



**AALBORG UNIVERSITY**  
DENMARK

**Aalborg Universitet**

## **Udbud af og efterspørgsel efter CCUS-relateret arbejdskraft og kompetencer**

*Kvantitative analyser af relevante arbejdsmarkeds- og uddannelsesstatistikker i Danmark*

Holm, Jacob Rubæk

*Creative Commons License*  
Ikke-specificeret

*Publication date:*  
2023

[Link to publication from Aalborg University](#)

*Citation for published version (APA):*

Holm, J. R. (2023). *Udbud af og efterspørgsel efter CCUS-relateret arbejdskraft og kompetencer: Kvantitative analyser af relevante arbejdsmarkeds- og uddannelsesstatistikker i Danmark* .

### **General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

### **Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at [vbn@aub.aau.dk](mailto:vbn@aub.aau.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# Udbud af og efterspørgsel efter CCUS-relateret arbejdskraft og kompetencer

Kvantitative analyser af relevante arbejdsmarkeds- og uddannelsesstatistikker i Danmark

CO<sub>2</sub>VISION

DEN EUROPÆISKE UNION  
Den Europæiske Socialfond



DEN EUROPÆISKE UNION  
Den Europæiske Fond  
for Regionaludvikling



Finansieret som et led i EU's reaktion  
på COVID-19-pandemien

---

**Vi investerer i din fremtid**

Projekt: CO<sub>2</sub>Vision - CCUS Fyrtårn Nordjylland. Aktivitet 2: Analyse & Vidensgrundlag

Fase 2 – Kvantitative analyser

Sidst redigeret 23. august 2023.

Udarbejdet af: Jacob Rubæk Holm, Aalborg University Business School

Faglig sparringsgruppe: Ina Drejer, Aalborg University Business School,

Lasse Jungberg, Arbejdsmarkedskontor Midt-Nord,

Lars Pilgaard, Arbejdsmarkedskontor Midt-Nord,

Christian Richter Østergaard, Aalborg University Business School

Grafik: Valeria Gulieva, Aalborg University Business School

Studentervedhjælpere: Christian Bernth, Karoline Gundersen Bjørnlund Jensen, Emma Skipper



**BUSINESS  
SCHOOL**

**AALBORG  
UNIVERSITY**

## **FORKORTELSER**

AMU: Arbejdsmarkedsuddannelse.

CCUS: Carbon Capture, Utilization, and Storage (Fangst, anvendelse og lagring af CO<sub>2</sub>).

DST: Danmark Statistik.

DISCO-08: Dansk version af International Standard Classification of Occupations.

EVU: Efter- og Videreuddannelse.

FUI: Forskning, Udvikling og Innovation.

PtX: Power-to-X.

STAR: Styrelsen for Arbejdsmarked og Rekruttering.

VAR: Vektorautoregressiv.





# INDHOLD

05	KAPITEL 1 INTRODUKTION
08	KAPITEL 2 CCUS INNOVATIONSØKOSYSTEMET
19	KAPITEL 3 CCUS-ARBEJDSSTYRKEN I DANMARK
35	KAPITEL 4 FREMSKRIVNING AF ARBEJDSMARKEDET FOR CCUS-RELATEREDE KOMPETENCER
61	KAPITEL 5 EXECUTIVE SUMMARY
66	REFERENCER



# KAPITEL 1

## INTRODUKTION



## INDLEDNING

Denne rapport indeholder kvantitative analyser af udbud af og efterspørgsel efter arbejdskraft og kompetencer relateret til Carbon Capture, Utilization, and Storage (CCUS – CO<sub>2</sub>-fangst, -anvendelse og -lagring).

Analyserne er primært baseret på arbejdsmarkeds- og uddannelsesstatistikker fra Danmarks Statistik (DST) og Styrelsen for Arbejdsmarked og Rekruttering (STAR).

CO<sub>2</sub>Vision-projektet har fokus på region Nordjylland, men, som man vil se i rapporten, så er der relativt få virksomheder i Danmark, som arbejder med CCUS. Det indebærer, at når en analyse snævres ind til Nordjylland, er der ikke tilstrækkeligt med data til at udføre meningsfulde analyser, eller til at leve op til DSTs krav om diskretionering af data. Endvidere viser de kvantitative analyser, der introduceres i kapitel 2, at det danske CCUS-innovationsøkosystem er nationalt, og en snæver analyse på nordjyske virksomheder ville derfor sandsynligvis overse vigtige elementer i økosystemet.

### **Boks 1.1: Denne rapport set i den samlede CO<sub>2</sub>Vision-aktivitet 2: Analyse og Vidensgrundlag**

Analyserne præsenteret i denne rapport udgør fase 2 – Kvantitative analyser – i Aktivitet 2: Analyse og Vidensgrundlag i projektet CO<sub>2</sub>Vision.

Fase 1 i Aktivitet 2 var en analyse af relevante eksisterende kompetenceanalyser. Analyserne i fase 1 har bidraget med metodemæssige overvejelser til fremskrivningerne i kapitel 4 i nærværende rapport. Fase 3 i Aktivitet 2 er de kvalitative analyser. Disse har indsamlet data til udvikling af CCUS-innovationsøkosystemet i kapitel 2 i denne rapport. Dette økosystem er grundstenen for analyserne af registerdata i kapitel 3.

Samlet set udgør analyserne fra de tre faser grundlaget for den endelige kompetencegabsanalyse i analyseprojektets fase 4, som er afrapporteret i Drejer, Holm og Østergaard (2023).

## RAPPORTENS OPBYGNING

Denne rapport indeholder fire kapitler foruden dette indledende kapitel. Kapitel 2, 3 og 4 præsenterer tre forskellige kvantitative analyser, mens kapitel 5 er et Executive Summary, der opsummerer og konkluderer.

I kapitel 2 identificeres CCUS-innovationsøkosystemet i Danmark. Ved at kortlægge økosystemet får man et værktøj til at identificere virksomheder i registerdata, der bidrager til udvikling af CCUS-teknologi. Disse virksomheder inkluderer naturligvis virksomheder, der er direkte involveret i teknologisk udvikling, men også kunder til fangstudstyr og eventuelle aftagere af CO<sub>2</sub> er en del af økosystemet. Desuden indeholder økosystemet diverse støttefunktioner fra rådgivning til anlægsarbejde for CCUS.

Udgangspunktet for analysen i kapitel 2 er de kvalitative analyser i projektets fase 3, som er præsenteret i Drejer og Østergaard (2023). Viden om disse konkrete virksomheder og deres bidrag anvendes til opbygge et generaliseret økosystem, som valideres ved hjælp af data fra DSTs tilbagevendende innovationsundersøgelser.

I kapitel 3 anvendes viden om økosystemet til at beskrive arbejdsstyrken i de virksomheder, der findes i den centrale del af CCUS-innovationsøkosystemet i registerdata fra DST. Dermed opnås en kvantitativ beskrivelse af de kompetencer, der anvendes i innovationsøkosystemet.

Denne viden om kompetencer kombineres dernæst med data fra STAR til at beskrive arbejdsmarkedet for disse kompetencer med specielt henblik på at identificere flaskehalse i kapitel 4.

I kapitel 4 foretages en fremskrivning af arbejdsmarkedet for CCUS-kompetencer som identificeret i kapitel 3. Udgangspunktet for disse fremskrivninger er en VAR-model, og metoden adskiller sig dermed fra den metode, der anvendes i de fleste andre fremskrivninger (jf. rapporten fra fase 1, se Holm, 2022). CO<sub>2</sub>Visions-fremskrivningsmodellen er en statistisk model. Fordelen ved den her anvendte metode er med andre ord, at den er baseret på historiske lovmæssigheder, hvor den hyppigste metode ellers er at lade eksperter anslå udviklingen ud fra en faglig vurdering af antal jobs, som en given aktivitet vil skabe. Det betyder endvidere, at CO<sub>2</sub>Vision-fremskrivningsmodellen modellerer udbud og efterspørgsel samtidigt, og til dels tager højde for substitution mellem kompetencer ved at tillade at personer med forskellig formel uddannelse kan udføre samme arbejdsfunktion. Der er desuden udarbejdet et separat metodenotat, der beskriver CO<sub>2</sub>Vision-fremskrivningsmodellen mere detaljeret (se Holm et al., 2023).



# KAPITEL 2

## CCUS-INNOVATIONSØKOSYSTEMET



## INNOVATIONSØKOSYSTEMPERSPEKTIVET

CCUS omfatter nødvendigvis en bred vifte af tæt forbundne innovationer til blandt andet at fange, transportere, lagre og anvende CO<sub>2</sub>. For private virksomheders innovationsindsats vil en sådan tæt sammenkobling medføre signifikante risici i tilknytning til investering i teknologiens udvikling. Muligheder for at skabe profit på en innovation indenfor lagring af CO<sub>2</sub> afhænger eksempelvis af andre innovationer indenfor lagring og transport af CO<sub>2</sub>en. Dette problem kaldes med-innovation-risici, og sammen med indførelses-risici udgør det baggrunden for at tage et innovationsøkosystem-perspektiv på CCUS (Adner, 2012).<sup>\*</sup> I relation til CCUS er indførelses-risici det problem, at mange forskellige aktører skal indføre de nye CCUS-innovationer, før de kan blive succesfulde. Det er altså ikke nok at udvikle teknologien og markedsføre den, man er desuden afhængig af, at forskellige agenter tilpasser sig til indførelsen. Eksempelvis er det ikke tilstrækkeligt, at CCUS-teknologi indføres hos en udleder af CO<sub>2</sub>; det skal også indføres hos virksomheder, der arbejder med logistik, anlæg, vedligehold osv.

Med-innovation-risici, på den anden side, handler om, at de enkelte CCUS-innovationer er komplementære og ikke kan stå alene. Der må nødvendigvis være samtidige succesfulde innovationer indenfor fangst, kondensering, transport, lagring, anvendelse osv. Og alle disse innovationer har indførelses-risici i forskellig grad. Som med flere andre nye teknologier, så er teknologiens tilgængelighed og dens potentiale isoleret set utilstrækkeligt for, at med-innovation, tilpasning og indførelse sker automatisk på tværs af alle relevante agenter (Adner, 2012). Og derfor er det nødvendigt med et holistisk økosystemsperspektiv.

CCUS-innovationsøkosystemet er identificeret stringent i Drejer og Østergaard (2023). I nærværende rapport anvendes i stedet en mere funktionel definition med fokus på innovationsøkosystemets virksom-

heder, som dog stadig er baseret på kvalitative data fra Drejer og Østergaard (2023). Disse data er kvalitative data for 54 virksomheder, og ud fra disse har vi kortlagt CCUS-innovationsøkosystemet for Danmark. Resultatet ses i figur 2.1.

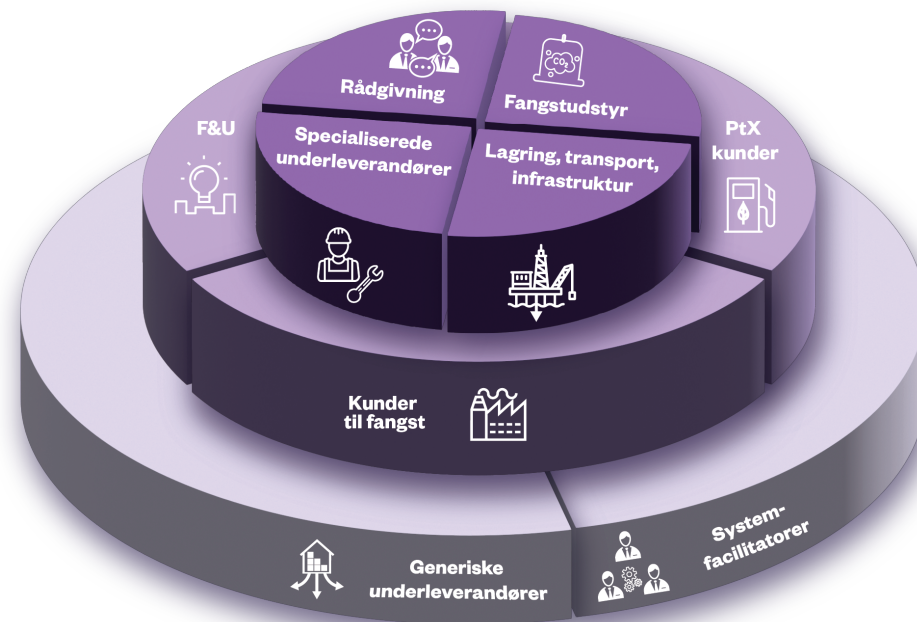
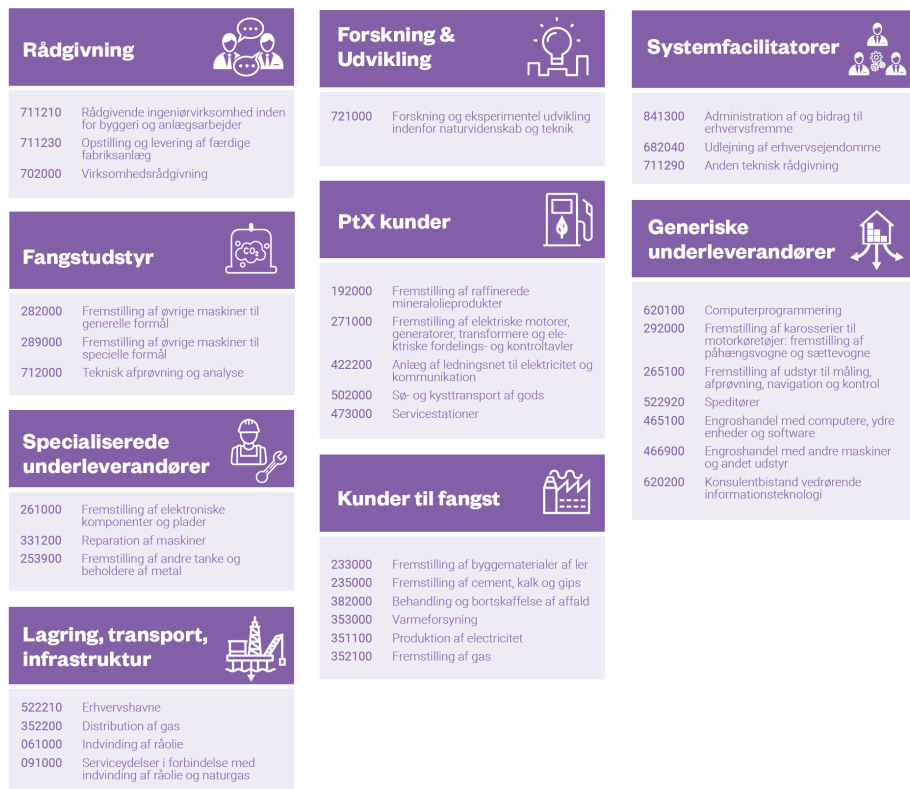
Første skridt for at beskrive innovationsøkosystemet ud fra kvalitative data var at gruppere virksomhederne efter deres rolle i CCUS-innovationsøkosystemet. Til dette kombineredes fortolkning af de kvalitative data med den formelle beskrivelse af virksomhedens aktivitet, som man ser af branchekoderne i CVR-registret<sup>\*\*</sup>. De resulterende grupper betegner vi "aktiviteter". Venstre side af figur 2.1 viser de ni aktiviteter i CCUS-innovationsøkosystemet samt hvilke branchekoder, der hører under hver aktivitet. Mange virksomheder udfører naturligvis flere aktiviteter forskellige steder i økosystemet, og dette har bidraget til at placere aktiviteterne relativt til hinanden, som man kan se i højre side af figur 2.1.

---

<sup>\*\*</sup> [www.cvr.dk](http://www.cvr.dk)

---

<sup>\*</sup> Originalt: "Co-innovation risk" og "adoption chain risk".



Figur 2.1 – CCUS-innovationsøkosystemet



## BRANCHERNE I CCUS-INNOVATIONSØKOSYSTEMET

Figur 2.1 skal forstås som en generalisering CCUS-innovationsøkosystemet. Branchen "Anlæg af ledningsnet til elektricitet og kommunikation" er eksempelvis placeret under aktiviteten "PtX kunder", men i den kvalitative analyse er der også eksempler på, at virksomheder er aktive som både PtX-kunder og indenfor CO<sub>2</sub>-lagring. I det følgende gennemgås de ni aktiviteter i figur 2.1 kort.

En række virksomheder bidrager til CCUS-innovationsøkosystemet med **rådgivning** om fangst og lagring. Dette inkluderer også assistance i forbindelse med opsætning af færdige anlæg til CO<sub>2</sub>-fangst samt rådgivning omkring valg af teknologiske løsninger.

Virksomheder indenfor aktiviteten **fangstudstyr** er spredt over to fremstillingsbrancher for fremstilling af øvrige maskiner til specifikke eller generelle formål, samt "Teknisk afprøvning og analyse". Dette reflekterer hvor ny teknologien er. Virksomheder, der arbejder med helt ny teknologi, passer ikke ind i det etablerede system af branchekoder, og placeres derfor oftest i brancher for "øvrige". Samtidigt har nogle af virksomhederne tidligere haft deres hovedaktivitet indenfor andre områder end CCUS, og de har forskellig længde af erfaring med CCUS-teknologi.

Aktiviteten **specialiserede underleverandører** indeholder underleverandører af komponenter til fangstudstyr og til PtX. Dette inkluderer også processtyring.

En bred gruppe af virksomheder er aktive indenfor **lagring, transport, infrastruktur**. Af disse har nogle virksomheder branchekoden for distribution af gas, og andre er erhvervshavne. Dette reflekterer den rolle, som infrastrukturvirksomheder spiller i CCUS-innovationsøkosystemet. De resterende virksomheder har branchekoder for indvinding af råolie samt serviceydelser relateret til dette. Dette viser, at lagring i undergrunden under Nordsøen vil udgøre en vigtig del af den fremtidige lagring af CO<sub>2</sub>, samt at det er samme typer af teknologiske kompetencer og udstyr, som bruges til at udvinde naturgas og lagre CO<sub>2</sub>.

Et antal virksomheder i de kvalitative analyser har en relativt bred kontaktflade i CCUS-innovationsøkosystemet gennem deres arbejde med aktiviteten **forskning og udvikling**. Denne aktivitet knytter sig til innovationsprocesser i hele økosystemet – fra fangst og lagring over logistik til PtX.

Innovationsøkosystemet indeholder også virksomheder, der samlet kan klassificeres som **PtX-kunder**. Det er virksomheder, der enten allerede er producenter af brændstof eller anden energi, leverer grøn strøm til fremstilling af bio-brændstof, eller er store forbrugere af brændstof, og som derfor har en stor interesse i at bidrage til udviklingen af PtX for at nedbringe deres miljøaftryk.

Figur 2.1 viser også, at virksomheder klassificeret som er **kunder til fangst** er inkluderet i CCUS-innovationsøkosystemet. Det er virksomheder i bl.a. energitunge fremstillingserhverv samt affaldsforbrænding, som har en interesse i at anvende CCUS-teknologi til at begrænse virksomhedens CO<sub>2</sub>-aftryk på miljøet, og som derfor gennem deres anvendelse af CCUS-teknologi også spiller en vigtig rolle i teknologiens udvikling.

En række virksomheder i de kvalitative data er grupperet som **systemfacilitatorer**. Det drejer sig om virksomheder med branchekoder såsom "Administration af og bidrag til erhvervsfremme" og "Udlejning af erhvervsejendomme". Tilstedeværelsen af disse virksomheder i den kvalitative analyse afspejler den store rolle, som den offentlige sektor spiller i teknologiens udvikling og spredning gennem erhvervsfremmesystemet, erhvervsparker og andre offentlige aktører.

Den sidste aktivitet i innovationsøkosystemet er **generiske underleverandører**. Virksomhederne indenfor denne aktivitet har branchekoder for computerprogrammering, fremstilling, engroshandel mv. Disse virksomheder bidrager med software, pumper, måleudstyr osv., der er vigtig for CCUS, men uden at virksomhederne selv spiller en afgørende rolle. De er dog alligevel inkluderet i CCUS-innovationsøkosystemet, da de varer og tjenester, de leverer, ikke er "hyldevarer", men er tilpasset CCUS.



## CCUS-INNOVATIONSØKOSYSTEMETS TRE LAG AF AKTIVITETER

I figur 2.1 er de fire mest centrale aktiviteter placeret i det øverste lag. Virksomheder i de fire mest centrale aktiviteter er uundværlige for udvikling og udrulning af CCUS i Danmark. Det drejer sig om aktiviteterne "rådgivning", "fangstststyr", "specialiserede underleverandører" samt "lagring, transport og infrastruktur". At virksomhederne er centrale, betyder dog ikke, at virksomheder med disse aktiviteter er lige så afhængige af CCUS, som CCUS er af virksomhederne. I aktiviteten "lagring, transport og infrastruktur" indgår eksempelvis en række virksomheder med branchekoden "erhvervshavne".

I det andet lag af innovationsøkosystemet ser man tre aktiviteter. Her er kunder, der aftager fangst-teknologien, såsom cementfabrikker, og kunder, der aftager den indfangede CO<sub>2</sub>. Blandt disse kunder har vores fokus været på PtX-teknologi, da netop disse kunder er til stede i Nordjylland, og fordi teknologien kan vise sig at få vid udbredelse de kommende årtier som en del af den grønne omstilling.

Desuden ser man i dette lag aktiviteten "Forskning og Udvikling" (F&U), der indeholder virksomheder som arbejder fokuseret med denne vigtige del af enhver innovationsproces. Aktiviteterne i dette mellemlag er vigtige for CCUS, men aktiviteterne, og ikke mindst virksomhederne i aktiviteterne, er ikke så centrale som virksomhederne i det øverste lag. Der må nødvendigvis være kunder til fangst og til anvendelse, og der må være F&U, men virksomheder i disse aktiviteter kan erstattes af andre virksomheder.

De to aktiviteter i det nederste lag, "generiske underleverandører" og "systemfacilitatorer", er nødvendige for CCUS, men virksomhederne i dette lag kan ikke siges at være afgørende dele af økosystemet. De leverer tilpassede løsninger og har derfor samarbejde med virksomheder i økosystemets mere centrale aktiviteter, men det er en relativt rutinepræget aktivitet for virksomhederne.

## KERNEN I CCUS-INNOVATIONSØKOSYSTEMET

I de kvantitative analyser i denne rapport anvendes betegnelsen "kernen" i innovationsøkosystemet som henvisning til aktiviteterne i økosystemets to øverste lag på nær kunder til fangst og PtX-kunder. *Virksomheder i kernen er de virksomheder, hvis efterspørgsel efter arbejdskraft og kompetencer afgrænser arbejdskraft og kompetencer til CCUS.*

Kunder til fangst er ikke en del af kernen, da efterspørgslen efter arbejdskraft til eksempelvis cementproduktion eller affaldsforbrænding ikke vurderes at være central for CCUS. Tilsvarende er PtX-kunder valgt fra, da dette inkluderer eksempelvis servicestationer og rederier, og mens servicestationer og rederier bestemt skal tilpasses CCUS og ikke mindst PtX, så er deres arbejdskraftefterspørgsel ikke central for CCUS.

