

2020:00479 - Åpen

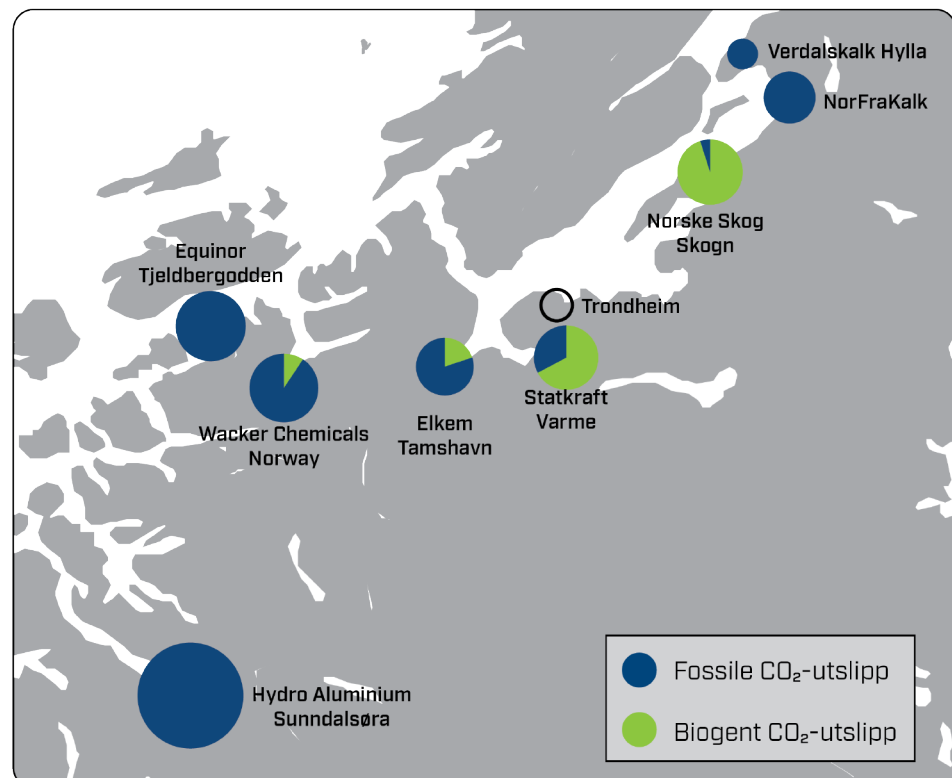
Rapport

Forstudie: CCS i Midt-Norge

Kartlegging av aktører i regionen og innledende logistikkanalyser av mulige verdikjeder for karbonhåndtering

Forfatter(e)

Caroline Einen
Simon Roussanaly
Daniel Rohde
Kristin Jordal



SINTEF Energi AS

Postadresse:
Postboks 4761 Torgarden
7465 Trondheim

Sentralbord: 45456000

energy.research@sintef.no

Foretaksregister:
NO 939 350 675 MVA**EMNEORD:**CCS, Midt-Norge,
Verdikjeder, CO₂-
utslipp, kvotepliktig
landbasert industri,
logistikkanalyse

Rapport

Forstudie: CCS i Midt-Norge

Kartlegging av aktører i regionen og innledende logistikkanalyser av mulige verdikjeder for karbonhåndtering

VERSJON

1.0

DATO

2020-05-19

FORFATTER(E)Caroline Einen
Simon Roussanaly
Daniel Rohde
Kristin Jordal**OPPDRAGSGIVER(E)**

Trondheim Kommune

OPPDRAGSGIVERS REF.

Hans Einar Lundli

PROSJEKTNR

502002572

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

24+ vedlegg

SAMMENDRAG

Er Midt-Norge modent for karbonhåndtering?

Karbonfangst og -lagring (CCS) er et verktøy for å hindre utslipp av CO₂ til atmosfæren, og fangst av CO₂ ved Statkraft Varmes avfallsforbrenningsanlegg på Heimdal kan være et viktig tiltak å nå målet om en 80% reduksjon i klimagassutslipp i Trondheim kommune innen 2030. Transport av CO₂ bort fra anlegget på Heimdal er et viktig aspekt som må adresseres i denne sammenhengen, og en vurdering av potensialet for samarbeid med andre utslippsaktører i nærheten kan ha stor verdi. SINTEF har utført en forstudie på oppdrag fra Trondheim kommune, der vi har gjort en kartlegging av CO₂-utslipp og CCS-aktivitet hos aktører i regionen. Kartleggingen avdekket 8 kvotepliktige aktører med utslipp av CO₂ på over 30 ktonn i Midt-Norge i 2018, hvorav halvparten av disse i større eller mindre grad arbeider aktivt med CO₂-fangst i dag. En innledende logistikkanalyse for to ulike alternative verdikjeder for CO₂-transport fra aktører regionen til Northern Lights sin planlagte infrastruktur for lagring av CO₂ i Nordsjøen er inkludert i denne rapporten som et illustrerende eksempel på potensialet for CCS-kjeder i Midt-Norge. Mye tyder på at Midt-Norge kan være klare for et mer koordinert samarbeid om CCS-kjeder i regionen, der Trondheim kommune kan være en pådriver.

UTARBEIDET AV

Caroline Einen

SIGNATUR

Caroline Einen (May 19, 2020 14:28 GMT+2)

KONTROLLERT AV

Rahul Anantharaman

SIGNATUR

Rahul Anantharaman (May 19, 2020 22:04 GMT+2)

GODKJENT AV

Mona Mølsvik

SIGNATUR

Mona J. Mølsvik (May 20, 2020 09:00 GMT+2)

RAPPORTNR

2020:00479

ISBN

978-82-14-06540-4

GRADERING

Åpen

GRADERING DENNE SIDE

Åpen

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
Versjon 0.7	2020-04-30	Utkast til gjennomlesning hos oppdragsgiver
Versjon 1.0	2020-05-19	Endelig versjon

Innholdsfortegnelse

1	Introduksjon og bakgrunn.....	4
2	Kartlegging av mulige aktører i en CCS-verdikjede i Midt-Norge.....	5
2.1	Statkraft Varme – Avfallsforbrenningsanlegg Heimdal.....	7
2.1.1	Status for aktiviteter innen CCS – Oppsummering av forprosjekt	7
2.2	Elkem Thamshavn	8
2.3	Wacker Chemicals Norway	8
2.4	Norske Skog Skogn	8
2.5	NorFraKalk.....	9
2.6	Verdalskalk Hylla	9
2.7	Equinor Tjeldbergodden Metanolfabrikk.....	10
2.8	Hydro Aluminium Sunndal	10
3	Mulige CCS-kjeder i Trondheim og omegn	11
3.1	Metode for logistikkanalyse.....	12
3.2	Resultater	14
3.2.1	Verdikjede 1 – Hub i Verdal, Thamshavn og Tjeldbergodden	14
3.2.2	Verdikjede 2 – Hub i Thamshavn og på Tjeldbergodden.....	18
3.2.3	Sammenligning av verdikjeder	22
4	Videre arbeid med CCS i Midt-Norge	22
5	Konklusjon	23
6	Referanser.....	24

BILAG/VEDLEGG

Vedlegg 1: Presentasjoner fra Workshop: CCS i Midt-Norge

Vedlegg 2: Skisse for CCS i Midt-Norge klynge

1 Introduksjon og bakgrunn

Bystyret i Trondheim kommune har i Kommunedelplan: energi og klima 2017-2030 [1] vedtatt at direkte utslipp av klimagasser innenfor kommunegrensene skal være redusert med 80 % i 2030 sammenlignet med 1991. Et viktig muliggjørende tiltak identifisert av kommunen er innføringen karbonfangst fra Statkraft Varme sitt forbrenningsanlegg for avfall på Heimdal, som i 2018 slapp ut 76 ktonn CO₂ fra fossile kilder. Videre pekes også karbonfangst ved Statkraft Varme på som et mulig klimatiltak i Klimakur 2030 [2]. I forbindelse med vedtak av økonomiske tiltak i møte med koronakrisen kom Stortinget også med en anmodning til regjeringen om å sette i gang en utredning av karbonhåndtering ved blant annet anlegget på Heimdal¹.

Statkraft Varme har sammen med SINTEF gjennomført en forstudie for å undersøke tekniske muligheter for CO₂-fangst ved anlegget på Heimdal. Som en støtte til denne aktiviteten ønsker Trondheim kommune å lære mer om karbonfangst og lagring (CCS) som et verktøy for å nå deres klimamål, samt å forstå deres rolle som tilrettelegger for dette både for Statkraft Varme og ellers i regionen utenfor kommunegrensene. SINTEF har med bakgrunn i dette fått i oppdrag å kartlegge aktører med betydelige CO₂-utslipp i området rundt Trondheim og undersøke innledende logistikk for mulige CCS-kjeder i regionen, der resultater presenteres i denne rapporten.

Karbonfangst og -lagring (CCS) er et verktøy for å forhindre utslipp av CO₂ til atmosfæren, oftest illustrert ved fangst og flytendegjøring av CO₂ fra punktkilder i energi- eller industriproduksjon for videre permanent lagring i for eksempel geologiske reservoarer under bakken. Dersom karbonet som fanges opprinnelig stammer fra biogene kilder, vil i tillegg man oppnå en netto fjerning av CO₂ fra atmosfæren. Fullskalaprojektet for CCS i Norge² har i kommet lengst i arbeidet med realiseringen av CCS i landet. Prosjektet er delt inn i 3 deler, der to av dem består av innføringen av CO₂-fangst ved hhv sementfabrikken Norcem i Brevik og avfallsforbrenningsanlegget Fortum Oslo Varme i Oslo, hvor til sammen 800 000 tonn CO₂ kan fanges årlig. Den siste delen er prosjektet Northern Lights, der partnerne Equinor, Shell og Total vil sette opp en transport- og lagringsinfrastruktur for CO₂. Etter planen skal flytende CO₂ fraktes med skip til et mottaksanlegg på Naturgassparken på Kollsnes i Øygarden kommune, før det sendes med rørledning ut til et geologisk reservoar i Johansen formasjonen i Nordsjøen, kalt Aurora, som i første fase vil ha en årlig lagringskapasitet på 1.5 Mtonn CO₂ fra 2024. En beslutning om finansiering og gjennomføring av fullskalaprojektet fra Stortinget og prosjektpartnerne vil forekomme i 2020/2021.

Dersom finansiering av fullskalaprojektet for CCS blir vedtatt, vil overkapasiteten som legges inn i infrastrukturen i Northern Lights åpne for tilførsel av tredjepartsvolumer av CO₂. Det er dermed naturlig å tenke seg at CO₂ som i fremtiden fanges ved avfallsforbrenningsanlegget til Statkraft Varme på Heimdal også kan fraktes til Northern Lights-mottaket på Øygarden og lagres i den norske kontinentalsokkelen. Samtidig kan det være fordelaktig for Statkraft Varme å samkjøre og samarbeide om transport av CO₂ i en felles CCS-kjede med andre aktører i regionen. I andre deler av Norge har det i de siste årene blitt opprettet regionale industriklynger og prosjekter for samarbeid om CCS, deriblant CO₂-Hub Nordland i nord, forprosjekt for utvalgte bedrifter i Eyde-klyngen og Borg CO₂ i Øra og Fredrikstad. En kartlegging av muligheter for å opprette en lignende klynge i regionen rundt Trondheim er dermed viktig å gjennomføre, der opprettelsen av et forum for samarbeid og erfaringsoverføring rundt CCS kan hjelpe Statkraft Varme og Trondheim kommune noen steg videre på veien mot nødvendige kutt av CO₂-utslipp for å nå målene satt i kommunedelplanen for energi og klima.

I denne rapporten foreligger resultater fra en overordnet kartlegging av kvotepliktige aktører i Midt-Norge med betydelige utslipp av CO₂ med bakgrunn i utslippsdata fra Miljødirektoratet, beskrevet i seksjon 2. En oppsummering av resultater fra forstudien utført av SINTEF for Statkraft Varme foreligger også her. Basert

¹ Stortinget, Prop. 67 S (2019-2020), Innst. 216S (2019-2020), Vedtak 471 (31.03.2020)

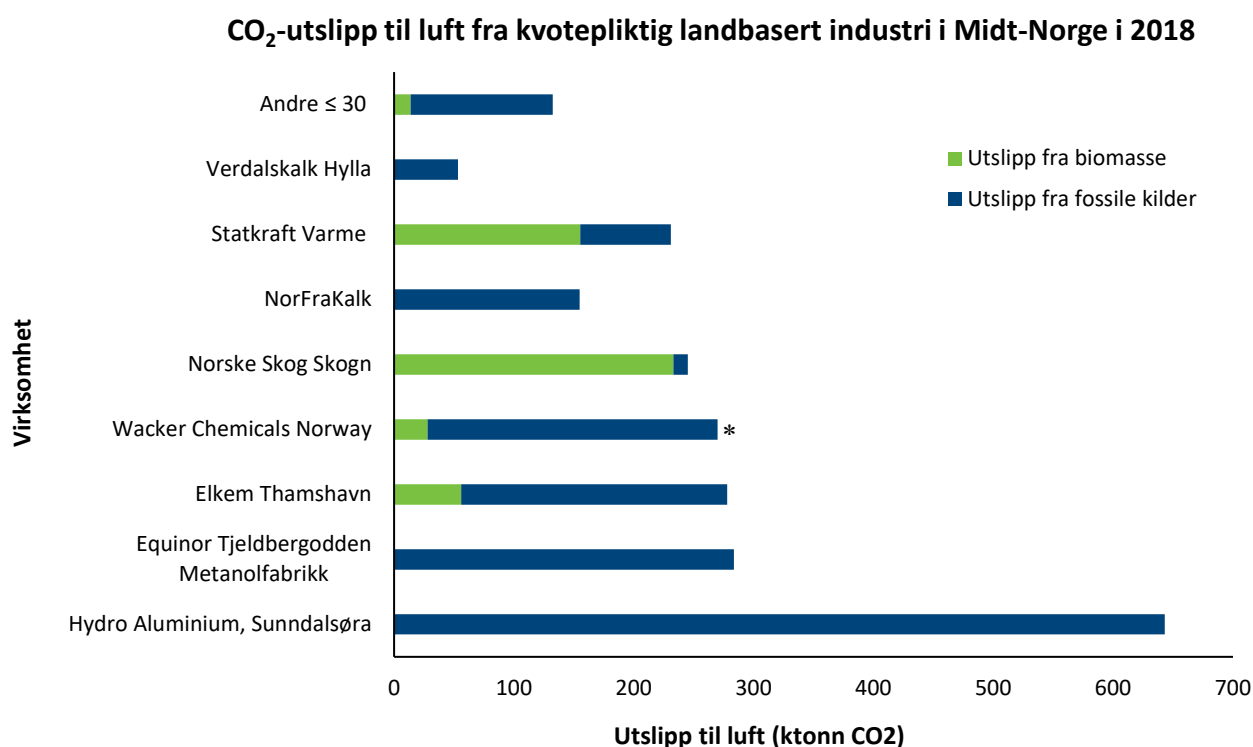
² Fullskalaprojektet for CCS i Norge, <https://ccsnorway.com/no/> (16.04.2020)

på kartleggingen har det blitt gjort en innledende logistikkanalyse av to mulige kjeder for transport av CO₂ til Northern Lights infrastrukturen på Kollsnes som inkluderer Statkraft Varme og andre identifiserte aktører i regionen, presentert i seksjon 3. Videre vil tanker rundt videre arbeid med CCS-kjeder i Midt-Norge presenteres i seksjon 4, der vi kommer med 3 konkrete anbefalinger for Trondheim kommunes bidrag mot realiseringen av CCS hos Statkraft Varme og ellers i regionen.

2 Kartlegging av mulige aktører i en CCS-verdikjede i Midt-Norge

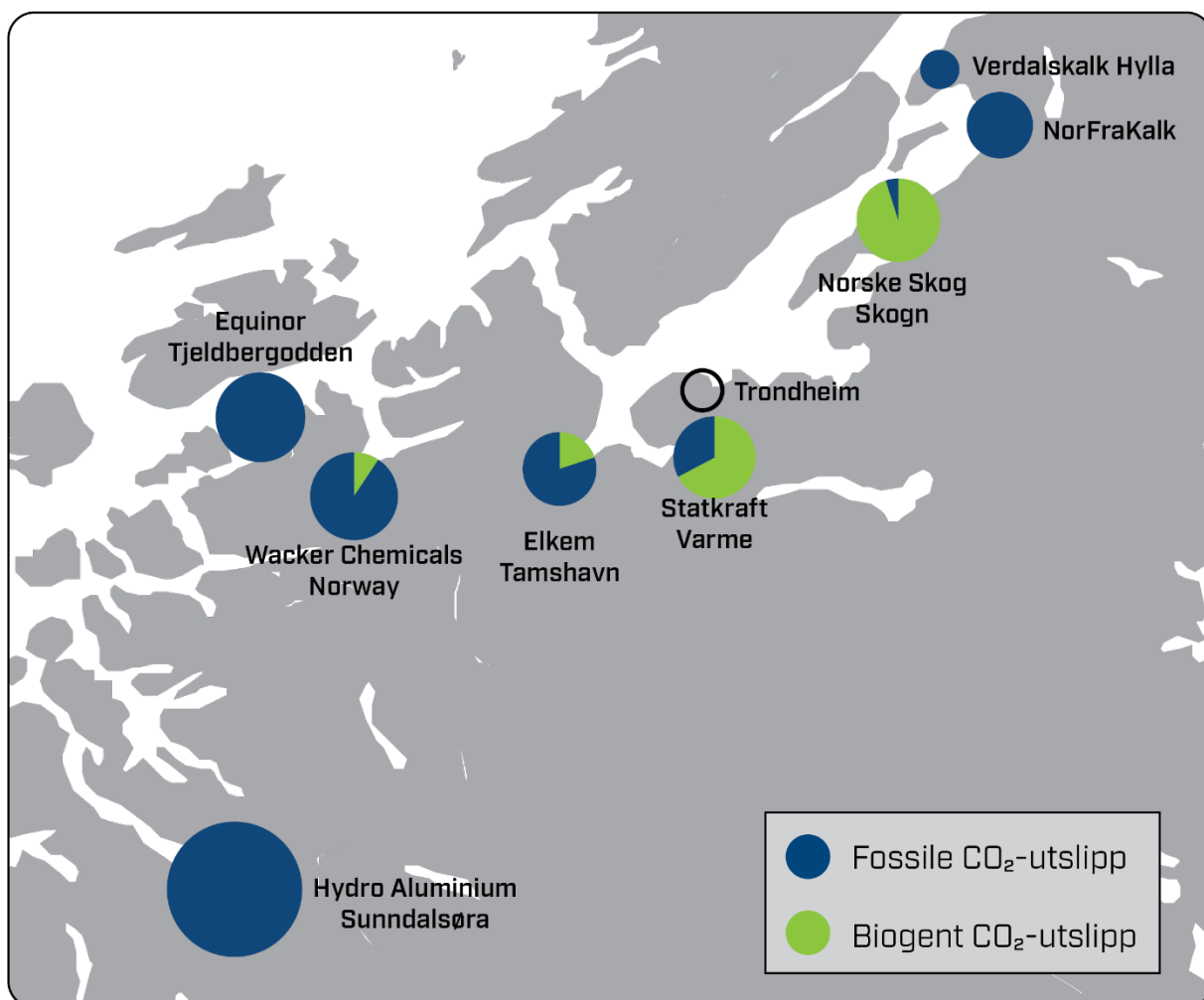
Denne seksjonen viser en oversikt over kartlagte kvotepliktige landbaserte industriaktører i Midt-Norge, samt en kort oversikt over deres aktiviteter innenfor CCS. Det er tatt utgangspunkt i relativt bred definisjon av Midt-Norge, der hele Trøndelag og Møre og Romsdal er inkludert sammen med sørlige og nordvestlige deler av hhv Nordland og Innlandet. Kartleggingen ble utført delvis basert på offentlig tilgjengelig informasjon, samt via dialog med de ulike aktørene. Statkraft Varme sitt forbrenningsanlegg på Heimdal er også tatt med i oversikten, der en oppsummering av arbeidet i forprosjektet er inkludert.

Figur 1 viser en oversikt over utslipp av CO₂ til luft i 2018 fra kvotepliktige landbaserte industriaktører i Midt-Norge med utslipp over 30 ktonn CO₂, der Figur 2 viser et kart over plasseringen av aktørene. Oversikten er basert på data presentert av Miljødirektoratet³ med grunnlag i innrapportering fra kvotepliktig industri og beregninger gjort av SSB, samt bekreftet og korrigert etter dialog med virksomhetene.



Figur 1 CO₂ utslipp til luft i 2018 fra kvotepliktige aktører i Midt-Norge med utslipp over 30 ktonn. *Merk at Wacker Chemicals fra 2019 og utover vil ha en betydelig økning av utslipp, opp mot 400 ktonn CO₂

³ Norske utslipp, Miljødirektoratet <https://www.norskeutslipp.no/no/Forsiden/> (03.02.2020)



Figur 2 Plassering av aktører i Midt-Norge med betydelige CO₂ utslipp (over 30 ktonn CO₂) i 2018, skalert etter størrelse og med andel biogene vs fossile utslipp.

Hydro Aluminium skiller seg ut som den klart største utslippsskilden i regionen, med et utslipp av CO₂ opp mot 650 ktonn i 2018. Videre hadde Elkem Thamshavn, Equinor Tjeldbergodden, Wacker Chemicals, Norske Skog Skogn sammenlignbare utslipp på mellom 230 til 280 ktonn CO₂ i 2018. Brentkalkprodusentene NorFraKalk og Verdaskalk Hylla kommer bak dette med utslipp på rundt hhv 150 og 50 ktonn CO₂ i 2018. En kort innføring i de ulike aktørenes virksomhet og aktiviteter rundt CCS beskrives videre i de neste seksjonene, der Statkraft Varmes arbeid med CO₂-fangst på Heimdal i forprosjektet med SINTEF også gjengis kort. En oppsummerende kategorisering av virksomhetenes arbeid med CCS er gitt i Tabell 2-1, der Statkraft Varme, Elkem Thamshavn og NorFraKalk skiller seg ut i regionen med aktivt arbeid knyttet til CO₂-fangst.

Tabell 2-1 Oppsummering av status for CCS aktiviteter hos identifiserte landbaserte industriaktører i Midt-Norge med betydelig CO₂-utslipp.

Virksomhet	Lavt fokus på CCS	Interesse for CCS, lite aktivitet i dag	Aktivt arbeid med CCS
Statkraft Varme			X
Elkem Thamshavn			X
NorFraKalk			X
Verdalskalk Hylla			X
Equinor Tjeldbergodden		X	
Wacker Chemicals Norway		X	
Norske Skog Skogn	X		
Hydro Aluminium Sunndalsøra	X		

2.1 Statkraft Varme – Avfallsforbrenningsanlegg Heimdal

Statkraft Varme har et avfallsforbrenningsanlegg på Heimdal i Trondheim kommune som brenner avfall fra Midt-Norge og leverer fjernvarme i form av varmt vann i rør til store deler av Trondheim. Anlegget dekker 30 % av Trondheim bys varmebehov⁴, der det årlig forbrenner mellom 210 000-225 0000 tonn utsortert restavfall per år.

Naturlig nok har forbrenningsanlegget har et betydelig utslipp av CO₂, der det årlig står for omtrent 20% av Trondheim kommunes fossile CO₂-utslipp [1]. I 2018 hadde avfallsforbrenningsanlegget et utslipp på 76 ktonn CO₂ til luft fra fossile kilder. Samtidig er den største andelen av avfallet som forbrennes biomasse, hvor det i 2018 ble frigitt 155 ktonn biogent CO₂, slik at totale CO₂ utslipp fra anlegget var 231 ktonn.

2.1.1 Status for aktiviteter innen CCS – Oppsummering av forprosjekt

Statkraft Varme har nå et pågående forprosjekt i samarbeid med SINTEF for å gi en oversikt over ulike fangstteknologier, samt gjøre noen innledende kostnadsvurderinger og krav til areal og varme, hvor det her følger en kort oppsummering.

Mulige teknologier for CO₂-fangst inkluderer blant annet bruk av solventer for absorpsjon av CO₂, membraner, adsorpsjon og oxyfuel, der bruk av amin-baserte solventer er den teknologien som er kommersiell for CO₂-fangst fra avgassen etter forbrenning (post-combustion capture). Innledende beregninger for CO₂-fangst fra avgassen ved bruk av amin-solventer har blitt utført, der man i et "worst-case" scenario uten tiltak for energigjenvinning vil kreve en betydelig ekstra tilførsel av energi. Det er dermed mulig at aminer ikke nødvendigvis er riktig teknologi i dette tilfellet, og videre studier av både aminteknologi med opsjoner for energigjenvinning, samt en vurdering av alternative teknologier trengs.

Arealet som kreves for å installere fangstanlegg med tilhørende installasjon for flytendegjøring og mellomlager før transport fra stedet med lastebil eller andre transportmidler kan variere kraftig avhengig av typen teknologi og design som vurderes. Basert på litteraturstudier har anlegg vist seg å kreve alt fra mellom 1 500 og 10 000 m². Den store spredningen her er et uttrykk for at det er et flere parametere som må tas høyde for, og en mer detaljert vurdering basert på teknologivalg og detaljerte tredimensjonale tegninger kreves for å kunne gjøre et

⁴ Statkraft Varme Trondheim <https://www.statkraftvarme.no/om-statkraftvarme/vare-anlegg/norge/trondheim/>, (15.04.2020)

arealestimat for et fangstanlegg ved Statkraft Varme. Allikevel kan potensielt kravet til ledig areal være en utfordring, der Statkraft Varme kun har tilgang til et begrenset areal på 22 000 m² i dag.

2.2 Elkem Thamshavn

Elkem Thamshavn er et smelteverk som hovedsakelig produserer metallurgisk silisium og mikrosilika. Anlegget er lokalisert rett nord for Orkanger i Orkland kommune i Trøndelag, med en egen kai i havna for enkel tilgang med skip fra Orkdalsfjorden. Anlegget har vært en del av Elkem gruppen siden 1986. Smelteverket er også kjent for å være en av de mest energieffektive av sitt slag, der 195 GWh av produsert varme gjenvinnes.

Produksjon av silisium går i korte trekk ut på å varme opp kvarts sammen med en karbonkilde som trekull, flis eller fossilt kull, der kvarts og karbonet reagerer og danner ren silisium og CO₂. Produksjonen vil dermed medføre et betydelig utslipp av CO₂, der totale utslipp fra anlegget i 2018 lå på rundt 279 ktonn CO₂, hvorav 56 ktonn av utslippene var biogent CO₂ ettersom 20% av karbonet som brukes i produksjonsprosessen stammer fra biomasse. Utslipp av CO₂ og andel biogent CO₂ er forventet å relativt stabilt rundt dette nivået i årene fremover.

Status for aktiviteter innen CCS

CO₂ fangst har vært på agendaen i de siste årene i Elkem, der hovedfokuset har vært å skaffe kunnskap om prosessen. Elkem Thamshavn har tatt utgangspunkt i en solventbasert løsning for karbonfangst, og har et godt grunnlag for dette ettersom anlegget har mye tilgjengelig spillvarme ved relevant temperatur som kreves ved bruk av denne teknologien. I dag arbeides det konkret med å fastslå CAPEX, hvor man til nå har man økt kontroll på kostnader knyttet til absorpsjon, desorpsjon og flytendegjøring av CO₂, men har litt arbeid som gjenstår på nødvendig rensing av NO_x og SO_x i innløpsgassen.

2.3 Wacker Chemicals Norway

Wacker Chemicals er et smelteverk som er lokalisert på Holla ved Kyrksæterøra i Heim kommune i Trøndelag. Wacker produserer i likhet med Elkem Thamshavn metallurgisk silisium og mikrosilika, og har også en egen kai for tilkomst til anlegget.

Fra anlegget ble de sluppet ut totalt 270 ktonn CO₂ til atmosfæren i 2018, der 242 ktonn stammet fra fossile kilder, og 28 ktonn var biogent CO₂ ettersom Wacker i likhet med Elkem Thamshavn anvender en viss andel biokarbon som reduksjonsmateriale i produksjonsprosessen. I 2019 ble det installert en ny ovn på hele 45 MW ved anlegget for å øke produksjonskapasiteten. På bakgrunn av dette er utslipp av CO₂ forventet å øke betydelig i årene fremover, der årlige utslipp vil ligge på rundt 400 ktonn totalt, hvorav 10 % vil stamme fra biomasse.

Status for aktiviteter innen CCS:

I dag slippes luft direkte inn over smelteovnen, noe som gjør CO₂-konsentrasjonen i avgassen lav. Dette gjør implementeringen av CO₂-fangst vanskelig, og dette er heller ikke noe som arbeides med konkret per dags dato. Allikevel er Wacker partner i FME Higheff, der det forskes på muligheter for resirkulering av avgassen i et energigjenvinningsperspektiv. Dersom dette skulle implementeres, vil CO₂-konsentrasjonen i avgassen øke, og CO₂-fangst kan da være mer aktuelt i et fremtidig perspektiv. Samtidig er det også interesse hos anlegget for å lære mer om løsninger og infrastruktur og logistikk knyttet til transport av CO₂

2.4 Norske Skog Skogn

Norske Skog Skogn er en avisepapirfabrikk som ligger på Skogn i Levanger kommune i Trøndelag, og er den største produsenten av avisepapir i Norge. Anlegget har en egen havn for regelmessige forsendelser til Storbritannia og resten av Europa.

Papirproduksjon er en energikrevende prosess som foregår over flere trinn der råstoff fra trevirke og brukt papir sendt til resirkulering bearbeides mekanisk og kjemisk til avisepapir. Hovedsakelig stammer CO₂-utslippet fra fyring av brensel til varmeproduksjon⁵, der fabrikken hadde et totalt utslipp i 2018 på 245 ktonn, hvorav hele 233 ktonn stammet fra biomasse. Den store andelen biogent CO₂ skyldes at brenselet som brukes i fyringskjelene i hovedsak består av biologisk brensel som bark og slam fra renseanlegget for avløpsvannet på fabrikken, samt innkjøpt rivningsvirke. CO₂-utslippene forventes å være stabile i et 5-10 års perspektiv.

Status for aktiviteter innen CCS:

I dag er det ikke nevneverdig aktivitet rundt CCS på fabrikken ettersom anlegget heller har hatt fokus på å bruke en høy andel biomasse i brenselmiksen for å oppnå et lavt utslipp av fossilt karbon. Allikevel gjør den betydelige mengden av biogent CO₂-utslipp karbonfangst ved anlegget til et attraktivt klimapositivt tiltak, ettersom dette kan bidra til en netto fjerning av CO₂ fra atmosfæren. Dette har ikke vært undersøkt i dag. Det har derimot vært litt aktivitet knyttet til karbonisering av aske som et depot for CO₂.

2.5 NorFraKalk

NorFraKalk er et produksjonsselskap i konsernet Franzefoss Minerals, med et anlegg som ligger i Ørin industriområde i Verdal kommune i Trøndelag. Fabrikken driver produksjon og salg av brentkalk (CaO) med tilhørende kalksteinprodukter, der produkter transporteres med skip fra kai i Verdal Havn⁶. Brentkalken fra fabrikken går inn som råstoff i produksjonen av papirpigmentet PCC (precipitated calcium carbonate) til papirindustrien.

Produksjon av brentkalk gjøres ved oppvarming av kalkstein (CaCO₃) i en kalkovn så den spaltes til brentkalk (CaO) og CO₂. Ettersom CO₂ er et biprodukt av prosessen, har NorFraKalk betydelige utslipp av CO₂ til luft knyttet til produksjonen. Samtidig er det også CO₂ utslipp knyttet til forbrenning i ovnen, der totale utslipp av CO₂ fra anlegget lå på 155 ktonn i 2018. Alle CO₂ utslipp stammer fra fossile kilder, der omtrent 1/3 kommer fra brenselet og 2/3 er prosessutslipp.

Status for aktiviteter innen CCS:

NorFraKalk arbeider aktivt med karbonfangst, der man i et 5-10 års perspektiv antar at en løsning for CO₂-fangst vil være på plass. Anlegget inngår i industriklyngen CO₂-hub Nordland, et prosjekt finansiert av CLIMIT Demo for teknøkonomiske mulighetsstudier knyttet til CCS. Ettersom produksjonsprosessen i anlegget er veldig energieffektiv er tilgangen på spillvarme fra prosessen begrenset, noe som gjør at membranteknologi vurderes som beste kandidat, der det nå undersøkes muligheten for installasjon av en pilot for fangst basert på membranteknologi.

2.6 Verdalskalk Hylla

Verdalskalk AS er i likhet med NorFraKalk AS et produksjonsselskap i konsernet Franzefoss Minerals. Verdalskalk Hylla er et anlegg som ligger ved Trondheimsfjorden på Hylla i Inderøy kommune i Trøndelag for produksjon av brentkalk (CaO) og hydratkalk (Ca(OH)₂), der produksjonen går døgkontinuerlig gjennom året med en ovn som har en døgnkapasitet på ca 200 tonn⁷. I likhet med NorFrakalk har også anlegget på Hylla CO₂-utslipp knyttet til selve produksjonen og forbrenning av spillolje, der totale CO₂-utslipp til luft var 53 ktonn i 2018, alt fra fossile kilder.

Status for aktiviteter innen CCS:

Verdalskalk er i likhet med NorFraKalk også representert i CO₂-hub Nordland. I prosjektet gjøres hovedparten av de tekniske vurderingene for fangst og logistikk for NorFraKalk, mens verket på Hylla inngår i kartlegginger

⁵ Norske Skog Skogn AS: Helse, miljø og sikkerhet 2018

⁶ NorFraKalk, Franzefoss Minerals <https://kalk.no/selskap-og-anlegg/norfrakalk/> (13.04.2020)

⁷ Verdalskalk Hylla, Franzefoss Minerals <https://kalk.no/selskap-og-anlegg/verdalskalk/hylla/> (13.04.2020)

uten en detaljert studie ettersom det er betydelig mindre enn NorFraKalk. Samtidig vil tekniske løsninger for karbonfangst være relativt like for de to verkene.

2.7 Equinor Tjeldbergodden Metanolfabrikk

Equinor Tjeldbergodden Metanolfabrikk er et av tre anlegg som ligger på Tjeldbergodden i Aure kommune i Møre og Romsdal. Anlegget eies av Equinor og ConocoPhillips, og driftes av Equinor. Fabrikken produserer årlig ca 900 000 tonn metanol fra naturgass som sendes via rørledninger fra Heidrun-feltet⁸. Det er en egen kai med tilknytning til anlegget der produkter kan skipes ut med båt.

Produksjon av metanol fra naturgass går over flere trinn, der naturgassen først gjennomgår to reformeringstrinn til syntesegass hovedsakelig bestående av H₂, CO₂ og CO. Syntesegassen blir deretter komprimert og sendt til en syntesereaktor hvor den omdannes til råmetanol som blir destillert til ferdig produkt. Metanolproduksjon er en energikrevende prosess, og der energien stammer fra forbrenning av naturgass, og biprodukter fra prosessene⁹. Dette medfører et betydelig utslipp av fossil CO₂, der det i 2018 ble estimert et utslipp på totalt 284 ktonn CO₂ til luft fra anlegget. I et 5-10 års-perspektiv forventes det en årlig reduksjon på omtrent 3 000 tonn CO₂ frem til designkapasitet nås i anlegget.

Status for aktiviteter innen CCS:

Dilemmaer rundt design, energioptimalisering og investeringer diskuteres kontinuerlig ved metanolfabrikken på Tjeldbergodden, men det er per dags dato ingen pågående aktiviteter for implementasjon av CO₂-fangst.

2.8 Hydro Aluminium Sunndal

Hydro Aluminium Sunndal er et av Europas største anlegg for produksjon av primæraluminium¹⁰. Anlegget er lokalisert innerst i Sunndalsfjorden på Sunndalsøra i Sunndal kommune i Møre og Romsdal. Anlegget har en egen kai ved fjorden for transport av produkter.

Primæraluminium produseres gjennom reduksjon av råmaterialet alumina via elektrolyse, der anlegget på Sunndal produserer egne karbonanoder til elektrolysen. Ved elektrolysen frigis CO₂ fra anodene som en del av produksjonsprosessen, noe som gjør denne prosessen til den største kilden til CO₂-utslipp ved anlegget. I tillegg kommer også CO₂-utslipp fra forbrenning av LNG til elektrolyse, støperi og anodefabrikk¹¹. Totalt hadde anlegget et utslipp av fossil CO₂ på 643 ktonn i 2018, hvorav 615 ktonn av dette stammet fra elektrolyseprosessen. Anlegget har ingen biogene CO₂-utslipp.

Status for aktiviteter innen CCS:

Karbonfangst ved Hydro Sunndal er i utgangspunktet teknisk utfordrende ettersom konsentrasjonen av CO₂ i avgassen er relativt lav, men for et hypotetisk tilfelle er prosessutslippet fra elektrolysen det mest relevante for CO₂-fangst. På konsernbasis er ambisjonen å redusere utslipp fra elektrolyse med 3% i 2025 og 8% i 2030, men denne ambisjonen omfatter ikke CCS. Det er dermed ingen konkrete aktiviteter knyttet til CCS ved Hydro Sunndal, og det arbeides heller med flere alternative løsninger, eksempelvis fokusert på energigjenvinning.

⁸ Tjeldbergodden Industriplanlegg <https://www.equinor.com/no/what-we-do/terminals-and-refineries/tjeldbergodden.html> (15.04.2020)

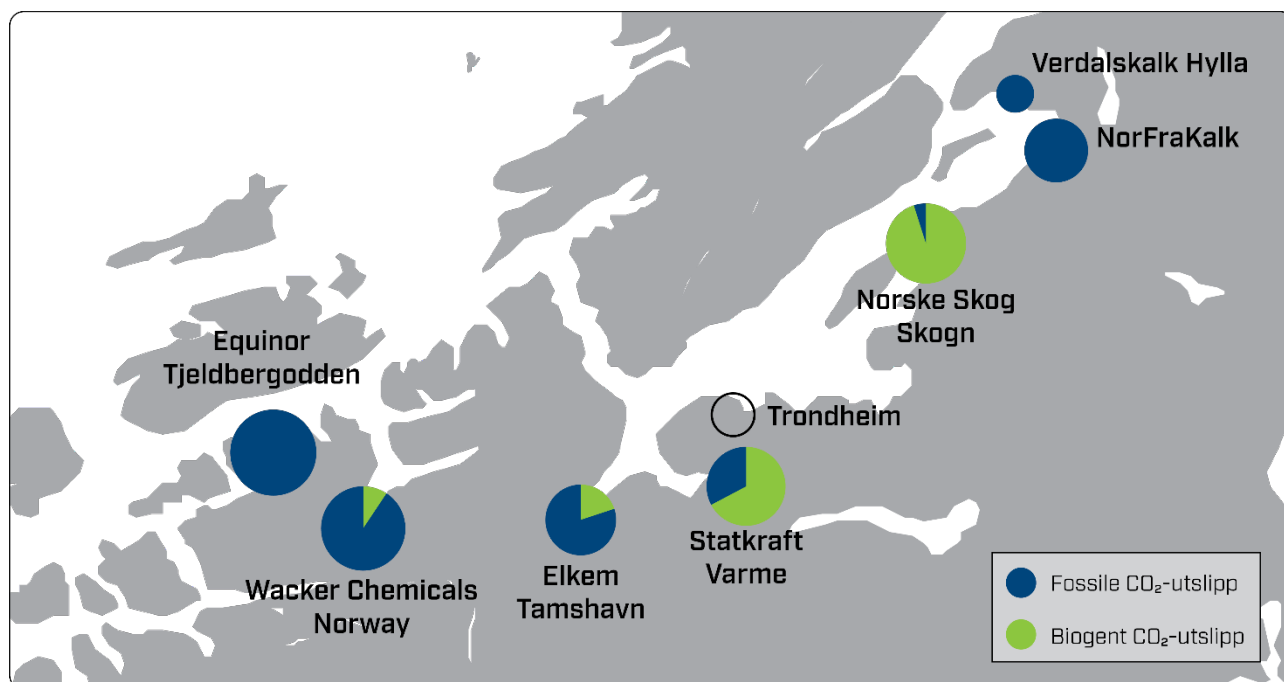
⁹ Miljødirektoratet: Tillatelse til kvotepliktige utslipp av klimagasser for Tjeldbergodden metanolfabrikk, 2018

¹⁰ Hydro Sunndal <https://www.hydro.com/no-NO/om-hydro/hydro-worldwide/europe/norway/sunndal/> (14.04.2020)

¹¹ Miljødirektoratet: Tillatelse til kvotepliktige utslipp av klimagasser for Hydro Aluminium Sunndal, 2019

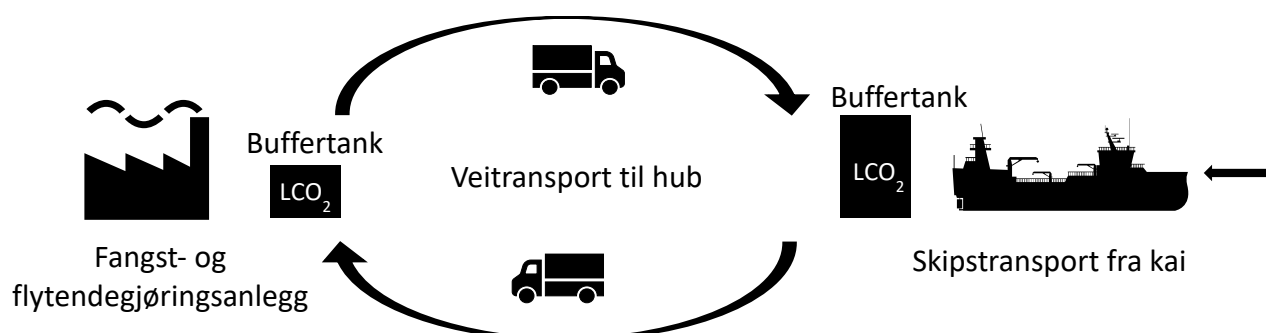
3 Mulige CCS-kjeder i Trondheim og omegn

Som en innledende vurdering av mulige logistikkalternativer for CO₂-transport fra Midt-Norge til Northern Lights-infrastrukturen på Øygarden har vi vurdert logistikkalternativer for to potensielle transportkjeder fra aktører lokalisert rundt og i nærheten av Trondheimsfjorden, illustrert i Figur 3. Utover Statkraft Varme på Heimdal ble Equinor Tjeldbergodden, Wacker Chemicals, Elkem Tamshavn, Norske Skog Skogn, NorFraKalk og Verdalskalk på Hylla tatt med i scenariene. Hydro på Sunndalsøra er plassert med større avstand fra Trondheimsfjorden, og ettersom de heller ikke har et uttalt fokus på CCS ble anlegget utelatt her.



