

ANALYSE AF MULIGHEDER FOR POWER-TO-X OG GRØN GAS PÅ LOLLAND

RAMBOLL

Project no. 1100047830
Recipient: Gate 21
Document type: Final report
Version: 2
Date: 09-07-2021
Prepared by: CLO, SMT, ERNS, MEAO, JRPN, SONE
Checked by: ERNS, CLO, JKDN
Approved by: Eva Ravn Nielsen ERNS@ramboll.com

POWER-TO-X PÅ LOLLAND KAN VÆRE EN UNIK VEJ TIL KLIMAHANDLING, VÆKST OG ARBEJDSPLADSER

Kontekst

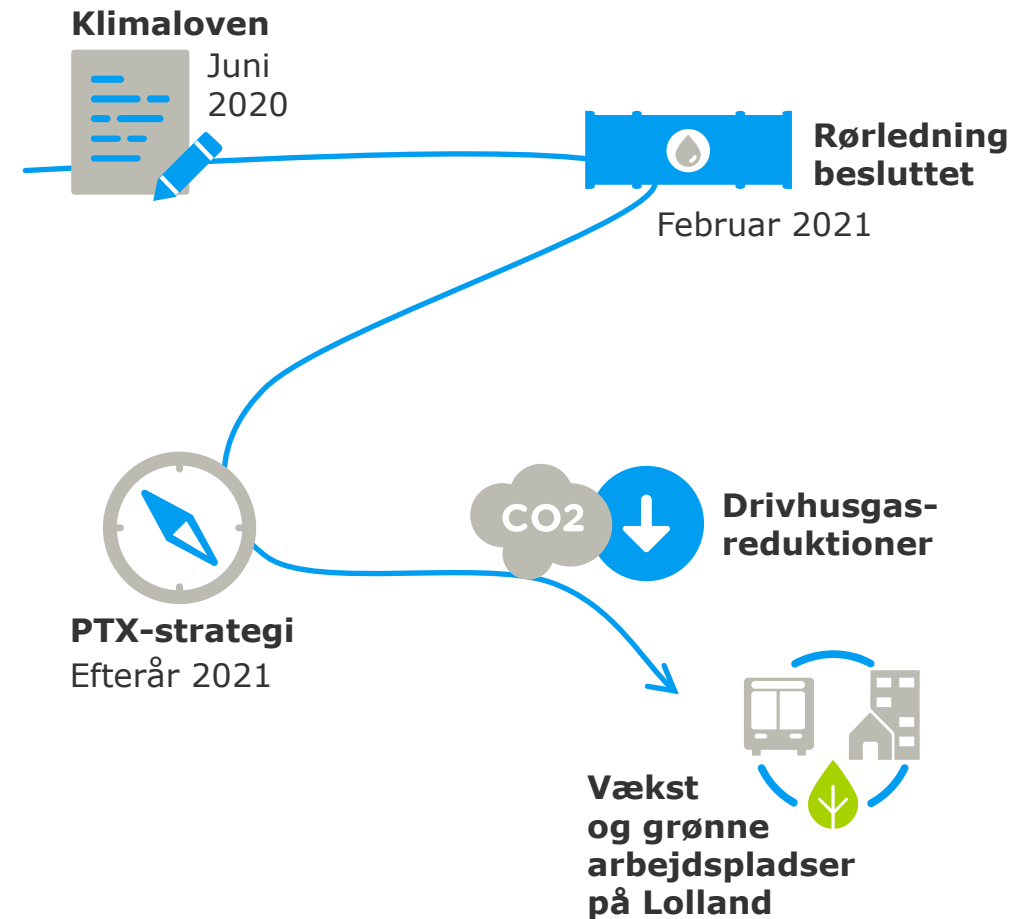
Med Klimaloven har Folketinget sat ambitiøse mål for reduktion af drivhusgasser og forpligtet en til enhver tid siddende regering til at præsentere strategien herfor. Som led i dette forventes regeringen at præsentere et udspil til en Power-to-X strategi i efteråret 2021.

Satsningen på PTX skal både sørge for at reducere danske drivhusgasudledninger og skabe vækst og arbejdspladser i Danmark.

Et af regeringens indsatsområder er en forøgelse af CO₂-neutral gas produceret i samspil med det private marked. Andelen af grøn gas i nettet var i 2020 ca. 11%. Det tal forventes jf. Energistyrelsen¹ at stige til 30% allerede i 2023, 70% i 2030 og 100% i 2040. Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet har desuden i 2020 truffet beslutning om at etablere en rørledning, som skal forbinde Lollands beboere og virksomheder til det danske gasnet.

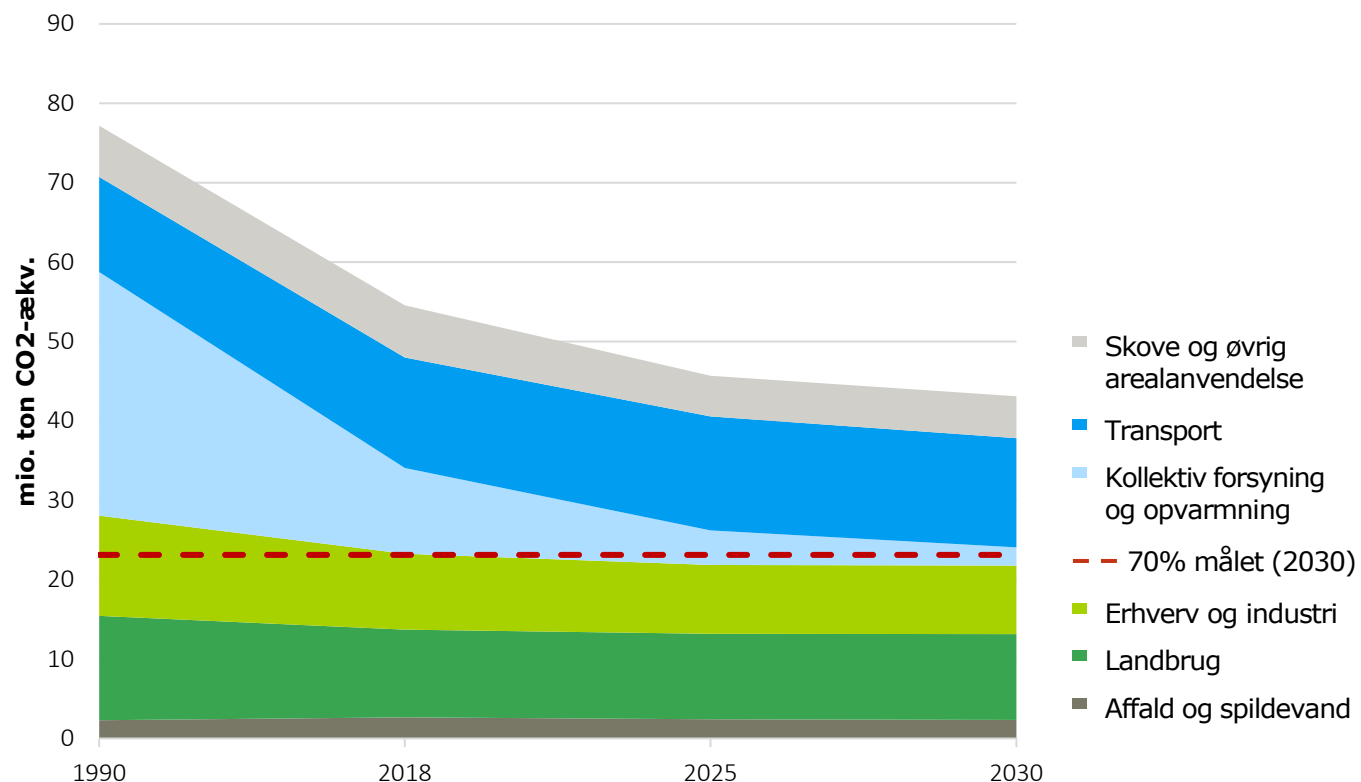
Lolland Kommune er hjemsted for Nordic Sugars sukkerfabrik i Nakskov, som er Danmarks næststørste udleder af drivhusgas. Derudover forventes en stor mængde landbaseret godstransport at rejse gennem Lolland, når Femern-forbindelsen åbner i løbet af 2028.

Rambøll bistår GATE 21 og REEL (REn Energi Lolland) med en undersøgelse af synergieffekter mellem lokale muligheder for PTX og regeringens strategi, med formålet at skabe vækst og arbejdspladser i Lolland Kommune.



POWER-TO-X HAR POTENTIALIALE TIL AT BLIVE EN CENTRAL LØSNING TIL AT NÅ DE DANSKE KLIMAMÅL I 2030 OG 2050

Forventede årlige udledninger i Danmark



Regeringens PTX Strategi

Klimaminister Dan Jørgensen satte i efteråret 2020 gang i udarbejdelsen af en samlet CCUS*- og PTX-strategi som skaber rammevilkår for industrien.

Rambøll vurderer, at der er 4 primære indsatsområder, hvor PTX kan bidrage til både 70%-målsætningen og klimaneutralitet:

TRANSPORT

EL OG VARME

INDUSTRI

LANDBRUG

PTX-strategien har også til formål at spille ind i regeringens erhvervs- og vækstplaner, herunder understøtte regeringens ambition om at reducere ledigheden udenfor storbyerne.

En af grundene til at PTX-strategien kan skabe vækst og arbejdspladser er, at det potentielt kan blive Danmarks næste eksporteventyr. Det vil derfor være i regeringens interesse at understøtte innovation i PTX.

MULIGHEDER ANALYSERES FOR POWER-TO-X OG GRØN GAS PÅ LOLLAND

SITUATIONEN OPSUMMERET

- Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet har i 2021 besluttet at Energinet skal etablere en rørledning til at forbinde Lolland med det nationale gastransmissionsnet
- Som led i regeringens klimastrategi skal en stor del af gasnettet forsynes med biogas, hvorfor et antal biogasanlæg forventes etableret på Lolland over de kommende år
- Lolland har en produktion af vedvarende elektricitet, som klart overstiger det nuværende lokale behov
- De ovenstående punkter indikerer et muligt potentiale for etablering af et eller flere Power-to-X anlæg på Lolland
- Regeringen er på nuværende tidspunkt i færd med at udarbejde en Power-to-X strategi, som får betydning for de lokale muligheder

RAMBØLLS UNDERSØGELSE

Formålet med analysen er at afdække muligheder for Power-to-X på Lolland, herunder mulighederne for at omstille den kommende naturgasledning til grøn gas tidligere end planlagt.

Analysen skal blandt andet anvendes som vidensgrundlag til at belyse Lollands potentiale som en mulig beliggenhed for Power-to-X anlæg og i forbindelse med regeringens kommende strategi og den nationale satsning på Power-to-X.

For at der kan komme Power-to-X til Lolland må følgende være opfyldt:

- Teknologierne skal være modne til implementering indenfor nærmeste fremtid
- Der skal være en positiv business case
- Det lokale energisystem skal ikke overbelastes, men gerne forbedres
- PTX skal bibringe CO₂-reduktion, vækst og arbejdspladser til Danmark og Lolland

RAPPORTEN UNDERSØGER PTX-MULIGHEDER PÅ LOLLAND I SEKS TRIN FRA TEKNOLOGI TIL GEVINSTEN FOR SAMFUNDET

01 Hvilke Power-to-X teknologier er modne og klar til at blive bygget?

02 Hvilke energiresourcer, inkl. CO₂ og biogas, er til rådighed på Lolland?

03 Vil et Power-to-X anlæg på Lolland være konkurrencedygtigt?

04 Hvordan opnås en positiv business case for PTX anlæg på Lolland?

05 Hvordan kan PTX bidrage positivt til Lolland og Danmarks energisystem?

06 Hvilke samfundsgevinster kan opnås ved investering i PTX på Lolland?

PTX-TEKNOLOGIER ER GENERELT MODNE. NOGLE SKAL DOG OPSKALERES, OG INFRASTRUKTUR SKAL ETABLERES

RAMBØLLS VURDERING



TEKNOLOGIEN ER MODEN

- Der findes modne teknologier til alle dele af PTX-forsyningskæden.
- Nye teknologier med bedre virkningsgrader udvikles og demonstreres fortsat.
- Enkelte teknologier skal designes i større (eller mindre) skala end der anvendes i dag.
- Især for elektrolyseanlæg skal produktionskapaciteten hos producenter udvides, så der kan leveres tilstrækkeligt med anlæg til at dække efterspørgslen.



LEVERINGSTID BETRAGTELIG

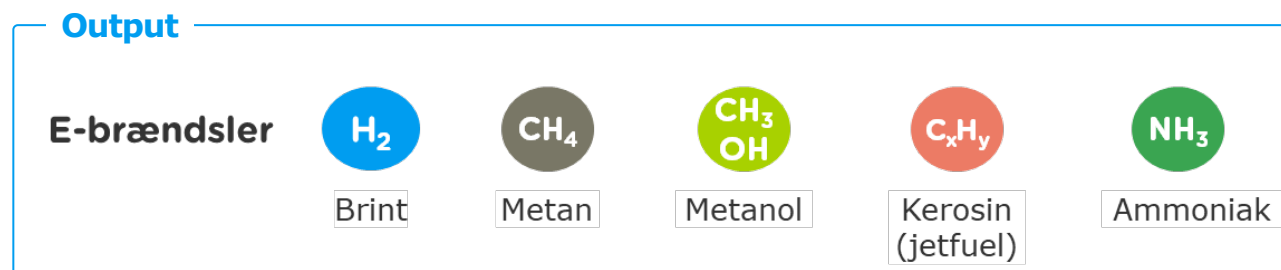
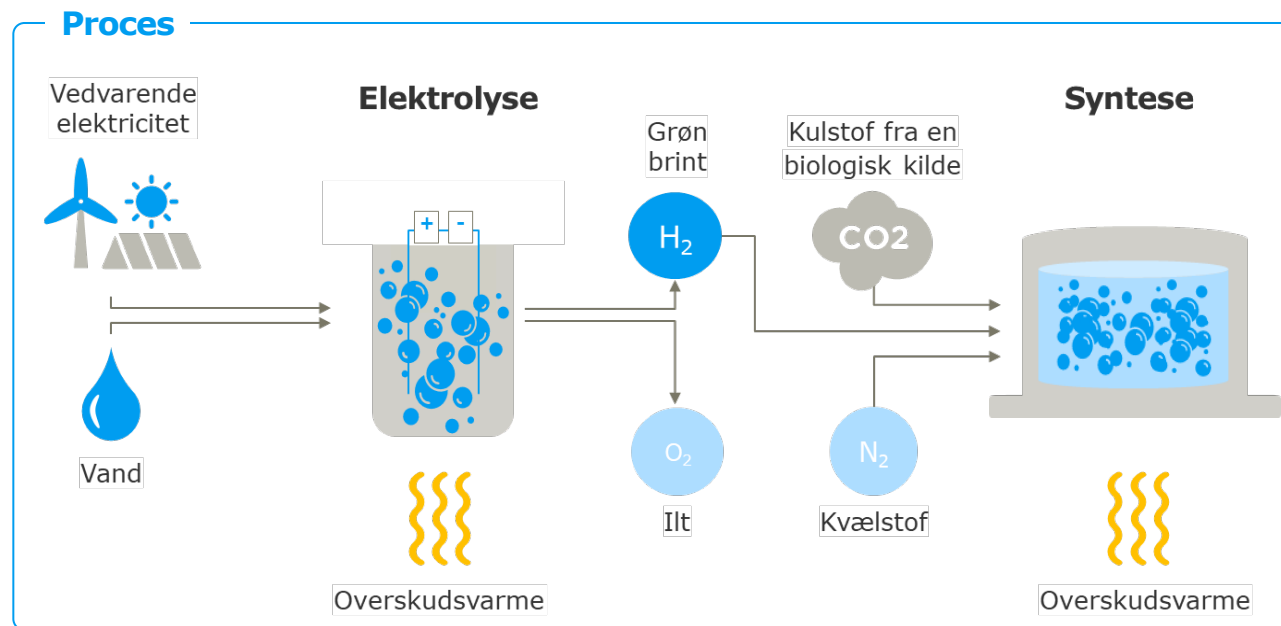
- Leveringstiden for tekniske anlæg er betragtelig.
- Rambøll vurderer, at leveringstiden for et elektrolyseanlæg i størrelsen 100-300 MW mindst vil være 18-24 måneder.
- Dertil kommer mindst 3-6 måneder for installation og indkøring.



INFRASTRUKTUR SKAL ETABLERES

- Teknologi til lagring, transport og udlevering af PTX-produkter er kendt og moden.
- Infrastruktur skal etableres lokalt for alle dele af forsyningskæden. Denne infrastruktur er ikke til stede i dag.
- Det vil tage flere år at etablere f.eks. gasrørledning, brinttankstationer og evt. faciliteter til udskibning af PTX-produkter.
- Etablering af simpel infrastruktur som transport af produkter med lastbil, kan også tage 18-24 måneder, især pga. af nødvendige tilladelser.

POWER-TO-X ER TEKNOLOGIER, DER OMDANNER GRØN STRØM, "POWER", TIL BRINT OG ANDRE BRÆNDSLER, "X"



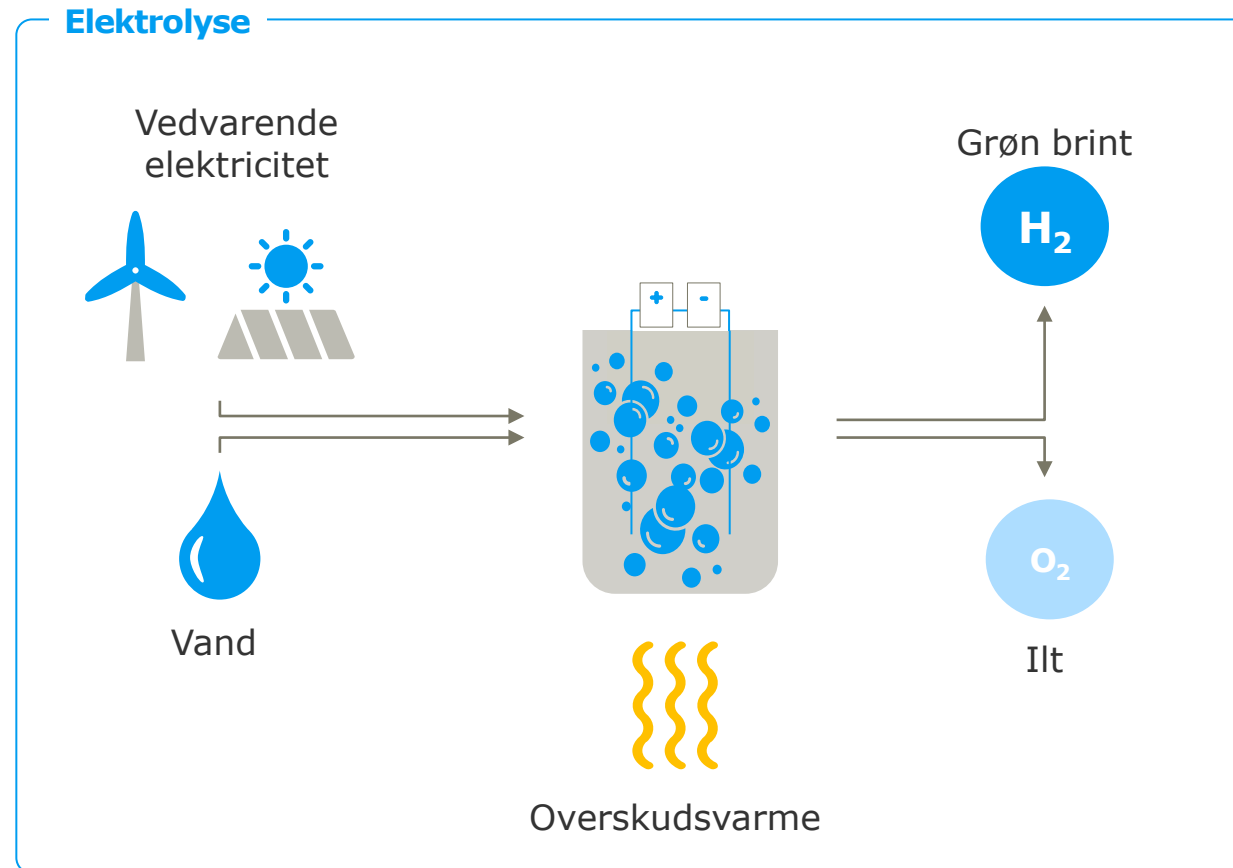
Power-to-X (PTX) er en række teknologier, der kan omdanne strøm fra vedvarende energikilde (fx. sol og vind) til brint (hydrogen, H_2) ved hjælp af elektrolyse. Brint kan i en kemisk syntese omdannes videre til forskellige stoffer, som man kalder E-brændsler, "X". Processerne udvikler varme.

Dekarbonisering. PTX er et middel til at dekarbonisere en række sektorer, som det ikke er nemt at elektrificere: Tung transport, skibs- og flytrafik; kunstgødning i landbruget, industri der i dag bruger fossile råstoffer (fx. til plast). "Dekarbonisering" betyder egentligt "at rense for kulstof", men bruges i betydningen "omstilling væk fra fossile brændsler" og dermed sænkning af CO_2 -udledning.

Sektorkobling. Når PTX implementeres, vil sektorer, der normal drives uafhængigt, blive koblet til hinanden. Elforsyning, gas, fjernvarme, transport, landbrug og industri.

Balancering. PTX kan stabilisere energisystemet ved at udnytte billig overskudsstrøm, ved at placere elforbrug tæt ved kilden. Brint og andre stoffer kan også opbevares i store energilagre og derved det løse en del af udfordringerne med fluktuerende vedvarende energi.

ELEKTROLYSE ER EN PROCES, HVOR ELEKTRICITET BRUGES TIL AT SPALTE VAND TIL BRINT OG ILT



I **elektrolyse** bruges elektricitet til spalte vand (H_2O) til gasserne brint (H_2) og ilt (O_2). Processen kan sammenlignes med opladning af et batteri, hvor strøm omdannes til kemisk energi. Hvis elektriciteten kommer fra vedvarende energi, så taler man om, at der produceres "**grøn brint**".