At en branche er inkluderet i økosystemets kerne betyder ikke, at virksomheder indenfor disse brancher arbejder udelukkende eller primært med CCUS. Det betyder derimod, at virksomheder med sådanne branchekoder udfører centrale aktiviteter i CCUS-økosystemet. Eksempelvis ses branchen "Erhvervshavne" som en del af kernen. Virksomheder med denne branchekode har mange aktiviteter udover CCUS, men de er også centrale i CCUS-økosystemet.

## KVANTITATIV BESKRIVELSE AF CCUS-INNOVATIONSØKOSYSTEMET I DANMARK

Analysen af de kvalitative data, der er indsamlet i interviews i forbindelse med fase 3 (se Drejer og Østergaard, 2023), har ført til identifikation af innovationsøkosystemet for CCUS som præsenteret i figur 2.1. I fase 2, den kvantitative analyse præsenteret i denne rapport, anvendes registerdata fra DST, hvor de nyeste data i skrivende stund er fra 2020.

Registerdataene indeholder detaljerede oplysninger om hver enkelt person og hver enkelt virksomhed i Danmark, men det er anonyme data, så man kan ikke finde en specifik person eller virksomhed. De 54 virksomheder fundet i den kvalitative fase kan altså ikke følges i registerdata. I stedet anvendes innovationsøkosystemet, som identificeret i denne rapport, til at finde de relevante virksomheder i registerdata.

Ved hjælp af branchekoderne i figur 2.1 kan man tælle antal virksomheder inden for hver af de ni aktiviteter i 2020. Tabel 2.1 viser hvor mange virksomheder i Danmark i 2020, der havde en af de branchekoder, der tilhører de ni forskellige aktiviteter i økosystemet.

Virksomhederne i tabel 2.1 tilhører dog ikke alle CCUS-innovationsøkosystemet. De har blot en branchekode, som betyder, at de potentielt kunne udføre en aktivitet i økosystemet. Det er usandsynligt, at alle virksomheder med disse branchekoder arbejdede med CCUS. På den anden side, så betyder ens branchekoder netop, at virksomhederne har meget stort overlap i teknologi, viden, kvalifikationer og forudsætninger for CCUS.

I 2020 var der eksempelvis 9208 virksomheder i Danmark med en branchekode som viser, at virksomheden potentielt kunne være gener-

isk underleverandør til CCUS. På grund af den relativt generiske tilknytning til CCUS er det ikke muligt at opdele disse 9208 virksomheder i virksomheder, der rent faktisk var en del af CCUS-innovationsøkosystemet i 2020, og virksomheder, der potentielt kunne være det. I det følgende fokuserer vi derfor på de fem aktiviteter, som udgør kernen i innovationsøkosystemet, og de i alt 9541 virksomheder med branchekode i kernen af CCUS-innovationsøkosystemet.

Tilhører kernen i CCUS-innovationsøkosystemet	CCUS-aktivitet	Antal virksomheder i Danmark i 2020
X	Specialiserede underleverandører	604
X	Rådgivning	6942
X	Lagring, transport, infrastruktur	96
X	Fangststudstyr	1351
X	Forskning og udvikling	548
	PtX-kunder	443
	Kunder til fangst	567
	Systemfacilitatorer	4068
	Generiske underleverandører	9208

**Tabel 2.1:** Antal virksomheder, der potentielt kan være en del af CCUS innovationsøkosystemet. Kilde: Egne beregninger ud fra DSTs registerdata.

## AFGRÆSNING AF KERNEN

Virksomhederne i de første fem rækker i tabel 2.1 er de virksomheder, som i kraft af deres branchekode potentielt er CCUS-virksomheder. Blandt disse finder vi de faktiske CCUS-virksomheder ved at stille krav til virksomhedernes arbejdsstyrkes kompetencer.

At være en del af CCUS-innovationsøkosystemet må anses for at være innovativt, og innovative virksomheder, ikke mindst når det drejer sig om grøn innovation, trækker ofte på en bred portefølje af relevante kompetencer (Østergaard et al., 2021). Simpelt stillet op kan man sige, at kompetencer enten kan erhverves ved formel uddannelse eller ved erfaring. Da vi senere i rapporten vil have fokus på at beskrive CCUS-arbejdsstyrken ud fra formel uddannelse, kan vi ikke også i dette trin bruge formel uddannelse til at afgrænse de relevante virksomheder. I stedet anvender vi data for erfaring til at beskrive kompetencer. *Derfor klassificerer vi kun en virksomhed som en CCUS-virksomhed, hvis mindst 25 ansatte eller 25% af de ansatte har CCUS-relevante kompetencer målt som erfaring fra andre aktiviteter i økosystemets kerne.*

Det betyder, at hvis en virksomhed med en branchekode indenfor aktiviteten "rådgivning" skal klassificeres som en CCUS-virksomhed, så skal virksomhedens ansatte have kompetencer fra *andre* dele af økosystemets kerne.

I praksis betyder det, at vi i registerdata finder alle ansatte ved de 9541 virksomheder med branchekode i CCUS-kernen i 2020 jf. tabel 2.1. Hver enkelt af disse ansatte personers erhvervs erfaring kortlægges tilbage til 2010, og hvis vedkommende på et tidspunkt siden 2010 har arbejdet for en arbejdsgiver, der tilhører en anden aktivitet under kernen end arbejdsgiveren i 2020, så har vedkommende CCUS-relevant erfaring. Ellers har vedkommende ikke relevant erfaring.

Resultatet er, at der i 2020 var 133 virksomheder i kernen af CCUS innovationsøkosystemet i Danmark. Vi henviser i det følgende til disse virksomheder som CCUS-virksomhederne i Danmark. Deres fordeling på de fem aktiviteter i kernen af CCUS-innovationsøkosystemet ses i tabel 2.2.

Tabel 2.2 viser hvor mange ansatte, de 133 virksomheder til sammen havde i november 2020. Tallet er en tælling på hoveder, og er altså ikke omregnet til fuld tid. Man ser tydeligt, at CCUS-virksomhederne i Danmark typisk er store målt på antal ansatte. Det er dog ikke alle virksomhederne, der er store. Man kan ikke se dette i det samlede antal ansatte rapporteret i tabel 2.2, men den gennemsnitlige virksomhed har mange ansatte, fordi der er meget få mikrovirksomheder (<5 ansatte), og der er enkelte meget store virksomheder med flere tusinde ansatte i CCUS-innovationsøkosystemet.

CCUS-aktivitet	Antal CCUS-virksomheder i Danmark i 2020	Ansatte (hoveder), november 2020
Specialiserede underleverandører	8	96
Rådgivning	70	11.381
Lagring, transport, infrastruktur	7	1.791
Fangststudstyr	34	4.555
Forskning og udvikling	14	6.377

**Tabel 2.2:** Antal CCUS-virksomheder i CCUS-innovationsøkosystemets kerne. Kilde: Egne beregninger ud fra DSTs registerdata.

## CCUS-VIRKSOMHEDERNE SAMMENLIGNET MED ANDRE VIRKSOMHEDER

De 133 CCUS-virksomheder skiller sig ud fra andre virksomheder i og udenfor CCUS-innovationsøkosystemet ved at være langt mere innovative. Dette kan man se i DSTs tilbagevendende spørgeskemaundersøgelse om forskning, udvikling og innovation i erhvervslivet (FUI). Da det er en spørgeskemaundersøgelse, er der ikke data for alle virksomheder, men heldigvis var hele 33 af de 133 CCUS-virksomheder inkluderet i undersøgelsen i 2020. Den følgende sammenligning bruger data for FUI-undersøgelsen fra 2020, hvor virksomheder udspørges om forsknings-, udviklings- og innovationsaktiviteter i perioden 2018-2020.

I det efterfølgende sammenlignes CCUS-virksomhederne med tre andre grupper af virksomheder opdelt efter branchekode.

1. Den første gruppe er de virksomheder, der har en branchekode under kernen i CCUS-innovationsøkosystemet, men som ikke har en arbejdsstyrke med tilstrækkelige CCUS-kompetencer til, at vi klassificerer virksomheden som en CCUS-virksomhed
2. Den anden gruppe er de virksomheder, der har en branchekode i CCUS-innovationsøkosystemet udenfor kernen.
3. Den sidste gruppe er virksomheder i Danmark med en branchekode udenfor CCUS-innovationsøkosystemet.

## CCUS-VIRKSOMHEDERNE ER MERE INNOVATIVE

Figur 2.2 sammenligner innovation i CCUS-virksomheder med innovation i de tre andre grupper af virksomheder.

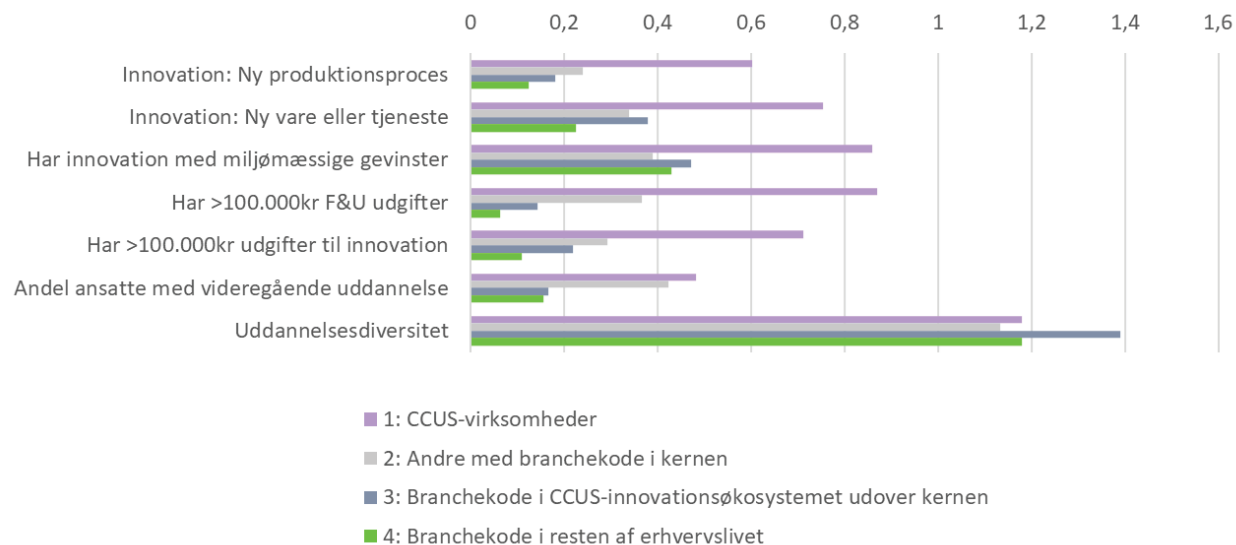
Uanset om man kigger på nye produktionsprocesser, eller på introduktion af nye goder eller tjenester, så er CCUS-virksomhederne de mest innovative. Ca. 60% af CCUS-virksomhederne indførte nye produktionsprocesser i perioden 2018-2020, og næste 80% af dem introducerede nye goder eller tjenester.

Blandt de innovative virksomheder har innovationen i over 80% af tilfældene miljømæssige gevinster blandt CCUS-virksomheder. For de andre grupper er det omkring 40%.

Figur 2.2 viser også, at andelen af virksomheder med udgifter til forskning

og udvikling over 100.000kr., og andelen med andre innovationsudgifter over 100.000kr. er meget højere blandt CCUS-virksomheder end i de tre andre grupper.

Men hensyn til medarbejderne er der dog ikke helt så store forskelle. CCUS-virksomhederne har en stor andel ansatte med videregående uddannelse – knap 50% – men det adskiller sig ikke meget fra gennemsnittet for andre virksomheder med branchekode indenfor kernen. Dette er altså snarere et udtryk for, at uddannelsesniveaet er højt i brancherne, som udgør kernen, og ikke at CCUS-virksomheder har mange højtuddannede. Tilsvarende er diversitetsindekset for uddannelse nogenlunde ens på tværs af de fire grupper.



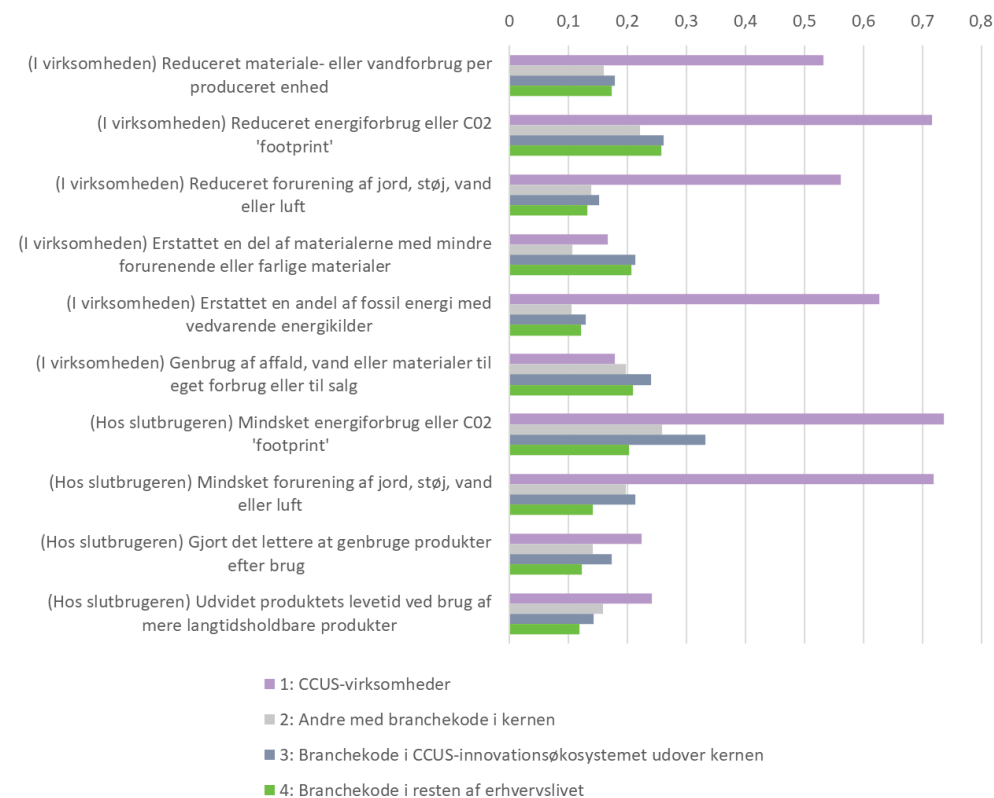
Figur 2.2: Sammenligning af innovationsaktivitet og uddannelse. Aksen viser for hver variabel andelen af virksomheder bortset fra Uddannelsesdiversitet, hvor aksen viser gennemsnitsindeks for gruppen. Kilde: Egne beregninger på FUI2020-data og DSTs registerdata.

## CCUS-VIRKSOMHEDERS INNOVATIONER MED MILJØMÆSSIGE GEVINSTER

Figur 2.3 viser data fra FUI, hvor der spørges ind til de konkrete miljømæssige gevinster, som virksomhedens innovation har haft. Der skelnes mellem ti forskellige gevinster, hvor de seks første er gevinster i egen virksomhed, mens de fire sidste er gevinster hos slutbrugeren.

I figur 2.3 kan man se, at nogle typer af miljømæssige gevinster er langt mere typiske blandt CCUS-virksomheder, end blandt andre virksomheder. Det drejer sig om innovationer, der reducerer materiale- og energiforbrug, CO<sub>2</sub>-udledning, og forurening, eller som erstatter fossile brændstoffer med vedvarende alternativer (f.eks. PtX). De miljømæssige gevinster ses både hos virksomheden selv og hos slutbrugerne. Eftersom kunder til fangst og PtX-kunder er ekskluderet fra kernen i CCUS-innovationsøkosystemet, kunne man ellers forvente, at kernen primært leverer løsninger, der mindsker CO<sub>2</sub>-udledning og forurening hos slutbrugerne. Men ifølge dem selv, har CCUS-virksomhederne altså også innovationer med miljømæssige gevinster hos sig selv.

Helt som ventet ser man også, at CCUS-virksomhederne ikke er mere innovative end andre virksomheder, når det kommer til at erstatte materialer med mindre forurenende materialer, til at genbruge eller til at udvikle produkter med længere levetid.



Figur 2.3: Sammenligning af innovationsaktivitet. Aksen viser andelen af virksomheder med innovation med pågældende effekt. Kilde: Egne beregninger på FUI2020-data.

## AFRUNDING

I dette kapitel har vi afgrænset CCUS-virksomhederne i Danmark i DSTs registerdata. Baseret på tidligere kvalitative studier, er en oversigt over CCUS-innovationsøkosystemet i Danmark konstrueret.

Økosystemet indeholder en liste af branchekoder, som kendetegner virksomhederne inden for systemet. Første trin i at finde CCUS-virksomheder i registerdata er derfor at finde alle virksomheder med relevante branchekoder. Resultatet er 9541 danske virksomheder i registerdata for 2020. Af de 9541 virksomheder viste det sig, at 133 har en arbejdsstyrke med CCUS-relevant erfaring.

For at validere, at disse 133 virksomheder kan siges at være CCUS-virksomheder, blev deres innovationsindsats sammenlignet med andre virksomheders innovationsindsats ved hjælp af FUI-data for 2020. Resultatet viste, at CCUS-virksomhederne er særligt tilbøjelige til at have CCUS-relateret innovation. Dette bekræfter vores tilgang med at identificere CCUS-virksomhederne i Danmark ud fra en blanding af kompetencer på tværs af det identificerede innovationsøkosystem.

I det efterfølgende kapitel vil arbejdskraften i CCUS-virksomhederne blive beskrevet kvantitativt.

### **Boks 2.1: Virksomhedernes størrelse i FUI-data**

Som man kunne se i tabel 2.2, så er gennemsnitsvirksomheden i CCUS-innovationsøkosystemet relativt stor. De 33 CCUS-virksomheder, som har deltaget i FUI-undersøgelsen i 2020, har i gennemsnit 346 ansatte. Til sammenligning er der 444 andre virksomheder med en branchekode tilhørende kernen, som har deltaget i FUI, og de har i gennemsnit kun 37 ansatte. De tilsvarende tal for økosystemet udenfor kernen er 370 virksomheder med i snit 58 ansatte, og 2560 virksomheder i det resterende erhvervsliv med i snit 66 ansatte.

CCUS-virksomhederne er altså meget store i gennemsnit, og dette kan i princippet påvirke en sammenligning af innovationsaktivitet, da større virksomheder rent teoretisk bør være mere innovative, og udformningen af FUI-undersøgelsen medfører, at der automatisk skabes en positiv sammenhæng mellem virksomhedsstørrelse og innovationsaktivitet i dataene. Vi har derfor også lavet en sammenligning af innovationsaktivitet, hvor vi kun betragter virksomheder med mellem 5 og 350 ansatte. I en sådan sammenligning er der kun 14 CCUS-virksomheder tilbage, men gennemsnitsstørrelsen er 40-50 ansatte i alle fire grupper, og resultaterne for sammenligning af innovationsaktivitet er praktisk taget identiske med sammenligningen her.



# KAPITEL 3

## CCUS-ARBEJDSSTYRKEN I DANMARK





## CCUS-ARBEJDSSTYRKEN

I kapitel 2 har vi afgrænset CCUS-virksomhederne i Danmark, og vi har valideret, at de identificerede virksomheder rent faktisk også udfører de forventede innovationer i større omfang end andre virksomheder.

Den næste analyse er en kortlægning af kompetencer i disse CCUS-virksomheder. Spørgsmålet er, hvilken slags arbejdskraft, CCUS-virksomhederne anvender. Det vil sige hvilke kompetencer, de efterspørger. Når man skal opgøre en persons kompetencer i registerdata, så er tre umiddelbare muligheder at se på 1) formel uddannelse, 2) funktioner i jobbet og 3) erfaring.

I registerdata har hver person en kode for højeste fuldførte uddannelse. Denne kode er på meget detaljeret niveau, men kan også aggregeres til et mere generelt niveau. Derudover har ethvert ansættelsesforhold en funktionskode, som angiver funktionen i jobbet, der på tilsvarende vis kan være både generel og detaljeret. Variable baseret på arbejdsstyrkens erfaring blev brugt i kapitel 2 til at afgrænse CCUS-virksomhederne, og for at undgå cirkelslutninger, vil vi ikke se nærmere på CCUS-erfaring i dette kapitel.

I det efterfølgende henviser "CCUS-arbejdsstyrken" til den samlede beskæftigelse ved CCUS-virksomhederne. Disse personer er identificeret i november 2020 og der er i alt 24.200 personer, jf. tabel 2.2.

Vi vil først og fremmest beskrive personerne efter funktion. Funktioner beskriver hvilke opgaver, der løses i CCUS-innovationssystemets kerne. Dernæst præsenterer vi krydstabeller for uddannelse og funktion, hvor man kan se hvilken uddannelsesmæssig baggrund medarbejderne, der udfører en given funktion, har.

Til sidst beskrives efter- og videreuddannelse (EVU) i CCUS-arbejdsstyrken. Det mest interessante ville være et overblik over den EVU, der

anvendes til at opkvalificere medarbejdere til at arbejde med CCUS. Dette er dog ikke muligt i registerdata, da EVU-registrene nødvendigvis også indeholder data for EVU til vedligeholdelse af kvalifikationer, samt EVU, der er adgangsgivende til arbejdsmarkedet. Det sidste indeholder bl.a. sprogundervisning for udenlandsk arbejdskraft.

## FUNKTIONER I CCUS-ARBEJDSSTYRKEN

Tabel 3.1 viser de fem hyppigste funktioner i CCUS-arbejdsstyrken målt på antal ansatte. Dette er opgjort separat for hver af aktiviteterne i CCUS-innovationssystemets kerne. Tabellen viser hvor mange personer, der havde en specifik funktion i en virksomhed tilhørende CCUS-kernen i 2020 på landsplan. Tabel 3.2 viser tilsvarende de funktioner, der har haft højest nettovækst i beskæftigelsen fra 2016 til 2020. Eksempelvis var der 1034 ansatte med funktionen "Ingeniørarbejde inden for miljø" i aktiviteten "Rådgivning" i 2020 (tabel 3.1), og dette er en netto-tilvækst i forhold til 2016 på 116 ansatte (tabel 3.2).

Indenfor aktiviteterne 'Specialiserede underleverandører' og 'Fangststudstyr' kan man se, at rangering efter største funktionsgruppe i 2020 og rangering efter funktionsgruppe i kraftigst vækst 2016-2020 giver lignende resultat. Det skyldes delvist, at der er et begrænset antal virksomheder i især førstnævnte gruppe, og at langt de fleste medarbejdere i 2020 er ansat indenfor de forudgående fire år.

