

Det Enerkipolitiske Udvalg  
Christiansborg  
1240 København K



Miljøbevægelsen NOAH  
Nørrebrogade 39  
2200 København N  
35361212  
noah@noah.dk  
www.noah.dk

27. april 2011

## **NOAHs\* kommentar til øget olieindvinding ved hjælp af CO<sub>2</sub>**

Det fremsatte forslag til revision af Undergrundsloven L141 åbner for, at der kan ske CO<sub>2</sub>-lagring både på land og under havbunden – herunder i forbindelse med forøget olieindvinding med CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>-EOR eller EOR med CO<sub>2</sub>).

NOAH har tidligere fremsendt høringskommentarer til L141, og ved foretræder fremført vores betænkeligheder ved CCS generelt.

Med denne kommentar vil vi komme ind på nogle af de problemer, der knytter sig til CO<sub>2</sub>-EOR og den tilhørende kobling til CCS. Vi vil også komme ind på CO<sub>2</sub>-EOR som klimaredskab samt diskutere teknologiens økonomi.

Med venlig hilsen

Kim Ejlersen og Palle Bendsen  
NOAH Energi og Klima

---

\* Friends of the Earth (FoE) er verdens største sammenslutning af miljøorganisationer med 76 medlemslande. Kun én organisation fra hvert land kan være medlem. I Danmark er det Miljøbevægelsen NOAH.

## NOAHs kommentar til øget olieindvinding ved hjælp af CO<sub>2</sub>

### Sammenfatning

- Det bliver vanskeligt at skaffe tilstrækkelig med billig CO<sub>2</sub> til CO<sub>2</sub>-EOR i Nordsøen.
- CO<sub>2</sub>-EOR åbner for en dansk og europæisk infrastruktur med CO<sub>2</sub>-pipelines samt massive investeringer i CCS på nye kulkraftværker - delvis finansieret af EU's CO<sub>2</sub>-kvotesystem.
- Realiseres de første CO<sub>2</sub>-EOR projekter i Nordsøen, vil det medføre øget pres fra olieselskaber og den fossile offshore sektor om offentlige midler til mere omfattende CO<sub>2</sub>-lagring, end den der kan ske ved CO<sub>2</sub>-EOR. Det vil fjerne fokus fra energibesparelser og VE.
- Et land kan selvfølgelig ikke være fossilfrit, hvis det samtidig har CCS kulkraftværker.
- EOR med CO<sub>2</sub> er ikke et redskab til at mindske klimapåvirkningen. Hvert ton CO<sub>2</sub> der injiceres fører groft regnet til en samlet udledning til atmosfæren på 4 ton CO<sub>2</sub>. Med CO<sub>2</sub>-EOR udledes med andre ord netto tre gange så meget CO<sub>2</sub> som der lagres.
- En satsning på EOR med CO<sub>2</sub> fra CCS vil sprænge landenes drivhusgasbudgetter og være uforenelig med en udvikling, der kan sikre hurtige CO<sub>2</sub>-reduktioner via energibesparelser og vedvarende energi.
- EOR med CO<sub>2</sub> fra CCS vil holde liv i en diskussion, om det er den vedvarende udviklingsvej der skal følges. Det vil skabe stadig usikkerhed hos VE producenter og investorer.
- Med stigende oliepriser er der basis for, at staten kan kræve en øget andel af provenuet fra Nordsøen af de olieforekomster, som kan indvindes uden CO<sub>2</sub>-EOR.
- En langsigtet stabil oliepris på over 100 US \$ per tønde vil være nødvendig for at realisere CO<sub>2</sub>-EOR i Nordsøen.
- Offshore CO<sub>2</sub>-EOR vil skønsmæssigt koste over 55 US \$ per tønde.
- Rentabiliteten af CO<sub>2</sub>-EOR i Nordsøen er usikker pga. problemer med rettidig levering af CO<sub>2</sub> samt lave og usikre CO<sub>2</sub>-kvotepriser

## Indledning

I takt med at olieproduktionen i Nordsøen falder, er der kommet mere fokus på teknologier, der kan øge indvindingsgraden. Det drejer sig først og fremmest om øget olieindvinding (Enhanced Oil Recovery, EOR) ved hjælp af CO<sub>2</sub> (tilsammen forkortet CO<sub>2</sub>-EOR eller EOR med CO<sub>2</sub>).

I regeringens Energistrategi 2050<sup>1</sup> er Anders Fogh Rasmussens tidligere målsætning om at Danmark skulle være fossilfri ændret til ”Regeringens mål er en drivhusgasneutral energisektor, som anvender 100 pct. vedvarende energi **eller en kombination af vedvarende energi og kul/biomasse med CCS**” (vores fremhævelse). Regeringen vil også ”Gennemføre et serviceeftersyn af rammevilkårene for olie- og gasindvinding for fremtidige udbudsrunder og for brugen af CO<sub>2</sub>-injektion til forbedring af indvindingsgraden.”

Socialdemokraterne har også været inde på spørgsmålet om CO<sub>2</sub>-EOR med beslutningsforslag B122 fremsat den 1. april 2011. Forslaget handlede om en strategi for øget olieudvinding ved hjælp af CO<sub>2</sub>-EOR. Forslaget blev tilbagetaget kort tid efter.

