



Grønlands strategi for CO₂-fangst og -lagring 2023-2028

CCS-strategi

Departementet for Råstoffer og Justitsområdet
Juli 2023



INDHOLDSFORTEGNELSE

Indholdsfortegnelse	2
1 Forord	3
2 Strategiens formål	4
2.1 Vision	4
2.2 Mission	4
2.3 Målsætninger	4
3 Introduktion	5
3.1 Hvad er CCS, CCMS og DAC?	5
3.2 Det globale perspektiv	6
4 Grønlands CCS-potentiale	10
4.1 Kortlægning af bjergarter til lagring af CO ₂	10
4.2 Test af bjergarternes evne til at lagre CO ₂	12
4.3 Konceptstudie – præ-design af injektionssystem	13
4.4 Markedsanalyse	13
4.5 Analyse over virksomhedsmodeller	13
4.6 CCS-potentialerapport	13
5 Erhvervsmuligheder	14
5.1 CO ₂ -import og -lagring	15
5.2 Ex-situ CO ₂ -lagring	15
5.3 Fangst af CO ₂	15
6 Opbygning af en CCS-industri i Grønland	16
6.1 Fase 1: Opbygning af viden om CCS (2023-2024)	16
6.2 Fase 2: Pilot kampagne (2025-2026)	17
6.3 Fase 3: Regulativ implementering og markedsføring (2027-2028)	18
6.4 Samfundsmæssigt udbytte	19



1. FORORD

Opbygningen af en potentiel CCS-industri i Grønland vil positionere Grønland som en af frontløberne i forhold til den grønne omstilling med en fremtidsorienteret, bæredygtig og klimavenlig industri.

CCS står for Carbon Capture and Storage, altså indfangning og opbevaring af CO₂ i undergrunden. Grønland har stor geologisk diversitet, herunder en stor volumen og udstrækning af nogle af de bjergartstyper, som kan anvendes til lagring af CO₂. Det skal vi udnytte.



Etableringen af en CCS-industri i Grønland, i form af opbygning af et modtageapparat i CCS-kæden, kan være starten på en ny, signifikant bæredygtig, erhvervssektor i Grønland med etablering af nye arbejdspladser. Det forventes, at der fremadrettet vil være store økonomiske interesser i CO₂-lagring, og dermed et stort indtjeningspotentiale for Grønland. Vi ser, at andre lande allerede er godt i gang med at undersøge deres muligheder indenfor CCS. For at kunne blive en af disse aktører, gælder det for Grønland om at bekræfte sit CCS-potentiale og blive en del af CCS-kæden.

Denne strategi er første skridt mod en realisering af dette økonomiske udviklingspotentiale for Grønland.

Naaja H. Nathanielsen

Naalakkersuisoq for Finanser, Ligestilling, Råstoffer og Justitsområdet



2. STRATEGIENS FORMÅL

2.1 VISION

Grønland skal være en signifikant aktør indenfor lagring af CO₂. CCS spiller en væsentlig rolle i Grønlands økonomi og bidrager aktivt til indfrielsen af de globale klimamålsætninger.

2.2 MISSION

Grønland skal være et eftertragtet råstofland, hvor industrien har lyst til at investere. Det er Naalakkersuisuts mål at udvikle råstofområdet til en bærende industri, som skal bidrage positivt til den økonomiske udvikling og skabe nye arbejdspladser i Grønland. CCS skal være en del af denne industri, og Grønland skal etablere rammerne til at kunne tiltrække investeringer i den nye CCS-industri.

2.3 MÅLSÆTNINGER

Det overordnede mål med CCS-strategien er at beskrive Naalakkersuisuts strategiske mål for igangsættelse og udvikling af en CCS-industri i Grønland. Strategien lægger rammerne for de kommende års arbejde:

1. Kortlægning af det geologiske potentiale for CCS.
2. Videns- og kapacitetsopbygning internt i Grønland indenfor CCS.
3. Udarbejdelse af en CCS-markedsanalyserapport.
4. Udarbejdelse, vurdering og anbefaling af CCS-virksomhedsformer.
5. Stillingtagen til gennemførelse af injektionsboring.
6. Udarbejdelse og implementering af CCS-regulativer.
7. Markedsføringstiltag.





3. INTRODUKTION

3.1 Hvad er CCS, CCMS og DAC?

CCS (Carbon Capture & Storage¹) er den proces, hvorved CO₂ bliver opsamlet og lagret. CO₂ kan eksempelvis opsamles i forbindelse med udvinding og afbrænding af fossile brændstoffer fra kraftværker og industriproduktion. Den opsamlede CO₂ bliver herefter komprimeret, transporteret og endelig lagret i undergrunden via CO₂-injektionsboringer.

CCS er et koncept, der i olieindustrien har været kendt i årtier, specielt i forbindelse med EOR (Enhanced Oil Recovery²), hvor processen bliver anvendt til at optimere produktionen og udvindingen af kulbrinter i olie-/gasproduktionsfelter. Ved EOR pumpes CO₂ i væskeform ned i det producerende kulbrintefelt ved hjælp af injektionsbrønde for at øge og forstærke udvindingsgraden af olie/gas i det producerende felt. Samtidigt med at udvindingsgraden forbedres på feltet, kan der lagres CO₂. I takt med at kulbrinterne udvindes, bliver der mere plads til CO₂ i reservoiret.

De konventionelle undergrundsreservoirs til lagring af CO₂ er typisk sandstens- og kalkstensreservoirs. Det er nødvendigt, at bjergarterne i reservoiret har den rette porøsitet. Det betyder, at der skal være en passende mængde hulrum i bjergarten. Bjergarterne skal også have den rette permeabilitet³, der giver vand og luft mulighed for at bevæge sig fra hulrum til hulrum i bjergarten. Derudover er der brug for, at det lag, der ligger over reservoiret, er ugennemtrængeligt, så det lagrede CO₂ ikke bevæger sig op til overfladen, men forbliver i reservoiret.

