

Notat: Det bæredygtige potentiale for CO₂-fangst og lagring

Af Karsten Capion og Tobias Johan Sørensen, november 2021

Indhold

Sammenfatning	2
Politiske anbefalinger	2
Indledning.....	3
Nødvendigt med afklaring og tidlig handling	3
Der er brug for både afgifter og tilskud.....	4
Bæredygtige kilder til CO ₂ -fangst	5
Affaldsforbrændingsanlæg	6
Industrielle processer	8
Biogas	10
Tvivlsom økonomi og klimaeffekt ved biomasse-CCS	11
Direct-Air-Capture	11
CCS er Ingen sovepude – der er behov for yderligere reduktioner i alle sektorer.....	12
Lagring af CO ₂	13
Start med lagring offshore.....	13
Kystnære lagre er økonomisk fordelagtige	14
Svært at satse for stort	14
CCS har større klimagevinst end kulstofbaseret PtX	15

Sammenfatning

- CCS kan give hurtige reduktioner frem mod 2030 ved at lagre CO₂ fra udledninger, der er vanskelige at undgå.
- Regeringens klimaprogram beskriver et teknisk potentiale på 9 mio. tons. Der er ikke en plan for, hvor stor en del af dette potentiale man ønsker at indfri.
- Der er med klimaaftalen fra juni 2020 afsat finansiering til at indfri 0,4 mio. tons med CCS i 2025 og 0,9 mio. tons i 2030.
- Der er oplagte kilder til CCS fra affaldsforbrændingsanlæg, biogasanlæg og industrielle processer. CONCITO vurderer, at disse kilder tilsammen bør bidrage med 1 mio. tons i 2025 og 5 mio. tons i 2030, inklusiv de allerede aftalte reduktioner.
- CCS på biogasanlæg bør bidrage med mindst 0,5 mio. tons i 2025 og 1,5 mio. tons i 2030
- CCS på affaldsforbrænding bør bidrage med 0,5 mio. tons i 2025 og 2 mio. tons i 2030
- CCS på industrielle processer bør bidrage med mindst 1,5 mio. tons i 2030.
- CCS på biomasse er relativt dyrt og har begrænset klimaeffekt, da biomasse i praksis ikke er CO₂ neutralt.
- Lagring af CO₂ giver billigere reduktioner end produktion af brændsler med CO₂ (også kaldet CCU). Derudover har CCS den samme klimaeffekt som CCU, men et meget lavere energiforbrug. Det tillader derfor, at den grønne strøm kan bruges til at opnå yderligere reduktioner f.eks. til transportsektoren.
- CCS er en del af den langsigtede løsning, da vi også på langt sigt skal flytte CO₂ fra atmosfæren til undergrunden – såkaldte negative udledninger.
- Lagring under land / kystnært er billigere end lagring på havet. Sidstnævnte forventes dog at kunne sættes i gang med kortest tidshorisont.

Politiske anbefalinger

- Skab rammebetingelserne for at CCS kan levere mindst 1 mio. tons i 2025 og mindst 5 mio. tons i 2030. Dette vil kræve hurtig handling på den korte bane. Både ift. til sikring af finansiering og til sikring af transport- og lagringskapacitet.
- Øg puljen til CCS fra 2025 og frem, så der skabes sikkerhed for at en større del af potentialet indfries. Fastlæg i denne sammenhæng en indfasningssti for CCS i Danmark.
- Omlæg affaldsafgifterne, der i dag primært betales for varmeproduktion, til en afgift på udledninger. En provenuneutral omlægning vil give 1.300 kr./ton fossil CO₂ i dag.
- Afsæt en separat pulje til at indfri CCS-potentialet fra biogasanlæg, så vi får lagret den CO₂, der i dag udledes til atmosfæren fra biogasopgradering.
- Begræns biomasses mulighed for at deltage i udbud indtil biomasse er pålagt en retvisende afgift
- Undersøg om transport af CO₂, både fra små og store kilder, kan gøres omkostningseffektivt via rørinfrastruktur og giv relevante selskaber mulighed herfor.
- Afsæt flere midler til at undersøge lokationer til lagring under land og kystnært.
- Undersøg i den forbindelse mulige gevinster for lokalsamfund ved kystnær/landbaseret lagring, samt mulige modeller, der kan sikre lokal værdiskabelse og opbakning.
- Fjern barrierer for at danske selskaber kan byde ind med lagre CO₂ fra 2025.
- Prioriter lagring af CO₂ over produktion af brændsler baseret på CO₂. CCS er billigere og har større klimaeffekt end CCU nu. Når der er stort overskud af grøn strøm og CO₂, vil klimaeffekten af CCS og CCU være den samme.

Indledning

CCS er en kendt teknologi, men er endnu ikke udbredt i stor skala, da der hidtil ikke har været de nødvendige rammebetingelser eller høj betalingsvillighed for reduktioner. Dette er ved at vende i bl.a. Norge, Sverige, Holland, Storbritannien og Danmark, hvor CCS er udset til at være blandt virkemidlerne til at opnå klimamål.

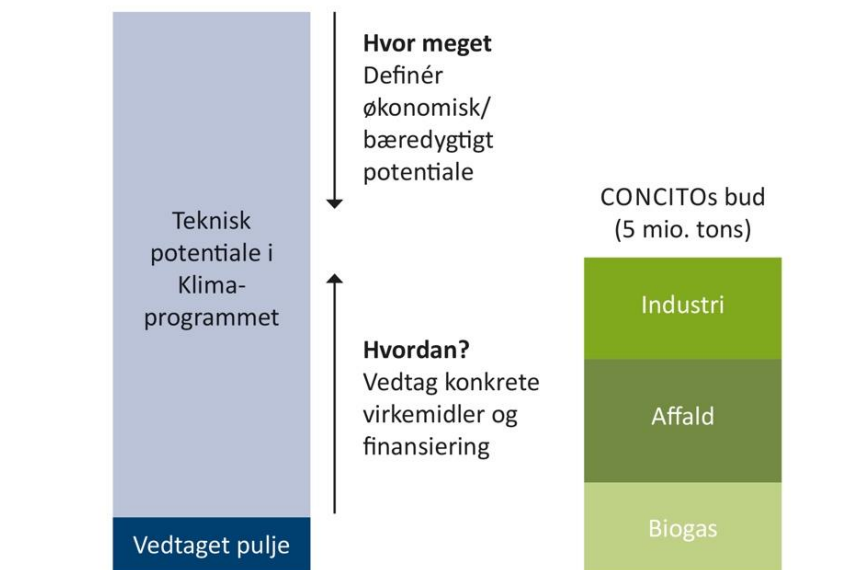
Regeringens klimaprogram 2021 peger på, at der er et stort teknisk potentiale for CCS på knap 9 mio. tons CO₂ i 2030. Der er dog kun afsat finansiering til at levere en reduktion på hhv. 0,4 mio. tons i 2025 og 0,9 mio. tons i 2030. Det efterlader et meget stort spænd mellem mulige ambitioner og reel handling.

Der er behov for, at regeringen og Folketinget anviser det økonomiske og klimamæssigt bæredygtige potentiale og sikrer, at rammevilkårene kommer på plads. Dels for at sende det rigtige signal til aktørerne på markedet, men også for at sikre klarhed over, hvor meget mere de øvrige sektorer skal bidrage med for at indfri klimamålene.

Et stærkere og mere målrettet fokus på CCS skal sikre, at vi flytter fokus fra fremtidige tekniske potentialer til realiserbare reduktioner, der kræver indsats og planlægning nu.

