

ANALYSE: NEGATIVE UDLEDNINGER

TEKNOLOGIER TIL AT FJERNE CO₂ FRA ATMOSFÆREN
KAN SIKRE HURTIGERE OG BILLIGERE CO₂-REDUKTIONER



CONCITO

DANMARKS GRØNNE TÆNKETANK

INDHOLD

Sammenfatning og anbefalinger.....	2
Indledning.....	5
Hvad er negative udledninger.....	6
Regulering af negative udledninger.....	7
Et fast tilskud til negative udledninger.....	10
Mulige kilder til negative udledninger i Danmark.....	11
Bilag 1: potentialer for negative udledninger fordelt på kilder.....	12
Bilag 2: CO ₂ -relaterede omkostninger ved affaldsforbrænding.....	16

Fire anbefalinger for inklusion af negative udledninger i Danmarks klimapolitik

- Indfør en fast negativ CO₂-afgift, som tildeles som et tilskud per ton CO₂, der er permanent fjernet fra atmosfæren
- Indfas en afgift på netto-udledningen fra afbrænding af biomasse, der tilskynder til reduktion af forbruget af biomasse til kraftvarme, og samtidig sikrer at tilskud til negative udledninger tildeles, hvor det har størst klimaeffekt
- Indfør et støtteloft til negative udledninger på niveau med den bæredygtige mængde kulstof til rådighed for negative udledninger
- Definér negative udledninger og hvordan disse skal indgå i målopfyldelse på kort og lang sigt



Sammenfatning og anbefalinger

Teknologier der fjerner CO₂ fra atmosfæren, såkaldte negative udledninger, kommer til at spille en vigtig rolle i klimakampen, hvis verden skal lykkes med at overholde Paris-aftalen.

Negative udledninger kan inddeles i to forskellige metoder nemlig naturbaserede -og teknologiske løsninger.

De naturbaserede løsninger omfatter optag af CO₂ i jorde eller skove, herunder plantning af ny skov og tilvækst i eksisterende skove.

De teknologiske løsninger omfatter fangst og lagring af CO₂ fra bio-energi eller fangst og lagring af CO₂ direkte fra atmosfæren eller havene.

Der er stor forskel på de forskellige tilgange og deres teknologiske modenhed, permanens, skalerbarhed, omkostninger og bæredygtighed, som der skal tages højde for i regulering af negative udledninger.

Reguleringen af negative udledninger og inklusion i landes klimapolitik, herunder i Danmark, er stadig på et tidligt stadie.

Det er dog vigtigt at indføre passende regulering allerede nu, så Danmark sikrer en fornuftig anvendelse af negative udledninger, og en hurtig indfasning, da der er gode vilkår for dette i Danmark.

Folketinget har allerede lavet aftaler, der indebærer, at negative udledninger vil spille en vigtig rolle i opfyldelse af 70 procentsmålet for 2030 og både Energistyrelsens og CONCITOs analyser peger på, at negative udledninger vil spille en endnu større rolle på længere sigt.

I det følgende opsummeres CONCITOs hovedpointer og anbefalinger, som kan være med til at sikre en hurtigere og fornuftig implementering af negative udledninger frem mod 2030.

CONCITO anbefaler, at Danmark indfører en fast negativ CO₂-afgift, som tildeles som et tilskud per ton CO₂, der er permanent fjernet fra atmosfæren.

For at sikre hurtig indfrielse af potentialer for negative udledninger, er der behov for bedre incitamentter. Danmark har gode vilkår for at fange og lagre CO₂ fra en række biogene kilder til relativt lave omkostning. CONCITO foreslår derfor at indføre en fast negativ CO₂-afgift, som tildeles som et tilskud per ton CO₂, der er permanent fjernet fra atmosfæren.

Den negative afgift kan følge den danske CO₂-afgift på 750 kr./ton, som umiddelbart bør være tilstrækkeligt til at indfri en stor del af det danske potentiale frem mod 2030. Fordelen ved en fast negativ afgift er bl.a. at den kræver mindre administration, giver fleksible tidsplaner og sikrer bedre mulighed for samarbejde blandt aktørerne, fremfor konkurrence om løbende udbud af støttepuljer.

I 2030 kan permanente negative udledninger bidrage til Danmarks klimamål med ca. 4 mio. tons, fra hhv. CCS på affaldsforbrænding, biogasanlæg og industri. CONCITO vurderer, at en del af potentialet kan realiseres, hvis der indføres et fast tilskud til negative udledninger på op til 750 kr./ton.

I landbrugsaftalens udviklingsspor bidrager biokul med yderligere 2 mio. tons negative udledninger i 2030. Der mangler fortsat en plan for opskalering af denne teknologi, der er central for at realisere ambitionerne i landbrugsaftalen. Dertil mangler der klarhed omkring, hvordan biokul kan lagres i landbrugsjord og dokumentation for permanenten af denne lagring. Muligvis kan tilskuddet også være med til at indfri dele af potentialet for biokul.

CONCITO anbefaler at indfase en afgift på biomasse, der tilskynder til reduktion af forbruget af biomasse til kraftvarme, og samtidig sikrer at tilskud til negative udledninger tildeles, hvor det har størst klimaeffekt.

Afbrænding af biomasse er i praksis ikke CO₂ neutralt, da biomassen alternativt ikke var blevet omdannet til CO₂ øjeblikkeligt. Danmark har et stort forbrug af biomasse på kraftvarmeværker, der bl.a. medfører import af træbaseret biomasse med tvivlsom klimaeffekt. Der er derfor behov for en plan, der sikrer en markant reduktion af afbrænding af biomasse, samt en biomasseafgift på netto-udledning fra biomasse, så prisen afspejler de forskellige typer biomasses reelle CO₂-udledning, [hvilket CONCITO tidligere har anbefalet.](#)

En sådan afgift vil sammen med øget udbygning af vindkraft, geotermi og varmepumper reducere driftstiden på danske biomasseværker og yderligere vanskeliggøre økonomien i CCS på biomassekraftvarmeanlæg. I det nuværende udbud og første udbud af CCS, tages der ikke højde for den reelle CO₂-udledning fra biomasse. Her ligestilles alle typer af biomasser uagtet om det er importerede træpiller, halm eller biogent affald, selvom de har forskellige klimapåvirkninger. Det indebærer desuden risiko for lækage, hvis danske klimamål indfries ved brug af importeret biomasse, i modstrid med Klimaloven.

CONCITO vurderer, at et tilskud til negative udledninger på op til 750 kr./ton ikke gør CCS på biomassekraftvarme rentabelt. Hvis der investeres i CO₂-fangst anlæg på biomassekraftvarme, vil det dog medføre risiko for lock-in, da kapitalomkostningen er afholdt og driftsøkonomien forbedres uanset om investeringen kan tjenes hjem. Derfor bør et fast tilskud til negative udledninger implementeres samtidig med virkemidler, der sikrer, at man undgår lock-in på et højt forbrug af biomasse-kraftvarme.

CONCITO anbefaler, at der indføres et støtteloft på niveau med den bæredygtige mængde kulstof til rådighed for negative udledninger.

Potentialet for negative udledninger fra biogas, affaldsforbrænding og biokul er begrænset af adgangen til biogent kulstof. Biogent kulstof er en begrænset ressource, der bl.a. kræver areal. Jo mere biogent kulstof Danmark vil anvende til at opfylde klimamål, jo mindre vil der være til rådighed til andre lande.

Derved er der begrænsninger for, hvor meget biokul og CCS på biogene kilder bør bidrage til de danske klimamål, hvis den danske klimaindsats skal være en model for resten af verden.

CONCITO anbefaler derfor, at der indføres et støtteloft til biogene negative udledninger på niveau med den bæredygtige mængde biogene kulstof, som skal prioriteres til negative udledninger.

Dette niveau skal analyseres nærmere, men CONCITO vurderer, at der er et samlet potentiale på ca. 6 mio. tons biogene negative udledninger fra CCS på biogas, affaldsforbrænding, industri og bio-kul i 2030, som kan indfries samtidig med at forbruget af biomasse til energi reduceres. Dette kræver en markant reduktion af træbaseret biomasse til kraftvarme og individuel opvarmning.

Hvis dette potentiale kan indfries med et støtteniveau på 750 kr./ton kræver det 4,5 mia. kr./år i 2030. Dette bør derfor ses som en øvre grænse for finansiering. Puljen skal udmøntes efter først-til-mølle, for at sikre incitament til at komme hurtigt i gang. Det afgørende krav vil være, at aktører sikrer negative udledninger senest i 2030. Støtte til CCS på biogas skal desuden betinges af, at anlæg ikke benytter majs, maksimalt anvender 4% energiafgrøder og metanlækage ikke overstiger 1%.

CONCITO anbefaler, at Danmarks klimapolitik definerer negative udledninger og hvordan disse skal indgå i målopfyldelse på kort og lang sigt. Her bør Danmark skelne mellem naturbaserede- og teknologiske negative udledninger, da der er stor forskel på permanenten af de negative udledninger, som de leverer.

