CARBON CAPTURE, UTILISATION AND STORAGE

ANALYSE AF GLOBALE TEKNOLOGITRENDS OG HOTSPOTS

TEKNOLOGISK INSTITUT

Titel:
Carbon capture, utilisation and storage
Analyse af globale teknologitrends og hotspots

Udarbejdet af:
Teknologisk Institut
Gregersensvej 1
2630 Taastrup
Analyse og Erhvervsfremme

August 2022

Forfattere:
Stig Yding Sørensen
Leif H. Jakobsen
Jina Wickmann
Jacob Ask Hansen,
Anna Zink Eikeland
Quynh Thu Nguyen
Sune Dowler Nygaard

Layout Anette Nicolajsen

Fotos:
Pixabay.com
Adobe Stock
JumpStory

Indhold

DANSK TEKNOLOGI KAN INDFANGE CO2 – MEN HELE VERDEN UDVIKLER NY TEKNOLOGI 4

1. CCUS UDVIKLES I AVANCEREDE ØKONOMIER 8

2. KINESISKE AKTØRER VINDER FREM 14

3. TEKNOLOGISK FOKUS FOR CCUS 16

4. AKTØRER OG FOKUS I FORSKNING, UDVIKLING OG INNOVATION FOR CCUS 18

4.1. FORSKNING I CCUS 19

4.2. CCUS INNOVATION 22

5. EUROPÆISK UDVIKLING AF CCUS-TEKNOLOGIER INDHENTER TABT TERRÆN 26

6. DANSKE VIRKSOMHEDER BIDRAGER TIL DEN TEKNOLOGISKE UDVIKLING AF CCUS 30

7. TECH-MINING: SÅDAN ER VERDENS TEKNOLOGIER RELATERET TIL CCUS IDENTIFICERET 32

FIGUR 1 CCUS SOM TEKNOLOGI OG INNO-CCUS-MISSIONEN 6

FIGUR 2 CCUS – GLOBALE HOTSPOTS 9

FIGUR 3 GLOBAL INNOVATIONSAKTIVITET – ANSØGTE PATENTER 2003-2024 11

FIGUR 4 TEKNOLOGIENS LIVSCLUS – CCUS ER EN MODEN TEKNOLOGI 13

FIGUR 5 GLOBAL PATENTAKTIVITET – 10 MEST AKTIVE NATIONER 15

FIGUR 6 TEKNOLOGISK FOKUS PÅ KLIMATEKNOLOGIER 16

FIGUR 7 DE TI HYPPIGSTE UNDERTEKNOLOGIER NÆVNT FOR CCUS 17

FIGUR 8 FORSKNINGSHOTSPOTS. FORSKNINGSAKTØRERNES GEOGRAFISKE FORDELING 19

FIGUR 9 TOP-20 FORSKNINGSAKTØRER GLOBALT 20

FIGUR 10 FORSKNINGENS TEKNOLOGISKE FOKUS – DE 10 MEST ALMINDELIGE TEKNOLOGIKODER FOR FORSKNING I CCUS 2003-2020 21

FIGUR 11 HOTSPOTS: VIRKSOMHEDERNES GEOGRAFISKE FORDELING 23

FIGUR 12 TOP-20 VIRKSOMHEDSAKTØRER GLOBALT 23

FIGUR 13 INNOVATIONENS TEKNOLOGISKE FOKUS – DE TI MEST ALMINDELIGE TEKNOLOGIKODER FOR PRIVATE OG VIRK-SOMHEDERG 24

FIGUR 14 EUROPÆISKE HOTSPOTS. KORT OVER HOTSPOTS FOR TEKNOLOGISK UDVIKLING I EUROPA 27

FIGUR 15 EUROPÆISK PATENTAKTIVITET 2003-2024 – TOTALT SET OG RELATIVT SET 27

FIGUR 16 DE 20 MEST PATENTERENDE VIRKSOMHEDER OG INSTITUTIONER I EUROPA 29

FIGUR 17 140 DANSKE AKTØRER I CCUS 30

FIGUR 18 UDFORDRINGEN I INDKREDSNING AF RELEVANTE TEKNOLOGIER 33

FIGUR 19 INNOVATIONSHJULET FOR CCUS-PATENTERNE 35

Dansk teknologi kan indfange CO_2 – men hele verden udvikler ny teknologi

Indfangning, udnyttelse og lagring af CO_2 er en af de nødvendige veje[1] til at reducere mængden af CO_2 i atmosfæren og dermed reducere klimaeffekten ved afbrænding af fossile brændstoffer. Nye tal fra Teknologisk Institut viser, at der de seneste år, verden over, er udtaget mere end 20.000 patenter på teknologier, der kan anvendes til indfangning, udnyttelse og lagring af CO_2. Væksten i teknologiinteressen er globalt set lidt aftagende, men der er fortsat solid interesse fra virksomheder i at udvikle ny teknologi, som kan anvendes. På forskningssiden er især kinesiske universiteter og institutioner spurtet frem de senere år, mens EU og USA ser ud til at dominere den mere markedsnære udvikling.

Bag analysen står Teknologisk Institut, som her præsenterer et deep-dive i den internationale udvikling af teknologi til indfangning, udnyttelse og lagring af CO_2 – også kendt som og her forkortet til CCUS (CARBON CAPTURE, UTILISATION AND STORAGE). Analysen undersøger, hvor CCUS-teknologier udvikles og af hvem, fordi det viser både politiske prioriteter og markedsmæssig interesse. Desuden kaster analysen lys over delteknologiers udvikling og på de virksomheder og forskningsinstitutioner, som står bag forskning og innovation.

Kortlægningen, analysen og fortolkningen af de globale teknologier er gennemført af Teknologisk Institut for at give indblik i den globale teknologiudvikling indenfor CCUS.

[1] Se rapport fra Internationale Energi Agentur: https://iea.blob.core.windows.net/assets/7f8aed40-89af-4348-be19-c8a67df0b9ea/Energy_Technology_Perspectives_2020_PDF.pdf

Kortlægningen giver anledning til at fremhæve følgende observationer:

- Teknologiudviklingen for CCUS, som den aftegner sig gennem patenter, fordeler sig over fire geografis hovedområder, nemlig det vestlige og især det østlige USA, det centrale Europa og det sydøstlige Asien centreret omkring lande som Kina, Taiwan, Korea og Japan.

- Udvikling af CCUS har generelt været langsom og det er fortsat dyre løsninger, så investeringer i FoU er nødvendige for at gør CCUS økonomisk levedygtigt. Fra 2003 til 2010 var teknologierne i en klar vækstfase, men siden er udviklingen stagneret på et modent niveau med omkring 1.300 årlige patenter og mere end 900 patentansøgere. Det modne niveau kan vare mange år, hvis der fortsat er interesse, og hvis de 900 aktører finder hver deres niche og muligheder.

- Hvis udviklingen følges i de 10 lande, hvor de fleste CCUS-patenter udtages, så er der særligt vækst i teknologiudviklingen i Kina, hvor antallet af patenter i perioden 2010 til 2020 blev 2,4 gange større.

- Kina er således nået op på niveau med USA, hvis aktiviteten angives efter antal ansøgte patenter, hvor kun kinesiske patenter søgt i mere end ét land tæller med. USA har modtaget 16 procent af alle patentansøgninger, mens Kina har modtaget 15 procent efter år 2000.

- Hvert fjerde patent, eller 5.603 patenter af de 22.271 CCUS-patenter, er udtaget af forskningsinstitutioner verden over med høj koncentration i Kina og asiatiske lande.

- Når det gælder virksomhederne, så fylder de kinesiske og øvrige asiatiske også i billedet, men de er langt fra dominerende. Virksomheder i Europa og USA er godt med i patenteringen, og for danske aktører er det gode nyheder, at der er udviklet praktiske løsninger og teknologier, som kan anvendes hos de samhandelspartnere, vi normalt og i særlig grad omgås. Det er værd at bemærke, at på top-20 listen over de globale CCUS-giganter optræder der ikke kinesiske virksomheder.

- I Danmark er der identificeret 11 patenttagere, som dækker over langt flere aktører omkring CCUS i Danmark. Teknologisk Institut har ved hjælp af netværk, tilskudspuljer, medieomtaler mv. identificeret mere end 140 organisationer, netværk og især virksomheder i Danmark, som er engageret i en eller flere dele af CCUS-teknologierne. Virksomhederne er typisk større virksomheder, som har kompetencer og ressourcer til at udvikle og arbejde med ny teknologi.

Rapporten her har til formål at kortlægge, analysere, fortolke og identificere de overordnede tendenser inden for teknologier, som indgår i CCUS. Rapporten udpeger de teknologiske hubs i verden samt de teknologisk førende teknologiudviklere. Kortlægningen er også et unikt udgangspunkt for mere dybdegående analyser af teknologiske nyskabelser inden for mere specifikke CCUS-teknologier. Sådanne analyser ligger dog uden for denne kortlægning.

Der findes ingen fuldstændige datakilder til analyse af teknologisk udvikling, men der findes globale patent-databaser, der opdateres på daglig basis og giver det mest komplette billede. Når patenter, aktører, geografi og teknologier vurderes i sammenhæng, så giver det stærke indikationer på kommerciel interesse, samfundsmæssige prioriteter og af styrken i det teknologiske miljø. I rapportens sidste afsnit gøres der rede for metoderne bag tech-mining samt for forbehold og fortolkningsmæssige muligheder. Ydermere beskrives den afgrænsning af CCUS-teknologi, som ligger bag analysen.

FIGUR 1: CCUS SOM TEKNOLOGI OG INNO-CCUS-MISSIONEN

CCUS (CARBON CAPTURE, UTILIZATION AND STORAGE) er en samlet betegnelse, der beskriver forskellige metoder til at indfange, anvende og lagre CO_2; CO_2 kan enten indfanges direkte fra den udledende kilde eller fra atmosfæren. Hvis kulstoffet ikke anvendes på stedet, kan den fangede CO_2 enten opbevares permanent i geologiske reservoirer eller bruges til andre formål såsom føde- og drikkevareproduktion, kemikalier, byggematerialer og syntetiske brændstoffer til fly, hvor fossilt kulstof kan erstattes.

Hvis der skal leveres omfattende reduktioner af emissionen af CO_2, er CCUS på nuværende tidspunkt en af de få mulige tilgange, særligt inden for industrier, der er svære at reducere, fx cement- og stålindustrien.

Teknologisk Institut er bredt engageret i en rolle som brobygger mellem den nyeste forskning og behovet for ny teknologi, der sikrer dansk erhvervslivs grønne omstilling og fortsatte stærke konkurrenceevne. Instituttet er med INNO-CCUS involveret i tre projekter:

- **Monitorering.** Teknologisk Institut vil i samarbejde med Gas Storage Denmark, Dansk Gasteknisk Center, Explicit og Aarhus Universitet udvikle avancerede monitoreringsteknologier baseret på dels on-site sensorer og dels anvendelsen af satellitbaserede målinger, der skal anvendes for at opdage udslip fra den infrastruktur, der er nødvendig for håndteringen af CO_2 samt fra de geologiske lagre.

- **Testplatform.** Teknologisk Institut har igangsat arbejdet med at udvikle en testplatform, der skal afprøve teknologier til udnyttelse af CO_2 fra biomasse-fyrede anlæg under realistiske driftsforhold i pilotskala.

- **Renere cement.** Cementindustrien udleder en betydelig mængde CO_2, som i dag udgør otte procent af den globale CO_2-belastning. I projektet NewCement vil en ny proces blive udviklet, hvor cementproduktionen foregår ved forbrænding i ren ilt, og derved sikrer muligheden for effektiv indfangning af CO_2 fra processen.

Kilde: *Teknologisk.dk https://www.teknologisk.dk/projekter/inno-ccus-og-8211-danmarks-koereplan-for-fangst-lagring-og-anvendelse-af-co2/43685*

CCUS: Fangst, lagring og anvendelse af CO_2

Kilder til CO_2

Energiproduktion: kul, biogas, naturgas, olie, biomasse

Sværindustri: cement, jern og stål

Olieraffinaderier

Kemisektoren: ammoniak, syntetiske brændstoffer

Luften

Fangst af CO_2

Direkte fra skorstene, fx på et forbrændingsanlæg eller cementvirksomhed

Direkte fangst fra den omgivende luft, men ikke fra en specifik kilde

Biologisk: fangst og lagring i biologisk materiale, fx genplantning af træer

Mineralisk: fangst og lagring i mineralske produkter, fx beton

Transport af CO_2

Rørledninger over eller under jorden eller på havets bund

Skibe

På landjorden, fx lastbiler og tog

Lagring af CO_2

Geologisk: nedlagte olie- og gasfelter, saltvandsmagasiner

Mineralisk: fangst og lagring i mineralske produkter, fx beton

Biokul (biochar), som er forkullet restmateriale fra biomasse

Anvendelse af CO_2

Kemisk omdannelse til fx polymerer, brændstoffer, byggematerialer, solventer

Biologisk omdannelse til fx carboxylsyrer og ingredienser til foder og fødevarer

© Teknologisk Institut

© JumpStory

1. CCUS udvikles i avancerede økonomier

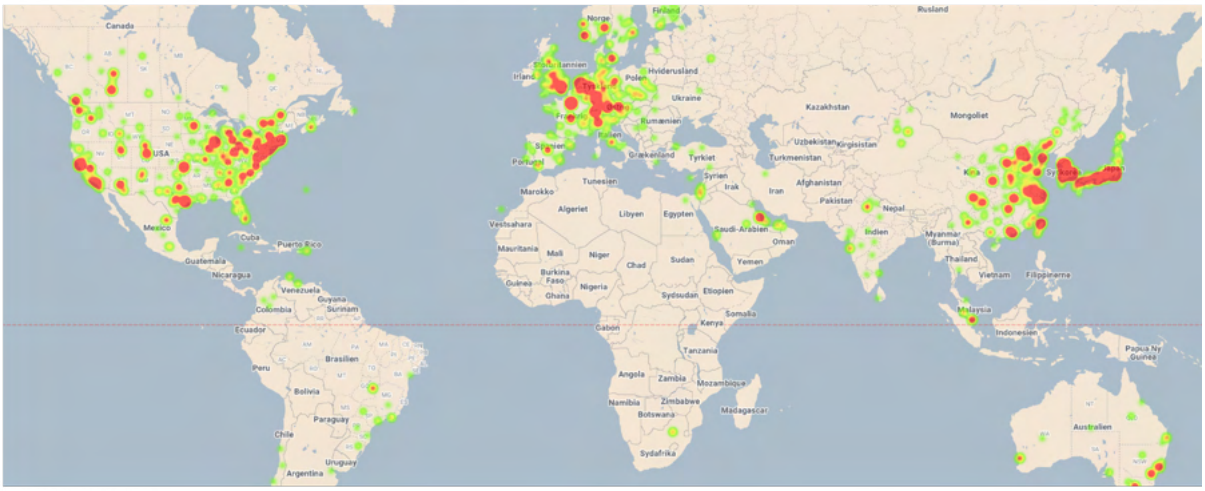
Patentsøgningen har identificeret 22.271 patentfamilier, i det følgende omtalt som patenter, fordelt ud over hele verden siden 2003. Se kapitel 5 for en præsentation af metoden bag patentsøgninger.