Samtidig har Socialdemokraterne sammen med SF, RV og EL udarbejdet en energivision KlimaDanmark 2050<sup>2</sup> med følgende mål: ”Vores målsætning er at gøre Danmarks energiforsyning helt fri for fossile brændsler inden 2050. El- og varmesektoren gøres uafhængig af kul, olie og gas allerede i 2035, mens vi forventer, at det vil tage op mod 15 år mere for transportsektoren”.

Regeringens nye målsætning skaber stor tvivl om retningen i klima- og energipolitikken. Men Socialdemokraternes B122 skaber også tvivl om holdbarheden i oppositionens fælles energivision. Alle disse spørgsmål er tæt forbundet med den igangværende implementering af EU's CCS-direktiv i Undergrundsloven (L141)<sup>3</sup>.

I det følgende vil vi kort komme ind på nogle af de problemer der knytter sig til CO<sub>2</sub>-EOR og den tilhørende kobling til CCS. Vi vil også komme ind på CO<sub>2</sub>-EOR som klimaredskab samt diskutere teknologiens økonomi.

## Danmarks drivhusgasbudget og globale ansvar

Den retfærdige danske andel af det globale 2-graders drivhusgasbudget er i størrelsesordenen 650 Mt CO<sub>2</sub>e<sup>4</sup> - det er den ramme dansk klima- og energipolitik skal kunne rummes i.

NOAH er enig i den overordnede målsætning i oppositionens vision, men mener, at udfasningen i transportsektoren er teknisk og praktisk mulig samt nødvendig langt tidligere end 2050<sup>†</sup>. NOAH's Energihandlingsplan 2050 viser hvordan<sup>5</sup>.

NOAH anerkender, at der er behov for, at vi udnytter de nuværende danske olie- og naturgasreserver<sup>6</sup> på 146 mio. m<sup>3</sup> olie hhv. 79 mia. m<sup>3</sup> naturgas i Nordsøen (opgjort efter

---

<sup>†</sup> NOAH støtter oppositionens overordnede målsætninger med den tilføjelse, at vi i NOAH's Energihandlingsplan 2050 har påvist, at det vil være teknisk muligt at frigøre Danmark fra de fossile brændsler allerede i 2030 gennem en målrettet hjemlig indsats. En udfasning i f.eks. år 2032 kan ske ved en initial 7 % år for år reduktion i CO<sub>2</sub>-udledningen mellem 2012 og 2021 efterfulgt af en lineær reduktion frem til 2032. Det samlede CO<sub>2</sub>-budget for et sådant forløb kan beregnes til 443 Mt CO<sub>2</sub>. Hertil skal lægges drivhusgasbudgettet for udfasning af de øvrige drivhusgasser (arealanvendelse, skov, landbrug m.m.) for hele perioden 2012 til 2050 svarende til ca. 208 Mt CO<sub>2</sub>e. Den samlede ækvivalente CO<sub>2</sub>-udledning bliver i størrelsesordenen 651 Mt CO<sub>2</sub>e. Et budget i den størrelsesorden er hvad man kan kalde for Danmarks retfærdige andel af det globale 2-graders drivhusgasbudget.

Energistyrelsens reviderede system 2010) i det omfang vi har behov for denne relativt lettilgængelige fossile energi i omstillingsprocessen mod 100 % VE.

Afbrændingen af de danske olie- og gasreserver vil medføre en CO<sub>2</sub> udledning på i størrelsesordenen 563 Mt CO<sub>2</sub> altså en meget stor del af det danske drivhusgasbudget på ca. 650 Mt CO<sub>2</sub>e.

Det tilbagetagne B 122 havde som mål, udover indvinding af de ovennævnte sikre reserver, at efterstræbe de usikre ressourcer – det Energistyrelsen benævner ”Betingede ressourcer” (48 mio. m<sup>3</sup> olie uden aktuelt teknisk-kommercielt grundlag for udnyttelse), ”Teknologiske ressourcer” (110 mio. m<sup>3</sup> olie udvundet overvejende ved EOR med CO<sub>2</sub>) samt ”Efterforskningsressourcer” (45 mio. m<sup>3</sup> olie forudsat nye fund og nye borer). Disse ”fugle på taget” vil såfremt de indvindes og afbrændes føre til, at Danmarks bidrag til den globale CO<sub>2</sub>-udledning langt overstiger vores retfærdige andel.

Man kan hævde, at de betingede, teknologiske og efterforskningsmæssige ressourcer f.eks. bør komme andre lande, som er i gang med en fossil omstilling, til gode. Men hvis alle lande sagde, at de af hensyn til f.eks. velfærd og omstilling til VE ønsker at indvinde og afbrænde de kendte reserver af olie, kul og gas, så vil det globale 2-graders drivhusgasbudget<sup>7</sup> blive sprængt, med risiko for både 3, 4 eller 5 graders stigning i den globale gennemsnitstemperatur.