En anden lagringsmetode for CO₂, er CCMS (Carbon Capture Mineralization & Storage), hvor CO₂ bindes til basaltiske, vulkanske bjergarter. Fordelen ved denne metode er, at det opsamlede CO₂ pumpes ned i de vulkanske bjergarter, hvor CO₂ reagerer med den omgivende bjergart og bliver mineraliseret, dvs. CO₂ bliver her bundet i fast form (se figur 1). Dette kaldes også for mineralfiksering. CO₂, der er bundet på denne måde, vil således ikke kunne bevæge sig.

DAC (Direct Air Capture⁴) er den proces, hvor CO₂ bliver opsamlet direkte ud af luften med det formål at lagre det via CO₂-injektionsboringer i undergrunden. Metoden er på et tidligt teknologisk udviklingsstadium og er meget omkostningstung og benyttes for nærværende eks. af schweiziske Climeworks, i samarbejde med islandske Carbfix, ved deres Orca DAC-anlæg i Sv-Island.

¹ Kan oversættes til "indfangning af kuldioxid og lagring af denne".

² Kan oversættes til "forøget og forbedret olieudvinding".

³ Mulighed for at væske kan gennemtrænge bjergarten.

⁴ På dansk *Direkte indfangning fra luften*.

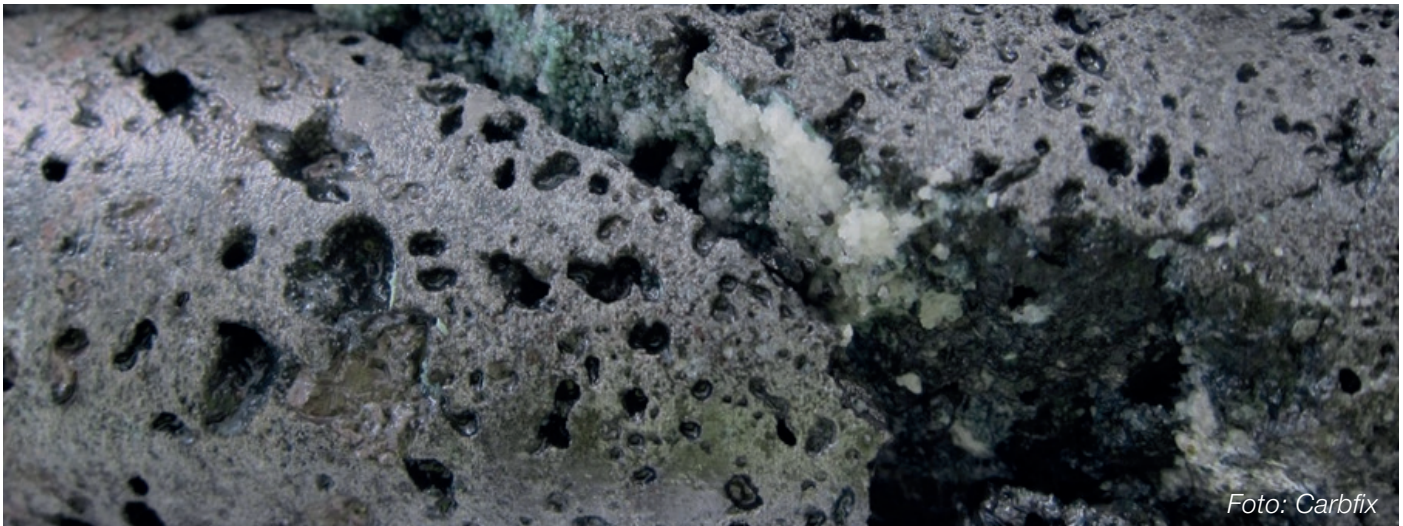


Foto: Carbfix

Figur 1. Borekerne af en lavabjergart med mange huller. Sprækkefladen i borekernen viser mineraludfældet karbonat (hvid). Karbonatudfældningen er dannet ved at CO_2 har reageret med lavabjergarten. Kilde: Carbfix

3.2 Det globale perspektiv

Det internationale energiagentur, IEA, udgav i maj 2021 en rapport⁵, hvori der beskrives og anbefales tiltag til at imødegå klimaproblemstillingerne og holde den globale temperaturstigning under $1,5^\circ\text{C}$ før 2050. CCS nævnes som et af de nødvendige værktøjer til at mitigere klimaproblematikkerne.

CCS-teknologien har i oliebranchen været kendt i forholdsvis lang tid, men det er først i de seneste årtier, at der er kommet fokus på teknologien i forhold til at kunne løse dele af CO_2 -problematikken. Olieindustrien og anden industri produktion har været hovedbidragsydere til CO_2 -udledningen, men olieindustriens geologiske og geofysiske ekspertise indenfor CCS gør den også til en del af den fremadrettede løsning på dette felt.

Investeringsmæssigt bevæger olieselskaber sig også i retning mod grønnere energi – f.eks. er der større fokus på gas, der er den mindst forurenende af de fossile brændstoffer. Derudover investerer oliebranchen også i udviklingen af vedvarende energikilder. Olieindustriens større fokus på den grønne omstilling skal ses i sammenhæng med den globale opprioritering af klimapolitikken og det større fokus på den enkelte organisations CO_2 -fodaftryk.

⁵ Net Zero by 2050 – A Roadmap for the Global Energy Sector / Vejen mod nul-emission i 2050 for den globale energisektor



Olieindustrien lægger således større vægt på at reducere deres emissioner og dermed forbedre deres CO₂-regnskaber.

I disse bestræbelser er CCS en væsentlig faktor, idet CCS ses som en overgangsteknologi, der skal bidrage til at reducere CO₂-mængden i atmosfæren. Ved CCS i overordnet perspektiv forstås generelt teknologier, der kan indfange og lagre CO₂ i undergrunden, eks. den konventionelle CCS, som omhandler lagring af CO₂ i sedimentære bjergarter, men også eks. CO₂-lagring ved mineralfiksering i vulkanske bjergarter, som generelt betegnes CCMS.