Naturbaserede negative udledninger, som optag i jorde og skove, kan spille en vigtig rolle for et større optag af CO₂ globalt. Skalering af disse løsninger er dog begrænset af bl.a. adgang til arealer, der ikke fortrænger fødevarerproduktion eller forringer biodiversiteten. Samtidig er der stor usikkerhed omkring permanenten af optag i skove og jorde, bl.a. på grund af risiko for ændringer i arealanvendelse, tørke og skovbrande, der risikerer at sende CO₂ tilbage i atmosfæren.

Af ovenstående grunde er det vigtigt at naturbaserede løsninger reguleres selvstændigt og ift. andre hensyn herunder til biodiversitet, fødevarerproduktion og øvrig arealanvendelse.

Teknologiske negative udledninger med høj grad af permanenten kan spille en vigtig rolle i indfrielse af danske og globale klimamål. Disse kan bl.a. være CCS på biogene punktkilder, herunder affaldsforbrænding og biogasanlæg, samt nye og mindre modne teknologier, som direkte fangst og lagring af CO₂ fra atmosfæren eller lagring af biokul fra pyrolyse.

Potentialet for teknologiske negative udledninger fra biogene kilder er begrænset af adgang til bæredygtig biomasse.

Indledning

For at begrænse den globale temperaturstigning til under 1,5-grader, peger scenarier fra IPCC m.fl. på, at der er behov for negative udledninger i meget stor skala.

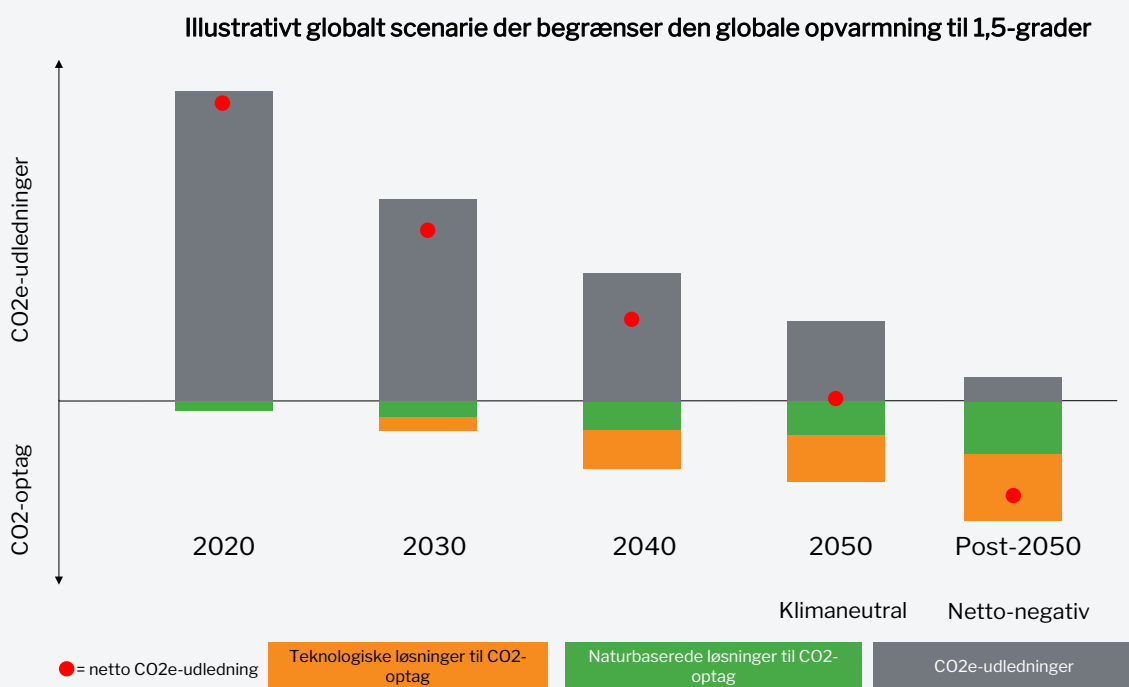
Fra 2050 vil der være et enormt globalt [behov for negative udledninger](#), og størrelsen på dette afhænger af antagelser om teknologiers udvikling og den globale omstillingshastighed.

IPCC's centrale scenarier varierer [fra 3,5 ti 16 mia. tons negative udledninger årligt](#) med teknologisk optag og lagring i 2050, hvor IEA's [seneste nettonul scenarie](#) har teknologiske negative udledninger på 1,4 mia. tons¹.

Antager man, at det globale behov for negative udledninger er 10 mia. tons i 2050, svarer det til 6 mio. tons negative udledninger i Danmark, hvis dette fordeles lige på lande efter indbyggertal.

Der kan også argumenteres for, at Danmark bør bidrage yderligere med negative udledninger på sigt, da vi både er et af verdens rigeste lande og har relativt stort ansvar for klimaforandringerne pga. store historiske udledninger.

Hertil kommer, at vi formentlig i fremtiden vil have en relativt stor udledning fra fødevarerproduktion, også selvom vi producerer mere vegetabilsk, der skal kompenseres for.



Figur 1: Illustrativt scenarie der opfylder Parisaftalens ambition om at begrænse den globale opvarmning til 1,5 grader. Baseret på [IPCC 2018](#) og [IPCC 2022](#).

Der er et stort spænd i scenariers anvendelse af negative udledninger, men det står klart, at behovet bliver stort og kun vokser med det nuværende langsomme tempo for klimahandling globalt.

Regeringsgrundlagets introducerer et klimamål på 110% i 2050, hvilket vil kræve knap 8 mio. tons negative udledninger - udover de negative udledninger, der skal bruges til at kompensere for restudledningen.

¹ IEA nettonul scenarie fra 2021 har desuden et nettooptag på [1,3 mia. tons CO₂](#) fra skove og jorde i 2050.

CONCITO vurderer, at 6 mio. tons restudledning i 2050 er realistisk. I så fald vil et klimamål på 110% kræve 14 mio. tons negative udledninger i 2050.

Det er afgørende for verden, at udledningerne af drivhusgasser reduceres markant og til tæt på nul i alle sektorer. Men parallelt hermed skal vi også udvikle og implementere teknologier til negative udledninger. En effektiv implementering af negative udledninger kan bidrage med tre funktioner i klimapolitikken over de kommende årtier – i kronologisk rækkefølge: 1. hurtigere reduktioner ved undgået CO₂ fra biogene kilder, der ellers var blevet udledt til atmosfæren. 2. Kompensation for restudledninger i opfyldelse af klimaneutralitet. 3. til opnåelse af netto-negative udledninger, hvor der fjernes mere CO₂ end der udledes.

1. Negative udledninger kan bidrage med hurtigere reduktioner

CONCITO vurderer, at teknologier til negative udledninger i Danmark kan bidrage med hurtigere reduktioner frem mod 2030 med relativt lave omkostninger. Dette omfatter CO₂-fangst på en række kilder, der i dag har biogene CO₂-udledninger, som kan fanges og lagres i stedet for at blive udledt til atmosfæren.

Affaldsforbrændingsanlæg, biogasanlæg og industrianlæg, der anvender grønne brændsler, er umiddelbart de relevante kilder ud fra et klimamæssigt og økonomisk perspektiv.

2. Negative udledninger skal kompensere for restudledninger for at opnå klimaneutralitet

I et klimaneutralt Danmark udgør negative udledninger et vigtigt element i målopfyldelse. Selv efter en omfattende reduktionsindsats i alle sektorer vil der stadig være behov for negative udledninger.

Dels fordi der, formentlig, vil være en mindre udledning tilbage i nogle sektorer, som kan være meget dyr eller umulig at fjerne helt. Samtidig vil en produktion af fødevarer uundgåeligt være forbundet med udledning af drivhusgasser, der skal kompenseres for. Jo tidligere Danmark skal være klimaneutral desto større bliver nødvendigheden af negative udledninger i stor skala, da der vil være kortere tid til at nå til nul, eller tæt på nul, i alle sektorer.

3. Negative udledninger skal sikre, at vi på sigt reducerer koncentrationen af drivhusgas i atmosfæren

Klimaneutralitet er et punktmål. På sigt skal udledningerne falde yderligere og der skal skrues mere op for negative udledninger, så der samlet opnås betydelige netto-negative udledninger, hvor der fjernes mere CO₂, end der udledes.

Efter klimaneutralitet kan man sige, at vi skal være klimapositive. Dette er nødvendigt for at reducere temperaturen igen og undgå de betydelige skader som klimaforandringer vil forårsage, hvis vi tillader en fortsat høj temperatur. Der vil således være behov for at rydde op efter mange års alt for høj udledning ved at fjerne CO₂ fra atmosfæren igen.