Figur 3 Plassering av aktører inkludert i verdikjeder for CO₂ transport. Sirkler er skalert med totale CO₂-utslipp i 2018.

Figur 4 viser en skjematisk fremstilling av syklus for transport av CO₂ til Øygarden, der frakt av flytende CO₂ med skip fra kai ved ulike hub-er i regionen benyttes som utgangspunkt for langdistansetransport i vurderingene ettersom samtlige aktører er plassert relativt nærme fjorden eller kysten. Veitransport til kai ved hjelp av lastebil anvendes der dette er nødvendig. Lastebil velges til fordel for rørtransport dels på grunn av fleksibiliteten dette gir, samt at mengdene med CO₂ som skal transporteres fra hvert fangstanlegg er relativt små sammenlignet med nødvendig inngrep knyttet til installasjon av rør for CO₂ transport. Allikevel vil det i videre studier være interessant å utforske rør som transportalternativ til kai da dette kan vise seg å være mer hensiktsmessig i et langsiktig perspektiv. Kostnad for begge alternativer bør i denne sammenheng også evalueres.



Figur 4 Skjematisk fremstilling av transportsyklus for transport av flytende CO₂ fra buffertank ved fangststed til buffertank ved kai for videre skipstransport til Kollsnes. LCO₂ = flytende CO₂.

I denne analysen vil transport av flytende CO₂ ved et trykk på både 15 og 7 bar vurderes. 15 bar er transporttrykket som brukes i Northern Lights-prosjektet i dag¹², noe som krever en temperatur på -30.3 °C for å frakte CO₂-en i ren væskefase. Samtidig er det et potensial for klare kostnadsreduksjoner i form av reduksjon materialkostnader dersom transporttrykket senkes til 7 bar med tilhørende temperatur på -50°C [3], og en evaluering av logistikk-kjeder også for dette trykket kan vise seg aktuelt for fremtidige scenarier.

Merk at disse vurderingene kun tar for seg enkel logistikk knyttet til CO₂-transport, og ikke tar høyde for faktorer som kostnad, arealkapasitet, miljøbelastning mm. Denne innledende analysen er kun ment som en illustrasjon på hvordan potensielle verdikjeder for transport av CO₂ fra Midt-Norge kan se ut, og kan fungere som et underlag til diskusjon og videre analyser.

3.1 Metode for logistikkanalyse

For enkelthets skyld antas det her en fangstrate på 90 % fra alle aktørene, der alle aktører vil ha en installasjon for flytendegjøring av fanget CO₂ og en tank for midlertidig lagring av flytende CO₂ før transport. Samtidig antas det at mengde CO₂ som fanges og transporteres er konstant gjennom året.

Veitransport til kai med lastebil

En enkel modell for estimering av nødvendig kapasitet av lastebiler for veitransport til kai ble satt opp basert på det logiske prinsippet i SINTEFs egenutviklede verktøy iCCS [4]–[6]. CO₂-kapasitet for lastebiltransport baseres på opsjon for bruk av utslippsfrie lastebiler som planlegges for transport av flytende CO₂ fra Fortum Oslo Varmes avfallsforbrenningsanlegg på Klemetsrud til Oslo Havn i det Norske Fullskalaprojektet [4].

Antakelser

1. Buffertank for mellomlagring av flytende CO₂ ved fangststed før transport må ha kapasitet lik minimum 2 ganger kapasitet til lastebil.
2. Tid for lastning av CO₂ ved fangststedet antas å være lik tid brukt til prosess for lossing av CO₂ ved kai, som varierer fra 1, 2, 3 til 4 timer.
3. Kapasitet for CO₂ transportert er lik kapasiteten hos lastebiler som er tiltenkt brukt for transport av CO₂ fra Fortum Oslo Varmes anlegg på Klemetsrud til Oslo havn; 30.3 tonn CO₂ [4].
4. Lastebilene er operative 350 dager i året. Dager med nedetid brukes til vedlikehold, og samlokaliseres med nedetid for vedlikehold på fangstanlegget.
5. For hver $t_a = 2$ timer transporttid ilegges sjåfører en pause på $t_p = 15$ minutter.

¹² Northern Lights <https://northernlightscs.com/en/about> (07.04.2020)

Gjennomsnittlig daglig antall transportsyklus mellom fangstanlegg og hub kan da grovt sett estimeres ved
Antall transportsyklus per dag = årlig CO₂ til transport (tonn CO₂)/(30.3 tonn CO₂ · 365 dager)

Avstand og estimert kjøretid mellom fangststed og kai ble beregnet ved bruk av verktøyet ArcGIS, og en gjennomsnittlig hastighet korrigert for pausetid til sjåføren kan dermed estimeres ved bruk av faktoren $k_p = \frac{t_a}{t_a+t_p}$, slik at korrigert gjennomsnittlig hastighet v_{korr} for transport med lastebil fra hvert fangstanlegg kan estimeres ved:

$$v_{korr} \text{ (km/time)} = k_p \cdot \frac{\text{Avstand (km)}}{\text{Estimert kjøretid (km/time)}}$$

Videre vil varigheten på en hel syklus for lastebilen med ankomst og lasting av CO₂ ved fangststedet, kjøring til nærmeste hub, lossing av CO₂ etterfulgt av retur til fangstanlegget kunne estimeres ved

$$\text{Varighet syklus (timer)} = 2 \cdot t_{last/loss} \text{ (timer)} + 2 \cdot \frac{\text{Avstand (km)}}{v_{korr} \text{ (km/time)'}}$$

Der $t_{last/loss}$ er tid for lasting og lossing av CO₂. Årlig transportkapasitet av CO₂ for en lastebil vil da være gitt av

$$\text{Årlig kapasitet (tonn CO}_2\text{/lastebil/år)} = \frac{350 \cdot 24 \text{ (timer)}}{\text{Varighet syklus (timer)}} \cdot 30.3 \text{ (tonn CO}_2\text{/lastebil)}$$

Antall lastebiler som må være i operasjon for å betjene transport av CO₂ fra fangstanlegg til kai er dermed gitt ved

$$\text{Antall lastebiler (\#)} = \frac{\text{Fanget CO}_2 \text{ (tonn/år)}}{\text{Årlig kapasitet (tonn CO}_2\text{/lastebil/år)}}$$

Transport med skip til Kollsnes

SINTEFs egenutviklede verktøy iCCS [5]–[7] ble brukt til å vurdere logistikkalternativer for skipstransport fra havner til Northern Lights' mottaksanlegg på Kollsnes i Øygarden utenfor Bergen. Et estimat av størrelser på buffertanker for mellomlagring ved kai, optimal skipsstørrelse og nødvendig antall skip ble gjort for et operasjonstrykk på både 7 og 15 bar. Samtidig ble det også for hver verdikjede undersøkt både en samkjøring av infrastrukturene der hvert skip går innom hver hub, samt en verdikjede med individuelle skipsruter til og fra hver hub. Avstander ble målt ved hjelp av ArcGIS.

Antakelser for skipstransport

1. Tid brukt til å legge til kai, lasting av CO₂ og avgang fra kai estimeres til 12 timer [8].
2. Tid brukt til å legge til kai ved endestasjonen, lossing av CO₂ og avgang fra kai estimeres til 12 timer [8].
3. For transport ved 7 bar kan skip kan ha en transportkapasitet på 5 000, 7 500, 10 000, 15 000, 20 000 eller 25 000 tonn CO₂. For transport ved 15 bar er mulig transportkapasitet 5 000, 7 500 eller 10 000 tonn CO₂.
4. Buffertank for mellomlagring av flytende CO₂ ved kai før transport med må ha kapasitet lik 1.2 ganger vektkapasitet til skipet.
5. Snitthastigheten til skipet er 14 knop (25.9 km/time) [8].
6. Skipene er operative 350 dager i året, hvor resterende dager i året benyttes til vedlikehold.

På samme måte som for veitransport, vil varigheten på en skippingsyklus være gitt ved

$$\text{Varighet syklus (timer)} = 2 \cdot 12 + 2 \cdot \frac{\text{Avstand(km)}}{25.9(\text{km/time})}$$

Antall sykler som kan gjennomføres av et skip per år vil da være

$$\text{Årlige sykluser (\#/år/skip)} = \frac{350 \cdot 24}{\text{Varighet syklus(timer)}}$$

Maksimal årlig transportkapasitet av CO₂ per skip er dermed gitt ved

$$\text{Årlig skipskapasitet (tonn CO}_2\text{/år/skip)} = \text{Årlige sykluser(\#/år/skip)} \cdot \text{Skipstørrelse (tonn CO}_2\text{)},$$

Antall skip som trengs er da gitt ved

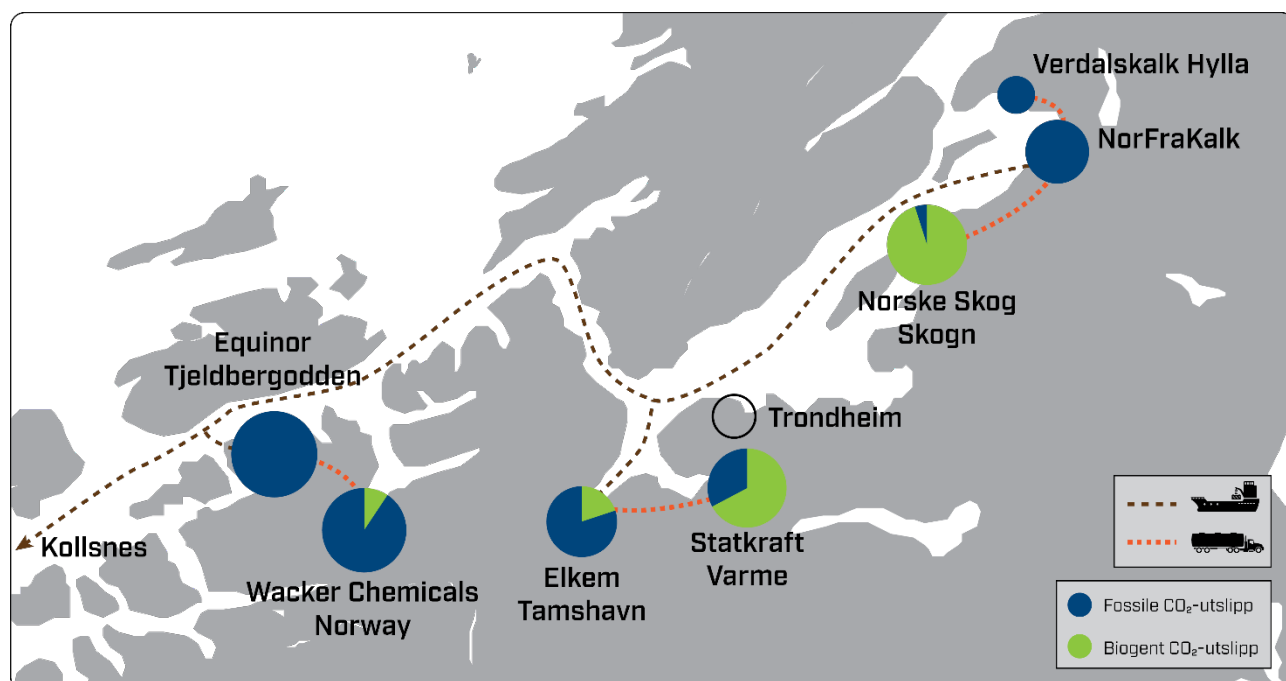
$$\text{Antall skip(\#)} = \frac{\text{CO}_2 \text{ til transport(tonn CO}_2\text{/år)}}{\text{Årlig skipskapasitet (tonn CO}_2\text{/år/skip)}}$$

der CO₂ til transport er den årlige mengden CO₂ som skal transporteres fra kai i hver hub.

3.2 Resultater

3.2.1 Verdikjede 1 – Hub i Verdal, Thamshavn og Tjeldbergodden

I verdikjede 1 blir Norfrakalk, Elkem Thamshavn og Equinor Tjeldbergodden brukt som hub-er for skipstansport av CO₂, der de andre utslippsaktørene transporterer CO₂ via lastebil til nærmeste hub, som illustrert i Figur 5.



Figur 5 Illustrasjon av transportkjeder for verdikjede 1, der kai ved NorFraKalk, Elkem Thamshavn og Equinor Tjeldbergodden brukes som hub for skipstransport av CO₂

En oversikt over hub-lokasjoner, kjøreavstander, årlig mengde CO₂ til transport og gjennomsnittlig antall daglige transportsyklus er gitt i Tabell 3-1. Statkraft Varme, Norske Skog og Wacker Chemicals vil kreve hyppige besøk av lastebiler, der mellom 19-22 daglige transportsyklus mellom fangstanlegg og hub må gjennomføres for å få fraktet bort den totale mengden CO₂ på mellom 210-245 ktonn som potensielt fanges og flytendegjøres gjennom året. Verdalskalk Hylla har betydelig mindre mengde CO₂ til transport, og et snitt på omtrent 4 daglige laster med CO₂ holder her. Avhengig av om flytende CO₂ transporteres ved 7 eller 15 bar, vil det trenge mellomlager på hhv. minimum 53 eller 57 m³ ved Verdalskalk Hylla, Norske Skog Skogn, Statkraft Varme og Wacker Chemicals.

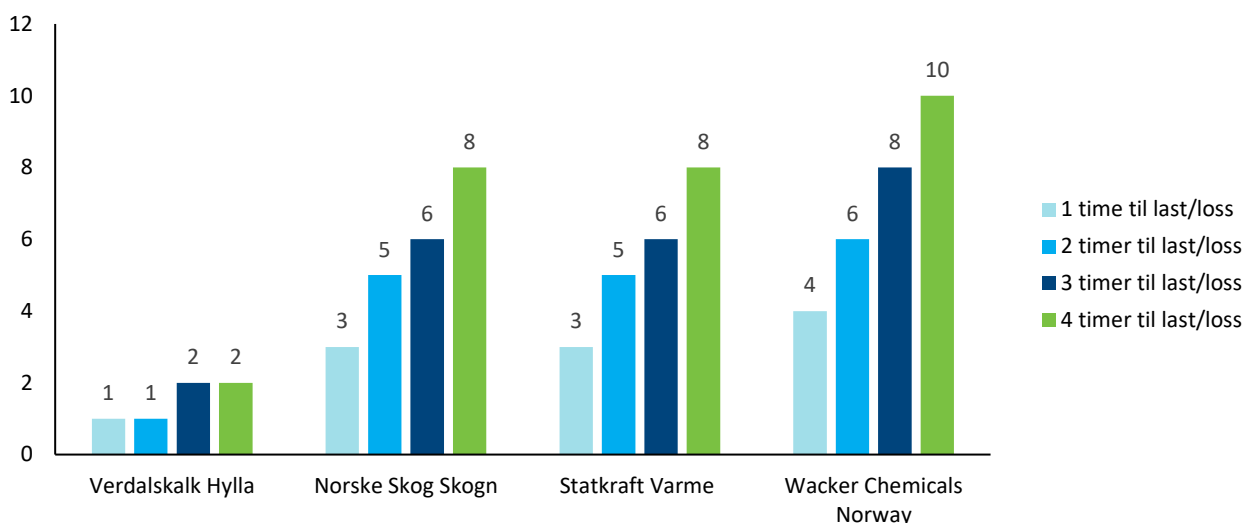
Tabell 3-1 Oversikt over hub-lokasjon, kjøreavstand, transportkapasitet og gjennomsnittlig daglig antall transportsyklus fra mulige fangstanlegg i Verdikjede 1

Hub-lokasjon	Anlegg	Kjøreavstand til kai (km)	Årlig CO ₂ til transport (ktonn CO ₂)	Gj.snittlig antall transportsyklus per dag
NorFraKalk	Verdalskalk Hylla	11	50	4
	Norske Skog Skogn	20	220	20
Elkem Thamshavn	Statkraft Varme	31	210	19
Equinor Tjeldbergodden	Wacker Chemicals	42	245	22

Figur 6 viser antall lastebiler som trengs for transport av CO₂ fra hvert fangststed, der tid for lasting og lossing varierer fra 1 til 4 timer. Verdalskalk Hylla, som har de laveste utslippene og den korteste transportstrekningen, har behov for maksimalt 2 lastebiler. På andre siden av skalaen ligger Wacker Chemicals, som med de høyeste utslippene og den lengste transportstrekningen av de fire anleggene vil ha behov for flest lastebiler, opp mot 10 der laste- og losseprosessen tar 4 timer hver. Norske Skog og Statkraft Varme ligger her i mellomsjiktet, der de med sammenlignbare utslipp og transportavstander krever likt antall lastebiler uavhengig av tid for lasting og lossing.

Antall lastebiler som er nødvendig for transport av CO₂ øker betydelig jo mindre effektivt prosessen for lasting og lossing av CO₂ gjennomføres. Ettersom kjøreavstandene til kai fra hvert fangstanlegg er relativt korte, vil tid for lasting og lossing være utslagsgivende på varigheten til en transportsyklus, der økt tid brukt på disse to prosessene fører til en lavere årlig transportkapasitet av CO₂ per lastebil, noe som igjen øker behovet for antall operative lastebiler i transportparken for å opprettholde en nødvendig transportfrekvens

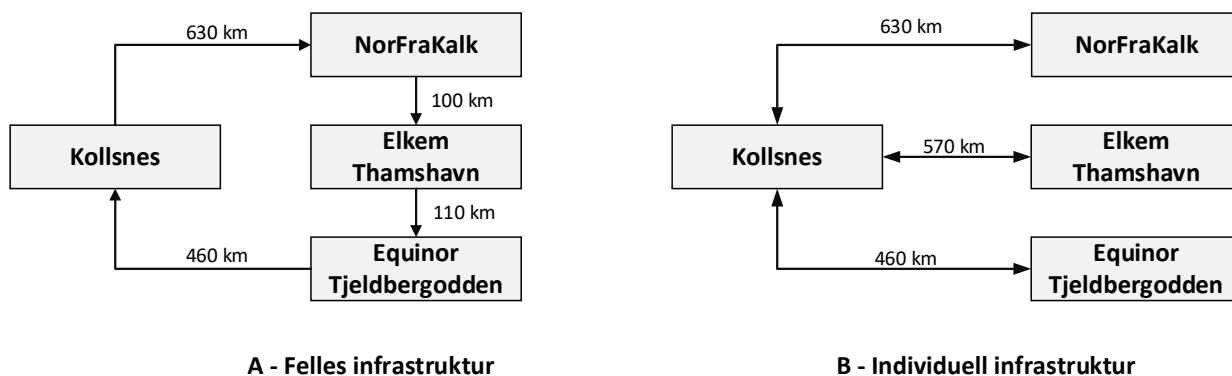
Antall lastebiler for CO₂-transport fra fangstanlegg - Verdikjede 1



Figur 6 Behov for antall lastebiler for veitransport av CO₂ til hub fra fangstanlegg i Verdikjede 1 fordelt på varighet av lasting og lossing av CO₂, der Verdalskalk Hylla og Wacker Chemicals har hhv lavest og størst behov.

Skipstransport fra NorFraKalk, Elkem Thamshavn og Equinor Tjeldbergodden

Konfigurasjon og transportavstander i de to ulike skipsrutene for (A) en felles infrastruktur og (B) en individuell infrastruktur som er vurdert for transport av CO₂ fra hub ved NorFraKalk, Elkem Thamshavn og Equinor Tjeldbergodden til Kollsnes i Verdikjede 1 er illustrert i Figur 7.

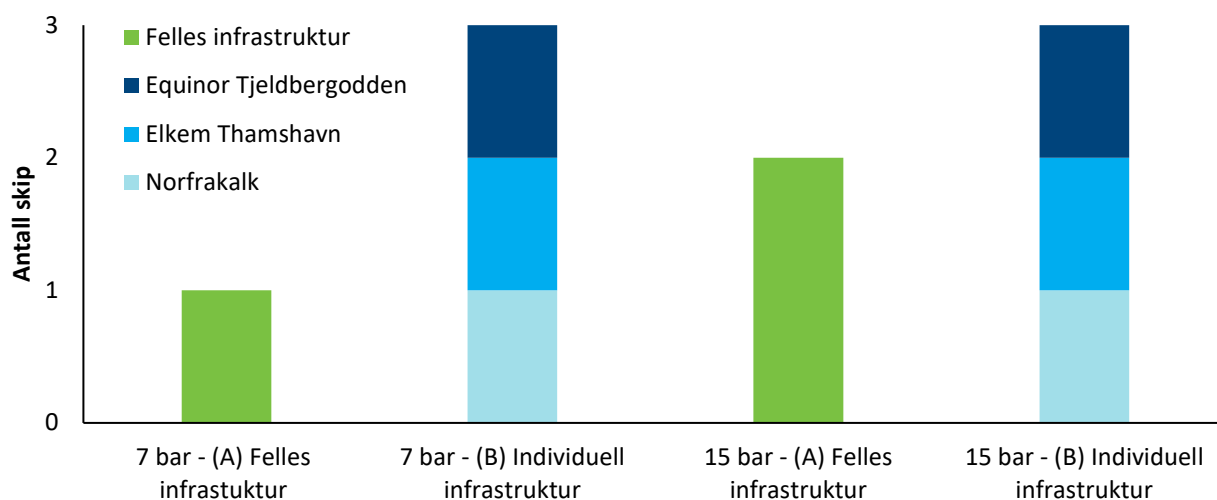


Figur 7 Illustrasjon av skipsruter og avstander for (A) en felles infrastruktur og (B) individuell infrastruktur for transport av CO₂ fra hub-er i Verdikjede 1 til Kollsnes.

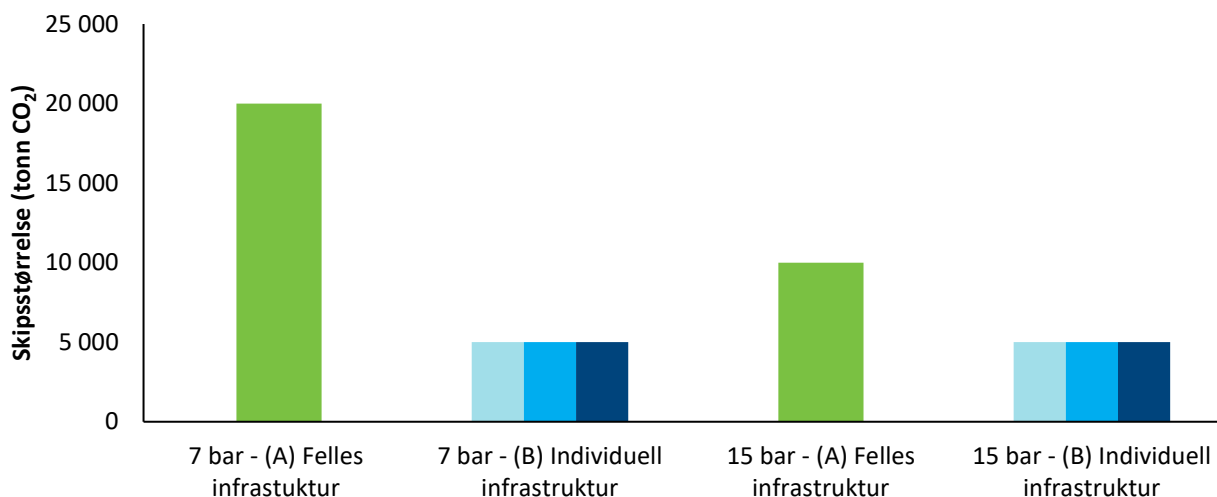
Plot (1) og (2) i Figur 8 angir det optimale antall skip og transportkapasitet i tonn CO₂ per skip for de to skipsrutene beskrevet i Figur 7 ved 7 og 15 bar i Verdikjede 1. Ved bruk av alternativ B for individuelle skipsruter fra hver hub vil nødvendigvis minimumskravet til antall skip være 3 når 3 ulike hub-er benyttes, og for både 7 og 15 bar vil 3 skip på 5 000 tonn CO₂ være tilstrekkelig ved bruk av denne konfigurasjonen. Med de tre skipene i rotasjon mellom Kollsnes og hver sin hub, vil et snitt på rundt 7 skipssykluser med last av CO₂ gjennomføres mellom Kollsnes og Trondheimsregionen hver uke.

Samtidig vil man ved bruk av en (A) felles infrastruktur og transport ved 15 bar ha behov for ett skip mindre enn ved en individuell infrastruktur, der 2 skip med en kapasitet på 10 000 tonn CO₂ vil gå innom NorFraKalk, Elkem Thamshavn og Equinor Tjeldbergodden fra Kollsnes. Med større skip i rotasjonen sammenlignet med konfigurasjon B, vil dette tilsvare omtrent 3 ukentlige skipslaster med CO₂ fra Trondheimsregionen i snitt. For transport ved 7 bar vil man ved en samkjøring av infrastruktur i alternativ A klare seg med kun ett stort skip på 20 000 tonn CO₂, noe som gir rundt 2 skipssykluser i uken i snitt.

(1) Antall skip - Verdikjede 1



(2) Skipsstørrelse - Verdikjede 1



Figur 8 (1) Antall skip og (2) størrelse på skip for Verdikjede 1 ved 7 og 15 bar ved bruk av en (A) felles og (B) individuell infrastruktur. Alternativ (A) ved 7 bar gir færrest antall skip og krever også det største skipet.

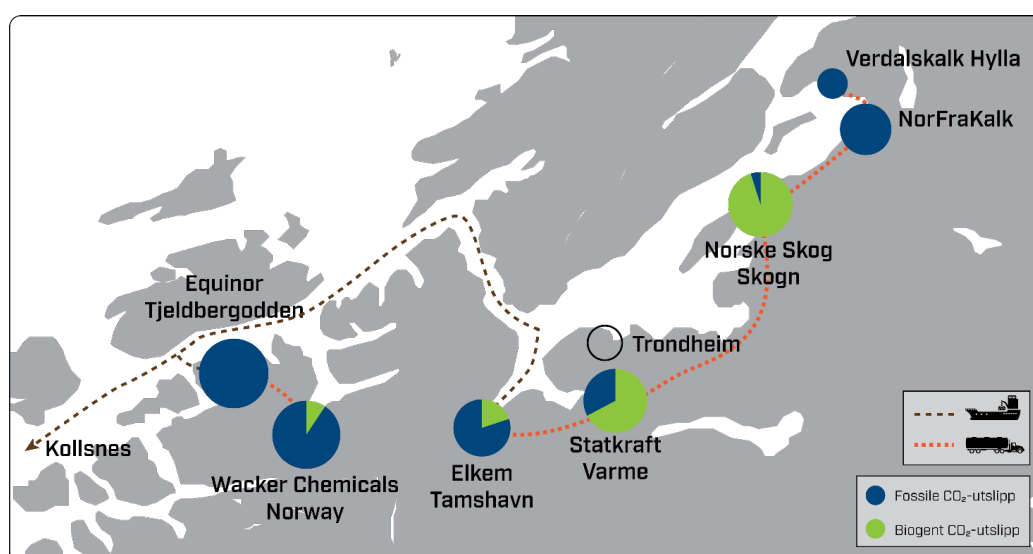
Tabell 3-2 gir en oversikt over årlig kapasitet for transport av CO₂ fra hub ved NorFraKalk, Elkem Thamshavn og Equinor Tjeldbergodden i Verdikjede 1, der mellom 400-500 ktonn CO₂ må fraktes med skip årlig fra hver hub. Tabell 3-2 angir også volumkrav til mellomlager av flytende CO₂ ved kai basert på transportkonfigurasjon og trykk. Generelt kreves det betydelig større tanker til mellomlager for konfigurasjon A ved 7 bar, der volumet på mellomlageret må være minst 6 225 m³. Det høye volumkravet kan relateres til at det i dette scenariet kun vil benyttes ett stort skip på 20 ktonn CO₂ som går innom alle havner, og som dermed gjør at skipet besøker hver havn sjeldnere i forhold til de andre tilfellene. Dette vil igjen gi et større behov for mellomlagring av CO₂ som fanges ved hub-en og som ankommer med lastebil fra andre fangststeder mellom hver utskipning.

Tabell 3-2 Årlig CO₂-kapasitet og behov for mellomlager ved kai hos de ulike hub-ene i Verdikjede 1 ved 7 og 15 bar, samt ved felles og individuell infrastruktur

Hub	Kapasitet (ktonn CO ₂ /år)	Konfigurasjon	7 bar Mellomlager (m ³)	15 bar Mellomlager (m ³)
NorFraKalk	410	A - Felles infrastruktur	6 225	3 375
		B - Individuell infrastruktur	5 235	5 650
Elkem Thamshavn	460	A - Felles infrastruktur	7 050	3 825
		B - Individuell infrastruktur	5 225	5 650
Equinor Tjeldbergodden	500	A - Felles infrastruktur	7 600	4 125
		B - Individuell infrastruktur	5 225	5 650

3.2.2 Verdikjede 2 – Hub i Thamshavn og på Tjeldbergodden

Som illustrert i Figur 9, blir CO₂ fra samtlige aktører i Trondheimsfjorden kjørt med lastebil til en felles hub på Elkem Thamshavn, mens Wacker Chemicals kjører sin last til Equinor Tjeldbergodden i Verdikjede 2. Kjøreavstander til kai, årlig mengde CO₂ til transport og gjennomsnittlig antall daglige transportsyklus er vist i Tabell 3-3. I forhold til Verdikjede 1 vil nå også den årlige mengden på 140 ktonn CO₂ som potensielt fanges og flytendegjøres ved NorFraKalk transporteres til kai med lastebil, der omtrent 13 transportsyklus i snitt må gjennomføres hver dag for å få fraktet bort all CO₂ fra anlegget.



Figur 9 Illustrasjon av transportkjeder for verdikjede 2, der kai ved Elkem Thamshavn og Equinor Tjeldbergodden brukes som hub for skipstransport av CO₂.

Avhengig av om flytende CO₂ transporteres ved 7 eller 15 bar, vil det trenge mellomlager på hhv. minimum 53 eller 57 m³ ved Verdalskalk Hylla, NorFraKalk, Norske Skog Skogn, Statkraft Varme og Wacker Chemicals.

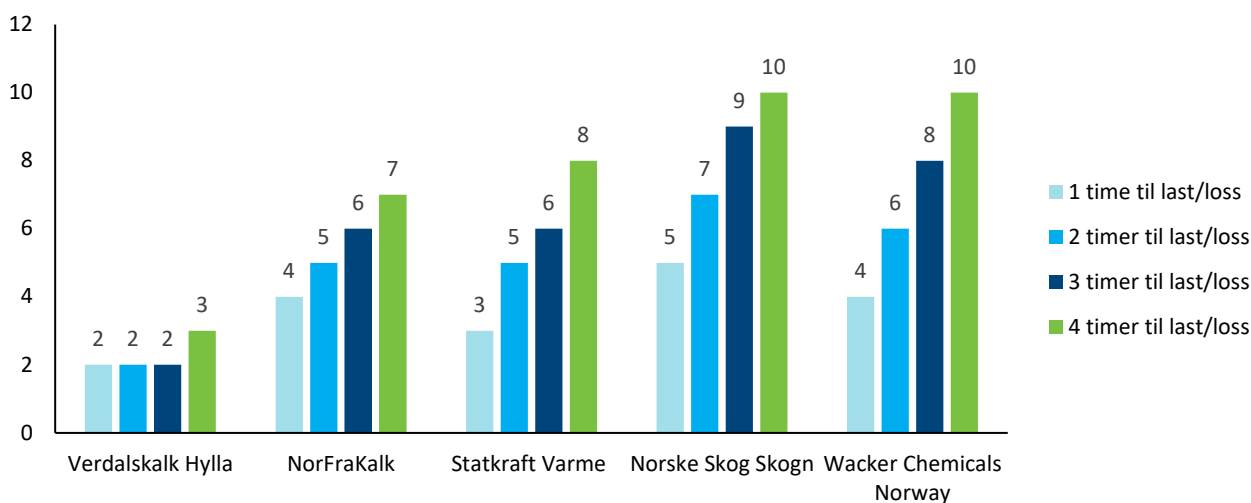
Tabell 3-3 Oversikt over hub-lokasjon, kjøreavstand, transportkapasitet og gjennomsnittlig daglig antall transportsyklus fra mulige fangstanlegg i Verdikjede 2

Hub	Anlegg	Kjøreavstand til kai (km)	Årlig CO ₂ til transport (ktonn CO ₂)	Gj.snittlig antall transportsyklus per dag
Elkem Thamshavn	Verdalskalk Hylla	137	50	4
	NorFraKalk	127	140	13
	Norske Skog Skogn	107	220	20
	Statkraft Varme	31	210	19
Equinor Tjeldbergodden	Wacker Chemicals	42	245	22

Figur 10 viser antall lastebiler som trengs for transport av CO₂ fra hvert fangststed i Verdikjede 2, hvor tid for lasting og lossing varieres mellom 1 til 4 timer. Etersom Verdalskalk Hylla er den minste utslippsaktøren, har anlegget det laveste behovet for antall lastebiler på maksimalt 3 stk på tross av at anlegget har den lengste transportstrekningen med lastebil. På andre siden av skalaen ligger Wacker Chemicals og Norske Skog, som med de høyeste CO₂-mengdene og relativt lange transportstrekninger har behov for opp mot 10 lastebiler med 4 timer brukt til laste- og losseprosessen.

Som med Verdikjede 1, øker også her antall lastbiler som er nødvendig for transport av CO₂ betydelig jo mindre effektivt prosessen for lasting og lossing av CO₂ gjennomføres.

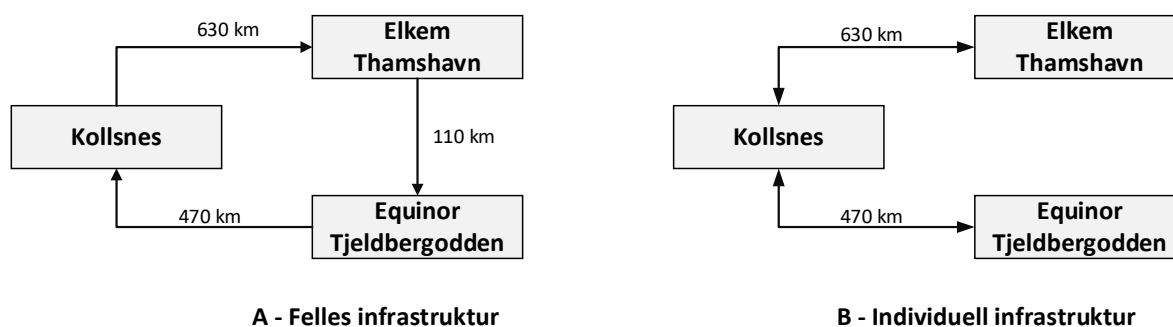
Antall lastebiler for CO₂-transport fra fangstanlegg - Verdikjede 2



Figur 10 Behov for antall lastebiler for veitransport av CO₂ til hub fra fangstanlegg i Verdikjede 1 fordelt på varighet av lasting og lossing av CO₂, der Verdalskalk Hylla og Norske Skog Skogn har hhv lavest og størst behov.

Skipstransport fra Elkem Thamshavn og Equinor Tjeldbergodden

Konfigurasjon av skipsruter benyttet i Verdikjede 2 med transportavstander er illustrert i Figur 11. På samme måte som i Verdikjede 1, ble det undersøkt en (A) felles infrastruktur der samme skip går innom både Elkem Thamshavn og Equinor Tjeldbergodden, samt en konfigurasjon med (B) individuelle infrastrukturer, der hver hub betjenes av egne skip.



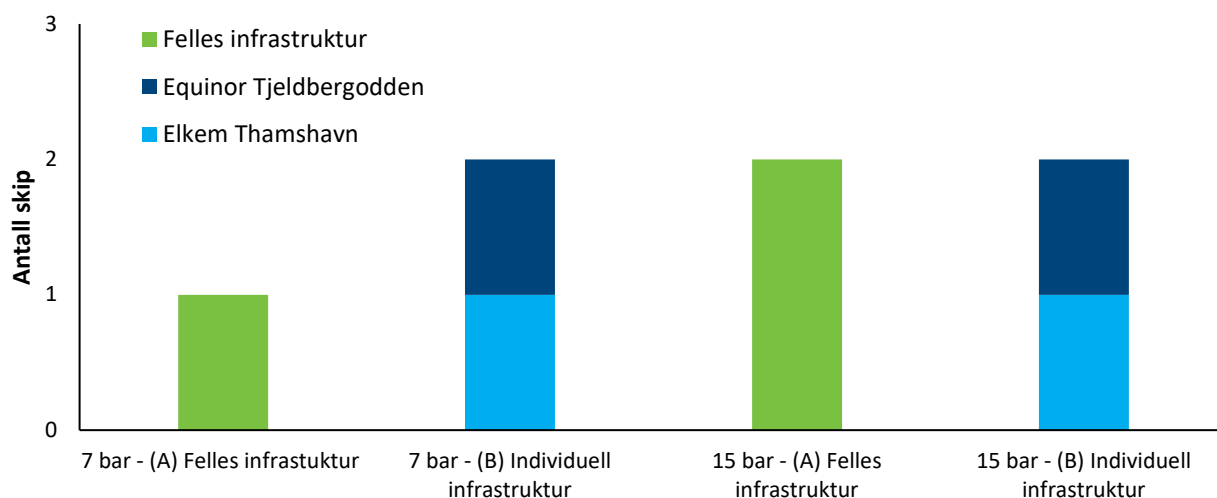
Figur 11 Illustrasjon av skipsruter og avstander for (A) en felles infrastruktur og (B) individuell infrastruktur for transport av CO₂ fra hub-ene i Verdikjede 2 til Kollsnes.

Optimalt skipsantall og transportkapasitet i tonn CO₂ per skip i Verdikjede 2 for alternativ A og B ved 7 og 15 bar er beskrevet i hhv i Plot (1) og (2) i Figur 12. For en felles infrastruktur i alternativ A ved transport ved 7 bar må kun ett stort skip på 20 000 tonn CO₂ benyttes for å få fraktet all CO₂. Dette tilsvarer et snitt på rundt 2 ukentlige skipssyklusler mellom Kollsnes og Trondheimsregionen. For alternativ A ved 15 bar trengs det derimot to skip med en kapasitet på 10 000 tonn CO₂ ettersom maksimal skipskapasitet for transport ved 15 bar er begrenset til 10 000 tonn. Dette betyr videre at antall skipslaster fra Trondheimsregionen per uke dobles til omtrent 4 i snitt.

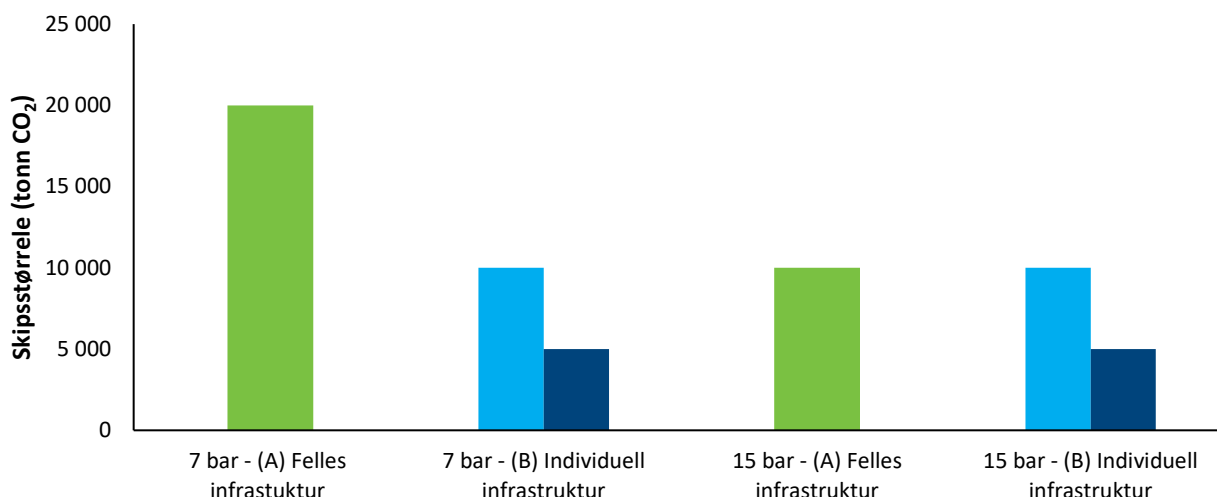
Ved bruk av individuelle infrastrukturer i alternativ B for både 7 og 15 bar, vil 2 skip være i omløp for å betjene hver sin hub ved Thamshavn og på Tjeldbergodden. Skipet som går mellom Kollsnes og Tjeldbergodden har en kapasitet på 5000 tonn CO₂, mens det som går mellom Kollsnes og Thamshavn har en kapasitet på 10 000. For alternativ B vil dette til sammen tilsvare omtrent 5 skipslaster med CO₂ i uken i snitt fra Trondheimsregionen for både 7 og 15 bar.

Tabell 3-4 gir en oversikt over volumkrav til mellomlager av flytende CO₂ ved kai og årlig kapasitet for transport av CO₂ fra kai ved Elkem Thamshavn og Equinor Tjeldbergodden i Verdikjede 2, der hhv 868 og 498 ktonn CO₂ må fraktes med skip årlig fra hver hub. Høyest volumkrav til mellomlager i Verdikjede 2 finner man ved Elkem Thamshavn for konfigurasjon A ved 7 bar, med et volum på 13 250 m³.

(1) Antall skip - Verdikjede 2



(2) Skipsstørrelse - Verdikjede 2



Figur 12 (1) Antall skip og (2) størrelse på skip for Verdikjede 2 ved 7 og 15 bar ved bruk av en (A) felles og (B) individuell infrastruktur. Alle alternativer krever 2 skip bortsett fra alternativ A ved 7 bar.

Tabell 3-4 Årlig CO₂-kapasitet og behov for mellomlager ved kai i hub-er i Verdikjede 2 ved 7 og 15 bar, samt ved felles og individuell infrastruktur

Hub	Kapasitet (ktonn CO ₂ /år)	Konfigurasjon	7 bar Mellomlager (m ³)	15 bar Mellomlager (m ³)
Elkem Thamshavn	870	A - Felles infrastruktur	13 250	7 200
		B - Individuell infrastruktur	10 450	11 325
Equinor Tjeldbergodden	500	A - Felles infrastruktur	7 600	4 125
		B - Individuell infrastruktur	5 225	5 650

3.2.3 Sammenligning av verdikjeder

Verdikjede 1 og 2 representerer to av flere mulige logistikkalternativer for transport av CO₂ fra aktører i Midt-Norge, begge med utgangspunkt i transport til kai med lastebil og videre skipstransport til Kollsnes.

