



POWER-TO-X ET FORRETNINGSOMRÅDE I FREMVÆKST

EN ERHVERVSØKONOMISK ANALYSE



TEKNOLOGISK
INSTITUT



ALEXANDRA
INSTITUTTET

Titel:

Power-to-X - et forretningsområde i fremvækst
En erhvervsøkonomisk analyse

Udarbejdet af:

Teknologisk Institut
Gregersensvej 1
2630 Taastrup
Analyse og Erhvervsfremme

Analysen er gennemført i et samarbejde med eksperter fra Dansk Brand- og sikringsteknisk Institut, FORCE Technology, Teknologisk Institut og, Alexandra Instituttet.

Analysen er finansieret af Uddannelses- og Forskningsministeriet, Uddannelses- og Forskningsstyrelsen.

September 2022

Forfattere:

Leif H Jakobsen
Stig Yding Sørensen

Fotos:

Teknologisk Institut
Pixabay
Pexels
Unsplash

Indhold

POWER-TO-X: ET GRØNT ERHVERVSOMRÅDE I FREMVÆKST	4
NYE PRODUKTIONSFACILITETER OG EN NY PTX-VÆRDIKÆDE SER DAGENS LYS	8
EN SAMMENVÆVET VÆRDIKÆDE	12
VÆKSTFAKTORER – UDENLANDSK EJERSKAB	20
VÆKSTFAKTORER – UNDERLEVERANDØRER SKAL PÅ BANEN	22
VÆKSTFAKTORER – NYE TEKNOLOGIER OG TEKNOLOGISKE LØSNINGER	24
ERHVERVSØKONOMISK BETYDNING OG POTENTIALE	30
FIGUR 1 AKTØRER I POWER-T-X-VÆRDIKÆDEN	9
FIGUR 2 KORT OVER DANSKE PTX-AKTØRER	9
FIGUR 3 PTX-VIRKSOMHEDERNE FORDELT EFTER BRANCHE	11
FIGUR 4 PTX-VIRKSOMHEDERNE OG ALLE DANSKE VIRKSOMHEDER FORDELT EFTER ANTAL ANSATTE	11
FIGUR 5 VIRKSOMHEDERNES FORRETNINGSMÆSSIGE INTERESSER I PTX	12
FIGUR 6 VIRKSOMHEDERNES FORRETNINGSMÆSSIGE INTERESSER I VÆRDKÆDEN	13
FIGUR 7 VIRKSOMHEDERNES FORRETNINGSMÆSSIGE INTERESSER PÅ TVÆRS AF I VÆRDKÆDEN	15
FIGUR 8 FORRETNINGSMÆSSIG FOKUS FOR LEVERANDØRER AF ENERGI OG RÅSTOFFER	15
FIGUR 9 FORRETNINGSMÆSSIG FOKUS FOR LEVERANDØRER AF GRØNNE BRÆNDSLER	16
FIGUR 10 FORRETNINGSMÆSSIG FOKUS FOR AFTAGERE AF GRØNNE BRÆNDSLER	16
FIGUR 11 EN SAMMENVÆVET BRANCHE	18
FIGUR 12 PTX - EN SAMMENVÆVET BRANCHE - OPGJORT SOM ANDELE AF ALLE PTX-VIRKSOMHEDER OG ANTAL BESKÆFTIGEDE I DANMARK HHV. I UDLANDET	19
FIGUR 13 UDENLANDSK EJERSKAB I PTX-VÆRDIKÆDEN	21
FIGUR 14 BEHOV FOR UNDERLEVERANDØRER I PTX-VÆRDIKÆDEN	23
FIGUR 15 BEHOV FOR UNDERLEVERANDØRER I PTX-VÆRDIKÆDEN	23
FIGUR 16 BEHOV FOR TEKNOLOGISK SERVICE I PTX-VÆRDIKÆDEN I DE KOMMENDE ÅR	25
FIGUR 17 BEHOV FOR TEKNOLOGISK SERVICE EFTER TEKNOLOGINIVEAU I DE KOMMENDE ÅR	25
FIGUR 18 BEHOV FOR FORSKELLIGE TYPER AF TEKNOLOGISK SERVICE I DE KOMMENDE ÅR I PTX-VÆRDIKÆDEN	27
FIGUR 19 HVEM KAN LEVERE DEN TEKNOLOGISKE SERVICE?	28
FIGUR 20 KAN DANSKE VIRKSOMHEDER OG INSTITUTIONER LEVERE DEN NØDVENDIGE TEKNOLOGISKE SERVICE?	29
FIGUR 21 ØKONOMISKE NØGLETAL FOR PTX-VÆRDIKÆDEN I 2022 SAMT ET ESTIMAT FOR 2025	31

Power-to-X: Et grønt erhvervsområde i fremvækst

I den grønne omstilling er vedvarende energi fra sol og vind helt nødvendig. Vedvarende energikilder skaber elektricitet. Men energien i elektriciteten kan også omformes til fx brændstoffer, der kan udnyttes af biler, skibe og fly eller lagres til brug for opvarmning, når solen eller vinden svigter. De grundlæggende teknologier, der gør det muligt at anvende elektricitet til at producere grønne brændstoffer (efuels), er kendte – også omtalt som Power-to-X (PtX). Skaleringen af disse teknologier er stadig i et tidligt udviklingsstadium i forhold til at realisere de betydelige potentialer for den grønne omstilling og kommerciel udnyttelse af PtX.

Bag analysen står partnerskabet af GTS-institutter Dansk Brand- og sikringsteknisk Institut (DBI), FORCE Technology, Teknologisk Institut (TI) og Alexandra Instituttet (AI). GTS-institutter er strategiske leverandører af praksisnære teknologiske løsninger og adgang til test- og pilotfaciliteter, som virksomheder og deres underleverandører kan benytte sig af i implementering af PtX¹. Det er derfor af vital betydning at kende virksomhedernes behov for teknologisk service. Herudover kan analysen også tjene til, at danske virksomheder kan se sig selv som en del af den danske PtX-værdikæde med de teknologiske behov og udfordringer, der følger heraf.

Denne analyse giver et overblik over, hvilke aktører i Danmark der er involveret i udviklingen af PtX, samt hvilket behov aktørerne har for teknologisk service i relation til PtX. Desuden giver analysen en vurdering af de erhvervsøkonomiske perspektiver af udviklingen af PtX.

Analysen peger således på, at en succesrig udvikling af PtX må bygge på innovation og dermed indgående viden om innovationsbehov i den samlede (potentielle) værdikæde for fremstilling af PtX-produktions- og distributionsanlæg. Endelig tester analysen tilstedeværelsen af en veludviklet PtX-værdikæde som et afgørende element for succesfuld implementering af PtX i Danmark.

Med denne rapport præsenterer vi for det første en systematisk kortlægning og analyse af økosystemet og værdikæden til fremstilling af PtX-produktions- og distributionsanlæg. Værdikæden omfatter produktion af vedvarende energi, produktion af grønne brændsler mv. inkl. underleverandører til PtX-anlæg samt lagring og distribution af brændsler til forbrug. For det andet afdækker rapporten også, hvilke teknologiske behov og udfordringer det samlede økosystem står over for, når vi spørger virksomheder i det samlede økosystem.

¹ Force Technology, Teknologisk Institut, Dansk Brand- og sikringsteknisk Institut, og Alexandra Instituttet (2020): Fælles GTS-indsats for Power-to-X i Danmark. Foreløbigt internt strategipapir; se også GTS-institutter vil fjerne barrierer for Power-to-X - GTS (gts-net.dk)



Vi vil her fremhæve følgende særlige observationer:

- En værdikæde inden for PtX er under udvikling, hvor de centrale aktører og driverne i udvikling og etablering af produktions- og distributionsanlæg er nøgleaktører forankret mod aftagersiden. En stor andel af aktørerne har således interesser flere steder i værdikæden.
- En gruppe af virksomheder, som fungerer som leverandører af teknologi og udstyr, træder tydeligt frem i værdikæden.
- Teknologisk service er efterspurgt. Tre ud af fire virksomheder i den danske PtX-værdikæde har et udtalt behov for teknologisk service i de kommende 3-5 år.
- Behovet for teknologisk service retter sig mod at nyttiggøre og implementere en relativt moden PtX-teknologi gennem etablering af produktions- og demonstrationsanlæg samt naturligvis dokumentation og verifikation af PtX-teknologier. Efterspørgslen handler kun i begrænset omfang om udvikling af nye og grundlæggende PtX-teknologier.
- Der er dog fortsat uløste teknologiske problemstillinger, som kalder på nye teknologiske løsninger (innovation) og test heraf, så PtX kan blive etableret i fuld skala på en energimæssig og økonomisk bæredygtig måde.
- Virksomheder har ligeledes betydelige interesser i udlandet, idet den samlede indenlandske PtX-relaterede beskæftigelse blot udgør 1/3 af den samlede beskæftigelse i virksomhederne. Behovet for udenlandske leverandører er også udtalt, ligesom omkring hver femte virksomhed har udenlandsk ejerskab. Alt i alt en indikation på, at de har adgang til udenlandsk viden og ressourcer.

Når teknologisk service er så efterspurgt, hænger det sammen med, at mange af de teknologiske og innovationsmæssige udfordringer relaterer sig til skalering og effektivisering af enkelte komponenter, system- og procesintegration af adskilte teknologier samt etablering af rammevilkår for et nyt PtX-marked.

Power-to-X som teknologi:

PtX er en del af den grønne omstilling, fordi teknologien gør det muligt at fremstille CO₂-neutrale brændstoffer ved at omdanne energien i elektricitet. "X" i PtX illustrerer mangfoldigheden i produkter, som teknologien kan omforme elektriciteten til – fx til brændstof inden for tung vejtransport, søfart og luftfart og desuden til fremstilling af CO₂-neutrale produkter som fx gødning. PtX er således særlig relevant indenfor områder, der ikke umiddelbart kan elektrificeres.

PtX henviser til en teknologisk proces, der ved hjælp af grøn strøm fra solceller eller vindkraftværker konverterer vand til brint via elektrolyse (konvertering af vand til brint og ilt). Brinten kan herefter anvendes direkte eller videreudvikles til forskellige brændstoffer som ammoniak, metanol, flybrændstof, e-diesel mv.

Kort og godt er PtX en vej til konvertering af grøn strøm til brint som erstatning af fossile brændsler mv. Med implementering af PtX følger også nogle de udfordringer, som fx om PtX-teknologien er tilstrækkeligt moden, og om den er økonomisk og energimæssig effektiv, samt om vi kan producere tilstrækkeligt med grøn strøm. Selvom Danmark er godt på vej med udvikling og implementering af PtX, er vi ikke de eneste i verden, der har fået denne idé. Så vi vil også blive konkurrencemæssigt udfordret af store internationale udviklingsorienterede virksomheder² ligesom vores sydlige naboland især Tyskland har stor fokus på PtX³.