Idet vejen til klimaneutralitet går for langsomt, bliver opgaven for fremtidige generationer kun større og mere omkostningsfuld. At vi i fremtiden skal have et netto-optag af CO₂ er derfor ingen sovepude for at sikre hurtigere reduktioner nu og her. Jo mere vi udleder til atmosfæren desto større og dyrere bliver det at rydde op bagefter.

Det kan sammenlignes med, at det er teknisk muligt og nødvendigt at fjerne en del af det plastik og affald, der er blevet smidt i havene og naturen, men det giver på ingen måder fripas til at smide mere plast og affald i naturen

– det afgørende og nemmeste er at stoppe med at smide affald i naturen. På samme måde giver oprydningen i atmosfæren kun mening parallelt med en massiv indsats for at reducere udledningen til atmosfæren.

Der er mange klimatiltag, der er billigere og hurtigere at implementere end de fleste teknologier til negative udledninger, herunder inden for transport, industri og energi, med f.eks. elbiler, varme-pumper, energieffektiviseringer osv. Et stigende fokus på negative udledninger skal derfor ikke ske på bekostning af fortsatte reduktioner inden for alle sektorer. Det undgås primært ved at sikre at incitamenterne til negative udledninger ikke overstiger incitamenterne til fortsatte reduktioner af drivhusgasser.

Der skal derfor ikke gives højere tilskud til negative udledninger end omkostningen ved at udlede CO₂e, som er - eller bliver - omfattet af de nationale CO₂-afgifter og EU's kvote-pris.

Dette princip skal balanceres med hensyn til behovet for den nødvendige teknologiudvikling, risikoen for lækage og en retfærdig fordeling af omkostninger til omstillingen.

Teknologiudvikling kan kræve større betaling for negative udledninger i en periode. Risiko for lækage ved høje afgifter på f.eks. landbrug kan afbødes ved at betale mere i andre sektorer, herunder for negative udledninger. Hensyn til retfærdig fordeling af omkostninger skal dog samtidig sikre, at hensyn til lækage ikke medfører uforholdsmæssigt høje omkostninger for samfundet.

Hvad er negative udledninger?

Der er flere forskellige metoder til at fjerne CO₂ fra atmosfæren og dermed sikre negative udledninger. Der er ikke en internationalt vedtaget standard for negative udledninger, som definerer, hvordan lande kan inkludere forskellige typer af negative udledninger i deres klimapolitik. Der er i midlertidig stor forskel på egenskaberne og permanensen ved forskellige typer af løsninger for negative udledninger.

Der er grundlæggende to forskellige tilgange til at sikre negative udledninger, som er relevante at skelne imellem: hhv. en naturbaseret- og en teknologisk metode. Naturbaserede metoder omfatter optag af CO₂ i skove og jorde, hvor teknologiske metoder omfatter forskellige former for fangst af CO₂ fra atmosfæren med permanent lagring af CO₂ i fx undergrunden.

Begge tilgange er vigtige for at begrænse klimaforandringerne, men de har vidt forskellige egenskaber og bør ikke reguleres på samme vilkår.

Permanensen af naturbaseret lagring af CO₂ i skove og jorde er behæftet med stor usikkerhed. CO₂ der optages i skov og jorde kan således udledes igen inden for få år eller årtier, hvis der fx sker en ændring i arealanvendelse, som følge af ændret forbrug, produktion eller hændelser som skovbrande. Til gengæld kan naturbaserede løsninger have andre positive sideeffekter, fx for biodiversitet, som de bør reguleres efter.

Udfordring med naturbaseret lagring er også relateret til sikring af additionalitet. Det eksisterende skovbrug er ikke blevet godskrevet de drivhusgasser, som de i dag lagrer.

Det vil være svært at kontrollere, hvorvidt nye skovarealer i virkeligheden repræsenterer ny lagring eller blot erstatning af eksisterende skovbrug og dermed ikke bidrager til additionelt optag. Der opnås størst sikkerhed for permanens af CO₂ lagring ved teknologiske løsninger, herunder med fangst af CO₂ fra atmosfæren, enten via biogent CO₂ eller direkte fra atmosfæren, med efterfølgende lagring af CO₂ i undergrunden, der har permanens på flere tusinder år.

CO₂ udledt til atmosfæren bliver der i 300-1000 år. Derfor er det væsentligt, at en negativ udledning, der skal kompensere for en positiv udledning, har en tilsvarende høj permanens. Permanensen af negative udledninger bliver desuden afgørende for at reducere indholdet af CO₂ i atmosfæren i den nødvendige skala. Negative udledninger med lavere permanens end 300 år kan også spille en vigtig rolle i at begrænse temperaturstigningen, da de kan være med til at sikre lavere koncentration af CO₂ i atmosfæren og dermed mindre opvarmning.

Det er dog afgørende at reguleringen af – og tilskyndelsen til – negative udledninger skelner mellem sikkerheden for permanens og additionalitet.

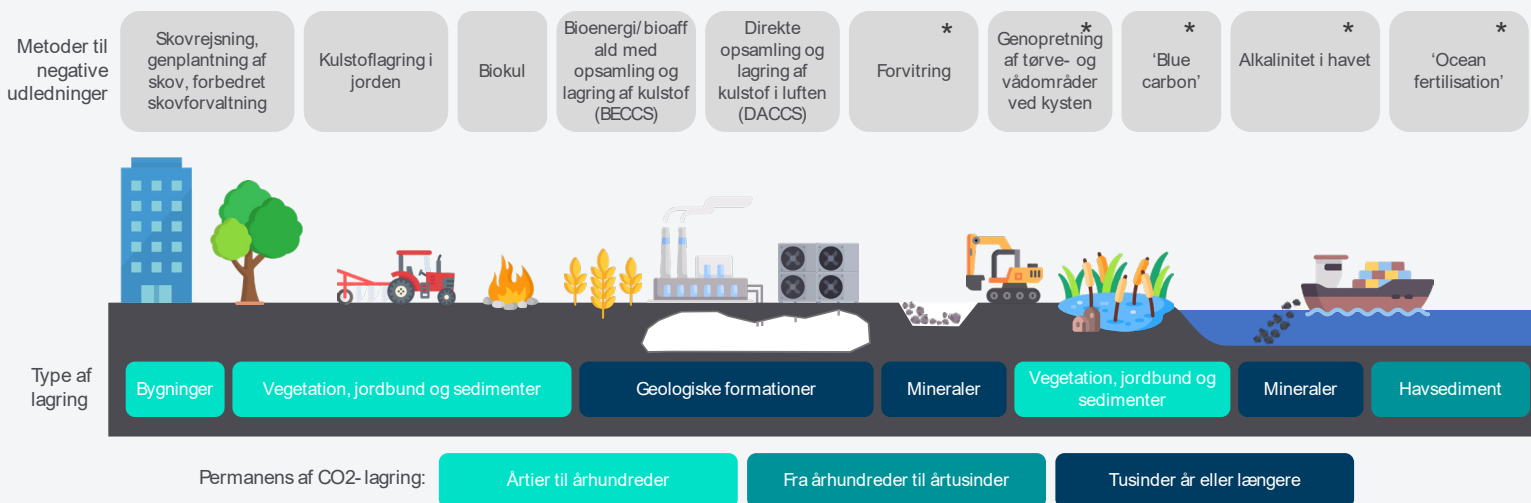
CONCITO anbefaler på den baggrund, at naturbaserede løsninger til lagring af CO₂ reguleres selvstændigt med hensyn til andre formål og arealanvendelse, herunder produktion af fødevarer, energi og biodiversitet.

Optag i skove og jorde bør stadig indgå i klimaregnskabet, jf. eksisterende praksis, men på grund af usikkerhed i permanenten bør opfyldelse af klimamål kun i mindre grad basere sig på øget optag i skov og jorde, herunder til kompensation for restudledninger.

Det kan være via omprioritering af eksisterende støttemidler til landbruget, nye ordninger eller EU-regulering.

CONCITO anbefaler, at Danmark arbejder for at støtte til negative udledninger, som værktøj til opfyldelse af klimamål, skal have en høj grad af permanenten, som udgangspunkt svarende til permanenten af positive udledninger. Et fast tilskud til negative udledninger bør således målrettes negative udledninger med høj permanenten.

Figur 2 illustrerer forskellige typer af metoder til negative udledninger, både naturbaserede og teknologiske metoder, og deres permanenten. Forslaget om et fast tilskud til negative udledninger er rettet mod BECCS og DACCS med høj permanenten af CO₂-lagring på flere tusinder år, men kan også være relevant for biokul, såfremt lagring af biokul kan opnå tilstrækkelig permanenten.



* Ikke inkluderet i denne analyse

Figur 2: Typer af negative udledninger og permanenten. Udarbejde pba af "[Carbon Dioxide Removal and Certification](#)" af Carbon Gap, Clean Air Task Force og Bellona Europa, baseret på IPCC, 2022. *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change*

Regulering af negative udledninger

Der er i dag ikke klare rammer for, hvordan negative udledninger skal indgå i Danmark eller EU's klimapolitik og hvordan disse reguleres.