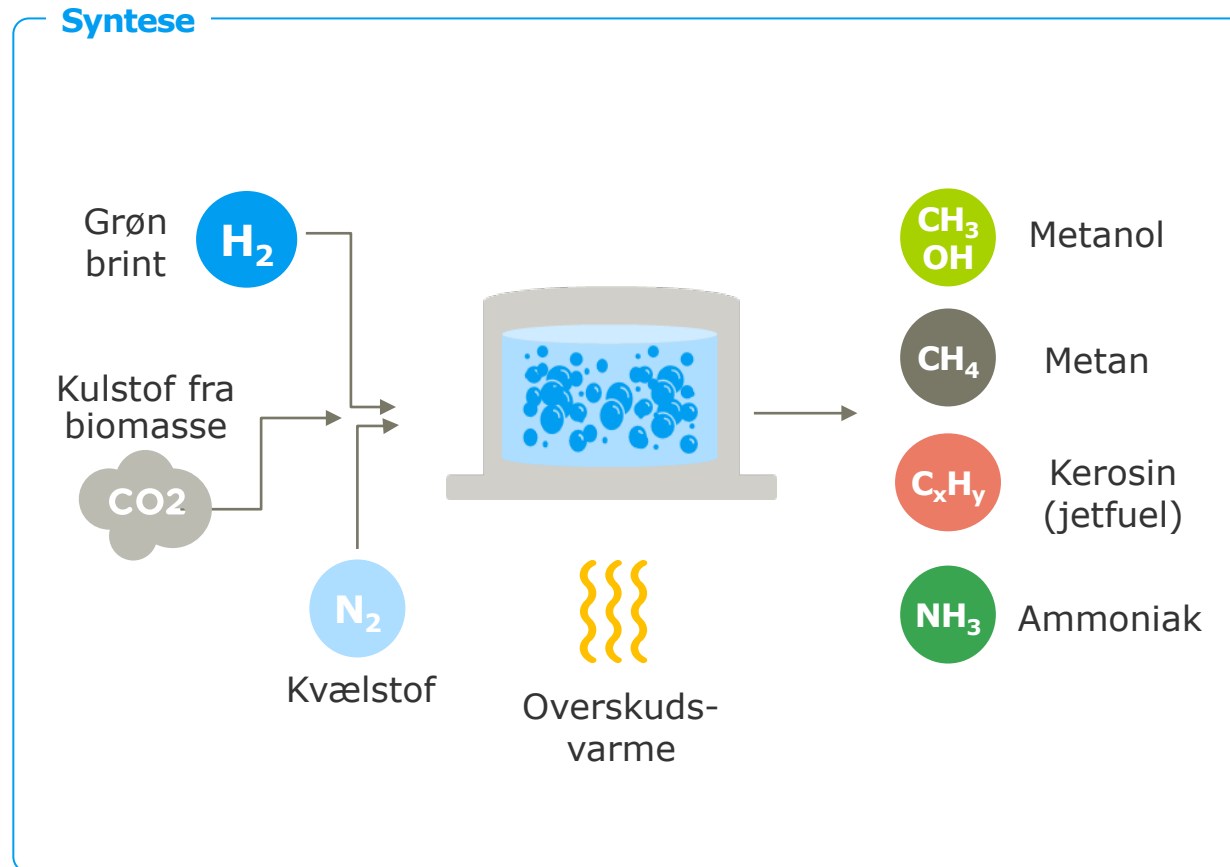
Grøn brint adskiller sig fra konventionel "**grå brint**", som er produceret ved steamreformering af fossil metan (naturgas) og som udleder store mængder CO_2 . Indfanges og lagres CO_2 i processen, kaldes brinten for "**blå brint**".

De fleste elektrolyseteknologier omdanner en del af elektriciteten til **varme**. Varmen kan enten være et tab, eller den kan udnyttes, fx. til fjernvarme.

Ilt kan også fanges men vurderes at have begrænset værdi og anvendelsespotentiale som biprodukt i industrien, til fx. rensningsanlæg.

Der findes tre almindeligt kendte **elektrolyseteknologier**, som præsenteres nærmere i det efterfølgende.

SYNTESE ER FREMSTILLING AF KEMISKE STOFFER VED EN REAKTION MELLEM ANDRE STOFFER



Syntese er en proces, hvor stoffer reagerer med hinanden i en kemisk reaktion og danner nye stoffer. I PTX omdannes brint typisk til andre brændstoffer, der kan være gas eller flydende.


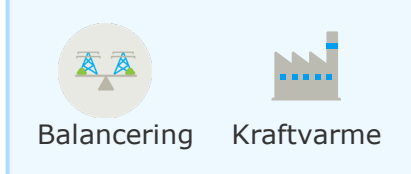


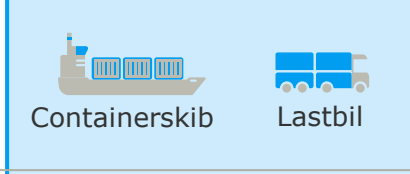


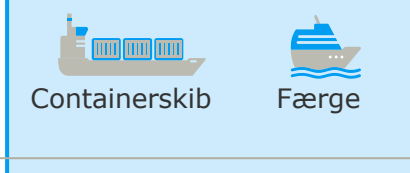




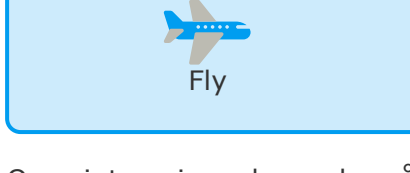
Ammoniak (NH_3) kan fremstilles ved at reagere brint med kvælstof (nitrogen, N_2). Kvælstof kan udvindes fra almindelig luft.

En række andre stoffer, fx. metanol, metan og kerosin, kan fremstilles ud fra brint og kuldioxid (CO_2). CO_2 indfanges typisk fra biogas eller fra røggassen fra et biomassefyret kraftværk.

Syntese foregår typisk i **store kemiske proces-anlæg**. Processerne afgiver varme.

Mange **synteseprocesser** har navne efter opfinderne, f.eks. Haber-Bosch til ammoniak-produktion og Fischer-Tropsch til fremstilling af kerosin. Andre processer har mere forklarende navne som metanisering og metanolsyntese.

BRÆNDSLER FRA PTX KAN BRUGES I FORSKELLIGE ANVENDELSER OG SEKTORER

	TRANSPORT	EL OG VARME	INDUSTRI	LANDBRUG
H_2 Brint				
CH_4 Metan				
CH_3OH Metanol				
NH_3 Ammoniak				
C_xH_y Kerosin				

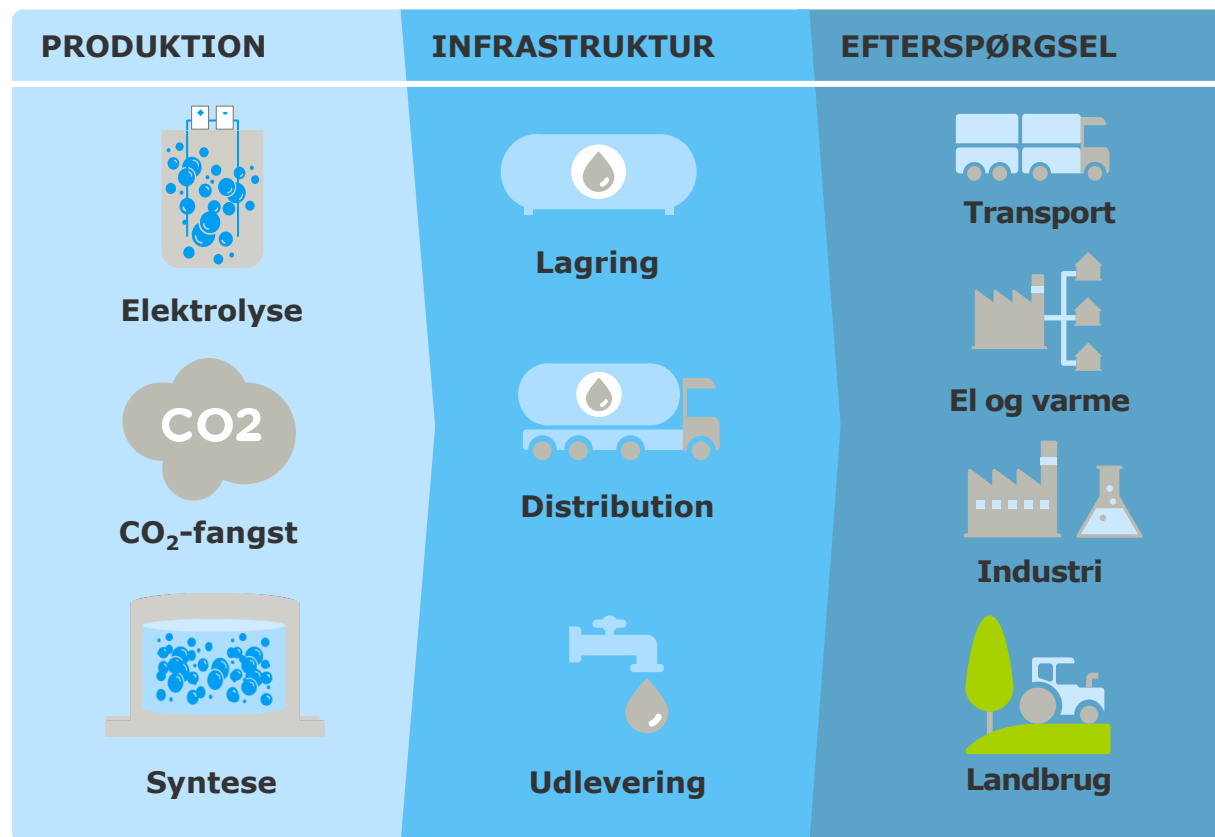
PTX-TEKNOLOGIER OPDELES HER I TRE DELE AF VÆRDIKÆDEN: PRODUKTION, INFRASTRUKTUR OG EFTERSPØRGSEL. MODENHED VURDERES PÅ EN "TRL"-SKALA.

Metode

Teknologisk modenhed vurderes ved ud fra EU's Technology Readiness Level skala (TRL). Samme skala anvendes i danske støtteprogrammer, f.eks. Innovationsfonden. Modenhedsniveauet indikerer hvilken skala en given teknologi er demonstreret i. Hvornår en teknologi er moden afhænger ikke kun af, hvor meget der er blevet forsket i teknologien, men i høj grad af, hvor meget der investeres i at demonstrere den.

UDRULNING	9	SELVE SYSTEMET EFTERVIST I DRIFTSMILJØ
	8	SELVE SYSTEMET FÆRDIGGJORT OG KVALIFICERET
	7	SYSTEM PROTOTYPE DEMONSTRERET I DRIFTSMILJØ
UDVIKLING	6	TEKNOLOGI DEMONSTRERET I RELEVANT MILJØ
	5	TEKNOLOGI VALIDERET I RELEVANT MILJØ
FORSKNING	4	TEKNOLOGI VALIDERET I LABORATORIET
	3	EXPERIMENTEL "PROOF-OF-CONCEPT"
	2	TEKNOLOGIKONCEPT FORMULERET
	1	GRUNDLÆGGENDE PRINCIPPER OBSERVERET

Power-to-X værdikæde



ALKALISK ELEKTROLYSE MEST MODEN, MEN SOEC HAR POTENTIALIALE MED HØJEST VIRKNINGSGRAD









Produktion – Elektrolyse

Elektrolyseteknologier

Modenhedsniveau

Delkonklusioner

<p>AEC Alkalisk elektrolyse</p> <p>Alkalisk elektrolyse spalter vand til brint med en effektivitet på 63-70%. Medregnes varme er den samlede effektivitet ca. 80-82%. Processen kører ved 50-80°C. I systemet benyttes en alkalisk opløsning, typisk kaliumhydroxid (KOH), som elektrolyt, der overfører elektrisk ladning. AEC kan køre ved atmosfærisk tryk eller tryksat, typisk ved 30 bar.</p>	 50-80°C  63-70%	<p>9</p> <p>System dokumenteret i driftsmiljø</p>
<p>PEM Proton Exchange Membrane</p> <p>I PEM-teknologi foregår ladningsoverføringen i en polymer-membran. PEM opererer ved 60-80°C og kan fungere ved højere tryk end alkalisk (20-80 bar eller mere). PEM-elektrolyse producerer brint med en effektivitet på 56-60%. Medregnes varme er den samlede effektivitet ca. 78-80%.</p>	 60-80°C  56-60%	<p>8</p> <p>System prototype demonstreret i driftsmiljø</p>
<p>SOEC Fast-oxid elektrolyse</p> <p>SOEC (solid oxide electrolysis) opererer ved temperaturer fra 700-850°C og bruger damp. Når SOEC kan kobles til en varmekilde, f.eks. fra synteseprocesserne, så stiger anlæggets samlede effektivitet. SOEC har en effektivitet omkring 74-81%. Medregnes varme er den samlede effektivitet ca. 80-85%*. Elektrolytten ("membranen") i SOEC består af et keramisk materiale, altså et "fast-oxid".</p>	 700-850°C  74-81%	<p>7</p> <p>Teknologien er valideret i relevant miljø</p>

Alkalisk elektrolyse er den mest modne teknologi i øjeblikket med hensyn til kommercielle projekter.

PEM elektrolyse demonstreres også i en del projekter.

Fast-oxid elektrolyse (SOEC) er den mest effektive teknologi (højeste brint-virkningsgrad). Forskellige brændsler kan benyttes (H₂, metan mv.). Teknologien er i demonstrations-fasen (TRL 7).

I øjeblikket er projekterne i MW-skala med potentiale til kommerciel drift i GW-skala i 2030.

En udfordring er, at **produktionskapaciteten til at lave nye anlæg skal opskaleres**. Haldor Topsøe har annonceret ny SOEC-fabrik, der skal kunne lave 500 MW pr. år i 2023. For alkalisk elektrolyse har NEL offentliggjort planer om at udvide fra 40 til 360 MW/år i 2021. Green Hydrogen Systems tilsvarende fra 75 til 150MW/år. Producent af PEM-elektrolyse, ITM Power i England, og de øvrige nævnte producenter har alle planer om produktionskapacitet på mindst 1 GW/år inden for en årrække.

TEKNOLOGI TIL CO₂-FANGST ER MODEN, MEN NYE MERE EFFEKTIVE TEKNOLOGIER ER PÅ VEJ



Produktion – CO₂ fangst

Teknologier til CO₂-fangst

Modenhedsniveau

Amin-skrubning

Amin-skrubning er en moden teknologi, som er meget udbredt til behandling af røggas fra forbrænding eller til at fjerne CO₂ fra biogas. Flydende aminbaserede absorbenter reagerer med CO₂ fra røggassen, og CO₂ adskilles derefter i en desorptionsproces. Herefter komprimeres og opbevares eller anvendes derefter. Teknologien er blevet anvendt på kulfyrede kraftværker og på mange biogasanlæg. Helt op til 90-98% af CO₂ i gassen kan fanges. Processen er energiforbrugende, ca. 3,5 MJ pr. kg CO₂.



90-98% af CO₂-gassen kan opsamles

9

IDRIFTSÆTTELSE AF SYSTEM
DOKUMENTERET I DRIFTSMILJØ

CO₂ opgradering af biogas - metanisering

Ved biogasproduktion omsættes biomasse i processer, hvor mikroorganismer nedbryder biologisk materiale anaerobt (uden ilt) til biogas. Processen producerer en gas, som består af 55-60% metan (CH₄) og 40-45% kuldioxid (CO₂). Andelen af CO₂ kan opgraderes til metan med forskellige teknologier uden at adskille de to gasser. "Bio-trickling" er en nyere proces til opgradering og afprøves i pilotskala af Nature Energy. En biologisk proces til biometanisering er demonstreret af Electrochaea i større skala.



Næsten 100% af CO₂-gassen kan reageres

5 - 7

TEKNOLOGIEN ER VALIDERET
I RELEVANT MILJØ

Delkonklusioner

For CO₂-fangst er amin-skrubning den mest anvendte og modne teknologi, også i den relevante skala. Denne teknologi kan bruges ved enhver kilde med en rimelig CO₂-koncentration, f.eks. fra forbrænding eller biogas.

Som alternativ kan man i kombination med biogasanlæg opgradere CO₂ fra biogas til metan direkte uden adskillelse af gasserne. Teknologien "bio-trickling" er kendt til andre anvendelser (svovlrensning), og demonstreres nu i pilotskala. Nature Energy har store forventninger til denne løsning og planlægger udrulning på deres anlæg inden for en kort årrække, frem mod 2025.

Electrochaea har demonstreret en direkte biologisk proces til metanisering i større skala.





SYNTESETEKNOLOGIER ER MODNE



Produktion – Syntese

Synteseteknologier

Modenhedsniveau

<p>Metansyntese (Sabatier-reaktion)</p> <p>Processen omdanner syngas, som består af carbon monoxid (CO) og brint (H₂), til en blanding af kulbrinter ved hjælp af en katalysator. Denne proces kan have en effektivitet på op til 80%.</p>	 80%	<p>8 – 9</p> <p>IDRIFTSÆTTELSE AF SYSTEM DOKUMENTERET I DRIFTSMILJØ</p>
<p>Metanolsyntese</p> <p>Metanol er almindeligvis fremstillet af syngas (fra damp-reformering af fossil naturgas). Den alternative Power-to-X-løsning består af en katalytisk hydrogenering af CO₂ med grøn brint. Denne proces kan have en effektivitet på op til 75%.</p>	 75%	<p>8</p> <p>KOMPLET OG KVALIFICERET SYSTEM</p>
<p>Dimetylæter syntese (DME)</p> <p>DME er et syntetisk erstatning for diesel. Der kan vælges to hovedruter til fremstilling af DME:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Indirekte rute ved dehydrering af grøn metanol med 80% effektivitet, 2) Direkte katalytisk syntese fra syngas (CO+H₂) med 67% effektivitet, der normalt opnås ved naturgasreformering. 	<p>Indirekte</p>  80% <p>Direkte</p>  67%	<p>Indirekte</p> <p>4</p> <p>TEKNOLOGI VALIDERET I LABORATORIET</p> <p>Direkte</p> <p>9</p> <p>TEKNOLOGI VALIDERET I LABORATORIET</p>

Delkonklusioner

Metan, metanol og DME kan produceres effektivt ud fra CO₂ og brint. Processerne er alle tilgængelige kommercielt i stor skala og kan integreres med elektrolyseanlæg.

De kan skaleres op til GW-skalaen, når det bliver aktuelt.

Kun for indirekte DME produktion med høj effektivitet, er der brug for at demonstrere teknologien i flere projekter. Teknologien forventes at være kommercielt tilgængelig i 2030 i stor skala.

MODNE SYNTESOTEKNOLOGIER BRUGES I NYE SAMMENHÆNGE



Produktion – Syntese

Synteseteknologier

Modenhedsniveau

Fischer-Tropsch syntese – kerosin og diesel

Fischer-Tropsch (FT) er en række reaktioner mellem CO eller CO₂ og brint til at danne flydende brændsler som f.eks. kerosin/flybrændstof og diesel. FT er en meget moden teknologi, særligt til dieselfremstilling, men sammenkoblingen med grøn brint og CO₂ er ny og demonstreres i pilotanlæg, TRL 5. Effektiviteten af FT er ca. 80%.



Ammoniaksyntese (Haber-Bosch)

Ammoniak (NH₃) produceres ved Haber-Bosch-processen, hvor kvælstof (N₂) reagerer med hydrogen (H₂) ved højt tryk og temperatur. Kvælstof udvindes fra luft med en luftseparations-enhed. Effektiviteten af Haber-Bosch er ca. 65%. Teknologien er moden og ammoniak produceres i meget store anlæg. Til demonstration af PTX i lille MW-skala er der brug for design af nye, mindre anlæg og nye teknologier er under udvikling.



IDRIFTSÆTTELSE AF SYSTEM
DOKUMENTERET I DRIFTMILJØ

Delkonklusioner

Flydende brændsler som **diesel og flybrændstof/kerosin** kan produceres via Fischer-Tropsch syntese, der er moden teknologi. Hvis produktet skal være bæredygtigt, så skal CO₂ være fra vedvarende kilder og brinten skal være grøn. Denne proces har en lavere modenhed, men demonstreres af Shell i pilotanlæg og teknologien kan være kommercielt tilgængelig fra 2025.

Ammoniak er en flydende energibærer, der ikke indeholder kulstof. Der er derfor ikke behov for en CO₂-kilde til fremstilling af ammoniak. Teknologien er meget moden, men decentrale produktion af ammoniak kræver at små anlæg udvikles. Modsat vil ammoniak i forbindelse med energigøer kræve langt større anlæg (adskillige GW) end de kendes i dag.

TEKNOLOGIEN TIL INFRASTRUKTUREN ER MODEN, MEN DEN SKAL ETABLERES, OG DET TAGER TID



Infrastruktur

LAGRING

Tank til flydende brændsler

9

Metanol og kerosin er flydende ved stuetemperatur og lagres i en ståltank.



De andre brændsler kan med fordel også lagres i flydende form for at opnå en højere energitæthed end ved gas. Dog kræver det nedkøling: brint (-252°C), metan/LNG (-162°C) og ammoniak (-33°C) ved atmosfærisk tryk. De vil dog altid opbevares tryksat og ved en højere temperatur.

Gastank



9

Brint, metan og ammoniak, kan også lagres i gasform i tryksatte ståltanke. En pumpe komprimerer typisk gasserne til over 200 bar.

DISTRIBUTION

Mobil tank til gas/flydende brændsler



9

På korte afstande distribueres brint normalt i tryksatte tanke på en lastbil. Metanol, metan, kerosin og ammoniak kan ligeledes transporteres i tanke, men det gøres oftere over større afstande og i bulkskibe.



Rørledning til gas



9

Ved større afstande kan brint og metan med fordel transporteres i rørledninger. Det nationale naturgasnet kan ved en opgradering anvendes til brint.

UDLEVERING

Tankstationer



9

Brint og metan leveres typisk i gasform i brinttankningsstationer. Metanol, ammoniak og kerosin vil typisk blive udleveret i flydende form, som man kender det fra benzin- og dieseltankning. Teknologien er moden, men der er fortsat regulatoriske begrænsning ift. sikkerhed ved udlevering og brug af ammoniak som brændsel.

Industrielle rørforbindelser



9

Metan kan integreres direkte i gasnettet, som aftagere kan koble sig på. En rørforbindelse kan også etableres til distribution af brint og ammoniak.

Delkonklusioner

Infrastruktur til lagring, distribution og udlevering er modne teknologier, som forskellige producenter allerede i dag fremstiller på kommercielt niveau til diverse industrielle anlægsprojekter.

Dog bør det nævnes, at denne infrastruktur naturligvis vil skulle **udbredes i langt større skala** i takt med diverse sektorer bliver dekarboniseret med grønne brændsler.

Der findes ikke i dag en egentlig brint-rørledningsinfrastruktur i Danmark, som man kender det fra naturgas. Det vurderes at **selve teknologien er moden** til at blive rullet ud, såfremt det besluttet politisk.

Der ligger tilmed et forestående regulatorisk arbejde i at godkende ammoniak som brændsel, dog vurderes det at dette vil blive tilpasset på kort sigt.

CO₂-FRIE BRÆNDSLER ER MEST MODNE TIL LAND-TRANSPORT, DOG HURTIG UDVIKLING I SØFARTEN



Efterspørgsel i transporten

EFTERSPØRGSEL I TRANSPORTSEKTOREN	
<p>H₂ Brint</p>	<p>Køretøjer med brændselsceller Brændselscelle-teknologien, der muliggør anvendelse af brint som drivkraft er moden, men skal for visse fartøjer eftermonteres (retrofittes) og er således ikke standardvare.</p> 9 9 9 9 8 5
<p>CH₄ Metan</p>	<p>Forbrændingsmotor Metan bruges i dag i Danmark i mindre omfang som brændstof i søfarten (særligt containerskibe) og den tunge vejtransport.</p> 9 9 <p>Brændselscelle Metan kan også bruges i fast-oxid brændselsceller (SOFC). 7</p>
<p>CH₃OH Metanol</p>	<p>Metanol i forbrændingsmotor Til køretøjer med motorer designet til benzin kan der maks. opnås 85% iblanding med benzin. Til skibsfarten findes 100% metanolmotorer.</p> 9 9 <p>Brændselscelle Metanolbrændselsceller har en høj modenhed 8</p>
<p>NH₃ Ammoniak</p>	<p>Ammoniak til skibsfarten Indtil videre findes der ingen skibe i drift med ammoniakmotorer. Yderligere risikovurdering er f.eks. påkrævet før håndterings- og fremdriftssystemet til ammoniak bliver godkendt af myndigheder til både gods- og persontransport.</p> 5 5
<p>C_xH_y Kerosin</p>	<p>Syntetisk flybrændstof Kerosin er det foretrukne brændstof til fly over hele kloden på grund af lavt frysepunkt, lav viskositet, høj brændbarhed og sikkerhed. Så længe den producerede kerosin lever op til kvalitetskravene kan det anvendes i eksisterende motorer.</p> 9

Delkonklusioner

For persontransport forventes elmotorer og batterier at være den primære form for lavemissions transportteknologi. For lange strækninger og godstransporten er batterier ikke tilstrækkelig energitæthed.

