

CLIMIT

opp

summert

20

16

DET NASJONALE PROGRAMMET FOR FORSKNING, UTVIKLING OG
DEMONSTRASJON AV TEKNOLOGI FOR CO₂-HÅNDBTERING.

www.climit.no

Innhold

<u>STADIG NÆRMERE MÅLET</u>	3
<u>NY PROGRAMPLAN 2017-2022</u>	4
<u>REINERTSEN I GANG MED PALLADIUM-PILOT</u>	6
<u>HVILKEN TEKNOLOGI ER BEST?</u>	7
<u>BEDRE KUNNSKAP GIR SIKKER LAGRING</u>	8
<u>CO₂-INJEKSJON GIR REDUSERT KARBONAVTRYKK</u>	10
<u>NORSKUTVIKLET VENTIL HINDRER CO₂-LEKKASJE</u>	11
<u>SAMARBEID FOR SIKRERE OG BILLIGERE RØRLEDNINGER FOR CO₂-TRANSPORT</u>	12
<u>ACT SETTER FART I TEKNOLOGIEN</u>	14
<u>FRUKTBART NORSK-AMERIKANSK SAMARBEID</u>	16
<u>MIKROSEISMISK FORSKNINGSSAMARBEID</u>	17
<u>AMERIKANSK SELSKAP KJØPER NORSK MEMBRAN</u>	18
<u>FREMTIDENS EKSPERTER SKAL FÅ FART PÅ CO₂-HÅNDTERING</u>	20
<u>NØKKELTALL 2016</u>	22

Stadig nærmere målet

Etter mer enn 10 års forskning er det bygget opp en betydelig kunnskapsbase i norske forskningsmiljøer på fangst, transport og lagring av CO₂. Mens andre land i perioder har vaklet noe har Norge holdt trykket oppe i alle år.

Det kan vi være glade for nå. Både det internasjonale energibyrådet IEA og FNs klimapanel sier i klartekst at verden ikke kan nå to-gradersmålet uten at vi tar i bruk teknologi for å fange, transportere og lagre CO₂ i stor stil. Under klimatoppmøtet i Paris i 2015 ble 195 land enige om å kutte utslippene, men få hadde trodd at avtalen ville tre i kraft før 2020. Overraskende nok ratifiserte mange nok land avtalen til at den kunne tre i kraft allerede i november 2016.

Dermed har også mange lands interesse for CO₂-håndtering tatt seg opp. Flere internasjonale forskningsprosjektet har kommet i gang, og takket være vår langsiktige strategi er Norge og CLIMIT en egnet partner i mange sammenhenger. I løpet av 2016 inngikk CLIMIT-forskere samarbeid med forskningsmiljøer både i USA og Australia. I tillegg var det oppstart for det felleseuropeiske forskningsprogrammet ACT – Accelerating CCS Technologies – der Norge vil bidra med midler via CLIMIT. Flere norske aktører er godt representert i de felleseuropeiske prosjektene som nå er i prosess for å få midler fra ACT.

2016 har også vært et år for planlegging av veien videre. Arbeidet med en ny programplan for de kommende fem årene har vært en av hovedoppgavene for Programstyret i året som har gått. Mens grunnleggende forskning og teknologiutvikling har stått sentralt tidligere, legger vi nå vekt på å demonstrere hele verdikjeden av fullskala fangst, transport og lagring av CO₂. CLIMIT skal bidra til at CO₂-håndtering får den nødvendige oppmerksomhet nasjonalt og internasjonalt gjennom samarbeid mellom forskningen og industrien.

En rekke norske forskningsmiljøer og industripartnere er kommet i posisjon til å kunne være med på å realisere et fullskala prosjekt. Uten CLIMIT hadde det ikke vært mulig. Brikkene begynner altså å falle på plass – takket være en langsiktig politisk vilje og langsiktig og systematisk forskningsinnsats gjennom mer enn 10 år.

Hans Roar Sørheim
CLIMITs programstyreleder



Ny programplan 2017–2022

CLIMIT skal bidra til å utvikle teknologi og løsninger for fangst, transport og lagring av CO₂. Utsiktene for hvordan denne teknologien skal tas i bruk har endret seg siden programmet ble startet for 11 år siden. Det gjenspeiles i programplanen for de neste fem år.

Det er bred enighet både blant forskere og politikere om at CO₂-håndtering er et nødvendig virkemiddel for å nå togradersmålet. For norske myndigheter er CLIMIT et viktig virkemiddel for å utvikle teknologi og løsninger for CO₂-håndtering, samt redusere kostnader

og risiko ved å ta teknologien i bruk. Ambisjonen er også at teknologien som utvikles skal kunne tas i bruk internasjonalt. CO₂-utslipp er et globalt problem og karbonfangst, -transport og -lagring er en del av løsningen. Norge har gode forutsetninger for å lykkes. Vi har både bred politisk støtte, gode

forsknings- og teknologimiljøer og stor kapasitet for lagring på norsk sokkel.

ENDRET SATSING

Da CLIMIT ble startet opp var det ut fra en tanke om at CO₂-fangst var egnet for å redusere klimautslipp fra gasskraftverk, slik som på Mongstad.





HANS JØRGEN VINJE
Leder for CLIMIT

+ NORGE ER VERDENsledende
INNEN CO₂-HÅNDTERING OG
GODT RUSTET TIL Å REALISERE
ET FULLSKALAPROSJEKT. +

5

I dag er programmet dreiet mer mot fangst fra andre kilder, som for eksempel industriutslipp. Denne endrede forståelsen kommer også til uttrykk i den nye programplanen for CLIMIT for perioden 2017–2022.

Her legges det vekt på tre hovedsatsingsområder frem mot 2022:

- Tidlig fullskala CO₂-verdikjeder i Europa
- Storskala lagring av CO₂ på norsk sokkel i Nordsjøen
- Fremtidige løsninger for CO₂-håndtering

FULLSKALA VIKTIG

Teknologi for å gjennomføre både fangst, transport og lagring av CO₂ er tilgjengelig i dag. Likevel er det få virksomheter som tar teknologien i bruk. Grunnen er at teknologien er kostbar og det finnes få insentiver for å ta den i bruk. Likevel er det viktig å komme i gang. Derfor går noen land, deriblant Norge, foran gjennom utvikling av tidlige fullskalaprojekter for CO₂-håndtering. CLIMIT vil fortsette å støtte slike aktiviteter for å fremme innovasjon, spredning av teknologi og målrettet teknologiutvikling. Erfaringen fra fullskala vil være svært verdifull når det kommer nye krav til offentlige reguleringer, forretningsmodeller og teknologi i kjølvannet av Paris-avtalen.

STORSKALA LAGRING

Skal CO₂-håndtering bli en realitet er lagring en nøkkelfaktor. Mens underjordisk lagring under befolkede områder har møtt mye motstand, finnes det et stort potensial for offshorelagring av CO₂ på norsk sokkel. Norske miljøer er verdenslederne innen offshore teknologi og operasjoner, og utvikling av et CO₂-lager på norsk sokkel kan bli viktig for å sikre utbredelse av CO₂-håndtering i Europa.