CONCITO foreslår i dette notat at sigte efter 1 mio. tons i 2025 og 5 mio. tons i 2030, hvilket er vores bud på det realistiske og bæredygtige potentiale for CCS fra danske kilder.

Brug for klarhed over hvor meget og hvordan CCS skal bidrage til 2030 mål



Figur 1: Fra det teknisk potentiale til det bæredygtige potentiale

Nødvendigt med afklaring og tidlig handling

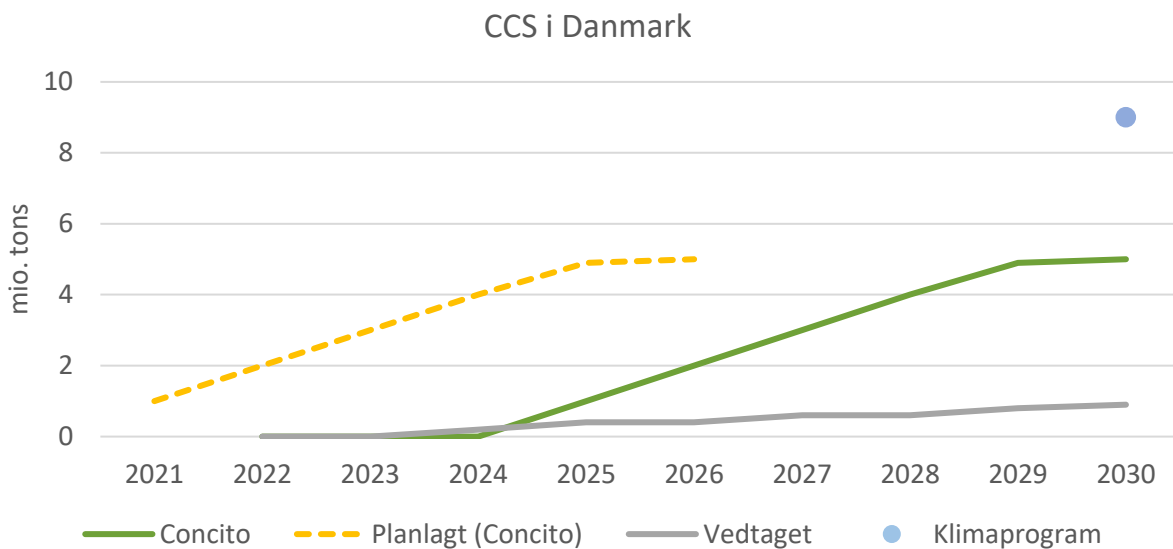
Det er afgørende at komme tidligt i gang, da udbud og etablering af infrastruktur tager tid. I regeringens klimaprogram vurderes det, at alle beslutninger for CCS kan træffes helt frem til 2025 og stadig levere det tekniske potentiale på 9 mio. tons CO₂ i 2030. Det virker urealistisk at indfri det tekniske potentiale med dertilhørende planlægning, udbudsprocesser, sikring af arbejdskraft og leverandører, der skal levere så

markante reduktioner, hvis en beslutning om dette først træffes i 2025. Derfor bør indfrielsen af CCS-potentialet ske gradvist, så det sandsynliggøres, at målene nås.

Første skridt er af afklare, hvor stor en andel af det tekniske potentiale, der skal realiseres. Dette vil skabe klarhed for aktører på markedet om, hvor mange fangstanlæg, der skal bygges og hvor, samt hvor meget CO₂ der skal transporteres og hvor stor lagringskapacitet til danske udledninger, der er behov for.

CONCITO foreslår, at CCS bidrager med reduktioner på yderligere 4 mio. tons frem mod 2030, dvs. i alt 5 mio. tons. En gradvis indfasning af CCS vil bidrage til løbende markedsmodning og bedre mulighed for rettidig planlægning. Dertil vil en løbende indfasning også bidrage til en akkumuleret CO₂-besparelse, frem for hvis størstedelen af potentialet skulle indfries i 2030.

Figur 2 skitserer en model for indfasning af CCS. Den grønne kurve viser reduktioner ifølge CONCITOs bud. Den gule kurve viser, hvornår markedsaktørerne senest skal have klarhed for at reduktionerne skal leveres, med antaget fire års tidsfrist, for at indfri potential på 5 mio. tons. Den grå kurve viser hidtil planlagt CCS reduktioner og den orange prik er klimaprogrammets tekniske potentiale.



Figur 2: CCS-indfasning i Danmark

Der er brug for både afgifter og tilskud

Omkring to tredjedele af de 5 mio. tons CCS-potentiale, som præsenteres i dette notat, består af biogen CO₂, og kan derfor tælles i det danske klimaregnskab som negative emissioner, jf. figur 3. For biogas vil alt CCS indgå som negative emissioner og det samme gælder over halvdelen af affaldsforbrændingen. For industrien vil brug af biogas med efterfølgende CCS give mulighed for netto-negative CO₂ udledninger fra produktion af fx cement.

CCS i 2030 (mio. tons)	Fossil CO ₂	Biogen CO ₂	Total
Affaldsforbrænding	0,8	1,2	2
Biogas		1,5	1,5
Industrielle processer	1	0,5	1,5
Total	1,8	3,2	5

Figur 3: Potentialet for CCS fordelt på kilder og biogen/fossil CO₂

Der skal formentlig forskellige incitamentsmodeller i spil for at indfri potentialet for CCS. Fælles er dog, at tilskud vil være en del af løsningen i en periode, da en stor del af udledningerne er biogene og derfor ikke er omfattet af kvoter eller CO₂-afgifter, som det ser ud i dag.

Der kan sikres incitamentet til fangst og lagring af CO₂ fra fossile kilder ved at indføre en høj CO₂-afgift, som omfatter den fossile CO₂. CO₂-afgiften og EU-kvotepriisen vil dog ikke give incitament til at lagre biogene udledninger. Derfor vil der være behov for et tilskud til disse negative emissioner.

Et tilskud på op mod 1.000 kr./ton lagret biogent CO₂ være tilstrækkeligt til den biogene andel. Behovet for tilskud vil være helt afhængigt af om negative emissioner fra CCS kan blive omfattet af kvotesystemet, så der herigennem opnås et tilskud. Det bør snarest muligt afklares, da det har stor betydning for statens finanser. Med godt 3 mio. tons negative emissioner kan kvotesalg udgøre en værdi på ca. 2 mia. kr. i 2030.

Bæredygtige kilder til CO₂-fangst

CCS er ikke per definition godt eller skidt. Set fra en dansk og europæisk kontekst giver CCS mening på de kilder til udledninger, der er vanskelige eller umulige at undgå. Dertil er der som hovedregel tre elementer, der skal være opfyldt for, at CCS giver økonomisk og klimamæssig mening på en kilde:

1. **En lang restlevetid** på en kilde vil være en forudsætning for god økonomi, da et CO₂-fangstanlæg har en teknisk levetid på 25 år. Ved at installere CCS på kilder på anlæg med kort restlevetid skal man enten afskrive anlægget betydeligt hurtigere eller reinvestere i det anlæg, der giver udledningerne. Det skaber lock-in af en potentielt forældet teknologi, som skal levetidsforlænges.
2. **Mange driftstimer hen over året** er også en forudsætning for god økonomi i et CCS-projekt, da CO₂-fangstanlægget ellers vil stå ubenyttet hen store dele af tiden. Dertil er der også risiko for en høj pris for transport og lagring af CO₂, hvis infrastruktur skal dimensioneres til kun at flytte og lagre CO₂ fra en kilde dele af året.
3. **Stor klimaeffekt** ved CCS er også en forudsætning. Hvis den reelle klimaeffekt ved CCS er lav, eller der er oplagte og billigere alternativer til at reducere udledningerne, vil CCS ikke give mening fra et klimaperspektiv.