EU-regulering

Naturbaserede negative udledninger er i EU primært reguleret via nationale målsætninger i den såkaldte LULUCF-forordning, der dækker optag og udledninger i skove og jorder. Der er i november landet en [foreløbig aftale](#), der sætter et fælles-europæisk nettooptagsmål for skove og jorder på 310 mio. ton CO₂e i 2030.

Derimod er teknologiske negative udledninger i dag ikke klart reguleret i EU. Der findes kun en række finansieringsmuligheder til at understøtte forskning, udvikling og demonstration af teknologierne, herunder EU's Innovationsfond og Horizon Europe. Som ramme sætter den europæiske klimalov et loft for, hvor meget negative udledninger må fylde i indfrielsen af EU's 2030-klimamål, da bidraget fra nettooptag til klimamålet begrænses til 225 mio. tons i 2030.

Der er stigende opmærksomhed på negative udledninger i EU. Kommissionen er i november 2022 kommet med et forslag til et certifikationssystem for negative udledninger, der har til formål at udgøre fundamentet for reguleringen af negative udledninger.

Det debatteres i faglige kredse, hvorvidt EU's kvotehandelsystem skal anvendes til at regulere teknologiske negative udledninger, men der er ikke fremlagt et formelt forslag eller dybdegående analyser om at inkludere dem i systemet endnu. Den danske regering arbejder allerede for, at der på EU-plan kommer et incitament til teknologiske negative udledninger. Det virker umiddelbart fornuftigt set i lyset af, at der så sikres incitamenter til negative udledninger, men risici ved teknologiske negative udledninger, herunder lock-på et højt biomasseforbrug, skal samtidig håndteres på EU-plan.

Frivilligt marked for negative udledninger

Udover hvad der gives af statsstøtte rundt omkring i verden, er der et stort frivilligt marked for negative udledninger. Negative udledninger (også kendt som offsetting af f.eks. udledning fra flyrejser) er i dette marked typisk af lav kvalitet, udokumenterede og til en meget lav pris.

Der er dog også i stigende grad risikovillig kapital, der er øremærket til udvikling af nye teknologier til negative udledninger. Herunder har fx [Microsoft](#) og [Frontier](#), der bl.a. finansieres af firmaerne bag Google og Facebook, afsat 1 mia. USD i 2030, målrettet teknologier til fangst af CO₂ fra atmosfæren med efterfølgende permanent lagring (DACCS).

Det frivillige marked kan således spille en rolle i tilvejebringe risikovillig kapital til realisering og udvikling af projekter på et umodent stadie, der ikke kan få statsstøtte. Det frivillige marked er dog ikke noget, som Danmark bør satse på til at opfylde egne klimamål. Hvis danske aktører sælger certifikater og samtidig modtager statsstøtte vil der være tvivlsom additivitet.

Hvis certifikaterne for negative udledninger sælges til udenlandske selskaber eller international transport, bør de ikke falde under det danske nationale klimaregnskab. Ligeledes bør staten ikke udstede certifikater for statsstøttede negative udledninger, der kan sælges til andre aktører.

Regulering af negative udledninger i Danmark

I Danmark indgår negative udledninger i opfyldelse af klimamål, men der er ikke en klar definition af negative udledninger eller skelnen mellem kvaliteten af typer af negative udledninger.

Der er hermed risiko for, at negative udledninger af lav kvalitet bliver en del af Danmarks målopfyldelse, hvilket kan resultere i en lavere klimaeffekt end tilsigtet. Danmark bør derfor have en klar definition af negative udledninger og politik for, hvornår de kan bidrage til Danmarks målopfyldelse.

Regeringens Klimaprogram opgør det tekniske potentiale for yderligere skovrejsning til 0,5 mio. tons i 2030 og 1 mio. tons i 2035.

Dette dækker kun en mindre del af den nødvendige mængde negative udledninger, der skal til for at sikre klimaneutralitet jf. [Energistyrelsens scenarier](#) og CONCITO's analyse af klimaneutralitet². På længere sigt kan potentialet for skovrejsning være større, men det afhænger især af, hvordan arealanvendelse prioriteres i Danmark. Permanensen vil dog stadig være behæftet med usikkerhed for fremtidige ændringer i bl.a. arealanvendelse.

Folketinget har over de seneste par år afsat penge i tre puljer, der kan bidrage til permanente negative udledninger i Danmark, som beskrevet nedenfor.

- **CCUS-puljen** fra Klimaaftale for energi og industri mv. 2020 er på i alt 16,6 mia. kr³. CCUS er opsamling, lagring og udnyttelse af CO₂. Reduktionerne kan komme fra både biogen og fossil CO₂ og dermed potentielt bidrage med negative udledninger. Puljen forventes udmøntet i to faser, hvor første fase er i gang med et udbud, der skal bidrage med en reduktionseffekt på 0,4 mio. tons fra senest 2026. Puljen er rettet mod både biogene og fossile kilder, og der er tre [prækvalificerede bydere](#), som omfatter både biogene og fossile kilder. Udbuddet afgøres februar 2023. Støtten til CCS forventes at løbe over en 20-årig periode. Detaljer om anden fase af udmøntningen er ikke fastlagt, men puljen skal fra 2030 levere 0,9 mio. tons reduktioner.

²Udgives 18. januar 2023

³Puljer er opgjort i 2023-priser. Tallene kan derfor være med mindre afvigelser fra aftaletekster mv

- **NECCS-puljen** er på 2,6 mia. kr. og er afsat på Finansloven for 2022. NECCS står for "negative emissions carbon capture and storage" og har således til formål at støtte teknologier til negative udledninger. Den skal levere 0,5 mio. tons CO₂-reduktioner årligt fra 2025 og frem til 2032. Puljen er endnu ikke udmøntet eller beskrevet i detaljer, men forventes at blive målrettet CO₂-fangst og lagring fra biogasanlæg og biokul fra pyrolyse. Den forventede gennemsnitlige støtte er på 650 kr./ton CO₂. Støtteperioden er foreløbigt begrænset til 8 år, hvilket bl.a. gøres med henblik på at give modtagere fleksibilitet til at afsætte CO₂ til andre formål efter støtteperiodens udløb.
- **CCS-puljen fra Grøn Skattereform** er på 19,5 mia. kr. og afsat som led i aftale om Grøn Skattereform fra juni 2022. Udmøntning af puljen er ikke fastlagt, men den er afsat med en forventning om at levere 1,8 mio. tons CO₂ reduktioner fra 2030.

Dette kan omfatte CCS på både biogene og fossile kilder og dermed kan puljen også bidrage til negative udledninger.

I alt er der afsat 38,7 mia. kr. til CCS, som forventes udmøntet over 25 år, hvilket svarer til et gennemsnit på 1,5 mia. kr./år fra 2025.

Udover ovenstående støttepuljer vil CO₂-afgifterne fra Grøn Skattereform og EU's kvotepris også skabe incitament til at etablere CCS fra fossile punktkilder, hvor dette er relevant. De danske CO₂-afgifter og kvoteprisen giver ikke i sig selv incitament til negative udledninger, da de alene omfatter fossil CO₂. Det bemærkes, at aftale om grøn skattereform dog alene er en politisk aftale og stadig mangler at blive udmøntet ved lov.

Puljer til CCS og negative udledninger	2025/2026 mio. tons	2030 mio. tons	Kilder og type af udledninger
CCUS-puljen	0,4	0,9	Store punktkilder, herunder industri, kraftvarme og affaldsforbrænding. Kan både støtte fangst og lagring af CO ₂ fra biogene og fossile kilder. Der er afsat 16,6 mia. kr. i alt. Det første udbud forventes at indgå kontrakt på støtte i 20 år.
NECCS-puljen	0,5	0,5	Negative udledninger via CCS fra biogas og/eller biokul fra pyrolyse. 2,6 mia. kr. er afsat over en periode på 8 år, hvilket svarer til 650 kr./ton CO ₂ .
CCS-pulje fra Grøn Skattereform	-	1,8	Detaljer for udmøntning er ikke fastlagt, men midlerne forventes at kunne støtte både CCS på fossile og biogene kilder. 19,5 mia. kr. er afsat til støtte over 15 år, med forventning om et gennemsnitlig statsstøttebehov på godt 600 kr./ton CO ₂ i 2030.
I alt	0,9	3,2	

1: Oversigt over puljer til CCS og negative udledninger

Nuværende udbudsmodel kan være uhensigtsmæssig

De afsatte puljer, som er beskrevet ovenfor, kan ende som tilskud til negative udledninger, i det omfang de støtter CO₂-lagring fra biogene kilder og dermed bidrager med negative udledninger. Indtil videre er der fra statens side lagt op til at fortsætte udmøntning af puljerne med en række udbud, hvor punktkilder konkurrerer om støtte fra udbud til udbud.