Det vil bli viktig å styrke kunnskapsbasen rundt storskala lagringsløsninger i forbindelse med vurderinger av kapasitet, integrasjon og fleksibilitet. Likedan er analyser fra drift og vedlikehold av lagringsanlegg, inkludert brønner og faste og flytende installasjoner, viktig. Kunnskapen vil bidra til å redusere fremtidig risiko, samt gi nødvendig kompetanse ved utvikling av myndighetskrav, standarder, kommersielle modeller og praktiske løsninger.

NYE LØSNINGER

For å sikre at CO₂-håndtering blir en del av fremtidens klimaløsning vil det være nødvendig å utvikle nye konsepter. CLIMIT dekker hele utviklingskjeden fra forskning til demo, og hele verdikjeden for CO₂-håndtering. I den kommende programperioden er det en

forutsetning at prosjektene som støttes bidrar til reduserte kostnader og risiko for CO₂-håndtering, og at fanget CO₂ blir langtidslagret.

Nye teknologikonsepter for CO₂-håndtering må åpne for betydelige kostnadsreduksjoner. Det finnes flere teknologier med lavt teknisk modenhetsnivå som kan bidra til å redusere kostnadene for CO₂-håndtering, enten ved lavere energibehov, utnyttelse av overskuddsvarme, prosessforenklinger eller prosessintegrasjon. For teknologi som nærmer seg markeds introduksjon vil tildeling av støtte avhenge av om søker kan synliggjøre teknologiens tekniske og kommersielle potensial.

KUNNSKAPSFORDIDLING

Programmet vil i den kommende programperioden ha en proaktiv arbeidsform. Det skal sikre at prosjekter som får støtte bidrar til å oppnå de resultatmål som er definert innenfor satsingsområdene. Det forventes at prosjektene CLIMIT støtter aktivt bidrar til å spre kunnskapen og resultatene som oppnås. Dette vil styrke omdømmet til CO₂-håndtering og gi økte muligheter for at CO₂-håndtering som klimatiltak blir tatt i bruk. ●

CO₂-FANGST

Reinertsen i gang med palladium-pilot

Reinertsens membranteknologi for å produsere hydrogen fra naturgass er kommet ett skritt nærmere kommersialisering. Nylig startet selskapet opp et pilotanlegg i industriell skala på Statoils metanolfabrikk på Tjeldbergodden.

Tenk deg en framtid der naturgass fra Nordsjøen blir forvandlet til ren hydrogen – og CO₂-gassen som blir igjen pumpes tilbake i reservoaret. Det er mulig ved å la naturgassen passere en syltynn membran av palladium. Reinertsen i Trondheim er i ferd med å utvikle SINTEFs patenterte membran-teknologi til et kommersielt produkt.

PALLADIUM-MAGI

Det blanke metallet kan forveksles med aluminium, men palladium er et langt mer sjeldent og kostbart grunnstoff med helt unike

egenskaper. Palladium slipper gjennom hydrogenatomer, mens CO₂ og andre gasser blir holdt tilbake. Når filmen legges over et porøst rør som det sendes gass gjennom, vil hydrogen skilles ut gjennom membranen. Teknologien kan dermed brukes til å produsere hydrogen uten å slippe ut CO₂. Selv om dette er kjent teknologi, har Reinertsen, takket være et samarbeid med forskere ved SINTEF, utviklet markedets tynneste og mest effektive palladiummembran.

– De membranene som eksisterte var for tykke til praktisk

bruk i stor skala, sier prosjektleder Frode Roness i Reinertsen.

– Utfordringen har vært å lage tilstrekkelig tynne membraner i tilstrekkelig stort areal, og det har vi fått til takket være et A-lag av SINTEF-forskere og støtte fra CLIMIT.

PILOTANLEGG

Palladiummembranen har tidligere gitt lovende resultater i laboratoriet, men nå testes den ut i industriell skala ved Statoils anlegg på Tjeldbergodden. Hvis resultatene herfra blir som forventet, tror Roness de kan gå ut i markedet i løpet av 2017.

– Mye av testingen nå handler om å kartlegge levetiden på membranen og finjustere produksjonsanlegget, sier Roness.

– Vi forventer at membranen vil ha en levetid på cirka fem år før den må skiftes ut. Piloten vil gi oss svar på om det stemmer. Dette er viktig, for

Reinertsen er nå i gang med piloten på Statoils anlegg på Tjeldbergodden.



FAKTA

PROSJEKT: 241447 CO₂-fangst og hydrogenproduksjon ved bruk av palladium membran

PROSJEKTEIER: Reinertsen

PROSJEKTPERIODE: 2014–2017

FINANSIERING: 90 MNOK

PARTNERE: SINTEF MK

**FRODE RONESS**

Prosjektleder

det er både krevende og kostbart å måtte skifte membranen ofte.

KOMMERSIALISERING

Til nå er det investert omlag 100 MNOK i utvikling av membran-teknologien. Gassnova og CLIMIT har bidratt med 70 MNOK og Reinertsen selv med omlag 30 MNOK. Ytterligere finansiering fra private investorer må til for å få teknologien ut på markedet, men Frode Roness hos Reinertsen er optimistisk.

– Vi har et par års forsprang på konkurrentene våre, og vi tror dette vil bli bra forretning også, sier han. – Verden trenger mer ren energi, og hydrogen er en sterk kandidat til å erstatte olje og gass som energibærer.

Utfordringen i dag er at hydrogenproduksjon både er energi-krevende og kostbart, slik at den verken er konkurransedyktig eller miljøvennlig nok. Med Reinertsens membran-teknologi vil produksjonen av hydrogen bli betydelig rimeligere enn både tradisjonell elektrolyse-produksjon og andre separasjons-teknologier. I tillegg kan teknologien gjøre naturgass til et godt, grønt alternativ.

– I framtiden ser vi for oss at hydrogen kan produseres i store mengder fra norsk naturgass, samtidig med at CO₂ injiseres tilbake til lagre under havbunnen i Nordsjøen. Dette hydrogenet kan dermed brukes til miljøvennlig energiproduksjon, transport og lignende, sier Roness.

– Da vil vi kunne få en «lav-karbon» gassvirksomhet som er bærekraftig også i et lavutslippssamfunn. ●

Hvilken teknologi er best?

Det utvikles mange konkurrerende teknologier for fangst og lagring av CO₂, men hvilke bør vi satse på? Prosjektet EDDiCCUT har utviklet metoder og verktøy for å kunne svare på akkurat det.

EDDiCCUT er en forkortelse for «Environmental Due Dilligence of CO₂ Capture and Utilization Technologies», noe som på norsk kan oversettes til «en metode for å vurdere og sammenligne ulike teknologier for CO₂-håndtering».

– I all hovedsak dreier det seg om beslutningsstøtte for å finne fram til den teknologien som gir størst miljøgevinst, sier leder for EDDiCCUT, Anders Hammer Strømman, professor i industriell økologi ved Institutt for energi- og prosess-teknikk NTNU.