Teknologiudviklingen for CCUS, som den aftegner sig gennem patenter, fordeler sig over tre geografiske hovedområder, nemlig det vestlige og især det østlige USA, det centrale Europa og det sydøstlige Asien centreret omkring lande som Kina, Taiwan, Korea og Japan, se Figur 2. Kortet, der er vist her, er interaktivt og bygger på 10.000 af de mest relevante patenter. Det er muligt at åbne kortet via en browser og zoome ind på de enkelte patenthavere og deres patenter. Farverne indikerer koncentrationen af patenthavere, hvor grøn angiver en lav koncentration, gul en højere koncentration, og den røde farve angiver den højeste koncentration af patenttagende aktører i relation til CCUS. Områderne kan også betegnes som hotspots for teknologisk udvikling. Bemærk i kortet, at selv i Danmark er koncentrationen stærk nok til at vise et hotspot for udviklingen af CCUS i hovedstadsområdet.

Den omfattende udvikling af CCUS-teknologi i udlandet betyder, at det er afgørende for den danske udvikling og for investeringer og etablering af anlæg i Danmark, at udviklingen af CCUS-teknologier følges nøje. Kortet viser også, at der for CCUS-aktører er mange samarbejdsmuligheder med nabolandene.

FIGUR 2: CCUS – GLOBALE HOTSPOTS

Hot-spots for CCUS udvikling



rebrand.ly/ws0l47w

10.000 mest relevante patenter placeret efter hovedansøgerens adresse. Kortet kan ses online ved brug af QR-kode og kodeord "teknologi".

Kilde: *Teknologisk Institut: Knap 10.000 mest relevante patenter ud af de 22.271 identificerede patenter placeret efter hovedpatenthaverens adresse. Kortet kan ses online på http://rebrand.ly/ws0l47w eller ved brug af QR-koden og kodeord "teknologi". Kortets farvelægning og beregning af koncentrationer sker automatisk på baggrund af adresseoplysninger på de nuværende patentejere, som de er opgivet i patenterne. Adresseoplysningerne er angivet på mange skriftsprog og kan være utilstrækkelige, så få hundrede patenter af de 10.000 er ikke repræsenteret på kortet. Softwarens maxgrænse er 10.000 observationer på kortet, men betragtet som udvalg er næsten hvert andet patent medtaget i analysen, der er repræsenteret på kortet. Fordelingen af hotspots kan altså antages at være repræsentativ for alle patenter i relation til CCUS.*

Udviklingen i antallet af ansøgte patenter samt estimerede tal frem mod 2024 er illustreret i Figur 3. Grafen viser, at interessen for CCUS-teknologier blev tredoblet fra 2003 til 2010 fra 456 patenter til 1.149 patenter, hvorefter udviklingen har ligget på et stabilt niveau omkring 1.200 patentansøgninger om året. Estimeringen antyder, at der kunne være en svagt faldende tendens i innovationsaktiviteten for CCUS fra omkring 2019 – men faldet kan også have eksterne forklaringer som fx faldende aktivitet på grund af COVID-pandemien.

Væksten kan analyseres og beskrives ved at studere forholdet mellem antallet af ansøgere og ansøgte patenter. Forholdet mellem de to giver et indtryk af teknologiens livscyklus.

Der kan groft sagt være tale om fem forskellige udviklingstrin, som kan afløse hinanden:

1. **Foster**stadiet. Her fødes den grundlæggende teknologi. Forskning og udvikling er koncentreret på få virksomheder, og antallet af patenter er lavt.

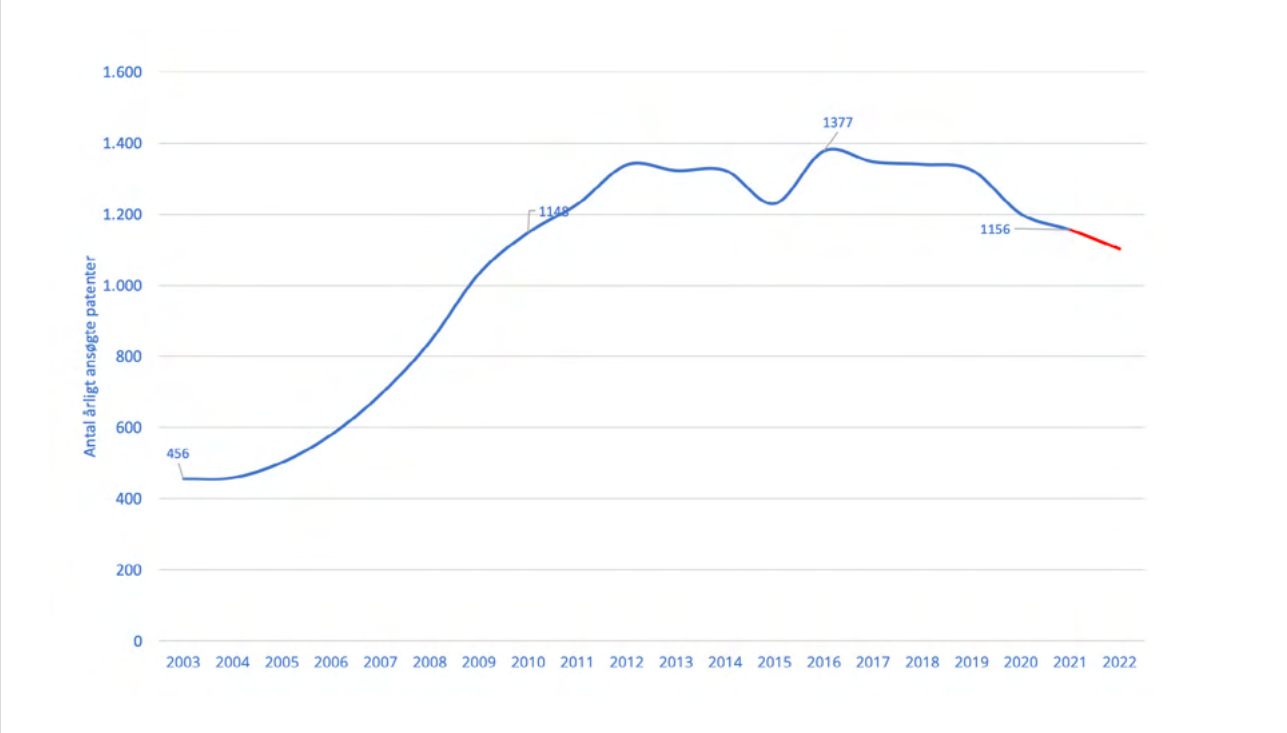
2. **Vækst**stadiet. Teknologien breder sig. Antallet af anvendelser stiger, og antallet af ansøger vokser, i takt med at markedet vokser i størrelse.

3. **Modenhed**. Teknologien modnes, og færre virksomheder investerer i forskning og udvikling (FoU). Vækst i antal patenter og ansøger er begrænset.

4. **Udfasning** Antallet af patentansøgere formindskes tydeligt, og der er ikke megen teknologisk udvikling. I takt med at teknologien forældes, trækker mange virksomheder fra området, og antallet af patenter reduceres.

5. **Opblomstring**. Teknologien kan muligvis blomstre op igen, fx via et teknologisk gennembrud, som revitaliserer teknologiområdet.

FIGUR 3: GLOBAL INNOVATIONSAKTIVITET – ANSØGTE PATENTER 2003-2024



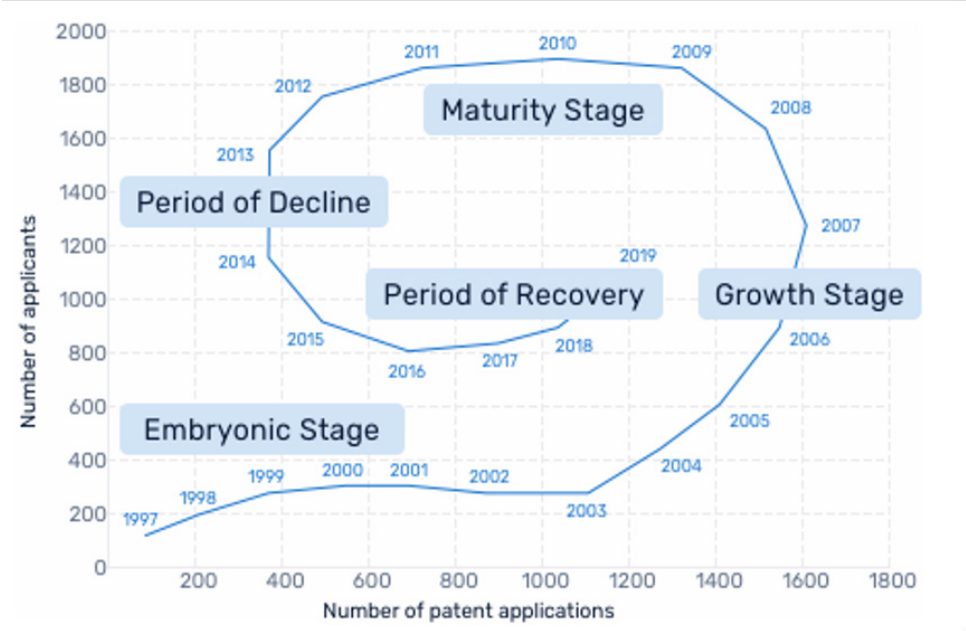
Kilde: *Teknologisk Institut: Tallene fra 2020 ff. er estimeret ved at anvende den gennemsnitlige vækstrate fra de seneste to år.*

Figur 4 illustrerer teknologiudviklingen både teoretisk på de 5 trin og konkret for CCUS-teknologien. Fra 2003 til 2010 var teknologien i en klar vækstfase, men siden har udviklingen stagneret på et modenhedsniveau med omkring 1.300 årlige patenter og mere end 900 patentansøgere. Der er to veje fra modenhedsniveauet – den ene vej er udfasning, som kan ske, hvis den kommercielle interesse falder sammen med antallet af aktører, der derfor udvikler på teknologien. Den anden vej er en opblomstring, som kunne ske ved forøget politisk prioritering og investeringer i lagring af klimagasserne, fx som følge af en forværring af klimaforandringerne. En anden mulighed er nye teknologiske gennembrud, som udvider mulighederne for teknologien. Det modne niveau kan også gå hen og vare mange år, hvis der fortsat er interesse og de 900 aktører finder hver deres niche og muligheder. 900 årlige aktører antyder trods alt en stor diversitet i tilgangen til CCUS. En analyse fra McKinsey[2] medregner CCUS som en af de teknologiske løsninger, som lover begrænsning af CO_2 i atmosfæren, men McKinsey konkluderer også, at brugen af CCUS i dag er minimal på grund af meget høje udgifter til etablering af anlæg. Forskning og udvikling af kommercielt levedygtige løsninger er nødvendigt. Det kan fx være løsninger, der indfanger CO_2 direkte i forbindelse med afbrændinger, løsninger CO_2 der udtrækker direkte fra luften (Direct Air Capture) eller at binde CO_2 direkte til cement.

