



Analyseforudsætninger til Energinet 2024 – CO₂-fangst

Baggrundsnotat

Kontor/afdeling
Systemanalyse og
Innovation

Dato
9. oktober 2024

J nr.
2024 – 979

EMRM / BRP

Indholdsfortegnelse

1. Udviklingen frem mod 2050	2
1.1 Præsentation af AF24-forløbet frem mod 2050	3
1.2. Uddybning af AF24 forløb og kvalificering ift. AF23	5
2. Metode og antagelser	5
2.1. Metode og antagelser til AF24	5
2.2 Ændringer ift. AF23	8
3. Usikkerheder og følsomhedsberegninger	8
3.1 Usikkerheder ift. AF24-forløbet	8
4. Planlagt udvikling fremadrettet.....	9

Dette baggrundsnotat er en del af Analyseforudsætninger til Energinet 2024 (AF24). AF24 er et målopfyldelsesscenarie, hvilket vil sige, at AF24 grundforløbet som udgangspunkt er kompatibelt med opfyldelse af de politiske målsætninger på klima- og energiområdet. Det er dog ikke alle målsætninger på klima- og energiområdet, der er direkte afspejlet i AF24, og AF24 specificerer endvidere ikke konkrete virkemidler til at indfri de politiske målsætninger.

Energistyrelsen

Carsten Niebuhrs Gade 43
1577 København V

T: +45 3392 6700
E: ens@ens.dk

www.ens.dk



1. Udviklingen frem mod 2050

Frem mod 2050 forventes CO₂-fangst – og efterfølgende lagring eller anvendelse af den indfangne CO₂ – at spille en afgørende rolle i at nedbringe udledningen af CO₂ til atmosfæren. Infrastruktur til transport og lagring eller anvendelse af CO₂ indgår på nuværende tidspunkt ikke i Analyseforudsætninger til Energinet, men da CO₂-fangst værdikæden er forbundet med både forbrug af el og produktion af overskudsvarme, er det relevant at søge at tage højde for disse afledte systemeffekter i AF. Dette notat beskriver derfor håndteringen af CO₂-fangst i AF24, der på en række punkter adskiller sig fra håndteringen af CO₂-fangst (inkl. DAC) i AF23.

Rationale og muligheder for specificering af CO₂-fangst i AF

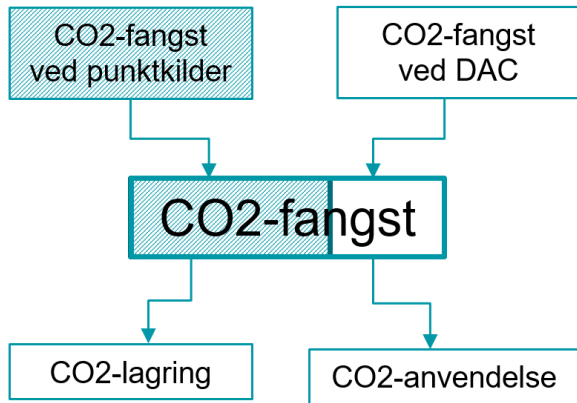
Opfyldelse af regeringens målsætninger om klimaneutralitet i 2045 og -110 pct. i 2050 må forventes at kræve CO₂-fangst og lagring, givet at der fortsat kan være udledninger knyttet til bl.a. landbrugsproduktionen i perioden frem mod 2050. Derudover kan der også være behov for CO₂-fangst til anvendelse i produktion af fx kulstofholdige e-brændstoffer. CO₂-fangst kan både foretages i form af fangst på CO₂-punktkilder samt i form af DAC, men i AF24 indregnes kun CO₂-fangst fra punktkilder (jf. nedenfor).