– Økonomiske og teknologiske vurderinger blir gjort fortløpende ut fra kost-nytte hensyn. Det vi har innført i tillegg er en vurdering av hvilke teknologier som vil gi størst klimaeffekt i form av redusert utslipp av CO₂. Den samlede vurdering av de økonomiske, teknologiske og miljømessige faktorene vil gi det beste totale grunnlaget for å vurdere ulike teknologier opp mot hverandre.

EDDiCCUT er i første rekke et forskningsprosjekt, men prosjektet er basert på 10 representative case-studier i samarbeid med industrielle partnere. Resultatene fra prosjektet er publisert i internasjonale forsknings-tidsskrifter, og kunnskapen er fritt tilgjengelig for den som har behov for den.

– Brukerne kan for eksempel være bevilgende myndigheter, som skal vurdere verdien av å videreutvikle en teknologi, eller industrielle aktører som skal vurdere hva slags teknologi de skal satse på, sier Strømman.

– Vår oppgave var å utvikle verktøyene. Nå er det opp til andre å ta dem i bruk. ●

FAKTA

PROSJEKT: EDDiCCUT – Environmental Due Dilligence of CO₂ Capture and Utilization Technologies

PROSJEKTEIER: NTNU

PROSJEKTPERIODE: 2013–2017

FINANSIERING: 18,7 MNOK

PARTNERE: Shell, Uniper, Bharat Petroleum, Siemens (deler av prosjektperioden), Universitetet i Utrecht og Tel-Tek

Bedre kunnskap gir sikker lagring

Statoil forbereder seg på en framtid der de kan bruke sin offshorekunnskap og erfaring på å tilby lagring av CO₂ under havbunnen. Det forutsetter trygge lagringssteder med stor nok kapasitet.

Å fylle tomme olje- og gassbrønner i Nordsjøen med CO₂ høres ut som en god idé, men skal ideen ha noe for seg må vi være sikre på at klimagassen ikke lekker ut på grunn av porøse bergarter, eller sprekker. Statoil har derfor, sammen med forskere fra Institutt for geofag ved Universitetet i Oslo, lett etter egnede steder for deponi av store mengder CO₂.

– Statoil har ambisjoner om å bli store på CO₂-lagring. Men Statoil er også en kommersiell aktør, så hvis vi skal kunne satse på CO₂-lagring må vi vite at det blir et lønnsomt prosjekt. Det igjen betyr at vi både må kunne tilby tilstrekkelig lagringsvolum og forsvarlig forsegling av lagrene, forklarer Rudolf Maurer, geolog i Statoil og prosjektleder for CO₂Seal.

TRYGG LAGRING

En kritisk nøkkelfaktor for å få til fullskala håndtering av CO₂ er nettopp egnede lagringssteder. Da handler det mye om egenskapene til bergartene der CO₂ skal lagres. Porøse bergarter er egnet for å holde på gassen, men for at den ikke skal sive ut igjen må lageret ha et tak av en mer stabil og tettere bergart.

– Gode lagringsplasser påvirker både økonomien i prosjektene og folks tillit til at denne typen lagring er forsvarlig og trygg, sier Maurer.

NYE KJERNEPRØVER

CO₂Seal er finansiert 50/50 av CLIMIT-Demo og Statoil, og det har vært et tett samarbeid mellom Statoil og forskere ved Institutt for geofag ved Universitetet i Oslo.

– Prosjektet startet i 2010, og har vært gjennomført i ulike faser. Vi begynte med en kartlegging av mulige lagringssteder, undersøkelse av



sedimentære forhold og geologisk styrke til analyse av geologiske kjerneprøver nå i den siste avsluttende fasen, sier Maurer.

– Statoil hadde selvfølgelig mange geologiske kjerneprøver liggende fra før, men disse var blitt gamle og var for upålitelige for våre analyser. Å innhente nye prøver var derfor nødvendig for å kunne gjøre gode nok analyser. Takket være prosjektet CO₂Seal har vi kunne gå langt grundigere

Statoil planlegger
å lagre CO₂ under havbunnen
i Nordsjøen.



9

til verks og fått betydelig bedre kunnskap enn vi ville ha fått om vi skulle gjort dette alene.

CO₂Seal har gitt både kunnskap og erfaring som vil komme til nytte ved vurdering av mange framtidige lagringsplasser for CO₂.

– Vi har blant annet tilgjengelig overskuddsmateriale fra våre kjerneprøver som vi vil gjøre tilgjengelig for forskere som måtte ønske å bruke dem i sine analyser, sier Maurer. ●

FAKTA	
	<p>PROSJEKT: Evaluation of the long-term sealing capabilities in the southern Norwegian sector of the North Sea for CO₂ storage purposes</p> <p>PROSJEKTEIER: Statoil</p> <p>PROSJEKTPERIODE: 2010–2016</p> <p>FINANSIERING: 16,6 MNOK</p> <p>PARTNERE: Universitetet i Oslo</p>

CO₂-LAGRING

CO₂-injeksjon gir redusert karbonavtrykk



PER HELGE NØKLEBY

Leder for EOR forretningsutvikling i Aker Solutions

Aker Solutions har betydelig kompetanse på offshore teknologi for å utvinne olje og gass. Nå vil de bruke kunnskap og havbunnsinstallasjoner til å få mer ut av feltene ved å injisere CO₂ i reservoarene.

CO₂-EOR – eller Enhanced Oil Recovery ved hjelp av CO₂ – er en metode som har vært kjent og brukt for å utvinne olje i 40 år, men bare på land. Nå har Aker Solutions og Statoil sammen utviklet et teknologikonsept som kan realisere offshore EOR ved hjelp av CO₂.

– Det vi vil gjøre er å injisere CO₂ fra skip ned i reservoaret, og samtidig håndtere CO₂ som kommer tilbake med oljestrømmen i en havbunnsinstallasjon, sier Pål Helge Nøkleby, leder for EOR forretningsutvikling i Aker Solutions. Ved å anvende reservoaret til permanent lager for CO₂ etter den kommersielle oljeproduksjonen vil den ekstra produserte oljen få et negativt karbonfotavtrykk.

HAR UTSTYRET

Fordelene med Aker Solutions konsept for offshore EOR er flere. De kan bruke mange av de utstyrskomponentene de allerede bruker for subsea olje- og gassproduksjon, men setter elementene sammen på nye måter for å få en fungerende produksjonslinje.

– Dette vil være krevende, derfor arbeider vi med å kvalifisere teknologien videre, slik at metoden forhåpentligvis kan bli en del av en fullskala prosess for CO₂-håndtering i forbindelse med det planlagte nasjonale-fullskala demo prosjektet, sier Nøkleby.

STORE VERDIER

Store verdier kan bli realisert dersom teknologien blir tatt i bruk for alvor.

– På norsk sokkel finnes det kanskje 300 millioner kubikkmeter olje som kan utvinnes ved hjelp av CO₂-injeksjon. Det tilsvarer omtrent 10 prosent av det vi allerede har hentet opp, på britisk side finnes det kanskje tre ganger så mye, sier Nøkleby.

