbrugskapacitet til elektrolyse (MW), primo året.



Den fremskrevne PtX-kapacitet fra PtX-pipelinen anvendes for det meste til brintproduktion som slutprodukt. Øvrige produkter spiller en mindre rolle i fremskrivningen. Det er desuden ikke alle projekter i PtX-pipelinen, som har udmeldt hvilket slutprodukt, de sigter til at producere. Her er modelleringsteknisk antaget, at der produceres brint.

Den PtX-kapacitet, som ikke kan knyttes til et konkret projekt fra PtX-pipelinen, antages modelleringsteknisk ligeledes at producere brint, hvorfor Figur 2 fokuserer på produktionen frem mod ultimo 2030/primus 2031. Det er dog muligt, at de danske PtX-kapaciteter producerer andre produkter end brint for at imødekomme en efterspørgsel af andre produkter, som beskrevet nærmere i det efterfølgende afsnit. Omdannelsen fra brint til andre produkter kan ske på samme site, men også andre steder, som kan have betydning for afledte vurderinger om behov for rørbunden brintinfrastruktur. Af denne årsag vises der i bilaget tal for den totale mængde brint som slutprodukt og som mellemprodukt uagtet, om der er kendskab til synteseanlæg på samme site af et konkret projekt.

Det følgende afsnit belyser anvendelsen, dvs. en mulig efterspørgsel af PtX-produkter og stiller den op imod produktionen fra PtX, som beskrevet ovenfor.

## Anvendelse af PtX-produkter

Anvendelsen af PtX-produkter eller efterspørgslen af forskellige produkter inddeles i AF23 i produkter til indenrigsforbrug, til udenlandsk transport og til eksportbalancen, som nævnt øverst. Anvendelsen til indenrigsforbrug og udenlandsk transport er i AF23 udelukkende baseret på Energistyrelsens elscenarie til baggrund for KP22 og er ikke baseret på konkrete aftaler om aftag.

I beregningen af eksporten er det beregningsteknisk lagt til grund, at hele det danske forbrug af brint og PtX-brændsler dækkes af dansk produktion. Forbruget af PtX-brændstoffer i Danmark kan imidlertid både dækkes med dansk producerede brændstoffer og via import, da der reelt må forventes både import og eksport. Ved fastholdt dansk produktion af brint, vil import af brint og PtX-brændstoffer beregningsteknisk blive modsvaret af en tilsvarende større bruttoeksport af dansk brint og danske PtX-brændstoffer. Den beregnede eksport inden for anvendelsen af PtX-produkter er dermed udtryk for en nettoeksport.

Eksporten kan ske i form af PtX-brændstoffer som metanol, ammoniak mv., der primært transporteres med skib eller lastbil, eller i form af brint. Det er generelt antaget, at der etableres tilstrækkelig infrastruktur til at realisere de beskrevne eksportmængder, således at de angivne mængder er under antagelse af, at infrastrukturen ikke begrænser eksporten.



Konkret sandsynliggjort efterspørgsel skal lægges til grund for udbygningen af rørbunden brintinfrastruktur, jf. *1. delaftale om Ejerskab og drift af fremtidens danske, rørbundne brintinfrastruktur* af d. 22. maj 2023. De her viste tal er ikke tilstrækkeligt underbyggende til at kunne anvendes som en konkret sandsynliggjort efterspørgsel.

Tabellen herunder viser anvendelserne i nedslagsårene 2030 og 2045/2050, opgjort i elforbrug til elektrolyse (Tabel 5), og brintmængder som mellemprodukt inden viderekonvertering, eller som slutprodukt (Tabel 6).

*Tabel 5: Forudsat opdeling mellem anvendelsen af PtX-brændstoffer i sektorer, målt på elforbrug til elektrolyse, TWh. Den resulterende elkapacitet til PtX i fremskrivningen er baseret på virkningsgrader fra Energistyrelsens Teknologikatalog. Tal i 2045/2050 rundet til nærmeste 5.*

El til elektrolyse (TWh)	2030	2045/2050*
Indenrigsforbrug	12	30 (2045)
Udenlandsk transport	4	60 (2050)
Nettoeksport	8	65 (2050)

\*Det antages beregningsteknisk, at indenrigsforbruget i 2050 svarer til niveauet i 2045, som er året for målopfyldelsen af klimaneutralitet i Danmark efter FN-opgørelsesmetoder. Forbruget til udenlandsk transport og som nettoeksport er niveauet i 2050.