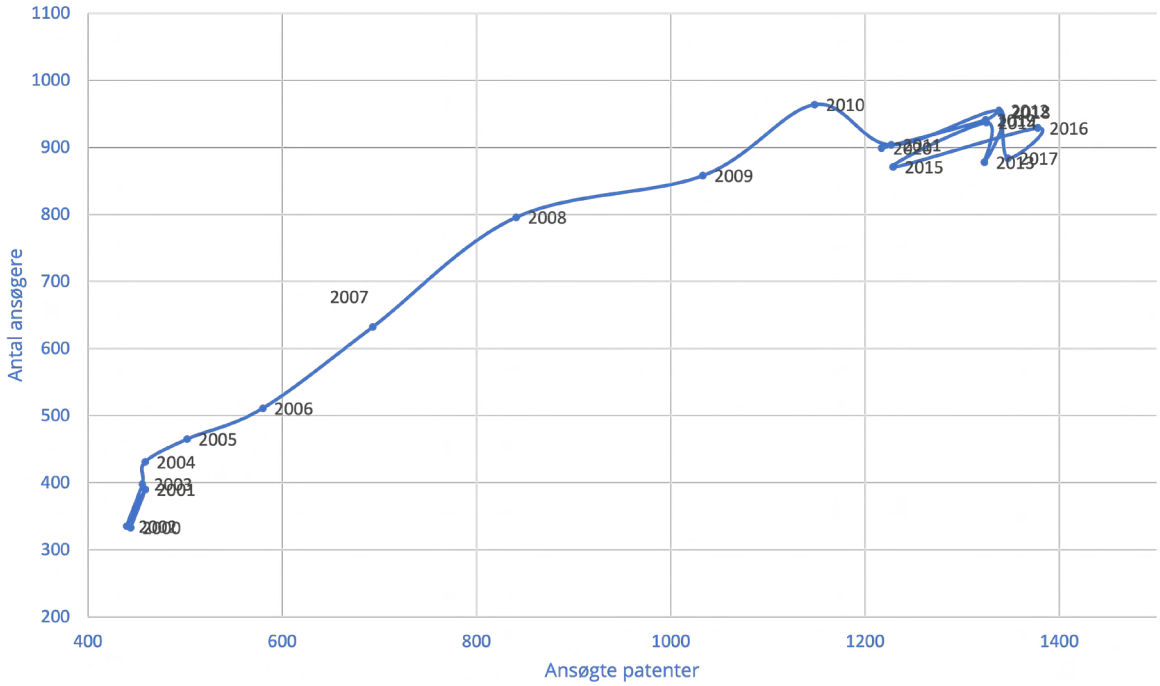
[2] An executive's guide to climate technology | McKinsey (2021): https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/innovating-to-net-zero-an-executives-guide-to-climate-technology?cid=repeat-soc--mip-mck-oth-2112--&sid=7326070813&linkId=175157451

© Adobe Stock

FIGUR 4: A+B TEKNOLOGIENS LIVSCLUS – CCUS ER EN MODEN TEKNOLOGI



4A er modeldata, der forklarer, hvordan udviklingen i forskellige faser kan fortolkes. Den øverste del af figuren er modeldata og viser udviklingen i forholdet mellem antal patenter og ansøgere over årene.



4B, den nederste del af figuren, viser resultater for CCUS-teknologierne. Med tydelig vækst frem til omkring 2012-14, hvorefter udviklingen har holdt sig på et modent niveau med nogenlunde stabilt antal ansøgere og patenter. Derfor står årstallene lidt hulter til bulter i figuren.

2. Kinesiske aktører vinder frem

Som kortet i Figur 2 viste, er der aktivitet over hele verden, mens teknologien overordnet ser ud til at være i en modenhedsfase. Figur 5 viser, at udviklingen er mere nuanceret end blot stabil på modenhedsniveauet.

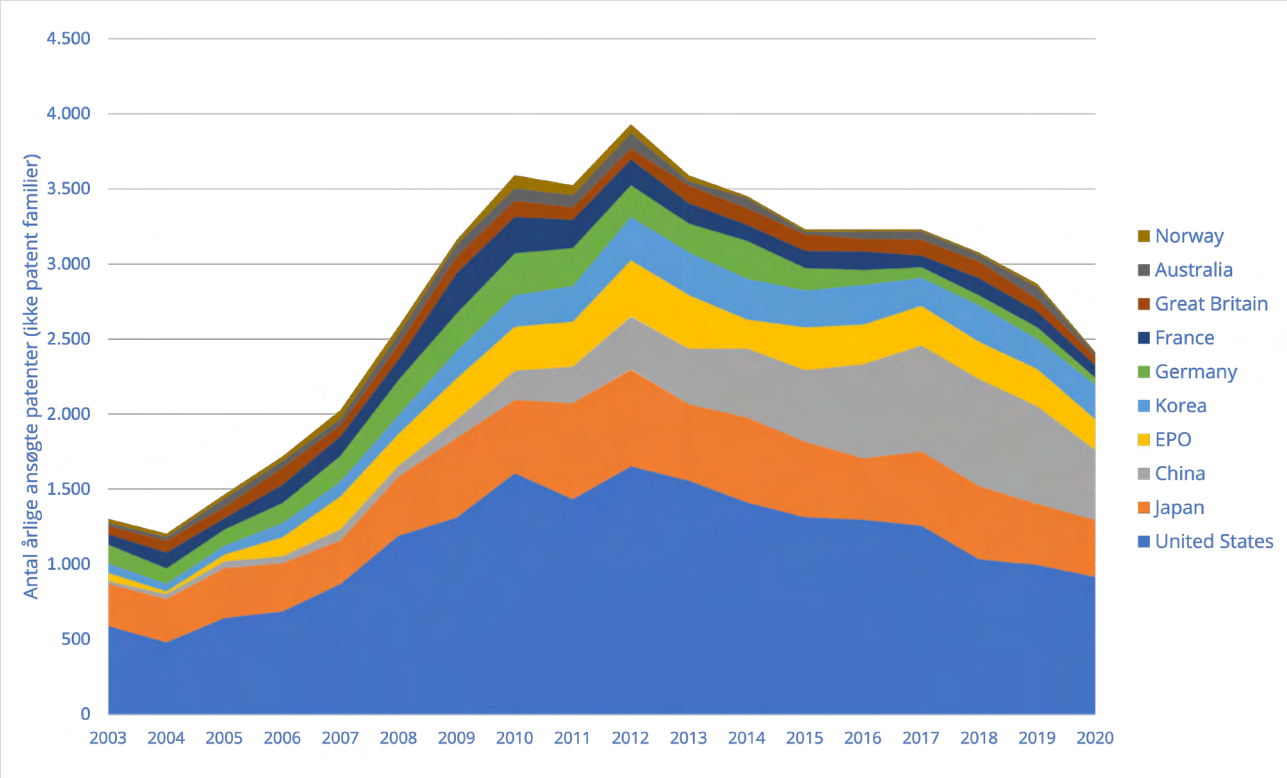
Hvis udviklingen følges i de 10 lande, hvor de fleste CCUS-patenter udtages, så er der vækst i teknologiudviklingen i især Kina, hvor antallet af patenter i perioden 2010 til 2020 blev 2,4 gange så stort, mens antallet af patenter ansøgt fra de øvrige lande blev mindre i perioden fra 2010 til 2020. USA (0,57x), Japan (0,58x), EPO – Europæiske patent organisation (0,70x) osv. Når patenter udtages i et land, kan det være tegn på markedsinteresse, som vurderes til at være stigende i Kina, mens interessen er faldende – eller måske blot stagnerende – i den øvrige verden.

Kina er således på niveau med USA, hvis aktiviteten angives efter antal ansøgte patenter. I søgningen blev kun kinesiske patenter, der er søgt i mere end et land, talt med. USA har modtaget 16 procent af alle patentansøgninger, mens Kina har modtaget 15 procent efter år 2000.

Hvis perspektivet vendes, og det undersøges, hvor den oprindelige teknologi i en patent-familie stammer fra, nuanceres billedet yderligere. Den teknologiske tyngde ligger i USA, hvor 37 procent af de ansøgte patenter har oprindelse og altså kan betragtes som "amerikansk teknologi", og tilsvarende omfatter "japansk teknologi" 16 procent af patenterne siden år 2000. "Kinesisk teknologi" udgør 10 procent.
Intet europæisk land kan måle sig med Kina, men der grund til at se på europæiske landet samlet. Samlet står de europæiske aktører stærkt, hvor de tyske og franske aktører hver udgør 5 procent, britiske 3 procent og norske 1 procent, mens generelt europæiske (udtaget via den europæiske patentorganisation EPO) udgør 7 procent. Set ud over det samlede landskab er europæiske aktører bag en betydelig del af CCUS-udviklingen – alene for top-10 aktørerne kan 21 procent af de ansøgte patenter (ikke opdelt efter familie) siges at være baseret på europæisk teknologi. Dertil kommer bidrag fra mindre aktive nationer målt i volumen som fx øvrige nordiske lande samt øst- og sydeuropæiske lande.

For de danske CCUS-aktører kan det være oplagt at følge den teknologiske udvikling i både USA og Kina, mens samarbejder i Europa kan vise sig at give essentielle muligheder.

FIGUR 5: GLOBAL PATENTAKTIVITET – 10 MEST AKTIVE NATIONER



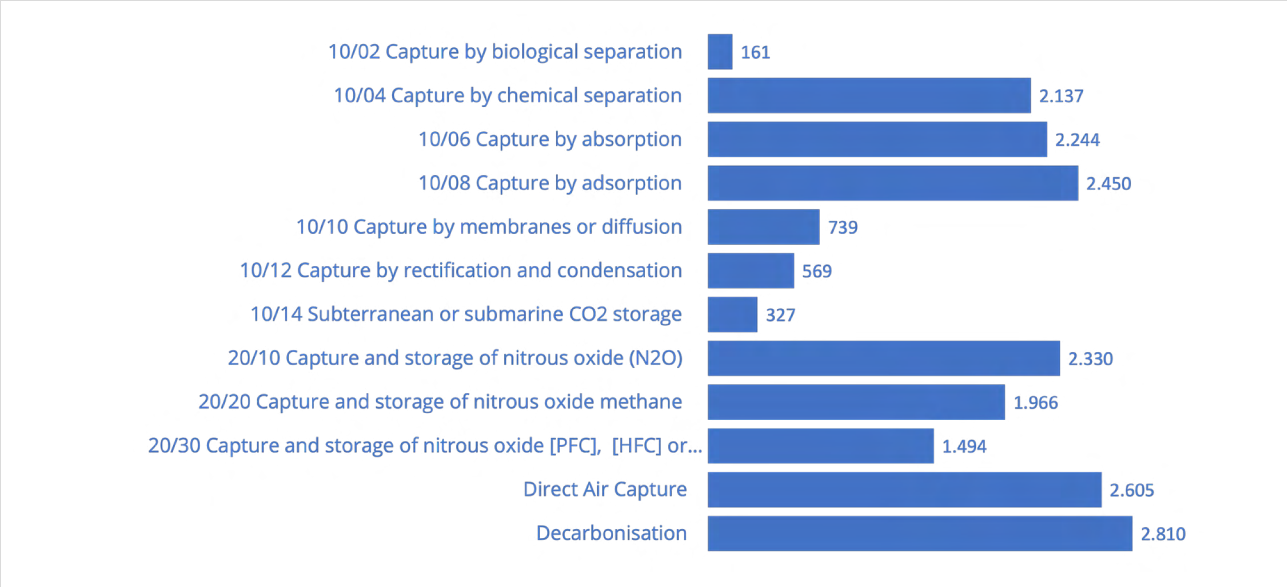
Kilde: *Teknologisk Institut – egne beregninger for 10 mest patenterende nationer. Figuren er opgjort pr. patent og ikke pr. patentfamilie.*

3. Teknologisk fokus for CCUS

Det teknologiske fokus for udviklingen kan opgøres på mindst to måder. Begge metoder tager udgangspunkt i de teknologikoder, som alle patenter mærkes op med. Den ene metode tager udgangspunkt i koder, som beskriver teknologiens klimaeffekt. Den anden metode tager udgangspunkt i en frekvensanalyse af teknologikoderne og finder de hyppigste underteknologier.

Den første metode er vist oven for i Figur 6. Grafen viser, hvor mange CCUS-orienterede patenter, der er identificeret inden for hver delkategori. Standardkategorierne omfatter ikke Direct Air Capture og dekabonisering, som er tilføjet til listen over CPC-klassifikationen. Mere end hvert tiende patent omhandler direct air capture eller dekarbonsering. Langt hovedparten har fokus på metoder til at indfange af CO_2 og heraf en stor del på kemisk

FIGUR 6: TEKNOLOGISK FOKUS PÅ KLIMATEKNOLOGIER

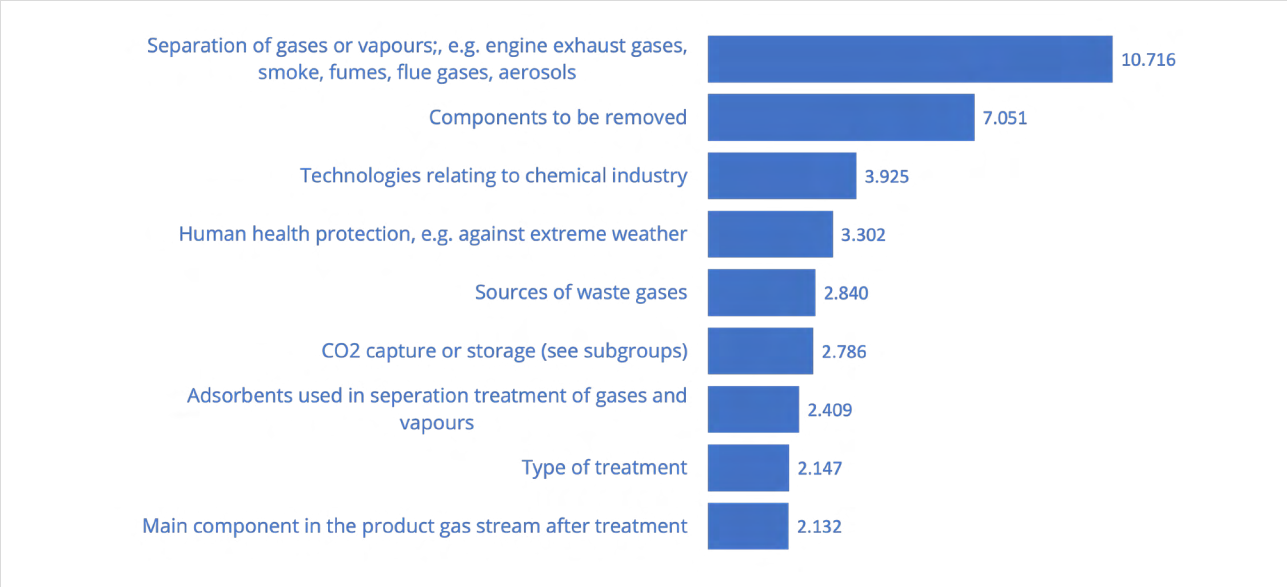


Kilde: *Y02CXX/XX tags (19.162 patentfamilier) dækker CCUS-teknologier. Se "Finding sustainable technologies in patents" fra European Patent Office. Til søgningen er andre teknologier koblet på, der er overlap mellem kategorierne.*

absorption og adsorption. Ganske få patenter, 327, handler direkte om at lagre den indfangede CO_2 på bunden af havet eller i jorden.

