

DELRAPPORT L6

Rapporttittel:	Delrapport L6 Litteraturstudie og sammenstilling av rapporter
Dato:	24.02.2020
Prosjektnummer:	619092
Forfatter(e):	Emil Yde Aasen (Northern Lights), Alexander Furnes (Northern Lights)
ISBN:	<->
ISBN:	<->

« INDUSTRIAL CCS CLUSTER AT ØRA & REGIONALLY »



Foto: FREVAR KF



Zerokonferansen 2019

CCS-klynga på Øra – og regionalt

Mulighetsstudie

Prosjektet er støttet av:



Rapporttittel:

Delrapport L6 Litteraturstudie og sammenstilling av rapporter

Mulighetsstudie CCS-klynga på Øra og regionalt

Forfatter(e):	Emil Yde Aasen (Northern Lights) og Alexander Furnes (Northern Lights),
Prosjektnummer:	619092
Prosjekttittel:	Mulighetsstudie CCS-klynga på Øra og regionalt
Støttet av:	CLIMIT

ISBN:	<->
ISBN:	<->

Emneord:

Karbonfangst
Øra industriområde
Klynge
Forretningsmodeller

Tilgjengelighet

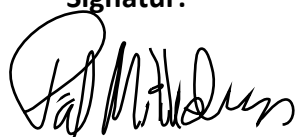
Åpen

Antall sider:

33

Dato: 21.02.2020

Signatur:



Signatur:

Rapporttittel:

Delrapport L6 Litteraturstudie og sammenstilling av rapporter

Mulighetsstudie CCS-klynga på Øra og regionalt

Forfatter(e):	Emil Yde Aasen (Northern Lights) og Alexander Furnes (Northern Lights),
Prosjektnummer:	619092
Prosjekttittel:	Mulighetsstudie CCS-klynga på Øra og regionalt
Støttet av:	CLIMIT

ISBN:	<->
ISBN:	<->

Emneord:

Karbonfangst
Øra industriområde
Klynge
Forretningsmodeller

Tilgjengelighet

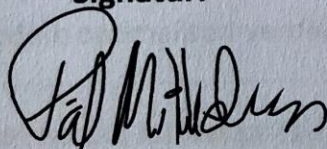
Åpen

Antall sider:

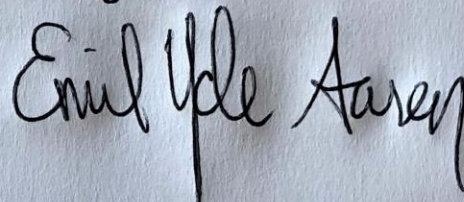
33

Dato: 21.02.2020

Signatur:

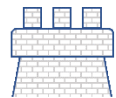


Signatur:



Innhold

Ansvarsfraskrivelse - Disclaimer	4
Sammendrag.....	5
Oppdraget.....	5
Rammer for Leveranse 6 – Oppdeling av verdikjede	6
Aktivitet 1.a: Kartlegge aktuelle leverandører av moduliserte LCO ₂ -anlegg og teknologiske løsninger for LCO ₂ produksjon, mellomlagring og transport.....	7
Moduliserte LCO ₂ anlegg og teknologiske løsninger for LCO ₂ produksjon	7
Lagertanker for CO ₂	8
Design	8
Orientering	9
Sfærisk design.....	9
Sylindrisk design	10
Sylindrisk design – vertikal vs. horisontal.....	10
Markedsundersøkelse	11
Lastearmer/slanger for CO ₂	11
Lasteslanger	11
Lastearmer.....	13
Aktivitet 1.b: Vurdere optimalisert verdikjede for LCO ₂ produksjon, mellomlagring og transport (båt, bil jernbane)	14
Relevans fra det norske fullskalaprojektet for karbonfangst- og lagring	14
LCO ₂ produksjon og mellomlagring	15
Transport.....	16
Gjeldende forskrifter for skipstransport i området.....	19
Northern Lights skipsdesign for Borg CO ₂ CO ₂	21
Alternativer til nåværende Northern Lights skipsdesign.....	22
Vurdering av mulighet A, B og C.....	27
Aktivitet 1.c: Kartlegge og evaluere hvilke kriterier som blir viktige for CCS-klynga på Øra.....	28
Foreløpige funn	29



Referanser	30
Sammendrag på engelsk:	31
Appendix A – Supplier list from Gassnova.....	32
Appendix B – Basic ship info interface	33

Ansvarsfraskrivelse - Disclaimer

[Norsk]

Equinor og Northern Lights partnerskapet har utarbeidet denne rapporten i god tro, men hverken Equinor eller partnerskapet i Northern Lights gir noen garantier, uttrykt eller underforstått, vedrørende korrekthet, nøyaktighet, fullstendighet eller egnethet av informasjonen gitt, og all bruk av denne rapporten og den tilhørende informasjonen er på brukerens eget ansvar og risiko.

Dette dokumentet har til hensikt å underbygge fremtidig diskusjon, og er ikke ment å være bindende for noen av Northern Lights' partnere eller mottakere. Alle vilkår angitt i dette dokumentet kan endre seg som følge av modning av prosjektet og diskusjoner, og enhver avtale mellom partene er underlagt nødvendige interne godkjenning fra alle parter, og signering og gjennomføring av endelige bindende avtaler.

[Engelsk]

Whilst Equinor and the Northern Lights partners have prepared this report in good faith, Equinor or the Northern Lights partners makes no guarantees, whether expressed or implied, regarding the correctness, accuracy, completeness or fitness for any purpose of the information contained herein, and any use of this report and the information contained herein shall be for the users own account and risk.

This document is for discussion purposes and is not intended to be binding on any Northern Lights Partner or the recipient. Any terms as stated in this document may change following project maturation and discussions, and any agreement between the parties is subject to necessary internal approvals of all parties and the signing and execution of final binding agreements.

Sammendrag

Borg CO₂ har tre hoved lokasjoner for fangst av CO₂; Kvitebjørn Bio-El og FREVAR i Fredrikstad, Borregaard i Sarpsborg og Norske Skog Saugbrugs i Halden. Totalt fangbart volum er estimert til ca 500.000 tonn CO₂/år, hvordan 35 % er fossilt og 65 % er biogent. Majoriteten av det fossile CO₂ er knyttet til utslippspunktene i Fredrikstad. Hver av de tre potensielle fangst lokasjonene har flere komponenter som har kan utbytte av læring fra Northern Lights og fullskalaprojektet, og for Northern Lights er de aktuelle komponentene knyttet til lagertanker, lastearmer/slanger og transport. Det er per i dag fire aktuelle havnelokasjoner for Øra-klyngen; Borg Havn IKS, Alvim Havn, Melløs Havn og Sauøya. Av disse er det kun Borg Havn IKS som oppfyller grunnleggende krav for å kunne motta Northern Lights skip. Potensielle leverandører av aktuelle modifiserte skipsløsninger har blitt konsultert, og respondert positivt på muligheten for at lektere og/eller coastere kan knytte de andre havnene til Naturgassparken gjennom en fremtidig verdikjede for CCS i regionen. Gitt ulike forutsetninger for transport og ulike konsentrasjoner av fossil og biogen CO₂ kan en faset utvikling av Borg CO₂ vurderes, men videre vurderinger må komme som følge av logistikk og konseptstudier.

Oppdraget

Leveranse 6 (L6): Kriterier for valg av lev. for teknologi for produksjon og logistikk LCO₂.

- Aktiviteter:**
 - Kartlegge aktuelle leverandører av modulariserte LCO₂-anlegg og teknologiske løsninger for LCO₂ produksjon, mellomagring og transport.
 - Vurdere optimalisert verdikjede for LCO₂ produksjon, mellomagring og transport (båt, bil, jernbane).
 - Kartlegge og evaluere hvilke kriterier som blir viktig for CCS-klynga på Øra, eksempelvis; arealbehov, krav til infrastruktur og mellomagring, standardisering, skalerbarhet, energieffektivitet, miljøpåvirkning, investeringskostnader, drift og vedlikeholdskostnader, sikkerhet.
- Mål:** Utarbeidet kriterier som er klare til bruk for utsending av en RFQ, som grunnlag for valg av leverandør av LCO₂ anlegg om pilotering i en evt. fase-2 av Mulighetsstudiet, - og senere leveranser til halvindustriell skala.
- Leveranse og dokumentasjon:** Rapport som dokumenterer avtalegrunnlag og kriterier ferdig utviklet til å senere kunne sende ut en RFQ, som grunnlag for å inngå avtaler med relevante leverandører av anlegg, eiendomsbesitter (trolig Borg Havn) og avtagere av CO₂ til lagring.
- Suksesskriterier:** Partnerne har kartlagt aktuelle leverandører samt bidratt til leverandørutvikling og økt interesse i markedet. Det er utviklet en optimalisert verdikjede på konseptnivå med tilhørende indikative kostnader. Ansvarsfraskrivelse

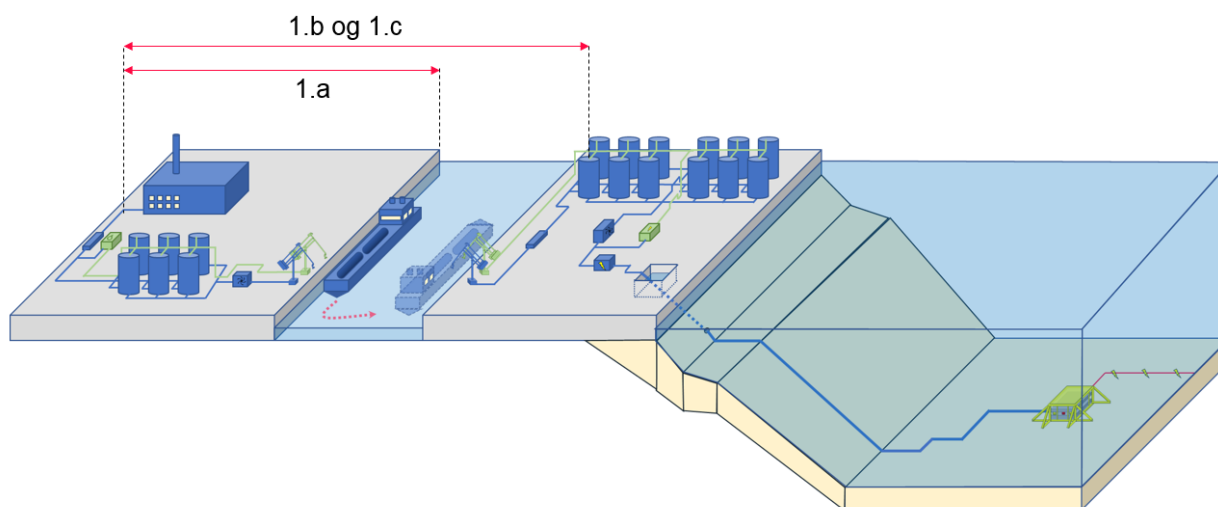
Rammer for Leveranse 6 – Oppdeling av verdikjede

Med referanse til aktivitetene definert i Oppdraget er det fordelaktig å definere hvor grensesnittet for de ulike underleveransene går. For aktivitet 1.a «Kartlegge aktuelle leverandører av moduliserte LCO₂-anlegg og teknologiske løsninger LCO₂ produksjon, mellomlagring og transport» vil det aktuelle omfanget være avgrenset av grensesnittet nedstrøms fangstmodulen/anlegget til den spesifikke CO₂-kilden, og oppstrøms avlastningen til skip. Dette innebærer at aktuelle prosesskomponenter vil være måling og kvalitetskontroll av gassen, kompresjon og kondisjonering, flytendegjøring, mellomlagring og lastesystem som inkluderer pumper og lastearmer til skip.