– Det beste av alt er likevel at denne metoden kan gi stor verdiskaping samtidig med et redusert karbonfotavtrykk for den ekstra produserte oljen. ●

På norsk sokkel

300

MILLIONER kubikkmeter olje som kan utvinnes ved hjelp av CO₂-injeksjon.

DET TILSVARER omtrent 10 prosent av det vi allerede har hentet opp.

FAKTA

PROSJEKT: Konseptstudie for kombinasjon av fullskala fangst av CO₂ med lagring og anvendelse til EOR for Nordsjø oljefelt
PROSJEKTEIER: Aker Solutions
PROSJEKTPERIODE: 2013–2016
FINANSIERING: 9,4 MNOK
PARTNERE: Statoil



— InflowControl har utviklet en helautomatisk ventil til EOR -utvinning.



VIDAR MATHIESEN
CEO og gründer i selskapet InflowControl

Norskutviklet ventil hindrer CO₂-lekkasje

For økt oljeutvinning med CO₂ (EOR) kan gjennomslag av CO₂ til produksjonsbrønnen være en utfordring. En norskutviklet selvregulerende ventil kan løse problemet.

Ventilen er en videreutvikling av en ventil som selskapet InflowControl i Porsgrunn har utviklet til konvensjonell økt oljeproduksjon med vanninjeksjon. Vannet trykkes inn i feltet gjennom en injeksjonsbrønn og drar med seg olje på vei mot en produksjonsbrønn. Vannet velger minste motstands vei mot produksjonsbrønnen, som for eksempel sprekker i oljefeltet som har lavere motstand enn omkringliggende formasjoner. Hvis en stor del av vannet følger en slik snarvei til produksjonsbrønnen, som kalles et gjennomslag, så blir oljeproduksjonen mindre effektiv. Ventilen som InflowControl har utviklet stenger av områder i produksjonsbrønner hvor det er gjennomslag. Dermed er snarveien stengt og vannet må gå en lengre vei over et større område og får dermed med seg mer olje.

Med støtte fra CLIMIT-Demo har InflowControl utviklet en versjon av ventilen som kan brukes i økt

oljeutvinning med CO₂ som er testet i et CO₂-EOR oljefelt i Canada. Fra en CCUS synsvinkel er ventilen interessant fordi den kan bidra til at oljefeltet lagrer en større mengde CO₂ da oljeproduksjonen avsluttes enn om oljeproduksjonen avsluttes tidligere på grunn av gjennombrudd av CO₂.

– Resultatene var svært oppmuntrende sier Vidar Mathiesen, CEO og gründer i selskapet InflowControl i Porsgrunn. Ventilen er selvregulerende og trenger ikke signaler eller energi fra overflaten for å fungere. De ulike fluidene som renner gjennom ventilen har ulike viskositet og det er ulikheter i denne egenskapen som bestemmer om ventilen åpner eller lukker.

– Det betyr at den kan slippe gjennom olje ved EOR-produksjon, men hindre at store mengder CO₂ strømmer tilbake sammen med oljen. Forsøket viser at ventilen fungerer etter intensjonene. Den identifiserer

uønskede væsker automatisk og stenger og åpner seg når den skal, sier Mathiesen.

Ventilen, som har fått navnet Autonomous Inflow Control Valve (AICV), kan bidra til en firedobling av oljeproduksjonen ved EOR sammenlignet med konkurrerende teknologi. ●

FAKTA

PROSJEKT: Autonome ventiler for økt utvinning av oljereservoar samtidig med økt lagring av CO₂

PROSJEKTEIER: InflowControl Porsgrunn

PROSJEKTPERIODE: 2015–2016

FINANSIERING: 4,3 MNOK

PARTNERE: Apache

Samarbeid for sikrere og billigere rørledninger for CO₂-transport

12

Den dagen fullskala fangst, transport og lagring av CO₂ blir en realitet, vil mye av klimagassen måtte transporteres i rørledninger. Norske og australske fagfolk har gått sammen om et testprogram for rørledninger som skal sette en ny standard.

Rørledninger vil trolig være den vanligste måten å transportere CO₂ over store avstander, og da er det viktig at rørene er tilstrekkelig solide til å tåle påkjenningene av CO₂ under trykk og ved dekompresjon. CO₂-rørledninger risikerer løpende brudd som følge av faseovergang ved dekompresjon. Så hvor tykke må rørene være for å være solide nok?

NORSK-AUSTRALSK SAMARBEID

DNV GL i Norge og det australske Energy Pipelines CRC (EPCRC) inngikk sommeren 2016 et samarbeid som har som mål å videreutvikle modeller for styrkeberegning av rør for CO₂-transport samt spredning av CO₂-utslipp. Prosjektet er støttet av CLIMIT på norsk side, og det australske næringsdepartementet 50/50 med tilsammen 40 MNOK. En stor del av midlene går til å utføre storskala tester av rør ved DNV GL testsenter i Spadeadam i Storbritannia.

– Dette er et ganske unikt samarbeidsprosjekt, sier prosjektleder Bente Helen Leinum ved DNV GL.
– Både fordi det er det eneste samarbeidsprosjektet i sitt slag innenfor CO₂-transport, og fordi vi gjennom avtalen opptrer som ett prosjektteam med én felles pott og en felles leveranse.

LAGER NYE MODELLER

Hovedmålsettingen med prosjektet er å videreutvikle modeller for design av rørledninger. I mangel av gode retningslinjer og modeller for bestemmelse av veggtykkelse og materialegenskaper, er man avhengig av å bruke skjønn og erfaring. Det betyr i praksis å bygge rørledningen så solide at en er helt sikker på at de er solide nok. En sprekk i en rørledning kan få alvorlige følger.

– Vi har først og fremst erfaring fra transport av naturgass, og CO₂ oppfører seg ikke likt som

naturgass. En lekkasje ett sted i en rørledning kan i verste fall føre til at rørledningen revner i hele sin lengde – over mange kilometer, sier Leinum. Rørledninger er typisk satt sammen av rør i lengder på 12 meter som sveises sammen. Kan en revne begrenses til en enkelt rørlengde, begrenses skadeomfanget betydelig.

– Det er også kostbart å bygge lange rørledninger, så hvis vi kan utvikle kunnskap som kan bidra til at CO₂-rørledninger kan dimensjoneres med mindre marginer enn dagens praksis, kan dette gi store kostnadsreduksjoner., sier Leinum.

BRUDDTESTER OG SIMULERINGER

I prosjektet skal det gjennomføres både simuleringer for brudd og utslipp samt to fullskala bruddtester ved testsenteret Spadeadam. Ved bruddtestene vil en ikke bare få kunnskap om hvordan rørledningene oppfører seg, men også hvordan CO₂ sprer seg ved en lekkasje.

– Den kunnskapen vi får gjennom testene vil så i neste omgang bli brukt til å oppdatere standarder og modeller for design og drift av CO₂-rørledninger. Vi tester både materialer og dimensjoner, og selv om dette er et prosjekt gjennomført av Australia og Norge i fellesskap, vil kunnskapen og modellene komme alle som vil drive med CO₂-fangst til nytte, sier Leinum. – Målet er å at transport av CO₂ kan gjøres så sikkert og rimelig som mulig.