Verdikjede 1 korter ned kjøreavstand og det totale behovet for antall lastebiler med flytende CO₂ på veien sammenlignet med Verdikjede 2. I tillegg fordeles også byrden for mellomlager av CO₂ ved kai før utskipning fra kilder rundt Trondheimsfjorden mellom NorFraKalk og Elkem Thamshavn, noe som kan være en fordel dersom ledig areal er begrenset. Til sammenligning krever verdikjede 2 bruk av færre skip enn verdikjede 1, og årlig mengde CO₂ som skipes ut fra Elkem Thamshavn tilnærmet dobles når hub ved NorFraKalk fjernes til fordel for veitransport av CO₂ fra alle fangstanlegg rundt Trondheimsfjorden til Thamshavn.

Fra et rent logistikkperspektiv ser det ut til at vi ved et transporttrykk på 15 bar i Verdikjede 1 får en liten fordel i form av en reduisering av antall skip fra 3 til 2 ved å bruke en felles skipsrute som går innom alle hub-ene i kjeden i forhold til individuelle transportruter for hver hub. Basert på et transporttrykk på 7 bar, har vi derimot kun behov for ett større skip i omløp dersom skipet går som går innom alle hub-ene i både Verdikjede 1 og 2. Dette kan forklares ved at vi ved 7 bar har mulighet for å bruke større skip med en kapasitet opp mot 25 000 tonn CO₂ i forhold til maksimal størrelse på 10 000 tonn CO₂ ved transport ved 15 bar. Videre ser det generelt også ut til at en felles infrastruktur medfører et mindre antall ukentlige skipslaster med CO₂ fra Trondheimsregionen i forhold til individuelle transportruter.

For å kunne vurdere disse to logistikkalternativene bedre opp mot hverandre, samt mot andre transportkonfigurasjoner, må videre og mer detaljerte analyser som også tar hensyn til transportkostnad utføres. Blant annet er det nødvendig med grundigere og individuelle vurderinger av behov for mellomlagring av flytende CO₂ ved fangstanleggene før transport med lastebil sett i lys av hyppighet på transportavganger. Samtidig viser denne analysen viser et behov for relativt mange daglige kjøreturer med lastebil mellom fangstanlegg og hub fra de aktørene med forholdsvis store mengder CO₂ til transport, deriblant Statkraft Varme. Det vil da i disse tilfellene være særlig interessant å undersøke et alternativ for rørtransport til kai for blant annet å minimere trafikkbelastningen fra disse anleggene. Videre er det heller ikke utført individuelle vurderinger av blant annet modenhet og fangstrate for levering av CO₂ til transport fra anleggene, arealkapasitet tilknyttet mellomlager av flytende CO₂, klimagassutslipp knyttet transportløsninger og krav til innseilingsdybde for de aktuelle skipene. Til sammen er dette faktorer som vil være interessante å studere i en neste fase for etablering av CCS-kjeder i Midt-Norge.

4 Videre arbeid med CCS i Midt-Norge

Analysen i Seksjon 3 viser mulige logistikkalternativ for CCS-verdikjeder i Midt-Norge, der det finnes et potensiale for en samordning av CO₂-transport med skip til Kollsnes på Øygarden for lagring i Northern Lights infrastrukturen. Samtidig har kartleggingen beskrevet at flere av aktørene i regionen har pågående eller tidligere prosjekter og aktiviteter tilknyttet CO₂-fangst på sine anlegg, der Elkem Thamshavn, NorFraKalk og Verdalskalk Hylla sammen med Statkraft Varme er aktive i dag.

Videre ble det gjennom forprosjektet 19. mars 2020 arrangert en digital workshop med Trondheim kommune som vertskap og SINTEF og Norges forskningscenter for CCS, FME NCCS, som organisatorer. Utover vertskap og arrangører deltok representanter fra utslippsaktører i Midt-Norge, Northern Lights, CO₂-Hub Nordland, Fortum Oslo Varme, virkemiddelapparatet Gassnova, Miljødirektoratet og NTNU for å diskutere og utveksle erfaringer, motivasjon og muligheter rundt etablering av CO₂-fangst som et tiltak for å oppnå grønn konkurransekraft. Presentasjonsbidrag fra workshopen som ikke er unndratt offentligheten ligger vedlagt rapporten.

Hovedbudskap fra workshopen inkluderer:

- CCS er et nyttig verktøy for å redusere utslipp av CO₂ og potensielt fjerne CO₂ fra atmosfæren ved fangst av biogent CO₂.
- Trondheim med SINTEF, NTNU og FME NCCS i spissen er et internasjonalt ledende kunnskapsmiljø innen CCS.
- Det finnes gode muligheter for finansiering av CCS-relaterte aktiviteter i CLIMIT-programmet som opereres.
- Flere industriaktører i Midt-Norge undersøker muligheten for implementasjon av karbonfangst, og kan dra nytte av samarbeid og erfaringsutveksling.

Basert på kartleggingen og CCS-workshopen kan et naturlig neste steg for arbeid med CCS i Midt-Norge være opprettelsen av et CLIMIT-Demo prosjekt med en industriklynge av aktører i Midt-Norge som sørger for samarbeid mellom partnere og videre undersøker videre transportmuligheter, samt barrierer og forretningsmodeller for karbonfangst. SINTEF utarbeider i skrivende stund et prosjektforslag i samarbeid med Trondheim kommune og Statkraft Varme for å opprette en CCS-klynge i Midt-Norge som beskriver dette, hvor en skisse til prosjektet ligger vedlagt rapporten.

Trondheim kommune kan bistå som en støttespiller for realiseringen av karbonfangst ved Statkraft Varme på Heimdal spesielt og hos andre aktører i regionen generelt. I forhold til Statkraft Varme, vil de særlig trenge støtte i arealavklaringer for å dekke plassbehov for installasjon av fangst- og flytendegjøringsanlegg samt nødvendige tanker for mellomlagring av CO₂ før transport.

Samtidig kan Trondheim kommune være en generell pådriver for CCS-aktivitet ellers i regionen, blant annet ved å være vertskap og tilrettelegge for møter og workshops for relevante aktører som workshopen avholdt 19. mars. Videre kan kommunen være en tilrettelegger for dannelsen av og være en assosiert partner i et prosjekt for en CCS-klynge i Midt-Norge.

Et tredje bidrag fra Trondheim kommune kan være kommunikasjon og synliggjøring av arbeidet som gjøres med CO₂ fangst ved Statkraft Varme på Heimdal i relevante foraer, både til den generelle befolkningen, men også til andre kommuner, fylker og til sentralmakten i Norge. Ved å dele erfaringer og gå frem som en foregangskommune på CCS kan kommunen bidra med et økt fokus på karbonfangst som et klimatiltak og også være en pådriver for en positiv investeringsavgjørelse for det norske fullskalaprojektet på CCS.

5 Konklusjon

Denne rapporten oppsummerer arbeid SINTEF har utført på oppdrag av Trondheim kommune, som innebefatter en kartlegging av aktører i Midt-Norge med betydelige CO₂ utslipp og samt deres aktiviteter relatert til CCS, samt en logistikkanalyse av verdikjeder for CO₂-transport fra identifiserte utslippskilder. I Midt-Norge ble det funnet totalt 8 kvotepliktige industriaktører med betydelige utslipp av CO₂ fordelt på kalkindustri, papirproduksjon, silisiumproduksjon, avfallsforbrenning og energigjenvinning, metanolproduksjon og aluminiumproduksjon. Videre arbeider 4 av disse aktørene aktivt med CO₂-fangst i dag. Rapporten belyser to mulige verdikjeder for transport av CO₂ til Northern Lights sitt planlagte mottak på Kollsnes i Øygarden kommune. De to verdikjedene benytter seg av veitransport ved lastebil og langdistansetransport ved bruk av skip i ulike konfigurasjoner, og danner et grunnlag for videre analyser som også tar hensyn til kostnad for å oppnå en optimalisert verdikjede. Under forstudien ble det arrangert en workshop om CCS i Midt-Norge med sentrale utslippsaktører i regionen samt ulike interessenter og prosjekter i Norge, hvor det også ble vist en generell interesse for CCS i Midt-Norge. Mye tyder på at det i et videre arbeid med CCS i regionen og hos Trondheim kommune vil være hensiktsmessig å etablere et prosjekt med en industriklynge av aktører for samarbeid og erfaringsutveksling rundt CCS. Samtidig kan kommunen også bistå Statkraft Varme, spesielt i avklaringer rundt areal.

6 Referanser

- [1] Trondheim Kommune, “Kommunedelplan: Energi og klima 2017-2030,” 2017.
- [2] Miljødirektoratet, Statens vegvesen, Kystverket, Landbruksdirektoratet, Norges vassdrags- og energidirektoratet, and Enova, “Klimakur 2030: Tiltak og virkemidler mot 2030,” 2020.
- [3] S. Roussanaly and H. Deng, “NCCS DT1_2019_2 Identification of optimal transport conditions for CO2 transport via ship: focused on the comparison of the 7 and 15 bar options,” SINTEF Energy Research, Trondheim, Norway, 2019.
- [4] Fortum Oslo Varme - Klemetsrudanlegget (KEA) - Carbon Capture Oslo, “Concept Study Report,” 2018.
- [5] S. Roussanaly, J. P. Jakobsen, E. H. Hognes, and A. L. Brunsvold, “Benchmarking of CO2 transport technologies: Part I—Onshore pipeline and shipping between two onshore areas,” *International Journal of Greenhouse Gas Control*, vol. 19, pp. 584–594, 2013, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2013.05.031>.
- [6] S. Roussanaly, A. L. Brunsvold, and E. S. Hognes, “Benchmarking of CO2 transport technologies: Part II – Offshore pipeline and shipping to an offshore site,” *International Journal of Greenhouse Gas Control*, vol. 28, pp. 283–299, 2014, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2014.06.019>.
- [7] J. Jakobsen, S. Roussanaly, and R. Anantharaman, “A techno-economic case study of CO2 capture, transport and storage chain from a cement plant in Norway,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 144, pp. 523–539, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.120>.
- [8] European Technology platform for Zero Emission Fossil Fuel Power Plants, “The Costs of CO2 Transport, Post-demonstration CCS in the EU,” 2011.



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no

Vedlegg 1:

Presentasjoner fra Workshop: CCS i Midt-Norge



Karbonfangst og -lagring (CCS) i Midt-Norge

Workshop og Innovasjons-sprint

19. mars 2020, Skype



TRONDHEIM KOMMUNE



Agenda

09:00	Velkommen og innledning	Kristin Jordal (SINTEF Energi)
09:10	Betydningen av CCS for å nå utslippsmålene i Trondheim Kommune	Hans-Einar Lundli (Trondheim Kommune)
09:25	Karbonhåndtering for økt grønn konkurransekraft i Midt-Norge	Marie Bysveen (SINTEF Energi/FME NCCS)
09:40	CCS og forankring mot Klimakur 2030	Jo-Kristian Røttereng (Miljødirektoratet)
09:55	Gassnova som muliggjør for CCS	Ingrid Sørum Melaaen (Gassnova)
10:10	Hvordan etablere et CO₂-fangstprosjekt – erfaringer fra Fortum Oslo Varme	Jannicke G. Bjerkaas (Fortum Oslo Varme)
10:25	Pause	
10:30	CO₂ transport og lagring i prosjektet Northern Lights	Emil Yde Aasen (Northern Lights/Equinor)
10:45	Innlegg fra aktører i Midt-Norge	Statkraft, Elkem, NorFraKalk, Wacker
11:45	Oppsummering og veien videre	Marie Bysveen (SINTEF Energi/FME NCCS)
12:00	Slutt	

Vennligst mute mikrofonen
dersom du ikke snakker!

Ved spørsmål og kommentarer:
– Si navnet ditt og hvilken
organisasjon du kommer fra

Deltakere – representanter fra:

Trondheim Kommune

SINTEF

FME NCCS

Forskningsrådet

Northern Lights/Equinor

Technology Center Mongstad

Gassnova

Miljødirektoratet

Norfrakalk

CO₂-Hub Nordland

Statkraft Varme

Elkem

Wacker Chemicals

Fortum Oslo Varme

Enova

NTNU

FME NTRANS

Norsk Skog Skogn

Innlegg

Hans-Einar Lundli
(Trondheim Kommune)

Betydningen av CCS for å nå utslippsmålene i Trondheim Kommune

Marie Bysveen
(SINTEF Energi/FME NCCS)

Karbonhåndtering for økt grønn konkurransekraft i Midt-Norge

Ingrid Sørum Melaen
(Gassnova)

Gassnova som muliggjør for CCS

Jannicke G. Bjerkås
(Fortum Oslo Varme)

Hvordan etablere et CO2-fangstprosjekt – erfaringer fra Fortum Oslo Varme

Emil Yde Aasen
(Northern Lights)

CO2 transport og lagring i prosjektet Northern Lights

**Stakraft, Elkem, Norfrakalk,
Wacker**

Innlegg fra aktører i Midt-Norge

Marie Bysveen
(SINTEF Energi/FME NCCS)

Oppsummering og veien videre



TRONDHEIM KOMMUNE

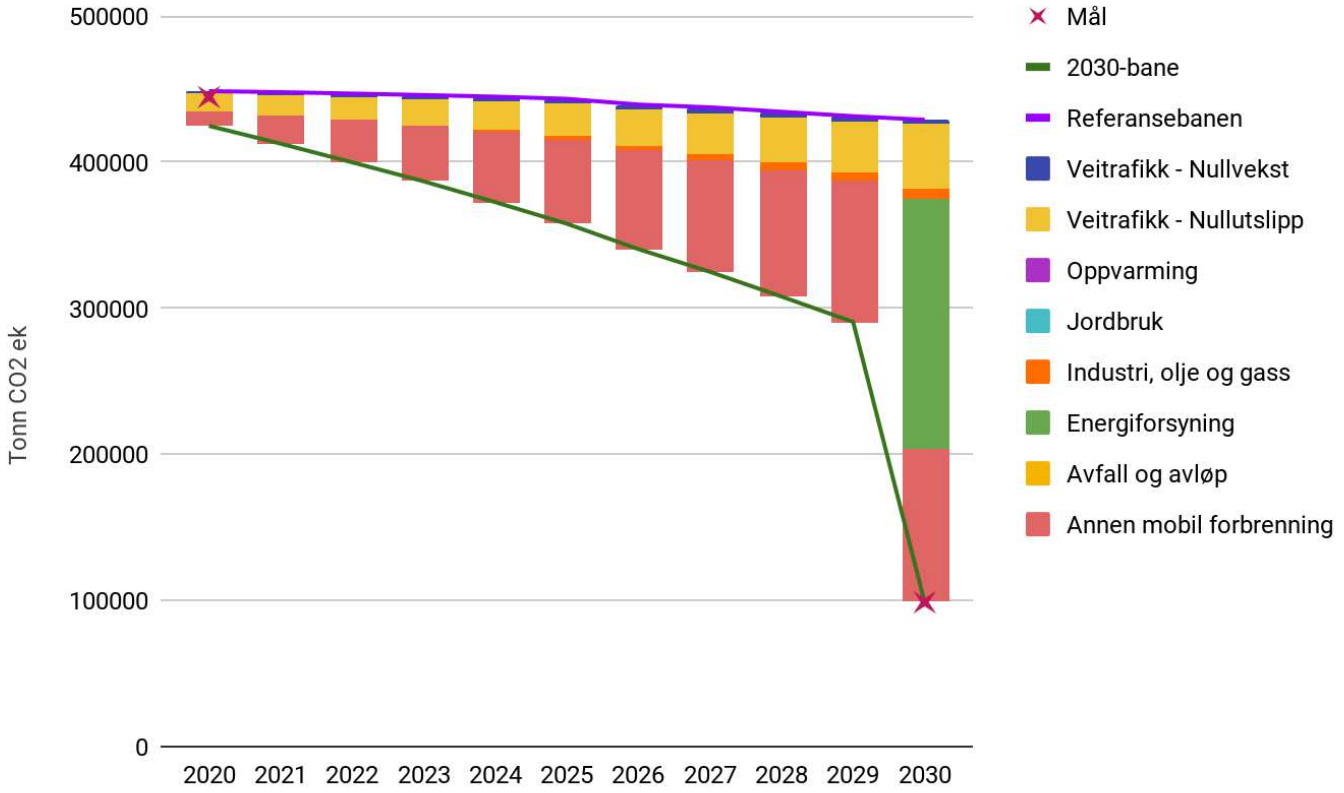
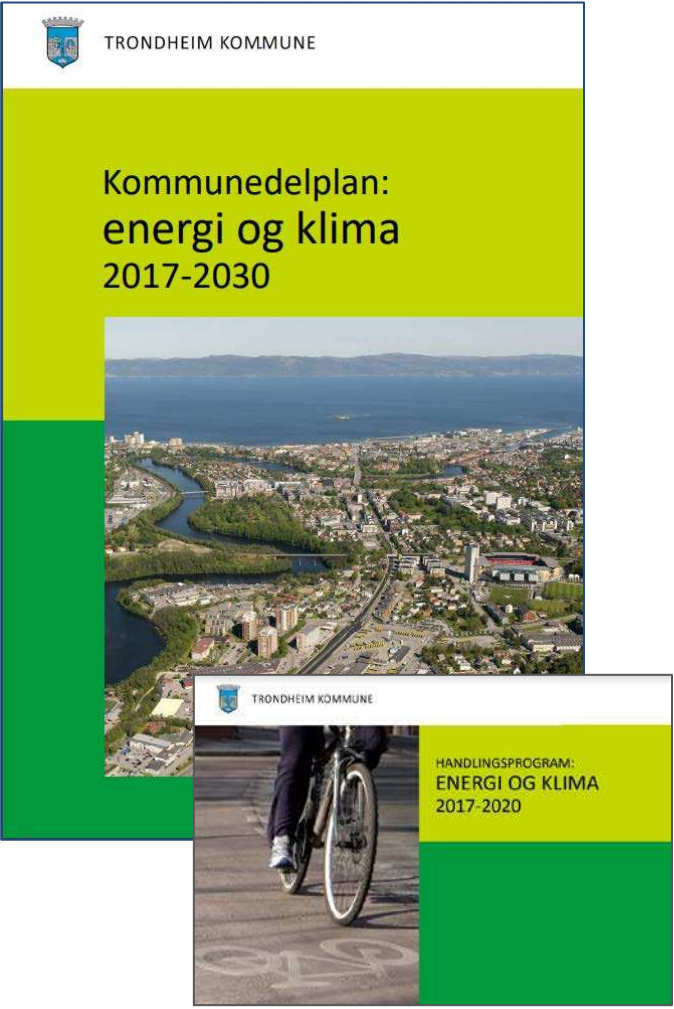
Betydningen av CCS for å nå klimamålene for Trondheim kommune

19. mars 2020

Hans Einar Lundli, avdelingsleder klima og samfunn, Miljøenheten



Klimaplanen: kutte utslippene med 80 % innen 2030



Karbonfangst avfallsforbrenning Trondheim

- Anlegget på Heimdal eies ikke av Trondheim kommune
- Trondheim kommune som pådriver og samarbeidspartner
- Forstudie karbonfangst forbrenningsanlegget Heimdal høst 2019- vår 2020

- Neste steg etter forstudie:
 - En større mulighetsstudie for en midt-norsk verdikjede for fangst, transport og lagring av CO2



Foto: Renate Stakvik, Trondheim kommune

Bystyret 21.11.19:

- Kommunen skal sammen med Statkraft og byens forskningsmiljø jobbe for at CO2-fangst på forbrenningsanlegget på Tiller realiseres innen 2030.



Kommunens rolle

Forstudien

- Bidra til et kunnskapsgrunnlag hva gjelder muligheter for fremtidig karbonfangst fra anlegget på Heimdal
- Forstå hvilken rolle og bidrag kommunen kan og bør ha i arbeidet med CCS
- Resultatene fra forstudien blir lagt frem for politisk nivå i Trondheim kommune

Bidrag fremover

- Pådriver for at staten velger å gå videre med de 2 nasjonale pilotprosjektene, Klemetsrud (Oslo) og Norcem (Brevik)
- Pådriver og deltaker i et større fremtidig konsortium for CCS i Midt-Norge. Bidra i avklare hvordan neste fase kan finansieres (eks. CLIMIT, regionale forskningsfond)
- Avfallssystemet for Trondheim - handlingsrom for å stille krav til utslipp/CCS?
- Bidra til at det utvikles incentiver som utløser CCS-prosjekter



Innlegg

Hans-Einar Lundli
(Trondheim Kommune)

Betydningen av CCS for å nå utslippsmålene i Trondheim Kommune

Marie Bysveen
(SINTEF Energi/FME NCCS)

Karbonhåndtering for økt grønn konkurransekraft i Midt-Norge

Ingrid Sørum Melaen
(Gassnova)

Gassnova som muliggjør for CCS

Jannicke G. Bjerkås
(Fortum Oslo Varme)

Hvordan etablere et CO2-fangstprosjekt – erfaringer fra Fortum Oslo Varme

Emil Yde Aasen
(Northern Lights)

CO2 transport og lagring i prosjektet Northern Lights

Stakraft, Elkem, Norfrakalk,
Wacker

Innlegg fra aktører i Midt-Norge

Marie Bysveen
(SINTEF Energi/FME NCCS)

Oppsummering og veien videre



NORWEGIAN CCS RESEARCH CENTRE

Karbonhåndtering for økt grønn konkurransekraft i Midt-Norge

Marie Bysveen SINTEF/FME NCCS

March 19th 2020



Agenda

- Økt grønn konkurransekraft i Midt Norge
- Nasjonal, norsk storskala satsing på CCS
- Forskningscenteret FME NCCS
- CCS i Midt-Norge - forstudie

Strategisk næringsplan for Trondheimsregionen 2017 - 2020



NCOS

ET VERDISKAPENDE TRØNDELAG

Strategi for innovasjon og verdiskaping i Trøndelag

vedtatt av fylkestinget 14.12.2017



- i samarbeid med flere aktører

 Trøndelag
fylkeskommune



Grønn konkurransekraft i Trondheimsregionen

Energi og Industri

Mulighetsrom verdikjeder

NHO Veikart for fremtidens næringsliv

Forfatter(e)

Petter Støja

Nils Røkke, Sigmund Størset, Lars Spørsum, Rudie Spooren, Gaute Knutstad, Nina Dahl, Duncan Akporiaye, Rune Bredesen, Gunnar Sand, Erlend Grytli Tveten, Stein Mortensholm, Anne Steenstrup-Duch, Eirill Bachmann Mehammer, Linn Emelie Schäffer, Judit Sandquist, Frida Vullum-Bruer, Edel Sheridan, Lisbeth Ingrid Alnæs, Per Helge Høgaas, Odd-Geir Lademo, Eivind Johannes Øvrelid



Rapport

Kartlegging av grønn konkurransekraft i Trondheimsregionen

Status for bransjer og bedrifter, samt forslag til hvordan måle over tid

Forfatter(e)

Marie Bysveen

Kirsten Svenja Wiebe

Petter Støja

Lene Lad Johansen



19. januar 2020

Energi og Industri

Mulighetsrom verdikjeder NHO Veikart for fremtidens næringsliv

Forfatter(e)

Petter Støa
Knut Røed, Sigrunn Skarv, Lars Erik Rindal, Sindre Kvaloy, Svein Erik
Dunnes Rindal, Børge Skjerve, Gunnar Sand, Erlend Gryll Tvedes, Ole
Hammeholm, Håvard Skjerve, Siri Eide, Sindre Skjerve, Siri Eide, Ole
Hammeholm, Siri Eide, Sindre Skjerve, Siri Eide, Sindre Skjerve, Siri Eide



SINTEF
2020 10 30

ENERGI OG INDUSTRI NYE VERDIKJEDER

Tre mulighetsrom

Solamøtet

2020 01 13 PETTER STØA

Satt sammen av verdikjeder

I kategorien over 100 milliarder finner vi:

- Prosessindustri
- Karbonfangst og lagring
- Hydrogen
- Havvind
- Elektrifisering av transport
- Digitalisert leverandør- og forbruksvareindustri



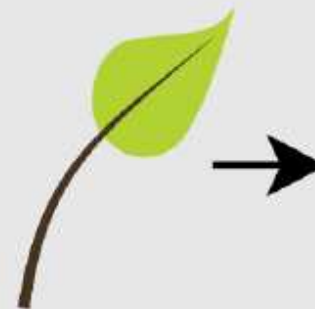
I kategorien 10-100 milliarder:

- Mineraler og gruvedrift
- Batteriproduksjon
- Fornybar energi
- Solceller
- Elektriske overføringsnett

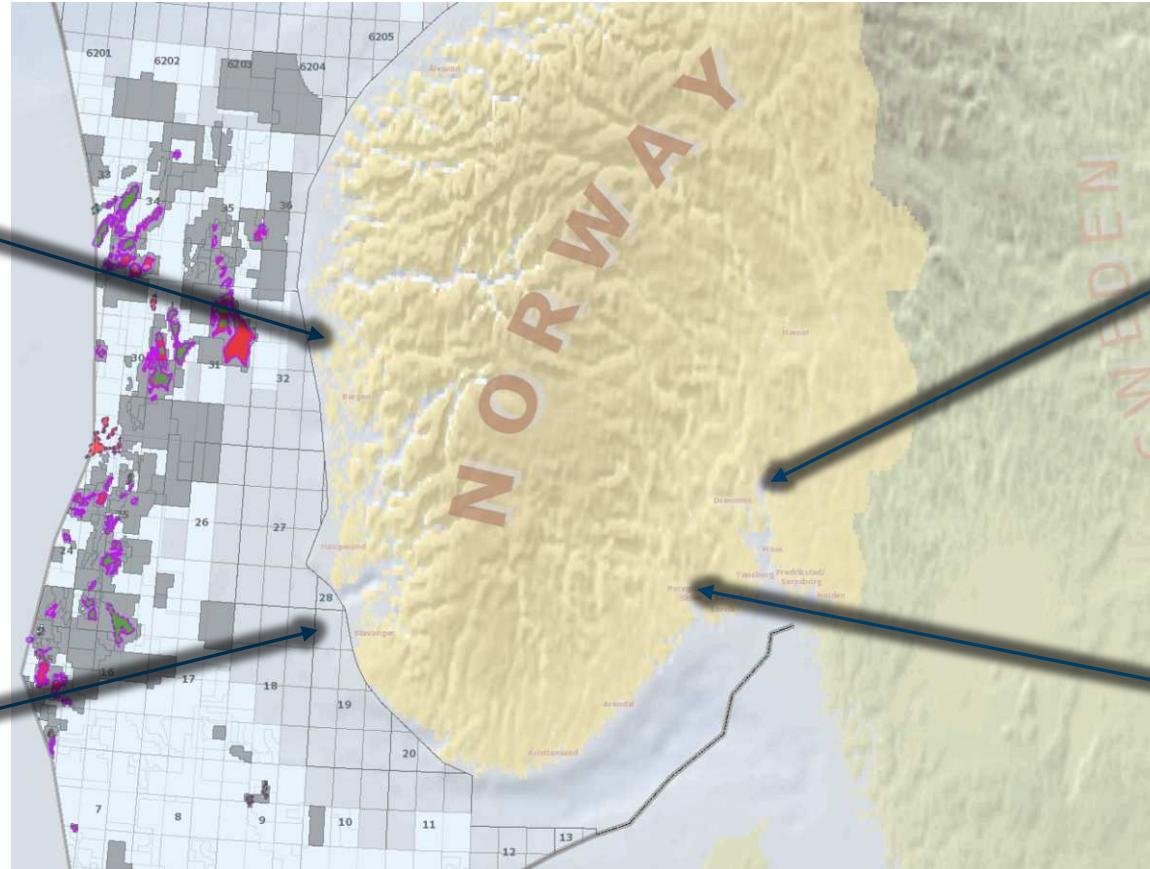


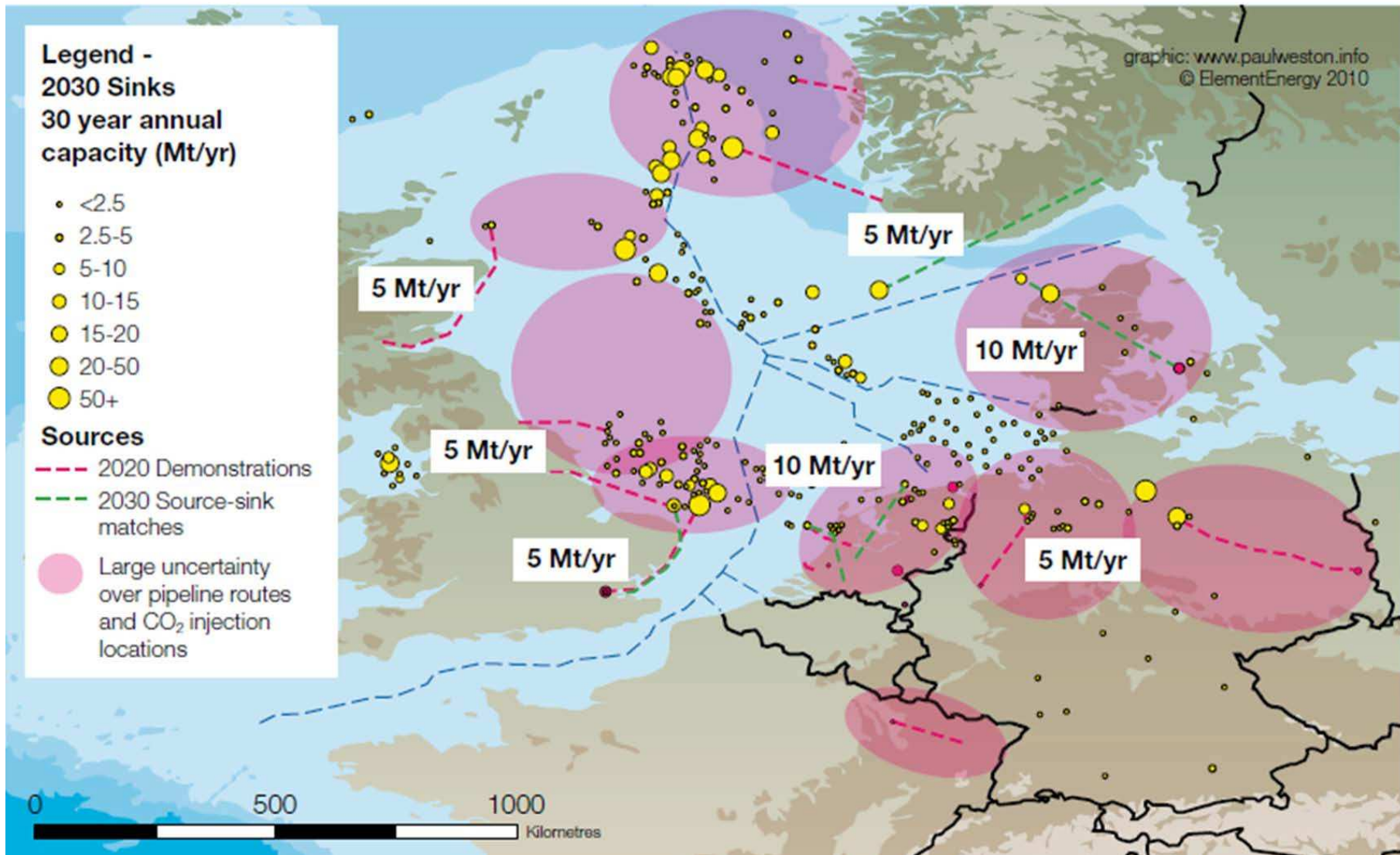
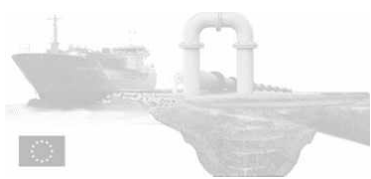
I tillegg kommer spennende ideer som ikke så lett lar seg verdifeste som:

- Bioenergi og biokull
- Utslippsfri utvinning av olje og gass

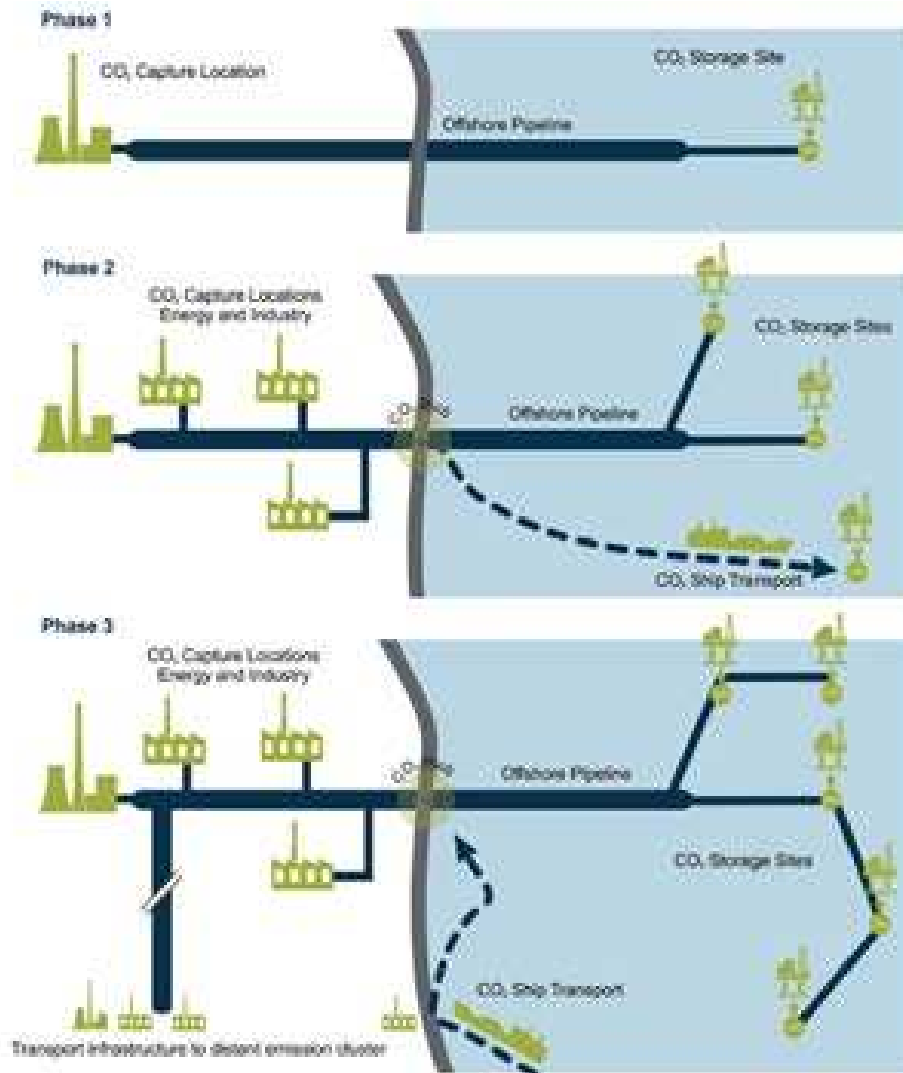


THE NORWEGIAN CCS DEMONSTRATION PROJECT

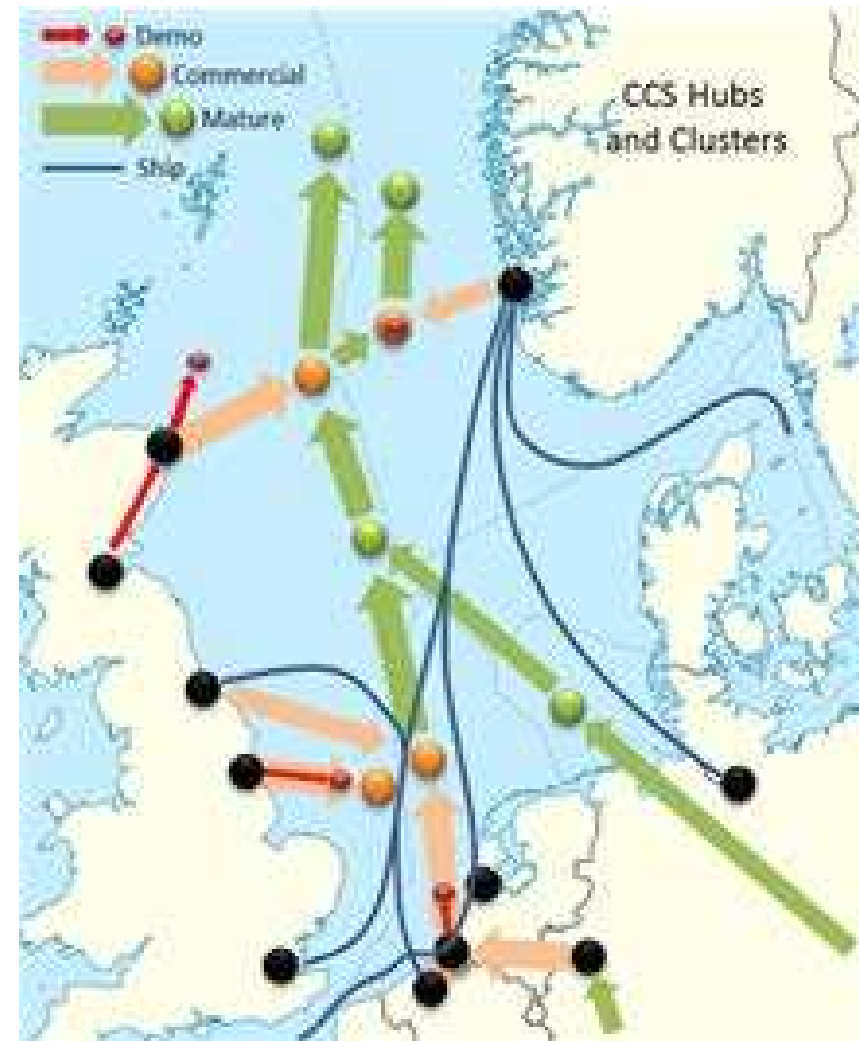




- <http://www.sintef.no/projectweb/gateway/results/>
- <https://blog.sintef.com/sintefenergy/gateway-h2020-project-exceptional-results-with-significant-immediate-impact/>
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217320222>
- <https://academic.oup.com/jwelb/advance-article/doi/10.1093/jwelb/jwx035/4718110>



3 phases for CO₂ infra development in Europe
(ref. ETIP ZEP)



Map of potential CCS hubs and clusters
(ref. North Sea Basin Task Force)

NCCS Vision

NCCS will enable a fast-track for full-scale CCS by industry-driven, science-based innovation addressing the major barriers for CCS deployment identified within demonstration and industry projects.

NCCS Deployment Cases

Directing CCS research for maximum impact



DC1 CCS for Norwegian Industry

Capturing CO₂ from industry sources (a few million tons) and transporting it with ship to have a flexible solution for storage on the Norwegian continental shelf (NCS).

Cement and waste as the current project but also other industry sources

Ship for flexible transport

One storage site in offshore aquifer, 1-4 Mt/year.

Horizon: 2025



DC1.5 Unfolding CCS in Europe

Incorporating all European CCS projects implemented, under construction and under planning in Europe aiming to be in operation within 2030.

Diverse industry sources, Power generation and natural gas processing

Combination of ship for transport flexibility and pipeline for capacity

Aquifers and depleted gas fields, 15-20 Mt/year.

Horizon: 2030



DC2 Storing Europe's CO₂

Capturing CO₂ from a variety of sources in Europe and transporting it via a pipeline network to Norwegian storage sites and storing Europe's CO₂ in the North Sea Basin

A large diversity of CO₂ sources, including CO₂ from power production, industry and H₂/NH₃.

Long distance in pipeline transport (primarily)

Several major storage sites, with opportunity for EOR, ~100 Mt/year

Horizon: 2050

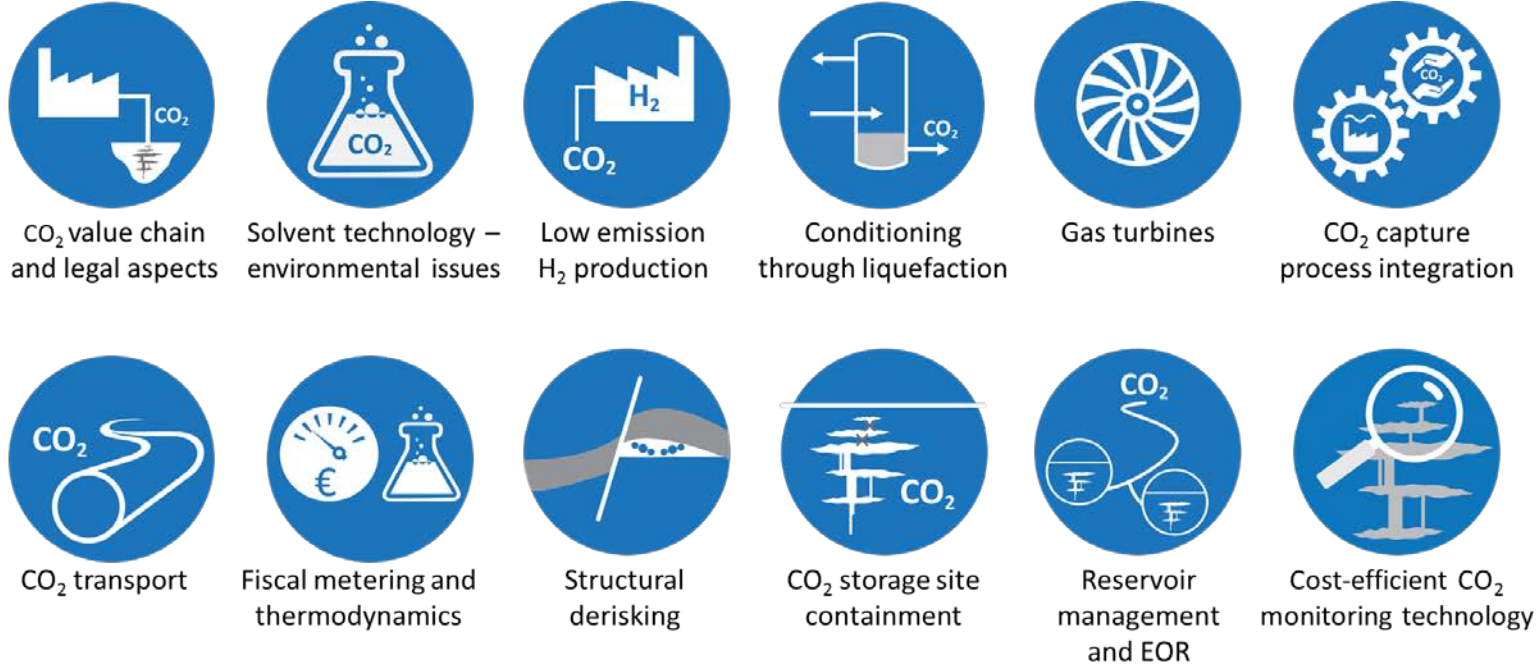
users



research institutes



university



associated partners



vendors





<https://www.sintef.no/siste-nytt/effektstudien-rapporten-viser-stor-lonnsomhet-av-energiforskning-de-siste-ti-arene/>



CCS – fangst, transport og lagring av CO₂

- **30.000 nye arbeidsplasser i Norge frem til 2050** dersom CO₂-håndtering satses på i Norge, og realiseres i hele Europa
- **Opp til 400 mill. tonn CO₂ /år lagret på norsk sokkel i 2050**, noe som vil gi store industrielle muligheter



Energi- og kostnads-effektiv CO₂-fangst



Fangst og flytende-gjøring av CO₂ for skipstransport



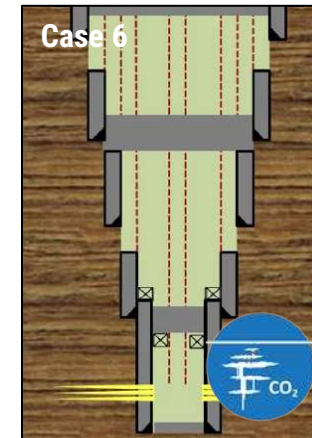
Fangst av CO₂ ved bruk av kjemisk sirkulasjons-forbrenning (CLC)



Reduksjon av fare for løpende brudd i rør for CO₂-transport



Geofysiske metoder for overvåking av undergrunnslagring av CO₂



Bedre sementering av CO₂-brønner



Smart design av CCS-kjeder

EFFEKTER

Kommersiell løsning fra Aker Solutions
35 % lavere energi-forbruk.
400 mill. kr investert.