For aktivitet 1.b «Vurdere optimalisert verdikjede for LCO₂ produksjon, mellomlagring og transport (båt, bil, jernbane)» vil omfanget inkludere mulige logistikk-løsninger som knytter sammen de tre lokasjonene med konsentrerte CO₂-volumer i Borg CO₂ (Øra-klynga, Borregaard og Norske Skog Saugbrugs), og muliggjør lastning av LCO₂ til Northern Lights' skip. Omfanget inkluderer også å gjøre en generell vurdering av den enkelte løsnings gjennomførbarhet, med grunnlag i teknisk kompleksitet og kostnad. Ettersom Borg CO₂ består av tre hoved lokasjoner vil deler av evalueringen inkludere komponenter fra Aktivitet 1.a, og foreslå flere aktuelle lokasjoner for ett eller flere anlegg for prosessering og flytendegjøring av CO₂.

Aktivitet 1.c «Kartlegge og evaluere hvilke kriterier som blir viktig for CCS-klynga på Øra, eksempelvis; arealbehov, krav til infrastruktur og mellomlagring, standardisering, skalerbarhet, energieffektivitet, miljøpåvirkning, investeringskostnader, drift og vedlikeholdskostnader, sikkerhet» vil være en sammenfattet vurdering av de to øvre aktivitetene.

Omfanget for aktivitetene 1 a, b og c er illustrert i Figur 1. Figuren illustrerer verdikjeden for en aktør fra fangst til lagring, og som følge av logistikkstudier kan verdikjeden for Borg CO₂ potensielt bli forskjellig for hver av de tre utslippspunktene på Øra-klynga, Borregaard og Norske Skog Saugbrugs.



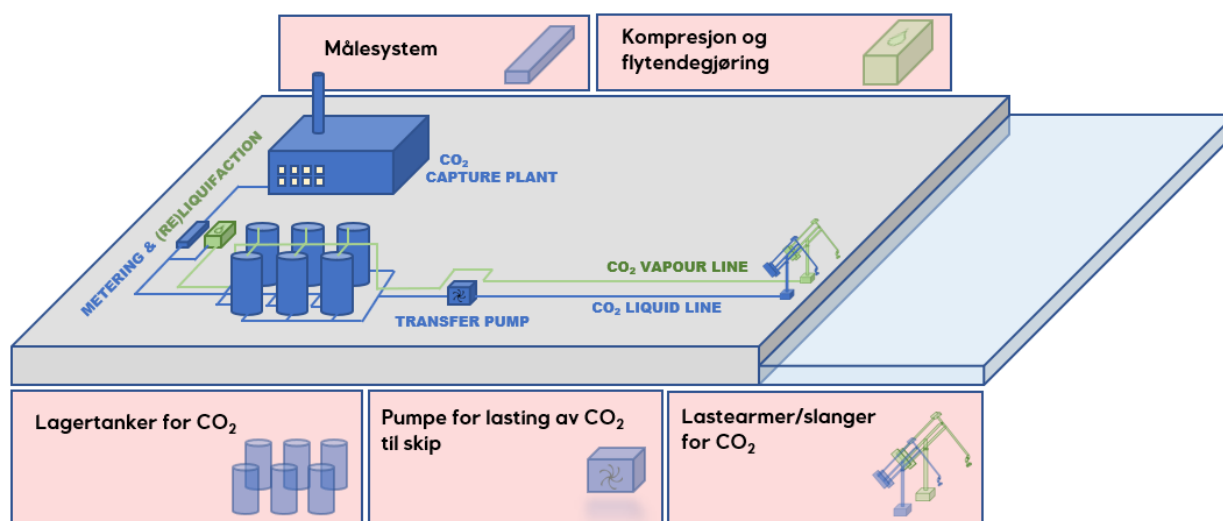
Figur 1 – Illustrasjon av omfang for aktivitetene i Leveranse 6.

Aktivitet 1.a: Kartlegge aktuelle leverandører av moduliserede LCO₂ - anlegg og teknologiske løsninger for LCO₂ produksjon, mellomlagring og transport

Moduliserede LCO₂ anlegg og teknologiske løsninger for LCO₂ produksjon

Med bakgrunn i sin konsept- og FEED studie har Northern Lights sett nærmere på hvilke komponenter som er overførbare til mulighetsstudiet på Borg CO₂. Komponentene for en generell fangstaktør som ønsker å knytte seg til Northern Lights er illustrert i Figur 2. Disse er:

- Målesystem
- Kompresjon og flytendegjøring
- Lagertanker for LCO₂
- Pumpe for lasting av LCO₂ til skip
- Lastearmer/slanger for LCO₂



Figur 2 – Komponenter i Aktivitet 1.a

I tillegg til dette, og avhengig av hvordan de ulike utslippspunktene i Borg CO₂ knyttes sammen, vil det være behov for en ytterligere komponent knyttet til rørledningsinfrastruktur. Komponentene med overførbare relevans fra Northern Lights er lagertanker, lastearmer og lasteslanger. For gjenstående komponenter har Gassnova, ved Audun Røsjorde, blitt konsultert for innspill, hvilket har resultert i Tabell 1. Se Appendix A for mer informasjon. Gassnova og Northern Lights kan ikke uttale seg om hvilken kapasitet og evne disse aktørene har i forhold til en eventuell leveranse. Borg CO₂ AS oppfordres til selv å kartlegge andre potensielle leverandører som kan supplere listen under, Tabell 1.

Leverandør	Kommentar
Linde	Listede referanser er kjent for Gassnova
Baker Hughes Company (prev. BHGE)	Listede referanser er kjent for Gassnova
Pentair Haffmans	Leverandør av utstyr for flytendegjøring ifølge egen nettside
Universal Industrial Gases	Leverandør av utstyr for flytendegjøring ifølge egen nettside
Cosmo Engineering Co.	Leverandør av utstyr for flytendegjøring ifølge egen nettside
MOS Techno Engineers	Leverandør av utstyr for flytendegjøring ifølge egen nettside
Air Liquide	Potensiell leverandør, bred portefølje knyttet til tekniske løsninger for kryogenisk prosesser
MAN	Listet i internasjonale publikasjoner som leverandør av kompresjonsutstyr for CO ₂ CO ₂
Dresser Rand	Listet i internasjonale publikasjoner som leverandør av kompresjonsutstyr for CO ₂ CO ₂

Tabell 1 – Potensielle leverandører for moduliserede LCO₂ anlegg og teknologiske løsninger for LCO₂CO₂CO₂ produksjon. Kilde: Gassnova v/Audun Røsjorde, se Appendix A

Det henvises også til «*Good plant design and operation for onshore carbon capture installations and onshore pipelines*» som relevant støttedokument. Se referanser.

Lagertanker for CO₂

Totalt lagertankvolum bør bestemmes i samsvar med en logistikkvurdering som hensyntar frekvens og kapasitet av skip som henter CO₂ ved anlegget. Videre bør det gjøres en vurdering av følgende parametere opp mot fangstanlegget og lokasjonen:

- Designkoder og standardisering
- Orientering
- Størrelse per tank og totalt anleggsvolum

Design

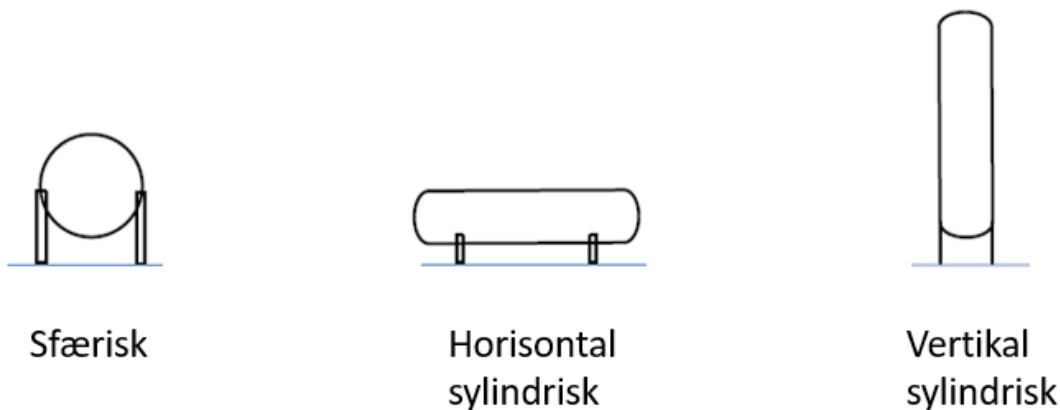
Northern Lights-prosjektet har basert sin design på et såkalt mellomtrykk som er det som benyttes av eksisterende CO₂-leverandører inn mot matvareindustrien. Dette gir følgende designtrykk- og temperatur for tankene hos Northern Lights:

- Designtrykk: 2180 kPa (g) ved 50 °C
- Designtemperatur: -46 °C ved 2180 kPa (g)

Dette muliggjør bruk av såkalt lavtemperatur karbonstål (*low temperature carbon steel*) som har en positiv innvirkning på kostnaden sammenlignet med rustfrie stålqualiteter (*stainless steel*), samtidig krever dette god kontroll på CO₂-strømmen for å unngå forurensinger, f.eks. vanninnhold, som kan føre til korrosjon i lagertankene. Ved valg av material bør materialingeniør konsulteres sammen med mekanisk disiplin for å sørge for at nødvendige risikovurderinger er utført og hensyntatt.

Orientering

I Northern Lights-prosjektet ble det gjort en vurdering av tre ulike typer tankutforminger; sfæriske tanker, horisontale sylindriske tanker, samt vertikale sylindriske tanker:



Figur 3 – Lagertankutforming

Utforming av lagertanken bør gjøres som del av en helhetlig vurdering som hensyntar ønsket volum, lokasjon, tilgjengelig areal, reguleringsplan, tilkomst, installasjonsplanlegging og kostnad for å nevne noen aspekter. I denne rapporten er det listet vurderte fordeler og ulemper ved de ulike konfigurasjonene over.