Denne tilgang vil med afgørelsen af det første udbud give en god indsigt i priserne for hele værdikæden fra fangst til lagring, og samtidig sikre, at Danmark får etableret det første fuldskala CCS-projekt.

Det kan dog risikere at forsinke og fordyre omstillingen at fortsætte tilgangen med løbende CCS-udbud.

For det første tager det lang tid at afholde udbud, der både er en tung administrativ proces for embedsværk og virksomheder og risikerer at spilde udviklingsomkostninger for de bydere, der ikke vinder.

For det andet giver udbud begrænset fleksibilitet i tidsplaner for etableringen og skalaen af anlæg. For det tredje stiller det aktørerne i en konstant konkurrencesituation, hvor hver enkelt byder skal lave sine egne løsninger og har begrænset interesse i samarbejde og vidensdeling. Man risikerer derved at gå glip af mulighed for storskala projekter, fælles indkøb og etablering af fælles infrastruktur.

Et fast tilskud til negative udledninger

CONCITO foreslår at indføre et fast tilskud til negative udledninger, der kan sikre permanente negative udledninger i Danmark.

Tilskuddet kan følge den nationale CO₂-afgift, der med nuværende beslutninger stiger til 750 kr./ton i 2030 for at sikre omkostningseffektivitet i målopfyldelse. Dette sker ved at sikre det samme økonomiske incitament til at undgå at udlede CO₂ og til at fjerne CO₂. Der vil dog stadig være større tilskyndelse for reduktioner for udledere omfattet af EU's kvotemarked⁴, da de har højere samlet incitament end 750 kr./ton CO₂.

Vores beregninger peger på, at 750 kr./ton CO₂ kan være tilstrækkeligt til at realisere en stor del af det danske potentiale for negative udledninger. Baggrunden for forslaget og beregningerne er uddybet i bilag 2. Til sammenligning er den forventede pris per ton CO₂ i NECCS-puljen ca. 650 kr./ton⁵.

En fast negativ afgift i den størrelsesorden vurderes at kunne indfri størstedelen af potentialet for CCS fra affaldsforbrændingsanlæg og biogasanlæg på ca. 3 mio. ton biogen CO₂ i 2030.

Dertil kommer reduktion af ca. 0,5 mio. tons fossil CO₂ fra affaldsforbrændingsanlæg, som sikres ved implementering af grøn skattereform samt EU's kvotepris. Det kan muligvis også være nok til at sikre negative udledninger fra industrien, primært cementproduktion, hvis der her skiftes til biogene brændsler. Modellen kan også støtte negative udledninger i form af DACCS og biokul.

Det er dog usikkert, hvornår disse teknologier kan implementeres i storskala i Danmark, og i høj grad om de frem til 2030 kan konkurrere med en pris på op til 750 kr./ton.

Biokul opgøres til en omkostning på 2.000 kr./ton i klimaprogram 2022, hvilket dog er langt højere end [EA Energianalyse vurdering på 870 kr./ton i grundberegningen](#). Jf. landbrugsaftalen har biokul eller brun bioraffineret et teknisk reduktionspotentiale til at levere 2 ud af de resterende 5 mio. tons, der mangler for at indfri landbrugets reduktionsmålsætning.

En model med faste tilskud tillader en højere grad af samarbejds muligheder mellem selskaberne, en højere grad af sikkerhed for at udviklingsomkostninger ikke går tabt og mere fleksibilitet i projektstørrelse og tidsplanerne både ift. projektstart og evt. stop for levering af negative udledninger.

Alle disse forhold burde understøtte billigere og hurtigere CCS i Danmark. Fordele herved vurderes at opveje ulemperne ved en eventuel overkompensation. Puljen kan indføres med et loft over den samlede støtte og et først-til-mølle-princip, som dermed både tilskynder til at komme hurtigt i gang og giver budgetsikkerhed for staten.

Loftet bør dog sættes så højt, at en betydelig del af potentialet for negative udledninger kan indfries. Et passende niveau for loftet kan være det bæredygtige niveau for anvendelse af bioressourcer til negative udledninger, som CONCITO vurderer er i omegnen af 6 mio. tons.

⁴Disse omfatter bl.a. cementproduktion og affaldsenergianlæg i Danmark

⁵2,6 mia. I NECCS-puljen skal levere 500.000 tons CO₂/år i 8 år

Forslag kan finansieres ved at omprioritere dele af de eksisterende CCS-puljer og NECCS-puljen til et fast tilskud til negative udledninger. På sigt kan den varige betaling til negative udledninger inkluderes i et fælles europæisk marked.

Det skal undersøges om, og hvordan, et fast tilskud kan leve op til EU's statsstøtteregler. Hvis der er problemer med statsstøttereglerne, bør der arbejdes på at ændre reglerne fremadrettet i lyset af, at forslaget forventes at fremskynde hurtig og effektiv omstilling.

Den faste negative afgift kan evt. over tid udfases, hvis negative udledninger inkluderes i EU's kvotesystem eller lignende incitamentsystem. Det forventede prisniveau i EU's kvotesystem er også omkring 750 kr./ton i 2030.

Fast negativ afgift fjerner ikke incitament til fortsatte reduktioner

Der er i forvejen økonomiske incitament til at reducere udledninger af fossil CO₂ med f.eks. EU's kvotepris og den danske CO₂-afgift. Disse vil fortsat give samme eller større incitament til reduktioner end et tilskud til negative udledninger på 750 kr./ton.

Det vil stadig være nødvendigt med markant reduktion af udledninger af CO₂, selvom der indføres tilskud til negative udledninger. Dels fordi potentialet for negative udledninger til en pris op til 750 kr./ton er begrænset, og dels fordi mange reduktioner vil være billigere at gennemføre end at betale CO₂-afgift og EU's kvotepris.

Mange reduktioner i landbruget vil også være billigere end at skulle kompensere for hele landbrugets udledning via negative udledninger. En kombination af klimaafgifter på landbruget og støtte til nye teknologier, skal derfor parallelt sikre, at landbruget bidrager med de nødvendige reduktioner.

Negative udledninger kan øge prisen på CO₂ til Power-to-X

En betaling for permanent lagret CO₂, kan sætte sig i den pris på CO₂ som andre aktører må betale. Hvis fangstaktørerne har mulighed for billig lagring af CO₂, vil prisen på CO₂ umiddelbart følge niveauet for den negative afgift fratrukket omkostninger til transport og lagring.

Det vil sikre en fornuftig udnyttelse af den biogene CO₂. Enkelte aktører har talt for at reservere den biogene CO₂ til produktion af grønne brændsler. Det vil være uhensigtsmæssigt, da brændselsproducenterne så ikke ser alternativomkostningen ved at bruge CO₂, der alternativt kunne have været lagret i undergrunden.

Rammevilkårene for Power-to-X bør ikke favorisere syntese af brændsler baseret på CO₂ over andre anvendelser af den grønne brint. Sker dette kan det øge betalingsvilligheden væsentligt for CO₂, hvilket indebærer risiko for et økonomisk tab, hvis teknologier med højere reduktionsomkostninger fremmes på bekostning af negative udledninger. Ligeledes bør visse brancher som fx luftfart have mulighed for at leve op til reduktionskrav ved at gøre brug af negative udledninger.

Staten skal understøtte fælles infrastruktur

Det er afgørende, at staten understøtter aktørerne ved at sikre mulighed for etablering af fælles billig rørinfrastruktur og lagring af CO₂. Det kan f.eks. ske ved at give de rette rammer for, at de statsligt ejede Evida og Gas Storage Denmark får mulighed for at tage risikoen ved investering i infrastruktur, der er dimensioneret til at aftage store mængder CO₂ eller at staten på anden vis sikrer at aktører dimensionerer infrastrukturen til transport og lagring af CO₂ til de forventede danske og udenlandske mængder

Hermed kan der skabes sikkerhed for de virksomheder, der har brug for at lagre indfanget CO₂, og derudover skabes mulighed for skalafordele, hvilket billiggør den samlede omstilling.

Mulige kilder til negative udledninger i Danmark

Mulige støttemodtagere omfatter punkt-kilder med biogen CO₂-udledning, der kan etablere CCS til relativt lave omkostninger på op til 750 kr./ton.