Brint anvendes i brændselsceller til let og tung vej- og skibstransport. På kortere ruter forventes **el-færger** at blive den billigste løsning. Grundet brints massefyldte egner den sig ikke til luftfart over lange afstande. Til gengæld har Airbus kastet sig ud i en større satsning på brint til korte distancer som senest i 2035 skal være i drift.

Metan anvendes allerede i dag til tung vej- og skibstransport, og på sigt kan det måske også anvendes i brændselsceller.

Metanol i både forbrændingsmotorer og brændselsceller er en lovende og snarligt moden teknologi.

Ammoniak til skibstransport er fortsat på et tidligt stadie, men industrien investerer markant i teknologien og de to førende producenter, MAN og Wärtsilä, forventer at have en færdig motor klar senest i 2024.

Kerosin anvendes i dag i luftfarten og vil derfor kunne bruges uden behov for udvikling af nye motorer.

ELEKTROLYSE KAN BALANCERE ELNETTET OG UDNYTTE FLUKTUERENDE VE-ENERGIKILDER



El og varme



Delkonklusioner

I varme- og elproduktion kan brint og metan fra vedvarende energikilder (VE) indgå i energisystemet som grønt energilager til timer i døgnet hvor vinden ikke blæser og solens stråler ikke rammer solcellerne.

Elektrolyse kan også balancere elnettet på kort tidsskala ved at regulere op og ned, når der er behov for systemydelse.

Afhængigt af driftstemperaturen kan overskudsvarme bruges til fjernvarme og industrielle processer.

Teknologien i dette efterspørgselsled er moden, men implementeringen kræver infrastruktur som pt. kun er til stede for metan (naturgasnet og kraftvarmeværker) men ikke brint (brændselsceller).

I de anvendelser, hvor **el kan anvendes direkte**, f.eks. i form af varmepumper til opvarmning, anbefales dette, frem for at konvertere til brint og metan for efterfølgende at afbrænde til opvarmningsformål.

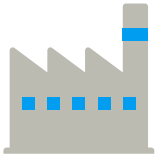
EFTERSPØRGSEL I EL- OG VARMSEKTOREN







H ₂	Brint	Netbalancering Ved hjælp af brændselsceller kan brint omdannes til elektricitet, når VE-kilder ikke producerer strøm.		9	Varme Overskudsvarme kan bruges til fjernvarme eller industriel procesvarme afhængigt af temperatur.		9
CH ₄	Metan	Metan Grøn metan kan anvendes som supplement til biogas i produktion af strøm og varme til opvarmning af hjem samt til industrielle formål.		9		9	
CH ₃ OH	Metanol	Begrænset anvendelse					
NH ₃	Ammoniak	Begrænset anvendelse					
C _x H _y	Kerosin	Ingen umiddelbar anvendelse					

STOFFERNE ANVENDES ALLEREDE I STOR STIL I INDUSTRIEN, OG DER ER BRUG FOR DEM



Industrien



EFTERSPØRGSEL I INDUSTRIEN	
<p>H_2 Brint</p>	<p>Brint anvendes i den kemiske industri til at fremstille kulbrinter og i gassvejsning. Det er også i metalbehandling i stål og glas industri.</p>  9  9
<p>CH_4 Metan</p>	<p>Metan i form af naturgas er vigtigt for industrier som plastproduktion, hvor metan anvendes som en kemisk byggesten. Metan anvendes også i stålindustrien, hvor den reageres kemisk for at tilføje kulstof i stålprocessen.</p>  9  9
<p>CH_3OH Metanol</p>	<p>Den største anvendelse af metanol er som råmateriale til plastindustrien. Det bruges også til at fremstille brændsler som dimetylæter (DME). Metanol kan også bruges i stålindustrien.</p>  9  9
<p>NH_3 Ammoniak</p>	<p>Begrænset anvendelse</p>
<p>C_xH_y Kerosin</p>	<p>Ingen umiddelbar anvendelse</p>

Delkonklusioner

I den kemiske industri anvendes brint og metanol oftest til at fremstille andre kemiske stoffer.

Metan og metanol bruges på tilsvarende vis i plastindustrien.

Papirindustrien anvender også metan.

Mange industrivirksomheder vil være vanskelige at dekarbonisere uden brug af PTX, da de anvendte råstoffer ofte stammer fra fossile kilder.





PTX-brændsler kan dog let erstatte de nuværende brændsler i industrien, og derved bidrage til dekarbonisering.

AMMONIAK TIL KUNSTGØDNING ER EN VIGTIG ANVENDELSE AF PTX-PRODUKTER



Landbrug



EFTERSPØRGSEL I LANDBRUGET	
<p>H_2 Brint</p>	<p>Brændstof til køretøjer Brint kan bruges i brændselsceller til at drive traktorer til landbrug. Brint kan også erstatte den propangas, der anvendes af landmænd til at tørre produkter som kartofler, løg og gulerødder.</p> <p> 7</p>
<p>CH_4 Metan</p>	<p>Brændstof til køretøjer Metan kan bruges i både forbrændingsmotorer og brændselsceller til at drive traktorer og andre maskiner/køretøjer i landbruget. Disse teknologier er dog så vidt vides endnu ikke demonstreret for disse maskiner.</p> <p> 5</p>
<p>CH_3OH Metanol</p>	<p>Brændstof til køretøjer Metanol kan også bruges i både forbrændingsmotorer og brændselsceller til at drive traktorer og andre maskiner/køretøjer i landbruget. Disse teknologier er dog så vidt vides endnu ikke demonstreret for disse maskiner.</p> <p> 5</p>
<p>NH_3 Ammoniak</p>	<p>Input til produktion af gødning Det meste ammoniak produceres til landbruget, hvor op til 80% af ammoniakken anvendes. Ammoniak har et molekylvægtforhold på 82,5% kvælstof til 17,5% brint og finder anvendelse i storstilet hvede- og majsdyrkning.</p> <p> 9</p>
<p>C_xH_y Kerosin</p>	<p>Ingen umiddelbar anvendelse</p>

Delkonklusioner

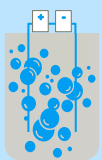




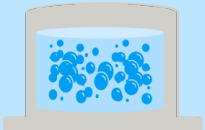


Den mest oplagte anvendelse af Power -to-X til landbrugssektoren er **ammoniak**, som anvendes i udbredt omfang i landbruget i form af gødning. Den grønne ammoniak vil indgå i en almindelig produktionsproces af forskellige kunstgødninger, og gør derfor ingen forskel for den enkelte landmand.

Brint, metan og metanol kan evt. også bruges i brændselsceller eller forbrændingsmotorer til at drive maskiner, herunder traktorer og lign.

Brint kan tilmed også bruges til tørring af råvarer, men denne anvendelse anses dog for at have begrænset potentiale.

Kerosin har ingen nævneværdig rolle i landbruget.

FLERE POWER-TO-X TEKNOLOGIER ER MODNE, DOG AFGØRENDE AT ALLE DELE AF VÆRDIKÆDEN ER MODNE

PRODUKTION	INFRASTRUKTUR	EFTERSPØRGSEL
 <p>Elektrolyse</p> <ul style="list-style-type: none"> Alkalisk 9 PEM 8 SOEC 7 	 <p>Lagring</p> <ul style="list-style-type: none"> Gasform 9 Flydende 9 	 <p>Transport</p> <ul style="list-style-type: none"> Land 8-9 Søfart 5-9 Luftfart 5-9
 <p>CO₂-fangst</p> <ul style="list-style-type: none"> Amin-skrubning 9 Biogas opgradering 5 		 <p>Distribution</p> <ul style="list-style-type: none"> Mobil tank 9 Rørledning 9
 <p>Syntese</p> <ul style="list-style-type: none"> Metan 8-9 Metanol 8 DME 4-9 Kerosin 5-9 Ammoniak 9 	 <p>Udlevering</p> <ul style="list-style-type: none"> Tankning 9 Rørledning 9 	
		 <p>Landbrug</p> <ul style="list-style-type: none"> Køretøjer 5-7 Kunstgødning 9

Konklusioner

For at vurdere om Power-to-X teknologierne er modne til udrulning på Lolland, bør man se på sammenhængende ruter fra produktion til efterspørgselsledet for hvert enkelt brændstof.

Brint har en høj modenhed i alle led af værdikæden. Trods modne teknologier er de direkte anvendelsesområder dog indtil videre kun udbredt i begrænset omfang.

Metan har en relativt høj modenhed i samtlige led, dog mindre moden produktion end brint.

Metanol har en lavere modenhed i efterspørgselsledet, men er relativt moden teknologi i produktion.

DME er modent i alle led af værdikæden, men de effektive produktionsteknologier er umodne.

Ammoniak er moden i både produktion og landbruget, men umodent i transporten.

Kerosin er ikke modent i produktionen, men kan aftages uden ændring i efterspørgselsledet.

RAPPORTEN UNDERSØGER PTX-MULIGHEDER PÅ LOLLAND I SEKS TRIN FRA TEKNOLOGI TIL GEVINSTEN FOR SAMFUNDET

01 Hvilke Power-to-X teknologier er modne og klar til at blive bygget?

02 Hvilke energiresourcer, inkl. CO₂ og biogas, er til rådighed på Lolland?

03 Vil et Power-to-X anlæg på Lolland være konkurrencedygtigt?

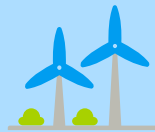
04 Hvordan opnås en positiv business case for PTX anlæg på Lolland?

05 Hvordan kan PTX bidrage positivt til Lolland og Danmarks energisystem?

06 Hvilke samfundsgevinster kan opnås ved investering i PTX på Lolland?

DER ER STORE MÆNGDER VEDVARENDE ENERGI. IKKE ALT KAN OMDANNES TIL GRØN GAS MED LOKAL CO₂

RAMBØLLS POTENTIALE- VURDERING



VEDVARENDE ELEKTRICITET

- Der bliver i øjeblikket **produceret 8 gange så meget vedvarende elektricitet som forbrugt** i Lolland Kommune.
- Dette kan stige til 12 gange i fremtiden ved udskiftning til nye større vindmøller.
- I størrelsesordenen 300 MW kan benyttes til PTX-anlæg.



CO₂ CO₂-KILDER

- Mængden af lokal CO₂ til rådighed for et stort PTX-anlæg i Lolland Kommune er **nok** til at 40% af den tilgængelige vedvarende energi kan omdannes til grøn gas.
- CO₂ fra biogas og sukkerfabrikken forventes at kunne udnyttes til PTX.



EFTERSPØRGSEL PÅ ELEKTRICITET

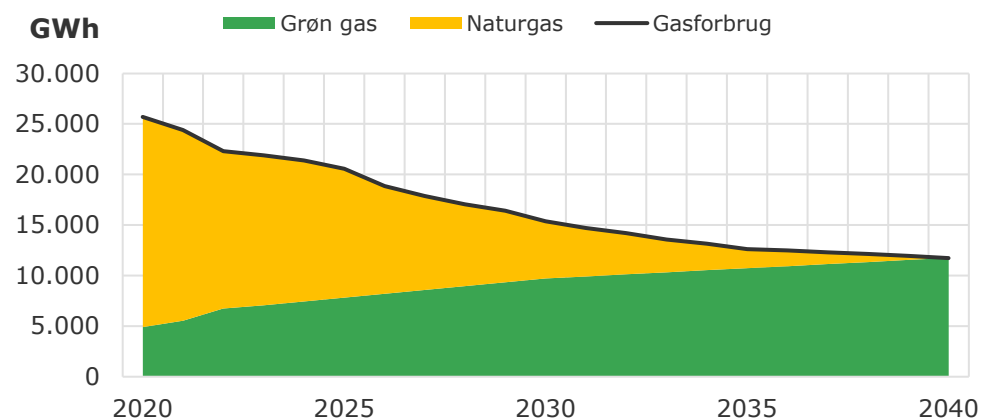
- Der vil være en gradvis elektrificering af opvarmningssektoren og transportsektoren, hvilket medfører et **stigende elforbrug**. Dette er **dog langt mindre end elproduktionen**.

NY GASRØRLEDNING VIL GRADVIST BLIVE GRØN VED ØGET PRODUKTION AF GRØN GAS I DANMARK

Projektet

- Rørledningen vil gå igennem Næstved, Vordingborg, Lolland og Guldborgsund kommuner. Gasnettet forventes koblet til det sjællandske gasnet i Everdrup ved Næstved. Rørføringen går så vidt muligt uden om byerne – den endelige rørføring fastlægges først i forbindelse med miljøkonsekvensvurderingen.
- Hen over land graves gasledningen lige som det øvrige gastransmissionsnet min. 1 meter ned i jorden, således at fx landmænd kan dyrke markerne som før, dog med det forbehold, at der ikke må rejses skov eller planter med dybe rødder.
- Det bliver et 10" rør, og røret dimensioneres til 33.800 Nm³/h naturgas.
- Rørledningen forventes forsynet med grøn gas så hurtigt som muligt i takt med regeringens plan for udrulning af CO₂-neutral gas i gasnettet i samspil med det private marked.
- Andelen af grøn gas i nettet var i 2020 ca. 11%. Det tal forventes jf. Energistyrelsen at stige til 30% allerede i 2023, 70% i 2030 og 100% i 2040.
- Mængden af grøn gas i Danmark forventes at udgøre 7.821 GWh i 2025.

Gasforbrug og produktion i Danmark



Februar 2021

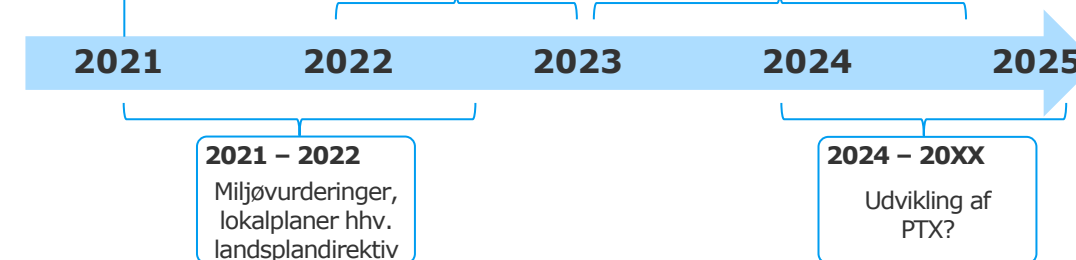
Regeringen har besluttet, at projektet skal gennemføres

2022 – 2023

Arkæologiske undersøgelser og naboetlige forhold

2023-2024

Anlægsfase og ibrugtagning



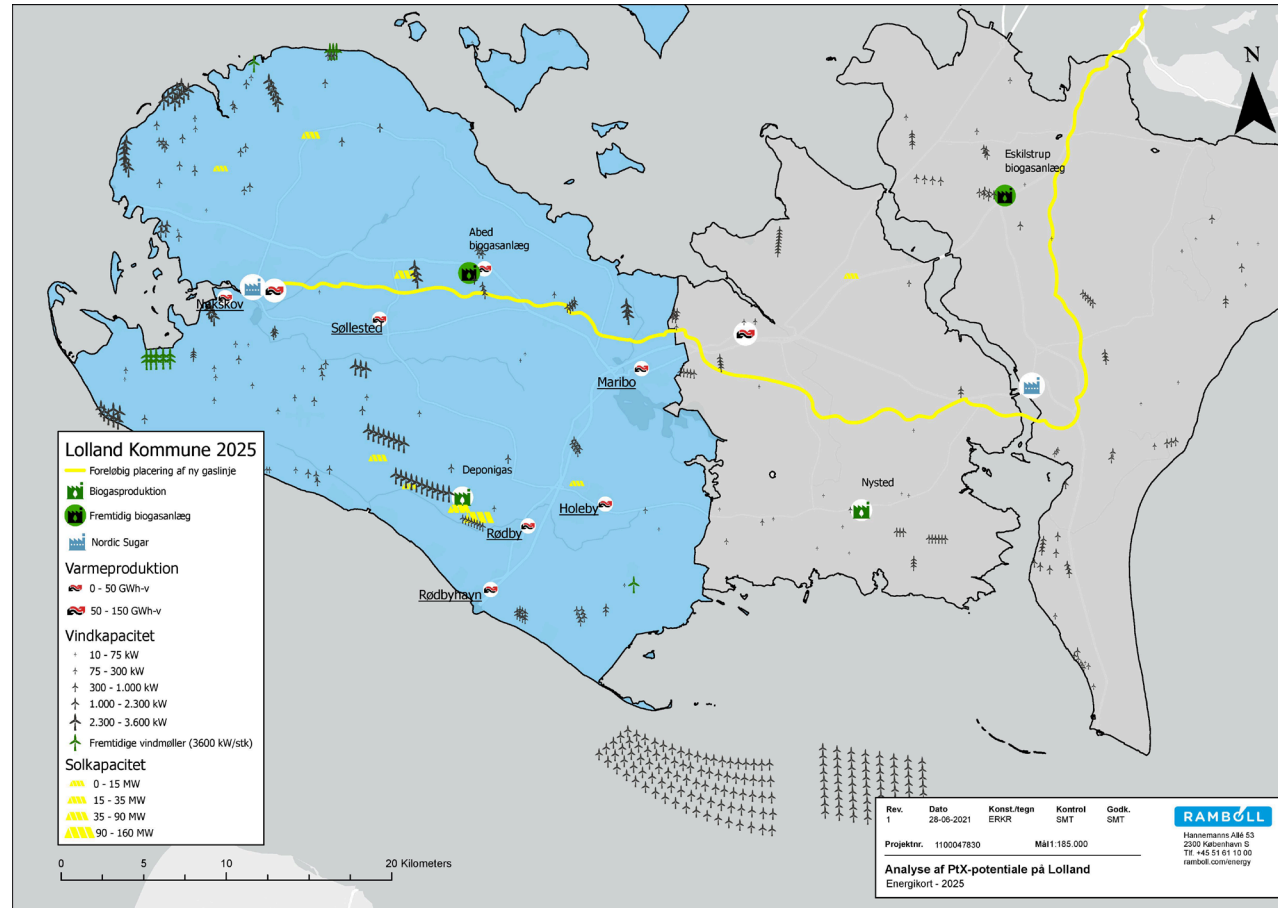
INFO

Op til 115 kilometer gasledning fordelt på

- 30-35 km på Sjælland
- 25-30 km på Falster
- 50 km på Lolland

4 og 2 kilometer under henholdsvis Storstrømmen og Guldborg Sund

DER ER EN STOR MÆNGDE VEDVARENDE ENERGI-PRODUKTION I LOLLAND KOMMUNE



Ny gasledning: Den nye gasledning vil forsyne de to sukkerfabrikker på Falster og Lolland fra 2024, og vil samtidig kunne transportere grøn gas fra biogasanlæg til fabrikkerne – men også tilbage og ud i systemet.

Vindmøller: Der er allerede placeret mange vindmøller i kommunen. Desuden vil der blive placeret en ny landvindmøllepark ved Bogø inddæmningen syd for Nakskov med produktion fra 2022. Eksisterende ældre landmøller kan desuden udskiftes med nye møller med højere energiproduktion.

Solceller: Der er planlagt flere solcelleanlæg. De eksisterende og godkendte anlæg er vist.

Varmeforsyning: Omkring de større byer er der etableret fjernvarmesystemer. Meget af fjernvarmeforsyningen er baseret på halm. De individuelle varmebrugere forventes gradvist at omstilles til hovedsageligt elvarmepumper.

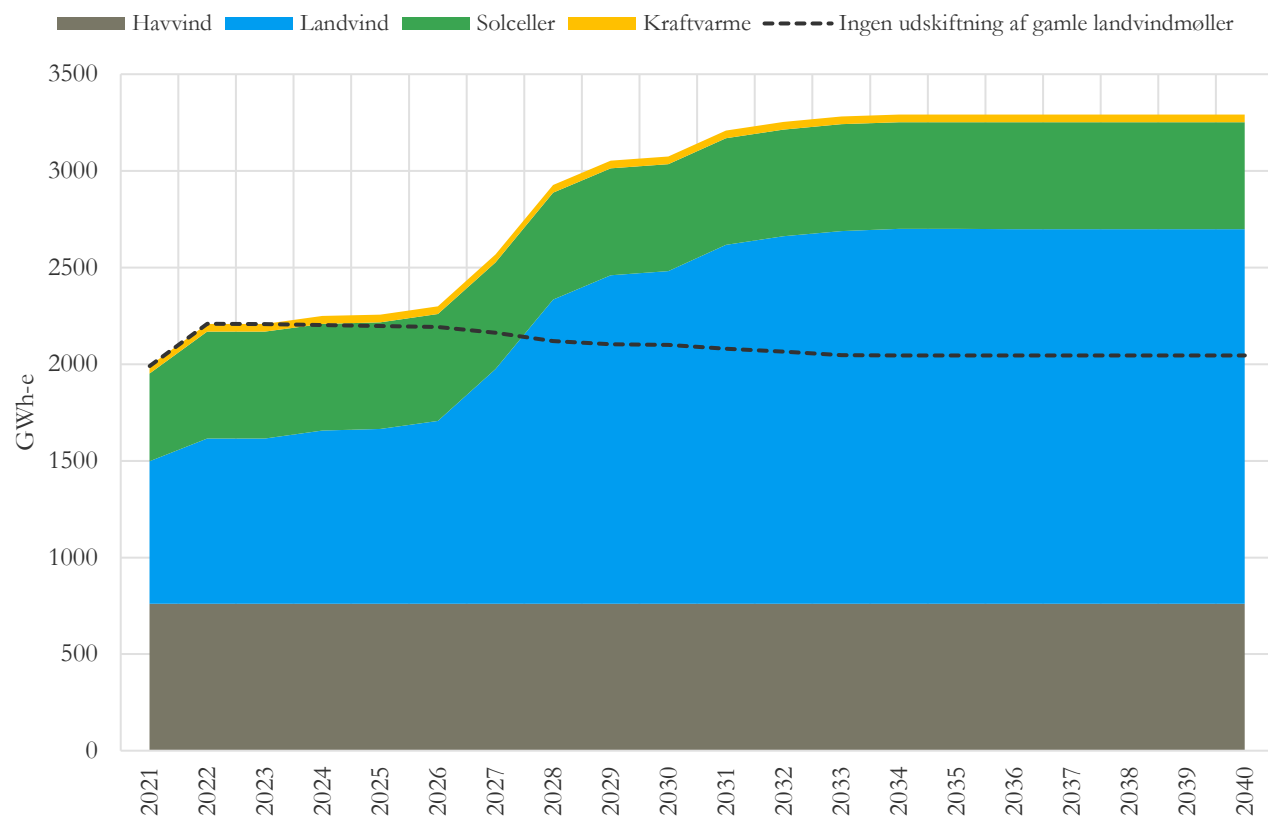
Biogas: Der er planlagt et nyt stort biogasanlæg i Abed på Lolland og Eskilstrup på Falster. Sammen vil de forsyne en del af gasforbruget på sukkerfabrikkerne. Nysted biogasanlæg vil desuden også blive udvidet.

