

NOTAT

CO₂-fangst og -lagring

En klimamæssig kerneteknologi
eller et risikabelt sidespor?





SAMMENFATNING

Regeringen ønsker at gøre Danmark klimaneutral i 2045 og allerede fem år senere er målet at reducere CO₂-udledningerne med 110 pct. i forhold til 1990. I jagten på at blive en klimapositiv nation, der er i stand til at fjerne flere drivhusgasser fra atmosfæren, end vi udleder, har regeringen udpeget CO₂-fangst og -lagring (CCS) som "en kerneteknologi". Men hvor veludviklede er disse teknologier, og lever de op til klimalovens krav om, at den grønne omstilling også "skal ske så omkostningseffektivt som muligt"? Indtil nu har et flertal i Folketinget i en række brede politiske forlig afsat 38,7 mia. kr. til CO₂-fangst, -lagring og -anvendelse, og man håber på at kunne fange 3,2 mio. tons CO₂i 2030.

I foråret fik Ørsted lidt over 8 mia. kr. til et stort CO₂-fangstanlæg, og den 20. september blev der indgået et bredt forlig på Christiansborg om at afholde to budrunder i 2024 og 2025, hvor man vil give 26,8 mia. kr til at fange 34 mio. tons CO₂ over femten år. Men er det egentlig en god ide? For teknologien er meget umoden og de internationale erfaringer med CO₂-fangst har ikke levet op til forventningerne.

Hvis man i to nye udbudsrunder bruger 26,8 mia. kroner på nye CO₂-fangstanlæg i storskala, og sætter flere statslige midler af til at lave CO₂-rørledninger, løber man en stor økonomisk risiko. Det ligner en pick-the-winners strategi, hvor man forsøger at finde vinderteknologien, men det er en umoden og prækommerciel teknologi med stort ekstra energiforbrug og meget usikker klimaeffekt. Derfor vil det være meget kostbart og risikabelt, hvis staten for tidligt bruger skatteydernes penge på at skalere teknologien op. De hidtidige internationale erfaringer har skabt betydelig usikkerhed, om CO₂-fangst og -lagring er klar til at blive skaleret op på en omkostningseffektiv måde. Indtil nu er fangstresultaterne for ringe. CO₂-fangst fjerner ikke årsagen til problemet, men lapper på skaderne for enden af skorstenen. Det vil være bedre at investere meget mere i at fjerne årsagerne til problemet tidligere i værdikæden.

For 26,8 mia. kr. kunne man alternativt øge de offentlige bevillinger til energieffektiviseringer, ren vedvarende energi, varmepumper og elektrificering af større dele af samfundet. Det vil sikre en hurtigere udfasning af fossile brændsler og give større og tidligere klimagevinster. De naturbaserede løsninger skal også i spil. Hvis man afsatte en tredjedel af beløbet - 9,2 mia. kr. - kunne man udtage og vådlægge 135.000 ha ekstra lavbundslande og fjerne ca. 3 mio. tons CO₂ i 2030. Det vil være samfundsøkonomisk billigere, sikrere og gøre det lettere for Danmark at nå klimalovens mål om at reducere CO₂-udledningerne med 70 pct. i 2030.

I stedet at lave en risikabel pick-the-winner satsning, hvor to private konsortier får statsstøtte til at lave CO₂-fangst og -lagring, vil det være bedre at forhøje CO₂-afgiften til 1500 kr. pr. tons CO₂ og indfase en højere afgift hurtigere. En sådan forhøjelse giver ekstra incitament til virksomhederne til at erstatte fossile brændsler med ren vedvarende energi eller alternativt at investere i et CO₂-fangstanlæg på markedsvilkår.

Derfor anbefaler Rådet for Grøn Omstilling, at der tages en midlertidig tænkepause, hvor der laves en uafhængig og kritisk analyse af, om forventningerne til CO₂-fangst og -lagring i Danmark holder. Inden staten åbner nye budrunder og direkte støtter CO₂-fangstteknologien, bør en uafhængig instans - som f.eks. Klimarådet - få tid og ressourcer til at lave en grundigere undersøgelse af forudsætningerne. Det er muligt, at CO₂-fangst og -lagring i løbet af 2030'erne og 2040'erne kan komme til at spille en vigtig rolle i klimapolitikken, men frem mod 2030 kan Danmark få meget mere klimaeffekt ved at investere penge og kræfter på at lave en hurtigere udfasning af fossile brændsler i energiforsyningen.

Indhold

Hovedkonklusioner	1
Indledning	2
Regeringens store satsning på CCS	3
Konkurrencen med andre lande	4
Den usikre klimaeffekt	4
Potentialerne og de politiske aftaler	6
Er CO₂-fangst i stor skala en nødvendig strategi?	8
Pauvre internationale resultater	9
En dyr investering	11
En grøn recalibrering i Danmarks energi- og klimapolitik	13
Naturbaserede klimaløsninger	15
Et nyt forsigtighedsprincip og seks anbefalinger fra RGO	17

Hovedkonklusioner

- CO₂-fangst har eksisteret i mange år i olie- og gasindustrien, hvor det bl.a. har været nødvendigt at sænke CO₂-indholdet i den fossile gas, inden den blev sendt gennem rørledninger. Mellem 80-90 pct. af den CO₂, som historisk set er fanget ind ved at udvaske CO₂ fra røggasserne, er blevet brugt til at skyde ind i nedslidte olie- og gasfelter for at udvinde endnu mere fossil energi.
- Der er mange forskellige teknologiske former for CO₂-fangst under udvikling rundt omkring i verden, men CO₂-fangst på biomasseanlæg, affaldsforbrændingsanlæg, cementfabrikker og den energikrævende industri er stadig meget umoden og har været svær at skalere op på en omkostningseffektiv måde. De internationale CCS-erfaringer er desværre indtil nu ret nedslående i forhold til CO₂-fangst i industrien og på kraftværker.
- Staten løber en stor risiko for statens penge, hvis man binder store offentlige midler på at støtte dyre CO₂-fangstanlæg, der kan øge energiforbruget på et tidspunkt hvor vi snarere burde spare på energien. Fangstanlæggene koster typisk 13-44 pct. ekstra på energiregningen på de værker, der installerer det. Og det rammer socialt skævt, da en højere energiregning rammer lavindkomstgrupperne relativt hårdere.
- Det kan godt være, at CO₂-fangst i løbet af 2030-40'erne vil spille en rolle i klimapolitikken, men staten skal ikke vælge en teknologi med ringe perspektiver for at løse klimaproblemerne på kort og mellemlangt sigt. RGO anbefaler, at de resterende statslige midler til CO₂-fangst - og lagring i Danmark midlertidigt indfryses, og der frem til 2030 ikke afholdes nye udbud for CO₂-fangst eller afsættes ekstra offentlige midler til at bygge en CO₂-infrastruktur. Til den tid kan man så vurdere erfaringerne med det allerede indgåede projekt med CO₂-fangst på Ørstedes biomasseværker og andre projekter i udlandet. Og er prisen på CO₂-fangst bragt længere ned, og er effektiviteten øget tilstrækkeligt til, at det vil være en ide at skalere op med CO₂-fangst og -lagring i 2030'erne og 2040'erne?
- Det vil være mere omkostningseffektivt, hvis staten indfører en højere CO₂-afgift - som giver virksomhederne ekstra incitamenter til at reducere CO₂-udledningen - frem for at give direkte statsstøtte til CCS. En højere CO₂-afgift kan accelerere den grønne omstilling væk fra fossile brændsler. Den kan også åbne op for, at det måske med tiden bliver rentabelt for markedsaktører at investere i CO₂-fangst på deres anlæg.
- I stedet for at investere flere milliarder af skattekrone på CO₂-fangstanlæg på et for tidligt tidspunkt kan staten alternativt vælge at investere pengene i at fremme energibesparelser, hurtig opskalering med sol- og vindenergi, støtte til varmepumper og elektrificering af alle sektorer, som kan trænge fossile brændsler hurtigere ud af det danske energiforbrug. Det kan også give et ekstra boost til de grønne danske frontløbervirksomheder.
- Frem for at binde store statslige midler til usikre CO₂-fangstanlæg kan man føre mere effektiv klimapolitik og fjerne mere CO₂, hvis man laver en ambitiøs [energispareplan](#) (op til 5 mio. tons i 2030), stopper for nyregistrering af benzin- og dieselbiler i 2025 (1,8 mio. tons i 2030) og elektrificerer af alle færgefarter inden 2030 (0,2 mio. tons).
- I de kommende 5-10 år kan man også skalere op for den naturbaserede CO₂-fangst, og det internationale klimapanel vurderer, at den har et stort potentiale og medfører lavere omkostninger end f.eks. CCS. Man kan opnå store klimagevinster ved at plante endnu mere skov, at plante flere træer i byerne, at udtage og vådlægge lavbundsjord, at omstille landbruget til mere plantebaseret produktion - samt og hurtigt at aftrappe afbrændingen af fast træbiomasse på kraftværkerne.
- Man bør også i større skala satse på naturbaserede løsninger, hvor flere af dem er langt mere omkostningseffektive. For ca. 9,2 mia. kr. kan man udtage og vådlægge ekstra 135.000 hektar lavbundsjord, og det vil ifølge RGO's beregninger kunne fjerne op godt 3 mio. tons CO₂ i 2030.
- Det vil også være en god ide at øge den statslige støtte til forskning og udvikling af alternativer til den meget klimabelastende animalske landbrugsproduktion. Historisk er der ikke brugt statslige midler til at reducere landbrugets udledninger. Modsat CCS er det et område, hvor Danmark qua en stor og meget avanceret bioteknologisk industri har særlige forudsætninger for at gøre en forskel.
- Den CO₂, der kan fanges fra biogene kilder - herunder i landets biogasanlæg - skal ikke deponeres i undergrunden, men kan med fordel bruges som - Carbon Capture and Usage (CCU), da kulstoffet kan anvendes til at fremstille bl.a. e-kerosen til luftfarten på de lange strækninger.

Indledning

Klimaforandringerne accelererer på dramatisk vis, og juli 2023 var den varmeste måned målt i menneskehedens historie. Strømmen af negative klimanyheder har dog endnu ikke ført til en adfærdændring af betydning. Det globale forbrug af olie og gas er steget i det forløbne år, og flere olieselskaber har sat deres reduktionsmål ned¹. Samtidig fortsætter de globale CO₂-udledninger med at [stige](#).

Det skaber en del politisk nervøsitet for, om vi når de fastsatte reduktionsmål, og i dette stigende gab mellem klimamål og handling er der også kommet et voldsomt pres for at satse i stor skala på CO₂-fangst og -lagring for at få nedbragt mængden af drivhusgasser hurtigere.

Hovedårsagen til de stigende udledninger skyldes dog ikke, at det stadig går for langsomt med at udvikle en sikker teknologi for CO₂-fangst og at finde nye teknologiske fix. Klimakrisen vokser tværtimod, fordi de ansvarlige beslutningstagere i stadig gør alt for lidt for at fjerne de to hovedkilder til de menneskeskabte klimaforandringer: Og det er de fossile brændsler og landbrugets alt for store animalske produktion.

Omkring 80 pct. af de globale CO₂-udledninger kan direkte føres tilbage til afbrændingen af olie, gas og kul, så det mest effektive svar på de menneskeskabte klimaforandringer er stadig en hurtig udfasning væk fra fossile brændsler. Men det er ikke sket. I Danmark er vi stadig stærkt afhængige af fossil energi – der står bag 53 pct. af vores bruttoenergiforbrug. Dertil kommer at to tredjedel af Danmarks registrerede mængde vedvarende energi stammer fra afbrænding af biomasse, der er klimaskadelig. I 2022 blev der udledt 20,2 mio. ton CO₂ fra afbrænding af biomasse i Danmark, hvilket udgjorde 31 pct. af den samlede udledning af drivhusgasser fra aktiviteter i Danmark.²

Det kniber stadig alvorligt for Danmark med at nå både 2025- og 2030-reduktionsmålet i klimaloven. Hvor vi i princippet burde reducere vores udledning af drivhusgasser med cirka 7,2 pct. om året indtil 2030, så steg CO₂-udledningen fra 2021 til 2022. Det betyder, at Danmark for nærværende har kurs mod et *overshoot* i forhold til det 1,5 graders mål, som blev aftalt på FN's klimatopmøde i Paris for otte år siden. Danmarks nuværende klimapolitik har iflg. Klimarådet snarere kurs mod 1,7 grader Celsius eller mere³. Hvis CO₂-udledningerne fra landbruget og transporten – der til sammen står for næsten halvdelen af de danske

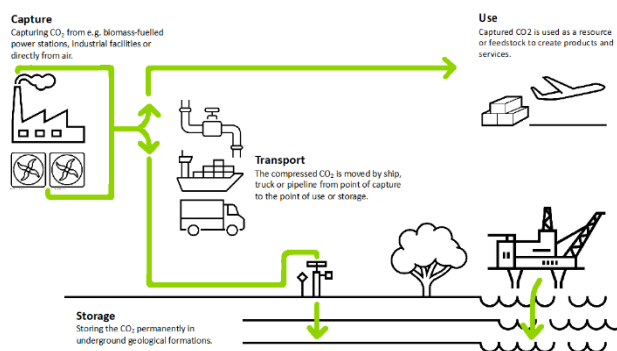
udledninger – ikke snart reduceres, vil det være ekstremt svært, om ikke umuligt, at nå klimalovens mål.