For de resterende tre aktiviteter, 'Lagring, transport, infrastruktur', 'Rådgivning' og 'Forskning og udvikling', er der meget mindre sammenfald i rangordningerne i tabel 3.1 og 3.2. For 'Forskning og udvikling' er der slet intet sammenfald mellem de største funktioner, og funktioner med højest vækst. Man skal dog huske på, at væksten er opgjort netto, og at der eksempelvis kan være ansat mange til funktionen "Teknikerarbejde inden for kemisk og fysisk arbejde", hvis også mange personer indenfor denne funktion har forladt CCUS-aktiviteten.

I den videre analyse af arbejdskraften relateret til CCUS fokuserer vi på funktioner, som enten er i top fem efter størrelse 2020, eller i top fem for vækst i perioden 2016-2020. Vi udelader dog tre brede funktioner ('Vidensarbejde', 'Andet manuelt arbejde' samt 'Kontor og salgsarbejde') samt 'Ukendt' funktion. Resultatet er 19 funktioner, som dermed beskriver funktionerne i CCUS-innovationsøkosystemets kerne. Disse

funktioner er oplistet i boks 3.1, hvor man også kan se funktionens fire-cifrede kode i DISCO-08-systemet\* til klassifikation af funktioner.

\* <https://www.dst.dk/da/Statistik/dokumentation/nomenklaturer/disco>

### Boks 3.1: Primære funktioner i CCUS-arbejdsstyrken

2141	Ingeniørarbejde i industri og produktion
2142	Ingeniørarbejde vedrørende bygninger og anlæg
2143	Ingeniørarbejde inden for miljø
2144	Ingeniørarbejde inden for mekaniske systemer
2146	Ingeniørarbejde inden for minedrift, metallurgi og beslægtede områder
2149	Andet ingeniørarbejde (undtagen elektroteknologi)
2152	Ingeniørarbejde inden for elektronik
2161	Arbejde med bygningsarkitektur
3111	Teknikerarbejde inden for kemisk og fysisk arbejde
3112	Teknikerarbejde inden for byggeri og anlæg
3115	Teknikerarbejde inden for det mekaniske område
3119	Andet teknikerarbejde inden for fysisk videnskab og ingeniørvidenskab
7127	Montørarbejde inden for klima- og køleteknik
7213	Pladesmedarbejde
7221	Smedearbejde
7223	Operatør og opstillingsarbejde af metalforarbejdningsmaskiner
7233	Mekanikerarbejde, landbrugs- og industrimaskiner
8113	Boreanlægsarbejde
8219	Andet monteringsarbejde

	Rådgivning		Fangstudstyr		Lagring, transport, infrastruktur		Specialiserede underleverandører		Forskning og udvikling	
	Beskrivelse	Antal	Beskrivelse	Antal	Beskrivelse	Antal	Beskrivelse	Antal	Beskrivelse	Antal
1	Ingeniørarbejde vedrørende bygninger og anlæg	3226	Ingeniørarbejde inden for mekaniske systemer	564	Almindeligt kontorarbejde	139	Pladesmedarbejde	20	Andet ingeniørarbejde (undtagen elektroteknologi)	1179
2	Ingeniørarbejde inden for miljø	1034	Ingeniørarbejde i industri og produktion	309	Boreanlægsarbejde	131	Mekanikerarbejde, landbrugs- og industrimaskiner	9	Almindeligt kontorarbejde	396
3	Andet manuelt arbejde	720	Teknikerarbejde inden for det mekaniske område	298	Andet ingeniørarbejde (undtagen elektroteknologi)	94	Teknikerarbejde inden for byggeri og anlæg	6	Teknikerarbejde inden for kemisk og fysisk arbejde	336
4	Andet ingeniørarbejde (undtagen elektroteknologi)	504	Almindeligt kontorarbejde	203	Ingeniørarbejde inden for minedrift, metallurgi og beslægtede områder	54	Salgsarbejde (agenter)	5	Operatør og opstillingsarbejde af metalforberedningsmaskiner	312
5	Teknikerarbejde inden for byggeri- og anlæg	467	Andet ingeniørarbejde (undtagen elektroteknologi)	145	Ingeniørarbejde inden for mekaniske systemer	53	Montørarbejde inde for klima- og køleteknik	5	Teknikerarbejde inden for det mekaniske område	310

Tabel 31: De hyppigste funktioner for ansatte i aktiviteterne i CCUS-innovationsøkosystemets kerne i 2020

	Rådgivning		Fangstudstyr		Lagring, transport, infrastruktur		Specialiserede underleverandører		Forskning og udvikling	
	Beskrivelse	Antal	Beskrivelse	Antal	Beskrivelse	Antal	Beskrivelse	Antal	Beskrivelse	Antal
1	Andet ingeniørarbejde (undtagen elektroteknologi)	386	Ingeniørarbejde inden for mekaniske systemer	123	Almindeligt kontorarbejde	133	Pladesmedarbejde	6	Andet teknikerarbejde inden for fysisk videnskab og ingeniørvirksomhed	73
2	Arbejde, der forudsætter viden på højeste niveau inden for pågældende område (vidensarbejde)	279	Ingeniørarbejde inden for elektronik	74	Ingeniørarbejde i industri og produktion	45	Mekanikerarbejde, landbrugs- og industrimaskiner	6	Ingeniørarbejde inden for elektronik	55
3	Arbejde med bygningsarkitektur	172	Ingeniørarbejde i industri og produktion	60	Almindeligt kontorarbejde inden for HR	35	Salgsarbejde (agenter)	4	Ingeniørarbejde i industri og produktion	53
4	Ingeniørarbejde inden for miljø	116	Almindeligt kontorarbejde	34	Indkøbsarbejde (agenter)	32	-	-	Andet monteringsarbejde	40
5	Almindeligt kontor- og kundeservicearbejde ikke klassificeret andetsteds	99	Smedearbejde	30	Ledelse inden for økonomifunktioner	28	-	-	Arbejde, der forudsætter viden på højeste niveau inden for pågældende område (vidensarbejde)	36

Tabel 3.2: Funktioner med højest vækst i antal ansatte i aktiviteterne i CCUS-innovationsøkosystemets kerne i 2016-2020

## UDVIKLING I BESKÆFTIGELSEN

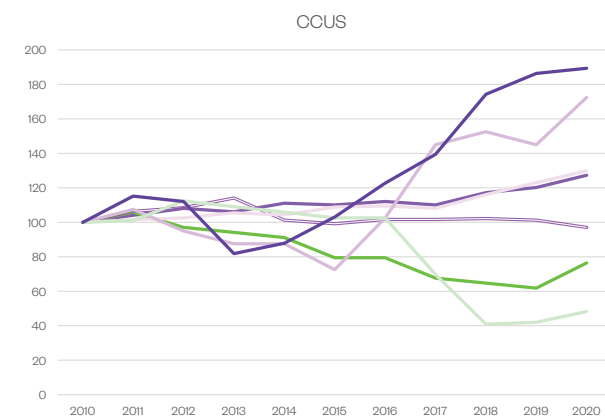
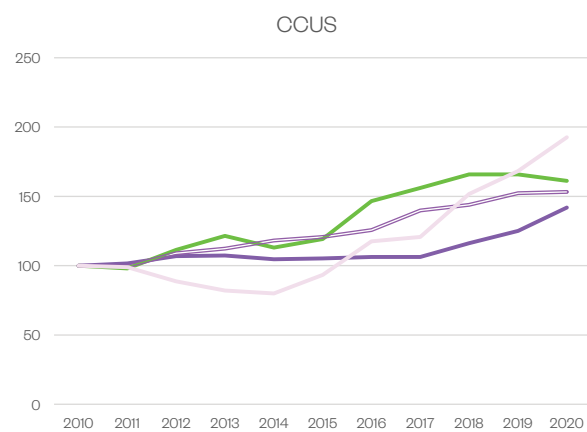
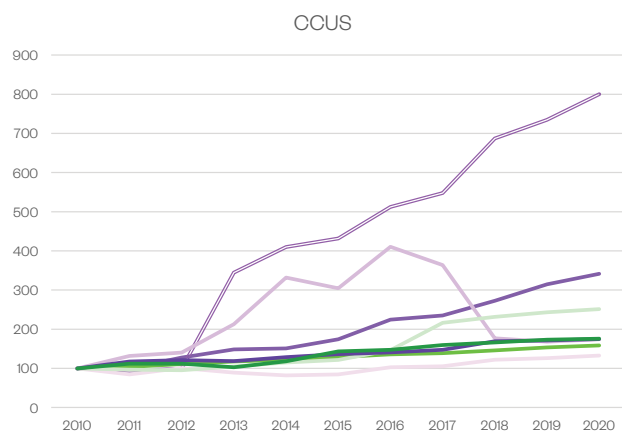
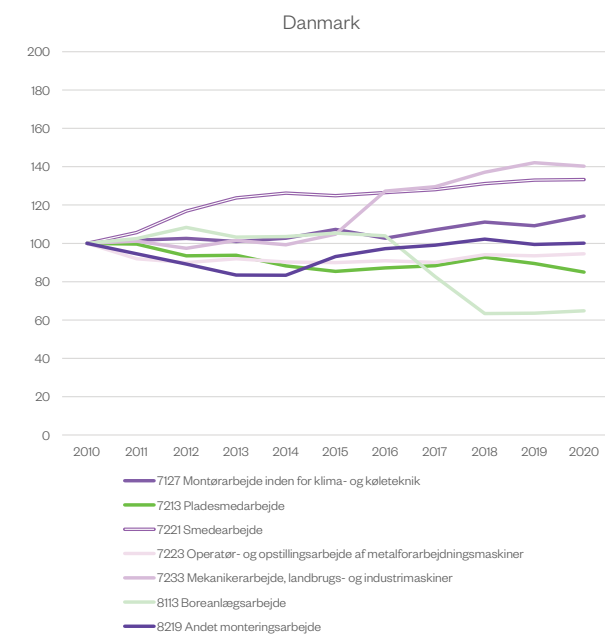
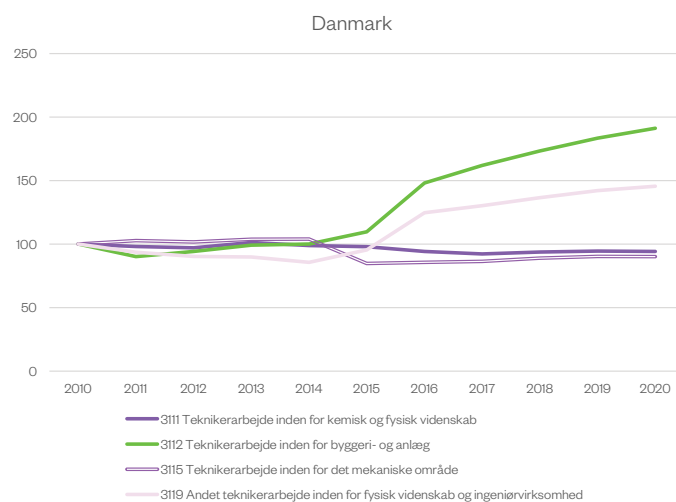
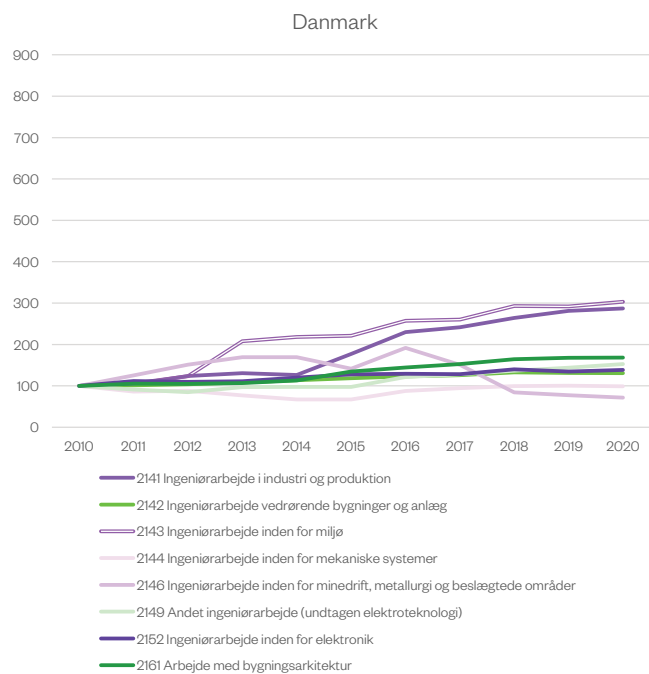
Figur 3.1 viser hvordan beskæftigelsesstrukturen på det danske arbejdsmarked har flyttet sig i perioden 2010-2020 for de 19 funktioner, der blev identificeret i forrige afsnit. Figuren viser kun hvilke funktioner, der er blevet mere hyppige, og hvilke, der er blevet mindre hyppige. Man kan derfor ikke se hvordan udbud og efterspørgsel hver især har udviklet sig.

De nederste tre paneler viser udviklingen blandt de ansatte i de virksomheder, der udgør CCUS-innovationsøkosystemets kerne. Disse er identificeret i 2020, og man skal derfor have in mente, at der er et vist 'overlever-bias' i figurene, som gør, at de fleste funktioner viser en stigning i antal ansatte over perioden, da beskæftigelsen i virksomheder, der er lukket før 2020, ikke kan inkluderes.

Værdierne i figuren er standardiseret til 100 i 2010. Nogle funktioner har haft meget høj vækst i perioden, især "Ingeniørarbejde indenfor miljø" og "Ingeniørarbejde i industri og produktion", der er steget til hhv. indeks 800 og indeks 350 for CCUS-virksomhederne (nederste venstre panel). Til sammenligning kan man se, at begge funktioner også er blevet mere typiske i Danmark som helhed, men i mindre omfang (øverste venstre panel). I panelerne til venstre i figur 3.1 kan man også se, at "Ingeniørarbejde inden for minedrift, metallurgi og beslægtede områder" var helt oppe på indeks 400 for CCUS-virksomhederne og 200 for Danmark samlet set i 2016, men det er siden faldet betragteligt. Dette reflekterer, at mange CCUS-virksomheder har en historie som aktive i offshore-industrien.

De to midterste paneler viser arbejdsmarkedet for de fire typer af tekniker-funktioner i CCUS-innovationsøkosystemet. Blandt CCUS-virksomhederne er alle fire funktioner vokset til indeks 150-200 over perioden, mens kun to af de fire tekniker-funktioner er blevet mere hyppige på nationalt plan: "Teknikerarbejde inden for byggeri og anlæg" samt "Andet teknikerarbejde inden for fysisk videnskab og ingeniørvirksomhed".

Til højre i figur 3.1 kan man se udviklingen for de faglærte funktioner. "Mekanikerarbejde, landbrugs- og industrimaskiner" springer i øjnene som den funktion, der er blevet mere typisk inden for både CCUS og på nationalt plan. "Andet monteringsarbejde" er blevet mere typisk blandt CCUS-virksomheder, men ikke på nationalt plant. Modsat, og måske lidt overraskende, er "Smedearbejde" blevet mere typisk på nationalt plan men ikke inden for CCUS. Dette kan dog afspejle, at CCUS-udrulningen endnu ikke er nået til konstruktionsfasen.



Figur 3.1: Indeks for antal ansatte per funktion. 2010=100. Bund: Virksomheder i CCUS-innovationsøkosystemets kerne. Top: Hele Danmark. Kilde: Egne beregninger på DSTs registerdata.

## FLASKEHALSE

På arbejdsmarkedet kan det ske, at efterspørgslen efter en type arbejdskraft overgår udbuddet – en såkaldt flaskehals. Manglen på arbejdskraft kan medføre, at økonomiske aktiviteter forsinkes eller helt aflyses, og identifikation af potentielle flaskehalse er derfor vigtigt for den grønne omstilling (som eksempelvis analyseret i Lankhuizet et al., 2022).

En høj vækst i indeks for antal beskæftigede indenfor en funktion i figur 3.1 betyder, at et stigende antal personer har jobs med denne funktionsbeskrivelse. Det betyder typisk, at et stigende antal virksomheder efterspørger disse funktioner. Et stigende antal beskæftigede med en bestemt funktion betyder dog ikke nødvendigvis et stigende udbud af personer med de rette kompetencer til funktionen, og dermed kan flaskehalse opstå. Arbejdsgiverne må i så fald tage den bedste blandt de kandidater, der er til rådighed på arbejdsmarkedet.

Omvendt betyder et fald i antal beskæftigede med en bestemt funktion ikke nødvendigvis, at der er fravær af flaskehalse. Den faldende beskæftigelse kan på den ene side betyde faldende efterspørgsel. Men det kan også være et resultat af vigende udbud, således at arbejdsgiverne må forsøge at omgå arbejdskraftmanglen ved omorganisering internt, omorganisering eksternt, eller anvendelse af automatiseringsteknologier. Med andre ord, hvis en stilling ikke kan besættes, så kan det ske, at stillingen bliver nedlagt, og at arbejdsopgaverne i stedet løses på anden vis.

I dette kapitel beskriver vi udelukkende CCUS-arbejdsstyrken, men i det efterfølgende kapitel 4 analyseres hele arbejdsmarkedet for hver af funktionerne. Dette gøres ved at sammenholde antal opslåede stillinger indenfor hver funktion med de arbejdssøgendes jobønsker. Dermed bliver det muligt at sige noget mere konkret om eventuelle flaskehalse på arbejdsmarkedet.

### **Boks 3.2: Hvad siger beskæftigelsen 2010-2020 om udbud af og efterspørgsel efter CCUS-relateret arbejdskraft og kompetencer?**

Figur 3.1 viser, at nogle jobfunktioner er vokset meget kraftigere i relativ hyppighed i CCUS-innovationsøkosystemets kerne, end i det danske arbejdsmarked som helhed. De største forskelle ses for funktioner indenfor ingeniørarbejde (venstre i figur 3.1), men der er også funktioner indenfor teknikerarbejde (midt) og faglært arbejde (højre), der er vokset relativt mere indenfor CCUS. Den store anvendelse af ingeniørkompetencer indenfor CCUS afspejler, at perioden beskrevet her er en periode, hvor nye teknologier udvikles og testes, og ikke en periode med stor udrulning og drift af CCUS-teknologier.

Dataene viser hvilke jobfunktioner, og dermed kompetencer, der er relativt mere anvendt blandt CCUS-virksomheder end i Danmark som helhed. I den resterende del af dette kapitel vil vi se på hvilke formelle uddannelser, der kendetegner de personer, som udfylder disse funktioner. Dataene her siger derimod ikke noget om mismatch mellem udbud af og efterspørgsel efter CCUS-relateret arbejdskraft, og derfor ikke noget om flaskehalse. Se kapitel 4 for en analyse af flaskehalse.

## CCUS-ARBEJDSSTYRKENS FORMELLE KOMPETENCER

CCUS-arbejdsstyrkens formelle kompetencer er de uddannelser, som de ansatte har. Uformelle kompetencer er derimod de kompetencer, der er oparbejdet gennem erfaring. Medarbejdernes erfaring blev anvendt i kapitel 2 til at afgrænse innovationsøkosystemets kerne, og for at undgå cirkelslutninger vil vi i dette afsnit ikke beskrive medarbejdernes erfaring yderligere.

Uddannelse kan opdeles i uddannelse, der i princippet er opnået inden indtræden på arbejdsmarkedet, og EVU. I registerdata har hver person en højeste fuldførte uddannelse, og denne anvendes til at beskrive uddannelsesniveaut. I beskrivelsen af uddannelse deler vi data op efter funktion som i de forudgående afsnit. Det betyder, at vi viser hvorvidt medarbejdere med samme jobfunktion har forskellig uddannelsesmæssig baggrund.

For hver af de 19 funktioner viser vi de tre hyppigste uddannelser. For alle 19 funktioner gælder det, at den fjerde mest hyppige uddannelse observeres for under 10% af personerne. Ved at fokusere på de tre hyppigste har vi dermed altid de mest relevante uddannelser inkluderet. For nogle funktioner viser vi mindre end tre uddannelser, fordi enkelte uddannelser observeres for færre end fem personer eller mindre end 5% af data.

Udover registrene for højeste fuldførte uddannelse, findes der registre for deltagelse i EVU. Her vil hver person optræde flere gange, én gang eller slet ikke, alt efter hvor mange EVU-forløb, personen har deltaget i. Vi fokuserer på antallet af EVU-forløb, og dermed kan en enkelt person optræde flere gange, hvis han eller hun har deltaget

i flere forløb. De mest interessante EVU-forløb er de forløb, der opkvalificerer de ansatte til at arbejde med CCUS, men disse kan ikke isoleres i registrene. EVU-forløbene er en blanding af opkvalificering, vedligeholdelse af kompetencer (herunder certifikater), og generel EVU såsom danskundervisning. Vi beskriver EVU for tre grupper: Hele CCUS-arbejdsstyrken, kun ufaglærte i CCUS-arbejdsstyrken og kun udlændinge i CCUS-arbejdsstyrke. Vores beskrivelse af arbejdsstyrken har udgangspunkt i år 2020, og vi medtager EVU-forløb for perioden 2016-2020.



## UDDANNELSE

For at beskrive arbejdsstyrkens uddannelser, anvendes en kategorisering af uddannelser fra Danmark Statistik. I kategoriseringen lægges ens uddannelser sammen på tværs af skoler. Nogle gange er dette relativt simpelt, som eksempelvis med maskinmesteruddannelsen, mens det andre gange resulterer i gruppebetegnelser som "Maskinteknisk i øvrigt".

Desuden indeholder kategoriseringen information om uddannelsens længde for videregående uddannelser. Disse opdeles i ph.d., lange, mellemlang og korte, de tre sidste hhv. LVU, MVU og KVVU.

De typiske uddannelser for hver funktion vises i tabellerne 3.2-3.4.

### **Ingeniørfaglige funktioner**

Funktionskoder som starter med cifret "2" er funktioner, som overordnet set klassificeres som videnarbejde. I CCUS-arbejdsstyrken har vi fundet otte funktioner i denne gruppe, og de er alle ingeniørfaglige med undtagelse af "2161 Arbejde med bygningsarkitektur". Netop denne funktion skiller sig ud ved at over halvdelen af alle medarbejdere har den samme uddannelsesmæssige baggrund, nemlig arkitekt.

Som man kan se i tabellerne, så har medarbejderne med ingeniørfaglige funktioner en bred vifte af uddannelser. Med en enkelt undtagelse har ikke over 20% af de ansatte med samme funktion også den samme uddannelsesmæssige baggrund.

En anden interessant observation er, at mange af medarbejderne

med ingeniørfaglige funktioner har en mellemlang og ikke en lang videregående uddannelse.