I diskussionen om finansiering af velfærd og VE er det derfor hele tiden vigtigt at huske klimaspørgsmålet, at Danmark har underskrevet FN’s klimakonvention, forpligtet sig på 2-graders målsætningen i EU-sammenhæng og også i forbindelse med den ellers kun lidt bevendte Copenhagen Accord.

Da olien fra Nordsøen kun bidrager med ca. 21,3 % af den samlede årlige efterspørgsel i EU27 på omkring 4034 Mbbbl<sup>8</sup> (2010), og da CO<sub>2</sub>-EOR fra de mest oplagte felter i Nordsøen kun forventes at kunne bidrage med årligt 180 Mbbbl<sup>9</sup> (4,5 %), vil EOR med CO<sub>2</sub> under ingen omstændigheder kunne levere den nødvendige fossile ressource, der behøves under en europæisk omstillingsproces. Den ekstra olie kan heller ikke bidrage til en øget forsyningssikkerhed af betydning her og nu sammenlignet med, hvad energibesparelser og VE kan give på kort tid.

Vi mener, at man på europæisk plan hellere skal bruge de i forvejen let tilgængelige ressourcer fra de steder i verden (inkl. Nordsøens nuværende reserver), hvor olien lader sig udvinde miljømæssigt mest forsvarligt og ved lave økonomiske omkostninger. Dvs. uden energifrådsende og dyre teknologiske fix som offshore EOR med CO<sub>2</sub> fra CCS anlæg. Med de stigende oliepriser og en reduceret satsning på atomkraft bliver den økonomiske fordel ved en hurtig omstilling væk fra det fossile energisystem mere og mere oplagt.

### **Hvad skal vi så med CO<sub>2</sub>-EOR?**

NOAH mener, at det handler om, hvilken klimapolitisk hhv. erhvervspolitisk vej, man vælger at gå. Frem for at understøtte en erhvervsudvikling der udbygger den fossile offshore sektor, bør man lave en handlingsplan for omstilling af sektoren til en VE-offshore sektor. De aktiviteter, der i dag er knyttet til havvind, er velkendte, men hele bølgeenergiområdet er et næsten ubeskrevet blad, der kunne udvikles i de samme byer (f.eks. Esbjerg), som i dag er centrum for den fossile offshore industri.

CO<sub>2</sub>-EOR stiller øget indtjening på salg af olie i udsigt engang i fremtiden når CCS og CO<sub>2</sub>-infrastrukturen er udviklet – i bedste fald en gang efter 2020. Forinden skal man så sluge den pille, der hedder et fossilt baseret energisystem med CCS og dermed et farvel til 2-graders klimamålsætningen og en målrettet indsats for energibesparelser og VE.

Men det er ikke kun en politisk pille, der skal sluges. Det vil være ensbetydende med en samfundsøkonomisk meget tvivlsom investering i CO<sub>2</sub>-fangstanlæg, CO<sub>2</sub>-pipelines osv. Hvis fortsat velfærd og omstilling til VE er opgaver, der SKAL løses, så SKAL man være tilsvarende sikker på, at finansieringen af opgaverne er på plads. Den sikkerhed fås ikke, hvis finansieringen skal komme fra EOR med CO<sub>2</sub>.

Hvis Danmark igen skal være et foregangsland på klima- og energiområdet, kræver det en målrettet indsats, der via en overordnet ramme – en klimalov<sup>10</sup> – kan udstikke retningen og målsætningerne for, hvordan Danmark først bliver fossilfrit og dernæst drivhusgasneutralt (landbrug og arealanvendelse). Undergrundsloven skal i den sammenhæng, som al anden lovgivning, medvirke til, at en sådan målsætning kan opfyldes. Derfor hjælper det ikke, at vedtage lovgivning, der f.eks. via EOR med CO<sub>2</sub> fra CCS, modarbejder det overordnede projekt.

### **Problemer ved CO<sub>2</sub>-EOR i Nordsøen**

I en rapport fra DG-JRC–Institute for Energy, 2005<sup>9</sup> ser man på muligheder og problemer for CO<sub>2</sub>-EOR i Nordsøen. På problemsiden nævnes bl.a.:

- Hovedbarriererne for EOR med CO<sub>2</sub> i Nordsøen vil være mangel på billig CO<sub>2</sub>-forsyning, store udgifter knyttet til offshore operationerne inkl. modifikationer i den eksisterende infrastruktur, den uklare situation om mulighed for at kunne finansiere CO<sub>2</sub>-lagring under havbunden samt betænkeligheder vedr. sikkerhed herunder om den lagrede CO<sub>2</sub> bliver, hvordan den skal.
- Der er ingen erfaringer med CO<sub>2</sub>-EOR i Europa og Nordsøen – erfaringerne indtil nu stammer fra USA og på land.
- Det er slet ikke sikkert, at den eksisterende viden kan overføres til europæiske oliereservoirs pga. forskellige geologiske forhold, og fordi langt de fleste europæiske reservoirs ligger offshore.
- Der findes flere konkurrerende CO<sub>2</sub>-EOR metoder, hvilket kan svække teknologien.
- Foreløbig reservoir-modellering peger i retning af, at olieindvindingsgraden i Nordsøen vil være lavere end den, man har set i USA.
- Der er ingen tekniske barrierer for gennemførelse af CO<sub>2</sub>-EOR på land i modsætning til offshore CO<sub>2</sub>-EOR projekter, der kan imødesee store problemer mht. finansiering såvel som de praktiske operationelle forhold. Derfor skal muligheden for at gennemføre CO<sub>2</sub>-EOR vurderes individuelt for hvert reservoir.
- En række CO<sub>2</sub>-EOR projekter ser ud til at være finansielt levedygtige, forudsat de kan modtage finansiell støtte til CO<sub>2</sub>-lagringen.