Sfærisk design

Fordeler:

- Høy kapasitet, fra 400m³ til 10 000m³ (øvre grense gjelder i hovedsak for produkter i gassfase, men øvre grense for gass i væskefase vil også være høyere enn ved sylindrisk design)
- Mindre arealkrevende enn horisontale sylindriske tanker
- Kan supporteres på vertikale pæler som kan utformes med hensyn på Nødvendig Positiv Sugehøyde (NPSH) for overføringspumper
- Færre tanker for å oppnå samme volum sammenlignet med sylindriske tanker

Begrensinger:

- Avhengig av størrelse kan tankene måtte sammenstilles ved anlegget som fører til økt antall timer anleggsarbeid, samt et mindre forutsigbart / mer utsatt miljø for sveising og sammensetting
- Få antall leverandører med erfaring fra leveranser av CO₂-tanker av denne typen (*basert på markedsinformasjon innhentet av Northern Lights-prosjektet*)
- Variabel fordampingsrate i tanken proporsjonalt med væsknivå i tanken

Sylindrisk design

Fordeler:

- Standard fabrikkprodukt med høyere antall tilgjengelige leverandører (*basert på markedsinformasjon innhentet av Northern Lights-prosjektet*)
- Minimerer arbeid ved anlegget da tankene kan pre-fabrikeres hos leverandør og fraktes ferdige til anlegget for installasjon
- Flere leverandører har referanser på leverte CO₂-tanker av denne typen (dog noe begrenset ved tankvolum over 500m³)
- Kan leveres med standard isolasjon, samt vakuumisolasjon (tank-i-tank)
- Åpner for standardisering på tvers av fangstanlegg og potensielle innkjøpssynergier

Begrensinger:

- Størrelsesbegrensning; avhengig av diameter kan det være nødvendig med stressavlasting av sveiser (Post-Weld Heat Treatment; PWHT) samt bruk av stål med høy strekkfasthet som kan være kostnadsdrivende
 - Størrelsen kan ofte også være begrenset av leverandørkapasitet, f.eks. krankapasitet, størrelse på verksted, tilgjengelighet av ovn for stressavlasting osv.
- Et høyere antall tanker kreves for å oppnå samme totalvolum sammenlignet med sfæriske tanker

Sylindrisk design – vertikal vs. horisontal

	Vertikal		Horisontal	
	Fordel	Ulempe	Fordel	Ulempe
Vekt	Da fabrikkproduktet er relativt lik for vertikal og horisontal virker ikke orienteringen til å ha noen særlig påvirkning på vekten av lagertanken(e)			
Kostnad	Da fabrikkproduktet er relativt lik for vertikal og horisontal virker ikke orienteringen til å ha noen særlig påvirkning på kostnaden av lagertanken(e)			
Størrelse	Vertikale tanker kan potensielt ha et høyere settpunkt for gass/væskesnittet og dermed en bedre volumutnyttelse	-	-	Lavere settpunkt for gass/væskesnittet
Areal	Betydelig mindre arealkrevende enn horisontale tanker	-	-	Krever større tilgjengelig areal
Drift og vedlikehold	Høyere NPSH tilgjengelig for pumper nedstrøms lagertankene	Større trykkforskjell mellom topp og bunn av tank grunnet hydrostatisk trykk	Enklere tilkomst for kontroll og vedlikehold av sikkerhetsventiler og utstyr på tanken	Mindre NPSH tilgjengelig for pumper nedstrøms lagertankene
Sikkerhet	Ved ventilerings av CO ₂ , eller om sikkerhetsventiler løfter, har vertikale tanker bedre dispersjon av CO ₂ grunnet høyden	Arbeid i høyden (kreves også for horisontale, men i mindre grad)	-	Ved lokal ventilerings av CO ₂ , eller om sikkerhetsventiler løfter, har horisontale tanker dårligere dispersjon av CO ₂ lavere høyde

Markedsundersøkelse

I forbindelse med konsept- og FEED-studier har Northern Lights-prosjektet kartlagt potensielle leverandører for levering av lagertanker. Listen under er kun en oversikt over leverandører identifisert av Northern Lights-prosjektet og er på ingen måte en endelig liste over potensielle leverandører for lagertanker for flytende CO₂. Borg CO₂ AS oppfordres til selv å kartlegge andre potensielle leverandører som kan supplere Tabell 2.

Leverandør	Land	Webside
Mangiarotti	Italia	https://mangiarotti.it/
Walter Tosto	Italia	https://www.waltertosto.it/
Idesa	Spain	https://www.idesa.net/
Worthington Industry	USA / Tyrkia	https://worthingtonindustries.com/
Entrepose	Frankrike	https://www.entrepose.com/
Brembana & Rolle spA	Italia	https://www.brembanarolle.com
Belleli Energy CPE Italy	Italia	https://www.belleli.it/
Verolme	Nederland	https://www.verolme.com/
Geldof (Engicon nv)	Belgia	https://www.geldof.be/
Ilsung Hisco	Sør-Korea	https://www.ilsung.com/

Tabell 2: Potensielle leverandører av lagertanker

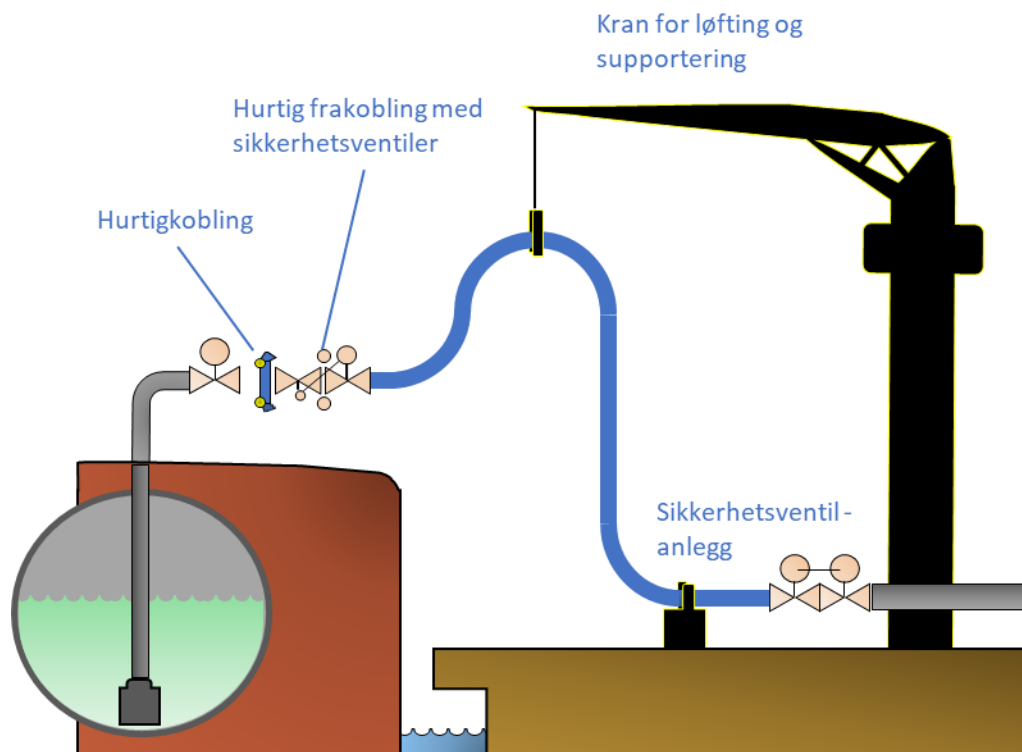
Lastearmer/slanger for CO₂

For overføring mellom anlegg og skip kan det benyttes fleksible lasteslanger, mekaniske lastearmer, eller en kombinasjon av de to. Begge metodene har sine fordeler og ulemper og det er ofte overføringsvolum som blir bestemmende faktor for hvilken løsning man velger. I dette kapittelet er det gitt en overordnet beskrivelse av begge systemene. For videre veiledning anbefales SIGTTOs *Liquefied Gas Handling Principles on Ships and in Terminals, (LGHP4) 4th Edition* (<https://www.sigtto.org/publications/liquefied-gas-handling-principles-on-ships-and-in-terminals-lghp4-4th-edition/>).

Lasteslanger

Alle lasteslanger bør spesifiseres og kjøpes for det spesifikke mediet de skal benyttes til og designes etter tilsvarende standard. Per i dag er det ingen spesifikk standard for overføring av flytende CO₂, men eksempelvis kan standarder for overføring av flytende naturgass konsulteres, som *NS-EN 1474-2:2008 Installasjon og utstyr for flytende naturgass – Konstruksjon og prøving av marine overføringssystemer – Del 2: Konstruksjon og prøving av overføringslanger*.

Ved større rater øker størrelse og vekt på lasteslangen noe som kan føre til økt utstyrbehov ved håndtering. Leverandøren vil også spesifisere minimum tillatt bøyeradius av lasteslangen som kan sikres f.eks. ved hjelp av lastebøylere. Basert på rater og risikovurdering ved håndtering og lossing kan det også være ønskelig og/eller nødvendig med ekstrautstyr som hurtigkobling for flens (Quick Connect/Disconnect, QC/DC) og hurtigfrakobling med sikkerhetsventiler (Emergency Release Coupling, ERC). Disse ulike komponentene er illustrert under.



Figur 4 - Illustrasjon av lasteslangekonfigurering og støtteutstyr.

Et eksempel på teknisk data av en slange produsert for CO₂-overføring, hentet fra leverandøren *United Flexible* er gjengitt under.

TECHNICAL DATA: TYPE SSN940									
Inside Diameter		Working Pressure		Min. Bend Radius		Approx Weight		Maximum Length	
Inches	mm	PSI	Bar	Inches	mm	lb/ft	kg/m	Feet	Meters
1	25	350	25	6.0	150	0.6	0.9	100	30
1½	40	350	25	7.0	175	1.1	1.6	100	30
2	50	350	25	8.0	200	1.6	2.4	100	30
3	80	350	25	10.0	250	3.0	4.5	100	30
4	100	350	25	20.0	500	5.0	7.5	100	30
6	150	350	25	26.0	650	9.3	14.0	65	20
8	200	350	25	36.0	900	12.5	18.8	65	20
10	250	200	14	59	1500	15.1	22.3	50	15

Tabell 1 - Utsnitt av produktblad for 'Cryoflex 50 Hose Type SSN940' fra leverandøren *United Flexible*. Hentet 11.02.2020 fra: <https://unitedflexible.com/wp-content/uploads/2014/08/United-Flexible-Composite-Hose-Catalog.pdf>

Markedsinformasjon

Da Northern Lights-prosjektet ikke benytter lasteslanger i designet for landanlegget er markedsoversikten noe begrenset, men følgende leverandører kan kontaktes for mer informasjon rundt lasteslanger for flytende CO₂ (tabell 4)

Leverandør	Land	Webseite
United Flexible	USA / Nederland	https://unitedflexible.com/
Gutteling Composite Hoses	Nederland	https://www.gutteling.com/

Tabell 4: Potensielle leverandører av lasteslanger

Lastearmer

En mekanisk lastearm består av rigide prosessrør som er koblet sammen med dreieledd for å ta opp bevegelse og moment mellom skip og landanlegg. En motvekt er ofte inkludert for å redusere belastningen på manifoldtilkoblingen på skipet, samt redusere kraftbehovet for å manøvrere armen. En lastearm vil ha en operasjonskonvolutt som avhenger av design av armen, samt tidevannsvariasjoner og endringer i skipets fribord i løpet av laste/losse-operasjonen. Lastearmer trenger ofte tilleggssystemer som for eksempel et hydraulikksystem for å operere selve lastearmen.

Et eksempel på en lastearm fra leverandøren *Kanon Loading Equipment* er vist under.