Endelig kan man se, at nogle funktioner, som har vidt forskellig udvikling på arbejdsmarkedet i figur 3.1 tidligere i rapporten, varetages af medarbejdere med meget ens uddannelsesbaggrund. Funktionen "2143 Ingeniørarbejde inden for miljø" er steget kraftigt i frekvens i CCUS-arbejdsstyrken fra 2010 til 2020, men de ansatte med denne funktion har stort set samme uddannelsesbaggrund som de ansatte med funktionen "2142 Ingeniørarbejde vedrørende bygninger og anlæg". Også ved funktionerne "2141 Ingeniørarbejde i industri og produktion" og "2144 Ingeniørarbejde inden for mekaniske systemer" ser man, at medarbejderne har stort set samme uddannelsesbaggrund, men at arbejdsmarkedets udviklingen i figur 3.1 er vidt forskellig.

At medarbejderne med forskellige funktioner har samme uddannelsesprofil, mens de respektive funktioners hyppighed udvikler sig vidt forskelligt, viser, at arbejdsmarkedet er tilpasningsdygtigt for disse funktioner. Det kan godt være, at antallet af jobs med funktionen "Ingeniørarbejde inden for miljø" er i kraftig vækst, men de formelle uddannelseskrav ligner i stor grad kravene til andre ingeniørfaglige funktioner. Dette reflekterer også, at kompetencer oparbejdet under uddannelse er relativt generelle, mens de mere specifikke kompetencer først oparbejdes på jobbet, jf. projektets kvalitative analyse (Drejer og Østergaard, 2023).

2141 Ingeniørarbejde i industri og produktion	
Maskinmester, MVU	10,07%
Maskinteknik i øvrigt, MVU	8,74%
Maskinteknik og Maskinkonstruktion, MVU	6,89%

2142 Ingeniørarbejde vedrørende bygninger og anlæg	
Bygnings- og anlægsteknik, LVU	21,02%
Byggeri og anlægsteknik i øvrigt, MVU	14,93%
Bygnings og anlægsteknik, MVU	10,86%

2143 Ingeniørarbejde inden for miljø	
Bygnings- og anlægsteknik, LVU	11,46%
Byggeri og anlægsteknik i øvrigt, MVU	7,95%
Teknisk videnskabelig uden nærmere angivelse, LVU	7,01%

2144 Ingeniørarbejde inden for mekaniske systemer	
Maskinteknik og Maskinkonstruktion, MVU	14,74%
Maskinteknik i øvrigt, MVU	9,52%
Maskinmester, MVU	7,18%

2146 Ingeniørarbejde inden for minedrift, metallurgi og beslægtede områder	
Maskinmester, MVU	19,51%
Teknisk videnskabelig uden nærmere angivelse, Ph.d.	10,98%
Videregående uddannelser uden nærmere angivelse, LVU	8,34%

2149 Andet ingeniørarbejde (undtagen elektroteknologi)	
Bygnings- og anlægsteknik, LVU	7,64%
Videregående uddannelser uden nærmere angivelse, LVU	7,54%
Teknisk videnskabelig uden nærmere angivelse, Ph.d.	5,36%

2152 Ingeniørarbejde inden for elektronik	
Elektronik i øvrigt, LVU	13,21%
Elektronik i øvrigt, teknisk videnskabelig, MVU	11,32%
Tele-, data- og IT-teknologi mv., tekniks, MVU	8,18%

2161 Arbejde med bygningsarkitektur	
Arkitektur, LVU	56,86%
Bygningskonstruktør, MVU	8,82%
Bygnings- og anlægsteknik, LVU	7,35%

Tabel 3.2: De mest hyppige uddannelser for personer, der varetager ingeniørfaglige funktioner i OCUS-arbejdsstyrken. Kilde: Egne beregninger på DSTs registerdata.

## UDDANNELSE

### Teknikerfaglige funktioner

Tidligere i rapporten er det beskrevet hvordan alle fire teknikerfaglige funktioner i CCUS-innovationsøkosystemet er steget i frekvens i økosystemets arbejdsstyrke. Her kan man se, hvordan de fire funktioner varierer fra den meget specialiserede "3111 Teknikerarbejde inden for kemisk og fysisk arbejde", hvor 2/3 er uddannet laborant, og ingen anden uddannelse ses blandt mere end 5% af medarbejderne, til den relativt generelle funktion "Andet teknikerarbejde inden for fysisk videnskab og ingeniørvidenskab", hvor relativt forskellige uddannelsesbaggrunde observeres.

En interessant observation er, at selvom klassifikationen af funktioner opdeler relativt skarpt mellem vidensarbejde (første ciffer er 2) og teknikere (første ciffer er 3), så er der et vist overlap i uddannelsesbaggrunde, hvor de mellemlange videregående uddannelser 'Bygningskonstruktør' og 'Maskinmester' observeres blandt begge grupper af funktioner.

3111 Teknikerarbejde inden for kemisk og fysisk arbejde	
Laborant, KVVU	66,28%
-	-
-	-

3112 Teknikerarbejde inden for byggeri- og anlæg	
Bygningskonstruktør, MVU	41,81%
Teknisk designer	13,33%
Installatør af stærkstrømsteknik, KVVU	6,87%

3115 Teknikerarbejde inden for det mekaniske område	
Maskinmester, MVU	17,30%
Industri teknikeruddannelsen	9,68%
Smed	8,94%

3119 Andet teknikerarbejde inden for fysisk videnskab og ingeniørvidenskab	
Teknisk designer	14,26%
Maskinmester, MVU	6,40%
-	-

**Tabel 3.3:** De mest hyppige uddannelser for personer, der varetager teknikerfaglige funktioner i CCUS-arbejdsstyrken. Kilde: Egne beregninger på DSTs registerdata.

## Håndværksfaglige funktioner

Sammenlignet med andre funktioner i CCUS-innovationsøkosystemets arbejdsstyrke, så er de håndværksfaglige funktioner (første ciffer 7) og de industrifaglige funktioner (første ciffer 8) relativt specialiserede. For flere af dem gælder det, at en stor andel af medarbejderne har samme uddannelsesbaggrund. Desuden har mange af medarbejderne industriteknikeruddannelse eller smedeuddannelse. Men det ses også, at nogle af funktionerne delvist varetages af en ikke ubetydelig andel ufaglærte med 9. eller 10. klasse som højeste fuldførte uddannelse.

At medarbejderne med forskellige funktioner har samme uddannelsesbaggrund, kan betyde tilpasningsdygtighed – at man kan flytte medarbejdere fra den ene funktion til den anden, fordi funktionerne kræver lignende formelle kompetencer. Men det er også et udtryk for en sårbarhed, da en mangel på eksempelvis uddannede smede dermed vil betyde rekrutteringsproblemer for flere forskellige funktioner.

At 9. og 10. klasse optræder som højeste fuldførte uddannelse kan på den ene side betyde, at kompetencer til funktionen kan opnås gennem EVU eller sidemandsoplæring, og at man derfor har fleksibilitet ved ansættelse til jobs med disse funktioner. Men det kan også – samtidigt – være et tegn på flaskehalse, hvor man ansætter ufaglærte i mangel på faglærte.

De to industrifaglige funktioner i CCUS-innovationsøkosystemet, ”8113 Boreanlægsarbejde” og ”8219 Andet monteringsarbejde”, skiller sig ud ved at være mindre specialiserede, og for sidstnævnte, være varetaget primært af ufaglærte.

7127 Montørarbejde inden for klima- og køleteknik	
Køletekniker	37,30%
Industriteknikeruddannelsen	15,08%
Smed	12,70%

7213 Pladesmedarbejde	
Smed	50,00%
VVS-tekniker	19,23%
-	-

7221 Smedearbejde	
Smed	44,74%
Industriteknikeruddannelsen	9,92%
10. klasse	6,58%

7223 Operatør og opstillingsarbejde af metalforarbejdning-smaskiner	
Industriteknikeruddannelsen	42,26%
Smed	10,62%
10. klasse	6,64%

7233 Mekanikerarbejde, landbrugs- og industrimaskiner	
Person- og lastvogsmekaniker	18,84%
Industriteknikeruddannelsen	13,04%
Entreprenør- og landbrugsmaskinmekaniker	10,15%

8113 Boreanlægsarbejde	
Elektriker	14,39%
Industriteknikeruddannelsen	7,58%
9. klasse	6,81%

8219 Andet monteringsarbejde	
9. klasse	11,20%
Person- og lastvogsmekaniker	10,40%
10. klasse	9,60%

Tabel 3.4: De mest hyppige uddannelser for personer, der varetager håndværksfaglige funktioner i CCUS-arbejdsstyrken. Kilde: Egne beregninger på DSTs registerdata.

## EVU I CCUS-ARBEJDSSTYRKEN

I det efterfølgende afsnit beskrives frekvenserne for de mest hyppige EVU-programmer, som medarbejderne i CCUS-arbejdsstyrken deltager i.

Frekvenserne præsenteres for hele CCUS-arbejdsstyrken, for udlændinge i CCUS-arbejdsstyrken og til sidst for ufaglærte i CCUS-arbejdsstyrken.

Ufaglærte er her personer, der har enten grundskole eller gymnasium som højeste fuldførte uddannelse. Dette er en relativt restriktiv definition, da personer med ukendt uddannelse – typisk fordi uddannelsen er taget i udlandet – dermed ikke kan være ufaglærte.

Udtrykket udlænding dækker her det begreb, der i DSTs registerdata kaldes en 'indvandrer'. En indvandrer i registerdata er en person, som ikke er født i Danmark, og hvor ingen af forældrene er både dansk statsborger og er født i Danmark. DSTs definition af indvandrer inkluderer dermed personer, der deltager midlertidigt i det danske arbejdsmarked, for senere at forlade landet igen.

Ud af CCUS-arbejdsstyrken, der i 2020 indeholdt 24.200 personer, er 1.915 ufaglærte mens 3.088 er udlændinge efter ovennævnte definitioner. Kun 156 personer er både ufaglært og udlænding. Dette kan skyldes den restriktive definition af ufaglært.

## EVU-PROGRAMMER

Første kolonne i tabel 3.5 viser, at det mest typiske EVU-forløb i perioden 2016-2020 for personer i CCUS-arbejdsstyrken var "Danskundervisning, Dansk 3". I den midterste kolonne kan man se, at det, som ventet, primært var udlændinge, der deltog i danskundervisning. Det næst-hyppigste EVU-program var "Smede, AMU". I kolonne 2 og 3 kan man se, at dette program også er i top 10 for både udlændinge og ufaglærte, men man kan også udlede, at langt de fleste, der over perioden deltog i smede-EVU, var hverken udlænding eller ufaglært. Det er ikke muligt at se hvorvidt disse EVU-programmer omhandlede vedligeholdelse af certifikater, men det er en oplagt mulighed.

Kigger man ned over top 10-listen for hele CCUS-arbejdsstyrken, så ser man de forskellige AMU-programmer, som personerne i arbejdsstyrken har deltaget i. Ved at sammenholde med kurserne, som udlændinge har deltaget i, får man en forklaring på hvorfor EVU indenfor dansk og indenfor forberedende voksenuddannelse ligger i top 10.

Frekvenserne for deltagelse i EVU-programmer hos ufaglærte er meget lavere end frekvenserne i den samlede arbejdsstyrke, men det skyldes naturligvis, at ufaglærte kun er ca. 8% af arbejdsstyrken i CCUS. Blandt de ufaglærte ser man i vid udstrækning de samme AMU-programmer, som i den samlede arbejdsstyrke, men man ser også mere generel uddannelse såsom Hf og Almen voksenuddannelse.

	Hele CCUS-arbejdsstyrken		Udlændinge i CCUS-arbejdsstyrken		Ufaglærte i CCUS-arbejdsstyrken	
Rang	EVU-program	Frekvens	EVU-program	Frekvens	EVU-program	Frekvens
1	Danskundervisning, Dansk 3	1977	Danskundervisning, Dansk 3	1924	Hf	273
2	Smede, AMU	1808	Danskundervisning, Arbejdsmarkedsrettet Dansk	766	Smede, AMU	272
3	Maskinteknik og produktion uden nærmere angivelse, AMU	1378	Forberedende voksenuddannelse, enkeltfag	700	Chauffør, AMU	197
4	Kontorområdet, AMU	1141	Danskundervisning, Dansk 2	271	Almen voksenuddannelse, enkeltfag	155
5	Erhvervsøkonomi, HD, MVU	1108	Smede, AMU	174	Kontorområdet, AMU	147
6	Chauffør, AMU	852	Almen voksenuddannelse, enkeltfag	107	Bygge og anlæg uden nærmere angivelse, AMU	146
7	Forberedende voksenuddannelse, enkeltfag	840	Erhvervsøkonomi, HD, MVU	77	Maskinteknik og produktion uden nærmere angivelse, AMU	131
8	Bygge og anlæg uden nærmere angivelse, AMU	801	Maskinteknik og produktion uden nærmere angivelse, AMU	66	Lager-, havne- og terminalområdet, AMU	95
9	Danskundervisning, Arbejdsmarkedsrettet Dansk	795	Kontorområdet, AMU	63	Ledelse, AMU	89
10	Automatik og automationsproces, AMU	719	Erhvervsøkonomi uden nærmere angivelse, LVU	51	Gymnasial supplering	87

Tabel 3.5: De hyppigste EVU-programmer observeret i CCUS-arbejdsstyrken 2016-2020

## AFRUNDING

Analyserne i dette kapitel har vist hvordan kompetence-sammensætningen i CCUS-arbejdsstyrken har ændret sig siden 2010, samt hvilken formel uddannelse, disse kompetencer bygger på. Kompetencer er beskrevet ved hjælp af jobfunktioner, hvilket kan sidestilles med stillingsbetegnelser.

En bred vifte af ingeniørfaglige kompetencer observeres ofte i CCUS-innovationsøkosystemets kerne. Nogle af disse er blevet meget mere hyppige siden 2010; også i forhold til den samlede danske økonomi. En interessant observation i den forbindelse er, at personer med forskellige funktioner har relativt ens uddannelsesbaggrund. Eksempelvis har personer med funktionen "Ingeniørarbejde vedrørende bygninger og anlæg" og personer med funktionen "Ingeniørarbejde inden for miljø" det til fælles, at de typisk har en lang eller mellemlang videregående uddannelse indenfor byggeri og anlæg. Mange sammenfald af denne type kan observeres i tabellerne i dette kapitel, og det tyder på en vis tilpasningsdygtighed i CCUS-arbejdsstyrken, hvor medarbejdere kan flyttes mellem funktioner.

Interessant er det også, at mange personer med ingeniørfaglige funktioner har en mellemlang videregående uddannelse såsom maskinmester. Det er således ikke kun universiteterne, der forsyner CCUS-innovationsøkosystemet med arbejdskraft til at varetage ingeniørfaglige funktioner. Endvidere kan man se, at disse mellemlange videregående uddannelser ikke kun bidrager med arbejdskraft til de ingeniørfaglige kompetencer, men også til nogle af de mere tekniske, såsom "Teknikerarbejde inden for det mekaniske område" og "Teknikerarbejde inden for byggeri- og anlæg".

Baseret på tidligere analyser i CO<sub>2</sub>Vision-projektet var det ventet, at

CCUS-arbejdsstyrken ville omfatte mange faglærte kompetencer\* – ikke mindst til metalarbejde såsom funktionerne "Smedearbejde" og "Pladesmedarbejde". Men i dette kapitel kan man se, at disse funktioner ikke er blevet mere hyppige siden 2010. Dette kan dog skyldes, at den analyserede periode har været en periode domineret af udviklingsprojekter, og at efterspørgslen efter faglærte kompetencer derfor kommer senere. Det er i den forbindelse værd at bemærke, at flere faglærte funktioner i CCUS-arbejdsstyrken har basis i de samme formelle uddannelser. Smedeuddannelsen og industriteknikeruddannelsen går igen flere gange. Når de samme uddannelser udgør basis for flere funktioner, kan det være et tegn på fleksibilitet i form af jobs, hvor medarbejdere kan flyttes mellem jobfunktioner. Men det kan også udgøre en risiko. Eksempelvis kan en nedgang i antallet af uddannede smede ramme CCUS-innovationsøkosystemet bredt.

Smedeuddannelsen er ikke et tilfældigt valgt eksempel i ovenstående. Selvom funktionen "Smedearbejde" ikke ser ud til at være videre central i CCUS-arbejdsstyrken endnu, men det er immervæk den AMU-EVU, der anvendes langt oftest i CCUS-arbejdsstyrken. Noget af denne EVU-aktivitet er relateret til certificering og vedligeholdelse af kompetencer, men over en femårig periode observeres der alligevel mange gange flere AMU smede-forløb, end der er personer med funktionen smed i CCUS-arbejdsstyrken. Og selvom smede-forløb er det hyppigste AMU-forløb, så er det langt fra det eneste. En bred vifte af AMU-forløb fra "Chauffør" og "Ledelse" til "Automatik" og "Maskinteknik" anvendes i CCUS-arbejdsstyrken.

---

\* Læs mere om den første fase af analysen i [Holm \(2022\)](#).



# **KAPITEL 4**

## **FREMSKRIVNING AF ARBEJDSMARKEDET FOR CCUS-RELATEREDE KOMPETENCER**





## FREMSKRIVNINGSMODELLEN

I kapitel 3 blev arbejdsmarkedsudviklingen for 19 typer af arbejdskraft, der alle anvendes relativt intensivt i CCUS-innovationsøkosystemets kerne, beskrevet frem til 2020. Typer af arbejdskraft henviser her til arbejdsfunktionen i jobbet, hvilket ofte vil være sammenfaldende med stillingsbetegnelsen. I kapitel 3 kunne man især se, at anvendelsen af nogle typer arbejdskraft har været stigende siden 2010. I nogle tilfælde gælder dette for hele det danske arbejdsmarked, mens det i andre tilfælde kun var gældende for virksomhederne i CCUS-innovationsøkosystemets kerne.

Analysen i kapitel 3 gav dog ingen direkte indikation på arbejdskraftmangel – såkaldte flaskehalse. Eksempelvis viste data, at anvendelsen er "Ingeniørarbejde indenfor miljø" er steget kraftigt inden for både CCUS og på det samlede arbejdsmarked, men der er ingen umiddelbar grund til at vente flaskehalse indenfor denne arbejdsfunktion. På den anden side viste data kun en mindre stigning for "Smedearbejde" på nationalt plan, og ingen stigning indenfor CCUS, selvom netop mangel på smede er identificeret som et problem for CCUS og andre aktiviteter i den grønne omstilling (se f.eks. Dansk Energi, 2020).

I dette kapitel vil vi ikke analysere historiske data, men derimod fremskrive arbejdsmarkedet for de forskellige arbejdsfunktioner; dvs. for typerne af arbejdskraft. Modellen er beskrevet i detaljer i Holm et al. (2023). Dette metodenotat indeholder tekniske definitioner, valg og beskrivelser, mens valg relateret til anvendelsen af modellen til egentlige fremskrivninger fremgår direkte her i rapporten.

Modellen er en vektorautoregressiv (VAR) model, som samtidigt modellerer udbud af og efterspørgsel efter en given type arbejdskraft.

Forskellen på udbud og efterspørgsel viser risikoen for flaskehalse på arbejdsmarkedet, som kan hindre eller i hvert fald forsinke udrulningen af CCUS.

En VAR-model tager udgangspunkt i historiske data til at identificere statistiske lovmæssigheder mellem variable. I vores tilfælde er dette, foruden udbud og efterspørgsel, også den relative løn for pågældende arbejdsfunktion, økonomisk aktivitet relateret til funktionen, samt kvalifikationer i arbejdsstyrken relateret til funktionen. Data starter i 2010 og fremskrivninger løber til og med 2030.

Modellen er en model for arbejdsmarkedet på nationalt plan. Den er altså ikke afgrænset til CCUS eller regionalt afgrænset. Det vil eksempelvis ikke give mening at tale om et arbejdsmarked for smedearbejde indenfor CCUS alene. Det kan i nogle tilfælde give mening at analysere regionale arbejdsmarkeder, men det medfører en del udfordringer for dataindsamling, og man må også antage, at arbejdsmarkeder har forskellig grad af regional afgrænsning. Det er eksempelvis muligt, at arbejdsmarkedet for smedearbejde har en stærkere tendens til regional afgrænsning end arbejdsmarkedet for ingeniørarbejde indenfor miljø, da universitetsuddannede ofte er relativt geografisk mobile. Da vi anvender samme fremskrivningsmodel for alle arbejdsfunktioner, modellerer vi i alle tilfælde arbejdsmarkedet på nationalt plan.

Udgangspunktet for modelleringerne er data fra STAR. Udbud af arbejdskraft for en given arbejdsfunktion er defineret som antal nye jobparate ledige, der ønsker job indenfor funktionen, mens efterspørgsel er defineret som antal nyopslåede stillinger indenfor funktionen. Den primære interesse i fremskrivningerne vil være på relationen mellem disse to tal: antal nye ledige og antal nye stillinger for en given funktion.

## FREMSKRIVNINGSMODELLEN

De fleste andre studier, f.eks. ovennævnte Dansk Energi (2020) og andre studier diskuteret i CO<sub>2</sub> Visions desk-study-rapport (Holm, 2022), fremskriver ikke arbejdsfunktioner, men i stedet antal personer med en given uddannelse. Dette har både fordele og ulemper. Eksempelvis fremskriver vi i denne rapport for smede det antal nye ledige, der søger smedearbejde, per nye job beskrevet som smedearbejde. Dette giver ikke samme resultat som fremskrivning af antal personer med en smedeuddannelse. Vores fremskrivning kan umiddelbart synes vage-re i og med, at det er den arbejdssøgende selv, der vurderer, at han/hun har færdigheder til smedearbejde. Den største fordel ved vores fremskrivninger er, at de er et skridt tættere på arbejdsmarkedet og på egentlige kompetencer, da arbejdsgivere netop ikke efterspørger en person med en specifik **uddannelse**, men en person med specifikke **kompetencer**. Og som man kunne se i kapitel 3, så har under halvdelen af personer med smedearbejde også en smedeuddannelse.

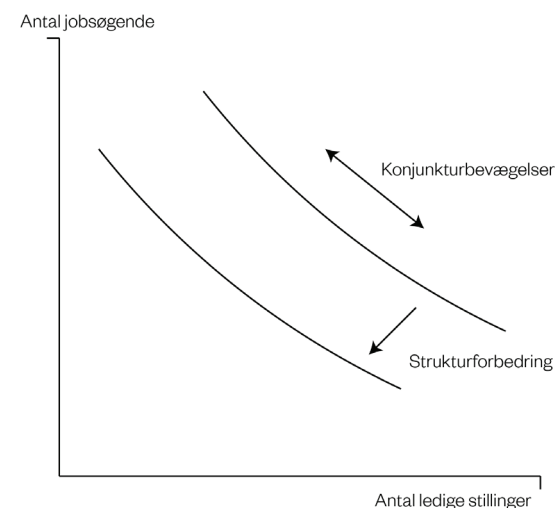
## LEDIGE PER STILLING

Den centrale variabel i fremskrivningerne af arbejdsmarkedet i denne analyse er ledige per nye stilling. De rå data fra STAR viser antal nye jobparate ledige og antal nye stillinger for hver arbejdsfunktion for hver måned fra maj 2010 til januar 2023. Men på grund af tilfældig variation i data præsenteres de her som summer over de forudgående 12 måneder. Det vil sige, at data præsenteret for eksempelvis januar 2023 er henholdsvis summen af antal nye ledige og summen af antal nye stillinger over de 12 måneder februar 2022 til januar 2023.