- Lagring af CO<sub>2</sub> i forbindelse med CO<sub>2</sub>-EOR begrænses til landene omkring Nordsøen pga. det begrænsede lagringspotentiale på 60 Mt årligt sammenlignet med EU's samlede udledning på mere end 4000 Mt CO<sub>2</sub>e. (opdateret værdi for EU27 i 2008: 4940 Mt CO<sub>2</sub>e<sup>11</sup>)

Disse samt en lang række andre problemer af teknisk koordineringsmæssig karakter skal der gives svar på, inden projekterne kan sættes i gang. Derefter vil der gå år, inden de kan gennemføres, og først efter yderligere år vil et muligt afkast til velfærd, VE m.m. se dagens lys.

## Hvor skal CO<sub>2</sub>'en komme fra?

Billig CO<sub>2</sub>-forsyning er som nævnt et af de helt centrale spørgsmål. Men hvor skal CO<sub>2</sub>en komme fra? Her er svaret, at den nødvendigvis må komme fra store CO<sub>2</sub>-kilder på land – kulkraftværker med CCS (her: CO<sub>2</sub>-fangstanlæg) som det mest oplagte. For at levere 60 Mt CO<sub>2</sub> årligt behøves 17 nye 500 MW højeffektive kulkraftværker med CCS, hver med en omkostning på i størrelsesordenen 6 mia. DKK eller samlet 102 mia. DKK<sup>‡</sup>. Hertil skal lægges omkostninger til bygning af eventuelle trykstationer og CO<sub>2</sub>-pipelines fra kilderne på land og til de enkelte felter, hvor CO<sub>2</sub>en skal injiceres. Det er usandsynligt, at en sådan infrastruktur er på plads før efter 2020.

Beslutningen om EOR med CO<sub>2</sub> er på denne måde nært knyttet sammen med en beslutning om at inddrage CCS i det hele taget og en CO<sub>2</sub>-transport-infrastruktur i de enkelte landes energiplanlægning. Det er en udbredt opfattelse, at EOR med CO<sub>2</sub> er den oplagte mulighed for at få åbnet op for en udvikling med CCS, fordi man derigennem kan få finansieret starten på den nødvendige infrastruktur og de første CCS-kraftværker<sup>12</sup>.

Sætter man EOR med CO<sub>2</sub> i gang, som i Socialdemokraternes forslag B122, sætter man samtidig energi- og klimapolitikken på et helt andet udviklingsspor end oppositionens fælles energivision. Oppositionen vil ikke længere kunne hævde, at repræsentere en anden udviklingsvej end regeringen på energi- og klimaområdet, men vil i praksis komme til at foretage samme kovending, som regeringen netop har gjort - bort fra ”fossilfri” og ind med ”drivhusgasneutral energisektor, som anvender 100 pct. vedvarende energi **eller en kombination af vedvarende energi og kul/biomasse med CCS**” (vores fremhævning).

At basere CCS kraftværker på biomasse er ikke en farbar vej, fordi det vil kræve langt større biomasseressourcer, end Danmark og Europa kan levere. Biomasse er en begrænset ressource, hvor efterspørgselen er stigende. Med CCS ville der tillige skulle bruges yderligere 25-40 % for at få samme energioutput. Hvis biomassen skal importeres i stor stil, opstår der spørgsmål om bæredygtig oprindelse, forskydning/regnskov og øget pres på arealanvendelsen samt stigende fødevarerpriser for verdens fattige.

## EOR med CO<sub>2</sub> tredobler CO<sub>2</sub>-udledningen

Olie produceret gennem CO<sub>2</sub>-EOR markedsføres f.eks. i USA som ”grøn” olie, fordi noget af den anvendte CO<sub>2</sub> forventes at blive permanent i oliefeltet<sup>13</sup>. I USA anvendes oftest naturlige CO<sub>2</sub>-kilder (83 %) til at levere billig CO<sub>2</sub> til de overvejende landbaserede oliefelter – dvs. uden brug af kul CCS.<sup>14</sup>

<sup>‡</sup> Beregnet ud fra kilde 9 s. 111, Tabel II.2 med 90 % capture effektivitet.

Europæiske forhold er meget anderledes. Felterne ligger i Nordsøen, CO<sub>2</sub> skal komme fra kulkraftværker med CCS, og da værkerne ligger geografisk spredt sammenlignet med én naturlig CO<sub>2</sub> kilde, kræves en mere forgrenet og for en stor del af strækningen havgående CO<sub>2</sub>-transportinfrastruktur. I Europa skal injicering, indvinding og reinjicering af overskydende CO<sub>2</sub> også foregå offshore. Man kan derfor ikke bare overføre de amerikanske erfaringer til Europa og slet ikke slagord om ”grøn olie”.