Den anden metode er vist i Figur 7, hvor de mest almindelige teknologikoder i CCUS-patenterne er vist. Mere end halvdelen er direkte knyttet til indfangning og bortskaffelse af drivhusgasser. Knap halvdelen handler om separation af forskellige gasser eller gasser fra forskellige kilder med drivhusgasser. Teknologier til udnyttelse af CO_2 står ikke klart frem blandt de ti mest almindelige teknologikoder. Udnyttelse af CO_2 kan fx gemme sig under teknologier relateret til den kemiske industri. Søgningen omfatter alle teknologier, hvor det at begrænse CO_2 i atmosfæren er i fokus. Det omfatter også udnyttelse af CO_2, men hyppigheden af de mere specifikke anvendelser er tilstrækkelig til at optræde blandt de ti hyppigst nævnte teknologikoder. F.eks. relaterer 566 patenter sig til cement, som kan omfatte brug af CO_2 i Cementproduktion[3]. Stort set alle patenter har en kombination af flere af nedenstående teknologikoder.

FIGUR 7: DE TI HYPPIGSTE UNDERTEKNOLOGIER NÆVNT FOR CCUS



Kilde: *Teknologisk Institut. Frekvensberegninger på hyppighed af CPC-koder – hovedkategorier.*

[3]Se fx overblik over CCUS innovationsprojekter i EU i cementindustrien: https://cembureau.eu/about-our-industry/innovation/map-of-innovation-projects/

4. Aktører og fokus i forskning, udvikling og innovation for CCUS

I det følgende analyseres de aktører, der står bag teknologiudviklingen i CCUS. Opdelingen er lavet lidt skarpt for at fungere analytisk. Man kan antage, at de fleste patenter, der stammer fra forskningsinstitutioner, hyppigere er relateret til grundlæggende forskning og generelle metoder, hvorimod patenter fra private (alle andre end forskningsinstitutioner) hyppigere er relateret til kommercielle interesser og dermed innovation, der er tættere på markedet og konkrete anvendelser. I det følgende udnytter vi således opdelingen til at få indsigt i hhv. forskning og innovation uden at tage højde for gråzoner, hvor fx store virksomheder laver forskning, og forskningsinstitutioner får udviklet teknologi, der rækker udover laboratorieskala.

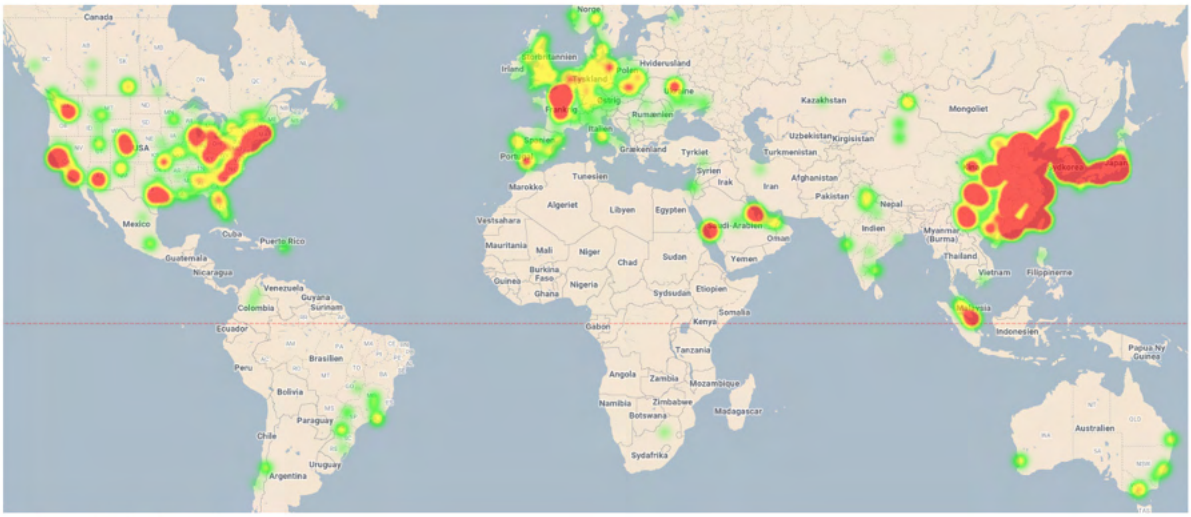
Virksomhedsnavne og institutionsnavne fremgår som på patenterne, hvilket muliggør en kvalitativ analyse af de organisationer, der står bag patenterne. Forskningsinstitutionerne er fundet ved at søge patenter, hvor ord som blandt andet UNIV og INST indgår i navnet, mens ordet "Research" ofte er knyttet til private virksomheders forskningsaktiviteter. Opdelingen i forskning og virksomheder kan betragtes som omtrentlig. I en del patenter er patenthaver blot opgivet ved et personnavn, og her kan det ikke afgøres, om vedkommende er privat person eller i regi af en virksomhed eller en forskningsinstitution. De er alle regnet med som private aktører.

4.1. FORSKNING I CCUS

Hvert fjerde patent, eller 5.603 patenter af de 22.271 CCUS-patenter, er udtaget af forskningsinstitutioner verden over. Figur 8 viser den globale fordeling. Forskning i CCUS finder sted i store dele af verden inklusiv Mellemøsten og Sydamerika. En stor andel af patenthaverne skal findes i Kina, Korea, Japan og Singapore. Det næste, der er værd at lægge mærke til, er, at det er en forskning, som finder sted mange steder i verden – og både i arabiske lande og Sydamerika er der interesse for forskning i CCUS. I USA er det eliteuniversiteterne, der er tydelige på landkortet, mens forskningen i Europa er centreret omkring Benelux og Frankrig.

FIGUR 8: FORSKNINGSHOTSPOTS. FORSKNINGSAKTØRERNES GEOGRAFISKE FORDELING

Hot-spots for CCUS forskning



rebrand.ly/mfkz8ub

5.600 patenter placeret efter hovedansøgerens adresse. Kortet kan ses online ved brug af QR-kode og kodeord "teknologi".

I grafikken nedenfor (Figur 9) er den globale top-20 af patenterende forskningsinstitutioner vist. Den toppes af University of California, men domineres af universiteter og institutter især af de asiatiske og herunder især kinesiske forskningsinstitutioner.[4]

The Regents of the University of California er en bestyrelse, der fører tilsyn med 10 forskningsuniversiteter og 3 nationale laboratorier for det amerikanske energiministerium. Laboratorierne er tæt knyttet til innovation og bidrag til national og global sikkerhed inden for bio- og nuklearvidenskab, teknologi og teknik[5]. Blandt disse brede specialiseringer er for eksempel et samarbejde mellem to af de førende nationer inden for CCUS-forskning i Berkeley California-China Climate Institute, hvor CCUS er et samarbejdet forskningsfelt[6].

Siden 1977 har Korea Institute of Energy Research arbejdet på at bruge teknologi til at bidrage til en renere planet og stærkere økonomi for alle. Det koreanske institut har interesser i bæredygtig energi, ren anvendelse af fossile brændstoffer og at arbejde hen imod et hydrogen-økonomisk samfund. Deres Climate Change Research Division er specifikt rettet mod at udvikle CCUS-teknologier, både i deres laboratorier og i samarbejde med internationale organisationer[7].

IFP Energies Nouvelles (IFPEN) eller French Institute of Petroleum er en fransk forsknings- og uddannelsesfacilitet (IFP Skole), der er specialiseret i energi, transport og miljø. Med næsten 1.600 ansatte er der koncentreret fokus på innovative løsninger til brug af alternative energikilder og forbedring af eksisterende energiteknologier. Det er IFPs ekspertise og faciliteter inden for gasbehandling, der driver deres CCUS-innovation[8].

China Petroleum & Chemical Corporation eller Sinopec Limited blev etableret i 1988 og er producent og leverandør

FIGUR 9: TOP-20 FORSKNINGSAKTØRER GLOBALT

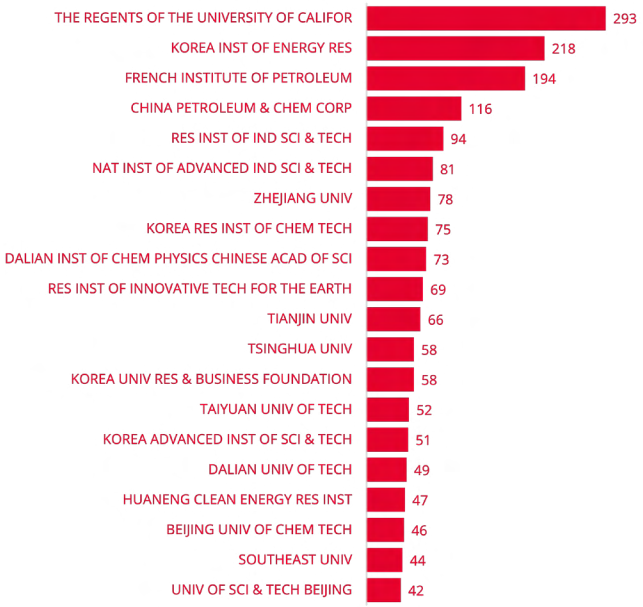
CCUS Forskning

5.603 patenter er fra forskningsinstitutioner og universiteter – svarende til 25 procent. Hovedparten af forskningen er fra kinesiske og koreanske institutioner.

Til højre er vist den globale top 20 samt antallet af udtagne patenter.

University of Californien topper listen efterfulgt af det koreanske institut for energiforskning og det franske petroleumsinstitut.

Forskningsinstitutioner er fundet ved at isolere alle med INST eller UNIV i standard navnet.



[4] Læs mere om den kinesiske prioritering af CCUS i Zhang og Susa, "Carbon Capture and Storage (CCS) Activities in China" (2012): https://www.researchgate.net/publication/270897278_Carbon_Capture_and_Storage_CCS_Activities_in_China samt "Roadmap for Carbon Capture and Storage demonstration and deployment in China" fra Asian Development Bank, 2015: https://www.adb.org/sites/default/files/publication/175347/roadmap-ccs-prc.pdf

[5] Overview and history | UCOP : https://ucop.edu/laboratory-management/about-the-labs/index.html

[6] Carbon Capture and Storage (CSS) | California-China Climate Institute (berkeley.edu) : https://ccci.berkeley.edu/carbon-capture-and-storage-css-0

[7] Climate Change Research & It; Climate Change Research & It; Research-영문홈페이지 (kier.re.kr): https://www.kier.re.kr/board?menuId=MENU00938&siteId=null

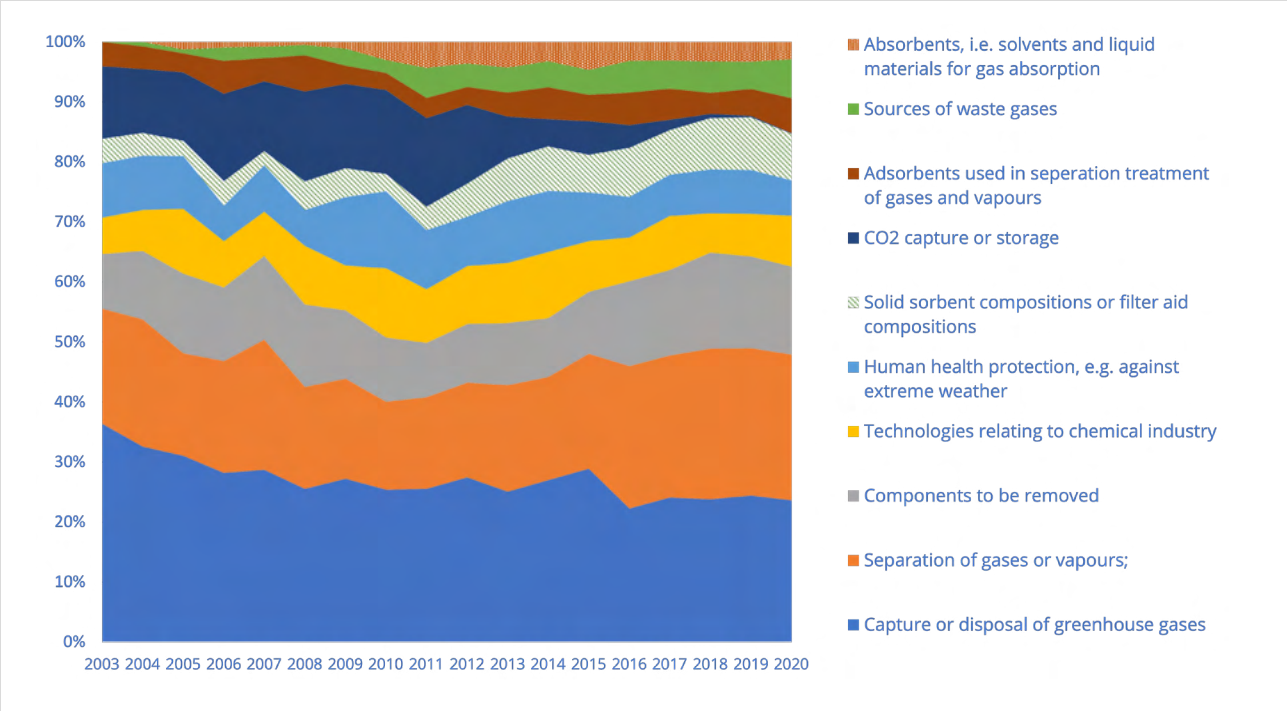
[8] CO_2 capture, utilization and storage | IFPEN (ifpenergiesnouvelles.com): https://www.ifpenergiesnouvelles.com/innovation-and-industry/our-expertise/climate-environment-and-circular-economy/co2-capture-utilization-and-storage

af olie- og petrokemiske produkter. Innovation er i spidsen for virksomheden, da de ansøger om flere tusinde patenter hvert år[9]. Et af deres centrale forskningsområder er teknologi relateret til sikkerhed, miljøbeskyttelse og energi, som omfatter CCUS-innovation[10].

