

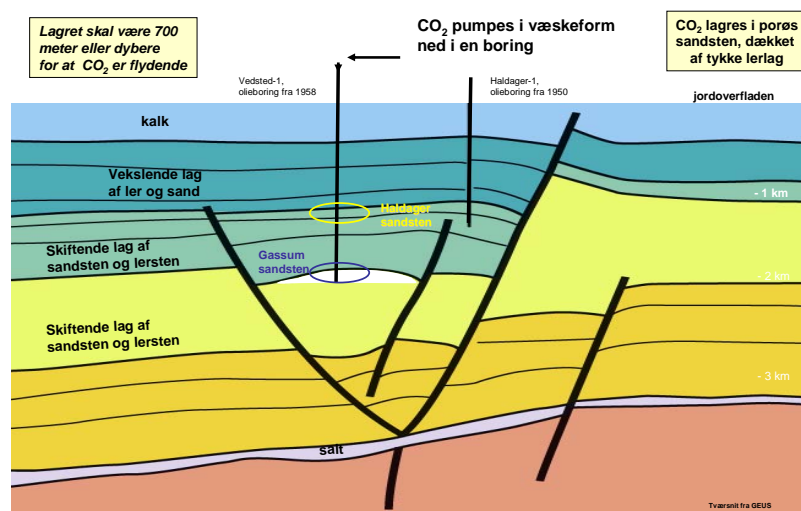
## BILAG 1

### Hvad er CCS?

CCS står for Carbon Capture and Storage – CO<sub>2</sub> separation og lagring – og er en teknik som kan reducere de industrialiserede landes CO<sub>2</sub> udslip markant. Også de store udviklingslande vil kunne drage nytte af denne teknologi som er på et stadie hvor den skal optimeres ved at opføre fuld-skala demonstrationsanlæg. Denne udvikling støtter bl.a. EU ved et CCS demonstrationsprogram på op til 12 anlæg. De enkelte komponenter i et sådant anlæg – separationsanlægget, transport og lagring – er kendt fra anden anvendelse, medens det endnu ikke er afprøvet samlet og i så stor skala. Der er således ikke tale om en ekstra stor risiko ved disse demonstrationsanlæg, snarere det modsatte idet netop de første anlæg vil blive overvågede særligt omhyggeligt.

Det er hensigten at separationsanlægget på Nordjyllandsværket i Aalborg skal rense CO<sub>2</sub> ud af røggassen efter forbrændingen af kul. Ved denne proces kan CO<sub>2</sub>-udslippet reduceres med over 90%. Der arbejdes for tiden på at tilsætte mellem 10 og 30% biomasse til kullet – det vil reducere forbruget af kul og gøre værket til det første som skaber negativt CO<sub>2</sub>-udslip.

### Lagring af CO<sub>2</sub> i undergrunden



Lagring af CO<sub>2</sub> i undergrunden ligner på mange måder lagring af naturgas og der findes mere end 100 naturgaslagre i Europa og dobbelt så mange i Nordamerika. Mange af disse ligger i beboede områder nær forbrugerne – for eksempel ligger Europas største naturgaslager under VM Fodboldarenaen i Berlin. Et par væsentlige forskelle er, at CO<sub>2</sub> ikke kan brænde og at det skal forblive i undergrunden i meget langt tid. Man vil altid lagre CO<sub>2</sub> dybere end 700-800 meter hvor den er på væskeform. På den måde er der ingen konflikt med drikkevandinteresser.

## Hvordan lagres CO2 i undergrunden?

Når CO2 er renset ud af røggassen komprimeres det til det er flydende (ca 70 atmosfære ved stuetemperatur). Det sendes gennem en rørledning til et egnet geologisk lager som fx den struktur der findes i undergrunden ved Vedsted. Sådant en struktur skal bestå af et eller flere porøse sandlag – hvori CO2 kan lagres - samt uigennemtrængelige lerlag som en kuppel over lagret. I sandets porer er der saltvand og når CO2 pumpes ned i undergrunden presses saltvandet ud til siderne og både saltvand og sandstenene i et stort område presses lidt sammen efterhånden som trykket stiger. Det er naturligvis vigtigt at lagene og den geologiske struktur er egnet til lagringen og kan holde til trykopbygningen. Det er dette Vattenfall er i gang med at undersøge med seismik og senere med boringer, før det kan besluttes om strukturen er velegnet til lagring.

I det følgende bruges samme nummerering som i den af lodsejerne anvendte skrivelse fra Dr. Bossel.