En anden kritisk udfordring er, at der er stor usikkerhed, om et af de konkrete virkemidler, CO₂-fangst, kan fjerne mindst 3,2 mio. tons CO₂, som SVM-regeringen satser på i sit klimaprogram. Dette er emnet for dette notat, der undersøger, hvor stort potentialet er for CO₂-fangstteknologierne på kort og mellemlang sigt.

Det er vigtigt at skelne mellem de forskellige former for CO₂-fangst, for der er meget store forskelle på metoderne, og hvad de anvendes til. CO₂-fangst kan groft sagt opdeles som teknologiske, kemiske og naturlige løsninger. De naturlige former for CO₂-fangst - f.eks. at plante flere træer og skove er relativt set meget billig og kan give et betydeligt bidrag til at suge mere CO₂ ud atmosfæren. Men når regeringen taler om CO₂-fangst i Danmark, er det som oftest de teknologiske og kemiske løsninger, der tænkes på.

Samlebetegnelsen er CCS - *Carbon Capture and Storage* - og på lagringsdelen er der også forskellige geologiske måder at lagre på, hvilket vi vender tilbage til. Ud over CCS er der også en række forslag til at bruge den indfangede CO₂, og når denne form for "Utilisation" er involveret taler vi om CCU - *Carbon Capture and Utilisation*. (Se figur 1)

CO₂ fangst, anvendelse og lagring



Figur 1. Kilde: Europa-Kommissionen, https://climate.ec.europa.eu/eu-action/carbon-capture-use-and-storage/overview_en

I nogle industrier er CO₂-fangst en velkendt teknologi, der er brugt i mange årtier, og siden 1970'erne har man f.eks. udvasket CO₂ fra røggasser ved at tilsætte en amin, der opsuger CO₂ ved kontakt. Ifølge en statusrapport fra The Global CCS Institute findes der på verdensplan i dag 30 CCS-anlæg i drift, 11 anlæg er under opførelse og 153 anlæg er under udvikling⁴.

¹ Dharna Noor, Big oil quietly walks back on climate pledges as global heat records tumble, *The Guardian*, 16. juni 2023.

² Danmarks Statistik, CO₂ fra biomasse udgør 31 pct. af drivhusgasser, 14. september 2023.

³ Klimarådet, Statusrapport 2023, sd. 123.

⁴ Global CCS Institute, Global statusrapport 2022, <https://status22.globalccsinstitute.com/2022-status-report/introduction/>

I gasindustrien har det været meget udbredt at lave CCS, for CO₂-indholdet i den fossile gas har ofte været for højt til at sende gassen videre via rørledninger eller at bruge den til at fremstille flydende gas (LNG), som kan eksporteres og sejles med skibe over verdenshavene. Derfor har gasindustrien lavet CCS i mange årtier, og det er også her, at man finder de varmeste fortalere for at udbrede teknologien til endnu flere anvendelsesområder. Gasindustrien har tjent en del penge på at sælge CO₂ videre til olieindustrien.

Mellem 80-90 pct. af den CO₂, der historisk set er fanget ind, er blevet brugt til Enhanced Oil Recovery (EOR) - dvs. en form for CCUS.⁵ Her har olie- og gasselskaberne brugt CO₂ en til at skyde ind i nedslidte olie- og gasfelter for at hente endnu mere fossil energi op af undergrunden. Det har givet en bedre driftsøkonomi i den dyre og energikrævende CO₂-fangstproces, men det har også forlænget de fossile selskabers levetid. For klimaet har den ekstra udvinding af fossil energi dog været fatal, for i stedet for at fjerne CO₂ fra atmosfæren, har det forværret problemet. I dag går omkring 73 pct. af den CO₂, der indfanges teknologisk, til at lave EOR.⁶

Regeringens store satsning på CCS

Klima-, energi- og forsyningsminister Lars Løkke Rasmussen har kaldt CO₂-fangst for "en kerneteknologi". Men det er et åbent spørgsmål om teknologien kan levere til tiden, og er det det Columbusæg i klima- og energipolitikken, som regeringen forestiller sig? Den 20. september indgik regeringen et bredt forlig med SF, LA, Konservative, EL, RV, DF og Alternativt om CO₂-fangst og -lagring der skal bane vej for, at staten i de næste år tildeler i alt 26,8 mia. kr. yderligere i to budrunder for CO₂-fangst. Konkret samler man et par eksisterende CCS-ordninger i en samlet CCS-pulje, og der skal afholdes offentlige udbud i juni 2024 og 2025, hvor forskellige konsortier kan byde ind på fangstløsninger i hele værdikæden, hvor de forpligter sig til mindst at fange 2,3 mio. tons CO₂ i 2029.

Man håber på, at disse konsortier mindst kan fange 34 mio. tons CO₂ i løbet af 15 år, og det betyder, at statsstøtten til at fange et ton CO₂ vil svare til knap 631 kr. Det kan dog forvråde markedet i forhold til andre virksomheder, der ikke får statsstøtte. Og det vil også alt andet lige efterlade færre penge til andre klimaløsninger - herunder udtag af lavbundsjord, udfasning af træ i energiforsyningen, stop for benzin og dieselmotorer og færger samt øget skovplantning, energibesparelser, vedvarende energi, varmepumper og lignende, der også kan opsuge eller fjerne mere CO₂. Man er derfor nødt til grundigt at overveje, om CO₂-fangstteknologien kan

levere de ønskede reduktioner på en omkostningseffektiv måde, eller om man kan få mere for pengene på andre måder.

Regeringen præsenterede i august et forhandlingsudspil med ordene om, at der er tale om en "fremrykning" med ét år i forhold til 2030, men i virkeligheden sikres nøjagtigt samme mængde CO₂, som angivet i regeringens klimaprogram fra efteråret 2022. Det er derfor mere korrekt at tale om, at man har serveret gammel vin på nye flasker.

Rent teknisk kan det måske være fornuftigt at samle alle CCS-pengene til to store konsortier, som kan samarbejde i hele værdikæden, så der i bedste fald opnås storskalafordele. For det har vist sig at være meget svært at få økonomien til at hænge sammen i CO₂-fangstanlæg på kraftværker, forbrændingsanlæg og i de energitunge industrier. Internationalt er der stadig ikke er nogen af den type anlæg, der har kunnet klare sig uden store statstilskud. At samle alle sine æg i to store udbudskurve frem for at sprede risikoen på mange flere og mindre projekter, der kan konkurrere med hinanden, er dog en mere risikobetonet strategi.

Senere på i efteråret vil fremlægge en hovedlov om at investere i en ny national infrastruktur for CO₂-rørledninger, der skal transportere den indfangede CO₂. Man åbner op for statsligt medejerskab af denne infrastruktur, som kan blive krumtrappen i en større opskalering med CO₂-fangst i Danmark, hvor man vil sende CO₂ rundt i rørledninger til de nye Power-to-X fabrikker, på tværs af regionerne og af landegrænserne. Eller også skal den sejles ud til de nye CO₂-lagre i Nordsøen.

De første spadestik er allerede taget for den del, da Energistyrelsen i februar 2023 gav tilladelse til tre fuldskala CO₂-lagringsprojekter i Nordsøen og i december 2023 vil regeringen gerne give otte efterforskningstilladelser til CO₂-lagring på land og i kystnære områder, hvis Energistyrelsens igangværende strategiske miljøvurdering giver grønt lys for det. Det tredje hovedspor er, at regeringen lægger op til et statsligt medejerskab på 20 pct. af tilladelserne til lagring af CO₂.

Men det er et åbent spørgsmål, om det vil være en god ide i de næste få år at sætte milliarder af skattekrone på højkant for at understøtte CO₂-lagring? For hvor meget teknologisk og kemisk CO₂-fangst har Danmark behov for i fremtiden, hvis vi i større grad kan elektrificere industrien og varmesektoren, og i nogle tilfælde vil erstatte fossile brændsler med f.eks. grøn brint? I stedet

⁵ Institute for Energy Economics and Financial Analysis, The Carbon Capture Crux. Lessons learned, 2022 sd.10.

⁶ Global CCS Institute, Global Status of CCS, 2021, sd. 63.

for at lagre CO₂ kunne man også give incitamentter til f.eks. at bruge biogent kulstof til et nyttigt formål, som f.eks. at fremstille e-kerosen med grøn brint, der kan bruges til at dekarbonisere luftfarten? Og kan man få mere klimateffekt for pengene ved at vælge en anden investeringsprofil? Dette er kritiske spørgsmål, der fortjener at blive afklaret.

Konkurrencen med andre lande

Det er de store tandhjul, der drejer i dansk klima- og energipolitik. Lægges hertil det voksende politiske og lobbymæssige pres for at etablere en brintinfrastruktur, der også skal kunne sende brint på tværs af landet og videre til Tyskland og andre EU-lande, så anes tegningen til det, som regeringen drømmer om kan blive et nyt dansk industri- og eksporteventyr.

Man vil gerne gøre Danmark til "en europæisk hub for CO₂-lagring." I marts åbnede pilotfasen i det såkaldte Project Greensand et CO₂-lagringsprojekt i det nedlagte Nini West-oliefelt i Nordsøen, hvor det er planen at lagre i første omgang 0,5-1,5 mio. tons CO₂ og siden nå op på 8 mio. tons i 2030. Og regeringen har allerede indgået en aftale med Belgien om at lave rørført transport af CO₂, og man har indgået samarbejdsaftaler med Tyskland, Holland og Belgien om at fremme CCS som et klimamæssigt virkemiddel. Som regeringen ser det, "har Danmark taget de første vigtige skridt mod at etablere en samlet værdikæde for CCS."⁷

Regeringens udspil "Klimahandling - I mål med fangst og lagring af CO₂" blev rost fra flere sider - bl.a. fra Dansk Industri, Dansk Metal, Dansk Erhverv, Dansk Fjernvarme og af Tænketanken Concito. Sidstnævnte kaldte det "et vigtigt skridt videre for CCS", og anbefaler at løfte CO₂-fangstmålet for 2030 til 5 mio. tons, og "det bør derfor overvejes at give en ekstra tilskyndelse for at få projekter tidligere i gang end 2029."⁸

På Christiansborg er der med et nyt forlig her den 20. september skabt bred opbakning til, at Danmark skal satse på CO₂-fangst og -lagring, og det har manifesteret sig en række politiske forlig i de sidste tre år. Som regeringen ser det, er "fangst og lagring af CO₂ (CCS) et afgørende værktøj til at opfylde klimamål på alle niveauer." Og regeringens mål er, at "vi skal vise en sikker vej til de forventede reduktioner i 2030." Problemet er bare, at det langt fra er så sikkert.

Flere og flere lande i verden har fremlagt CCS-strategier, og statsstøtten til CO₂-fangstanlæg er steget rundt

omkring i verden, og Europa-Kommissionen har i sin Net-Zero Industry Act (NZIA) sat et mål om, at EU-landene skal fange og lagre 50 mio. tons CO₂ i 2030⁹.

Olie- og gasindustrien har i flere år arbejdet med CO₂-fangst, bl.a. for at nedbringe CO₂-indholdet i den fossile gas, så den kan sendes gennem rørledningerne. Eller for at skyde CO₂ ind i nedslidte olie- og gasfelter. Men teknologien til CO₂-fangst på kraftværker, i energitunge industrier og affaldsforbrændingsanlæg er stadig meget umoden og en prækommerciel teknologi, der har vist sig at være meget svær at opskalere. De hidtidige projekter har fanget mindre CO₂ end forventet, man har haft svært ved at holde tidsplanerne, og projekterne er ofte blevet langt dyrere end planlagt. Der er grund til en betydelig skepsis. Og det er tvivlsomt, at EU kan nå sin høje målsætning.

I Danmark har Klimarådet givet udtryk for en vis skepsis overfor den optimisme, der har været omkring CO₂-fangst. Klimarådet fastslår i sin 2023-statusrapport, der blev udgivet i februar, at teknologien er "endnu uprøvet i Danmark, og der er risici forbundet med at etablere og opskalere de nødvendige anlæg gennem hele værdikæden." Der er iflg. Klimarådet "betydelig risiko for, at dette centrale element i regeringens plan ikke kommer til at levere i tide og i det ønskede omfang."

Den usikre klimateffekt

Da regeringen i august lancerede sit udspil, skete det meget symbolsk lanceret på Ørstedes biomassefyrede kraftværk i Avedøre, hvor Ørsted fra 1. december 2025 vil fange CO₂ ind. Ørsted fik i foråret ikke mindre end 8,2 mia. kr. i statsstøtte til at fange CO₂ på sit halmfyrede værk i Avedøre og på træbiomasse-kraftværket i Asnæs. CO₂-fangst på biomasseværker kaldes for BECCS, forkortet fra *Bio Energy Carbon Capture and Storage*.

Ørstedes mål er at fange 430.000 tons CO₂ om året i 20 år, og det har vakt international genklang, og den internationale software gigant, Microsoft, har over 11 år lovet at købe for 2,76 mio. tons CO₂-kreditter fra Ørstedes fangstanlæg. Det er med til at skabe en bedre økonomi i projektet, men det er åbent spørgsmål, om fangstanlægget nogensinde ville være blevet til noget uden den betydelige statsstøtte, der er givet på forhånd. Ved at lave CO₂-fangst på kraftværkerne, kan Ørsted på papiret fjerne en pæn del af sine udledninger, men det er tvivlsomt, at fangstanlægget – når man medregner totaludledningerne i de næste tyve år eller diskonterer

⁷ Regeringen, Klimahandling - I mål med fangst og lagring af CO₂, August 2023.