Figur 5 - Lastearm av typen MLA 260: Double Inboard fra Kanon. Hentet 11.02.2020 fra: <https://kanon.nl/marine-loading-arms/>

Tilkobling mellom lastearm og skip gjøres enten ved å bolte flensen eller ved å benytte seg av en hurtigkobling (*Quick Connect / Quick Disconnect, QCDC*). I nyere tid har det også blitt vanlig å inkludere en hurtigfrakobling som slår inn i tilfelle armen beveger seg utenfor operasjonskonvolutt til lastearmen. Denne koblingen vil oftest være tilkoblet prosesssystemet ved anlegget slik at laste-/losseoperasjonen kan stoppes og stenge ned i forkant av at frakoblingen aktiveres.

For en mer detaljert veiledning av design og bygging av marine lastearmer anbefales «*Design and Construction Specification for Marine Loading Arms, Fourth Edition 2019*» fra *Oil Companies International Marine Forum (OCIMF)* tilgjengelig på: <https://www.ocimf.org/publications/books/design-and-construction-specification-for-marine-loading-arms>

Markedsinformasjon

I forbindelse med konsept- og FEED-studier har Northern Lights-prosjektet kartlagt potensielle leverandører for levering av marine lastearmer. Listen under er kun en oversikt over

leverandører identifisert av Northern Lights-prosjektet og er på ingen måte en endelig liste over potensielle leverandører for lagertanker for flytende CO₂. Borg CO₂ AS oppfordres til selv å kartlegge andre potensielle leverandører som kan supplere listen under:

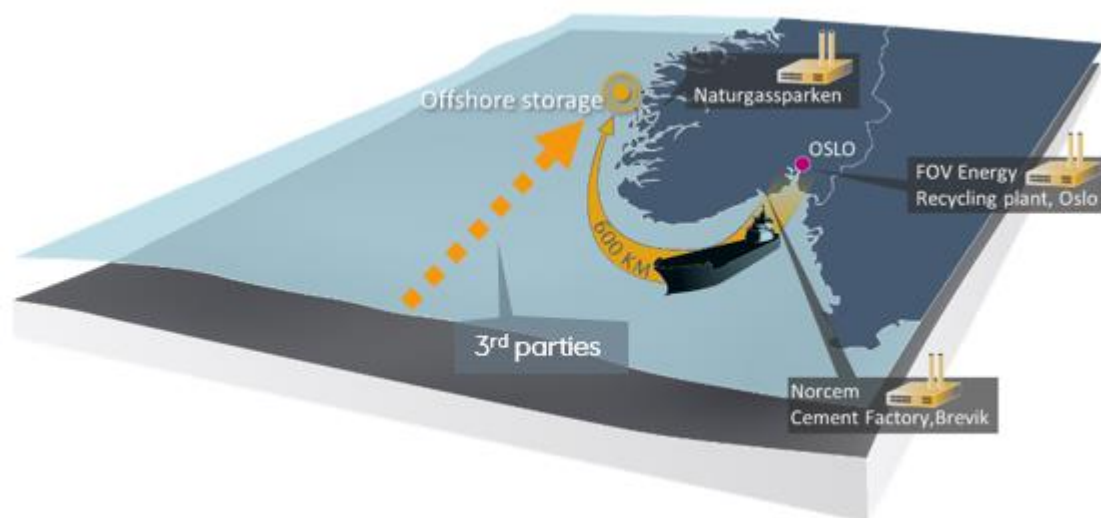
Leverandør	Land	Webside
Kanon Loading Equipment	Nederland	https://kanon.nl/
TechnipFMC Loading Systems	Frankrike	https://technipfmc.com
JLA Loading Technology	Nederland	http://www.jla-loadingarms.com/
SVT	Tyskland	https://www.svt-gmbh.com/en/

Tabell 5: Potensielle leverandører av marine lastearmer

Aktivitet 1.b: Vurdere optimalisert verdikjede for LCO₂ produksjon, mellomlagring og transport (båt, bil jernbane)

Relevans fra det norske fullskalaprojektet for karbonfangst- og lagring

Fullskalaprojektet for karbonfangst- og lagring (CCS) i Norge involverer fangst av CO₂ ved to industrielle kilder på Norges østkyst, Fortum Oslo Varme og Norcem Sement, som begge er ansvarlige for fangst, prosessering og tilhørende infrastruktur for lasting av CO₂ på skip for videre transport. Transport via skip er levert av Northern Lights, som tar ansvar for CO₂ nedstrøms lossesystemet til fangstaktøren (lastearmer eller slange for CO₂) og frakter denne til Naturgassparken på Norges vestkyst for injeksjon og permanent lagring i undergrunnen på norsk kontinentalsokkel.



Figur 6 – Illustrasjon av det norske fullskala prosjektet for karbonfangst- og lagring.

I arbeidet med å knytte seg til potensielle leverandører av industrielle CO₂ volumer utover de to aktørene i det norske fullskalaprojektet, også kalt tredjepartskunder, er Northern Lights' *modus operandi* å basere seg på samme oppdelingen av verdikjeden som i det norske fullskalaprojektet, hvilket vil si at Northern Lights leverer alt omfang nedstrøms lossesystemet til den aktuelle fangstaktøren. For enkeltkilder som Fortum Oslo Varme og Norcem Sement vil dette omfanget være relativt overførbart, mens for klynger som Borg CO₂ vil en optimalisert verdikjede avhenge av ulike logistikkkomponenter som;

- Antall utslippskilder
- Avstand mellom de ulike utslippskildene
- Fangbart volum av CO₂ ved hver utslippskilde
- Aktuelle transport alternativer for CO₂ og deres tilhørende begrensninger. Aktuelle alternativer for Borg CO₂ er; Skip, tog, lastebil og rørledning.
- Kostnad for hver transport alternativ, og mulighet for skalering.
- Transportbetingelser for fanget CO₂.

Transportbetingelser for CO₂ er en optimalisering av oppstrøms kompressor, materialkostnader (hvor lavt trykk gir større diameter, men lavere veggtykkelse), og sikkerhet. Materialkvaliteten er styrt av prosessbetingelsene, hvor den viktigste av disse er sammensetning (som er gitt av fangstkildene oppstrøms kondensering). De prosess tekniske betraktningene er derfor ikke endimensjonale, og en optimalisert løsning må konsulteres med aktuelle leverandører av prosessutstyr for flytende CO₂ og lagring. Et utdrag aktuelle leverandører er presentert i avsnittet «LCO₂ produksjon og mellomlagring». De øvrige logistikkkomponentene som ligger til grunn for transport i en optimalisert verdikjede vil bli adressert i «Transport».

LCO₂ produksjon og mellomlagring

Aktuelle leverandører for LCO₂ produksjon og mellomlagring er adressert i Aktivitet 1.a, Tabell 1. For utarbeidelse av optimalisert logistikk er Northern Lights' anbefaling at det gjennomføres en logistikkstudie med grunnlag i komponentene i Aktivitet 1.a. Et utsnitt av aktuelle leverandører av slike studier er nevnt under, men Borg CO₂ AS oppfordres til selv til å kartlegge andre potensielle leverandører som kan supplere listen:

Leverandør av logistikkstudier	Mer informasjon
Cirrus Logistics	https://cirruslogistics.com/solutions/port-or-terminal-performance/
Camelot Management Consultants	https://www.camelot-mc.com/en/client-services/supply-chain-management/
Roland Berger	https://www.rolandberger.com/en/Expertise/Industries/Transportation/
Bis Henderson Consulting	https://www.bis-hendersonconsulting.com/
Davies&Robson	https://www.daviesrobson.co.uk/

Tabell 6: Potensielle leverandører av logistikkstudier

For denne mulighetsstudien har Northern Lights vurdert hvilke logistikkomponenter det finnes for transport for Borg CO₂. Disse vil være inputparametere i en eventuell logistikkstudie.

Transport

I utarbeidelsen av de ulike mulighetene for en optimalisert verdikjede for Borg CO₂ har det vært sentralt å få en forståelse av logistikkomponentene som er aktuelle for å knytte sammen utslippspunktene i den regionale klyngen. Fokuset har vært å se undersøke mulighetene for felles eller individuelle avlastningspunkter for CO₂, for videre transport og lagring til Northern Lights. Borg CO₂ består per i dag, 14.februar 2020, av totalt tre hoved lokasjoner for CO₂-fangst; Øra Klynga i Fredrikstad, Borregaard AS i Sarpsborg og Norske Skog Saugbrugs i Halden. Volumkonsentrasjonen av CO₂ for hver av disse er følgende:

1. Øra Klynga – Fredrikstad

Utslippspunkter i Øra klynga:

- Kvitebjørn Bio-El - biogent og fossilt CO₂
- FREVAR - biogent og fossilt CO₂

Totalvolum CO₂: 152.000 tonn per år (2019)

2. Borregaard AS – Sarpsborg

Utslippspunkter:

Borregaard har totalt 6 underliggende utslippspunkter som er aktuelle for fangst av CO₂;

- Biokjel – biogent og fossilt CO₂
- Multibrenselkjel - fossilt CO₂
- Spraytørke 1-3 - biogent og fossilt CO₂
- Lignintørke - fossilt CO₂
- Etanolproduksjon - biogent CO₂
- Energigjenvinningsanlegg - biogent og fossilt CO₂

Totalvolum CO₂: 243.000 tonn per år (2019)

3. Norske Skog Saugbrugs – Halden

Utslippspunkter: Saugbrugs har 1 utslippspunkt som er aktuelt for fangst av CO₂.

Hovedsakelig biogent, med en svært liten fossil andel. Volumet av CO₂ har direkte sammenheng med produksjonsvolumet av papir, hvilket er markedsavhengig. Det er derfor usikkerhet knyttet til fremtidige volumer av CO₂.

Totalvolum CO₂: 130.000 tonn per år (2019)

Totalvolumet for 2019 reflekterer ikke nødvendigvis fremtidig volum av tilgjengelig CO₂, men eventuelle endringer i volum må da adresseres hvis dette blir aktuelt. Etter dialog med Pål Mikkelsen er vurderingen at inntil 200.000 tonn med CO₂ burde regnes som tilgjengelig. Dette volumet vil adresseres i () videre.

Akkumulert totalvolum av CO₂ for de tre hoved lokasjonene er 525.000 tonn per år (2019), som utgjør en kombinasjon av tilnærmet 35 % fossilt og 65 % biogent CO₂. Tatt i betraktning en fangstgrad på inntil 90 % og at fossilt og biogent CO₂ har også ulike økonomiske drivere for potensiell realisering av fangst har tilgjengelig volum av CO₂ for transport blitt antatt å være 70 til 90 % av totalvolumet ved hver hoved lokasjon. Dette gir følgende range:

1. Øra klynga - Fredrikstad: 107.000 - 137.000 tonn CO₂ per år
2. Borregaard AS – Sarpsborg: 170.000 - 218.000 tonn CO₂ per år
3. Norske Skog Saubrugs – Halden: 91.000 - 117.000 (200.000) tonn CO₂ per år

Hver av de tre hoved lokasjonene har ulike forutsetninger mulighet for å koble seg til havnefasiliteter for avlastning av CO₂ til Northern Lights. Basert på informasjon fra havnedirektør i Borg Havn IKS, Tore Lundestad, under workshop gjennomført på Equinors kontorer, Fornebu 14.februar, og informasjon fra nettsiden til Borg Havn IKS, har følgende havnefasiliteter blitt identifisert som aktuelle avlastningspunkter for hver hoved lokasjon;

Avlastningspunkt for Øra Klynga – Fredrikstad:

Borg Havn IKS: Borg Havn IKS er lokalisert på vestsiden av Øra klynga, med både FREVAR og Kvitebjørn Bio-El innenfor en avstand på 0.5 kilometer. Samlet kailengde er 1125 meter, dybden mellom 9.5 og 12 meter, og lagringsområdet er 510.000 m². Dette gjør at havneanlegget kan ta skip på inntil 250 meter, og den operer som en stor, kommersiell havn per i dag.