*Tabel 6: Forudsat opdeling mellem en anvendelsen af PtX-brændstoffer i sektorer, målt på producerede brintmængder, PJ. Virkningsgrader er baseret på Energistyrelsens Teknologikatalog. Tal i 2050 rundet til nærmeste 5.*

PJ	2030	2045/2050*
Indenrigsforbrug	29	75 (2045)
Udenlandsk transport	10	150 (2050)
Nettoeksport	20	160 (2050)

\*Det antages beregningsteknisk, at brintmængder til indenrigsforbruget i 2050 svarer til niveauet i 2045, som er året for målopfyldelsen af klimaneutralitet i Danmark efter FN-opgørelsesmetoder. Brintmængder til forbruget i udenlandsk transport og som eksport svarer er niveauet i 2050.

Det bemærkes, at tallene er baseret på Energistyrelsens elscenarie til baggrund for KP22 og holdt op imod produktionen baseret på de konkret udmeldte projekter i PtX-pipelinen. På lang sigt i 2050 kendes produktionen ikke på slutproduktniveau.

Tal for eksport er angivet i nettoeksport som følger en handelsbalance mellem de producerede slutprodukter fra kendte projekter sammenlignet med en anderledes sammensat produktefterspørgsel fra Energistyrelsens elscenarie til baggrund for KP22. Energistyrelsens elscenarie indeholder bl.a. en efterspørgsel på PtX-brændstoffer, der ikke dækkes af PtX-pipelinens projekter, og derfor antages importeret. Den resulterende eksport kan være højere end nettoeksporten, dog modsvaret af en tilsvarende mængde øget import.



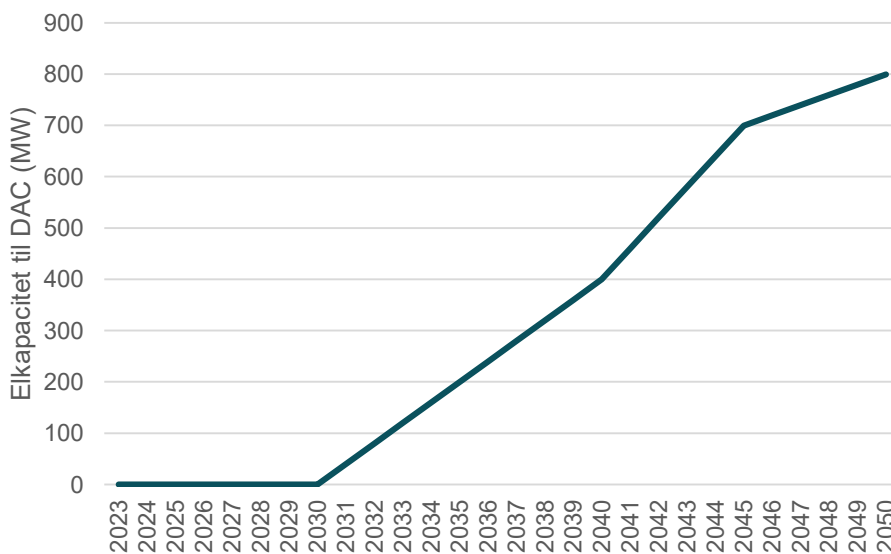
## Udvikling af Direct Air Capture (DAC) frem mod 2050

Udbygning med DAC anvender tal fra Energistyrelsens elscenarie til baggrund for KP22. Udbygningen er behæftet med betydelig usikkerhed, bl.a. grundet teknologiens lave modenhed. DAC er kun demonstreret i begrænset omfang, og teknologien er endnu ikke kommercialiseret. Det lægges i AF23 til grund, at DAC ikke får en rolle ifm. regeringens målsætning om 110 pct. reduktion af CO<sub>2</sub>e-udledninger i 2050 ift. 1990. Det forudsættes i AF23, at reduktionen vil finde sted i sektorer, som ikke er relevante i AF-sammenhæng, dvs. uden for el- og gassektoren. Forudsætningen skyldes, at potentialet for kulstoffangst og –lagring allerede er opbrugt i Energistyrelsens elscenarie til baggrund for KP22 (Bioenergy Carbon Capture and Storage, BECCS), og da det antages, at reduktionerne vil skulle leveres på en samfundsøkonomisk billigere måde og gennem mindre usikre teknologier end DAC.