⁸ Concito, Regeringens CCS-udspil peger i den rigtige retning, 21. august 2023 <https://concito.dk/concito-bloggen/regeringens-ccs-udspil-pegert-rigtige-retning>.

⁹ Europa-Kommissionen, https://single-market-economy.ec.europa.eu/industry/sustainability/net-zero-industry-act_en, 16. marts 2023.

biomassefyningen over 100 år – vil bidrage til dansk klimaneutralitet.

Klimaeffekten opnås nemlig ikke fra dag et. [Beregninger](#) foretaget af Rådet for Grøn Omstilling har vist, at der kan gå over 30 år, før man samlet set opnår en positiv klimaeffekt ved afbrænding af træbiomasse, da det tager lang tid at genskabe det biologiske lager, når træ brændes af. Biomassefyning fører ikke kun til betydelig forurening med CO₂, som det siden kræver en del ekstra energi at fjerne i et fangstanlæg. Den bidrager også til en betydelig mængde luftforurening med NO_x, der siden stiger op i atmosfæren og indirekte påvirker klimaet.

Et politisk flertal har i en årrække alligevel valgt at give direkte økonomiske incitamenter til at brænde biomasse af i kraftværkerne, der har fået tilskud til at producere el. Men afbrænding af træ fører her-og-nu til ca. 17 % højere udledninger per nyttiggjort energienhed end kul og selv regnet over tid er klimapåvirkningen op mod halvdelen af kul.¹⁰ Svaret er ikke at vende tilbage til kul, der er meget klimaskadelig og fører til stor luftforurening, men CO₂-fangsten på biomassekraftværker er heller ikke en bæredygtig løsning.

Det er i dag teknologisk muligt at elektrificere varmesforsyningen, og industrielle varmepumper har f.eks. 4-5 gange højere energieffektivitet end biomassefyng. De kan drives af ren vedvarende sol- eller vindenergi, samtidig med at man kan undgå negative sideeffekter i form af CO₂-udledninger, luftforurening og ekstra sundhedsomkostninger. I de næste 4 år er der afsat op imod 2,6 mia. kr. i statsstøtte til kraftværker, der fremstiller elektricitet ved afbrænding af biomasse, og disse penge kunne anvendes bedre på andre klimatiltag.

Danmark importerer hvert år over 5 mio. tons fast træbiomasse fra andre lande, og i de senere år er der blevet fyret mere og mere træ af i de danske kraftværker. Ifølge EU's direktiv for vedvarende energi er træbiomasse rubriceret som en vedvarende energikilde, men EU anser ikke træ-biomasse for klimaneutral, idet træ anvendt til energiformål skal konteres som en straksudledning i medlemslandenes LULUCF-regnskaber, Danmarks omfattende afbrænding af fast træbiomasse i energisektoren fører i øjeblikket til en straksudledning på knap 15 mio. tons CO₂ om året. Straksudledningen opvejes over tid delvist af, at det anvendte træ alternativt ville rådne og omdannes til CO₂. Klimarådet har indikeret en måde at inddrage tidsperspektivet ved at tilbagediskontere det alternative henfald til afbrændingstidspunktet.¹¹ Betraget på denne måde vil afbrændingen af træ til energi have en klimaeffekt

svarende til ca. 5,5 mio. ton CO₂e per år. Det vil efter alt at dømme være billigere og hurtigere at nedbringe disse udledninger ved at investere i alternative, kendte grønne energiløsninger i el- og varmesektoren frem for at investere i nye energikrævende CO₂-fangst på landets mange biomasseværker.

Der er dog på forhånd skabt meget store politiske forventninger til, at Ørstedes anlæg for CO₂-fangst kan skabe et gennembrud og måske bane vejen for endnu flere CO₂-fangstanlæg på landets skorstenene. Det var i alt fald hovedbudskabet fra klima-, energi- og forsyningsminister, Lars Aagaard, da Ørsted vandt udbudsrunderen i maj 2023:

"Øjeblikket, hvor CO₂ bliver fanget fra skorstenene, er lige om hjørnet, og dermed bringer vi en afgørende teknologi i spil for at fjerne CO₂ fra atmosfæren og komme et skridt nærmere vores klimamål. Udviklingen går stærkt, og vi er nu tættere på at bringe et meget vigtigt klimaværktøj i spil," sagde han.

SVM-regeringen har sat et mål om, at Danmark i 2050 bliver et 110 pct. klimapositivt samfund, hvor man oveni vil fjerne 10 pct. af den mængde CO₂, vi udledte i 1990. Det svarer i runde tal, at ekstra otte millioner tons CO₂ skal fjernes fra atmosfæren. Det er et anerkendelsesværdigt mål, og politisk set kan det være attraktivt at forfølge denne strategi, fordi de globale CO₂-udledninger stadig er stigende.

Problemet er bare, at der - jf. ovennævnte beregninger - vil gå op imod 30 år, før Ørstedes CO₂-fangstanlæg har fanget lige så meget CO₂, som der for inden er brændt træ af fra det biologiske lager i skovene, og giver "overskud" på klimaregnskabet. Energistyrelsens forventninger til effektiviteten af CO₂-fangst på biomassekraftværker må desuden siges at være meget optimistiske.

Styrelsen skønner, at fangstraten i 2050 kan være mellem 85-99 pct.¹² Det kan måske lade sig gøre i korte tidsperioder, men det er endnu ikke lykkedes noget sted på kloden at nå op på denne effektivitet over længere tid. Også fordi man skal medregne, at der har været en del nedetid på de forskellige anlæg.

Der er mange forskellige former for fangstanlæg, men indtil nu giver de forskellige internationale erfaringer ikke grundlag for så stor optimisme i forhold til effektiviteten.

Intet sted i verden findes der et CO₂-fangstanlæg, der er i stand til at opfange alle drivhusgasser. Effektiviteten ligger næppe på mere end 65-75 pct., og mange steder

¹⁰ Mark Jacobson, No Miracles Needed, 2023.

¹¹ Klimarådet 2022: Kommentering af Global afrapportering 2022

¹² Energistyrelsen 2021: Teknologikataloget, Dataark for kulstoffangst, transport og lagring

er den lavere.¹³ Det bliver spændende at følge, om Ørsted kan bryde denne tendens.

Når det samlede regnestykke gøres op, er det vigtigt, at man laver en livscyklus analyse i hele værdikæden og ikke bare analyserer fangsten på det enkelte anlæg. Der udledes således CO₂, når man over lange afstande transporterer træbiomasse og halm til kraftværkerne, og når man efter afbrændingen af dem, fanger den og derpå skal bortskaffe den opfangede CO₂. Det kræver ekstra gode sikkerhedsforanstaltninger for CO₂ transporteres under meget stort tryk og ved en lav temperatur. Og som det fremgår af et Rambøll notat for Energistyrelsen vil transport og injektion af CO₂ også indebære større menneskeskabte katastroferisici. Disse risici vurderes til at være "potentielt væsentlige".¹⁴

Ørsted planlægger at køre den fangede CO₂ på Avedøreværket med lastbiler til Asnæsværket, hvorfra Ørsteds samlede CO₂-fangst skal sejles med specialbyggede skibe til den norske vestkyst. Her losses drivhusgassen og sendes via rørledninger ud til et kommende offshore CO₂-lager, der ligger 100 km fra den norske vestkyst og 2600 meter under havbunden. Projektet hedder *Northern Light* og ejes af olieselskaberne Equinor, Shell og TotalEnergies. Den gryende globale CCS-industri er i høj grad drevet af olie- og gasselskaber og de følgeindustrier, som raffinaderier og lignende, der har været en del af de fossile energivirkningskædes værdikæde.

Det koster cirka 268 kr. at transportere et ton CO₂ med de specialbyggede skibe til Northern Lights lageret, og skibene er drevet af LNG-motorer¹⁵. Selv om skibene også er udstyret med ekstra sejl, så udleder LNG-motorerne på skibene mere NO_x end dieseldrevne skibe, så transporten er ikke så ren endda. Omkring 9/10 af energien i [LNG-motorer](#) er metangas, der er en meget skadelig drivhusgas, som over 20 år er mere end 80 gange så potent som CO₂. Dette understreger, at det er vigtigt at analysere forureningen i hele værdikæden, når man skal vurdere, om det er attraktivt at investere i CO₂-fangst. Ørsteds anlæg er det første, som staten har valgt at støtte, men der vil gå mange år, før dette anlæg giver overskud i klimaregnskabet.

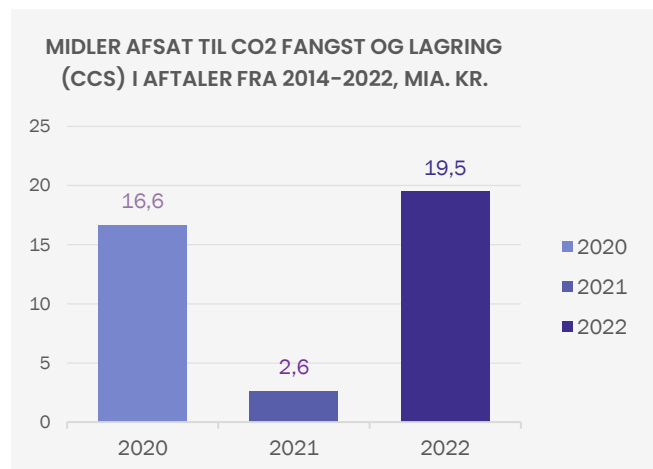
Potentialerne og de politiske aftaler

Et bredt flertal i Folketinget har indtil nu valgt at bakke op om, at der skal afsættes betydelige midler til at fange og lagre CO₂ fra både fossile og biogene kilder. Tilbage i juni 2020 kom de første politiske aftaler om at gøre CO₂-

lagring lovlig. Forligskredsen bag den store Klimaaftale for energi og industri i juni 2020 var Socialdemokratiet, Venstre, Dansk Folkeparti, Radikale Venstre, SF, Enhedslisten, Det Konservative Folkeparti, Liberal Alliance og Alternativet. De var enige om, at fangst og lagring af CO₂ (CCS) samt fangst og anvendelse (CCU) kan bruges til at sænke CO₂-udledningerne, og de var også enige om at etablere en teknologineutral, markedsbaseret pulje, der (i alt 3,08 mia. kr. fra 2024-2029) skulle bidrage til at fremme teknologien og hjælpe med at fange op til 3,4 mio. tons CO₂e i 2030.

Siden da er fulgt en stribe lovforslag, hvor ambitionsniveauet er steget mere og mere: Om rammevilkårene, investeringer og tilskudspuljer, lagringstilladelser, CO₂-fangst på kommunalt ejede anlæg, om statsligt medejerskab i CO₂-lagre via Nordsøfonden, tilladelse til fuldskalalagring i Nordsøen, og i marts 2023 gav man kommunalt ejede affaldsforbrændings- og biomasseanlæg mulighed for at bruge gratis og ubrugte CO₂-kvoter til at medfinansiere nye fangstanlæg.

Politikerne har foreløbig afsat i alt 38,7 mia. kr. til at fremme nye teknologier til CO₂-fangst og CO₂-lagring. Se figur 2.



Figur 2. Kilde: Modifieret fra Klima-, Energi og Forsyningsministeriet, 2023.

Men det kan meget vel blive til endnu mere. Regeringen ønsker her i efteråret 2023 at lave nye politiske aftaler om udmøntning af CCS-puljerne, at vedtage en lov om ejerskab og regulering af transport af CO₂ via rør og få lavet en aftale om statsligt medejerskab ved tilladelser til CO₂-lagring. Man vil også have nye rammevilkår for, hvordan og i hvilket omfang kommunalt ejede affaldsforbrændingsanlæg og biomassekraftværker kan

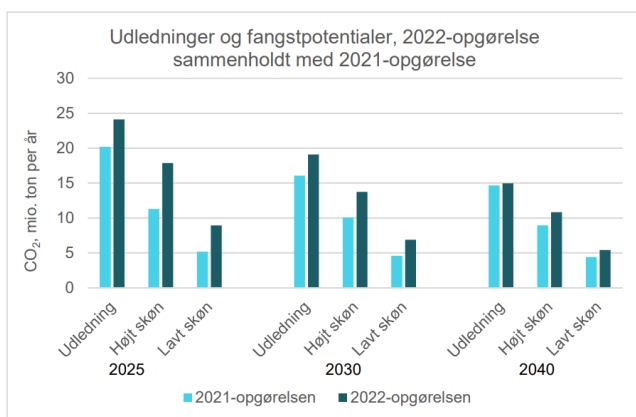
¹³ Mark Jacobson, No Miracles Needed, 2023. Han vurderer, at gennemsnitlige effektivitet på årsbasis er mellem 20-80 pct..

¹⁴ Rambøll, Geologisk lagring af CO₂ på land og kystnært, notat for Energistyrelsen, marts 2023, sd. 38.

¹⁵ Maritim transport af CO₂, Teknologisk Institut og Maersk Broker Advisory Service, oktober 2022, <https://www.teknologisk.dk/ydelser/skibstransport-af-co2-kan-blive-et-fremtidigt-guldaeg-og-8211-for-de-hurtige/44449>

få hjemmel til at etablere og drive CO₂-fangstanlæg som tilknyttet virksomhed.