Afgrænsning af CO₂-fangst og håndtering i AF24

Det vil ikke være muligt at fastlægge det præcise behov for CO₂-lagring ift. indfrielse af reduktionsmålsætningerne i AF24, da dette ville kræve udarbejdelse af et fuldt opdateret udledningsscenario (jf. også afsnit 2 i AF24 Sammenfatningsnotatet). DAC indgik i AF23¹ med elkapacitet og elforbrug, men da behovet for DAC vil afhænge af den fremtidige manko ift. reduktionsmålene, og da DAC i princippet kunne implementeres uden for det kollektive el-net eller på en måde der ikke medfører yderligere belastning, vurderes DAC til AF24 at være uden for AF's dækningsområde.

AF24 indeholder desuden ikke en fuld fremskrivning af brændstof-produktionen i Danmark, hvorfor det præcise behov for CO₂ til anvendelse i PtX-brændstoffer ikke kan fastlægges. I AF24 tages der derfor ikke eksplicit stilling til størrelsen på den samlede CO₂-fangst, samt hvorvidt denne vil blive lagret eller anvendt (jf. figur 1). Til gengæld tages der i AF24 højde for energiforbruget og overskudsvarme-produktionen, forbundet med CO₂-fangst fra punktkildeudledninger.

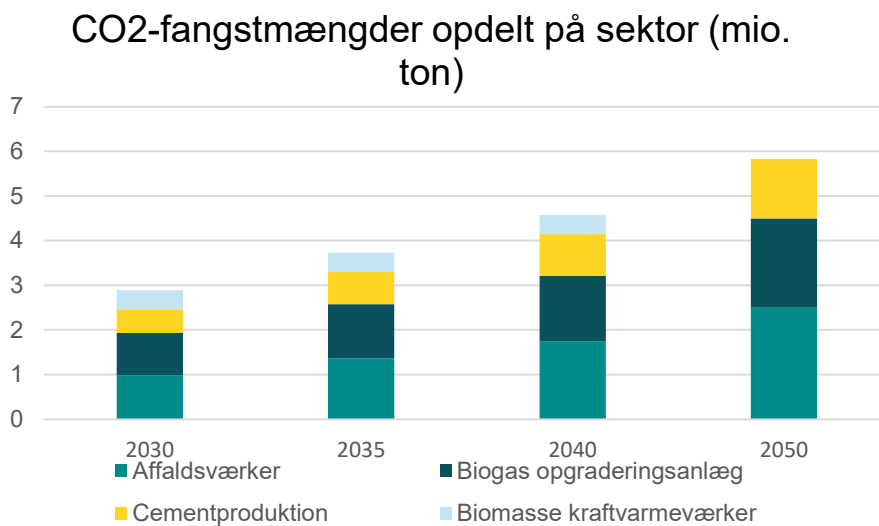
¹ Jf. AF23 baggrundsnotat om PtX og DAC hvoraf det fremgår at "Det forudsættes i AF23, at reduktionen vil finde sted i sektorer, som ikke er relevante i AF-sammenhæng, dvs. uden for el- og gassektoren. Forudsætningen skyldes, at potentialet for kulstoffangst og -lagring allerede er opbrugt i Energistyrelsens elscenarie til baggrund for KP22 (Bioenergy Carbon Capture and Storage, BECCS), og da det antages, at reduktionerne vil skulle leveres på en samfundsøkonomisk billigere måde og gennem mindre usikre teknologier end DAC" ().



Figur 1: Afgrænsning af CO₂-fangst i AF24

1.1 Præsentation af AF24-forløbet frem mod 2050

På figur 2 ses udviklingen i hvor meget CO₂, der i AF24 antages at blive fanget frem mod 2050. Fangstmængderne i 2050 er baseret på forventede punktkildeudledninger, mens den samlede 2030 fangstmængde tager udgangspunkt i vurderingen fra KF24.



Figur 2: CO₂-fangst frem mod 2050 i AF24, fordelt på sektor mhp. estimering af det tilhørende energiforbrug.

