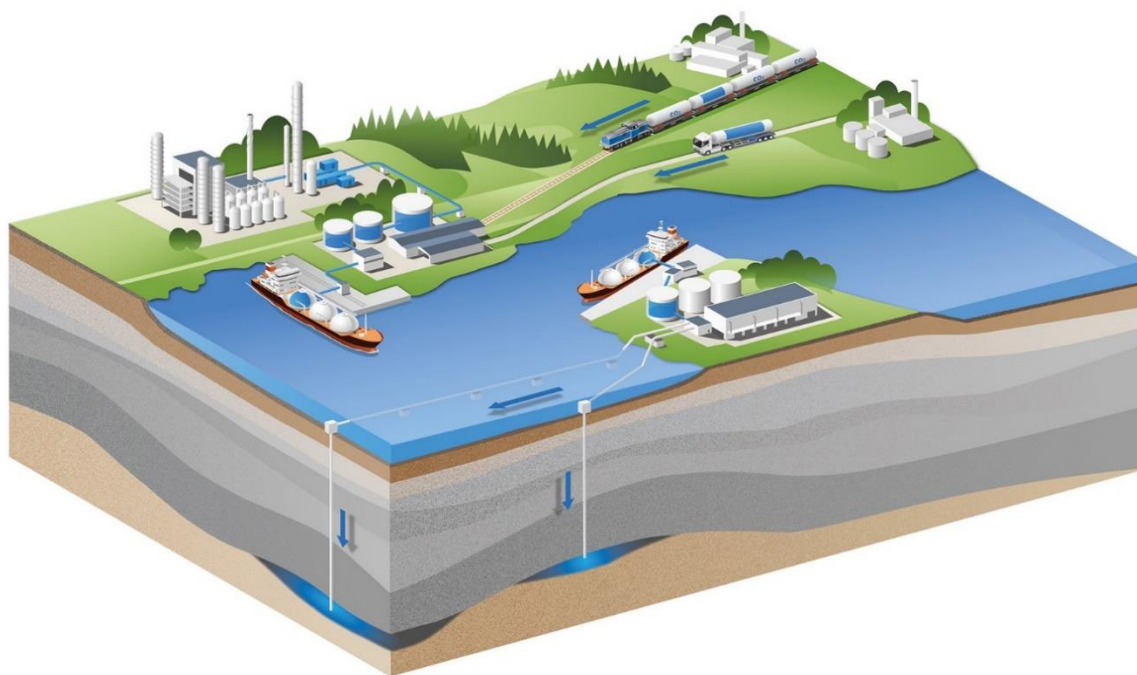


CinfraCap



CinfraCap – Gemensam infrastruktur för transport av koldioxid

Förstudierapport

ADDRESS COWI AB
Skärgårdsgatan 1
Box 12076
402 41 Göteborg
Sweden

TEL +46 10 850 10 00
FAX +46 10 850 10 10
WWW cowi.com

MARS 2021
FÖRSTUDIERAPPORT

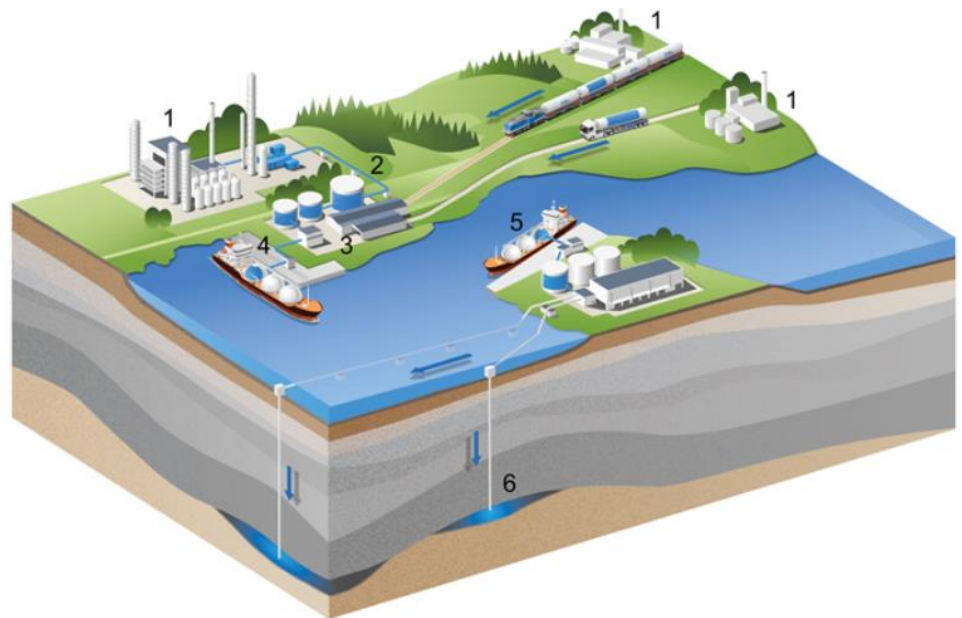
CINFRACAP - GEMENSAM INFRASTRUKTUR FÖR TRANSPORT AV KOLDIOXID FÖRSTUDIERAPPORT

PROJEKT NUMMER	DOKUMENT NUMMER				
209494	A209494-4-06-REP-0001				
VERSION	DATUM	BESKRIVNING	UTFÖRT	GRANSKAT	GODKÄNT
B	2021-03-31	FINAL	HEMZ, ISHE, CTKC, ANDL, PENG	ISHE, ANDL	HEMZ
A	2021-02-15	UTKAST	HEMZ, ISHE, PRRN, CTKC, ANDL, PENG	PERS, ISHE, ANDL, PENG	HEMZ

Sammanfattning

Projektet CinfraCap är ett samverkansprojekt där privata och offentliga parter deltar. CinfraCaps samverkansparter ("parter") är Preem, St1, Nordion Energi, Renova, Göteborgs Hamn samt Göteborg Energi som samtliga arbetar för att driva omställningen till ett hållbart samhälle. Infångning och lagring av koldioxid, så kallad CCS (Carbon Capture and Storage) är ett sätt att snabbare uppnå de uppsatta klimatmålen för reduktion av koldioxidutsläpp i Sverige.

Den svenska regeringen (statlig utredning 2020:4) lyfter fram CCS som en viktig del av vägen till en klimatpositiv framtid för Sverige. Industri och kraftvärmeproduktion står för en stor del av Sveriges totala utsläpp, som till största delen är processrelaterade utsläpp. CCS innebär att koldioxid fångas in från till exempel rökgaser eller processgaser på en industri, transporteras och slutligen permanent lagras i geologiska formationer djupt nere i berggrunden. En fungerande och effektiv värdekedja krävs för att möjliggöra CCS. CCS-värdekedjan så som den kan utformas inom CinfraCap illustreras i Figur 1-1.



Figur 1-1 CCS-värdekedja – CinfraCap

1. Infångning av CO₂, 2. Transport av CO₂ (Rörledning – flytande, Rörledning – gas, Tankbil – flytande, Järnväg – flytande), 3. CinfraCap – CO₂-terminal – Mellanlagring och potentiell förvätskning, 4. Utlastning till fartyg av flytande CO₂, 5. Mottagningsanläggning, 6. Geologisk lagring.

Denna förstudie inom projektet CinfraCap är delvis finansierad av Energimyndigheten och har som övergripande mål att utreda och möjliggöra en kostnadseffektiv infrastruktur för transport av infångad koldioxid (CO₂) inför slutlig lagring. Den tilltänkta infrastrukturen kommer även att vara öppen och sålunda tillgänglig för tredjepartsanslutning.

Parterna avser, om rätt affärsmässiga förutsättningar etablerats, att påbörja infångning av koldioxid år 2025, med en succesiv ökning under de kommande 15 åren och förväntas nå en nivå på 1 856 000 ton CO₂ per år till år 2040. Denna kapacitetsökning över tid samt antaganden kring fartygslogistik och plats för slutlig lagring har utgjort indata för dimensionering av den del av CCS-värdekedjan som omfattas av förstudien; transportsystem på land, mellanlagring samt förvätskning. Gränsdragning för CinfraCap förstudie har definierats från staketgränsen för respektive parts aktuella anläggning (där infångning av CO₂ är tänkt att ske) till lastarm för export av CO₂ till fartyg vid

kaj. Förvätskning hos parterna har inkluderats för att möjliggöra jämförelse av olika alternativa lösningar.

För lokalisering av en tilltänkt CO₂-terminal (mellanlagring samt eventuell förvätskning) har Skarvik 4, i Energihamnen, Göteborgs Hamn identifierats som mycket lämplig. Transport av CO₂ från parternas olika anläggningar i Göteborg till CO₂-terminalen har utvärderats inom förstudien. Utifrån fysiska förutsättningar, teknisk realiserbarhet samt kapitalinvestering (CAPEX) bedöms dessa transporter bäst ske via rörledning (i gas- eller vätskeform) från Preem, St1 och Göteborg Energis anläggningar samt med hjälp av tankbil (fulltrailer) från Renovas anläggning.

CAPEX-kostnaden för den givna omfattningen har estimerats i denna förstudie, där förvätskning har identifierats som en betydande kostnadsdrivare. I syfte att utvärdera eventuella samordningsvinster har två koncept för förvätskning studerats; Scenario A - separat förvätskning där förvätskning sker hos respektive part och Scenario B – delvis gemensam förvätskning där gemensam förvätskning placeras vid CO₂-terminalen för förvätskning av koldioxid från parterna Preem, St1 och Göteborg Energi. För Renova har gemensam förvätskning ej bedömts vara ett realiserbart alternativ på grund av hög teknisk komplexitet och CAPEX-kostnad kopplad till rördragning genom tät bebyggelse.

CAPEX har estimerats inom förstudien till ca 2,8 miljarder SEK för separat förvätskning respektive ca 2,5 miljarder SEK för delvis gemensam förvätskning (gäller för fullt utbyggd terminal år 2040 och anges med en noggrannhet på $\pm 40\%$). Resultatet indikerar en fördel vad gäller den totala CAPEX-investeringen till förmån för delvis gemensam förvätskning. Utöver förvätskningsanläggningarna så är mellanlagringstankarna kostnadsdrivande. Tillsammans står dessa två utrustningar för omkring 30–35 % av den totala CAPEX-investeringen.

Förvätskning av koldioxid är en energiintensiv process som även kräver mycket kylning. En uppskattning av energiförbrukning för systemen indikerar ett elbehov på 10-16 MW där separat förvätskning visat sig vara något mer fördelaktigt med en elanvändning som uppskattats till ca 14 - 38 % lägre än för delvis gemensam förvätskning. Systemet uppskattas ha ett kylbehov på 30-40 MW. Låg kylvattentemperatur, integrering med befintliga kylvattensystem och återvinning av värme är faktorer som har potential att sänka driftskostnaderna. Det har vidare framkommit i diskussioner med leverantörer att det vid separat förvätskning finns potential för optimering av energianvändning vid integrering uppströms i värdekedjan. Vid separat förvätskning finns även fördelar relaterat till drift och underhåll där parternas ordinarie organisation till stor del kan utnyttjas även för förvätskningsanläggningen. Vid delvis gemensam förvätskning behövs en helt ny drifts & underhållsorganisation etableras.

Utifrån studien har bägge alternativen separat och delvis gemensam förvätskning kunnat framhållas som möjliga att genomföra där osäkerheterna anses för stora för att i detta skede utesluta något av dem.

För att evaluera ytterligare faktorer som bidrar till kostnadseffektivitet, rekommenderas att i en utökad studie utvärdera integrering av förvätskning med uppströms steg i CCS-värdekedjan. Detta kommer att möjliggöra ett helhetsperspektiv på CCS-värdekedjan och därmed även minska suboptimeringseffekter som kan uppkomma vid allt för snäva avgränsningar.

Underlag från denna förstudie kommer kunna användas i dialog med myndigheter och beslutsfattare gällande finansiering av fortsatta studier samt finansieringsmodeller och investeringsstöd för byggnation av storskalig infrastruktur och lagring av infångad koldioxid.

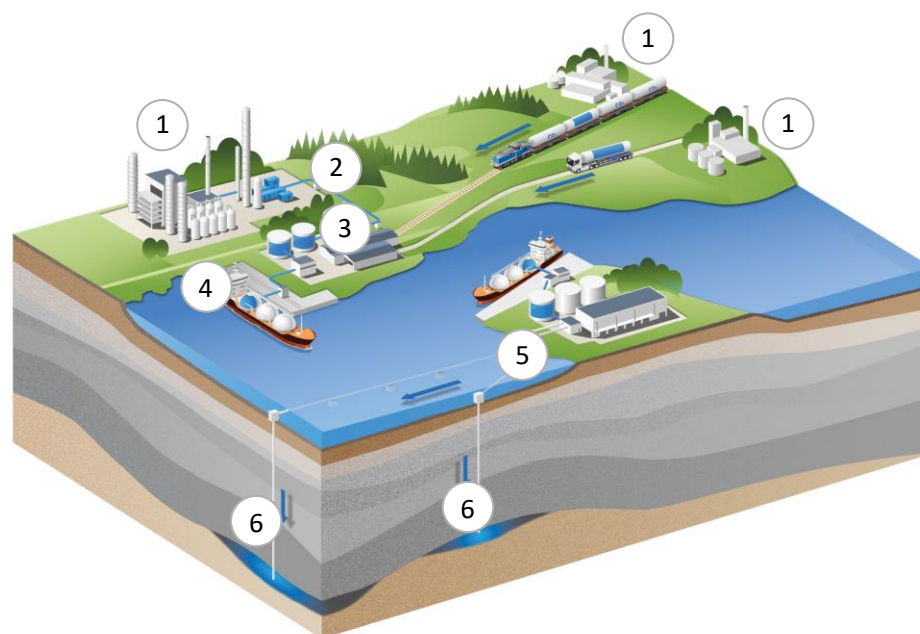
En genomförandeplan baserat på scenariot delvis gemensam förvätskning har i denna studie även tagits fram med ett förslag på tidsplan där en utökad förstudiefas startas i Q2 2021 följt av förprojekteringsfas samt

detaljprojekteringsfas för att ha CO₂-terminalen i drift till år 2025. Beslut om fortsatt finansiering av projektet tas emellan varje fas. Viktiga aspekter för genomförandet är tillståndsarbetet som kan vara tidskrävande. Vidare är framtagandet av affärsmodell viktigt för samarbete sinsemellan parterna, slutlig lagring, drift av CO₂-terminal samt säkerställande av finansiering.

Summary

The CinfraCap project is a collaborative project in which private and public parties participate. CinfraCap's partners ("parties") are Preem, St1, Nordion Energi, Renova, the Port of Gothenburg and Göteborg Energi, all of which work to drive the transition to a sustainable society. Capturing and storing carbon dioxide, so-called CCS (Carbon Capture and Storage) is a way to more quickly achieve the set climate goals for reducing carbon dioxide emissions in Sweden.

The Swedish government (government investigation 2020: 4) highlights CCS as an important part of the road to a climate-positive future for Sweden. Industry and power & heat generation accounts for a large part of Sweden's total emissions, which are for the most part process-related emissions. CCS means that carbon dioxide is captured from, for example, flue gases or process gases in an industry, transported and finally permanently stored in geological formations deep in the bedrock. A functioning and efficient value chain is required to enable CCS. The CCS value chain as it can be designed within CinfraCap is illustrated in Figur 1-2.



Figur 1-2 CCS value chain - CinfraCap

1. Capture of CO₂, 2. Transport of CO₂ (Pipeline - liquid, Pipeline - gas, Tanker - liquid, Railway - liquid), 3. CinfraCap - CO₂ terminal - Intermediate storage and potential liquefaction, 4. Unloading to ships of liquid CO₂, 5. Reception facility, 6. Geological storage.

This feasibility study within the CinfraCap project is partly funded by the Swedish Energy Agency and has as its overall goal to investigate and enable a cost-effective infrastructure for transporting captured carbon dioxide (CO₂) before final storage. The intended infrastructure will also be open and thus available for third-party connection.

The parties, if the right business conditions prevail, intend to start capturing carbon dioxide in 2025, with a gradual increase over the next 15 years and are expected to reach a level of 1,856,000 tons of CO₂ per year by 2040. This capacity increase over time as well as assumptions about ship logistics and location for final storage have constituted input data for dimensioning the part of the CCS value chain that is covered by the feasibility study; land transport systems, intermediate storage and liquefaction. Boundaries for the CinfraCap feasibility study have been defined from the fence boundary for each party's current facility (where CO₂ capture is intended to take place) to the loading arm for the export of CO₂ to ships at the quay. Liquefaction at the parties (within fence boundary) has however been included to enable comparison of different alternative solutions.

For the location of an intended CO₂-terminal (intermediate storage and possible liquefaction), Skarvik 4, in Energihamnen, Port of Gothenburg, has been identified as very suitable. Transport of CO₂ from the parties' various facilities in Gothenburg to the CO₂ terminal has been evaluated in the feasibility study. Based on physical conditions, technical feasibility and capital investment (CAPEX), these transports are judged to take place best via a pipeline (in gaseous or liquid form) from Preem, St1 and Göteborg Energi's facilities and by means of a tanker (full trailer) from Renova's facility.

The CAPEX cost for the given scope has been estimated in this feasibility study, where liquefaction has been identified as a significant cost driver. In order to evaluate possible coordination gains, two concepts for liquefaction have been studied; Scenario A - separate liquefaction where liquefaction takes place at each party and Scenario B - partly joint liquefaction where joint liquefaction is placed at the CO₂ terminal for liquefaction of carbon dioxide from the parties Preem, St1 and Göteborg Energi. For Renova, joint pre-liquefaction has not been judged to be a feasible alternative due to high technical complexity and CAPEX costs linked to establishment of a piping route through densely populated areas.

CAPEX has been estimated in the feasibility study to be approximately SEK 2.8 billion for separate liquefaction and approximately SEK 2.5 billion for partial joint liquefaction (applies to fully expanded terminals in 2040 and is stated with an accuracy of $\pm 40\%$). The result indicates an advantage in terms of the total CAPEX investment in favor of partial joint liquefaction. In addition to the pre-liquefaction plants, the intermediate storage tanks are cost-driving. Together, these two equipments account for about 30–35% of the total CAPEX investment.

Pre-liquefaction of carbon dioxide is an energy-intensive process that also requires a lot of cooling. An estimate of energy consumption for the systems indicates an electricity requirement of 10-16 MW where separate pre-liquefaction has proven to be somewhat more advantageous with an electricity use that is estimated at about 14 - 38% lower than for partially common liquefaction. The system is estimated to have a cooling demand of 30-40 MW. Low cooling water temperature, integration with existing cooling water systems and heat recovery are factors that have the potential to reduce operating costs.

It has also emerged in discussions with suppliers that in the case of separate pre-liquefaction, there is potential for optimizing energy use during integration upstream in the value chain. In the case of separate liquefaction, there are also advantages related to operation and maintenance where the parties' ordinary organization can to a large extent also be used for the liquefaction plant. In the case of partial joint pre-liquefaction, a completely new operation & maintenance organization needs to be established.

Based on the study, both alternatives separately and partly joint liquefaction have been able to be kept as possible to implement where the uncertainties are considered too great to exclude any of them at this stage.

In order to evaluate additional factors that contribute to cost-effectiveness, it is recommended that an extended study evaluates the integration of liquefaction with upstream steps in the CCS value chain. This will enable a holistic perspective on the CCS value chain and thus also reduce sub-optimization effects that can arise with too narrow boundaries.

Documentation from this feasibility study will be used in dialogue with authorities and decision-makers regarding financing of further studies as well as financing models and investment support for the construction of large-scale infrastructure and storage of captured carbon dioxide.

An implementation plan based on the partly joint liquefaction scenario has also been developed in this study with a proposed timetable where an extended feasibility study phase will start in Q2 2021 followed by a pre-design phase and detailed design phase in order to have the CO₂-terminal in operation until 2025. Decision hold-points for continued financing of the project is taken in-between each phase. Important for the implementation is the permitting aspects which can be time-consuming. Furthermore, the development of a business model for cooperation between the parties, final storage, operation of the CO₂-terminal and securing financing are of importance.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	Projektbeskrivning	13
1.1	Bakgrund	13
1.2	Syfte/mål	15
1.3	Genomförande och förstudiegrupp	16
1.4	Förkortningar	17
1.5	Sekretess	18
2	Designförutsättningar	19
2.1	Lokalisering	19
2.2	Förhållanden vid leveransgräns	22
2.3	CO ₂ mängder	23
2.4	Koldioxid – Tryck, temperatur och kvalitet	26
2.5	Driftförutsättningar	29
2.6	CO ₂ - Mätning och rapportering	30
2.7	Kaj	30
2.8	Slutlig lagring av CO ₂	31
3	Leveransgräns (Battery limit)	32
4	Processbeskrivning	33
4.1	Separat förvätskning (Scenario A)	34
4.2	Delvis gemensam förvätskning (Scenario B)	35
4.3	Mellanlager	36
4.4	Export	38
4.5	Övrigt	39
4.6	Anslutning tredje part	40
5	Utrustning och stödsystem	42
5.1	Utrustning	42
5.2	Stödsystem	48
6	Mass- och energibalans	51
6.1	Massbalans	51
6.2	Energibalans	54
6.3	Summering och resultat	57
7	Lokalisering och layoutförhållanden	60
7.1	Lokalisering av CO ₂ -terminal	60
7.2	Lokalisering av kajläge	61
7.3	Layout - CO ₂ -terminal	61
7.4	Ledningsdragning	63

7.5	Transport Renova – CO ₂ -terminal	65
7.6	Utlastning till fartyg	65
7.7	Stål – Sekundärstöd	65
7.8	Geotekniska förhållanden – Skarvik 4	66
8	El och Automation	68
8.1	El	68
8.2	CO ₂ flödesmätning	68
8.3	Ship-shore link	68
9	Miljö, risk och säkerhet	69
9.1	Risker med CO ₂	69
9.2	Risker med ammoniak	69
9.3	Resultat från Grovriskanalys	70
10	Tillståndsaspekter	72
11	Kostnadsestimat	77
11.1	CAPEX – Beskrivning av kostnadskalkyl	77
11.2	OPEX-underlag	90
12	Diskussion och slutsatser	92
12.1	Möjliga synergi- och optimeringseffekter	93
12.2	Förslag på fortsatt utredning	94
12.3	Preliminär genomförandeplan	96
12.4	Referensprojekt	99

BILAGOR

Bilaga	Dokumentnummer	Dokumentnamn
Bilaga A (A.1 & A.2)	A209494-04-05-PD-PFD-0001, A209494-04-05-PD-PFD-0002	Process Flow Diagram (PFD) för Scenario A - Separat förvätskning och Scenario B - Delvis gemensam förvätskning
Bilaga C	A209494-04-07-MD-FRT-0001 SEKRETESSBELAGD	Utrustningslista
Bilaga D	A209494-5-03-LFQ-0001	"Request for Quote (RFQ) – CO ₂ Liquefaction plats" – Offertförfrågan förvätskningsanläggningar
Bilaga E	A209494-5-03-STT-0001	"Request for Quote (RFQ) – Liquefied CO ₂ Storage Tanks" – Offertförfrågan tankar
Bilaga F	A209494-04-07-PP-MTO-001	Material take off (MTO) rör
Bilaga G	A209494-04-05-PP-001	Layout - Total
Bilaga H	A209494-04-05-PP-002	Layout - Zoom
Bilaga I	A209494-04-05-PP-003	Layout
Bilaga J	A209494-04-05-PP-004	Konceptuella ritningar på anslutningar mot utlastning till fartyg
Bilaga K	A209494-04-05-PP-005	Karta - Zoom
Bilaga L	A209494-04-05-PP-006	Karta - Total
Bilaga M	A209494-04-02-PD-REF-0001	Referensprojekt
Bilaga P	-	Göteborgs Hamn AB – Karta kajlägen
Bilaga R	A209494-04-02-PP-PM-0002	PM Lokalisering av CO ₂ -terminal
Bilaga S	A209494-04-02-PP-PM-0003	PM Kajlägen
Bilaga T	A209494-04-02-PP-PM-0001	PM Tankval
Bilaga U	A209494-04-02-PD-PM-0001	PM Terminaloptimering
Bilaga V	A209494-04-02-PD-PM-0002 SEKRETESSBELAGD	PM Mass och energibalans
Bilaga W	A209494-04-02-N-PM-0001	PM Tillståndsfrågor
Bilaga X	A209494-04-02-PP-PM-0004	PM Transport Renova – CO ₂ -terminal
Bilaga Y	A209494-04-02-N-PM-0002	PM Grovriskanalys
Bilaga Z	A209494-4-06-TDP-0001	Tidsplan
Bilaga AA	A209494-04-09-CE-03-CBR-001 SEKRETESSBELAGD	Kostnadsrapport Scenario A – Fall 1
Bilaga AB	A209494-04-09-CE-03-CBR-002 SEKRETESSBELAGD	Kostnadsrapport Scenario A – Fall 5
Bilaga AC	A209494-04-09-CE-03-CBR-003 SEKRETESSBELAGD	Kostnadsrapport Scenario B – Fall 1

Bilaga AD	A209494-04-09-CE-03-CBR-004 SEKRETESSBELAGD	Kostnadsrapport Scenario B – Fall 5
Bilaga AE		Massbalans separat förvätskning, Massbalans delvis gemensam förvätskning
Bilaga AF	A209494-3-04-DC-DLI-0001 SEKRETESSBELAGD	Projektdeltagare och grupper

1 Projektbeskrivning

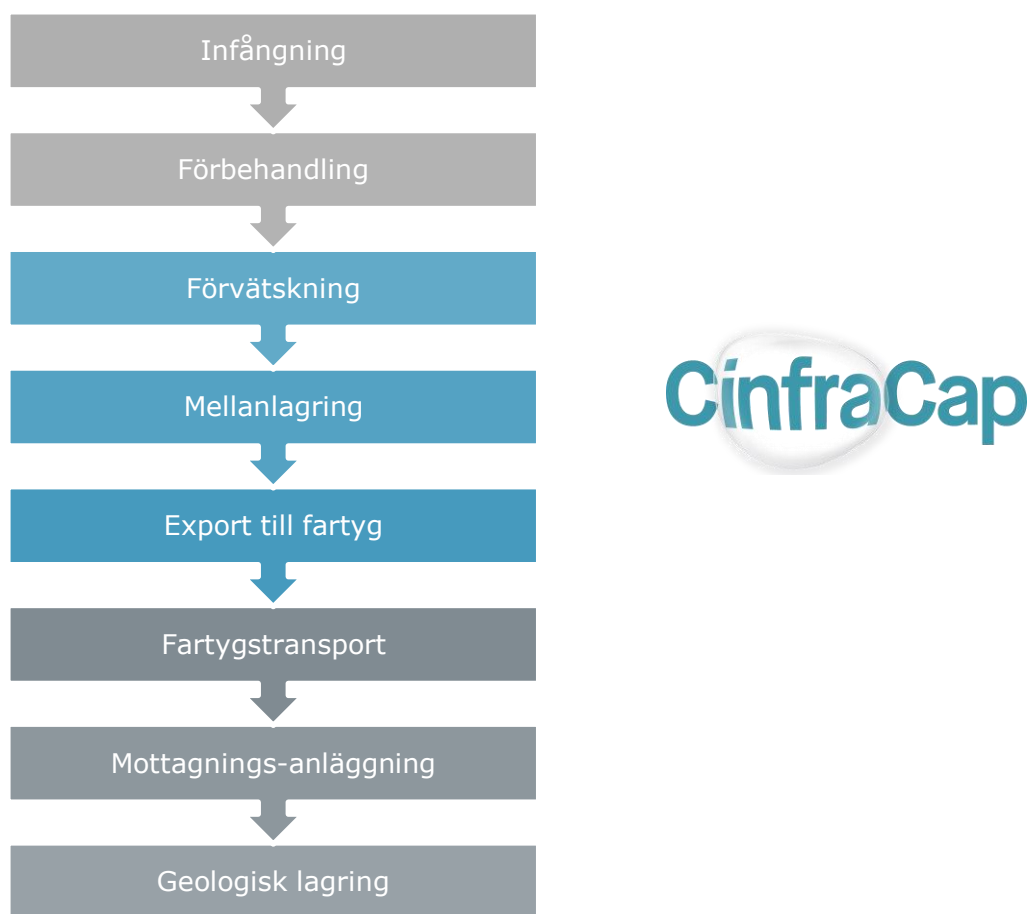
1.1 Bakgrund

Det råder stort fokus på att minska utsläpp av växthusgaser inom såväl industri som inom kraftvärmeproduktion. FN:s klimatpanel IPCC har i en specialrapport om infångning och lagring av koldioxid, på engelska kallat Carbon Capture and Storage (CCS), 2005 uppskattat att CCS har potential att bidra till 15–55 procent av den nödvändiga minskningen av de globala koldioxidutsläppen under detta århundrade. Den svenska regeringen (statlig utredning 2020:4) lyfter också fram CCS som en viktig del av vägen till en klimatpositiv framtid för Sverige. Industri och kraftvärmeproduktion står för en stor del av Sveriges totala utsläpp, som till största delen är processrelaterade utsläpp. CCS innebär att koldioxid fångas in från till exempel rökgaser eller processgaser på en industri, transporteras och slutligen permanent lagras i geologiska formationer djupt nere i berggrunden. Infångning och lagring av koldioxid (CCS) är ett sätt att uppnå stora minskningar av koldioxidutsläpp. Industri och kraftvärmeproduktion passar särskilt väl för detta, då det i regel finns stora punktformiga utsläpp av koldioxid som kan fångas in. Vissa delar av dessa verksamheter har relativt få möjligheter att, på kort sikt, göra radikala minskningar av sina koldioxidutsläpp. Då är CCS viktigt dels ur ett klimatperspektiv, dels ur ett ekonomiskt perspektiv för att stärka konkurrenskraften med insikten att koldioxidutsläpp i framtiden troligen kommer att innebära högre kostnader. Dessa minskningar är också nödvändiga för att de långsiktigt uppsatta klimatmålen skall kunna uppfyllas, både nationellt och internationellt.