1. Lagring af naturgas og CO2 foregår i porene mellem kornene på porøse sten (sandsten, kalk m.fl.). Disse porer kan udgøre 20 – 30% af en stens volumen og giver derfor basis for at lagre meget store mængder CO2 i dybtliggende sandlag. I Danmark kendes 11 geologiske strukturer som med fordel ville kunne anvendes til lagring af CO2. Fra de mange naturgaslagre ved man at saltvandet i sandstens porer kan presses ud og til siderne uden at blive presset op mod overfalden. Vi har ikke kendskab til steder hvor saltvand er blevet presset op i forbindelse med gaslagring. Rundt omkring i Europa findes der steder hvor CO2 kommer op til overfladen. Dette sker altid i forbindelse med aktive vulkaner og lagring af CO2 vil ikke være relevant i sådanne ustabile områder. Kendte CO2-kilder er Perrier i Frankrig og Gerolsteiner i Tyskland. Denne form for 'kildevand' vil ikke kunne forekomme fra et velundersøgt CO2 lager.
2. Opløseligheden af CO2 i vand er godt 5% i en dybde på 1-2 km og ved temperaturer mellem 40 og 80 grader. Opløseligheden stiger med trykket, men falder med temperaturen. Ved almindelige stuebetingelser (20 grader og 1 atmosfære) er opløseligheden under 1% - det er derfor en øl eller sodavand bliver 'flad' når den bliver varm. CO2 som pumpes ned i et dybtliggende underjordisk lager vil blive blandet op med store mængder saltvand og vil med tiden blive opløst i saltvandet – dette CO2-mættede saltvand bliver lidt tungere end det øvrige saltvand og vil derfor synke nedad. På Sleipner Feltet i Norge, hvor man siden 1996 har lagret 1 million tons CO2 om året i et sandlag, viser beregninger at ca 15% af CO2'en er opløst efter 10 års nedpumpning.
3. For at lagre CO2 i undergrunden er det nødvendigt at bringe den på flydende form. Dette gøres ved at sætte den under tryk – og det nødvendige tryk på 70-80 atmosfære findes i dybder på 700 – 800 meter nede i undergrunden (dvs at hvis man måler trykket af saltvandet i stenenes porer i disse dybder får man altså 70-80 atmosfærer). Denne komprimering gør at CO2'en kun fylder en brøkdel af hvad den fylder som luftart. Fra denne dybde og dybere vil CO2 være flydende. Man

- kan til for eksempel skibstransport vælge at køle CO<sub>2</sub>'en, så skal der kun 15-20 atmosfæres tryk til at gøre den flydende.
4. Lagring af CO<sub>2</sub> vil – i lighed med lagring af naturgas – kunne ske i porøse sten som fx sandsten eller kalk. Kun i meget specielle tilfælde bruges underjordiske 'huler' kaldet kaverner til lagring af naturgas. Det sker bla ved Lille Torup. Der er ingen mening i at tale om lagring i sådanne kaverner – dette viser blot et manglende kendskab til geologiske forhold. Blot i Danmark er der i forbindelse med et EU forskningsprojekt (GESTO projektet, GEUS 2005) identificeret 11 mulige lagringsstrukturer i Danmark med en skønnet lagringskapacitet på 16 milliarder tons svarende til produktionen af CO<sub>2</sub> fra landets kraftværker og andre store punktkilder i 575 år.
  5. CCS koster energi, især til røgrensning og komprimering af CO<sub>2</sub> til flydende form. Nordjyllandsværket er et meget effektivt kraftværk, måske det mest effektive kulkraftværk i verden, idet det udnytter 47% af energien når der produceres el og mere end 90% når fjernvarmen regnes med. Meget få energianlæg har så høj en udnyttelse af energien. Når CCS anlægget er monteret ventes effektiviteten for elektricitet at være ca 38% - stadig med effektivitet som ligger noget over gennemsnittet af EU's kulkraftværker. Med tilsætning af biomasse vil værket kunne reducer forbruget af kul samt rense mere end 90% af den CO<sub>2</sub> som skabes ved at afbrænde biomasse. Nordjyllandsværket har derfor udsigt til at blive verdens første 'CO<sub>2</sub>-negative' kraftværk som er i stand til at tappe luften for CO<sub>2</sub>.
  6. På europæisk plan er det årlige udslip af CO<sub>2</sub> fra afbrænding af fossile brændsler 3-4 milliarder tons, kun overgået af Kina og USA. Danmark bidrager med ca 60 millioner tons på årsbasis. Mellem 40 og 60% af de enkelte landes udslip stammer fra kraftværker og andre store punktkilder som raffinaderier, cement- og gødningsproduktion, stålværker mv. Skibs- og luftfart er ikke medregnet. For Europa skønnes det at CCS vil kunne levere CO<sub>2</sub> reduktioner på mellem 1 og 2 milliarder tons om året i perioden 2030 – 2050 (iflg. EU Teknologiplatformen Zero Emission Power og NGO'en Bellona). I et EU forskningsprojekt som er afsluttet i 2008 skønnes Europas lagringskapacitet til at være mellem 100 og 300 milliarder tons CO<sub>2</sub> i porøse saltvandsholdige geologiske lagre. Det årlige CO<sub>2</sub>-udslip fra store industrikilder er i samme studie opgjort til ca 2 milliarder tons pr år.
  7. Både EU og det Internationale Energiagentur (IEA) har som følge af rapporterne fra FN's Klimapanel (IGGC) understøttet behovet for hurtig og omfattende handling for at imødegå klimaændringerne og søge at holde den globale temperaturstigning under 2 grader. CCS skal betragtes som et vigtigt supplement til de øvrige virkemidler: energieffektivisering og forøget brug af vedvarende energikilder. CCS kan bidrage med meget store reduktioner og udviklingen af teknologien er nu på et stade hvor EU sigter på at have op til 12 demonstrationsanlæg i drift i 2015, således at kommercielle CCS anlæg vil være til rådighed i 2020.