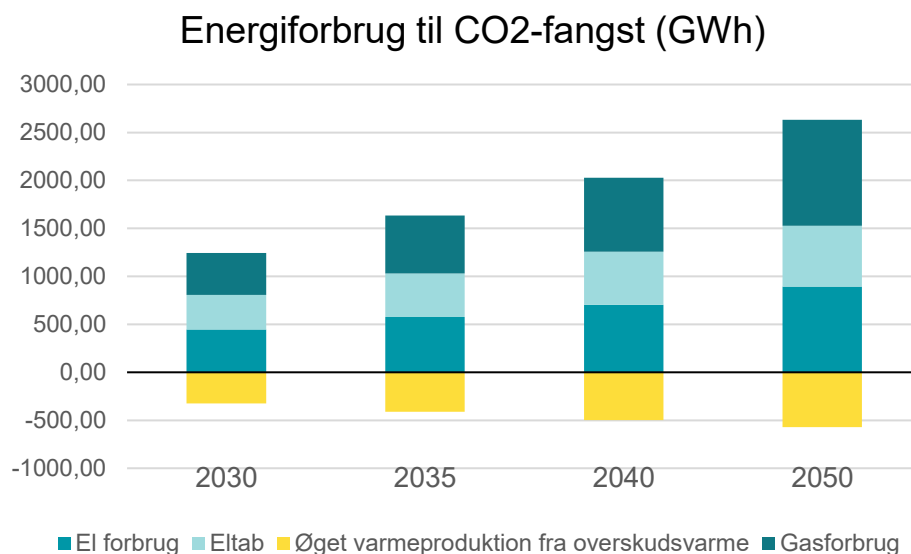
Note: CO₂-fangst i el og fjernvarme omfatter CO₂-fangst fra første udbud af CCUS-puljen. I AF24 forløbet ophører denne CO₂-fangst før 2050, idet kontrakten udløber.

Da energiforbruget forbundet med CO₂-fangst er sektorspecifikt, er der til AF24 lavet en beregningsteknisk fordeling af CO₂-fangsten i perioden 2030-2050 baseret



på de relative punktkildeudledninger i 2050. Det bemærkes, at den resulterende fordeling (vist i figur 2) ikke afspejler forventninger til den konkrete etablering af fangstanlæg på de enkelte punktkilder i de forskellige sektorer. Fordelingen af CO₂-fangsten foretages for at kunne opgøre et muligt energiforbrug på sektorniveau.

I figur 3 ses udviklingen i energiforbruget til CO₂-fangst frem mod 2050 med udgangspunkt i de sektoropdelte fangstmængder under forudsætning af, at det antagne fangspotentiale på punktkilder realiseres.



Figur 3: Energiforbrug til CO₂-fangst frem mod 2050 i AF24.

Det største energiforbrug til aminbaseret CO₂-fangst, som er den antagne teknologi, er damp til at drive processen. Beregningsteknisk er det afspejlet som tabt elproduktion for kraftvarmeverker, mens det antages dækket af en gaskedel i cementsektoren.

Der produceres en væsentlig mængde overskudsvarme ifm. CO₂-fangsten. Denne overskudsvarme fra CO₂-fangst antages i AF24 at blive udnyttet i produktion af fjernvarme for kraftvarmeverker med CO₂-fangst. I figur 3 er udnyttelsen af overskudsvarmen afbilledet som et negativt energiforbrug.

For biogasopgraderingsanlæg er der ikke et tilhørende energiforbrug til fangst, idet energiforbruget tilskrives opgraderingen af gassen.

Slutteligt er der et elforbrug som kræves for at kunne transportere CO₂'en. Dette er enten til fordråbning (liquefaction) eller til tryksætning af rørtransporteret CO₂. Fordråbning har et 60% højere elforbrug end tryksætning jf. Energistyrelsens Teknologikatalog. I AF24 er det antaget at CO₂ fordråbes ved biogasanlæg,



affaldsværker og biomasse kraftvarmeværker. CO₂ antages tryksat ved cementproduktion. Disse antagelser om transport er yderst usikre. For nogle allerede udmeldte projekter vil det ikke være i overensstemmelse med hvilken transportform, der undersøges. Antagelsen gøres dog for at belyse et muligt energiforbrug til transport af CO₂.