CCS-industrien i sig selv og de samlede investeringer indenfor dette felt forventes i 2025 i USA alene at være på 50 milliarder \$, stigende til 680 milliarder \$ i 2045⁶.

Flere lande har i længere tid arbejdet på at realisere lagring af CO₂ i undergrunden. I nordisk regi er Norge, Danmark og Island helt i front angående forskning, praktisk implementering samt innovation indenfor CCS-teknologierne. Det samme gør sig gældende for USA, Canada samt Holland og Storbritannien.

I Norge har Equinor (tidligere Statoil) siden tildelingen i 2019 været operatør for Aurora-tilladelsen i den norske Nordsø. Aurora-tilladelsen er en tilladelse, som giver rettighedshaver ret til at lagre CO₂ i undergrunden i det tildelte område. Første projektfase forventes færdiggjort i 2024 og vil i starten have en årlig lagringskapacitet på op til 1,5 million tons CO₂. Det er rettighedshavers ambition at øge CO₂-lagringskapaciteten i Aurora-tilladelsen over tid med op til yderligere 3,5 million tons CO₂ afhængig af markedets behov.

Endvidere afholdt det Norske Olieudvalget i 2021 en udbudsrunde med henblik på tildeling af CO₂-lagrings-tilladelser. Udbudsrunderen omfattede områder i Barentshavet og Nordsøen, og ved udbudsrunderens afslutning havde fem selskaber indgivet ansøgning om CO₂-injektion og lagring af CO₂. Selskaberne var Equinor, Norske Shell, Vår Energi, Horisont Energi og Northern Lights.

I Danmark er Ineos drivkraften bag projekt Greensand. Projektet er et samarbejde mellem Ineos, Maersk, Wintershall Dea og GEUS. Målsætningen for projekt Greensand er at skabe en fuld værdikæde for fangst og lagring af CO₂ i den danske undergrund. Dette skal ske i Nini Vest feltet i Nordsøen. Ineos forventer i starten en årlig lagringskapacitet på 0,5 million tons CO₂ offshore i den danske undergrund i 2025 stigende til en årlig CO₂-lagringskapacitet på op til 3,5-4 millioner tons.

⁶ Dette blev præsenteret af hovedtaler Cindy Yielding, BP America, under AAPG's virtuelle CCUS konference 23-25 March 2021. AAPG er en toneangivende organisation indenfor energisektoren. CCUS -> Carbon Capture Utilization & Storage.



Konsortiet bag projekt Greensand påbegyndte i starten af 2023 den første forsøgsvisse nedpumpning af CO₂ i den danske Nordsø-sektor offshore.

Udover projekt Greensand, arbejder TotalEnergies i den danske Nordsø-sektor med projekt Bifrost, som ligeledes sigter mod megaton-skala injektion og lagring af CO₂ i den danske undergrund offshore. TotalEnergies estimerer en CO₂-lagringskapacitet for projekt Bifrost på 3 megaton CO₂ årligt ved opstart.

Det er ikke kun olieindustrien, der arbejder med CCS. Det islandske firma Carbfix blander CO₂ med vand og injicerer det i basalter. Siden 2014 har det fungeret på industriniveau, hvor CO₂ fra Hellisheidi kraftværket opsamles, blandes med vand og lagres/mineralfikseres i basalt (CCMS). Carbfix har således over tid påvist, at mineralfiksering af CO₂ effektivt kan foretages. Carbfix og det danske shippingsselskab Dan-Unity CO₂ har i maj 2021 indgået aftale om transport af flydende CO₂ til Carbfixs Coda Terminal ved Straumsvík, Island. Den første transport af flydende CO₂ fra Nordeuropa til Island forventes at blive foretaget i 2025. Her skal det nordeuropæiske CO₂ pumpes ned i den islandske undergrund via CO₂-injektionsboringer, hvor den injicerede CO₂ omdannes til karbonatholdige bjergarter⁷ i den vulkanske undergrund.

Også forskningsinstitutioner, myndigheder samt internationale arbejdsgrupper har beskæftiget sig med CCS i en længere årrække. Diverse studier vedrørende CO₂-lagring er blevet gennemført siden 1990'erne, bl.a. GESTCO-projektet, GeoCapacity-projektet og CO₂StoP-projektet. GESTCO-projektets overordnede mål var at afgøre, om geologisk lagring af CO₂, indfanget ved større industrielle anlæg, var en gangbar metode til at reducere udledningen af drivhusgasser, og om det kunne anvendes mere bredt på europæisk grund. GeoCapacity-projektet havde til formål at vurdere den geologiske lagringskapacitet for CO₂ i Europa, og målsætningen for CO₂StoP-projektet var at kortlægge de potentielle geologiske ressourcer til rådighed for mulig CO₂-lagring i den europæiske undergrund.

Det økonomiske incitament og kommercielle aspekt i CCS hænger tæt sammen med CO₂-afgifter. Selve leverings-, transport- og aftsageapparatet af CO₂-forurening er samlet set omkostningstungt. Ineos anslår at omkostningen ved at lagre 1 ton CO₂ ligger på omkring 800-900 kr. pr. ton CO₂. Først når CO₂-afgiften for en volumenenhed CO₂ overstiger omkostningen ved at lagre 1 ton CO₂ i undergrunden, vil CCS blive rentabelt.