Prosjektet ble startet opp sommeren 2016, og de første testene vil bli gjennomført sommeren 2017. Disse vil gi ny kunnskap som kan brukes til å kalibrere etterfølgende test som er planlagt til desember 2017. ●

+ DEN KUNNSKAPEN VI FÅR GJENNOM
TESTENE VIL SÅ I NESTE OMGANG BLI
BRUKT TIL Å OPPDATERE STANDARDER
OG MODELLER FOR DESIGN OG DRIFT AV
CO₂-RØRLEDNINGER. +

**FAKTA**

PROSJEKT: CO₂ SafeArrest
PROSJEKTEIER: DNV GL
PROSJEKTPERIODE: 2016–2019
FINANSIERING: 40 MNOK
PARTNERE: Energy Pipelines CRC

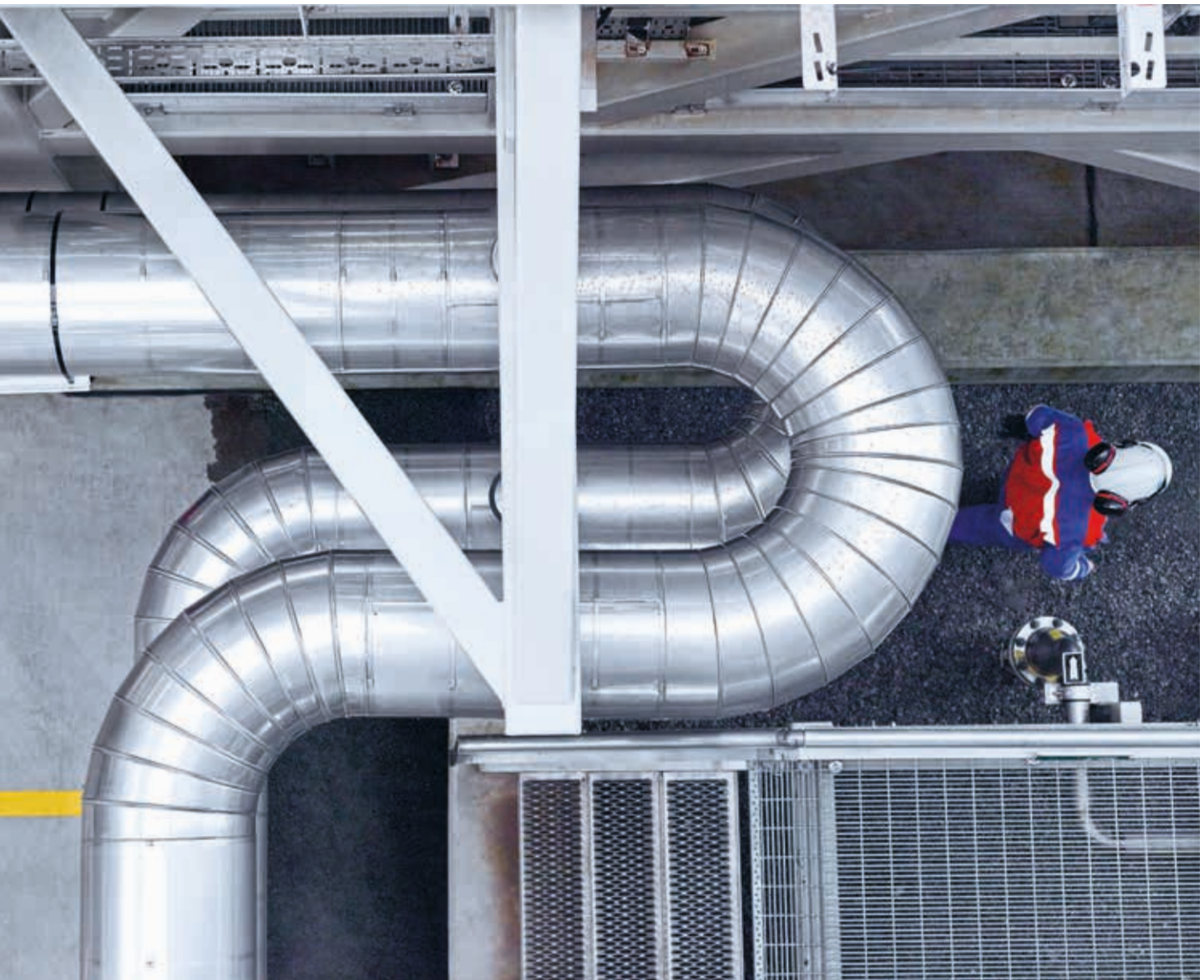
— CO₂-skyen
etter en kontrollert
rørlekkasje ved DNV GL
anlegg i Spadeadam
i Storbritannia.

INTERNASJONALT

ACT setter fart i teknologien

14

EU-kommisjonen gir 13 millioner euro, og ni samarbeidende land går inn med tilsammen 29 millioner euro til det felleseuropeiske prosjektet ACT – Accelerating CCS Technologies. Midlene skal fordeles sommeren 2017.



**AAGE STANGELAND**

Rådgiver i Norges forskningsråd

+ ETT FELLES SØKNADSSYSTEM
FOR ALLE DE DELTAKENDE LANDENE
ER EN GOD NYHET SOM FORENKLER
PROSESSEN FOR SØKERNE. +

15

– En samlet pott på 43 friske millioner euro er veldig gode nyheter både for forskningen på CO₂-håndtering internasjonalt, men også for forskningsmiljøene i Norge, sier rådgiver i Norges forskningsråd, Aage Stangeland. Han skal, sammen med kollega Ragnhild Rønneberg, ha koordinatoransvaret for prosjektet. Midlene er nå lyst og søknadsbehandlingen skal skje fram mot tildeling sommeren 2017.

– Det vi ber om søknader på nå er industrielle prosjekter, det vil si piloter i samarbeid mellom forskningsmiljøene og industrien, sier Stangeland.

– Det vil ikke bli gitt penger til grunnforskning i denne omgang.

I tillegg til å ha en industripartner, må søkerne også finne forskningspartnere fra minst to av de andre landene. Det kan søkes støtte til alle typer prosjekter, både innenfor fangst, transport og lagring – og EOR.

– Jeg kan selvfølgelig ikke si noe mer detaljert om søkere annet enn at vi har fått inn veldig spennende søknader, sier Stangeland. I søknadsbunken fra norsk side vil det naturlig nok være mange aktører som allerede har fått støtte gjennom CLIMIT

Vi vil ha fokus på piloter som har fokus på industriell aktiviteter, vi vil ikke ha grunnforskning. Vi vil koble sammen forskning og industri, må også være partnere fra to andre land.

– I sommer deler vi ut alle midlene. Det meste vil gå til store prosjekter, men også noen mindre. Vi har i tillegg ambisjoner om å dele ut en ny pott i 2018 og enda en i 2020, sier Stangeland. Norge bidrar med seks millioner euro til fellespotten, men Stangeland tror det er grunn til å tro at norske prosjekter vil få støtte som overstiger det vi bidrar med.