² Teknologisk Institut (2022): Power-to-X – et teknologiområde i vækst. Teknologitrends og globale hotspots belyst gennem en patentanalyse

³ Wulf C, Zapp P and Schreiber A (2020) Review of Power-to-X Demonstration Projects in Europe. Front. Energy Res. 8:191. doi: 10.3389/fenrg.2020.00191. file:///C:/Users/lhjn/Downloads/fenrg-08-00191.pdf





Nye produktionsfaciliteter og en ny PtX-værdikæde ser dagens lys

PtX har fået stor opmærksomhed i Danmark, ikke mindst ud fra at vi har gode muligheder for at producere stadig mere grøn strøm. Et stort antal PtX-projekter og produktionssteder ser i disse år dagens lys, hvorom mange centrale aktører i PtX-værdikæden har samlet sig.⁴

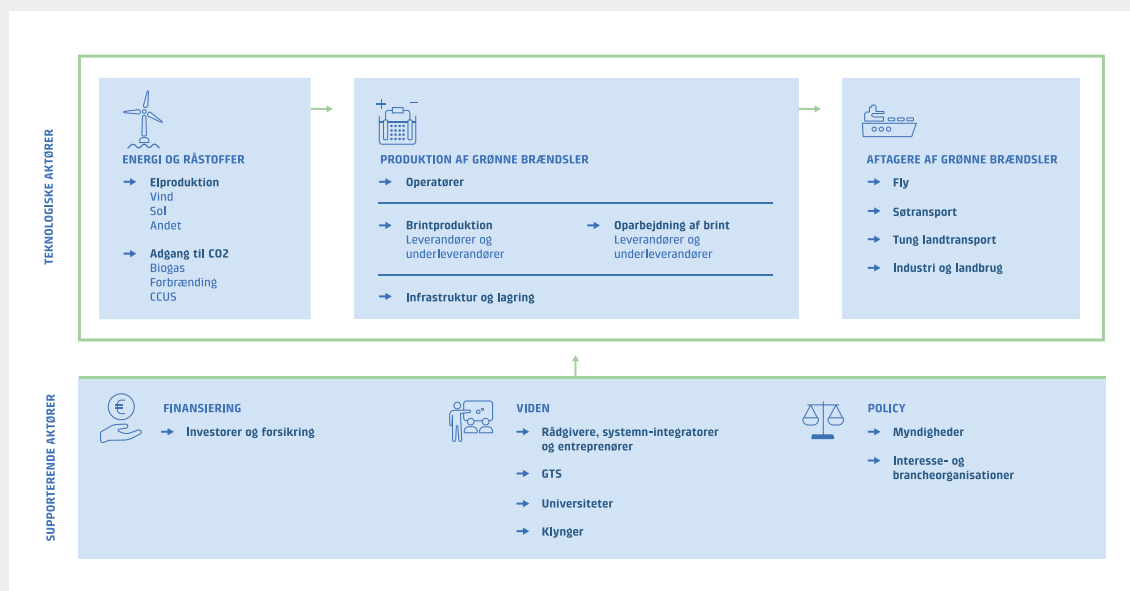
For at opnå succes med at udnytte grøn strøm til PtX må alle led i den samlede værdikæde være til stede lige fra producenter af energi, produktion af grønne brændsler og de tilhørende produktionsanlæg til distributører og aftagere, se Figur 1. Hertil kommer, at udvikling af PtX også beror på adgang til kapital og viden, ligesom de rette rammebetingelser må være til stede.

Vi har kortlagt alle virksomheder, som udviser særlig interesse og aktivitet inden for PtX ved at gennemgå kendte PtX-projekter og produktionsanlæg, medlemslister mv. I alt har vi identificeret 167 mulige PtX-aktører (virksomheder) i Danmark primo 2022⁵. Virksomhedernes forretningsmæssige interesser i PtX er meget forskellige og rækker fra infrastrukturejere til leverandører og producenter, interessenter, investorer og rådgivere.

⁴ <https://brintbranchen.dk/danske-brintprojekter/>

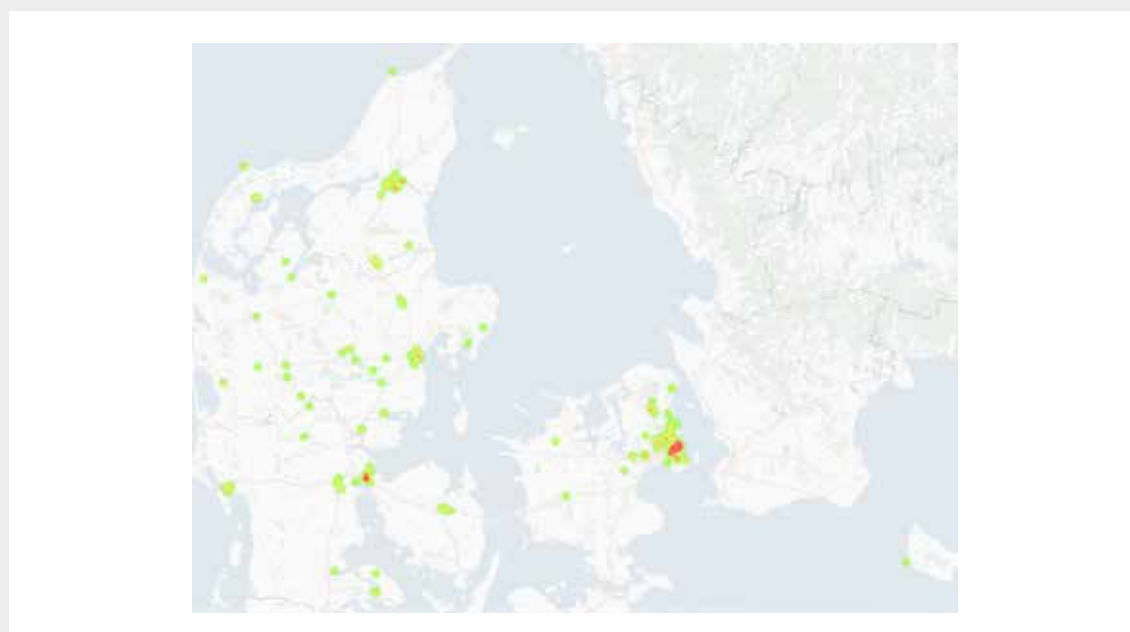
⁵ Ud fra hvad andre analyser når frem til, er det vores vurdering, at de 167 aktører tegner et retvisende billede af værdikædens størrelse. Rambøll fandt primo 2021 lidt færre aktører, men med en lidt anderledes afgrænsning (Rambøll (2021): "Export potential - CCUS & PTX technology" for Energistyrelsen).

FIGUR 1: AKTØRER I PtX-VÆRDIKÆDEN



Kilde: Force Technology

FIGUR 2: KORT OVER DANSKE PtX-AKTØRER



Kort: Teknologisk Institut. Kortlægning afsluttet februar 2022.

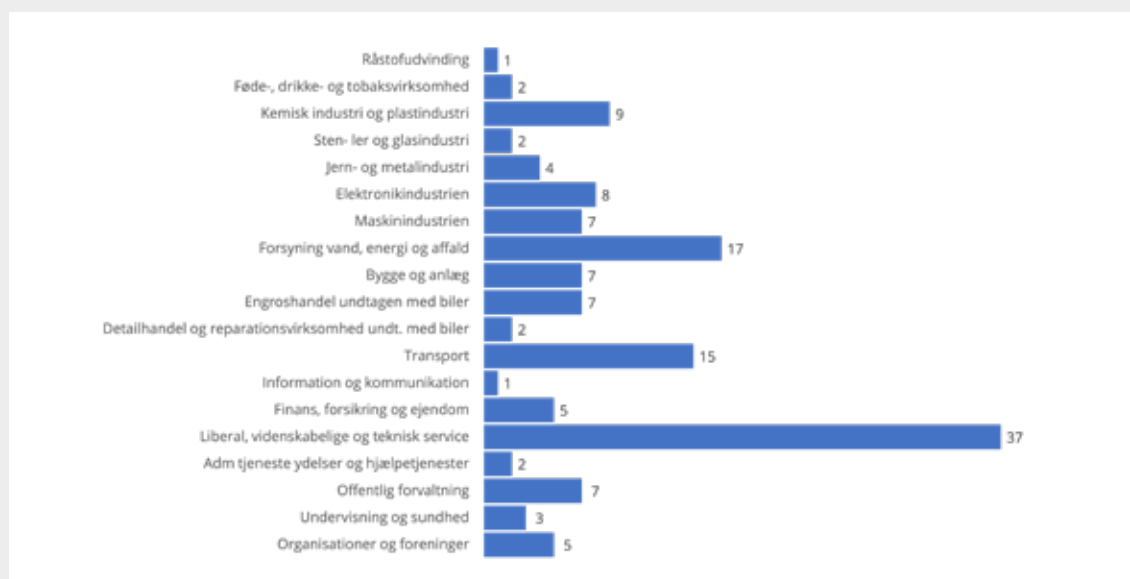
Et statistisk øjebliksbillede af de 167 danske virksomheder aktive inden for Power-to-X viser, se Figur 3 og 4:

- At PtX-virksomheder som helhed er væsentlig større, end hvad der ses for alle danske virksomheder under ét. 43 procent af alle PtX-virksomheder har mere end 100 ansatte. Alt andet lige peger det på, at det er ressourcestærke virksomheder med adgang til viden og kapital, som står i spidsen for implementeringen af PtX i Danmark. Hvis de mindre udenlandsk ejede virksomheder repræsenterer større virksomheder, er det mere end halvdelen af virksomhederne, der har mere end 100 ansatte.
- At PtX-virksomheder er at finde inden for alle brancher, men de dominerende brancher er inden for rådgivning, forsyning og transport samt en bred vifte af industrier. Omkring 30 procent af forsyningsvirksomheder i Danmark er aktive inden for PtX.
- At PtX-virksomheder findes i alle egne af Danmark er givetvis beroende på, at de repræsenterer både et anlæg, hvor adgang til grøn strøm er afgørende, eller om der er tale produktionsvirksomheder og vidensinstitutioner.

Alt i alt kalder implementering af PtX på en bred vifte af kompetencer og ressourcer, som involverer således aktører i hele landet.

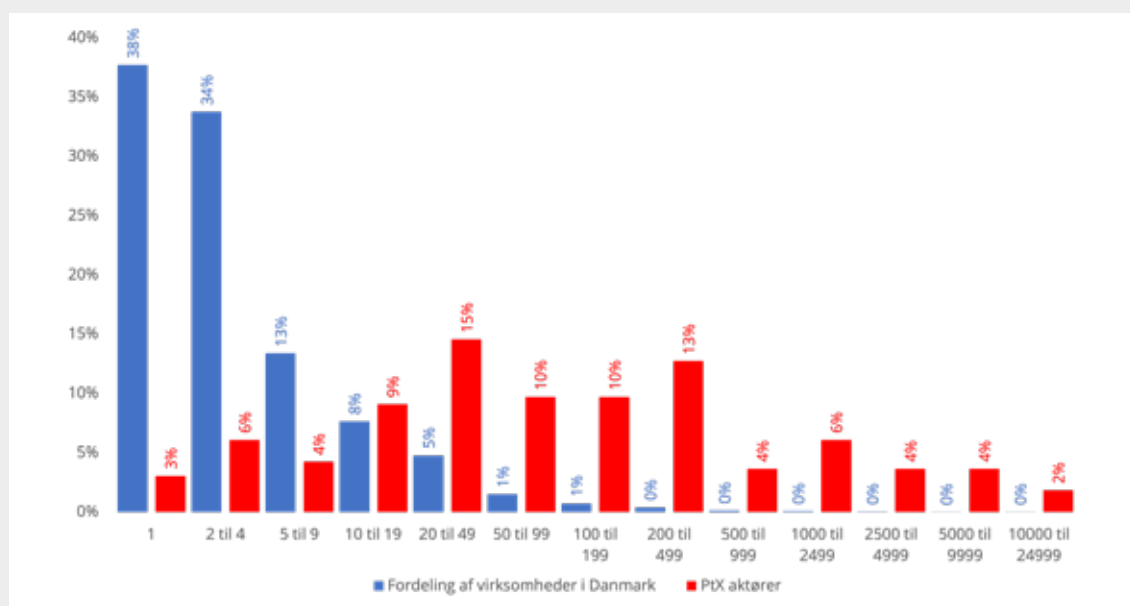


FIGUR 3: PtX-VIRKSOMHEDERNE FORDELT EFTER BRANCHE



Kilde: Experian-data samt kortlægning af 167 aktører. Kun virksomheder med mindst 1 ansatte er medtalt – i alt 141 PtX-virksomheder i de viste brancher.