⁷ Kalksten - primært CaCO₃



Foto: Carbfix CO-injektionssite, Hellisheidi, Island

I den førømtalte IEA-rapport fra 2021⁸ forventes en kontinuerlig og ganske signifikant stigning i CO₂-afgiften frem mod 2050. Fra 2025 forventes en CO₂-udledningsafgift på 75\$ (480 kr.) pr. ton CO₂, stigende til 250\$ (1.600 kr.) pr. ton CO₂ i 2050. Det anslås, at CO₂-afgiften for 1 ton CO₂ i 2030 vil være 130\$ (830 kr.). Dette skal sammenholdes med Ineos' vurdering af, at lagringsomkostninger ved anvendelse af CCS ligger omkring 8-900 kroner pr. ton. Vi skal derfor forbi 2030 med IEA-rapportens over tid estimerede stigning i CO₂-afgiften, før det vil være rentabelt for virksomheder, der udleder store mængder af CO₂, at betale et CO₂-af-tageapparat for at lede CO₂ ned i undergrunden med de nævnte estimerede priser, frem for at udlede CO₂ direkte ud i atmosfæren.

⁸ Net Zero by 2050 – A Roadmap for the Global Energy Sector / Vejen mod nul-emission i 2050 for den globale energisektor.



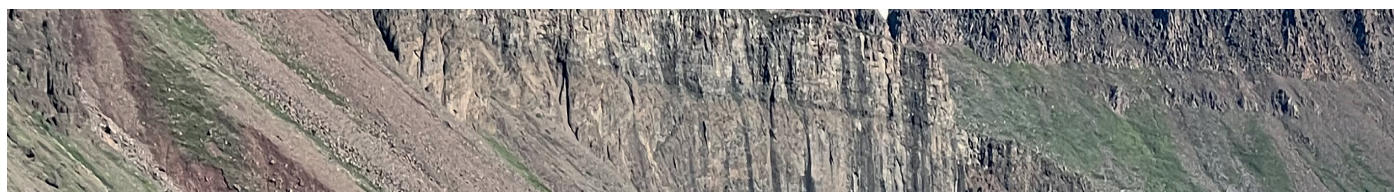
4. GRØNLANDS CCS-POTENTIALE

Grønland har potentiale til fremadrettet at blive en signifikant spiller, hvad angår lagring af CO₂ i undergrunden. I Grønland er der store arealer med blandt andet vulkanske formationer, der er interessante i forbindelse med at kunne lagre CO₂ i undergrunden. Disse vulkanske formationer findes både på vestkysten og østkysten af Grønland. Der eksisterer ligeledes andre typer geologiske formationer, eksempelvis siliciklastiske⁹ formationer i Grønland med potentiale for CO₂-lagring.

Der skal oparbejdes en viden om, hvilke geologiske enheder, som egner sig bedst og er mest optimale

i forhold til CCS. Herunder, hvor de geologiske områder med CCS-potentiale befinder sig samt hvilke af disse, der vurderes at være mest interessante med hensyn til mulig fremtidig CO₂-lagring i kommercielt øjemed. Målet er at klarlægge CCS-potentialet i udvalgte områder i Grønland, hvor det første fokusområde er Disko Vest regionen (Figur 2).

Herefter skal der træffes en beslutning om, hvorvidt der skal gennemføres et pilotprojekt med CO₂-injektionsboring. Formålet med dette er at påvise, om det er muligt at lagre CO₂ i det pågældende område og herigennem verificere CCS-potentialet.



4.1 Kortlægning af bjergarter til lagring af CO₂

CCS-potentialet skal klarlægges for relevante bjergarter, herunder:

- Basaltiske/vulkanske bjergarter.
- Sedimentære bjergarter.
- Olivinrige bjergarter (eksport af bjergarter til brug i CO₂-lagring).
- Fraktureret (revnet) grundfjeld.

Kortlægningen af CCS-potentialet i relevante bjergarter i Grønland er en kontinuerlig proces. Grundet Grønlands massive udstrækning og meget varierende geologi er dette en opgave, der må forventes at tage en årrække. I det indledende arbejde foretages derfor en overordnet potentiale-screening baseret på eksisterende data til lokalisering af relevante kortlægningsområder. Dette arbejde forventes tilendebragt i strategiperiodens første fase.

og gennemgås med det formål at afdække de geologiske muligheder for lagring af CO₂ i Grønland. Det kan være data som regionalgeologi, hydrologi, tektonik, overfladageologi, borekerner, borelogs og prøvemateriale. Der foreligger allerede en hel del data fra tidligere geologiske undersøgelser, der kan benyttes i datakompileringen, specielt i relation til vurdering af potentialet for CO₂-lagring i basaltiske/vulkanske bjergarter.

Eksisterende relevant data og litteratur indsamles

⁹ Siliciklastiske formationer er geologiske bjergartsenheder, der primært består af bjergarter indeholdende silikatminerale, som fx kvarts. Sandsten er et eksempel på en siliciklastisk bjergart, der danner såkaldte sandstensformationer.



På nuværende stadie i CCS-undersøgelserne er der identificeret områder i Vestgrønland, der kan have potentiale i CCS-sammenhæng. Disse områder er onshore vulkanitterne i Disko Vest området, og et ultramafisk legeme ved Fiskefjord, nord for Nuuk.