– Norge har, ikke minst takket være CLIMIT, hatt høy aktivitet på dette forskningsområdet

gjennom mer enn 10 år. I flere andre land har aktiviteten dabbet av eller forsvunnet helt. Det som kanskje er mest gledelig med denne satsingen er at vi nå greier å mobilisere både land som ikke har vært så aktive, og land som tidligere har vært store, sier Stangeland.

– Det betyr at disse landene vil bruke mye mer midler på denne forskningen enn de ellers ville ha gjort. ACT skaper ett momentum som vi virkelig trenger nå. Ett felles søknadssystem for alle de deltakende landene er også en god nyhet som forenkler prosessen for søkerne, og øker sjansene for at prosjektene blir gjennomført. ●

FAKTA	
	<p>LANDENE SOM DELTAR I ACT BIDRAR med 29 millioner euro. Kommisjonen har vedtatt å støtte ACT med 12,9 millioner euro, og totalbudsjettet blir dermed nærmere 43 millioner euro.</p> <p>FØLGENDE LAND DELTAR I ACT: Norge, Tyskland, UK, Nederland, Sveits, Tyrkia, Romania, Spania og Hellas.</p> <p>NORGE HAR SAMMEN MED TYSKLAND ledet arbeidet med søknaden, og Forskningsrådet ved Ragnhild Rønneberg og Aage Stangeland er koordinator for ACT.</p> <p>DET NORSKE BIDRAGET TIL ACT på seks millioner euro kommer fra CLIMIT-programmet.</p>

Fruktbart norsk-amerikansk samarbeid

FAKTA

PROSJEKT: Solvent Sensor for Online Process Monitoring (S-SENCE)
PROSJEKTEIER: SINTEF
PROSJEKTPERIODE: 2015–2017
FINANSIERING: 4,87 MNOK
PARTNERE: ION Engineering

16

Mer enn 10 års forskningsinnsats gjennom CLIMIT har gjort Norge til en attraktiv samarbeidspartner for utenlandske forskere. Både fagkompetansen og det unike Teknologisenteret på Mongstad er trekkplastre.

I 2016 opprettet det amerikanske selskapet ION Engineering en egen avdeling i Norge for å få muligheten til å samarbeide med forskere ved SINTEF og tilgang til Teknologisenteret på Mongstad (TCM).

– Det er veldig interessant at ION nå etablerer seg i Norge for å samarbeide videre med oss, sier Solrun J. Vevelstad i SINTEF Materialer og kjemi.

– Det viser at Norge har blitt en viktig internasjonal samarbeidspartner på forskning innenfor CO₂-håndtering. Både forskningskompetansen vi har og testmulighetene ved TCM er avgjørende.

SPEKIALISTER

ION Engineering ble etablert i 2008 og har blant annet spesialisert seg på å utvikle solventer for CO₂-fangst som krever langt mindre energi enn andre solventer. Driftskostnadene vil dermed gå ned. Solventen har i laboratorietester fanget 95–96 prosent av CO₂-en fra røykgassen. I et tilfelle nådde de hele 99 prosent. De har testet teknologien hjemme i USA ved National Carbon Capture Center, men manglet metoder og instrumenter for å kunne optimalisere produktene sine. Det fant de hos SINTEF i Trondheim, som hadde utviklet et konsept for online analyse av solventer. I 2015 inngikk SINTEF og ION et samarbeid om å utvikle dette videre.

– Vi hadde ideen til analyseverktøyet, men takket være forskningssamarbeidet med ION Engineering fikk vi ressursene til å utvikle dette videre til en fungerende prototype som kan gi raskere og mer kostnadseffektiv prøvetaking og analyse enn det manuelle systemet vi har hatt til nå, sier Vevelstad. Instrumentet gjør det mulig med kontinuerlig måling av komponenter i blandinger som tidligere bare kunne oppnås ved manuelle analyser.

ONLINE VERKTØY

Online væskeanalyser er viktig for å minimere energiforbruket i fangstprosessen under varierende betingelser. Slike væskeanalyser vil også øke kunnskapen om degradering og miljøutslipp ved bruk av solventer, og redusere behovet for kostbare laboratorieanalyser.

– For ION Engineering er dette selsagt også interessant, sier Solrun J. Vevelstad. – De utvikler solventer til fangst av CO₂ fra avgasser som de nå kan få testet på TCM.

Samarbeidsprosjektet mellom ION Engineering og SINTEF har motatt støtte både fra det amerikanske energidepartementet US Department of Energy (DOE) og fra CLIMIT.

– At de nå har etablert firma i Norge viser at de verdsetter samarbeidet og at de har tenkt å fortsette å bruke fasilitetene ved TCM og

norsk forskningskompetanse, sier Vevelstad.

KOMMERSIALISERING

SINTEF og ION har bygget hver sin mobile analysator, ION Engineering skal bruke sin til å teste sin teknologi på TCM i første halvår 2017. SINTEFs analysator kan brukes til andre prosjekter.

ION Engineering og SINTEF arbeider med planer om kommersialisering av konseptet med videreutvikling av analysatoren som et kompakt industrielt målesystem med skreddersydde komponenter. Måleprinsippet kan også brukes for væskeanalyser i andre typer industrielle prosesser. ●



SOLRUN JOHANNE VEVELSTAD
Forsker

Mikroseismisk forsknings-samarbeid

Effektiv CO₂-håndtering står og faller på muligheten for trygg og varig lagring under jorden eller havbunnen i Nordsjøen. Hvor trygg vil slik lagring være? Norske og amerikanske forskere samarbeider om å finne svaret.

— Skal vi kunne lagre trygt under jorden eller havbunnen er det nødvendig å ha full kontroll på hvordan CO₂ oppfører seg under injeksjon og hvor den eventuelt kan lekke ut, sier Volker Oye, forsker og avdelingsleder for mikroseismisk monitorering ved NORSAR på Kjeller. NORSAR er spesialister på seismisk måling, og leder et norsk-amerikansk forskningsprosjekt om mikroseismisk overvåking av CO₂-lager.

UROVEKKENDE FUNN

— Bakgrunnen for prosjektet var funn vi gjorde i et CO₂-lager i Illinois, der det oppstod mange tusen mikroseismiske hendelser under injeksjon av CO₂, forklarer Oye. — Funnet var overraskende, for dette var injeksjon under svært lavt trykk. Vi hadde ikke ventet at noe sånt kunne skje.

Mikroseismiske hendelser er bittesmå jordskjelv, ofte utløst av menneskeskapte aktiviteter som endrer trykket og spenningen i undergrunnen. De kan oppstå i gruver, ved olje og gassutvinning, men har ikke vært ansett som noen stor risiko ved CO₂-lagring.

— I dette tilfellet dreide det seg om svært små bevegelser som ingen kan føle, men det ga likevel grunn til en viss uro fordi det var så uventet mange mikroseismisk hendelser, sier Oye.