På baggrund af ovenstående vurderer CONCITO, at de oplagte kilder til CCS er affaldsforbrændingsanlæg, industrielle processer og biogasanlæg.

CCS på fx kulkraft giver ikke mening, da der både er oplagte grønne og billigere alternativer til energiproduktion. Det er desuden tvivlsomt om CCS på biomasse-kraftvarme giver økonomisk og klimamæssigt mening, da størstedelen af biomasseanlæggene formentlig ikke vil opfylde ovenstående kriterier. Det skyldes, at de primært er i drift i vinterhalvåret og at biomasse i praksis ikke er CO₂ neutralt jf. [Ea Energianalyses analyse](#).

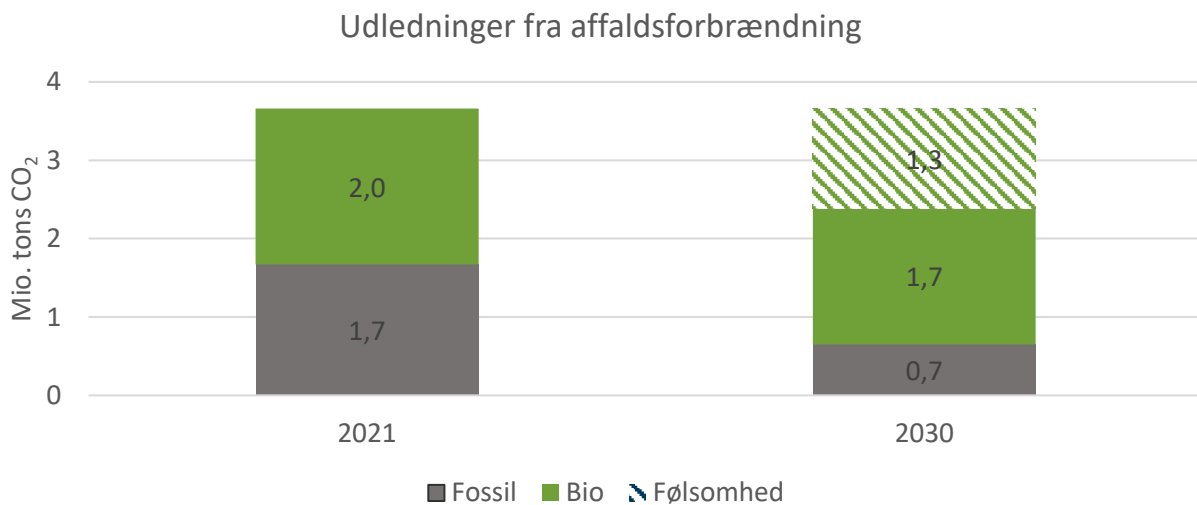
I det følgende gennemgås potentialerne for de oplagte kilder til CO₂-fangst i Danmark.

Affaldsforbrændingsanlæg

Danmarks affaldsforbrændingsanlæg er oplagte kilder til CO₂ fangst, da de er i fuld drift stort set hele året rundt og udleder relativt store mængder CO₂ enkeltvis. Selv med en ambitiøs genbrugs- og genanvendelsesindsats er det ikke alt affald, der kan genanvendes og der vil med meget stor sandsynlighed være affald til forbrænding mange årtier endnu.

I dag udledes i alt 3,7 mio. tons CO₂ fra affaldsforbrændingsanlæg, hvilket forventes at falde til [2,4 mio. tons i 2030](#) med implementering af nuværende politiske aftaler, hvor kapaciteten til forbrænding skal reduceres med ca. 30%.

[CONCITO har tidligere stillet spørgsmål ved](#), om det giver klimamæssigt mening at reducere kapaciteten med 30% i 2030. Men selv hvis kapaciteten reduceres og mål for genanvendelse opnås, vil der altså være en stor CO₂-udledning fra affaldsforbrænding i Danmark i 2030, som det fremgår af figur 4. På figuren fremgår det også, at mere end halvdelen af udledningerne fra forbrændingsanlæg er biogene (fra fx affaldstræ, beskidt pap og lign.). I 2030 vil den biogene andel stige i takt med, at der udsorteres mere plast og den fossile andel falder¹. Den biogene andel af CO₂ forventes således at udgøre 1,7 mio. tons af de 2,4 mio. tons CO₂. Det er angivet en følsomhed på 1,3 mio. tons CO₂ i 2030 (den skraverede boks), da det endnu ikke er klart, hvordan og om kapacitet til forbrænding reduceres. Fordeling mellem fossil og biogen CO₂ i de 1,3 mio. tons er usikker, men må forventes at have en overvægt af biogent indhold i takt med at mere plast udsorteres, herunder fra importaffald.

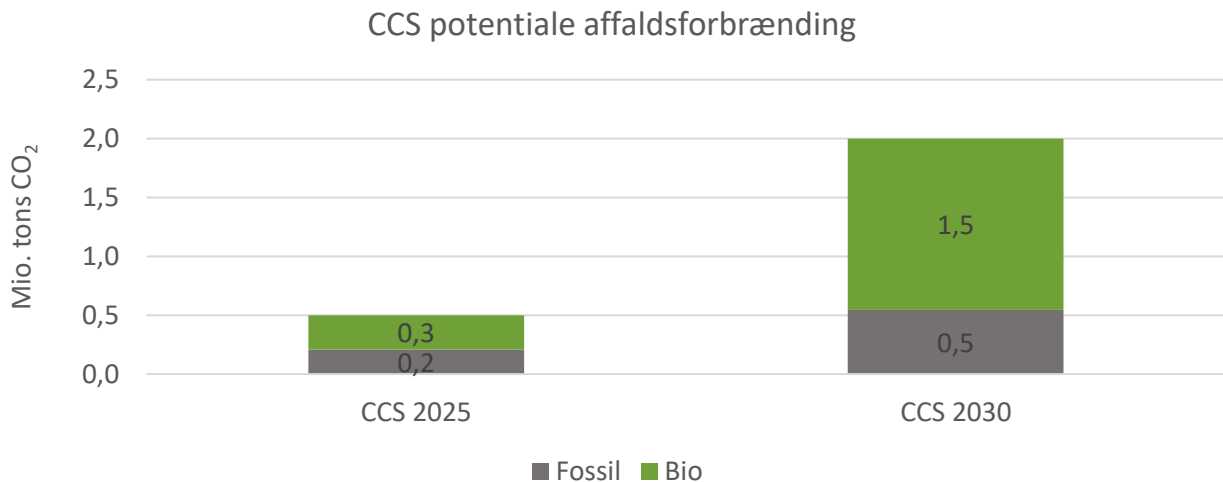


Figur 4: Udledninger fra affaldsforbrænding 2021 og 2030 fordelt på fossil og biogen CO₂. Kilde: Energistyrelsen 2021, Klimastatus- og fremskrivning 2021

Der bør planlægges efter at installere CO₂-fangst på størstedelen af affaldsforbrændingsanlæggene. CCS af knap 90% af udledningerne fra forbrændingsanlæg i 2030 kan give en reduktion på ca. 2 mio. tons. For at sandsynliggøre at dette indfries, og for at sikre hurtigere reduktioner, bør CCS på affald levere mindst 0,5

¹ Dog med en vis usikkerhed, da det er uvist, hvor meget plast der bliver udsorteret samt hvor stor en andel af dette der reelt genanvendes. Dertil kommer usikkerhed ift. den endelige sammensætning af fremtidens affald, herunder importaffald.

mio. tons i 2025. Der er allerede flere anlæg der ser på mulige løsninger med CCS. Fx har Amager Ressource Center i København planer om at indfange 0,5 mio. tons fra 2025, såfremt rammerne kommer på plads.