POTENSIELLE EFFEKTER PR. CASE

10-40 % reduserte kostnader ved hydrogenproduksjon

30 % lavere CO₂-fangstkostnader fra faste brensler

**Redusert usikkerhet
Reduserte kostnader**

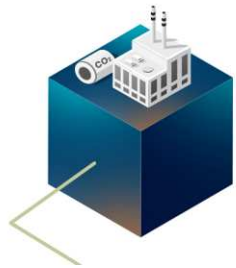
30-50 % reduserte kostnader

**Reduserte kostnader (gjennbruk og plugging)
Redusert utslippsrisiko**

Teknologi anvendes i kommersielle forskningsoppdrag



NCCS and relevance for the Norwegian Full-scale project *(for illustration)*



Norcem CO2 Capture

- Capture from industrial plants
- Compressed and temporarily stored

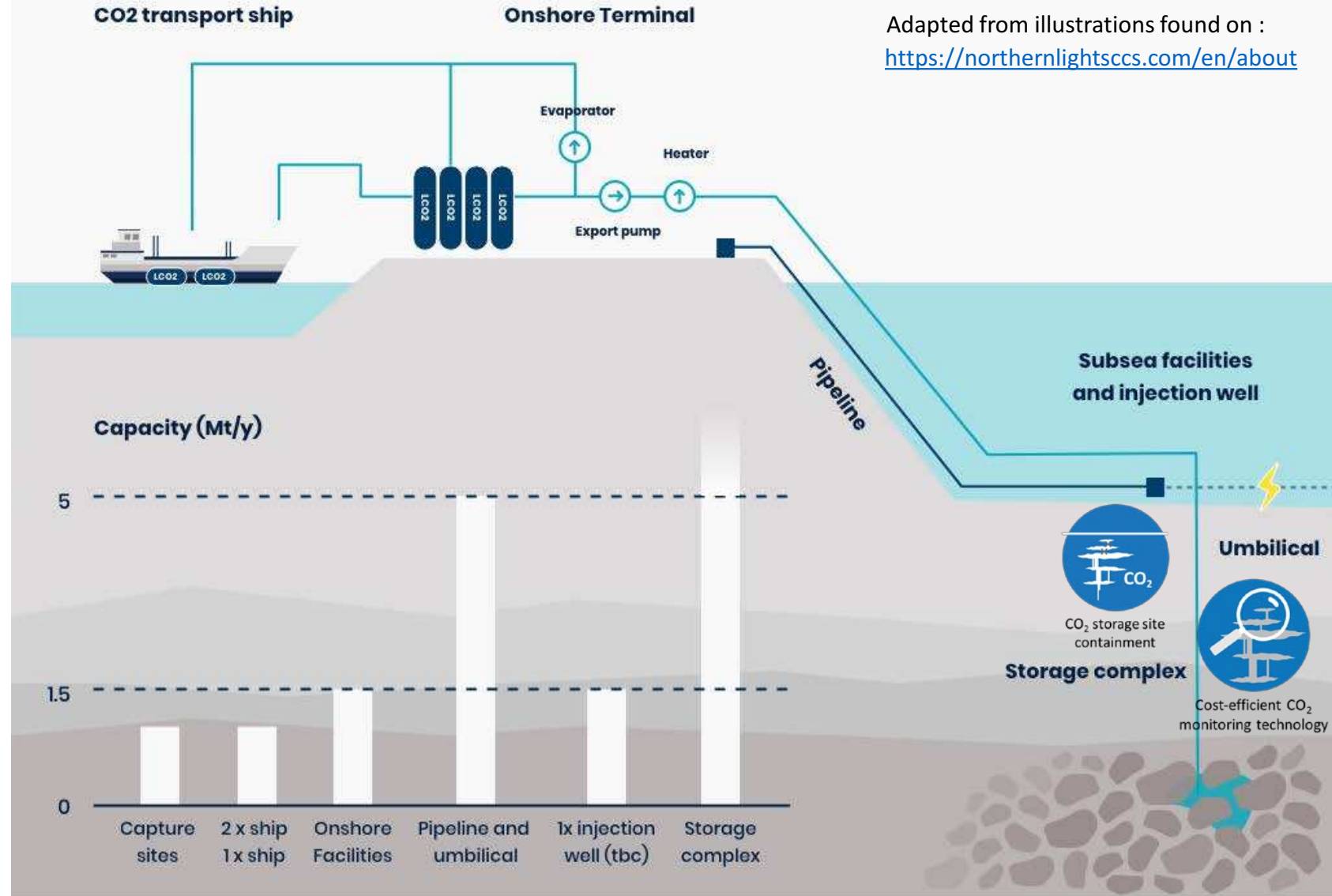


CO₂ capture process integration



3rd Party Volumes

NCCS



Adapted from illustrations found on : <https://northernlightsccs.com/en/about>

NCCS DC 2030

- CCS projects
- 🏗️ CO2 terminal/PCI projects
- 🏭 CO2 injection
- CO2 pipeline
- CO2 shipping route



NCCS Deployment Cases

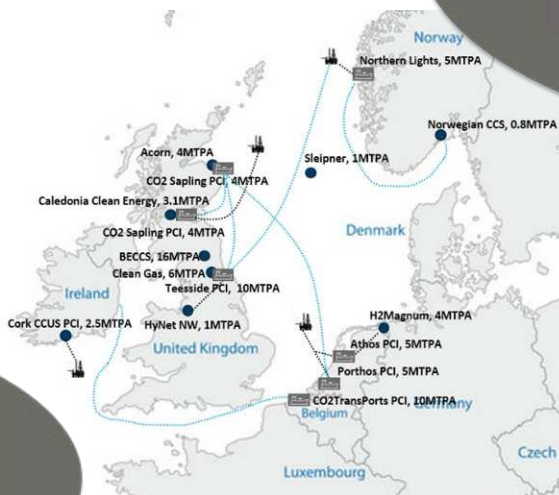
Volume of CO₂ capture, transported, stored



Deployment Case 1

0,5 - 1.5 Mt/a

CCS for Norwegian Industry



Deployment Case 2

> 100 Mt/a

Storing Europe's CO₂ in the North Sea Basin

2025

2030

2050

Selected cases/innovations

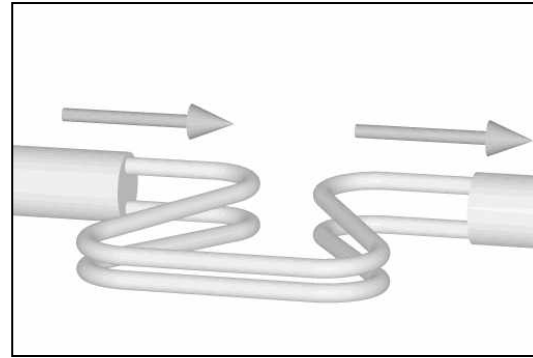


Case A

Solvent loss reduction

Main impact:

Reduced OPEX and improved safety in operation and operational environment

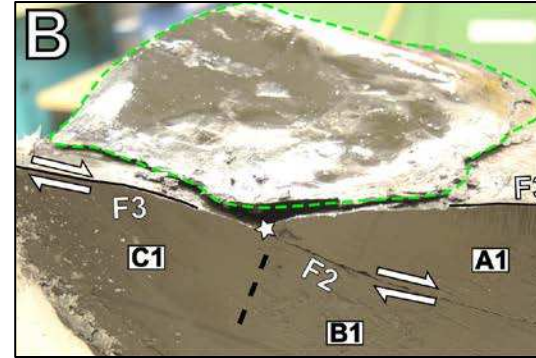


Case B

CO₂ fiscal metering

Main impact:

Validated fiscal meters for CO₂ and improved knowledge on fluid properties

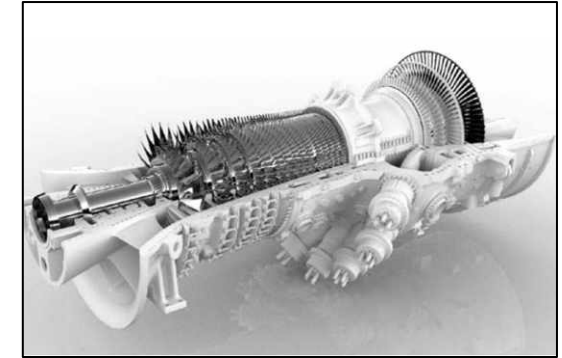


Case C

Reservoir fault modelling for CO₂ storage

Main impact:

Reduced uncertainty resulting in improved safety for storage sites and increased storage capacity



Case D

Hydrogen-firing of gas turbines

Main impact:

Novel technology for combustion of 100% H₂ in gas turbines, allowing large-scale emission free power generation at high efficiency (>60%).

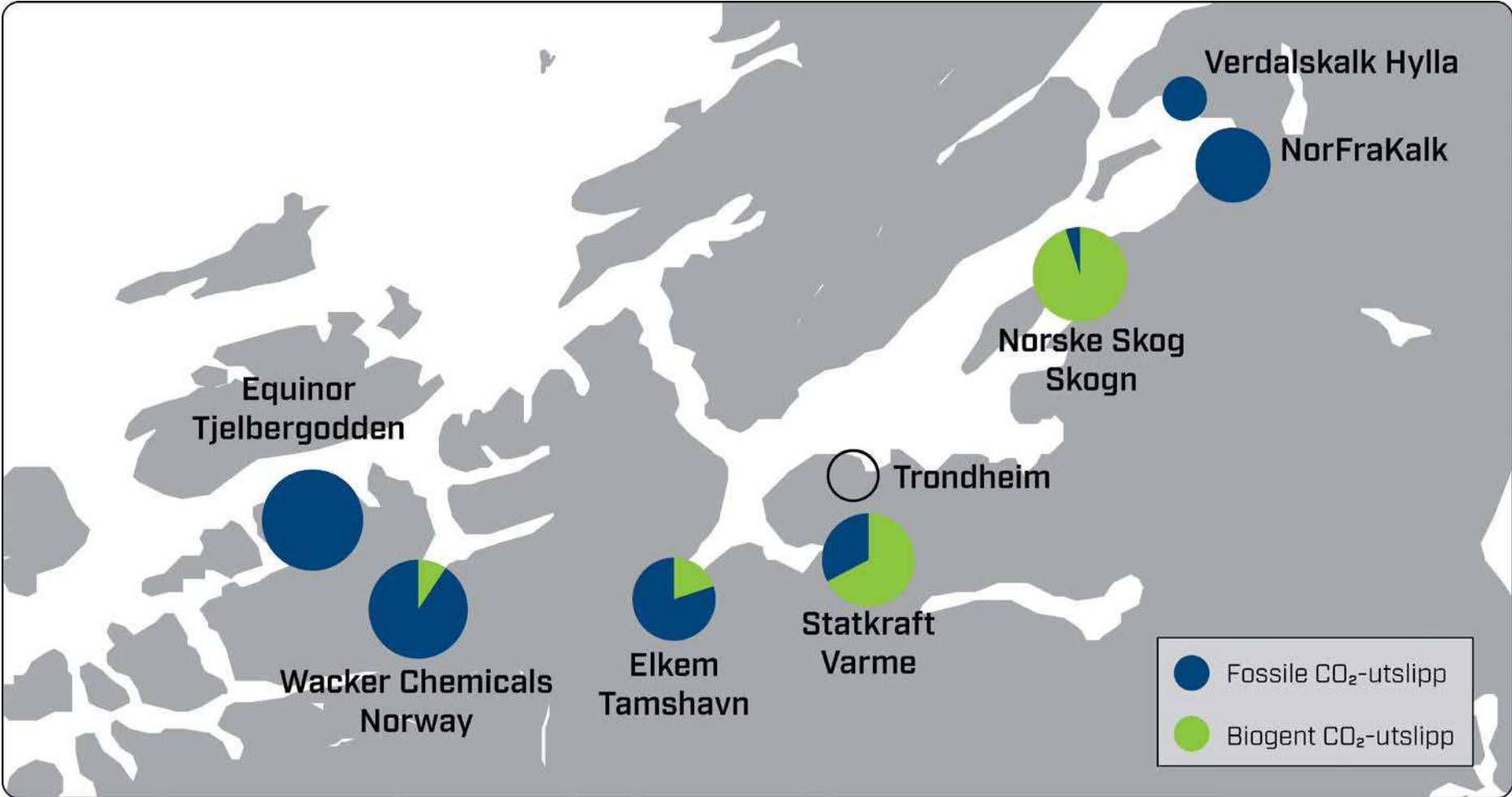
Kartlegging av utslippsaktører i Midt-Norge

Caroline Einen

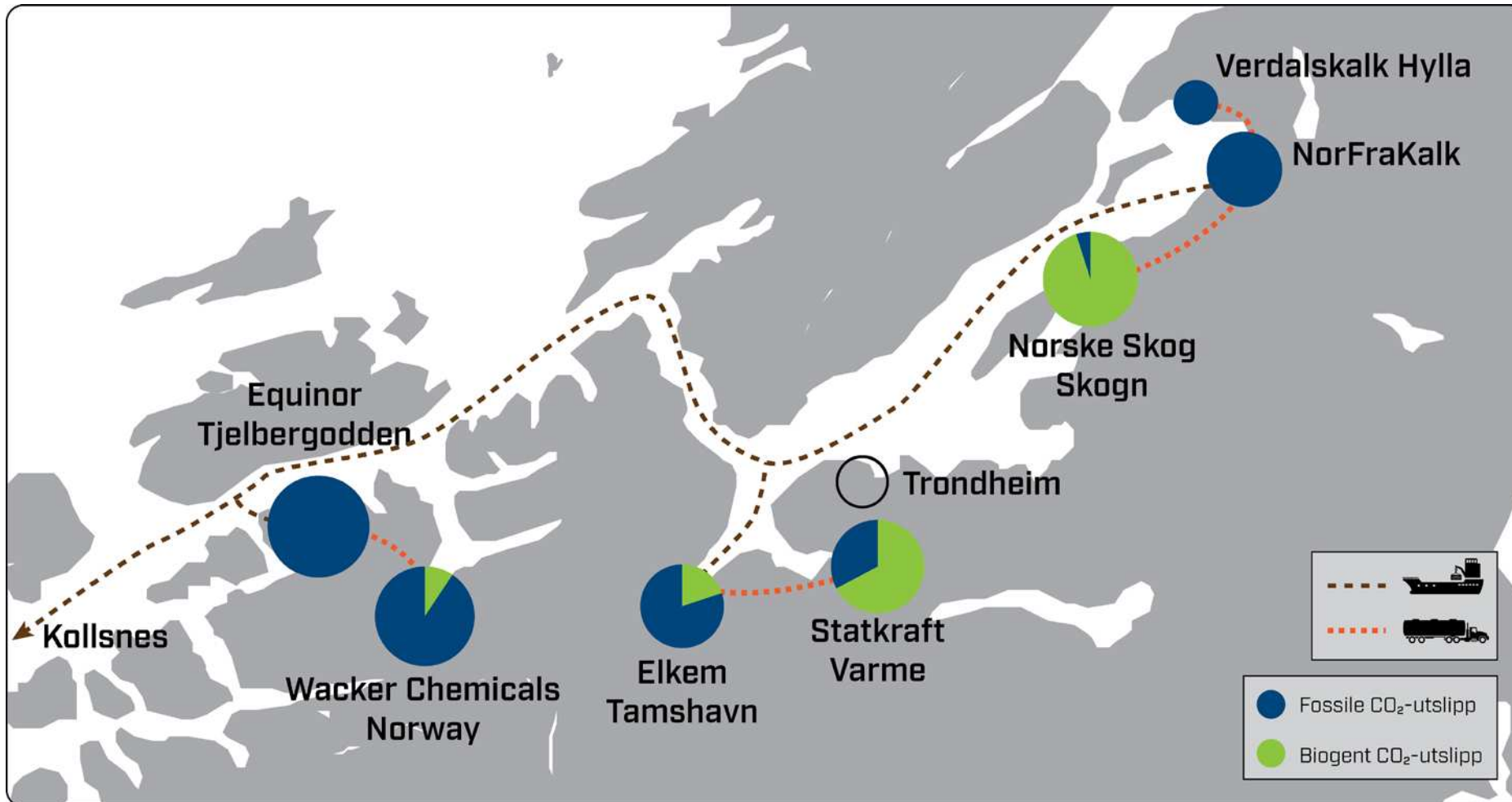
Oppdrag fra Trondheim kommune:

- Hvilke aktører finnes?
- Vurdere mulige verdikjeder for transport
- Evaluere hvordan kommunen kan bistå i realisering av CCS-kjeder i regionen

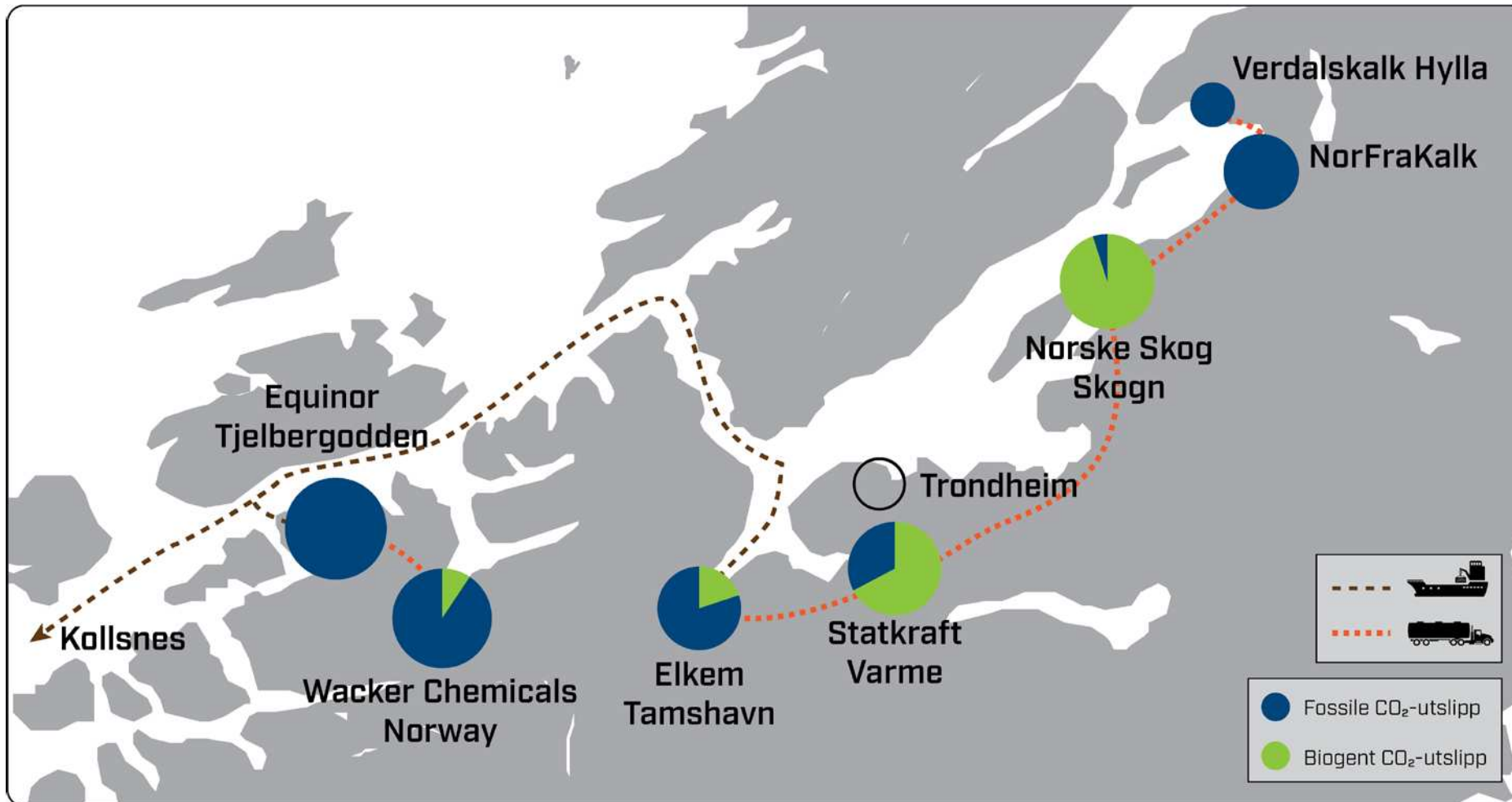
Plassering av aktører



Mulige transportkjeder

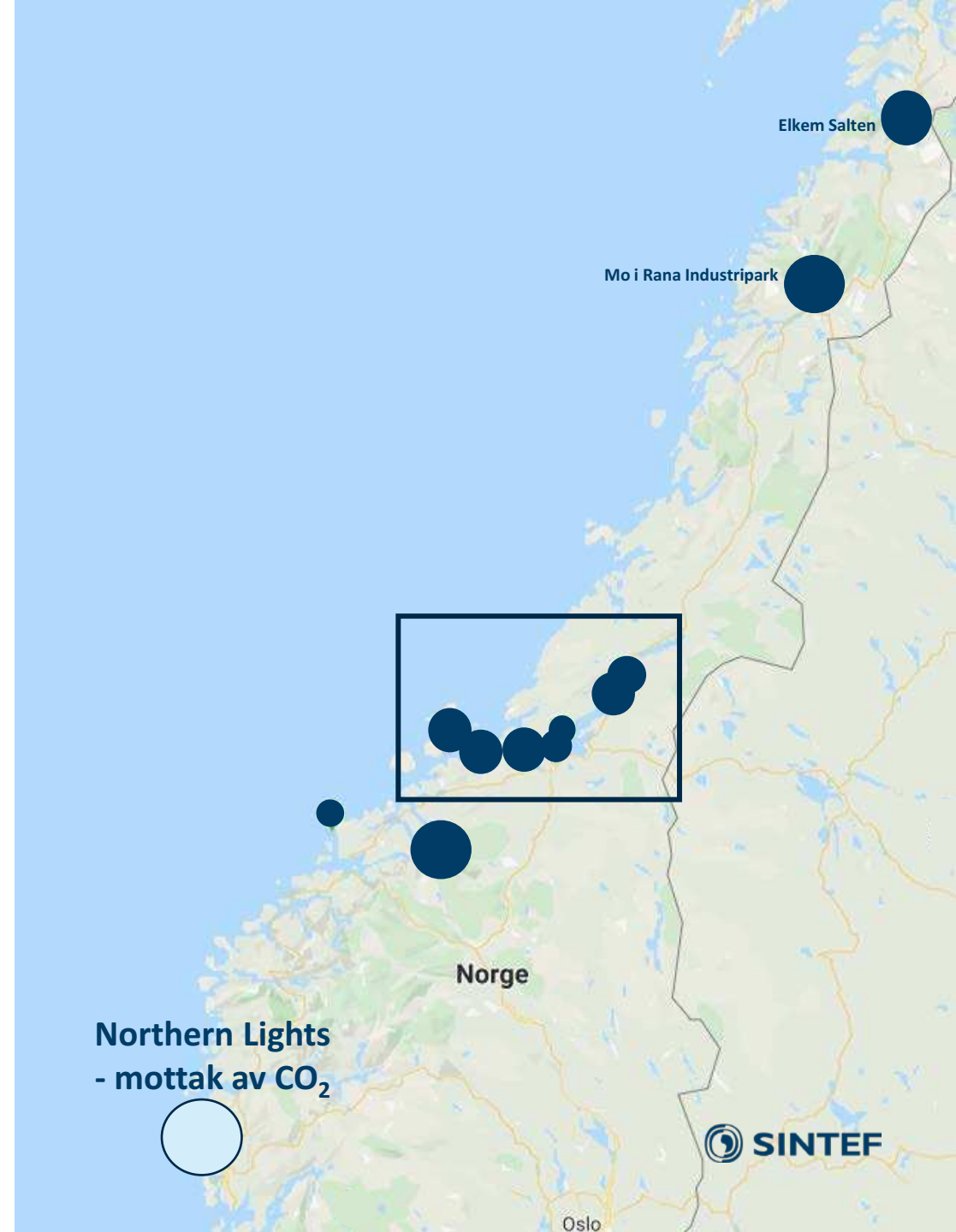


Mulige transportkjeder



Større perspektiv? Nordland tom Salten

- Mo i Rana industripark
 - Samlet utslipp på 568 000 tonn CO₂ i 2018
- Elkem Salten
 - Utslipp på 423 000 tonn CO₂ i 2018



Oppsummering

- Takk for bidrag – ser frem til dagen
- Håper alle kan finne inspirasjon
- CCS i MidtNorge – første etappe på nasjonal Innovasjonssprint
- Dette er kun starten

NCCOS

NORWEGIAN CCS RESEARCH CENTRE
Industry-driven innovation for fast-track CCS deployment



CENTRE FOR
ENVIRONMENT-
FRIENDLY ENERGY
RESEARCH

The Research Council of Norway

Agenda

Hans-Einar Lundli
(Trondheim Kommune)

Betydningen av CCS for å nå utslippsmålene i Trondheim Kommune

Marie Bysveen
(SINTEF Energi/FME NCCS)

Karbonhåndtering for økt grønn konkurransekraft i Midt-Norge

Ingrid Sørum Melaen
(Gassnova)

Gassnova som muliggjør for CCS

Jannicke G. Bjerkaas
(Fortum Oslo Varme)

Hvordan etablere et CO2-fangstprosjekt – erfaringer fra Fortum Oslo Varme

Emil Yde Aasen
(Northern Lights)

CO2 transport og lagring i prosjektet Northern Lights

Stakraft, Elkem, Norfrakalk,
Wacker

Innlegg fra aktører i Midt-Norge

Marie Bysveen
(SINTEF Energi/FME NCCS)

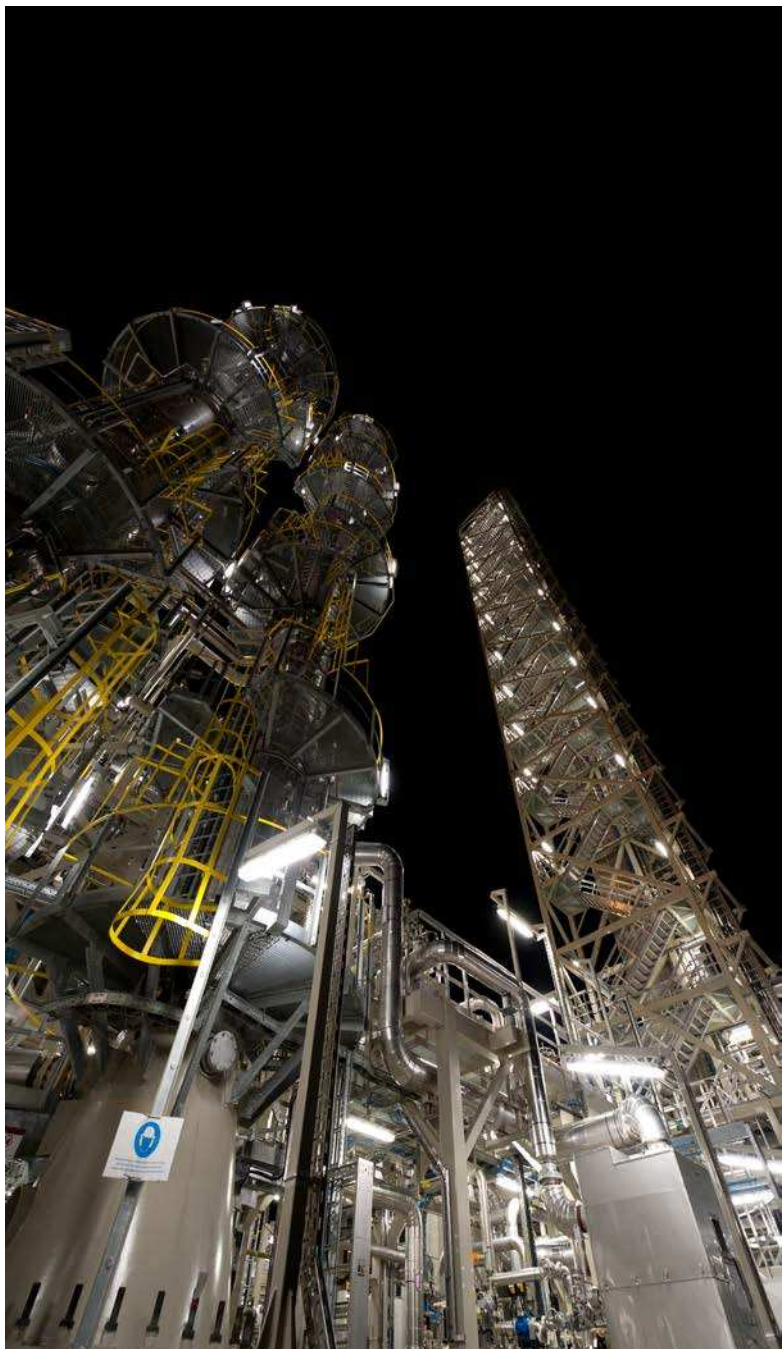
Oppsummering og veien videre

An aerial, top-down view of a complex industrial facility, likely a power plant or refinery. The image shows several large, circular storage tanks or processing units, each surrounded by a dense network of metal pipes, walkways, and structural supports. The entire scene is rendered in a monochromatic blue-green color scheme. The perspective is from directly above, looking down into the facility.

GASSNOVA SOM MULIGGJØRER FOR CCS

Ingrid Sørum Melaaen, Leder CLIMIT

GASSNOVA 



Gassnova SF

Vi fremskaffer teknologi som gjør at CCS kan tas i bruk og blir et effektivt klimatiltak

- Faglig innsikt og helhetsforståelse
- Fasiliteter og forvalter statlige midler til teknologiutvikling
- Rådgiver
- Formidler CCS som klimatiltak



GASSNOVA

Våre fokusområder

Teknologi- utvikling

- Forskning, utvikling og demonstrasjon av løsninger for CCS
- Vi bringer teknologi til markedene
- Første CLIMIT-støtte til Aker Solutions
 - Solvit-programmet
 - Testing på TCM
 - Fullskala

Industriell samhandling

- Forstå industriens behov og muligheter
- Kartlegge utslippskilder
- CCS-verdikjede
- Oppgavefordeling mellom myndigheter og industri

Internasjonalt orientert

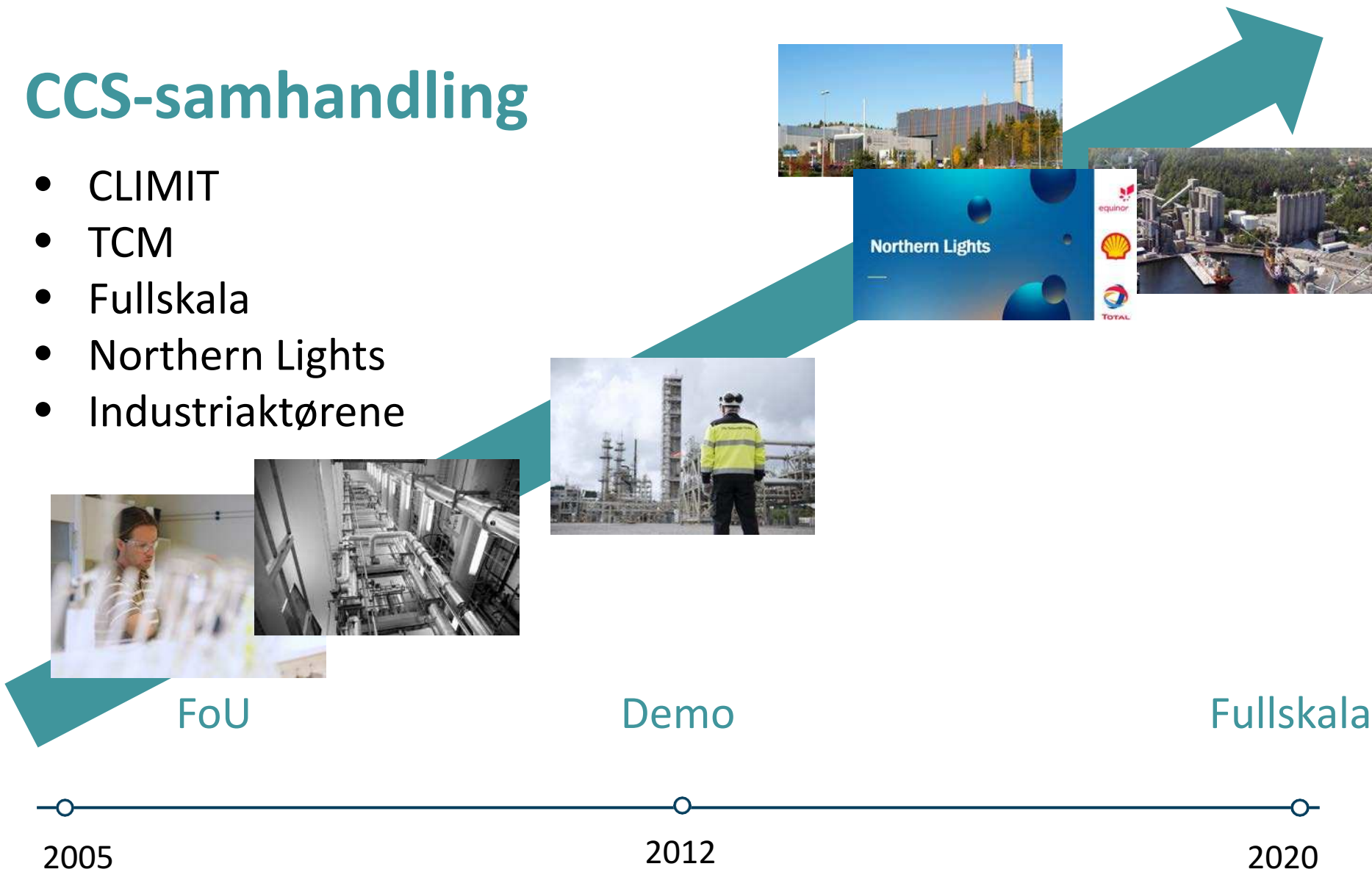
- «The Norwegian Way»
- Vi deler våre erfaringer med myndigheter og industri
- Rekruttere nye brukere til norsk CCS-infrastruktur
- 2050

Deler kunnskap

- Inngående kjennskap til teknologi og aktører på CCS-området
- Nettverksbygger for CCS-helkjede
- Konferanser og «CCS-safari»

CCS-samhandling

- CLIMIT
- TCM
- Fullskala
- Northern Lights
- Industriktørene



2005

2012

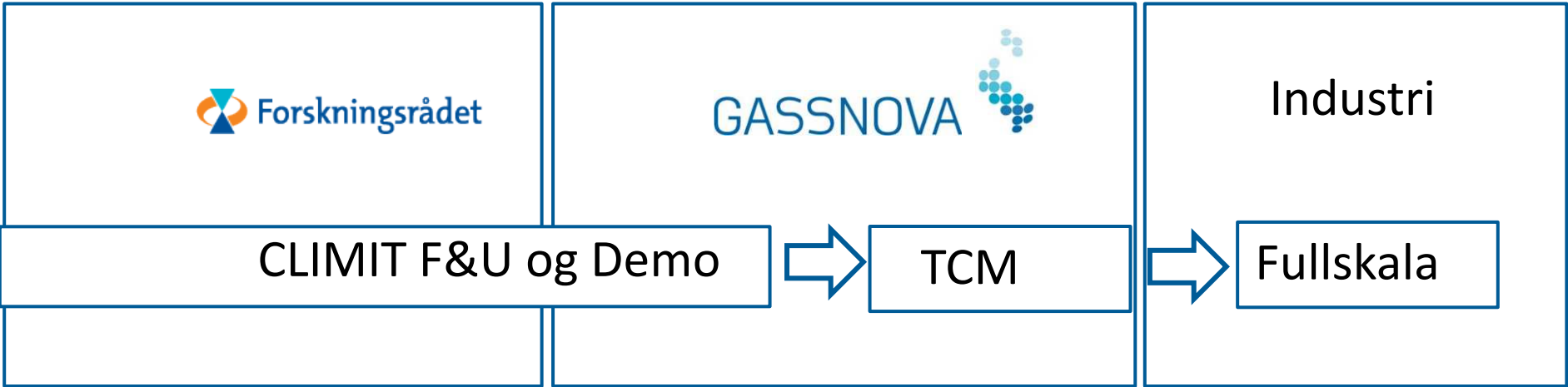
2020



GASSNOVA

CLIMIT: Det nasjonale programmet for forskning, utvikling og demonstrasjon av teknologi for CO₂-håndtering

Utvikling av teknologi for CO₂-håndtering



Gassnovas bidrag til utviklingen av Aker Solutions' CO₂-fangstteknologi

- CLIMIT
 - Aker kvalifiserte seg gjennom CLIMIT-prosjekter til å være Norcem's fullskala fangstteknologi
 - Utvikling av miljøvennlig og kostnadseffektiv amin 2008 – 2016
 - Norcem Test Center 2015 – 2017
- TCM
 - Aker bygget aminanlegget og testet sin solventteknologi 2012 – 2015
- Fullskala demonstrasjonsprosjektet
 - Aker ble valgt som fangstleverandør og har levert underlag for FEED (DG3) til Norcem