Rammebetingelserne for en vurdering af CO<sub>2</sub>-EOR's klimapåvirkning bør selvsagt omfatte den samlede livscyklus fra kulbrydning, kultransport, CCS anlæg, komprimering og transport af CO<sub>2</sub>, injicering og endelig indvinding, raffinering og forbrænding af olien i motorer.

Et sådant livscyklusstudie er foretaget af Jaramillo et. al. 2009<sup>15</sup>. Studiet tager udgangspunkt i landbaserede CO<sub>2</sub>-EOR felter i USA, der for de flestes vedkommende bruger naturligt forekommende CO<sub>2</sub>. Der beregnes hvilke opstrøms og nedstrøms emissioner der ville forekomme, såfremt CO<sub>2</sub>en til EOR skulle komme fra CCS-kulkraftværker - som tilfældet vil være i Europa. Den injicerede CO<sub>2</sub> opgøres ud fra, hvor meget CO<sub>2</sub> der er blevet købt til injicering; opstrøms emissioner omfatter brydning af kul inkl. udledning af metan, forarbejdning og transport. Forbrændingen af kul forudsætter 90 % fangsteffektivitet og et energitab ved opfangning og kompression (energy penalty) på kun 14 %, hvilket er meget optimistisk i forhold til de hyppigt refererede 33 %. Nedstrøms emissioner omfatter transport af CO<sub>2</sub> i pipeline fra CCS-værk til oliefelt, olieindvindingen, transport af råolien til raffinaderi, raffinering og forbrænding. Transport fra raffinaderi til kunde er ikke medregnet, ligesom der heller ikke er taget højde for, hvis CO<sub>2</sub>-injektion og indvindingen m.m. skulle foregå på offshore anlæg.

Resultaterne viser, at hvert ton CO<sub>2</sub> der injiceres, fører til en samlet udledning til atmosfæren på mellem 3,7 og 4,7 ton CO<sub>2</sub> – altså groft regnet i forholdet 1:4. Det betyder, at der ved CO<sub>2</sub>-EOR netto udledes tre gange så meget CO<sub>2</sub> som der lagres. EOR med CO<sub>2</sub> er på ingen måde et redskab til at mindske klimapåvirkningen.

### **Hvornår kan EOR med CO<sub>2</sub> betale sig?**

Spørgsmålet er meget vanskeligt at besvare, fordi det afhænger af mange usikre faktorer.

**På indtægtssiden** er olieprisen altafgørende. Forventning om stigende global efterspørgsel og en vigende produktion vil generelt give fortsat stigende oliepriser, som alt andet lige vil gøre CO<sub>2</sub>-EOR mere attraktiv. Men de stigende oliepriser kan i sig selv risikere at udløse økonomiske kriser med periodisk faldende efterspørgsel og turbulente oliepriser. Det vil også ramme CO<sub>2</sub>-EOR projekter økonomisk.

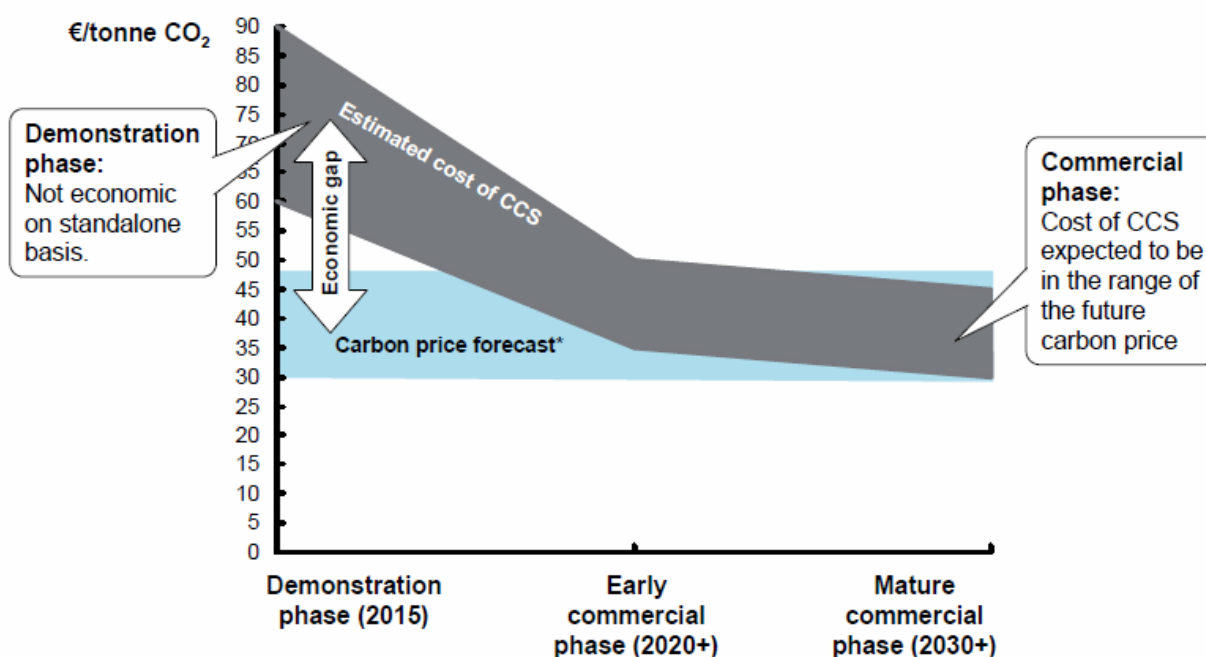
En anden vigtig indtægt er muligheden for at få det enkelte CO<sub>2</sub>-EOR-projekt godkendt som et CO<sub>2</sub>-lagringsprojekt. Det er imidlertid langt fra sikkert, at CCS-direktivets betingelser kan opfyldes på de forskellige felter, hvor de geologiske forhold sammen med intensiv udnyttelse gennem mange år skaber usikkerhed omkring felternes forventede stabilitet og impermeabilitet i forhold til langtidslagring af superkritisk CO<sub>2</sub>.