For at gøre data nemmere at fortolke, blive data konsekvent præsenteret som brøken:

$$\frac{\text{Nye ledige sidste 12 mdr}}{\text{Nye stillinger sidste 12 mdr}}$$

Brøken fortæller hvor mange ledige, der er per stilling. Ideelt set ville man kunne sætte en nedre grænse for denne brøk til at definere flaskehalse. Men der er ikke et fast antal ledige per stilling, som definerer flaskehalse. Institutionelle forskelle betyder, at der på tværs af arbejdsmarkeder og over tid er forskel på, hvor nemt ledige matches til jobs. Denne sammenhæng kaldes Beveridgekurven, og er afbilledet i figur 4.1. Beveridgekurven viser hvordan en konjunkturforbedring er forbundet med en bevægelse langs kurven i retningen mod flere ledige stillinger og færre ledige, mens en strukturforbedring, hvormed arbejdssøgende mere effektivt matches med ledige stillinger, er ensbetydende med en forskydning af kurven nedad.



Figur 4.1: En stiliseret Beveridgekurve

Beveridgekurven er for eksempel blevet anvendt til at vise, at det danske arbejdsmarkeds evne til at matche arbejdssøgende med ledige stillinger blev forværret under Covid19-pandemien (Nationalbanken, 2022), og at det kun langsomt er blevet bedre til at matche igen (Arbejderbevægelsens Erhvervsråd, 2023).

Det er i princippet muligt at konstruere Beveridgekurver for hver arbejdsfunktion ud fra de anvendte data fra STAR, men samtidig med, at en sådan analyse er omfangsrig, er den heller ikke specielt velegnet til at illustrere mulige fremtidige flaskehalse. I stedet vil udviklingen i antal ledige per stilling over den fremskrevne periode i det efterfølgende blive sammenlignet med de seneste tilgængelige data.

## REFERENCEREFSKRIVNINGEN

I CO<sub>2</sub>Vision-fremskrivningsmodellen er både udbud og efterspørgsel endogen bestemt. Det vil sige, at modellen kan producere fremskrivninger for disse to variable så længe den fodres med data for de dele af modellen, der ikke bestemmes internt i modellen – dvs. modellens eksogene variable. De to eksogene variable er 1) den økonomiske aktivitet relateret til arbejdsfunktionen og 2) kvalifikationer for arbejdsfunktionen i arbejdsstyrken. For hver fremskrivning skal man antage en udvikling i disse to variable.

Data for den økonomiske aktivitet er et vægtet gennemsnit af omsætningen i de brancher, der har ansættelsesforhold med den relevante arbejdsfunktion, mens data for kvalifikationer i arbejdsstyrken er antallet af personer i arbejdsstyrken, der har en formel uddannelse, som er typisk for personer med den relevante arbejdsfunktion. Konstruktion af variablene er beskrevet i yderligere detaljer i Holm et al. (2023).

I referencefremskrivning, som er en fremskrivning af den forventede udvikling på baggrund af historiske data (uden et "eksogent stød" i form af nye CCUS-investeringer) antages det, at disse to variable fortsætter den udvikling, de har haft siden januar 2010. Udviklingen siden januar 2010 estimeres som en lineær tidstrend med månedlige sæsonudsvingninger og korrektion for Covid19-pandemien.

CO<sub>2</sub>Vision-fremskrivningsmodellen fremskriver antal nye ledige og antal nye stillinger for hver måned, men her rapporteres kun summer over 12 måneder opstillet som en brøk, jf. tidligere. Fra denne udregning udelades måneder, hvor det fremskrevne antal nye jobs ikke er positivt. I de historiske data derimod kan antal nye jobs godt være nul. Antal nye ledige kan være positivt, nul eller negativt i fremskrivningerne.

Tre af de 19 arbejdsfunktioner analyseret ved hjælp af registerdata i kapitel 3 kan ikke analyseres med fremskrivningsmodellen, da de ikke kan isoleres i data på ledige og på stillinger fra STAR. Det drejer sig om:

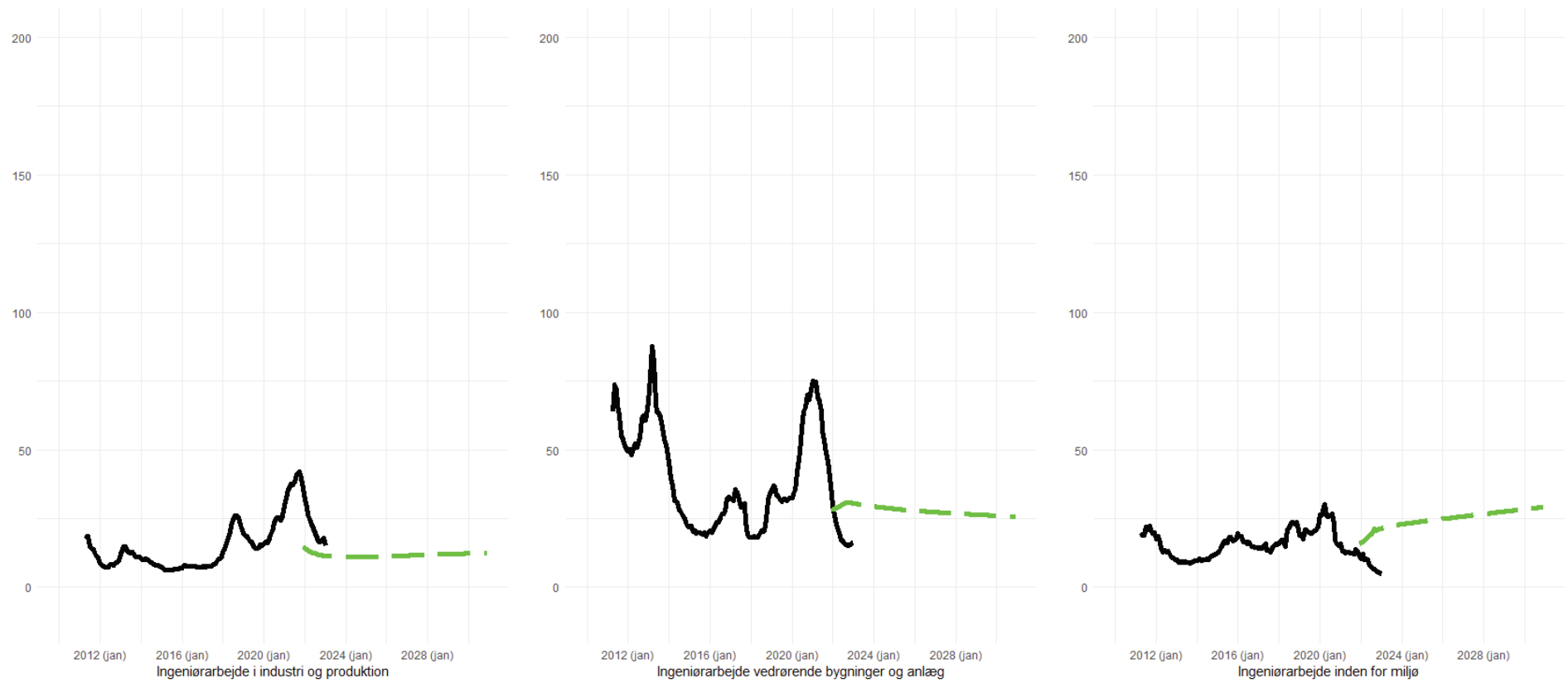
- Ingeniørarbejde inden for minedrift, metallurgi og beslægtede områder
- Montørarbejde inden for klima- og køleteknik
- Andet monteringsarbejde

"Ingeniørarbejde inden for minedrift, metallurgi og beslægtede områder" er en arbejdsfunktion, der er i tilbagegang i CCUS-innovationsøkosystemet, og det er muligt, at den reflekterer CCUS-virksomhedernes andre, beslægtede aktiviteter snarere end CCUS-aktiviteter. Mange af CCUS-virksomhederne har tidligere været eller er stadig involveret i indvinding af råstoffer.

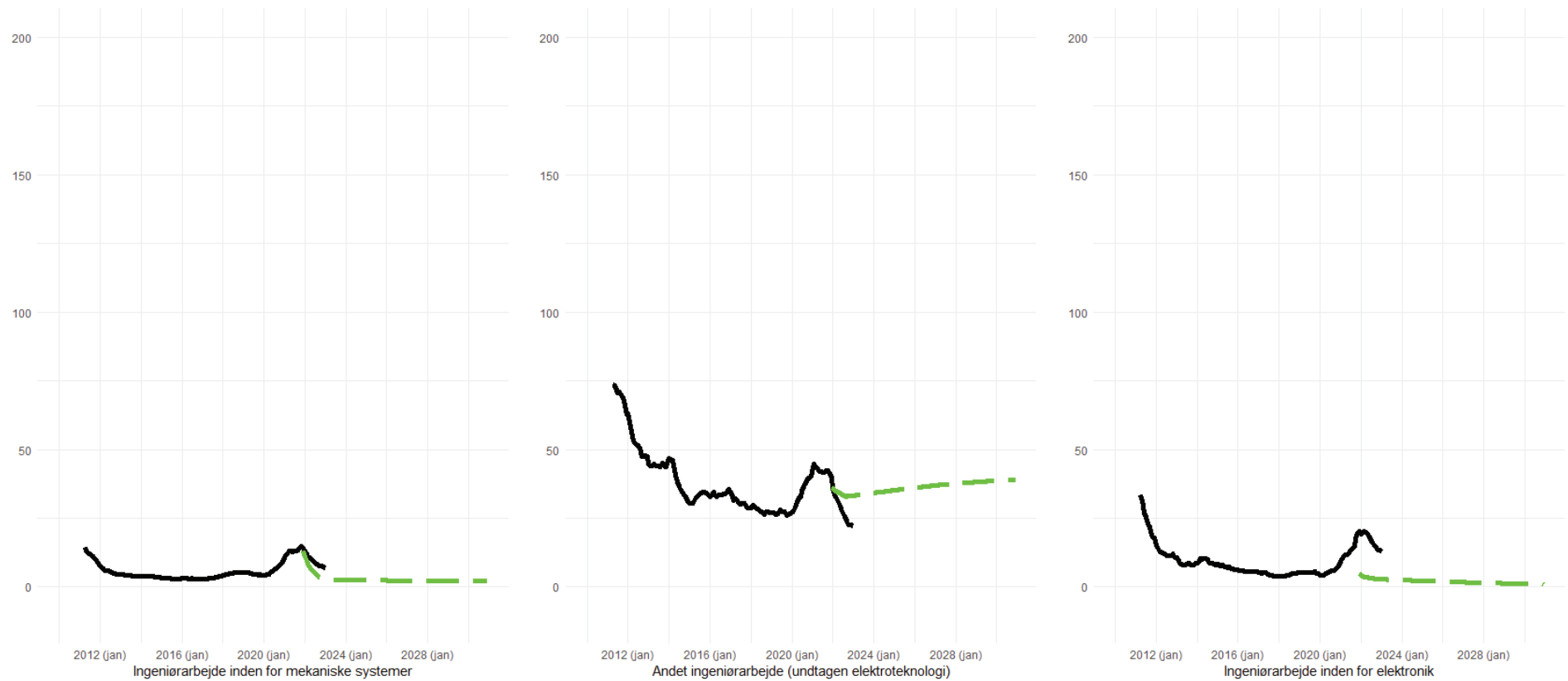
"Montørarbejde inden for klima- og køleteknik" og "Andet monteringsarbejde" er begge i vækst i CCUS, og det derfor er ærgerligt, at de ikke kan inkluderes i analysen. Dog er de fleste personer, som er beskæftiget med "Andet monteringsarbejde", ufaglærte, hvilket gør det svært at fremskrive især udbudssiden.

På de følgende sider ses 16 diagrammer, der hver viser fremskrivning for en enkelt arbejdsfunktion med CO<sub>2</sub>Vision-fremskrivningsmodellen. Den sorte linje viser antal nye ledige per ny stilling over de forudgående 12 måneder, mens den stiplede grønne linje er fremskrivningen. Data løber frem til januar 2023, men da nogle variable i fremskrivningsmodellen kun er tilgængelig frem til december 2020, starter fremskrivningerne ved januar 2021. Detaljer om data kan ses i Holm et al. (2023).

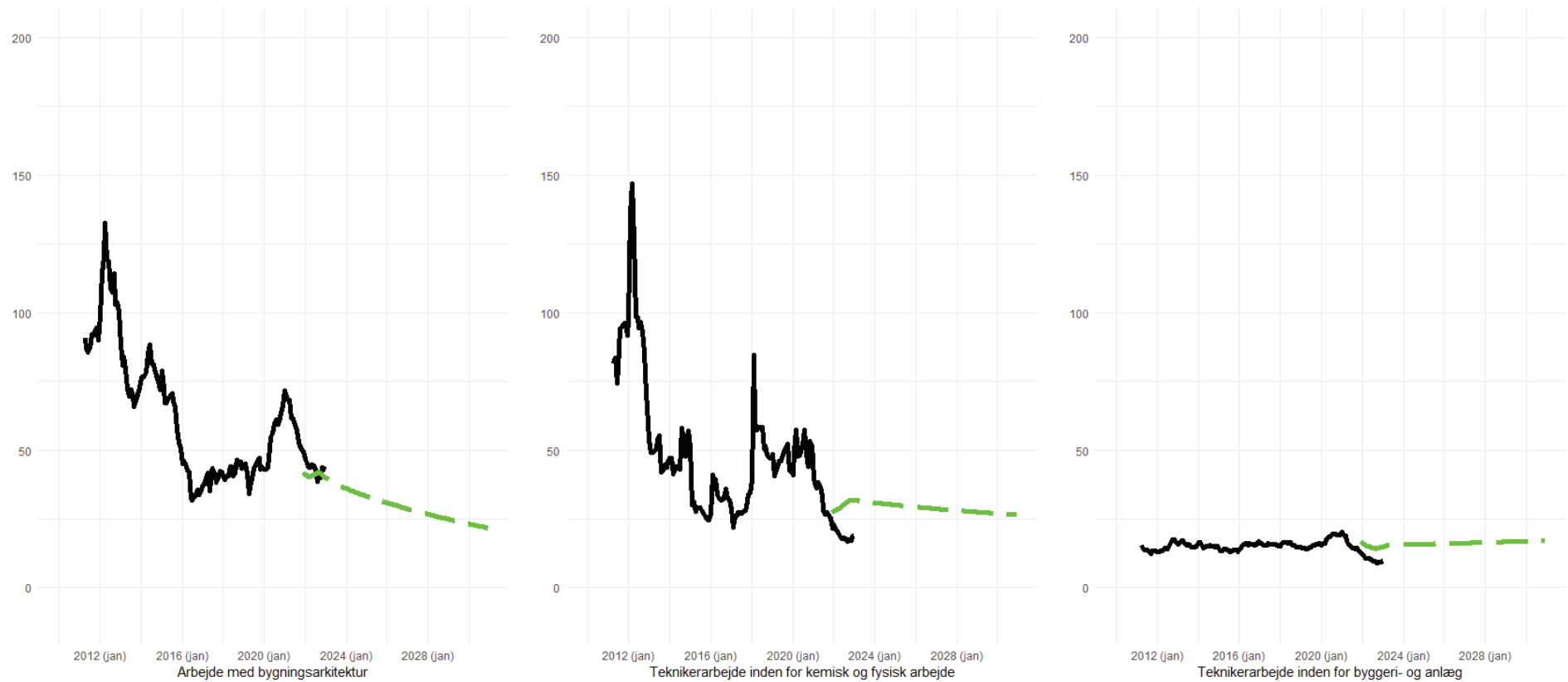
Fremskrivningerne starter således under Covid19-pandemien, og fælles for dem alle er, at de viser en tilbagevenden til trenden fra før pandemien. Nogle fremskrivninger kommer tæt på nul ledige per nye stilling, og enkelte bliver endda negative. I disse tilfælde er det naturligvis oplagt at forvente en flaskehals på arbejdsmarkedet. For at lette fortolkning af fremskrivningerne er den egentlige værdi af brøken ledige per nye stilling for hhv. det senste målte datapunkt, og sluttidspunktet for fremskrivningen vist i tabel 4.1 på side 46.



Figur 4.2: Referencefremskrivninger af antal nye ledige per antal nye stillinger. Den sorte linje: historiske data. Den stiplede grønne linje: fremskrivning

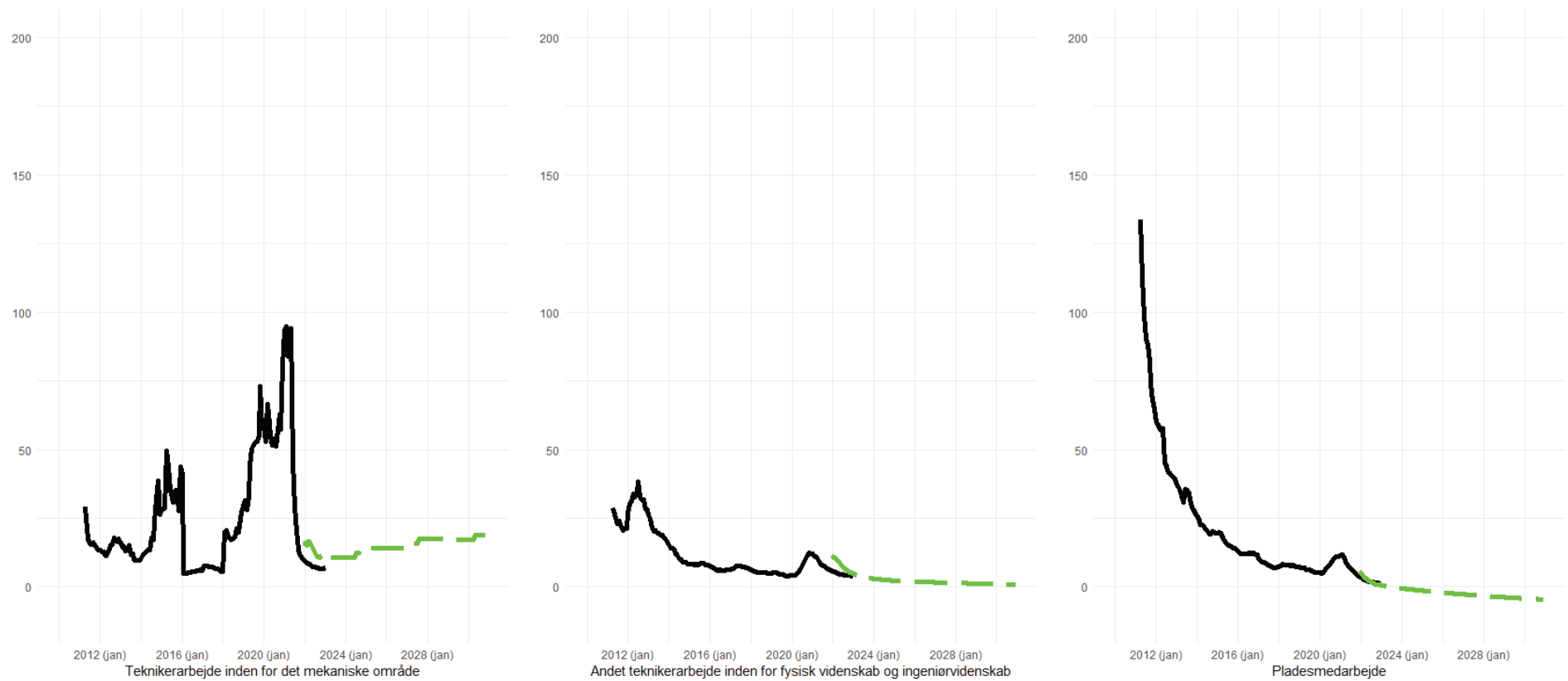


Figur 4.2 (fortsat) : Referencefremskrivninger af antal nye ledige per antal nye stillinger. Den sorte linje: historiske data. Den stiplede grønne linje: fremskrivning

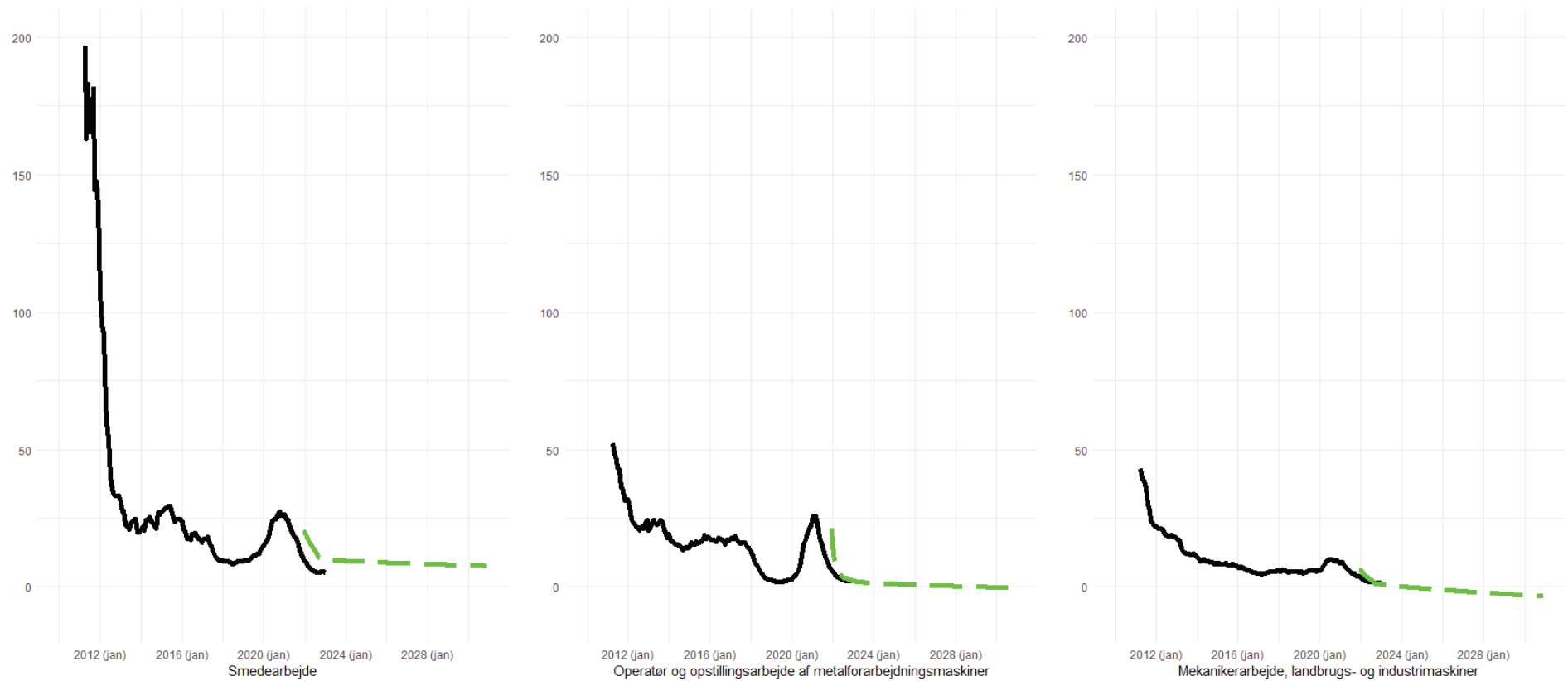


Figur 4.2 (fortsat) : Referencerefskrivninger af antal nye ledige per antal nye stillinger. Den sorte linje: historiske data. Den stiplede grønne linje: fremskrivning