SINTEF Tiller testrigg



MTU naturgass, kull



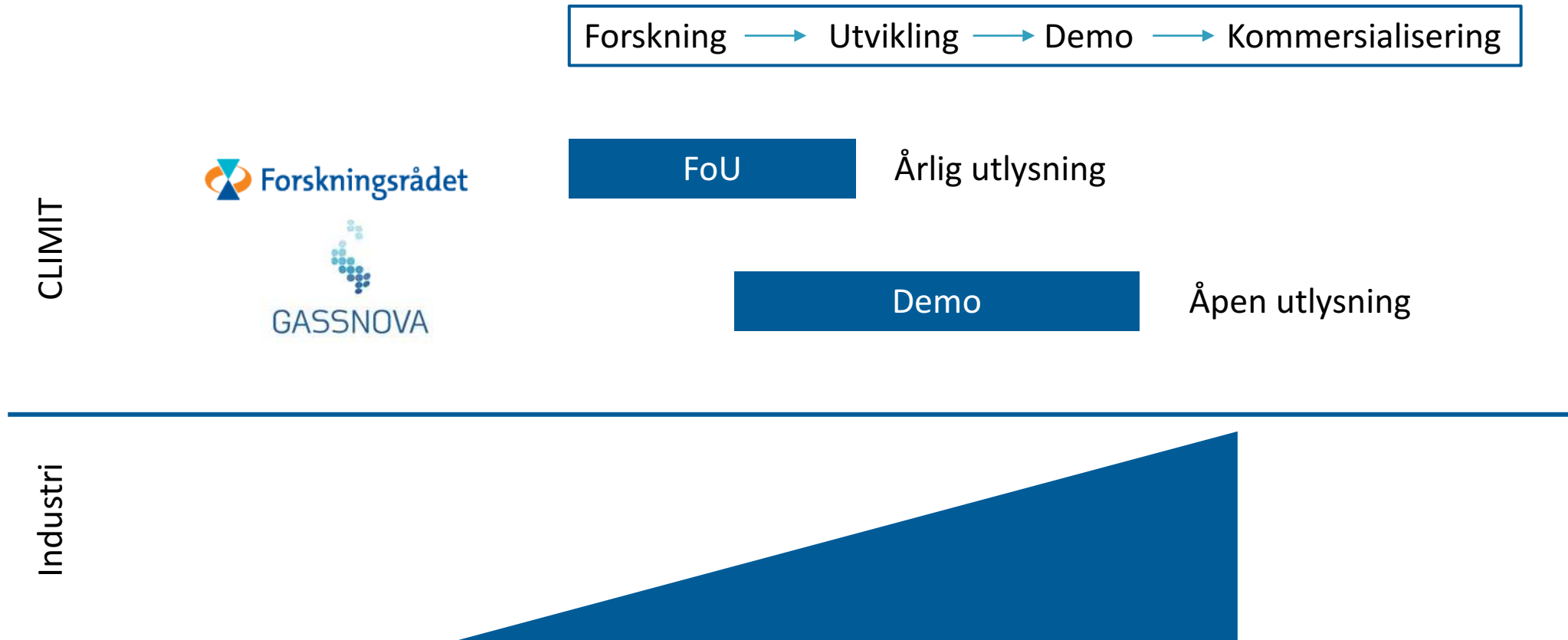
TCM



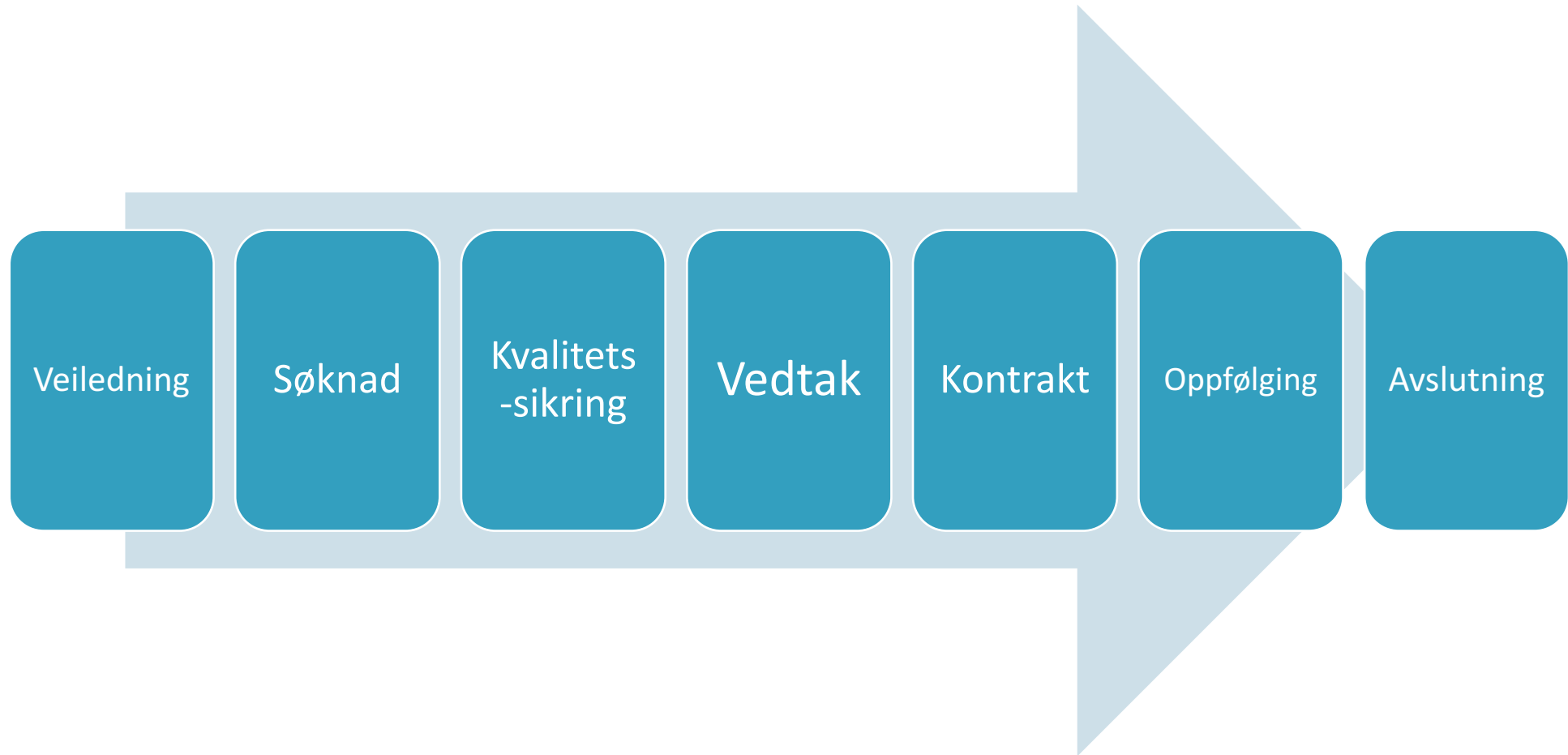
Norcem MTU

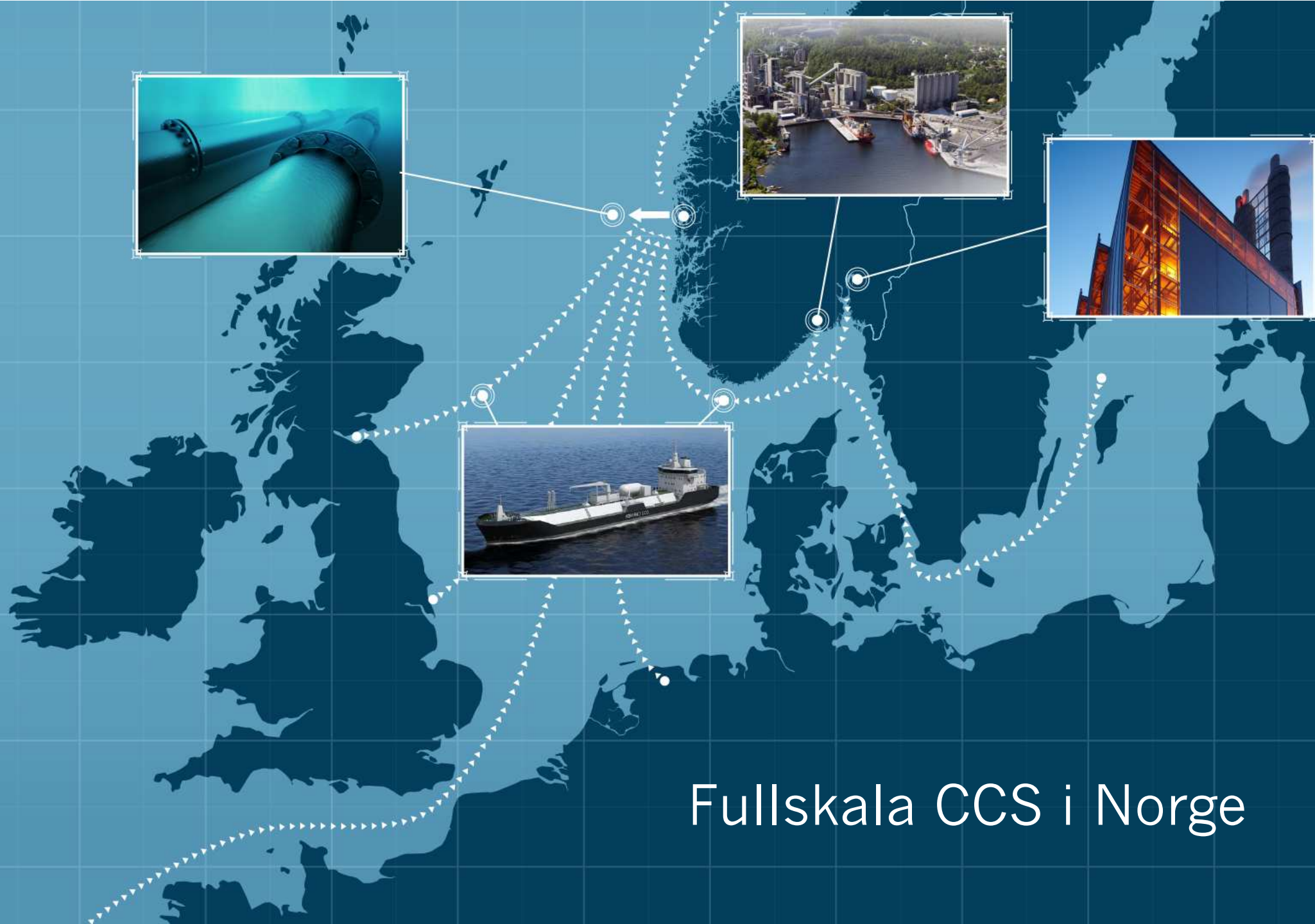


Det er viktig at prosjektene har industristøtte

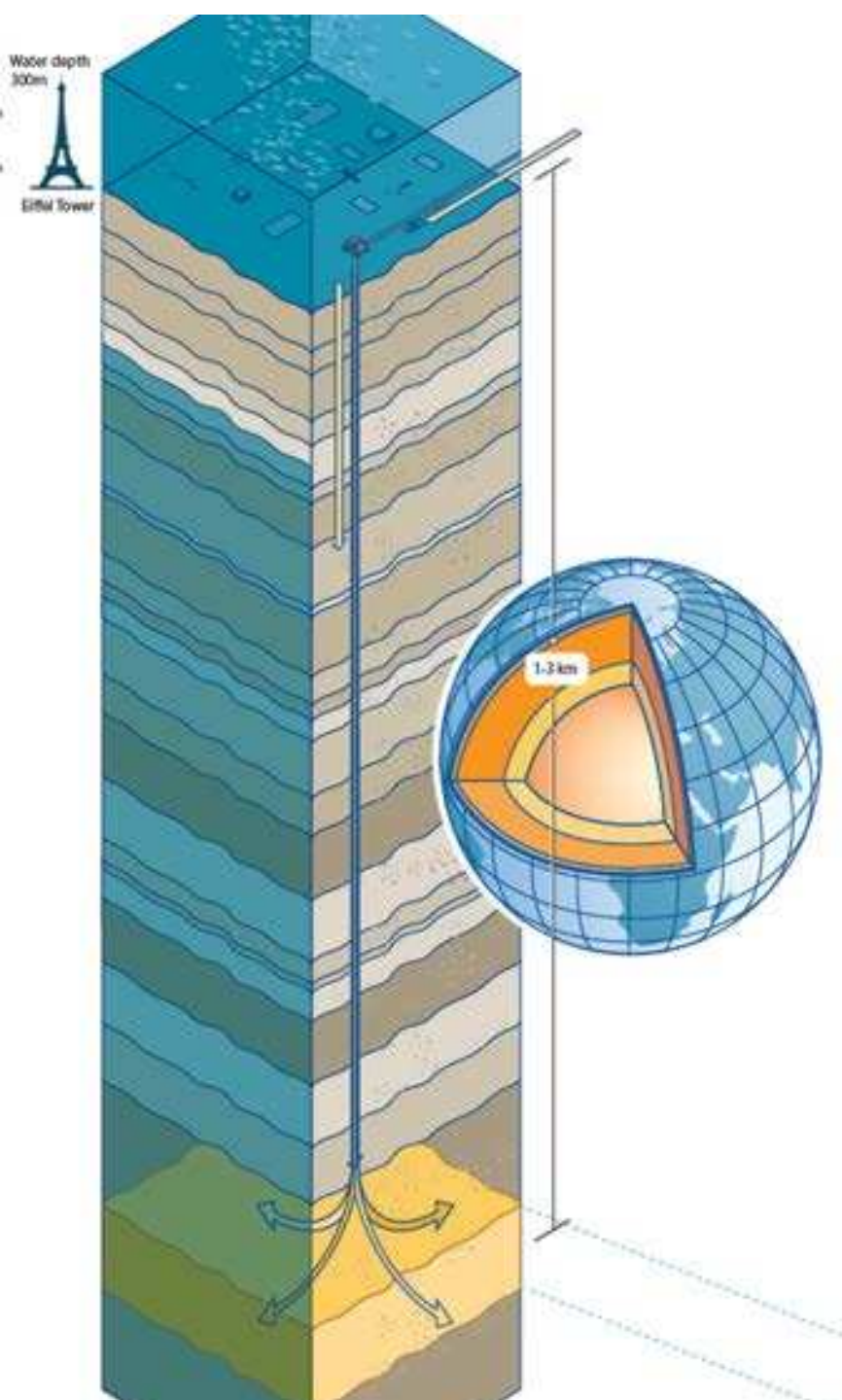


Saksbehandling av CLIMIT-Demo prosjekter





Fullskala CCS i Norge



Under Nordsjøen er det gode forhold for lagring av CO₂



CO₂ fra norsk industri og CCS-klynger

Anlegg og hovedkontor



Hydro Aluminium
(Karmøy, Sunndalsøra og Årdal)



HeidelbergCement - Norcem
(Brevik og Kjøpsvik)



**Eyde-klyngen; Eramet, Elkem,
Alcoa, Fiven AS og Returkraft AS**



**CO₂ Hub Nordland; Elkem, Alcoa,
Celsa, Ferroglobe, SMA Minerals,
Norcem Kjøpsvik og Norfrakalk (Verdal)**



**Øra-klyngen; Borregaard,
Norske Skog Saugbrugs, Geminor,
Fortum, Kvitebjørn Bio-El, Acinor og Frevar**



Fortum, Finland
Norfrakalk, Finland (50%)



SMA Minerals, Sverige



Elkem, Kina



Alcoa, USA

HeidelbergCement
Tyskland

Fiven AS, Frankrike
Eramet, Frankrike

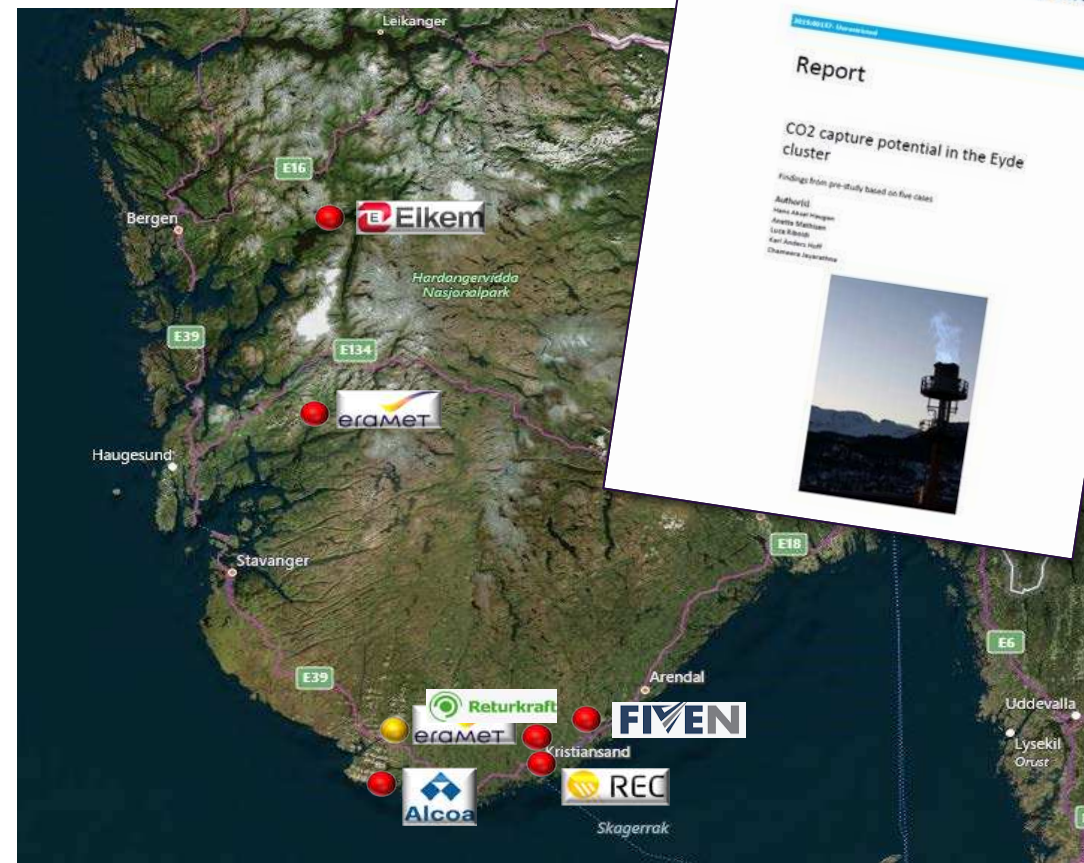
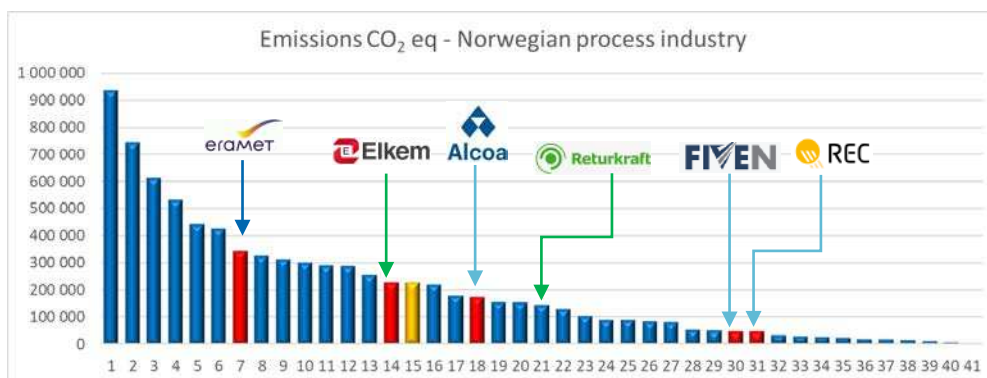
Ferroglobe, Spania
Celsa, Spania

CO₂-fangst i Eyde-Klyngens prosessindustrier

Prosjektansvarlig: Eyde-Klyngen på vegne av industrien

Forskningspartner: SINTEF

- **Eramet, Sauda** - raffinerte FeMn-legeringer 320.000 t/år CO₂
- **Elkem, Bjølvfossen** – ferrosilisium og legeringer 174.000 t/år rCO₂
- **Alcoa, Lista** - Aluminium 160.000 t/år CO₂
- **Returkraft, Kristiansand** - avfallsforbrenning 142.000 t/år CO₂
- **Fiven, Lillesand** – Silisium karbid 48.000 t/år CO₂
- **REC Solar, Kristiansand** – Silisium for solcelleprod. 47.000 t/år CO₂



Gjennomført mulighetsstudie for Eyde-Klyngen:
Oversikt over potensielle CO₂-fangst teknologier og site studier på utvalgte fabrikker



Mo Industripark as



CO₂-hub Nordland - Industriklynge for CO₂-håndtering

Mot nullutslipp i Prosessindustrien

Skal se på konkrete løsninger og muligheter for samlokalisering og integrasjon mellom CO₂-fangst, -bruk og felles mellom-lagring og transportløsninger for CO₂

- Nyttiggjøre synergier mellom bedriftene
- Prosjektet bygger på - «Veikartet for Nordland Fylke» (2017)
- Fange >1.2 MtonnCO₂/år fra totalutslipp på ca. 2.2Mtonn/år.
- Budsjett: 9,84 MNOK hvorav 65% støtte fra CLIMIT – Varighet: 2-årig prosjekt (planlagt avsluttet høsten 2020)

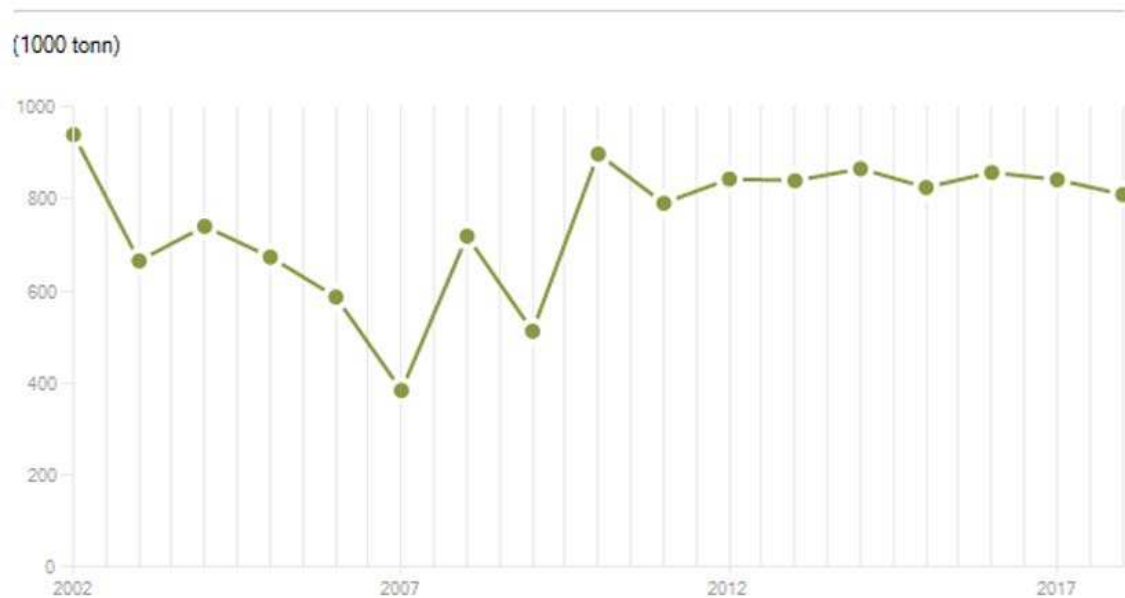
Prosjektleder: Mo Industripark

Prosjektpartnere: Alcoa, Celsa, Elkem, Ferrogløbe, Mo Industripark, Norcem, Norfrakalk, Olje og Gassklynge Helgeland, SMA Mineral, Sintef Helgeland, Sintef Industri

Utslipp av fossile klimagasser (CO₂-ekv) (*tonn per år*)

Landbasert industri

Trøndelag



Virksomhet	Utslipp til luft (1000 tonn/år)
Wacker Chemicals Norway	242,00
Elkem Thamshavn	225,00
Norfrakalk	159,69
Statkraft Varme Heimdal	74,40

Kilde: Miljødirektoratet

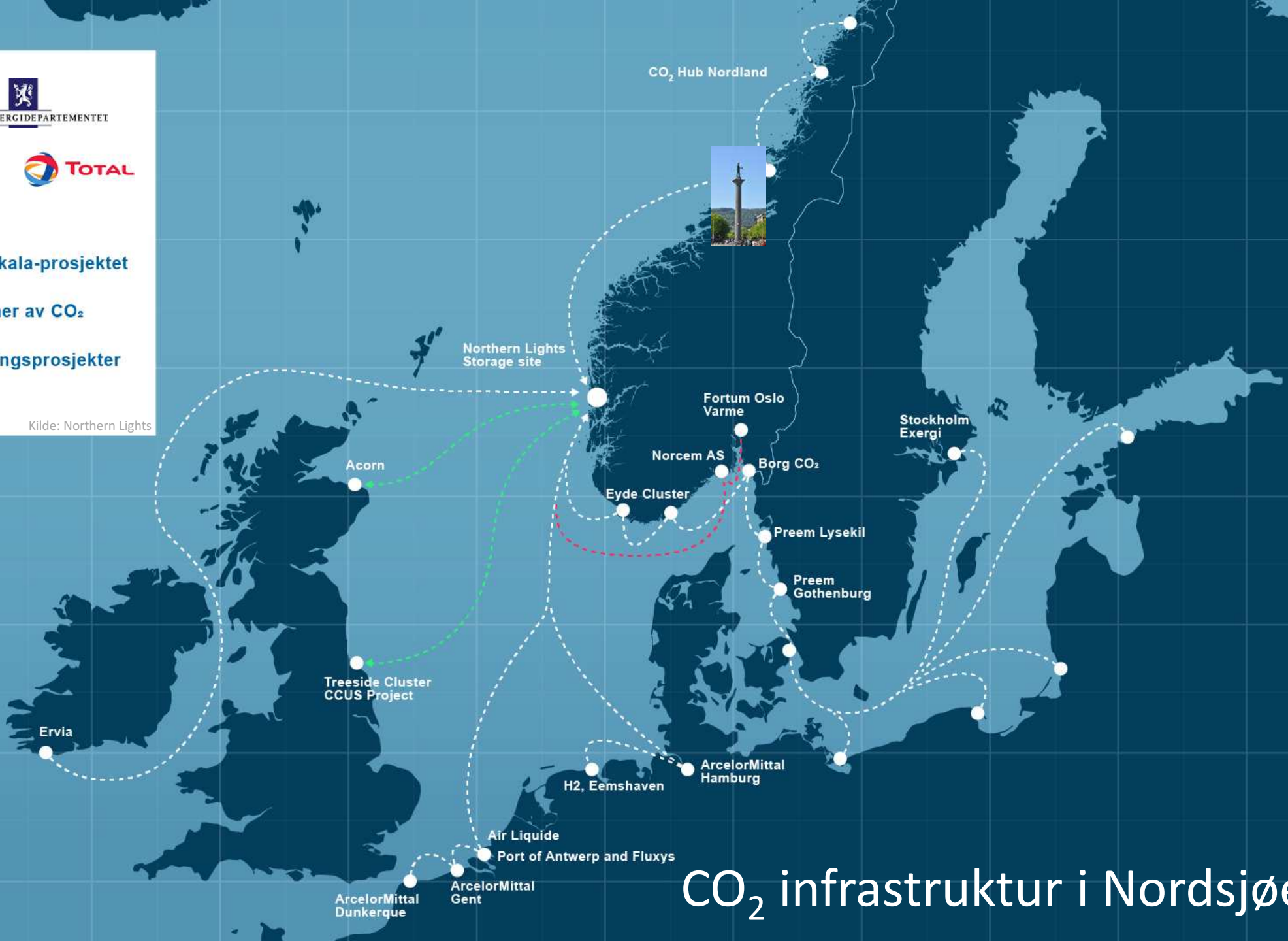







■ Det norske fullskala-prosjektet
 Tredjepartvolumer av CO₂
■ Alternative lagringsprosjekter

Kilde: Northern Lights



CO₂ infrastruktur i Nordsjøen



GASSNOVA

**Takk for
oppmerksomheten**

Ingrid Sørum Melaaen
Leder CLIMIT
ism@gassnova.no

Innlegg

Hans-Einar Lundli
(Trondheim Kommune)

Betydningen av CCS for å nå utslippsmålene i Trondheim Kommune

Marie Bysveen
(SINTEF Energi/FME NCCS)

Karbonhåndtering for økt grønn konkurransekraft i Midt-Norge

Ingrid Sørum Melaen
(Gassnova)

Gassnova som muliggjør for CCS

Jannicke G. Bjerkås
(Fortum Oslo Varme)

Hvordan etablere et CO2-fangstprosjekt – erfaringer fra Fortum Oslo Varme

Emil Yde Aasen
(Northern Lights)

CO2 transport og lagring i prosjektet Northern Lights

Stakraft, Elkem, Norfrakalk,
Wacker

Innlegg fra aktører i Midt-Norge

Marie Bysveen
(SINTEF Energi/FME NCCS)

Oppsummering og veien videre

Hvordan etablere et CO2-fangstprosjekt; læring fra Fortum Oslo Varmes prosjekt

Jannicke Gerner Bjerås, Direktør CCS

Fortum Oslo Varme



Fortum's geographical footprint



Nordic countries

- #3 Power generation
43.5 TWh
- #4 Heat sales
5.9 TWh
- #1 Electricity customers
2.4 million



Russia PAO Fortum

- #10 Power generation
29.5 TWh
- #8 Heat sales
20.7 TWh

Key figures 2018

Sales	EUR 5.2 bn
Comparable EBITDA	EUR 1.5 bn
Total assets	EUR 22 bn
Personnel	8,300



Poland

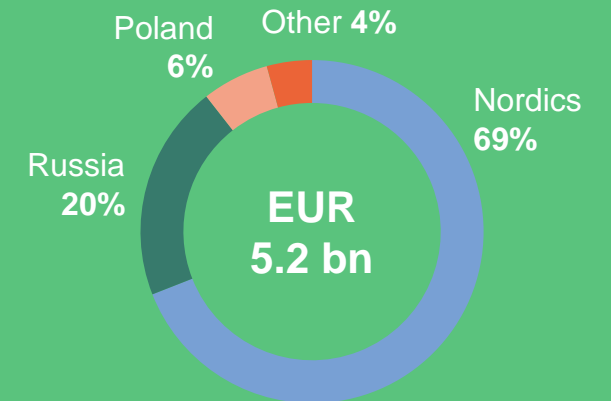
- Power generation
0.6 TWh
- Heat sales
3.5 TWh



Baltic countries

- Power generation
0.7 TWh
- Heat sales
1.4 TWh

Sales by market area 2018











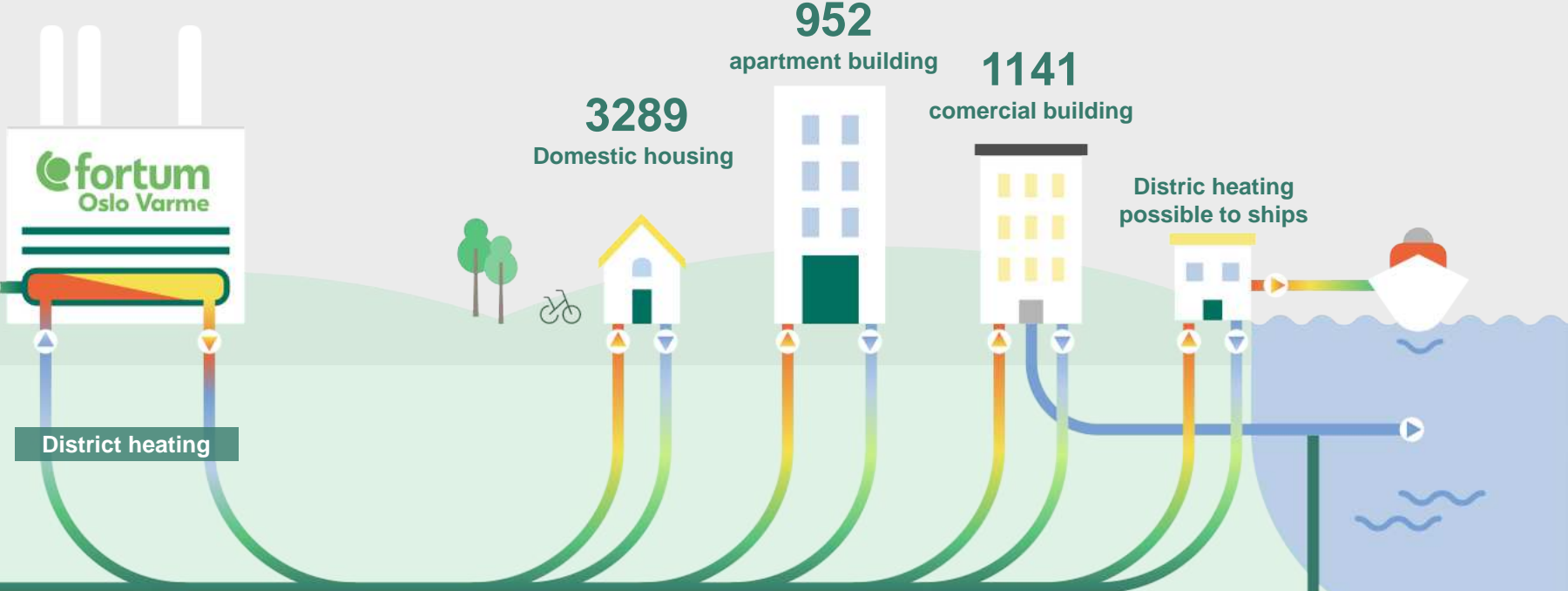
x = Fortum market share ranking

Note: Ranking based on year 2017 pro forma figures
Source: Fortum, company data, shares of the largest actors

Fortum Oslo Varme AS

Energy sources:

-  WASTE HEAT
-  ELECTRICITY
-  HEATPUMP/ SEWER
-  DATACENTER
-  WOOD PELLET
-  BIOFUEL
-  FOSSIL OIL
-  LNG



ENERGY RECOVERY FROM 400.000 TONNES WASTE/ YEAR

600 km district heating network

30 mill liters hot water distributed throughout Oslo

District cooling

Production approx **150 GWh** electricity (est. 2017)

The Norwegian CCS project



Infrastructure for Europe



Paris agreement

- Below 1,5° C
- CCS key technology

Waste is one of the world's biggest climate challenges; great global transfer value



- ➔ 2.2 billion tons of waste produced yearly; 5% of global emissions is from household waste alone
- ➔ Landfilling has to reduce, and waste-to-energy is the best solution for waste that cannot be recycled
- ➔ Significant BIO-CCS potential; waste-to-energy with CCS can contribute to achieve negative emissions
- ➔ EU's targets for recycling and reduced landfills; 40 mill. tons missing capacity of waste-to-energy
- ➔ New WtE-facilities with integrated CO2 capture

Carbon Capture in Oslo

- Goal to capture about **400 000 tons CO₂** per year
- CCS at Waste-to-Energy plants will capture both fossil and biological CO₂ (appr. **50 % BIO-CCS**)
- CO₂ transport to port via **emission free cars**
- Successful pilot testing on **real flue gas**
- **90% cleaning** of CO₂, technology supplier with full scale experience (Shell), EPC contractor TechnipFMC



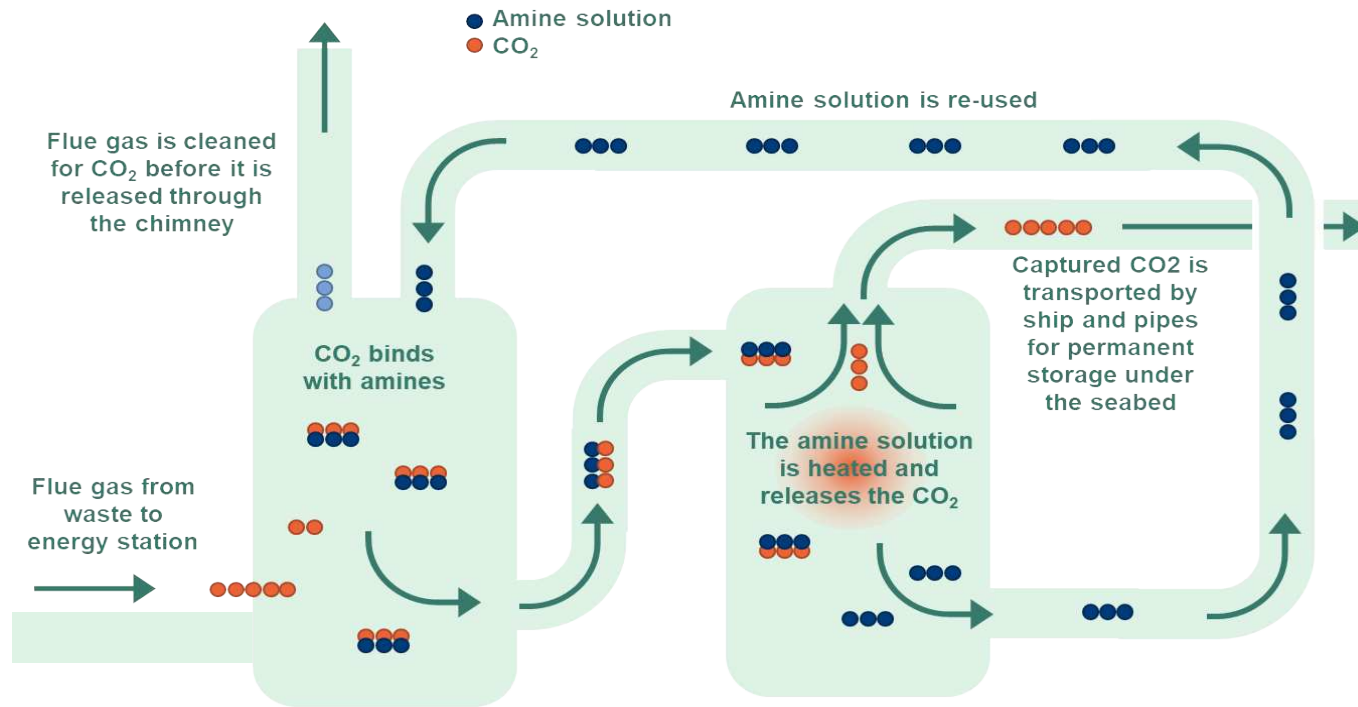
Pilot; Lessons learned

Sharing experience and knowledge gained during pilot campaign

- **Particle emissions induce amine emissions**
- **Rapid process changes affect emissions negatively**
- **Degradation has proven lower than expected**
- **Providing knowledge internally in Fortum**
- **Results used towards full-scale design**
- **Creating an easy-to-read guidance for future operators**

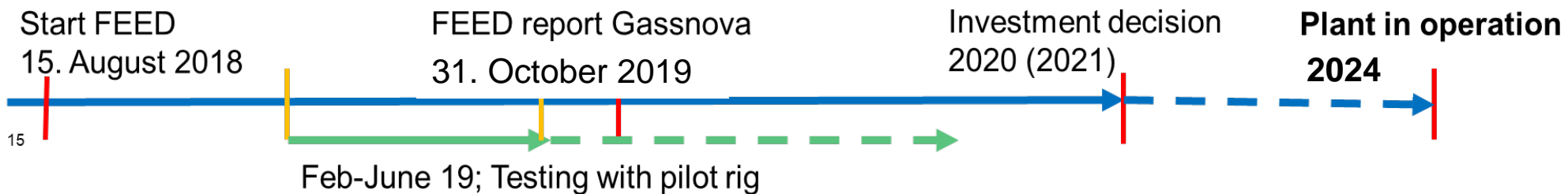


Technology and timeline



10

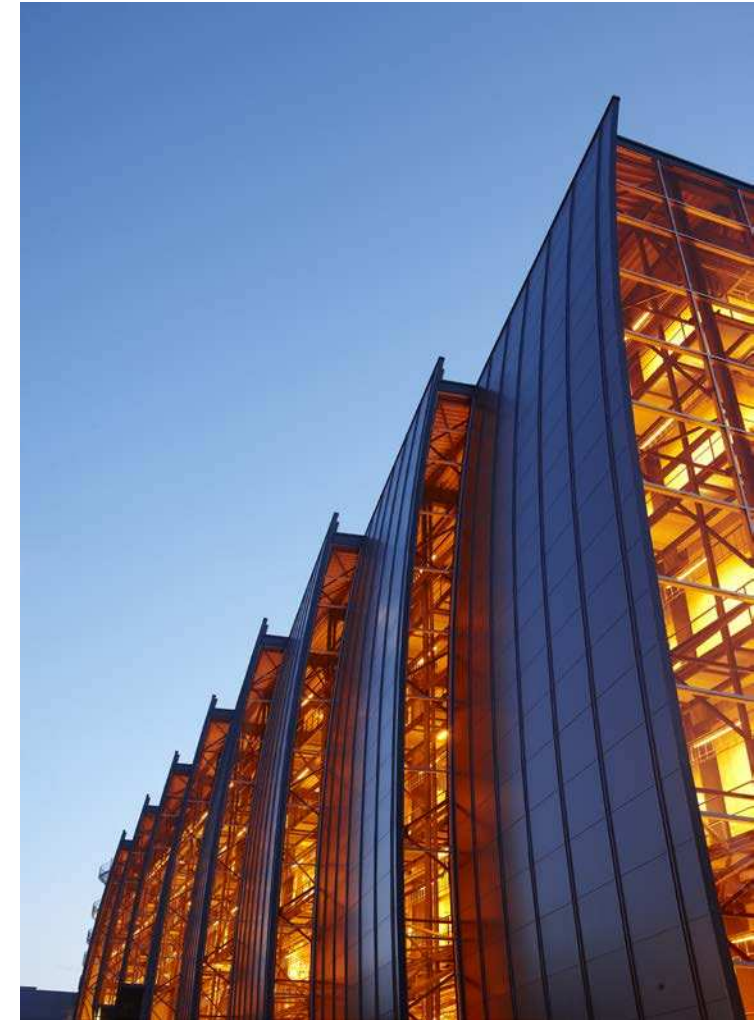
- Various technologies can be retrofitted, but they handle NO₂, SO₂ and O₂ differently
- Availability and cost of utilities such as (waste) heat, cooling water etc. may favor different solutions
- Absorbent-based solutions require large amounts of energy to release CO₂ from the absorbent
- Local energy costs will affect the choice of technology
- HSE challenges related to absorbents are manageable



15

Oppsummert; Hvorfor CO2-fangst i Oslo?

- Avfallsmengdene øker i takt med befolknings- og velstandsøkning; kuttene må i stor grad tas i byene!
- Sortering og resirkulering er viktig, men restavfallet må håndteres med energigjenvinning
- Avfallsbransjen trenger CCS for å ta ned de siste utslippene, stort potensiale i Europa
- Prosjektet viser hvordan byer kan kutte store utslipp, og lukke CO2-kretsløpet fra avfallshåndtering i en sirkulær økonomi.
- 50 % av utslippene fra avfallsforbrenning er fra biomasse; fjerner i praksis CO2 fra atmosfæren. Jo lengre det går før verden klarer å redusere utslipp, jo mer BIO-CO2 må fanges og lagres (BECCS)
- Demonstrerer at det er mulig å fange og lagre CO2, selv om utslippspunktet ikke ligger ved kai.



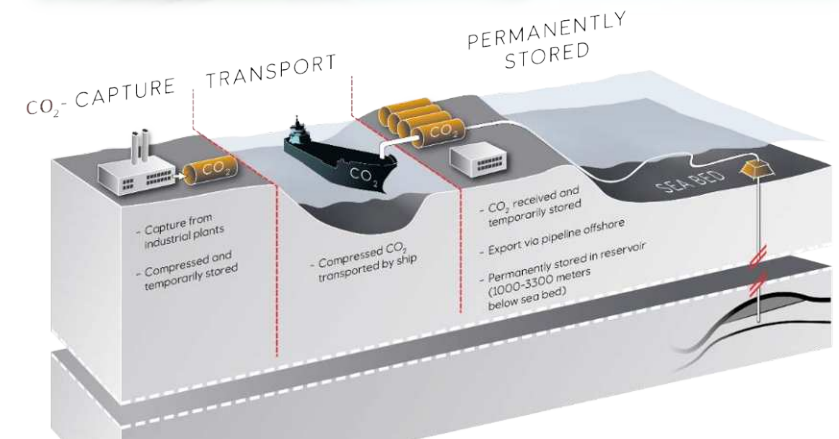
Hvordan starte et fangstprosjekt?

- Lær av eksisterende prosjekter
 - Prosjektgjennomføring
 - Samarbeidsaktører teknologi og konsulenttenester
 - Studier, planarbeid/KU, prosessutvikling, jus/rammevilkår, røykgassanalyser, utslipps- og spredningsvurderinger etc.
 - Teknologiscreening
- Vurder karakteristika ved ditt prosjekt, og finn teknologien som passer best FØR kommersielle valg
- Sett opp en realistisk og ønsket tidslinje – den vil også sette rammer for valg av teknologi (modenhet)
- Følg stegene i prosjektutviklingen med mulighetsstudium, konseptvalg og forprosjekt før EPC
- Se på muligheter for klyngesamarbeid på CCUS (testing, finansiering, prosjektutvikling, CO₂-behandling, transport/infrastruktur, mellomlager, kaianlegg, evt. bruk)



Hvordan starte et fangstprosjekt forts.