Danske biogasanlæg har allerede erfaringer med at lave CO₂-fangst, fordi det er nødvendigt for dem at nedbringe CO₂-indholdet i biogassen (udgør 20-30 pct.), før den kan sendes ud i ledningsnettet. I 2021 fangede biogasværkerne [675.000 tons CO₂](#), men den blev derpå ledt ud i atmosfæren, fordi man ikke har etableret en værdikæde for udnyttelse af den indfangede CO₂. Den CO₂ kunne i fremtiden f.eks. bruges til at fremstille e-kerosen til luftfarten, men i dag går den tabt. Energistyrelsen har i en analyse skønnet, at det samlede tekniske potentiale i 2040 for CO₂-fangst fra punktkilder er mellem 5,4 – 10,8 mio. ton om året (figur 2).



Figur 3. Kilde: Energistyrelsen, Punktkilder til CO₂ – potentialer for CCS og CCU.

Energistyrelsen mener f.eks., at der kan fanges op til 1,5 mio. tons fra de tre største affaldsværker i Storkøbenhavn. I industrien vurderer Energistyrelsen, at der kan fanges mellem 1,8 - 3,6 mio. ton CO₂ pr. år, og Aalborg Portland menes at kunne levere ca. 2/3 af industriens samlede fangst i fremtiden.

Energistyrelsen understreger dog, at der "eksisterer et betydeligt potentiale for omstilling til VE, elektrificering og energieffektiviseringer i industrien, som kan blive realiseret bl.a. som følge af effekterne af CO₂-afgifter i industrien. Dette taler for, at det langsigtede potentiale for CO₂-fangst i industrien kan være lavere end de fremskrevne udledninger."¹⁶ I forhold til el- og fjernvarmesektoren kan overgangen til flere varmepumper også ændre forudsætningerne og føre til en hurtigere udfasning af fossile brændsler og afbrænding af fast biomasse: "I takt med, at varmepumper til fjernvarmeproduktion vinder indpas, kan varmepumperne også være med til at begrænse antal fuldlasttimer for øvrige fjernvarmeanlæg, idet en varmepumpe typisk vil levere den billigste varme, og

dermed have første prioritet." Noget andet, der kan ændre forudsætningerne er, hvis "biomassebaseret fjernvarme erstattes af varme fra varmepumper, geotermi, overskudsvarme fra PtX-anlæg og evt. andre varmekilder, i højere grad end antaget i KF22-fremskrivningen."¹⁷

Ligeledes er der usikkerhed om, hvor meget affald, der i fremtiden skal brændes af i Danmark. I dag er der 25 affaldsforbrændingsanlæg i Danmark, der brænder cirka 4,1 mio. tons affald om året, og der udledes cirka 1,6 mio. tons CO₂e fra disse forbrændingsanlæg om året. Vi er dog under pres fra EU for at genbruge og genanvende meget mere.

I stedet for at brænde affald af i fremtiden, kunne vi Danmark begynde at sætte pris på det som værdifulde ressourcer og accelerere omstillingen til en mere cirkulær økonomi. Skete det, ville behovet for CO₂-fangst på affaldsforbrændingsanlæggene være væsentlig lavere end de tekniske potentialer, som Energistyrelsen har regnet sig frem til. Det er en politisk beslutning, om man ønsker at begrænse energiforbruget og affaldsmængderne i samfundet - hvilket alt andet lige vil sænke behovet for CO₂-fangst i fremtiden - eller om man satser på en økonomisk vækstmodel med et stigende energi- og ressourceforbrug, der kan skabe et øget pres for at lave mere CO₂-fangst.

Men der er også en række tekniske og økonomiske forhindringer, som kan gøre det meget svært at skalere CO₂-fangsten på industriens punktkilder, i kraftværker og på affaldsforbrændingsanlæg. Globalt findes enkelte fangstanlæg på fabrikker, der fremstiller kunstgødning og ethanol, men fællesnævneren for dem er, at de fanger CO₂ for at bruge den til at øge olie- og gasudvindingen.

Der findes i dag mange pilotprojekter og demonstrationsprojekter på tegnebrættet rundt omkring på kloden, men der er endnu ingen velfungerende og økonomisk bæredygtige projekter for CO₂-fangst i større skala indenfor de energitunge industrier som cement og stål. I cementindustrien er der flere anlæg undervejs, men vi mangler stadig at se et stort og skalerbart projekt, der også hænger økonomisk sammen. Der er et lille anlæg på en cementfabrik i San Antonio i Texas, der fanger mellem 30-50.000 tons CO₂ tons/år. Arcelor/Mittal har åbnet et CO₂-fangstanlæg på et jern- og stålværk i Belgium (Steelanol), hvor man håber på at kunne fange 125.000 tons CO₂ om året, men det er stadig ikke fuldt ud operationelt.

¹⁶ Energistyrelsen Punktkilder til CO₂ – potentialer for CCS og CCU, 7. februar 2023, sd. 11.

¹⁷ Ibid, sd. 13-14.

Er CO₂-fangst i stor skala en nødvendig strategi?

Der kan være mange motiver til at støtte CO₂-fangst i større skala. Folk, der har svært ved at forestille sig en verden uden forbrændingsanlæg og forbrændingsmotorer drevet af fossile brændsler og fyring med træbiomasse, ser muligvis teknologien som en redningsplanke. Kan CO₂-fangst forlænge den fossile æra og bevare en verden, man allerede kender, og som har frembragt stor velstand og økonomiske fremskridt i de sidste par hundrede år? Der kan også være andre motiver på spil. For eksempel frygt. De menneskeskabte klimaforandringer er endt som et kapløb med tiden, og der er en stigende erkendelse af, at det haster med at finde løsninger, der virker. Der er kun 6 år til at få halveret de globale udledninger af drivhusgasser, og det forhold, at emissionerne stadig stiger, kan øge frykten for, at vi mister grebet om fremtiden. Omvendt kan det også styrke længslen efter at finde nogle teknologiske løsninger, der hurtigt kan vende udviklingen. Det er fuldt forståeligt. Og den politiske intention bag CO₂-fangst virker umiddelbart anerkendelsesværdig.

Jo flere drivhusgasser, der udledes og akkumuleres i atmosfæren, jo større vil behovet i fremtiden også være for at suge større mængder CO₂ ud af atmosfæren. Denne sammenhæng er også anerkendt af FN's internationale klimapanel, IPPC.

Tænketanken CONCITO er en af fortalene for, at Danmark satser mere på CO₂-fangst og -lagring, og de ser gerne, at regeringen hæver sine ambitioner. "Teknologier, der fjerner CO₂ fra atmosfæren, såkaldt negative udledninger kommer til at spille en vigtig rolle i klimakampen, hvis verden skal lykkedes med at overholde Paris-aftalen."¹⁸ Tænketanken har i flere år slået til lyd for en slags både-og-løsning med en markant udbygning med vindkraft og solceller kombineret med en stærkere satsning på CCS." Men selv hvis det skulle lykkes med at få overskud af grøn strøm i Danmark vil det formentlig stadig være bedre for klimaet at vælge CCS," fastslog tænketanken i et notat om det, man betegner som "det bæredygtige potentiale for CO₂-fangst og -lagring."¹⁹

"Hvis CO₂ og grøn strøm anvendes hver for sig til hhv. CCS og PtX uden brug af kulstof (fx ammoniak og brint) opnås der dobbelt så stor klimaeffekt som hvis de to kombineres til et brændsel." I notatet argumenteres der

desuden for, at det er "svært at satse for stort" i forhold til CO₂-lagring både fra danske kilder og via import fra vores nabolande.

CONCITO er ikke tilhænger af CCS på fossil energiproduktion, og man er skeptisk overfor CO₂-fangst på biomasseanlæg, fordi der er et begrænset antal driftstimer, og fordi disse over tid vil presses af billigere sol- og vindenergi og varmepumper. Alligevel vurderer man, at der måske kan fjernes op imod 5 mio. tons CO₂ fra CCS på biogas, affaldsforbrænding, industri og ved en parallel satsning på biokul. Og staten skal være en fødselshjælper: "Oveni afgifter og tilskud er det afgørende, at staten understøtter aktørerne ved at sikre mulighed for etablering af fælles billig rørinfrastruktur og lagring af CO₂."²⁰

CONCITO ønsker også at tage naturbaserede metoder (optag af CO₂ i skove og jorde), men tænketanken vurderer, at permanenten af disse metoder "er behæftet med stor usikkerhed."²¹ Det er naturligvis vigtigt at sikre sig, at der er tale om additionelt optag f.eks. ved øget skovplantning, men CONCITO udtrykker i sin analyse af CO₂-fangst en betydelig skepsis overfor de naturbaserede løsninger, og man hævder, at "der opnås størst sikkerhed for permanenten af CO₂-lagring ved teknologiske løsninger."

Den internationale forskningslitteratur er dog langt fra så skeptisk overfor de naturbaserede løsninger, og de spiller en betydelig rolle i det mest aggressive 1,5 graders klimascenarie fra FN's internationale klimapanel, IPPC, hvilket vi vender tilbage til. Det er sandt, at de naturbaserede løsninger ikke giver en endelig garanti for, at man også i al fremtid fanger den fornødne mængde CO₂, og jo ældre træerne bliver, vil deres evne til at opsuge CO₂ også stagnere. Fremsynet skovdrift med rettidig udtynding og nyplantning af flere træer med en god blanding af nåle- og løvtræer vil være afgørende for at sikre, at det biologiske lager i skovene også fortsat opsuger tilstrækkelig med CO₂ fra atmosfæren. Men de teknologiske løsninger er heller ikke sikre. De har for det første en begrænset levetid – typisk 20-30 år – hvor efter der skal foretages nye investeringer. For det andet har de internationale erfaringer vist, at de har væsentlig mere nedetid end de 3-5 pct., som Energistyrelsen regner med i deres teknologikatalog. For det tredje er deres effektivitet ikke på mellem 85-99 pct. (på store biomasseanlæg) eller 90-99 pct., som Energistyrelsen vurderer i deres

¹⁸ Concito, Negative udledninger. Teknologier til at fjerne CO₂ fra atmosfæren kan sikre hurtigere og billigere CO₂-reduktioner, januar 2023.

¹⁹ Concito, Karsten Capion og Tobias Johan Sørensen, Notat: Det bæredygtige potentiale for CO₂-fangst og -lagring, November 2021.Sd.15.

²⁰ Concito, CCS kan bidrage med fem mio. tons reduktioner i Danmark i 2030, 16. september 2023

²¹ Concito, Negative udledninger. Teknologier til at fjerne CO₂ fra atmosfæren kan sikre hurtigere og billigere CO₂-reduktioner, januar 2023 .sd. 9

teknologikatalog²². Effektiviteten er langt lavere. Kun under helt optimale forhold og i meget korte perioder kan udstyret nå op på at fjerne mellem 75-90 pct. af CO₂-en. Men virkeligheden er anderledes. I realiteten er den reelle effektivitet i fangstanlæggene noget lavere – dvs. mellem 20-80 pct. om året²³. Man er nødt til at medregne driftsforstyrrelser, og de internationale erfaringer viser, at der kan være betydelig nedetid, hvor fangstanlægget er ude af drift. Lad os antage, at det i løbet af nogle år lykkes af fjerne nogle af børnesygdommene, men det vil næppe bringe den gennemsnitlige effektivitet over 65-75 pct.

For det fjerde har CO₂-fangstanlæg et meget stort energiforbrug, og i energisystemer som det danske (hvor fossile brændsler stadig udgør 53 pct. af bruttoenergiforbruget) vil det ekstra energiforbrug føre til øgede CO₂-udledninger. Det internationale klimapanel, IPCC, vurderer på baggrund af forskningslitteraturen, at CO₂-fangstanlæg koster 13-44 pct. ekstra på energiregningen på de værker, der installerer det²⁴. CO₂-fangst på biomassekraftværker sluger dog endnu mere energi, fordi det kræver 25-55 pct. ekstra energi, end hvis kraftværket ikke lavede CO₂-fangst.

Hvis dette ekstra energiforbrug dækkes af fossile brændsler eller ekstra biomasseforbrænding, udledes mere CO₂ og metangas i forbindelse med udvinding, transport og brug af disse brændsler. Når man regner disse ekstra udledninger med, og tillægger energiomkostningerne forbundet med transport, bortskaffelse og lagring af den fangede CO₂, falder den reelle effektivitet af CO₂-fangst i nogle tilfælde til mellem 0 og 25 pct.²⁵ Den ekstra regning kan løbe op i flere hundrede kroner pr. ton CO₂. Det er en energiregning, der i sidste ende vil ende hos borgerne, og da regningen til el og varme relativt fylder mest i husholdningen for de laveste indkomster, kan det også have en social slagside.