Research Institute of Industrial Science & Technology (RIST) er et koreansk forskningsinstitut med speciale i fremtidens teknologi og kommercialisering. I 1987 startede det som et center for at bistå det koreanske konglomerat POSCO med at udvikle metalteknologi. De har 3 forskningsområder inden for miljø og energi, materialer og innovation[11].

Forskningens teknologiske fokus antydes ved at gentage frekvensfordelingen på de ti hyppigste patentkoder for forskningsvirksomhederne, se Figur 10. En stor del af forskningen – og de patenter, som kommer fra forskningsinstitutionerne CO_2 – handler primært om at fange eller bortskaffelse af drivhusgasser (>20%), hvorimod direkte CO_2-opsamling og -lagring har oplevet en noget faldende frekvens i årene 2017-2020, hvilket formentlig indikerer, at CCS-teknologierne er mere eller mindre modne. Andre store patenterede teknologier ligger inden for separation af gasser og dampe, komponenter, der skal fjernes, og teknologier relateret til kemisk industri med en stigende tendens til patenter inden for absorbenter, der anvendes til væske- og gasabsorption og -separation. Samlet set indikeres det, at de store patenter inden for CCUS involverer flere teknologier, der er relevante for CO_2-opsamling og -behandling, udover at involvere direkte udnyttelse of CO_2.

FIGUR 10: FORSKNINGENS TEKNOLOGISKE FOKUS – DE 10 MEST ALMINDELIGE TEKNOLOGIKODER FOR FORSKNING I CCUS 2003-2020



[9] Patents (sinopecgroup.com): http://www.sinopecgroup.com/group/en/tech/shzl.shtml
[10] Key Research Areas (sinopecgroup.com): http://www.sinopecgroup.com/group/en/tech/zdyjly.shtml
[11] RIST Research Institute of Industrial Science & Technology: https://www.rist.re.kr/eng/class/intro/intro_01.jsp?floc=1

4.2. CCUS INNOVATION

De patenter, som ikke kan knyttes til forskningsinstitutter og universiteter, stammer fra virksomheder og privatpersoner. Privatpersonerne kan være en udfordring, fordi nogle i virkeligheden har rødder i forskningen på et universitet, og andre har rødder i en privat virksomhed, mens der naturligvis også er en andel, som på egen hånd har udtaget et patent.

16.862 patenter, eller 75 procent af patenterne, kommer fra private virksomheder. Det er ikke muligt at lave en opdeling efter teknologisk niveau for patenterne fra grundforskning til færdigt produkt – også kendt som "Technological readiness level". I denne analyse antager vi, at patenter udtaget af virksomheder set over en bred kam er længere fremme mod et færdigt produkt og sit marked end patenter udtaget af en forskningsinstitution. Derfor har denne gruppe af patenter fået overskriften "innovation".

Figur 11 viser, hvordan de CCUS-patenterende virksomheder fordeler sig globalt. Kortet er dannet af de maksimale 10.000 datalinjer, som kortprogrammet håndterer, så alle patenter fra virksomheder er ikke medtaget. Som grafisk repræsentation gengiver det alligevel meget godt, hvor i verden koncentrationerne af virksomheder er. I modsætning til Figur 9 der viser forskningsaktører, er det ikke længere de asiatiske lande, som dominerer. Virksomheder i Europa og USA er godt med, og for danske aktører er det gode nyheder, at der er udviklet praktiske løsninger og teknologier, som kan anvendes hos de samhandelspartnere, vi normalt og i særlig grad omgås. Det er værd at bemærke, at på top-20 listen, se Figur 12 over globale CCUS-virksomheder ikke optræder kinesiske virksomheder. Her er tilsyneladende en styrkeposition for de vestligt orienterede, industrialiserede lande – men om den holder på længere sigt med især den kinesiske forskningsindsats in mente, er et åbent spørgsmål.

Listen over de private virksomheder toppes af Air Liquide og Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. (MHI).

Air Liquide er en fransk virksomhed med omkring 66.000 ansatte med interesser i kemi, sundhed og teknik. Air Liquides har en målsætning om at blive førende indenfor industriel dekarbonisering, og de deltager i udviklingsprojekter med andre førende virksomheder om carbon capture og storage. Med 432 patenter i relation til CCUS er Air Liquide en af verdens frontløbere på blandt andet CCUS[12].

Nummer to på listen er Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. (MHI). MHI er en japansk multinational ingeniør-, industri-, elektrisk udstyr- og elektronikvirksomhed. De har hovedsæde i Tokyo, og de har knap 70.000 ansatte. De teknologiske interesser er brede og omfatter også udstyr til produktion af vedvarende energi, om end det ikke er en hovedprofil for virksomheden.

KK Toshiba's Energy Systems & Solutions Corporation er en af fire grene af Toshiba Corporation, et japansk industrikonglomerat. De er en af verdens førende udviklere inden for Carbon Capture-teknologi. Saga City i Japan, som har en etableret biomasseindustri, er involveret i at finde nye måder at genanvende affald til ressourcer, hvilket omfatter CCUS-forskning[13].

POSCO er et koreansk konglomerat med aktiviteter inden for erhvervsliv, samfund og mennesker. Deres CCUS-strategi er sammensat af etablering af grøn proces, produkt og partnerskab[14]. En del af denne strategi er POSCO Chemicals plan om at udvikle batterimaterialer til at være både bæredygtige og effektive[15].

[12] https://www.airliquide.com/stories/industry/building-low-carbon-society

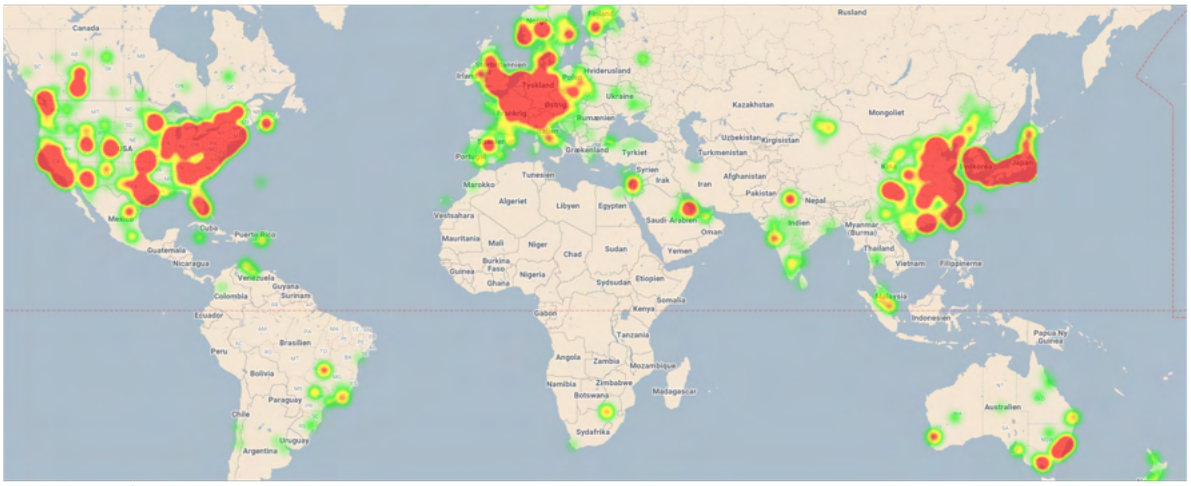
[13] Toshiba Clip | Carbon Capture Technology: Giving CO2 an Economic Value (toshiba-clip.com): https://www.toshiba-clip.com/en/detail/p=134

[14] POSCO GROUP 2021: https://www.posco.co.kr/brochure/en/02_Vision_05.html

[15] POSCO Chemical Announces Roadmap to Carbon Neutrality 2035 for Battery Materials - NEWSROOM - PR Room - POSCO CHEMICAL: https://www.posco-chemical.com/en/pr/view.do?num=607

FIGUR 11: HOTSPOTS: VIRKSOMHEDERNES GEOGRAFISKE FORDELING

Hot-spots for CCUS innovation hos private og virksomheder



rebrand.ly/bz67c8n

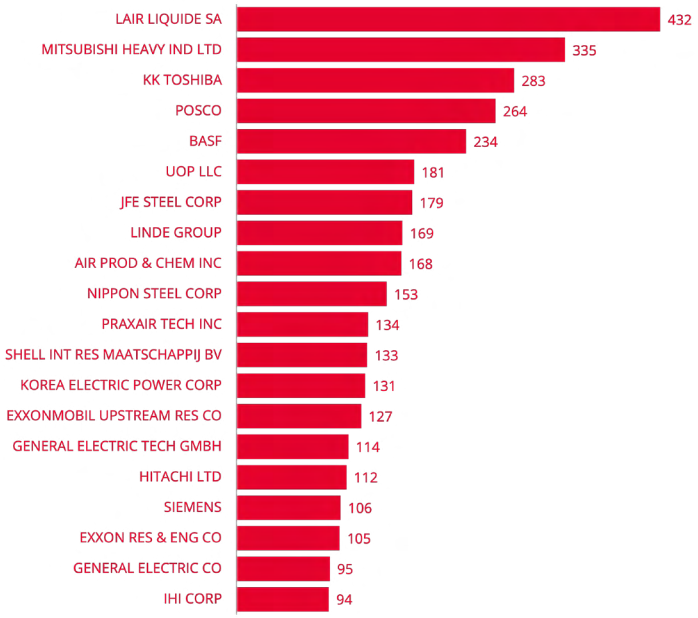
10,000 patenter placeret efter hovedansøgerens adresse. Kortet kan ses online ved brug af QR-kode og kodeord "teknologi".

FIGUR 12: TOP-20 VIRKSOMHEDSAKTØRER GLOBALT

CCUS Innovation hos private

16.862 patenter er fra private virksomheder – svarende til 75 procent.

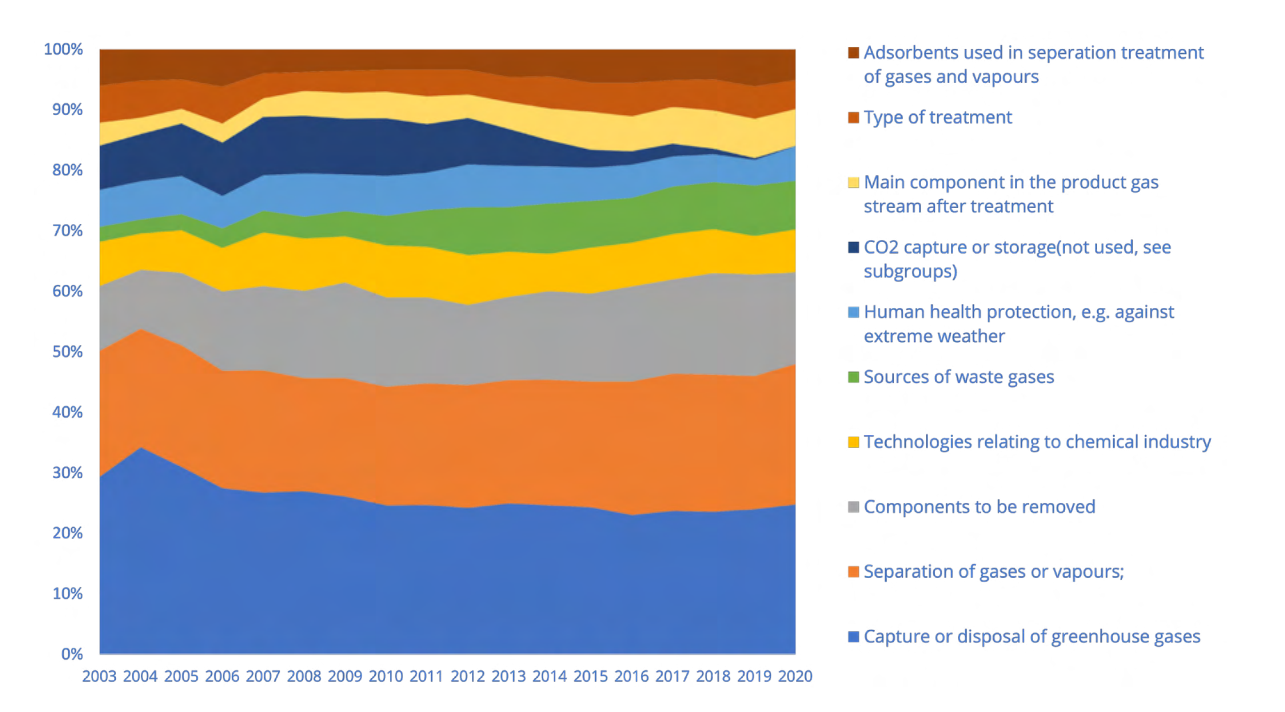
Til højre er vist den globale top 20 samt antallet af udtagne patenter.



BASF fra Tyskland har omkring 111.000 ansatte og er specialiseret i kemi og arbejder for en mere bæredygtig verden. De arbejder på at udnytte begrænsede ressourcer og fødevarer samt at levere bæredygtig energi og rent vand. Meget af BASF's produktportefølje og CCUS-innovation er en del af deres biomassebalancestrategi, som mindsker vores afhængighed af fossile brændstoffer[16].