- Vurder optimalt volum; transport, evt. bruk, tilgjengelig energi, teknologivalg etc.
- Vurder behov for testing med pilot (utslipp, fangsteffektivitet, energiforbruk, aksept, politisk oppmerksomhet etc.)
- Finansiering
 - CLIMIT
 - Kommunen?
 - Egenfinansiering
 - EU (Horizon, CEF, Innovation Fund)
 - Kvotepris, brukere av CO₂
 - BIOCCS og fremtidige muligheter
- Dialog med bransje, naboer og alle ulike myndighetsorganer (DSB, MDIR, kommunen)
- Aksepter at ting tar tid – ingen kommersiell driver i dag



Noen pågående CCUS-prosjekter

Norge

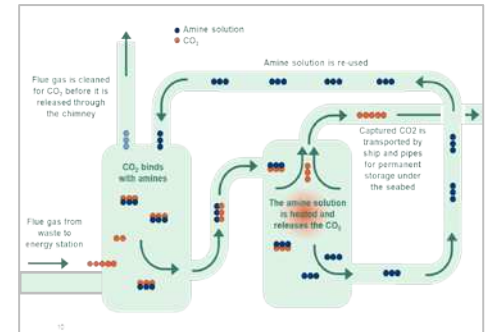
- FOV og Norcem
- Borg CO2
- Eyde-klyngen
- MO-klyngen
- BIR
- Returkraft

Skandinavia

- ARC
- Stockholm Exergi
- CEMENTA
- Sysav, Renova, Vestforbrænding

Europa

- Port of Rotterdam
- Port of Amsterdam
- Twence, AVR
- DRAX
- Ervia
- Klaipeda, Zabrze



Sammenlikning ulike fangstteknologier

- **Aminer:** (flere fullskalaanlegg)
 - Velkjent og utprøvd teknologi, høy fangstgrad, mange leverandører
 - Sensitiv for temperatur, støv, urenheter (SO₂, NO₂, O₂) mtp. utslipp
- **Hot Potassium:** (testes i Stockholm, UK)
 - Uorganisk materiale, høy løselighet i vann, binder seg også til SO₂ og NO₂
 - Vanlig prosess på rensing av naturgass
 - Må tilsettes akseleratorer; aminer, arsenikk, vanadium, enzymer og borsyre
 - Krever trykksetting av røygass (- CO₂ solutions), lavere energibruk enn aminløsning
 - En typisk sammensetning for HPC består av ca. 30% K₂CO₃ og 70% H₂O (+ små mengder tilsetninger)
 - liten utslippsproblematikk?
- **Chilled Ammonia Process:** (testet på kull, raffineri, gass)
 - Prosessmessig svært lik aminprosessen, med absorber og stripper. Testet på TCM. Sensitiv for sure gasser
 - Vesentlig høyere kjemikalieforbruk enn amin, men ikke degraderingsprodukt (ammoniumsulfat er biprodukt)
- **Membraner:**
 - Lavere fangstgrad og mer urent CO₂-produkt enn andre teknologiløsninger
 - Sårbar for urenheter, men ingen utslippsproblematikk og heller ikke krav til temperatur
 - Ingen bevegelige deler i fangstprosessen
 - Testavtale med TCM, FEED med pilot i USA
- **Adsorbenter:** (Svante, tidl. Inventys)
 - Roterende disk med adsorbent, og krever lavere temperatur enn andre teknologier for desorbsjon - ellers lite informasjon
 - Følsom for O₂, SOX, NOX, vann – krever veldig god rensing av røygassen
 - Har demoanlegg på gass, planlegger testanlegg på sement i Canada



Join the change!

Innlegg

Hans-Einar Lundli
(Trondheim Kommune)

Betydningen av CCS for å nå utslippsmålene i Trondheim Kommune

Marie Bysveen
(SINTEF Energi/FME NCCS)

Karbonhåndtering for økt grønn konkurransekraft i Midt-Norge

Jo-Kristian Røttereng
(Miljødirektoratet)

CCS og forankring mot Klimakur 2030

Ingrid Sørum Melaaen
(Gassnova)

Gassnova som muliggjør for CCS

Jannicke G. Bjerkås
(Fortum Oslo Varme)

Hvordan etablere et CO₂-fangstprosjekt – erfaringer fra Fortum Oslo Varme

Emil Yde Aasen
(Northern Lights)

CO₂ transport og lagring i prosjektet Northern Lights

Stkraft, Elkem, Norfrakalk,
Wacker

Innlegg fra aktører i Midt-Norge

Marie Bysveen
(SINTEF Energi/FME NCCS)

Oppsummering og veien videre

Northern Lights

A European CO₂ transport and storage network

CCS i Midt-Norge 19.Mars

Emil Yde Aasen, Mech. Eng/Business developer

<https://northernlightscs.eu/>



TOTAL



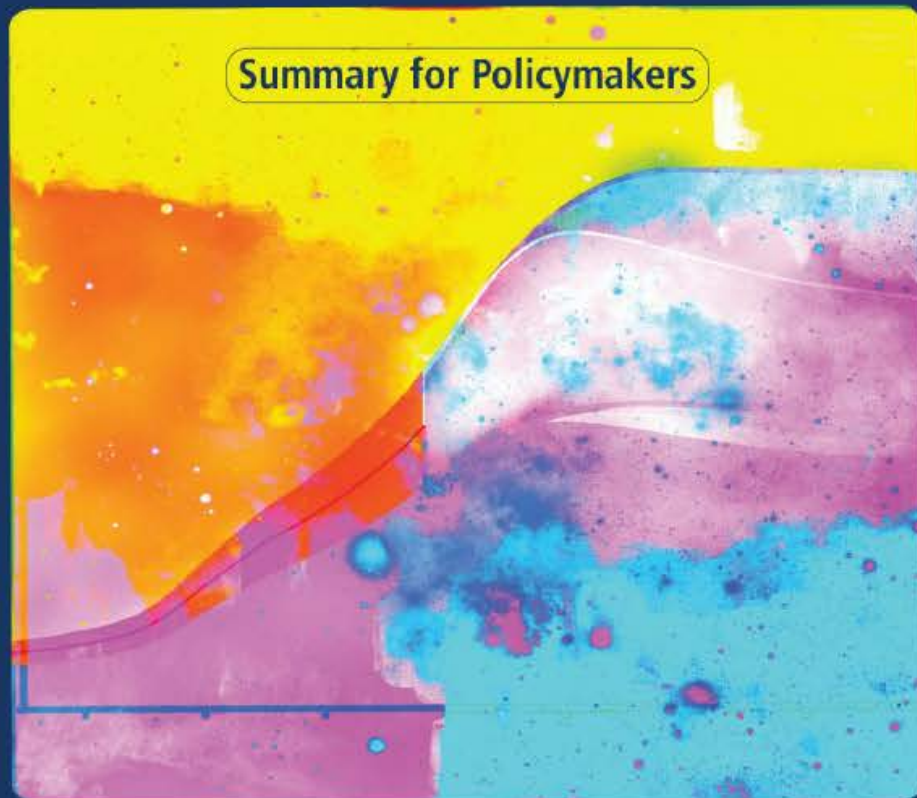
ipcc

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON climate change

Global Warming of 1.5°C

An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty

Summary for Policymakers



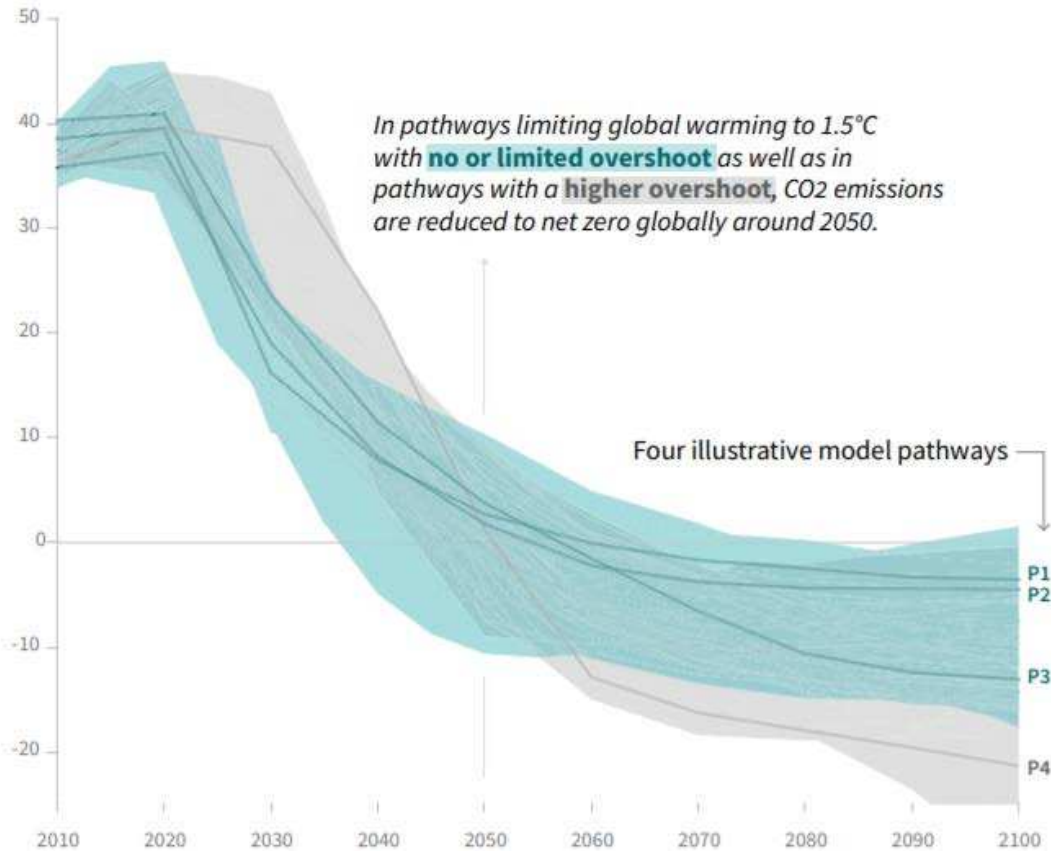
WG I WG II WG III



Why do we need CCS?

Global total net CO₂ emissions

Billion tonnes of CO₂/yr

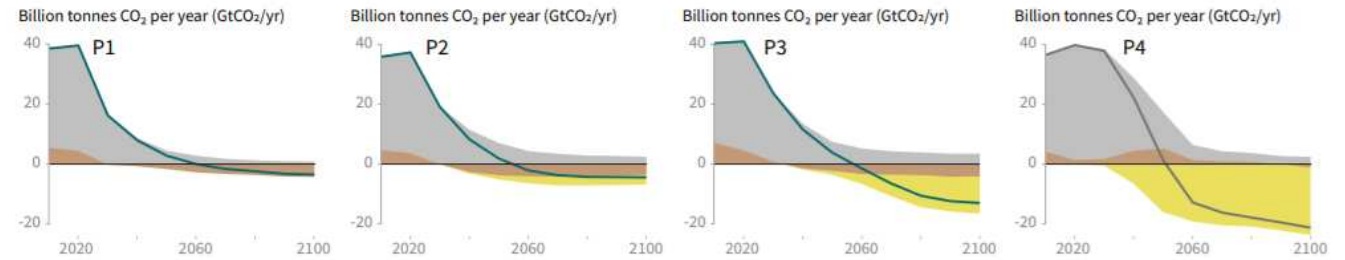


In pathways limiting global warming to 1.5°C with **no or limited overshoot** as well as in pathways with a **higher overshoot**, CO₂ emissions are reduced to net zero globally around 2050.

Four illustrative model pathways

Breakdown of contributions to global net CO₂ emissions in four illustrative model pathways

● Fossil fuel and industry ● AFOLU ● BECCS



P1: A scenario in which social, business and technological innovations result in lower energy demand up to 2050 while living standards rise, especially in the global South. A downsized energy system enables rapid decarbonization of energy supply. Afforestation is the only CDR option considered; neither fossil fuels with CCS nor BECCS are used.

P2: A scenario with a broad focus on sustainability including energy intensity, human development, economic convergence and international cooperation, as well as shifts towards sustainable and healthy consumption patterns, low-carbon technology innovation, and well-managed land systems with limited societal acceptability for BECCS.

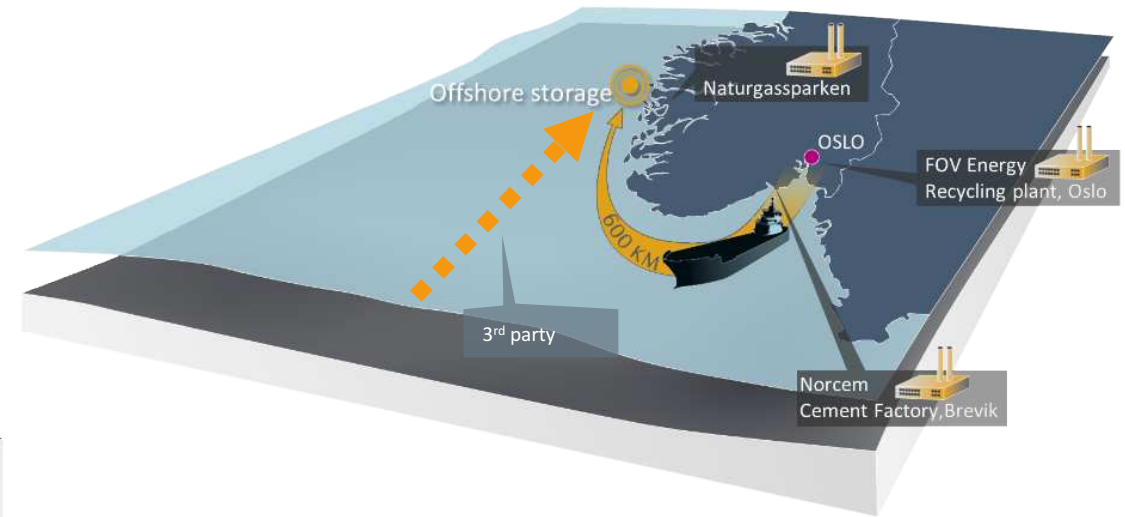
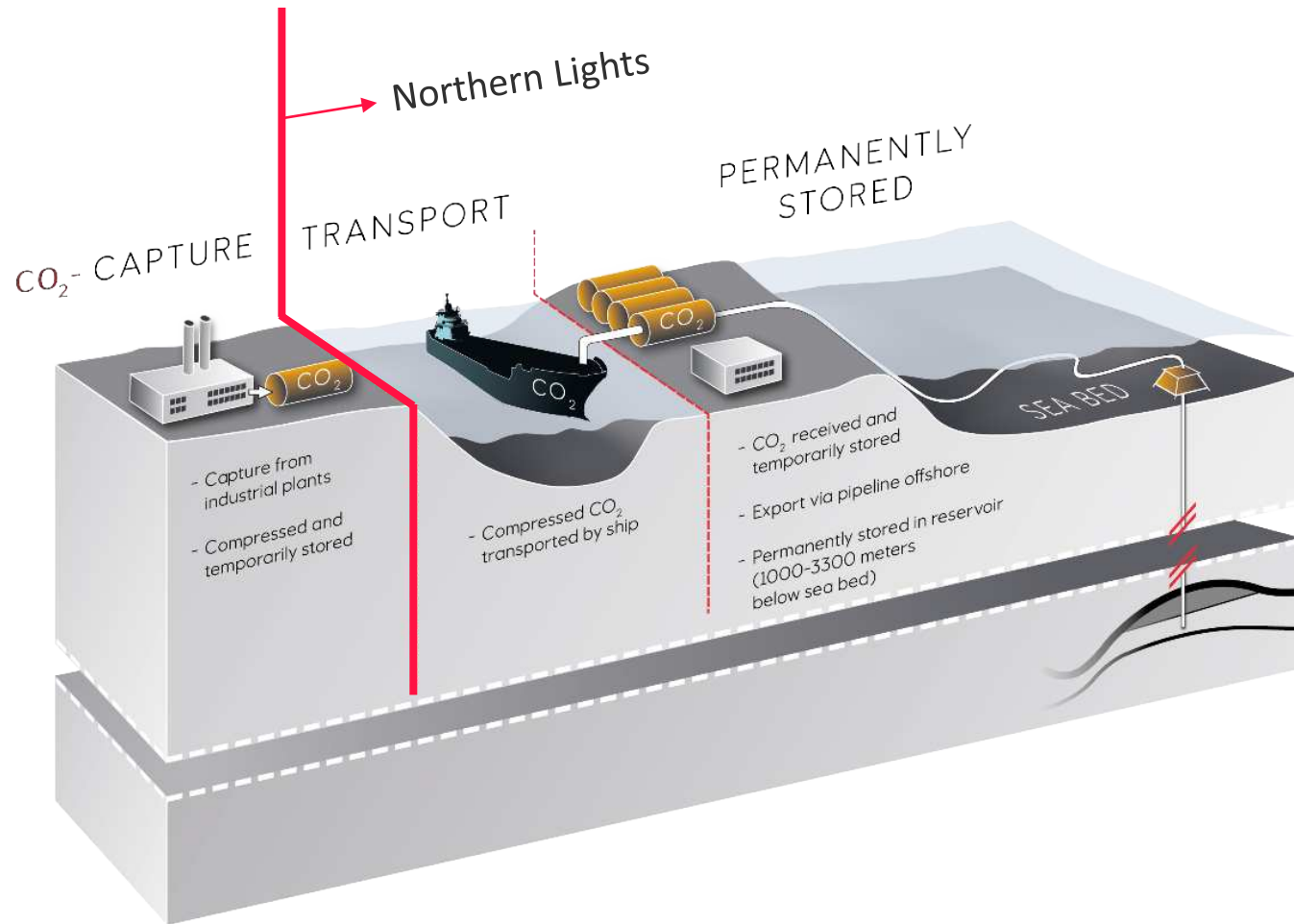
P3: A middle-of-the-road scenario in which societal as well as technological development follows historical patterns. Emissions reductions are mainly achieved by changing the way in which energy and products are produced, and to a lesser degree by reductions in demand.

P4: A resource- and energy-intensive scenario in which economic growth and globalization lead to widespread adoption of greenhouse-gas-intensive lifestyles, including high demand for transportation fuels and livestock products. Emissions reductions are mainly achieved through technological means, making strong use of CDR through the deployment of BECCS.

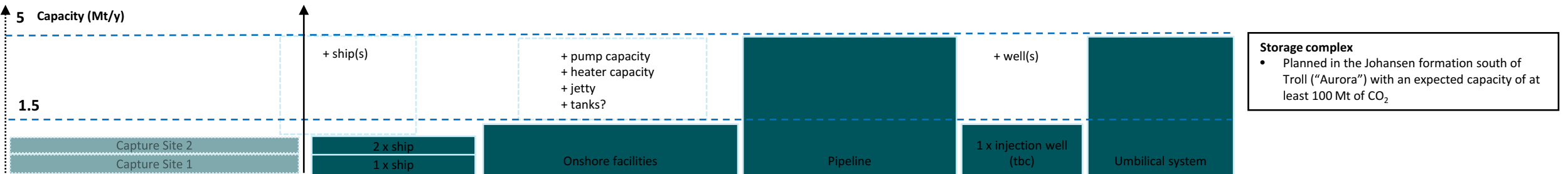
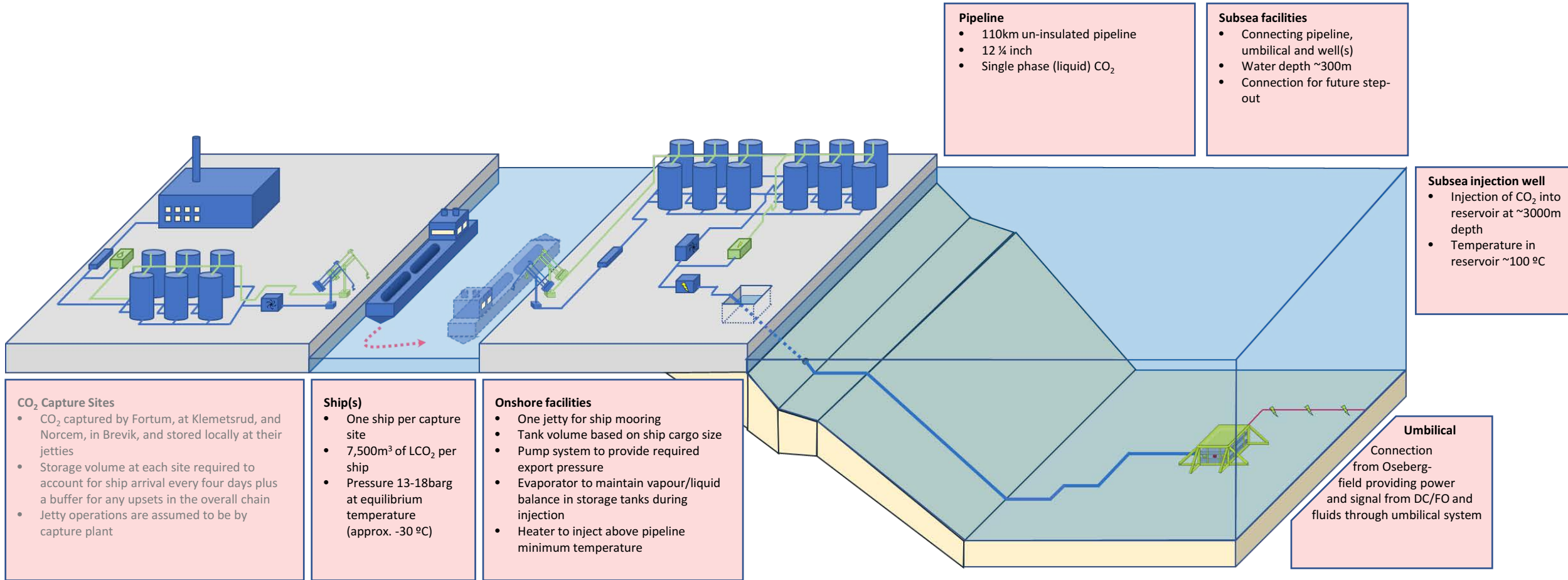
Global indicators	P1	P2	P3	P4	Interquartile range
Pathway classification	No or limited overshoot	No or limited overshoot	No or limited overshoot	Higher overshoot	No or limited overshoot

Norwegian full scale CCS demonstration project

- Enabling industrial decarbonisation -



Northern Lights – concept overview



Northern Lights onshore facility Øygarden

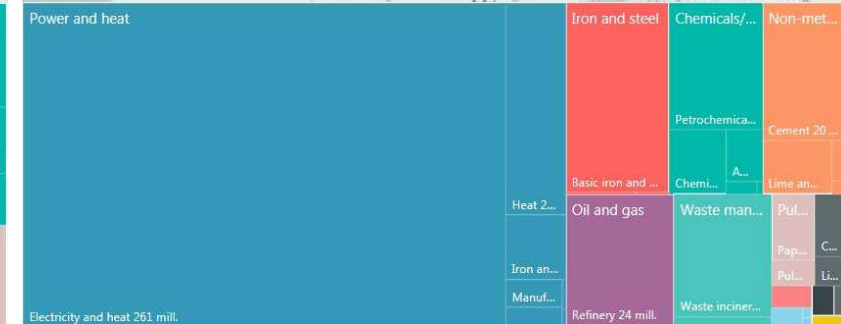
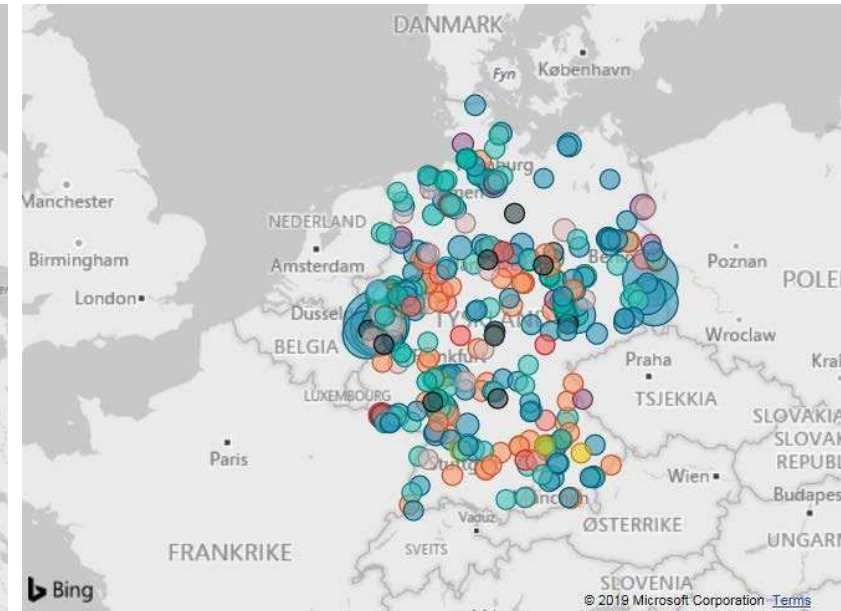
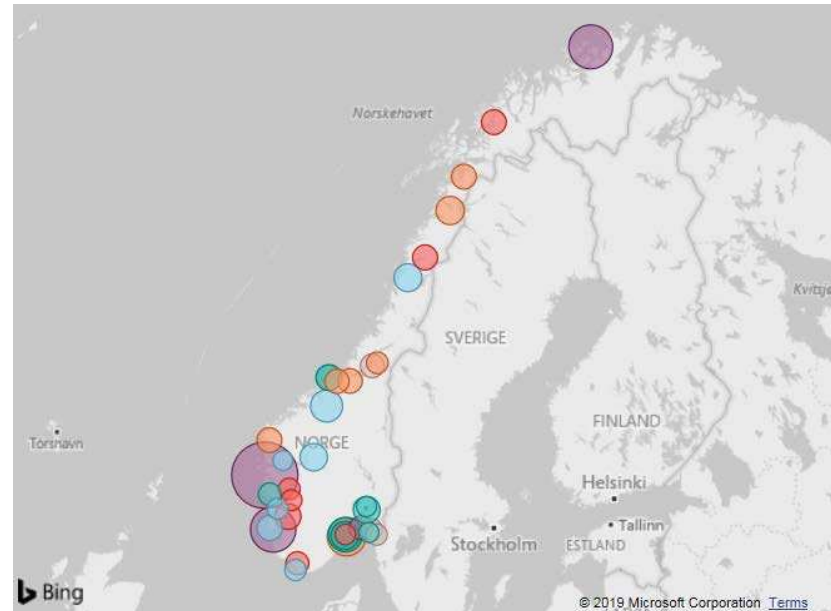
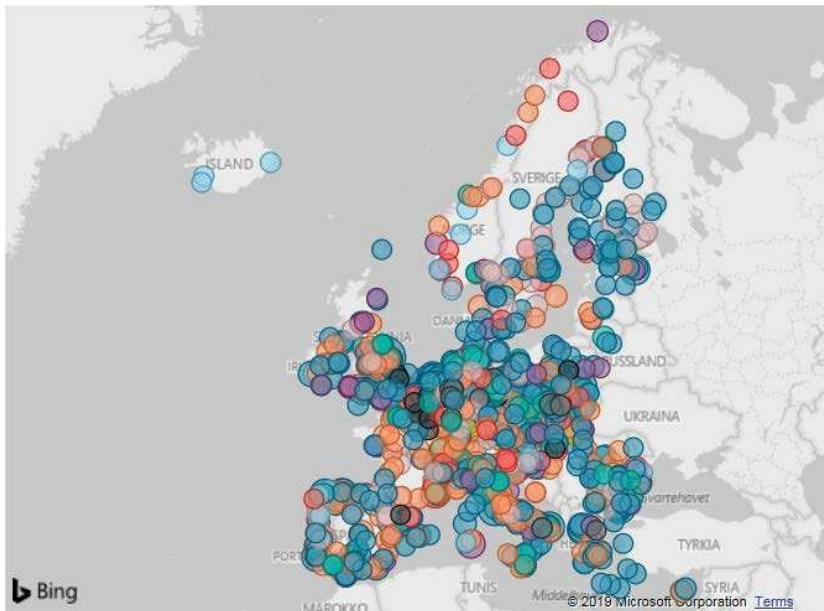


The European potential – understanding the scale

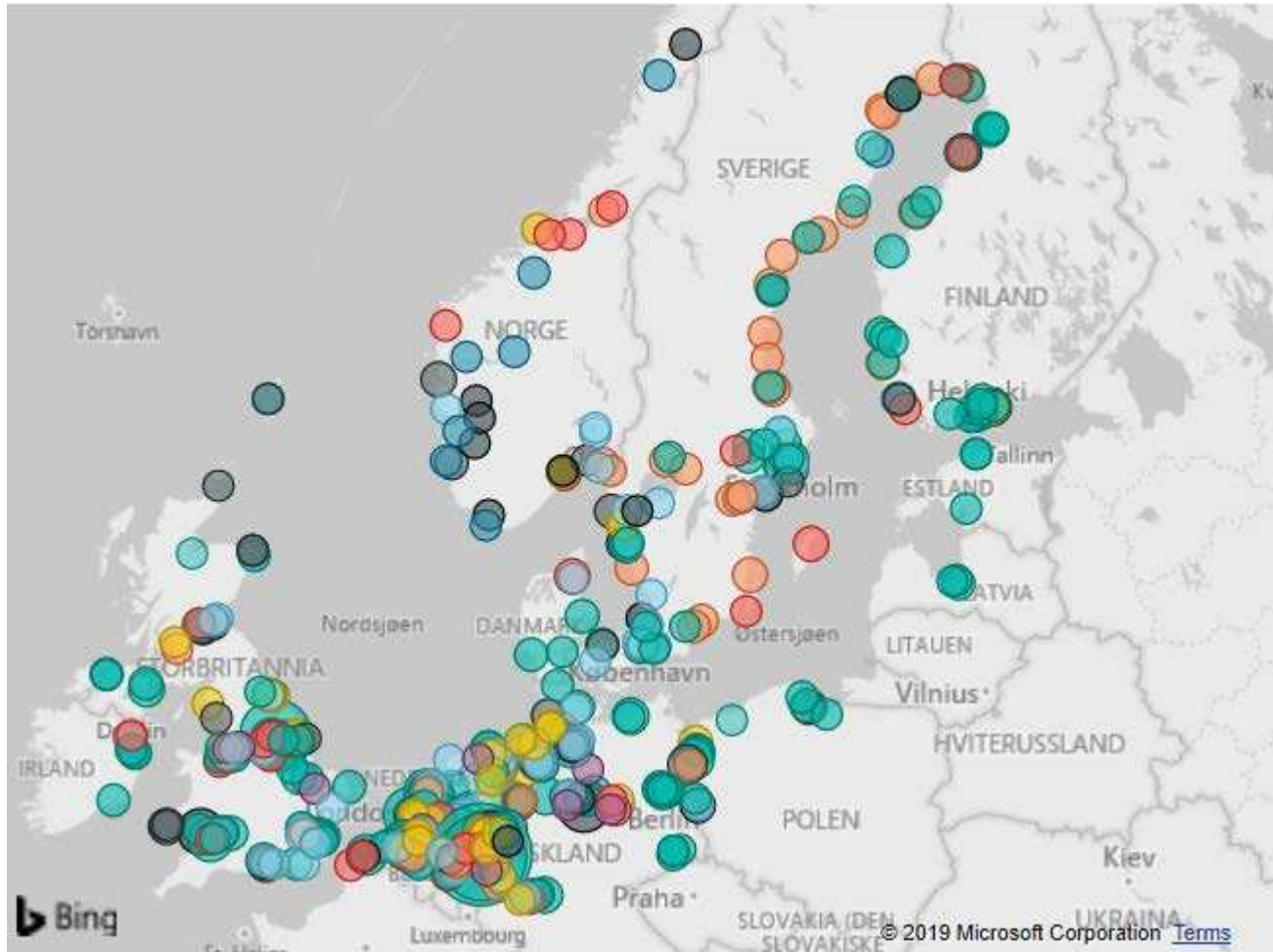
Europe
1994 facilities
1680 million tons of CO₂

Norway
35 facilities
13.6 million tons of CO₂

Germany
397 facilities
358 million tons of CO₂



"Open access" offer for CO₂ sources to establish capture



Sectors with largest potential

- Hydrogen and electricity production from natural gas
- Waste incineration
- Cement
- Biomass and biofuel
- Steel production
- Refineries

Beginning of a European network for CO2 removal

EU PCI application with 15 partners submitted 1.3.19

What are Projects of Common Interest (PCIs)?

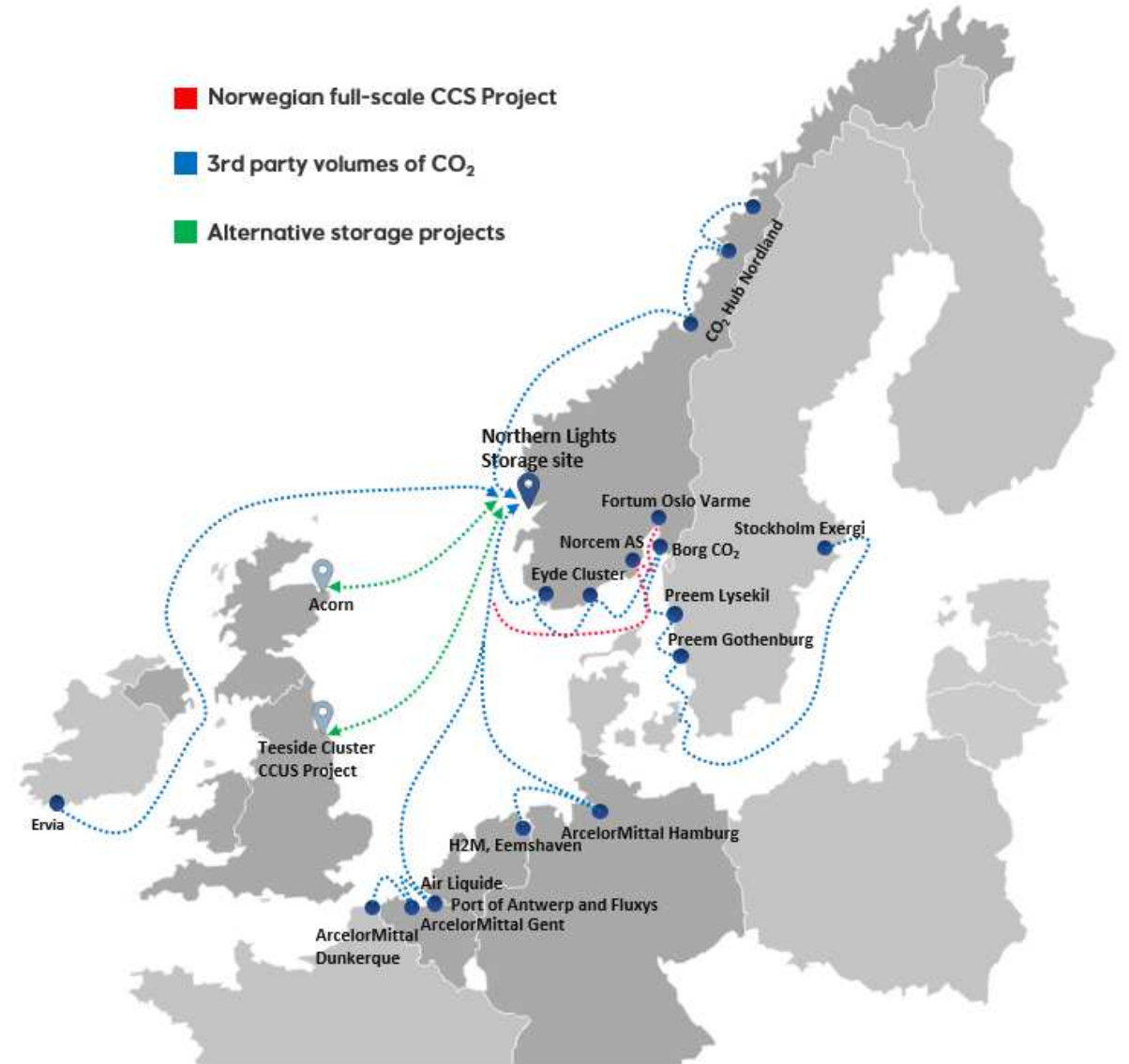
PCIs are infrastructure project that link the energy systems of EU countries.

Why are they important?

To have PCI status is the first important milestone for a Project to be eligible for funding from the EU.

The Northern Lights PCI

- 15 partners
- 7 countries
- 3 reciprocal alternative storage sites



Seven Memorandums of Understanding (MoU) signed 05.09.2019

COMPANIES

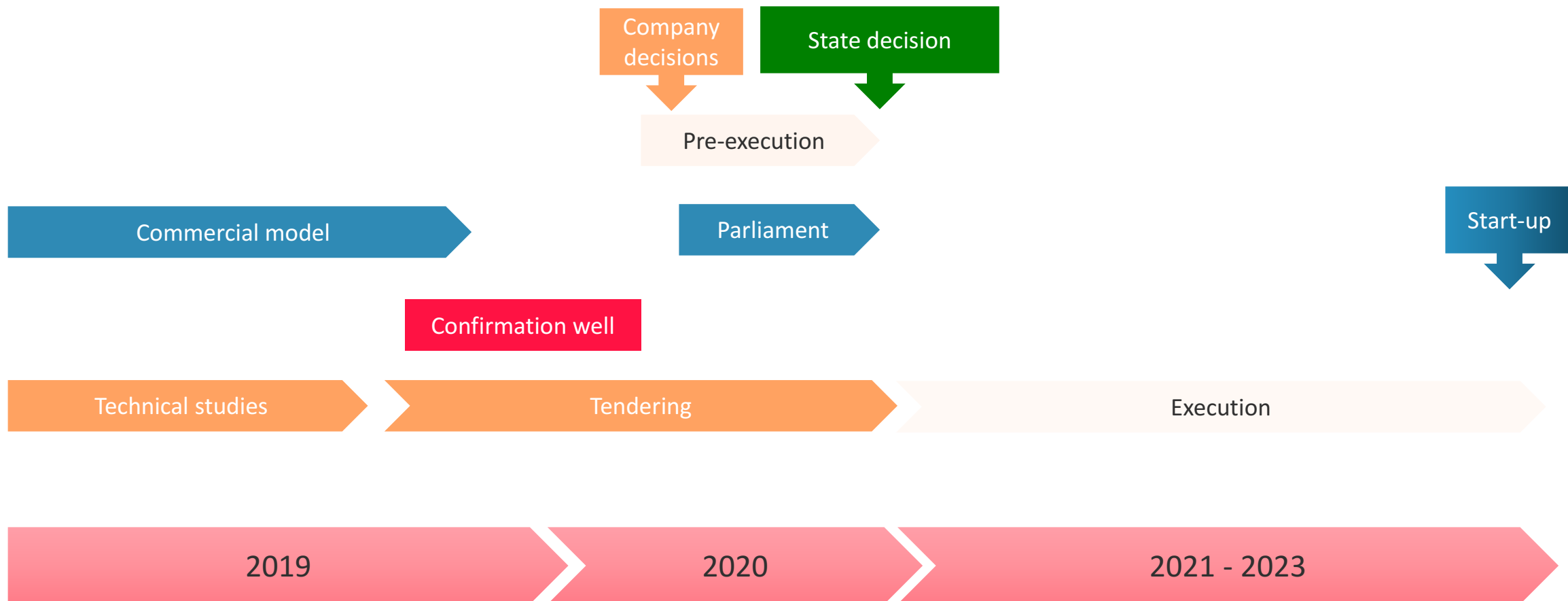
- Fortum Group; Finland
- Ervia, Ireland
- Air Liquide, Belgium
- Stockholm Exergi, Sweden
- ArcelorMittal, Luxembourg
- Preem, Sweden
- Heidelberg Group, Germany

TYPICAL CONTENT

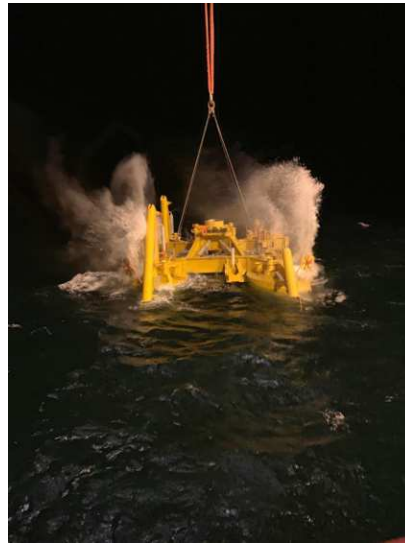
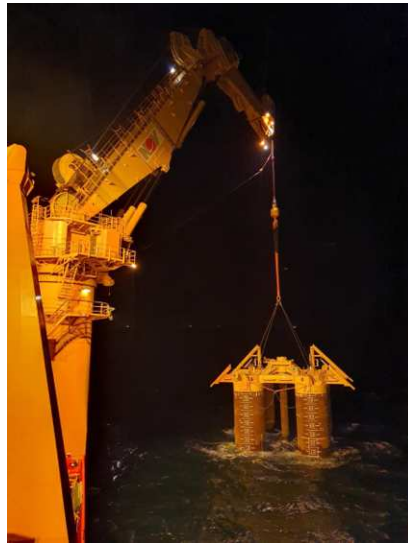
- Logistics studies
- CO₂ specifications optimized across value chain
- Roadmap towards potential start of operations, including key activities
- Joint advocacy for CCS and its importance for the successful decarbonization of European industry
- Initiate dialogue with National Government and dialogue with Norwegian government



Timeline for Northern Lights phase 1



October 9th – Successful installation of subsea structure



March 5th – Successful confirmation well

Her skal det trolig lagres millioner av tonn CO₂

Equinor og partnere jobber for at norsk sokkel skal bli framtidens CO₂-lager. Ferske boreresultater tyder på at Nordsjøen egner seg til formålet.