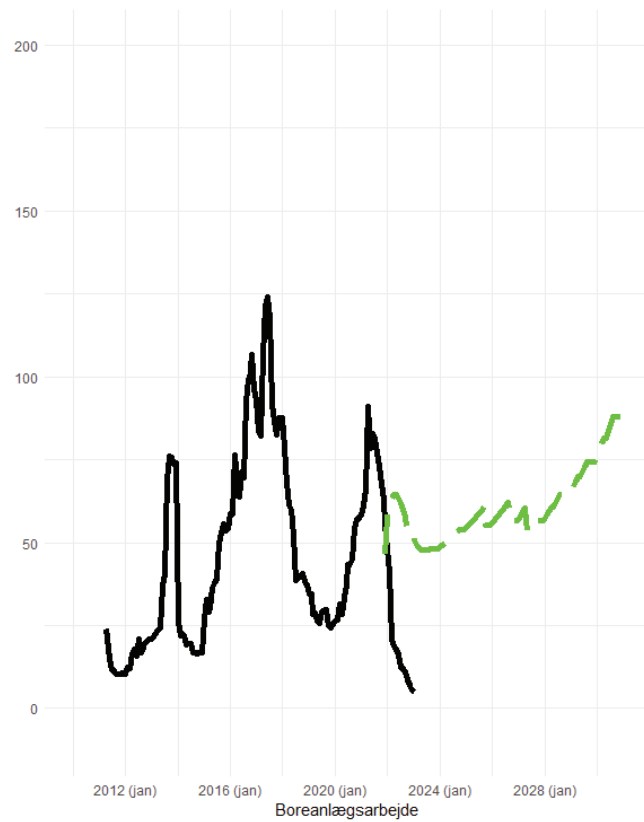




Figur 4.2 (fortsat) : Referencerefskrivninger af antal nye ledige per antal nye stillinger. Den sorte linje: historiske data. Den stiplede grønne linje: fremskrivning



Figur 4.2 (fortsat) : Referencerefremskrivninger af antal nye ledige per antal nye stillinger. Den sorte linje: historiske data. Den stiplede grønne linje: fremskrivning



Figur 4.2 (fortsat) : Referencefremskrivinger af antal nye ledige per antal nye stillinger. Den sorte linje: historiske data. Den stiplede grønne linje: fremskrivning

Arbejdsfunktion	Sidste datapunkt, januar 2023 (Nye ledige sidste 12 mdr) (Nye stillinger sidste 12 mdr)	Fremskrivning, december 2030 (Nye ledige sidste 12 mdr)/ (Nye stillinger sidste 12 mdr)	Analyseret i scenarie 1 og 2: CCUS-udrulning	Analyseret i scenarie 3: pessimistisk demografi
Ingeniørarbejde i industri og produktion	8000/530≈15	6100/500≈12	X	X
Ingeniørarbejde vedrørende bygninger og anlæg	8400/520≈16	17000/650≈26	X	-
Ingeniørarbejde indenfor miljø	1500/300≈5	2900/100≈29	X	-
Ingeniørarbejde indenfor mekaniske systemer	4100/600≈7	4200/2000≈2	X	X
Andet ingeniørarbejde (undtagen elektroteknologi)	27000/1200≈22	≈39	-	-
Ingeniørarbejde indenfor elektronik	3100/240≈13	1200/1200≈1	X	X
Arbejde med bygningsarkitektur	6500/150≈43	3800/180≈22	X	-
Teknikerarbejde indenfor kemisk og fysisk arbejde	2300/120≈19	3000/110≈27	X	X
Teknikerarbejde indenfor byggeri og anlæg	3900/400≈10	5100/300≈17	X	X
Teknikerarbejde indenfor det mekaniske område	1900/260≈7	630/33≈19	-	-
Andet teknikerarbejde indenfor fysisk videnskab og ingeniørvidenskab	6600/1600≈4	1800/1900≈1	X	X
Pladesmedarbejde	4000/3800≈1	(-14700)/3200≈-5	X	X
Smedearbejde	4100/780≈5	9600/1200≈8	X	X
Operatør og opstillingsarbejde af metalforarbejdningmaskiner	1200/550≈2	(-600)/2500≈-1/4	-	-
Mekanikerarbejde, landbrugs- og industrimaskiner	750/600≈1	(-1600)/500≈-3	-	-
Boreanlægsarbejde	1200/220≈5	2200/25≈88	-	-

Tabel 4.1: Referencefremskrivningen omregnet til brøker

## REFERENCEREFSKRIVNINGEN

Kolonne 1 i tabel 4.1 viser antal nye ledige og nye stillinger de sidste 12 måneder ved sidste datapunkt, januar 2023. Dette svarer til afslutningen af den sorte linje i figur 4.2. Som man kan se, så spænder tallet fra 43 ledige per stilling for "Arbejde med bygningsarkitektur", til 1 ledig per stilling for "Pladesmedarbejde" og "Mekanikerarbejde, landbrugs- og industrimaskiner". Kolonne 3 i tabel 4.1 viser den samme brøk ved afslutningen af fremskrivningen, dvs. den stiplede grønne linje i figur 4.2.

Der er seks tilfælde med klare flaskehalse, hvor der er meget få eller endda et negativt antal ledige per stilling i 2030:

- Ingeniørarbejde inden for mekaniske systemer
- Ingeniørarbejde inden for elektronik
- Andet teknikerarbejde inden for fysisk videnskab og ingeniørvidenskab
- Pladesmedarbejde
- Operatør og opstillingsarbejde af metalforarbejdningmaskiner
- Mekanikerarbejde, landbrugs- og industrimaskiner

De fleste af disse arbejdsfunktioner har allerede få ledige per stilling i januar 2023, og det ser kun ud til at blive værre.

Derudover er der tre tilfælde, som man også skal lægge mærke til:

- Teknikerarbejde inden for det mekaniske område
- Smedearbejde
- Boreanlægsarbejde

I disse tre tilfælde er der få ledige per stilling i januar 2023, mens modellen forudsiger, at der vil være flere ledige per stilling i december 2030. Ved "Smedearbejde" skal man bemærke, at værdien i januar 2023 er exceptionelt lav historisk set, mens modellen starter ved en højere værdi end den faktiske observation i januar 2023. Det medfører, at på trods af, at modellen faktisk forudsiger et løbende fald i antal ledige per stilling, ender den ved en højere værdi i december 2030 end det sidste observerede datapunkt – jf. figur 4.2.

"Teknikerarbejde inden for det mekaniske område" og "Boreanlægsarbejde" er problematiske, da der er meget få nye stillinger i dataserien. I mange måneder er tallet nul, og dette er svært at håndtere for fremskrivningsmodellen, som man også kan se på den ujævne kurve for fremskrivning for disse to funktioner i figur 4.2.

I de fleste tilfælde skyldes det lave antal ledige per stilling, at modellen forudsiger vigende udbud. Der er altså færre ledige, der ønsker denne type job. Men i tilfældene "Ingeniørarbejde inden for mekaniske systemer", "Ingeniørarbejde inden for elektronik" og "Operatør og opstillingsarbejde af metalforarbejdningmaskiner" forudsiger modellen også stærkt stigende efterspørgsel.

## HVILKE ARBEJDSFUNKTIONER FREMSKRIVES I SCENARIERNE?

Herunder vil tre alternative scenarier blive sammenholdt med referencefremskrivningen: To forskellige scenarier for CCUS-udrulning, samt et scenarie med en mere pessimistisk demografisk udvikling end udgangspunktet for referencefremskrivningen. Af forskellige årsager vil ikke alle 16 arbejdsfunktioner blive modelleret i scenarierne, som vist i de sidste to kolonner af tabel 4.1.

”Andet ingeniørarbejde (undtagen elektroteknologi)” analyseres ikke i scenarierne, da modellen ikke er stationær for denne funktion, jf. Holm et al. (2023). Modellen forudsiger ca. 39 nye ledige per stilling i december 2030, men dette er baseret på relativt upålidelige værdier for både udbud og efterspørgsel.

”Teknikerarbejde inden for det mekaniske område” og ”Boreanlægsarbejde” analyseres heller ikke, da det lave antal nye stillinger per måned i data er svært at håndtere for modellen. Foruden at det altså er svært at analysere tilfælde, hvor efterspørgslen er nul i de historiske data, så er det også svært at modellere tilfælde hvor udbuddet – altså antal ledige, der ønsker arbejdsfunktionen – er meget lavt og ser ud til at fortsætte nedad. Der er tre tilfælde af dette, hvor konsekvensen er, at udbuddet bliver negativt: ”Pladesmedarbejde”, ”Operatør og opstillingsarbejde af metalforarbejdningsmaskiner” og ”Mekanikerarbejde, landbrugs- og industrimaskiner”. Når udbuddet bliver negativt, producerer modellen ikke pålidelige resultater. Problemet er værst ved relativt små arbejdsfunktioner, hvor der er få ledige, og få stillinger, såsom ”Operatør og opstillingsarbejde af metalforarbejdningsmaskiner” og ”Mekanikerarbejde, landbrugs- og industrimaskiner”. Disse to udelades derfor fra scenarierne.

”Ingeniørarbejde vedrørende bygninger og anlæg” og ”Arbejde med bygningsarkitektur” har de kraftigste vækstrater i kvalifikationer i

arbejdsstyrken. Dvs. antallet af personer, der har en uddannelse, som er typisk for personer med disse arbejdsfunktioner, vokser kraftigt. Væksten er så kraftig, at den ikke stemmer overens med væksten i udbuddet, og modellen har derfor svært ved at fastslå den historiske sammenhæng mellem kvalifikationer og udbud for disse to funktioner. Derfor analyseres disse ikke for det tredje scenarie: den pessimistiske demografiske udvikling. Med den kraftige vækst, som variabelen for kvalifikationer i arbejdsstyrken for disse to arbejdsfunktioner viser, ville den antagede demografiske udvikling i scenarie 3 højst sandsynligt have meget begrænsede følger for arbejdsmarkedet.

En af CO<sub>2</sub>Vision-fremskrivningsmodellens styrker er, at den er baseret på historiske lovmæssigheder, fremfor at være baseret på en eller flere eksperter bedste personlige bud. Men at basere en model på historiske lovmæssigheder kan også være usikkert, når der ikke findes historiske lovmæssigheder for det, som man vil modellere. Det kommer her til udtryk for ”Ingeniørarbejde indenfor miljø”, som er en arbejdsfunktion, hvor indholdet af arbejdet må forventes at have ændret sig drastisk over perioden med data (2010-2020), og forventes at ville ændre sig igen i perioden for fremskrivningen (2021-2030). Eksempelvis kan det tænkes, at i takt med den grønne omstilling skrider frem, vil ”Ingeniørarbejde indenfor miljø” kunne findes i flere og flere brancher på tværs af økonomien, og vokse til at være en større del af beskæftigelsen i de brancher, hvor arbejdsfunktionen allerede findes idag. Det primære problem ved ”Ingeniørarbejde indenfor miljø” er dog at vurdere sammenhængen mellem kvalifikationer i arbejdsstyrken og udbuddet, da de personer, der varetager denne arbejdsfunktion, har haft varierende formel uddannelse over dataperioden. ”Ingeniørarbejde indenfor miljø” inddrages derfor ikke i scenarie 3.

## HVILKE ARBEJDSFUNKTIONER FREMSKRIVES I SCENARIERNE?

I nogle tilfælde viser det sig, at de historiske sammenhænge i data adskiller sig fra vores forventninger. De fleste af disse tilfælde er allerede valgt fra i ovenstående. Men to bibeholdes. For "Ingeniørarbejde indenfor mekaniske systemer" er forholdet mellem økonomisk aktivitet og efterspørgsel negativt. Det vil sige, at når omsætningen stiger i de brancher, hvor de ansatte har funktionen "Ingeniørarbejde indenfor mekaniske systemer", så bliver der færre stillinger med denne funktion. Fra et økonomisk teoretisk perspektiv er det ikke i sig selv underligt, at der findes inputs til produktionen, herunder arbejdsfunktioner, som man substituerer væk fra, når produktionsvolumen øges, men det er svært med det forhåndenværende materiale at forklare, hvorfor det netop er funktionen "Ingeniørarbejde indenfor mekaniske systemer", som man substituerer væk fra. Det andet tilfælde er "Andet teknikerarbejde indenfor fysisk videnskab og ingeniørvidenskab", hvor der er et positivt forhold mellem økonomisk aktivitet og udbud af arbejdskraft i de historiske data. Det vil sige, at når omsætningen stiger i de brancher, der anvender "Andet teknikerarbejde indenfor fysisk videnskab og ingeniørvidenskab", så søger flere ledige denne type arbejde. Det er ikke overraskende, at ledige søger arbejde hvor der er øget aktivitet i økonomien, men det er ikke umiddelbart muligt med det nærværende data at forklare, hvorfor det netop er ved funktionen "Andet teknikerarbejde indenfor fysisk videnskab og ingeniørvidenskab", at denne effekt er relativt kraftig.



## SCENARIERNE

### Scenarie 1 og 2

Scenarie 1 og 2 omhandler udrulning af CCUS. Scenarie 1 er for ét stort CCUS-projekt, mens scenarie 2 er for flere større projekter.

I forbindelse med de kvalitative analyser i fase 3 af CO<sub>2</sub>Visions analyser, er en række konkrete projekter for CO<sub>2</sub>-fangst observeret. Disse projekter varierer kraftigt i størrelse, kapacitet og ambition, og scenarierne her er derfor baseret på et rimeligt overslag over niveau for omkostninger og fordeling af omkostninger.

Et anlæg til fangst af 1 millioner tons CO<sub>2</sub> årligt antages her at koste 12 milliarder kroner i 2010-priser inklusiv infrastruktur og lagring.\* For at modellere effekten af en sådan aktivitet på arbejdsmarkedet for de forskellige arbejdsfunktioner, skal disse 12 milliarder fordeles over tid og over de fem aktiviteter i CCUS-innovationsøkosystemets kerne. Den antagne fordeling er vist i tabel 4.2.

\* Den kvalitative dataindsamling har vist, at alene konstruktionen af et CO<sub>2</sub>-fangstanlæg med en kapacitet på omkring 400.000 tons CO<sub>2</sub> om året, vurderes at ville koste mellem 3 og 5 mia. kr. Hertil kommer så den nødvendige infrastruktur til transport og lagring. Det er naturligvis ikke givet, at der kun etableres store anlæg. Vurderinger anslår, at konstruktionen af et mindre anlæg til fangst af 50.000 tons CO<sub>2</sub> årligt, vil koste mellem 150 og 200 mio. kr. De anslåede beløb er behæftet med stor usikkerhed, da de ikke er baseret på faktiske tilbud på konstruktion af fangstanlæg og infrastruktur, jf. Drejer og Østergaard (2023).

Mia. 2010DKK	2023	2024	2025	2026	Total
F&U	0,5	0,5			1
Rådgivning	0,5	0,5	0,5	0,5	2
Fangstudstyr		1	1	1	3
Specialiserede underleverandører		1	1	1	3
Lagring, transport og infrastruktur		1	1	1	3
Total	1	4	3,5	3,5	12

Tabel 4.2: Scenarie 1, fordeling af investeringer over tid og på hovedaktiviteter

Scenarie 2 er en tredobling af scenarie 1. Hvor scenarie 1 er et enkelt stort anlæg med opstart af anlægsfasen i 2023, så omfatter scenarie 2 tre store anlæg med opstart i hhv. 2023, 2025 og 2026. Scenarie 2 er dermed en total stigning i den økonomiske aktivitet på 3\*12 milliarder = 36 milliarder kroner.

Ved scenarie 1 og 2 øges variabelen for økonomisk aktivitet dermed i en række måneder i fremskrivningen. Stigningen for en given arbejdsfunktion afhænger af hvordan jobs med denne funktion er spredt ud over den samlede økonomi.

## SCENARIERNE

### Scenarie 3

Scenarie 3 er et alternativ uden antagelser om nye CCUS-projekter, men med en pessimistisk demografisk udvikling, som fører til færre personer i arbejdsstyrken med de relevante kvalifikationer for arbejdsfunktionen. Selvom variabelen viser kvalifikationer i arbejdsstyrken, kan man henvise til scenariet som den pessimistiske demografiske udvikling, da tilbagetrækning, unges uddannelsesvalg samt indvandring er de primære empiriske faktorer, der påvirker variabelen.

I referencefremskrivningen er udviklingen i kvalifikationer en lineær tidstrend med sæsonudsving, men denne lineære trend er knap så pessimistisk som eksempelvis overslagene i Dansk Energi (2020), som dog har fokus på antal personer med en given uddannelse, og ikke antal personer kvalificeret til en given arbejdsfunktion.

Dansk Energi (2020) forventer et fald på ca. 16% i antal uddannede elektrikere fra 2019 til 2030. Det forventede fald i antal VVS'ere er ca. 8%, mens faldet i antal uddannede smede er 26%.\* Dette svarer til månedlige fald på hhv. 0,11%, 0,05% og 0,18% over perioden. Til sammenligning er den negative tidstrend, dvs. den månedlige procentvise ændring i antal personer kvalificeret til smedearbejde, i CO<sub>2</sub>Vision-fremskrivningsmodellen for smedearbejde -0,08%. I scenarie 3 sænkes estimatet for tidstrenden i kvalifikation derfor med 0,05%-point. For "Smedearbejde" betyder det, at estimatet fra data på -0,08% ændres til -0,13% i fremskrivningen. For eksempelvis "Ingeniørarbejde indenfor elektronik" ændres estimatet fra 0,10% til 0,05%. Modsat scenarie 1 og 2, der kun øger efterspørgslen i de måneder, hvor den økonomiske aktivitet anslås at stige, så har scenarie 3 en effekt gennem hele fremskrivningen.

\* Dette er runde tal aflæst fra figur 3.1, 3.2 og 3.3 i Dansk Energi (2020).

## ALTERNATIVE FREMSKRIVNINGER – SCENARIER

Figur 4.3 viser effekterne på arbejdsmarkedet af scenarierne 1 og 2 for de arbejdsfunktioner, der er vigtige i CCUS-innovationsøkosystemet.

Lilla viser scenarie 1 mens grøn viser scenarie 2. Graferne viser antal ledige per stilling relativt til referencefremskrivningen. Dvs. en værdi på 98 betyder, at der er 2% færre ledige per stilling i forhold til referencen.

Som man kan se, har selv det store scenarie, scenarie 2 på 36 milliarder kroner, ret begrænset effekt på arbejdsmarkedet. Som argumenteret for i desk study-rapporten (Holm, 2022), så forventes CCUS at have en begrænset effekt på grund af sin beskedne størrelse relativt til det samlede danske arbejdsmarked. Udrulning af CCUS vil svagt øge efterspørgslen efter en række arbejdsfunktioner midlertidigt, og nogle af disse er funktioner, hvor der allerede er mangel på arbejdskraft. Herunder "Pladesmedarbejde" og "Ingeniørarbejde inden for elektronik".

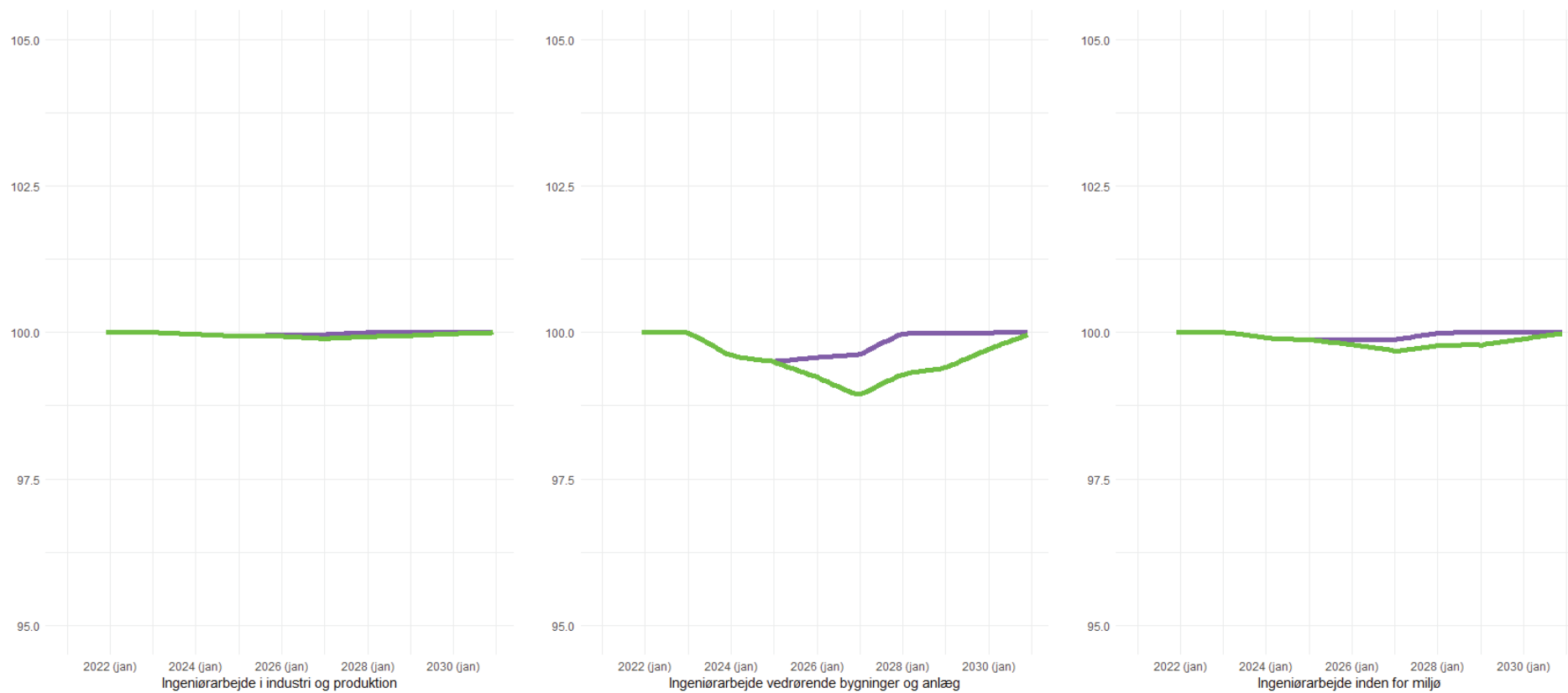
Man kunne forestille sig et tredje scenarie med endnu kraftigere udrulning af CCUS – eksempelvis anlæg til fangst af 6 millioner tons CO<sub>2</sub> til en omkostning på 72 milliarder kroner. Hvis disse 72 milliarder fordeles i tid ligesom de 36 milliarder i scenarie, så vil resultatet være præcis den dobbelte effekt i hver graf i forhold til den grønne kurve.