Deltagarna / parterna i projektet CinfraCap; Preem, St1, Nordion Energi, Renova, Göteborgs Hamn samt Göteborg Energi arbetar samtliga för att driva omställningen till ett hållbart samhälle. Ett omfattande arbete pågår med att öka andelen förnybara råvaror vid drivmedels- och kraftvärmeproduktion, för att dels minska processrelaterade utsläpp av koldioxid men även koldioxidutsläpp från transporter. Utöver detta arbete pågår också utveckling av CCS. Delar av de koldioxidutsläppen från kraftvärmeproduktion/industri kommer att vara av förnybart ursprung, vilket innebär att det kan klassas som så kallade negativa utsläpp då CCS används. Denna del, som på engelska benämns Bio Energy Carbon Capture and Storage (BECCS), förväntas öka i takt med att mängden förnybara råvaror ökar.

Vid CCS krävs en kedja av processer och transporter innan CO₂ som fångats in vid till exempel en industri landar i ett säkert slutligt lager där det är tänkt att lagras i geologiska formationer under mark. Denna kedja kommer att se olika ut beroende på vart och hur koldioxiden fångas in samt vilka möjligheter som finns för säker slutlig lagring i närområdet. Gemensamt för alla är att CO₂ fångas in, renas och sedan transporteras till och placeras i ett slutligt lager.

Fortsatt i detta avsnitt beskrivs CCS-kedjan så som den rekommenderas att utformas för CinfraCap. Inom CinfraCap baseras transportsystemet för CO₂ till slutlig lagring på vätskeformig transport i fartyg. Sammanfattningsvis krävs följande steg i CCS-kedjan anpassat till CinfraCap, se Figur 1-1. Där stegen förvätskning, mellanlagring och export till fartyg utvärderas inom denna förstudie.



Figur 1-1 CCS-kedjan uppdelad i huvudsteg från infångning till slutlig lagring

- > Infångning – Infångning av CO₂ sker hos respektive part och genererar en rågasström med hög koncentration av CO₂. Sammansättning på denna rågas beror i grova drag av sammansättningen på den gasström varifrån CO₂ skiljs ut samt typ av infångningsteknologi. För antaganden kring typ av gasström varifrån CO₂-avskiljning sker se avsnitt 2.2.
- > Förbehandling – Innan rågasen kan förvätskas förbehandlas/renas den, komprimeras och torkas. Reningssteget anpassas till typ av föroreningar vilket här innefattar att gasen passerat en vattenskrubber där vattenlösliga föroreningar avlägsnats. Torkning sker i två steg, genom kondensering och

genom adsorption, för att erhålla en mycket torr, dvs vattenfri, CO₂ ström som lämpar sig för transport i rörledning samt förvätskning. För antaganden gällande kvalitet på inkommande gas se avsnitt 2.4.3

- > Förvätskning – I nästa steg förvätskas CO₂ samt destilleras till erforderlig renhet.
- > Mellanlagring – CO₂ i vätskeform pumpas sedan till mellanlagringstankar för att invänta export.
- > Export till fartyg – Vid export pumpas CO₂ ut till fartyg.
- > Fartygstransport – Fartyg transporterar CO₂ till mottagningsanläggning och lagring.
- > Mottagningsanläggning – Består av en mottagningsdel med kajanläggning för import och lagertankar på land.
- > Slutlig lagring – CO₂ pumpas från mottagningsanläggningen ner under havsbotten till ett geologiskt lager via en rörledning.

1.2 Syfte/mål

Utvecklingen av CCS går relativt långsamt, främst på grund av höga kostnader för värdekedjan. En stor del av projekten inom området pågår inom forskning och utveckling, samt till viss del demonstration. Det finns ett stort behov av att komma närmare realisering av dessa projekt för att kunna genomföra minskningar av växthusgasutsläpp i den takt som anses nödvändig. Därför behövs kreativa lösningar och samarbeten för att minska kostnader och då öka möjligheten för att genomföra CCS i stor skala. Denna förstudie inom projektet CinfraCap, representerar ett unikt samarbete där flera aktörer tillsammans har ambitionen att ta fram en gemensam lösning för att få en betydande kostnadseffektivisering av logistikkedjan för CCS, och på så sätt öka möjligheten för ett genomförande. CinfraCap förstudien delfinansieras av Energimyndigheten och samarbetet innefattar både offentliga och privata aktörer. Den framtagna gemensamma lösningen skall även möjliggöra för tredjepartsanslutning.

CinfraCap förstudie syftar till att bidra med en mer heltäckande bild av logistikkedjan för CCS, från förvätskning och mellanlagring via distribution till fartyg, för transport vidare till slutlig lagring. Navet för logistiken blir Göteborgs Hamn, som idag har ett nära samarbete med övriga aktörer i projektet.

De övergripande målen för förstudien är följande;

- > Säkerställa ett helhetsperspektiv genom ett unikt samarbete och möjliggöra en kostnadseffektiv distribution för CCS och därmed möjliggöra minskade utsläpp av koldioxid med ca 2 miljoner ton/år från stora industrier och kraftvärmeproducenter i Västsverige.
- > Ta fram en kostnadseffektiv teknisk lösning som dels ligger till grund för beslut av mer detaljerade studier och dels främjar investering i infrastruktur för transport och mellanlagring av infångad koldioxid från olika anläggningar för vidare transport till havs för CCS. På så sätt möjliggörs

övriga pågående satsningar avseende infångning och lagring av koldioxid.

Delmålen för projektet är att utreda följande frågeställningar;

- > Genomföra en teknisk genomförbarhetsstudie för att hitta lämpliga lösningar, gränssnitt, säkerställa tekniska krav och säkerhetskrav.
- > Säkerställa lokaliseringsförutsättningar genom att föreslå lämpliga transportsätt, lokalisering av förvätskningsutrustning och mellanlagring med hänsyn till vidare distribution, närhet till stödsystem, markfrågor och övriga verksamheter, tillstånd m.m.
- > Identifiera risker i ett tidigt skede.
- > Ta fram en första kostnadsuppskattning och genomförandeplan som beslutsunderlag till nästa fas av projektet.
- > Evaluera fördelar och nackdelar med separat respektive gemensam förvätskning samt dess påverkan på CO₂ terminalen¹.

1.3 Genomförande och förstudiegrupp

Denna förstudie inom CinfraCap har letts som ett projekt i regi av COWI och utförts i en arbetsgrupp bestående av representanter från de sex parterna; Preem, St1, Nordion Energi, Renova, Göteborgs Hamn samt Göteborg Energi.

Arbetsgruppsmöten har hållits två gånger i månaden där samtliga parter har deltagit. I tillägg har det hållits workshops för att diskutera; projektets grundförutsättningar, behov och kravställningar, risker knutna till transport och CO₂ hanteringsverksamhet, aspekter att beakta vid separat och gemensam förvätskning samt kostnadsuppskattning.

Arbetet har fokuserats på följande arbetspaket;

- > Projektledning/kommunikation
Projektuppföljning (tid, ekonomi, etc.), administration samt kommunikation (hemsida, deltagande vid konferenser, pressmeddelande).
- > Teknisk förstudie
Utredning av logistik och distributionskedjan för att få en bra teknisk och ekonomisk lösning. Bland annat har tekniska gränssnitt, volymer, kvalitetsparametrar, olika lösningar för distribution, mellanlageralternativ, säkerhetsfrågor och gränssnitt mot industrierna och mot fartyg evaluerats.
- > Lokaliseringsstudie
Lokaliseringsutredning med utgångspunkt i Göteborgs Hamn och deltagande industrier för att klargöra var och hur distributionskedjans olika delar kan placeras. Bland annat har följande utretts; krav avseende fysisk

¹ Terminal för mellanlagring samt eventuell förvätskning för vidare transport ut på båt.

planering (detaljplan), ledningsrätter och andra markfrågor, utrymmesbehov, närhet till utlastningskaj, stödsystem och annan infrastruktur, närliggande verksamheter och boenden samt riksintressen och skyddade områden. Överliggande syftet har varit att rekommendera bästa möjliga placering.

- > Grovriskanalys
Riskidentifiering i ett tidigt skede för tilltänkta anläggningar och transporter för att ta hänsyn till i det fortsatta arbetet.
- > Kostnadsuppskattning och genomförandeplan
Framtagandet av en genomförandeplan samt en kostnadsuppskattning baserat på förutsättningarna kring teknologi, lokalisering och transport. Tillståndsaspekter har även tagits med för att indikera vilka krav som kan komma att gälla för anläggningen.

Gränsdragningen för CinfraCap förstudie är definierat från staketgränsen för varje parts aktuella anläggning (där infångning av CO₂ även är tänkt att ske) till lastarm för export av CO₂ till fartyg vid kaj.

I tillägg till beskrivet ovan har det för projektet även existerat en styrgrupp som samlats en gång i månaden och där samtliga parter varit representerade. COWI har närvarat vid dessa tillfällen med syftet att inrapportera projektstatus.

Representanterna i förstudiearbetet från parterna, arbetsgrupp, styrgrupp och kommunikationsgrupp återfinns i bilaga AF, A209494-3-04-DC-DLI-0001 (SEKRETESSBELAGD).

1.4 Förkortningar

AACE	"The Association for the Advancement of Cost Engineering"
BOG	"Boil-off-gas" – avkokad CO ₂
CAPEX	"Capital Expenditures" – Investeringar i anläggningstillgångar eller utveckling av tjänster.
CCS	"Carbon Capture Storage" – Infångning och lagring av koldioxid
EU	Europeiska Unionen
ETS	"Emissions trading system" – Handelssystem med utsläppsrätter

FID	"Financial Investment Decision" – Beslut om finansiella investeringar
GCO ₂	Gasformig CO ₂
IPCC	"Intergovernmental Panel on Climate Change" – Förenta Nationernas klimatpanel
LCO ₂	Vätskeformig CO ₂
MTO	"Material Take Off"
OPEX	"Operational Expenses" – Löpande utgifter för underhåll av en produkt, tjänst eller system
TPD	"Tonnes Per Day" – ton per dag

1.5 Sekretess

COWI har inhämtat tekniska data samt prisuppgifter rörande förvätskningsanläggningar samt mellanlagringstankar med stöd av sekretessavtal, och får bara sprida informationen under vissa begränsade omständigheter. Bolaget kommer därför lida skada i form av skadestånd om uppgifterna lämnas ut, och begär därmed sekretess för dem enligt offentlighets- och sekretesslagen (2009:400) kap. 31 § 16.

De bilagor till denna förstudierapport som är förlagda med sekretess får ej spridas eller delas med utomstående. Dessa är markerade med:

"Sekretessbelagda uppgifter i sin helhet enligt avsnitt 1.7 i CinfraCap – förstudierapport – får ej spridas och sekretess enligt offentlighets- och sekretesslagen (2009:400) kap. 31 § 16 begärs."

2 Designförutsättningar

Detta avsnitt presenterar de förutsättningar och antaganden som ligger till grund för arbetet inom CinfraCap förstudie. Förutsättningar såsom ämnesegenskaper för mediet koldioxid (CO₂), årsgenomströmning av koldioxid genom terminalen och antaganden kring fartygstransport berörs.

2.1 Lokalisering

Lokalisering av följande anläggningar och delsystem har utretts i denna förstudie;

- > Parternas anläggningar – Infångning och avskiljning av CO₂
- > CO₂-terminal – Mellanlagring samt gemensam förvätskning
- > Kajlägen

2.1.1 Lokalisering – Parternas anläggningar

Lokalisering av de olika parternas anläggningar för infångning och avskiljning av CO₂ som avses i studien redovisas i Tabell 2-1 samt i kartan Figur 2-1.

Tabell 2-1 Lokalisering av parternas anläggningar för CO₂-infångning.

Part	Anläggning	Fastighetsbeteckning
Preem	Preemraff Göteborg	Göteborg Syrhåla 2:1
St1	St1 Refinery Göteborg	Göteborg Bräcke 42:1
Göteborg Energi	Rya kraftvärmeverk	Göteborg Rödjan 3:1
Renova	Avfallskraftvärmeverket (Avfallsbehandlingsanläggning) Sävenäs	Göteborg Sävenäs 168:5



Figur 2-1 Översikt placering av de anläggningar som avses i denna förstudie; Preem, Stt, Göteborg Energi samt Renova. Ref. även Bilaga L.

2.1.2 Lokalisering – CO₂-terminal

De olika alternativen som anses som potentiella platser för lokalisering av CO₂-terminalen redovisas i Tabell 2-2 samt markerade på översiktskarta över Göteborgs Hamn, se Figur 2-3.

Tabell 2-2 Potentiella alternativ för lokalisering av CO₂-terminal.

Alternativ	Område
Risholmen	Torshamnen
Skarvik 4	Energihamnen (Göteborgs Hamn)
"Svarta Havet" - Rya	Energihamnen (Göteborgs Hamn)



Figur 2-2 Potentiella alternativ för lokalisering av CO₂-terminal; Risholmen, Skarvik 4 samt Rya.

2.1.3 Lokalisering – Kajlägen

De kajlägen som anses som potentiella alternativ för fartygen att lägga till vid, samt är placerade i anknytning till CO₂-terminal alternativen ovan, redovisas i Tabell 2-3 nedan. Referera även till Bilaga P, Göteborgs Hamn AB – Karta kajlägen. Det finns ingen existerande kajläge vid Torshamnen som bedöms vara tillgänglig. Vid lokalisering av CO₂-terminal i detta område skulle det krävas en ny kajbyggnation, i ett område som för närvarande saknar detaljplan. En sådan nybyggnation skulle sannolikt medföra större kostnader än anpassning av existerande kajer i Skarvik 4 och Svarta Havet – Rya, mot de i denna studie förutsatta angörande fartygen.

Tabell 2-3 Potentiella kajlägen som utretts. Referens <https://www.goteborgshamn.se/maritimt/kajer-och-terminaler-i-goteborgs-hamn/karta/energihamnen/>, Bilaga P.

Skarvik 4	Torshamnen	Svarta Havet - Rya
506, 507, 508-509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521.	Inget existerande kajläge som bedöms vara tillgänglig. Nybyggnation krävs.	551, 555, 556 A-C



Figur 2-3 Översikt potentiella kajlägen (röda prickar)

2.2 Förhållanden vid leveransgräns

Erforderliga systemen för infångning och förbehandling av CO₂ antas placeras innanför staketgräns på respektive parts tilltänkta anläggning. ref avsnitt 3 för leveransgränser.

Typ av gasström ur vilken CO₂ avses avskiljas har angetts av parterna och sammanfattas i Tabell 2-4. Typ av infångningsteknik som avses användas har i detta skede enbart angivits av en av parterna. Aminabsorberteknik, som är den mest förekommande i dagsläget antas därför som infångningsteknologi för samtliga.

Tabell 2-4 Typ av gasström för CO₂-avskiljning

Part	Anläggning	Typ av gasström
Preem	Preemraff Göteborg	Syngas från vätgasproduktion
St1	St1 Refinery Göteborg	Syngas från vätgasproduktion, samt rökgas från processugnar
Göteborg Energi	Rya kraftvärmeverk	Rökgas från förbränning av biobränslen
Renova	Avfallskraftvärmeverket (Avfallsbehandlingsanläggning) Sävenäs	Rökgas från förbränning av hushållsavfall

Den infångade och förbehandlade koldioxiden antas vara tillgänglig för transport vidare i gasform (GCO₂) eller i vätskeform (LCO₂) till CO₂-terminalen via lämpligt transportsystem (denna förstudies leveransgräns). Koldioxiden antas vid leveransgräns följa den CO₂ specifikation som anges i avsnitt 2.4.3.

2.3 CO₂ mängder

I följande avsnitt presenteras de mängder CO₂ parterna angett att de avser fånga in samt hur mängderna förväntas fördelas över tid.

2.3.1 Årston

Härnadan i Tabell 2-5 åskådliggörs den mängd koldioxid som varje part stegvist planerar att infånga samt lagra över tid, med start år 2025. Parterna Nordion Energi och Göteborgs Hamn bidrar ej med CO₂ till terminalen.

Tabell 2-5 Årston

Part	Beskrivning	Steg	År	Infångad CO ₂ (ton/år)
Preem	Raffinaderi	1	2025	300 000
		2	2030	300 000
St1Refinery	Raffinaderi	1	2025	100 000
		2	2027	500 000
Göteborg Energi	Fjärrvärme-produktion	1	2030	156 000
Renova	Avfallsförbränning	1	2030	160 000
		2	2040	340 000
Totalt			2040	1 856 000

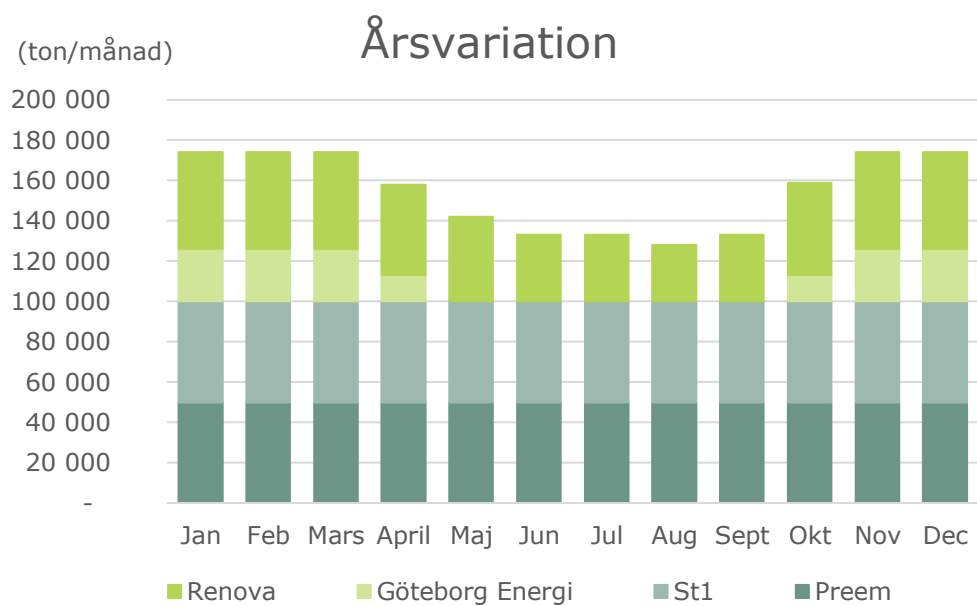
2.3.2 Årstidsvariation och dimensionerande flöden

Fortsatt har parterna angett hur mängderna infångad CO₂ förväntas variera över året. För de två raffinaderierna, Preem och St1, förväntas en mindre variation som baseras på raffinaderiernas produktionstakt. Denna variation har ingen direkt koppling till årstider. Renova och Göteborg Energi, som bägge producerar fjärrvärme, anger att de har en årstidsrelaterad variation. Dimensionerande flöden för transport och förvätskning har baserats på de månaderna med förväntat högst infångning. För dimensionerande mängder infångad CO₂, se Tabell 2-6. Antagen variation mellan lägsta och högsta flöde anges för Renova till 60 % och för Göteborg Energi till 50 % av maximalt flöde samt helt uteblivet flöde under sommarmånaderna. Detta ger för den totala genomströmningen en variation mellan 74 – 100 %, se Figur 2-4.

Tabell 2-6 Dimensionerande mängder infångad CO₂

Parter	År	Dimensionerande flöden		
		(ton/månad)	(ton/dygn)	(ton/h)
Preem - Steg 1	2025	25 000	822	34
Preem - Steg 1+2	2030	50 000	1 644	68
St1 - Steg 1	2025	8 333	274	11
St1 - Steg 1+2	2027	50 000	1 644	68
Göteborg Energi - Rya - Steg 1	2030	26 000*	867*	36*
Renova - Steg 1	2030	13 333	438	18
Renova - Steg 1+2	2040	48 000*	1 600*	67*

* Dimensionerande data baseras på årsvariation, månad med högst produktion.



Figur 2-4 Årsvariation inkommande mängder.

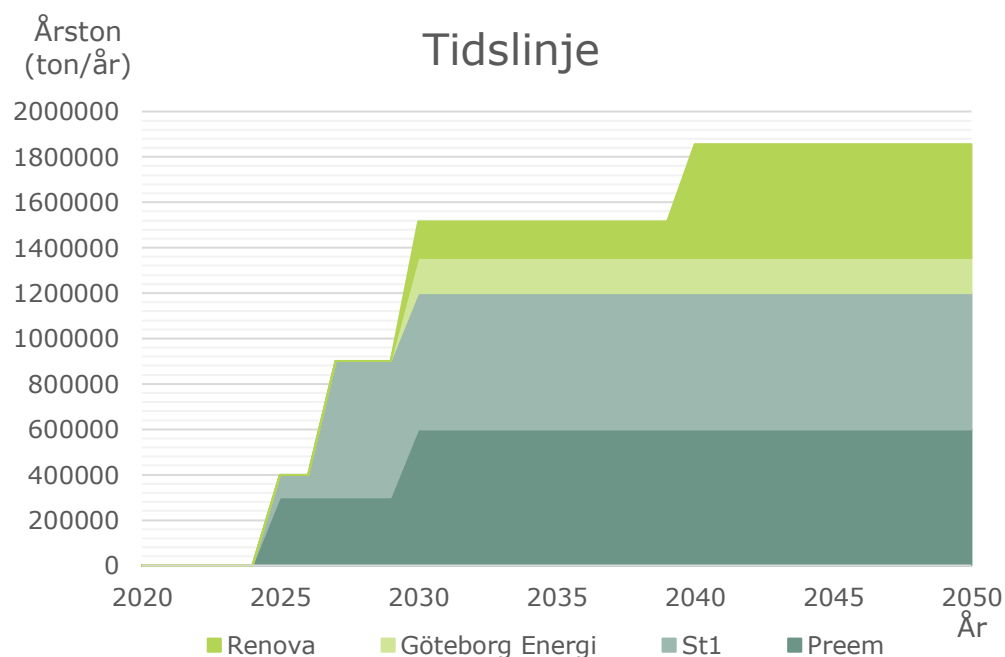
2.3.3 Årsgenomströmning och tidslinje

Inom ramen för studien har antaganden kring mängder från respektive kund preciserats ytterligare. Den sammanräknade årsgenomströmningen har placerats ut på en tidslinje för att ge en bild av den förväntade ökningen av genomströmning för CO₂-terminalen över tid, se Tabell 2-7 samt Figur 2-4. Eventuella mängder från tredje part har inte inkluderats i denna studie.