De forventede forløb for CO₂-fangst og dertil hørende forbrug af el og produktion af overskudsvarme er behæftet med usikkerhed. Væsentlige usikkerheder gennemgås i afsnit 3 og omfatter:

- Væsentlig usikkerhed om hvilke sektorer som installerer CO₂-fangst frem mod 2030
- Væsentlige usikkerheder om punktkilde-udledningerne og de samlede udledninger i 2050, og derfor er der også usikkerhed om hvor meget CO₂-fangst der realiseres.

1.2. Uddybning af AF24 forløb og kvalificering ift. AF23

Håndteringen af CO₂-fangst i AF24 er ændret grundlæggende ift. AF23 og dermed ikke umiddelbart sammenlignelig (jf. også afsnit 2.2). CO₂-fangst i AF23 byggede således på EI-scenariet fra Klimaprogram 2022 (KP22), og havde derfor en stor mængde direct-air-capture (DAC), mens DAC ikke indgår i AF24. I AF24 afspejles energiforbruget til CO₂-fangst til gengæld i højere grad end AF23, ligesom udnyttelsen af overskudsvarme for fangstprojekter på kraftvarmeværker også afspejles.

2. Metode og antagelser

2.1. Metode og antagelser til AF24

Energiforbruget til CO₂-fangst og transport afhænger af mængden af fanget CO₂, hvilken sektor den fanges i, og hvordan den transporteres. Mængden af CO₂-fangst i 2030 tager udgangspunkt i seneste Klimafremskrivning (KF24). For mængderne i 2050 tages udgangspunkt i simple betragtninger om de estimerede fangspotentialer fra punktkilder i de forskellige sektorer.

CO₂-fangstmængder i 2030

I 2030 tages udgangspunkt i KF24. Har blev det vurderet, at i 2030 ville der på baggrund af nuværende puljer fanges 2,9 mio. ton CO₂. Denne fangstmængde er som udgangspunkt ikke fordelt på sektorer. Da energiforbruget forbundet med CO₂-fangst er sektorspecifikt, er det dog, som tidligere nævnt, nødvendigt at lave en beregningsteknisk fordeling af 2030-fangstmængderne på sektorer i AF24. Det bemærkes igen, at fordelingen ikke afspejler forventninger til, hvem der vinder puljerne, men alene er et forsøg på at kvantificere energiforbruget. Sektorfordelingen i 2030 sker på baggrund af den forventede sektorfordeling af



fangstmængderne i 2050. Der tages endvidere højde for, at der for nogle anlæg allerede er indgået aftaler for CO₂-fangst i 2030. Den resterende fangstmængde, der bliver sektorfordelt i 2030, er derfor 2,3 mio. ton CO₂. Mellem 2030 og 2050 antages et lineært forløb for udviklingen i fangstmængder.

CO₂-fangstmængder i 2050

Ift. regeringens drivhusgasreduktionsmål kan det præcise behov for CO₂ til hhv. lagring og anvendelse ikke bestemmes uden et fuldt sammenhængende scenarie for udviklingen i udledningerne i samtlige sektorer (inkl. landbrug og skov). Da der ikke foreligger et opdateret scenarie for udledningerne i 2050 antages det i AF24, at indfrielse af målene om klimaneutralitet i 2045 og 110 pct. reduktion i drivhusgasudledningerne i 2050 ift. 1990 vil kræve nul- eller negative udledninger i flere sektorer. På denne baggrund antages det i AF24 videre:

- At punktkilder i sektorer, som forventes også at have udledninger i 2050, vil installere CO₂-fangst. Generelt antages det at 90% af punktkildeudledningerne fanges.
- CO₂ fra biogasopgraderings-anlæg indfanges (mhp. enten på lagring eller anvendelse til kulstofholdige PtX-produkter).