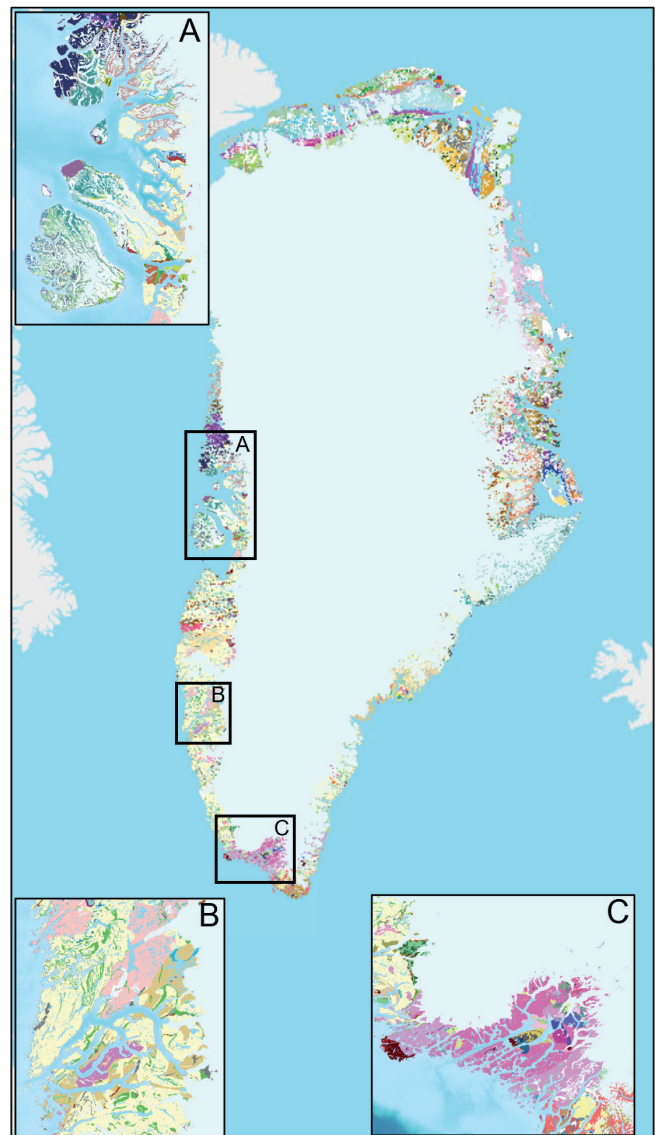
Som illustreret i figur 2 er der tre potentielle undersøgelsesområder i Vestgrønland:

- A) Disko Vest området
- B) Fiskefjord/Nuuk området
- C) Sydgrønland

De to første undersøgelsesområder forventes afsluttet i denne strategiperiode. Screening og potentiale vurdering af Sydgrønland forventes igangsat i slutningen af strategiperioden.

Den ekstensive udbredelse og udstrækning af vulkanitterne i Østgrønland, eks området omkring Blosserville kysten, er også af interesse i potentiale sammenhæng. Dette område planlægges screenet og evalueret efter nuværende strategiperiode.

I forhold til vurdering af potentialet for lagring af CO₂ i sedimentære bjergarter, fokuseres her på siliciklastiske reservoirer. Der foretages en sammenstilling af eksisterende viden¹⁰ i geologisk og geofysisk regi fra offshore og onshore områderne, der vil ligge til grund for denne vurdering. Resultater fra Ressourceevalueringsprojektet¹⁰ (WOGA – Whole of Greenland Assessment) vil ligeledes benyttes i evalueringen. Denne kortlægning foregår i samarbejde med GEUS.



Figur 2. Potentielle undersøgelsesområder Vestgrønland.

¹⁰Link: <https://greenland-resource-assessment.gl>



4.2 Test af bjergarternes evne til at lagre CO₂

Der skal foretages laboratorieanalyser af relevante bjergarter for at teste deres evne til at binde CO₂. Bjergarterne bliver beskrevet og den kemiske sammensætning af bjergartsprøverne bestemmes ved hjælp af kemiske analyser og andre metoder. De udvalgte prøver placeres i en eksperimentel opsætning (reaktor), hvor bjergarternes evne til at kunne afgive relevante kationer til CCM-processen testes.

De første testforsøg er foretaget på prøver udtaget af borekerner fra Nuussuaq-halvøen (se figur 3), og på prøver fra Qeqertarsuaq og Fiskefjord. Analyserne er blevet udført i samarbejde med islandske Carbfix, og de foreløbige resultater er lovende.

Resultaterne fra laboratorieeksperimenterne på de vulkanske borekerneprøver fra Vaigat Fm. på Nuussuaq-halvøen viser, at der er et godt geokemisk potentiale i CCMS-sammenhæng. Det geokemiske potentiale er tilsvarende eller i nogen henseende bedre end de islandske vulkanitter, der sammenlignes med.

Resultaterne fra de vulkanske prøver fra Maligat Fm på det sydlige Qeqertarsuaq udviste et mere middelmådigt geokemisk potentiale i forhold til Vaigat Fm. Den ultramafiske bjergartsprøve fra Fiskefjord gav gode resultater, der indikerer et godt geokemisk potentiale, der bør undersøges nærmere.

Der forventes flere laboratorieanalyser af bjergartsmateriale med henblik på test af CCM-potentiale i den indledende fase, fase 1. I de efterfølgende projektfaser, indebærende verifikation af potentiale i indledende fase vil CO₂-lagringskapaciteten blive testet ved pilotkampagne i feltet via monitorering og dokumentation af den givne bjergarts evne til at mineralfikse CO₂ i et naturligt setting.



Figur 3. Foto af borekerne fra Nuussuaq. Borekerne af vulkansk oprindelse.



4.3 KONCEPTSTUDIE – PRÆ-DESIGN AF INJEKTIONSSYSTEM

Der er gennemført et konceptstudie for et eventuelt injektionssystem. Konceptstudiet belyser de omkostninger, der vil være forbundet med et injektionssystem til nedpumpning af CO₂ i undergrunden, så som nødvendigt udstyr, boreomkostninger, energibehov og vandbehov. Konceptstudiet belyser ligeledes de nødvendige tiltag for at opnå milepælene for at kunne bringe et injektionssystem i funktion.

4.4 MARKEDSANALYSE

Der udarbejdes en rapport, der belyser markedet for CCS. Rapporten vil indeholde en oversigt over de forskellige CCS-marke-der, anvendelse og valg af teknologitype, CO₂-kilder, potentielle virksomhedsmodel-ler, udvalgte kommercielle scenarier og an-befalinger hertil. Rapporten er under udar-bejdelse og forventes færdiggjort i 2023.