Tabell 2-7 Tidslinje – Kapacitetsökning

Fall	Parter	År	LCO2 (ton/år)	Dimensionerande flöden		
				(ton/m)	(ton/d)	(ton/h)
1	St1 steg 1 + Preem steg 1	2025	400 000	33 333	1 096	46
2	St1 steg 1,2 + Preem steg 1	2027	900 000	75 000	2 466	103
3a	St1 steg 1,2 + Preem steg 1,2	2030	1 200 000	100 000	3 288	137
3b	St1 steg 1,2 + Preem steg 1,2 + Gbg Energi Rya	2030	1 356 000	126 000*	4 154*	173*
4	St1 steg 1,2 + Preem steg 1,2 + Gbg Energi Rya + Renova steg 1	2030	1 516 000	139 333*	4 593*	191*
5	St1 steg 1,2 + Preem steg 1,2 + Gbg Energi Rya + Renova steg 1,2	2040	1 856 000	174 000*	5 754*	240*

* Dimensionerande data baseras på årsvariation, månad med högst produktion.



Figur 2-5 Årsgenomströmning och tidslinje

2.4 Koldioxid – Tryck, temperatur och kvalitet

Följande avsnitt berör antaganden kring vid vilket tryck och temperatur koldioxid avses hanteras inom CinfraCap. Utgångspunkten är i stort baserat på gällande praxis och förslag från pågående projekt inom CCS. Inledningsvis beskrivs ämnesegenskaper specifikt för koldioxid.

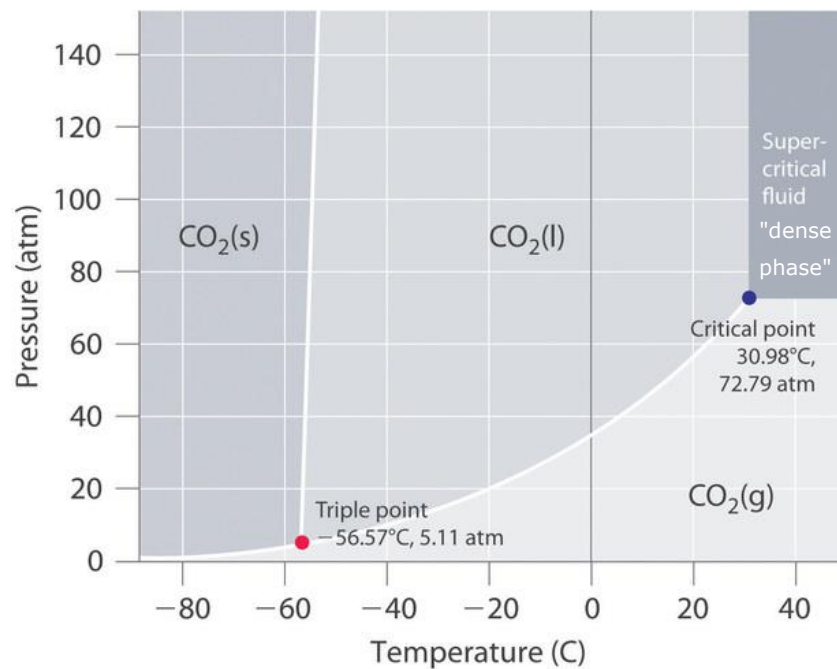
2.4.1 Koldioxid – Ämnesegenskaper

Koldioxid (CO₂) är en färglös gas som förekommer naturligt i låg koncentration i luft. CO₂ är vid normala atmosfäriska förhållanden tyngre än luft, vilket påverkar gasens spridning vid eventuellt läckage. I Figur 2-6 visas ett fasdiagram för CO₂, där de olika grå fälten representerar olika faser; gasfas (g), vätskefas (l), fast fas (s) och superkritisk fas eller även kallad "dense phase". Trippelpunkten för CO₂, där de tre faserna gas/vätska/fast möts, är placerad i fasdiagrammet på ett sådant sätt att en ren nedkylning av CO₂ vid atmosfärstryck leder direkt till fast fas, även kallad torris. Vid atmosfärstryck sublimerar torris, det vill säga övergår direkt från fast fas till gasfas, utan att passera vätska, vid en temperatur på -79 °C.

Vid transport eller lagring av CO₂ i vätskefas krävs ett tryck och en temperatur som ligger över mättnadskurvan. Förloppet vid en trycksänkning på grund av driftstörning eller läckage är sådant att temperaturen sjunker och torris kan bildas. Transport av CO₂ i rörledning görs ofta i "dense phase", superkritiskt tillstånd, varken gas eller vätska utan ett tillstånd där emellan. Detta tillstånd uppnås vid tryck och temperatur över den kritiska punkten och har en högre densitet än gasfas men ger lägre tryckfall än vätska vilket gör transporten fördelaktig på längre sträckor (längre än 10-30 km²). Normalt driftstryck hålls då på mellan 80 och 150 barg. Transport i superkritiskt tillstånd lämpar sig inte på kortare sträckor samt där trycket vid användning, i slutet av transporten är väsentligt lägre än transporttrycket. Läckage av trycksatt CO₂ i vätskefas kommer i många fall ge en synlig plym på grund av att vatten i lyften kyls ner och kondenserar vilket skapar dimma. Läckage av varm CO₂ ger inte denna effekt utan kan ske utan synlig plym.

Närvaro av föroreningar i form av andra gaser (såsom O₂, N₂, Ar, SO₂, NO_x) påverkar mediets fasegenskaper. Generellt ökar det kritiska trycket vid inblandning av andra gaser. Även fysikaliska egenskaper för CO₂ i vätskefas påverkas betydande även vid låga koncentrationer av lätta gaser. För ytterligare fysikaliska data se Bilaga V, A209494-04-02-PD-PM-0002 "PM Mass- och energibalans" (SEKRETESSBELAGD).

² "Technology Data - Energy transport", 2017, Danish Energy Agency and Energinet.



Figur 2-6 Fasdiagram CO₂

Trippelpunkt	-56,57 °C och 5,11 bara
Temperatur vid sublimering, atmosfärstryck	-79 °C
Densitet i gasfas (0 °C, atmosfärstryck)	1,98 kg/m ³
Kritisk punkt	30,98 °C och 72,79 bara

2.4.2 CO₂ - Tryck och temperatur vid transport och lagring

Vid hantering av CO₂ i vätskefas hålls den vid en låg temperatur och kallas då kryogen vätska. Därav har mediets tryck och temperatur betydelse vid transport och lagring. Följande antaganden har gjorts för tryck och temperatur i olika delar CCS-kedjan för CinfraCap.

Export till fartyg

Produkten antas vid export till fartyg hålla maximalt 15 barg och mättat tillstånd, ca -26,5 °C. Tryck och temperatur vid export är valt för att produkten vid ankomst till mottagningsanläggningen skall hålla ett mättnadstryck på maximalt 18 barg. Detta antagande är baserat på gällande praxis för transport av vätskeformig CO₂ samt på förutsättningar angivna för en framtida anläggning för mottagning och slutlig lagring av CO₂ inom projektet Northern Lights³).

Mellanlager

Driftstrycket i mellanlagret antas hållas på en nivå som möjliggör export vid maximalt mättnadstryck 15 barg, vilket motsvarar en temperatur på ca -26,5 °C. Ett intervall på 13-15 barg antas.

³ "Northern lights FEED report", 2020, Equinor förväntat arbetstryck 13-18 barg och mättat tillstånd.

Ut från förvätskning

Mättnadstryck på CO₂ som lämnar förvätskningsanläggningen anpassas efter givna förutsättningar. Vätskan bör vara underkyld för att kompensera för inläckage av värme vid transport och lagring.

2.4.3 CO₂ specifikation

Följande avsnitt berör antaganden för kvalitet/sammansättning på CO₂ vid import och export vid CO₂-terminalen.

Kvalitet import vätskeformig CO₂

Vid import av vätskeformig CO₂ för mellanlagring på CO₂-terminalen skall de krav som anges för export av vätskeformig CO₂ uppfyllas. Tillståndet på vätskan vid ankomst till lagret skall motsvara mättnadstryck 15 barg, svagt underkyld. För beräkningar används en under kylning på ca 2 °C, vilket motsvarar en temperatur på ca -28,5 °C.

Kvalitet import gasformig CO₂

Gasformig CO₂ som transporteras till terminalen skall vara konditionerad. Detta innebär att vattenlösliga föroreningar och stoft har avlägsnats samt att gasen vid ankomst till terminalen skall vara torr. Detta för att undvika utfällning av fritt vatten i anläggningsdelar för transport och förvätskning samt för att minimera risk för korrosion. Torrhalt och trycknivå anpassas även till vald lösning för förvätskning.

Sammansättning på inkommande gas påverkas av vald infångningsteknik samt har påverkan på val av och dimensionering av förvätskningsanläggning. För beräkningar samt dialog med leverantörer har i denna förstudie typiska värden för sammansättning på inkommande CO₂ använts baserat på rågas från infångning av amin-absorbertyp, se Tabell 2-8.

Tabell 2-8 Sammansättning inkommande CO₂ gasfas.

Komponent	Koncentration	Kommentar
Koldioxid (CO ₂)	>99,3 vol%	
Kväve (N ₂)	0,10 mol%	
Väte (H ₂)	0,50 mol%	
Vatten (H ₂ O)	<30 ppmv ⁴	Nivå skall sättas så att risk för kondensering av vatten elimineras i samtliga efterföljande steg i process och transportkedjan.
Metan (CH ₄)	0,11 mol%	
Kolmonoxid (CO)	75 ppmv	(0.0075 vol%)
Syre (O ₂)	50 ppmv	(0.0050 vol%)

⁴ "Technology Data - Energy transport", 2017, Danish Energy Agency and Energinet, Introduction to CO₂ transport.

Kvalitet export vätskeformig CO₂

Kvalitetskrav på utgående vätskeformig CO₂ sätts för att möta kraven på renhet vid slutlig lagring samt för att möjliggöra en rimlig teknisk design avseende materialval och risk. Litteraturen visar på ett antal olika specifikationer med olika nivå på renhet. I denna studie har specifikationen satts i enligt Tabell 2-9⁵. Dessa krav anses vara ställda så att förutsättningar för anslutning till framtida projekt för slutlig lagring skall vara möjlig⁶.

Tabell 2-9 CO₂ Specifikation – Kvalitetskrav på utgående CO₂. Nortehr Lights.

Komponent	Koncentration ppm(mol)	Kommentar
Vatten (H ₂ O)	≤ 30	Nivå satt för att undvika bildning av hydrater och utfällning av fritt vatten i anläggningsdelar för transport och mellanlagring. Detta för att minimera risk för blockering samt korrosion.
Syre (O ₂)	≤ 10	Sätts för att möta krav på renhet vid slutlagring. O ₂ kan skapa korrosion vid reaktion med klorider (Cl) vid slutlagring.
Svaveloxid (SO _x)	≤ 10	SO _x har en accelererande effekt på korrosion i närvaro av vatten.
Kväveoxider (NO _x)	≤ 10	NO _x har en accelererande effekt på korrosion i närvaro av vatten.
Vätesulfid (H ₂ S)	≤ 9	Giftig vid inandning. Nivå satt för att minska risk vid eventuellt läckage.
Kolmonoxid (CO)	≤ 100	Giftig vid inandning. Nivå satt för att minska risk vid eventuellt läckage.
Ammin	≤ 10	Har potential att reagera med och bryta ner icke-metalliska material.
Ammoniak (NH ₃)	≤ 10	
Väte (H ₂)	≤ 50	H ₂ kan ge korrosion i form av vätgassprödhet.
Formaldehyd	≤ 20	Kan reagera med syre till myrsyra.
Acetaldehyd	≤ 20	Kan reagera med syre till ättiksyra.
Kvicksilver (Hg)	≤ 0.03	Giftigt för personal. Kan orsaka sprödhet i metalliska material.
Kadmium (Cd), Tallium (Tl)	≤ 0.03 (sum)	Giftigt för personal. Kan orsaka sprödhet i metalliska material.

2.5 Driftförutsättningar

Systemen antas i denna studie köras i kontinuerlig drift året runt. Systemen skall i senare faser designas med hänsyn till variation i mängd inkommande och utgående CO₂.

⁵ Baserade på projektet Northern Lights, specifikation enligt dokument "Northern lights FEED report", 2020, Equinor.

⁶ "A Trans European CO₂ Transportation Infrastructure for CCUS Opportunities Challenges 1", 2020, ZEP - Zero Emission Platform.

Dimensionerande flöden för samtliga parter anges i avsnitt 2.3.2. Variationen i inkommande strömmar har i denna studie ej beaktats fullt ut. Variation på kort och lång sikt har påverkan på fartygslogistik samt på val av och dimensionering av förvätskningsanläggning.

Mellanlagret antas i denna studie dimensioneras för en försening av utgående fartyg med ett dygn (24 h).

2.6 CO₂ - Mätning och rapportering

EU ETS reglementet⁷ styr handeln med utsläppsrätter för CO₂. För att säkra efterlevnad av EU ETS skall CO₂ utsläpp mätas, övervakas och inrapporteras till myndigheterna. Inrapportering av data skall efterleva kraven på noggrannhet som ställs i EU förordning 2018/2066 (FAR)⁸, Artikel 7.

Förordningen presenterar hur data kan samlas in för inrapportering, via en beräkningsbaserad eller mätningbaserad metod. I Sverige är det Naturvårdsverket⁹ som på uppdrag av regeringen ansvarar för en rad områden inom EU ETS och vägleder myndigheter, företag och organisationer i relaterade frågeställningar.

Utöver mängd, kommer det sannolikt att ställas krav, bland annat från aktör ansvarig för slutlig lagring, på att analysera och övervaka kvaliteten/sammansättning av CO₂ eftersom delar av transport och lagringskedjan är känslig för variationer, något som kan leda till negativa konsekvenser för utrustningarna

2.7 Kaj

Den kaj som avses användas för CO₂-utlastning antas vara nästintill helt dedikerad för detta ändamål. Det vill säga enbart logistikkedjan för CO₂-fartygen påverkar tillgängligheten på kajen. Kajen skall som ett minsta krav ta emot fartyg med maxlängd på 130 m och djupgående på 8,5 m med en frigång på + 1 m under köl, se avsnitt 5.1.9.

Kajens tillgänglighet antas vara 90 % på årsbasis. Orsaker till att kajen ej är tillgänglig antas vara faktorer relaterat till väderförhållanden, planerat och icke planerat underhåll samt tillgång på personal. Siffran för tillgänglighet baseras på historiska uppgifter från Göteborgs Hamn.

⁷ https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_en

⁸ [KOMMISSIONENS GENOMFÖRANDEFÖRORDNING \(EU\) 2018/ 2066 - av den 19 december 2018 - om övervakning och rapportering av växthusgasutsläpp i enlighet med Europaparlamentets och rådets direktiv 2003/ 87/ EG och om ändring av kommissionens förordning \(EU\) nr 601/ 2012](#)

⁹ [Vägledning om utsläppshandel, referensbibliotek - Naturvårdsverket \(naturvardsverket.se\)](#)

Kajen antages vidare vara utrustad med erforderliga servicesystem och funktioner för de angörande fartygen, såsom landström, färskvatten och slopsvattenhantering.

2.8 Slutlig lagring av CO₂

CO₂ skall transporteras från den planerade CO₂-terminalen i Göteborgs hamn via fartyg till ett eller flera anläggningar för slutlig lagring av CO₂.

Terminalkonceptet inom CinfraCap skall möjliggöra för olika framtida aktörer för slutlig lagring. Det vill säga att inte med specifik design låsas till en aktör för slutlig lagring men att beakta de olika alternativen som kommer att finnas.

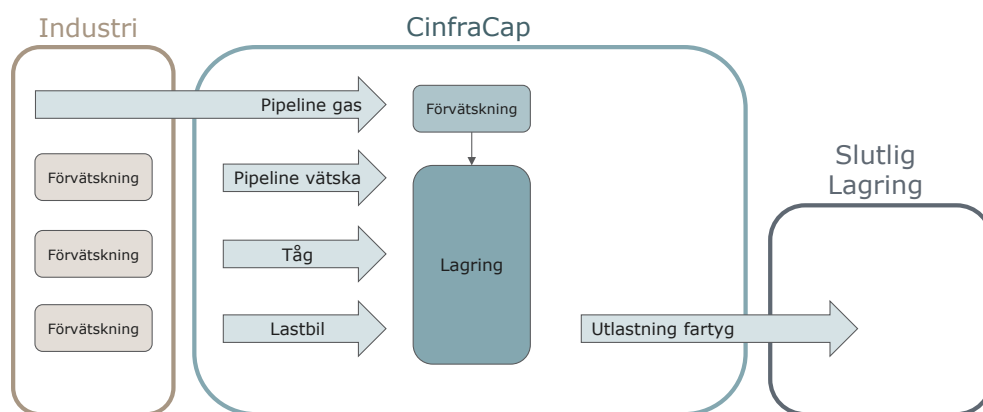
Det projekt för slutlig lagring av CO₂ som i dagsläget anses mest aktuell när det gäller att ge input till förstudien i CinfraCap-projektet är Northern Lights¹⁰. Northern Lights anger att de förbereder för mottagning av CO₂ i vätskeform från tredjepartskunder med start 2025.

För projektet Northern Lights är mottagningsanläggning för lagring lokaliserat i Kollsnes på Norges västkust. För transport mellan CinfraCap och Northern Lights anläggning uppskattas en sträcka på 350 nautiska mil och en cykeltid med fartyg på teoretiskt 4-5 dygn. Cykeltiden är baserat på input från Northern Lights.

¹⁰ Northern Lights ingår som en del av den norska satsningen Langskip "the Norwegian full-scale CCS project". Northern lights är ett samarbete mellan Equinor, Shell och Total. Northern Lights arbetar för att tillhandahålla en lösning för transport, mottagande och lagring av CO₂ inom ramen för CCS.

3 Leveransgräns (Battery limit)

Gränssnitt för CinfraCap förstudie är definierat för inkommande strömmar från staketgränsen för varje parts aktuella anläggning (där infångning av CO₂ även är tänkt att ske) och för utgående ström efter lastarm för export av CO₂ till fartyg vid kaj. Innanför detta gränssnittsområde (ref. Bilaga A, A209494-4-05-PD-PFD-0001/0002 – "ingår ej i CinfraCAP") är syftet att svara på de frågeställningar som finns beskrivna i avsnitt 1.2. Se Figur 3-1 för en schematisk illustration över gränssnitt (battery limits) som satts för förstudien. Undantag har dock gjorts för förvätskning hos respektive part som har inkluderats i omfattningen för förstudien för att möjliggöra jämförelse av olika alternativa lösningar.



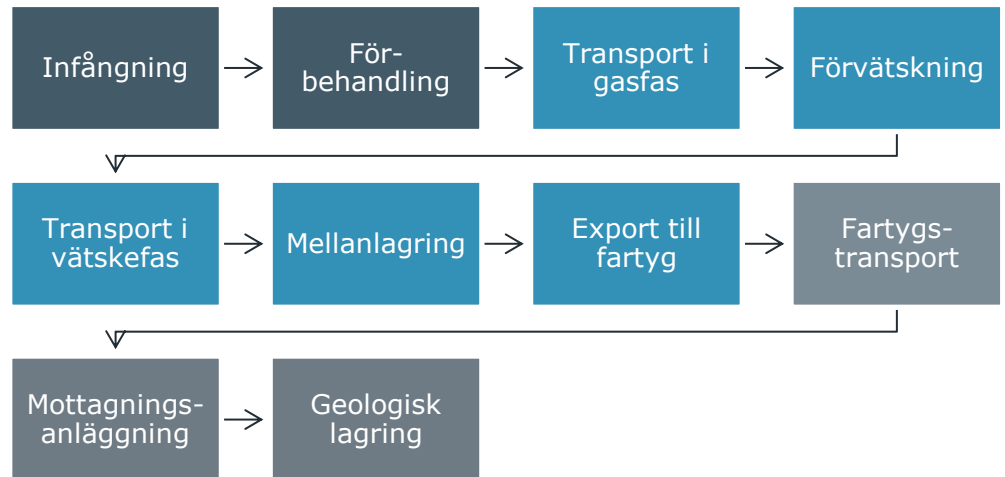
Figur 3-1 Schematisk illustration över Leveransgränser - CinfraCap förstudie

Denna förstudie avser inte att studera;

- > Det som sker innanför varje parts staketsgräns. Undantaget i denna förstudie är när förvätskning sker separat hos respektive part (Scenario A – separat förvätskning, se avsnitt 4). I det tillfället har förstudien även beaktat förvätskningsanläggningarna innanför staketgräns i jämförande syfte (mot Scenario B – delvis gemensam förvätskning) för att undvika uppenbara suboptimerings i optimeringen av transportlösningen.
- > Transport från kaj till och med mottagningsanläggning där slutlig lagring sker.
- > OPEX kostnader. Underlag i form av bland annat el- och kylvattenbehov, samt transporter tas dock fram i rapporten och utgör processmässigt underlag för framtagandet av OPEX kostnaderna i projektet CinfraCap.
- > Föreslå ägarförhållanden och affärsmodell för ägande och drivande av den tänkta verksamheten inom CinfraCap.

4 Processbeskrivning

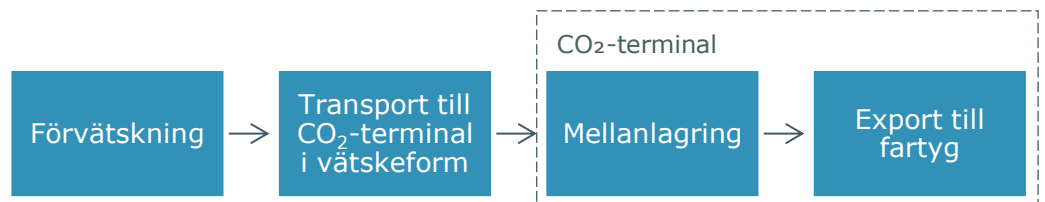
Värdekedjan för CCS kommer se olika ut beroende på lokala förutsättningar. För CinfraCap antas värdekedjan innefatta infångning, förbehandling, transport till förvätskning i gasfas, förvätskning, transport från förvätskning i vätskefas, mellanlagring, export till fartyg, fartygstransport, mottagningsanläggning och geologisk lagring, se Figur 4-1. Inom CinfraCap förstudie utvärderas den del av värdekedjan för CCS som omfattar förvätskning, transport till och från förvätskning, mellanlagring samt export till fartyg.



Figur 4-1 Värdekedja för CCS – Utformad för CinfraCap. Infångning, förbehandling, transport till förvätskning i gasfas, förvätskning, transport från förvätskning i vätskefas, mellanlagring, export till fartyg, fartygstransport, mottagningsanläggning och geologisk lagring.

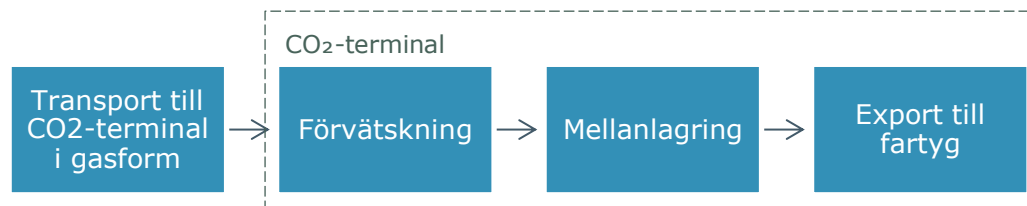
Två huvudscenarion för utformning av dessa delsystem har studerats och baseras på separat alternativt gemensam förvätskning. Där skillnaden ligger i om respektive part eller CO₂-terminalen skall stå för förvätskning av koldioxiden;

- > Separat förvätskning (Scenario A) – Förvätskning sker hos respektive part. CO₂ transporteras till CO₂-terminalen i vätskeform för mellanlagring och export, se Figur 4-2.



Figur 4-2 Separat förvätskning

- > Delvis gemensam förvätskning (Scenario B) – CO₂ transporteras till CO₂-terminalen i gasform för förvätskning i en gemensam anläggning, se Figur 4-3. För Renova har separat förvätskning och väsketransport i tankbil ansetts mest lämpligt även i scenario B, se avsnitt 7.8.



Figur 4-3 Gemensam förvätskning

I följande avsnitt beskrivs de delsystem som omfattas av förstudien och hur utformningen anpassas till respektive scenario. Utvärderingen av CO₂-transport från parternas respektive anläggningar för infångning och avskiljning till CO₂-terminalen utgår från följande alternativ:

- > CO₂ i vätskeform med tankbil
- > CO₂ i vätskeform med tåg
- > CO₂ i vätskeform i rörledning
- > CO₂ i gasform i rörledning

Transport i rörledning av CO₂ i superkritiskt tillstånd så kallad "dense-phase" berörs inte i rapporten då de studerade lokaliseringarna ej ansetts lämpliga för denna typ av transport. Transport i "dense phase" lämpar sig fram för allt på sträckor över 10-30 km och där trycket i överlämningspunkten i slutet på rörledningen är högt, till exempel vid direkt injektion i havsbotten. Trycksänkningen är i annat fall förknippad med betydande energiförlust.

Fördjupande resonemang kring föreslagen utformning och dimensionering finns beskrivet i separat PM, se Bilaga U, dokument A209494-04-02-PD-PM-0001 PM Terminaloptimering.

4.1 Separat förvätskning (Scenario A)

Vid separat förvätskning placeras en eller flera förvätskningsanläggningar lokalt hos respektive part. CO₂-strömmen tas då direkt från infångning via förbehandling som antas omfatta tvättsteg, komprimering och torkning in till förvätskningsdelen. Efter förvätskning exporteras vätskeformig CO₂ antingen genom att pumpas via isolerade rörledningar alternativt via transport med tankbil eller tåg till det gemensamma mellanlagret på terminalområdet.

I Tabell 4-1 presenteras ett inom CinfraCap förstudie framtaget förslag gällande erforderligt antal och kapacitet på de förvätskningsanläggningar som etableras hos respektive part. Samt det transportslag som förordas från förvätskning till CO₂-terminalen. Den enhets som används är TPD vilket på svenska motsvarar ton per dygn. Den totala kapaciteten för respektive part har antagits baserat på dimensionerande flöden som presenteras i Tabell 2-6. Generellt har kapaciteten satts för att ge möjlighet till stegvis utbyggnad samt att det i många fall

installeras minst 2 enheter vid fullt utbyggd kapacitet för att tillgodose kraven på tillgänglighet och möjlighet till variation i flöde.

Tabell 4-1 Separat förvätskning (Scenario A) – Förvätskning hos respektive part – antal och kapacitet. Transportslag vätskeformig CO₂ till CO₂-terminalen.