Industri: Den største aftager af gas (og biogas) på Lolland vil være sukkerfabrikken i Nakskov.

ENDNU MERE VEDVARENDE ENERGI KAN UDVIKLES I LOLLAND KOMMUNE VED AT UDSKIFTE GAMLE VINDMØLLER



Elproduktion i Lolland Kommune

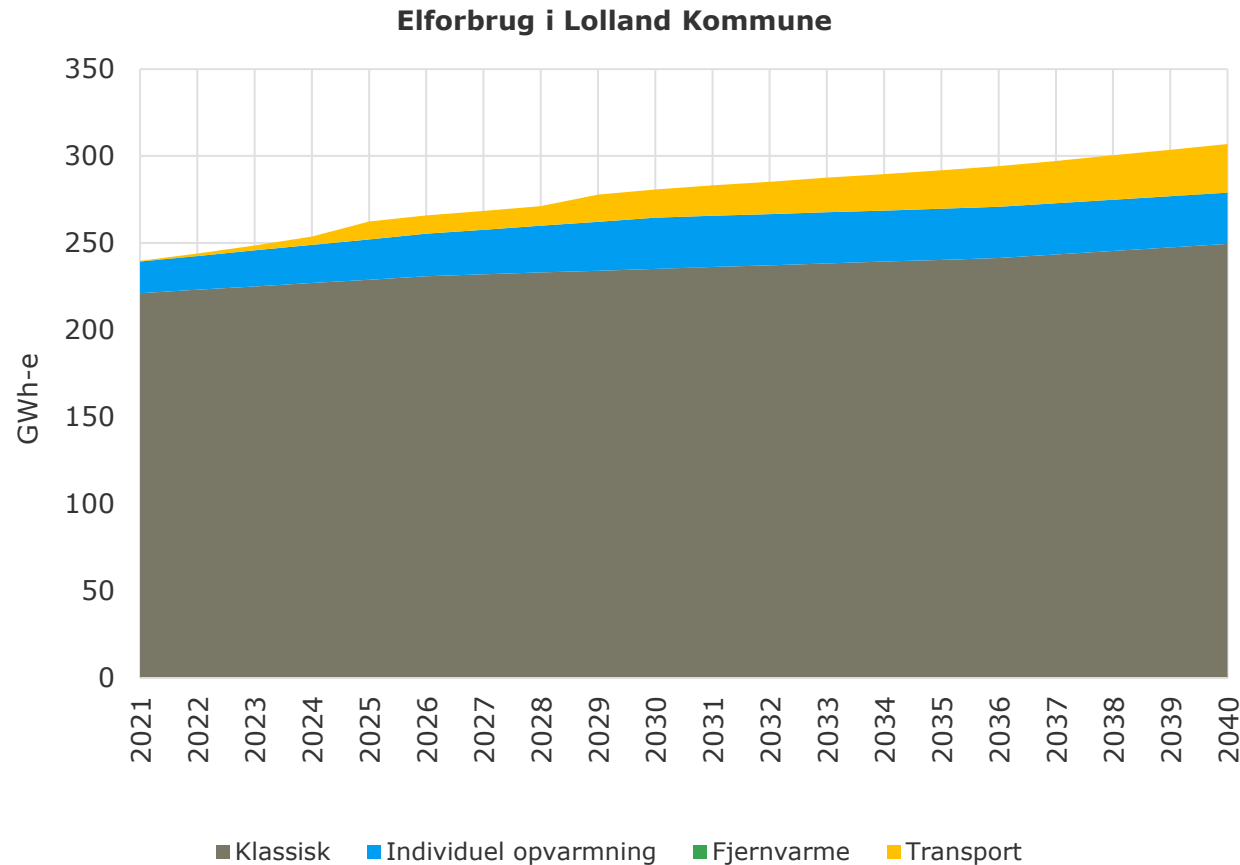
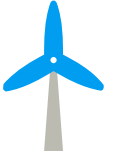


Vindmøller: Det forventes, at der vil blive etableret en landvindmøllepark ved Bogø inddæmningen syd for Nakskov med produktion fra 2022. Desuden vil der forventeligt blive nedtaget vindmøller etableret før 2004 løbende. Disse har vi antaget bliver udskiftet med nye og større vindmøller, som kan producere mere elektricitet, hvilket afspejler stigningen i produktion. For hver mølle nedtaget, forudsættes en ny, større mølle opsat, evt. på en anden lokation, men således at antallet af vindmøller på land vil være uændret. Desuden forventes de to havvindmølleparker at kunne fortsætte i drift.

Solceller: Der er en lang række solcelleprojekter, som er klar til at blive udviklet. Sker dette, vil det resultere i en stigning i den årlige produktion fra solceller. Status på de fleste af projekterne er imidlertid ukendt eller afvist, hvorfor der ikke er indlagt en stor stigning i produktionen fra solceller.

Kraftvarme: Der vil være en mindre elproduktion fra halm-kraftvarmeværket i Sakskøbing, der er koblet sammen med fjernvarmesystemet i Maribo.

ELFORBRUGET I LOLLAND KOMMUNE KAN FORVENTES AT STIGE GRADVIST GRUNDET ELEKTRIFICERING



Klassisk: Dette elforbrug dækker over det samlede elforbrug til huse, industri, belysning, osv., som ikke er underlagt én af de tre nedenstående kategorier. I følge Energistyrelsens forventning vil det klassiske elforbrug stige i fremtiden. Vi forudsætter den samme udvikling for Lolland Kommune.

Individuel opvarmning: Dette dækker over elforbrug til individuelle varmepumper og huse opvarmet med elvarme. I fremtiden er det antaget, at de eksisterende oliefyr bliver omstillet til opvarmning med individuelle varmepumper.

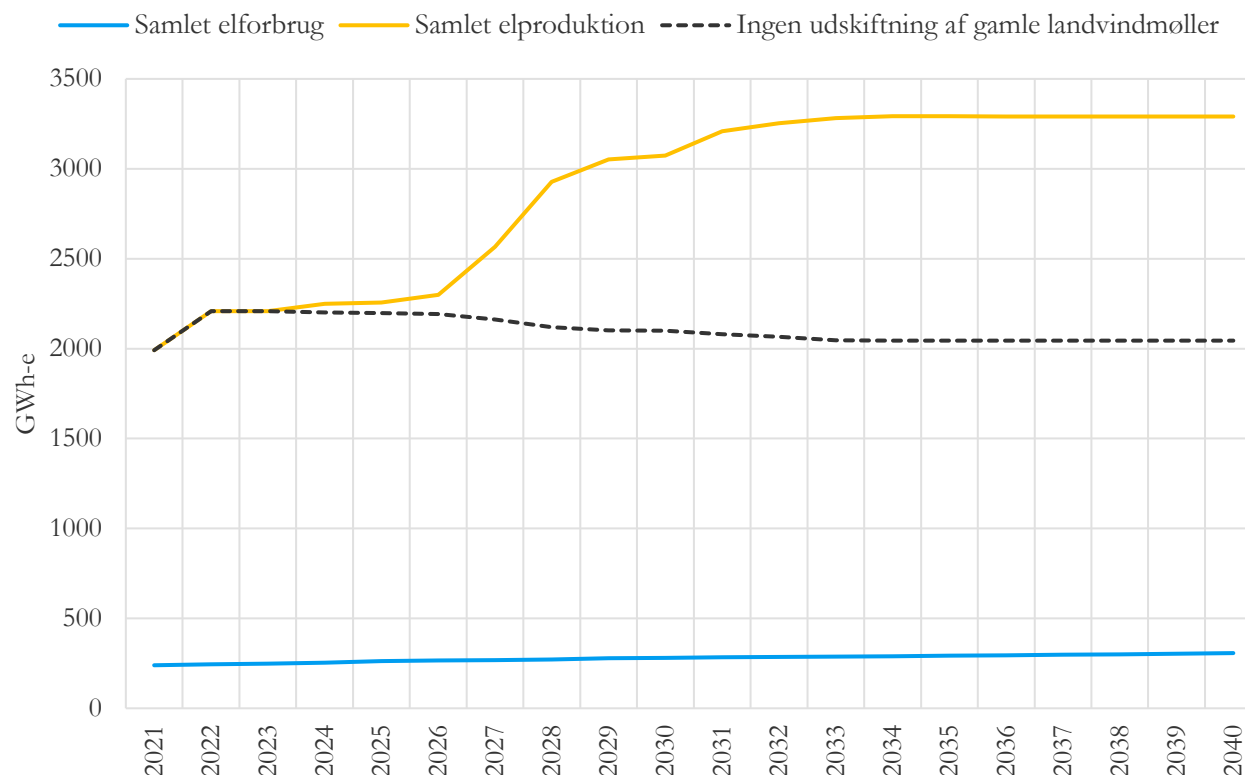
Fjernvarme: Fjernvarmeområderne er i dag hovedsageligt forsynet med varme fra afbrænding af halm. Vi har antaget, at dette fortsætter i fremtiden. Der vil dog være mulighed for, at installere en varmepumpe til fjernvarmeproduktion, er projektøkonomien positiv.

Transport: Vi har antaget, at private biler og varebiler gradvist omstilles til kørsel på el. Desuden forventes småfærgerne at blive elektrificeret over en årrække.

ET KLART OVERSKUD AF ELPRODUKTION FRA VEDVARENDE ENERGI I LOLLAND KOMMUNE KAN ANVENDES TIL PTX



Elforbrug og produktion i Lolland Kommune



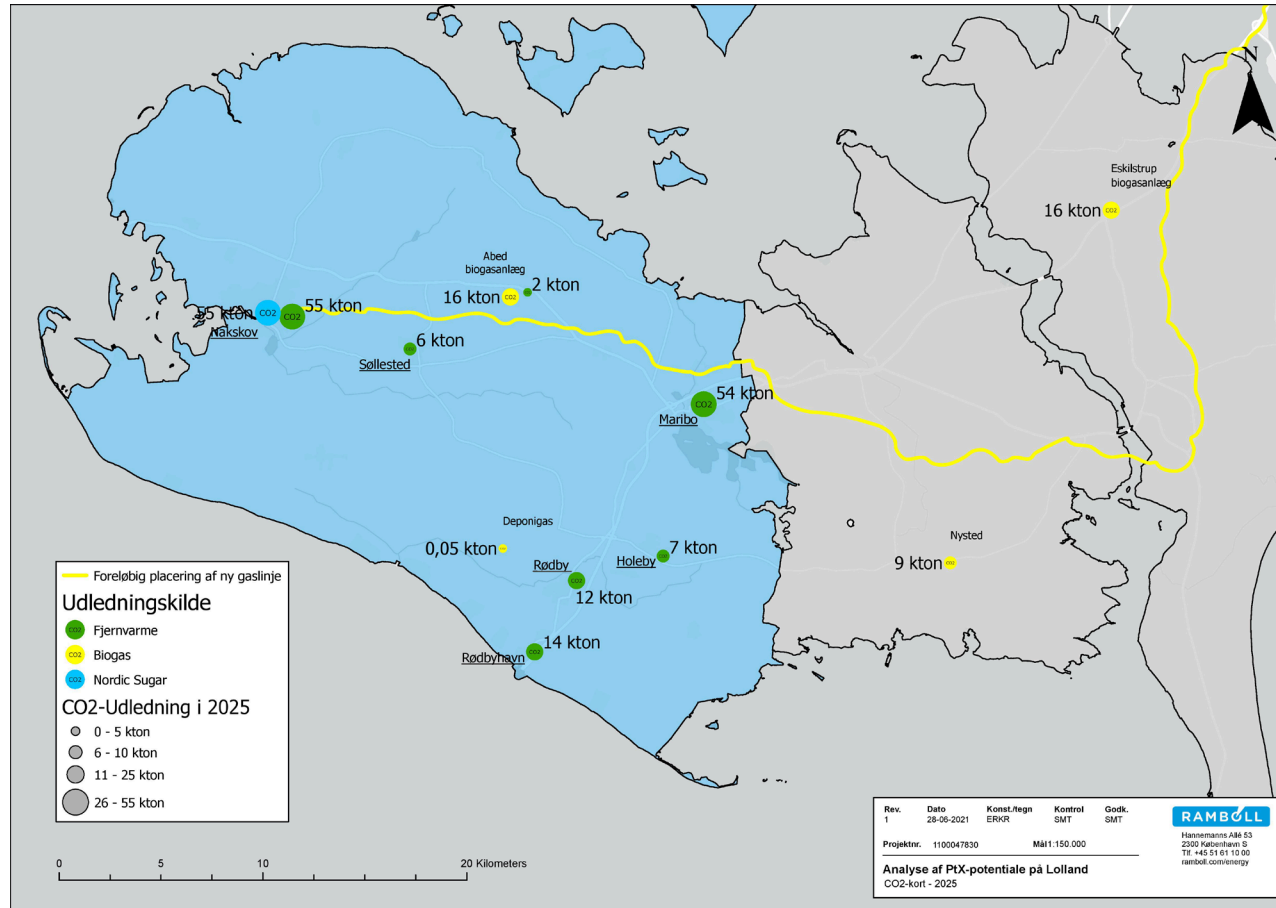
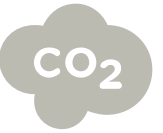
Det samlede billede er, at der allerede nu er en **langt større samlet elproduktion** i Lolland Kommune, end der er elforbrug. I fremtiden kan denne blive endnu større, antaget at de gamle vindmøller nedtages og erstattes med nye større vindmøller.

På nuværende tidspunkt, men også i fremtiden, bliver den "overskydende" elproduktion eksporteret ud af kommunen, med mindre man kan etablere eksempelvis lokal PTX produktion af syntetiske brændsler.

I øjeblikket er elproduktionen fra vedvarende energi 8 gange større end elforbruget i Lolland Kommune. I fremtiden kan dette stige, således at elproduktion fra vedvarende energi bliver 12 gange større end elforbruget i Lolland Kommune.

Der er derfor rig mulighed for at udvikle PTX i Lolland Kommune ved brug af elproduktion fra vedvarende energikilder. Ved den yderligere elproduktion, og ingen PTX, vil man formentlig være nødt til at forstærke elnettet til at kunne "eksportere" elektriciteten.

FORMENTLIG ER KUN ENKELTE AF KULSTOF-KILDERNE I LOLLAND KOMMUNE BRUGBARE TIL PTX-PROCESSER



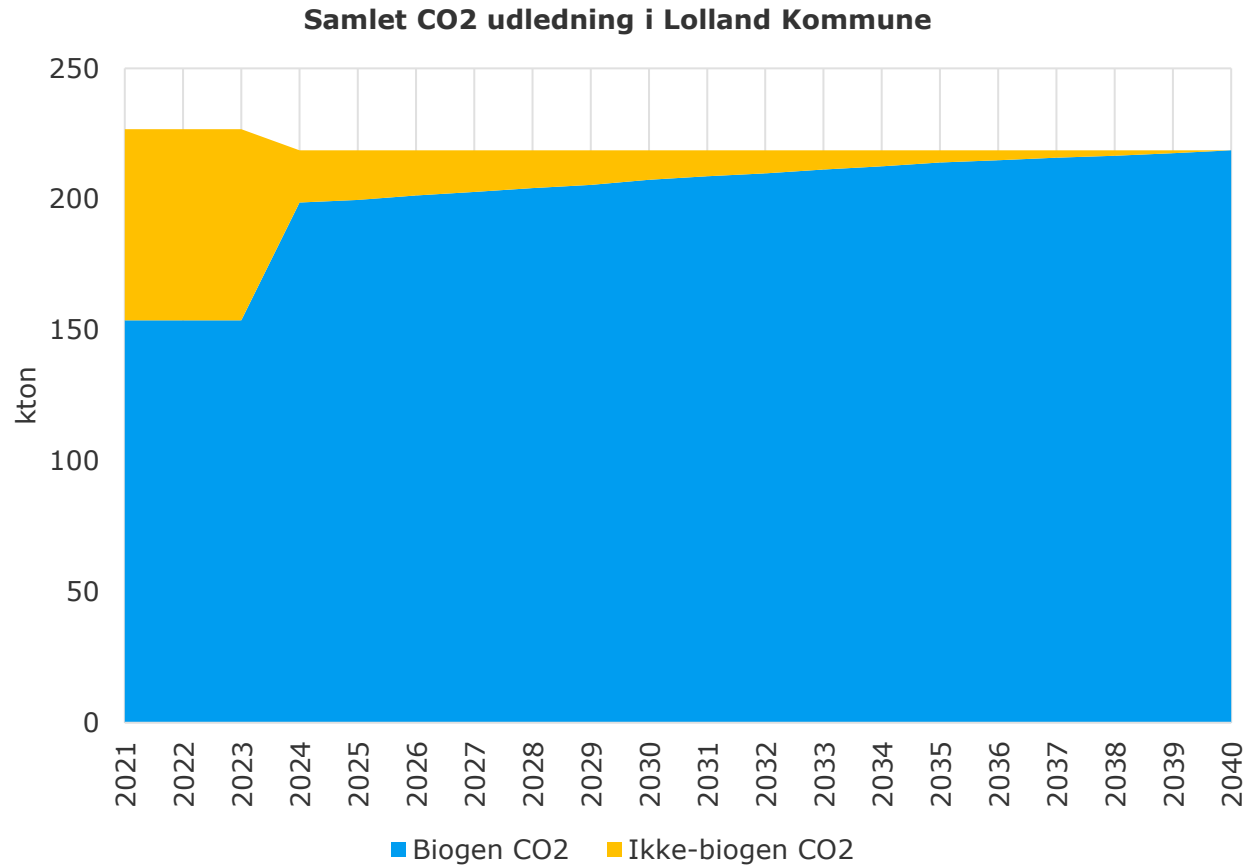
For at producere eksempelvis metanol og metan i en synteseproces er der behov for CO₂. Denne CO₂ er nemmest at fange fra punktkilder.

Fjernvarme: Der vil være en CO₂ udledning fra hovedsageligt afbrænding af halm på fjernvarmeværkerne på Lolland. Denne CO₂ er naturligvis biogen, og kan derfor være en udmærket kilde til videre proces. Mange af punktkilderne er dog mindre halmkedler, hvilke formentlig ikke vil være de første, man udnytter. Derimod kan der være mulighed for at udtage CO₂ af røggassen ved Maribo og Nakskov, hvor man også er forbundet til den nye gasledning.

Biogas: Det vil være en mulighed at bruge CO₂, som tages ud af biogassen når den opgraderes, til videre PTX-proces i forbindelse med det nye anlæg ved Abed.

Industri: Der vil være en udledning af CO₂ fra sukkerfabrikken i Nakskov. Denne kan godt fanges, men der skal være mulighed for CO₂ lagring, da fabrikken ikke producerer kontinuerligt henover året. Alternativt skal synteseprocessen kun køre i disse måneder, hvilket ikke virker rentabelt.

GRADVIST VIL UDLEDNINGEN AF CO₂ I LOLLAND KOMMUNE UDELUKKENDE VÆRE BIOGEN



Størstedelen af CO₂-punktkilderne i Lolland Kommune vil være biogen CO₂. Biogen CO₂ kommer fra afbrænding af biomasse, hvorimod ikke-biogen CO₂ kommer fra afbrænding af fossile brændsler.

I 2024 sker en stigning i biogen CO₂. Dette skyldes omstilling af sukkerfabrikken til naturgas og biogas.

Der vil fortsat være et forbrug af naturgas på sukkerfabrikken, idet der produceres i korte perioder med stort gasforbrug, som ikke kan mødes af biogas alene. I perioder hvor der produceres biogas, og der ikke forbruges på sukkerfabrikken, kan denne biogas eksporteres ud i gasnettet.

Mængden af grøn gas i naturgasnettet vil være støt stigende frem mod 2040, hvor al dansk gasforbrug forventes at blive forsynet med grøn gas.

Til sammenligning af tallene vil Amager Ressourcecenter Center i København efter planen fra 2025 indfange 500.000 ton CO₂ om året. Denne mængde er fra én enkel punktkilde, hvorimod den vist mængde CO₂ på figuren er fra mange forskellige punktkilder.

RAPPORTEN UNDERSØGER PTX-MULIGHEDER PÅ LOLLAND I SEKS TRIN FRA TEKNOLOGI TIL GEVINSTEN FOR SAMFUNDET

01 Hvilke Power-to-X teknologier er modne og klar til at blive bygget?

02 Hvilke energiresourcer, inkl. CO₂ og biogas, er til rådighed på Lolland?

03 Vil et Power-to-X anlæg på Lolland være konkurrencedygtigt?

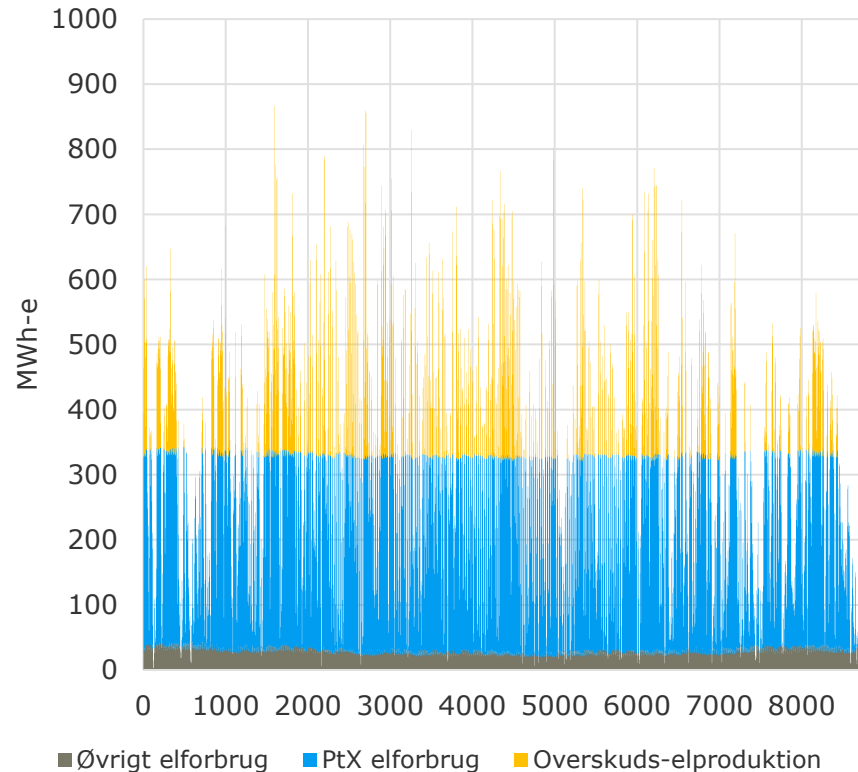
04 Hvordan opnås en positiv business case for PTX anlæg på Lolland?