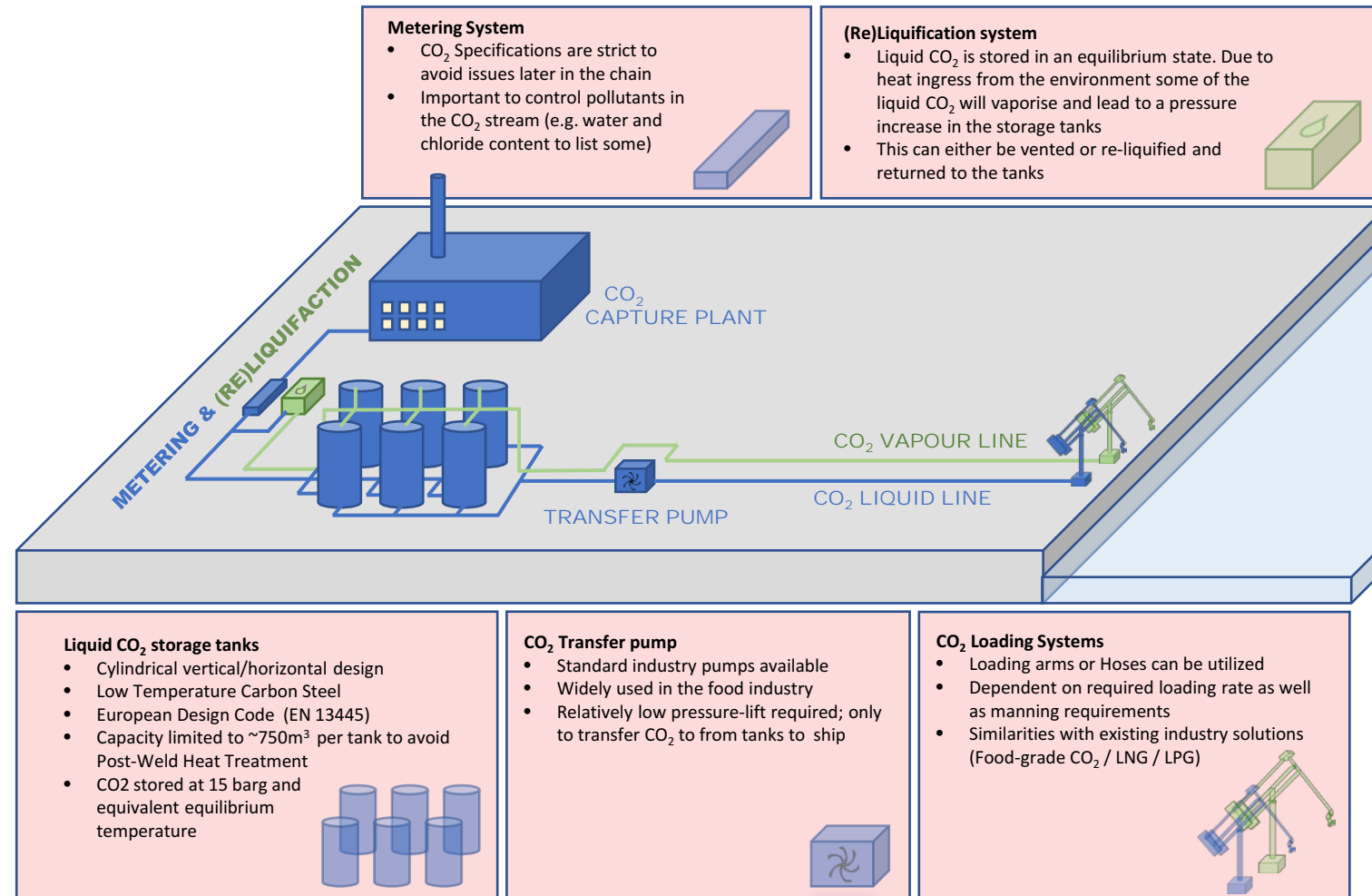


Rolv Christian Topdahl
@rolvc
Journalist

Publisert i går kl. 13:29
Oppdatert i går kl. 15:21

Dette er brønnrammen som står over CO₂-brønnen på bunnen av Nordsjøen, 100 kilometer vest for Bergen. Brønnrammen brukes for å blant annet holde på plass brønnehodet – som er det som vil kontrollere strømmen av CO₂.
FOTO: EQUINOR

Indicative equipment requirements at capture sites



- The capture plant requires storage volume to cover time between ship arrivals plus a buffer to cover unplanned delays in the overall chain
 - As CO₂ is stored in equilibrium (with a liquid- and a vapour-phase) two transfer lines are used so the ship and storage tanks can exchange liquid for vapour in a one-to-one volume exchange
- For the Northern Lights Projects ship arrivals are planned at the capture sites every four days, i.e. the capture parties need to be able to store four days of captured CO₂
- Jetty operations are assumed to be by capture plant

CO₂ Specification Northern Lights

3.2.3 Specification of CO₂ fluid

For new sources deviating from the project CO₂ specification a risk assessment shall be performed to evaluate if there are any potential risks to the installations.

Table 3-5 CO₂ specification

Component	Concentration, ppm (mol)
Water, H ₂ O	≤ 30
Oxygen, O ₂	≤ 10
Sulphur oxides, SO _x	≤ 10
Nitric oxide/Nitrogen dioxide, NO _x	≤ 10
Hydrogen sulfide, H ₂ S	≤ 9
Carbon monoxide, CO	≤ 100
Amine	≤ 10
Ammonia, NH ₃	≤ 10
Hydrogen, H ₂	≤ 50
Formaldehyde	≤ 20
Acetaldehyde	≤ 20
Mercury, Hg	≤ 0.03
Cadmium, Cd Thallium, Tl	≤ 0.03 (sum)

- Annual CO₂ profile – steady or fluctuating?
- Cost driving components in CO₂ specification?

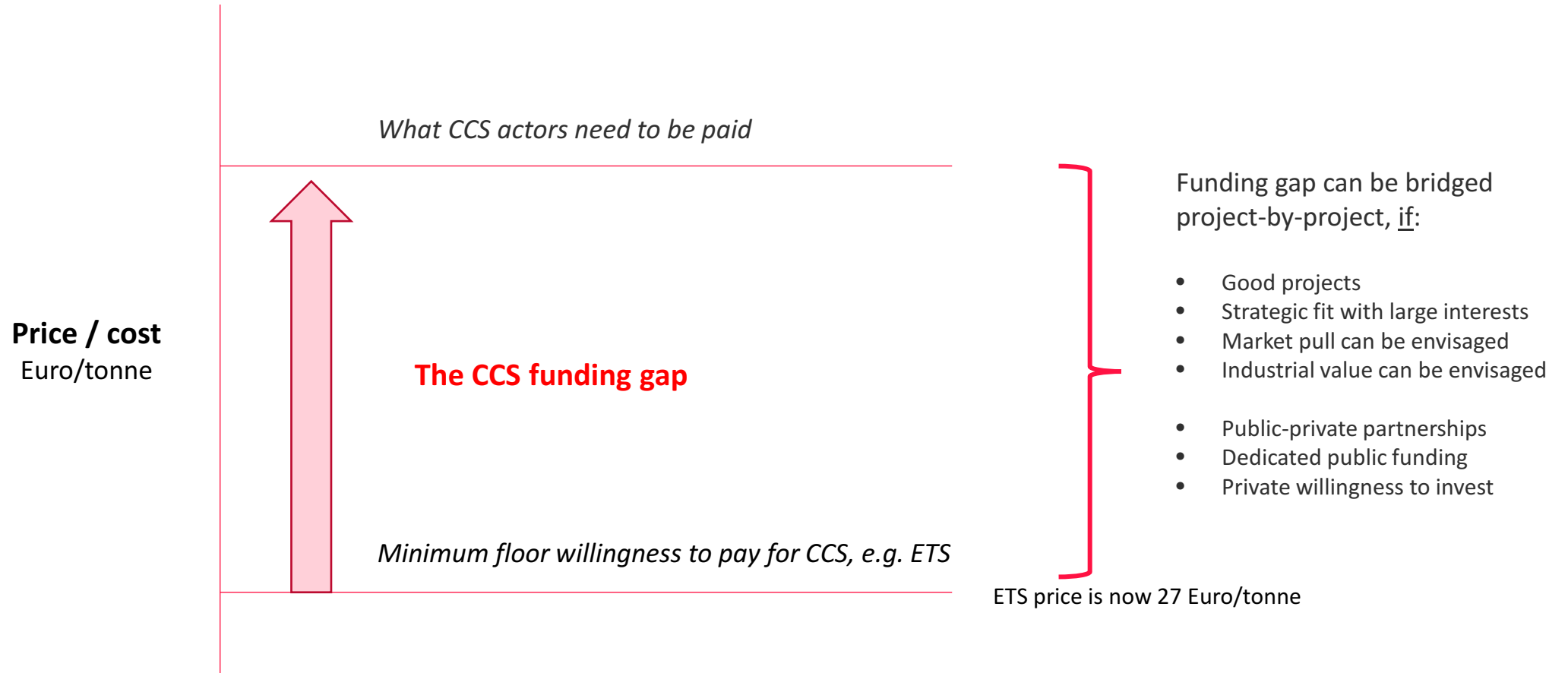
Non-condensable gases are components that, when pure, will be in gaseous form at 15 barg and -26°C. The content of non-condensable gases will be limited by the actual solubility in the liquid CO₂ in the interim storage tanks at the capture plants.

Ship design

- 130m length and 8.5m draft
- Similar to FP LPG ship
- Relatively standard proven technologies in concept design
- Approving tanks made from Ni-Steel for up to -35°C
- Cargo pumps c.400m³/hr each pump (one per tank – max offloading rate 800 m³/hr)
- c.13kts, Hybrid LNG/battery power
- Shore power



The CCS funding gap



CCS funding gap can be bridged – by «handcrafted» funding packages

Relevant cost trends for CCS

CO2 EUROPEAN EMISSION ALLOWANCES

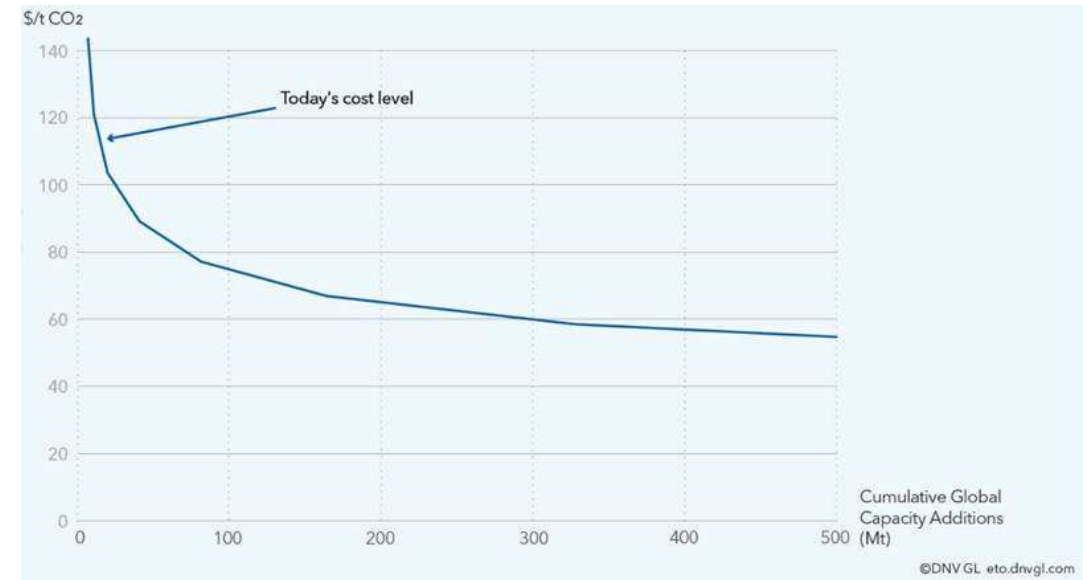
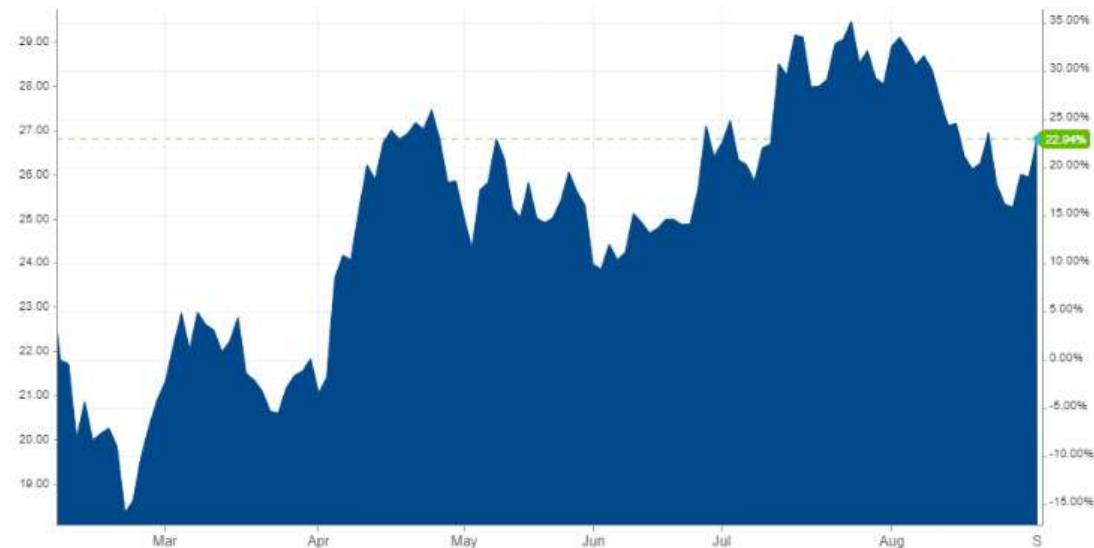
PRICE
COMMODITY

+ ADD
↑ SHARE

▲ 26.80 EUR 0.87 (3.36%) Official Close 8/30/2019 MI Indication*

Prev. Close 25.93 Open - Day Low - Day High 26.80

INTRADAY 1W 1M 3M 6M YTD 1Y 3Y 5Y 10Y MAX INDICATORS CHART OPTIONS



The Swedish potential – SOU; “Vägen til en klimatpositiv framtid”

svt NYHETER

Nyheter

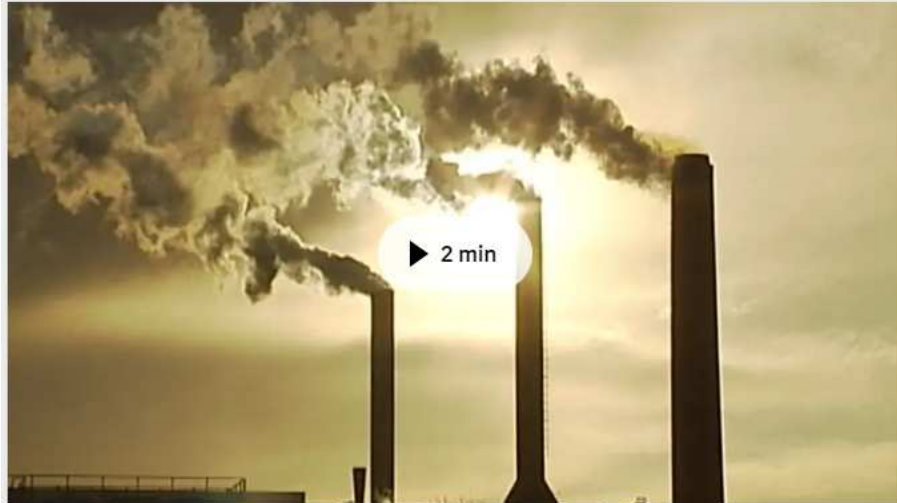
Lokalt

Sport

SVT Play

Barr

/ INRIKES



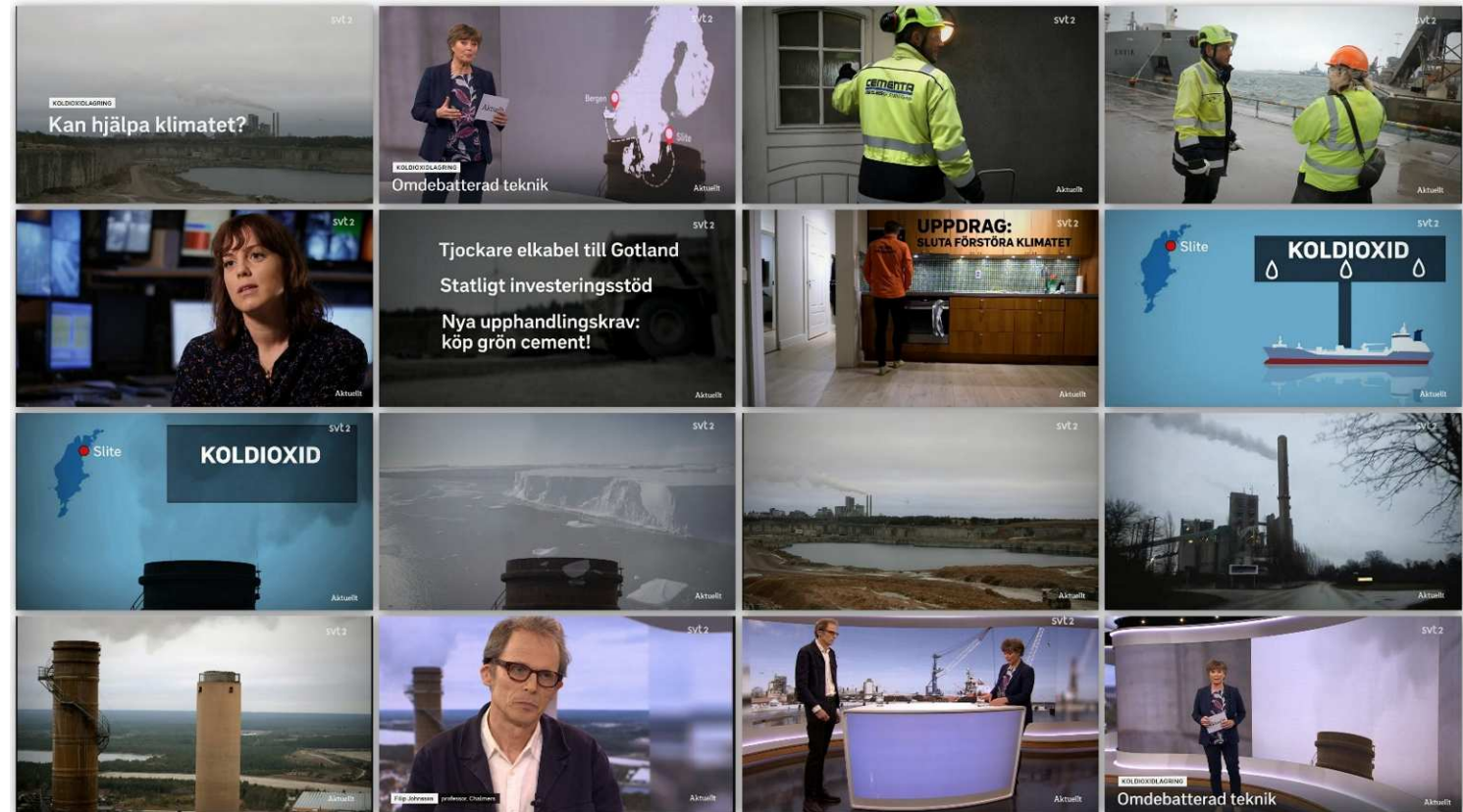
Utredning föreslår möjlig koldioxidlagring i Sverige

Visa alla (2)

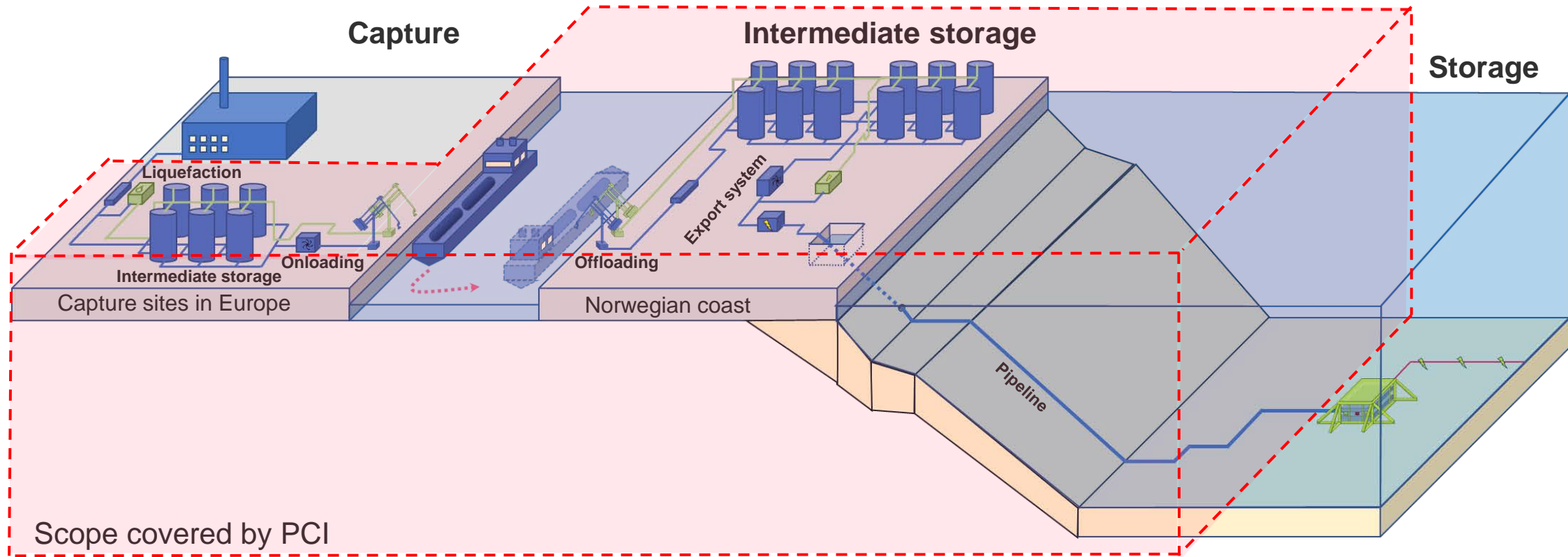
Utredning föreslår möjlig koldioxidlagring i Sverige

UPPDATERAD 29 JANUARI 2020 PUBLICERAD 28 JANUARI 2020

Regeringen måste storsatsa på att avskilja och lagra koldioxid för att kunna nå Sveriges klimatmål – över tio miljoner ton koldioxid per år skulle kunna lagras under bland annat Östersjöns botten. På kort sikt bör dock lagringsfokus vara på Norge. Det är en av slutsatserna i regeringens utredning kring klimatmålen som släpps på onsdag och som SVT har tagit del av.



CEF



IF

Assumed Innovation Fund modus operandi: IF will fund capture projects with CAPEX and OPEX, and OPEX can be used to cover costs for transport and storage

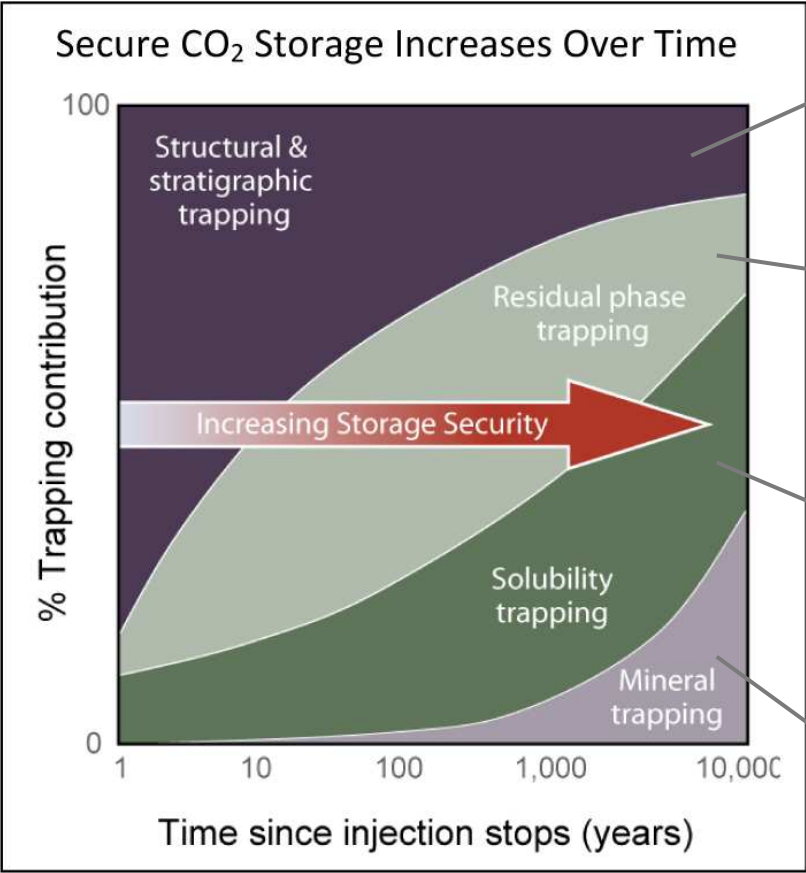
NL comment: This model will work well for initial phase of IF, but should possibly be complemented over time with funding possibilities to support pro-active **pre-qualification of storage** sites and development of open source **transport and storage solutions that function as open innovation multipliers** for many capture projects

Northern Lights tariff range ambition:

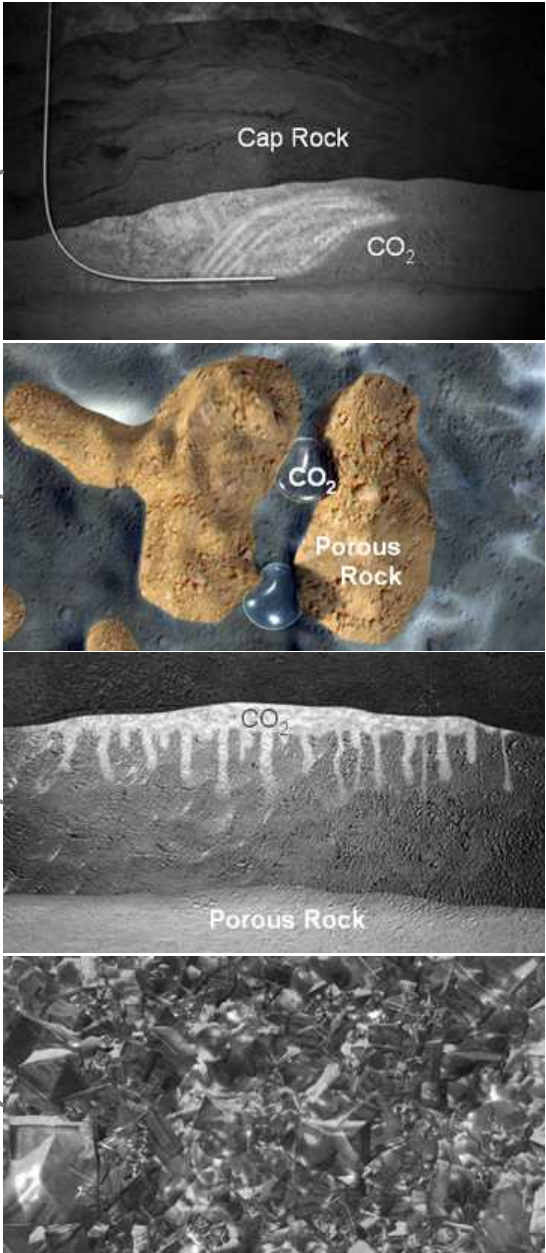
*“In order for the Northern Lights project to become a successful business operation we will need to offer our future industrial clients transport and storage tariffs that are competitive with alternative decarbonation measures. Actual tariffs will depend on a **sustainable business model, the level of volumes handled, market maturation and optimization of transport and storage facilities**. It is the ambition of the Northern Lights partners to **achieve by 2030** cost levels for transport and storage in the range described in the IOGP report “The potential for CCS and CCU in Europe” for this type of project of around **30€-55€ per ton of CO₂**”*

Questions?

Storage mechanisms – increasing safety over time



After IPCC (2005): Carbon Dioxide Capture and Storage



http://www.co2captureproject.org/co2_trapping.html

Innlegg

Hans-Einar Lundli
(Trondheim Kommune)

Betydningen av CCS for å nå utslippsmålene i Trondheim Kommune

Marie Bysveen
(SINTEF Energi/FME NCCS)

Karbonhåndtering for økt grønn konkurransekraft i Midt-Norge

Ingrid Sørum Melaen
(Gassnova)

Gassnova som muliggjør for CCS

Jannicke G. Bjerkås
(Fortum Oslo Varme)

Hvordan etablere et CO2-fangstprosjekt – erfaringer fra Fortum Oslo Varme

Emil Yde Aasen
(Northern Lights)

CO2 transport og lagring i prosjektet Northern Lights

Stkraft, Elkem, Norfrakalk,
Wacker

Innlegg fra aktører i Midt-Norge

Marie Bysveen
(SINTEF Energi/FME NCCS)

Oppsummering og veien videre

STAKRAFT VARMEN

V/ Morten Fossum



Statkraft

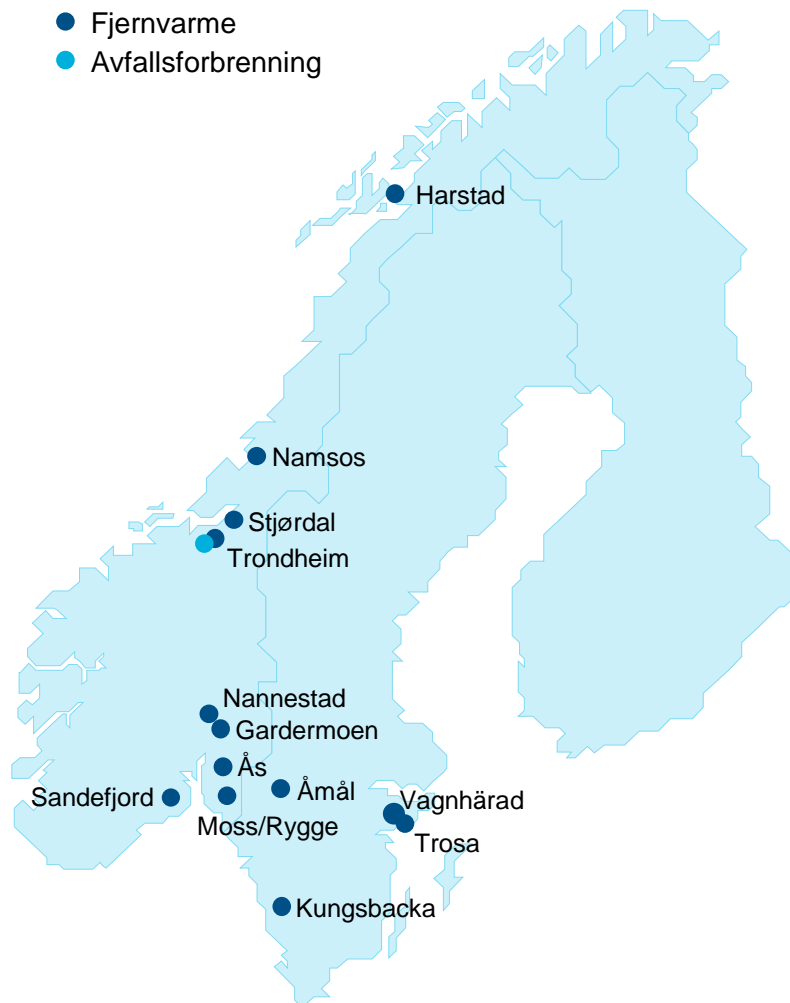
CO2 fangst fra avfallsforbrenning

MORTEN FOSSUM

Statkraft Varme

1,1 TWH Varme og kjøleproduksjon

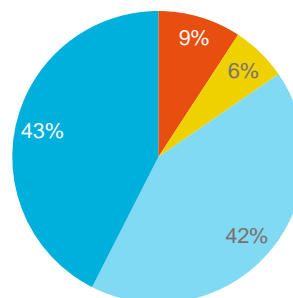
- Fjernvarme
- Avfallsforbrenning



Fjernvarme

Fornybarandel 91 %, 2019

- Spillvarme
- Bioenergi
- Elektrisitet
- Gass/Olje



Utslipp fossilt
CO₂
30' tonn

Avfallsforbrenning

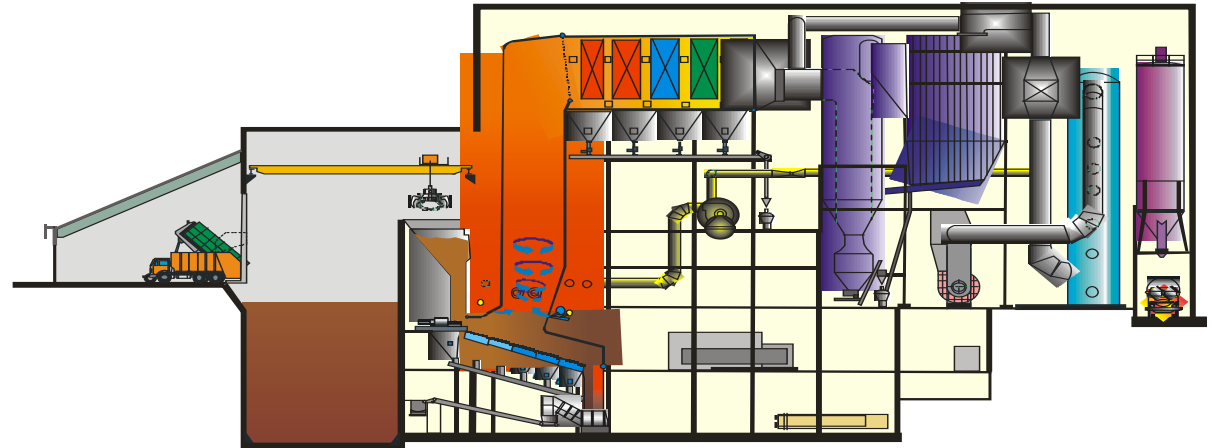
- 210.000 – 225.000 tonn utsortert restavfall per år fra nord i Gudbrandsdalen til Saltfjellet
- Utgjør 20,7 % av de samlede klimagassutslippene i Trondheim kommune



Utslipp fossilt
CO₂
74' tonn

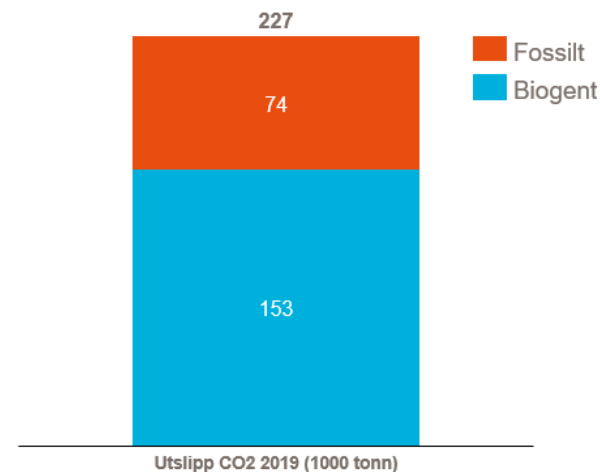
Avfallsforbrenning

- 3 avfallslinjer
 - 2 x 6 t/h, 2 x 16,5 MW (1985)
 - 1 x 17 t/h, 47 MW (2007)
 - Maks 240 000 tonn avfall/år
 - 210 – 225 000 tonn avfall/år
 - Hetvannskjeler
 - Dekker behovet for sluttbehandling av utsortert restavfall i Midt-Norge
- Østre Rosten 82
 - Areal ca 22 000 m²
 - Avgrenset av E6 mot vest, bebyggelse mot vest og nord og regulert område mot sør



Dagens situasjon

- CO2 utslipp fra avfallsforbrenning
 - 74 – 81 000 tonn fossil CO2/år
 - Fossilandel utgjør ca. 33% av totale CO2 utslipp



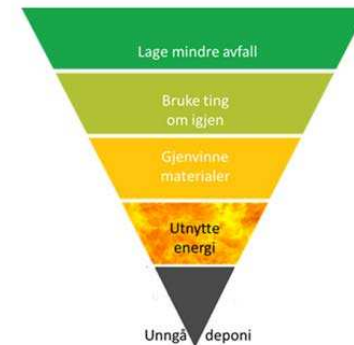
- Utslipp til luft er strengt regulert
 - Støv
 - Sure komponenter
 - NOx
 - Tungmetaller
 - Dioksin

Flue gas		
Flue gas, Flow	Nm3/h	80 000
T (scrubber inlet)	C	140
T (scrubber outlet)	C	65
H2O (scrubber inlet)	%	16
H2O (scrubber outlet)	%	20
CO2	%, dry basis	10-14
O2	%, dry basis	5-9
NOx	mg/Nm3 @11%O2, dry	150-160
SO2	mg/Nm3 @11%O2, dry	0,5-5
HCl	mg/Nm3 @11%O2, dry	0,5
Støv	mg/Nm3 @11%O2, dry	0,5-5
CO2 emissions (@12% CO2)	t/yr	157 902

Dagens situasjon

- Avfallsforbrenning er en del av avfallshierarkiet i dag og er del av en fremtidig løsning for avfallsbehandling

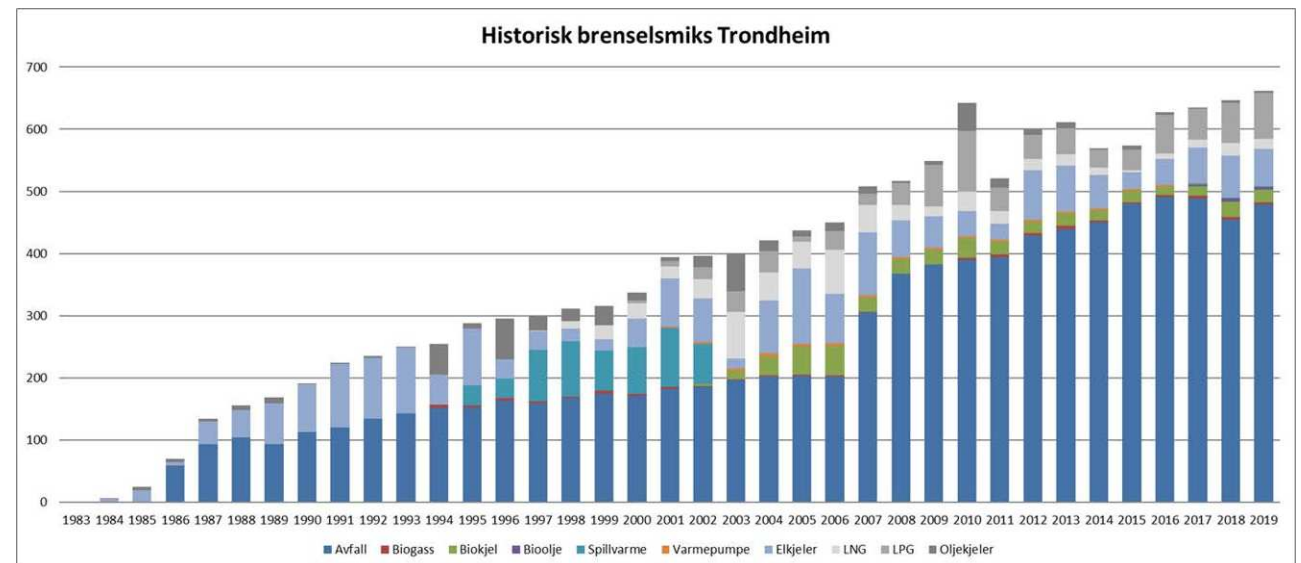
Avfallsforbrenning – viktig del av sluttbehandling av utsortert restavfall



Fjernvarmesystemet utnytter spillvarme fra avfall

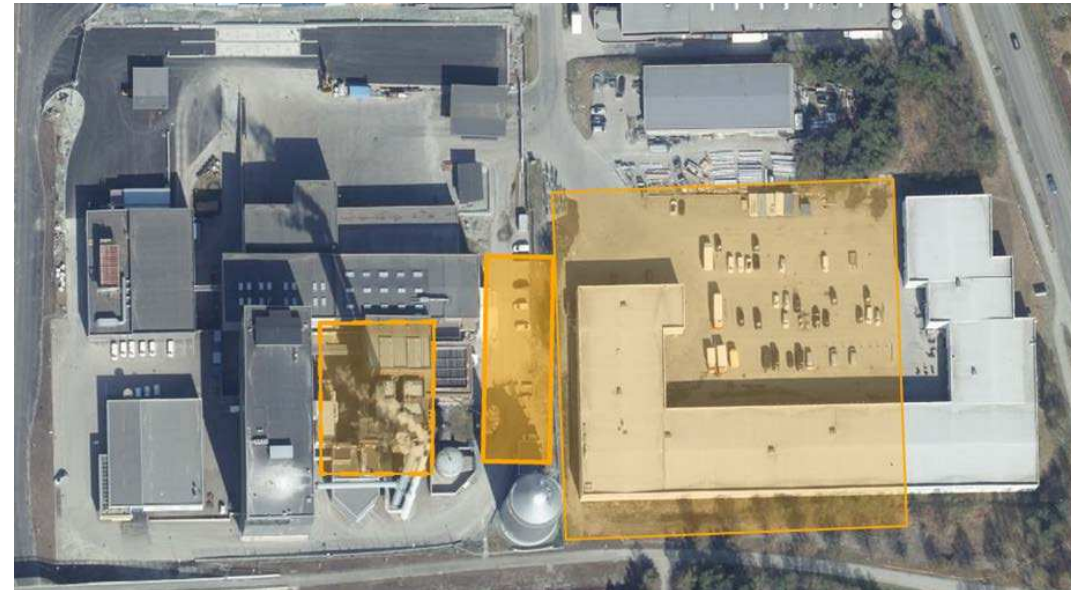
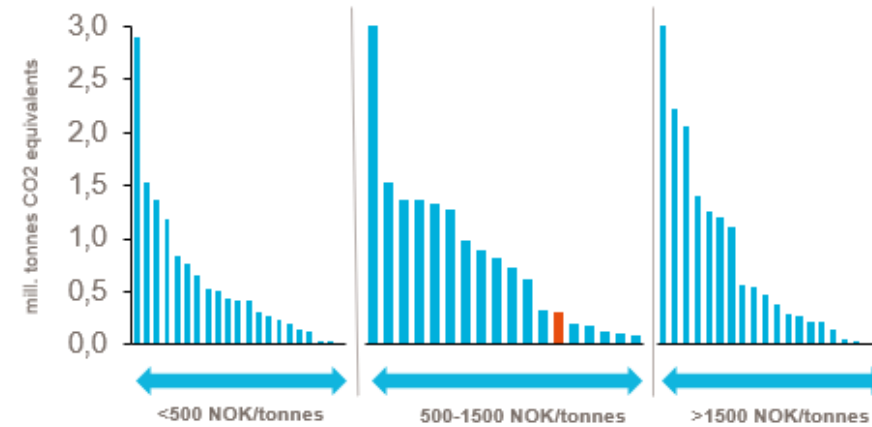


- Utnyttelse av spillvarme fra avfallsforbrenning er en viktig del av fjernvarmeforsyningen til Trondheim



Status

- Climit Idéfaseprosjekt
 - Innledende vurdering av:
 - Teknologi, areal- og energibehov, kostnader
- Klimakur 2030
 - Peker på 3 konkrete avfallsforbrenningsanlegg
 - Beskriver tiltakskostnader basert på flere forutsetninger
 - CO2 fangst fra avfallsforbrenning er ikke et av de mest kostbare eller kontroversielle tiltakene beskrevet
- utfordringer
 - Begrenset tilgjengelig areal for ny forbrenningskapasitet (L4) og CO2 fangstanlegg
 - Løsninger for energiintegrasjon
 - Ingen økonomiske insentiver, - hvem tar kostnaden ?
 - Ingen felles politikk in Norden (Europa)
 - Ingen verdikjede for transport og lagring
 - Ikke et marked for CO2 negativ fangst.