	Preem	St1	Göteborg Energi	Renova
Förvätskning (antal enheter x kapacitet)	2 x 850 TPD	2 x 850 TPD	1 x 850 TPD	2 x 800 TPD
Transport till CO ₂ -terminal	Rörledning	Rörledning	Rörledning	Tankbil

Följande aspekter är specifika för separat förvätskning:

- > Närheten mellan huvudprocess, infångning, förbehandling och förvätskning ger förutsättningar för integrering mellan systemen. Detta kan innefatta; utnyttjande av gemensamt kylvattensystem, värmeintegrering, utnyttjande av befintliga stödsystem och infrastruktur, integrering av krets för köldmedium/lågtemperaturkylsystem för förvätskning och torkning mm.
- > Transport av CO₂ i vätskefas i rörledning kräver hantering av inläckage av värme. Detta görs med bland annat isolering av ledningar samt genom underkylning av vätskan ut från förvätskningsanläggningen. Förångning/BOG bör undvikas helt vid normal drift men kan uppstå vid stillestånd och idrifttagning av varma system. Utrustning för hantering och ventiler av BOG placeras utefter rörledningen.
- > Trycksänkning i rörledning för vätskeformig CO₂ medför risk för bildning av torris vilket kan leda till längre stillestånd.
- > Transport av CO₂ i vätskefas i tankbil eller tåg kräver utrustning för lastning respektive lossning samt logistik för transporten. I detta fall krävs även en form av interim lagertank i anslutning till förvätskningsanläggningen hos parten för lagerhållning av LCO₂ mellan lastningarna.

4.2 Delvis gemensam förvätskning (Scenario B)

Vid delvis gemensam förvätskning placeras en eller flera förvätskningsanläggningar på terminalområdet direkt i anslutning till mellanlagret. Denna är tänkt att nyttjas av de tre parter som ligger i närområdet. Efter infångning och förbehandling transporteras CO₂ i gasform till terminalområdet via rörledningar. För Renova och eventuell tredje part där rörtransport ej är genomförbar krävs separat förvätskning och transport med tankbil eller tåg även vid delvis gemensam förvätskning. Den totala kapaciteten för respektive part har antagits baserat på dimensionerande flöden som presenteras i Tabell 2-6. Generellt har kapaciteten satts för att ge möjlighet till stegvis utbyggnad samt att det i många fall installeras minst 2 enheter vid fullt utbyggd kapacitet för att tillgodose kraven på tillgänglighet och möjlighet till variation i flöde.

Tabell 4-2 Delvis gemensam förvätskning (Scenario B) – Förvätskning på CO₂-terminalen samt hos Renova – Antal och kapacitet. Transportslag till CO₂-terminalen.

	Renova	CO ₂ -terminal
Förvätskning (antal enheter x kapacitet)	2 x 800 TPD	3 x 1400 TPD
Transport till CO ₂ -terminal	Tankbil	Rörledning gasfas

Följande aspekter är specifika för gemensam förvätskning:

- > Komprimeringssteget hos varje part skall dimensioneras för tryckförluster vid gastransport till terminalområdet.
- > Transport av CO₂ i gasfas rekommenderas vid 10-15 barg tryck för att eliminera risk för kondensation i rörledning vid drift samt vid stillestånd. Vid omgivningstemperaturer ner till -20 °C anses ingen risk för kondensation föreligga vid detta tryck.
- > Trycknivåer i förbehandling, transport och förvätskning bör studeras vidare för att optimera energianvändningen för hela systemet.
- > Integrering mellan förvätskning och förbehandling ej möjlig. Ett externt lågtemperaturkylsystem för torksteget som utgör en del av förbehandlingen krävs.
- > Närhet till befintlig industri saknas. Försörjningssystem behöver upprättas för tryckluft, kväve och kylvatten.
- > Befintliga försörjningssystem i hamnen för brandvatten och avlopp kan utnyttjas.
- > Eventuell värmeåtervinning kan levereras till fjärrvärmenätet via lokal anslutning i hamnen.

4.3 Mellanlager

Mellanlagertankarna på CO₂-terminalen har till uppgift att lagerhålla infångad och förvätskad CO₂ till dess att den kan skeppas vidare med fartyg. Optimering av mellanlagrets storlek påverkas av inflöde och utflöde samt en marginal för förseningar i framförallt fartygstransportkedjan. Generellt kan förhållandet uttryckas som att större fartyg samt större marginal i antal dagars försening i fartygslogistikkedjan kräver större mellanlagringskapacitet.

Inflöde av CO₂ till terminalen sätts av de dimensionerande flöden som respektive part angett och som presenteras på en tidslinje i Tabell 2-7.

Utflöde från terminalen sker med fartyg där fartygslogistiken anpassas för att transportera bort motsvarande inkommande mängd på årsbasis. Här spelar storlek på varje fartygslast och frekvensen mellan anlop in. Detta diskuteras vidare under avsnitt 4.4. I denna förstudie används en fartygsstorlek baserat på en standardkonstruktion som föreslås inom projektet Northern Lights med 7500 ton/last för optimering av mellanlagringsvolym. För transport mellan CO₂-

terminalen och mottagningsanläggningen för slutförvar uppskattas en cykeltid på teoretiskt 4-5 dygn, se avsnitt 2.8. Cykeltiden är baserad på input från Northern Lights, för detaljer se även A209494-04-02-PD-PM-0001 PM Terminaloptimering, Bilaga U.

För optimalt utnyttjande av fartygstransporten bör ett fartyg lastas fullt var gång det anlöper terminalen. Detta sätter en minsta mellanlagringsvolym för terminalen som motsvarar drygt en fartygslast, i detta fall satt till 7500 ton + 5 till 10 %. Varefter årsgenomströmningen ökar, enligt Tabell 2-7, föreslås CO₂-terminalens mellanlagringskapacitet byggas ut baserat på att det i mellanlagret skall finnas marginal för förseningar i fartygslogistikkedjan på ett dygn. Utbyggnaden föreslås ske i steg som möter kraven på årsgenomströmning samt optimerar investeringskostnaden för terminalen. Teoretiskt beräknad erforderlig mellanlagringsvolym, förslag antal och storlek på mellanlagertankarna för respektive fall samt uppskattat antal fartyg presenteras i Tabell 4-3. Den erforderliga mellanlagringsvolymen är beräknad utifrån 7500 ton plus genomströmningen under ett dygn. Detta ger en erforderlig minsta initial mellanlagringskapacitet på ca 7900-8250 ton som föreslås utgöras av 3 stycken tankar á 2700 ton (motsvarande totalt 8100 ton). Fullt utbyggd med den nu identifierat maximala genomströmningen beräknas den erforderliga mellanlagringskapaciteten till ca 13 300 ton, motsvarande 5 tankar á 2700 ton styck (totalt 13 500 ton). Tas hänsyn till marginal i fartygslogistikkedjan bedöms det som möjligt att det i Fall 1 är tillräckligt med tre tankar, se Tabell 4-4. För Fall 2 och 3a finns baserat på marginal i fartygslogistikkedjan samt variation i genomströmning över tid, potential för att ytterligare utreda möjligheten för att de 3 initialt installerade tankarna eventuellt kan räcka även i dessa fall. Vid ytterligare studier bör variationen i genomströmning över året studeras för att optimera fartygslogistik och mellanlagerkapacitet ytterligare.

Tabell 4-3 Mellanlagring – Uppskattad total erforderlig mellanlagringskapacitet baserat på CO₂-terminalens genomströmning samt utskeppning med 7500 ton/fartygslast.

Fall	Parter	År	Erforderlig mellanlagringskapacitet (ton)	Mellanlager – Tankar, antal och kapacitet (ton)	Antal fartyg (st)
0	Minsta initial installation	2025	7900-8 250	3 x 2700	1
1	St1 steg 1 + Preem steg 1	2025	8 600	3 x 2700	1
2	St1 steg 1,2 + Preem steg 1	2027	10 000	4 x 2700	2
3a	St1 steg 1,2 + Preem steg 1,2	2030	10 800	4 x 2700	2*-3
3b	St1 steg 1,2 + Preem steg 1,2 + Gbg Energi Rya	2030	11 700	5 x 2700	3
4	St1 steg 1,2 + Preem steg 1,2 + Gbg Energi Rya + Renova steg 1	2030	12 100	5 x 2700	3
5	St1 steg 1,2 + Preem steg 1,2 +	2040	13 300	5 x 2700	3*-4

Gbg Energi Rya +
Renova steg 1,2

* Potential identifierad för optimering av antal fartyg baserat på årlig genomströmning och fördelning över tid.

Framtida möjligheter

I framtiden kan transport till potentiella anläggningar för slutlig lagring på längre avstånd från Göteborg komma att bli aktuellt. Med längre transporttider och då potentiellt längre tid mellan anlöp skulle en större mellanlagringskapacitet krävas på terminalen. Vid längre transporter skulle större fartyg troligen också bli aktuellt. Ett scenario med fartyg på 15 000 ton/last har beaktats inom förstudien. För ett sådant fall skulle en betydligt högre total mellanlagringskapacitet då krävas, uppskattningsvis initialt ca 16 500 ton och fullt utbyggt 21 000 ton. Platsåtgång för lager kan börja bli en begränsande faktor på den lokalisering som valts. En lämplig kaj anpassad för större fartyg skulle också krävas. En värdering av hur storleken på fartyg påverkar den totala kostnaden för värdekedjan har i denna studie inte utretts. Som ansatts hitintills kommer fartygstransporten hanteras av den som tillhandahåller tjänsten för slutlig lagring. Ytterligare dialog krävs med denna typ av parter då fartygsstorlek även skall passa med förutsättningarna på mottagningsanläggningen. Aspekter som tillförlitlighet och flexibilitet i fartygslogistikkedjan bör beaktas utöver kostnad.

4.4 Export

Vid export pumpas CO₂ i vätskeform från mellanlagertankarna via en isolerad rörledning ut till kaj. Två stycken lastarmar antas användas för anslutning till fartyget, en för vätskeexport och en för gasretur. Möjlighet att använda slang för anslutning till fartyget bör utredas ytterligare. Specifikation för exporterad produkt anges i Tabell 2-9. Mätutrustning på CO₂-terminalen kommer övervaka kvalitet och flöde vid utlastning.

Baserat på CO₂-terminalens förväntade årliga genomströmning angiven i avsnitt 2.3.3 har förväntat antal anlöp till CO₂-terminalen samt teoretisk utnyttjandegrad av kajen uppskattats. För resultat se Tabell 4-4.

Tillgängligheten på kajen har uppskattats till 90 %, se avsnitt 2.7. Total tid för ett lastningstillfälle har beräknats baserat på lastningsflöde och den tid som krävs före och efter pumpningen för tilläggning och kontroller, se Tabell 5-4.

Tabell 4-4 Kaj – Uppskattning av antal anlöp samt utnyttjandegrad baserat på årston.

Fall	Parter	År	Antal anlöp		Erf. cykeltid**	Utnyttj- ande- grad
			(ggr/år)	(ggr/vecka)	(dygn)	(%)
1	St1 steg 1 + Preem steg 1	2025	53	1,0	6,8	7,7
2	St1 steg 1,2 + Preem steg 1	2027	120	2,3	6,1	17,3
3a	St1 steg 1,2 + Preem steg 1,2	2030	160	3,1	6,8	23,1

3b	St1 steg 1,2 + Preem steg 1,2 + Gbg Energi Rya	2030	181 (202)*	3,5 (3,9)*	6,1 (5,4)*	26,1 (29,1)*
4	St1 steg 1,2 + Preem steg 1,2 + Gbg Energi Rya + Renova steg 1	2030	202 (223)*	3,9 (4,3)*	5,4 (4,9)*	29,2 (32,2)*
5	St1 steg 1,2 + Preem steg 1,2 + Gbg Energi Rya + Renova steg 1,2	2040	247 (278)*	4,8 (5,4)*	5,9 (5,2)*	35,7 (40,2)*

* Data inom parentes anger uträknat värde baserat på designflöde angett enligt Tabell 2-6 och tar därmed hänsyn till CO₂-terminalens maximala antagna genomströmning.

** Erforderlig tid för en transportcykel, det vill säga fram och tillbaka mellan CO₂-terminal och mottagningsanläggningen, baserat på årlig genomströmning.

Beräkningarna indikerar följande:

- > Antal anlöp till CO₂-terminalen uppskattas initialt till ett per vecka och vid fullt utbyggd terminal till 5 per vecka.
- > Den beräknade erforderliga cykeltiden indikerar en marginal till den cykeltid på 4-5 dygn som anges i avsnitt 2.8. Marginalen får anses rimlig men ytterligare studier av fartygslogistik i förhållande till årston samt variationer över tid rekommenderas.
- > Utnyttjandegraden som beräknats indikerar att hantering av CO₂ vid kaj till att börja med inte skulle utnyttja kajen fullt. Annan verksamhet bör vara möjlig på samma kaj. På sikt ökar utnyttjandegraden och planering med annan verksamhet blir avgörande. Om annan verksamhet konkurrerar om samma kaj kan fartygslogistikkedjan komma att påverkas negativt.

4.5 Övrigt

4.5.1 Boil-off-gas hantering

CO₂ är en kryogen vätska. Vid sitt mättnadstillstånd leder inläckage av värme till förångning och bildning av så kallad boil-off-gas (BOG). För att undvika generering av BOG kan vätskan kylas under sitt mättnadstillstånd. Det vill säga att en viss uppvärmning krävs innan vätskan börjar koka. För CO₂-hantering är detta ett relativt effektivt sätt att hantera uppvärmning på och kommer troligen utgöra en del i de åtgärder som kommer krävas för att minimera BOG.

Inläckage av värme kan förväntas på följande ställen:

- > Till rörledning vid vätsketransport
- > Till mellanlagringstankar
- > Vid pumpning
- > Generellt till rörledningar och kärl inom förvätskningsanläggningen

- > Gas trycks även ut ur mellanlagringstankarna vid in pumpning av vätska. Denna ström kommer framöver inkluderas i begreppet BOG. Denna ström kan inte undvikas genom hantering av värmeinläckage.

Totalt uppskattas BOG utgöra motsvarande ca 4 % av den hanterade årsvolymen CO₂ på terminalen. Genererad BOG kan hanteras på följande sätt:

- > Vid separat förvätskning har följande alternativ identifierats;
 - > BOG återförvätskas med hjälp av underkyld CO₂-vätska från någon av parterna alternativt i en mindre förvätskningsanläggning enbart avsedd för BOG placeras på terminalen.
 - > BOG returneras till någon av parterna för förvätskning.
- > Vid delvis gemensam förvätskning kan BOG återföras till förvätskningsanläggningen och hanteras med rågasströmmen alternativt återförvätskas med hjälp av underkyld CO₂.

BOG ventileras till atmosfär.

De alternativ som innebär att CO₂ ventileras ut från terminalen eller returneras till någon av parterna skulle kräva noggrant övervägande relaterat till regelverk för mätning.

För fortsatt arbete inom CinfraCap förstudie antas återförvätskning av BOG krävas.

4.5.2 Gasåterföring

Vid pumpning av vätska mellan kärl återförs ett gasflöde för att kompensera för volymförlusten i kärlet. I fallet med export till fartyg erhålls ett returgasflöde från fartyget till mellanlagringstankarna. I fallet med import från tankbil och tåg returneras gas tillbaka till respektive part och antas förvätskas där. Vid pumpning av CO₂ i vätskefas till mellanlagringstankarna från förvätskning finns ingen avsättning för gasen. Detta flöde ingår i begreppet BOG och beskrivs i avsnitt 4.5 ovan.

Terminalen skall designas så att gasåterföring kan ske vid pumpning av vätska mellan olika tankar i transportkedjan för att minimera utsläpp av CO₂. Såsom;

Import av CO₂ i vätskeform från tankbil.

Import av CO₂ i vätskeform från tåg.

Export av CO₂ i vätskeform till fartyg.

4.6 Anslutning tredje part

CO₂-terminalen skall vara utformad så att anslutning från tredje-part är möjlig. I detta skede ses det som mest troligt att koldioxid från tredje part skulle transporteras till terminalen med antingen tankbil eller tåg. Genom installation av inlastningsstation för tankbil respektive tåg möjliggörs en sådan import.

När det gäller anslutning via rörledning gäller som för Renova som studerats inom förstudien att kostnad för rörledning förväntas vara hög och komplexiteten att dra rörledning genom tätbebyggt område kommer göra detta mindre attraktivt. De tekniska förutsättningarna finns dock för en sådan anslutning.

Anslutning via rörledning med koldioxid i gasform skulle kräva ytterligare kapacitet för förvätskning. Då det innebär en stor investering att installera extra förvätskningskapacitet så ses detta alternativ som något som måste föregås av detaljerade diskussioner och konkreta åtaganden. Att addera ytterligare anläggningar för förvätskning på CO₂-terminalen i framtiden får anses möjligt i mån av plats.

Anslutning via rörledning i vätskefas skulle ge en mindre påverkan på systemet och skulle vara fullt möjlig.

Anslutning via rörledning för transport i superkritiskt tillstånd, så kallad "dense phase", skulle kunna vara ett alternativ för långväga transport. En mottagningsdel skulle då krävas där trycket tas ner från ledningstrycket ner till det tryck på ca 15 barg som används inom terminalen.

Mängder från tredje-part som adderas till den uppskattade mängden från parterna skulle påverka CO₂-terminalens genomströmning och därmed dimensionering av fram för allt mellanlagringskapacitet och fartygslogistikkedjan. Dessa är relativt lätta att anpassa efterhand men fortsatta studier och uppskattningar kring potential för tredjepartsanslutning bör vägas in vid slutlig dimensionering av mellanlagrets storlek.

5 Utrustning och stödsystem

5.1 Utrustning

I detta avsnitt beskrivs mer betydande utrustningar som omfattas av CinfraCap förstudie; förvätskning, mellanlagring och export.

5.1.1 Mellanlagringstankar för CO₂

Tankar för lagerhållning av CO₂ i vätskeform, här vid 15 barg och ca -26,5 °C skall utformas med för applikationen anpassad isolering. En optimering bör göras mellan värmeinläckage och kostnad. Tankarna skall kunna ta emot CO₂ i vätskeform när den pumpas in till tanken. Tanken skall ha anslutningar i toppen för gasretur från fartyg vid export av vätska samt gasretur till tankbil och tåg vid import av vätska. Tankarna bör även utrustas med luftförångare för tryckupbyggnad vid händelse av att trycket i tanken sjunker. Eventuellt övertryck i tankarna hanteras via kontrollerad ventilering till system för BOG-hantering, se avsnitt 4.5.



Figur 5-1 Typisk sfärisk lagertank

För CinfraCap förstudie har sfäriska tankar efter en utvärdering valts för CO₂-terminalens mellanlager, se även avsnitt 7 där aspekter kring CO₂-terminalens konceptuella layout belyses. Som interrimmtank hos Renova eller annan tredje part där transport sker med tankbil eller tåg antas vertikala cylindriska tankar. Dimensionering av interrimmtankens volym baseras på den maximala dygnsproduktionen samt frekvensen för hämtning med tankbil. Här uppskattas volymen baserat på 8 h full produktion av CO₂. För antagna tekniska data se Tabell 5-1.

Tabell 5-1 Tankar – Tekniska data

	Enhet	Mellanlagertank	Interrimttank (Renova)
Driftstryck	barg	13-15	13-15
Driftstemperatur	°C	-25 till -30 °C	-25 till -30 °C
Lagringskapacitet*	ton	2700	500

Tanktyp		Sfärisk	Cylindrisk, Vertikal
Diameter	m	Ca 17	Ca 6
Höjd	m	-	Ca 20

**Tankens lagringskapacitet i ton antas i detta fall motsvara tankvolym i m³ på grund av koldioxidens densitet och det faktum att enbart ca 95 % av tankens fulla volym kan utnyttjas för lagring av vätska, resten är gasfas eller dödvolum i tankens botten.*

5.1.2 CO₂ exportpumpar

En uppsättning pumpar används för export av vätskeformig CO₂ till fartyg. Totala pumpflödet är ansatt till 800 m³/h. Förslagsvis fördelat på tre pumpenheter, vardera med 50 % av totala kapaciteten. Leveranstryck till fartyg är 15-18 barg.

5.1.3 Förvätskning

Teknologi för förvätskning av CO₂ finns tillgänglig på marknaden idag men är generellt anpassad för luftgasindustrin och andra applikationer med betydligt lägre kapaciteter än det som krävs för CCS. Processen består kortfattat i att genom komprimering och kylning av en torr CO₂ ström få gasen att övergå i vätska. För att möta kravet på renhet vid lagring av vätskeformig koldioxid, se Tabell 2-9 för specifikation, krävs en destillering av den förvätskade strömmen där lätta gaser såsom kväve (N₂), syre (O₂), vätgas (H₂) och kolmonoxid (CO) avlägsnas. I ett ytterligare steg kan produktströmmen underkylas till önskad temperatur inför transport och lagring. Det interna kylsystemet kan baseras på olika köldmedium, såsom ammoniak eller koldioxid.

Inom CinfraCap förstudie har erforderligt antal och kapacitet på förvätskningsanläggningar uppskattats för respektive part, se Tabell 4-1 och Tabell 4-2. Generellt har kapaciteten satts för att ge möjlighet till stegvis utbyggnad samt att det i många fall installeras minst 2 enheter vid fullt utbyggd kapacitet för att tillgodose kraven på tillgänglighet. För separat förvätskning har multipler av en storlek på 800 respektive 850 ton per dygn antagits och för gemensam förvätskning har multipler av 1400 ton per dygn antagits.

Kylning

Förvätskningsprocessen kräver kylning av både köldmedium i lågtemperaturkylkrets och kompressorsteg. Ett kylvattensystem förutses i detta skede användas för kylning. För uppskattning av tillgänglighet på befintligt kylvatten se avsnitt 5.2.1. Lägre temperaturer på kylvattnet har indikerats ge en högre energieffektivitet i förvätskningsanläggningen.

Värmeåtervinning

Mycket av den värme som kyla bort är relaterad till kompressorsystemen. Det finns här en viss potential för energiåtervinning i form av låggradig värme, temperaturnivå < 90 °C. Temperaturnivån och mängden värme är beroende av kompressorlösning. För ytterligare information och data se Bilaga V, A209494-04-02-PD-PM-0002 Mass och energibalans.

Leverantörsdiskussioner

I samband med CinfraCap förstudie har dialog förts med två leverantörer av system för förvätskning av CO₂. Bägge leverantörerna, har god erfarenhet av CO₂ förvätskning i så kallade luftgasanläggningar samt har enstaka referenser på större anläggningar med en tydlig satsning framåt mot storskalig CCS och högre kapaciteter. De två leverantörerna har valt något olika teknologi för förvätskning för detta projekt. Den ena har valt en förvätskning som bygger på en sekundär lågtemperaturkylkrets innehållande ammoniak har valt att gå på ett helt CO₂ baserat system där CO₂ vid högt tryck utnyttjas som kylmedia. En av leverantörerna har även inkluderat ett förbehandlingssteg i sin offert. Data på el- och kylbehov från leverantörerna har använts som underlag till en mass- och energibalans, se fortsatt resonemang i avsnitt 6.

Baserat på det som framkommit i denna studie är bägge alternativen fortsatt aktuella. Fler leverantörer bör tillfrågas i senare skede för att optimera teknisk lösning till förutsättningarna få fram den mest kostnadseffektiva lösningen. Denna utvärdering bör göras med en holistisk utgångspunkt där förutsättningar och processdesign för infångning och förbehandling optimeras tillsammans med förvätskningsdelen.

Drift på dellast

Drift på dellast, det vill säga vid lägre inkommande flöde än det maximala flöde förvätskningsanläggningen designats för, har en negativ påverkan på energieffektiviteten redan vid < 75-80 %. En av leverantörerna har indikerat drift på dellast som till viss del begränsande. Storlek på varje enhet samt utbyggnadstakt bör anpassas till förväntad kapacitet. Vid maximalt utbyggd kapacitet kan en kombination av flera enheter ge högre flexibilitet i last då en eller flera enheter kan stängas av helt vid låg belastning. Om förvätskningsanläggningarna hålls i kallt läge är snabb återstart möjlig.

Driftsmönster för parternas anläggningar och infångning av CO₂ bör studeras mer i detalj i nästa skede för att klarlägga förutsättningarna och de krav som ställs på förvätskningssystemet.

Tillgänglighet

Förvätskningsanläggningarna antas i detta skede drifas kontinuerligt året runt. Baserat på information från leverantörerna uppskattas tillgänglighet på förvätskningsanläggningarna till 96-97 % på årsbasis. Detta motsvarar 10-15 dagars stillestånd per år som antas utnyttjas för planerat underhåll och kortare oplanerade driftsstopp. Är kravet på tillgänglighet högre bör två eller fler enheter kombineras för fullgod funktion. Närmare dialog kan föras med leverantörerna i nästa skede för att höja tillgängligheten.

5.1.4 Återförvätskning

För återförvätskning av BOG bör olika tekniska alternativ utvärderas. De alternativ som identifierats i detta skede är:

- > Vid separat förvätskning – En mindre förvätskningsanläggning enbart avsedd för BOG placeras på terminalen. – En sådan enhet utgör ett mer

- komplext system och innebär troligen en större investering. Samt att ett köldmedium såsom ammoniak krävs.
- > Vid delvis gemensam förvätskning – BOG introduceras till förvätskningsanläggningen med inkommande gas från parterna. – Troligen låg investeringskostnad.
 - > BOG kan återförvätskas med hjälp av underkyld CO₂-vätska, vid separat förvätskning från någon av parterna medan det vid delvis gemensam förvätskning går att utnyttja utgående produktström. – Troligen mest kostnadseffektivt om underkyld CO₂ i vätskefas finns att tillgå.

5.1.5 Rörledningar

Erfarenheten av CO₂-transport i rörledningar i den skala som krävs för CCS är relativt begränsad. För denna studie hänvisas till följande dokument för ytterligare information:

- > "Recommended practice", DNV-RP-J202 'Design and operation of CO₂ pipelines', framtagen av DNV för fördjupad teknisk information relaterat till projektering, byggnation och drift av rörledningar för CO₂.
- > "ISO 27913:2016 Carbon dioxide capture, transportation and geological storage — Pipeline transportation systems".

Rörledning för transport av CO₂ i gasfas

Vid delvis gemensam förvätskning transporteras CO₂ i gasfas från parterna, Preem, St1 och Göteborg Energi, till CO₂-terminalen. För rörlängder se Tabell 7-1. Antaget drifttryck i ledningen är satt till 10-15 barg för att undvika risken för kondensation vid låga utomhustemperaturer. Rörledningen antas vara oisolerad och utförd i kolstål (CS), för detaljer se Bilaga F, A209494-04-07-PP-MTO-001, Preliminärt material-take-off (MTO) rör. Vid uppskattning av dimension för gasledningar har en flödes hastighet på 10 m/s använts som riktvärde och ett tryckfall på ca 3 barg.