05 Hvordan kan PTX bidrage positivt til Lolland og Danmarks energisystem?

06 Hvilke samfundsgevinster kan opnås ved investering i PTX på Lolland?

DER VIL VÆRE MULIGHED FOR AT DRIVE ET 300 MW PTX-ANLÆG VED BRUG AF DEN LOKALE VE RESSOURCE

Elforbrug og eksport fra Lolland Kommune

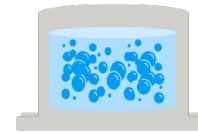


RAMBØLLS VURDERING AF POTENTIALE



300 MW elektrolyse

- 60-65% anvendelse såfremt forbundet til nettet



En eller flere synteser

- Afhænger af ressourcer og afsætningsmuligheder

Lolland Kommune har nok grøn strøm til at have et PTX-anlæg med kapacitet på 300 MW. For et anlæg af denne størrelse vil kapaciteten kunne udnyttes 65% baseret på lokal vedvarende energi, hvilket vurderes at være en rimelig udnyttelsesgrad for et elektrolyseanlæg.

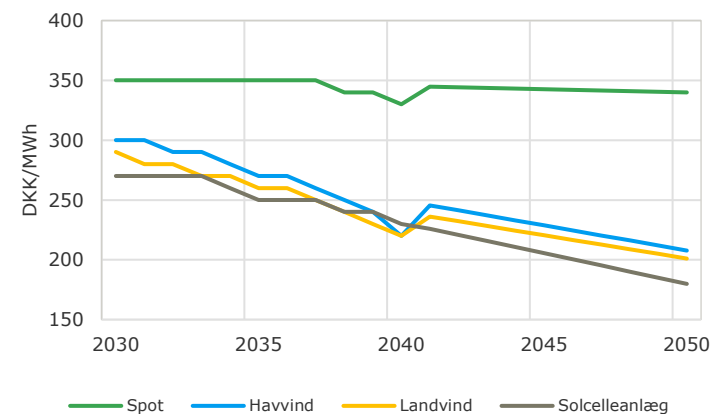
Anlægget kan udnytte lokale ressourcer af kulstof og producere grøn gas (metan) eller metanol. Yderligere kapacitet af anlægget kan benyttes til at lave kulstoffrie brændsler (brint eller ammoniak). Potentialet for salg af producerede e-brændsler afhænger af pris og afsætningsmuligheder.

300 MW svarer til ca. 12 gange den mængde, der skal bruges, for at omdanne al CO₂ til metan (grøn gas) fra det planlagte biogasanlæg i Abed.

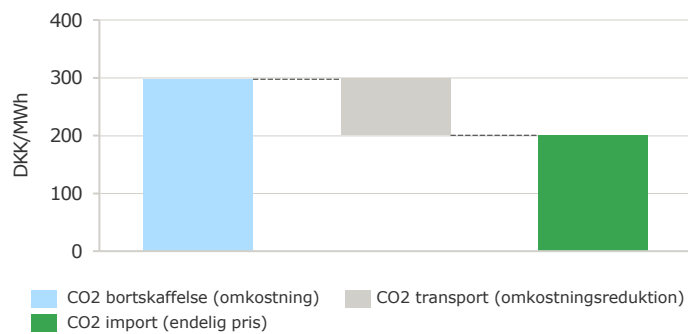
FALDENDE RÅVAREPRISER KAN HAVE EN POSITIV EFFEKT PÅ BRÆNDELSPRISER, DOG IKKE TILSTRÆKKELIGT

Input - Råmaterialepriser

Elektricitet

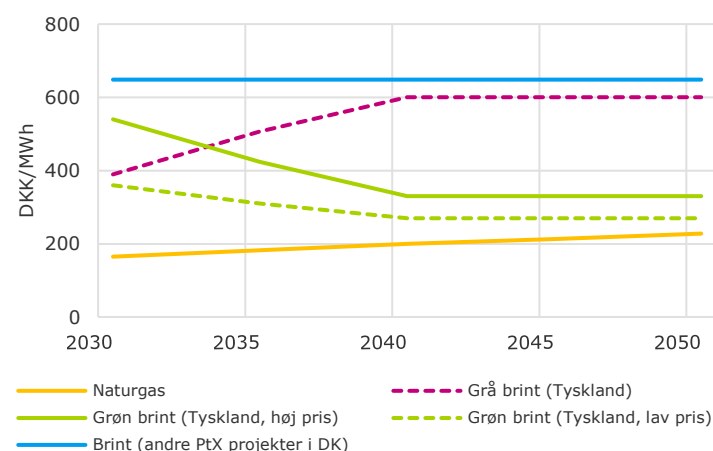


CO₂

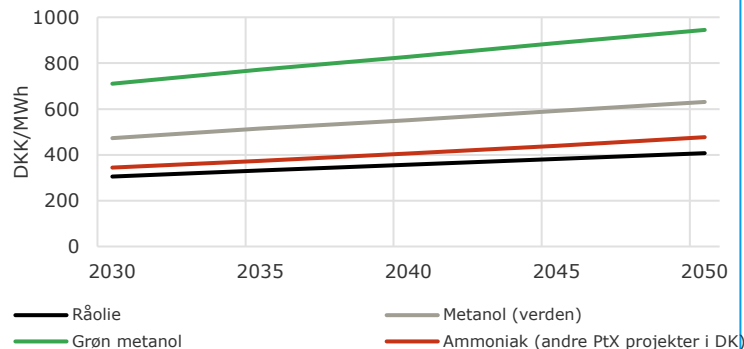


Output - Brændselspriser

Gas



Flydende brændsler



Delkonklusioner

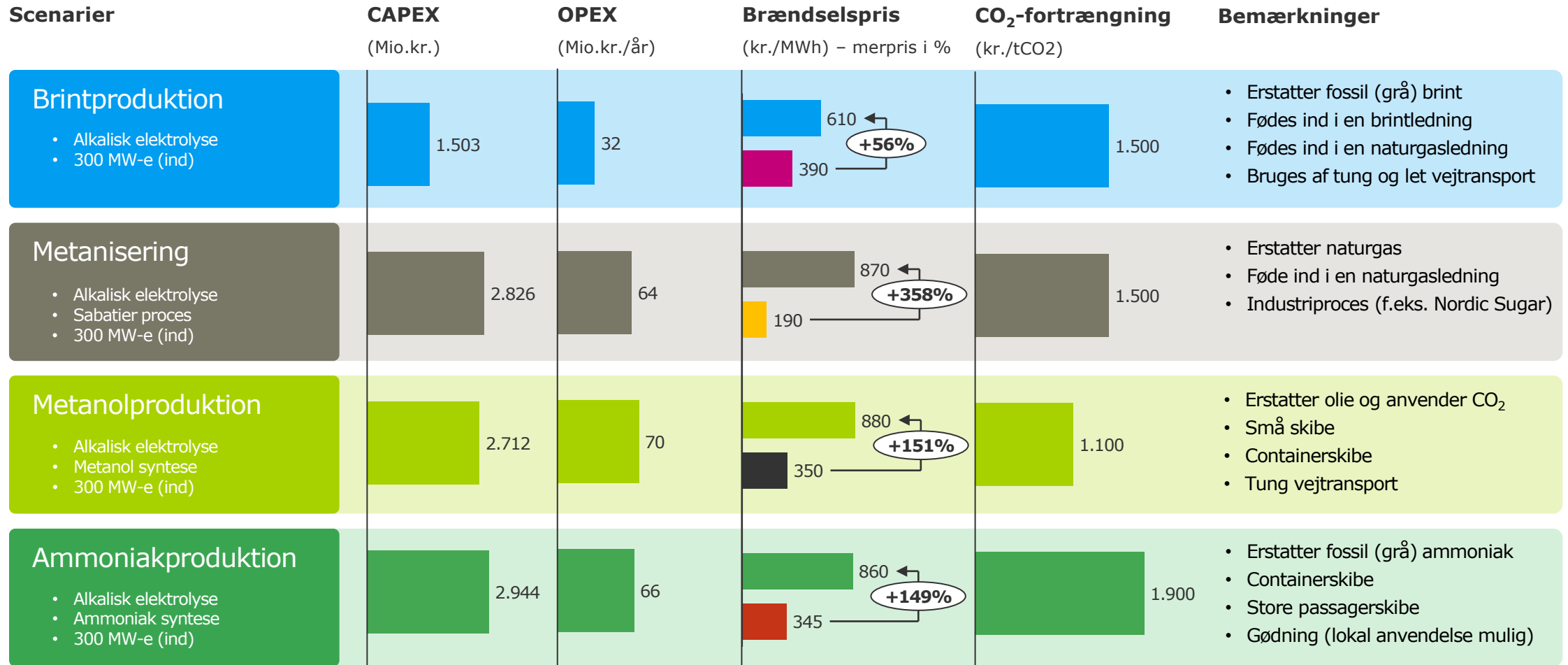
Elektricitet: Prisen på elektricitet fra havvind, landvind og solcelleanlæg forventes at falde mod 2050. El spotprisen estimeres imidlertid til at være relativt stabil i perioden.

CO₂: Udviklingen på markedet for CO₂-handel er vanskelig at forudsige. Indenfor en overskuelig fremtid vil det formodentligt koste penge at bortskaft CO₂. Bortskaftelsesprisen vil være en indkomst for et PTX-anlæg på Lolland, men logistikken omkring transport af CO₂ vil være en udgift.

Gas: Naturgas forventes af Energistyrelsen at forblive den billigste gas i hele perioden. Prisen på grøn brint i Tyskland forventes at falde mod 2050, mens nuværende danske PTX-projekter projekterer en fortsat høj pris. Trods en beskedent forventet stigning i naturgasprisen, er denne ikke tilstrækkelig til at gøre brint konkurrencedygtig med naturgas. Udviklingen i prisen på brint afhænger desuden af teknologiuudviklingen.

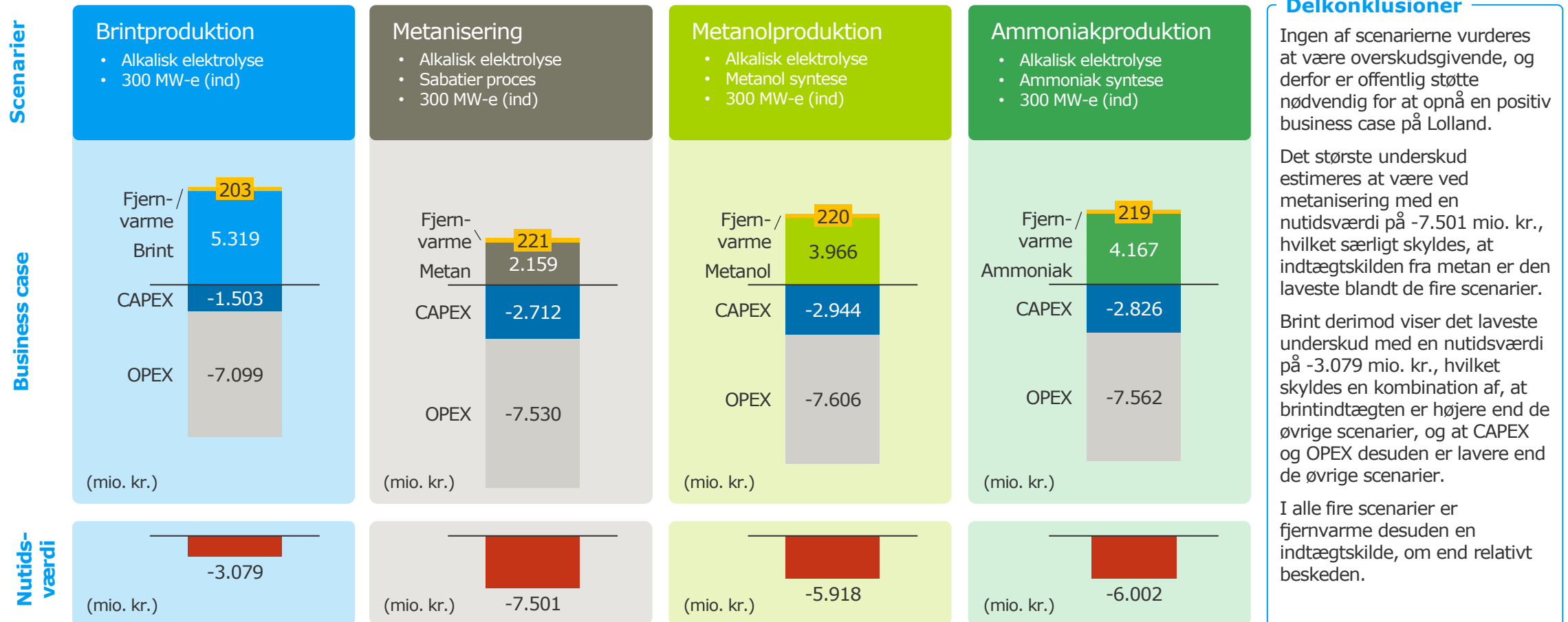
Flydende brændsler: Inkluderer råolie, ammoniak, metanol og en grøn metanolpris, der inkluderer en præmie på 50% sammenlignet med metanolprisen. Stigningen i metanolprisen vurderes ikke tilstrækkelig til at gøre grøn metanol konkurrencedygtig. Ammoniak forventes at forblive dyrere end råolie.

BETYDELIG MERPRIS VED GRØN PRODUKTION AF E-BRÆNDSLER SAMMENLIGNET MED DE FOSSILE ALTERNATIVER



■ Grå brint
 ■ Naturgas
 ■ Råolie
 ■ Grå ammoniak

ALLE PTX-SCENARIER ER UNDERSKUDSGIVENDE. OFFENTLIG STØTTE ER DERFOR NØDVENDIG – FLERE MULIGHEDER FINDES



Delkonklusioner

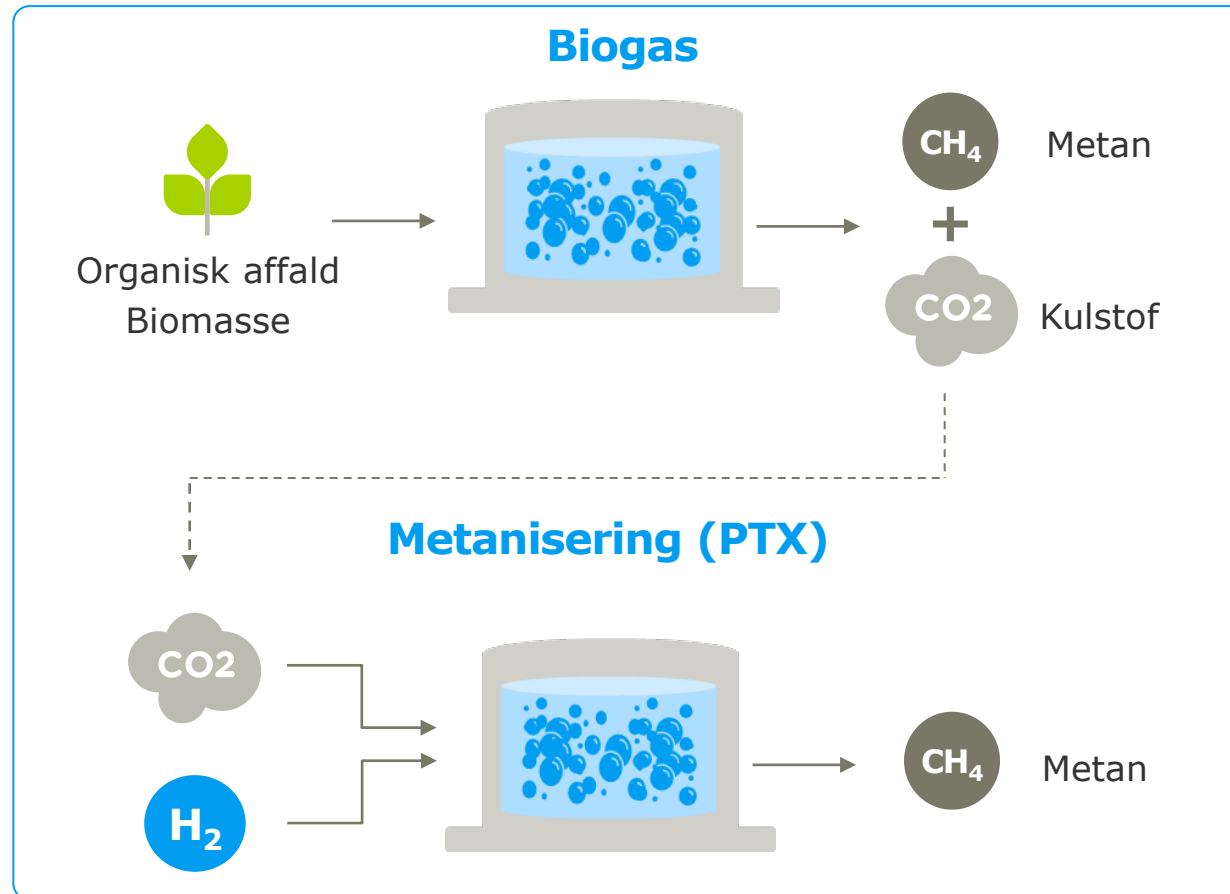
Ingen af scenarierne vurderes at være overskudsgivende, og derfor er offentlig støtte nødvendig for at opnå en positiv business case på Lolland.

Det største underskud estimeres at være ved metanisering med en nutidsværdi på -7.501 mio. kr., hvilket særligt skyldes, at indtægtskilden fra metan er den laveste blandt de fire scenarier.

Brint derimod viser det laveste underskud med en nutidsværdi på -3.079 mio. kr., hvilket skyldes en kombination af, at brintindtægten er højere end de øvrige scenarier, og at CAPEX og OPEX desuden er lavere end de øvrige scenarier.

I alle fire scenarier er fjernvarme desuden en indtægtskilde, om end relativt beskedent.

I BIOGASANLÆG DANNES BÅDE METAN OG CO₂. DENNE CO₂ KAN REAGERES OG DANNE YDERLIGE METAN (GRØN GAS)



Ved produktion af **biogas** omdannes biomasse / organisk affald til gas i en biologisk proces. Før rensning eller opgradering består gassen af ca. 55% metan og 45% CO₂. Efter fjernelse af CO₂ kan metan anvendes som grøn gas.

Det planlagte biogasanlæg i Abed forventes at producere 17.000 ton metan om året fra biogassen.

Anlægget forventes desuden at producere 16.000 ton CO₂. Denne CO₂ kan reageres med grøn brint og danne yderligere metan, ca. 6.000 ton om året fra PTX-processer. Processen kaldes metanisering.

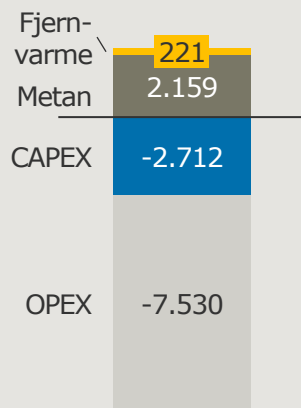
Både den direkte metan fra biogasreaktionen og den yderligere metan fra PTX-proces er grøn gas, der kan erstatte fossil naturgas.

LOKALE CO₂-RESSOURCER ER IKKE TILSTRÆKKELIGE TIL AT OMDANNE HELE DE 300 MW VE TIL GRØN GAS (METAN)

Metanisering

- Alkalisk elektrolyse
- Sabatier proces
- 300 MW_e (ind)

Business case



(mio. kr.)

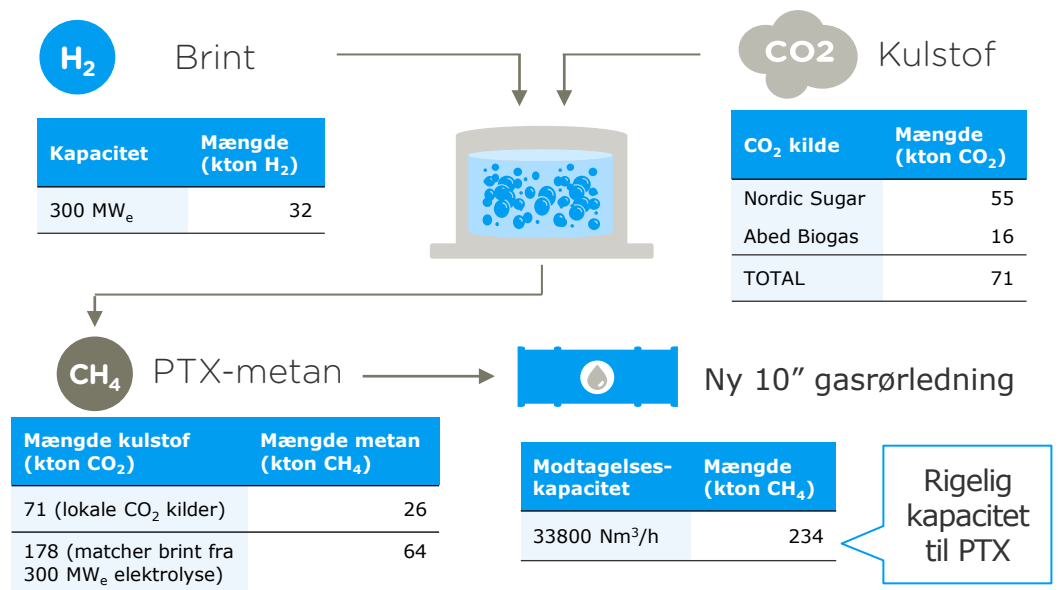
NPV

-7.501

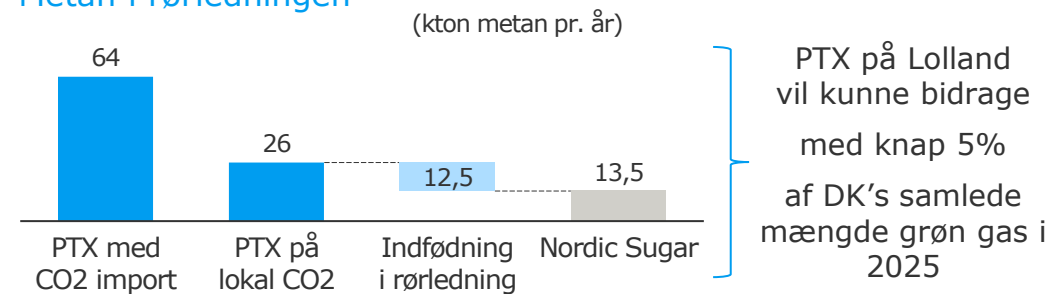
(mio. kr.)

RAMBOLL

Metanpotentiale på Lolland fra PTX pr. år



Metan i rørledningen



Rambøll vurderer, at der ud af de CO₂-punktkilder, som er tilstede i Lolland Kommune, kan opsamles 71.000 ton CO₂ om året i 2025, som kan benyttes til PTX-processer.

Hvis 300 MW vedvarende energi bruges til at fremstille brint i et eller flere elektrolyseanlæg, vil man producere ca. 32.000 ton brint om året.




For at omdanne hele denne mængde brint til metan, skal der bruges 178.000 ton CO₂. Det betyder, at lokale CO₂-ressourcer kan dække 40% af behovet, hvis det fulde PTX-potentiale skal udnyttes til grøn gas.

Hvis man nøjes med at bruge lokal CO₂ (71.000 ton), vil det svare til et behov for 13.000 ton brint, og man vil producere 26.000 ton metan (svarende til 360 GWh).