Tabellen herunder viser den forudsatte årlige udbygning med DAC i AF23 efter 2030. Figuren herunder viser udviklingen i udbygningen over fremskrivningsperioden. Den totale udbygning i 2050 ender på 800 MW.

*Tabel 7: Forudsætninger for årlig udbygning af DAC efter 2030. Hele kapaciteten til DAC antages beregningsteknisk at ligge i DK1*

År	Kapacitet (MW)
2031-2040	40
2041-2045	60
2045-2050	20



*Figur 3: Udviklingen i elkapacitet til Direct Air Capture (DAC) i AF23, primo året.*



## Metode og antagelser for DAC

Det forudsættes i AF23, at tal fra Energistyrelsens elscenarie til baggrund for KP22 for DAC-udbygning knyttet til lagring af kulstof (DACCS) bliver fremrykket til 2045 grundet regeringens mål om at fremrykke klimaneutralitet til 2045, hvorimod tal fra Energistyrelsens elscenarie til baggrund for KP22 for DAC-udbygning knyttet til anvendelse af kulstof i andre sektorer (primært udenlandsk transport) fortsat vil fremskrives til 2050. Udbygningen glattes ud imellem nedslagsårene.

Elforbruget til DAC-anlæg er baseret på antagelser jf. Energistyrelsens elscenarie til baggrund for KP22 om en fremtidig efterspørgsel på CO<sub>2</sub> fanget fra atmosfæren på 6,8 mio. ton CO<sub>2</sub> i 2050, hvoraf 3,2 mio. ton CO<sub>2</sub> forudsættes lagret i undergrunden, og 3,6 mio. ton CO<sub>2</sub> forudsættes anvendt. Efterspørgslen på CO<sub>2</sub> fanget via DAC afhænger bl.a. af, hvordan målet om klimaneutralitet opnås, herunder behovet for kulstofbaserede PtX-brændstoffer og behovet for negative udledninger som kompensation for udledninger i fx transport- og landbrugssektorer. Der anvendes virkningsgrader fra Energistyrelsens Teknologikatalog samt en gennemsnitlig drift på ca. 8.000 fuldlasttimer per år. Det forventede elforbrug til DAC er således ca. 6,5 TWh i 2050. Overskudsvarme er ikke inkluderet og ligeledes er der ikke gjort antagelser om kobling til fjernvarmenettet.

## Usikkerhed

Usikkerheden om udbygningen tiltager frem i tid. Udbygningen efter 2030 og især på lang sigt efter 2040 er behæftet med stor usikkerhed. Dette gælder både den samlede udbygning af kapacitet, ligesom det gælder antagelserne om tilkobling til det kollektive net og placeringen af anlæg i nettet. AF23 antager, at udbygningen med PtX følger udbygningen med havvind for at sikre, at havvinden kan afsættes og at det danske system er balanceret på årsniveau i forhold til produktion og forbrug. I Energinets anvendelse af AF23 kan antagelsen tilpasses afhængig af analysens formål, så der eksempelvis kan belyses værdien af nye udlandsforbindelser eller af tilkobling af dansk havvind til det kollektive net i andre lande med en mindre dansk udbygning med PtX til følge.

Antagelser om slutprodukter og anvendelser samt efterspørgsel af PtX-produkter er ligeledes behæftet med stor usikkerhed. AF23 indeholder ikke en konkret fremskrivning af brintforbruget, men bruger tal fra Energistyrelsens elscenarie til baggrund for KP22 til at anskueliggøre mulige anvendelser.

Pga. usikkerheden omkring disse emner anbefales det derfor, at de relevante spørgsmål og emner vedr. disse forhold analyseres nærmere bl.a. baseret på AF23 og via følsomheder. Brintmængderne angivet i AF23 er ikke tilstrækkeligt grundlag for planlægning af brintinfrastruktur, da brintinfrastruktur ikke som udgangspunkt ligger indenfor AF's analyseområde.



