

Til: Energistyrelsen, Randi Onsberg Johansson  
Fra: De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS)

J.nr. GEUS  
Ref. nsk

30.03.2023

## **Vurdering af udsivning af CO<sub>2</sub> fra undergrundslagring (CCS) og eventuelle påvirkninger i forhold til Natura 2000 områder**

### **Baggrund**

Energistyrelsen har bedt GEUS om en vurdering af mulig udsivning af CO<sub>2</sub> fra undergrundslagring og en eventuel påvirkning i forhold til Natura 2000 områder.

### **Introduktion og antagelser**

I nærværende notat vurderes kun risiko for CO<sub>2</sub> udsivning fra et etableret undergrundslager, der tages ikke stilling til CO<sub>2</sub> udslip fra fangst og/eller transportdelen for CCS værdikæden.

Nedenfor beskrives kort principper og antagelser for CCS, hvor der vil være en efterforsknings-, operations- og nedlukningsfase, som evt. kan bidrage til udslip af CO<sub>2</sub>.

Lagring af CO<sub>2</sub> i undergrunden kræver, at den rigtige geologiske konfiguration er til stede i et dybdeinterval fra ca. 900 meter til ca. 2500 meter. Der skal være en porøs reservoirbjergart, typisk sandsten, med en overliggende tæt seglbjergart af muddersten. Yderligere skal undergrunden være udformet som en lukket struktur (omvendt dyb tallerken) så den injicerede CO<sub>2</sub> ikke stiger til overfalden pga. opdrift. Der kan dog være andre fældetyper, men de vil ikke blive medtaget her, da der i første omgang satses på lukkede strukturer. Reservoirbjergart og overliggende segl udgør et lagringskompleks. Hvor stort et lagringskompleks skal/kan være, vil være specifikt for de enkelte steder og afhænge af geologi og eventuel overliggende infrastruktur. En lagringsoperatør skal redegøre for at lagring foregår sikkert i komplekset.

Injektion af CO<sub>2</sub> kræver installation af én eller flere injektionsbrønde, hvor brøndinstallationerne kan placeres på havbunden ("subsea installation") eller via en egentlig platform, hvis lageret etableres offshore. Onshore installationer vil givetvis få samme "footprint" på overfladen, som det kendes fra geotermi-installationer og lagring af naturgas, som

# NOTAT

Side 2 af 3

ved Stenlille. Udstrækning vil naturligvis afhænge af størrelse og infrastruktur. For offshore og onshore vil der være de samme krav til lagringskomplekset.

I den indledende efterforskningsfase vil det typisk være geofysiske metoder ("dyb seismik") som anvendes til at kortlægge de geologiske lag og undergrundsstrukturer. En efterfølgende efterforsknings-/vurderingsboring skal bores for at tilvejebringe detaljeret viden om de geologiske forhold og injektivitet. Det sker ved at opsamle geologisk materiale under boreprocessen og lave efterfølgende injektionstests.

Den etablerede efterforsknings-/vurderingsboring kan efterfølgende konverteres til en injektionsbrønd under en egentlig driftsfase. Det kan være nødvendigt at etablere flere injektionsbrønde afhængigt af det fremtidig behov for lagringskapacitet og injektionshastighed. Et monitoringsprogram skal sikre at injektion af CO<sub>2</sub> sker sikkert og effektivt. Monitoring af tryk- og CO<sub>2</sub> udbredelse i reservoiret er påkrævet; flere forskellige metoder kan anvendes.

En vigtig parameter for CCS er trykstigningen i reservoiret. For lagring i akviferer, hvor CO<sub>2</sub> injiceres ind i en vandfyldt reservoirbjergart, vil trykstigningen afhænge af, hvor hurtigt vandet kan fortrænges af CO<sub>2</sub>'en. Trykket må ikke overstige reservoirbjergartens "sprækketryk" eller det kapillæretærskeltryk for den forseglende bjergart. For lagring i udtjente olie- og gasfelter skal tillige også redegøres for den rest af kulbrinter, som er i et givent felt.

En lagringsoperatør skal demonstrere, at udvikling i tryk og CO<sub>2</sub> udbredelse forløber planlagt i forhold til de egentlige målinger over tid og en bagved modellering af operationen vha. reservoirsimulering mm.

I en efterfølgende nedlukningsfase skal den pågældende operatør sikre at lagringskomplekset overvåges i en med myndighederne aftalt periode før et egentligt ansvar kan overdrages til staten. EU's CO<sub>2</sub> lagringsdirektiv anbefaler en periode på 20 år. Brønde skal lukkes og efterlades efter anvisning fra myndighederne. Operatøren skal sandsynliggøre at den injicerede CO<sub>2</sub>

## **GEUS' vurdering af risiko for udsivning (lækage) fra CO<sub>2</sub> lager**

Det er GEUS' vurdering, at når de ovenstående faser (efterforskning, drift/injektion og nedlukning) udføres efter gældende retningslinjer, be-

# NOTAT

Side 3 af 3

skrevet i f.eks. EU's CCS direktiv (implementeret i den danske Undergrundslov) og ISO Standard (ISO/TC265) vil det være en sikker teknologi.

Den forseglende bjergart sikrer, at CO<sub>2</sub> tilbageholdes i reservoiret og ikke stiger til overfladen. Krav til tykkelse og kapillærtærskeltrykket er beskrevet i standarderne, men vil være site-specifikke og afhænge af hvor meget CO<sub>2</sub>, der planlægges injiceret (CO<sub>2</sub> kolonne-højde). Erfaringer fra olie- og gasfelter og naturgaslagring viser, at de forseglende bjergarter, som er udbredt på dansk område, er tætte.

Den største risiko for udsivning gennem den forseglende bjergart vil være, hvis der er sprækker/små forkastningszoner, som gennemskærer hele pakken af den forseglende bjergart. Store forkastninger vil blive identificeret fra de geofysiske målinger (seismik), som på forhånd vil diskvalificere et lagringskompleks. Mindre sprækker-/forkastningszoner vil oftest ikke være kontinueret gennem hele pakken.

Det er ikke muligt at sige noget kvantitativt om, hvilke mængder af CO<sub>2</sub>, som evt. kan sive gennem en forseglende bjergart, eller med hvilken rate/hastighed. Det er GEUS' vurdering, at det er meget lidt sandsynligt, at det vil ske. Men skulle CO<sub>2</sub> begynde at "finde vej" gennem den overliggende geologi; den forseglende bjergart og de yderligere overliggende geologiske lag, som ofte vil virke som sekundære forseglende bjergarter, så vil det ske med meget lille rate og CO<sub>2</sub>'en vil blive spredt op gennem hele den geologiske pakke.

Boringer, nye som gamle, vil gå gennem den forseglende bjergart, og vil derfor være et muligt punkt for udsivning/lækage fra et lager. Her har man et veldefineret punkt, som kan monitoreres kontinuerligt. Der vil kunne laves forskellige tiltag, hvis der identificeres udsivning af CO<sub>2</sub> langs med boringen. Igen er der lang erfaring fra olie- og gasindustrien såvel som lagring af naturgas, så metoder til at stoppe udsivning langs boringer findes.

Der kan være naturligt opstået CO<sub>2</sub> i forskellige geologiske lag. Det er derfor vigtigt, at en given lageroperatør indsamler baseline data for, hvor meget CO<sub>2</sub> der kan være i et givet område.