I 2025 forventes den samlede mængde grøn gas i Danmark at udgøre 7800 GWh. Metan (grøn gas) fra PTX baseret på lokal CO₂ vil dermed kunne udgøre knap 5% af Danmarks samlede mængde grøn gas i 2025.

For at udnytte det fulde VE potentiale til grøn gas kan det overvejes at få CO₂ leveret udefra. Dette vurderes dog ikke umiddelbart som attraktivt, da CO₂ vil kunne benyttes lokalt andre steder.

GRØN GAS POTENTIALIALE

 GRØN GAS MÆNGDER	 SAMTIDIGHED MELLEM PRODUKTION OG FORBRUG	 BUSINESS CASE
<ul style="list-style-type: none">• 26 kton grøn metan pr. år kan produceres med PTX fra CO₂-kilder fra biogasanlægget i Abed og fra sukkerfabrikken.• Heraf stammer ca. 6 kton metan fra CO₂ fra Abed.• Yderligere ca. 6 kton grøn gas kan komme direkte fra biogasanlægget i Abed uden brug af PTX.	<ul style="list-style-type: none">• Biogasanlægget forventes at levere en konstant mængde grøn gas gennem året.• Sukkerfabrikken forventes at udlede CO₂ i de fire måneder om året, hvor fabrikken kører. I samme periode kan CO₂ fanges og omdannes til metan vha. brint fra elektrolyse.• I samme periode vil fabrikken have behov for gas.• Business casen for metanproduktion i Nakskov vil være udfordret, hvis anlægget kun kan køre 4 måneder om året.	<ul style="list-style-type: none">• Business case for metanisering ud fra 300 MW vedvarende energi viser NVP på -7,5 mia. kr.• Hvis anlægget skaleres ned til 40% af størrelsen, så vil business casen skalere tilsvarende.• Der er ikke indregnet, hvis anlægget kun skal være i drift en del af året.• Muligheden for metanproduktion i Nakskov bør analyseres nærmere for at potentialet kan vurderes med større sikkerhed.

RAPPORTEN UNDERSØGER PTX-MULIGHEDER PÅ LOLLAND I SEKS TRIN FRA TEKNOLOGI TIL GEVINSTEN FOR SAMFUNDET

01 Hvilke Power-to-X teknologier er modne og klar til at blive bygget?

02 Hvilke energiresourcer, inkl. CO₂ og biogas, er til rådighed på Lolland?

03 Vil et Power-to-X anlæg på Lolland være konkurrencedygtigt?

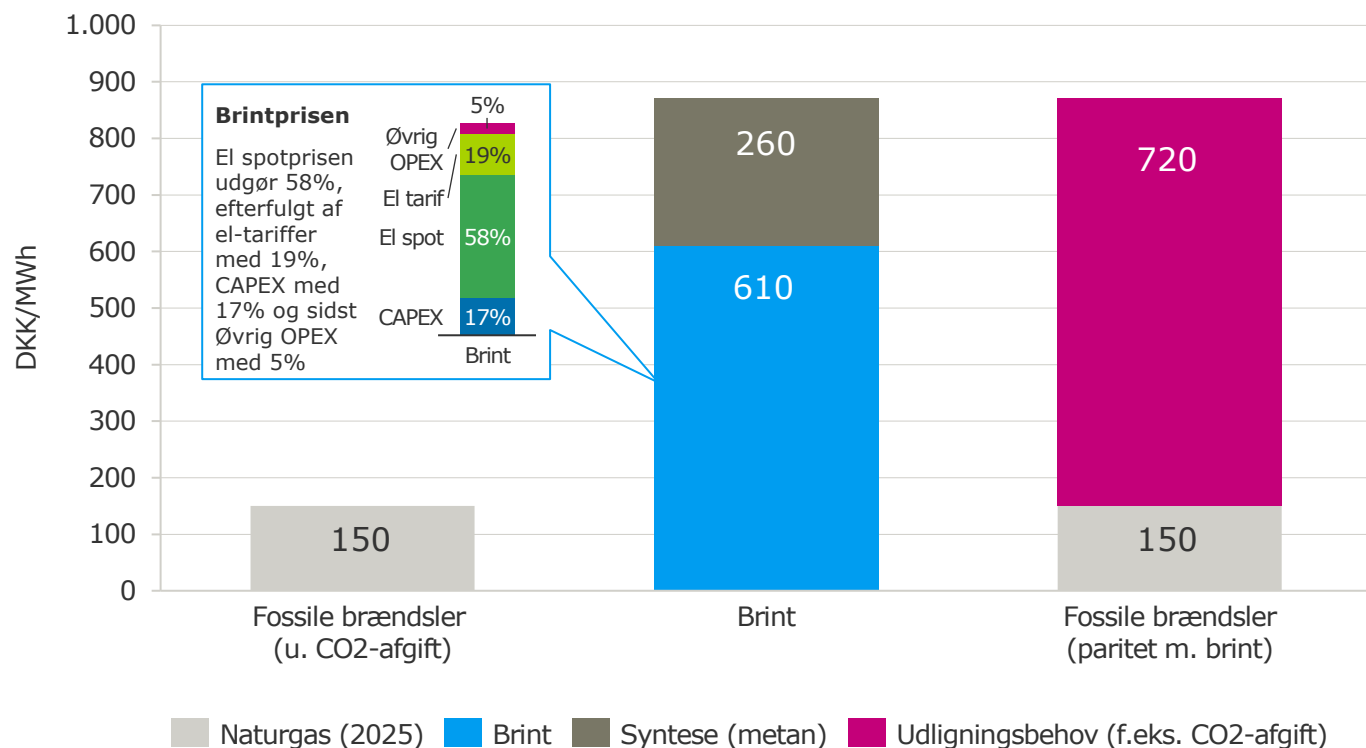
04 **Hvordan opnås en positiv business case for PTX-anlæg på Lolland?**

05 Hvordan kan PTX bidrage positivt til Lolland og Danmarks energisystem?

06 Hvilke samfundsgevinster kan opnås ved investering i PTX på Lolland?

HVIS PTX SKAL VÆRE KONKURRENCEDYGTIGT, ER DER FIRE PRIMÆRE VIRKEMIDLER TIL AT SKABE OMKOSTNINGSPARITET

Prissammenligning (2025), fossile brændsler og brint med metan-syntese



Virkemidler for business-casen

- 1 Subsider til anlæg**
(pr. MW kapacitet etableret)
- 2 Subsider til drift af grøn brintproduktion** (pr. kWh produceret)
- 3 Hævelse af CO₂-afgifter.**
 - EU ETS CO₂-afgifter forventes at stige til 663 kr./tCO₂ (89 EUR) i 2030. De danske anbefalinger er dog langt højere.
 - De Miljøøkonomiske Vismænd anbefaler 1.200 kr./tCO₂e
 - Klimarådet anbefaler gradvis indfasning mod 1.500 kr./tCO₂e i 2030.
- 4 Indførelse af fleksible el-tariffer**

DER ER EN RÆKKE VIRKEMIDLER, DER KAN GØRE BUSINESS CASE FOR PTX ENDNU BEDRE PÅ LOLLAND

Scenarier	NPV (mio. kr.)	1 Subsidi- er til anlæg (mio. kr.)	2 Subsidi- er til drift (kr./MWh-b)	3 CO ₂ - afgift (kr./ton)	4 Fleksible el-tariffer (mio. kr.)
Brintproduktion <ul style="list-style-type: none"> Alkalisk elektrolyse 300 MW-e (ind) 	-3.079	1.500	420 *	1.900 *	1.646 ***
Metanisering <ul style="list-style-type: none"> Alkalisk elektrolyse Sabatier proces 300 MW-e (ind) 	-7.501	2.800	680 *	3.100 *	1.646 ***
Metanolproduktion <ul style="list-style-type: none"> Alkalisk elektrolyse Metanol syntese 300 MW-e (ind) 	-5.918	2.700	530 **	2.000 **	1.646 ***
Ammoniakproduktion <ul style="list-style-type: none"> Alkalisk elektrolyse Ammoniak syntese 300 MW-e (ind) 	-6.002	2.900	520 **	2.000 **	1.646 ***




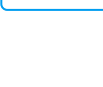
Fordele og ulemper

Subsidi-er til anlæg og drift: Kan skabe efterspørgsel ved at gøre prisen mere konkurrencedygtig med fossile alternativer. Ulempe hvis størstedelen af outputtet eksporteres frem for at blive brugt lokalt.

CO₂-afgift: Vil tilskynde valg af brændsler med en lavere miljøbelastning. Dog overstiger behovet i disse scenarier niveauet anbefalet af Klimarådet (1.500 kr./ton), hvorfor supplerende drifts-subsidi-er i de første år er relevant.

Fleksible el-tariffer: Kan reducere driftsomkostninger, så den faktiske systemværdi og -omkostning ved etablering og drift af et konkret anlæg afspejles i betalingen for at anvende nettet. Dog uvist om større fleksibilitet i adgangen til nettet og en dertil hørende lavere betaling for anvendelse samlet set er befordrende for større udbredelse af PtX.

Nogle virkemidler kan **enkeltstående** skabe en positiv business case på Lolland, mens andre kræver en kombination af flere virkemidler:

-  • Subsidi-er til drift
-  • CO₂-afgift
-  • Subsidi-er til anlæg
-  • Fleksible el-tariffer

RAPPORTEN UNDERSØGER PTX-MULIGHEDER PÅ LOLLAND I SEKS TRIN FRA TEKNOLOGI TIL GEVINSTEN FOR SAMFUNDET

01 Hvilke Power-to-X teknologier er modne og klar til at blive bygget?

02 Hvilke energiresourcer, inkl. CO₂ og biogas, er til rådighed på Lolland?

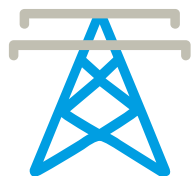
03 Vil et Power-to-X anlæg på Lolland være konkurrencedygtigt?

04 Hvordan opnås en positiv business case for PTX anlæg på Lolland?

05 **Hvordan kan PTX bidrage positivt til Lolland og Danmarks energisystem?**

06 Hvilke samfundsgevinster kan opnås ved investering i PTX på Lolland?

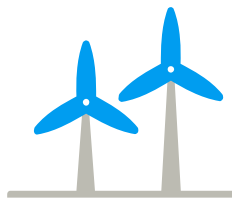
PTX PÅ LOLLAND KAN BIDRAGE TIL AT OPTIMERE LOLLANDS ENERGISYSTEM OG SKABE BESPARELSER PÅ ELNET OG VARME



BESPARELSE PÅ ELNETTET

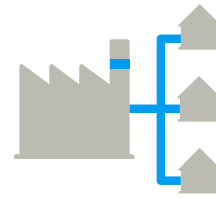
Den billigste omstilling fås gennem **direkte elektrificering**, dog er er dette ikke muligt for alle sektorer. Elektrificeringen kræver udbygning af elnettet i

takt med at yderligere energiproduktion etableres. Ved at etablere et PTX-anlæg på Lolland vil man kunne bruge elektriciteten lokalt og spare eller skubbe investeringer i udvidelser af elnettet. Udnyttelse af den lokale strøm vil dog muligvis kræve at man kan undgå at betale fuld tarifpris for nettet.



UDNYTTELSE AF LOKALE VE-RESSOURCER

Lolland har en VE-produktion som er 8 gange større end sit forbrug. Ved at erstatte gamle vindmøller med nye og større møller eller solcelleanlæg, vil Lolland kunne udnytte sine vind og sol-ressourcer yderligere. Et lokalt PTX-anlæg vil gøre dette muligt ved at aftage store mængder el. Derudover, fremfor at eksportere billig strøm når der er overskud, vil Lollandske virksomheder kunne opgradere elektriciteten til brændsler med højere værdi.



BESPARELSE PÅ FORNYELSE I VARMEFORSYNINGEN

Nakskov er på nuværende tidspunkt forsynet med fjernvarme af to biomasse-fyrede anlæg, hvoraf det ene

står til at blive udskiftet snart. Ved etablering af et PTX-anlæg tæt på byen kan man udnytte den overskydende varmeproduktion til fjernvarme. Det lokale PTX-anlæg kan dog ikke afhænge af CO₂ fra det sparede kraftvarmeanlæg, idet biomassen ikke længere vil skulle bruges her. Et alternativ kunne være et ammoniakanlæg.

MINDST 3 KONKRETE ANLÆG BØR UNDERSØGES NÆRMERE

1 Metanproduktion i Abed



Elektrolyseanlæg ved det forventede nye biogasanlæg ved Abed. Brint kan herfra fødes ind i en reaktor for videre syntese til metan med CO₂ fra biogasanlægget.

Anlægget kunne være ca. 25 MW_e.

2 Metan/metanol/ammoniak i Nakskov



Stor metan-, metanol- eller ammoniakfabrik ved Nakskov. CO₂ fra lokal industri (sukker) kan måske udnyttes, og overskudsvarme kan fødes ind i fjernvarmesystemet. Anlægget kunne være 300 MW_e. Et anlæg på 120 MW vil kunne udnytte hele den lokale CO₂-udledning, men der skal tages højde for variation hen over året.

3 Brintproduktion i Rødby

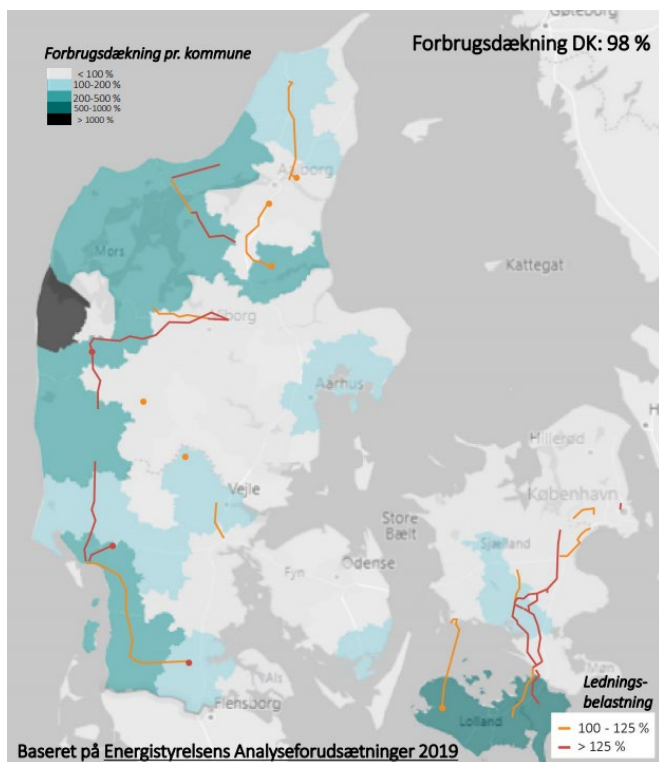


Brintproduktionen tæt på Femern Bælt forbindelsen og i relation til planlagt brinttankstation. I fremtiden forventes det, at der udrulles et brintnetværk i Europa.

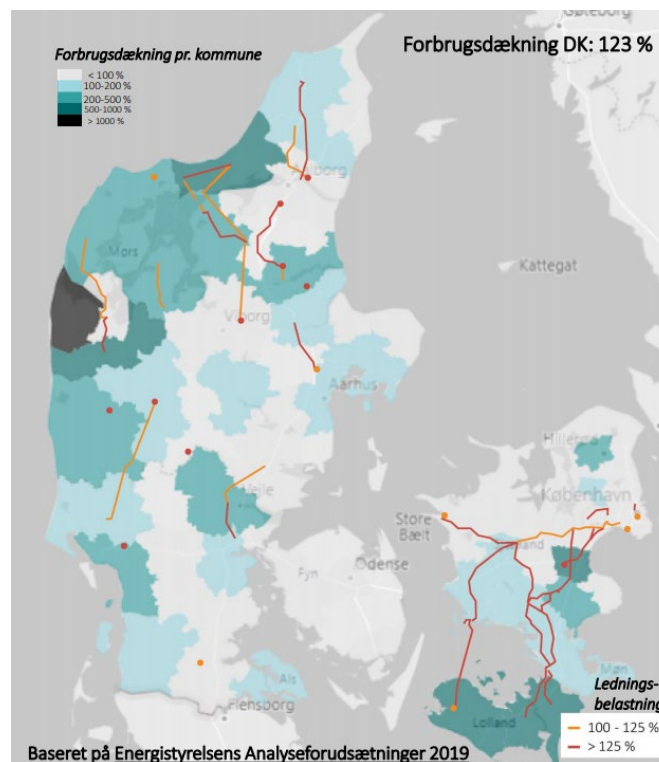
Størrelse afhænger af primært af efterspørgsel.

IFØLGE ENERGINET BLIVER DET DANSKE ELNET SÆRLIGT UDFORDRET PÅ LOLLAND I DEN KOMMENDE ÅRRÆKKE

2021



2025



FORSTÆRKNING AF ELNETTET

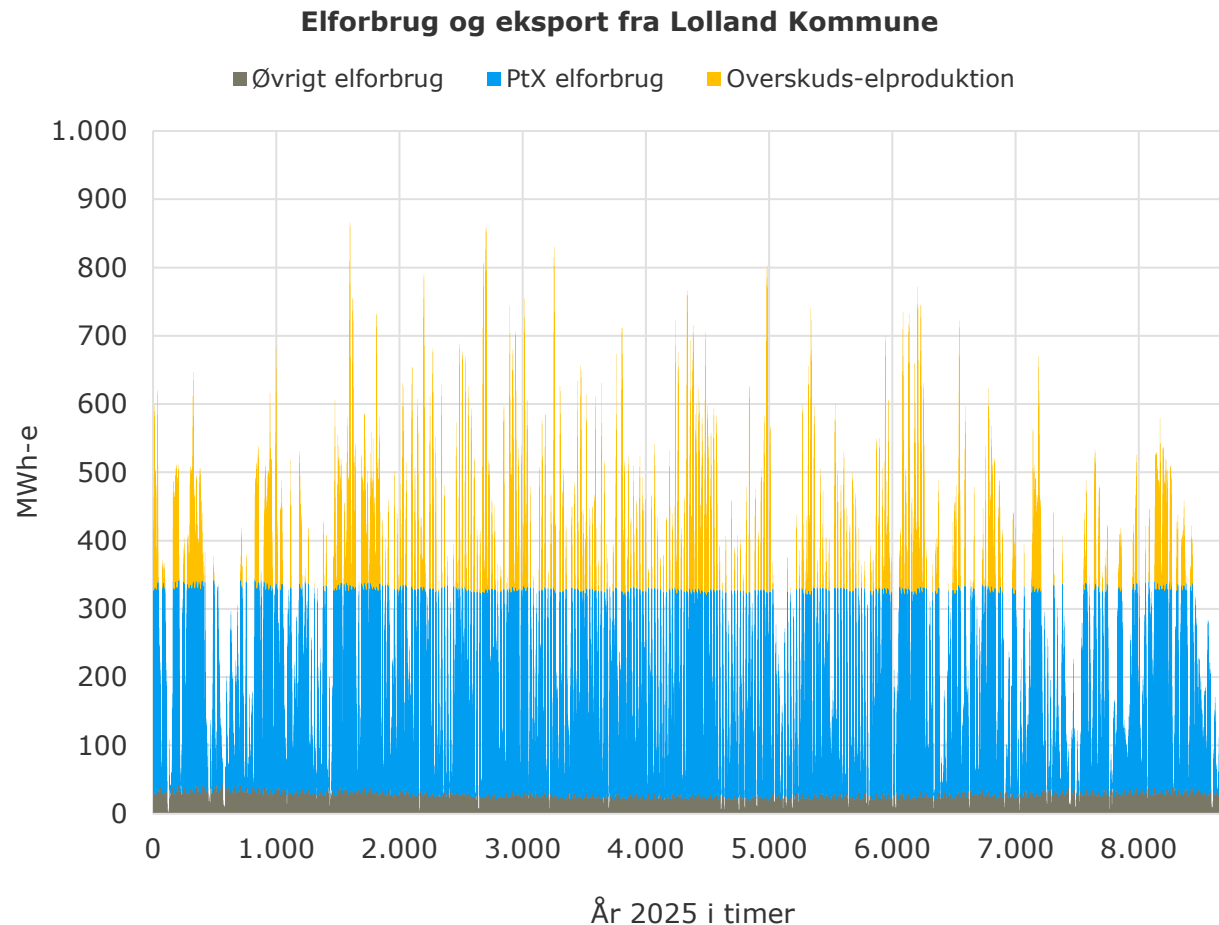
De to kort viser de steder i landet, hvor Energinet forventer, at transmissionsnettet er/vil være mest udfordret ved indpasning af VE.

Hele den vestlige del af Jylland, Lolland/Falster samt dele af Sydsjælland er allerede i dag udfordret for aftag af VE-produktion. Placeringer af nye VE-anlæg i disse områder vil være muligt, men giver sandsynligvis behov for større forstærkninger og dermed en længere tidshorison inden fuld indpasning. **Planlægning af forstærkning af nettet mellem Lolland og resten af Sjælland pågår.** Dette forventes afsluttet i 2024/2025.

Energinet arbejder med forstærkninger og løsninger, der understøtter indpasning af VE-produktion. Afhængigt af konkrete løsninger kan projekterne tage alt fra 2-10 år fra igangsætning til idriftsat anlæg.

På baggrund af dette, kan der således være et yderligere **incitament til at placere et større PTX-anlæg på Lolland, hvorved man reducerer behovet for yderligere forstærkning af elnettet.** Den vedvarende energi-ressource kan udnyttes lokalt.

PTX-ANLÆGGET KAN OPNÅ EN GOD UDNYTTELSE ALENE VED DRIFT PÅ LOKAL VEDVARENDE ENERGI



PTX PÅ LOKAL VEDVARENDE ENERGI

Figuren viser en estimeret produktion fra vedvarende energikilder i Lolland Kommune sammen med det øvrige elforbrug og et muligt elforbrug fra et PTX anlæg på 300MW_e i 2025.