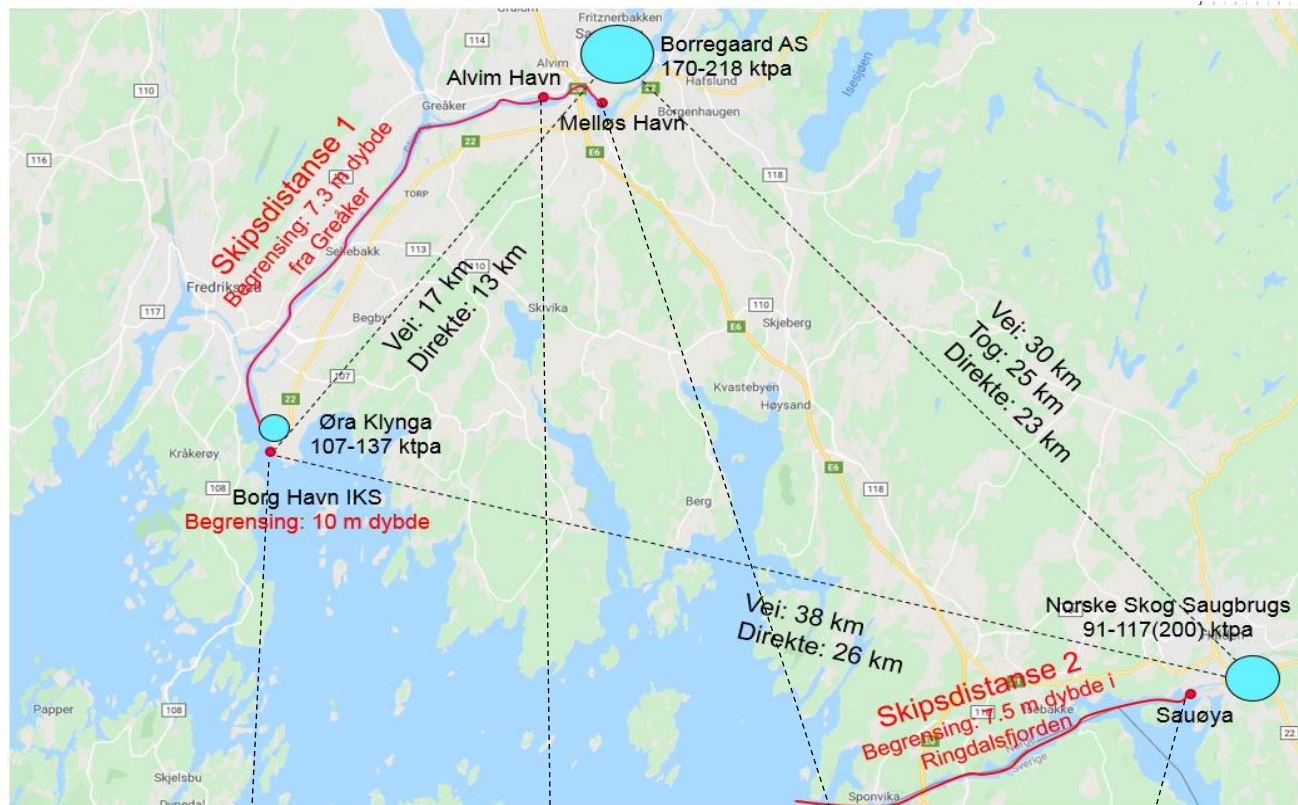
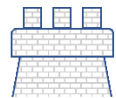
Avlastningspunkt for Borregaard AS





1. Alvim Havn: Alvim havn er lokalisert langs Glomma, på vestsiden av E6, 3.0 km i luftlinje fra Borregaard AS. Samlet kailengde er 500 meter, og lagringsområde er 40.000 m². Fra Greåker er dybden begrenset til 7.4 meter, hvilket derfor begrenser all transport med skip eller leker til Alvim.
2. Melløs Havn: Melløs havn er lokalisert langs Glomma, på østsiden av E6, 1.0 km i luftlinje fra Borregaard AS. Melløs Havn har en maks dybde på 5.5 meter, og er ikke aktuell for skip over 100 meter. Den er derfor kun aktuell for eventuell lekertransport.

Avlastningspunkt for Norske Skog Saugbrugs – Halden:

Sauøya: Sauøya er lokalisert ved utløpet til Tista, ca 1.0 kilometer fra Norske Skog Saugbrugs, og er det nærmeste området som kan være egnet for større skip. Det finnes per i dag arealer og kaier på Sauøya. Potensialet for å etablere et lastepunkt for flytende CO₂ på en av disse må undersøkes nærmere for å bestemme om ytterligere utvidelser trengs. Det er per i dag muligheter for losseanlegg på Clay syd i området, men det må gjennomføres studier av anleggets egnethet for å konkludere videre.

De aktuelle hoved lokasjonene og deres tilhørende avlastningspunkt er illustrert i Figur 7. Aktuelle avstander for veitransport, togtransport og luftlinje er også illustrert.



Borg Havn IKS	Alvim Havn	Melløs Havn	Sauøya
			
Terminal/Lagringområde: 510.000 m ²	Terminal/Lagringsområde: 40.000 m ²	Terminal/Lagring: Ukjent	Det er tilgjengelige arealer og kaier på Sauøya. Det må gjøres videre studier for å bestemme muligheten for etablering av et lastepunkt for flytende CO ₂ på disse. Dybde på selve kaien er ikke en begrensning.
Havneparametere: Samlet kailengde: 1125 meter Dybde: 9.5 – 12 meter Havneanlegget kan ta fartøy med lengde opptil 250 meter, og er utstyrt med 2 stk. Ro-Ro ramper.	Havneparametere: Samlet kailengde: 500 meter Dybde: 7.3 meter - Begrenset av innseiling fra Greåker	Havneparametere: Dybde: 5.5 meter, men er også begrenset av høyde under broen ved E6.	

Figur 7 – Illustrasjon av logistikkomponenter for Borg CO₂CO₂. Hentet 28.01.2020 fra <https://www.google.com/maps>

Gjeldende forskrifter for skipstransport i området

Gjeldene forskrifter har blitt adressert for å evaluere eventuelle begrensinger knyttet til skipstransport.

I følge *Forskrift om sjøtrafikk i bestemte farvann (sjøtrafikkforskriften) § 24*, er bestemmelser for Haldenleia (hovedled 1001) følgende:

A. *Tillatelse til å benytte farvannet*

I tillegg til kravet om alminnelige tillatelse til å benytte farvannet, jf. § 17, gjelder følgende:

Inngående fartøy som skal forbi Sponvikskansen lykt må innhente ny tillatelse fra trafikksentralen i Horten når det passerer en linje rett øst-vest gjennom Kattholmen lykt eller en rett linje trukket gjennom Terneskjæra lykt og Haslauflu grensevarde.

B. *Kapasitetsbegrensninger. Særskilte begrensninger i mørke*

I dagslys skal farvannet innenfor Sponvikskansen lykt ikke benyttes av fartøy som overskrider et av følgende mål: Lengde 160 meter, bredde 20 meter, dyptgående 7,3 meter, høyde 55 meter. I mørke er største tillatte mål: Lengde 125 meter, bredde 18 meter, dyptgående 6,5 meter, høyde 55 meter.

C. *Nærsituasjoner. Møte- og passeringsforbud*

- 1. Fartøyer som kan komme til å møte eller passere hverandre i farvannet innenfor Sponvikskansen lykt skal avtale dette slik som bestemt i § 6.*
- 2. I farvannet mellom Sponvikskansen lykt og Kråkenebbet lykt, og i sundet ved Knivsøyholmene, skal fartøyer ikke møte eller passere hverandre.*
- 3. I samme farvann som nevnt i nr. 2 skal et fartøy som seiler i samme retning som et annet fartøy, og som ligger aktenfor dette, holde en avstand til fartøyet foran på minst 1/2 nautisk mil.*

D. *Siktbegrensninger*

Når sikten er under 1/2 nautisk mil, skal farvannet innenfor Sponvikskansen lykt ikke benyttes hvis:

- fartøyet er i kategori 1 (fartøy med flytende særlig farlig og/eller forurensende last i bulk), eller*
- fartøyet er i kategori 2 (fartøy med flytende farlig og/eller forurensende last i bulk) og har enkelt bunn, eller*
- fartøyet overskrider et av følgende mål: Lengde 80 meter, bredde 15 meter, dyptgående 5 meter.*

I følge *Forskrift om sjøtrafikk i bestemte farvann (sjøtrafikkforskriften) § 25*, er bestemmelser for Løperen, Østerelva og Glomma til Fredrikstad og Sarpsborg (hovedled 1002) følgende:

A. *Tillatelse til å benytte farvannet*

I tillegg til kravet om alminnelig tillatelse til å benytte farvannet, jf. § 17, gjelder følgende: Et inngående fartøy som skal benytte Løperen må innhente ny tillatelse fra trafikksentralen i Horten når det passerer rette linjer trukket fra Asmalsund lykt via Tresteinene lykt og Alne varde til Homlungen fyr.

B. *Kapasitetsbegrensninger*

- 1. Ved fastsettingen av fartøyets dyptgående skal følgende legges til grunn: Mellom Flyndregrunnen lykt (bunnfast installasjon mellom Rognholmen og Nøteskjæret) og den*

nordre enden på kaia ved De-No-Fa skal det regnes med en salinitet på 1,010. Ovenfor den nordre enden på kaia ved De-No-Fa skal det regnes med ferskvann.