FIGUR 4: PtX-VIRKSOMHEDERNE OG ALLE DANSKE VIRKSOMHEDER FORDELT EFTER ANTAL ANSATTE.



Kilde: Experian-data samt egen kortlægning af 167 aktører. For Experian-data er virksomheder med 0 ansatte og ukendt antal ansatte ikke medtaget i beregningen.

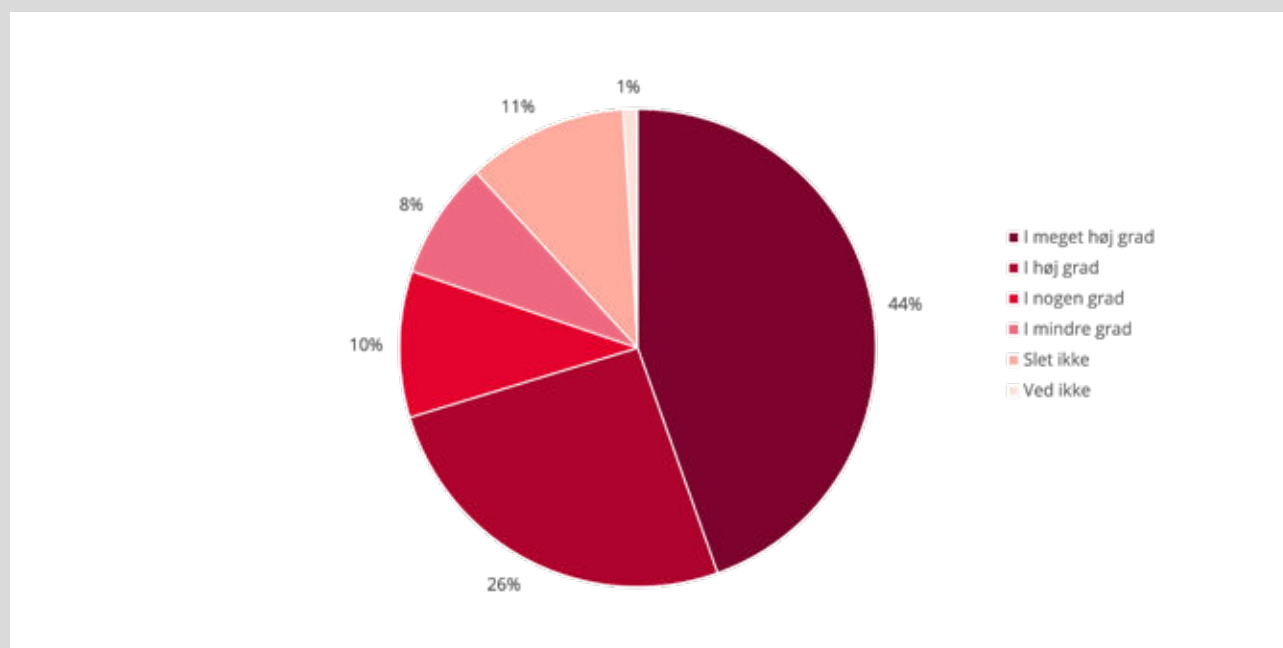
En sammenvævet værdikæde

I den videre analyse af PtX-værdikæden vil fokus være på virksomheder med forretningsmæssige interesser i PtX. 101 PtX-aktører har medvirket i et survey. Knap ni ud af ti har svaret, at de har forretningsmæssige interesser relateret til PtX. Syv ud af ti har i høj grad eller i meget høj grad forretningsmæssige interesser relateret til PtX, se Figur 5.

Dette resultat afspejler, at værdikæden også omfatter, som figur 1 også illustrerer, en række ikke-kommercielle aktører som myndigheder, interesseorganisationer, klynger og lign. Disse udfylder deres helt egen rolle ved at have et særligt fokus på de mere generelle rammevilkår.

Blandt de aktører, som har et forretningsmæssigt fokus, har vi sat fokus på de tre centrale led i værdikæden, leverandører af energi og råstoffer, producenter af grønne brændsler og aftagere af grønne brændsler jf. figur 1, ved at spørge virksomhederne, om de har forretningsmæssige interesser inden for et eller flere af disse tre områder. Af figur 6 fremgår det tydeligt, at mange virksomheder har interesser på tværs af værdikæden.

FIGUR 5: VIRKSOMHEDERNES FORRETNINGSMÆSSIGE INTERESSER I PtX.

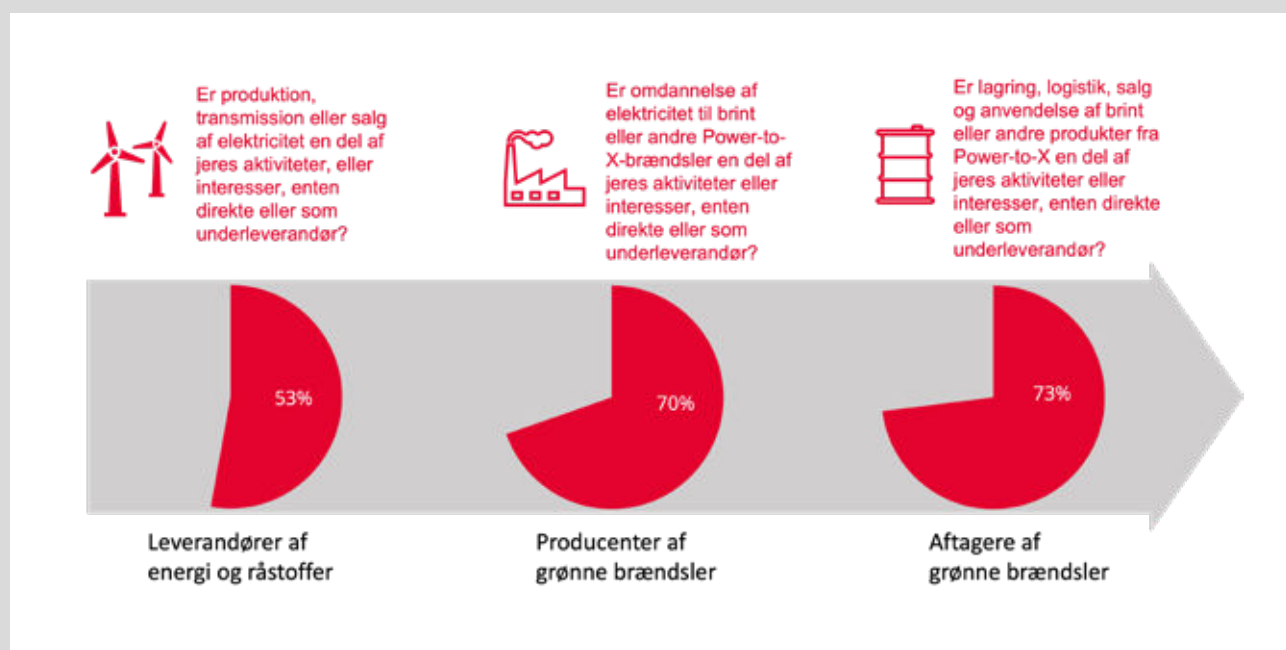


Kilde: Teknologisk Institut: Spørgeskemaundersøgelse.

Spørgsmål: I hvilken grad har I forretningsmæssige interesser, der er relateret til Power-to-X teknologi? 101 svar



FIGUR 6: VIRKSOMHEDERNES FORRETNINGSMÆSSIGE INTERESSER I VÆRDKÆDEN



Kilde: Teknologisk Institut: Spørgeskemaundersøgelse. 89 svar (Kun virksomheder med forretningsmæssige interesser i Power-to-X).



Ved en nærmere analyse bliver det endnu tydeligere, at flere virksomheder har interesser på tværs af værdikæden frem for blot at være specialiseret inden for et led af værdikæden, se Figur 7.

I runde tal er cirka hver tredje specialiseret inden for et led af værdikæden, mens en anden tredjedel har forretningsmæssige interesser inden for to led, og endelig har den sidste tredjedel forretningsmæssige interesser inden for alle tre led af PtX-værdikæden. Eller sagt på en anden måde er 65 procent af virksomhederne således engageret i mere end et led i værdikæden.

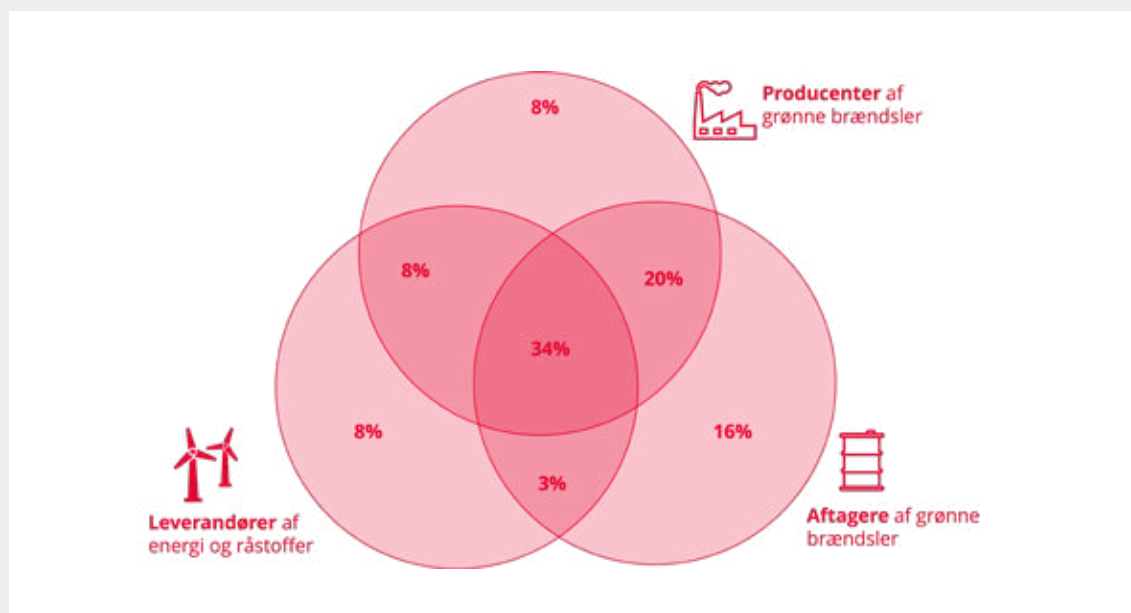
Det peger i retning af, at en dansk værdikæde inden for PtX i overvejende grad har en mere systemisk tilgang til udvikling og implementering af PtX i Danmark, mens langt færre har fokus på ét led, og dermed må formodes at være markedsførende og teknologisk fokuseret – læs teknologisk specialiseret – på udvalgte dele af værdikæden. Det er måske forventeligt, at en relativt ny værdikæde ser sådan ud. Fastholdes denne struktur, kan en

hypotese være, at den danske PtX-værdikæde vil være mere orienteret mod at etablere produktionsanlæg og sikre distribution af nye brændsler, mens den dybereliggende teknologiske ekspertise i mindre grad vil blive opbygget og dermed være til stede.

Et mere nuanceret billede af de enkelte led i værdikæden er tilvejebragt ved at spørge virksomhederne om, hvad deres aktiviteter eller interesser er enten direkte eller som underleverandør.