Figur 5: CONCITOs vurdering af det realistisk potentiale for CCS på affaldsforbrænding fordelt på fossil og biogen CO₂

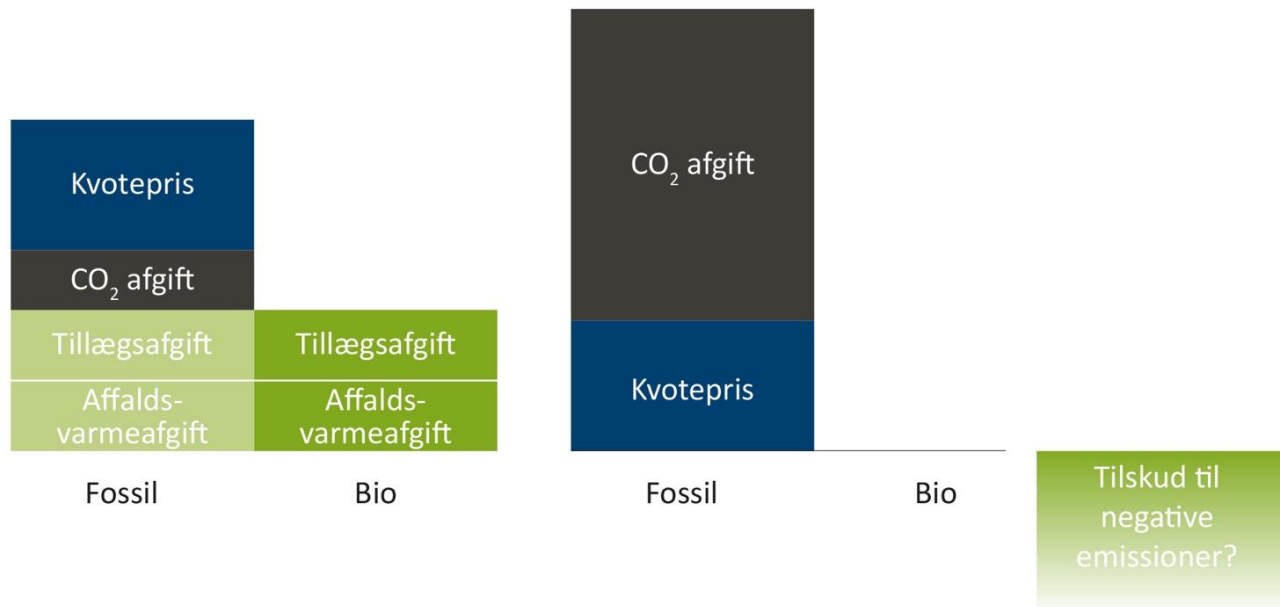
Fremtidige rammer for affaldsforbrænding

[Rambøll vurderer at prisen for CCS på affald spænder fra 600-1160 kr./ton](#). Den lave ende af spændet forudsætter lagring på land/kystnært, hvilket ikke kan nås til 2025, men kan realiseres før 2030.

[CONCITO har tidligere forslået](#) at omlægge afgifterne på affaldsområdet til en CO₂ afgift, hvilket vil anspore til både udsortering af plast og etablering af CCS. En omlægning af de nuværende afgifter på affaldsforbrænding til alene at være baseret på fossil CO₂ vil betyde en afgift på 1.300 kr./ton CO₂. Hertil kan et tilskud på op mod 1000 kr./ton sikre fangst og lagring af de biogene udledninger. Modellen er skitseret nedenfor.

Afgifter på affaldsforbrænding i dag

CONCITO forslag til omlægning af afgifter



Figur 6: Model for omlægning af afgifter på affaldsforbrænding

Det er desuden værd at bemærke, at Folketingets ønske om at reducere forbrændingskapaciteten med affaldsaftalen fra juni 2020 spiser af potentialet for at lave negative emissioner. Danmark vil med første del af [CCS-strategien åbne for import af CO₂](#), som fx kan være fra udenlandske affaldsforbrændingsanlæg. Det vil dog formentlig være mere optimalt at importere affaldet, energiudnytte det i Danmark og lagre CO₂'en efterfølgende. Ud over en klar klimagevinst i form af flere negative emissioner giver det også arbejdspladser, mindre biomasse-import og billigere fjernvarme.

Samfundsøkonomien i at lukke værker bør undersøges grundigt, før der lukkes værker som følge af affaldsaftalen. Dertil bør det belyses grundigere, hvorvidt der stadig er grundlag for import af affald fra Europa på den lange bane, som følge af øget genanvendelse og udvikling i behandlingskapacitet i udlandet.

Såfremt der stadig forventes overskud af ikke-genanvendeligt affald, er det svært at se argumenter for, at Danmark ikke hjælper til med at løse andre landes affaldsproblemer i forbrændingsanlæg med CCS, der også leverer varme til fjernvarmenet.

Industrielle processer

I industrien kan CO₂-fangst give mening, efter potentialet for energieffektivisering og elektrificering er indfriet. Nogle få virksomheder udgør langt størstedelen af udledningerne fra industri i Danmark. Heraf udgør Aalborg Portland og raffinaderierne over halvdelen af udledningerne og er oplagte kandidater til CO₂ fangst, da de opfylder de tre kriterier, som beskrevet ovenfor.

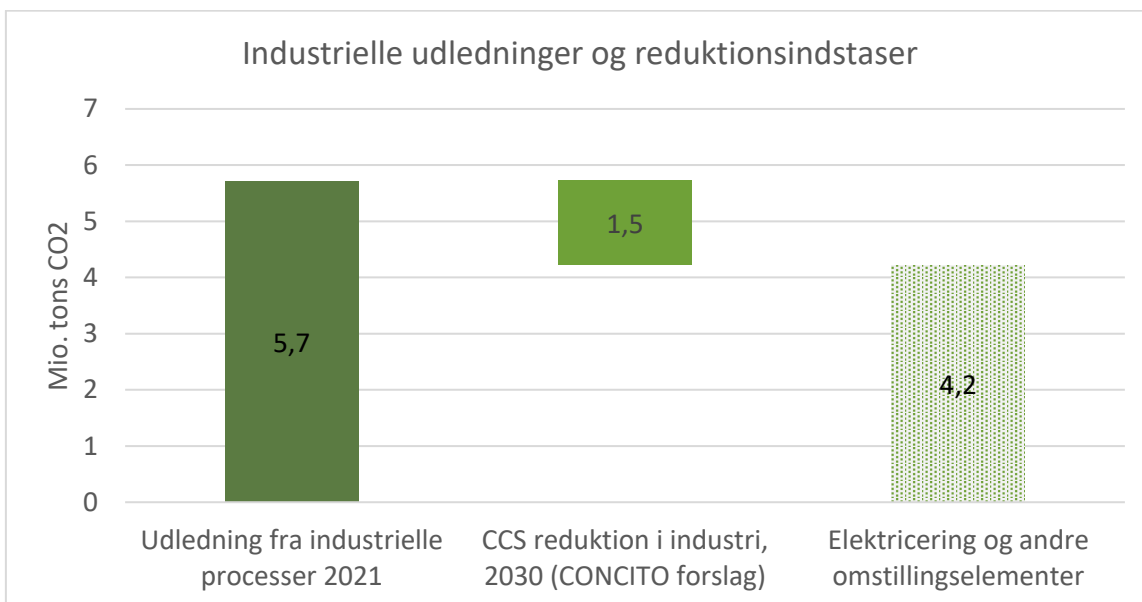
Det er værd at bemærke, at et skifte til grønne brændsler ikke udelukker CO₂-fangst. Biogas eller bioolie udleder også CO₂, men disse er biogene udledninger og indgår derfor ikke i Danmarks klimaregnskab, da de regnes som CO₂-neutrale. Hvis CO₂ fra biogas eller bioolie fanges og lagres vil man dog kunne opnå negative

udledninger. Fx kan Aalborg Portlands cementproduktion blive CO₂ negativ, hvis de fyrer med grøn gas eller pyrolyseolie og fanger en stor del af udledningerne.