CO<sub>2</sub>-lagring i forbindelse med et marint CO<sub>2</sub>-EOR projekt er uprøvet, og det rejser spørgsmål, om udslip vil kunne ske som følge af uforudsete biogeokemiske processer i det kunstigt skabte miljø

bestående af en blanding af olie, vand og CO<sub>2</sub> podet med marin mikroflora gennem en flerårig injektionsproces. Endvidere er der en stor usikkerhed forbundet med at skulle lagre CO<sub>2</sub> i et oliefelt med mange gamle brønde.

Hvis et CO<sub>2</sub>-EOR projekt lever op til kravene i CCS-direktivet, skal spørgsmål om ophavsret til CO<sub>2</sub>-kreditterne afgøres, så der ikke sker dobbelt udbetaling – først til CCS-kraftværket og dernæst til CO<sub>2</sub>-EOR-projektet. Et kvoteomfattet selskab, der driver et CCS-kraftværk og et CO<sub>2</sub>-lagringsprojekt via CO<sub>2</sub>-EOR, kan opnå indtægter via salg af overskydende CO<sub>2</sub>-kvoter. Men hvis CO<sub>2</sub>-EOR projektets operatør ikke er omfattet af CO<sub>2</sub>-kvotedirektivet, er der ikke tale om en indtægt, men derimod en udgift til køb af CO<sub>2</sub>. Ved uheld og lækage opstår også spørgsmål om tilbagebetaling af godtgjorte kvoter.

**På udgiftssiden** vil CO<sub>2</sub>-EOR under europæiske forhold omfatte offshore installationer og køb af CO<sub>2</sub> fra CCS-kulkraftværker. En stor del af offshore infrastrukturen er betalt via den tidligere og nuværende olieindvinding, men der mangler investeringer til CO<sub>2</sub>-pipelines, supplerende injektionsboringer og injektionsfaciliteter samt anlæg til CO<sub>2</sub>-separation og reinjektion af CO<sub>2</sub> fra den CO<sub>2</sub>-holdige olie fra CO<sub>2</sub>-EOR.



\* Carbon price for 2015 from 2008-15 estimates from Deutsche Bank, New Carbon Finance, Soc Gen, UBS, Point Carbon, assumed constant afterwards  
Source: Reuters; Team analysis

**Figur 1.** Sammenligning mellem den forventede udvikling i prisen på kul-CCS og CO<sub>2</sub>-kvoteprisen i EU's CO<sub>2</sub> handelssystem ETS. Fra McKinsey 2008, p. 45<sup>16</sup>.



Der er stor usikkerhed både omkring CO<sub>2</sub>-prisen på europæisk kul-CCS såvel som den fremtidige CO<sub>2</sub>-kvotepris i ETS. Selv med en kraftig satsning på CCS vil teknologien i bedste fald først være markedsmoden i begyndelsen af 2030'erne. På det tidspunkt regner oppositionen med, at Danmarks el- og varmeforsyning skal være fossilfri.

De syv EU fuldskala CCS forsøgsprojekter forventes først i drift og klar til evaluering efter 2020. Værkerne ligger spredt og vil ikke kunne levere tilstrækkelig CO<sub>2</sub> til CO<sub>2</sub>-EOR i Nordsøen<sup>12</sup>. Der skal derfor sandsynligvis bygges et antal nye geografisk nært beliggende CCS kulkraftværker for at kunne levere tilstrækkelig med CO<sub>2</sub>. Tidshorizonten er et godt stykke efter 2020 og måske nærmere 2030 (se s. 6 "Hvor skal CO<sub>2</sub>en komme fra?"). På det tidspunkt vil produktionen være ophørt på adskillige af de nuværende oliefelter<sup>12</sup>.

Realiseringen af den viste CO<sub>2</sub>-kvotepris afhænger af mange faktorer. Siden starten i 2005 har kvoteprisen været yderst ustabil og generelt langt lavere end forventet. Prisen vil også i fremtiden være meget usikker, ikke mindst pga. usikkerhed om udfaldene af de mange politiske beslutninger, der skal tages fremover i EU's klima- og energipolitik.