Antagelser om CO₂-fangst fra punktkilder i de enkelte sektorer i 2050 beskrives nedenfor.

Fangst på affaldsværker

Affaldsværker udgør en oplagt punktkilde til CO₂-fangst. Dette er fordi affaldsværkerne har et højt antal fuldlasttimer, og i AF forventes at være nødvendige fremover, samt udgør relativt store punktkilder. I et nettonul i 2045 og -10% scenarie i 2050 forudsættes det, at affaldsforbrænding som sektor vil være nettonegativ. På denne baggrund antages det, at sektoren fanger 2,5 mio. tons CO₂ i 2050.

Energiforbruget til CCS på affaldskraftvarmeværker antages at dækkes af damp udtaget ved 3-5 bar. Dette giver et tab i elproduktion og varmeproduktion. Netto er der dog en øget varmeproduktion, idet det antages, at varmepumper bruges til at udnytte overskudsvarmen fra CCS-anlægget til fjernvarmeproduktion. For CO₂ transport fra affaldsværker antages til AF24, at CO₂'en fordråbes.

Fangst på biomasse-kraftvarmeværker

Biomasse-kraftvarmeværker har ingen fossile udledninger, så fangst af CO₂ på disse anlæg vil derfor være drevet af behov for negative emissioner eller for biogen CO₂ til produktion af kulstofholdige PtX produkter. Generelt falder driftstiden for biomasse-kraftvarmeværker i AF pga. udbygning af vedvarende energi. Dette gør dem til mindre egnede kandidater for CO₂-fangst. På denne baggrund antages det,



at der ikke etableres yderligere CO₂-fangst på biomasse-kraftvarmeværker ud over Ørsteds projekter, for hvilke der allerede er indgået kontrakter. Denne antagelse af behæftet med stor usikkerhed.

Energiforbruget til CCS på biomasse-kraftvarmeværker antages dækket af dampudtaget ved 3-5 bar. Dette giver et tab i elproduktion og varmeproduktion. Netto er der dog en øget varmeproduktion, idet det antages, at varmepumper bruges til at udnytte overskudsvarmen fra CCS-anlægget til fjernvarmeproduktion. For CO₂ transport fra biomasse kraftvarmeværker antages at CO₂'en fordråbes.

Fangst fra biogasanlæg

Ved produktion af opgraderet biogas til ledningsgas-nettet fjernes CO₂ fra den rå biogas. Fangstdelen af CCS-værdikæden findes derfor allerede på biogasanlæg. Denne CO₂ udledes i dag, i de fleste tilfælde, herefter direkte til atmosfæren.²

For biogasanlæg antages, at for at lagre/udnytte CO₂'en skal den renses for svovl og herefter gøres flydende før den kan transporteres. Omkostningsmæssigt forventes det, at biogasanlæg er en af de billigste sektorer at lave CCS og CCU i. Dette skyldes, at fangstanlæg allerede er etableret, og at fangstprocessen alligevel drives for at lave opgraderet biogas. Dette betyder også, at det eneste øgede energiforbrug ved fangst i biogassektoren er til fordråbning (liquefaction) af CO₂.

En udfordring er dog, at der er forskellige måder at opgradere biogas på. Her er det teknisk mest anvendte princip at kombinere aminbaseret opgradering med efterfølgende lagring/udnyttelse af CO₂, og aminbaseret opgradering udgør på nuværende tidspunkt størstedelen af kapaciteten på nuværende og nye anlæg. Det antages derfor, at fremtidige anlæg også vil være aminbaserede.

I AF24 antages det at CO₂ fanges og gøres flydende ved alle biogasanlæg i 2050. For at beregne denne CO₂ -fangstmængde tages udgangspunkt i antallet af PJ produceret i biogasfremstillingen, og mængden af PJ omregnes på baggrund af Energistyrelsens Teknologikatalog til CO₂, der kan fanges. I 2050 giver dette en fangstmængde på ca. 2,0 mio. ton CO₂.