Selvom økonomien i fangst vil være bedst hos de største udledere, er der også potentiale for de mindre virksomheder. Det er fx muligt at installere små CO₂-fangst anlæg til at [fange 40.000 tons om året](#). 14 [virksomheder havde i 2017](#) større udledninger end dette, ifølge Klimapartnerskabet for energitung industri. For nogle af disse vil det dog med stor sandsynlighed være mere oplagt med elektrificering.

Et groft skøn er, at CCS kan bidrage fanges mindst 1,5 mio. tons CO₂-reduktioner årligt fra industri til rimelige omkostninger, dvs. under 1.500 kr./ton CO₂. Det svarer omtrent til Aalborg Portlands udledninger efter at have gennemført omlægninger af brændsel og øvrige effektiviseringer. Dette bør derfor være et minimums-pejlemærker for CCS i den tunge industri.

Som det fremgår af figur 7, udleder industrielle processer 5,7 mio. tons CO₂ i 2021². En reduktion på 1,5 mio. tons fra CCS er således kun en lille del af den samlede nødvendige omstilling frem mod en industrisektor med nuludledning.



Figur 7: Industrielle udledninger og reduktionsindsatser. Kilde: KF21 og egne beregninger

Fremtidige rammer for industrielle udledninger

En høj CO₂-afgift kan delvis tilskynde til CCS, men såfremt der omstilles til fx biogas, vil udledninger ikke være omfattet af kvotesystemet eller en CO₂-afgift. Her vil der være behov for tilskud til negative emissioner.

En høj CO₂-afgift kan også være med til at sikre, at elektrificering og effektivisering sker før etablering af CCS, hvor dette er muligt. Derfor er en afgift nødvendig før der gives f.eks. statslige tilskud til CCS til reduktion af CO₂ fra industri.

² Dette tal omfatter fremstillingsindustri og raffinaderier, ifølge KF21

Biogas

Biogasanlæg har et stort potentiale for at reducere CO₂-udledningen yderligere. Store mængder CO₂ bliver i dag lukket ud i atmosfæren fra biogasanlæg, der opgraderer biogas til naturgaskvalitet. Dette har haft et begrænset fokus, da udledningerne er biogene og derfor ikke tæller i det danske klimaregnskab. Men alle tons tæller, og at undgå biogen CO₂ i atmosfæren er ligeså godt for klimaet, som at undgå fossil CO₂.

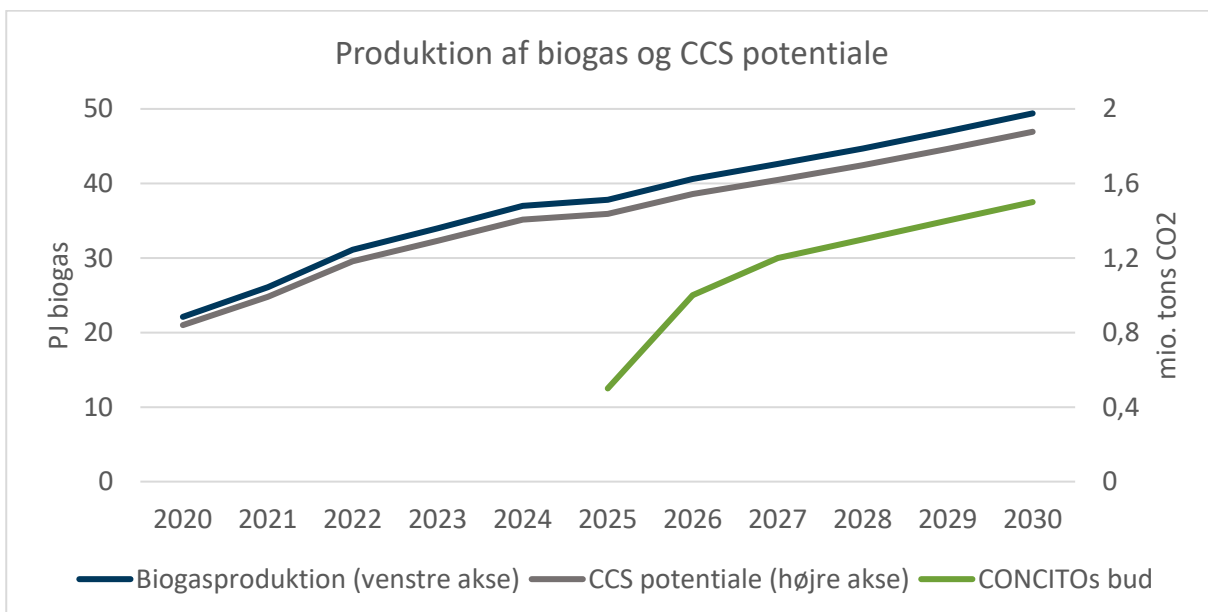
Et biogasanlæg producerer ca. 60 % metangas og 40 % CO₂. Med opgradering af biogas til naturgaskvalitet til gasnettet bliver CO₂en i dag udskilt og udledt til atmosfæren på alle biogasanlæg med undtagelse af et i Korsbro, hvor 20.000 tons fanges og sælges til industrien.

Den seneste klimafremskrivning forventer en produktion på 50 PJ biogas i 2030. Hvis alle 50 PJ biogas opgraderes til naturgaskvalitet, skal der udrenses ca. 2 mio. tons CO₂. Uden yderligere incitamenter vil disse blive udledt til atmosfæren.

Et opgraderingsanlæg på biogasanlæg er et fangstanlæg, der renser CO₂ ud af den rå biogas. De fleste biogasanlæg har, eller vil i fremtiden have, sådan et for at kunne sælge gassen til gasnettet.

Det betyder, at der i forvejen vil være etableret CO₂-fangstanlæg på mange biogasanlæg frem mod 2030. Der mangler derfor blot at CO₂'en renses, komprimeres og evt. køles, så den kan fragtes via rørinfrastruktur eller i flydende form med en tankvogn til et lager.

Da næsten alt biogas forventes at blive opgraderet, så bør det være realistisk at fange 1,5 mio. tons CO₂ årligt. Allerede i 2025 bør CCS fra biogasanlæg kunne levere mindst 0,5 mio. tons CO₂, hvis rammerne kommer på plads. Figur 8 viser fremskrevet produktion af biogas, samt mængden af CO₂, der udrenses. Derudover viser figuren CONCITOs bud på en indfasningssti for CCS, hvor man relativt hurtigt kommer op på at lagre 80 pct. af den udrensede CO₂.