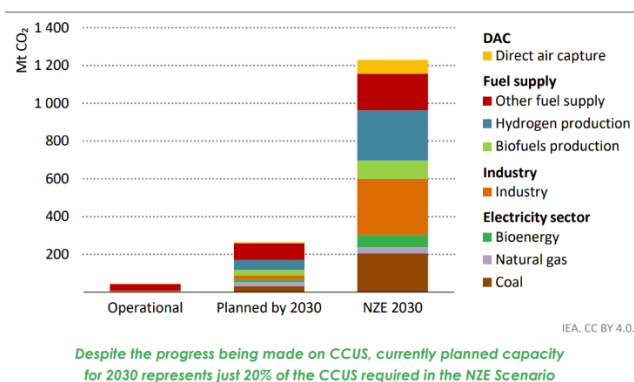
Ydermere vil der være et ekstra energi- og materialeforbrug under anlæg af en ny CO infrastruktur. Eller som Rambøll konkluderer i et notat for Energistyrelsen: Planen for udbuddet med geologisk lagring af drivhusgasemissioner vil "i sig selv indebære et energiforbrug og CO₂-udslip. Materialer, anlægsarbejde, transport og pumper i drift og senere dekommissionering af anlæggene vil direkte og indirekte til udledning af drivhusgasudledninger."²⁶

Det er alt for tidligt at satse alle sparepengene på, at CO₂-fangstteknologien får en afgørende rolle i klimakampen. Det er stadig for usikkert. Som det ser ud i dag, løser CO₂-fangst på fossile eller biomassefyrede kraftværker og på industrianlæg ikke klimakrisen. CO₂-fangstanlæggene kan derimod øge det fossile energiforbrug.

Pauvre internationale resultater

Det Internationale Energi Agentur har i de senere år været med til at skrue forventningerne op til CO₂-fangst som et afgørende teknologisk svar på det store handlingsgab, der eksisterer mellem behovet for globale CO₂-reduktioner i et Net Zero scenario og så den manglende klimahandling. I IEA's opdaterede "Net Zero by 2050" scenarie er vurderingen, at der er brug for, at der skal fanges op imod 1,2 mia. tons CO₂ i 2030 og hele 6,2 mia. tons pr. år fra 2050²⁷. Det er som en Mars mission i forhold til kapaciteten i verdens 35 kommercielle fangstanlæg, der ikke fanger over 45 mio. tons. Se figur 4.

Global CO₂ capture by operating and planned source relative to the NZE Scenario, 2030



Figur 4. Kilde: IEA, World Energy Outlook, 2022.

Ifølge IEA skal der bygges ikke mindre end 10 nye Carbon Capture Utilisation and Storage anlæg hver eneste måned frem til 2030 for nå de ambitiøse målsætninger, men lige nu er der "kun" projektplaner for cirka 260 nye anlæg i verden, der i bedste fald kun kan nå op på at fange lidt over 200 mio. tons CO. Men mange af dem er prototyper, og de er kun tidligt i projektudviklingen, så det er urealistisk at forestille sig, at man når op på de 200 megatons. Nogle vil muligvis se dette store gab som en ekstra motivation til at skalere endnu hurtigere op for CO₂-fangst og statsstøtten til

²² Energistyrelsen, Technology Data – Carbon Capture, Transport and Storage, November 2021, https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/technology_data_for_carbon_capture_transport_and_storage.pdf

²³ Mark Jacobson, No Miracles Needed, 2023.

²⁴ IPCC, Climate Change 2022, Mitigation of Climate Change, Working Group III, Sixth Assessment Report, 2023, sd. 642.

²⁵ Mark Jacobson, No Miracles Needed, 2023.

²⁶ Rambøll, Geologisk lagring af CO₂ på land og kystnært, notat for Energistyrelsen, marts 2023, sd. 38.

²⁷ International Energy Agency, World Energy Outlook 2022, sd. 172.

teknologien. Men det bør omvendt afvejes i forhold til de mange andre velafprøvede grønne løsninger - sol- og vindenergi, energieffektiviseringer, elektrificering af transport, såvel som skovplantning og klimaomstilling i landbruget - der er omkostningseffektive.

Disse kan med meget stor sandsynlighed erstatte fossile brændsler og fjerne store mængder CO₂ i løbet af de næste få år, mens de klimamæssige odds for CO₂-fangstteknologierne er langt lavere og rummer meget større usikkerhed.

De internationale erfaringer med CO₂-fangst er ikke særlig opløftende indtil nu. Her kan man f.eks. kigge til Norge, der kan regnes som en europæisk frontløber indenfor både CO₂-fangst og -lagring. Indtil nu har det norske fangsteventyr fået en del ridser i lakken. Den daværende socialdemokratiske statsminister, Jens Stoltenberg, var en varm fortaler for det store Mongstad projekt lidt nord for Bergen, som blev søsat i 2006 for at lave CCS på et naturgasfyret kraftværk og et raffinaderi. Stoltenberg sagde, at dette projekt kunne blive et afgørende gennembrud for at reducere Norges CO₂-emissioner, som også ville få andre lande til at følge efter. "Dette er vores månelanding," sagde han. Fangstanlægget ville kræve et areal svarende til ca. 20 fodboldbaner, bruge lige så meget el som 17.000 husstande og skulle efter planen levere fuld skala CO₂-fangst i 2020.

Den norske stat kastede 7,2 mia. norske kroner ind i projektet, hvor investeringsomkostningerne lå på 25 mia. norske kroner. Indfangningsomkostningerne var skønnet til cirka 150-200 euro pr. ton CO₂²⁸. Og medregnes prisen til transport, infrastruktur og lagring, så kunne prisskiltet nå helt op på 340 euro pr. ton CO₂. Alligevel valgte man at gå videre med dette prestige-projekt. Det endte i en fiasko, og i 2013 blev projektet lukket på grund af massive budgetoverskridelser på ekstra 1,7 mia. norske kroner. Mongstad projektet er siden forvandlet til Technology Centre Mongstad, og det er netop dem, som Ørsted har valgt som partner til at rådgive om opbygningen af amino-baseret CO₂-fangst i Asnæs og Avedøre. Og det er måske ikke underligt, da Ørsted fra 2010-2013 drev det naturgasfyrede kraftvarmeverk i Mongstad for det norske Statoil. Cirklen sluttet.

Northmændenes erfaring med CO₂-fangst er ikke imponerende indtil nu. Heidelberg cement har i flere år forsøgt at få et fangstanlæg op at stå på deres Norcem cementfabrik i Porsgrunn. Der har været store

forsinkelser og fordyrelser på det, der er søsat som verdens første storskalanlæg med CO₂-fangst i cementindustrien²⁹. Norcem Brevik anlægget, der har kostet over 4 mia. norske kr. (eller godt 3,2 mia. danske kr.) skal fange 0,4 mio. tons CO₂ om året. Danske FL Smidth er også involveret i anlægget, som efter planen skal køre i fuld skala fra 2025. Endnu er det uvist, om det lykkes.

I april 2023 besluttede man midlertidigt at stoppe et andet projekt for CO₂-fangst, nemlig på et affaldsforbrændingsanlæg i Klemetsrud, der er drevet af Celcizio³⁰. Trods en række succesfulde små testforsøg på anlægget – siden de første pilotforsøg tilbage i 2016 – har det vist sig ekstremt svært og meget dyrere at skalere det op. Indtil nu har byrådet i Oslo og den norske stat skudt 5,5 mia. norske kr. i anlægget, der koster omkring 9 mia. kr. Iflg. planerne skulle anlægget have fanget 400.000 tons CO₂ i 2024, men de store og gentagne budgetoverskridelser gør, at projektet nu hænger i en tynd tråd. Kun i bedste fald kommer det op at køre i 2026-27, forudsat at man kan finde nye investorer. Se figur 5.



Figur 5. Kilde: <https://www.brevikccs.com/en/facts>

Både Klemetsrud og Norcem Brevik fangstanlæggene er en del af Longship-projektet, som den norske stat siden 2020 har givet milliarder af kroner til. Målet er at opbygge en samlet værdikæde og infrastruktur for CO₂-fangst, transport og geologisk lagring. Staten betaler 2/3 af regningen, og det statslige selskab, Gassnova driver det operationelle arbejde med CO₂-fangst, -anvendelse og -lagring. Man ville skabe en rollemodel for resten af Europa og understøtte dekarboniseringen af de europæiske industrier.

²⁸ Jørgen Steen Nielsen, Norsk CO₂-rensning til 20 gange prisen, Information, 17. februar 2009.

²⁹ Mathias Julius Falkengaard, Regningen til norsk CCS-satsning stiger med næsten 700 millioner, 8. November 2021.

³⁰ Nora Buli, Carbon Capture project in Norway temporarily halted by high costs, Reuters 26. April 2023.

Selv om de norske erfaringer med CO₂-fangstanlæggene for kraftvarmeværker, cement- og forbrændingsanlæg ikke rigtig er kommet ud af starthullerne, har Norge et forspring indenfor geologisk lagring af CO₂, hvor de er langt foran Danmark. Nordmændene skabte tidligt de rigtige økonomiske incitament. Tilbage i 1991 indførte Norge en CO₂-afgift svarende til 257 NOK/ton CO₂ for naturgas udvundet offshore og 226 NOK/ton CO₂ for offshore olie, og det gav et ekstra incitament til olie- og gasselskaberne til at lave CO₂-fangst og -lagring i stedet for brænde gassen af på boreplatformene. Den mest modne og udbredte teknologi til CO₂-fangst er 'udvaskning' af CO₂ fra røggasser. Vaskeprocessen kan foregå med en amin, der opsuger CO₂ ved kontakt.

Allerede i i 1996 og i 2008 begyndte man i Norge at fange og lagre CO₂ i Nordsøen (Sleipner-projektet) og i Barents havet (Snøhvit-projektet). Begge steder har man opsuget en stigende del CO₂ fra den fossile gas, ingen af disse steder laver man EOR, og der har ikke været rapporteret om lækage fra den CO₂, der er lagret i de to geologiske velundersøgte reservoirer under havbunden. De to projekter fremhæves ofte som store succeser, og de har til sammen fanget 1,8 mio. tons CO₂ om året eller mere end 22 mio. tons akkumuleret.

Selv om der endnu ikke har været lækage fra de to depoter, bør man være forsigtig med at drage for hurtige konklusioner om, at man har fundet en sikker løsning. En analyse foretaget af Grant Hauber for Institute for Energy Economics and Financial Analysis (IEEFA) viser, at CO₂-en på bare få år er steget meget hurtigere op gennem de geologiske lag end forventet³¹. I Sleipner feltet gik der kun få år fra den deponerede CO₂ steg op fra 1100 meters dybde til 800 meters dybde. Og i Snøhvit depotet, hvor CO₂ sendes 2600 meter under havbunden, er man stødt på problemer med et langt højere tryk end forudset, og efter kun halvandet års lagring måtte man konstatere, at der i det oprindelige depot kun var plads til 1/10 af den mængde CO₂, der oprindeligt var planlagt. Man var derfor nødt til at lave en ny og dyr boring, der næsten fordoblede de samlede anlægsomkostninger.

IEEFA-analysen illustrerer, at det kan være langt sværere at skalere CO₂-lagring, end det ofte antages, og risikoen for, at der dukker uforudsete problemer op, er ganske betydelig. Især når det sker i to norske områder, hvor havbunden er meget velundersøgt. I 2005-rapporten fra IPPC blev et geologisk CO₂-lager i Algeriet, Salah-depotet,

fremhævet som en rollemodel, og da CO₂ skulle lagres under to solide lag af dækbjergarter 900 meter under jorden, troede man, at det var et ret solidt projekt. Men i 2011 kun 7 år efter, at man var begyndt at lagre CO₂ i Salah, blev projektet stoppet, fordi CO₂-trykket førte til et kraftigt opadgående pres. I Algeriet er man nu begyndt at sende noget af den lagrede CO₂ ud i atmosfæren igen for at fjerne noget af trykket i depotet.

En dyr investering

De hidtidige internationale erfaringer viser, at de teknologiske CO₂-fangstanlæg er meget dyre og kapitalintensive. Det vil typisk koste 3 mia. kr. i anlægsomkostninger at bygge et anlæg, der kan fange 1 mio. ton CO₂³². Omkostningerne for at fange et ton CO₂ varierer meget afhængig af den valgte metode - typisk mellem 650-4400 kr. Oveni skal lægges udgifterne til transport af CO₂ via lastbil, skib eller rør, der kan ende på flere hundrede kroner pr. ton CO₂.

Direkte fangst fra luften i de såkaldte Direct Air Capture-anlæg - eller de såkaldte DACCS-anlæg, der fanger CO₂ fra luften med lagring som formål - hører til i den dyre ende. Teknologien er heller ikke særlig udviklet, og der findes ingen fungerende DACCS-anlæg i EU. Globalt er der i dag 18 DAC-anlæg, men det er typisk mindre pilotprojekter, og de fanger ikke mere end 10.000 ton CO₂. Med 11 nye DAC-anlæg i pipeline - herunder i Norge, Nordamerika og Storbritannien - vil de i bedste fald højst komme op på at fange 5 mio. tons CO₂ i 2030 - til sammen³³. Det er som en dråbe i havet.

Ifølge regeringens Klimaprogram 2022 koster DACCS mellem 2.600-4.400 kr. pr. ton CO₂, og anlæggene er samtidig meget energikrævende. IEA har vurderet, at der skal bruges mellem 6-10 GJ energi til at fange et ton CO₂. Så hvis man skal fange 5 mio. ton CO₂ via DAC, vil det kræve en energimængde på cirka 30-50 PJ. Skal det drives med elektricitet fra havvind, vil det sluge al energien fra den kommende Energijø Bornholm. Men det vil være en dårlig løsning, for så vil energijøen ikke erstatte fossile brændsler. Det understreger noget af dilemmaet. "DACCS kan økonomisk set ikke konkurrere med andre negative emissions teknologier (..) den største hindring for teknologiens anvendelse er dets høje energiforbrug."³⁴

I EU findes der heller endnu ingen fungerende BECCS-anlæg (Bioenergy Carbon Capture and Storage), der fanger CO₂ på biomassekraftværker, og også her er pris-

³¹ Grant Hauber, Norway's Sleipner and Snøhvit CCS: Industry models or cautionary tales? Institute for Energy Economics and Financial Analysis, 2023.