Lad os blot nævne 20/25/30 % diskussionen om EU's overordnede reduktionsmålsætning. Kvote markedets reaktion vil afhænge af målsætningens størrelse samt hvor stor en andel heraf, der bliver tildelt de kvoteomfattede sektorer, graden af offsetting der tillades samt den tilhørende implementering gennem fastsættelse af kvoteloftets aftrapning.

Endelig skabes der stor usikkerhed om fremtiden for ETS som følge af EU's ambition om at koble ETS sammen med andre CO<sub>2</sub>-kvotehandelssystemer – f.eks. det californiske. Vi mener, at en udvidelse i praksis vil fungere som en deregulering, fordi driften mod større og større CO<sub>2</sub>-handelsområder ikke vil blive fulgt af en tilsvarende større politisk beslutningskraft ang. CO<sub>2</sub>-kvoteloftet. Når mange forskellige landes regeringer skal blive enige om et fælles kvoteloft, bliver det laveste fællesnævner, der kommer til at gælde.

Generelt må man sige, at det vil blive vanskeligt at skaffe tilstrækkelig med billig CO<sub>2</sub> i tide.

Ud over omkostninger til køb af CO<sub>2</sub> fra CCS-kulkraftværker på land, er der udgifter til pipelines fra CCS-anlæg til offshore injektionsboringsanlæg, anlæg til injektion på indvindingsplatforme og andre steder på havbunden, drift af platforme, anlæg til udskillelse af opblandet CO<sub>2</sub> fra EOR-olien, anlæg til reinjicering, drift og monitorering af forløb gennem en lang årrække. Hertil skal regnes kapitalomkostninger. Alt efter den valgte metode til CO<sub>2</sub>-EOR vil der behøves mange eller færre nye injektionsboringer og den tidsmæssige udstrækning vil også variere.

Kruuskraa et al. 2008 anslår udgifterne for landbaseret CO<sub>2</sub>-EOR i USA til i størrelsesordenen 45-55 US \$. Europæisk CO<sub>2</sub>-EOR skal regne med en væsentlig højere CO<sub>2</sub>-pris pga. behovet for CCS, dyre offshore investeringer samt højere "operation and maintenance costs" (O&M).

<b>Assumed Oil Price (\$/B)</b>		<b>\$70</b>
Less:		
	▪ Gravity/Basis Differentials, Royalties and Production Taxes	(\$15)
<b>Net Wellhead Revenues (\$/B)</b>		<b>\$55</b>
Less:		
	▪ Capital Costs	(\$5 to \$10)
	▪ CO2 Costs (@ \$2/Mcf for purchase; \$0.70/Mcf for recycle)	(\$15)
	▪ Well/Lease O&M	(\$10 to \$15)
<b>Economic Margin, Pre-Tax (\$/B)</b>		<b>\$15 to \$25</b>

**Tabel 1.** Anslåede omkostninger ved CO<sub>2</sub>-EOR baseret på amerikanske forhold. Europæisk CO<sub>2</sub>-EOR vil være væsentlig dyrere, men forudsat en stabil høj oliepris på f.eks. 100 US \$ vil de fleste projekter kunne bære større omkostninger til CO<sub>2</sub> køb og offshore udgifter end her anslået. Tabellen er fra Kuuskraa et al. 2008, s. 28<sup>13</sup>.

Viebahn 2010<sup>12</sup> vurderer, at en række CO<sub>2</sub>-EOR projekter i Nordsøen vil være levedygtige med en langsigtet stabil oliepris på 100 US \$ eller mere.

Endelig skal nævnes selskabernes forventning til afkast eller Internal Return Rate der ofte sættes så højt som 15-25 %<sup>13</sup>.

---

Kim Ejlersen og Palle Bendsen

NOAH Energi og Klima

---

## Kilder

<sup>1</sup> Regeringen, februar 2011. Energistrategi 2050 – fra kul, olie og gas til grøn energi. Klima- og Energiministeriet. Available at:

[http://www.ens.dk/Documents/Netboghandel%20-%20publikationer/2011/Energistrategi\\_2050.pdf](http://www.ens.dk/Documents/Netboghandel%20-%20publikationer/2011/Energistrategi_2050.pdf)

<sup>2</sup> Socialdemokraterne, SF, Radikale og Enhedslisten, maj 2010. KlimaDanmark 2050 – en energivision. Available at: [http://www.sf.dk/uploads/media\\_items/klimadanmark-2050-en-energivision-1.original.pdf](http://www.sf.dk/uploads/media_items/klimadanmark-2050-en-energivision-1.original.pdf)

<sup>3</sup> Klima- og energiminister Lykke Friis, 9. februar 2011. L 141 Forslag til lov om ændring af lov om anvendelse af Danmarks undergrund. Folketinget, Christiansborg. Available at: <http://www.ft.dk/samling/20101/lovforslag/L141/index.htm#dok>

<sup>4</sup> NOAH Energi og Klima, 26. marts 2010. Notat vedrørende drivhusgasreduktionsforløb og budgetter 2012-2050 i en dansk klimalov. Available at: <http://kortlink.dk/klimalov-notat/8y5n>