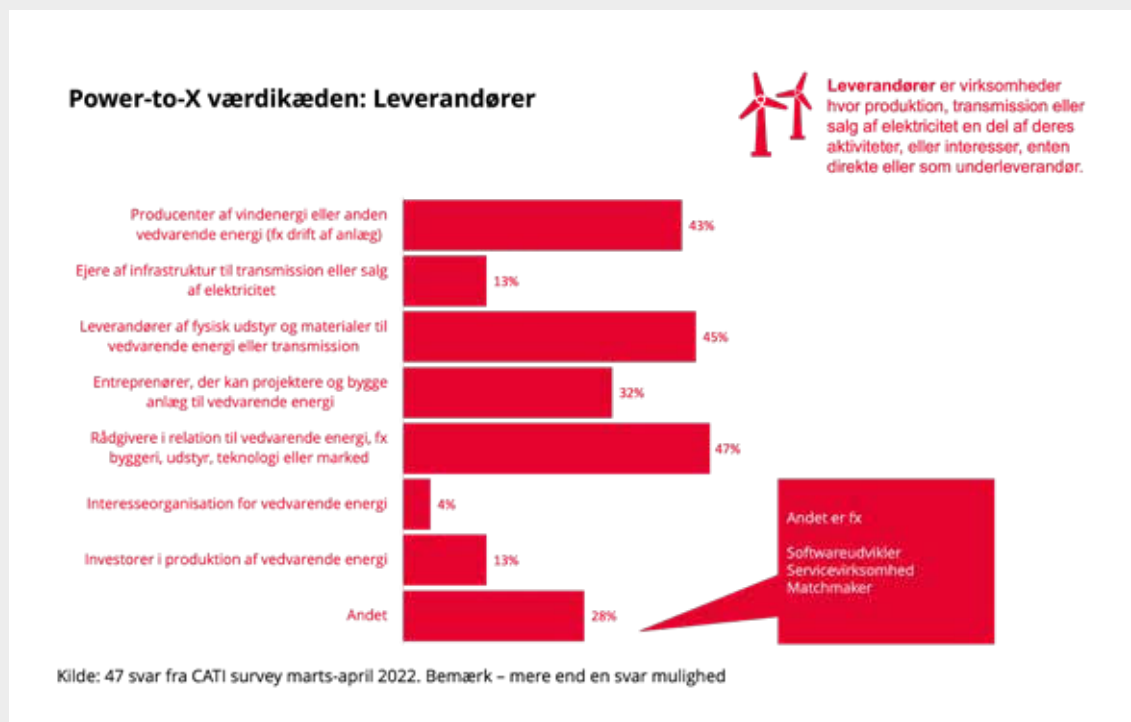
Leverandøren af energi og råstoffer favner i lige grad virksomheder, der producerer vedvarende energi fx grøn strøm fra vindkraftsværker, som leverandører af produktionsudstyr, der står for etablering af fx vindkraftsværker samt rådgivere, se Figur 8. Færre er ejere af infrastruktur for transmission eller salg af grøn strøm mv. Alt i alt spejler dette, at den danske sektor – og denne værdikæde – for produktion af grøn strøm mv. er veletableret og derved også kan træde ind som et aktiv i den danske PtX-værdikæde.

FIGUR 7: VIRKSOMHEDERNES FORRETNINGSMÆSSIGE INTERESSER PÅ TVÆRS AF I VÆRDKÆDEN.



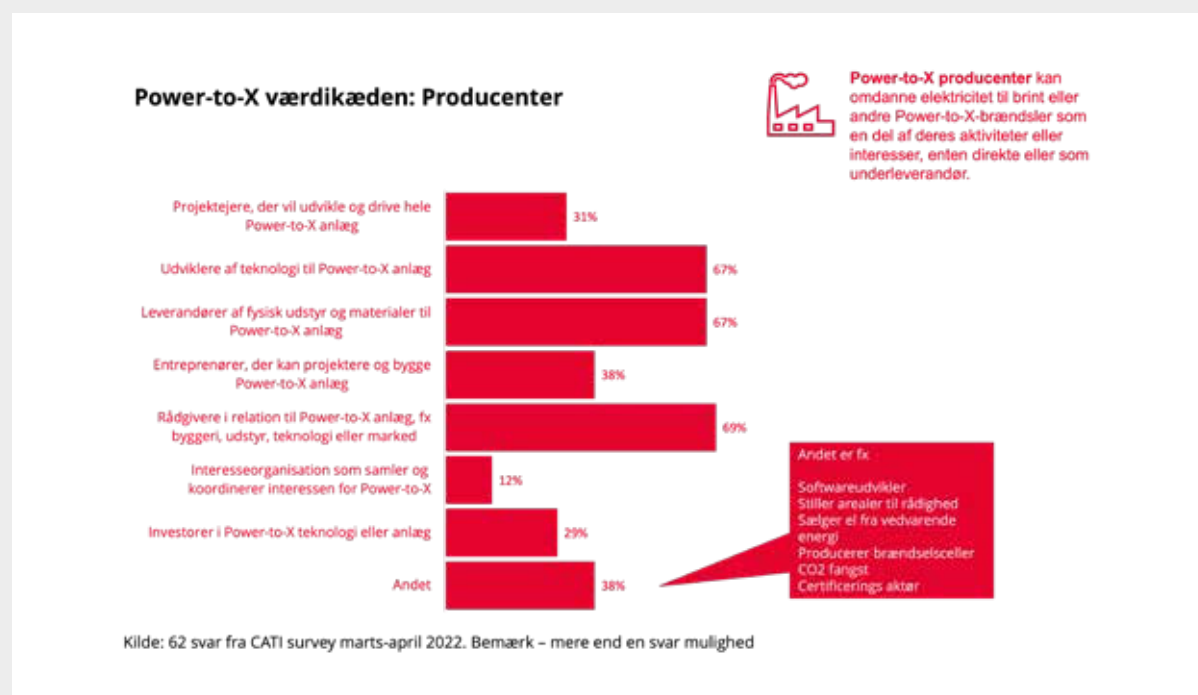
Kilde: Teknologisk Institut: Spørgeskemaundersøgelse. 89 svar

FIGUR 8: FORRETNINGSMÆSSIG FOKUS FOR LEVERANDØRER AF ENERGI OG RÅSTOFFER.



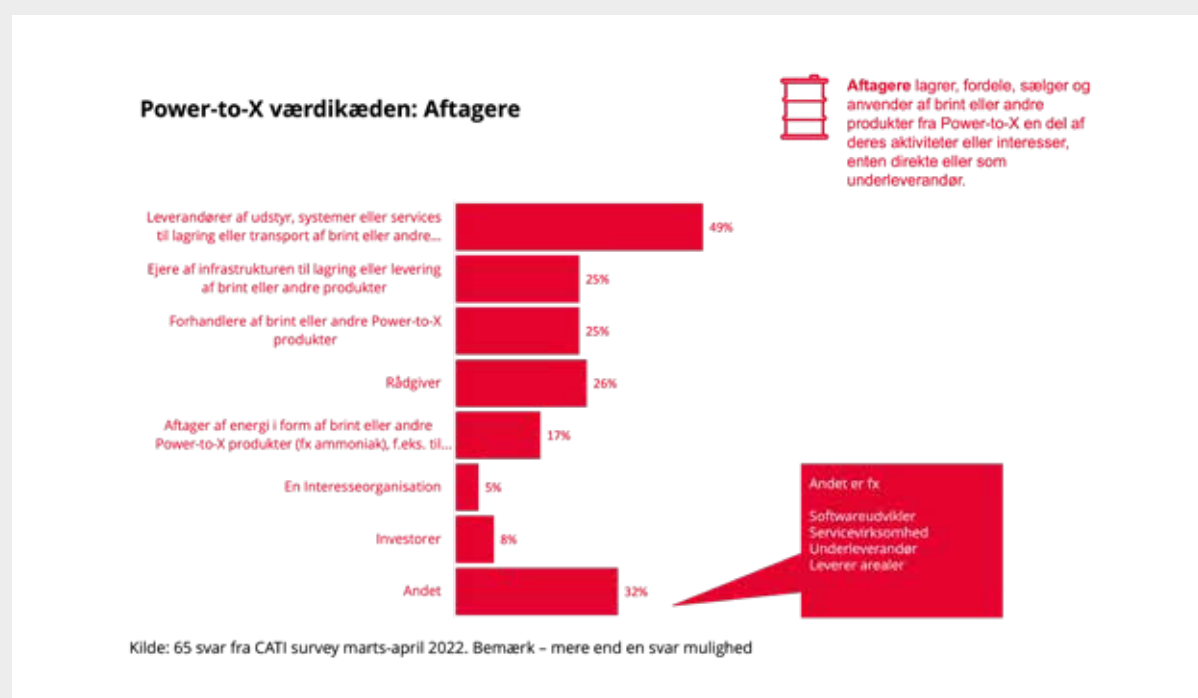
Kilde: Teknologisk Institut: Spørgeskemaundersøgelse. 47 svar, mulighed for mere end et svar.

FIGUR 9: FORRETNINGSMÆSSIG FOKUS FOR LEVERANDØRER AF GRØNNE BRÆNDSLER.



Kilde: Teknologisk Institut: Spørgeskemaundersøgelse. 62 svar, mulighed for mere end et svar.

FIGUR 10: FORRETNINGSMÆSSIG FOKUS FOR AFTAGERE AF GRØNNE BRÆNDSLER



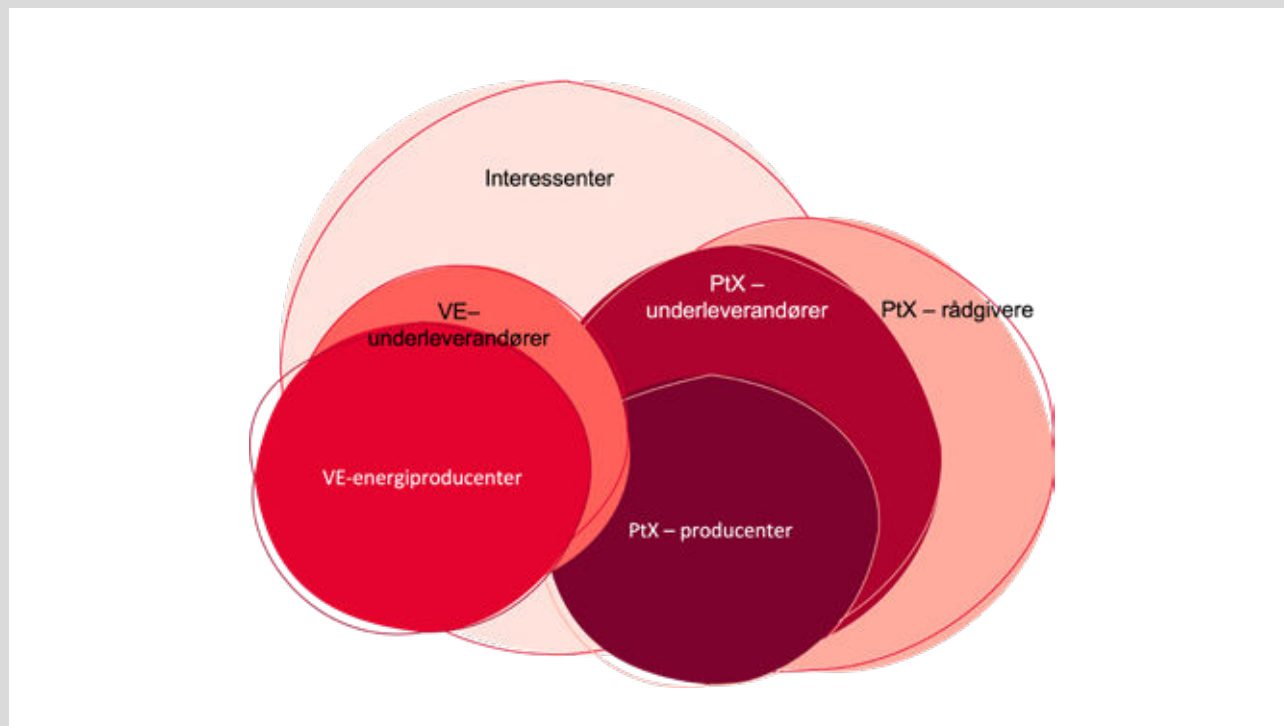
Kilde: Teknologisk Institut: Spørgeskemaundersøgelse. 65 svar, mulighed for mere end et svar.