³² Axcelfuture, Joachim Sperling og Finn Lauritzen, Finansiering af CCS, februar 2023

³³ IEA; Global Energy Outlook 2023, sd. 173.

³⁴ Selene Cobo m.fl., Sustainable scale-up of negative emissions technologies and practices: where to focus, Environmental Research Letters, 18 (2023), sd. 25.

skiltet ganske højt. Det er estimeret til at være mellem 690-1380 kr. pr. tons, jf. IPCC's mitigation rapport³⁵. Prisen varierer efter, om man bruger membraner, tilsætter kemikalier i processen eller fanger røgen i skorstenen. Nogle pilotanlæg har kostet mellem 1550 og 1840 kr. pr. tons fanget CO₂³⁶. En af årsagerne er, at energiforbruget er meget højt, og energieffektiviteten af et biomasseanlæg falder fra 36 pct. til kun 23 pct., når der sættes en fangstenhed på. Både DAC og BECCS betragtes af det internationale klimapanel stadig som umodne teknologier i "demonstrationsfasen."³⁷

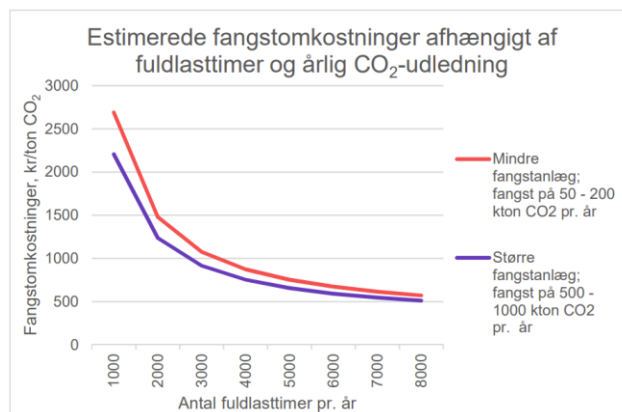
CO₂-fangst på kraftværker er mere udbredt, men de hidtidige erfaringer er ikke optimale. 90 pct. af alle fangstprojekter i kraftværksindustrien er indtil nu slået fejl i implementeringsfasen eller stoppet efter få år³⁸. Det store Boundary Dam kraftværk i Saskatchewan i Canada, der siden 2014 har søgt at fange CO₂ fra en kulfyret enhed, har kun fanget 50 pct. af CO₂-udledningerne fra skorstenen, hvor man havde regnet med at nå op på 90 pct³⁹. For at få en bedre økonomi i projektet – der havde kostet skatteyderne og kunderne flere milliarder kroner - solgte kraftværket CO₂ videre, så det kunne bruges til at udvinde mere olie og gas i nedslidte felter (også kaldet EOR – Enhanced Oil Recovery). På Petra Nova kulkraftværket i Texas begyndte man at fange CO₂ i 2017, men værket var ikke i stand til at fange mellem 33,9 og 55,4 pct, hvor af en del blev brugt til at udvinde ekstra olie og gas, og omkring 40 pct. af den indfangede CO₂ blev sendt ud i atmosfæren under disse borer efter flere fossile brændsler⁴⁰. Anlægget bidrog derfor ikke til at gøre noget ved klimakrisen, og samtidig var det en så dårlig økonomisk forretning, at CO₂-fangstanlægget 3 år senere – i 2020 – lukkede, uden at man nåede at tjene den investerede kapital hjem igen. Her i august har man forsøgt at få anlægget op at køre igen.

Et tredje stort prestigeprojekt for CO₂-fangst blev etableret af Chevron i 2016 på Gorgon-feltet nær Barrow øen 130 kilometer fra kysten i det nordvestlige Australien. Det skete med et løfte om at indfange 80 pct. af CO₂ fra produktionen af flydende LNG-gas og derefter lagre det 2 kilometer under øen. CO₂-fangstanlægget kostede over 13 mia. kr. i anlægsomkostninger, og det var planen, at det skulle fange op mellem 3,4-4 mio. tons CO₂ om året, og over tid lagre op imod 100 mio.

tons i undergrunden. I løbet af de første fem års levetid var anlægget kun i stand til at fange en femtedel af den CO₂, der blev udledt til atmosfæren⁴¹. Gorgon-projektet skulle have været et foregangseksempel for, hvordan CO₂-fangst skulle skaleres op, men indtil nu har det været en bragende dyr fiasko.

Generelt har CO₂-fangsten vist sig at være meget dyr, omkostningerne er ofte blevet meget større end planlagt, og effektiviteten i fangstteknologien har været en del lavere end forventet. CCS/CCUS i kraftværker og i industrien har vist sig at være langt mere kompleks og krævende, end salgsprospekterne har lagt op til. Med de høje omkostninger og det store ekstra energiforbrug, vil "CCS/CCUS have brug for økonomisk kompensation ved enten at sælge CO₂, at modtage statslige midler eller ved at opkræve en premium pris på forbrugerne," vurderer Institute for Energy Economics and Financial Analysis⁴².

Fortalerne for en større satsning på CO₂-fangst håber, at omkostningerne bringes ned i takt med at teknologien skaleres op og anvendt flere steder. Energistyrelsen har i en analyse påpeget, at der er meget stor usikkerhed, og en kritisk forudsætning er, hvor mange fuldlasttimer anlæggene kan køre med.⁴³ Se figur 6



Figur 6. Kilde: Energistyrelsen, Punktkilder til CO₂ – potentialer for CCS og CCU.

Det er tvivlsomt, at man kan overføre erfaringerne fra f.eks. forbrugerteknologier, der kan drage fordel af massemarkeder og hurtigt kan skaleres. De dyre og energikrævende CO₂-fangstanlæg skal ofte skræddersyes til de enkelte værker og lokale forhold, og det lave antal gør det mindre sandsynligt, at omkostningerne vil blive nedbragt hurtigt i de næste

³⁵ IPCC, Climate Change 2022, Mitigation of Climate Change, Working Group III, Sixth Assessment Report, 2023, sd. 800.

³⁶ Selene Cobo m.fl., Sustainable scale-up of negative emissions technologies and practices: where to focus, Environmental Research Letters, 18 (2023), sd. 14.

³⁷ IPCC, Climate Change 2022, Mitigation of Climate Change, Working Group III, Sixth Assessment Report, 2023 sd. 1155.

³⁸ Institute for Energy Economics and Financial Analysis, The Carbon Capture Crux, sept. 2022, sd. 38.

³⁹ Ibid, sd. 43.

⁴⁰ Mark Z. Jacobson, No Miracles Needed, Cambridge University Press, 2023, Kap. 8.4.2.2.

⁴¹ Mark Z. Jacobson, No Miracles Needed, 2023, Kap. 8.4.2.3.

⁴² Institute for Energy Economics and Financial Analysis, The Carbon Capture Crux, sept. 2022, sd. 73.

⁴³ Energistyrelsen Punktkilder til CO₂ – potentialer for CCS og CCU, 7. februar 2023

mange år. I stedet for at bruge milliarder af skattekrone på at fange 3,2 mio. tons CO₂e ved at investere i umodne fangstteknologier kunne man for 9,18 mia. kr. udtage og vådlægge 135.000 ha lavbundsgrunde og få samme klimagevinst. (Se naturbaserede løsninger sd 15)

Det vil også være langt billigere at satse på plante større skove ved f.eks. at udtage flere marginaljorde og landarealer langs søer, åer og kyster. Den samfundsøkonomiske skyggepris ved skovplantning er af konsulenthuset Niras vurderet til 131-263 kr. pr. tons CO₂, afhængig af, om det er nåltræer eller løvtræer.⁴⁴ Det er mindst 3-5 gange billigere end de kendte CO₂-fangst-teknologier i industrien, til affaldsforbrænding, biomasseanlæg og kraftværker.

I dag findes flere omkostningseffektive løsninger til at afbøde klimaforandringerne, men teknologisk og industriel CO₂-fangst er en af de absolut dyreste løsninger, og potentialerne er relativt begrænsede.

Se figur 7.

Mulige bidrag til netto reduktioner i udledningerne, 2030, Gigatons CO₂e/år

Many options available now in all sectors are estimated to offer substantial potential to reduce net emissions by 2030. Relative potentials and costs will vary across countries and in the longer term compared to 2030.

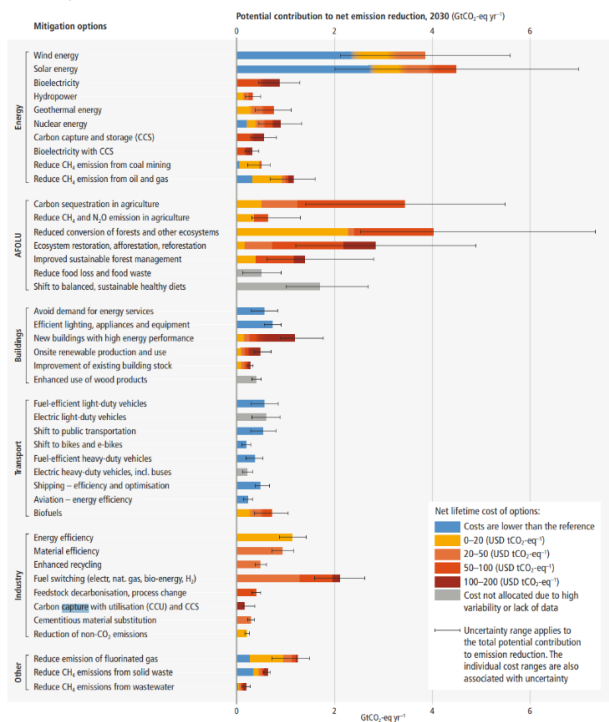


Figure SPM.7 | Overview of mitigation options and their estimated ranges of costs and potentials in 2030.

Figur 7: oversigt over reduktionsmetoder og deres estimerede omkostninger og potentialer i 2030. Kilde: IPCC, Climate Change 2022, Mitigation of Climate Change, Working Group III, Sixth Assessment Report

Den ovennævnte figur fra det internationale klimapanel viser, at frem mod 2030 vil det være økonomisk set billigere og give meget større effekt at investere i ren vedvarende energi som sol- og vindenergi, at begrænse skovhugsten (og afbrænding af fast biomasse), at fange mere CO₂ og metangasser i landbruget, at skifte fossile brændsler ud, af elektrificere transporten og spare på energien gennem energieffektiviseringer.

Disse løsninger sænker samtidig energiforbruget, begrænser luftforureningen og har en række positive miljømæssige sideeffekter, hvor CO₂-fangstteknologien øger energiforbruget, kan forlænge brugen af fossile brændsler og ikke bidrager til at løse andre forureningsproblemer end CO₂. Og landbruget og skovsektoren rummer "det andet største reduktionspotentiale" (globalt: 4,1(1,7-6,7) Gigatons CO₂e/år) med andre dyrkningsmetoder, der bedre kan fastholde kulindholdet i jordene, brug af biokul og bedre forvaltning af husdyrholdet. "Tiltag på efterspørgselssiden ved at skifte til mere bæredygtige sunde diæter, at reducere madaffald, at bygge med træ, og anvendelse af biokemikalier og bio-tekstiler har et potentiale til at afbøde 2,2 (1,1-3,6) Gigatons CO₂e/år. De fleste afbødningsløsninger er til rådighed og klar til at blive taget i anvendelse. Disse reduktioner af udledningerne kan opnås relativt hurtigt, mens fjernelse af carbon fra atmosfæren (Carbon Dioxide Removal, CDR) kræver upfront investeringer."⁴⁵

En grøn recalibrering i Danmarks energi- og klimapolitik

En del taler for, at der kan være grund til at overveje et sporskifte i dansk energi- og klimapolitik, så CO₂-fangst og -lagring spiller en mindre fremtrædende rolle, end det har været tilfældet i de sidste tre år. I lyset af de internationale erfaringer kan der være grund til at lave en foreløbig revurdering af prioriteringerne. I øjeblikket investeres der langt flere offentlige midler i CO₂-fangst og -lagring (38,7 mia. kr. frem mod 2040), eller over 9 mia. kr. til biogasanlæg i 2024-27, end der investeres i energieffektiviseringer, opstilling af sol- og vindenergi, elektrificering af samfundet eller en klimavenlig omstilling af land- og skovbrug.

I lyset af vurderingerne fra det internationale klimapanel og den internationale forskningslitteratur er der meget, der taler for, at man kan opnå større, billigere og hurtigere reduktioner i udledningen af drivhusgasser ved at vælge en anden investeringsprofil.

⁴⁴ NIRAS, Skovregnsning og CO₂-skyggepriser, Rapport til Danske Træindustrier og Dansk Skovforening, 13. oktober 2022.