Illinois State Geological Survey ønsket å få NORSAR med på

videre undersøkelser, og søkte finansiering hos det amerikanske energidepartementet (DOE). Siden prosjektet også har stor relevans for planlagt norsk CO₂-lagring under havbunnen i Nordsjøen, gikk NORSAR sammen med SINTEF og søkte støtte fra CLIMIT til den norske deltakelsen.

— Det er første gang vi har et slikt forsknings-samarbeid på CO₂-lagring, noe som i seg selv er spennende, sier Volker Oye.

I STARTFASEN

Det CLIMIT finansierte prosjektet er helt i startfasen, så mange resultater har ikke Volker Oye å by på ennå. Men målet med prosjektet er klart.

— Håper et at vi kan finne ut under hvilke forhold, hvor og i hvilke lag og bergarter disse hendelsene oppstår, sier han. Volker Oye mener de aktuelle norske lagringsplassene er gode kandidater for fremtidig CO₂-lagring, men funnene av mikroseismiske hendelser fra Illinois viser hvor viktig det er å være observant.

— Det finnes eksempler på menneskelig aktivitet som har utløst jordskjelv, så det er viktig å være føre var. Jeg tenker at det alltid er klokt å bruke noe tid og ressurser på kartlegging og forskning før du lagrer millioner av tonn CO₂ et sted. Det er en liten pris å betale for langsiktig trygghet. ●



VOLKER OYE

Forsker og avdelingsleder for mikroseismisk monitorering ved NORSAR.

FAKTA

PROSJEKT: Monitoring of CO₂ Storage Using Microseismicity and 4D Seismic Modelling
PROSJEKTLEDER: NORSAR
PROSJEKTPERIODE: 2016–2018
FINANSIERING: 13,63 MNOK
PARTNERE: SINTEF og Illinois State Geological Survey

KOMMERSIALISERING

Amerikansk selskap kjøper norsk membran

18

En forskergruppe ved NTNU har utviklet en membran som etterligner lungenes måte å skille ut CO₂ på. Nå har det amerikanske selskapet Air Products Inc. inngått en lisensavtale med NTNU om bruk av teknologien.

Luften vi puster inn består i all hovedsak av nitrogen og oksygen. Gjennom respirasjonen tar kroppen opp oksygen mens den kvitter seg med CO₂. May-Britt Hägg og en gruppe forskere ved NTNU har utviklet en membran som etterligner lungenes måte å skille ut CO₂ på.

– I lungene har vi et enzym som «fanger» og transporterer vekk CO₂ når vi puster, og den membranen vi har utviklet inneholder også en slik kjemisk forbindelse med omtrent de samme egenskapene, sier Hägg. Membranen gir en svært miljøvennlig og kostnadseffektiv metode for å skille ut CO₂ fra røykgass.

MILJØVENNLIG OG RIMELIG

– Membranteknologien krever betydelig mindre energi enn andre metoder, og heller ingen kjemikalier for å rense avgasser, forklarer May-Britt. Membranene består av et plaststoff (polyvinylamin), der det er amingruppen i platen som fungerer som bærer av CO₂.

– Dette aminet fungerer som et transportmolekyl for CO₂ gjennom membranen når fuktighet er tilstede, forklarer Hägg.

– Prosessen kan sammenlignes med det som skjer i lungene våre når vi puster.

Teknologien er nylig testet ut både på Norcems sementfabrikk i Brevik, og på SINTEFs CO₂-lab på Tiller utenfor Trondheim; tidligere også på et kullkraftverk i Portugal. Den har vist seg å være spesielt effektiv til å rense røykgasser hvor CO₂-innholdet er 10 % eller høyere, som for eksempel fra kullkraftverk. Ifølge Hägg kan membranen fjerne bortimot 90 prosent av CO₂.

UT PÅ MARKEDET

Etter mange års forskning, og med støtte fra blant annet CLIMIT, er membranen klar for markedet. Hägg og NTNU har inngått en avtale med det amerikanske selskapet Air Products Inc. som åpenbart ser kommersielle muligheter i membranteknologien.

– Dette er svært gledelig for oss. Vi er forskere, men også opptatt av at det vi produserer kan komme til nytte. Derfor er det fint at noen kan utnytte kunnskapen vår til å skape verdier for samfunnet, sier Hägg.

ARBEIDSPASSER

Air Products har mer en 16 000 ansatte i 50 land, og er en stor leverandør av naturgass, prosesseteknologi og -utstyr. Selskapet har også en avdeling i Kristiansand, og det er her en ser for seg at membransystemene etter hvert skal produseres.

– Det er Air Products som har ansvaret for den videre utvikling, men det er grunn til å tro at denne membranteknologien kan bidra til å skape mange nye arbeidsplasser i Kristiansandsområdet, sier Hägg.

Lisensavtalen er også gode nyheter for NTNU, som i tillegg til et betydelig millionbeløp ved signering, vil få royaltyinntekter for hver ny Air Products-kunde som tar metoden i bruk. ●

+ DET ER GRUNN TIL Å TRO AT
DENNE MEMBRANTEKNOLOGIEN
KAN BIDRA TIL Å SKAPE MANGE NYE
ARBEIDSPASSER. +



MAY-BRITT HÄGG
Forsker



Fremtidens eksperter skal få fart på CO₂-håndtering

Doktorgradsstudentene som deltok på CLIMITs PhD-seminar har pågangsmot, entusiasme og massevis av gode ideer for hvordan CO₂-håndtering kan bidra til å løse klimautfordringene.

Årets seminar ble arrangert 20.–21. oktober på Hamar i samarbeid med FME SUCCESS. Ca. 30 doktorgradsstudenter deltok.

– En viktig målsetning for CLIMIT er å utdanne doktorgradsstudenter slik at det i kommende år blir god tilvekst av eksperter som skal implementere CO₂-håndtering i stor stil, sier Aage Stangeland, prosjektkoordinator i CLIMIT-FoU.

CLIMIT-programmet arrangerer årlig seminar for alle doktorgradsstudenter som jobber med CO₂-håndtering. Årets seminar viste at rekrutteringen av fremtidens eksperter er svært lovende. På PhD-seminaret fikk studentene mulighet til å vise frem sitt arbeid, både gjennom presentasjoner og poster. Et bredt spekter av presentasjoner ble vist: Alt fra CO₂-fangst kombinert med hydrogenproduksjon, til korrosjon i oljerørledninger, og nye modeller for lagring av CO₂.

– Med massevis av glød og gode prosjekter er vi overbevist om at de unge forskerne har det som skal til for å få på plass nye løsninger for fangst, transport og lagring av CO₂, sier Stangeland.

Stangeland vil likevel fremheve to studenter som stakk av med hver sin pris: Odd Andersen fra UiB/SINTEF fikk premie for beste foredrag om modellering av CO₂-lagring.

– Han har tatt i bruk avansert matematikk for å forutse hvordan CO₂ flyter og reagerer i et lager. Dette er noe industrien trenger, sier Stangeland.

Bjørn Morland fra IFE fikk en pris for den beste posteren.