Figur 8: Produktion af biogas og potentialet for CCS. Kilde: KF21 og egne beregninger

Fremtidige rammer for biogas

Biogasanlæg, der opgrader til naturgasnettet, får allerede statsstøtte til CO₂-fangst til denne proces. Derfor kan de formentlig ikke konkurrere på lige vilkår om puljer til CCS med fx industri anlæg og affaldsforbrændingsanlæg. Til gengæld vil biogas-CCS være billigere end CCS på disse kilder, da de allerede har et fangstanlæg.

Der bør derfor afsætte en særskilt pulje, der allerede i 2025 sikrer, at CCS på biogas kan levere 0,5 mio. tons. Puljen bør øges frem mod 2030 for at sikre 1,5 mio. tons. Dertil kan teknologiudvikling, konkurrence, inklusion i kvotemarkedet og evt. en høj betalingsvillighed for negative emissioner også sikre en større klimaeffekt for pengene.

Dertil bør det hurtigst muligt undersøges, hvordan der sikres billig transport af CO₂ fra biogasanlæg til lagringsfaciliteter, herunder i rør-infrastruktur. Dette kan være med til at definere, hvor stor en pulje der bør afsættes til biogas-CCS.

Der er fra flere sider, herunder fra CONCITO, rejst tvivl om bæredygtigheden ved biogas, og der bør også ud fra denne kritik overvejes, hvor meget yderligere biogas, der skal produceres i Danmark. Ovenstående forslag handler dog udelukkende om, at sikre en højere klimaeffekt fra de biogasanlæg, som staten allerede har bundet sig til at støtte.

Tvivlsom økonomi og klimaeffekt ved biomasse-CCS

Det høje spænd i regeringens klimaprogram inkluderer en del biomasse CCS (såkaldt BECCS), hvor man fanger CO₂ fra afbrænding af flis, halm eller træpiller. Det er yderst tvivlsomt, om dette er hverken økonomisk og klimamæssigt bæredygtigt. Dels har flere biomasseværker korte restlevetider, dels forventes biomasseværkerne at have et faldende antal driftstimer i fremtiden, hvilket øget omkostningen per ton CO₂, der skal indfanges, transporteres og lagres. Samme konklusion er [Klimarådet](#) nået frem til. Dertil vil en indregning af biomassens reelle CO₂ udledning reducere klimagevinsten og øge omkostninger ved afbrænding fra biomasse, hvis denne også prissættes. Biomasse lever altså umiddelbart ikke op til nogen af de tre kriterier. Større investeringer i CO₂-fangst på biomasse ser derfor ikke ud til at blive en god forretning, og vil formentlig være markant dyrere end reduktion med CCS på de andre kilder.

Såfremt CCS på biomasse kraftvarme skal overvejes, skal der tages højde for den reelle udledning fra afbrænding af biomasse. Ea Energianalyse har i en [rapport for CONCITO](#) anbefalet, at der regnes med en merudledning for afbrænding af træbiomasse og halm på hhv. 35 kgCO₂/GJ og 15 kgCO₂/GJ. Det er afgørende at der tages højde for, at biomasse ikke er CO₂-neutral i kommende udbud. Ellers risikerer Danmark at skabe yderligere lock-in af biomasse, hvilket vil videreføre den nuværende høje kulstoflækage. Før CCS på biomasse overvejes, bør der således være en plan, der sikrer en markant reduktion af afbrænding af biomasse, samt en pris på den reelle udledning af CO₂ fra afbrænding af biomasse.

Direct-Air-Capture

For at begrænse temperaturstigningen til under 2 grader og gøre 1,5-graders ambitionen mulig, vil storskala CO₂-lagring være nødvendigt. Her ser det ud til, at Direct Air Capture (DAC) kan levere et vigtigt bidrag med at sikre de negative emissioner på sigt. DAC dækker over en række teknologier, som kan indfange CO₂ fra atmosfæren.

DAC bliver en dyr teknologi, men potentielt prismæssigt på niveau med [PtX iflg. regeringens bruttovirkemiddelkatalog](#). Her opgøres prisen til 2.600-4.400 kr./ton CO₂.

DAC er i gang i [meget lille skala](#) (4.000 tons/år), men kan opskaleres og bringes ned i omkostninger. Spørgsmålet er hvor meget. Andre teknologier der fremhæves som nødvendige for at sikre negative emissioner er biomasse-CCS og øget optag i skove og jorde. Sammenlignet med disse kan DAC dog have den klare fordel at den kræver mindre areal. Biomasse-CCS har flere udfordringer som gennemgået ovenfor.

DAC bør indgå som en teknologi til at sikre negative udledninger på den lange bane efter 2030. Forskning, udvikling og demonstration kan bidrage til at modne teknologien, men det er tvivlsomt om de giver mening at satse på større skala reduktioner DAC før 2030.

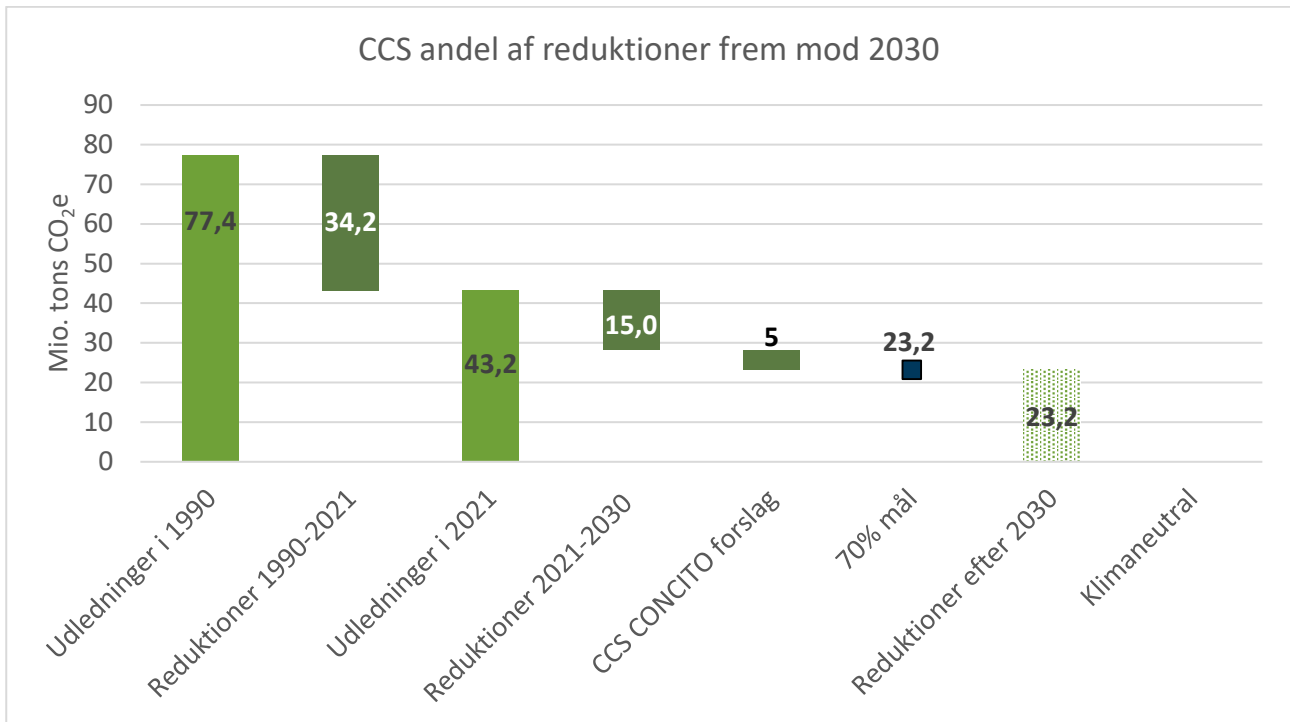
CCS er Ingen sovepude – der er behov for yderligere reduktioner i alle sektorer

Der rejses ofte kritik af CCS som et 'tech-fix', der fjerner fokus fra reelle reduktioner her og nu. Denne kritik har været delvis berettiget, da udsigten til teknologien forskellige steder har været misbrugt til at argumentere for at udskyde klimahandling. Samtidig er der eksempler på CCS-projekter i udlandet, hvor CO₂-bruges til at presse mere olie ud af undergrunden. Dette vil dog ikke være tilfældet i Danmark, hvor teknologien er en god løsning for reduktion af både biogene og fossile udledninger, hvor der ikke er bedre alternativer.