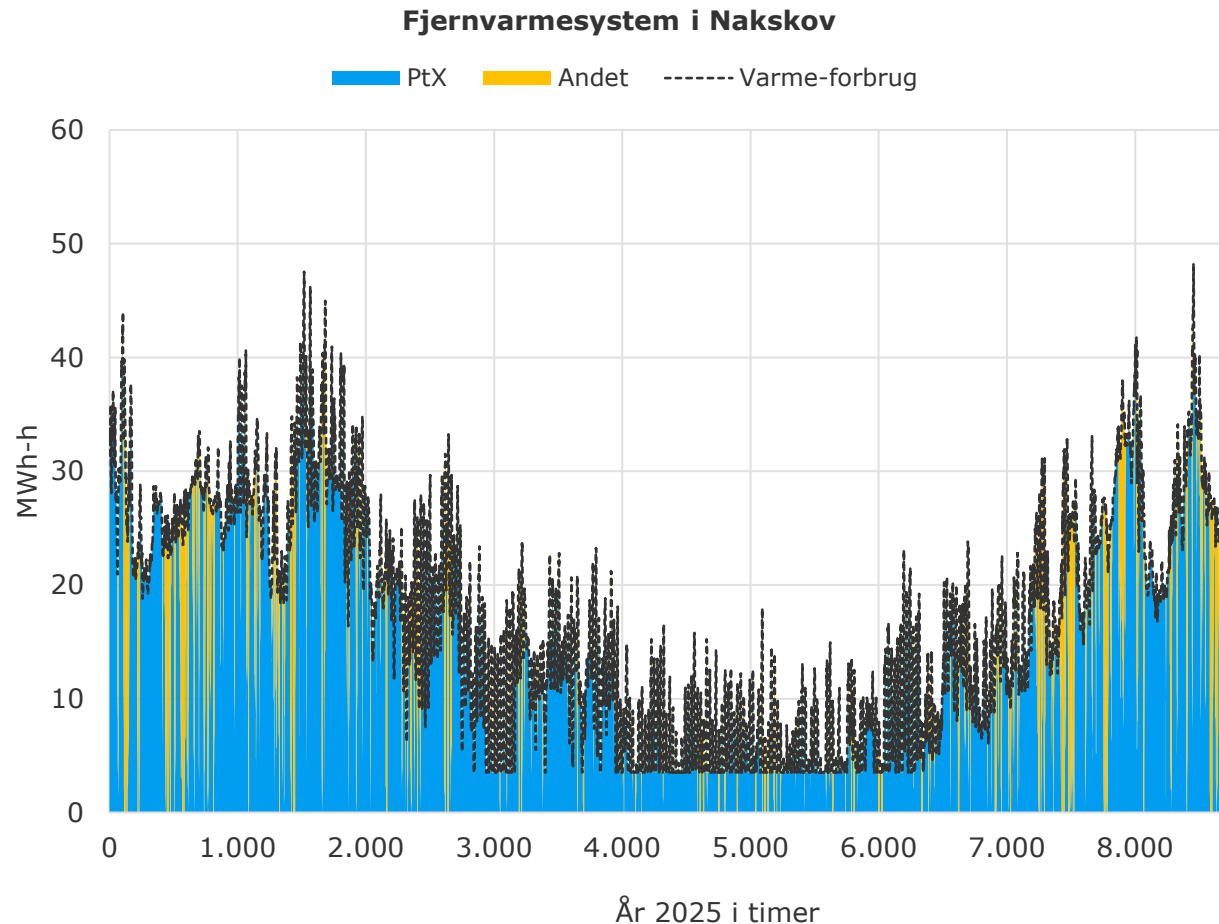
Hvis et 300 MW_e stort PTX-anlæg i 2025 drives udelukkende på el fra VE-kilder, kan man opnå ca. 5500 fuldlasttimer, svarende til en udnyttelse på 62,7%.

Et PTX-anlæg vil formentlig kunne hjælpe med til at integrere mere VE på Lolland, da det kan forbruge el i perioderne med høj VE elproduktion.

Ved at placere et PTX-anlæg på Lolland – tæt på VE produktionen – vil det hjælpe med at integrere vedvarende energi, og muligvis gøre at man kan undgå at opgradere eller bygge nye kabler væk fra Lolland. At anlægget hjælper med at integrere VE, bør således afspejles i tarif- og afgiftsstrukturen.

Det er antaget, at VE elproduktion på Lolland fortsat vil stige. Der kan således fortsat være mulighed for at udvikle endnu mere PTX i fremtiden.

MÆNGDEN AF OVERSKUDSVARME FRA ET PTX-ANLÆG VIL KUNNE LEVERE STORE DELE AF FJERNVARMEN I NAKSKOV



SEKTORKOBLING I NAKSKOV

Figuren viser en estimeret overskudsvarmeproduktion fra et 300 MW_e PtX-anlæg (ammoniak) placeret i Nakskov, hvor denne leveres som fjernvarme, når det er muligt.

En meget stor del af fjernvarmeforbruget vil kunne blive dækket af et stort PTX-anlæg i Nakskov.

Nakskov får i øjeblikket fjernvarme fra en halmkedel og en træflis kedel. Halmkedlen leverer grundlast. Det træflisfyrede anlæg står indenfor de kommende år foran en udskiftning eller større renovering.

Hvis Nakskovs fjernvarmeforbrug dækkes af et PTX-anlæg, kan det fjerne behovet for at investere i et nyt anlæg, og man kan i stedet nøjes med en biokedel eller gaskedel til reserve- og spidslast.

Fjernes drift på halmkedlen og træflis kedlen vil man **imidlertid samtidig fjerne CO₂-kilden fra disse**, hvilket gør at man ikke kan producere syntetiske brændsler med netop denne CO₂ kilde.

RAPPORTEN UNDERSØGER PTX-MULIGHEDER PÅ LOLLAND I SEKS TRIN FRA TEKNOLOGI TIL GEVINSTEN FOR SAMFUNDET

01 Hvilke Power-to-X teknologier er modne og klar til at blive bygget?

02 Hvilke energiresourcer, inkl. CO₂ og biogas, er til rådighed på Lolland?

03 Vil et Power-to-X anlæg på Lolland være konkurrencedygtigt?

04 Hvordan opnås en positiv business case for PTX-anlæg på Lolland?

05 Hvordan kan PTX bidrage positivt til Lolland og Danmarks energisystem?

06 Hvilke samfundsgevinster kan opnås ved investering i PTX på Lolland?

FORMÅLET MED EN KONSEKVENSVURDERING AF BESKÆFTIGELSESEFFEKTER OG METODEN BAG

OVERORDNET FORMÅL

Etableringen af PTX på Lolland kan have en række beskæftigelseseffekter, til gavn både nationalt og lokalt.

For hvert scenarie (brint, metan, metanol eller ammoniak) har Rambøll beregnet de direkte og indirekte beskæftigelseseffekter ved anlæg samt drift og vedligehold af PTX-anlægget.

Bemærk at hvert scenarie baseres på fuld anvendelse af anlægget til den givne teknologi. De beregnede beskæftigelseseffekter tager dermed ikke højde for, hvis en kombination af teknologier anvendes, selv om dette i praksis vil være muligt.

DELELEMENTER I BEREGNINGEN AF BESKÆFTIGELSESEFFEKTER

1

Anlægs- og driftsomkostninger

Beregningerne for midlertidig beskæftigelse i anlægsfasen tager udgangspunkt i CAPEX (anlægsomkostninger), mens langvarig beskæftigelse i drifts- og vedligeholdelsesfasen (år 4-24) af et anlæg med 20 års levetid anvender OPEX (driftsomkostninger).

2

Input-output model (Danmarks Statistik)

Modellen tager højde for arbejdskraft til selve investeringen, f.eks. produktionen af et anlæg (direkte effekt), men også arbejdskraft til indirekte produktion, (indirekte effekt). Modellen antager, at jo højere investeringsomkostninger desto flere bliver beskæftiget. Antagelsen er forbundet med en vis usikkerhed, idet sammenhængen mellem omkostninger og beskæftigelse ikke nødvendigvis er lineær.

Direkte beskæftigelseseffekter beregnes ved:

$$\text{Investeringsomkostninger} \times \text{Beskæftigelsesmultiplikator}^1$$

Indirekte beskæftigelseseffekter beregnes ved:

$$\text{Investeringsomkostninger} \times \text{Simpel multiplikator}^2$$

3

Effekt per branche

Beskæftigelseseffektens branchefordeling i anlægsfasen er beregnet for følgende brancher³: Bygge og anlæg, Industri, og Videns- og Rådgivningsservice.

Beskæftigelsen per branche beregnes ved

$$\text{Anlægsomkostninger} \times \text{Branche-specifik beskæftigelsesmultiplikator}$$

Grundet datamangel har det ikke været muligt at beregne branche-specifikke beskæftigelseseffekter i drifts- og vedligeholdelsesfasen. Dette skaber en vis usikkerhed i den reelle brancheeffekt i anlæggets levetid. Beregningerne tager desuden udgangspunkt i typiske brancheandele, hvilket kan skabe en vis usikkerhed i scenarieberegningerne.

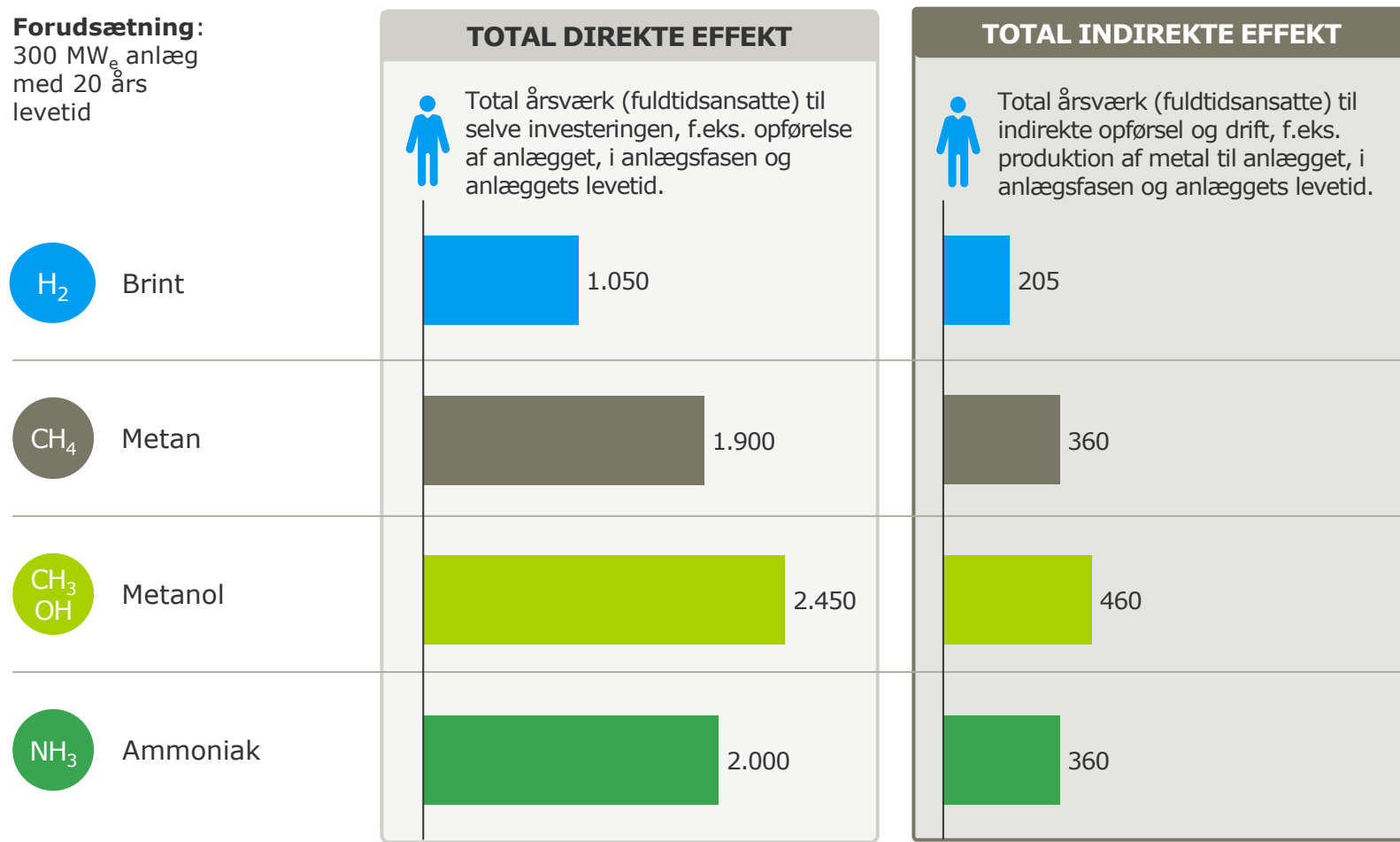
4

Effekt per uddannelsesniveau

Anvendt HFUDD16 registeret fra Danmarks Statistik til at få en fordeling af uddannelse på de forskellige brancher i anlægsfasen. I drifts- og vedligeholdelsesfasen baserer branchefordeling sig på Rambølls eksperter (50% kemisk industri og 50% energiforsyning).

BESKÆFTIGELSESEFFEKTEN I DANMARK ESTIMERES TIL AT VÆRE HØJEST VED METANOLFREMSTILLING

Forudsætning:
300 MW_e anlæg
med 20 års
levetid



Konklusioner

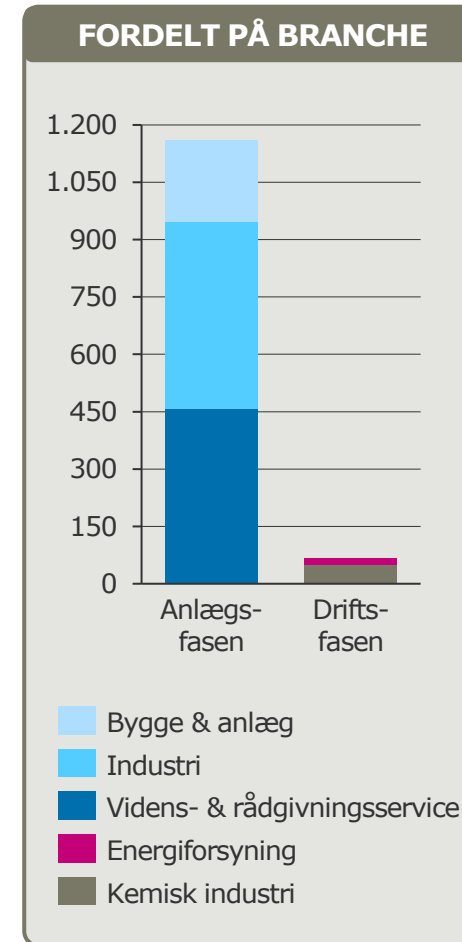
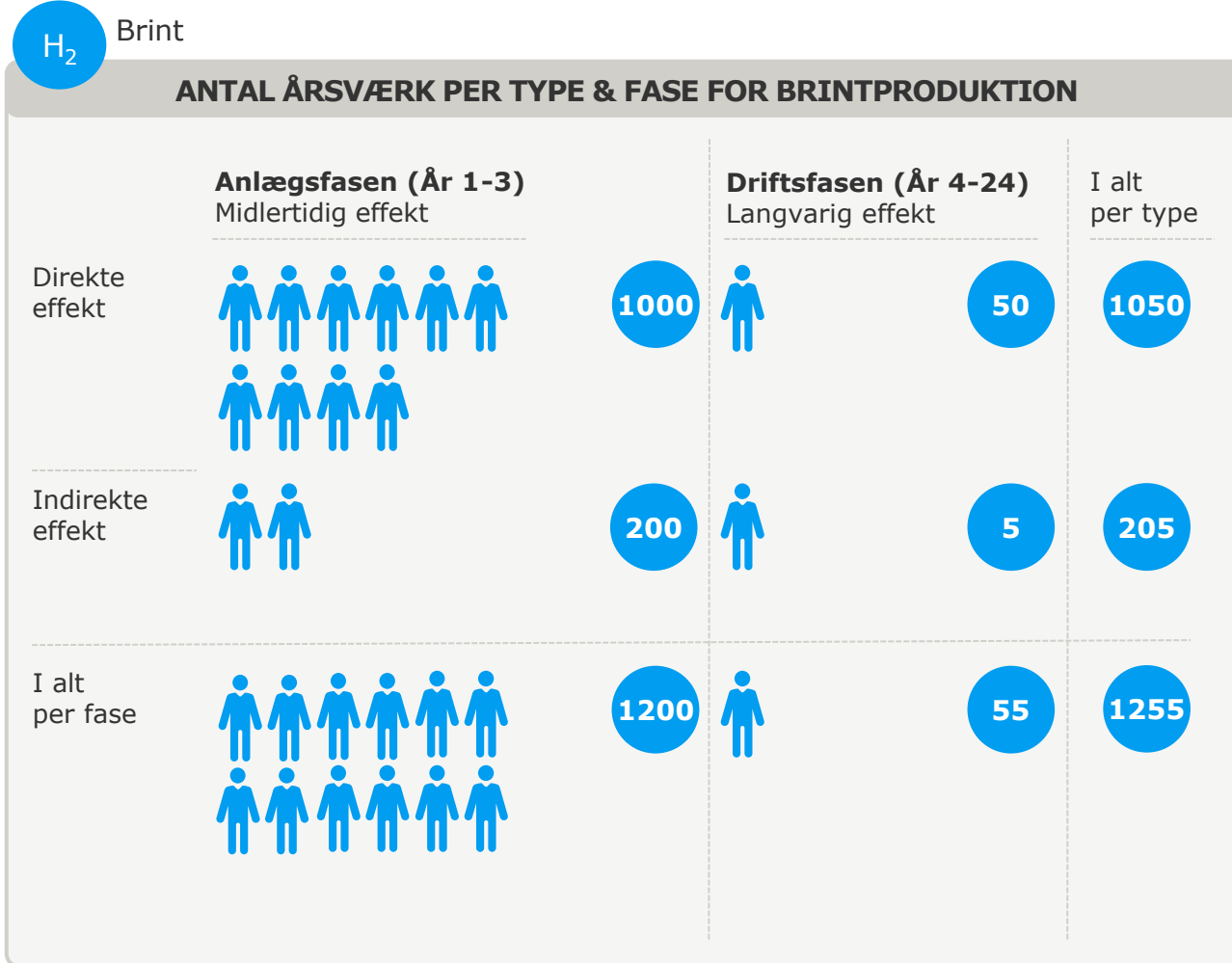
Produktion af **metanol** estimeres til at lede til den største samfundsmæssige beskæftigelsesgevinst ved opførelsen af et PTX-anlæg på Lolland. Den totale direkte og indirekte beskæftigelseseffekt ved et 300 MW metanolanlæg med 20 års levetid anslås til at være ~2910 årsværk, fordelt på ~2450 totale direkte årsværk og ~460 totale indirekte årsværk.

Brint vurderes til at have den mindste beskæftigelseseffekt af de fire scenarier, med en estimering på ~1255 totale årsværk, fordelt på ~1050 totale direkte årsværk og ~205 totale indirekte årsværk.

I alle scenarier er den direkte beskæftigelseseffekt større end den indirekte beskæftigelseseffekt.

Afledte beskæftigelseseffekter er ikke beregnet grundet stor usikkerhed ved kvantificering af disse. Det forventes dog, at afledte effekter vil have en positiv, om end relativt beskeden beskæftigelseseffekt. Afledte effekter kan f.eks. være hos den lokale bager eller på det lokale hotel som følge af øget vækst og efterspørgsel i lokalområdet.

I HVERT ALTERNATIV ER BESKÆFTIGELSESEFFEKTEN STØRST I ANLÆGSFASEN VED DIREKTE BESKÆFTIGELSE (1/4)



Delkonklusioner

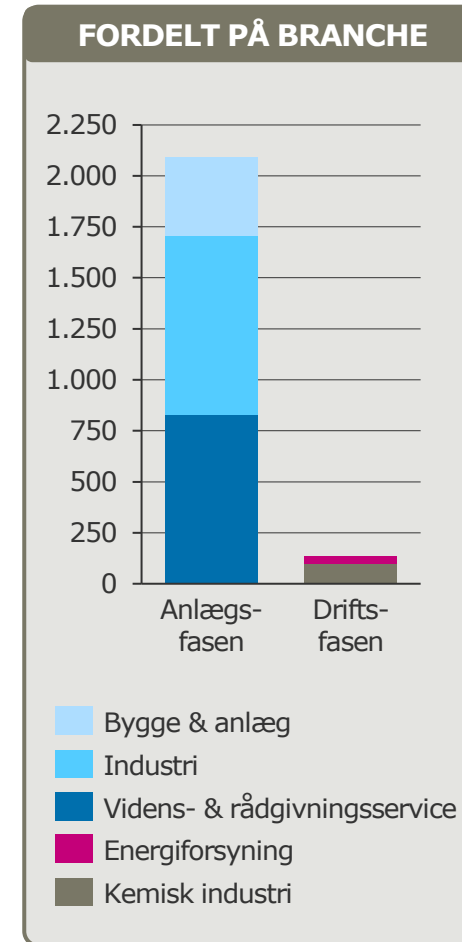
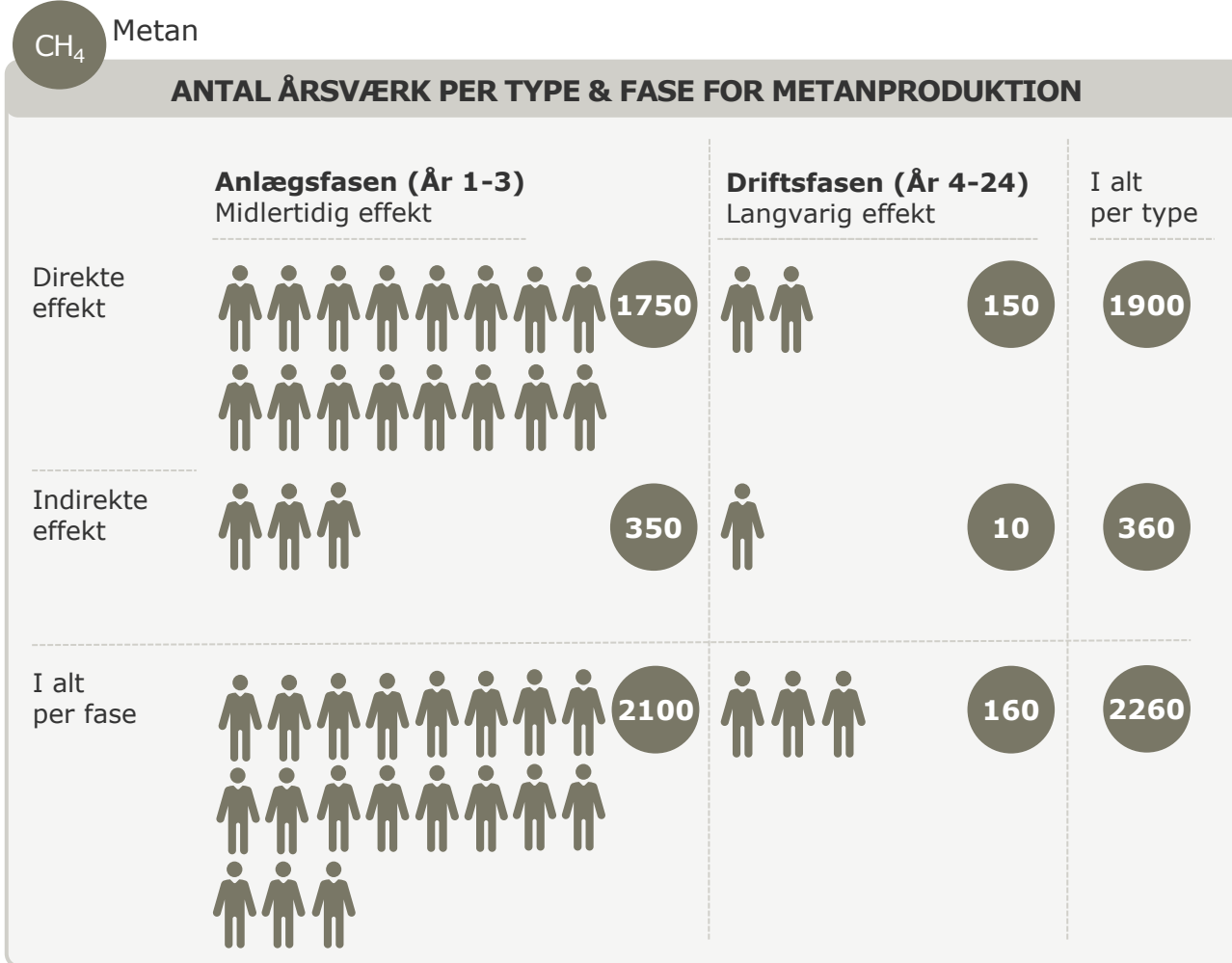
Produktion af brint estimeres til i alt at kunne lede til ~1255 direkte og indirekte årsværk i anlægsfasen samt driftsfasen.