Innovationens teknologiske fokus, som illustreret af de ti mest almindelige teknologikoder for private og virksomheder, se Figur 13, afviger fra det forskningsfokus, som på tilsvarende vis blev vist i Figur 10. Der var otte overlappende teknologikoder mellem patenter til private og industrier (Figur 13) og patenter til forskning (Figur 10). Vægtfordelingen af hovedpatenterne for private og industrier er også tilsvarende og fokuserer hovedsageligt på opsamling og rensning frem for udnyttelse of CO2. Dette omfatter opsamling og bortskaffelse af drivhusgasser, separation af gasser og dampe, komponenter, der skal fjernes, og teknologier relateret til kemiske industrier med en stigende tendens til patenter inden for absorbenter til gasabsorption og -separation. CO_2-fangst eller -lagring viste også den samme faldende tendens frem mod 2017-2020 (Figur 10, Figur 13).

FIGUR 13: INNOVATIONENS TEKNOLOGISKE FOKUS – DE TI MEST ALMINDELIGE TEKNOLOGIKODER FOR PRIVATE OG VIRKSOMHEDER



[16] Biomass balance approach (basf.com): https://www.basf.com/global/en/who-we-are/sustainability/we-drive-sustainable-solutions/circular-economy/mass-balance-approach/biomass-balance.html

5. Europæisk udvikling af CCUS-teknologier indhenter tabt terræn

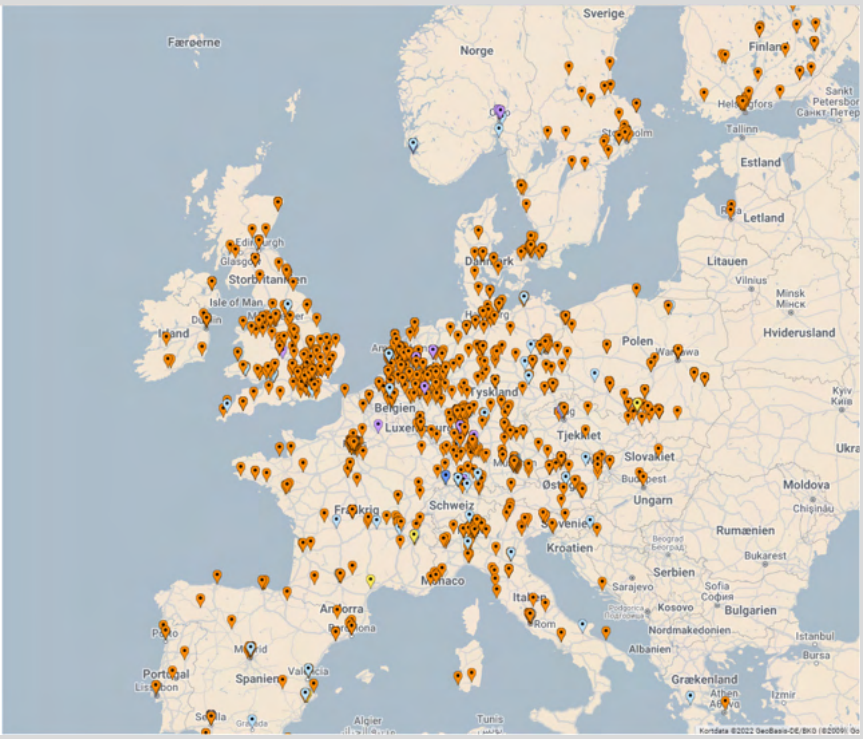
Den europæiske udvikling af teknologi er naturligvis interessant for danske aktører. Figur 14 viser det interaktive kort, som er dannet ved hjælp af de 3.875 mest relevante patenter (både forskningsbaserede og virksomhedsbaserede patenter).

Der er koncentrationer af aktivitet langs Rhinen over til UK, men generelt er aktiviteten spredt meget ud, måske også med et mønster af, at det er stærkt industrialiserede områder – med fx højovne – som udtager patenter. Det er området omkring Katowice i Polen et eksempel på, og med det også andre industricentre i Europa som fx Ruhr, Benelux, Hamborg, Milano.

Figur 15 viser udviklingen i antal europæiske patentansøgninger totalt set og relativt set. Antallet af ansøgningerne var stigende indtil 2008/9, hvorefter aktiviteten stagnerede og faldt igen til 2012 omkring 180 årlige patenter. Det kan se ud til, hvis den gennemsnitlige stigningstakt fra 2017-19 holder, at aktiviteten i Europa vil stige lidt i de kommende år.

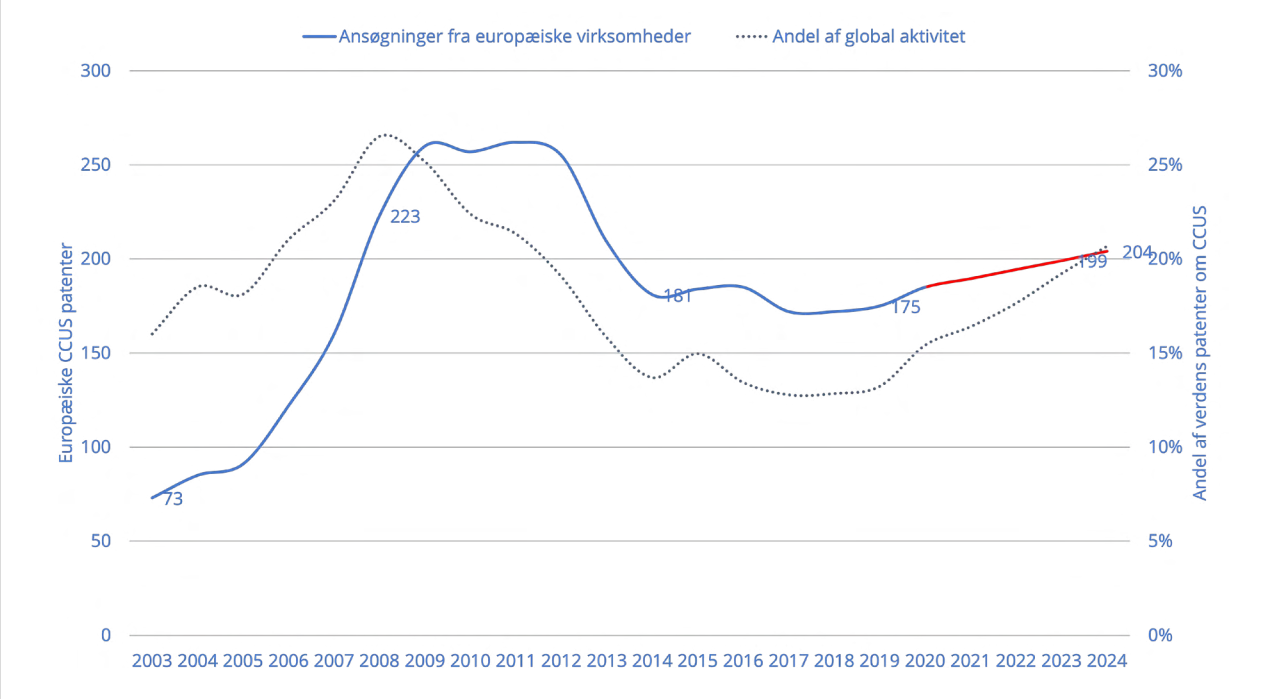
Den prikkede linje i figur 15 aflæses på den højre Y-akse og illustrerer andelen af europæiske patenter i forhold til den samlede mængde. I vækstperioden frem til 2008/9 var den europæiske CCUS-teknologiudvikling relativt mere vækstorienteret end resten af verden, og de europæiske patenter udgjorde på toppunktet i 2008/9 mere end hvert fjerde ansøgte patent i verden. Herefter stagnerede den europæiske aktivitet, og andelen faldt frem til 2019 til omkring 12 procent – altså det halve. Forlænges de seneste års udvikling, tyder det på, at der igen tages flere patenter i Europa, og den årlige andel vil bevæge sig mod omkring 20 procent af den globale teknologiudvikling. Men meget afhænger af intensiteten i både Kina, USA og de asiatiske lande i årene fremad. Bemærk, at udviklingen i de kommende år bygger på simple fremskrivninger med brug af gennemsnitsændringerne over to-tre år. Politiske prioriteringer kan være årsag til, at udviklingen accelereres.

FIGUR 14: EUROPÆISKE HOTSPOTS. KORT OVER HOTSPOTS FOR TEKNOLOGISK UDVIKLING I EUROPA



Kilde: *Teknologisk Institut. 3.875 europæiske patenter placeret efter hoved patenthaverens adresse. Kortet kan ses online på http:// rebrand.ly/w9w1192 eller ved brug af QR-koden og kodeord "teknologi". Det interaktive kort giver mulighed for at se de individuelle patenter samt oplysninger som patentnummer, titel, et kort resume, patentejere, opfinder mv. Under det interaktive kort findes også en liste over de patenter, der indgår i søgningen. Brug evt. højreklik på det interaktive kort for at se muligheder*

FIGUR 15: EUROPÆISK PATENTAKTIVITET 2003-2024 – TOTALT SET OG RELATIVT SET



Kilde: *Teknologisk Institut: Tal for 2020 ff.: Estimeret af Teknologisk Institut. Den optrukne linje viser antallet af ansøgninger til CCUS-relaterede patenter fra europæiske virksomheder fra 2003 og fremskrevet til 2024. Den prikkede linjer viser de europæiske patenters andel af det globale antal patenter i samme periode.*

Figur 16 viser de tyve mest publicerende virksomheder og institutioner i Europa. De globalt førende europæiske virksomheder, som fx L'air liquide optræder naturligvis også på denne liste, men listen giver også plads til andre, førende europæiske virksomheder, herunder den danske virksomhed Haldor Topsøe A/S, der på mange felter arbejder med CCUS – blandt andet med deres produkt "Blue Hydrogen"[17].

Som nævnt er Air Liquide den private virksomhed med flest patenter relateret til CCUS globalt og inden for Europa. French Institute of Petroleum (IFPEN) er også nævnt igen og viser, at de er en del af de top-globale forskningsaktører, og også en af de mest patenterende virksomheder/institutioner i Europa. BASF fra Tyskland er også en virksomhed, som er stærk både på global og europæisk skala.

Linde Group er en førende industrigas- og ingeniørvirksomhed grundlagt i Tyskland. De har hovedkvarter i Irland med baser over hele verden. Deres CCUS-forskning og innovation er meget bred. De er specialiserede i behandling af CO2, herunder lagrings- og distributionsteknologier, og de designer og leverer også produktionsanlæg[18].

Shell International Research Maatschappij B.V. er en del af Shell, som er en global energivirksomhed specialiseret i olie, gas og kemisk teknologi. Deres laboratorier i Holland forsker i mere bæredygtige metoder til energiforbrug og er en del af deres Carbon Capture and Storage projekter[19]. Virksomheden blev grundlagt i 1907 og har en lang historie for olieteknologi og sigter nu på at levere renere energiløsninger til verden[20].

Siemens er også en af Europas mest patenterende virksomheder med 105 patenter i CCUS. Den tyske virksomhed har interesser i industri, infrastruktur, transport og sundhedspleje[21]. To af Siemens CCUS-projekter har haft succes med at blive de første i Storbritannien. Den langsigtede plan er at bidrage til den økonomiske transformation af Storbritanniens industrier i retning af at 'dekarbonisere' udfordrende sektorer som byggeri, luftfart og skibsfart[22].

Med over 13.000 ansatte og mere end 30 baser rundt i verden er Johnson Matthey PLC blevet en af Europas mest patenterende virksomheder. Det er en britisk virksomhed, der er specialiseret i bæredygtige teknologier[23]. I deres CCUS-forskning har de udviklet deres LCH Blue Hydrogen Technology, som de planlægger at udvide globalt og arbejde med internationale samarbejdspartnere.[24]

[17] Hydrogen | H | H2 | Process | Catalyst | Technology | Topsoe: https://www.topsoe.com/processes/hydrogen

[18] Carbon capture | Linde Engineering (linde-engineering.com): https://www.linde-engineering.com/en/process-plants/co2-plants/carbon-capture/index.html

[19] Carbon Capture Storage | CCS Technology & Methods | Shell Global: https://www.shell.com/energy-and-innovation/carbon-capture-and-storage.html#iframe=L3dlYmFwcHMvQ0NTX0dsb2JlLw

[20] Who we are | Shell Global: https://www.shell.com/about-us/who-we-are.html

[21] About us | Company | Siemens Global: https://new.siemens.com/global/en/company/about.html

[22] Carbon Capture: Spirit of Innovation | Energy | Siemens Energy United Kingdom (siemens-energy.com) : https://www.siemens-energy.com/uk/en/energy/carbon-capture-spirit-of-innovation.html

[23] About us | Johnson Matthey: https://matthey.com/about-us

[24] CCS enabled (blue) hydrogen | Johnson Matthey: https://matthey.com/products-and-markets/energy/hydrogen/low-carbon-hydrogen

FIGUR 16: DE 20 MEST PATENTERENDE VIRKSOMHEDER OG INSTITUTIONER I EUROPA

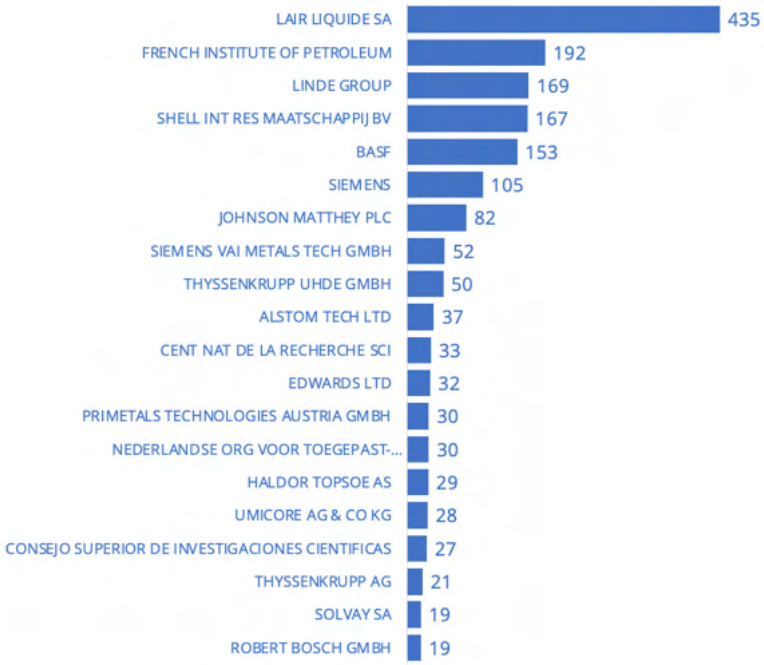
CCUS i Europa

3.875 patenter er fra Europæiske patenthavere

Til højre er vist den europæiske top 20 samt antallet af udtagne patenter.