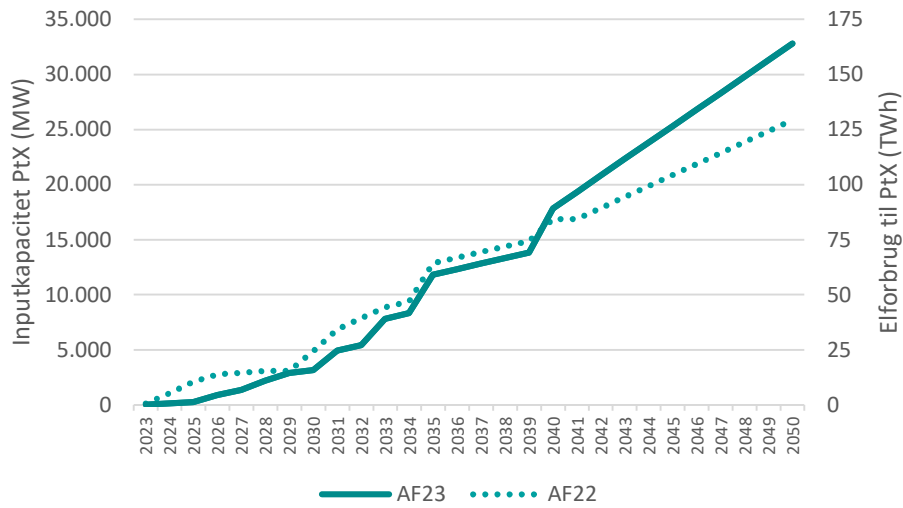
Frem til AF24 bliver metoden bag anvendelse og efterspørgsel af PtX-produkter revurderet.

## Ændringer ift. AF22

Metoden i AF23 er grundlæggende den samme som i AF22. Udbygningen i AF23 overstiger dog udbygningen i AF22 primært gennem en øget eksportmængde af PtX-produkter, som skyldes den højere havvindudbygning i AF23 ift. AF22. Den separate eksportvurdering, som blev foretaget i AF22, udgår som konsekvens.

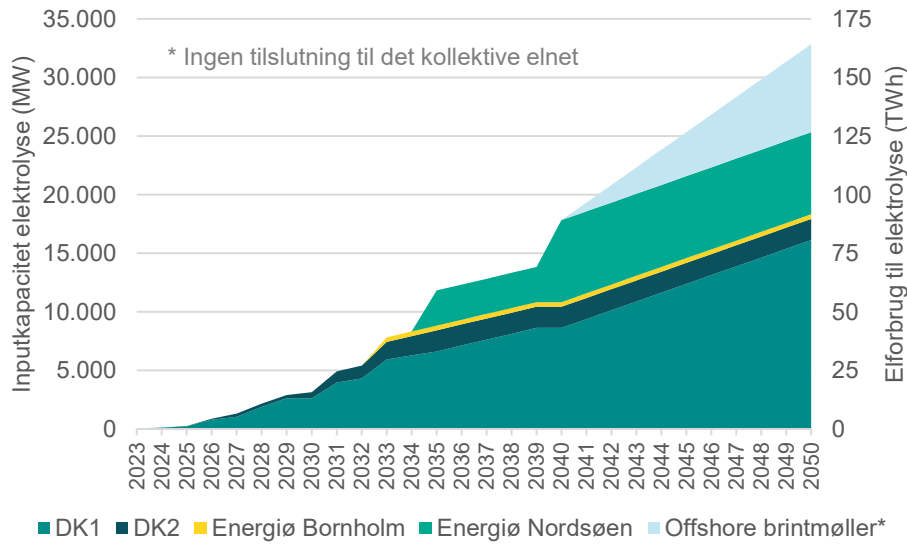
Forskellen skyldes følgende:

- Opdaterede informationer og projektmeldinger baseret på PtX-pipelinen, som medfører en mindre udbygning fra 2024 til 2029. Den største forskel er i 2026 med ca. 1.450 MW mindre PtX-kapacitet end i AF22. Forskellen bliver indhentet i 2028 og frem til 2030. Hesselø medfører ligeledes en PtX-kapacitet, som ikke var indregnet i AF22.
- Forudsætning om, at Energiø Nordsøen afsætter 7 GW havvindkapacitet til tilsvarende PtX-kapacitet. I AF22 indgik der 5 GW PtX fra Energiø Nordsøen, da Fase 3 på 4 GW havvindkapacitet ud over 2 GW PtX-kapacitet også indeholdte en udlandsforbindelse på 2 GW som aftag.
- Indregning af PtX-brændstof knyttet til overplanting af havvind (med direkte linje) med en indfasning, hvor PtX-kapacitet i de fleste sites (på nær Hesselø) idriftsættes to år efter havvindkapaciteten. I AF22 blev den antagne PtX-kapacitet lagt ind i samme år som havvindkapaciteten i løbet af 2030 (fra DKMII-parker), og dermed to år tidligere.
- Udbygningen efter 2030 i AF22 var udelukkende baseret på havvind, men kan i AF23 baseres på havvind og land-VE, som giver en varierende indfasningsprofil af PtX i AF23 sammenlignet med AF22.
- Fremrykning af tal for indenrigsforbrug af PtX fra 2050 til 2045 jf. regeringens mål om opfyldelse af klimaneutralitet i 2045. Desuden øget eksport af PtX, der følger af den forøgede havvindfremskrivning i AF23, som medfører en stejlere udbygningskurve for PtX frem mod 2050. Den øgede eksport svarer til en øget udbygning med ca. 4,9 GW PtX i AF23 sammenlignet med AF22
- DAC: Opdateret fremskrivning, som nu også indeholder den andel af kulstof fra DAC, som anvendes (DACCU). I AF22 indgik kun tal for den andel af kulstof fra DAC, som lagres (DACCS) fra Energistyrelsens elscenarie til baggrund for KP22.