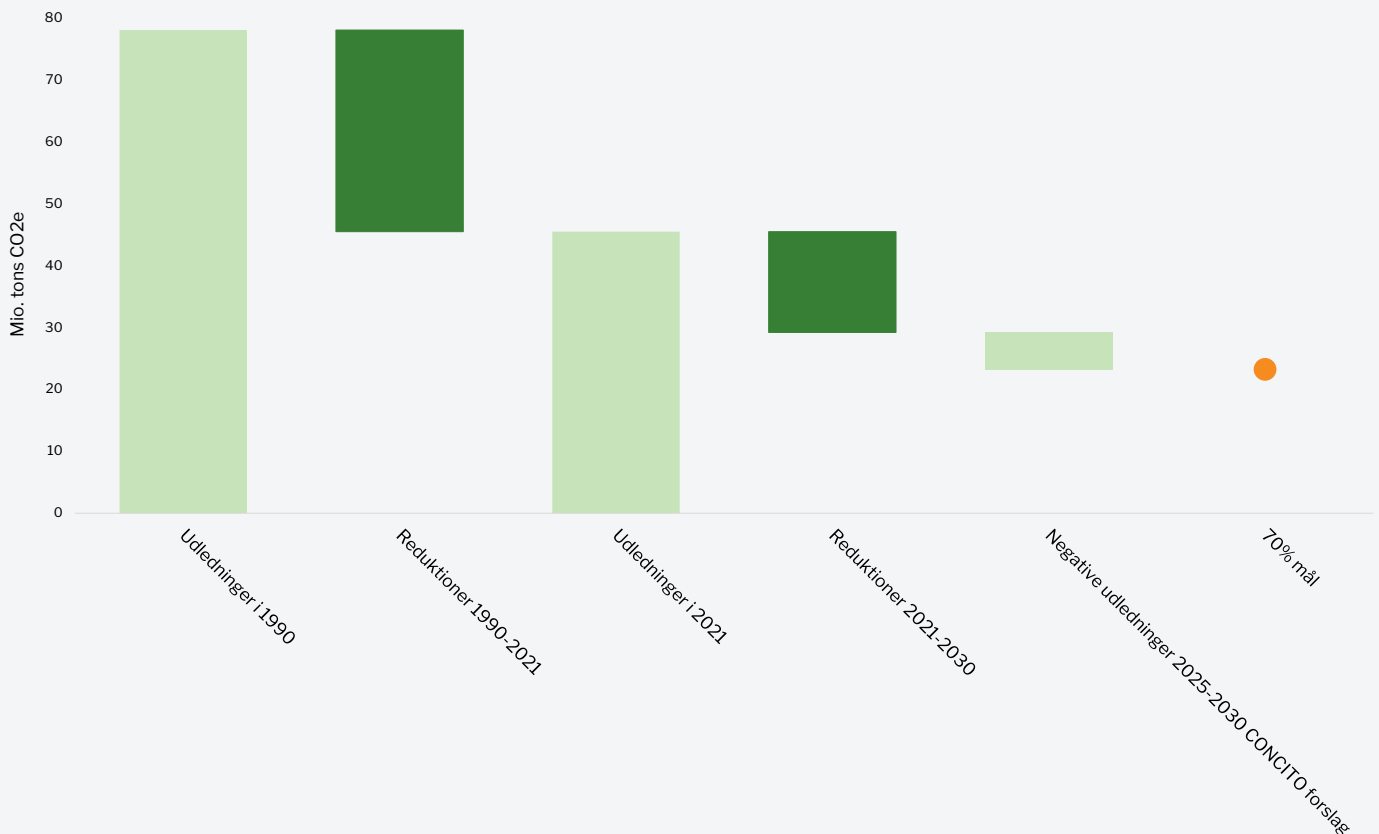
Dette omfatter CO₂-udledning fra biogas og en del af udledningen fra affaldsforbrænding. Med tiden kan industriens restudledninger også blive biogene i takt med, at de erstattes med grønne gasser. Dertil bør biokul, fra pyrolyse af f.eks. halm, også kunne bidrage med negative udledninger med høj permanens.

Længere ude i fremtiden kan fangst af CO₂ direkte fra atmosfæren med efterfølgende lagring (DACCS) også bidrage med negative udledninger i større skala.

CONCITO vurderer, at det næppe vil være økonomisk og klimamæssigt bæredygtigt at installere CCS anlæg på dedikerede biomassekraftvarmeværker i større omfang (se bilag 1), hvorfor dette potentiale ikke er medtaget i opgørelsen.

På den baggrund peger vi på, at potentialet for negative udledninger fra bio-CCS er i omegnen af 4 mio. tons i 2030, samt 2 mio. tons fra biokul.

Dette kan levere et væsentlig bidrag til opfyldelse af 70%-målsætning i 2030 og videre frem mod klimaneutralitet. Det er dog kun en mindre del af de nødvendige reduktioner for at indfri klimamålene, som det også fremgår af figur 3.



Figur 3: Udledninger reduktioner og negative udledninger i Danmarks indfrielse af klimamål.

Et klimamål på 110% i 2050

I regeringsgrundlaget er der en vision om at reducere CO₂e-udledningen med 110 pct. i 2050. Det betyder, at Danmarks netto-udledningen skal være -7,8 mio. tons i 2050, da udledningen i 1990 var 78 mio. tons.

CONCITO vurderer, at udledningen kan reduceres til ca. 6 mio. tons i 2050, da der stadig vil være en udledning fra primært produktion af fødevarer. Dette vil i så fald give et behov for 14 mio. tons negative udledninger årligt fra 2050⁶. Muligvis kan godt halvdelen dækkes med biogene ressourcer (CCS på biogene kilder, biokul og skov).

Det bæredygtige potentiale for negative udledninger baseret på biogent CO₂ er dog begrænset af adgangen til bæredygtige biomasse fra restprodukter. CONCITO vurderer, at potentialet er ca. 6 mio. tons fra biogene kilder i Danmark i 2030.

Dertil kan øget skovrejsning og mere effektiv arealanvendelse også bidrage med måske et par mio. tons yderligere fra biogene kilder i 2050. Der vil derfor på længere sigt formentlig være behov for også at opnå negative udledninger med lagring af CO₂ fanget direkte fra luften eller havene.


Denne teknologi kaldes direct-air-capture (DACCS). Med en CO₂ koncentration på ca. 420 ppm (0,042 %) i atmosfæren skal der filtreres store mængder luft for at udrense et ton CO₂, hvilket gør processen dyr og relativt energikrævende. Samtidig er teknologien stadig på et tidligt teknologisk modenhedsniveau. Pt er et anlæg til fangst af [36.000 tons/år under opførelse](#).

Jo langsommere verden reducerer udledningerne af drivhusgasser desto større vil behovet være for at fjerne udledningen igen, og jo mindre sandsynligt er det, at lagring af CO₂ udelukkende fra biogene kilder kan klare det.

Samtidig peger flere industrier på, at de vil anvende kulstof til at producere brændsler, hvilket igen lægger øget pres på det biogene kulstof eller øger behov for DAC.

For enkelte sektorer kan det dog vise sig at være billigere at kompensere for fortsat forbrug af fossile brændsler med negative udledninger end at erstatte dem med grønne brændsler. Det gælder fx luftfarten, hvor [produktion af e-fuels på CO₂ tegner til at være dyrere end lagring af samme CO₂](#).

⁶ Uddybet i CONCITO rapport om klimaneutralitet i Danmark i 2040 (publiceres 18. januar 2023)



Under alle omstændigheder tegner der sig et behov for at afsøge mulighederne for implementeringen af flere teknologier til negative udledninger.

Et klimamål på 110% i 2050, åbner op for vigtige diskussioner, herunder om hvor hurtigt Danmark skal reducere udledningerne, og hvem der skal finansiere de negative udledninger.

Jo hurtigere Danmark reducerer udledningerne, desto mindre historisk udledning skal der efterfølgende kompenseres for. Det er dertil ikke klart, hvem der skal betale for negative udledninger i fremtiden, og hvor mange år, der skal leveres markante negative udledninger.

Skal fremtidige generationer betale for at fjerne historiske udledninger, eller skal det koste mere at forurene nu, så der opspares til senere kompensation og vi tilskyndes til hurtigere reduktioner nu?



Bilag 1: potentialer for negative udledninger fordelt på kilder

Biogasanlæg

Et biogasanlæg producerer ca. 60% metangas og 40% CO₂. Et opgraderingsanlæg omdanner biogassen til naturgaskvalitet, så det kan bruges til gasnettet. Et opgraderingsanlæg på biogasanlæg er et fangstanlæg, der renses CO₂ ud af den rå biogas. Hvis CO₂'en ikke lagres, udledes den til atmosfæren. Der er allerede opgraderingsanlæg på de fleste biogasanlæg, og i fremtiden forventes de sidste også at have det for at kunne sælge gassen til gasnettet.

Med nuværende politiske beslutninger og fremskrivninger af biogasproduktionen vil der blive produceret [ca. 2 mio. ton CO₂ i 2030 fra biogasproduktionen](#). Vi vurderer, at mindst 1,5 mio. ton CO₂ kan opsamles og lagres. Resten vil muligvis blive anvendt til andre formål, da der bl.a. er interesse for eksport til Tyskland eller til produktion af kulstofholdige brændsler.