En enkelt dansk virksomhed, Haldor Topsøe AS, er med på listen som nummer 15 med 29 CCUS patenter.

3 af de største patenthavere er forskningsinstitutioner.

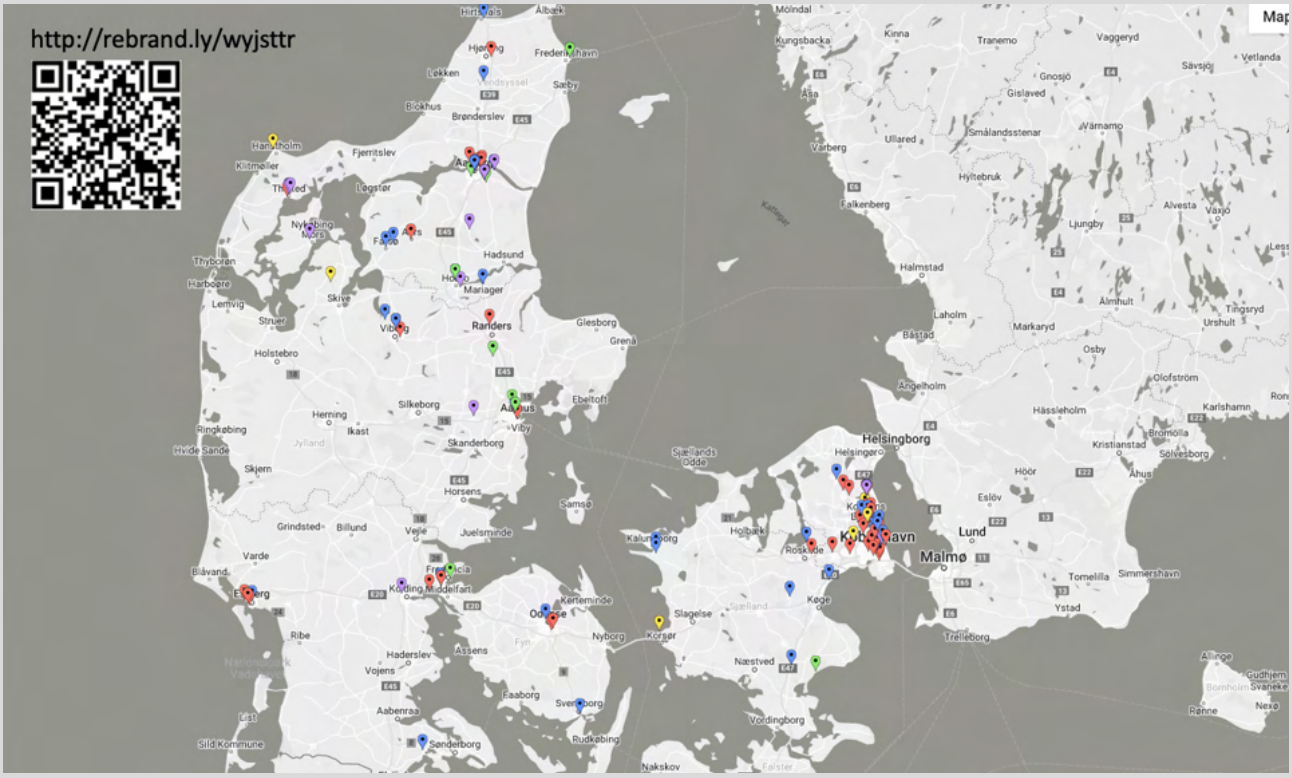


Kilde: *Teknologisk Institut: De 20 mest patenterende aktører har patenteret knap 44 procent af alle publicerede CCUS-patenter fra aktører i Europa. Antal publicerede patenter vist i parentes.*

6. Danske virksomheder bidrager til den teknologiske udvikling af CCUS

En søgning kun på patenter udtaget af ansøgere med danske adresser viser omkring 80 patenter fordelt på 11 især aktører, hvor Haldor Topsøe A/S har patenteret mest efterfulgt af Union Engineering A/S, Amminex Emission Technology og DTU. De danske patenter handler ofte om filtrering og rensning af gasser samt genindvinding af CO_2 fra processer. De 11 patenttagere dækker over langt flere aktører omkring CCUS i Danmark. Teknologisk Institut har ved hjælp af netværk, tilskudspuljer, medieomtaler mv. identificeret mere end 140 organisationer, netværk og især virksomheder i Danmark, som er engageret i en eller flere dele af CCUS-teknologien. De 140 aktører er listet i det interaktive kort som vist i Figur 17 – brug QR-kode eller link https://rebrand.ly/6rxv40k til at åbne filen, og anvend password "teknologi". Ved at klikke på de enkelte ikoner findes flere oplysninger, ligesom datagrundlaget bag kortet er integreret i onlineversionen af det interaktive kort.

FIGUR 17: 140 DANSKE AKTØRER I CCUS



Blandt de mere end 140 virksomheder er der 25 industri- og forsyningsvirksomheder og 21 offentlige virksomheder. Den største gruppe er rådgivere (ingeniørvirksomheder og GTS'er), hvoraf i alt 50 virksomheder har aktiviteter. Der er en stærk overrepræsentation af store virksomheder involveret i CCUS, hvor omtrent hver tredje virksomhed har mere end 100 medarbejdere. Virksomhederne er listet nedenfor. Til sammenligning har 0,7 procent af danske virksomheder har mere end 100 ansatte.

1. Affaldsselskabet Vendsyssel Vest
2. Aker Carbon Capture
3. Alexandra Instituttet
4. Ammongas
5. AquaGreen
6. Arbejdsmarkedskont or Midt-Nord
7. ARC
8. Ballard Power Systems Europe
9. Better Wells
10. Blue Water Shipping
11. Blue World Technologies
12. Borch Wix Energy Advisors LTd
13. BRN
14. Bureau Veritas
15. Business region North Denmark
16. Calsep
17. Carboncuts
18. CCS Consult
19. CircleK
20. CO_2 techn
21. Copenhagen Business School
22. Copenhagen Infrastructure partners
23. COWI
24. Danish Shipping
25. Dansk Gasteknisk Center
26. Dansk Industri (fl. Områder)
27. Dansk teknisk Universitet (DTU)
28. Dan-Unity CO_2
29. DCCNT
30. De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS)
31. Decision Risk Analytics
32. DESMI
33. DHI
34. DHI Gras
35. Digital Lead
36. DNV
37. Drivkraft Danmark
38. EMD International
39. En2Save
40. Energinet
41. Energistyrelsen
42. Energy Cluster Denmark
43. Equinor Danmark
44. Erhvervshus Nordjylland
45. Esvagt
46. Eurofins
47. Eurowind Energy A/S
48. Evergas A/S
49. Evida
50. Explicit
51. FL Smidth
52. Fonden Autonomous
53. FORCE Technology
54. GasStorage Denmark
55. Green Hub Danmark
56. Green Hydrogen Systems
57. Greenlab Skive
58. Greenport North
59. GrønGas Hjørring
60. Gubra
61. Hafnium labs
62. Haldor Topsøe
63. Hansholm havn
64. Hede danmark
65. HMK Bilcon
66. HOFOR
67. Hydrogen Valley
68. INEOS Oil & Gas DK
69. Kalundborg Symbiose
70. Klimaalliancen Thy
71. KVVT
72. KW plan
73. Københavns Universitet
74. Leca Danmark
75. Lhoist
76. Lundsby Biogas
77. Maersk Drilling
78. MAN ES
79. MARLOG
80. mash makes
81. ME Production A/S
82. Musholm
83. Nature Energy
84. Naturit
85. Netsleskabet N1
86. NIRAS
87. Norddanmarks EU-kontor
88. Noreco
89. Novozymes
90. Ocean Team
91. Olicem
92. Pentair Unicon Engineering
93. PlanEnergi
94. Port of Hanstholm
95. Rambøll
96. Randers Tegl
97. Reintegrate
98. Renew Energy
99. Resen Waves
100. Roskilde Universitet
101. Ross DK A/S
102. SEGES-innovation
103. Semco maritime
104. Sensec
105. SerEnergy (Advent Technologies)
106. Skovkortet
107. SMV: Goth Engineering
108. STEP Consult
109. Stiesdal
110. Styrelsen for Arbejdsmarked og Rekruttering
111. Syddansk Universitet
112. Teknologisk Institut
113. Thisted kommune
114. Thisted Varmeforsyning
115. Thy-Mors energi
116. TK/KAT
117. Total energies
118. Verdo Holding
119. Vesthimmerland Biogas
120. Vesthimmerlands Kommune
121. WellPerform
122. Welltec
123. Wind Power Lab
124. Wintershall Dea
125. Zero Carbon Shipping Center
126. Ørsted
127. Aalborg CSP
128. Aalborg Forsyning
129. Aalborg Portland
130. Aalborg Universitet
131. Aarhus Universitet

Ikke alle virksomheder kunne identificeres pr. CVR.

7.Tech-mining: Sådan er verdens teknologier relateret til CCUS identificeret

Den teknologiske udvikling afspejles ofte i patenter, når virksomheder og forskningsinstitutioner vil beskytte deres innovation over for konkurrenterne. Indholdet i patenterne er offentligt tilgængeligt via 158 online databaser verden over. Gennem tiden er der udtaget mange millioner af patenter. Alene i 2020 blev der totalt set ansøgt om patenter på 15,9 millioner innovationer ifølge den internationale patentorganisation WIPO[25]. Patenternes formål er at beskytte innovationen, men for analytikere giver de samtidig et unikt kig ind i den teknologiske udvikling.

Analyse af patentudviklinger kaldes tech-mining, og det kan fx give indsigt i, hvem der udvikler hvad, hvornår, hvor, og sammen med hvem. Indsigten kan også give indikationer på markedsudvikling, teknologisk styrke, politiske prioriteringer, forskningsmæssige interesser – og nok så interessant er tendenserne en mulighed for et kig ind i den fremtid, som vi kan forberede os på.

Tech-mining giver en fornemmelse af størrelsesorden og retning. Det er "big data", så det er ikke menneskeligt muligt at læse patenterne en for en. Men analyser af de kvalitative data kan gennemføres på et stort udvalg af patenter – på samme måde som interview med fx 1.000 personer kan give en indikation på, hvad vej vinden blæser ved et folketingsvalg. Patentdata er globale og opdateres dagligt. De er en stærk kilde til viden om innovation over alt i verden. Data fra tech-mining skal fortolkes med omtanke, for der er blinde pletter i tech-mining: Ikke alle virksomheder tager patenter, ligesom patentkulturen varierer fra land til land. Vi kan ikke følge licenser og salgsdato, og dermed er teknologiernes succes og udbredelse ikke direkte synlig. I fortolkningen af data er det vigtigt at have begrænsningerne in mente. Som ved mange andre datakilder er der ikke fuld og komplet information. Det stærke kort i patentdatabaserne er den globale adgang, den hurtige opdatering, den teknologiske og markedsmæssige information.

Som indikation på teknologisk aktivitet kan patenter anskues som bøjer på havet, der angiver en vanddybde. Bøjen er præcis i sin angivelse lige der, hvor bøjen står, men bøjen giver ikke det samlede kort over topografien under vandet. På samme måde indikerer patenterne teknologisk aktivitet, uden at der kan gøres rede og dokumenteres for alt. Før et patent udtages, kræver det hos ansøgeren, at der er viden, aktiviteter, kompetencer, faciliteter, økonomiske prioriteringer, ambitioner – og rundt om den ansøgende virksomhed, at rammebetingelser som politik, økonomi, uddannelser, støtteprogrammer mv. er tilstrækkeligt på plads. Alt det afspejler et patent, men efterlader en del til fortolkning. Hvad koncentrationer af patenter i en geografi viser, er et fortolkningsspørgsmål, hvor det grundlæggende må antages, at koncentrationen er udtryk for politiske prioriteringer eller kommerciel interesse, og at antallet af patenter og typen af aktørerne også er et udtryk for niveauet for interessen og den teknologisk styrke, som findes i en virksomhed, en forskningsinstitution eller et geografisk område. Andre kilder kan evt. understøtte fortolkningen. Antallet og typen af aktørerne kan også indikere styrken af det faglige miljø, og desuden kan patenternes teknologiske sammensætning fortælle noget om retningen for den teknologiske udvikling og forsknings- eller markedsmæssige prioriteringer.