Fangst fra cementproduktion

Cementproduktion resulterer i både procesudledninger og udledninger forbundet med brændselsforbrug. I AF24 antages det, at der vil være CO₂ -fangst på både procesudledningerne og energirelaterede udledninger fra cementproduktion, hvilket i 2050 giver en fangstmængde på 1,3 mio. ton CO₂.

² I begrænset omfang findes der i dag anlæg, der oprenser CO₂'en til en kvalitet, der kan bruges i levnedsmiddelbranchen.



Dampforbruget til fangstanlæg på cementproduktion antages dækket af en gaskedel. Derudover er der elforbrug forbundet med fangstprocessen og tryksætning.

Fangst på anden industri

Der kunne potentielt også etableres CO₂-fangst på andre industrielle kilder ud over cementværkerne. På baggrund af størrelsen af årlige udledninger kunne CO₂-fangst på raffinaderierne f.eks. være relevant. Det er dog usikkert, hvilken omstilling raffinaderierne står overfor frem mod 2050. Der antages derfor ikke etablering af CO₂-fangst på raffinaderierne i AF24. Andre mindre industrielle punktkilder vurderes at have andre omstillingsveje end CO₂-fangst, og der antages derfor heller ikke etablering af CO₂-fangst på disse kilder i AF24. På denne baggrund antages det derfor, at der ikke fanges CO₂ i industrien andre steder end på cementproduktion.

2.2 Ændringer ift. AF23

I AF23 blev energiforbruget til hele CO₂-fangst værdikæden ikke afspejlet, da fangsten af CO₂ ikke var beskrevet på sektorniveau, udover for DAC (direct air capture). Dette er forsøgt gjort i AF24. Derudover var fangstmængderne i AF23 baseret på el-scenariet fra Klimaprogram 2022, hvor der i AF24 i stedet tages udgangspunkt i KF24 for 2030 og generelle betragtninger ift. punktkildeudledninger og CO₂-fangst i 2050.

Fangst fra DAC

Direct air capture (DAC) indgik i AF23 med en fangstmængde på 6,8 Mio. ton i 2050. Denne mængde CO₂-fangst var baseret på el-scenariet i Klimaprogram 2022, der eksplicit specificerede, hvor store mængder CO₂ der skulle hhv. lagres og anvendes til brændstofproduktion for at indfri målet om klimaneutralitet. Da det som nævnt ikke er muligt at lave et opdateret drivhusgasregnskab alene ud fra AF, er det heller ikke muligt alene ud fra AF24 at afgøre, hvor stor en mængde DAC, der kunne være behov for ift. at lukke en eventuel manko ift. klimaneutralitetsmålsætningen.

3. Usikkerheder og følsomhedsberegninger

3.1 Usikkerheder ift. AF24-forløbet

Der er generelt stor usikkerhed omkring modningen af CCS og CCU værdikæder i Danmark, herunder også hvor meget CO₂ der kan forventes fanget under de forskellige nationale støttepuljer i 2030. Udledningerne og dermed fangstmængderne i 2050 er også yderst usikre.



Ud over usikkerhed omkring den samlede mængde indfanget CO₂ er der også usikkerhed om, i hvilke sektorer fangsten vil ske i. I det energiforbruget er sektorafhængigt er der derfor også stor usikkerhed omkring, hvor meget energi der bruges til CO₂-fangst, samt hvor meget overskudsvarme, der vil blive produceret og udnyttet ifm. CO₂-fangst.

4. Planlagt udvikling fremadrettet

På baggrund af kommende udbudsrunder for CCS vil det kunne beskrives mere specifikt, hvilke sektorer som frem mod 2030 vil fange CO₂ og i hvilke mængder. Dette vil derfor løbende kunne opdateres i takt med afgørelse af udbuddene og indgåelse af kontrakterne.