2. Farvannet på strekningen mellom Vidgrunnen lykt og Flyndregrunnen lykt (bunnfast installasjon mellom Rognholmen og Nøteskjæret) skal ikke benyttes av fartøy med større dyptgående enn 10,5 meter. 15
 3. For farvannet på strekningen mellom Flyndregrunnen lykt (bunnfast installasjon mellom Rognholmen og Nøteskjæret) og Berggrenodden ved Alvim fastsettes største tillatte dyptgående av Kystverket.
 4. Farvannet på strekningen mellom den nordre enden på kaia ved De-No-Fa og Berggrenodden ved Alvim, skal ikke benyttes av fartøy som overskrider et av følgende mål: Lengde 150 meter, høyde 39 meter.
 5. Farvannet ovenfor Berggrenodden skal ikke benyttes av fartøy som overskrider et av følgende mål: Lengde 100 meter, dyptgående 5,65 meter, høyde 29 meter. Begrensningen i dyptgående gjelder når vannstanden er 0 eller høyere. Når vannstanden er under 0 gjelder følgende begrensning: 5,65 meter minus det antall centimeter som vannstanden er under 0. Begrensningen i høyde gjelder når vannstanden er 0 eller lavere. Når vannstanden er over 0, gjelder følgende begrensning: 29 meter minus det antall centimeter som vannstanden er over 0. Med 0 vannstand menes vannstand ved 0-merket ved Borg havnevesens vannstandsmåler i Sandesund.
- C. Nærsituasjoner. Møter og passeringer. Siktbegrensninger ved møter/passeringer
1. I farvannet innenfor en rett linje trukket fra sydpunten av Vikertangen via Vidgrunnen lykt til Rødshuet skal fartøyer bare møte og passere hverandre på følgende strekninger: - Strekningen Kvernskjærgrunnen lykt - Lubbegrunnen lykt - Ved Løperungen når fartøyene seiler på hver sin side av denne - Ved Vestre Fugleskjærgrunnen når fartøyene seiler på hver sin side av denne - Strekningen Vestre Fugleskjærgrunnen lykt - Belgen - Ved Ørakaia - De rette strekningene i Glomma ovenfor Fredrikstad bro.
 2. I de tilfeller der fartøyer ikke skal møte eller passere hverandre, skal et fartøy som seiler i samme retning som et annet fartøy, og som ligger aktenfor dette, holde en avstand til fartøyet foran på minst 1/2 nautisk mil.
 3. I de tilfeller nevnt i nr. 1 der fartøyer lovlig kan møte eller passere hverandre skal dette avtales slik som bestemt i § 6.
- D. Siktbegrensninger
1. Når sikten er under 1 nautisk mil skal farvannet på strekningen mellom Vidgrunnen lykt og den nordre enden på kaia ved De-No-Fa ikke benyttes hvis: - Fartøyet er i kategori 1 (fartøy med flytende særlig farlig og/eller forurensende last i bulk), eller - fartøyet er i kategori 2 (fartøy med flytende farlig og/eller forurensende last i bulk) 16 og har enkelt bunn, eller - fartøyet er i kategori 2, har dobbelt bunn og er lengre enn 90 meter, eller - fartøyet er lengre enn 125 meter eller har større dyptgående enn 7 meter.
 2. Når sikten er under 1/2 nautisk mil skal farvannet på strekningen mellom den nordre enden på kaia ved De-No-Fa og Berggrenodden ikke benyttes hvis: - Fartøyet er i kategori 1, eller - fartøyet er i kategori 2 og har enkelt bunn, eller - fartøyet er lengre enn 80 meter.
 3. Når sikten er under 1/2 nautisk mil skal farvannet ovenfor Berggrenodden ikke benyttes.
- E. Krav om dagslys

1. I farvannet på strekningen mellom Vidgrunnen lykt og den nordre enden på kaia ved De-No-Fa skal hele seilassen foregå i dagslys hvis fartøyet er lengre enn 165 meter eller har et større dyptgående enn 9 meter.
 2. I farvannet på strekningen mellom den nordre enden på kaia ved De-No-Fa og Berggrenodden skal hele seilassen foregå i dagslys hvis: - Fartøyet er i kategori 1 (fartøy med flytende særlig farlig og/eller forurensende last i bulk), eller - fartøyet er i kategori 2 (fartøy med flytende farlig og/eller forurensende last i bulk) og har enkelt bunn, eller - fartøyet er i kategori 2, har dobbelt bunn og er lengre enn 90 meter, eller - fartøyet er mer enn 135 meter langt eller har et dyptgående på mer enn 7 meter.
 3. I farvannet ovenfor Berggrenodden skal hele seilassen foregå i dagslys hvis vannføringen er mer enn 1500 m³ pr. sekund. Med vannføring menes vannføringen i Glomma, målt ved Oslo Energi Produksjon AS målestasjon ved Solbergfoss.
- F. *Bruk av eskortefartøy*
1. På strekningen Alvim - Melløs skal følgende fartøyer benytte taubåt som er gjort fast: - Fartøy som er lengre enn 85 meter. - Fartøy i kategori 1 eller 2 (fartøy med flytende farlig og/eller forurensende last i bulk). - Alle fartøyer når vannføringen er over 850 m³ pr. sekund.
 2. Taubåten skal ha en pullertrekkraft på minst 10 tonn. Når vannføringen er over 1.500 m³ pr. sekund, skal taubåten ha en pullertrekkraft på minst 15 tonn.
 3. Med vannføring menes vannføringen i Glomma, målt ved Oslo Energi Produksjon AS målestasjon ved Solbergfoss.
- G. *Forbud mot bruk av farvannet*
1. Når vannføringen er over 1.500 m³ pr. sekund skal farvannet ovenfor Berggrenodden bare benyttes etter at trafikksentralen i Horten har gitt særskilt tillatelse. Ved vurdering av om tillatelse kan gis skal følgende sikkerhetsmessige forhold tas i betraktning: - Fartøyets størrelse, manøveregenskaper og standard. - Lastens mengde og art. - Tilgjengelig taubåtassistanse.
 2. Farvannet ovenfor Berggrenodden skal ikke benyttes når vannføringen er over 2000 m³ pr. sekund. Forbudet gjelder også forflytninger innen kaiområdet som medfører at fortøyningene må kastes loss.
 3. Med vannføring menes vannføringen i Glomma, målt ved Oslo Energi Produksjon AS målestasjon ved Solbergfoss.

Northern Lights skipsdesign for Borg CO₂

Northern Lights prosjektet har gjennom konsept- og FEED studier utviklet et skipsdesign for det norske fullskalaprojektet, hvor det også er hensyntatt at skipet skal kunne transportere CO₂ fra andre industrielle kilder i Norge og Europa. Northern Lights opererer per dags dato med kun ett skipsdesign, men på bakgrunn av interesse fra industrielle volumer som er lokalisert langs elver og/eller med begrenset dybde, evalueres også andre muligheter.

Følgende parametere er aktuelle for vurderinger knyttet til transport fra Borg CO₂:

- Lengde: 130 meter
- Bredde (støpt): 19.2 meter
- Avstand fra vannlinje til bunnen av kjølen (draft): 8.5 meter
- Kapasitet: 7500 m³ (fordelt på to tanker)

- Lastepumper: 400 m³/time per pumpe, maks losserate er 800 m³/time
- Tilkoblet landsstrøm ved kai



Figur 8 – Illustrasjon av Northern Lights skipsdesign fra konsept og FEED studier.

For ytterligere tekniske detaljer knyttet til Northern Lights skip henvises det til Appendix B.

Med referanse til dybdebegrensninger illustrert i Figur 8 for Skipsdistanse 1 og 2, vil Northern Lights skipet ikke ha mulighet til å nå tilkoblingspunktene på Alvim Havn og Sauøya på grunn av fare for grunnstøting. Generelt ønsker man en margin på 1 meters dybde, hvilket med utgangspunkt i dypgangen til Northern Lights skipet vil gjøre at den totale dybden må være 9.5 meter. Gitt dybdebegrensninger og gjeldende forskrifter er tilgangen for Northern Lights skip, gitt nåværende design, begrenset til Borg Havn IKS.

Northern Lights har evaluert mulighetene for å midlertidig redusere dypgangen til skipet ved innseiling til Sauøya ved å ankomme med redusert last, og dermed begrense vekt. Gitt at tettheten til sjøvann (1030 kg/m³) er tilnærmet lik tettheten til CO₂ (1079 kg/m³) vil dette ikke bidra til en tilstrekkelig økning i margin på skipets dypgang. En innseiling med tomme ballasttanker er et alternativ som har blitt diskutert, men tatt i betraktning at det nåværende skipsdesignet er et konseptdesign gjør den operasjonelle risikoen at man ikke ønsker å legge dette som en forutsetning for et en mulig logistikk-løsning til Borg CO₂.

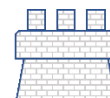
Konklusjonen for Northern Lights skips tilgang til de ulike avlastningspunktene i Borg CO₂ er derfor, per nå, at Borg Havn IKS er eneste aktuelle havn.

Alternativer til nåværende Northern Lights skipsdesign

Med utgangspunkt i begrensningene listet i «Northern Lights skipsdesign for Borg CO₂», har Northern Lights evaluert andre potensielle logistikk-løsninger for skipstransport.

For å koble sammen de tre lokasjonene Øra Klynga, Borregaard og Norske Skog Saugbrugs er det nødvendig å vurdere ulike transportkomponenter, og følgende alternativene i Tabell 7 blitt vurdert. Northern Lights har i denne mulighetsstudien vært i kontakt med et utdrag potensielle leverandører av alternative skips- og transportløsninger som kan bli tilpasset Borg CO₂. Northern Lights kan ikke uttale seg om hvilken kapasitet og evne disse aktørene har i forhold til en eventuell leveranse. Borg CO₂ AS oppfordres til selv å kartlegge andre potensielle leverandører som kan supplere tabellen.

Transportkomponent	Beskrivelse av transportkomponent og lokal relevans
Rørledning	<p>Rørledning for transport av CO₂ vil være relevant for tilkobling fra hver hoved lokasjon til individuelt havneanlegg for avlastning av LCO₂ til Northern Lights, eller for å koble de tre hoved lokasjonene sammen til en felles lokasjon for mellomlagring og avlastning til Northern Lights.</p> <p>På bakgrunn av foreslått løsning fra FlexSteel, har fleksible rørledninger med polymer blitt konsultert med materialansvarlig i Northern Lights. Generelle betraktninger er:</p> <ul style="list-style-type: none"> • PTFE varianter medfører en risiko for «swelling» ved operasjon av CO₂. For å utelukke risiko i videre studie er man avhengig av å fastsette hvilke designparametere den aktuelle leverandøren har satt for kombinasjonen av: <ul style="list-style-type: none"> - CO₂-service - Operasjon- og designtemperatur - Operasjon- og designtrykk - Sykliske laster - Eksterne laster - Dokumentasjon av design ved begrensninger og testing i relevant miljø (LCO₂ ved lave temperaturer) • En dekkende designrapport må fremlegges • Dersom rørledningen skal opereres ved høyt trykk må rørledningen normalt ha både strekk- og trykkarmering • Oversendt informasjon fra FlexSteel sier at innvendig liner er PTFE, men ikke hva materialet innenfor liner er. Dette må dokumenteres. Ref designrapport. <p>Disse betraktningene er spesifikt knyttet til foreslått løsning av FlexSteel, men er også aktuelle for andre leverandører. For videre valg av leverandører anbefales videre oppfølging med leverandører i Tabell 1.</p>
Tog	<p>Det er togforbindelse mellom Fredrikstad, Sarpsborg og Halden. Det er ikke kjent at CO₂ per i dag transporteres på disse strekningene, og eventuelle detaljer knyttet til godstransport må undersøkes med Bane Nor.</p> <p>Basert på tidligere dialog med europeiske operatører av godstog er det følgende begrensninger:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 20 til 22 vogner per tog - 66 tonn per vogn - Nedre temperaturgrense: - 40 deg Celsius