Producenter af grønne brændsler er spurgt om deres aktiviteter eller interesser i forhold til omdannelse af elektricitet til brint og andre grønne brændsler (e-fuels såsom metanol, ammoniak og metan). Inden for denne del af værdikæden er 2/3 af alle virksomheder enten udviklere eller leverandører af teknologi til PtX-anlæg, ligesom 2/3 af virksomhederne er rådgivere i relation til PtX, se Figur 9. Selvom andelen er høj, er antallet af aktører dog – fortsat – beskeden. Ca. 1/3 har interesser i at udvikle og drive PtX-anlæg eller kan stå for at projektere og bygge PtX-anlæg

Aftagere af grønne brændsler er spurgt om deres aktiviteter og interesser i forhold til lagring, salg og anvendelse af brint og andre produkter fra PtX. Her er det først og fremmest værd at hæfte sig ved, at halvdelen af alle virksomheder i denne kategori er leverandører af teknologi til lagring eller transport af PtX-produkter, se Figur 10. Dernæst repræsenterer en fjerdedel af virksomhederne i denne del af værdikæden ejere af infrastruktur til lagring og distribution eller af forhandlere.



FIGUR 11: EN SAMMENVÆVET BRANCHE



Note: Figuren er en frihåndsskildring af overlap og grupperinger af typer af virksomheder i relation til PtX.

Virksomhederne i værdikæden har tydeligvis interesser på tværs af de tre led i værdikæden. For at få et tydeligt billede af disse sammenhænge er der gennemført en statistisk analyse⁶. Denne analyse viser, at der udkrystalliserer sig en række kerneinteresse- og forretningsområder, som dels er sammenhængende og dels overlappende. Resultatet er skitseret i Figur 11.

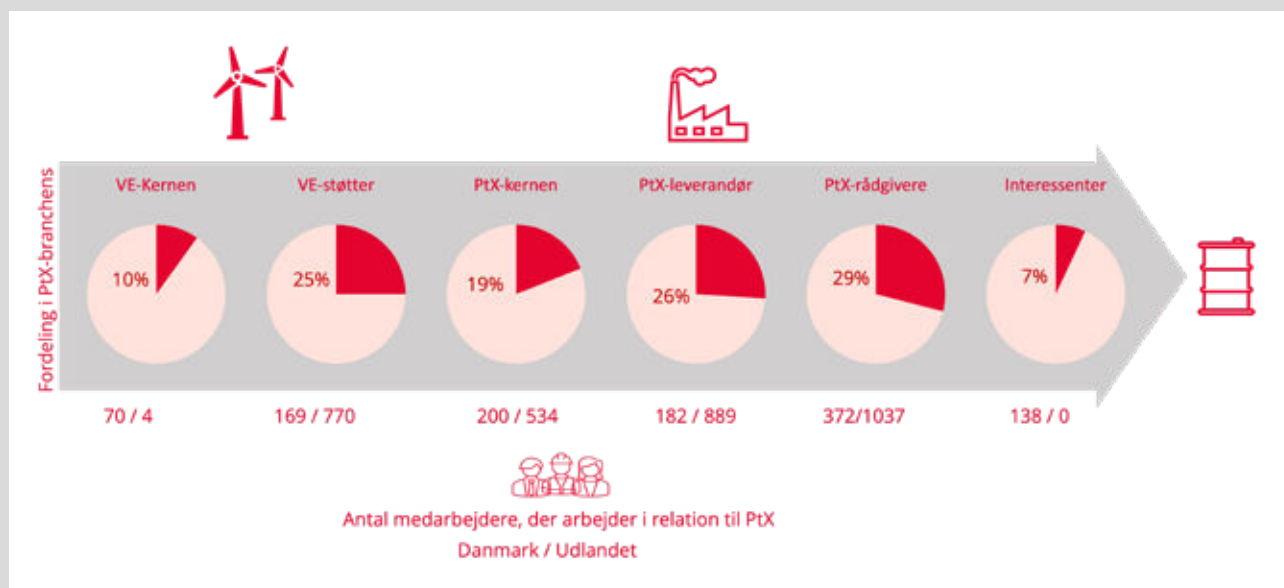
Leverandørerne af vedvarende energi (VE), som har et stærkt fokus på de interesse- og forretningsområder, som er opført i Figur 8, men med beskedne interesser inden for produktion af grønne brændsler og på aftagersiden. Leverandørerne af vedvarende energi og råstoffer er tydeligt delt i to undergrupper, som dels består af producenter af grøn strøm og ejere af infrastruktur for transmission og salg og dels af teknologileverandører, rådgivere og entreprenører. Den sidstnævnte gruppe kan også ses som underleverandører.

PtX-producenter og -underleverandører er de virksomheder, som er tættest på PtX-teknologien. Den består for det første af en kerne af teknologi- og udstyrsleverandører, som tillige har en væsentlig interesse i at investere i PtX-anlæg, dog uden at være ejere, der vil udvikle og drive PtX-anlæg. For det andet er der en gruppe af producenter som både er aftagere af grønne brændsler og har en væsentlig interesse i at investere i PtX-teknologi og -anlæg samt vil udvikle og drive PtX-anlæg.

Aftagere er i sig selv ikke synlige i analysen, da de samtidig ofte optræder som VE- eller PtX-producenter. Aftagere af grønne brændsler har naturligt deres blik rettet mod interesse- og forretningsområder som ejerskab af infrastrukturen til lagring og distribution samt ved at være forhandlere eller være aftagere af PtX-produkter. Hertil kommer, at den tydeligste sammenvævning mellem de tre led i værdikæden ses mellem producenter af grønne

⁶ Den statistiske analyse består i at undersøge, i hvor høj grad et kendetegn ved virksomhederne samvarierer med et andet kendetegn på tværs af "rollerne" i værdikæden fra leverandører til producent til aftager.

FIGUR 12: PtX - EN SAMMENVÆVET BRANCHE - OPGJORT SOM ANDELE AF ALLE PTX-VIRKSOMHEDER OG ANTAL BESKÆFTIGEDE I DANMARK HHV. I UDLANDET



Kilde: Power-to-X-sammenvævningen. Kilde: 89 svar fra CATI survey marts-april 2022. Virksomhederne er fordelt i de grupper, hvor de vægter mest, der er fordelt 115 procent virksomheder, så enkelte virksomheder (og dermed estimat for antal medarbejdere) optræder i mere end en gruppe. Antal medarbejdere er opgivet fra interviewede virksomheder for hhv. danske og udenlandske medarbejdere.

brændsler og aftagere, hvor det er aftagere, som synes at have en interesse i at udvikle og drive PtX-anlæg. Der synes således at være en forretningsmæssig interesse i at producere PtX-produkter og så samtidig stå for distribution og salg. Denne gruppe af aftagere kan udvikle sig til at blive den egentlige kerne i produktionen af grønne brændsler. Følgelig vil aftagere indgå i produktion af PtX-produkter og som egentlige aftagere eller brugere af PtX-teknologier og -produkter. Som følge heraf er aftagere af PtX-produkter udvisket i Figur 11.

I Figur 12 er det vist, hvor stor en andel af PtX-virksomhederne, der befinder sig i hver gruppe identificeret i Figur 11. Virksomheder er fordelt efter, hvor deres tyngde ligger, men på grund af overlap mellem kategorier og aktiviteter kan samme virksomhed optræde i flere grupper. Procenterne på tværs i Figur 12 summerer derfor til 115 procent.

På baggrund af data fra surveyet er det tillige muligt at opgøre, hvor mange årsværk der arbejder i relation til PtX i virksomhederne i Danmark og udlandet. Det er tal, der kan forventes at stige betydeligt i de kommende år, idet virksomhederne i gennemsnit forventer en årlig vækst på 39 procent. Det skal også bemærkes, at talstørrelserne ikke udgør det samlede antal personer, der arbejder i relation til Power-to-X, idet ikke alle virksomheder har svaret, men tallene giver et indtryk af størrelsesforholdene og sammenhængen til udenlandske power-to-x aktiviteter.



Vækstfaktorer – udenlandsk ejerskab

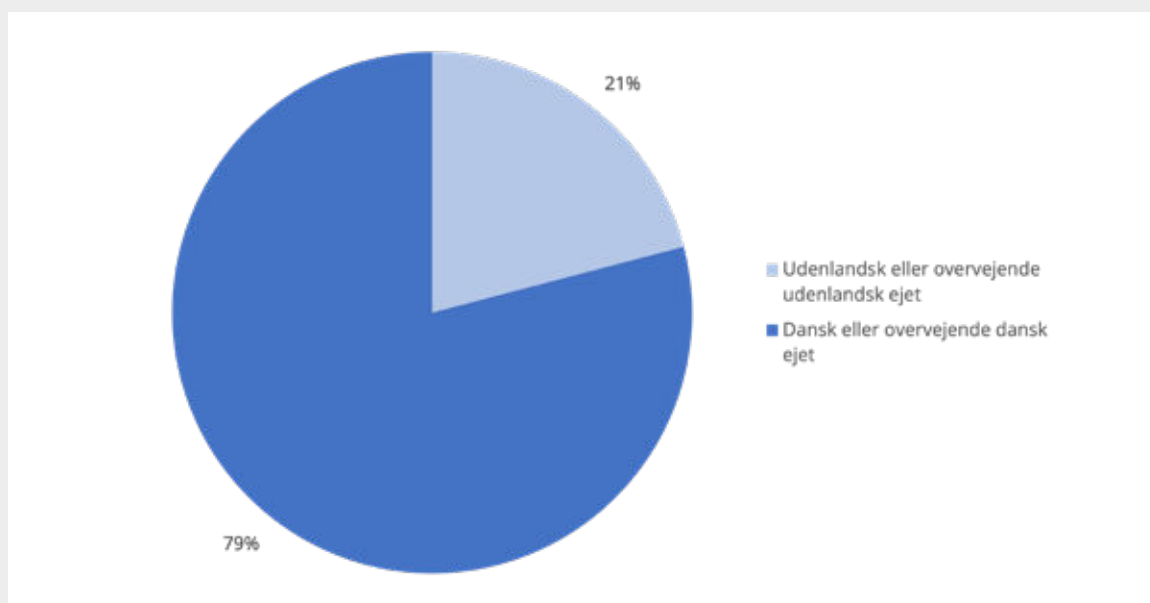
Udenlandsk ejerskab forekommer bredt i dansk erhvervs-
liv. Inden for PtX-værdikæden tilkendegiver 21 procent
af virksomheder, at de er udenlandsk eller overvejende
udenlandsk ejet, se Figur 13. Udenlandsk ejerskab er mest
udbredt inden for "aftagere" med en forretningsmæssig
interesse i at producere PtX-produkter og så samtidig
stå for distribution og salg, hvor fire ud af ti virksom-
heder har udenlandsk ejerskab. Dernæst er udenlandsk
ejer ofte forekommende blandt underleverandører - le-
verandører af teknologi og service - hvor ca. en tredjedel

har udenlandsk ejer; både blandt underleverandører til
leverandøren af energi og råstoffer og til producenter af
grønne brændsler. Hver femte SMV-virksomhed er uden-
landsk ejet.

Ovenstående resultater indikerer blot, at udenlandsk
ejerskab er til stede og kan være en indgang til at hen-
te ny teknologisk viden og kompetencer til Danmark.
Derimod kan man ikke sig noget om, hvorvidt dele af
PtX-værdikæden er domineret af udenlandsk ejerskab.