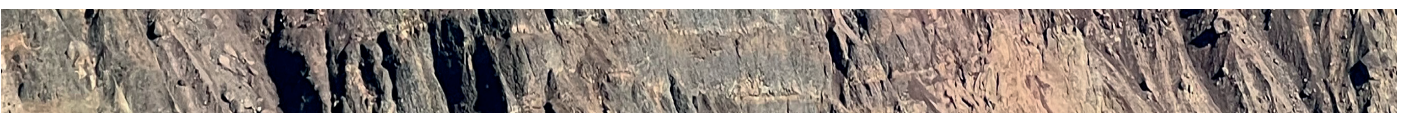
4.5 ANALYSE OVER VIRKSOMHEDSMODELLER

Der udarbejdes en rapport, der skal belyse de forskellige typer af virksomhedsmodeller re-levante for CCS. Det kan fx være i form af private selskaber, der får tilladelse til CO₂-lagring, men det kan også være etablering af et offentligt selskab, eller en kombination dvs. offent-lig-privat samarbejde. Mulighederne, en vurdering af betydningerne i grønlandsk regi samt anbefalinger til virksomhedsmodel for Grønland vil skulle beskrives i rapporten.

4.6 CCS-POTENTIALERAPPORT

Baseret på vurderingen af det geologiske potentiale for CO₂-lagring i grønlandske bjergarts-enheder vil der blive foretaget en screening, vurdering af lagringskapacitet, geologisk risiko-vurdering og rangordning af muligheder for CO₂-lagring i Grønland. Her tages der højde for hvilke metoder, der forventes anvendt samt hvilke udfordringer, der måtte være i forhold til f.eks. afstand til punktkildeforurening og geologiske risici.

Den endelige rapport over CCS-potentialet i Grønland vil identificere de geologiske formati-oner relevant for CCS-industrien, og vil indeholde en kort systematisk oversigt over tekniske muligheder, lagringspotentialet for CO₂ samt en anbefaling for modning af de bedst egnede områder. Arbejdet forventes færdiggjort i 2024.





5. ERHVERVSMULIGHEDER

I forhold til erhvervsmuligheder indenfor CCS har Grønland en unik chance for at positionere sig. Grønland har en stor geologisk diversitet, herunder en stor volumen og udstrækning af nogle af de bjergarterstyper, basalter og siliciklastiske reservoirer, som kan anvendes til lagring af CO₂.

Grønlands vestkyst er velpositioneret i forhold til at kunne importere og lagre CO₂ fra fx Nordamerika som følge af den relativt kortere afstand fra dette marked i forhold til f.eks. et CO₂-modtageapparat i Nordeuropa.

De indledende undersøgelser foretaget af Grønlands Selvstyre vil tilvejebringe ny viden og data på CCS-området, der skal understøtte opstarten af en mulig CCS-sektor. Tilvejebringelsen af sådanne grunddata vil blive anvendt til at tiltrække potentielle eksterne aktører og investorer, der ser en mulig interesse i det grønlandske CCS-potentiale og realisering af dette. Her er markedsføring og afholdelse af workshops for erhvervslivet essentielt.

Erhvervslivets rolle forestilles i de indledende faser

associeret med eks. etablering af et potentielt pilot-injektions/kampagne site for CO₂-lagring at kunne assistere i logistiske og servicemæssige øjemed. Ved udvidelse af et sådant pilot-/demonstration site og potentiel opgradering til eks. operativt CO₂ anlæg/facilitet ville dette fordre arbejdskraft til opførelse og egentlig drift af en sådan facilitet.

Etableringen af en CCS-industri i Grønland i form af lagring af CO₂ i den grønlandske undergrund, dvs. et modtageapparat i CCS-kæden, kan være starten på en ny signifikant bæredygtig erhvervssektor i Grønland. Samtidigt fremmes den grønne omstilling, og der bidrages til den klimavenlige erhvervsudvikling.

I relation til CCS-teknologier er der forskellige muligheder: Der er et potentiale for lagring af CO₂ i basalter og siliciklastiske reservoirer, og der kan være et potentiale i fraktureret grundfjeld samt mulighed for eksport af bjergarter til Ex-situ CO₂-lagring (afsnit 5.2). Se tabel 1. Fangst af CO₂ direkte fra luften er ligeledes en erhvervsmulighed.

Muligheder for CO ₂ -lagring	Beskrivelse
Lagring i basalter/vulkanske bjergarter	CO ₂ -injicering i basalter/vulkanske bjergarter
Lagring i siliciklastiske bjergarter	CO ₂ -injicering i sandstensreservoirer
Ex-situ CO ₂ -lagring	Brydning af favorable bjergarter til CO ₂ -lagring
Lagring i fraktureret grundfjeld	CO ₂ -injicering i grundfjeld

Tabel 1. De muligheder for CO₂-lagring i Grønland, der initielt afdækkes.



5.1 CO₂-IMPORT OG -LAGRING

Import af CO₂ fra punktkildeforurenere til lagring i den grønlandske undergrund kunne være ved etablering af en CO₂-facilitet i Vestgrønland i analogi med den planlagte Coda Terminal ved Straumvik i Island, som beskrevet ovenfor. Et lignende scenarie i Grønland ville kunne drage fordel af Vestgrønlands beliggenhed i forhold til CO₂-punktkildeforurenere på det nordamerikanske kontinent.

Afhængig af hvor stor CO₂-lagringskapaciteten er i Grønland, vil fremtidige scenarier potentielt kunne indbefatte import af CO₂ fra både Nordamerika og Nordeuropa til injicering og lagring i undergrunden. Således vil Grønland kunne fungere som endeled i en CCS-kæde.

5.2 EX-SITU CO₂-LAGRING

Ex-situ CO₂-lagring omhandler brydning og knusning af bjergarter og minetailings, favorable i CCS-sammenhæng, til en passende størrelse. Det knuste bjergartsmateriale kan potentielt eksporteres og aftagere anvende materialet til at binde og lagre CO₂ ved mineraludfældning.