Den alternative fremskrivning med en mere pessimistisk demografisk udvikling er vist i figur 4.4. Den grønne linje er referencefremskrivningen fra figur 4.2 indekseret til 100 i startpunktet. Fordi startpunktet er under Covid19-pandemien, så viser kurven indledningsvis et fald for de fleste arbejdsfunktioner.

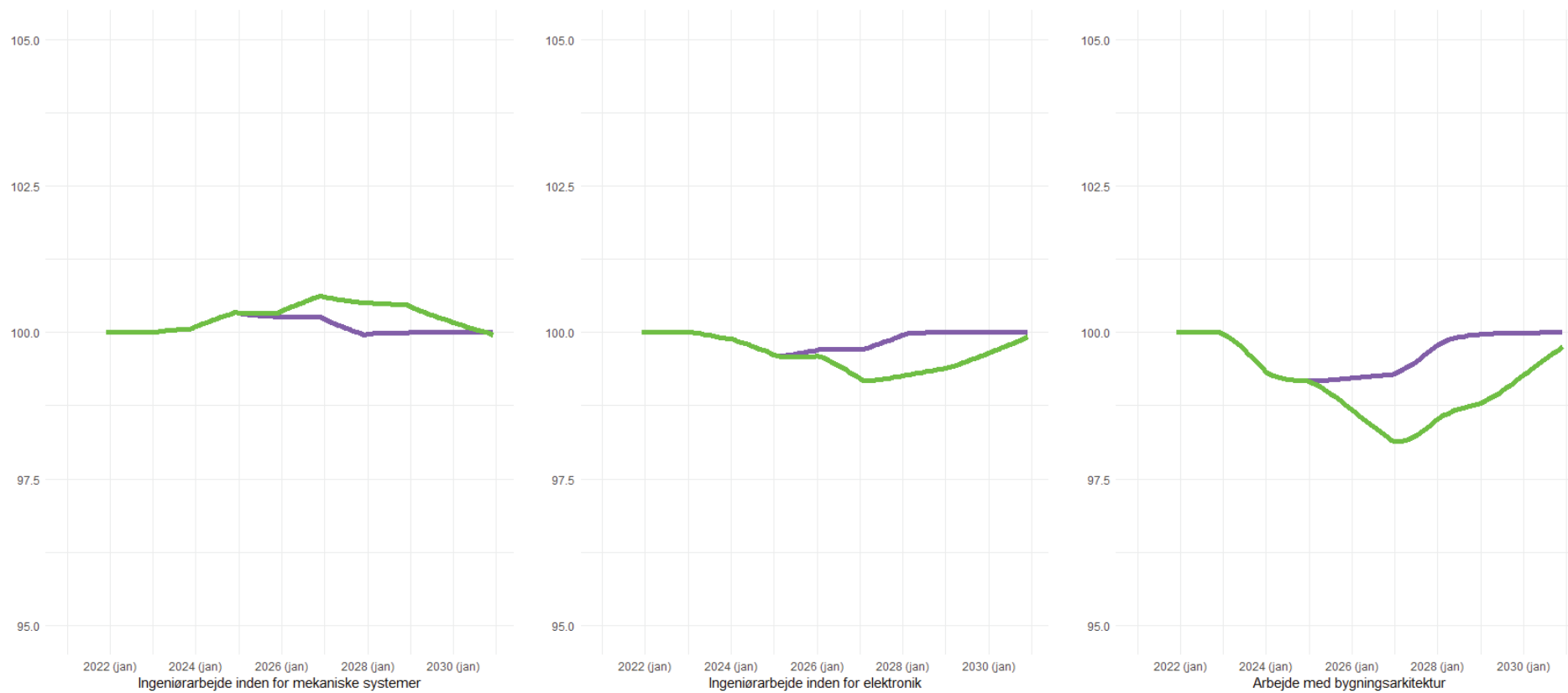
Den lilla linje er scenarie 3-fremskrivningen. I de fleste tilfælde betyder den lavere vækst i kvalifikation i arbejdsstyrken meget lidt, men for "Ingeniørarbejde i industri og produktion" og for "Teknikerarbejde in-

den for byggeri og anlæg" kan man se, at arbejdsmarkedet er relativt følsomt overfor kvalifikation i arbejdsstyrken. Hvor den grønne linje slutter tæt på indeks 100 i begge tilfælde, så slutter den lilla linje tættere på hhv. indeks 50 og indeks 25. I runde tal betyder det, at antal ledige per stilling for funktionen "Ingeniørarbejde i industri og produktion" bliver snarere 4 og ikke 12, som i tabel 4.1, mens tallet for "Teknikerarbejde inden for byggeri og anlæg" bliver 4 snarere end 17.

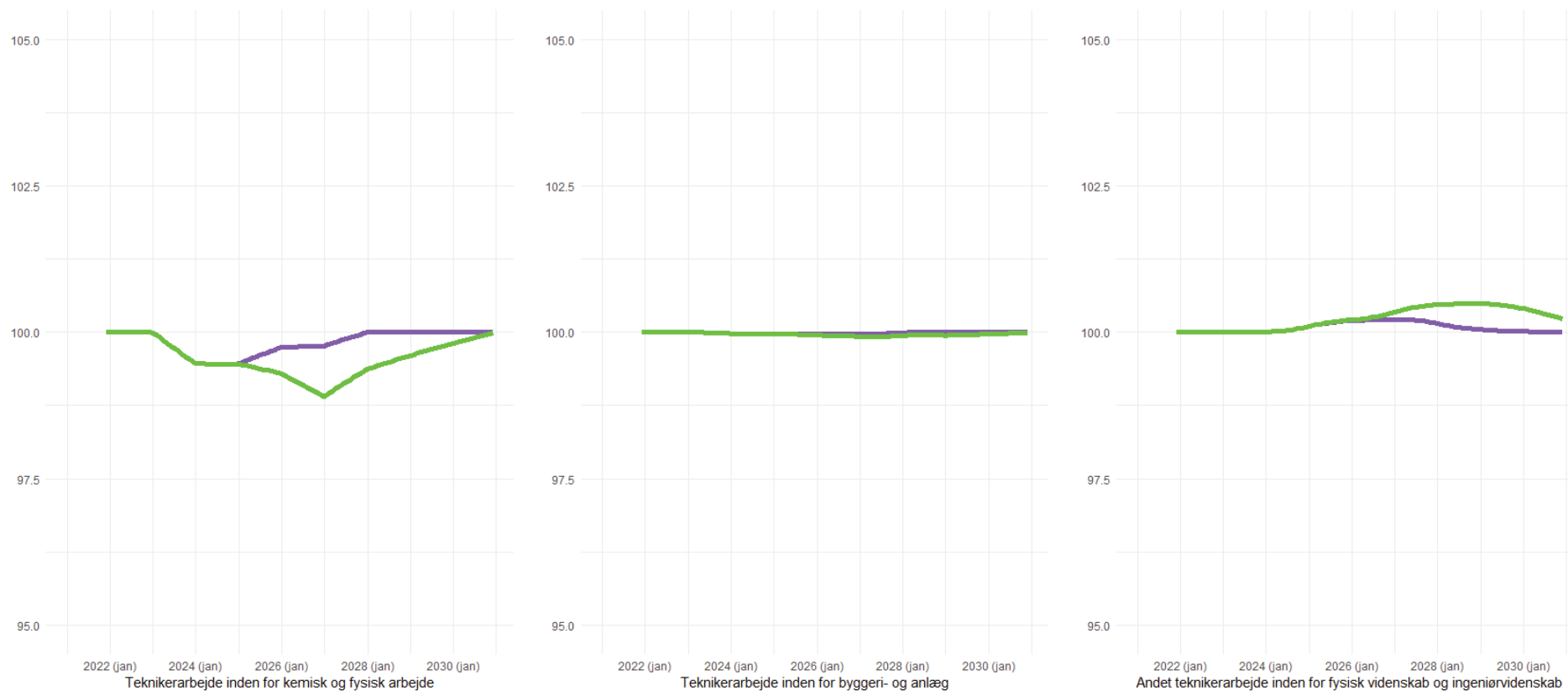
Referencefremskrivningen viste flaskehalse for seks funktioner, og evt. også for "Smedearbejde". Scenarie 3 viser, at en mere negativ demografisk udvikling, hvor færre personer i arbejdsstyrken har relevante kompetencer, fører til flaskehalse for yderligere to af arbejdsfunktionerne.



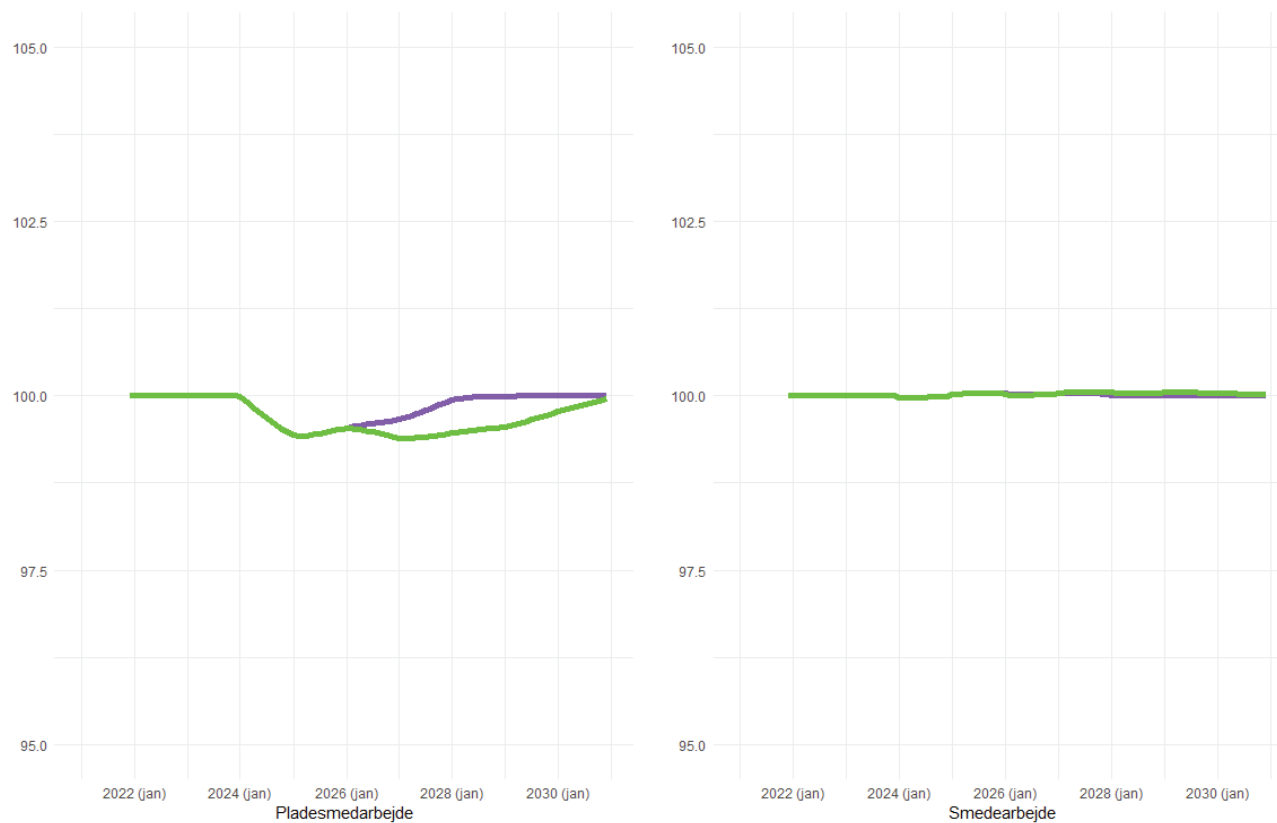
Figur 4.3: Scenarie 1 (lilla) og scenarie 2 (grøn) for af antal nye ledige per antal nye stillinger relativt til referencefremskrivningen



Figur 4.3 (fortsat): Scenarie 1 (lilla) og scenarie 2 (grøn) for af antal nye ledige per antal nye stillinger relativt til referencefremskrivningen

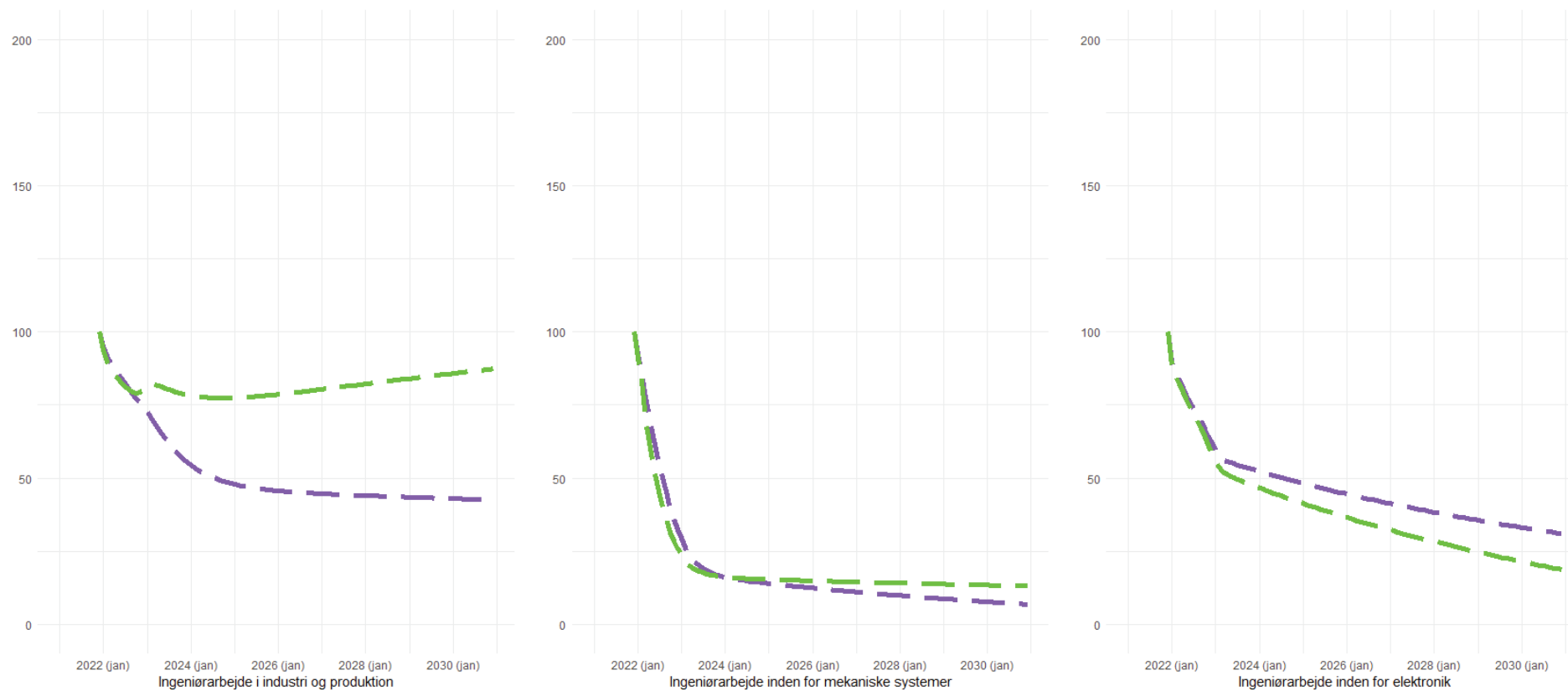


Figur 4.3 (fortsat): Scenarie 1 (lilla) og scenarie 2 (grøn) for af antal nye ledige per antal nye stillinger relativt til referencefremskrivningen

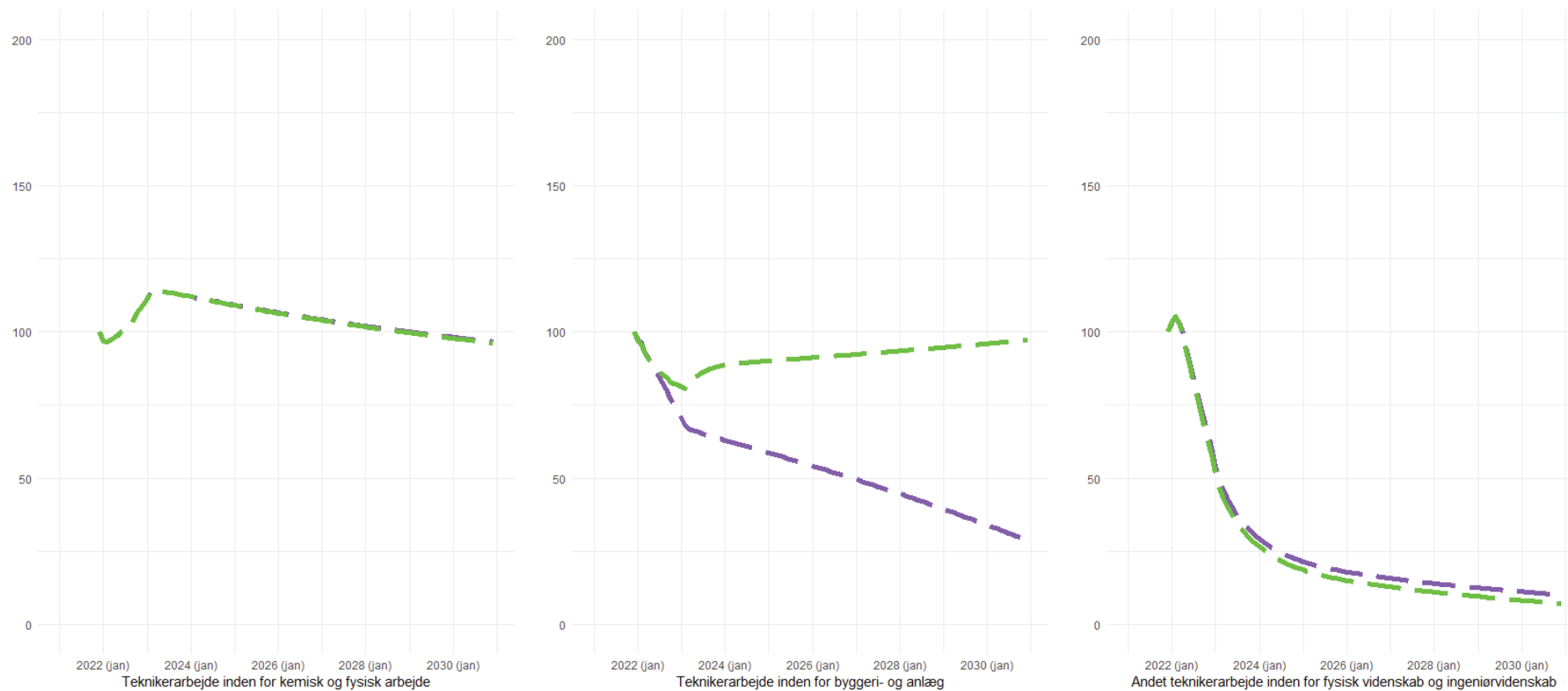


Figur 4.3 (fortsat): Scenarie 1 (lilla) og scenarie 2 (grøn) for af antal nye ledige per antal nye stillinger relativt til referencefremskrivningen

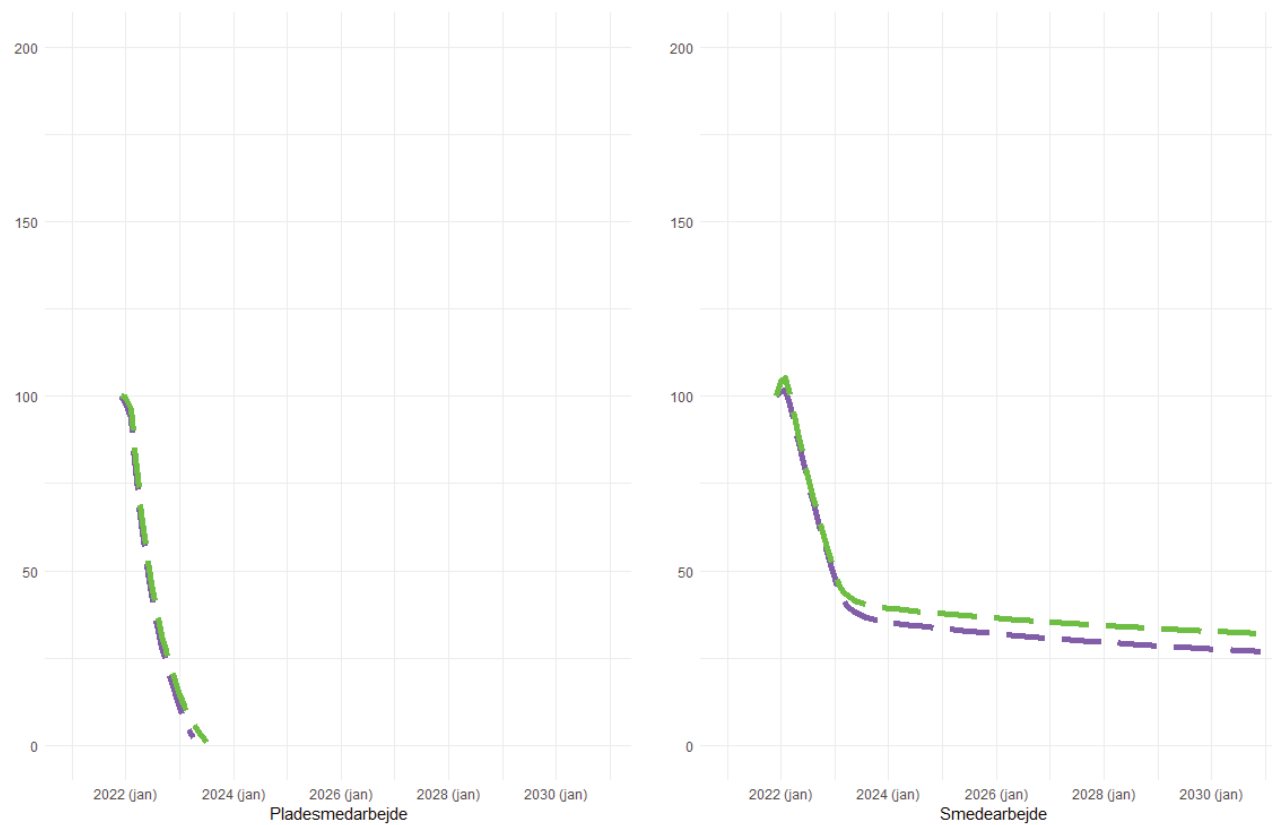




Figur 4.4: Scenarie 3 (lilla) og referencefremskrivning (grøn), antal nye ledige per antal nye stillinger, indekseret (januar 2021=100)



Figur 4.4 (fortsat): Scenarie 3 (lilla) og referencefremskrivning (grøn), antal nye ledige per antal nye stillinger, indekseret (januar 2021=100)



Figur 4.4 (fortsat): Scenarie 3 (lilla) og referencefremskrivning (grøn), antal nye ledige per antal nye stillinger, indekseret (januar 2021=100)

## HVOR VIL DER OPSTÅ FLASKEHALSE?

I dette kapitel er CO<sub>2</sub>Vision-fremskrivningsmodellen anvendt til at fremskrive arbejdsmarkedet og identificere potentielle mangler på kompetencer i det danske arbejdsmarked i 2030. Kompetencer er her ensbetydende med arbejdsfunktion. Dvs. personer, der udfører smedearbejde, har smedekompetencer uanset om personen er uddannet som smed eller ej.