Statkraft

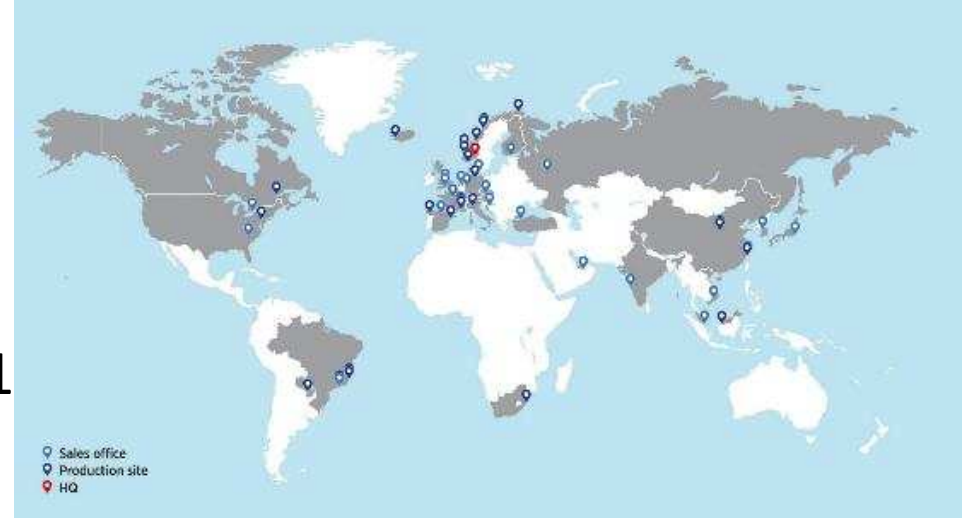
statkraft.no

ELKEM

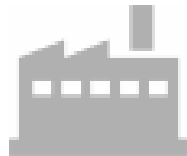
V/ Alf Tore Haug

Elkem group in brief

- Founded in 1904 by Sam Eyde
- Owned by China National Bluestar since 2011
- 110 years of history as a technology provider



5,600 employees
(1,350 in Norway)



24 plants worldwide,
Headquarter in Norway

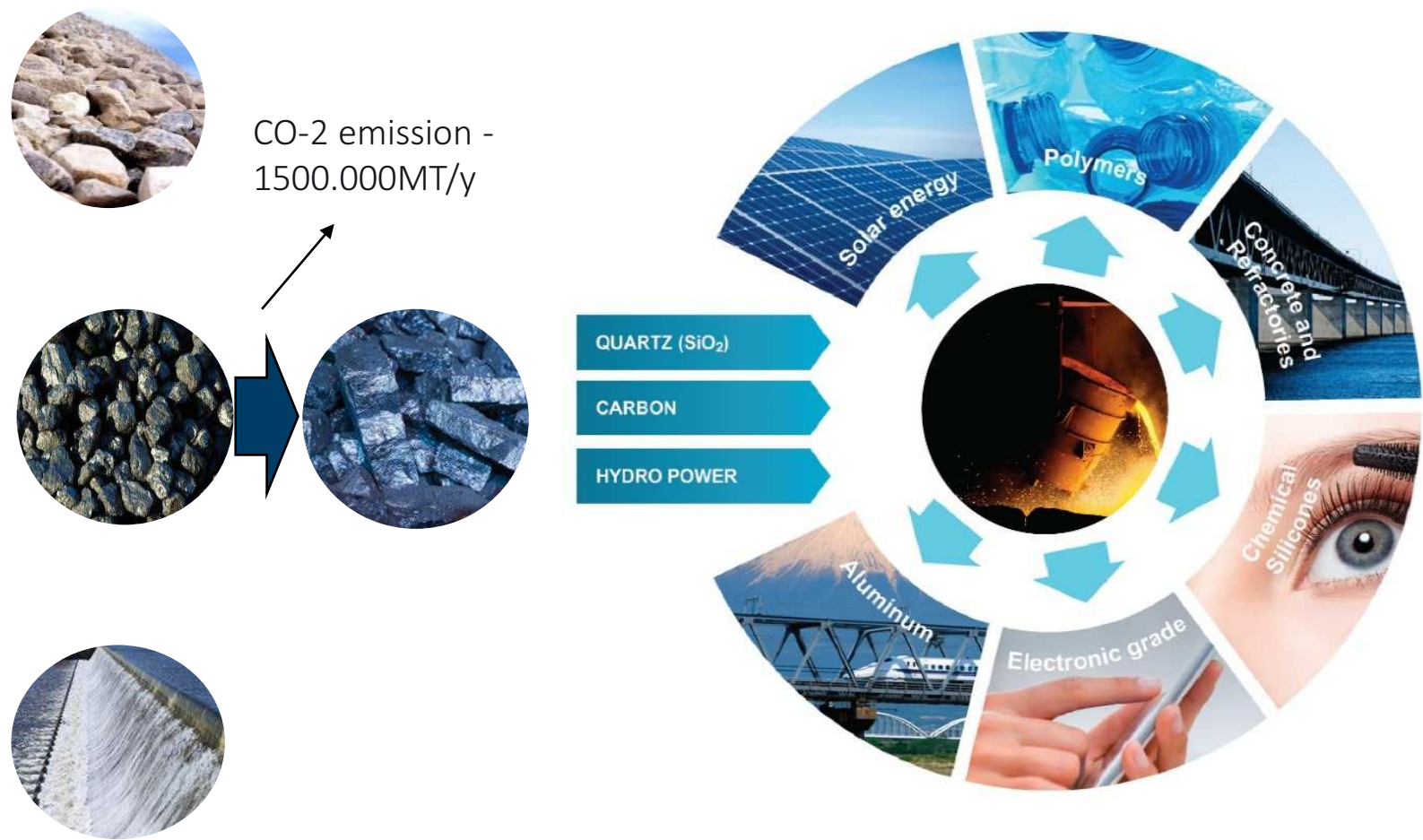


22 BNOK
Revenue in 2015



470 R&D people
Global R&D centres in Norway and Lyon

ELKEM CONVERTS NATURAL RESOURCES TO PRODUCTS THE WORLD NEEDS



CO-2 emission -
1500.000MT/y

QUARTZ (SiO₂)
CARBON
HYDRO POWER

- Biobased reductants;
-300.000 tonn woodchips
- 30.000 tonn charcoal
- Energyrecovery 6-700GWh
- Other Energy savings
> 200GWh last 3 years

Elkem i Norge

Table 7B.CO₂ emissions (2016&17) reported from Norwegian Elkem plants [34].

Elkem plant	CO ₂ emissions (10 ³ t/yr)	
	2016	2017
<u>Bjølvefossen</u>	172	174
<u>Bremanger</u>	301	319
Thamshavn	288	277
Rana	310	298
Salten	439	476
Total Norway	1510	1544



Elkem's energy recovery projects



Elkem Thamshavn

District heating, exhaust gas boiler and turbine for el. production

♻️ 195 GWh



Elkem Chicoutimi, Canada

Delivers energy in the form of steam to nearby aluminium plant

♻️ 190 GWh



Elkem Bjølvefossen

District heating, exhaust gas boiler and turbine for el. production

♻️ 200 GWh



Elkem Bremanger

District heating

♻️ 8 GWh



Elkem Salten

District heating, exhaust gas boiler and turbine for el. production

♻️ 275 GWh (from November 2020)

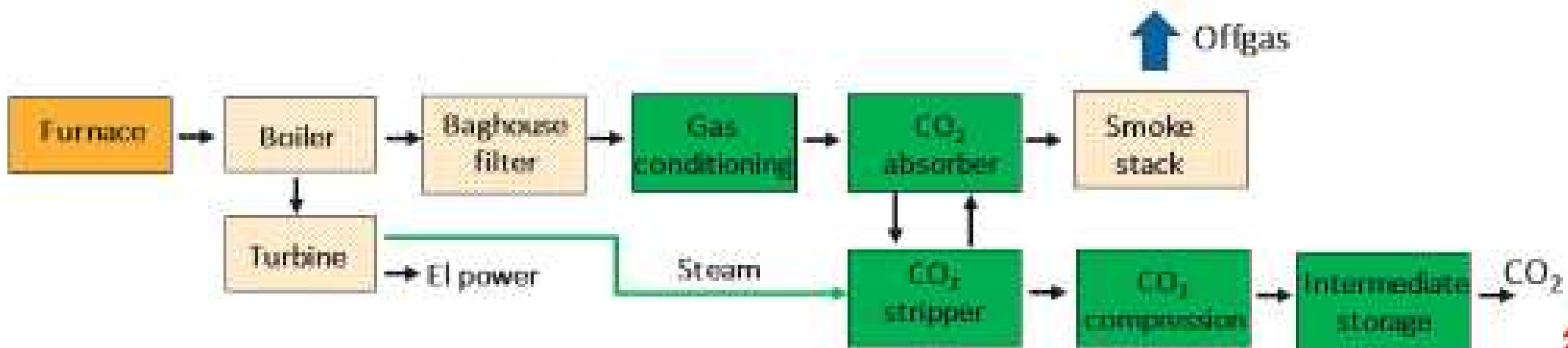


3. Elkem are investigating carbon capture in combination with energy recovery and SO₂ and NO_x removal

FURNACE OFFGAS PROCESS WITH ENERGY RECOVERY



FURNACE OFFGAS PROCESS WITH ENERGY RECOVERY AND CARBON CAPTURE



Elkem aim to be CO2 neutral in 2025 – Have a potential to become CO2 negative

1. Replace fossil carbon in silicon process

- *Develop environmental and financial and sustainable biocarbon sources*
- *New designed raw material systems and furnaces for significantly increased carbon yield and use of biocarbon*

2. Increase silicon yield and recycling of silicon

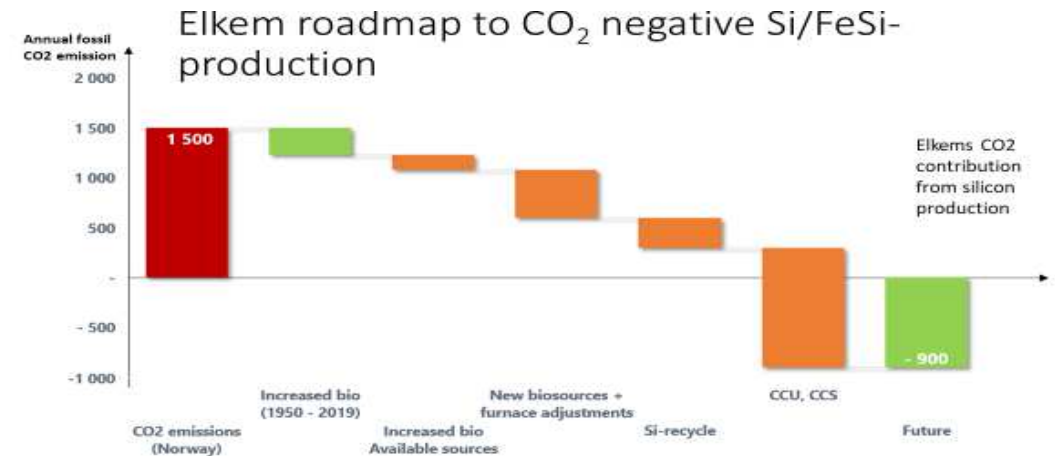
- *Developing several sources for recycling of silicon*

3. Carbon capture developed for silicon process

- *Feasibility study for carbon capture for silicon furnace*
- *Several CCU alternatives within different areas*

4. Reduce indirect emissions

- *Maximize energy recovery at all plants*
- *Minimize emissions related to raw material processing and transport*



>250 000 MT silicon



2 main alternative technologies for CC to be studied in concept study

Absorption-desorption, Scrubbing-stripping

2 potensial alternatives:

1. Amine based process

→ 30 wt% MEA in water

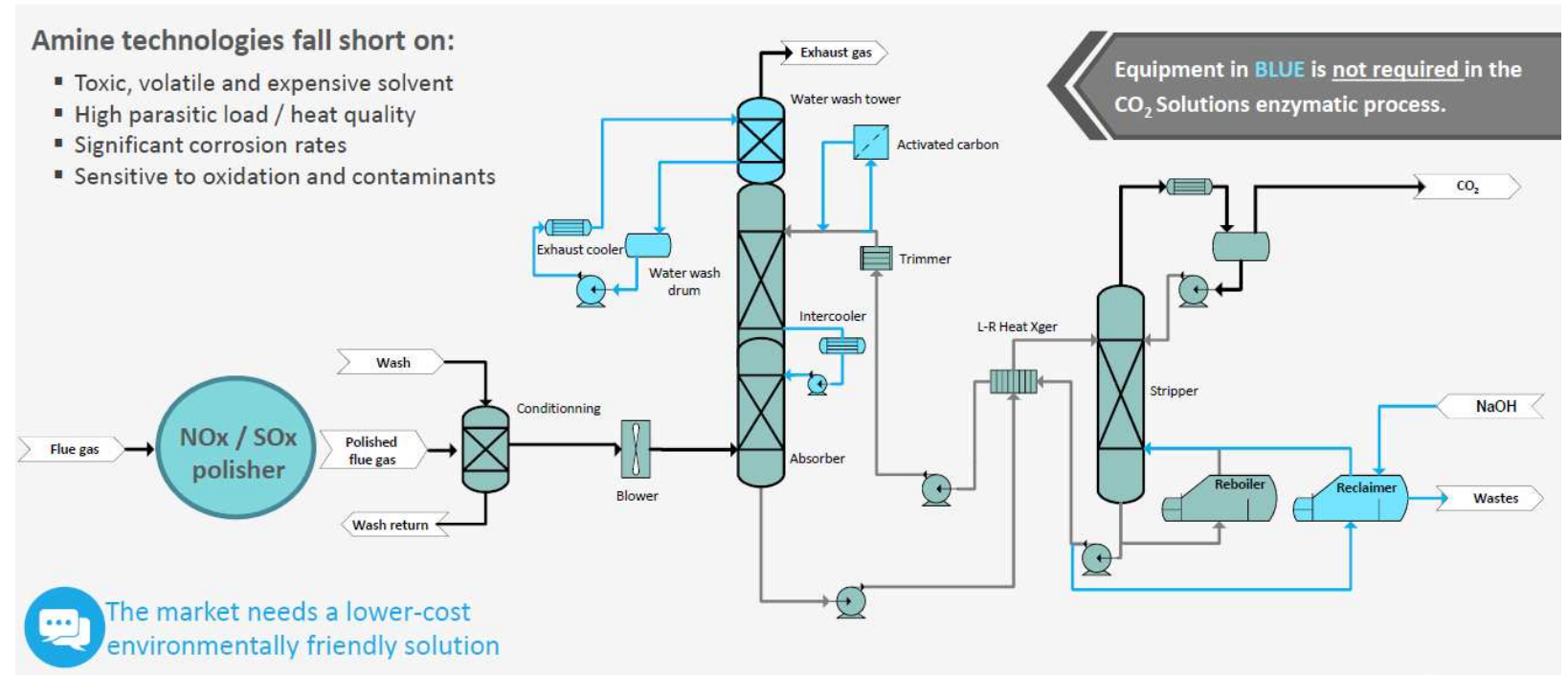
2. → Carbonic anhydrase +
 $K_2CO_3/KHCO_3$ in water

→ OTHER?

TYPICAL AMINE CAPTURE PROCESS

Amine technologies fall short on:

- Toxic, volatile and expensive solvent
- High parasitic load / heat quality
- Significant corrosion rates
- Sensitive to oxidation and contaminants



Important learning:

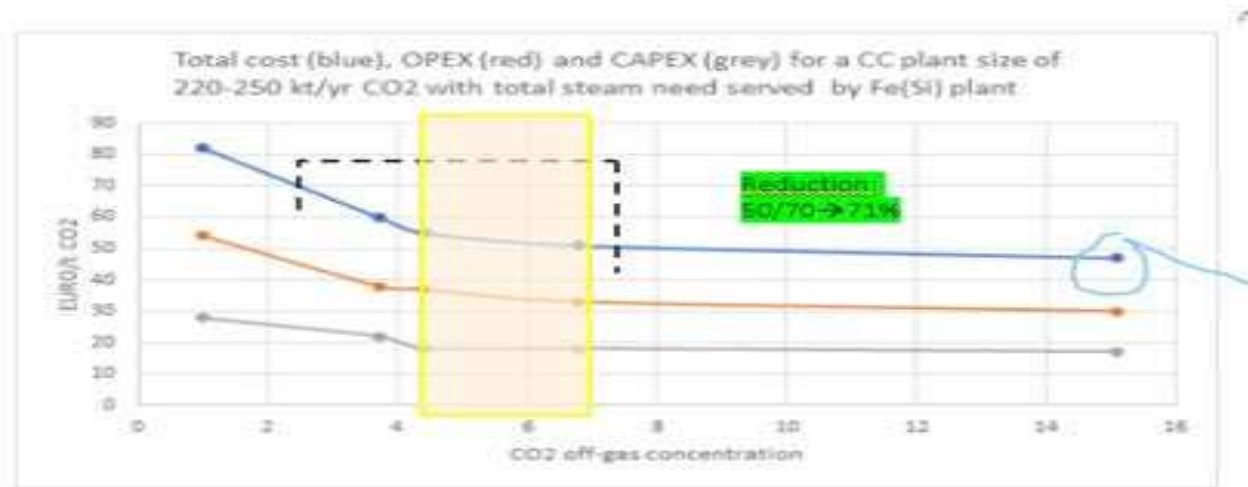


Figure 6C. Indicated cost of CO₂ capture as a function of exhaust CO₂ concentration for a 220-250 kt CO₂/yr plant [17, 32]. Included is thermic (steam) need for stripper reboiler duty and electric CO₂ compression duty. Steam need indicated to 22-24 MW (3.2-3.5 MJ/kg CO₂ captured@2.7 bara cond.) increasing both cost curves by approx. **45 EURO/ton CO₂ captured** (0,055 EURO/kWh) if usage of ei boiler.

Mathisen, F. Normann, M. Biermann, R. Skagestad, A.T. Haug, "CO₂ capture opportunities the Norwegian Silicon Industry" Publication at TCCS 10 Trondheim 17-19.06.19

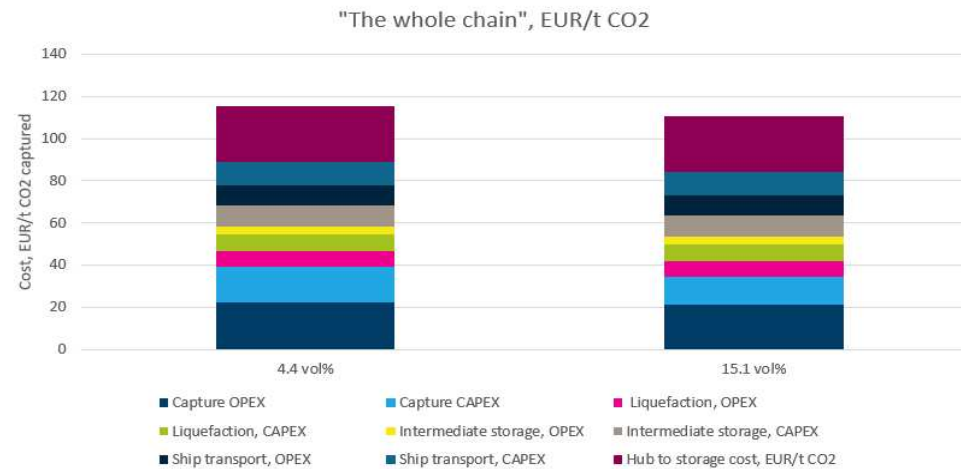
Elkem Thamshavn gas amounts and concentrations

	Amount	Unit	Vol%	t/y
Fluegas	325000,00	Nm3/hr		
CO2 (Total)	16339,74	Nm3/hr	5,03 %	281000,00
CO2 (Fossil)	13083,39	Nm3/hr	4,03 %	225000,00
CO2 (Bio sources)	3256,31	Nm3/hr	1,00 %	56000,00
NOX	66,79	Nm3/hr	0,02 %	1100,00
SOX	26,87	Nm3/hr	0,01 %	619,00

Pre-feasibility class 5 estimate- Elkem Thamshavn

CAPEX FOR WHOLE CARBON CAPTURE PROJECT - ELKEM THA						
Major Process in Carbon Capture Plant	CAPEX					Comments
	Base Case (p50) (MNOK)	High (%)	Low (%)	High (MNOK)	Low (MNOK)	
Energy Recovery from Off-gases	0,00	10,00 %	10,00 %	0,00	0,00	
Bag House filter	0,00	10,00 %	10,00 %	0,00	0,00	Already prese
Seawater based Gas Conditioning (SOx and NOx removal)	203,51	50,00 %	50,00 %	305,26	101,75	Cost of Gas cl
CCS - Aker Solutions	920,75	20,00 %	20,00 %	1104,90	736,60	Taken from va
Total	1124,26			1410,16	838,35	

Total cost for CCS-Thamshavn based on Sintef calculations



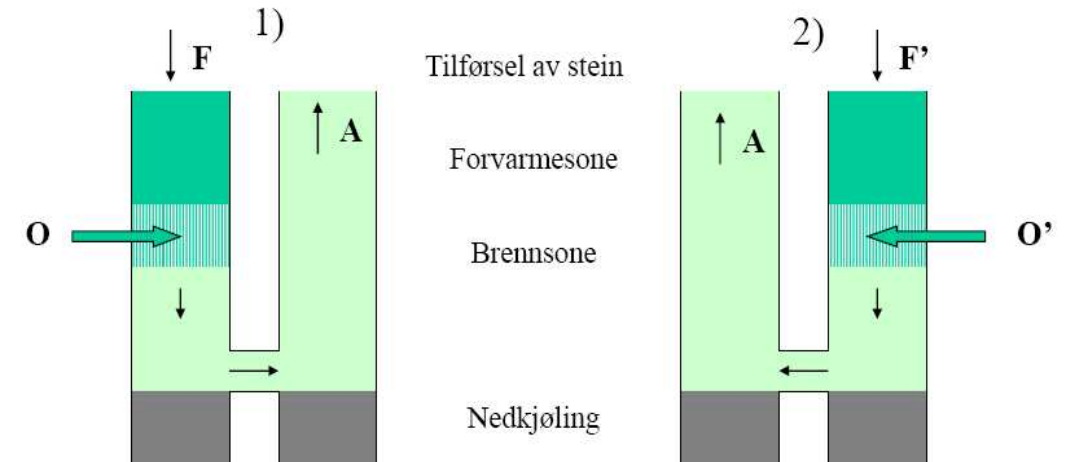
NB! Especially storage cost is uncertain

NORFRAKALK

V/ Glenn Håkon Bekkeli

NorFraKalk -Introduksjon

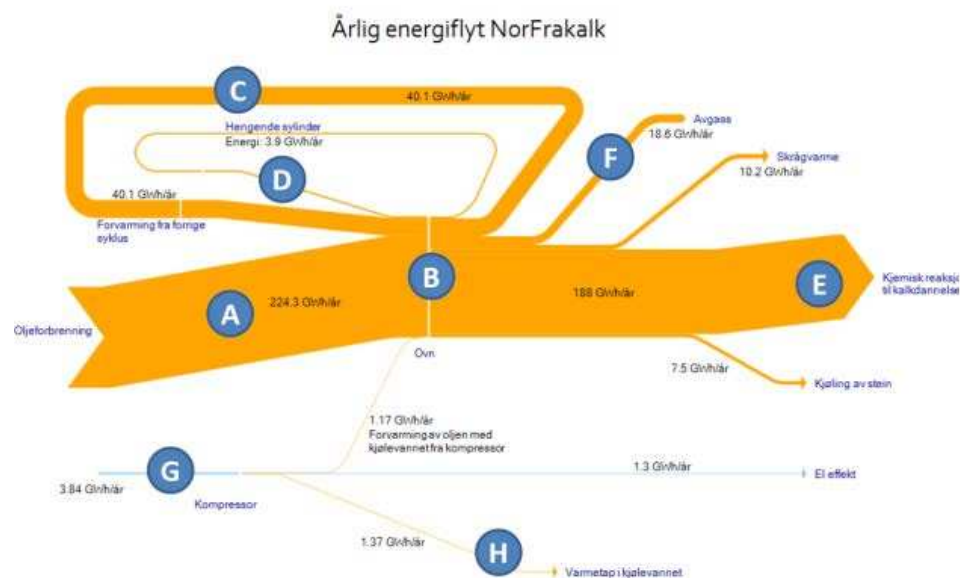
- Brenner kalkstein og lager brentkalk, kjemisk beskrives dette slik:
 CaCO_3 (kalkstein) + varme = CaO (brentkalk) + CO_2
- Kundens prosess ved produksjon av pcc.
 - 1) $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$ (hydratkalk) + varme
 - 2) $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$ (PCC)
- Kapasitet på 200 000 tonn pr år, tilsvarende 210 000 tonn CO_2
- Ovnen står i Verdal Industripark i nærheten av havna.



Dagens situasjon

- Årlig CO₂ utslipp har de siste årene ligget omkring 150-170 Ktonn, alt som fossilt utslipp. 1/3 fra brenselet og 2/3 er prosessutslipp.
- CO₂ konsentrasjonen i avgassen ligger i området 22-25%
- Vi brenner spillolje og dermed krav til å måle urenheter i avgassen.
- Prosessen er svært effektiv og vi har lite spillvarme lett tilgjengelig.

Utslipp til luft, konsentrasjoner i avgass (ovn)					
Komponent	Krav, M.dir.	2015	2016	2017	2018
(kons. normalisert til 10% O ₂)					
Støv, mg/Nm ³	15	1,9	0,9	2,5	2,0
CO, mg/Nm ³	300	121,0	93,5	95,2	42,1
NO _x , mg/Nm ³	250	63,3	53,3	90,5	51,8
HCl, mg/Nm ³	4	1,8	1,2	1,5	0,8
HF, mg/Nm ³	1	0,0	0,0	0,1	0,2
SO ₂ , mg/Nm ³	10	1,3	5,7	4,3	3,6
Cd, µg/Nm ³					
Tl, µg/Nm ³	(Σ) 20	0,01	0,02	0,016	0,023
As, µg/Nm ³					
Cr, µg/Nm ³					
Co, µg/Nm ³					
Cu, µg/Nm ³					
Mn, µg/Nm ³					
Ni, µg/Nm ³					
Pb, µg/Nm ³					
Sb, µg/Nm ³					
V, µg/Nm ³	(Σ) 200	5,27	11,3	14,9	20,05
Hg, µg/Nm ³	40	6,9	7,3	8,4	5,6
TOC, mg/Nm ³	10	4,1	2,6	4,4	4,2
Dioxiner, ng/Nm ³	0,1	0,032	0,01	0,02	0,02



Status for klimamål og CCS/CCU

- Vi har et uttalt mål om å ha en pilot, fortrinnsvis membranteknologi, i løpet av 5 år.
- Tidligere/pågående CCS/CCU aktiviteter?
 - Tel-Tek rapport fra 2009, kartlegge kostnader for fangst.
 - NFK er deltager i CO2 Hub Nordland.
- Kunnskapsbehov?

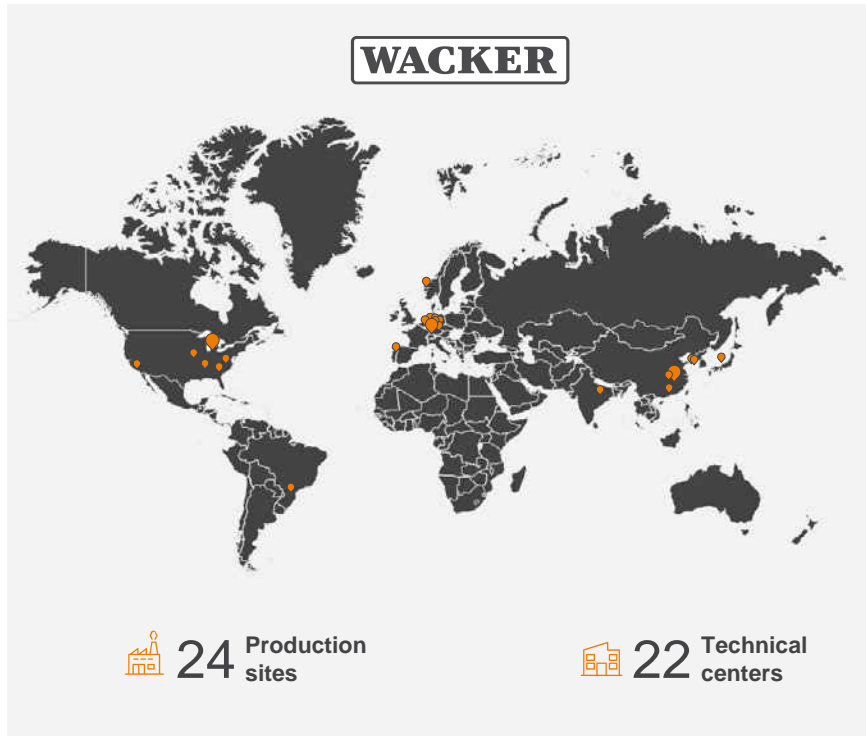
WACKER CHEMICALS

V/ Randi Synnøve Hegdal



Wacker Chemicals Norway AS
Karbonfangst og lagring i Midt-Norge
Randi S. Hegdal

Over 100 Years of Success



Wacker Chemie AG

- ▶ Founded in 1914 by Dr. Alexander Wacker
- ▶ Headquartered in Munich, Germany

WACKER Group (2018)

- ▶ Sales: €4.98 billion
- ▶ EBITDA: €930 million
- ▶ R&D: €165 million
- ▶ Investments: €461 million
- ▶ Employees: 14,542

Silisiumprodusenten Wacker Chemicals Norge As, Holla Metall



Beliggenhet

- ▶ Hemne Kommune

Historie

- ▶ 1964 – Grunnlagt
- ▶ 2010 – En del av WACKER Gruppen og pr i dag Wackers eneste Silisiumsprodusent

Ansatte

- ▶ ~ 200

Produkter

- ▶ Silisium, 73 000 tonn årlig
- ▶ Microsilica, 35 000 tonn årlig

Ovner

- ▶ Ovn 2: 13 MW
- ▶ Ovn 3: 18 MW
- ▶ Ovn 4: 33 MW
- ▶ Ovn 8: 45 MW (Fra 2019)

Overordnet prosessfremstilling



Dagens situasjon

- **Årlig CO₂ utslipp (biogent/fossilt):**
 - Ca. 400 000 tonn fossilt CO₂
 - Ca. 40 000 tonn biogent CO₂
 - Økende andel biogent
- **CO₂ konsentrasjonen i avgassen: 2 – 4 %**
- **Andre urenheter i avgassen: Nox, svovel, PAH, tungmetaller**
- **Tilgjengelig spillvarme: Minst 34 MW**
 - Det kan diskuteres hvor tilgjengelig denne energien er

Bærekraft hos Wacker

Silisium er en del av løsningen for en bærekraftig fremtid og for å opprettholde dagens levestandard

Silisium blir brukt i solceller, elektronisk utstyr, og det forskes mye på bruk av silisium i batterier

Wacker konsernet har et stort fokus på å redusere CO2 utslipp

Wackers visjon er å være et innovativt selskap som gir et viktig bidrag til økt livskvalitet i hele verden

Bærekraft er en av hovedmålene for å nå denne visjonen

På Wacker, Holla jobber vi bl.a. med økt bruk av biokarbon og resirkulering av silisiumatomer

Prosjekt Ovn 8

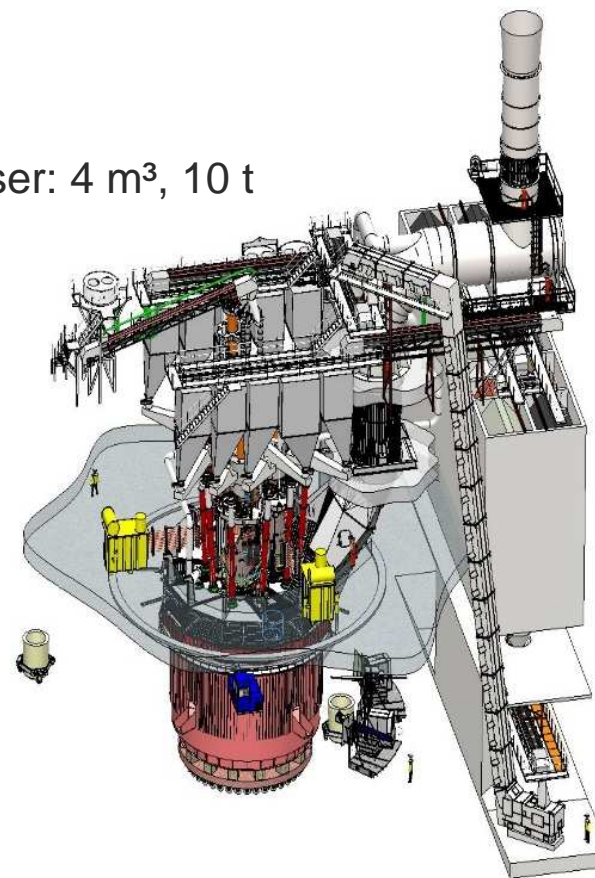
Prosjektet omfatter:

- Råmaterialforsyning
- Utvidelse av trafostasjon
- Ovn inkludert foring, øser og lavetter
- Avgass- og silica håndtering
- Sjøkjølestasjon

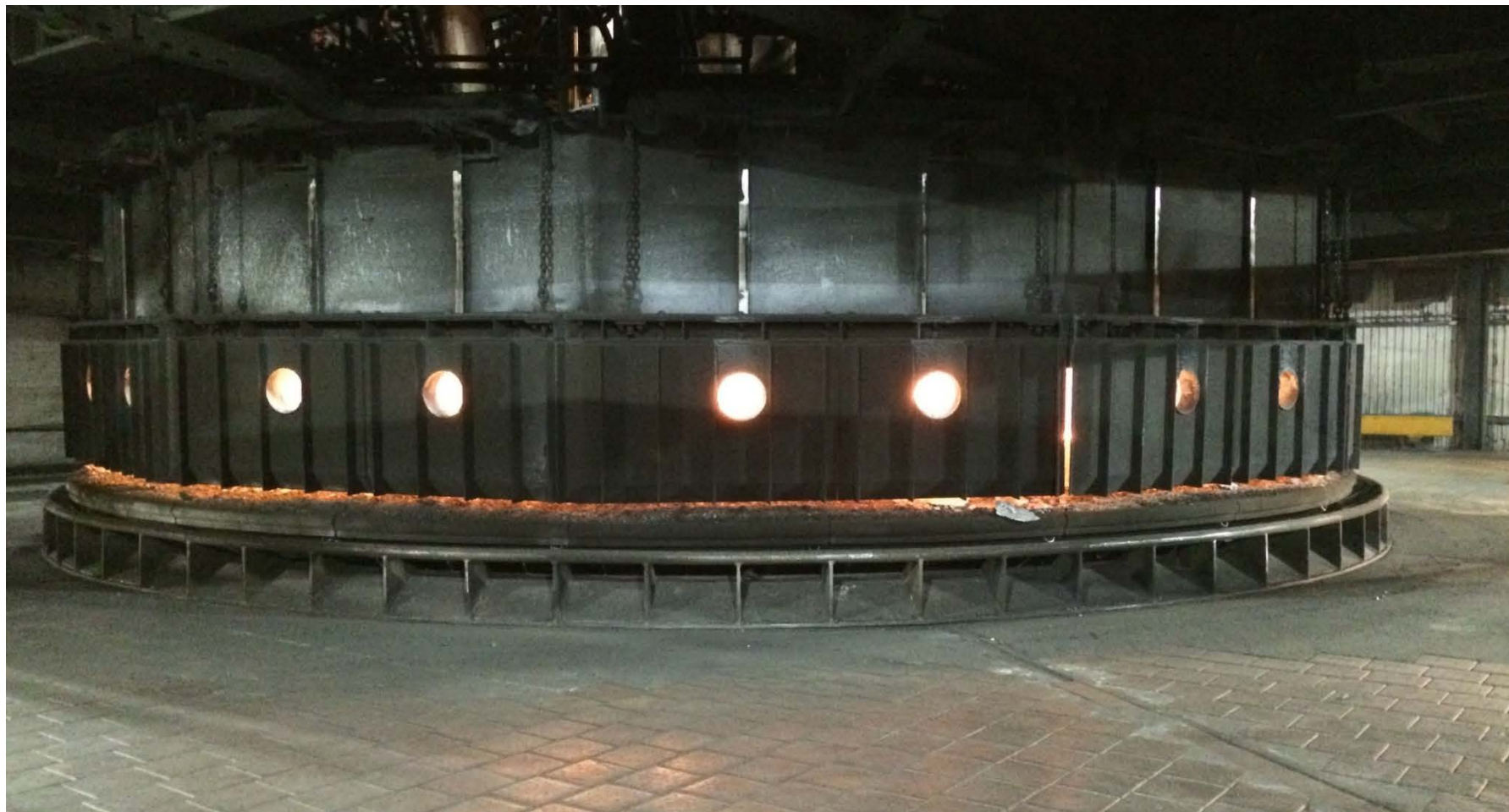


Den største Si ovnen i verden: 45 MW

- ▶ Ovnslette
- ▶ 3 Elektroder
- ▶ Kapasitet på øser: 4 m³, 10 t
- ▶ Brutto vekt: ~3.000 t



Thank you for your attention!



Innlegg

Hans-Einar Lundli
(Trondheim Kommune)

Betydningen av CCS for å nå utslippsmålene i Trondheim Kommune

Marie Bysveen
(SINTEF Energi/FME NCCS)

Karbonhåndtering for økt grønn konkurransekraft i Midt-Norge

Ingrid Sørum Melaen
(Gassnova)

Gassnova som muliggjør for CCS

Jannicke G. Bjerkås
(Fortum Oslo Varme)

Hvordan etablere et CO2-fangstprosjekt – erfaringer fra Fortum Oslo Varme

Emil Yde Aasen
(Northern Lights)

CO2 transport og lagring i prosjektet Northern Lights

Stakraft, Elkem, Norfrakalk,
Wacker

Innlegg fra aktører i Midt-Norge

Marie Bysveen
(SINTEF Energi/FME NCCS)

Oppsummering og veien videre

Oppsummering – veien videre

- Takk til innleggsholdere!
- Prosjektmuligheter i Midt-Norge?
 - Innovasjon i offentlig sektor
 - CLIMIT Demo
 - IPN
 - Enova?
 - Regionale forskningsfond?
- Oppfølgingsmøte: slutten av april?



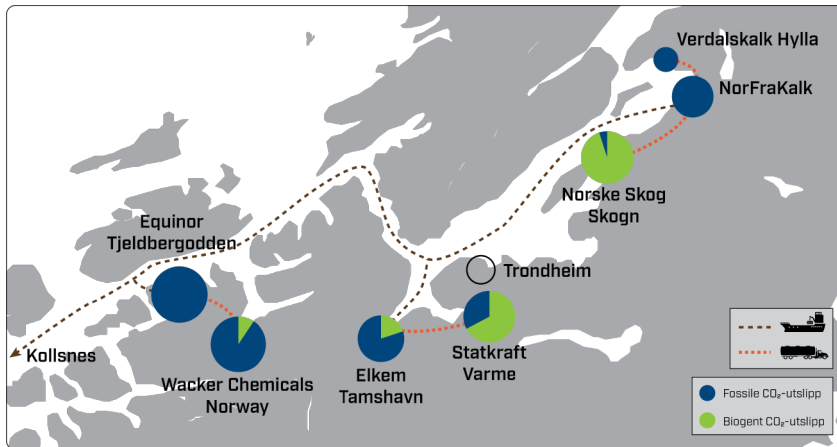
Teknologi for et bedre samfunn

Vedlegg 2:

Skisse for CCS i Midt-Norge klynge

Prosjektskisse: CCS Midt-Norge

- Industriklynge for realisering av CO₂-fangst hos landbasert industri i Midt-Norge - [CLIMIT Demo prosjekt](#)



Potensielle partnere:

SINTEF, Statkraft Varme AS, Elkem, Wacker Chemicals Norway, Norske Skog Skogn, Biokraft AS, NorFraKalk, Verdalskalk, Equinor Tjeldbergodden

Mulig assosierte partnere:

Trondheim kommune, Trøndelag fylkeskommune, Northern Lights

Varighet: 1-2 år

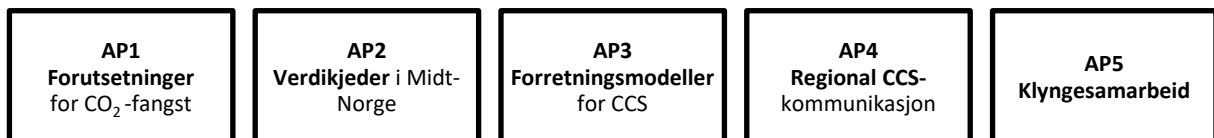
Hovedmål - Muliggjøring av CCS i Midt-Norge

Skape en industriklynge for å forberede og modne utslippsaktører i Midt-Norge for implementasjon av CO₂ fangst, transport og lagring (CCS) gjennom erfaringsutveksling, teknologieuvaluering og kommunikasjon med relevante interessenter.

Deltakelse i klyngesamarbeidet gir flere fordeler:

- Støtte til realisering av planer for CO₂-fangst
- Mulighet for samarbeid om felles verdikjeder og knutepunkt for CO₂-transport
- Medlemskap i et nettverk for samarbeid, diskusjon og erfaringsoverføring rundt implementasjon av CCS
- Samarbeid med Norges ledende miljø innen CCS

Mulig prosjektinnhold:



AP1: Forutsetninger for CO₂ fangst

Evaluering av individuelle tekniske, regulatoriske og øvrige forutsetninger og krav til CO₂-fangst for industrien i klyngen.

AP2: Verdikjeder i Midt-Norge

Tekno-økonomiske undersøkelser av mulige kjeder for transport av CO₂ fra Midt-Norge til Northern Lights mottak utenfor Bergen for lagring på den norske kontinentalsokkelen.

AP3: Forretningsmodeller for CCS

Identifisere mulige industrispesifikke drivere, finansielle rammeverk og markeder for å realisere CCS i regionen, både nasjonalt og internasjonalt (e.g. EU ETS, Innovation Fund, Horizon Europe).

AP4: Regional CCS-kommunikasjon

Kommunisere viktigheten av CCS som et verktøy for å minimere utslipp av klimagasser og potensialet som et klimapositivt tiltak gjennom Bio-CCS.

AP5: Klyngesamarbeid

Etablere et forum for erfaringsutveksling for aktører innad i klyngen, samt med andre klynger for CO₂-håndtering i Norge, som CO₂-Hub Nordland, Eyde-klyngen og Borg CCS.

Hovedleveranse: En plan for implementasjon av CO₂ fangst og transportkjeder med mulige CO₂ hub-er for medlemmene i klyngen, med identifiserte finansieringsalternativer og drivere.