For at opnå 70% reduktion i 2030 udestår yderligere beslutninger om reduktion af knap 10 mio. tons. Selv hvis CCS bidrager med yderligere 4 mio. tons, udover de knap 1 mio. tons der er vedtaget i 2030, skal der stadig findes 6 mio. tons, som må forventes primært at komme fra landbruget og flere reduktioner fra transport og industri. Landbrugsaftalen forpligter forligspartierne til at reducere med mindst 4 mio. tons i 2030 for at opnå 55%-65% reduktion i landbrugssektoren, udover de reduktioner der er besluttet. En høj CO₂-afgift og et øget tempo i reduktionen af fossilbiler kan sikre de sidste 2 mio. tons frem mod 2030.

Set i forhold til de danske udledninger i 1990 spiller CCS en meget lille rolle for 70%-målet og målet om klimaneutralitet. I alt skal Danmark reducere med knap 55 mio. tons i perioden 1990-2030 for at nå 70% reduktion. I dag udledes 43 mio. tons. CONCITOs forslag om at 5 mio. tons skal indfries med CCS er derfor en lille del af den samlede klimaindsats for at leve op til målet i 2030, og endnu mindre, når det gælder målet om klimaneutralitet efter 2030.

CCS bør således tages i anvendelse i 2020'erne som et tiltag ind i en omkostningseffektiv omstilling. Herefter er potentialet formentlig udtømt indtil det lykkes at fange CO₂ fra luften til en rimelig omkostning. De resterende reduktioner frem mod klimaneutralitet og sidenhen netto-negative emissioner skal derfor stadig findes.



Figur 9: CCS andel af CO₂e-reduktioner frem mod 2030

Lagring af CO₂

CO₂ fra danske kilder kan enten lagres på land/kystnært eller offshore i f.eks. Nordsøen.

Lagring er en vigtig forudsætning for at komme videre med fangst af CO₂. Lagre tager mange år at udvikle og der skal være sikkerhed for, at CO₂ kan lagres, før det giver mening at fange den i større skala.

Der er i juli indgået en politisk [aftale om lagring](#). Aftalen indeholder mange gode elementer, men den risikerer at allokere utilstrækkelige midler til at sikre den nødvendige lagerkapacitet i 2030 og frem.

Start med lagring offshore

For at komme hurtigt i gang giver lagring i Nordsøen god mening i et 2025-perspektiv. I Project Greensand forventer Ineos og konsortiet bag at være [klar til fuldskala lagring](#) i udtjente olieletter fra 2025, hvor de kan lagres minimum 0,5 mio. tons CO₂ om året fra 2025 og 8 mio. tons om året i 2030. Dette kræver dog at rammerne kommer på plads snarest, da det tager et par år at etablere infrastrukturen og bygge skibe til fragt af CO₂ osv. Dertil har [Total Energies også etableret et konsortium](#), der vil udvikle lagringsfaciliteter i Nordsøen, men det er uklart, om dette kan stå klar til at lagre fra 2025. Det vidner i midlertidig om, at aktørerne ser et stort markedspotentiale for lagring af CO₂, hvilket er positivt for konkurrencen og økonomien i CCS-projekter.

Det forventes også at være muligt at udbyde CO₂ til lagring på et internationalt marked som f.eks. det norske Northern Lights om end projektet til en start alene har en kapacitet på 1,5 mio. tons om året. Med tanke på at Norge selv forventer at lagre en del CO₂ vil det næppe levne tilstrækkeligt plads til behovet for lagring af dansk CO₂.

Kystnære lagre er økonomisk fordelagtige

På sigt vil landbaserede/kystnære lagre kunne levere en markant billigere lagring og dermed en billigere omstilling for det danske samfund. Transportomkostningerne til lagre på land/kystnært er væsentligt lavere end til havs, da CO₂ kan flyttes til lageret med rør, tankbil eller et skib der ligger i havn, hvilket er billigere end at pumpe CO₂ fra et skib på åbent hav. Derudover er transportafstanden kortere og med rørtransport slipper man for at gøre CO₂ flydende. Rambøll vurderer, at lagring på [land/kystnært er ca. 50% af prisen](#) ift. lagring på havet.

Lagring på land/kystnært giver således en besparelse på ca. 200-400 kr./ton CO₂ alene på transport og lagring, hvilket svarer til en årlig besparelse på 1-2 mia. kr. for samfundet per år ved lagring af 5 mio. tons lagret CO₂.

I lyset af dette bør der ses nærmere på, hvilke fordele, der kan være for lokalsamfund ved at etablere landbaserede eller kystnære lagre. Dette kan fx være analyse af potentiale for lokal beskæftigelse, men også mulige incitamentsmodeller, som bidrager til lokal og kommunal opbakning ligesom det kendes fra vindmølleområdet.

Svært at satse for stort

Ud over de nationale kilder til CO₂ er der også et stort internationalt marked for CO₂-lagring i fremtiden. Særligt Tyskland ser ud til at have et stort behov. Den [tyske tænketank Agora Energiewende vurderer](#), at Tyskland har behov for at lagre 73 mio. tons CO₂ om året for at blive klimaneutral i 2045. Hvis bare en del af dette realiseres, er Danmark et helt oplagt land til at aftage en del af denne CO₂, da vi har en mere velegnet undergrund til lagring end tyskerne. Dansk lagringskapacitet kan altså bidrage til at løse vores nabolandes klimamål og samtidig vil det være en god forretning for virksomheder og arbejdspladser i Danmark.

Med den politiske aftale om lagring afsættes der 210 mio. kr. til GEUS, men det er uklart hvad disse midler rækker til. Der skal ifølge regeringens udkast til strategi undersøges 2-5 udvalgte geologiske strukturer i forhold til deres potentiale som lager.

Den nuværende viden om undergrunden er relativt begrænset. Derfor er der ikke garanti for, at en undersøgt struktur kan bruges som lager. Dertil er der risiko for manglende lokal opbakning til et givent lager. Der er altså risiko for, at man med aftalen kan komme til at satse for småt og ende med kun få eller ingen lagre, der kan bruges.

Der bør derfor afsættes yderligere midler til at undersøge flere lagre. Derved kan der opnås tilstrækkelig sikkerhed for, at der er nok lagerkapacitet. Det koster mere nu, men øger sandsynligheden for at der er kapacitet nok til både at lagre CO₂ fra danske kilder og samtidig hjælpe vores nabolande.