CO<sub>2</sub>Vision-fremskrivningsmodellen er relativt generel og anvendes isoleret for hver enkelt arbejdsfunktion. Dog er den kun testet med data for de arbejdsfunktioner, der er typiske for CCUS-virksomheder i Danmark.

Modellen viser, at nogle relativt alvorlige flaskehalse er ved at udvikle sig i det danske arbejdsmarked. Der er ikke en entydig værdi for brøken "antal ledige personer per ledig stilling", som signalerer, at der er en flaskehals, men for de syv første arbejdsfunktioner i nedenstående liste ventes tallet at være under 10 i 2030. Dette gælder i reference-fremskrivningen og alle tre modellerede scenarier. Yderligere to funktioner, "Ingeniørarbejde i industri og produktion" og "Teknikerarbejde inden for byggeri og anlæg", er så følsomme overfor arbejdsstyrkens kvalifikationer, at den demografiske udvikling kun skal forværres lidt (scenarie 3), før der også er færre end 10 ledige per stilling for disse funktioner.

- Ingeniørarbejde inden for mekaniske systemer (15.800 personer)
- Ingeniørarbejde inden for elektronik (10.800 personer)
- Andet teknikerarbejde inden for fysisk videnskab og ingeniørvidenskab (17.200 personer)
- Pladesmedarbejde (46.700 personer)
- Smedearbejde (2.400 personer)

- Operatør og opstillingsarbejde af metalforarbejdningmaskiner (25.600 personer)
- Mekanikerarbejde, landbrugs- og industrimaskiner (6.000 personer)
- Ingeniørarbejde i industri og produktion (7.500 personer - scenarie 3)
- Teknikerarbejde indenfor byggeri og anlæg (4.000 personer - scenarie 3)

Tallet i parentes angiver hvor mange ledige der mangler, hvis der skal være mindst 10 ledige per stilling i 2030. Sammenholdt med andre studier kan det undre, at manglen for smedearbejde ikke er større, men de fleste andre studier fremskriver på uddannelse, ikke arbejdsfunktion, og smedeuddannede varetager andre funktioner end smedearbejde, eksempelvis pladesmedarbejde. Man kunne se i kapitel 3, at 50% af personerne med pladesmedarbejde i CCUS er uddannet som smed.

Lægger man alle tallene sammen, så mangler der et stort antal ledige på det danske arbejdsmarked i 2030, men tallene her skal tolkes om en øvre grænse for manglen, da der er en risiko for, at tallene er oppustede i det omfang, at ledige har flere jobønsker. En ledig kan eksempelvis søge både jobs med smedearbejde og jobs med pladesmedarbejde.

Flaskehalsene kan potentielt hindre udrulningen af CCUS ved at begrænse adgangen til relevante kompetencer. Men CCUS i sig selv vil ikke i nævneværdigt omfang forværre flaskehalsene, da CCUS-aktiviteter ikke fylder meget i den samlede danske økonomi.

Slutteligt skal det nævnes, at CO<sub>2</sub>Vision-fremskrivningsmodellen ikke håndterer ufaglærte. Andre analyser, inklusiv den kvalitative rapport udarbejdet i relation til det aktuelle projekt (Drejer og Østergaard, 2023), har påpeget, at der også vil blive efterspurgt en del ufaglærte i forbindelse med eksempelvis anlæg af CO<sub>2</sub>-fangstanlæg.

# **KAPITEL 5**

## **EXECUTIVE SUMMARY**



## OVERSIGT OVER RAPPORTENS INDHOLD

Grøn omstilling kan både kræve nye kompetencer og eksisterende kompetencer i større mængder. Denne ekstra efterspørgsel medfører risici for flaskehalse på arbejdsmarkedet. Flaskehalse kan medføre, at den grønne omstilling bliver forsinket men ikke helt standset (Lankhuizen et al. 2022).

Denne rapport har præsenteret empiriske kvantitative analyser og fremskrivninger af udbud af og efterspørgsel efter arbejdskraft og kompetencer relateret til Carbon Capture, Utilization, and Storage (CCUS – CO<sub>2</sub> fangst, anvendelse og lagring).

I kapitel 2 blev CCUS-innovationsøkosystemet i Danmark identificeret med henblik på at få et værktøj til at identificere virksomheder i Danmarks Statistiks (DST) registerdata, der bidrager til udvikling af CCUS-teknologi. Disse virksomheder inkluderer naturligvis virksomheder, der er direkte involveret i teknologisk udvikling relateret til CCUS, men også kunder til fangststudstyr og eventuelle aftagere af CO<sub>2</sub> er en del af innovationsøkosystemet. Desuden indeholder innovationsøkosystemet diverse støttefunktioner fra rådgivning til anlægsarbejde for CCUS.

I kapitel 3 blev viden om innovationsøkosystemet anvendt til empirisk at beskrive arbejdsstyrken i de virksomheder, der findes i den centrale del af CCUS-innovationsøkosystemet i registerdata fra DST. Dermed opnås en kvantitativ beskrivelse af de kompetencer, der anvendes i CCUS-innovationsøkosystemet. Den genererede viden om kompetencer blev dernæst kombineret med data fra Styrelsen for Arbejdsmarked og Rekruttering (STAR) til at beskrive arbejdsmarkedet for disse kompetencer med specielt henblik på at identificere potentielle flaskehalse i kapitel 4.

I kapitel 4 blev der gennemført en fremskrivning af arbejdsmarkedet

til 2030 for CCUS-kompetencer som identificeret i kapitel 3. Udgangspunktet for disse fremskrivninger er en statistisk model. Modellen er med andre ord baseret på historiske lovmæssigheder. Det betyder, at CO<sub>2</sub>Vision-fremskrivningsmodellen modellerer udbud og efterspørgsel samtidigt, og til dels tager højde for substitution mellem kompetencer ved at tillade, at personer med forskellige former for formel uddannelse kan udføre samme arbejdsfunktion. Ud over en referencefremskrivning, som er en "ren" fremskrivning af den forventede udvikling på baggrund af historiske data, er der modelleret tre scenarier:

- Scenarie 1: Ét stort CCUS-projekt med antaget opstart i 2023, som antages at koste 12 mia. kr. i 2010-priser inklusiv infrastruktur og lagring.
- Scenarie 2: En tredobling af scenarie 2, dvs. tre store CCUS-projekter, som antages at starte op i hhv. 2023, 2025 og 2026, og samlet antages at koste 36 mia. kr.
- Scenarie 3: Et alternativ uden antagelser om nye CCUS-projekter, men med en pessimistisk demografisk udvikling, som fører til færre personer i arbejdsstyrken med de relevante kompetencer.

## CCUS-INNOVATIONSØKOSYSTEMET

CCUS omfatter nødvendigvis en bred vifte af tæt forbundne innovationer til blandt andet at fange, transportere, lagre og anvende CO<sub>2</sub>. For private virksomheders innovationsindsats vil en sådan tæt sammenkobling medføre signifikante risici i tilknytning til investering i teknologiens udvikling. Muligheder for at skabe profit på en innovation indenfor lagring af CO<sub>2</sub> afhænger eksempelvis af andre innovationer indenfor lagring og transport af CO<sub>2</sub>. Desuden skal mange forskellige aktører indføre de nye CCUS-innovationer, før de kan blive succesfulde. Det er altså ikke nok at udvikle teknologien og markedsføre den, man er også afhængig af, at forskellige agenter tilpasser sig til indførelsen. Eksempelvis er det ikke tilstrækkeligt, at CCUS-teknologi indføres hos en udleder af CO<sub>2</sub>; det skal også indføres hos virksomheder, der arbejder med logistik, anlæg, vedligehold osv. De enkelte CCUS-innovationer er komplementære og kan ikke stå alene. Der må nødvendigvis være samtidige succesfulde innovationer indenfor fangst, kondensering, transport, lagring, anvendelse osv. Som med flere andre nye teknologier, så er teknologiens tilgængelighed og dens potentiale isoleret set utilstrækkeligt for, at med-innovation, tilpasning og indførelse sker automatisk på tværs af alle relevante agenter. Og derfor er det nødvendigt med et holistisk økosystemsperspektiv (se Drejer og Østergaard (2023) for en uddybende beskrivelse af innovationsøkosystemet).

I denne rapport konstrueres en oversigt over CCUS-innovationsøkosystemet i Danmark med udgangspunkt i CO<sub>2</sub> Visions kvalitative analyser (Drejer og Østergaard, 2023). Dette innovationsøkosystem indeholder en liste af branchekoder, som kendetegner virksomhederne indenfor systemet, og indenfor innovationsøkosystemet identificeres 133 virksomheder, som har en arbejdsstyrke med CCUS-relevant erfaring. Ved hjælp af data for virksomhedernes innovationsindsats kan vi bekræfte, at de 133 virksomheder kan siges at udgøre de danske CCUS-virksomheder.

## CCUS-KOMPETENCER

Den aktuelle kompetenceefterspørgsel beskrives ud fra CCUS-arbejdsstyrken, defineret som beskæftigelsen i CCUS-virksomhederne. Kompetencer beskrives først og fremmest ud fra de arbejdsfunktioner, der observeres i CCUS-arbejdsstyrken. Funktioner beskriver hvilke opgaver, der løses i CCUS-innovationssystemet. Dernæst genereres tabeller for uddannelse og arbejdsfunktion, som viser hvilken uddannelsesmæssig baggrund, de medarbejdere, der udfører en given funktion, har. Til sidst beskrives efter- og videreuddannelse (EVU) i CCUS-arbejdsstyrken.

Der identificeres ofte en bred vifte af ingeniørfaglige kompetencer i CCUS-arbejdsstyrken. Nogle af disse er blevet meget mere hyppige siden 2010; også i forhold til den samlede danske økonomi. En interessant observation i den forbindelse er, at personer med forskellige arbejdsfunktioner har relativt ens uddannelsesbaggrund. Eksempelvis har personer med funktionen "Ingeniørarbejde vedrørende bygninger og anlæg" og personer med funktionen "Ingeniørarbejde inden for miljø" det til fælles, at de typisk har en lang eller mellemlang videregående uddannelse indenfor byggeri og anlæg. Der observeres mange sammenfald af denne type, hvilket tyder på en vis tilpasningsdygtighed i CCUS-arbejdsstyrken, hvor medarbejdere kan flyttes mellem arbejdsfunktioner.

Interessant er det også, at mange personer med ingeniørfaglige funktioner har en mellemlang videregående uddannelse såsom maskinmester. Det er således ikke kun universiteterne, der forsyner CCUS-innovationsøkosystemet med arbejdskraft til at varetage ingeniørfaglige funktioner. Endvidere kan man se, at disse mellemlange videregående uddannelser ikke kun bidrager med arbejdskraft til de ingeniørfaglige kompetencer, men også til nogle af de mere tekniske, såsom "Teknikerarbejde inden for det mekaniske område" og "Teknikerarbejde inden for byggeri og anlæg".



## CCUS-KOMPETENCER

Baseret på det litteraturstudie af relevante tidligere studier, der blev gennemført i CO<sub>2</sub> Vision-projektets indledende fase (Holm, 2022), var det ventet, at CCUS-arbejdsstyrken ville omfatte mange faglærte kompetencer – ikke mindst til metalarbejde såsom funktionerne ”Smedearbejde” og ”Pladesmedarbejde”. Men analyserne i nærværende rapport viser, at disse funktioner ikke er blevet mere hyppige siden 2010. Dette kan dog skyldes, at den analyserede periode har været en periode domineret af udviklingsprojekter, og at efterspørgslen efter faglærte kompetencer derfor først kommer senere. Det er i den forbindelse værd at bemærke, at flere faglærte funktioner i CCUS-arbejdsstyrken har basis i de samme formelle uddannelser. Uddannelserne som smed og som industritekniker går igen flere gange. Tilfælde, hvor de samme uddannelser udgør basis for flere funktioner, kan, som allerede nævnt, være et tegn på fleksibilitet, hvis nogle funktioner bliver mere hyppige, mens andre bliver mindre hyppige. Men det kan også udgøre en risiko, eksempelvis hvis en uddannelse som smedeuddannelsen, skal levere arbejdskraft til flere funktioner, og en nedgang i antallet af uddannede smede dermed rammer CCUS-innovationsøkosystemet bredt.

Smedeuddannelsen er ikke et tilfældigt valgt eksempel i ovenstående. Selvom funktionen ”Smedearbejde” ikke ser ud til at være videre central i CCUS-arbejdsstyrken endnu, så er det immervæk den AMU-EVU, der anvendes langt oftest i CCUS-arbejdsstyrken. Noget af denne EVU er relateret til certificering og vedligeholdelse af kompetencer, men over en femårig periode observeres der alligevel mange gange flere AMU-smede-forløb, end der er personer med funktionen ”Smedearbejde” i CCUS-arbejdsstyrken. Og selvom smede-forløb er det hyppigste AMU-forløb, så er det langt fra det eneste. En bred vifte af AMU-forløb fra ”Chauffør” og ”Ledelse” til ”Automatik” og ”Maskinteknik” anvendes i CCUS-arbejdsstyrken.

## FREMSKRIVNINGER TIL 2030

I fremskrivningerne behandler vi separate arbejdsmarkeder for en række typer af arbejdskraft. Disse typer svarer til arbejdsfunktionerne analyseret i de forudgående empiriske afsnit. Modellen er beskrevet i detaljer i et særskilt metodenotat (Holm et al., 2023).

Modellen er en vektorautoregressiv (VAR) model, som samtidig modellerer udbud af og efterspørgsel efter en given type arbejdskraft. Forskellen på udbud og efterspørgsel viser risikoen for flaskehalse på arbejdsmarkedet, som kan hindre eller i hvert fald forsinke udrulningen af CCUS.

En VAR-model tager udgangspunkt i historiske data til at identificere statistiske lovmæssigheder mellem variable. I vores tilfælde er dette, foruden udbud og efterspørgsel, også den relative løn for den specifikke arbejdsfunktion, økonomisk aktivitet relateret til funktionen, samt kvalifikationer i arbejdsstyrken relateret til funktionen. Data starter i 2010 og fremskrivningerne løber til og med 2030.

Modellen er en model for arbejdsmarkedet på nationalt plan. Den er altså ikke afgrænset til CCUS eller regionalt afgrænset. Det vil eksempelvis ikke give mening at tale om et arbejdsmarked for smedearbejde inden for CCUS alene. Det kan i nogle tilfælde give mening at analysere regionale arbejdsmarkeder, men det medfører en del udfordringer for dataindsamlingen, og man må også antage, at arbejdsmarkeder har forskellig grad af regional afgrænsning. Det er eksempelvis muligt, at arbejdsmarkedet for smedearbejde har en stærkere tendens til regional afgrænsning end arbejdsmarkedet for ingeniørarbejde inden for miljø, da universitetsuddannede ofte er relativt geografisk mobile. Da vi anvender samme fremskrivningsmodel for alle arbejdsfunktioner, modellerer vi i alle tilfælde arbejdsmarkedet på nationalt plan.

## FREMSKRIVNINGER TIL 2030

Udgangspunktet for modelleringerne er data fra STAR. Udbud af arbejdskraft for en given arbejdsfunktion er defineret som antal nye jobparate ledige, der ønsker job indenfor funktionen, mens efterspørgsel er defineret som antal nyopslåede stillinger indenfor funktionen. Den primære interesse i fremskrivningerne er relationen mellem disse to tal: antal nye ledige og antal nye stillinger for en given arbejdsfunktion.

Modellen viser, at nogle relativt alvorlige flaskehalse er ved at udvikle sig i det danske arbejdsmarked. Der er ikke en entydig værdi for brøken "antal ledige personer per ledig stilling" der signalerer, at der er en flaskehals, men for de syv første arbejdsfunktioner i nedenstående liste ventes tallet at være under 10 personer i 2030. Dette gælder i referencefremskrivningen og alle tre modellerede scenarier. Yderligere to funktioner, "Ingeniørarbejde i industri og produktion" og "Teknikerarbejde inden for byggeri og anlæg", er så følsomme overfor arbejdsstyrkens kvalifikationer, at den demografiske udvikling kun skal forværres lidt (scenarie 3), før der også er færre end 10 ledige per stilling for disse funktioner.

- Ingeniørarbejde inden for mekaniske systemer (15.800 personer)
- Ingeniørarbejde inden for elektronik (10.800 personer)
- Andet teknikerarbejde inden for fysisk videnskab og ingeniørvidenskab (17.200 personer)
- Pladesmedarbejde (46.700 personer)
- Smedarbejde (2.400 personer)
- Operatør og opstillingsarbejde af metalforarbejdningsmaskiner (25.600 personer)
- Mekanikerarbejde, landbrugs- og industrimaskiner (6.000 personer)

- Ingeniørarbejde i industri og produktion (7.500 personer - scenarie 3)
- Teknikerarbejde indenfor byggeri og anlæg (4.000 personer - scenarie 3)

Tallene i parentes angiver hvor mange ledige, der mangler, hvis der skal være mindst 10 ledige per stilling i 2030. Sammenholdt med andre studier kan det undre, at manglen for smedearbejde ikke er større, men de fleste andre studier fremskriver på uddannelse, ikke arbejdsfunktion, og smedeuddannede varetager andre funktioner end blot smedearbejde (eksempelvis pladesmedarbejde). Man kunne se i kapitel 3, at 50% af personerne med pladesmedarbejde i CCUS er uddannet som smed.

Lægger man alle tallene sammen, så mangler der et stort antal ledige på det danske arbejdsmarked i 2030, men tallene her skal tolkes om en øvre grænse for manglen, da der er en risiko for, at tallene er oppustede i det omfang, at ledige har flere jobønsker. En ledig kan eksempelvis søge både jobs med smedearbejde og jobs med pladesmedarbejde.

Disse flaskehalse kan potentielt hindre udrulningen af CCUS ved at begrænse adgangen til relevante kompetencer. Men CCUS i sig selv vil ikke i nævneværdigt omfang forværre flaskehalsene, da CCUS-aktiviteter ikke fylder meget i den samlede danske økonomi.

Slutteligt skal det nævnes, at CO<sub>2</sub> Vision-fremskrivningsmodellen ikke inkluderer ufaglærte. Andre analyser, inklusiv den kvalitative rapport udarbejdet i relation til det aktuelle projekt (Drejer og Østergaard, 2023), har påpeget, at der også vil blive efterspurgt en del ufaglærte i forbindelse med konstruktion af CO<sub>2</sub>-fangstanlæg.

# REFERENCER

- Adner, R. (2012). *The wide lens. A new strategy for innovation*. Penguin.
- Arbejderbevægelsens Erhvervsråd (2023). [Dansk økonomi er bundsolid på tærsklen til afmatning](#). 14. februar 2023.
- COWI (2020). *Dansk Energi – Metodenotat*. COWI, Kongens Lyngby.
- Danmarks Nationalbank (2022). [\(Mis\)matching in the post-pandemic Danish labour market](#). 2. September 2022.
- Dansk Energi (2020). *Beskæftigelseseffekter af investeringerne i den grønne omstilling: Konsekvensanalyse*. Oktober 2020, Dansk Energi, Frederiksberg.
- Drejer, I. & Østergaard, C.R. (2023). [CCUS-udrulning i Danmark: Teknologi, kompetencer og arbejdskraft](#). Rapport fra CO<sub>2</sub>Vision – CCUS Fyrtårn Nordjylland, Aktivitet 2: Analyse & Vidensgrundlag, august 2023.
- Drejer, I., Holm, J.R. & Østergaard, C.R. (2023). [Kompetencebehov inden for fangst, anvendelse og lagring af CO<sub>2</sub> \(CCUS\) i Danmark - en analyse af kompetencegab og arbejdskraftbehov frem mod 2030](#). Rapport fra CO<sub>2</sub>Vision – CCUS Fyrtårn Nordjylland, Aktivitet 2: Analyse & Vidensgrundlag, august 2023.
- Holm, J.R. (2022). [Udbud af og efterspørgsel efter CCUS-relateret arbejdskraft og kompetencer - Relevante eksisterende kompetenceanalyser](#). Rapport fra CO<sub>2</sub>Vision – CCUS Fyrtårn Nordjylland, Aktivitet 2: Analyse & Vidensgrundlag, maj 2022.
- Holm, J.R., Bernth, C., Jensen, K.G.B. & Skipper, E. (2023). [Metodenotat til CO<sub>2</sub>Vision-fremskrivningsmodel](#). Rapport fra CO<sub>2</sub>Vision – CCUS Fyrtårn Nordjylland, Aktivitet 2: Analyse & Vidensgrundlag, juli 2023.
- Lankhuizen, M., Diodato, D., Weterings, A., Ivanova, O., & Thissen, M. (2022). Identifying labour market bottlenecks in the energy transition: a combined IO-matching analysis. *Economic Systems Research*, 1-26.
- Østergaard, C.R., Holm, J.R., Iversen, E., Schubert, T., Skålholt, A., and Sotarauta, M. (2021). “[Environmental Innovations and Green Skills in the Nordic Countries](#)”. In *Rethinking Clusters: Place-based Value Creation in Sustainability Transitions (pp. 195-211)*. Springer International Publishing.