CO₂ fra biogasanlæg er biogen og opgøres derfor som CO₂-neutral, hvorfor den ikke indgår som en udledning i det danske klimaregnskab. Den reelle klimaeffekt af biogasproduktion er dog afhængig af omfanget af metanlækage og input i biogasproduktionen. Derfor skal støtte til lagring af CO₂ fra biogasanlæg ske under forudsætning af implementering er de skærpede krav til biogas. Støtte skal således bortfalde, hvis der anvendes majs eller mere end 4% energiafgrøder jvf. [aftale om krav for anvendelse af energiafgrøder](#). Dertil må metanlækagen ikke overstige 1%, som flere biogasanlæg har vist er muligt.

Omkostningen til CCS på biogasanlæg forventes at være den laveste blandt kilder til CCS i Danmark. Det skyldes, at biogasanlæg i forvejen har investeret i udskilning af CO₂ ved opgradering af gassen til naturgasnettet. Den samlede omkostning vil derfor især være påvirket af prisen på transport af CO₂ og lagring. Den statslige pulje til negative udledninger (NECCS-puljen), som bl.a. er rettet mod biogasanlæg, antager, at den samlede pris fra fangst til lagring kan klares til 650 kr./ton CO₂. En eventuel overkompensation med et fast tilskud på 750 kr./ton kan undgås ved f.eks. at modregne i statsstøtten til biogasproduktion.

Affaldsforbrændingsanlæg

Affaldsforbrændingsanlæg energiudnytter restaffald og omdanner det til el og især varme, og dækker godt 25% af fjernvarmeforsyningen i Danmark. Ved forbrændingen af fossilt og biogent affald udledes CO₂. Affaldsforbrændingsanlæg er oplagte kilder til CO₂-fangst, da de er i fuld drift stort set hele året rundt og udleder relativt store mængder CO₂ per anlæg. Dette giver høj drift til et CO₂-fangstanlæg, hvilket er med til at minimere omkostningen per ton fanget CO₂.

CONCITO vurderer, at der er et potentiale på [2 mio. tons CO₂ fra affaldsforbrænding i 2030](#), hvor af ca. 1,5 mio. ton CO₂ er biogene, da 3/4 af affaldet forventes at være biogent i 2030. Dette tæller således som negative udledninger i klimaregnskabet, hvis denne CO₂ lagres permanent.

I dag udleder affaldsforbrændingsanlæg i alt 3,7 mio. ton CO₂, hvor godt halvdelen er biogent. Dette forventes at falde til ca. 2,9 mio. ton i 2030, med implementering af nuværende politiske aftaler, hvor kapaciteten til forbrænding skal reduceres med ca. 30%. Selv med et markant fald i kapacitet til forbrænding er der et stort potentiale for CCS på affaldsforbrænding.

CONCITO opfordrer dog til at annullere målet om at reducere affaldsforbrændingskapaciteten til 70%, da det hæmmer anlæggenes investeringsvillighed i reduktionsteknologier, når det er uklart hvilke anlæg, der skal lukke frem mod 2030. Samtidig er klimaeffekten ved at reducere kapaciteten tvivlsom, da det importerede affald, man vil undgå, risikerer at blive behandlet på dårligere anlæg eller deponeret med øget metanudledning. Hvis affaldsanlæg i høj grad implementerer CCS vil import af ikke-genanvendeligt affald også i fremtiden give rigtig god klimamæssig og økonomisk mening.

På længere sigt må en mere ambitiøs genbrugs- og genanvendelsesindsats forventes at reducere affaldsmængder til forbrænding, både indenlandsk og mulighederne for importaffald. Der er i potentialvurderingen taget højde for dette ved at regne med CCS på 70% af nuværende kapacitet.

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 aktuelt undersøges en række forskellige steder i landet.

Biokul eller brun bioraffinering

Biokul og biprodukter fra pyrolyse kan også bidrage med negative udledninger. Ved at opvarme organisk materiale under iltfrie forhold dannes biokul samt grøn olie og gas. Processen kaldes pyrolyse. CO₂ fra det organiske materiale bindes i biokullet og den grønne gas- og oliefraktion, der produceres som biprodukt i pyrolyseprocessen. Ved nedpløjning af biokullet i fx landbrugsjord bidrager det med negative udledninger.

Biokul er i landbrugsaftalens udviklingsspor sat til at skulle levere 2 mio. tons negative udledninger i 2030. Der mangler dog stadig en strategi og virkemidler for at indfri dette potentiale.

Den grønne gas- og oliefraktion fra pyrolyse kan anvendes til energiformål i fx industrielle processer. Gas- og oliefraktionen er biogen og regnes derfor som CO₂-neutral ved afbrænding. Med CCS på industrielle processer, kan der således opnå negative udledninger i industrien.

Det kræver at pyrolyseanlæggene placeres tæt på industrivirksomhederne, så pyrolysegassen kan anvendes til afbrænding. Olien kan evt. også afbrændes eller raffineres til fx transportbrændsler eller plastik. Med indfrielse af ambitionen om 2 mio. tons biokul fra pyrolyse i 2030 kan den grønne gas, hvis den anvendes i industrien med CCS bidrage med yderligere negative udledninger. Pyrolyse-gassen er velegnet til afbrænding i industri, da den er af lav kvalitet og da den udleder meget CO₂ per energienhed, hvilket giver et stort potentiale for CO₂ fangst.

Omkostningen til biokul opgøres i regeringens Klimaprogram 2022 til 2.000 kr./ton. Ea Energianalyse har opgjort omkostningen til [480-1350 kr./ton](#)., bl.a. afhængigt af anvendelsen af pyrolyse-gas og -olien.

Biomasse-kraftvarme

Afbrænding af biomasse som flis, halm eller træpiller udgør en stor del af Danmarks nuværende fjernvarmeforsyning. Regeringen har identificeret et stort tekniske potentiale for CCS på biomasse-anlæg, som er en mulig kilde til negative udledninger, da afbrænding af biomasse opgøres som CO₂-neutralt.

CONCITO vurderer, at det er yderst tvivlsomt, om det er økonomisk og klimamæssigt bæredygtigt at installere CCS anlæg på biomasse i stort omfang. Dels begrundet med, at flere biomasseværker har korte restlevetider, samtidig med at biomasseværkerne forventes at have et faldende antal driftstimer i fremtiden. Dette øger omkostningen per ton CO₂, der skal indfanges, transporteres og lagres. Denne konklusion er [Klimarådet](#) også nået frem til.

Desuden vil en indregning af biomassens reelle klimapåvirkning øge omkostningen ved afbrænding af biomasse, hvis denne også prissættes. 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. Før CCS på biomasse-kraftvarme kan indgå i et større omfang i dansk klimapolitik, 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.

I det nuværende udbud og første udbud af CCS, tages der ikke højde for, at CO₂-udledning fra biomasse varierer.

Her ligestilles alle typer af negative udledninger fra biomasse uagtet om det er importerede træpiller, halm eller biogent affald, selvom de har vidt forskellige klimapåvirkninger.

Der er således behov for en plan, der sikrer en markant reduktion af afbrænding af biomasse, samt en biomasseafgift på netto-udledning fra biomasse til kraftvarme, forud for en negativ afgift, [som CONCITO tidligere har anbefalet](#).

Ved at prissætte udledningen sikres det, at biomasse-kraftvarme konkurrerer på lige fod med andre teknologier til negative udledninger. Dette vil sikre hurtigere indfasning af store varmepumper og grøn strøm, der kan erstatte kraftvarme fra biomasse og gøre CCS herpå urentabelt.

DACCS

DACCS (direct air capture with carbon storage) er en samlebetegnelse for teknologier til CO₂-fangst direkte fra atmosfæren med efterfølgende lagring. DACCS indgår som vigtig teknologi i mange 1,5-grader scenarier, herunder fra IEA og IPCC.

DACCS er dog kun i drift i mindre skala, og der er behov for at opskalere teknologien for at bringe den ned i pris. Det er meget usikkert, hvor hurtigt dette kan ske og til hvilken pris.

DAC har en begrænset arealanvendelse, hvilket vil være en klar fordel, da der globalt er stigende pres på arealer. Afhængig af hvilke energikilder, der bruges til et DAC-anlæg, vil fangst af 1 mio. ton CO₂/år kræve mellem 0,007 km² til 2 km². Tilsvarende vil [udbygning af skov kræve 862 km²](#). Dertil kan DAC-anlæg placeres på ufrugtbar jord.

DACCS kan vise sig at være en nødvendig teknologi for at opnå dansk klimaneutralitet. Dels fordi Danmark formentlig vil have en stor restudledning fra især landbruget, hvis Danmark, som forventet, fortsat skal have en stor fødevarerproduktion. Dertil er der risiko for, at andre teknologier til negative udledninger ikke leverer som forventet, f.eks. på grund af begrænset tilgængelighed af bioressourcer til negative udledninger, eller at CO₂ anvendes til andre formål end lagring.

På længere sigt, efter opnåelse af klimaneutralitet, er der behov for yderligere negative udledninger for at opnå netto-negative udledninger. Af bæredygtighedshensyn vil det ikke være muligt at øge forbruget af biogen CO₂ yderligere.