– Han har gjort solid arbeid på CO₂-transport og termodynamikk og vist hvordan



CO₂ kan føres i en rørledning på en trygg måte, sier Stangeland.

Doktorgradsstudentene kommer hovedsakelig fra de store universitetene i Norge som Universitetet i Oslo, Universitet i Bergen og Norges Teknisk-naturvitenskaplige universitet i Trondheim. ●



+ EN VIKTIG MÅLSETNING FOR CLIMIT ER Å UTDANNE
DOKTORGRADSSTUDENTER SLIK AT DET I KOMMENDE ÅR BLIR
GOD TILVEKST AV EKSPERTER SOM SKAL IMPLEMENTERE
CO₂-HÅNDBTERING I STOR STIL. +

Nøkkeltall

2016

22

Det var stor interesse for å søke midler fra CLIMIT i 2016, og ved utgangen av året hadde i alt 38 nye prosjekter fått 254 millioner kroner i støtte. Det er spesielt gledelig at stadig flere forskningsprosjekter fortsetter som demonstrasjonsprosjekter.

CLIMIT-programmet har i 2016 opplevd et økende tilfang av søknader, og vi ser at flere av FoU-prosjektene går videre til Demo-delen. SOLVit-prosjektet ble avsluttet i 2016, som ett av de største prosjektene i CLIMITs portefølje. SOLVit er også et godt eksempel på samspillet mellom FoU og demo.

EUROPEISK FELLESSATSING

Sekretariatet har brukt mye tid og ressurser på å dra i gang det felleseuropeiske programmet ACT (Accelerating CCS Technologies) i 2016. Antall søknader til ACT tyder på at det kommende året kan bli spennende, med flere tidligere CLIMIT-prosjekter engasjert i internasjonalt samarbeid. CLIMIT har bidratt med betydelig bruk av egne ressurser for å bistå ACT-sekretariatet i etablering av prosjektet, støtte til prosjektevaluering og generell faglig bistand innen alle fagfelt innenfor CO₂-håndtering. Det samme gjelder ECCSEL (European Carbon Dioxide Capture and Storage Laboratory Infrastructure), der flere CLIMIT-prosjekter får videre finansiering.

FORSKNINGSPROSJEKTER

Ved utløpet av 2016 hadde CLIMIT-FoU 68 aktive prosjekter med en samlet støtteramme på

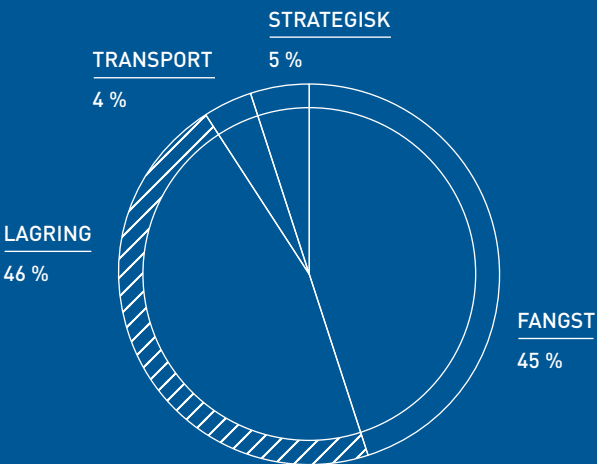
478 MNOK. De fleste og største utbetalingene er innenfor CO₂-fangst og -lagring. I desember 2016 ble det innvilget 14 nye prosjekter som vil starte opp sitt arbeid i 2017, med en samlet ramme på 104 MNOK. Videre hadde FoU-delen 30 PhD-kandidater og 18 PostDoc-kandidater i sin portefølje.

DEMONSTRASJONSPROSJEKTER

CLIMIT-Demo hadde 107 aktive prosjekter med en samlet tildelt støtteramme på 632 MNOK i 2016. 24 prosjekter ble tildelt støtte i 2016. Videre er det tildelt støtte til idéstudier, mindre utredninger og informasjonstiltak. Samlet utgjør tilsagn om støtte i 2016 om lag 150 MNOK. 33 prosjekter ble avsluttet i 2016.

INTERNASJONALT SAMARBEID

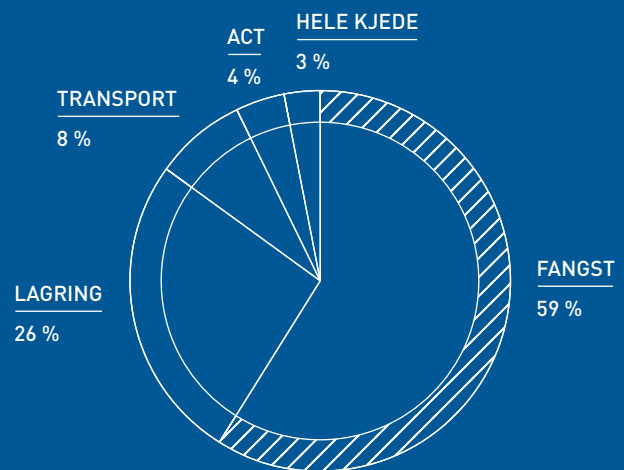
CLIMIT er opptatt av å fremme internasjonalt forskningssamarbeid. De siste par årene har det gjennom flere prosjekter vært bilateralt samarbeid mellom norske aktører og aktører fra USA, Canada, EU og Australia. ●



CLIMIT-FoU

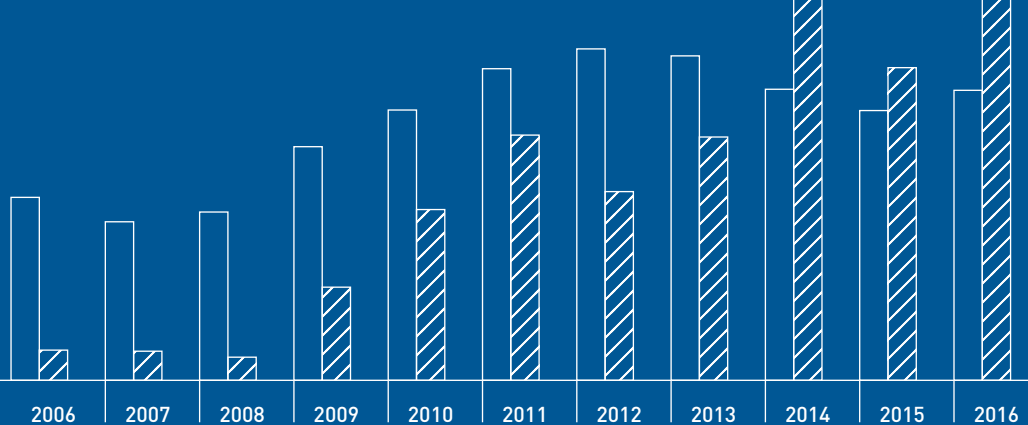
BEVILGEDE PROSJEKTER

CLIMIT-DEMO



NOK
150 000 000
120 000 000
90 000 000
60 000 000
30 000 000

UTBETALINGER TIL CLIMIT-PROSJEKTER 2006-2016



 Demo
 FoU