- 
- <sup>5</sup> NOAH Energi og Klima, maj 2010. NOAH's Energihandlingsplan 2050 – Vejen til et Danmark uden fossile brændsler. NOAH's Forlag.  
Available at: [http://www.global-klima.org/Ressourcer/pdf-filer/Energiplan2050\\_scr.pdf](http://www.global-klima.org/Ressourcer/pdf-filer/Energiplan2050_scr.pdf)
- <sup>6</sup> Energistyrelsen, juni 2010. Danmarks olie- og gasproduktion – og udnyttelse af undergrunden 2009.  
Available at: (19 Mb)  
[http://www.ens.dk/Documents/Netboghandel%20-%20publikationer/2010/Danmarks\\_olie\\_og\\_gasproduktion\\_09.pdf](http://www.ens.dk/Documents/Netboghandel%20-%20publikationer/2010/Danmarks_olie_og_gasproduktion_09.pdf)
- <sup>7</sup> Meinshausen M., Meinshausen N., Hare W., Raper S. C. B., Frieler K., Knutti R., Frame D. J. & Allen M. R. 2009. Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2°C. Nature, Vol 458|30 April 2009.  
Available at: <http://www.nature.com/nature/journal/v458/n7242/full/nature08017.html>
- <sup>8</sup> European Commission – DG Energy, 2011. Registration of Crude Oil Imports and Derivates in the European Union (EU27) (Intra + Extra EU), Period 1-12/2010. Market Observatory for Energy.  
Available at: <http://ec.europa.eu/energy/observatory/oil/doc/import/coi/eu-coi-2010-01-12.pdf>
- <sup>9</sup> Tzimas E., Georgakaki A., Garcia-Cortez C. and Peteves S.D., 2005. Enhanced Oil Recovery using Carbon Dioxide in the European Energy System. European Commission EUR 21895 EN – DG JRC – Institute for Energy, Scientific and Technical Research Series ISBN 92-79-01044-1.  
Available at: [http://ie.jrc.ec.europa.eu/publications/scientific\\_publications/2005/EUR21895EN.pdf](http://ie.jrc.ec.europa.eu/publications/scientific_publications/2005/EUR21895EN.pdf)
- <sup>10</sup> NOAH Energi og Klima, 26. marts 2010. Hvordan kan en dansk klimalov se ud, og hvad skal den indeholde? Et konkret forsøg på at formulere en skitse til et lovforslag.  
Available at: <http://kortlink.dk/klimalov/8y5m>
- <sup>11</sup> European Environment Agency, 2010. Annual European Union greenhouse gas inventory 1990-2008 and inventory report 2010. Submission to the UNFCCC Secretariat. EEA Technical report no. 6/2010.  
Available at: <http://www.eea.europa.eu/publications/european-union-greenhouse-gas-inventory-2010>
- <sup>12</sup> Viebahn P., Esken A., Höller S., Luhmann H.-J., Pietzner K. & Vallentin D., August 2010. RECCS plus. Comparison of Renewable Energy Technologies with Carbon Dioxide Capture and Storage (CCS). Updated and expansion of RECCS Study. Final Report to the German Federal Ministry for Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety. Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy.  
Available at: [http://www.wupperinst.org/uploads/tx\\_wiprojekt/RECCSplus\\_final\\_report.pdf](http://www.wupperinst.org/uploads/tx_wiprojekt/RECCSplus_final_report.pdf)
- <sup>13</sup> Kuuskraa V. and Ferguson R., February 2008. Storing CO2 with Enhanced Oil Recovery. DOE/NETL-402/1312/02-07-08. Advanced Resources International. National Energy Technology Laboratory.  
Available at: [http://www.netl.doe.gov/energy-analyses/pubs/storing%20co2%20w%20eor\\_final.pdf](http://www.netl.doe.gov/energy-analyses/pubs/storing%20co2%20w%20eor_final.pdf)
- <sup>14</sup> Dooley JJ, Dahowski RT and Davidson CL, 2010. CO2-driven Enhanced Oil Recovery as a Stepping Stone to What? Prepared for the U.S. Department of Energy under Contract DE-AC05-76RL01830. Pacific Northwest National Laboratory.  
Available at: [http://www.pnl.gov/main/publications/external/technical\\_reports/PNNL-19557.pdf](http://www.pnl.gov/main/publications/external/technical_reports/PNNL-19557.pdf)
- <sup>15</sup> Jaramillo P., Griffin W. M. and McCoy S.T., 2009. Life Cycle Inventory of CO2 in an Enhanced Oil Recovery System. Environ. Sci. Technol. 2009, 43, 8027–8032.  
Available at: <http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es902006h>
- <sup>16</sup> McKinsey Climate Change Initiative, September 2008. Carbon Capture and Storage: Assessing the Economics. McKinsey & Company, Inc.  
Available at: [http://ww1.mckinsey.com/client-service/sustainability/pdf/CCS\\_Assessing\\_the\\_Economics.pdf](http://ww1.mckinsey.com/client-service/sustainability/pdf/CCS_Assessing_the_Economics.pdf)