Bjergarter, interessante i denne sammenhæng er olivinrige bjergarter som f.eks. peridotitter og ultramafitter. Grønland har flere lokaliteter og områder med olivinrige bjergarter, fx den gamle Seqi-mine, og brydning og knusning af egnede bjergarter til denne form for CO₂-lagring vil derfor antageligt kunne finde sted.

5.3 FANGST AF CO₂

Grønland har selv en meget begrænset punktkildeforurening, hvorfor CO₂ til lagring i den grønlandske undergrund enten vil skulle importeres eller ekstraheres direkte ud fra luften via DAC-anlæg til efterfølgende nedpumpning i geologiske formationer. DAC-anlæg er en spirende teknologi, men hvis det på nuværende tidspunkt skulle implementeres, ville det være meget omkostningstungt.

I det omfang den havgående flåde selv kunne indfange og indeholde deres CO₂ kunne disse emissioner via den havgående flåde transporteres og overføres til et potentielt fremtidigt CO₂-modtageanlæg til senere injektion i undergrunden.





6. OPBYGNING AF EN CCS-INDUSTRI I GRØNLAND

Opbygningen af en potentiel CCS-industri er en gradvis udvikling. Det går først og fremmest via opbygning af et CCS-vidensgrundlag og indledende tekniske undersøgelser. I takt med progressivt stigende vidensopbygning og verifikation af CCS-potentialet vil det også involvere en stigende grad af aktivitet og dermed et øget behov for at inddrage flere folk i processen.

Stillingtagen til opbygningen af en fremtidig reel CCS-industri og konstruktion af en f.eks. kommerciel betinget CO₂-facilitet i Grønland vil afhænge af CCS-potentialet, herunder at det har en størrelse og karakter, som gør det attraktivt for eksterne aktører at investere heri.

En sådan opbygning kunne foregå i en række faser, hvor hver fase fungerer som et verifikationstrin for at gå til næste fase.

6.1 Fase 1: Opbygning af viden om CCS (2023-2024)

I den første fase igangsættes de indledende tekniske undersøgelser af CCS-potentialet. Dette omfatter en identifikation af CCS-potentielle geologiske enheder i dele af Vestgrønland, laboratorietekniske analyser fra Disko Vest området, feltarbejde, opbygning af teknisk viden i CCS-regi samt samarbejde med organisationer med ekspertise i CCS. Sådanne indledende undersøgelser er allerede iværksat, og er med til at opbygge og forankre en grundlæggende og nødvendig viden om CCS i Grønland.

Det er af vital vigtighed at få opbygget og forankret viden om CCS/CCMS-processer og -teknologier internt i Grønland. Dette via samarbejdspartnere og den tilgængelige viden, der i forvejen eksisterer på området. Opbygningen af geologisk og teknisk viden i CCS-regi internt i Grønland er afgørende, da dette udgør den fundamentale base for det videre arbejde med Grønlands CCS-potentiale. Ligeledes påbegyndes arbejde med at se på de myndigheds-

mæssige aspekter af CCS-operationer og -tilladelser omfattende en afdækning af, hvorvidt de nuværende regulatoriske rammer er dækkende for CCS, eller om der er behov for en revision af eksisterende love og regler. De forskellige virksomhedsmodeller undersøges og der træffes beslutning om, hvilken model der fremadrettet arbejdes med.

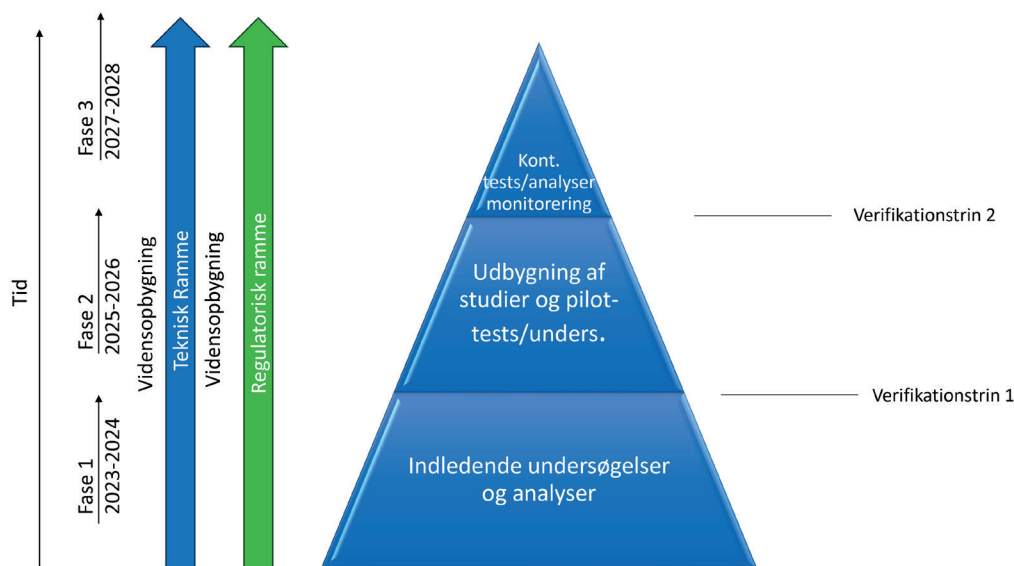
CCS er ikke i stil med olie og gas en ressource, der traditionelt set udvindes af undergrunden, men er en gasart, der skal pumpes ned i undergrunden og lagres i en geologisk formation. Det er i denne henseende således vigtigt at have en ide om, hvorledes man fra et myndighedsmæssigt perspektiv vil anskue og have en fremtidig ramme for CO₂-fangst og lagring i Grønland. Danmark, Norge og Island er allerede ganske langt fremme i dette henseende, og det vil derfor være oplagt at etablere et nordisk myndighedssamarbejde indenfor CCS.