	<p>Disse begrensingene medfører en antagelse på at 1350-1450 tonn/tog kan transporteres. CO₂ må transporteres ved medium trykk (13-18 bar), som følge av temperaturgrense. Det understrekes at transport av CO₂ kan være underlagt andre regulative begrensinger, og disse må undersøkes direkte med lokal togoperatør.</p>										
Lastebil	<p>CO₂ kan transporteres med lastebil. Estimat for videre beregninger er 50 tonn/per bil ved medium trykk (13-18 bar).</p> <p>Veisystemet i området er belastet, hvilket medfører at man ønsker å begrense bruken av transport på vei. Med utgangspunkt i volumestimatene ovenfor vil transport med lastebil kreve ca. 12 laster fra Borregaard og 7-11 laster fra Saugsbrugs per dag. På tross av belastningen på veisystemet kan det for lave volumer være en kostnadseffektiv løsning.</p>										
Lekter og coaster	<p>Informasjon knyttet til lektere og coaster er basert på dialog med selskapet Victrol/ v. Fred Selhorst og Peter Maes. Northern Lights kan ikke uttale seg om hvilken kapasitet og evne denne aktøren har i forhold til en eventuell leveranse, og Borg CO₂ AS oppfordres til selv å kartlegge andre potensielle leverandører som kan stille med supplerende informasjon.</p> <p>En lekter er et skipsfartøy som er begrenset til innlandstransport, og kan som følge av sin reduserte dybde på kjøllen (sammenlignet med Northern Lights skip) være aktuell til å transportere LCO₂ mellom de ulike hovedlokasjonene i Borg CO₂. En lekter vil ikke ha mulighet til å transportere LCO₂ fra Borg CO₂ direkte til Northern Lights, ettersom skipets design og stabilitet ikke er egnet for forholdene i Nordsjøen.</p> <p>En coaster er et skipsfartøy med redusert dybde på kjølen sammenlignet med Northern Lights' skip, men som er designet for å kunne seile både innenlands og sjødistansen mellom Borg CO₂ og Northern Lights.</p> <p>På forespørsel fra Northern Lights har Victrol evaluert muligheten for å transportere CO₂ ved hjelp av lekter eller coaster. Etter å ha gjort evaluering av potensielle logistikk løsninger er deres anbefaling følgende til skip følgende:</p> <p>Coaster med dobbel notasjon (nedkjølt og trykksatt):</p> <table><tr><td>Lengde</td><td>135.00 m</td></tr><tr><td>Bredde</td><td>17.50 m</td></tr><tr><td>Draft</td><td>4.40 m</td></tr><tr><td>Airdraft empty</td><td>10.00 m</td></tr><tr><td>DWT</td><td>5975 mt (estimat)</td></tr></table>	Lengde	135.00 m	Bredde	17.50 m	Draft	4.40 m	Airdraft empty	10.00 m	DWT	5975 mt (estimat)
Lengde	135.00 m										
Bredde	17.50 m										
Draft	4.40 m										
Airdraft empty	10.00 m										
DWT	5975 mt (estimat)										

	<p>Foreslått løsning for tankvolum: 6 x 1000 m³ tanker</p> <p>Andre tankvolumer er også mulige, og de foreslåtte er 4 x 1800 m³, 6 x 1150 m³, 8 x 850 m³. Initiale CAPEX og OPEX estimater kan bli forespurt i videre dialog med Victrol. Det understrekes at samtlige skip vil være «built for purpose» skip, og at en økning i tankvolum og vekt vil øke kostnaden. Estimaten fra Victrol er ikke forpliktende, og det anbefales videre oppfølging med Victrol og/eller andre leverandører av skipsløsninger som en del av et logistikkstudie adressert i Tabell 6. Victrol leverer både coastere og lektere, og dersom et logistikkstudie skulle avdekke av lektere er å foretrekke vil de kunne hjelpe med videre oppfølging.</p>
--	---

Tabell 7: Alternative transportkomponenter

Basert på de ulike alternativene for transport er det foreslått tre muligheter. Northern Lights forplikter seg ikke til å levere noen av de tre foreslåtte mulighetene, og Borg CO₂ står fritt til å vurdere andre alternativ.

- A. Transport av LCO₂ fra Borregaard og Norske Skog Saugbrugs til Borg Havn IKS med rørledning, lastebil eller tog, og felles infrastruktur for mellomagring og avlastning til skip ved Borg Havn IKS. Standard Northern Lights skip, ref figur 8, transporterer LCO₂ fra Borg CO₂ til Naturgassparken.
- B. Transport av LCO₂ fra Borregaard og Norske Skog Saugbrugs til Borg Havn IKS med dedikert lekter, felles infrastruktur for mellomagring og avlastning til skip ved Borg Havn IKS. Standard Northern Lights skip, ref figur 8, transporterer LCO₂ fra Borg CO₂ til Naturgassparken.
- C. Transport av LCO₂ fra Borg Havn IKS, Alvim havn og Sauøya til Northern Lights med to dedikerte coastere. Hver coaster vil seile til hvert avlastningspunkt for akkumulert oppsamling av CO₂ volumene i regionen, for deretter å transportere dette til Northern Lights.

For hver av de tre overnevnte mulighetene følger det en beskrivelse for hver hoved lokasjon; Øra klynga, Borregaard, Norske Skog Saugbrugs.

Mulighet A – Transport av LCO₂ til Borg Havn via lastebil/tog/rørledning, Northern Lights transport fra Borg Havn:

Øra Klynga: Transport av LCO₂ fra FREVAR og Kvitebjørn Bio-El gjøres via rørledning til Borg Havn IKS. Felles infrastruktur for kompresjon og flytendegjøring bør vurderes, men avhenger av optimalisering av oppstrøms parametere knyttet til CO₂ spesifikasjon. Infrastruktur for mottak av rørledning og/eller lastebil/tog etableres, og kobles til felles infrastruktur for mellomagring og avlastning til Northern Lights skip.

Borregaard: Transport av LCO₂ fra Borregaard til Borg Havn IKS gjøres via rørledning som legges i Glomma, eller ved hjelp av lastebiler.

Norske Skog Saugbrugs: Transport av LCO₂ fra Norske Skog Saugbrugs til Borg Havn IKS gjøres via lastebil eller tog. LCO₂ kan også fraktes til Borregaard for avlastning til rørledning, og deretter videre transport.

For ytterligere informasjon om infrastruktur knyttet til prosessering, mellomlagring, flytendegjøring og tilknyttet rørsystem for transport anbefales videre oppfølging med leverandører (ref Tabell 1). Ytterligere tekniske studier bør gjøres i kombinasjon med eller på grunnlag av logistikkstudie (ref Tabell 6).

Mulighet B – Lekter samler LCO₂ til felles mellomlagring på Borg Havn, Northern Lights transport fra Borg Havn:

Øra Klynga: Transport av LCO₂ fra FREVAR og Kvitebjørn Bio-El gjøres via rørledning til Borg Havn IKS. Felles infrastruktur for kompresjon og flytendegjøring bør vurderes, men avhenger av optimalisering av oppstrøms parametere knyttet til CO₂ spesifikasjon. Infrastruktur for mottak av lekter, med avlastning av LCO₂ fra lekter til felles mellomlager på Borg Havn IKS. Videre lastes LCO₂ til Northern Lights skip, og videre transport til Naturgassparken håndteres av Northern Lights.

Borregaard: Transport av LCO₂ fra Borregaard til Alvim Havn via rørledning for videre avlastning til lekter. Melløs Havn bør vurderes som alternativ til Alvim havn i fremtidig logistikkstudie. Endelig valg av lokasjon avhenger av dypgang på lekter og optimalt valg av rute for rørledning.

Norske Skog Saugbrugs: Transport av LCO₂ fra Saugbrugs til Sauøya via rørledning i Tista, for videre avlastning til lekter ved egnet område på Sauøya. Endelig valg av lokasjon avhenger av dypgang på lekter, optimalt valg av rute for rørledning, og tilgjengelighet av havneområde på Sauøya.

For ytterligere informasjon om infrastruktur knyttet til prosessering, mellomlagring, flytendegjøring og tilknyttet rørsystem for transport anbefales videre oppfølging med leverandører (ref Tabell 1). Ytterligere tekniske studier bør gjøres i kombinasjon med eller på grunnlag av logistikkstudie (ref Tabell 6).

Mulighet C – To coastere samler CO₂ fra hver hovedlokasjon og transporterer direkte til Naturgassparken:

Øra Klynga: Transport av LCO₂ fra FREVAR og Kvitebjørn Bio-El gjøres via rørledning til Borg Havn IKS. Felles infrastruktur for kompresjon og flytendegjøring bør vurderes, men avhenger av optimalisering av oppstrøms parametere knyttet til CO₂ spesifikasjon. Felles mellomlagring og avlastning til coaster som transporterer til Northern Lights.

Borregaard: Transport av LCO₂ fra Borregaard til Alvim Havn via rørledning for videre avlastning til coaster. Melløs Havn bør vurderes som alternativ til Alvim havn i fremtidig logistikkstudie. Endelig valg av lokasjon avhenger av dypgang på coaster og optimalt valg av rute for rørledning.

Norske Skog Saugbrugs: Transport av LCO₂ fra Saugbrugs til Sauøya via rørledning i Tista, for videre avlastning til lekter ved egnet område på Sauøya. Endelig valg av lokasjon avhenger av dypgang på lekter, optimalt valg av rute for rørledning, og tilgjengelighet av havneområde på Sauøya.

For ytterligere informasjon om infrastruktur knyttet til prosessering, mellomlagring, flytendegjøring og tilknyttet rørsystem for transport anbefales videre oppfølging med leverandører (ref Tabell 1). Ytterligere tekniske studier bør gjøres i kombinasjon med eller på grunnlag av logistikkstudie (ref Tabell 6).

Vurdering av mulighet A, B og C

Basert på nåværende detaljnivå om mulige transportkomponenter i Borg CO₂ og dialog med interne fagmiljøer og leverandører, har det blitt gjort en foreløpig vurdering av mulighetene. Det understrekes at de tre mulige transportmulighetene må detaljeres ytterligere i logistikkstudier.

Mulighet A:

Den totale verdikjeden består av en rekke enkeltpunkter for på- og avlastning av CO₂. Dette kan medføre effektivitetstap, og bidrar til økt sikkerhetsrisiko som følge av økt behov for håndtering av gasser under trykk. Transport med lastebil vil bidra til å belaste det lokale veisystemet ytterligere, hvilket ikke er ønskelig.

En potensiell oppside ved Mulighet A er at den gir mulighet for en faset utvikling av CCS-klyngen på Øra. Med utgangspunkt i informasjonen som er tilgjengelig på dette tidspunktet er det rimelig å anta at Northern Lights skip, figur 8, vil kunne legge til Borg Havn IKS uten videre endringer i design. Dette kan potensielt muliggjøre en CCS verdikjede ved Kvitebjørn Bio-El og FREVAR på en akselerert tidslinje, sammenlignet med de to andre hoved lokasjonene. CO₂ volumene indikert ved Øra kan potensielt også kombineres med en transportrute til det norske fullskalaprojektet, og derfor realiseres på et tidligere tidspunkt. Et logistikkstudie er nødvendig for videre modning av dette konseptet.

Med utgangspunkt i nåværende antagelser er Mulighet A ikke anbefalt, men en faset utvikling av klyngen bør undersøkes nærmere i kombinasjon med Mulighet B og C.

Mulighet B og Mulighet C:

Mulighet B og C er begge basert på skipstransport, hvilket generelt vil være den anbefalte transportkomponenten for å knytte sammen hoved lokasjonene for fangst i Borg CO₂. For Mulighet B vil kostnaden knyttet til å transportere CO₂ fra Borregaard og Saugbrugs til Borg IKS vektes mot totalvolumene som blir fanget ved de to lokasjonene. For Mulighet C vil behovet for individuelle mellomagrings- og avlastningssystemer ved hver av de tre lokasjonene Borg Havn IKS, Alvim og Sauøya vektes mot totalvolumene som blir fanget ved de to lokasjonene.