⁴⁵ IPCC, Climate Change 2022, Mitigation of Climate Change, Working Group III, Sixth Assessment Report, 2023, sd. 108

Det internationale klimapanel anbefaler kraftigt, at man gør mere for at reducere på efterspørgselsiden og at få nedbragt energiforbruget, da det har en række positive sideeffekter:

”Energieffektivitet er en kritisk strategi i en netto-nul omstilling og kan fremme en ren elektrificering. At øge energieffektiviteten kan reducere behovet for materialer til den intensive energiforsyning, energilagring, CCU- og CCS-infrastruktur og kan begrænse behovet for at udvide kraftværker og transmissionsnettet,” fastslår eksperterne i FN’s klimapanel. De tilføjer, at “CCU og CCS i større skala også vil udløse et ekstra materialebehov for at bygge den tilhørende infrastruktur og energi til at drifte dem, hvilket igen vil reducere den samlede materiale og energieffektivitet.”⁴⁶

De betragter CDR som ”nødvendig” for at nå netto-nul udledninger senere i århundredet⁴⁷, men det er ikke en velsignelse af alle former for CCU og CCS. Tværtimod udtrykker de betydelig skepsis overfor nogle af disse løsninger, som betegnes som prækommercielle og svære at skalere op.

De fastslår, at risikoen øges for, at vi bliver endnu mere afhængige af fjernelse af kuldioxid fra atmosfæren, hvis verdens temperaturstigninger stiger markant over Paris-målet om 1,5 grader.⁴⁸ Men hvis politikerne har et stærkere fokus på at gøre noget ved efterspørgselsiden – som f.eks. at reducere energiforbruget, vil det ”betyde mindre afhængighed af CDR, og dermed mindsket pres på land og biodiversitet.”⁴⁹ Og ”mere øjeblikkelige reduktioner i udledningerne begrænser behovet for CDR.”⁵⁰

Det internationale klimapanel, IPCC, er i de seneste år blevet brugt som et kerneargument for at satse mere på CO₂-fangst og -lagring. Men de ovennævnte citater understreger, at eksperterne har en mere nuanceret og kritisk reflekteret position. I deres lavemissionsscenerier for maksimal 1,5 graders temperaturstigning spiller CDR en meget mindre og begrænset rolle i forhold til scenarier med et stort overshoot.

Rådet for Grøn Omstilling anbefaler på den baggrund, at der laves en grøn recalibrering i Danmarks energi- og klimapolitik. Her kan man med fordel nedprioritere eller om muligt udskyde yderligere statslige investeringer i CO₂-fangst og -lagring – i det mindste frem til 2030 – indtil der er ordentlig dokumentation for, at der er udviklet en mere moden og mindre risikofyldt teknologi

til at fange CO₂ fra kraftværker, de energitunge industrier og affaldsforbrændingsanlæg.

Det er at foretrække i energi- og klimapolitikken, at skatteborgernes penge i første række afsættes til tiltag, hvor der er en sikker effekt for de investerede penge. Det vil være bedre, hvis staten i de næste få år, hvor der er brug for hurtige reduktioner i CO₂-udledningerne, investerer meget mere i ren vedvarende energi, energieffektiviseringer i industrien og en systemisk transformation med elektrificering af alle sektorer, som hurtigere og med større sikkerhed kan reducere forbruget af fossile brændsler. Det kan gå hurtigere end mange forventer. Et amerikansk firma har fx lige opnået kvalitetsgodkendelse af cement, hvor produktionsprocessen drives af el og åbner mulighed for helt at undgå CO₂-udledninger.⁵¹ Sådanne nye muligheder bør analyseres grundigt, inden staten ofrer milliarder på fangst og lagring CO₂ fra den traditionelle cementproduktion i Danmark. Dårligt forberedte subsidier kan forhindre eller forhale omstilling til nye og langt renere produktionsprocesser.

I det mindste bør staten afsætte lige så mange midler – eller helst væsentlig mere – til at lave de omkostningseffektive reduktionstiltag, end man i diverse forlig og finanslove har afsat til CO₂-fangst og -lagring i de kommende år. Desuden bør der øjeblikkeligt satses væsentlig mere på forskning og udvikling af lavemissions fødevarer. Det kan både give en bedre risikoafdækning på kort sigt og fritage os fra store og varige omkostninger til fangst og lagring af CO₂ for at undgå eller kompensere for unødvendigt høje udledninger.

I lyset af de hidtidige internationale erfaringer er det en meget risikabel klimastrategi, hvis man satses for hårdt på CO₂-fangst og -lagring og lægger op til en for kraftig opskalering med disse teknologier frem for at gøre noget hurtigt for at reducere industriens, landbrugets og transportens store her-og-nu udledninger af drivhusgasser. Risikoen er ganske enkelt, at håbet om mere CO₂-fangst i fremtiden ender som en sovepude, der i de næste få år svækker incitamentet til at lave effektiv klimahandling i forhold til de mest klima-belastende sektorer. CO₂-fangst fjerner ikke årsagen til problemet, men man forsøger at lappe på skaderne for enden af skorstenen. Det vil være bedre at investere meget mere i at fjerne årsagerne til problemet tidligere i værdikæden.

I en presserende klimakrise må stater i nogle tilfælde påtage sig risiciene ved at satse på nye, uprøvede

⁴⁶ Ibid, sd. 1187

⁴⁷ Ibid, sd. 118.

⁴⁸ Ibid, sd.82

⁴⁹ Ibid, sd.85.

⁵⁰ Ibid, sd. 316.

⁵¹ [Sublime Systems Receives ASTM Certification For Low Carbon Cement - CleanTechnica](#)

teknologier. Men man bør i første række fokusere på løsninger med relativt sikre og lovende klimaperspektiver - og for et lille land som Danmark på områder, hvor der er udsigt til at gøre en forskel. Det lykkedes for Danmark med pionerindsatsen for havmøller, som ingen andre interesserede sig for. Andre eksempler er Kinas satsning på elbiler og solceller. Disse satsninger har demonstreret enorme potentialer for at fortrænge fossile brændsler med lave omkostninger. Og de har efterfølgende resulteret i dominerende stillinger på verdensmarkedet.

Sådanne perspektiver har regeringens planlagte satsning på CCS ikke. Dels kan CCS næppe undgå at forblive en dyr og energikrævende end-of-pipe løsning, der aldrig kan løse det egentlige problem i form af fortsatte udledninger. Dels har flere lande allerede brugt milliarder på det - uden held.

Rådet for Grøn Omstilling er generelt positiv overfor forslagene om at lave mere CO₂-lagring i fremtiden, men det bedste vil dog stadig være, at minimere behovet herfor ved at lave en meget hurtigere udtagning af lavbundslande samt, udfasning af fossile og træbaserede brændsler i samfundet. CO₂-lagringen og den tilknyttede infrastruktur vil lægge beslag på et meget stort areal og vil under anlægsfasen føre til et ekstra energi- og materialeforbrug. Og omkostningerne kan være betydelige. Det er for så vidt i orden at afholde udbudsrunder for nye geologiske CO₂-lagre i den danske undergrund, hvis der ikke påtænkes statslig medfinansiering eller statsligt ejerskab.

Hvis der i større omfang skrues op for den geologiske lagring af CO₂, bør det finansieres og drives af markedsaktører på langvarige licenser. Nye CO₂-lagre i undergrunden bør først anlægges, når de lokale borgere er blevet taget med på råd. Man skal også tage de nødvendige sikkerhedsforanstaltninger til at undgå lækage, for ellers risikerer man et folkeligt tilbageslag.

Der hersker ingen tvivl om, at potentialet for CO₂-lagring er endog meget stort i Danmark, og med tiden kan det blive attraktivt for markedsaktører at udnytte disse muligheder. Den danske undergrund kan iflg. GEUS lagre op imod omkring 22 mia. ton (GT) CO₂. Dette giver Danmark en styrkeposition, hvis CO₂-lagring i fremtiden bliver efterspurgt i større skala på det europæiske marked. Men endnu mangler infrastrukturen og det er usikkert, om de mange tekniske potentialer og pilotprojekter for CO₂-fangst - bl.a. i industrien - vil kunne høstes i fremtiden. Derfor er det for tidligt at binde store statslige midler til at bygge en større infrastruktur for CO₂-lagring.

Det er bedst at overlade disse investeringer til markedsaktører, så staten ikke binder milliarder af

skatte kroner i at etablere denne infrastruktur. Staten bør hellere styrke de økonomiske incitamenter og sikre bedre rammevilkår ved at hæve CO₂-afgiften hurtigere - gerne op til 1500 kr/ton CO₂e, hvilket kan gøre det mere attraktivt for markedsaktørerne at nedbringe deres udledning af drivhusgasser eller evt. at fange og lagre dem.

Naturbaserede klimaløsninger

Politikerne kan med fordel fremme flere naturbaserede klimaløsninger. Det vil alt andet lige være markant billigere at nedbringe udledningerne fra landbrugs- og skovsektoren, samt at udfase afbrændingen af fast træbiomasse end at lave store upfront investeringer i CO₂-fangstanlæg og ny infrastruktur for CO₂-lagring. Det giver ingen mening fortsat at tillade høje udledninger fra organiske lavbundslande for herefter at bruge milliarder på at genindfange den udledte CO₂,

Både Klimaministeriet og Klimarådet har beregnet negative eller lave samfundsøkonomiske reduktionsomkostninger ved vådlægning af disse jorde. Desuden bør afbrændingen af træbiomasse slutte, fordi omkostningerne hertil sandsynligvis vil være markant lavere end CO₂-fangst og de afledte investeringer i ny infrastruktur for CO₂-lagring. Den økonomiske skyggepris for at fange 1 ton CO₂ via højproduktiv skovplantning af nåle- og løvtræer er således kun 131-263 kr/ton CO₂, hvor den mindst er 3-5 gange højere for fangstanlæg på biomasse- eller forbrændingsanlæg eller CO₂-fangst på cementfabrikker og andre energitunge industrier.

Det skal understreges, at en sådan skovplantning skal ske på en måde, så både klima og biodiversitet tilgodeses, bl.a. i form af en mere blandet skov. Rejsning af produktionsskov skal desuden følges af omfattende udlægning af eksisterende skov til urørt skov af hensyn til biodiversiteten.

Der er tilsvarende store muligheder for lagring af kulstof i landbrugsjord. Det gælder løbende lagring ifm. den årlige dyrkning, herunder

- Mere græs og mindre korn og majs - idet græs har et tættere rodnet og samtidig kan dyrkes som flerårig afgrøde, hvor kulstofabsorption ved jordbearbejdning mindskes
- Forgasning af organiske restprodukter i pyrolyseanlæg, hvor restproduktet biokul nedmuldes og har meget høj grad af stabilitet i jorden - adskillige hundrede år

- Brug af efter- og mellemafgrøder, som nedmuldes⁵²
- Reduceret jordbearbejdning generelt, herunder pløjefri dyrkning

	Potentiel reduktion af CO ₂ e, mio. t	Areal i hektar
Pyrolyse/biokul	1,76	-
Paludikultur ⁵³	0,33	10.000
Efterafgrøder	0,28	1 mio.
Mellemafgrøder	0,26	600.000
Braklægning i sædskiftet	0,21	200.000
Reduceret jordbearbejdning	0,20	2 mio.
I alt	3,04 mio t	-

Tabel: Klimavirkemidler med relation til agerdyrkning og kulstoflagring, samt deres effekt i Danmark (i absolutte tal) og potentiel areal-udbredelse. Kilde AU: Klimavirkemiddelkatalog, 2023

Aarhus Universitet har i sit Klimavirkemiddelkatalog 2023 beregnet, at de væsentligste metoder til øget kulstoflagring i landbruget tilsammen potentielt kan føre til reduktion af ca. 3 mio. t CO₂e, se tabellen. Det skal dog bemærkes, at den største bidrager, pyrolyse/biokul endnu er en umoden teknologi.

Hertil kommer udtagning af lavbundsjord, som ikke er udtryk for direkte kulstoflagring, men det har samme effekt, i det medfører kraftig reduktion af CO₂-frigørelse fra arealer med højt kultofindhold. Det er muligt at udtage og vådlægge 135.000 hektar lavbundslande for cirka ca.9,18 mia. kr., viser RGO's beregninger.

I dag betaler staten landbrugsbedrifter betydelige kompensationsbeløb, hvis de indvilger i at vådlægge organiske lavbundslande. Beløbene varierede i 2020 mellem 31.000 kr./ha for jorde med vedvarende græs til 86.000 kr./ha for jorde med højværdiafgrøder.

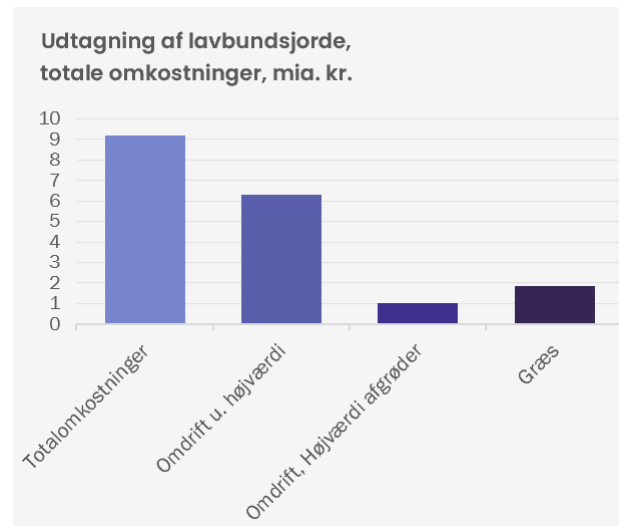
Klimaeffekten af at vådlægge danske lavbundslande svinger mellem 11 og 41 tons CO₂e per ha afhængig af kulstofindhold og driftsform. Hvis man f.eks. indførte en generel drivhusgasafgift på bare 700 kr./ton CO₂ ville

samtlig af disse jorde straks blive vådlagt, fordi afgifterne langt vil overstige driftsindtægterne fra jorden.