Der er indikationer på, at DAC vil kunne skaleres, hvis udviklingen fortsætter, og læringskurverne ligner den fra andre teknologier. DAC er dog pt dyrt og energikrævende, og er derfor afhængig af meget langsigtede investorer og stater, der bidrager til skalering og reduktion af omkostningerne.

DAC indebærer filtrering af enorme mængder luft, hvilket driver en betydelig andel af omkostningerne. Med en CO₂ koncentration på ca. 420 ppm (0,042 %) i atmosfæren skal der filtreres store mængder luft for at udrense et ton CO₂, hvilket gør processen dyr og relativt energikrævende. Strømmen der bruges, skal være grøn for at opnå den maksimale klimaeffekt.

Med Danmarks store potentiale for udbygning med vind og sol kan dette håndteres. [Energistyrelsen estimerer](#), at 1 TWh strøm give knap 1 mio. tons CO₂ fra DAC i 2030. Dette er en del højere end klimaeffekten ved PtX med samme mængde energi.

Ligeledes er den danske undergrund velegnet til billig lagring af CO₂, hvilket yderligere vil reducere omkostningerne ved transport og lagring ifbm. DAC.

Der er globalt 18 DAC-anlæg, herunder Climeworks' anlæg på Island fra 2021, der har kapacitet til at fange og lagre 4.000 tons CO₂ om året. Climeworks er desuden ved at bygge anlæg til 36.000 tons på Island. Dertil er der planlagt et anlæg i USA, der skal at fange 1 mio. tons i 2024/25. Flere projekter er desuden annonceret inden for de kommende år.

[Omkostninger for DAC](#) ligger i dag på 3.300-4.000 kr./ton CO₂, hvilket forventes at falde til 1.000 – 1.800 kr./ton i 2050. Dertil kommer prisen for transport og lagring af CO₂, som kan variere afhængig af typen af lagring og transport, der kan spænde fra ca. 50 kr./ton til ca. 500 kr./ton. Det billigste vil være et kystnært/landbaseret lager placeret tæt på et DAC-anlæg, hvor det dyreste vil være et offshore lager med lang transport på skib.

Det virker sandsynligt, at DACCS kan komme ned under 2.000 kr. i 2050. [Energinet estimerer](#) endda, at prisen i Danmark kan komme ned omkring 1.000 kr./ton CO₂ fanget. Disse tal er dog behæftet med stor usikkerhed, men Danmark bør forberede sig på, at negative udledninger kan koste op mod 2.000 kr./ton for at indfri langsigtede klimamål.

Bilag 2: CO₂-relaterede omkostninger ved affaldsforbrænding

Vi har regnet på omkostningerne til afgifter, kvoter og CCS for affaldsforbrændingsanlæggene som konsekvens af Grøn Skattereform (GSR).

På baggrund af dette vurderer vi, at 750 kr. i tilskud til negative udledninger bør sikre tilstrækkeligt incitament til CCS på affaldsforbrændingsanlæg, der fanger biogen og fossil CO₂.

Det følger af:

- Den samlede afgiftsbetaling for affaldsanlæggene falder frem mod 2030 som følge af GSR. Det skyldes, at beskatningen flyttes fra energi til fossil CO₂, og der samtidig udsorteres mere plast, hvorved fossilandelen falder

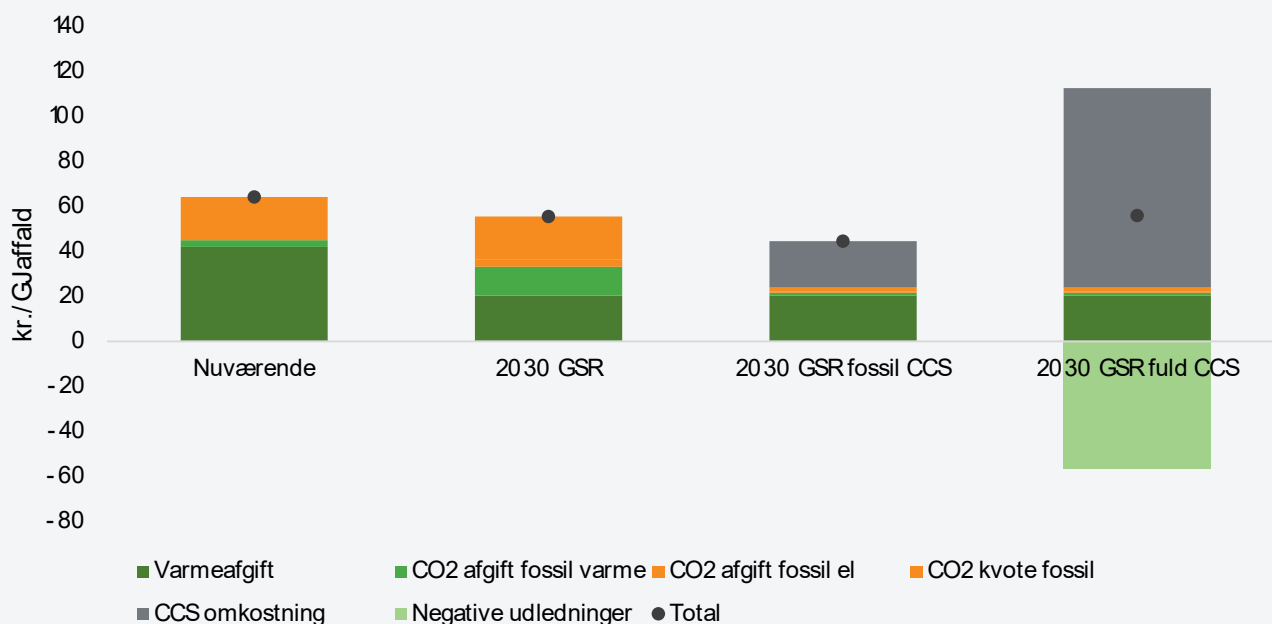
- Beskatning af fossile CO₂-udledninger fra affaldsforbrænding øges med implementering af GSR. Udledningerne fra affaldsanlæggene fordeles på hhv. varme og elproduktion og beskattes herefter. Størstedelen omdannes til varme, der pålægges 750 kr./ton CO₂. En mindre del af de samlede afgifter kommer fra elproduktion, der pålægges en afgift på 375 kr./ton. Hertil kommer CO₂-kvotepriisen, der forventes at være ca. 750 kr./ton i 2030. Dette medfører en samlet betaling for fossil CO₂ på 1.375 kr./ton i 2030 fra affaldsforbrændingsanlæg.

- Hvis affaldsanlæggene kan fange deres fossile udledninger til en lavere omkostning end 1.375 kr./ton kan de således opnå en besparelse.

- Hvis der kan opnås tilskud til negative udledninger herudover, og skalaeffekter ved CCS gør, at en forøgelse af anlægsstørrelsen er relativt billig, kan CCS på også de biogene udledninger ende med at blive attraktivt.

Figuren nedenfor viser CONCITO's beregning af de CO₂-relaterede omkostninger ved affaldsforbrænding fordele på hhv. 1. nuværende afgiftssystem (længst til venstre), 2. efter implementering af GSR i 2030 (nummer to fra venstre), 3. med CCS på fossile udledninger og implementering af GSR i 2030 (nummer to fra højre) og 4. omkostninger i 2030 efter implementering af GSR og CCS på biogene og fossile udledninger (længst til højre).

CO₂-relaterede omkostninger ved affaldsforbrænding



Det fremgår, at GSR fører til et lille fald i af de samlede CO₂-relaterede omkostninger til forbrænding. Omkostningerne vil falde yderligere med CCS på de fossile udledninger, hvis dette kan gøres under 1375 kr./ton CO₂.

Med et tilskud til negative udledninger på 750 kr./ton, der modsvarer den generelle CO₂-afgift, vil omkostninger per ton affald være omtrent det samme som i dag, hvis affaldsforbrænding installerer CCS, der fanger både biogen og fossil CO₂.

I beregningerne er det antaget, at omkostninger til CCS i stor skala er 900 kr./ton i 2030. Et mindre anlæg dimensioneret til alene at fange de fossile udledninger vil have en højere omkostning per ton.

Det betyder samtidig, at omkostningen per ton, når anlægsstørrelsen øges, så al CO₂ fanges, vil være lavere end de gennemsnitlige. Det kan fx være 1.200 kr./ton for de fossile udledninger (der udgør 27 %) og knap 800 kr./ton for at fange de resterende biogene udledninger (der udgør 73 %). Denne effekt er ikke afspejlet i figuren, men øger omkostningsniveauet for fossil CCS.

En højere eller lavere pris for CCS har stor indflydelse på resultatet. Det samme gælder fremskrivningen af den fossile del af affaldet. Hvis der udsorteres markant mere eller mindre har det stor betydning for det samlede omkostningsniveau og besparelsen ved CCS.