FIGUR 13: UDENLANDSK EJERSKAB I PtX-VÆRDIKÆDEN



Kilde: Teknologisk Institut: Spørgeskemaundersøgelse, 89 svar.

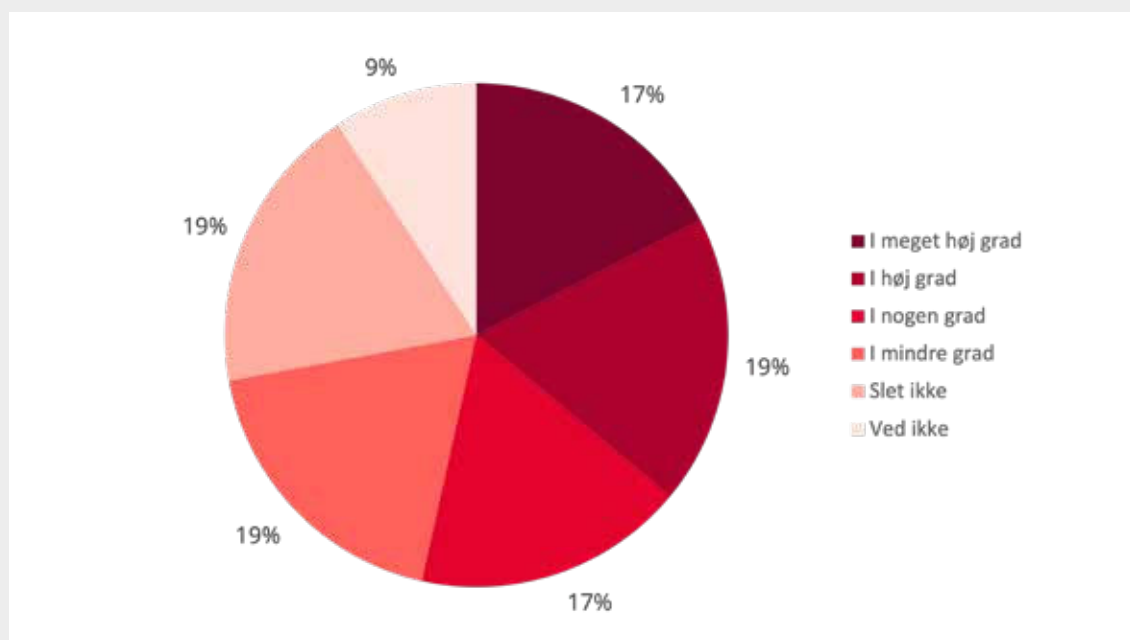


Vækstfaktorer – underleverandører skal på banen

I arbejdet med Power-To-X kan der i fremtiden være behov for leverandører fra andre dele af erhvervslivet, herunder entreprenørvirksomheder, maskiner, særlig teknologi, software eller vidensrådgivning. Blandt samtlige virksomheder i PtX-værdikæden har godt halvdelen brug for underleverandører inden for de næste 3-5 år, se Figur 14. Syv ud af ti virksomheder forventer at få deres behov dækket hos danske underleverandører.

Behovet for underleverandører retter sig først og fremmest mod teknologibehov; dels i form af digitale løsninger og dels i form af teknologisk rådgivning. Dernæst er der betydeligt behov for indkøb af komponenter og materiale samt maskiner og udstyr, hvilket også er en indikation på, at der i markedet er adgang til teknologi, som umiddelbart kan tages i anvendelse. Behov for anden form for rådgivning og administrativ service er derimod væsentlig mindre, hvilket kunne indikere, at de fleste virksomheder råder over sådanne kompetencer, se Figur 15.

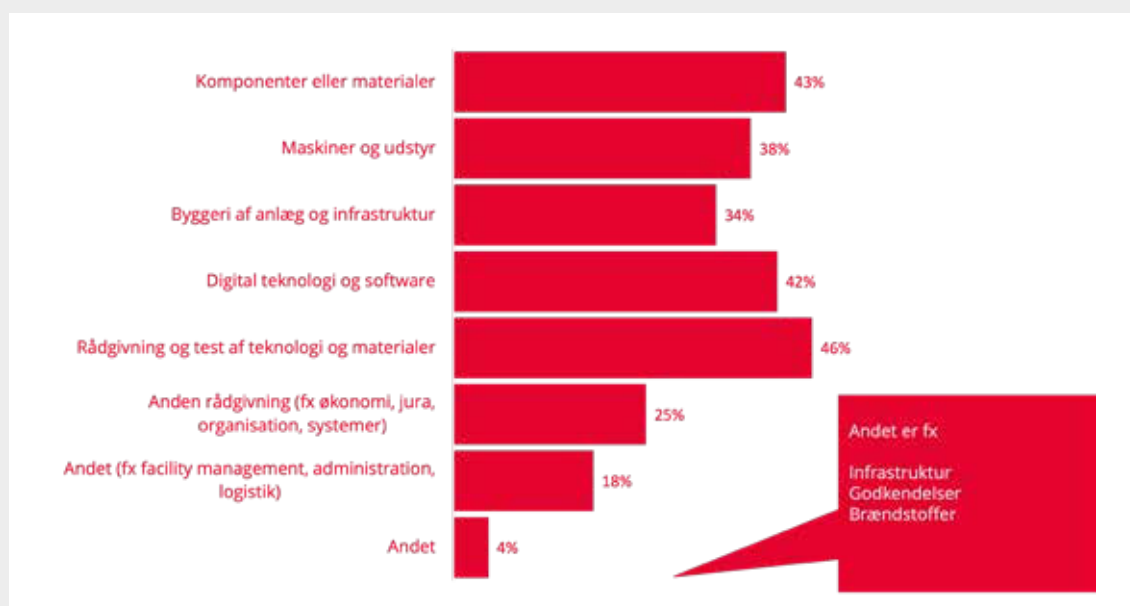
FIGUR 14: BEHOV FOR UNDERLEVERANDØRER I PtX-VÆRDIKÆDEN



Kilde: Teknologisk Institut: Spørgeskemaundersøgelse. 86 svar.

Spørgsmål: I hvilken grad får I brug for leverandører i relation til jeres aktiviteter indenfor Power-To-X inden for de næste 3-5 år?

FIGUR 15: BEHOV FOR UNDERLEVERANDØRER I PtX-VÆRDIKÆDEN



Kilde: Teknologisk Institut: Spørgeskemaundersøgelse. 86 svar.

Spørgsmål: Hvilke typer af produkter eller ydelser i relation til jeres aktiviteter indenfor Power-to-X forventer I at købe hos en leverandør i de næste 3-5 år? Kun spørgsmål til dem, som får brug for underleverandører – men procenter beregnet ift. til alle respondenter.

Vækstfaktorer – nye teknologier og teknologiske løsninger

Behovet for underleverandører er, som vist ovenfor, udtalt, ikke mindst hvad angår rådgivning og test af teknologier og materialer. Dette er kerneområdet for GTS-institutternes virke, idet de netop leverer teknologisk service i form af eksempelvis rådgivning og adgang til testfaciliteter (fx specialudstyr eller laboratorier), og kan også bestå med afprøvninger, demonstration eller dokumentation.

Spørger vi virksomhederne i PtX-værdikæden, svarer tre fjerdedele af alle virksomheder, at de har behov for teknologisk service, se Figur 16. Spørgsmålene om behovet for teknologisk service er stillet de virksomheder, der er identificeret som direkte involveret i værdikæden i relation til PtX.

Bag dette udtalte behov for teknologisk service tegner der sig et mere nuanceret billede af behovet. Virksomhedernes behov peger i retning af, at PtX-teknologier som helhed er ganske modne teknologier⁷.

Figur 17 er inspireret af TRL-skalaen, Technological Readiness Level⁸, som med 9 trin er en generisk skala, som indikerer modenheden af en teknologi. Den originale skala rækker fra grundforskning (trin 1) med udvikling af basale principper, og i de laveste trin 2-4 vandrer teknologiu udviklingen fra forskning til laboratorieforsøg. Fra trin 5-6 fortsætter udviklingen mod konkret anvendelse og afprøvning for til sidst i trin 7-9 at nå fra demonstrationsprojekter for test af konkurrencedygtige systemer eller produkter. De ni trin er af hensyn til surveyet –

telefoninterviewet – reduceret til seks trin, og forklaringen er ligeledes forkortet.

Virksomhedernes behov og kravene til rådgivning og teknologisk service vil være meget forskellig, alt efter om virksomhederne har brug for service i forbindelse med grundforskning, eller om det er til demonstration af teknologier eller dokumentation af færdige produkter.

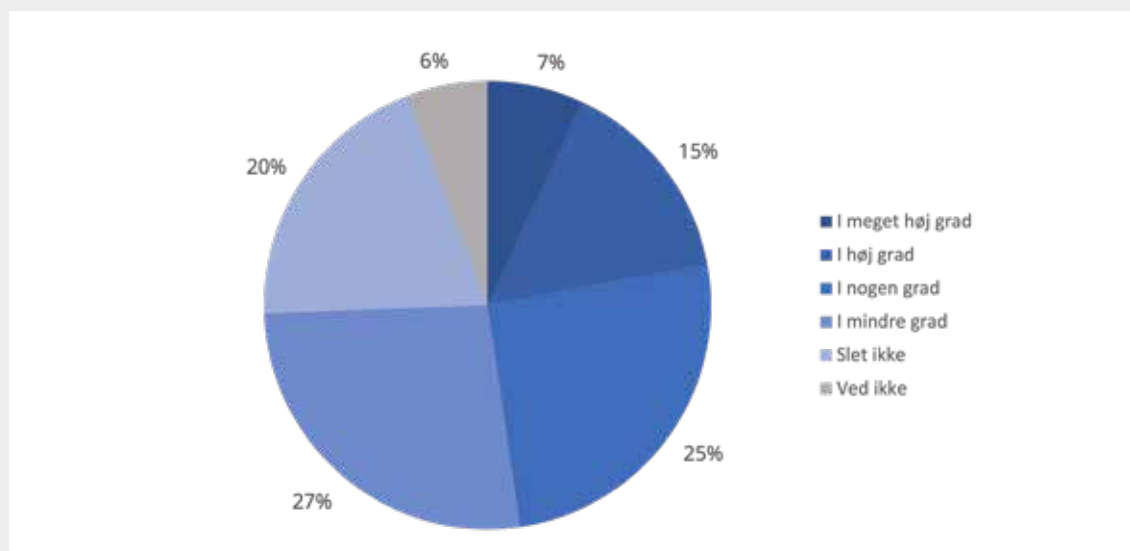
Op mod to tredjedele af alle virksomhederne tilkendegiver, at deres fokus i udvikling og nyttiggørelse af PtX-teknologier ligger i den øvre ende af den teknologiske udvikling. Det er inden for demonstration og test i stor skala samt i forhold til dokumentation, verifikation eller certificering, at der især vil være efterspørgsel efter teknologisk service.

Der pågår stadig grundlæggende forskning i PtX-teknologier idet en ud af ti virksomheder søger hjælp hertil. Men vægten over mod hjælp til anvendelsen af PtX-teknologier understreger, at PtX-teknologien i høj grad må være på et stade, hvor den er moden til ibrugtagning. Derfor er der også langt færre, som efterspørger grundlæggende og basal forskning eller vil arbejde med udviklingen af nye teknologiske løsninger.