8. Lagring af CO<sub>2</sub> i undergrunden kræver en vis indsigt i geologiske og kemiske forhold. Når CO<sub>2</sub> pumpes ned i et underjordisk geologisk lager vil det i første omgang bestå af flydende, komprimeret CO<sub>2</sub> fra værket. Når CO<sub>2</sub>'en strømmer gennem porerne i sandstenen vil noget af CO<sub>2</sub> blive 'fanget' i de mindste af porerne (svarede til, at når man vrider en badesvamp, så kan man få vandet ud af de store porer, men svampen er stadig våd af vand som sidder i de små porer). Desuden vil CO<sub>2</sub>'en på sin vej gennem porerne komme i kontakt med og blive opløst i det saltvand som allerede var i porerne. FN's Klimapanel regner med at disse to effekter vil udgøre omtrent halvdelen af den lagrede CO<sub>2</sub> efter 10 år, og stigende med tiden. En mindre del af CO<sub>2</sub> vil indgå i kemiske forbindelser og danne nye mineraler og dette vil på meget langt sigt bidrage til at binde mere og mere CO<sub>2</sub>. Hvor meget af den lagrede CO<sub>2</sub> som indgår i mineraler afhænger af lagerets sammensætning – ren sandsten giver næsten ingen mineraler medens en sandsten med feldspat, glimmer og muslingskaller vil kunne give anledning til mange nye mineraler. De tre mekanismer – fastholdelse i små porer, opløsning og mineralisering – øger med tiden lagret effektivitet og sikkerhed.
9. Deponering af radioaktivt affald er ganske rigtigt et stort problem og det er svært at finde egnede deponier. At sammenligne CO<sub>2</sub> lagring med deponering af radioaktivt affald er ikke relevant og afslører en grundlæggende mangel på indsigt i de to emner. Vi er i det daglige omgivet af CO<sub>2</sub> i forskellige former og det er en af bestanddelene i forbrænding/nedbrydning af organisk materiale – og en naturlig bestanddel af vor egen udåndingsluft. Problemet med CO<sub>2</sub> er at der er alt for meget af det og det forstyrrer den naturlige balance mellem atmosfæren og havene og resulterer i en forøget drivhuseffekt. CO<sub>2</sub> fra afbrænding af fossile brændsler svarer til at tage et stof ud af depot – det er jo naturlige produkter som for millioner af år siden blev begravet i de geologiske lag og dermed taget ud af det naturlige kulstofkredsløb. CO<sub>2</sub> lagring svarer til, at tage energien ud af de fossile brændsler og sendes CO<sub>2</sub> tilbage i 'depotet' hvor det kom fra. Som det er beskrevet ovenfor vil CO<sub>2</sub> lagret i dybtliggende porøse lag med tiden blive mere og mere stabiliseret, således at mobilisering af lagret CO<sub>2</sub> vil være noget nær umuligt med mindre der sker større geologiske begivenheder så som dannelse af nye bjergkæder – noget som ikke kan forventes at ske i Danmark inden for de næste millioner af år.
10. Deponering af CO<sub>2</sub> i oceanerne er mulig metode som især Japan i de sidste 25 år har forsket i, idet Japan og en række andre lande ligger i ustabile geologiske områder. Det er en metode som kræver store havdybder. Hvis CO<sub>2</sub> via et rør pumpes ned på 1 til 1.5 kilometers vanddybde kan det opløses i havvandet og forblive på denne dybde da det bliver lidt tungere end det overliggende vand. En anden mulig metode er at pumpe ned på større dybde end 3 kilometer hvor ren CO<sub>2</sub> vil forblive som en samlet 'sø' på bunden af havet på grund af det store tryk. FN's Klimapanel (IPCC) har vurderet denne metode i en særlig rapport og i forbindelse med vedtagelsen af CO<sub>2</sub> Lagringsdirektivet i EU i april 2009, er det udtrykkeligt nævnt, at CO<sub>2</sub> deponering i oceanernes vandmasser ikke er tilladt i EU.

Yderligere information kan fås hos:

FN's Klimapanel (IPCC), Special Report on CCS:  
<http://www.ipcc.ch/ipccreports/special-reports.htm>

Det International Energiagentur (IEA): [www.iea.org](http://www.iea.org) og  
<http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2004/prospects.pdf>

Danmark og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS): [www.geus.dk/co2](http://www.geus.dk/co2)

Den Europæiske Teknologiplatform ZEP (Zero Emission Power): [www.zero-emissionplatform.eu](http://www.zero-emissionplatform.eu)

EU Network of Excellence CO2GeoNet – et netværk for 13 ledende  
forskningsinstitutioner indenfor CO2-lagring: [www.co2geonet.com](http://www.co2geonet.com)