Den samlede klimaeffekt i 2030 kan estimeres til ca. 3 mio. tons CO₂e – udover effekterne af allerede vedtagne og igangsatte initiativer. En afgift vil således virke langt hurtigere og billigere for staten end de nuværende, frivillige udtagsordninger, der tager adskillige år.

Det diskuteres om landbruget som eneste erhverv skal have kompensation for værditab ved en drivhusgasafgift. Værditabet ved vådlægning vil i store træk svare til de mistede driftsindtægter fra jorden, fordi nye regler i EU's landbrugsordninger gør det muligt for bedrifterne at bevare arealtilskuddene på ca. 2000 kr./ha.

RGO har lavet et groft estimat over nutidsværdien af disse driftstab med udgangspunkt i 2019 tal fra IFRO for dækningsbidragene, en diskonteringsrente på 4 % og en tidshorisont på 30 år. Den samlede nutidsværdi af driftstabene er ca. 3,5 mia. kr. - eller ca. halvdelen af det nuværende kompensationsniveau. Tidshorisonten på 30 år afspejler bl.a., at mange af disse jorde over 30 år vil miste så meget kulstof, at sammensyning vil gøre dem for våde til fortsat dyrkning og visse jorde uegnede til den nuværende og givtige produktion af kartofler. Hertil skal lægges de samlede udtagningsomkostninger, der er ca. 5,6 mia. kr. Se figur 8.



Figur 8: RGO, egne beregninger, 2023.

Desuden bør det undersøges, om der kan opnås stor kulstoflagring marint til relativt lav pris. Det kan især ske ved at genskabe betingelserne for ålegræs, dvs. et betydeligt lavere niveau af næringsstoffer i fjorde og i havet. I nogle tilfælde vil ålegræs så kunne genetablere sig af sig selv, men i andre tilfælde vil det skulle

⁵² Det er blevet hævdet, at den positive klimaeffekt af efterafgrøder ophæves af øget udslip af lattergas, men dette tilbagevises, bl.a. af AU, i Klimavirkemiddelkataloget 2023

⁵³ Paludikultur = dyrkning af sump-arealer, f.eks. med tagrø

genplantes. Genplantning giver dog ikke mening, medmindre man samtidig sænker udledningerne af næringsstoffer. Tænketaenken Hav har fx. vist, at genplantning af ålegræs potentielt kan medføre lagring af 47 mio. t kulstof.⁵⁴

Et nyt forsigtighedsprincip og seks anbefalinger fra RGO

I Rådet for Grøn Omstilling anerkender vi, at mange har en stærk forhåbning om, at CO₂-fangst og -lagring en dag kan hjælpe os ud af den stadig større klimakrise, men vi anbefaler alligevel, at der foreløbig vælges en mere forsigtig tilgang til CO₂-fangst og -lagring. Det er vigtigt at tage ordentligt bestik af de internationale erfaringer på området, og recalibrere den danske politik på området, således man opnår størst mulig klimaeffekt for de offentlige midler.

I Rådet for Grøn Omstilling anbefaler vi derfor, at de resterende statslige midler til CO₂-fangst - og lagring i Danmark midlertidigt indefrys, og at der frem til 2030 ikke afholdes nye udbud for CO₂-fangst eller afsættes ekstra offentlige midler til at bygge en CO₂-infrastruktur. Til den tid kan man så vurdere erfaringerne med det allerede kontrakterede projekt ved Ørsted og projekter i udlandet, herunder om prisen på CO₂-fangst er bragt længere ned, og effektiviteten af denne teknologi er øget tilstrækkeligt til, at det vil være en god investering at skalere op med CO₂-fangst og -lagring i 2030'erne og 2040'erne.

Hvis der frem mod 2050 bliver brug for meget mere CO₂-fangst og -lagring, som det Internationale Energi Agentur stadig regner med i sit netto-nul fremtidsscenario, så har Danmark qua sin geologi gode muligheder for at skalere op på et senere tidspunkt. Denne konkurrencefordel forsvinder ikke, fordi vi går senere i gang. Vi har samtidig den fordel, at de geologiske lagre i Danmark ligger væsentlig tættere på EU-markedet end de norske lagre, hvilket kan sænke transportomkostningerne.

I stedet for at satse hårdt på en *first mover* konkurrencefordel, kan Danmark med fordel recalibrere og tage bestik af de internationale erfaringer og så om muligt skalere op fra 2030'erne og frem efter. Ved at vælge denne strategi kan Danmark opnå en *second mover* konkurrencefordel, fordi man undgår en række af de børnesygdomme og fejlinvesteringer, som andre lande løber en stor risiko for at opleve. I mellemtiden kan Danmark sætte fuldt tryk på at skalere op med de andre energieffektive teknologier og løsninger, som grønne

danske frontløbervirksomheder allerede står stærkt indenfor - fra termostater og varmepumper til energisoftware og vindmøller. Dette grønne erhvervseventyr er allerede velkonsolideret, men den globale efterspørgsel efter disse velkendte teknologier er hastigt stigende, og Danmark kan sætte ekstra turbo på innovationen i disse industrier ved at lave fremsynende offentlige investeringer og indkøb. Derudover bør Danmark med basis i en verdensførende bioteknologisk industri snarest afsætte betydelige offentlige midler til at udvikle alternativer til animalske fødevarer.

Rådet for Grøn Omstillings position kan foreløbig sammenfattes i seks hovedpunkter:

For det første bør vi i Danmark tage de hidtidige internationale erfaringer med CCS alvorligt. Det er risikabelt for staten at satse meget store milliardbeløb på en prækommerciel teknologi, der - i alt fald for kraftværker, forbrændingsanlæg og store industrifabrikker - er meget umoden, og som langt fra fanger så meget CO₂, som fortalene hævder. Det er bedre at vælge et forsigtighedsprincip og vente med at investere yderligere offentlige midler, indtil de første projekter kan evalueres, så det kan vurderes om teknologien er moden, er omkostningseffektiv, og der er sikkerhed for, at den kan skaleres op.

For det andet er det vigtigt at sikre høj klimaeffektivitet i alle løsninger, der investeres i. Man bør som hovedregel altid prioritere at reducere drivhusgasudledningerne frem for at satse på at rense udledningerne væk. En rensningstilgang vil nærmest garantere høje omkostninger til evig tid - mens det ofte er vist at minimering af udledninger hurtigt kan gøres billigere. Som det ser ud i dag, vil CO₂-fangstanlæggene øge danskernes energiregning, da fangstanlæggene er meget energikrævende, og nogen skal betale for dette ekstra energiforbrug. Da anlæggene øger energiforbruget, vil det også - alt andet lige - øge forbruget af fossile brændsler, indtil hele energisystemet er gjort fossilfrit. Det øgede energiforbrug kan give Danmark yderligere problemer med at leve op til vore energispareforpligtelser i forhold til EU.

For det tredje bør man undgå en levetidsforlængelse af ikke-bæredygtige energiformer. CO₂-fangstanlæggene kan øge fristelsen til at forlænge levetiden for de fossile brændsler og afbrænding af fast træbiomasse, selv om de står bag hovedparten af verdens udledning af drivhusgasser og luftforurening med sodpartikler (black carbon), der også får klimakrisen til at accelerere.

⁵⁴ <https://via.ritzau.dk/pressemeddelelse/analyse-stort-potentiale-for-co2-fangst-og-lagring-i-dansk-havgraes?publisherId=13561161&releaseld=13659151>

For det fjerde skal man undgå en ny form for carbon lock-in til kostbar infrastruktur, der vil udløse en ekstra klimaregning. Den store satsning på CO₂-fangstanlæggene kan føre til bevarelse af fossil baseret produktion og infrastruktur og/eller føre til anlæg af ny infrastruktur til at bortskaffe den indfangede CO₂, der skal transporteres med lastbiler, skibe og rør for at blive lagret i undergrunden eller for at blive brugt i diverse CCUS-følgeindustrier. De lange rørføringer og det permanente transportbehov ved bortskaffelsen vil påføre samfundet ekstra omkostninger, det vil lægge beslag på ekstra naturarealer, og det kan i anlægsfasen øge Danmarks energi- og ressourceforbrug i stedet for at mindske det.

Vælger politikerne at satse på fangst og lagring af CO₂, er det bedre, hvis det sker lokalt i kystnære områder, hvor CO₂-transporten kan ske med skib og den fangede CO₂ eventuelt kan indgå i et kredsløb, hvor den anvendes til produktion på nye Power-to-X fabrikker, hvor der fremstilles f.eks. e-ammoniak eller e-kerosen til luftfarten. I givet fald må man tænke erhvervspolitisk i udvikling af særlige CO₂-klynger, som man f.eks. forsøger i Fredericia. Men en større fast CO₂-infrastruktur med rørledninger i hele landet kan ende med at blive kontraproduktivt, føre til ekstra CO₂-udledninger i anlægsfasen og føre til for store investeringer i CO₂-fangstanlæg i industrien, på kraftværker og forbrændingsanlæg, der ellers burde satse på en grøn og energieffektiv omstilling af alle processer.

For det femte bør staten bruge sine penge mere perspektivrigt. Satses staten store økonomiske midler på CO₂-fangstanlæg vil det alt andet lige efterlade færre midler til investeringer i sol- og vindenergi, geotermi, varmepumper og elektrificering af det danske energisystem. En direkte elektrificering af industrivirksomheder, af kraftværkerne og varmesektoren vil også rent energiøkonomisk være langt billigere og sikrere. Desuden bør der satses betydelige statslige midler på at skabe gode lav-emissions alternativer til animalske fødevarer, der i dag er årsag til meget høje drivhusgasudledninger – både i Danmark og i de lande vi importerer fx soya fra.

For det sjette bør Danmark ikke vælge en pick-the-winners strategi i forhold til CO₂-fangstteknologierne, der efter mange års forsøg stadig ikke har bevist deres modenhed og effektivitet, og hvor Danmark ikke har særlige forudsætninger for at bidrage. Der er mange indikationer på, at lav-emissionsteknologier vil vise sig at være mere effektive end CCS målt ift. både klimaet og økonomien. El fra sol og vind er allerede blevet væsentlig

billigere end el fra brændselsfyrede anlæg og dermed er CO₂-fangst langt mindre relevant. Lignende udviklinger ser fra de industrier med høje temperaturer, som bl.a. aluminiums-, stål- og cementindustrien, som man i lang tid har antaget kan være svære at få dekarboniseret. Alene cementproduktion står bag ca. 5 % af de globale CO₂-udledninger⁵⁵, mens stål- og cementindustrien står bag 13-14 pct. af de globale drivhusgasser. Størstedelen hænger sammen med deres store forbrug af fossile brændsler. Det har fået mange til at mene, at CO₂-fangst er en kritisk og afgørende teknologi til at løse dette problem. Flere og flere virksomheder kan dog elektrificere deres processer, og det er muligt, at elektrificere helt op til 1500-2000 grader. Der findes en række pilotprojekter, hvor både stål- og cementfabrikker begynder at gå over til elektricitet eller grøn brint, fremstillet med ren vedvarende energi. Hvis det lykkes at skalere disse løsninger op, så kan man designe CO₂-udledninger ud af disse fabrikkers energiforbrug eller man kan basere CO₂-fangst fra cementproduktion på en væsentlig anderledes og billigere teknologi.⁵⁶

I Rådet for Grøn Omstilling følger vi denne udvikling nøje, da den kan åbne nye muligheder for at dekarbonisere selv de energikrævende industrier. I stedet for at satse for ensidigt på CO₂-fangstteknologierne er det vigtigt at anlægge en mere bredspektret analyse af de alternative udviklingsspor, som kan levere lige så store eller endnu større reduktionsbidrag i de kommende år.

For det syvende er det vigtigt at skabe de rette økonomiske rammevilkår først, hvilket kan bane vej for en hurtigere skalering i fremtiden. I stedet for at staten satses hårdt på en meget usikker og energikrævende teknologi, vil det alt andet lige være bedre at indføre en højere CO₂-afgift i industrien og alle andre sektorer. Indfases en sådan høj CO₂-afgift hurtigere end forudset på industriområdet, vil det give ekstra økonomiske incitamenter til markedsaktørerne for at innovere og at investere i omkostningseffektive teknologier, der kan nedbringe CO₂-udledningerne og måske en dag at suge mere CO₂ ud af atmosfæren.

⁵⁵ Global Carbon Budget 2022

⁵⁶ Sublime Systems 2023

Kontakt

Direktør Bjarke Møller

bjarke@rgo.dk

Tlf. 51561915

Seniorkonsulent Erik Tang

erik@rgo.dk

Tlf. 5362 3041



**Rådet for
Grøn
Omstilling**

Rådet for Grøn Omstilling er en uafhængig non-profit miljøorganisation, der har rådgivet om den grønne omstilling i mere end tre årtier. Som en grøn løsningstank vil vi levere konkrete, realiserbare og ambitiøse løsningsforslag, der kan accelerere omstillingen til et absolut bæredygtigt samfund.