⁷ Kilde Se debat om PtX-teknologiens modenhed Tysk forsker om PtX-udviklingsbehov: »svært at retfærdiggøre mange flere forskningspenge« | Ingeniøren

⁸ Se [technology_readiness_levels_-_trl.pdf](#) (innovationsfonden.dk)

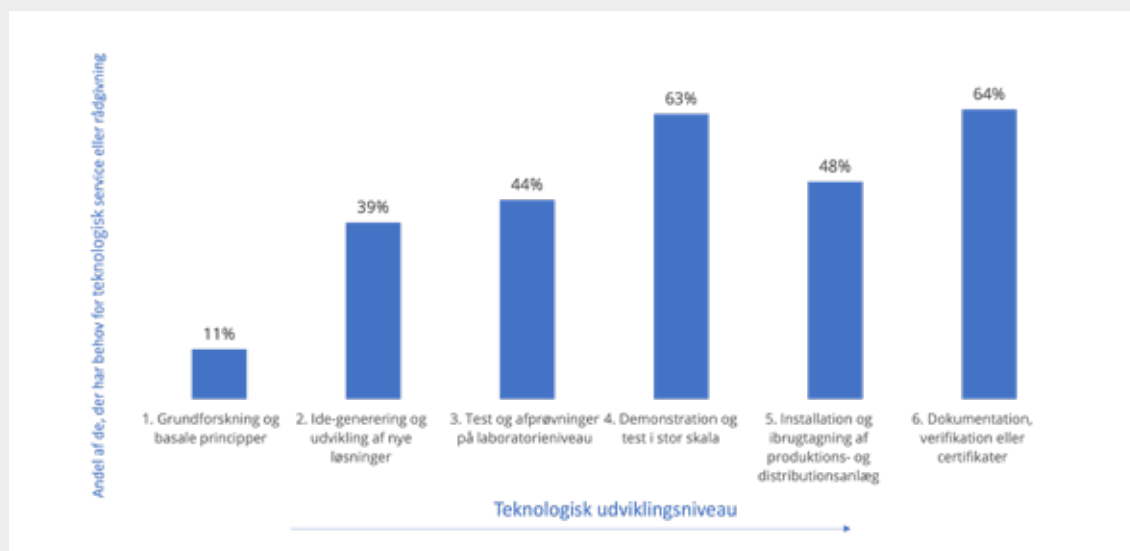
FIGUR 16: BEHOV FOR TEKNOLOGISK SERVICE I PtX-VÆRDIKÆDEN I DE KOMMENDE ÅR



Kilde: Teknologisk Institut: Spørgeskemaundersøgelse. 86 svar.

Spørgsmål: Teknologisk Service kan bestå af for eksempel rådgivning og adgang til testfaciliteter, specialudstyr eller laboratorier, og den kan også bestå af afprøvninger, demonstration eller dokumentation. I hvilken grad forventer du, at I får behov for rådgivning eller teknologisk service i relation til Power-To-X inden for de kommende 3 til 5 år?

FIGUR 17: BEHOV FOR TEKNOLOGISK SERVICE EFTER TEKNOLOGINIVEAU I DE KOMMENDE ÅR



Kilde: Teknologisk Institut: Spørgeskemaundersøgelse. 64 svar, mulighed for mere end et svar.

Spørgsmål: Hvor i processen fra grundforskning til for eksempel ibrugtagning af produkter, materiale eller systemer i relation til Power-to-X forventer du, at I får behov for teknologisk service?



Figur 18 giver et overblik over, hvilken teknologisk service som virksomhederne forventer at efterspørge i de kommende år. Teknologisk service er i surveyet defineret som "for eksempel rådgivning og adgang til testfaciliteter, specialudstyr eller laboratorier, og den kan også bestå i afprøvninger, demonstration eller dokumentation." Der er således ikke nogen direkte sammenhæng til kategorierne i Figur 17.

Virksomhederne kunne beskrive deres efterspørgsel på en skala fra "i meget høj grad" til "slet ikke". For overblikkets skyld er svarkategorier i Figur 18 slået sammen, så de virksomheder, der forventer en efterspørgsel, er virksomheder, der svarede "i nogen grad", "i høj grad" og "i meget høj grad". Den øverste kategori er kun sjældent anvendt. På samme måde er "slet ikke"- og "ved ikke"-kategorierne lagt sammen, hvor kun få har svaret "ved ikke".

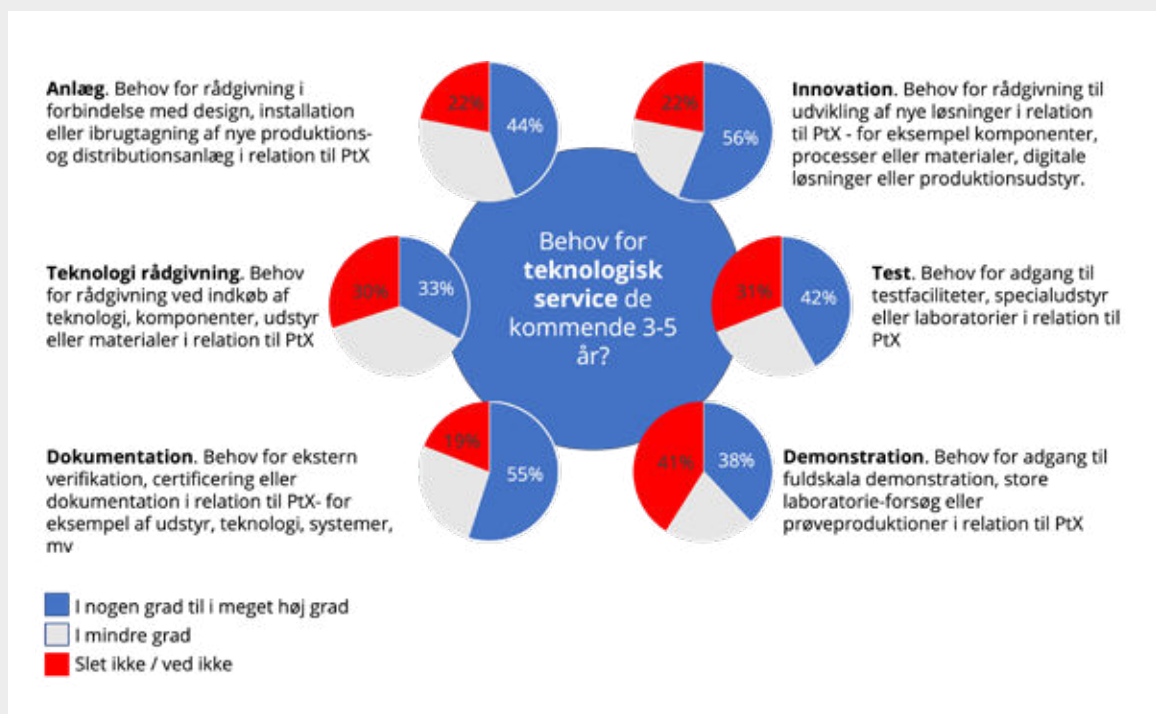
Den høje grad af teknologisk modenhed af PtX-teknologier medfører, at virksomhedernes efterspørgsel ef-

ter teknologisk service i høj grad relaterer sig til at tage PtX-teknologi i brug gennem at etablere nye produktions- og demonstrationsanlæg, og derfor har de brug for teknologiske service til tilrettelæggelse af produktions- og distributionsanlæg, teknologisk rådgivning, samt ved dokumentation og verifikation.

Dog skal det fremhæves, at PtX-teknologien forsat skaber et behov for innovation – udvikling af nye løsninger – og testfaciliteter i det hele taget. Så selv om PtX-teknologierne i høj grad er modne til at tages i brug, peger virksomhedernes svar på, at der fortsat er uløste teknologiske problemstillinger, som kalder på nye teknologiske løsninger og test heraf. Så nok er de grundlæggende PtX-teknologier til stede, men at få PtX ind i fuldskala-produktion fordrer ifølge virksomhederne fortsat nye delløsninger, fx i forhold til energimæssig og økonomisk effektivitet, og i forhold til at PtX-produktionerne bliver etableret i fuldskala.



FIGUR 18: BEHOV FOR FORSKELLIGE TYPER AF TEKNOLOGISK SERVICE I DE KOMMENDE ÅR I PtX-VÆRDIKÆDEN.



Kilde: Teknologisk Institut: Spørgeskemaundersøgelse. 64 svar – 74 procent af virksomhederne, som efterspørger Teknologisk Service i de kommende år. Virksomhederne er blev spurgt om behovet for Teknologisk Service for hver af de seks definerede typer (Anlæg, rådgivning, dokumentation, innovation, test og demonstration).

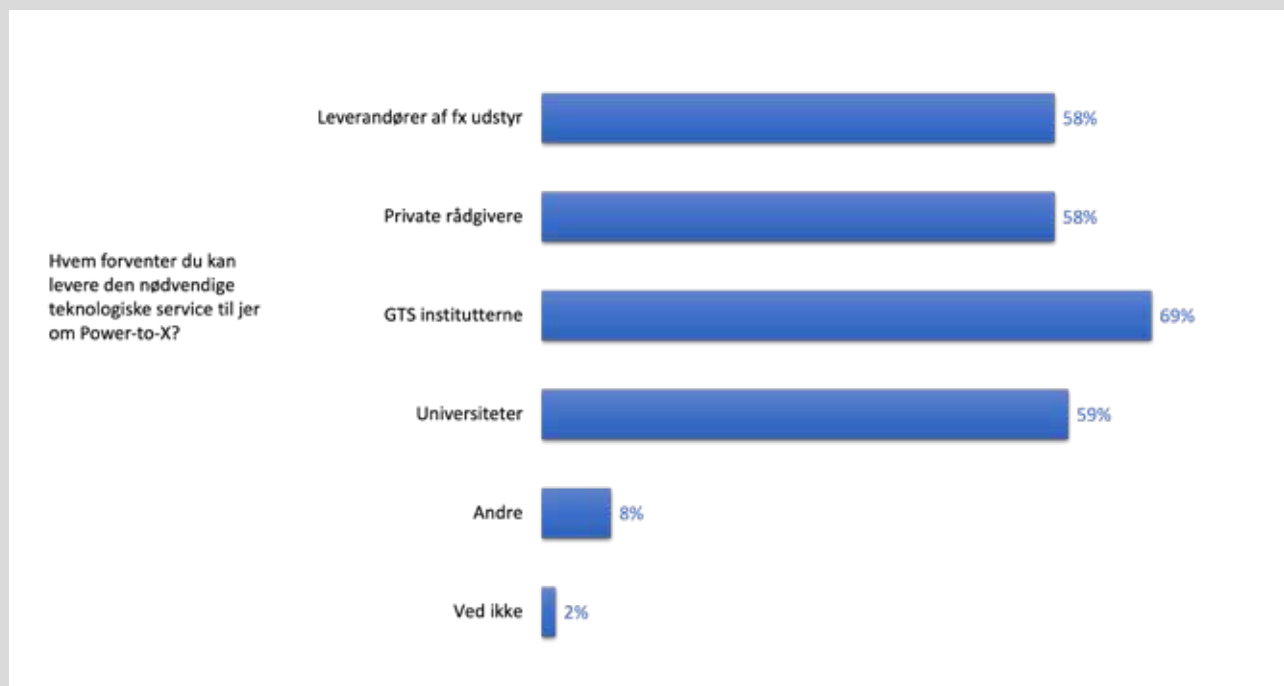
Teknologisk service om PtX-relateret teknologi kan komme fra både leverandører, private rådgivere, GTS'er eller universiteter. Hovedparten af de virksomheder, som forventer at få behov for teknologisk service i de kommende år, nævner flere forskellige mulige leverandører af teknologisk service. I Figur 19 er leverandørerne af teknologisk service til PtX-virksomhederne i de kommende år gjort op.