Sektioneringsventiler och backventiler kan placeras ut längs rörledningen för att minska de potentiella konsekvenserna vid extrema händelser som leder till läckage från rörledningen.

Vid idrifttagning efter provtryckning eller längre stillestånd kräver korrekt torkning och inerti (rörledningen trycksätts med kvävgas för att säkerställa att ledningen är fri från syre) av rörledningen för att förhindra att vatten förs med gasen till nedströms system där det kan orsaka driftstörningar och skador på utrustning.

Rörledning för CO₂ i vätskefas

Vid separat förvätskning transporteras CO₂ i vätskefas från parterna, Preem, St1 och Göteborg Energi, till CO₂-terminalen. För rörlängder se Tabell 7-1.

Rörledning för CO₂ i vätskefas håller vid normal drift ett tryck på ca 15 barg och en temperatur på ca -29 °C och behöver skyddas från värmeförlust med hjälp av kallisolering. Typ av isolering bör optimeras baserat på värmeinläckage och

kostnad. Rostfritt material (rostfritt 316L, A312-TP316L) är valt för rörledningar för vätskeformig CO₂. Ett legerat rörmaterial väljas på grund av en låg designtemperatur (-79 °C motsvarande sublimeringstemperatur för torris). Materialet är godkänt av AKO (Ackrediterat kontrollorgan) för denna temperatur. För detaljer se för detaljer se Bilaga F, A209494-04-07-PP-MTO-001, Preliminärt material-take-off (MTO) rör. Vid uppskattning av dimension för vätskeledningar har en flödes hastighet på 2 m/s använts som riktvärde och ett totalt tryckfall på ca 3 barg.

Rörledningens utformning skall möjliggöra hantering av gas vid eventuell gasbildning vid stillestånd. Ansamling av gas i högpunkter bör beaktas och utrustning för automatisk ventilerings av gas krävs.

Sektioneringsventiler och backventiler kan placeras ut längs rörledningen för att minska de potentiella konsekvenserna vid extrema händelser som leder till läckage från rörledningen. Dessa bör aktiveras baserat på mätning av tryck längs med rörledningen.

Hur ett händelseförlopp tar sig vid läckage på en ledning för transport av vätskeformig CO₂ bör utredas ytterligare. Potentiellt sker kraftig nedkylning på grund av trycksänkning samtidigt som torrisbildning sker. Påverkan på materialval och design bör utredas ytterligare. För denna studie antas en designtemperatur för materialet på -79 °C vilket motsvarar sublimeringstemperaturen för torris/fast fas CO₂.

Vid idrifttagning efter provtryckning eller längre stillestånd kräver korrekt torkning och inertering av rörledningen för att förhindra att vatten förs med gasen till nedströms system där det kan orsaka driftstörningar och skador på utrustning.

5.1.6 Lastplats för tankbil och/eller järnvägsvagn

För tankbil eller tågtransport krävs lastning- och lossningsplatser på respektive anläggning. För CinfraCap förstudien antas anslutning till transporttank ske med slang¹¹.

För tankbilstransport antas CO₂-terminalen förses med en lossningsplats och Renova, eller tredje part, med en motsvarande lastningsplats.

För tågtransport antas tre identiska lastplatser på CO₂-terminalen respektive sändande part. Antalet lastplatser behöver i senare skede utredas tillsammans med förutsättningar för järnvägslogistik på tilltänkta sträckor. Växling av tåg inom hamnområdet i anslutning till CO₂- terminalen måste också studeras närmare i senare skede.

¹¹ I kostnadsestimat avsnitt 11 har dock lastarmar använts som underlag.

5.1.7 Tankbil

Tankbilar för transport av CO₂ i vätskefas används i dagsläget för andra applikationer. Standardutförande medger transport av 25-30 m³ CO₂ vid ett tryck på 15-18 barg och en ungefärlig temperatur på -25 till -30 °C. Trailerns tank är normalt isolerad med PUR-isolering eller vacuumisolerad.



Figur 5-2 Typisk tankbil för bulktransport av CO₂ i vätskeform.

För applikationen CCS förväntas transportkedjor med hög kapacitet behövas. För CinfraCap förstudie antas att något större tankbilar (fulltrailers) med en lastkapacitet på 46 m³ tas fram. Utformning av tankbil och isolertyp bör anpassas till CinfraCap och givna transportlängder. Antagna tekniska data presenteras i Tabell 5-2.

Tabell 5-2 Tankbil - Tekniska data

	Enhet	
Driftstryck	barg	15-18
Driftstemperatur	°C	-25 till -30 °C
Volym	m ³	46
Lastning/lossningsflöde	m ³ /h	75
Körsträcka Renova (enkel)	km	17
Restid inklusive marginal	min	40
Aktiva driftstimmar per dygn/tankbil	timmar	20

5.1.8 Järnvägsvagn

Vid järnvägstransport antas CO₂ transporteras vid ett tryck på 15-18 barg och en ungefärlig temperatur på -25 till -30 °C. Trailerns tank antas isolerad med PUR-isolering eller utformad med vacuumisolering.

För CinfraCap antas järnvägsvagnar med en lastkapacitet på 80 m³. Antagna tekniska data presenteras i Tabell 5-3.

Tabell 5-3 Tåg - Tekniska data

	Enhet	
--	-------	--

Driftstryck	barg	15-18
Driftstemperatur	°C	-25 till -30 °C
Volym	m ³	80
Lastning/lossningsflöde	m ³ /h	100
Körsträcka Renova (enkel)	km	20
Restid inklusive marginal	min	25
Rangering per ställe	min	60
Aktiva driftstimmar per dygn/tåg/vagn	timmar	20

5.1.9 Fartyg

Fartyg för transport av CO₂ som finns tillgängliga i dagsläget har en ungefärlig lastvolym på 2000 m³. Större fartyg antas byggas specifikt för transport från CinfraCap till mottagningsanläggning och lagring. Inom Northern Lights har ett standardfartyg tagits fram som i detta skede används som bas för beräkningar. Antagna tekniska data presenteras i Tabell 5-3.

Tabell 5-4 Fartyg - Tekniska data

	Enhet	
Driftstryck	barg	15-18
Driftstemperatur	°C	-25 till -30 °C
Mängd per last	ton	7500
Max längd	m	130
Max djupgående	m	8,5
Frigång under köl	m	1
Lastning/lossningsflöde	m ³ /h	800
Tid före/efter lastning (tot)	h	2
Körsträcka Northern Lights	Nautiska mil	350
Restid inklusive marginal	dygn	5
Fördröjning	dygn	1

5.2 Stödsystem

I detta avsnitt behandlas de stödsystem som identifierats nödvändiga för förvätskning, mellanlagring och export inom CinfraCap.

5.2.1 Kylvattensystem

Där det är möjligt bör befintligt kylvattensystem utnyttjas.

- > För separat förvätskning anger St1 och Göteborg Energi att de har tillgänglig kapacitet i befintliga kylvattensystem baserat på kylning med älvvatten för att förse respektive förvätskning med kyla. Denna potential bör utredas ytterligare. Temperaturnivån bör diskuteras med leverantören för att erhålla en energi och kostnadseffektiv lösning.

- > För separat förvätskning anger Preem och Renova att ny kylkapacitet krävs och att älvvatten inte finns tillgängligt för kylning.
- > För delvis gemensam förvätskning behöver ett kylsystem etableras vid CO₂-terminalen.

För CO₂-terminalen som föreslås placeras vid Skarvik 4 är utnyttjande av älvvatten för kylning en möjlighet. Älvvatten håller en temperatur på mellan 4 och 25 °C under året. Denna lösning bidrar dock med relativt hög investeringskostnad och kan stöta på problem i tillståndsprocessen. Ett alternativ är kyltorn som ger likvärdiga temperaturnivåer som älvvatten under större delen av året, dygnsvariationen förväntas dock vara större. Ytterligare ett alternativ är luftkylda fläktpaket. Dessa ligger på en högre temperaturnivå, ca 33-43 °C, vilket bör beaktas i design av förvätskningsanläggning. Platsåtgång för samtliga system bör beaktas samt det buller de medför. För Preem antas lösning med kyltorn eller luftkylda fläktpaket vara aktuellt.

För kostnadskalkyl inom CinfraCap förstudie antas ett kylsystem baserat på kylning i kyltorn.

5.2.2 Processvatten

Inget behov av processvatten har angetts av leverantörerna för förvätskning.

5.2.3 Instrumentluft

Instrumentluft används i anläggningen primärt till instrument och ventiler. För tekniska data se Tabell 5-5.

Tabell 5-5 Instrumentluft – Parametrar

Parameter	Enhet	
Tryck	(barg)	8
Kvalitet		Fri från fukt, olja och partiklar.
Daggpunkt vid driftstemperatur	(°C)	-40
Uppskattad förbrukning	(Nm ³ /h)	200-300 per förvätskningsanläggning

5.2.4 Kvävgas

Kvävgas används vid uppstart för inerti av utrustning, tankar och rörledningar. Ett mindre system kan installeras i anslutning till anläggningen. Där möjlighet finns antas system för kvävgas integreras med närliggande verksamhet. För nedkylning och drifttagning av kryogena tankar kan en tillfällig lösning med kväve direkt från tankbil komma att vara aktuell.

5.2.5 Hetvatten/Fjärrvärme

Anslutning till fjärrvärmesystem eller hetvattensystem kan vara aktuellt för värmeåtervinning.

5.2.6 Brandvatten

För försörjning av brandvatten till CO₂-terminalen antas det brandvattensystem som finns inom Göteborgs Hamn kunna utnyttjas. Erforderlig brandskyddsutrustning och brandposter inom CO₂-terminalen byggs till.

5.2.7 Avlopp och sanitet

Befintligt avloppssystem inom Göteborgs Hamn antas möjligt att ansluta till för hantering av vatten från avlopp och sanitet.

5.2.8 Färskvatten

Befintligt färskvattensystem inom Göteborgs Hamn antas möjligt att ansluta till. Färskvatten används primärt för förbrukning i kontorsbyggnader.

5.2.9 Dagvatten

Befintligt dagvattensystem inom Göteborgs Hamn antas möjligt att ansluta till. Dagvatten från allmänna ytor och processytor antas generellt ej kontaminerade.

För ytor kring kompressorer och lastzoner för tankbilar antas oljeavskiljare krävas. För ytor där ammoniak eller andra kemikalier hanteras bör behov och utformning av invallning och hantering av läckage utredas ytterligare.

6 Mass- och energibalans

En mass- och energibalansberäkning har tagits fram under CinfraCap förstudie. Omfattning och avgränsningar visas schematiskt i blockschema för separat förvätskning (Figur 6-1) respektive delvis gemensam förvätskning (Figur 6-2) och innefattar processtegen förvätskning, transport, mellanlagring och export. Även den energianvändning som sker på respektive parts site för förvätskning är inkluderad i beräkningen för att ge ett jämförbart resultat med scenario delvis gemensam förvätskning. Mass- och energibalans för separat respektive delvis gemensam förvätskning har tagits fram baserat på underlag från leverantörer samt på beräkningar som utförts i excel och i programvara för processsimulering från SimSci. För antaganden gällande tryck, temperatur och sammansättning på CO₂ i olika processteg se avsnitt 2.4.2 respektive 2.4.3. Mer fördjupad information gällande beräkningsmetod och antaganden finns beskrivet i Bilaga V, dokument A209494-04-02-PD-PM-0002 PM Mass och energibalans. Se även processflödesdiagram i Bilaga A, A209494-4-05-PD-PFD-0001 PFD Separat förvätskning, A209494-4-05-PD-PFD-0002 PFD Delvis gemensam förvätskning.

Följande process- och transportsteg berörs i mass- och energibalansavsnittet:

- > Förbehandling (Berörs delvis, utanför omfattning för CinfraCap förstudie.)
- > Transport till förvätskning
- > Förvätskning
- > Transport till mellanlager
- > Mellanlagring
- > Återförvätskning av BOG
- > Export till fartyg

6.1 Massbalans

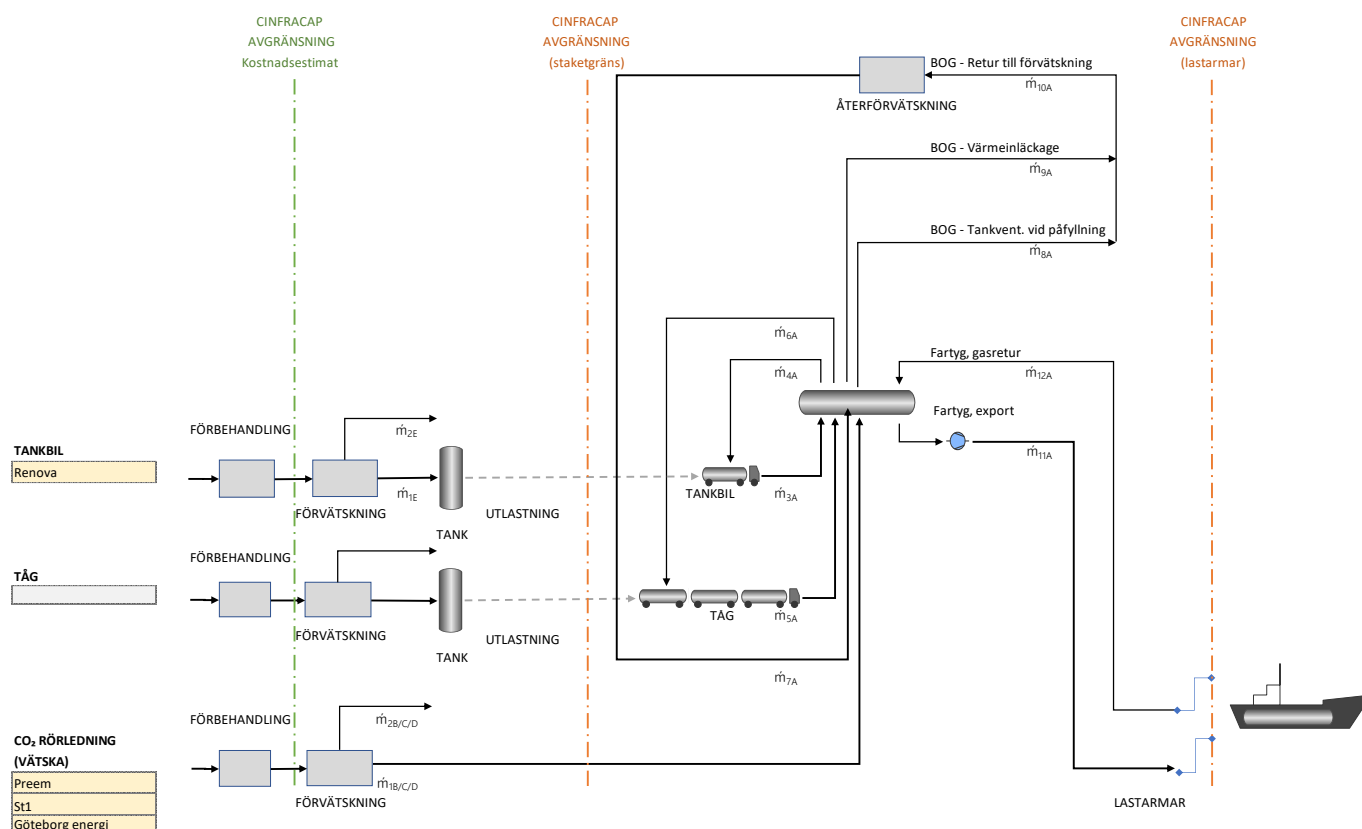
I detta avsnitt presenteras massbalans framtagen för separat respektive delvis gemensam förvätskning. Vid separat förvätskning antas förvätskning ske ute hos respektive part. Vid delvis gemensam förvätskning antas förvätskning för parterna Preem, St1 och Göteborg Energi ske på CO₂-terminalen. För Renova gäller separat förvätskning. Massflöden från respektive part baseras på designflöden som presenteras i avsnitt 2.3.2. Inkommande ström till förvätskning antas vara förbehandlad, med en uppskattad sammansättning på inkommande gas enligt avsnitt 2.4.3.

Ut från förvätskning erhålls två strömmar. Produktströmmen, CO₂ i vätskeform, som pumpas vidare direkt till mellanlagret alternativt till interrimtank för utlastning till tankbil/tåg, för sammansättning se avsnitt 2.4.3. Rejektströmmen, en gasström innehållande lätta gaser och CO₂ som ventileras direkt till atmosfär.

Kylvattenflöden för förvätskningsprocessen presenteras i Tabell 6-2. BOG som genereras till följd av värmeinläckage vid pumpning till mellanlagertankarna

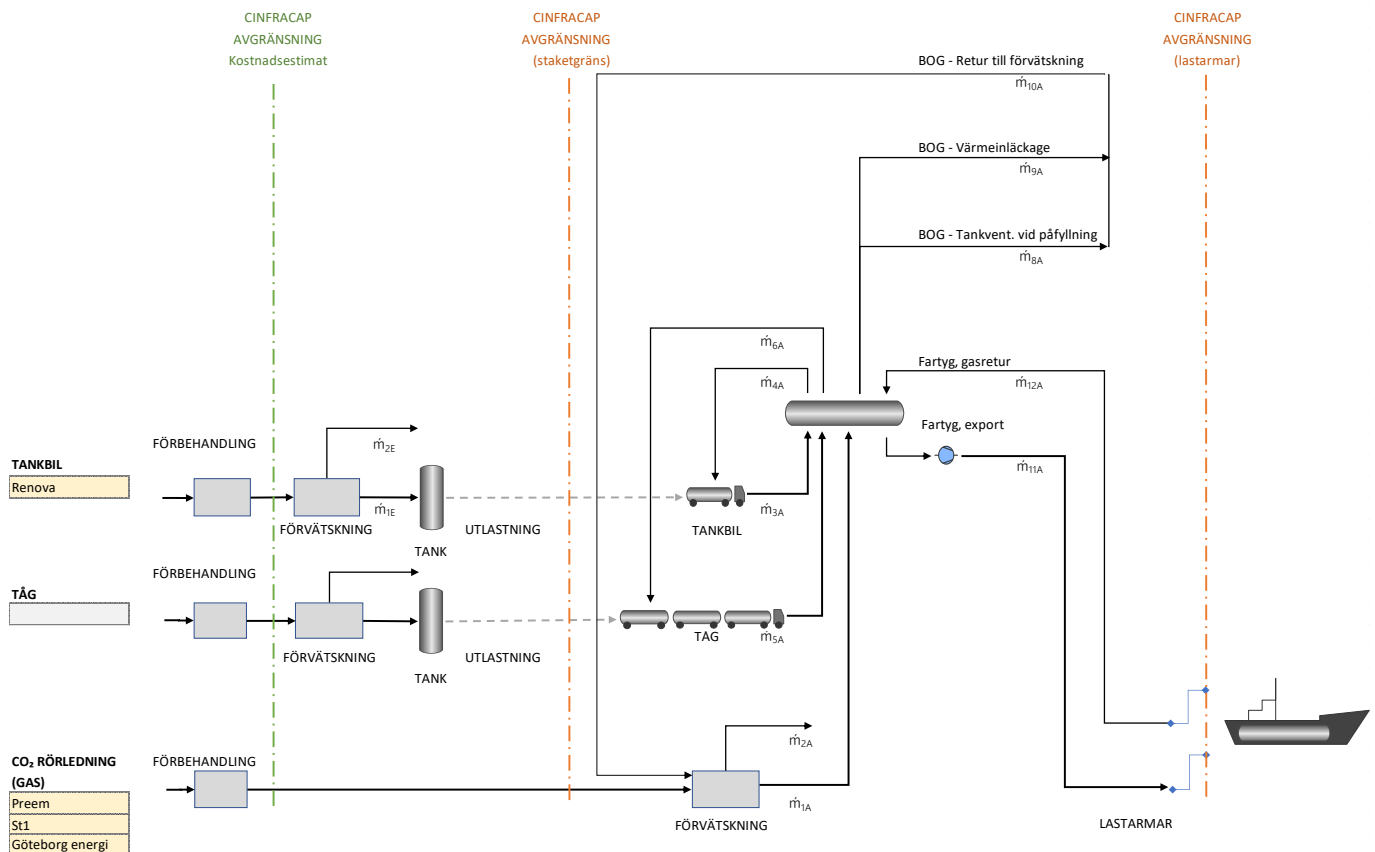
återförvätskas och en koldioxidström återförs till mellanlagertankarna. Vid pumpning från tankbil och tåg respektive till fartyg antas gasåterföring kompensera för utpumpad volym vätska. I Figur 6-1 och Figur 6-2 presenteras blockscheman med tillhörande sammanställning av strömdata för separat respektive delvis gemensam förvätskning. För flöden till/från tankbil, tåg och fartyg har flöde vid pumpning angetts. De har ingen påverkan på övriga massbalansen. Data för flöden till/från tåg anges för information, kan komma att bli aktuellt i framtiden.

Import, förvätskning, mellanlagring och export antas utformas på ett sådant sätt så att utsläpp av CO₂ till atmosfären minimeras. Vid pumpning av vätska mellan kärl återförs ett gasflöde för att kompensera för volymförlusten i kärlet. Gasreturflöden har beräknats baserat på motsvarande vätskeflöde i m³/h. Tabellen gäller för flöden under pågående pumpning. Motsvarande gasreturflöde vid inpumpning från förvätskning till mellanlagertankar inkluderas i BOG-flöden och antas ledas till återförvätskning.



Ström			$\dot{m}_1$	$\dot{m}_2$	$\dot{m}_3$	$\dot{m}_4$	$\dot{m}_5$	$\dot{m}_6$	$\dot{m}_7$	$\dot{m}_8$	$\dot{m}_9$	$\dot{m}_{10}$	$\dot{m}_{11}$	$\dot{m}_{12}$
Beskrivning		Enhet	Förvätsk. Produkt	Förvätsk. Rejekt	Tankbil Import	Tankbil Gasretur	Tåg Import	Tåg Gasretur	Återförv.	BOG Tankpåf.	BOG Värmein.	BOG Totalt	Fartyg Export	Fartyg Gasretur
Terminal (A)	Massflöde	(ton/h)			80	3,1	107	4,2	8,7	6,7	1,9	8,7	856	33
Preem (B)	Massflöde	(ton/h)	71	0,3										
St1 (C)	Massflöde	(ton/h)	71	0,3										
Göteborg Energi (D)	Massflöde	(ton/h)	35	0,2										
Renova (E)	Massflöde	(ton/h)	67	0,3										
	Tillstånd (gas/vätska)		vätska	gas	vätska	gas	vätska	gas	vätska	gas	gas	gas	vätska	gas
	Tryck (drift)	(barg)	15-17	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	Temperatur (drift)	(°C)	ca -29	15	ca -28	ca 0 - -28	ca -28	ca 0 - -28	ca -28	ca 0 - -28	ca 0 - -28	ca 0 - -28	ca -26 - -28	ca 0 - -28

Figur 6-1 Blockschema – Separat förvätskning (Scenario A)



Ström			$\dot{m}_1$	$\dot{m}_2$	$\dot{m}_3$	$\dot{m}_4$	$\dot{m}_5$	$\dot{m}_6$	$\dot{m}_7$	$\dot{m}_8$	$\dot{m}_9$	$\dot{m}_{10}$	$\dot{m}_{11}$	$\dot{m}_{12}$
Beskrivning		Enhet	Förvätsk. Produkt	Förvätsk. Rejekt	Tankbil Import	Tankbil Gasretur	Tåg Import	Tåg Gasretur	Återförv.	BOG Tankpåf.	BOG Värmein.	BOG Totalt	Fartyg Export	Fartyg Gasretur
Terminal (A)	Massflöde	(ton/h)	173	0,8	80	3,1	107	4,2	-	6,7	0,7	7,5	856	33
Preem (B)	Massflöde	(ton/h)												
St1 (C)	Massflöde	(ton/h)												
Göteborg Energi (D)	Massflöde	(ton/h)												
Renova (E)	Massflöde	(ton/h)	67	0,3										
	Tillstånd (gas/vätska)		vätska	gas	vätska	gas	vätska	gas	vätska	gas	gas	gas	vätska	gas
	Tryck (drift)	(barg)	15-17	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	Temperatur (drift)	(°C)	ca -29	15	ca -28	ca 0 - -28	ca -28	ca 0 - -28	ca -28	ca 0 - -28	ca 0 - -28	ca 0 - -28	ca -26 - -28	ca 0 - -28

Figur 6-2 Blockschema – Delvis gemensam förvätskning (Scenario B)

6.2 Energibalans

6.2.1 Elbehov

Elbehov för systemet har beräknats utifrån följande poster:

- > Effektbehov tryckhöjning inkommande gas – Posten används för att kompensera för differens i utgående tryck från förbehandling och inkommande tryck till förvätskning. I scenario B även för att kompensera för att transporttrycket i gasledning är satt till 10 barg.
- > Effektbehov till följd av förluster vid transport i rörledning. Vid separat förvätskning sker pumpning och vid gemensam förvätskning kompression. Effektbehovet är beräknat baserat på förväntat tryckfall i ledningarna.
- > Effektbehov förvätskning – Baseras på data från leverantörer. I kolumnen längst till höger är effektbehov för förbehandling inkluderat.
- > Effektbehov återförvätskning – Baseras på data från leverantörer för specifik elanvändning per ton CO₂.

Ett totalt effektbehov tagits fram för respektive scenario. Därefter har specifik energianvändning per ton CO₂ beräknats. Se Tabell 6-1.

Tabell 6-1 Elbehov – separat / delvis gemensam förvätskning.
I kolumnen längst till höger är effektbehov för förbehandling inkluderat.

Scenario	Enhet	Förvätskning, mellanlagring och export		Inklusive förbehandling	
		Separat	Delvis gemensam	Separat	Delvis gemensam
Totalt effektbehov	(MW)	9,5 - 14,5	13 - 16	35	36
Specifik elanvändning	(kWh/ton CO ₂)	39 - 58	54 - 66	140	148
Differens (B i förhållande till A)	(%)	-	14-37	-	5

Resultaten i Tabell 6-1 visar på en högre specifik energianvändning för delvis gemensam än för separat. Denna skillnad består i stort av den högre energianvändningen vid transport av CO₂ i gasfas då siffror från leverantörerna visar att effektbehovet för förvätskning är likvärdig oberoende av storlek. De siffror där effektbehov för förbehandlingen inkluderats visar att effektbehovet för förbehandlingen är i storleksordningen lika stort som för förvätskning, mellanlagring och export tillsammans. Skillnaden mellan separat och delvis gemensam förvätskning indikeras också vara betydligt lägre.