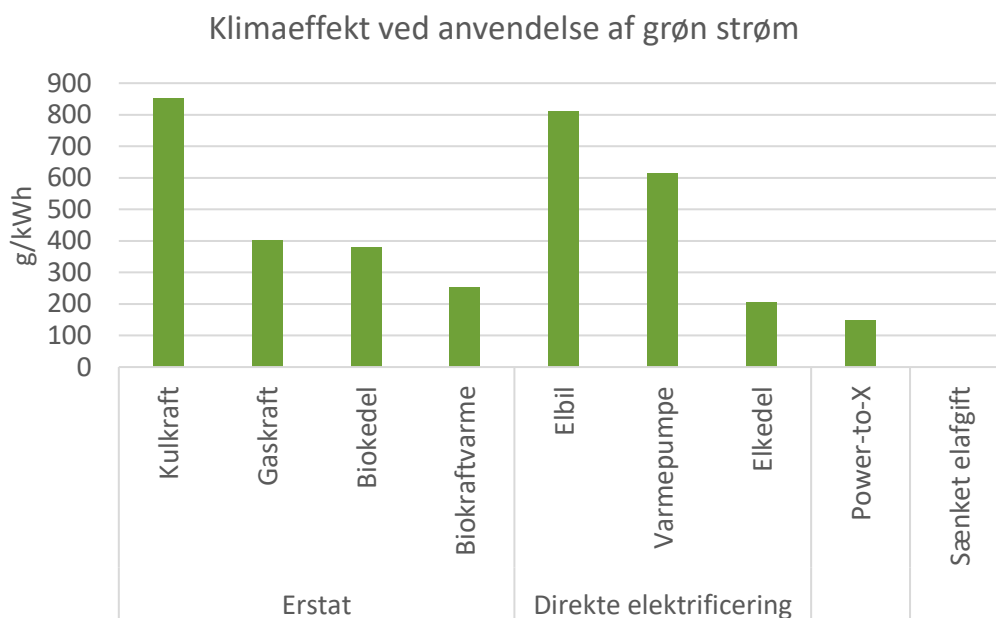
Givet den lange etableringstid er der potentielt kun ét skud i bøssen for at få igangsat lagre, der kan være i drift før 2030. Står man efter forundersøgelserne i 2024 og må indse, at der kun er et af de undersøgte lagre, der fungerer, og at dette ikke er tilstrækkeligt, er det tvivlsomt, om der kan etableres flere lagre før 2030.

CCS har større klimagevinst end kulstofbaseret PtX

Udover lagring i undergrunden kan fanget CO₂ også anvendes til produktion af f.eks. brændstoffer (CCU). CCU er den undergruppe af Power-to-X (PtX), der involverer brug af CO₂ til produktion af grønne brændsler.

Der er derfor overlap mellem potentialer for CCS og CCU, da der er en begrænset mængde CO₂ til rådighed og det vil være nødvendigt at prioritere, hvad den indfangede CO₂ bruges til. CONCITO vurderer, at både økonomi og klimahensyn taler for CCS.

Dette skyldes især, at produktion af brændsler med CO₂ (CCU), også kaldet kulstofbaseret Power-to-X (PtX), kræver store mængder grøn strøm. Den grønne strøm kan således ikke bruges til andre formål, såsom fortrængning af brændselsbaseret elproduktion, direkte elektrificering af industri, elbiler eller varmepumper jf. figur 10. Før der er et betydeligt overskud af grøn strøm vil der være størst klimaeffekt af at bruge strømmen direkte til fortrængning af brændsler. Dette gælder ikke bare fossile brændsler, men også biomasse, da denne i praksis ikke er CO₂ neutral. Der er således to-tre gange større klimaeffekt ved at fortrænge biomasse end ved at fortrænge fossile brændsler gennem PtX.



Figur 10: Klimaeffekt ved forskellige anvendelser af grøn strøm. Egne beregninger.

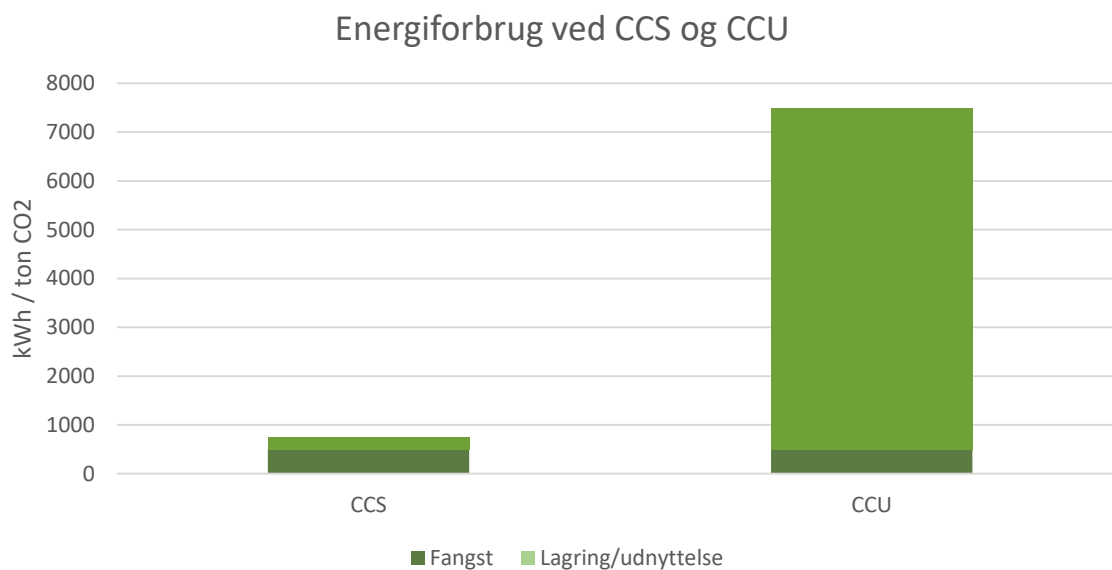
CONCITO anbefaler, at der sættes markant turbo på udbygningen med vindkraft og solceller, men selv hvis vi skulle lykkes med at få et overskud af grøn strøm i Danmark vil det formentlig stadig være bedre for klimaet at vælge CCS. Hvis CO₂ og grøn strøm anvendes hver for sig til hhv. CCS og PtX uden brug af kulstof (fx ammoniak eller brint) opnås der en dobbelt så stor klimaeffekt som hvis de to kombineres til et brændsel.

Hvis CO₂ anvendes til at lave brændsler med kulstofbaseret PtX, vil den stadig blive udledt til atmosfæren, bare i et skib eller fly, frem for f.eks. ved biogasanlægget, der har leveret CO₂. Ved lagring vil CO₂ komme direkte i undergrunden og der vil blive sparet grøn strøm, der i stedet kan bruges til at fortrænge fossile brændsler på anden vis.

Figur 10 viser energibehovet ved hhv. CCS og kulstofbaseret PtX. I begge tilfælde skal CO₂ fanges, hvilket kræver energi. For CCS der også være et behov for transport og lagring med er yderligere energiforbrug. Det ses dog, at energiforbruget til lagring af CO₂ er minimalt sammenlignet med energiforbruget ved at lave CO₂ om til brændsel.

Det bør derfor overvejes nøje, hvor meget Danmark skal satse på at lave kulstofbaseret PtX før vi har både rigeligt med både grøn strøm og CO₂ i overskud. Det involverer også overvejelser om hvor meget der bør satses på iblandingskrav af CCU-brændstoffer til fx luftfarten, der med klimapartnerskabets plan forventer at bruge 2 mio. tons CO₂, hvilket kræver en energimængde svarende til 3 GW havvind.

Rigelig grøn strøm forudsætter en massiv udbygning med vind og sol mens rigelig CO₂ forudsætter, at vi udvikler fangst af CO₂ fra luften (DAC)



Figur 11: Energiforbrug ved CCS og CCU