Med utgangspunkt i nåværende antagelser bør det gjøres en logistikkstudie for å undersøke egnetheten til Mulighet B og C. Som nevnt gir Mulighet A i kombinasjon med Mulighet B eller C en mulighet for en potensiell faset utvikling av Borg CO₂.

Kostnad knyttet til mulighet B og C bør undersøkes nærmere i dialog med aktuelle leverandører av modifiserte skipsløsninger, Northern Lights, og baseres på en fremtidig logistikkstudie.

Aktivitet 1.c: Kartlegge og evaluere hvilke kriterier som blir viktige for CCS-klynga på Øra

Med utgangspunkt i informasjonen listet i Aktivitet 1.a og Aktivitet 1.b i Leveranse 6 i dette mulighetsstudiet, vil følgende elementer være sentrale for videre modning av CCS-klynga på Øra; Tabell 8.

Element	Beskrivelse
Definerte konsepter for fangst, transport og mellomlagring	Som følge av at CCS-klynga på Øra har tre hoved lokasjoner for CO ₂ fangst (Fredrikstad, Sarpsborg og Halden), og hver av disse har mulighet for å koble til Northern Lights' infrastruktur gjennom en rekke ulike transportkomponenter, er det med utgangspunkt i dette mulighetsstudiet nødvendig å fastsette et antall definerte konsepter man ønsker å detaljere videre. Dette innebærer fangst, potensiell transport av LCO ₂ mellom de ulike hoved lokasjonene, kompresjon, flytendegjøring, mellomlagring og avlasting til Northern Lights, og vil komme som en konsekvens av oppstrøms parametere knyttet til hver individuell lokasjon.
Teknisk ressurs for videre modning av konsepter	Teknisk detaljering av valgte konsepter vil være nødvendig for å kunne evaluere egnetheten til de ulike konseptene. En teknisk ressurs, det være seg en innleid prosjektorganisasjon eller ressurser fra partnerskapet i Borg CO ₂ , vil være nødvendig for å detaljere omfanget nedstrøms fangstlokasjonene, og frem til avlastningspunktet.
Dedikert logistikkstudie	Med utgangspunkt i estimerte verdier fra Mulighetsstudiet anbefales det at det gjennomføres et logistikkstudie, som adressert i Tabell 6. Logistikkstudiet vil være en hovedkomponent i et potensielt konseptstudie.
EU finansiering	Som en del av Northern Lights «Project of Common Interest» (PCI) i EU har Borg CO ₂ mulighet til å søke på fremtidig Connecting Europe Facility finansiering fra EU. En klar anbefaling er at Borg CO ₂ identifiserer hvilke deler av verdikjeden mellom fangst, og avlasting til Northern Lights de ønsker å se inkludere i en potensiell søknad, som del av en portefølge søknad sammen med de andre prosjektpartnerne. Med utgangspunkt i Aktivitet 1 A er følgende komponenter aktuelle for videre studie, der deler av finansieringen til studiet kan komme fra en CEF søknad. <ul style="list-style-type: none"> - CO₂ spesifikasjon - Logistikkstudie - Lastearmer - Kompresjon og flytendegjøring - Lagertanker/mellomlagring <p>Det er forventet at EU i siste halvdel av 2020 vil annonsere sine første utlysninger av Horizon Europe programmet, og spesielt «Cluster 5 –</p>

	Climate, Energi and Mobility» forventes å inneholde en vesentlig andel relevante calls for CCS. Borg CO ₂ oppfordres å følge denne utviklingen videre.
Utviklingsstrategi for CCS-klynga på Øra	Som følge av mulighetsstudiet vil den strategiske viktigheten av å realisere karbonfangst- og lagring for hver enkelt av partnerne i Borg CO ₂ blir modnet videre, hvilket er spesielt relevant som følge av den høye andelen bio-CO ₂ i klyngen. Med grunnlag i dette vil det være ønskelig å sammenstille informasjonen i en strategi som sier hvordan klyngen kan utvikles fremover i tid. En kombinasjon av tekniske, kommersielle, og logistikk betraktninger vil være underliggende for dette. Som et eksempel gir Mulighet A et potensiale for en faset utvikling i kombinasjon med Mulighet B og C.

Tabell 8: Oversikt over viktige elementer for videre arbeid i CCS-klynga på Øra

Foreløpige funn

Borg CO₂ og de relevante hoved lokasjonene for CO₂ fangst ved Fredrikstad, Sarpsborg og Halden har flere komponenter som kan dra nytte av erfaringen fra Northern Lights og det norske fullskalaprojektet. De aktuelle komponentene for Northern Lights er listet i Aktivitet 1 A, men Borg CO₂ oppfordres til å forfølge muligheten for ytterligere synergier med det norske fullskalaprojektet gjennom erfaringsoverføring og læring fra fangstaktørene Fortum Oslo Varme og Norcem Brevik. Dette vil potensielt kunne gi informasjon i de deler av verdikjeden som i denne leveransen, L6, ikke er adressert, hovedsakelig kompresjon og flytendegjøring.

Borg CO₂ har som følge av geografisk spredning på sine tre hoved lokasjoner for CO₂ fangst et stort utfallsrom for mulige konseptløsninger knyttet til transport. Som følge av tilgjengelige havner i området, og deres tilhørende spesifikasjoner for dybdebegrensning, er det kartlagt at Borg Havn IKS er den eneste havnen hvor Northern Lights skip potensielt kan laste CO₂. De øvrige havnene lokasjonene, Alvim, Melløs og Sauøya, har begrenset tilgang som følge av dybde. Potensielle leverandører av skipsløsninger har blitt konsultert, og de bekrefter at løsninger er mulig. Dette kan gjøres både ved å knytte sammen hoved lokasjonene i Borg CO₂ med lekter, eller ved å ha dedikerte «coastere» som har muligheten til å laste CO₂ fra hver av hoved lokasjonene og frakte det videre til Naturgassparken uten videre omlasting.

Avhengig av funnene i denne Mulighetsstudien kan det være aktuelt for Borg CO₂ å vurdere en faset utvikling. Per i dag er den største andelen av det fossile CO₂ volumet knyttet til de to utslippspunktene på Øra/Fredrikstad, Kvitebjørn Bio-El og FREVAR, og Borg Havn IKS er også den eneste lokasjonen som har mulighet til å losse til Northern Lights skip. Det akkumulerte volumet knyttet til de to utslippspunktene er også av en slik størrelse at det kan være interessant å se i sammenheng med en transportrute til en av fangstaktørene i det norske fullskalaprojektet. Muligheten for at fangst og transport av fossilt og biogent CO₂ i regionen modnes på ulike tidslinjer burde derfor undersøkes ytterligere, i kombinasjon med en helhetlig utvikling av konsepter knyttet til hver hoved lokasjon.

Referanser

Kilde	Relevans
https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/fkd/vedlegg/hoeringer/2009/hfl_forskrifter/v7-forskrift-om-sjotrafikk-i-bestemte-farvann-sjotrafikkforskriften.pdf	Forskrift om sjøtrafikk i bestemte farvann
https://www.borg-havn.no/	Borg Havn informasjon
https://www.sigtto.org/publications/liquefied-gas-handling-principles-on-ships-and-in-terminals-lghp4-4th-edition/	<i>SIGTTOs Liquefied Gas Handling Principles on Ships and in Terminals</i>
https://unitedflexible.com/wp-content/uploads/2014/08/United-Flexible-Composite-Hose-Catalog.pdf	<i>United flexible lasteslanger</i>
https://kanon.nl/marine-loading-arms/	<i>Kanon lastearmer</i>
https://www.ocimf.org/publications/books/design-and-construction-specification-for-marine-loading-arms	Design and Construction Specification for Marine Loading Arms, Fourth Edition 2019
https://www.globalccsinstitute.com/archive/hub/publications/7276/good-plant-design-and-operation-onshore-carbon-capture-installations-and-onshore-pipelines.pdf	Energy Institute- <i>“Good plant design and operation for onshore carbon capture installations and onshore pipelines”</i>
Alexander Furnes	Mechanical/Structural engineer Northern Lights
Emil Yde Aasen	Mechanical engineer/Business development Northern Lights
Frank Ollerhead	Shipping manager, Northern Lights
Baris Dolek	Commercial manager shipping, Shell/Northern Lights
Peter Maes	Victrol
Fred Selhorst	Victrol

Sammendrag på engelsk:

Borg CO₂ has three main locations for capture of CO₂; Kvitebjørn Bio-El and FREVAR in Fredrikstad, Borregaard in Sarpsborg and Norske Skog Saugbrugs in Halden. The volume of estimated capturable CO₂ is estimated to be ca. 500.000 tons/year, of which 35 % is fossil and biogenic. The majority of the fossil CO₂ is connected to the emission points in Fredrikstad. Each of the three potential capture locations have several components which can benefit from shared learning from Northern Lights and the Norwegian full-scale project. For Northern Lights these components are storage tanks, loading arms and hoses, and transport. There are currently potential port locations for the Øra cluster; Borg Havn IKS, Alvim Havn, Melløs Havn and Sauøya. Out of the four, only Borg Havn IKS is currently set up to potentially be able to connect to Northern Lights ships in the future. Potential suppliers of modified shipping solutions have been consulted, and given positive outlooks on the opportunity to connect the remaining port to Naturgassparken through a value chain consisting of barges and/or coasters. Given the different logistic limitations for transport, as well the different concentrations of fossil and biogenic CO₂, a phased development of Borg CO₂ could be evaluated further, however this evaluation needs to come as a consequence of logistic- and concept studies.

Appendix A – Supplier list from Gassnova

Emil Yde Aasen

From: Audun Røsjorde <ar@gassnova.no>
Sent: torsdag 13. februar 2020 12:12
To: Emil Yde Aasen
Subject: SV: Leverandører av prosessutstyr for flytendegjøring av CO₂

Hei Emil,

Suppliers (or potential suppliers) of CO₂ liquefaction facilities are listed below. The list is not complete and represents only those companies known to Gassnova. No verifications of the ability and capacity to deliver a liquefaction plant in the scale needed for CCS has been done.

Supplier	Comment
Linde	References known to Gassnova
Baker Hughes Company (prev. BHGE)	References known to Gassnova
Pentair Haffmans	Supplier of liquefaction plants according to own web page
Universal Industrial Gases	Supplier of liquefaction plants according to own web page
Cosmo Engineering Co.	Supplier of liquefaction plants according to own web page
MOS Techno Engineers	Supplier of liquefaction plants according to own web page
Air Liquide	Potential supplier, broad portfolio of cryogenic processing solutions
MAN	Appearing in international publications as supplier of CO ₂ compression equipment
Dresser Rand	Appearing in international publications as supplier of CO ₂ compression equipment

Best regards

AUDUN RØSJORDE

Senior Adviser Technology

M (+47) 93 46 84 80

E ar@gassnova.no

www.gassnova.no



Join us on Facebook!

GASSNOVA 

Appendix B – Basic ship info interface



Basic Ship Info
-Interface.pdf