Samtliga beräkningar har utförts baserat på dimensionerande flöden, det vill säga den månad på året då mängden CO₂ antas vara högst. Total energianvändningen bör därför uppskattas baserat på genomströmning i årston.

Resultatet i Tabell 6-1 skall ses som en indikation på förväntat effektbehov då noggrannheten i detta stadie är låg. En direkt slutsats kring hur mycket lägre energibesparing separat förvätskning ger går inte att dra.

Samverkan med upp- och nedströms processteg

Inom ramen för CinfraCap förstudie har enbart förvätskning, transport och lagring studerats. Förvätskning är en viktig del i hela kedjan från infångning och till lagring där samverkan och potentiell integrering med både upp- och nedströms processteg bör beaktas. I denna studie har följande aspekter identifierats:

- > Trycknivåer gasfas – Vid delvis gemensam förvätskning rekommenderas att transport av CO₂ i gasfas sker vid ett tryck på 10-15 barg för att undvika kondensation i transportledningarna. Denna trycknivå stämmer inte helt överens med de nivåer som leverantörerna anger för förvätskning. Här bör trycknivå i förbehandling, transport och förvätskning studeras för att optimera energianvändningen. Med givna förutsättningar kräver delvis gemensam förvätskning komprimering på två ställen medan separat förvätskning i vissa fall klarar sig med en enhet för CO₂-komprimering.

Värmeinläckage

Värmeinläckage till CO₂ i vätskefas leder till förångning, generering av BOG. Vid återförvätskning av BOG krävs energi. Ju mer BOG desto högre effektbehov. En uppskattning av värmeinläckage till CO₂ i vätskefas har gjorts för systemet. Följande värmeinläckage har beräknats, övriga bidrag har i detta skede ansetts som försumbara:

- > Transportledningar för LCO₂ till terminalen
- > Mellanlagringstankar och Exporttank - Renova
- > Exportledning till fartyg
- > Tankbil och tågagn

Beräkningar ger att ett totalt uppskattat värmeinläckage på 160 kW för separat och 60 kW för delvis gemensam förvätskning. Den högre siffran vid separat förvätskning beror av värmeinläckaget för transportledningar till terminalen.

Mellanlagertankarnas utformning och typ av isolering påverkar inläckage av värme och därmed driftskostnad. En bättre isolering är förknippat med en högre investeringskostnad. Typ av tankar och val av isolering bör optimeras baserat på terminalens förutsättningar.

- > Separat förvätskning – Vid separat förvätskning finns ingen tydlig hantering/avsättning för BOG lokalt på terminalen. Troligen krävs investering i en återförvätskningsanläggning. Det blir i det fallet mer angeläget att minimera BOG. Om BOG tillåts släppas till atmosfär kan minimering av BOG fortfarande vara av vikt för att minska förlusterna av CO₂ från systemet.
- > Delvis gemensam förvätskning – Med gemensam förvätskning på terminalen kan BOG på ett enklare sätt hanteras genom recirkulering till

förvätskningsanläggningen. Vinsten med en extra bra isolering av tankarna blir då lägre.

Återförvätskning av BOG

Inom terminalen antas BOG hanteras genom återförvätskning. BOG utgörs av två delar; gas genererad i systemet till följd av värmeinläckage samt av gas som trycks ut från mellanlagringstankarna när vätska pumpas in. Effektbehov för återförvätskning av BOG har uppskattats till 450 kW för separat förvätskning och 400 kW för delvis gemensam förvätskning vilket motsvarar mindre än 5 % av det totala effektbehovet. Uppskattningen är baserad på specifikt effektbehov för förvätskning angivet av leverantörerna.

6.2.2 Energiåtervinning

Potential för värmeåtervinning har identifierats främst från kompressorer i systemet i form av låggradig värme < 90 °C, se 5.1.3. En grov uppskattning av potentialen för värmeåtervinning presenteras i separat dokument, se Bilaga V, "A209494-04-02-PD-PM-0002_Mass och energibalans".

- > Vid separat förvätskning där infångningsanläggning och förvätskning antas lokaliserade på samma ställe finns en fördel i att återvunnen värme från förvätskningen till viss del kan användas direkt i infångningsanläggningen eller i parternas huvudprocess. Exempel finns beskrivet i rapport från Gasnova där leverantören Aker har utvecklat en sådan lösning¹².
- > Vid delvis gemensam förvätskning, där huvuddelen av värmen finns tillgänglig vid CO₂-terminalen kan återvunnen värme exporteras som fjärrvärme.

Högre temperaturnivåer, > 90 °C, går att åstadkomma men med sänkt energieffektivitet som följd. Värmeåtervinning föreslås studeras vidare i senare skede tillsammans med leverantör och då baserat på tillkommande kostnader för utrustning värderat mot pris/nytta av värmen.

6.2.3 Kylbehov

Förvätskningsprocessen har ett kylbehov som är relaterat till följande poster:

- > Kylning av produktströmmar.
- > Kylning av kompressorer för CO₂ och köldmedium.
- > Kylbehovet för respektive scenario har uppskattats baserat på information från leverantörer, för resultat se Tabell 6-2. Kyleffekt för tryckhöjning av inkommande gas till förvätskningen ingår inte i siffrorna nedan och skulle ge delvis gemensam förvätskning ett något högre kylbehov. I kolumnen längst till höger är effektbehov för förbehandling inkluderat.

¹² "Demonstrasjon av fullskala CO₂-håndtering - Rapport for avsluttet forprosjekt", 2020, GASSNOVA, avsnitt 4.3.3.1.

Tabell 6-2 Kylbehov – Scenario A/B. I kolumnen längst till höger är effektbehov för förbehandling inkluderat.

Scenario	Enhet	Förvätskning, mellanlagring och export		Inklusive förbehandling	
		Separat	Delvis gemensam	Separat	Delvis gemensam
Kylvattenflöde	(ton/h)	5400	5300	8200	7900
Totalt kylbehov	(MW)	41	40	62	60
Specifikt kylbehov	(kWh/ton CO ₂)	170	160	250	250
Differens	(%)	Likvärdig		Likvärdig	

6.3 Summering och resultat

En summering av beräknade el- och kylbehov som presenterats i Tabell 6-1 och Tabell 6-2 visar på resultatet av mass- och energibalansberäkningarna. Följande punkter sammanfattar det som utifrån beräkningarna har identifierats som betydande för fortsatt utredning.

Elbehov förvätskning

Baserat på siffror från leverantörerna ses ingen skillnad i effektbehov mellan gemensam och separat förvätskning. Den specifika energianvändningen per ton vätskeformig CO₂ är likvärdig för de två storlekarna på förvätskningsanläggningar som diskuterats, 850 TPD respektive 1400 TPD. Den varierar dock med teknisk lösning och leverantör inom ett ungefärligt intervall som presenteras i Tabell 6-1. Effektbehov kommer bli en faktor att ta hänsyn till vid val av teknisk lösning och leverantör. Ytterligare bör nämnas att elbehovet på respektive site påverkas av valet separat eller gemensam förvätskning. Då själva förvätskningsanläggningen står för den dominerande parten av elbehovet blir elbehovet för respektive part stort vid separat förvätskning. Medan elbehovet vid delvis gemensam förvätskning till största delen kommer finnas på CO₂-terminalen. Uppdelning av elbehov på respektive part presenteras i Bilaga V, A209494-04-02-PD-PM-0002 PM Mass och energibalans.

Elbehov transport i rörledning

Transport i rörledning krävs från parterna Preem, St1 och Göteborg Energi till CO₂-terminalen. Vid separat förvätskning sker transporten i vätskefas medan det för delvis gemensam förvätskning sker i gasfas. Kompression av gas för transport är mer energikrävande än pumpning. Denna skillnad är det som skiljer de två lösningarna åt och ger alternativet delvis gemensam förvätskning ett högre elbehov. Det totala effektbehovet uppskatta till mellan 14-37 % högre för delvis gemensam än för separat förvätskning, beroende på leverantör.

Elbehov tryckhöjning av inkommande flöde till förvätskning

I de underlag som erhållits från leverantörerna varierar antaget tryck på inkommande gas till förvätskningsdelen. I mass- och energibalansarbetet har effektbehovet kompenserats för detta. Samt för att trycknivån vid transport till CO₂-terminalen är satt till 10 barg. Vid fortsatt arbete bör dessa trycknivåer optimeras för att minimera förluster i form av reducering av tryck samt att

antalet kompressorenheter optimeras. Detta görs lämpligen i samråd med leverantörer där förvätskning, förbehandling och eventuellt CO₂-avskiljning diskuteras i ett sammanhang.

Värmeinläckage

När det gäller värmeförluster till kall vätska avviker separat förvätskning med ett högre värmeinläckage till rörledningarna för transport av LCO₂ till CO₂-terminalen. Denna skillnad bidrar med i storleksordningen 20 % av totala BOG. Återförvätskning av BOG står i sin tur för en relativt liten andel av systemets totala elbehov.

Vid separat förvätskning antas CO₂ i vätskefas transporteras i rörledningar från Preem, St1 och Göteborg energi till CO₂-terminalen. För Renova antas transport i vätskefas ej lämplig på grund av komplexiteten vid väsketransport av CO₂. Bland annat är det beräknade värmeinläckaget relativt stort för en så lång rörledning som skulle krävas vilket är relaterat till högre BOG och/eller driftskostnader.

Värmeåtervinning från förvätskning

En gemensam förvätskning ger möjligheter för energiåtervinning ur förvätskningsprocessen i större skala, då i form av fjärrvärme. Separat förvätskning ger däremot möjlighet för respektive part att utnyttja värmen internt i sin anläggning eller för integrering med uppströms steg i CCS-värdekedjan. Möjligen att det är mer kostnadseffektivt med energiåtervinning i större skala vilket skulle gynna gemensam förvätskning. Dock bör kostnad för energiåtervinning ställas mot pris/nytta i en mer fördjupad studie. Att det finns avsättning för den producerade värmen under årets olika delar bör också utredas.

Kylbehov

Beräkningar av kylbehov visar likvärdigt kylbehov för separat och delvis gemensam förvätskning. Dock förväntas kylbehovet följa elbehovet så att ytterligare behov av komprimering även ger delvis gemensam förvätskning ett något högre kylbehov.

Vid separat förvätskning finns potential för utnyttjande av befintliga kylsystem. St1 och Göteborg Energi har angett att ledig kapacitet finns vilket skulle kunna ge en lägre kostnad för kylvatten hos dessa parter.

Låg kylvattentemperatur är önskvärt då det påverkar energieffektiviteten för förvätskningsanläggningen positivt.

6.3.1 Slutsats – Mass- och energibalans

Resultatet från sammanställd energibalans indikerar ett lägre elbehov för separat gentemot delvis gemensam förvätskning. Därmed kan driftskostnaden relaterat till elanvändning för separat förvätskning antas vara något lägre än för delvis gemensam förvätskning. För det fall där leverantören inkluderat förbehandling i sin uppskattning av elbehov ger energibalansen att skillnaden mellan separat och delvis gemensam förvätskning är så liten som 5 %.

Fortfarande till förmån för separat förvätskning men med mindre marginal. Det bör även nämnas att bägge leverantörerna som tillfrågats indikerar att det finns samordningsvinster om förvätskning integreras med förbehandling och även med infångning av CO₂.

Baserat på ovan nämnda blir slutsatsen att en viss fördel för separat förvätskning har identifierats gällande elbehov. Fortsatt utredning rekommenderas där fram för allt samordning med uppströms processteg vid separat förvätskning bör utredas ytterligare.

Gällande energiåtervinning har en viss potential identifierats för systemet. Potentialen är relativt likvärdig men kan antas något högre för delvis gemensam än separat förvätskning. Ytterligare utredning krävs där möjlighet till värmeintegrering med uppströms processdelar, möjlighet att nyttja som fjärrvärme samt kostnad vägs mot nytta.

Kylbehov för systemet får anses relativt likvärdigt för separat och delvis gemensam förvätskning. Potential för utnyttjande av befintliga kylvattensystem hos parterna kan ge en fördel i kostnad. Implementeras energiåtervinning sänks kylbehovet. Låg kylvattentemperatur ger högre energieffektivitet vid förvätskning.

7 Lokalisering och layoutförhållanden

I detta avsnitt beskrivs de alternativ som under förstudien för CinfraCap har utvärderats för placering av gemensam CO₂-terminal, lämpliga kajlägen samt transportsätt av CO₂.

7.1 Lokalisering av CO₂-terminal

Inom ramen för förstudien har tre olika lokaliseringar inom Göteborgs hamns område utretts som potentiell lokalisering för den tilltänkta CO₂-terminalen. Alternativen har värderats utifrån ett antal bedömningsparametrar såsom tillgänglig yta, närhet till stödsystem, optimal rördragning, infrastruktur, möjlighet för tåg/ tankbilsstation, närhet till kajplatser, markförhållanden och planförhållanden, tillståndsaspekter, risker och påverkan på miljö och omgivning. Det alternativ som i denna förstudie ansetts mest lämpligt är Skarvik 4. För att ta del av hela den utvärdering som gjorts hänvisas till Bilaga R, A209494-04-02-PP-PM-0002, PM Lokalisering av CO₂-terminal. Skarvik 4 anses vara det alternativ som har;

- > Tillräcklig yta för ändamålet
- > Närhet till ett antal potentiella kajlägen
- > Tillräcklig närhet till stödsystem
- > Goda markförhållanden
- > Acceptabelt avstånd mot identifierade miljöskyddade områden

7.2 Lokalisering av kajläge

Inom ramen för förstudien har även alternativa kajlägen för tilltänkt export till fartyg utretts. Alternativen har värderats utifrån ett antal bedömningsparametrar såsom detaljplaner, sjökortsdjup, kajens nuvarande kapacitet för max djup och maxlängd av fartyg, tillgänglighet, närhet till CO₂-terminal, rördragning samt framtida upprustningsplaner.

Utifrån resultatet av utredningen har kajläge 551, 518 eller 508-9 identifierats som mest lämpade för att brukas som dedikerat kajläge för ankommande CO₂ fartyg, se Figur 7-1. För fullständig redogörelse kring utvärderingen av kajlägen hänvisas till Bilaga S, A209494-04-02-PP-PM-0003, PM Kajlägen.



Figur 7-1 Översiktsbild kajlägen 508-509, 518 samt 551.

<https://www.goteborgshamn.se/maritimt/kajer-och-terminaler-i-goteborgshamn/karta/energihamnen/>

7.3 Layout - CO₂-terminal

Ett layoutförslag för CO₂-terminalen inklusive mellanlager, exportpumpar, eventuell förvätskning, import via tankbil och tåg samt större byggnader har utarbetats under förstudien. Layoutförslaget baseras på sfäriska tankar för mellanlagring av koldioxid. Valet av sfäriska tankar motiveras av att de anses på bästa sätt nyttja den begränsade ytan som finns tillgänglig inom området Skarvik 4. Alternativa lösningar med ett antal stående cylindriska tankar anses riskera att komma i konflikt med den gällande detaljplanens restriktioner avseende maximala höjder. Illustrationen visar en konceptuell layout med fullt utbyggd lagerkapacitet år 2040 med en total kapacitet på 13 500 m³ fördelat på totalt 5 st sfäriska tankar a 2 700 m³. Dessa sfäriska tankar har en diameter på ca 17 m. Plats finns även markerad för en framtida 6:e tank. Denna tank kan bli aktuell i framtiden om anslutningar från tredje part sker eller större fartyg blir aktuella. Ytterligare detaljer kring val av tanklösning redovisas i separat PM, se Bilaga T, A209494-04-02-PP-PM-0001, PM Tankval. I anslutning till tankarna har en yta indikerats för placering av exportpumpar.

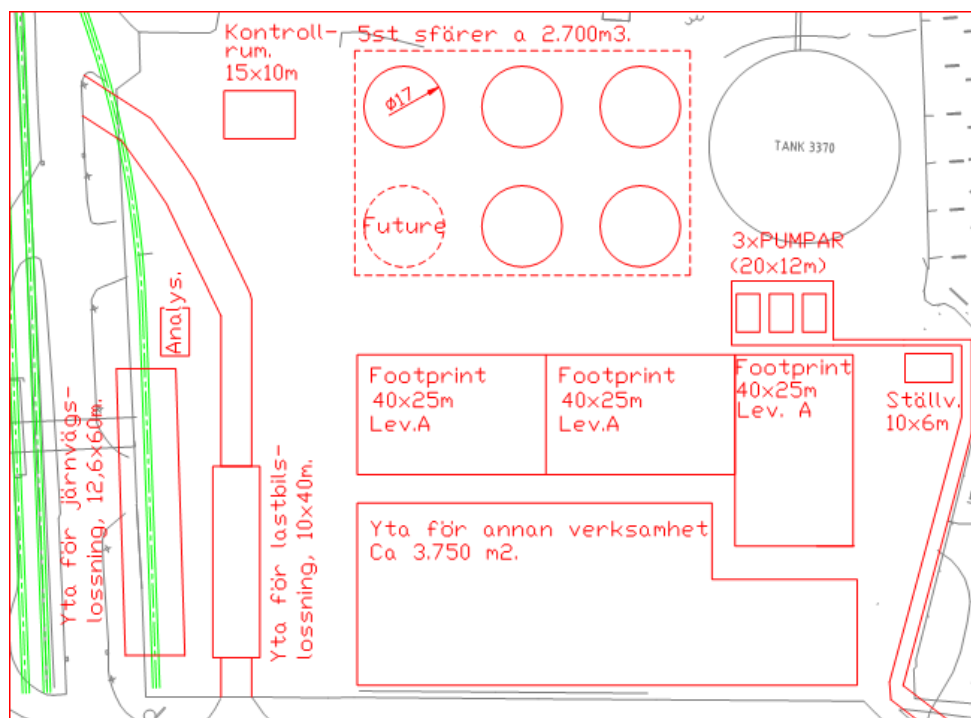
För förvätskning har tre områden på 25x40 m markerats motsvarande de tre förvätskningsanläggningar som föreslagits vid fullt utbyggd kapacitet år 2040. Detta gäller enbart vid alternativet delvis gemensam förvätskning då förvätskningsanläggningar placeras inom CO₂-terminalens område. Den föreslagna placeringen inskränker något på de område som markerats som tilltänkt för annan verksamhet av den nuvarande nyttjaren av ytan. Behovet för denna tilltänkta yta har uppgetts till 5000 m². Detta bör utredas närmare i senare skede. Yta för kylvattensystem är ej inkluderat i detta layoutförslag.

Yta för inlastningsstationer för tåg och tankbil har indikerats i den västra delen av området. Vågssystem för vägning av inkommande och utgående laster förutses placeras i anslutning till CO₂-terminalen. Tidigare studier som utförts i området har visat att det är möjligt att dra järnvägsspår inom Göteborgs Hamn så att denna access möjliggörs. Noteras bör att två spår avsedda för rangering indikeras utanför det tilltänkta området. Om transport på tåg blir aktuellt bör även andra lokaliseringar för tåginlastningsstationen inom Göteborgs Hamn utvärderas för att hitta en kostnadseffektiv lösning. Rörledning för flytande koldioxid får då dras till den tilltänkta placeringen.

Byggnader för kontrollrum, ställverk och analyshus har inkluderats i layoutförslaget. Storleken på byggnader är i detta skede uppskattad baserat på tidigare liknande projekt:

- > Kontrollrum – 150 m², full boendestandard/komplicerad byggnadstyp.
- > Ställverk och automationsbyggnad – 100 m², full boendestandard/komplicerad byggnadstyp.
- > Luftkompressorbyggnad – 40 m², enklare byggnadstyp för frostfri miljö.
- > Analyshus – 15 m², enklare byggnadstyp för uppvärmd miljö.

Installationen av utrustning och tankar är tänkt att ske från öster till väster för att möjliggöra en stegvis utbyggnad. Figur 7-2 visar den framtagna konceptuella plot-planen och är del av ritning A209494-04-05-PP-002, se Bilaga H.



Figur 7-2 Konceptuell layout CO₂-terminal, Skarvik4, Energihamnen, del av ritning A209494-04-05-PP-002, se Bilaga H.

Framtagen plotplan och layouter är baserade på följande underlag:

- > A209494-04-05-PP-001 Översikt total. Se Bilaga G.
- > A209494-04-05-PP-002 Översikt zoom. Se Bilaga H.
- > A209494-04-05-PP-003 Översikt. Se Bilaga I.
- > A209494-04-05-PP-005 Karta med närliggande parter. Se Bilaga K.
- > A209494-04-05-PP-006 Karta total. Se Bilaga L.

7.4 Ledningsdragning

Rörledningarna och dess dragning från respektive aktör till CO₂-terminalen illustreras i två översiktskartor. En centralt över hamnområdet och en total där Renova i Sävenäs finns med, se Bilaga K & L, A209494-04-05-PP-005 & 006.

Dessa rördragningar kommer i möjligaste mån att förläggas på befintliga rörgator, bestående av såväl stålstrukturer ovan mark som betongplintar i markplan.

För att detta skall vara möjligt kommer rörgatorna i övervägande majoritet behöva modifieras genom att de kompletteras med konsoler alternativt att betongplintar i markplan breddas. Kostnads kalkylen är baserad på att samtliga befintliga rörstöd, oavsett från vilken aktör, behöver kompletteras med nytt sekundärstål. Totalkostnaden för detta är därför fördelad som en faktor (kr/m) och är inkluderad i kalkylen för rörkostnader från respektive aktör. Renovas eventuella rördragning är exkluderad, men en hypotetisk rördragning visas och kostnadsuppskattas (CAPEX) i Bilaga X, A209494-04-02-PM-0004, PM transport

Renova – CO₂-terminal. Under Direkta kostnader, avsnitt 11.1.1 finns ytterligare information samt kalkyl rörande detta.

Om det i något fall i annan fas av projektet identifieras lösningar med ledningar från två eller flera aktörer till CO₂-anläggningen, skulle det kunna ge synergier.

För att kunna nyttja, och belasta, befintliga stålstrukturer måste kontrollberäkningar enligt gällande stålbyggnadsnormer att utföras. Se vidare avsnitt 7.4.2 Beräkningar.

7.4.1 Gemensamma rörgator

Flera av aktörerna har även andra planerade investeringar i nära framtid. I tillfälle det här finns möjlighet att göra gemensamma kompletteringar av rörgator mellan dessa projekt skulle detta kunna innebära flera positiva synergier såsom mer platseffektiva installationer, enklare framtida underhåll och naturligtvis ett mer kostnadseffektivt installationsarbete.

För rörgator inom Göteborgs Hamns område gäller idag att respektive aktör endast nyttjar egna rörgator. Förstudien utgår ifrån denna princip i föreslagna rördragningar.

7.4.2 Beräkningar

Dimensionering av stålstrukturer (sekundärstål) skall utföras i enlighet med följande normer;

- > SS-EN 1090-1, SS-EN 1090-2 Stålkonstruktioner.
- > SS-EN EKS 11 Boverkets konstruktionsregler.

För modifiering av stålstrukturer inom Göteborgs Hamns område skall dessutom Göteborgs Hamns Konstruktionshandbok följas. I detta fall avsnitt "8.3, Beräkning av sekundärstål".

7.4.3 Mängdförteckning – MTO

Mängdförteckning avseende rörlängder på rörgator redovisas separat från respektive part till CO₂-terminalen. Övriga konstruktionsdata, inklusive totala rörlängder, framgår av Bilaga F, A209494-4-07-PP-MTO-001. Nedanstående tabell är en sammanfattning över rörlängder från respektive part till gemensam CO₂-terminal.

Tabell 7-1 Rörlängder från respektive part till Skarvik 4.

Part	Rörlängd	Stödkomplettering	Typ
Preem	4 975 m	SMIDE	KONSOL
St1	1 695 m	SMIDE	KONSOL
Göteborg Energi	1 460 m	SMIDE	KONSOL
Renova	13,3 km	N/A	N/A

7.5 Transport Renova – CO₂-terminal

Inom ramen för förstudien har möjliga transportsätt från Renovas anläggning till CO₂-terminalen utvärderats utifrån ett antal bedömningskriterier såsom teknologi, genomförbarhet, tillståndsmässiga aspekter och investeringskostnad (CAPEX). Baserat på resultatet från utredningen rekommenderas i detta läge transport på tankbil. Resonemang kring respektive transportalternativ sammanfattas av punkterna nedan:

- > CO₂ i vätskeform – transport i rörledning – Bedöms ej reellt på grund av de tekniska utmaningar som identifierats vid transport av CO₂ i vätskeform över längre sträckor.
- > CO₂ i gasform – transport i rörledning – Bedöms ha en relativt hög investeringskostnad (CAPEX) och vara svårrealiserbart i stadsmiljö. Vidare studier och utredningar för detta alternativ, i tillfälle det anses intressant, behövs för att minimera osäkerheterna för eventuella vidare arbeten.
- > CO₂ i vätskeform – transport på järnväg – Alternativet är i nuläget ej möjligt men bedöms på sikt potentiellt vara möjligt om intressenter såsom Trafikverket upplåter yta för insticks/vagnuppställningsspår. Närmare dialoger och koordinering emellan parterna bör föras.
- > CO₂ i vätskeform – transport på tankbil – Alternativet bedöms vara realiserbart och är det transportsätt som rekommenderas i denna förstudie.

För en fullständig redogörelse av utredningen se Bilaga X, A209494-04-02-PM-0004, PM transport Renova – CO₂-terminal.

7.6 Utlastning till fartyg

På kaj avsedd för export av koldioxid till fartyg föreslås en installation omfattande två lastarmar, en för lastning av CO₂ i vätskefas till fartyg och en för gasretur.

Vid placering av nya lastarmar på vald kaj skall respektive lastarms tredimensionella utbredning (envelope) beaktas. Det gäller för såväl installationens två egna lastarmar som mot kajens befintliga. I andra faser av projektet får underlaget kompletteras med maximala och minimala havsvattennivåer för att fastställa lastarmarnas aktionshöjder till fartygens manifoldrar. Dessa höjder, och avstånd från kajkant illustreras på ritningen med den graferade ytan. Se ritning Bilaga J, A209494-04-05-PP-004. Konceptritningen tillsammans med den tillhörande specifikationen ligger till grund för lastarmarnas kostnadsuppskattningar.