Opbygningen af indgående og detaljeret viden om Grønlands CCS-potentiale er ikke kun anvendeligt på nationalt plan, men kan, når et højt vidensniveau omkring CCS er opbygget i Grønland, være af interesse for eksterne aktører, der efterlyser viden om CCS-processer og -teknologier i Arktis.

Fase 2 og 3 beskriver et scenarie med pilottest

CO₂-injektionsboring, men et andet scenarie vil være Ex-situ CO₂-lagring. Da undersøgelserne af CCS-potentialet i Grønland endnu er på et ganske tidligt stadie, vil det i løbet af fase 1 med mere tilvejebragt viden og data blive mere klart, hvilket af de to scenarier, der har størst relevans og mest potentiale. En kombination af de to scenarier kan også være relevant.



Figur 4. Illustration af mulig opbygning af viden på CCS-området. Opbygningen er inddelt i faser hvor hver fase evalueres og verificeres før efterfølgende fase indledes.

6.2 Fase 2: Pilot kampagne (2025-2026)

I anden fase udvides og udbygges identifikation af CCS-potentielle geologiske enheder til at omfatte andre dele af Grønland. Eksisterende geologisk viden, rapporter, litteratur og anden data om disse områder gennemgås med henblik på planlægning af det yderligere geologiske arbejde, der kan generere ny viden om CCS-potentialet i disse områder.

Data fra Fase 1 vurderes i forhold til at træffe beslutning om en eventuel pilot-kampagne/-injektionsboring. Positive resultater bør resultere i et program med det formål at teste og monitorere CCS-potentialet i form af en CO₂-injektionsboring. Gennem hele processen med injicering af CO₂ vil der være behov for monitorering. Desuden vil afledte data og resultater af en eventuel CO₂-injektionsboring skulle analyseres detaljeret.



Undersøgelserne vil udbygge den eksisterende CCS-viden, og der vil opnås erfaringer med CO₂-lagring i en grønlandsk kontekst. Dette vil understøtte og intensivere vidensopbygningen om CCS og CCS-teknologier i opbygnings-/konstruktionsfasen.

I fase 2 vil der være brug for at opbygge og udbygge ingeniørmæssig og teknisk viden om proces og praksis for CO₂-injektionsbrønde. Endvidere vil der være behov for en opbygning af HSE-apparat og sikkerhedsteknisk tilgang til CO₂-injektionsboringer.

Det myndighedsmæssige aspekt af CCS udbygges fortsat og kontinuerligt i denne fase. Der bør skitseres en ramme for, hvorledes myndighederne regulatorisk vil forholde sig til CO₂-lagring, herunder hvordan myndighederne vil udbyde områder til potentiel CO₂-lagring i den grønlandske undergrund.

Der igangsættes initiativer til en direkte markedsføring overfor selskaber samt deltagelse på relevante internationale konferencer og messer.

6.3 Fase 3: Regulativ implementering og markedsføring (2027-2028)

I fase 3 fortsættes arbejdet fra forrige fase. Den ingeniørmæssige og tekniske viden om CO₂-injektionsbrønde udbygges fortsat, og de geovidskabelige data fra boringerne analyseres. Monitoreringen fortsætter med det formål at dokumentere lagringen/mineraliseringen af CO₂. Ydermere vil der blive udbygget viden om praksis, proces og metode i forhold til CCS.

En regulatorisk og juridisk ramme for CO₂-lagring i geologiske enheder etableres og konsolideres.

Når CCS-potentialet er beskrevet og CO₂-lagrings-

kapaciteten dokumenteret, vil resultaterne fra undersøgelserne kunne anvendes i markedsføringsmæssig sammenhæng. Dette kan f.eks. være ved deltagelse på internationale CCS-konferencer og -messer. Ligeledes vil der kunne finde direkte marketing sted over for f.eks. energiselskaber, som beskæftiger sig med CCS-kæden. Markedsføringsstrategien vil afhænge af undersøgelsesresultaterne og den virksomhedsmodel der vælges.

Markedsføringen foretages med henblik på at tiltrække investeringer til etablering af en CO₂-lagringsfacilitet.



6.4 Samfundsmæssigt udbytte

En fremtidig kommerciel realisering af CO₂-lagring i Grønland vil potentielt kunne bidrage signifikant til Grønlands økonomi.

Implementeringen af CCS er kædet sammen med prisniveauet på CO₂-udledningsafgifter, som kontinuerligt stiger som følge af klimaproblematikken, og indenfor den nærmeste fremtid forventes det, at CO₂-udledningsafgifterne pr. volumenenhed overstiger omkostningerne ved CO₂-lagring. Når dette indtræder, vil det være økonomisk mere rentabelt for punktkildeforurenere at lagre CO₂ hos udbydere og modtageapparater i undergrunden end at udlede det i atmosfæren, dvs. CCS-industrien bliver kommerciel.

Det er store mængder CO₂, i gigaton-skalaen, der fremtidigt skal lagres i undergrunden, dvs. der er rum for et væsentligt antal aktører. Det forventes, at der fremadrettet vil være store økonomiske interesser i CO₂-lagring, og dermed et stort indtjeningspotentiale. For at kunne blive en af disse aktører, gælder det for Grønland om at få bekræftet sit CCS-potentiale, for at kunne komme i betragtning som aftager og modtageapparat i CCS-kæden.

Erhvervsmæssigt vil der være behov for personer, der vil kunne beskæftiges i en CCS-industri. Dette lige fra de indledende studier og undersøgelser til drift, vedligehold og betjening af et CCS-anlæg samt beskæftigelse indenfor diverse servicefag. Ligeledes vil der skulle beskæftiges folk ved modtageanlæg, hvor skibe med importeret CO₂ skal aflaste CO₂ til midlertidig opbevaring før permanent lagring i undergrunden.

I overordnet kontekst vil opbygningen af en potentiel CCS-industri i Grønland ud ad til signalere og brande Grønland som en af frontløberne i forhold til den grønne omstilling og opbygningen af en fremadrettet bæredygtig klimavenlig industri.