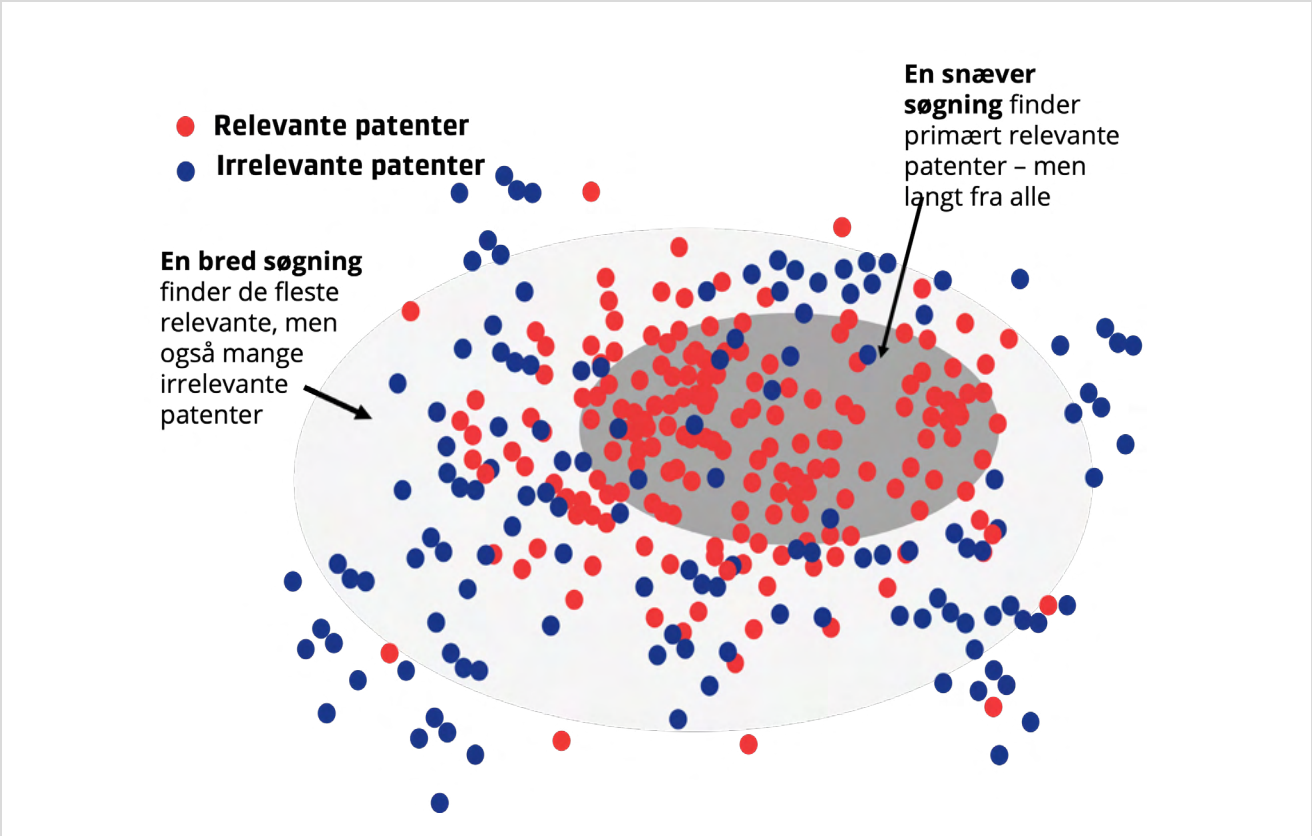
[25] Se http:// t.ly/valR

I tech-mining er målet at vælge et passende og relevant udvalg af patenterne inden for en teknologi. Et passende og relevant udvalg gør det muligt at studere mønstre i innovation: Hvordan, hvor, hvem, hvornår osv. Den første udfordring er at skabe det udvalg af teknologier, som skal analyseres gennem søgninger i de 138 databaser.

De fleste innovationer har mange facetter, så det er bestemt en risiko, hvis ikke nærmest uundgåeligt, ved patentsøgninger, at der indfanges patenter, som ikke er relevante. Udfordringen er illustreret i Figur 18, som viser, at en snæver søgning godt nok har en høj andel af relevante patenter og få irrelevante, mens en bredere søgning får langt de fleste relevante patenter med, men til gengæld også meget støj fra irrelevante patenter.

Søgninger i patenter kan ske på mange måder, som fx fritekst i felter, datoer eller myndigheder. Desuden findes der flere systemer for systematisk opmærkning af teknologier, som kan kategoriseres med op mod 70.000 forskellige mærkninger. De kendes som fx IPC-koder eller CPC-koder. I mange tilfælde er der koder, der betyder, at en teknologi kan indfanges ganske præcist. Relevansen og præcisionen af søgningerne vurderes kvalitativt ved at gennemgå de hyppigste nøglebegreber i de 5.000 seneste patenter og deres nøglebegreber. Hvis nøglebegreberne er dækkende for teknologien, så indikerer det, at søgningen er tilfredsstillende, og analyse og fortolkning kan indledes.

FIGUR 18: UDFORDRINGEN I INDKREDSNING AF RELEVANTE TEKNOLOGIER



© Adobe Stock

AFGRÆNSNING AF CCUS-TEKNOLOGIER I PATENTDATABASERNE

Målet med afgrænsningen af CCUS-teknologier er at kunne observere innovationsaktiviteten i CCUS verden over de senere år.

I de første søgninger efter CCUS-teknologi fandt vi 38.087 patentfamilier verden over. Et patent gælder kun i det område, patentet udtages i, så hvis dækningen skal udvides geografisk, så er det nødvendigt at udtage flere patenter. I den forbindelse taler man om patentfamilier. Når vi i rapporten omtaler patenter, er det underforstået patentfamilier, vi opgør.

Den første søgning i relation til kortlægningen af CCUS-teknologier var for bred, og analyser af nøgleord viste, at søgningen også omfattede en række patenter udtaget af fx bilindustrien, ligesom søgningen også indeholdt mange ældre patenter. Vi filtrerede derfor søgningen, fordi

- I Kina er der stærke økonomiske incitamenter til at udtage patenter, og det betyder, at patentmængden kan blive overvældende uden egentlige større ryk i den teknologiske udvikling. Derfor vælges det, at patenter fra Kina skal være udtaget i mere end ét land. Ved at kræve mindst to patenter i en familie for kinesiske patenter undgås en kulturel skævvridning, men da det tager tid at udtage patenter, kan der være relevante teknologier i de senere år, som på denne måde er filteret fra, fordi de endnu ikke har nået at være udtaget i andre lande.

- Patenterne skal være nyere. Det betyder, at der ikke indgår patenter udtaget før år 2000, og søgningen har derfor fokus på nyere teknologi.

Det samlede resultat på søgningen i juli 2022 var 22.271 patenterede teknologier i relation til CCUS. Bag de 22.271 patentfamilier er der udtaget 93.339 patenter.

FIGUR 19: INNOVATIONSHJULET FOR CCUS-PATENTERNE

22.271 CCUS patenter

Analyserne er gennemført på 22.271 patentfamilier som har relation til PtX.

(PBD_Y:[2000 TO 2022] NOT (EFAM_COUNT:[1 TO 1] AND AUTHORITY:(CN)) NOT (GNAME:(Automanufacturers))) AND ((CPC:(Y02P40/18) OR CPC:(Y02P10/122) OR CPC:(Y02C) OR CPC:(Y02P10/122) OR CPC:(C10J2300/1612) OR CPC:(Y02P90/70) OR ADC:("Greenhouse gas capture" OR "Carbon-dioxide capture" OR "Carbon-dioxide storage") OR CPC:(Y02P90/84) OR TTC:("Carbon capture and storage" OR "Co2 storage") OR TAC:(CCUS OR Carbon w3 Capture OR Carbon w3 Storage)) OR ((IPC:(B01D53/04) OR IPC:(B01D53/62)) AND TA:((carbon OR C02 OR dioxide) AND CAPTURE OR direct)) OR (TA:(decarbon*) OR IPC:(B01D53/62)))

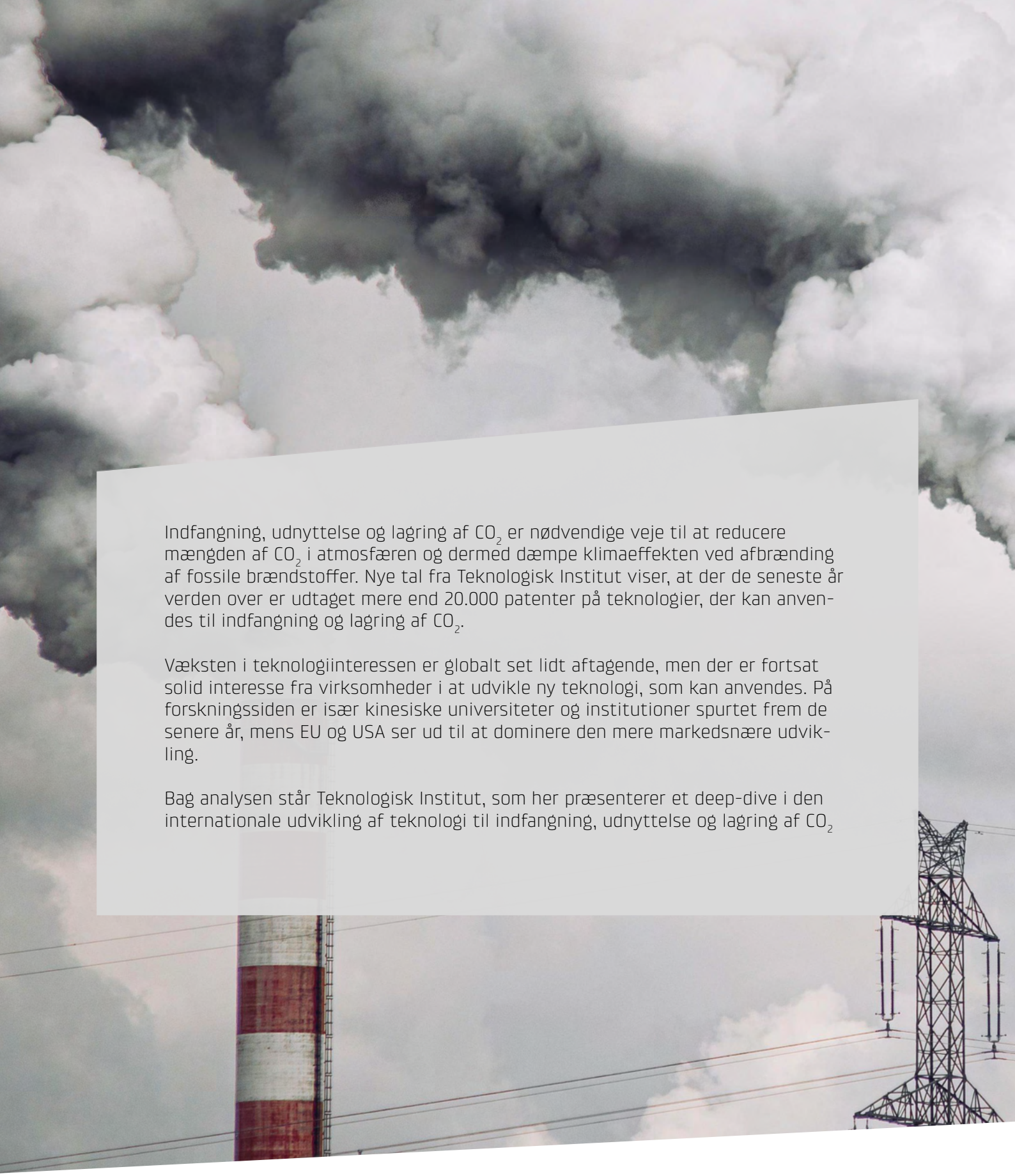
Patentfamilierne er samlet af PatSnap på baggrund af 93.339 patenter

Innovationshjulet til venstre viser de meste almindelige nøgleord i 5.000 patenter. Hjulet anvendes til vurderingen af relevansen af de valgte patenter.

CCUS relaterede patenter

Desuden viser analysen af nøgleordene, kaldet et innovationshjul, at søgningen giver et tilfredsstillende og relevant billede af CCUS-teknologier. Figur 19 illustrerer innovationshjulet, som her medtages som illustration af metoden, for det er ikke muligt at læse de enkelte stikord i gengivelsen.

De 22.271 patentfamilier repræsenterer innovationsaktiviteten inden for CCUS fra år 2000 til juli 2022. Søgningerne er gennemført for denne analyse den 21. juli 2022. Tallene ændrer sig løbende, da databaserne opdateres dagligt. For de seneste år, 2021 og 2022, kan antallet af patenter registreret stadig være stigende, da offentliggørelsen af patenterne til databaserne kan være forsinkede. Derfor vises i de fleste grafer kun tal til 2021. I juli 2022 var 9.689 patenter aktive, gældende patenter, og de resterende i ansøgningsfase, inaktive fx på grund af manglende betaling af gebyrer eller udløbet. Søgningen omfatter både patenter, der gælder i 20 år, og de noget billigere "Utility models", der gælder i 10 år. Der er lavere krav om nyhedsværdi ved utility-models end ved patenter. Andelen af utility-models varierer fra år til år fra 1-8 procent af de identificerede CCUS-patenter.



Indfangning, udnyttelse og lagring af CO_2 er nødvendige veje til at reducere mængden af CO_2 i atmosfæren og dermed dæmpe klimaeffekten ved afbrænding af fossile brændstoffer. Nye tal fra Teknologisk Institut viser, at der de seneste år verden over er udtaget mere end 20.000 patenter på teknologier, der kan anvendes til indfangning og lagring af CO_2.

Væksten i teknologiinteressen er globalt set lidt aftagende, men der er fortsat solid interesse fra virksomheder i at udvikle ny teknologi, som kan anvendes. På forskningssiden er især kinesiske universiteter og institutioner spurtet frem de senere år, mens EU og USA ser ud til at dominere den mere markedsnære udvikling.

Bag analysen står Teknologisk Institut, som her præsenterer et deep-dive i den internationale udvikling af teknologi til indfangning, udnyttelse og lagring af CO_2

TEKNOLOGISK
INSTITUT