7.7 Stål – Sekundärstöd

Majoriteten av alla rörstöd för tillkommande rör i befintliga rörgator kommer behöva kompletteras med nya platser för att kunna nyttjas. Detta föreslås göras i huvudsak med kompletterande sekundärstål. I några fall rekommenderas breddning av befintliga betongslipers. Kostnads kalkylen är baserad på kompletterande sekundärstål på samtliga rörstöd.

7.8 Geotekniska förhållanden – Skarvik 4

Markförhållanden vid den föreslagna lokaliseringen för CO₂-terminalen, Skarvik 4, är sedan tidigare delvis undersökt. Information finns att ta del av i ett antal dokument relaterade till "Detaljplan Skarvik 4" och "SGIs jorddjupskarta".

Enligt den befintliga informationen består jorden i området av omgjord mark¹³ till djupet 2,1 m. Den omgjorda marken består av krossat berg, makadam och sten, till djupet 0,65 m, följt av ett lager av sand och sten eller morän sand. Den naturliga marken består av sand och lera med en tjocklek som varierar från 3 till 8 m. Bergytan finns på djup som varierar från 5 till 10 m. Samtidigt finns det data som också pekar på att djupet till berg kan uppgå till 19,5 m intill Göta Älv och därmed kräver den nämnda jordlagerföljden justeringar.

Den befintliga informationen visar även på stabilitetsförhållanden och rekommendation för fundamentering. Stabilitetsförhållandena klassificeras i underlaget som säkra. Dock kommer tillägg av belastningar på ytan (högre än 45 kPa) att leda till en minskning av säkerhetsfaktorn till nivåer som kan anses icke tolerabla, särskilt inom ett avstånd av 24 m från sluttningskanten (nära Göta Älv).

Vidare klassificeras marken som komprimerbar med ett tillåtet värde på ca 20 kPa. Sättningsanalyser eller markstabiliseringsarbeten kommer att krävas för belastningar över nämnda tröskelvärde.

Detaljplanen hänvisar till en lista med dokument och bilagor som kan ge mer detaljerad information om de geotekniska förhållandena. Den icke-uttömmande listan innehåller:

- > MUR och PM Geoteknik daterad oktober och november 2013
- > Kompletterande PM Geoteknik för detaljplanen.
- > MKB Bilaga B7, B8, B9 och B11.

Med referens till layout i detta avsnitt för Skarvik 4 kan i denna förstudie konstateras följande;

För området där de sfäriska lagringstankarna är indikerade:

Preliminära uppskattade vikter på de i denna förstudie valda sfäriska lagringstankarna inklusive innehåll är ca 2700 ton styck.

Eftersom djupet till berg uppskattas vara mellan 5 och 10 m, samt jorden beskrivs som komprimerande och innehåller block, pekar den preliminära bedömningen på att pålning krävs, till exempel av typ borrade stålplålar (RD plålar). Det finns fortfarande många frågor som kräver ytterligare undersökning såsom:

¹³ Mark som har blivit omgjord av mänsklig verksamhet.

- > Typ av lera och / eller sand (skjuvhållfasthet och/eller friktionsvinkel), eftersom den kommer att spela en avgörande roll för pålens sidostabilitet, vilket således kräver diameter.
- > Förväntad typ av korrosion.
- > Vindbelastningar ansluter till denna typ av konstruktion, eftersom det kommer att påverka flottedesignen och därmed belastningen som stöds av pålarna. Vidare kan lutande förankrade pålar krävas för att ta den horisontella belastningen.
- > Plattdesign (monolitisk för varje lagringstank, kontinuerlig platta, ...)

För området där förvätskningsanläggningarna är indikerade:

Information om vikter på förvätskningsanläggning finns ej tillgängligt i denna fas av projektet. Enbart generella antaganden kan därför göras med relativt hög osäkerhetsnivå.

Bergytan beskrivs som lutande mot Göta Älv, med djup till berg som varierar mellan 5 och 20 m. Ytterligare undersökningar krävs för att bestämma avståndet till berg, eftersom det kommer att vara en nyckelfaktor för den preliminära grundkonstruktionen. Viktiga frågor att besvara:

Vikt för denna typ av anläggning/struktur.

- > CO₂-kolonnens höjd eller motsvarande struktur kan också vara en nyckelaspekt, både när det gäller vertikal och horisontell belastning.
- > Markens egenskaper (styrka och korrosion).

8 El och Automation

8.1 El

Det totala beräknade effektbehovet för CO₂-terminalen presenteras i Tabell 6-1. Den enskilt största andelen av detta behov kommer från förvätskningsanläggningen.

För CO₂-terminal där delvis gemensam förvätskning sker behövs det byggas ut ett nytt strömförsörjningssystem då det inte finns existerande i området som skulle kunna tillgodose behovet.

8.2 CO₂ flödesmätning

I en CO₂-terminal är det av yttersta vikt att CO₂ mäts och övervakas till mängd och innehåll (ref. avsnitt CO₂ - 2.6). Det rekommenderas att allt flöde av koldioxid in och ut ur CO₂-terminalen mäts. Mätning bör då ske i samtliga transportnoder; från avskiljningsanläggningarna i anslutning till transportnätverket, vid ankomst till CO₂-terminalen, vid förvätskningsanläggningar, vid hanteringen av BOG samt vid export till fartyg via lastarmar. Denna mätning bör ske med MID-godkända flödesskids (för hög noggrannhet), analysatorer samt Coriolis massflödesmätare. Fältutrustningen kan sedan byggas upp i ett hierarkiskt arkitektursystem för att tillknytas ett kontrollsystem och ett så kallat Order-to-Cash, produktionsplaneringssystem för operatören som sköter driften av CO₂-terminalen.

Förvätskningsanläggningen i CO₂-terminalen har sitt eget styrsystem och kan integreras med utomstående system för övergripande styrning och övervakning.

8.3 Ship-shore link

Signalutbyte mellan terminalen och fartyget görs via en så kallad "ship-shore-link". Standarden "ISGOTT Recommendations and guidelines for linked Ship/shore Emergency shutdown of Liquefied Gas Cargo transfersystem" kan läggas till grund för ett sådant signalutbyte.

9 Miljö, risk och säkerhet

9.1 Risker med CO₂

Koldioxid är inte klassad som toxisk, men har en neurologisk påverkan på människor. Koldioxid är en tung gas som tränger undan syre, men koldioxid kan utgöra en risk redan innan en låg syrenivå uppnås och kan vid koncentrationer högre än 7 volymprocent innebära kvävningsrisk. Gasen är luktfri vilket gör den svår att upptäcka och på grund av att den är tyngre än luft kan den ansamlas i lågpunkter.

Kondenserad gas är kall och flytande koldioxid under tryck som släpps ut till atmosfären kommer att bilda torris. Kontakt med kondenserad gas eller en gasplym riskerar att ge köldskador vid kontakt med oskyddad hud, ögon etcetera och även ge påverkan på utrustning och instrumentering.

Vid tryckfall i ledningar och utrustning med flytande koldioxid kan pluggar av torris bildas vilket kan orsaka tätning av instrument och utrustning, inklusive säkerhetsventiler.

Koldioxid är inte brännbar men kan innebära en risk vid brand om tryckkärl innehållande koldioxid värms upp av extern brand och en tryckuppbyggnad sker.

9.2 Risker med ammoniak

Ammoniak är en vanligt förekommande kemikalie i system för kylning och kan komma att användas för förvätskning av koldioxid. Vid atmosfärstryck är ammoniak en gas med kokpunkt vid -33°C. I ett kylsystem hålls ammoniak under tryck vilket gör att merparten kondenseras till vätska. Ett läckage av ammoniak i vätskefas bildar en blandning av gas och luft och små aerosoldroppar. Blandningen blir direkt kraftigt nedkyld vilket kan ge svåra frysskador på människor och utrustning som träffas av strålen. Vid så låga temperaturer uppvisar ammoniak i gasfas ett tunggasbeteende. Ammoniak i gasfas är dock normalt lättare än luft och stiger uppåt.

Ammoniaks primära farliga egenskap är dess giftighet, men under vissa förutsättningar är dock en blandning av ammoniak och luft även brännbar. En klassning enligt ATEX-direktivet kan därför komma att krävas om ammoniak används till förvätskning.

Lösningar med hög koncentration av ammoniak är starkt frätande och kan ge mycket allvarliga skador vid förtäring, hud eller ögonkontakt. Ammoniakgas är kraftigt irriterande på ögon och slemhinnor. Vid inandning av ammoniakgas i hög koncentration finns risk för andningsbesvär och lungskada.

Ett momentant utsläpp av även små mängder tryckkondenserad ammoniak (exempelvis packningsläckage), bedöms vid stabila väderförhållanden kunna ge

upphov till ett skadeområde som sträcker sig flera hundra meter eller längre från utsläppskällan.¹⁴

9.3 Resultat från Grovriskanalys

I detta avsnitt sammanfattas resultaten och slutsatserna från den grovriskanalys som genomförts. Fullständig rapport från grovriskanalysen inkl. analysprotokoll återfinns i Bilaga Y, A209494-04-02-N-PM-0002, PM Grovriskanalys.

Grovriskanalysen baseras på den information som var tillgänglig vid analystillfället. På grund av det tidiga projektskedet har ett antal olika alternativ analyserats översiktligt. Det rekommenderas därför att riskanalysen revideras och utvecklas i senare projektskeden (exempelvis som en del av basic design) när mer detaljerad information om den valda lösningen avseende transport och förvätskning finns att tillgå.

De huvudsakliga riskerna som identifierats i grovriskanalysen härrör till:

- > Olycksutsläpp från koldioxidsystem på grund av exempelvis mekanisk konflikt (påkörning), överskridna designparametrar, påverkan från närliggande verksamheter etcetera.
- > Olycksutsläpp från ammoniaksystem på grund av exempelvis överskridna designparametrar, påverkan från närliggande verksamheter etcetera.
- > Dominoeffekter från eller mot närliggande verksamheter på grund av exempelvis brand i omkringliggande anläggningar (befintliga och planerade) eller olyckshändelser i CO₂-terminalens verksamhet.

Vidare har risker med avseende på exempelvis sabotage, markförhållanden, havsnivåhöjning, buller och fartygsrörelser identifierats. Merparten av riskerna har bedömts vara acceptabla eller hamna inom det så kallade ALARP¹⁵-området där ytterligare skyddsåtgärder skall värderas ur kostnads/nyttosynpunkt. Ett fåtal risker har vid analysmötena identifierats som icke tolerabla ("röda-risker").

För risker som bedömts vara icke tolerabla eller hamna inom ALARP-området har rekommendationer på ytterligare skyddsåtgärder angivits. De skyddsåtgärder som angivits är på en relativt övergripande nivå och merparten pekar ut områden där hänsyn alternativt detaljerad analys krävs i kommande projektskeden. Icke tolerabla risker bedöms, med tanke på det tidiga projektskedet, inte utgöra show stoppers förutsatt att det tas fram lösningar som minskar risken till tolerabla eller acceptabla nivåer i kommande skeden.

Följande risker har bedömts vara icke tolerabla:

- > Icke tolerabla risker för allmänheten har bedömts föreligga om transport av koldioxid från Renova sker via rörledning. Den bedömt höga risknivån uppkommer på grund av ökad risk för påkörning eller pågrävning då en

¹⁴ MSB - Nya bedömningar av riskområden vid utsläpp av ammoniak, klor och svaveldioxid (2016)

¹⁵ As Low As Reasonably Practicable

rörledning från Renova behöver passera genom relativt tätbebyggda områden.

- > Icke tolerabla risker för personal inom CO₂-terminalen och i övriga hamnen (främst Skarvikshamnen och närliggande områden) har bedömts uppkomma om ett stort utsläpp sker vid förvätskning med ammoniak. Ammoniak bildar en giftig gas och stora utsläpp kan ge upphov till långa konsekvensavstånd.
- > Icke tolerabla risker med avseende på miljö har bedömts föreligga om en olyckshändelse i CO₂-terminalens verksamhet påverkar närliggande cisterner med klass 3 produkt så att ett läckage från dessa når recipient.

På en generell nivå görs iakttagandet att förvätskning med ammoniak bedöms innebära en i sammanhanget relativt hög risknivå jämfört med transport av koldioxid via rörledningar. Detta gäller rörtransport med så väl flytande som gasformig koldioxid. Undantaget är transport i rörledning från Renova enligt ovan beskrivning. Om förvätskning inom CO₂-terminalens anläggning eller på respektive producerande anläggning innebär en totalt sett lägre eller högre risknivå beror på hur hög risknivå för lokal förvätskning hos varje producent bedöms vara. Detta har inte beaktats i riskanalysen.

Att ovanstående risker bedömts vara icke tolerabla beror till viss del på att i det aktuella projektskedet inte finnes existerande och tillräcklig information om utformning, mängder av olika kemikalier, förekomst av barriärer etcetera.

Transport av koldioxid från Renova via rörledning eller förvätskning vid CO₂-terminalen med hjälp av ammoniak bedöms därför inte vara uteslutna alternativ i senare projektskeden baserat på bedömningarna som genomförts i detta skede, förutsatt att det tas fram lösningar som minskar risken till tolerabla eller acceptabla nivåer.

Man bör i kommande projektskeden genomföra spridningsberäkningar avseende olycksutsläpp för dimensionerande utsläpp av koldioxid och ammoniak för att studera konsekvensområden i detalj. Även risker från omgivande anläggningar kan komma att behöva beaktas i detta avseende.

10 Tillståndsaspekter

De olika momenten vid avskiljning, transport och lagring av koldioxid som berörs eller kan komma att beröras av lagar och regler som omfattar en tillståndsplikt eller anmälningsplikt sammanfattas nedan. En utgångspunkt är att hanteringen av koldioxid är en del förlängning av och en del petroleumindustri och energiverksamheter. Se vidare för mer ingående beskrivning och lista med lagar och förordningar i Bilaga W, A209494-04-02-N-PM-0001, PM Tillståndsfrågor.

Sammanfattningsvis utgörs huvuddelen i tillståndsfrågeställningen för koldioxidhanteringen av tillståndskrav för:

- Avskiljning är tillståndspliktig B-verksamhet enligt miljöprövningsförordningen.
- Mellanlagring av koldioxid räknas som hantering av avfall och kräver tillstånd enligt miljöprövningsförordningen.
- Detaljplanbestämmelser.
- Vid uttag av älvvatten för kylning är en vattenverksamhet som kräver tillstånd enligt miljöbalken.
- Ledningsdragning i stadsmiljö kommer att kräva ett omfattande arbete, tillståndsprovning, ledningsförrättning mm.
- En befintlig verksamhet med tillstånd enligt miljöbalkens 9 kap. om miljöfarlig verksamhet kommer att behöva gå igenom en process för ändringstillstånd även om den tillkommande delen i koldioxidhanteringen inte är tillståndspliktig enligt punkterna ovan.

Miljölagstiftningen

Den som bedriver miljöfarlig verksamhet enligt miljöbalken har tillstånds- eller anmälningsplikt för sin verksamhet. Vilken typ av verksamheter som berörs framgår av bland annat miljöprövningsförordningen (2013:251) och förordningen (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd. Miljöbalkens allmänna hänsynsregler gäller dock alltid oavsett om verksamheten är tillståndspliktig eller inte.

Verksamhetsutövare som hanterar farliga ämnen i större mängder vid ett och samma tillfälle omfattas av reglerna i Sevesolagstiftningen¹⁶. Utöver dessa finns ett antal lagrum som måste beaktas varav några kan medföra en tillståndsprovning.

¹⁶ Lag (1999:381), förordning (2015:236) och föreskrifterna (MSBFS 2015:8) om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvariga kemikalieolyckor.

Lagring.

- Avskiljning av koldioxid och hantering av denna räknas som hantering av avfall enligt vad som inbegrips i begreppet avfall, 15 kap. miljöbalken. Tillståndsplikt gäller därför för att lagra icke-farligt avfall som en del av insamlingen, enligt miljöprövningsförordningen 29 kap, 48 § Tillståndsplikt B och verksamhetskod 90.30.
- Den som ska bli verksamhetsutövare för mellanlagringen behöver därför söka tillstånd för mellanlagringen. Detta kan vara som ett ändringstillstånd eller ett nytt tillstånd beroende på var anläggningen förläggs och vem som blir verksamhetsutövare för anläggningen.

Avskiljning av CO₂

- I miljöprövningsförordningens 29 kap. om avfall tas avskiljning av koldioxid upp som en tillståndspliktig B verksamhet för de industrier eller verksamheter där själva avskiljningen görs.
- I övrigt gäller också skyldigheter enligt lagen om vissa utsläpp av växthusgaser (Lag 2020:1173), samt föreskrifter som har meddelats med stöd av denna. Se även kapitel 2.5.2 och 4.4.

Kylning

- Vid lagring och förvätskning krävs kylning. Lågtemperaturkylsystemet kommer eventuellt innehålla ammoniak som köldmedium. Stora mängder av ammoniak, CAS nr 7664-41-7, kan bli tillståndspliktig enligt sevesolagstiftningen.
- Kylsystemet kommer även att kräva en extern källa för kylning som kan vara vatten från närliggande recipient, Göta Älv. Om kylvatten skall tas från älven kommer detta att vara tillståndspliktigt enligt miljöbalkens 11 kap. om vattenverksamhet.

Ändring av befintlig verksamhet

- Den som är verksamhetsutövare för annan befintlig tillståndsprövad verksamhet, behöver söka ett ändringstillstånd eller göra en anmälan för den nya hanteringen om det inte ryms inom det tidigare tillståndet.
- Göteborgs hamn har ett miljötillstånd för energihamn, med bland annat tillstånd att lasta/lossa petroleumprodukter och LNG. Ett ändringstillstånd, alternativt en anmälan, för lastning av avskild koldioxid kommer att behövas. Hanteringen av koldioxid är kopplat till energianläggning och därmed bedöms att koldioxidens hantering inom det som idag är energihamn är förenligt med tillståndet för energihamn. Se även hantering enligt detaljplanebestämmelser nedan.

Planbestämmelser/ planstridighet

Om området för verksamheten ligger inom gällande detaljplan (DP) eller finns med i översiktsplanen (ÖP) måste planbestämmelserna följas för att inte medföra planstridigheter. De tre utpekade lokaliseringarna har olika förhållanden vad gäller planer. Skarvik 4 och Rya har gällande detaljplaner. Koldioxidhanteringen är kopplat till energianläggningar och gashantering. Därmed görs bedömningen att koldioxidhanteringen faller inom verksamheter som är tillåtna inom det som idag är energihamn och bedöms inte medföra någon planstridighet. Planstridigheter granskas och avgörs i bygglovsärendet.

- För Rya medger detaljplanen industri med hantering och förvaring av petroleumprodukter och bränslen, samt hamnverksamhet.
- För Skarvik 4 medger detaljplanen energihamn med hantering och lagring av gas. Detaljplanens syfte är att säkerställa plats för hantering energiprodukter.
- Risholmen saknar detaljplan men området ingår i Göteborgs översiktsplan som industrimark. Detaljplan krävs.

Detaljplanerna för de olika kajalternativen har också en tillåtlighet enligt planbestämmelserna för hantering av petroleumprodukter respektive oljehamn med gashantering.

Transport

- ADR/RID. ADR och RID är två Europa-gemensamma regelverk för transport av farligt gods på väg respektive järnväg. De svenska versionerna av regelverket heter ADR-S och RID-S (MSBFS 2018:5, ADR-S och MSBFS 2018:6, RID-S). Flytande/kyld koldioxid räknas som farligt gods vilket betyder att all transport av flytande/kyld koldioxid i bulk måste följa ADR/RID regelverket.
- Lag (2006:263) om transport av farligt gods. Syftet med denna lag är att förebygga, hindra och begränsa skador på liv, hälsa, miljö eller egendom. Den ställer krav på att vidta de skyddsåtgärder för att förebygga skador som beror på godsets farliga egenskaper.
- Avfallsförordningen (2020:614) ska inte, enligt 15 kap. tillämpas på koldioxid som avskiljs och transporteras för att lagras geologiskt. Transporten av koldioxid för geologisk lagring är därför undantagna transportreglerna för tillstånd och anmälningsplikt.

Ledningsdragning

- **Ledningskoncession.** Lagen om ledningskoncession att anlägga vissa rörledningar gäller även transport av koldioxid som ska lagras geologiskt. (Lag (1978:160) om vissa rörledningar, Ändrad t.o.m. SFS 2019:853). Koncession krävs dock inte för ledning som har eller

planeras få en längd på högst 20 kilometer. Alternativ lokalisering i Skarvikshamnen bör vara under 20 km.

- **Ledningsrätter och markanspråk.** Rätten att dra sina ledningar över någon annans mark regleras i en ledningsrätt. En ledningsrätt innebär ett intrång i fastighetsägarens äganderätt. En ledningsförrättning görs av Lantmäteriet. Detta kan bli aktuellt främst vid en ledningsdragning utanför industriområden och redan etablerade ledningsgator.
- **Förläggning av ledning i stadsmiljö.** Förläggning av ledning i mark och/eller i en ledningsgata på marknivå kräver tillåtelse och tillstånd som medför en omfattande planering med utredningar. Beroende på område och sträckning krävs olika typer av anmälan, dispens eller tillstånd för att dra en ledning genom stadsbebyggelse.

Inom staden finns detaljplaner och stadsplaner som i viss utsträckning har så kallade u-områden, dvs områden som ska vara tillgängliga för allmänna underjordiska ledningar. Eventuellt kan även nya detaljplaner behöva upprättas för att inte få planstridighet.

Övrig lagstiftning

Sammanställningen är inte komplett och ska ses som översiktlig vad gäller övrig lagstiftning som hantering av koldioxid kan beröras av.

- Tryckkärlsdirektivet (PED). Tryckkärlsdirektivet, 2014/68/EU, är ett europeiskt direktiv för hur tryckkärl och liknande skall tillverkas.
- ATEX-direktiven. ATEX-direktiven är två olika EU-direktiv som behandlar utrustningar och arbetsmiljö i områden där det finns risk för explosiv atmosfär. Direktiven är 2014/34/EU angående utrustningar för explosiv atmosfär och 1999/92/EG angående arbetssäkerhet i sådan miljö.
- Maskindirektivet. Direktivet, 2006/42/EG, omfattar bland annat fastläggande av krav för att undvika olyckor i industriella maskinparkering vid konstruktion, tillverkning, drift och underhåll av maskiner.
- Lag (2003:778) om skydd mot olyckor (LSO). Gäller vid en anläggning där verksamheten innebär fara för att en olycka ska orsaka allvarliga skador på människor eller miljön. Gäller även verksamheter som omfattas av lagen (1999:381) om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor.
- Lag (2010:1011) om brandfarliga och explosiva ämnen. Till brandfarliga gaser räknas gaser som vid en temperatur av 20°C kan bilda en antändbar gasblandning med luft. Ammoniak utpekad som exempel på brandfarlig gas.
- Arbetsmiljölagen (1977:1160). Arbetsmiljölagstiftningen och arbetsmiljöverkets författningssamling hanterar exempelvis kemiska

arbetsmiljörisker och hygieniska gränsvärden, trycksatta anordningar, arbetsplatsens utformning, skyddsföreskrifter mm.

- Avfallsförordning (2020:614). Vid schaktning i industriområden eller tätorter där det finns ett behov av att ta massorna från platsen kan det utgå från att massorna enligt avfallsförordningens definition är avfall och i vissa fall även som farligt avfall.

11 Kostnadsestimat

Kostnadsestimat för investeringskostnad, även kallat CAPEX (Capital Expenditures), framtagna inom denna förstudie

är producerade enligt organisationen AACE Internationals riktlinjer för metodisk estimering och bedöms hålla klass 4 med en noggrannhet på +/- 40%. Estimatet är framtaget och rapporterat i första kvartalet 2021 kostnadsnivå.

Estimatet innehåller alla i denna förstudie förknippade kostnader för en fullt fungerande anläggning i förhållande till i avsnitt 3 beskrivna leveransgräns och i detta avsnitt samt på andra ställen i detta dokument beskrivna kostnadsbas, antaganden och exkluderingar. Resultatet presenteras som en total installerad kostnad.

Kostnadsestimat för två scenarion; separat förvätskning (A) och delvis gemensam förvätskning (B). Respektive scenario är i sin tur uppdelat på två fall; Fall 1 – Initial installation år 2025 och Fall 5 – Tillkommande installation som krävs för fullt utbyggd kapacitet år 2040. Resultatet presenteras i korthet i avsnitt 11.1.10 och i sin helhet i fyra separata kostnadsrapporter, där kostnaderna är fördelade över en för det totala projektet specifik nedbrytningsstruktur.

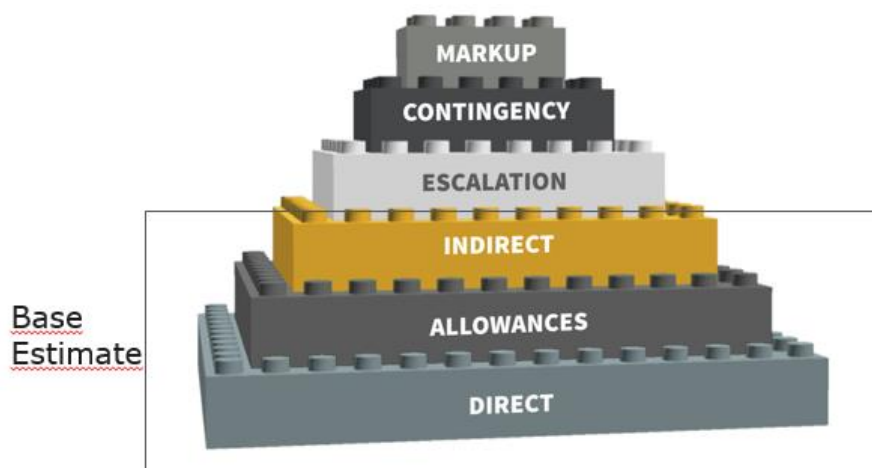
Kostnader för Renova skiljer sig markant från övriga intressenter gällande Fall 5. Detta genom att Renova Steg 1 kommer in år 2030, som övriga, medan Steg 2 är planerat först till år 2040. Därför är Renovas kostnader uppdelade på Fall 4 (år 2030) och Fall 5 (år 2040) genom estimatets olika delar för att ge en mer rättvis bild av Renovas CAPEX.