Hovedparten af årsværkene findes i den 3-årige anlægsfase og er direkte forbundet med opførelsen af anlægget. Dermed er ca. 1000 årsværk, svarende til 73% af de totale årsværk, midlertidig direkte beskæftigelse.

Den mindste beskæftigelses-effekt forventes at være den indirekte effekt i anlæggets driftsfase, hvor ca. 5 årsværk estimeres i anlæggets levetid.

Den primære beskæftigelses-effekt i anlægsfasen fordelt på branche forventes i industri samt videns- og rådgivnings-service med henholdsvis 42% og 40% af totale årsværk i anlægsfasen. I driftsfasen står kemisk industri for 74% af beskæftigelsen.

I HVERT ALTERNATIV ER BESKÆFTIGELSESEFFEKTEN STØRST I ANLÆGSFASEN VED DIREKTE BESKÆFTIGELSE (2/4)



Delkonklusioner

Metanisering estimeres til i alt at kunne lede til ~2260 direkte og indirekte årsværk i anlægsfasen samt driftsfasen.

Hovedparten af årsværkene findes i den 3-årige anlægsfase og er direkte forbundet med opførelsen af anlægget. Dermed er ~1750 årsværk, svarende til 77% af totale årsværk, midlertidig direkte beskæftigelse.

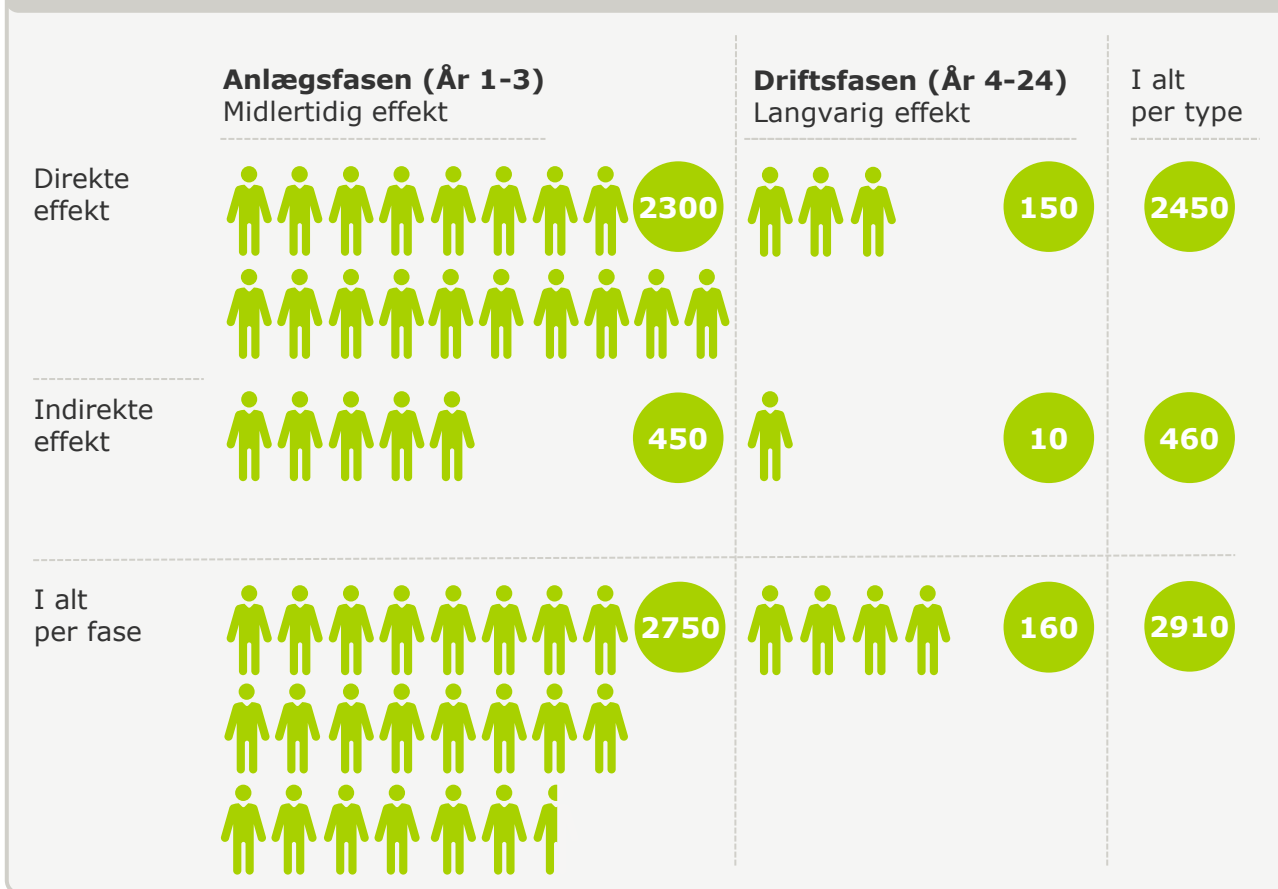
Den mindste beskæftigelses-effekt forventes at være den indirekte effekt i anlæggets driftsfasen, hvor 10 årsværk estimeres i anlæggets levetid.

Den primære beskæftigelses-effekt i anlægsfasen fordelt på branche forventes i industri samt videns- og rådgivningsservice med henholdsvis 42% og 39% af totale årsværk i anlægsfasen. I driftsfasen står kemisk industri for 74% af beskæftigelsen.

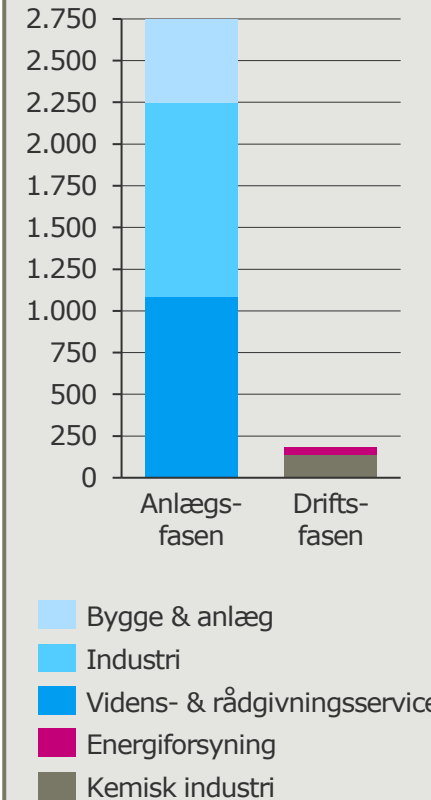
I HVERT ALTERNATIV ER BESKÆFTIGELSESEFFEKTEN STØRST I ANLÆGSFASEN VED DIREKTE BESKÆFTIGELSE (3/4)



ANTAL ÅRSVÆRK PER TYPE & FASE FOR METANOLPRODUKTION



FORDELT PÅ BRANCHE



Delkonklusioner

Produktion af metanol estimeres til i alt at kunne lede til ~2910 direkte og indirekte årsværk i anlægsfasen samt driftsfasen.

Hovedparten af årsværkene findes i den 3-årige anlægsfase og er direkte forbundet med opførelsen af anlægget. Dermed er ~2300 årsværk, svarende til 74% af totale årsværk, midlertidig direkte beskæftigelse.

Den mindste beskæftigelses-effekt forventes at være den indirekte effekt i anlæggets driftsfasen, hvor 10 årsværk estimeres i anlæggets levetid.

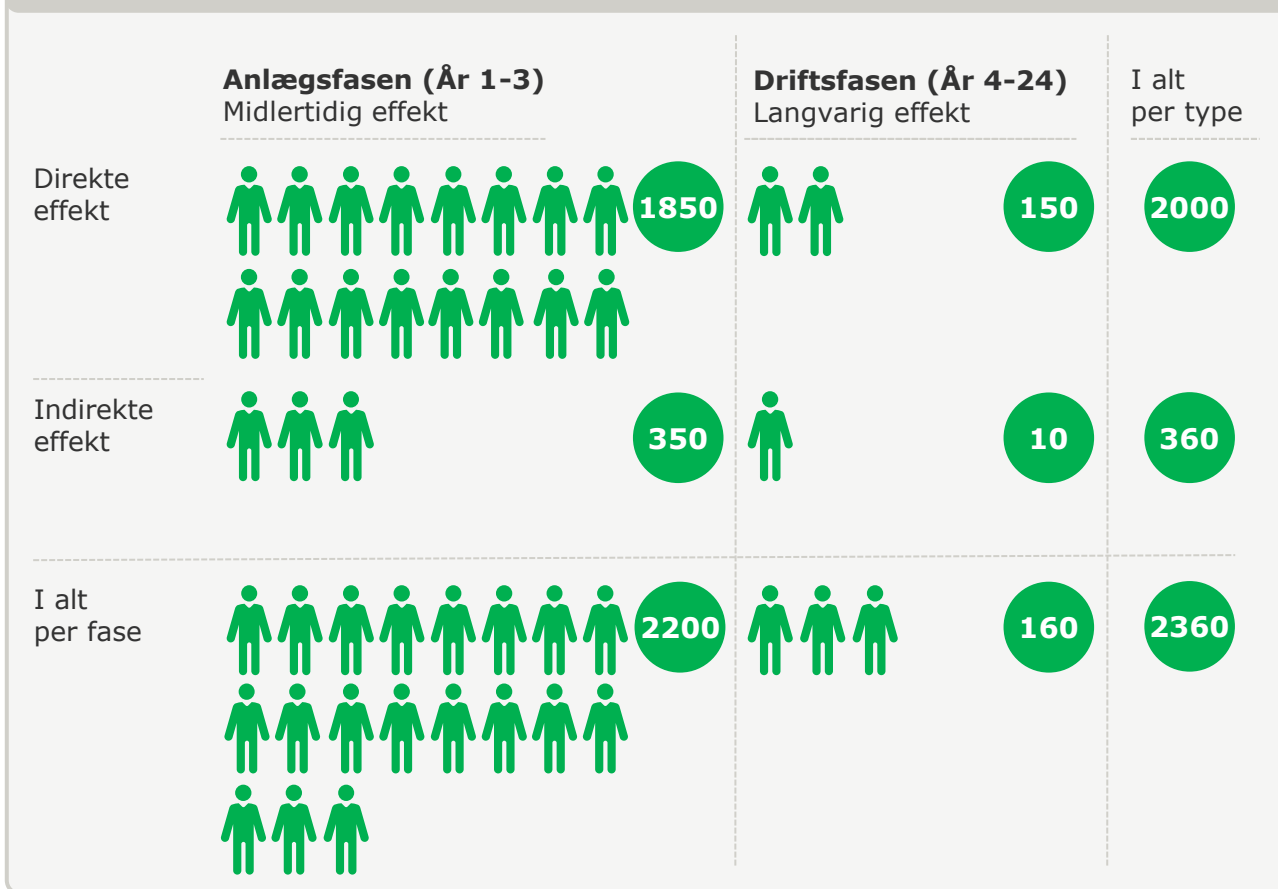
Den primære beskæftigelses-effekt i anlægsfasen fordelt på branche forventes i industri samt videns- og rådgivningsservice med henholdsvis 42% og 39% af totale årsværk i anlægsfasen. I driftsfasen står kemisk industri for 74% af beskæftigelsen.

I HVERT ALTERNATIV ER BESKÆFTIGELSESEFFEKTEN STØRST I ANLÆGSFASEN VED DIREKTE BESKÆFTIGELSE (4/4)

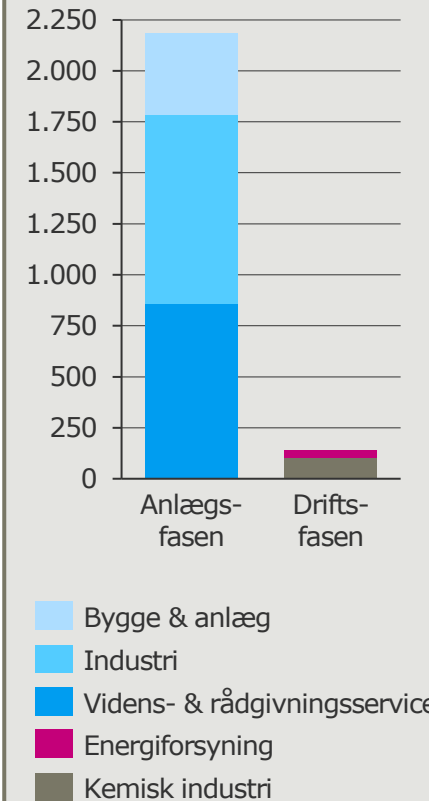
NH₃

Ammoniak

ANTAL ÅRSVÆRK PER TYPE & FASE FOR AMMONIAKPRODUKTION



FORDELT PÅ BRANCHE



Delkonklusioner

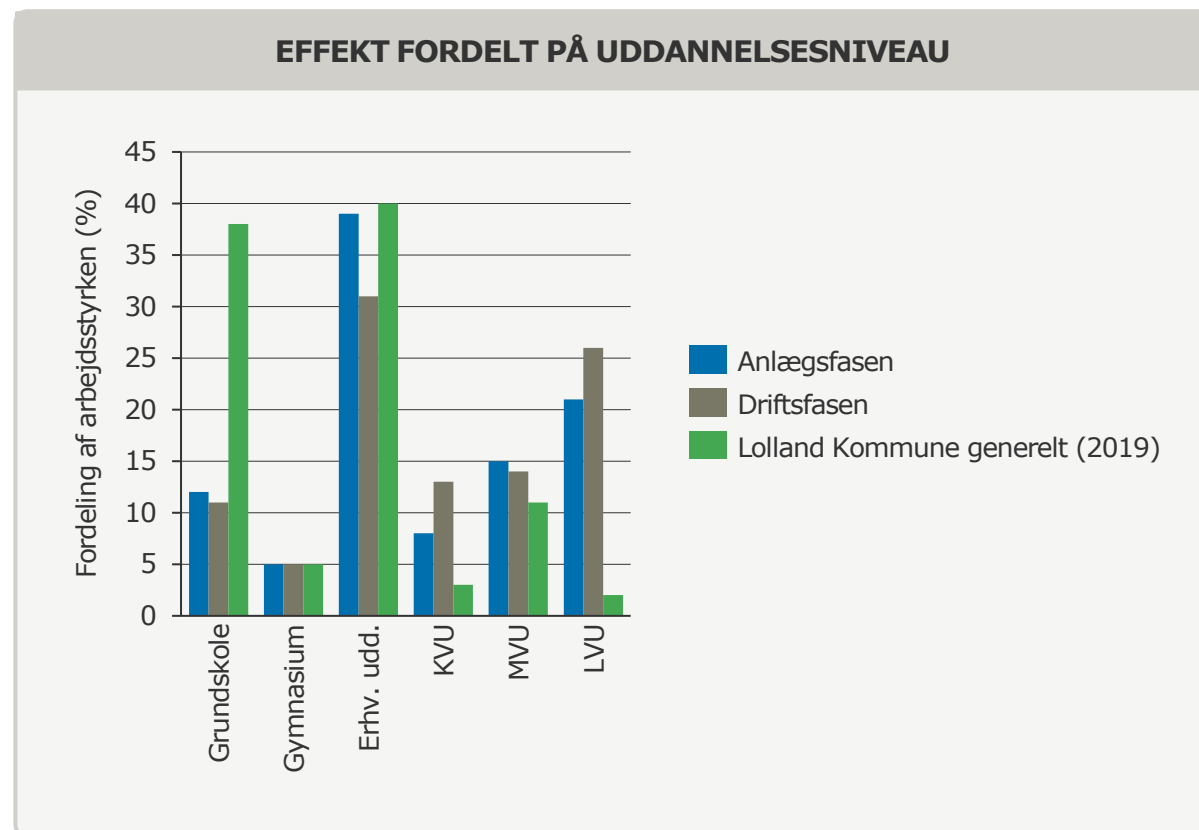
Produktion af ammoniak estimeres til i alt at kunne lede til ~2360 direkte og indirekte årsværk i anlægsfasen samt driftsfasen.

Hovedparten af årsværkene findes i den 3-årige anlægsfase og er direkte forbundet med opførelsen af anlægget. Dermed er ~1850 årsværk, svarende til 78% af totale årsværk, midlertidig direkte beskæftigelse.

Den mindste beskæftigelses-effekt forventes at være den indirekte effekt i anlæggets driftsfase, hvor 10 årsværk estimeres i anlæggets levetid.

Den primære beskæftigelses-effekt i anlægsfasen fordelt på branche forventes i industri samt videns- og rådgivningsservice med henholdsvis 42% og 39% af totale årsværk i anlægsfasen. I driftsfasen står kemisk industri for 74% af beskæftigelsen.

DER ER BEHOV FOR ARBEJDSKRAFT MED ET RELATIVT HØJT UDDANNELSESNI­VEAU I BÅDE ANLÆGS- OG DRIFTSFASEN



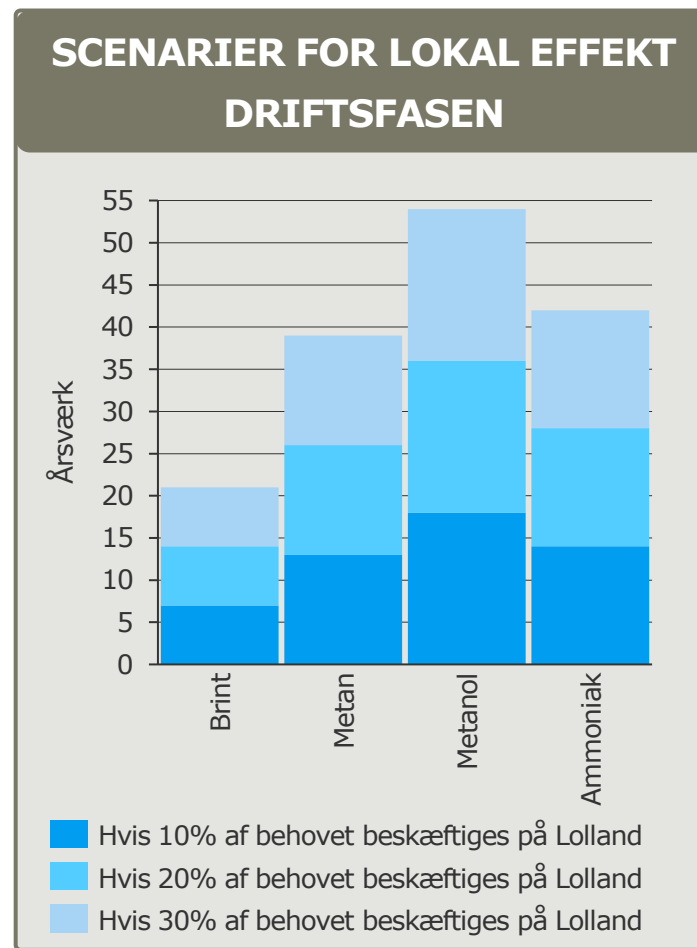
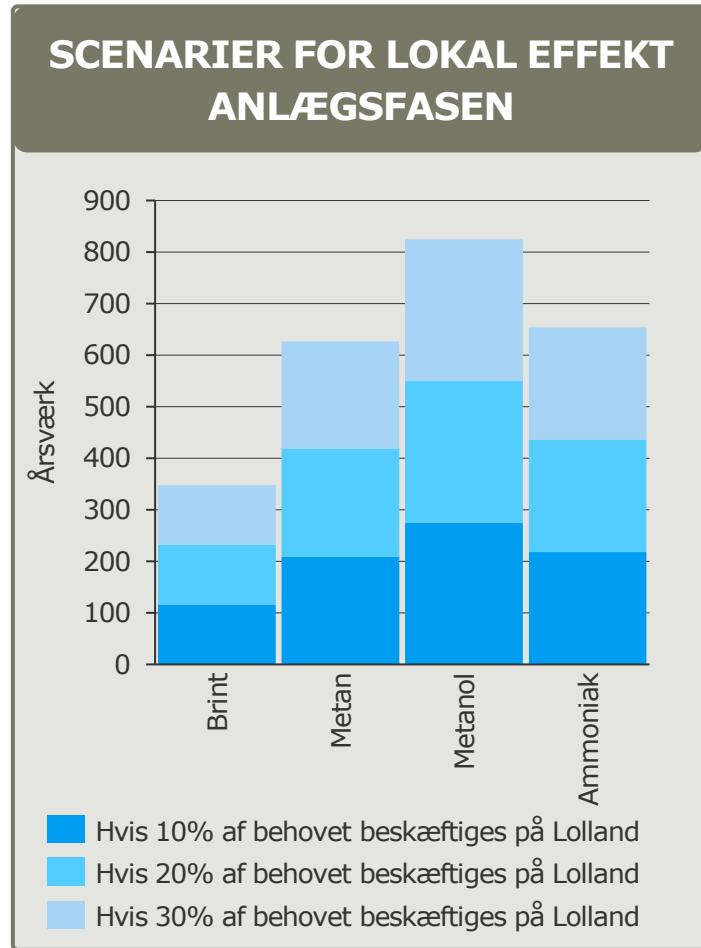
Konklusioner

Den lokale beskæftigelsesgevinst afhænger af lokal­samfundets og de lokale virksomheders evne til at imødekomme efterspørgslen efter produkter og serviceydelser, der relaterer sig til etablering, drift og vedligeholdelse af PTX-anlægget.

Lolland har en høj andel af borgere med grundskole- og erhvervsuddannelser. Der er en nogenlunde ensartet andel af erhvervsuddannede i Lolland (40%), som det påkræves i både anlægsfasen (39%) og driftsfasen (31%).

Der er imidlertid også et behov for arbejdskraft med en lang videregående uddannelse i begge faser, som den lokale arbejdskraft ikke forventes at kunne imødekomme. Ny efterspurgt arbejdskraft med et relativt højt uddannelsesniveau kan potentielt begrænse beskæftigelseseffekten på Lolland. Henholdsvis 21% og 26% af den nye beskæftigelse i anlægs- og driftsfasen kræver en lang videregående uddannelse, mens blot 2% af den lokale arbejdskraft har dette uddannelsesniveau. Det er muligt, at beskæftigelseseffekten vil have en positiv effekt på tilflytning af højtuddannet arbejdskraft til lokalområdet.

POTENTIEL TILTRÆKNING AF LOKALT BESKÆFTIGEDE ARBEJDSPLADSER KRÆVER YDERLIGERE UNDERSØGELSE



Konklusioner

Den lokale effekt er estimeret ud fra tre scenarier om, at henholdsvis 10%, 20% og 30% af den totale beskæftigelses-effekt vil tilfalde lokal arbejdskraft.

Metanolproduktion har størst omkostninger og beregnes derfor til at have den største lokale beskæftigelses-effekt efterfulgt af ammoniak, metan og sidst brint.

Hvis 30% af beskæftigelsen ved metanol-scenariet findes lokalt, vil det lede til i størrelsesordenen 800 midlertidige årsværk og cirka 50 langvarige årsværk.