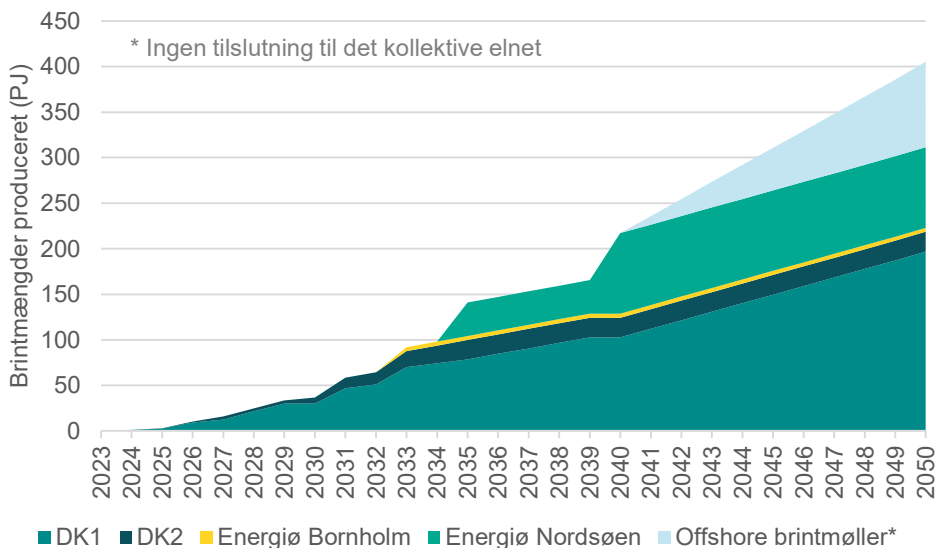


Figur 4: Samlet PtX i AF23 sammenlignet med AF22.

## Bilag 1: Supplerende figurer



Figur 5: Samlet inputkapacitet og elforbrug til elektrolyse (MW og TWh) fordelt på elområder samt inputkapacitet, der ikke er tilkoblet det kollektive elnet (Offshore brintmøller), primo året.



Figur 6: Fordeling af brintproduktion (PJ) i AF23 fordelt på elområder samt inputkapacitet, der ikke er tilkoblet det kollektive elnet (Offshore brintmøller), primo året.





## Bilag 2: Links til politiske aftaler og ordninger

Aftale om udvikling og fremme af brint og grønne brændstoffer af d. 15. marts:

<https://www.regeringen.dk/media/11146/aftale-om-udvikling-og-fremme-af-brint-og-groenne-braendstoffer.pdf>

1. delaftale: Ejerskab og drift af fremtidens danske, rørbundne brintinfrastruktur af d. 22. maj 2023: <https://kefm.dk/Media/638204311368810699/Aftaletekst%20-%20mulighed%20for%20etablering%20af%20brintinfrastruktur.pdf>

Esbjerg-erklæringen: <https://kefm.dk/aktuelt/nyheder/2022/maj/historisk-erklaring-skal-sikre-groen-stroem-til-230-mio-europaeiske-husstande>

[Tillægsaftale om udbudsrammer for 6 GW havvind og Energiø Bornholm:

[https://kefm.dk/Media/638210643069728737/Tillægsaftale%20om%20udbudsrammer%20for%206%20GW%20havvind%20og%20Energiø%20Bornholm%20\(002\).pdf](https://kefm.dk/Media/638210643069728737/Tillægsaftale%20om%20udbudsrammer%20for%206%20GW%20havvind%20og%20Energiø%20Bornholm%20(002).pdf)

]