Den konkrete teknologiske rådgivning om en teknologi stammer ofte fra leverandøren, der som service kan installere, instruere, reparere eller nedtage leverede teknologier. 58 procent nævner leverandører af udstyr, og lige

så mange nævner private rådgivere, fx ingeniørfirmaer. Det kunne fx være omkring etablering af anlæg eller teknologisk rådgivning. Væsentligt flere, 69 procent, nævner GTS-institutterne som leverandør af teknologisk service, hvor ydelser som test, demonstration og dokumentation er kerneydelserne. Og endelig nævner 59 procent universiteterne, hvor det kan være kontakt til mere grundlæggende forskning, der er behov for.

I surveyet har der også været mulighed for at nævne andre, men blot 8 procent nævner andre, som fx at få teknologisk service fra partnervirksomheder, deres netværk eller fra store virksomheder.

FIGUR 19: HVEM KAN LEVERE DEN TEKNOLOGISKE SERVICE?



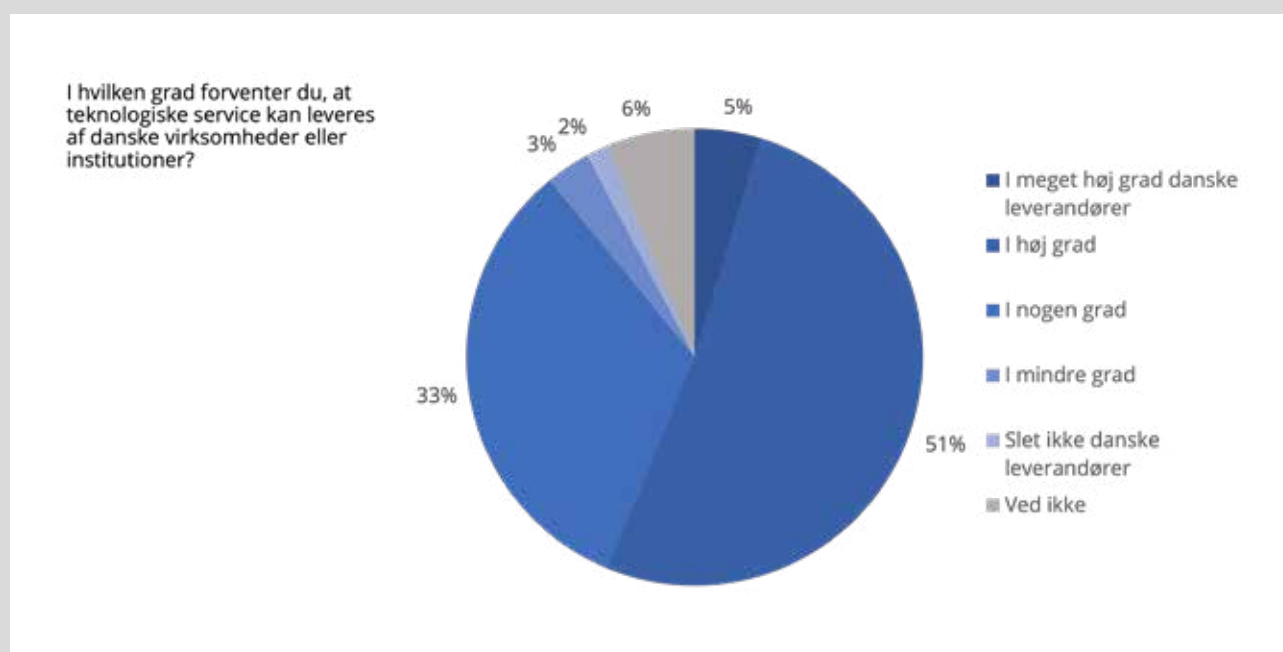
Kilde: Teknologisk Institut: Spørgeskemaundersøgelse. 64 svar.

Leverandørerne af teknologisk service er ikke nødvendigvis danske virksomheder. Der er virksomheder over hele verden, som beskæftiger sig med PtX-teknologier, og derfor kan levere teknologisk service. Det er dog over halvdelen af de virksomheder, der kommer til at efterspørge teknologisk service, som har en forventning om, at det i høj grad eller meget høj grad bliver danske leverandører, der skal samarbejdes med. Et mindre tal på 5 procent svarer "slet ikke" eller "i mindre grad" på spørgsmålet, se Figur 20.

Endelig skal der hertil naturligvis lægges den teknologiske service, som virksomhedens underleverandører kom-

mer til at efterspørge. Fx dokumentation af leveringer, certificering i forhold til standarder eller test og afprøvning af løsninger. Underleverandørerne kan, udover rådgivere, omfatte en bred vifte af virksomheder i Danmark, som får økonomisk aktivitet som følge af investeringerne i PtX. Deres leverancer er dog mere generiske og ikke direkte relateret til PtX. Det kan fx være håndværksvirksomheder eller leverandører af sensorer eller rør eller kantineydelser.

FIGUR 20: KAN DANSKE VIRKSOMHEDER OG INSTITUTIONER LEVERE DEN NØDVENDIGE TEKNOLOGISKE SERVICE?



Kilde: Teknologisk Institut: Spørgeskemaundersøgelse. 64 svar.



Erhvervsøkonomisk betydning og potentiale

For alle de identificerede virksomheder, som er en del af PtX-værdikæden, har vi også spurgt om, hvor meget PtX-markedet betyder for dem i forhold til omsætning og beskæftigelse, samt om deres forventninger til vækst frem mod 2025.

Spørgeskemaundersøgelsen viser samlet set, at 13 procent af omsætningen relaterer sig til PtX-markedet med en samlet beskæftigelse i Danmark på godt 736 – og i udlandet på godt 2240 medarbejdere, se Figur 21. Alt i alt så er der et PtX-marked i Danmark, men internationalt sker der tydeligvis også en del, hvilket ønsket om brug af udenlandske underleverandører også understreger, se ovenfor.

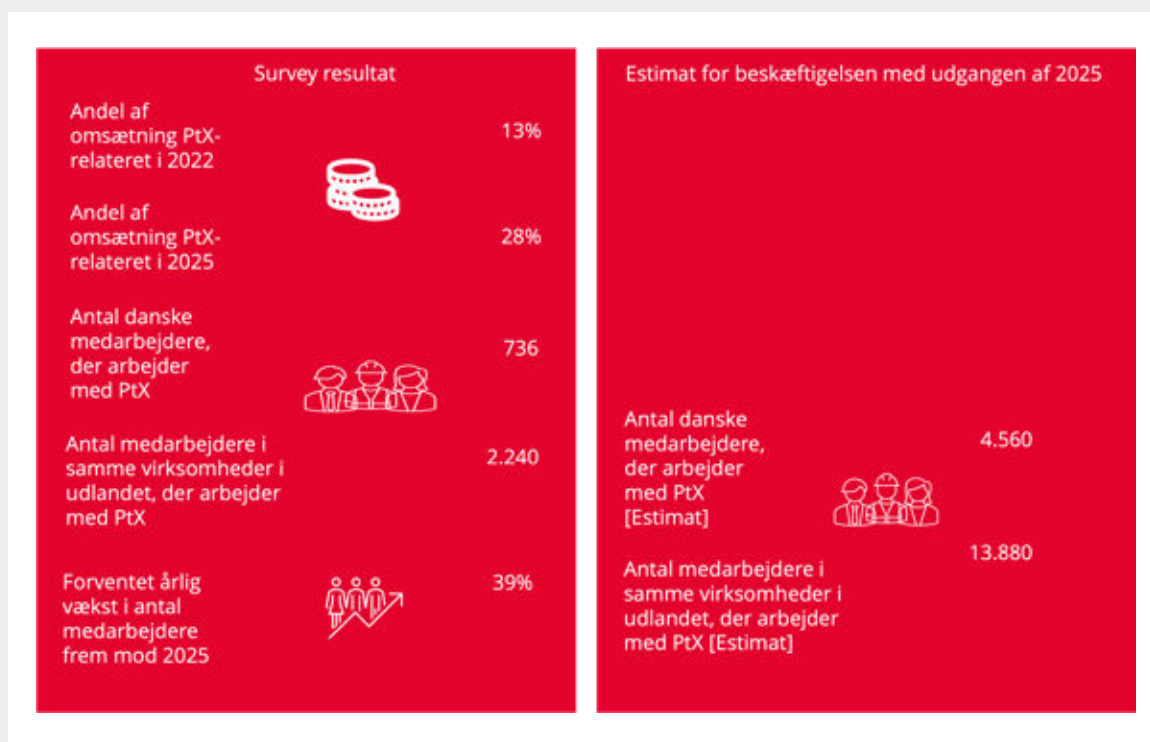
Frem til 2025 er der enighed mellem virksomhederne om, at vi alt andet lige kan se frem til en betydelig vækst. De vurderer i gennemsnit, at omsætningen vil stige 28 procent frem mod 2025 og medarbejderstaben med en årlig vækst på 39 procent frem mod 2025.

Et estimatet for beskæftigelse med udgangen af 2025 bygger på svar fra 89 virksomheder eller 88 procent af de adspurgte virksomheder. Vi antager her, at 88 procent af de 167 identificerede virksomheder er forretningsmæssigt aktive inden for PtX. Dette er lagt til grund for estimatet for Danmark fden samlede beskæftigelse

Det, sammenlagt år for år med en årlig vækst på 39 procent for 2022 til 2025, betyder, at ca. 4.560 personer kan forventes at være beskæftiget direkte i relation til PtX i 2025 i Danmark, og i de samme virksomheder i udlandet vil der være næsten 14.000 ansatte. Estimatet indebærer betydelig usikkerhed, da enkeltvirksomheder kan give store udsving, og type og antal af medarbejdere kan variere meget alt efter arbejdsopgaven. Desuden omfatter estimatet ikke den beskæftigelse, der vil opstå hos underleverandører. Uanset antallet er der ingen tvivl om, at de virksomheder, der deltager i PtX-aktiviteterne i Danmark, har en forventning om en endog meget betydelig vækst i de kommende år.



FIGUR 21: ØKONOMISKE NØGLETAL FOR PtX-VÆRDIKÆDEN I 2022 SAMT ET ESTIMAT FOR 2025



Kilde: Teknologisk Institut; Spørgeskemaundersøgelse. 89 svar.

Dansk Brand- og sikringsteknisk Institut (DBI), FORCE Technology, Teknologisk Institut (TI) og Alexandra Instituttet (AI) spiller en aktiv rolle i udvikling og implementering af Power-to-X. De gennemfører hver især og sammen en række udviklingsaktiviteter, ligesom de er med i store samarbejdsprojekter som Inno-mission.

Dansk Brand- og sikringsteknisk Institut (DBI), FORCE Technology, Teknologisk Institut (TI) og Alexandra Instituttet (AI) har med midler fra Uddannelses- og Forskningsministeriet finansieret denne analyse for at skabe sig en bedre platform til implementering af PtX i Danmark.

Analysen er gennemført som en spørgeskemaundersøgelse i marts/april 2022 til i alt 167 identificerede aktører (virksomheder, vidensinstitutioner og myndigheder) i den samlede værdikæde for PtX. Jysk Analyse har stået for indsamling af svar fra aktørerne. Vi har fået svar fra 101 aktører.

Analysen er udarbejdet af Teknologisk Institut.

Denne analyse indgår i en analyseserie. Udover denne analyse omfatter det tillige en analyse af globale teknologitrends inden for vitale teknologiområder relateret til PtX. Analysen er baseret på en gennemgang af alverdens patenter. Gennem patentanalysen er det tillige muligt at identificere, hvem der driver den teknologiske udvikling. Alt i alt et bidrag til at give PtX-udviklingen i Danmark et globalt udsyn og mulighed for ny hjemtagning af viden.

Begge analyser vil blive gentaget i slutningen af 2023.



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**



**ALEXANDRA
INSTITUTTET**