11.1 CAPEX – Beskrivning av kostnadskalkyl

I följande avsnitt beskrivs basis för kostnadskalkylen och dess kostnadsstruktur.

Kostnaderna i kostnadskalkylen är fördelade i ett antal kostnadsblock som presenteras i kostnadspyramiden, se Figur 11-1 nedan. Respektive kostnadsblock beskrivs i detalj i följande avsnitt:

- > Direkta kostnader – Direct cost
- > Reservationer – Allowances
- > Indirekta kostnader – Indirect cost
- > Eskalering – Escalation
- > Oförutsett – Contingency
- > Vinst – Markup



Figur 11-1 Kostnadspyramid

11.1.1 Direkta kostnader

(Direct cost): Som direkta kostnader räknas alla kostnader som kan förknippas med förberedande och uppförande av projektet i fält samt är kvantifierat i så detaljerad form som den aktuella projektfasen medger. Exempel på direkta kostnader är schakt, betong, strukturstål, utrustning såsom tankar, pumpar, kärl, rörledningar, el och instrumentmaterial samt alla mantimmar, verktyg och maskiner som behövs för installationen av materialet.

Utrustning och övriga direkta kostnader per disciplin

Denna kategori innehåller några av de enskilt största kostnadsdrivande posterna i detta kostnadsestimat. Teknologi, leverantörsval och placering av vald utrustning kan komma att påverka de medföljande kostnaderna stort i kommande projektfaser. I Bilaga C, A209494-04-07-MD-FRT-0001 Utrustningslista (SEKRETESSBELAGD), presenteras en lista över samtliga större utrustningar som omfattas av estimatet.

Mellanlagringstankar:

Kostnadsdata för mellanlagringstankarna bygger på budgetoffert för detta specifika projekt och består av platsbyggda sfärer i olika men liknande storlekar för att passa CinfraCap förstudiens anbudsförfrågan. Denna typ av tankar passar bra in på terminalens position samt har fördelaktiga tekniska egenskaper för uppgiften. En medelkostnad per m³ har beräknats från offertpriset för att tjäna som baskostnad för estimatet. Denna baskostnad har sedan använts i estimatet då tankarnas storlek har ändrats något i takt med den slutliga processdesignen. Frakt (Incoterms 2010 DAP), start-up reservdelar och reservdelar för 2 års drift ingår i offertpriset.

Leverantören avser att leverera en komplett basfunktion för lagring och transportpumpar för export av media. De indikerar även en typisk faktor för grundläggande nyckelfärdig lösning av deras leverans inom tankområdets fysiska avgränsning eller area. Denna förstudie har tagit fasta på deras kunskap inom området och använt denna faktor för att driva fram övriga discipliners kostnader för en komplett funktion. Dock har de i denna förstudie lagts på

ytterligare kostnader för alla tillkommande civil-arbeten såsom förberedande schakt, pålning och grundläggning då det är praxis i branschen att dessa civilarbeten utföres separat i annan regi än utrustningsleverantörens.

Interrimlagertank Renova:

Denna tank antas vara av vertikalt stående typ. Kostnaden är baserad på budgetoffert specifik för detta projekt, dock avsedd större tankar. Kapacitetsberäknad för mindre volym och tillkommande kostnader för komplett installation är pålagda med metoden *Hand Factor*¹⁷. När det gäller denna tank på Renovas anläggning är inga kostnader för eventuell pålning, transportledningar, sekundärstöd, eldistribution, styrsystem, instrumentluft eller liknande inom siten medtaget. Detta på grund av att det i dagsläget inte finns någon information kring lämplig placering och därmed förhållandena på den platsen.

Förvätskningsanläggningar:

För förvätskningsanläggningarna baseras estimatet på för detta projekt specifik budgetoffert innehållandes komplett basfunktion av förvätskningsanläggningar i lämpliga storlekar för att möta projektets över tid ökande behov. Frakt (Incoterms 2010 DAP) ingår i utrustningspriset. Start-up reservdelar och reservdelar för 2 års drift ingår och är specificerade separat i offert och estimat.

I denna offert ingår ingen installation på site varför övriga discipliners tillkommande kostnader är uppskattade utifrån interna erfarenhetsvärden från liknande projekt för komplett funktion inom förvätskningsanläggningarnas fysiska avgränsning (battery limit).

Ingen offert har tagits in för den mindre återförvätskningsanläggning som i nuvarande koncept anses behövas vid delvis separat förvätskning för att omhänderta den BOG som bildas vid import/export vid CO₂-terminalen. Återförvätskningsanläggningen har kostnads/kapacitetsberäknats utifrån kostnaden för den mindre förvätskningsanläggningen i offert enligt ovan. Kostnaden har sedan rimlighetsbedömts mot bakgrund av skillnaden mellan de två större anläggningarna i offerten vilket gav använd kostnad.

I scenariona där separat förvätskning avses på respektive industri är inga kostnader för eventuell pålning, transportledningar, sekundärstöd, eldistribution, styrsystem, instrumentluft eller liknande inom siten medtaget. Detta på grund av att vi i dagsläget inte vet något om lämplig placering och därmed förhållandena på den platsen.

Kylvattensystem:

Förvätskningsanläggningarna har ett kylbehov. I detta skede har ett separat kylvattensystem per förvätskningsanläggning baserat på kyltorn antagits. Kostnader för kyltorn och redundanta kylvattenpumpar är hämtade från kostnadsmjukvaran *Cleopatra Enterprise* och dess senaste kostnadsdatabas från slutet av 2020. Dessa utrustningskostnader har sedan lagts in i programmets *Hand Factor*-modul för att driva fram kostnader för övriga discipliner för att motsvara en komplett kylvattenanläggning. Det antas att dessa kylvattensystem

¹⁷ Kostnadsesterimeringsmetod i programvara Cleopatra Enterprise.

kan placeras nära sin respektive förvätskningsanläggning för att undvika lång rördragning mellan systemen.

Kompressorer:

I samtliga scenarion och fall behövs det en tryckökning av inkommande koldioxid uppströms förvätskningsanläggningarna för att möta trycknivån. Detta görs med hjälp av en kompressor. Kostnaderna för dessa kompressorer är hämtade från *Cleopatra Enterprise* och verifierade mot i närtid utförda projekt med liknande kompressorer. *Hand Factor*-metoden har sedan använts för att driva fram övriga discipliners kostnader. Dessa kompressorer antas stå uppställda i en väderskyddande byggnad av enklare utförande.

Lastarmar för fartyg, hydraulenhet och dess rörsystem:

Kostnader relaterade till lastarmar för fartyg och tillhörande hydraulenhet är baserade på skarpa offerter i pågående och tidigare projekt utförda av COWI . Kostnaderna har sedan anpassats för att passa detta projekts behov. Frakt (Incoterms 2010 DAP) ingår i utrustningspriset. Start-up reservdelar och reservdelar för 2 års drift ingår och är specificerade separat i offert och estimat.

Utrustningskostnaden har sedan lagts in i kostnadsmjukvaran och dess *Hand Factor*-modul för att driva fram kostnader för övriga discipliner för att motsvara en komplett lastarmsinstallation.

Anpassningar av befintlig kaj (till exempel rivning av tidigare installationer, eventuella förstärkningsarbeten av grundläggning, kajdäck och liknande ingår inte i ovanstående *Hand Factor*.

Lastarmarna är tänkta att placeras ca 300 m från mellanlagringstankar och exportpumpar. Rörledning på denna sträcka täcks inte av ovanstående *Hand Factor*. Kostnader för ett rörsystem för export av vätskeformig CO₂ och gasretur, inklusive installation, lämpligt för mediats specifikation har tagits med från *Cleopatra Enterprise*. Rörledningen antas förläggas på delvis ny och delvis befintlig struktur som också ingår i estimatet.

Sekundärstöd inom CO₂-terminal:

Stålstruktur som sekundärstöd för nya rör inom CO₂-terminalen är medtaget. Tänkt att ansluta mot befintlig nord-sydlig stålstruktur på östra terminalområdet och skära tvärs igenom terminalen i västlig sträckning mellan förvätskningsarea och mellanlagerarea. Kostnaden är baserad på interna erfarenhetsdata från liknande utförda projekt. Kostnaden för sekundärstrukturen är medtagen vid första etableringen av terminalen (Fall 1).

Ventilationsutblås/Skorsten:

Ett rör för utsläpp av rejektgaser från förvätskningsanläggningen placeras på lämpligt ställe inom terminalområdet. Kostnader för ett ca 50 m långt rörsystem, inklusive installation, lämpligt för mediats specifikation har tagits med baserat på kostnader i *Cleopatra Enterprise*. Tillkommande kostnader för komplett installation och övriga discipliner är medtagna genom *Hand Factor*.

Instrumentluftsystem:

Instrumentluftssystemet antas bestå av två, för redundans, separata linjer.

Kostnaden för detta system är baserad på interna erfarenhetsdata från liknande utförda projekt och är medtagen vid första etableringen av CO₂-terminalen (Fall 1). Distributionssystem för instrumentluft är ej medtaget då antalet eller placering av förbrukare ej är känt vid denna projektfas.

Byggnader:

I denna fas kan ej det slutgiltiga behovet av vare sig mängden byggnader eller dess storlek bedömas. Ett antagande har därför gjorts av byggnadernas yta samt dess tekniska utförande i förhållande till användningsområde, se avsnitt 7.3. Dessa har sedan kostnadssatts med hjälp av riktvärden härrörande från Byggmästarens katalog och interna erfarenhetsdata. Kostnader för lösöre såsom möbler, konst, datorer etc. är ej medtaget.

Rörledningar från respektive part till CO₂-terminal:

Kostnader för ett rörsystem inklusive installation, enligt mediats specifikation, för transport av CO₂ i antingen gasfas eller vätskefas är medtaget från staketgräns hos Preem, St1 och Göteborgs Energi in på CO₂-terminalens område. Dessa rör antas förläggas på delvis ny och delvis befintlig struktur. Omfattningen med dess sträckning och behov av strukturstöd är bedömd av erfarna rör- och civilkonstruktörer enligt avsnitt 7.4 och antagna mängder presenteras i Bilaga F, A209494-04-07-PP-MTO-001 Material take off (MTO) rör. Kostnaden för strukturstöd är utförd som ett medelvärde/m och pålagd lika för varje parts ingående rörsystem oberoende av rörspecifikation. Kostnaden för rör och installation är hämtad från *Cleopatra Enterprise*.

För transportledningar avsedda för CO₂ i flytande form från parterna till CO₂-terminalen är ett antal ventilationsstationer medtagna för att kunna sektionera samt ventiler ledningen i samband med start och stopp samt service/inspektion. Dessa antas bestå av en 20 m² byggnad med plats för eldistribution/styrning av fjärrutrustning samt den utrustning som behövs för ventilation och sektionering av ledningen. Ingen kostnad är specifikt medtagen för eldistribution/styrning på dessa platser då den exakta utformningen samt placeringen ej är känt i denna projektfas.

In-/Utlastningsstationer för tankbil:

Då kostnader för in- och utlastningsstationer till tankbil i denna projektfas är direkt förknippade med Renovas medverkan i projektet är de redovisade under "Direkta kostnader Renova"

Kostnader för en lastningsstation för tankbil är medtaget både på Renovas anläggning samt på CO₂-terminalen. Dessa består av en lastarm för säker och utsläppsfri hantering av mediat samt nödvändiga ventiler, styrning och kontrollpanel. En fordonsvåg placeras i lastplatsens närhet för såkrast möjliga kontroll på lastad eller lossad produkt. Kostnaderna för ingående komponenter kommer från erfarenhetsdata från tidigare i närtid utförda projekt. Tillkommande kostnader för komplett installation och övriga discipliner är medtagna genom *Hand Factor*.

I fallet med inlastningsstationen på CO₂-terminalen är även kostnader för ett rörsystem, lämpligt för mediats specifikation, till mellanlager och gasretur till

tankbilen, inklusive installation och sekundärstöd medtaget. Kostnader är hämtade från *Cleopatra Enterprise*.

När det gäller utlastningsstationen på Renovas anläggning är inga kostnader för eventuell pålning, rör, sekundärstöd, eldistribution, styrsystem, instrumentluft eller liknande medtaget. Detta på grund av att lämplig placering i dagsläget inte är känd och därmed förhållandena på den platsen oklar.

CO₂ transport från Renova till CO₂-terminal:

Kostnaden för inköp av tankbilar (fulltrailers) är inkluderad i estimatet och bygger på ett rullande lastbilschassi lämpligt för uppgiften samt erforderlig kryogen lagertank för CO₂ samt kringutrustning. Där kostnadsuppgifterna kommer från i branschen verksam leverantör.

Civil, struktur och byggnader:

I denna projektfas där väldigt lite verifierade konstruktionsunderlag finns tillgängliga och *Hand Factor* metod används för att ta fram övriga discipliners tillkommande kostnader utifrån utrustningskostnaden kan inget heltäckande civilestimat göras. Då *Hand Factor* metoden enbart täcker en enklare grundläggning för den avsedda utrustningen men inte mer komplicerad grundläggning i form av pålning, stora schakt och fyllmängder har ett påslag för dessa kostnader gjorts baserat på nyckeltal för att representera full kostnad för denna disciplin. Nyckeltalet är baserat på ett antal utförda studier i basic designfas och projekt i utförandefas.

Instrumentering:

Instrumentering för en komplett grundläggande fältfunktion är medtaget via utrustningsleverantörerna eller i *Hand Factor* metoden. Styrsystem, säkerhetssystem, mängd och kvalitetssäkrat in och utlastningssystem enligt avsnitt 8.2, access och CCTV system är dock exempel på system som inte täcks i *Hand Factor* metoden. Dessa system och dess installation är tillagda i estimatet utifrån erfarenhetsdata från nyligen tidigare utförda liknande projekt. Grundtanken är att det ligger en lite högre initial investering i Fall 1 för de båda scenariona för ett fungerande system som sedan byggs ut i takt med anläggningen.

Eldistribution:

Elmaterial och installation för en komplett grundläggande fältfunktion är medtaget via utrustningsleverantörerna eller i *Hand Factor* metoden. Kostnader för eldistributionssystem vilket avser transformatorstation, hög- och lågspänningsställverk, reservkraft, UPS-system, eventuella övervakningssystem samt fältkablage ut till förbrukare täcks dock ej av leverantörer eller *Hand Factor*-metoden. Dessa system och dess installation är tillagda i estimatet utifrån erfarenhetsdata från nyligen tidigare utförda liknande projekt. Grundtanken är att det ligger en lite högre initial investering i Fall 1 för de båda scenariona för ett fungerande system som sedan byggs ut i takt med anläggningen.

11.1.2 Reservationer

(Allowances): Kostnader relaterade till reservationer är att betrakta som direkta kostnader som med säkerhet och baserat på erfarenhet kommer bidra med kostnader till utförandet av projektet men som ej utretts i detalj på grund av aktivt val, tidsbrist, eller att de inte anses värda att utreda i detalj i denna fas av projektet. Exempel på denna typ av kostnad kan vara överbliven betong i betongbilen i samband med gjutningar, rörlängder som går "förlorade" på grund av kapningar och skär. Ibland kan även en större del av kalkylen såsom till exempel ett brandlarmsystem behöva tillföras på detta sätt. Reservationer skall för spårbarhet och jämförbarhet i möjligaste mån estimeras som en faktor av direkta kostnader.

I tidiga förstudieestimat såsom detta används sällan reservationer då dessa anses täckas av spannet i noggrannhet samt den relativt höga andelen tillförd oförutsett.

Avsnitten Civil, struktur och byggnader, Instrumentering och Eldistribution beskrivna under Direkta Kostnader är delvis att betrakta som reservationer. Här har dock valet gjorts att hålla dem under direkta kostnader för enklare hantering och större förståelse i detta estimat.

11.1.3 Indirekta kostnader

(Indirect): Indirekta kostnader är kostnader som oundvikligen medföljer ett investeringsprojekt men som inte direkt kan förknippas med uppförandet i fält. Exempel på detta är all konstruktion och projektledning som utförs av olika ingenjörsbyråer. Även samtliga ägarkostnader såsom olika tillstånd, licenser, projektledning, försäkringar och byggledning i uppförandefas.

Samtliga Indirekta kostnader i detta estimat är faktorberäknade med hjälp av nyckeltal utifrån de Direkta kostnaderna. Detta är ett lämpligt sätt att påvisa det oftast korrelerande sambandet mellan ökad projektomfattning och ökande indirekta kostnader. Speciellt i denna tidiga projektfas när olika alternativ vägs mot varandra utan möjlighet till detaljerad information om dess förenade kostnader. Det nyckeltal för indirekta kostnader som använts bygger på erfarenhet utifrån tidigare genomförda studier och utförandeprojekt. Det är tänkt att täcka samtliga kostnader för vidare utredningar, studier, tillståndsprövningar, projekteringar och liknande som hör samman med projektets CAPEX genomförande.

Tekniskt har denna förstudie kopplat samman de olika intressenternas direkta kostnader i de olika tekniska utförandefallen i kalkylprogramvaran för att på så sätt driva fram diversifierade kostnadsutfall för indirekta kostnader.

11.1.4 Eskalering

(Escalation): Till eskalering räknas ökning eller minskning av kostnader beroende på olika orsaker i projektets olika faser över tid. Inflation eller deflation är en sådan orsak. Allmänna konjunkturläget och dess inverkan på tillgång till entreprenörer, bulk och råvaror är andra orsaker.

Detta projekt är tänkt att spänna över lång tid och är en förhållandevis stor investering för samtliga intressenter oavsett vilka tekniska lösningar som i slutändan väljs. Eskalering bidrar då med väsentliga förändringar i kostnader, representerar därför en väsentlig risk och är därför viktigt att hanteras i någon form.

Uppskattning av eskalering i detta estimat har tagits fram enligt följande strategi. Kostnadsökningen i samhället (Sverige) har kontrollerats över de senaste 5 åren med hjälp av Statistiska Centralbyråns konsumentprisindex (KPI)¹⁸. Denna kostnadsökningens medelvärde har applicerats som årlig eskalering i estimatet i förhållande till de olika intressenternas ungefärliga investeringstid i projektet.

Använd eskaleringsprocent enligt KPI:

$$(1918 - 1789) / 1789 * 100 = 7,21\% / 5 = 1,44\% \text{ per år}$$

Tekniskt har denna förstudie kopplat samman de olika intressenternas direkta och indirekta kostnader i de olika utförandefallen i kalkylprogramvaran för att på så sätt driva fram diversifierade kostnadsutfall.

11.1.5 Oförutsett

(Contingency): Kostnader relaterade till kategorin oförutsett är till för att möta/ta hand om de risker och möjligheter som finns i projektets alla kommande faser. Efterhand som ett projekt utvecklas, definieras och mognar, desto färre och förhoppningsvis även bättre identifierade blir också de risker som föreligger. Därför är oftast tillägget för risk/möjlighet förhållandevis stort i tidiga faser av ett projekt.

Det är långt ifrån alla risker/möjligheter som väljer att mötas med rena pengar om de inträffar. Detta bör hanteras i en aktiv risk/möjlighet beredskapsplan som bör finnas med och arbetas med under hela projektet.

Storleksordningen på faktor för beräkning av oförutsedda kostnader är mestadels rekommenderad av de som arbetar fram estimatet men fastställs slutligen av ägaren/beställaren då de besitter kunskapen om det fullständiga projektets ingående risker eller har en specifik strategi som fungerar i förhållande till deras projektmodell.

I denna förstudie föreslås att oförutsett appliceras enligt nyckeltal på grund av att mycket fortfarande är osäkert och detaljförutsättningarna i stort är oklara. Oförutsett faktorberäknas utifrån Direkta och Indirekta kostnaderna samt beräknad Eskalering.

Tekniskt har denna förstudie kopplat samman de olika intressenternas direkta och indirekta kostnader samt eskalering i de olika utförandefallen i kalkylprogramvaran för att på så sätt driva fram diversifierade kostnadsutfall.

¹⁸ <https://www.scb.se/kpi>

11.1.6 Vinst

(Mark up) Påslag för vinst är tänkt att användas för att lägga till en vinstmarginal vid till exempel en framtagna anbudskalkyl. Ett annat tänkbart exempel är att under denna del lägga in möjlig förvaltningsreserv som används inom vissa organisationer.

Denna del av kostnadspyramiden är ej aktuell att använda för denna förstudie och denna typ av kostnadsestimat.

11.1.7 Antaganden som ligger till grund för kostnadskalkylen

I samtliga projektfaser tvingas projektteamet oftast till ett antal antaganden kring kalkylen. Här beskrivs de antaganden som projektteamet gjort som ej är beskrivna på andra ställen i rapporten med eventuell effekt på kostnadskalkylen:

- > Det antas att skrymmande utrustning som fraktas på båt kan lossas på lämpligt ställe i direkt anslutning till CO₂-terminalens lokalisering.

11.1.8 Exkluderingar i kostnadskalkylen

Under ett projekts olika faser ändras ofta omfattningen till viss del. Många gånger behöver delar av ett projekt lyftas ur eller läggas till för en komplett omfattning. För kostnadskalkylens del är det viktigt med samförstånd om basen för kalkylen varför eventuella exkluderingar måste vara med.

Här beskrivs de eventuella exkluderingar som projektteamet gjort som ej är beskrivna på andra ställen i rapporten med tänkbar effekt på kostnadskalkylen:

CO₂-terminal:

- > Kvävesystem samt dess distributionssystem är ej medtaget i kostnadsestimatet då det enligt aktuell processdesign ej anses behövas.
- > Distributionssystem för Instrumentluft och eventuell arbetsluft, alltså det rörsystem som krävs från området där det tillverkas luft för distribution fram till förbrukarna är ej medtaget.
- > Det antas att anläggningen skall avgränsas med staket och förses med kör- och gånggrindar på lämpliga ställen. Denna typ av struktur är ej medtagen i estimatet.
- > Eventuella behov av förråd eller lagerlokalerbyggnader samt verkstadsutrymmen är ej utredda och därför ej medtagna i estimatet.

Kaj för export av CO₂:

- > Eventuella iordningställanden, förstärkningar, reparationer av eller tillkommande utrustning (till exempel förtöjnings eller säkerhetsutrustning) för att kunna angöra tänkta fartyg till tänkt kajläge är ej medtaget i estimatet. Även liknande arbeten beskrivna ovan för att kunna montera

lastarmar samt dra fram rör till tänkt kajläge är exkluderat. Detta då utredning av kaj ej är med i omfattning för denna förstudie.

11.1.9 Valuta

Estimatet är framtaget i EURO och sedan omvandlats till svenska kronor (SEK) baserat på växlingskurs för datum 2021-02-02 från Europeiska centralbanken¹⁹.

Aktuell växlingskurs för 2021-02-02 var 1€ = 10.1593 SEK

Mjukvaran *Cleopatra Enterprise* använder EURO som grundvaluta. Samtliga för detta projekt dedikerade offerter för utrustningar är baserade på EURO. Större delen av de erfarenhetsvärden och kostnadsuppgifter från tidigare utförda projekt som använts är baserade på EURO. Kostnadsuppgifter för Civil, struktur och byggnader är baserade och härrörande i SEK.

Valutaförändringar är en signifikant risk för detta projekt där viss utrustning är dominerande kostnadsdrivare och troligen behöver köpas i annan valuta än SEK.

11.1.10 Resultat - Total Installerad Kostnad

I detta avsnitt presenteras resultatet av kostnadskalkylen i form av en uppställning av total CAPEX-kostnad för respektive Scenario och Fall samt fördelning mellan parter presenteras.

Då tidsperspektivet i för projektet CinfraCap, fullt utbyggt år 2040, är förhållandevis långt är det inte troligt att investeringsbeslut tas för hela den slutgiltiga investeringen på en och samma gång. Estimaten är därför beräknade och uppställda på så sätt att parterna behöver tillsätta medel oavsett vilket scenario som väljes av A eller B för initialt byggande av terminalen år 2025 (Fall 1). Detta ger en grundläggande investering där mellanlager och transportledningar, samt för Scenario B – förvätskningsanläggning, byggs upp och CO₂-terminalen tas i drift till den kapacitet som initialt behövs. Motsvaras då alltså av kostnaderna enligt Scenario A eller B, Fall 1 nedan i Tabell 11-1.

Tabell 11-1 CAPEX-kostnader för Scenario A – separat förvätskning och B – delvis gemensam förvätskning, Fall 1 – år 2025 – Initial investering.

Fall 1 – år 2025	Scenario A – separat förvätskning	Scenario B – delvis gemensam förvätskning
CAPEX Total - MSEK	1209 MSEK	972 MSEK

Tabell 11-2 visar CAPEX-kostnaden relaterat till CO₂-terminalen samt till de parter som angett att de har för avsikt att ansluta redan år 2025, för Scenario A och B, Fall 1.

¹⁹ <https://www.ecb.europa.eu/>

Tabell 11-2 CAPEX-kostnader per part för Scenario A – separat förvätskning och B – delvis gemensam förvätskning, Fall 1 – år 2025.

Fall 1 – år 2025 Per part	Scenario A – separat förvätskning	Scenario B – delvis gemensam förvätskning
CO ₂ -terminal	662 MSEK	868 MSEK
Preem	298 MSEK	81 MSEK
St-1	248 MSEK	24 MSEK

Efter hand på för förstudien rådande tidsaxel som parter bidrar med utökade eller nya CO₂-volymmer behöver mellanlager och i Scenario B förvätskning, på CO₂-terminalen byggas ut för att möta det nya kapacitetsbehovet. Troligen behöver nya investeringsbeslut då tas för att detta ska kunna ske. Utbyggnaden motsvaras då av kostnaderna enligt Scenario A eller B, Fall 5 – utbyggnad till och med år 2040 nedan i Tabell 11-3.

Tabell 11-3 CAPEX-kostnader för Scenario A – separat förvätskning och B – delvis gemensam förvätskning, Fall 5 – utbyggnad till och med år 2040.

Fall 5 – Utbyggnad till och med år 2040	Scenario A – separat förvätskning	Scenario B – delvis gemensam förvätskning
CAPEX Total - MSEK	1571 MSEK	1471 MSEK

Tabell 11-4 visar CAPEX-kostnaden uppdelad mellan CO₂-terminalen och de parter som till och med år 2040 avser ansluta sig till terminalen, Scenario A och B, Fall 5.

Tabell 11-4 CAPEX-kostnader per part för Scenario A – separat förvätskning och B – delvis gemensam förvätskning, Fall 5 – utbyggnad till och med år 2040.

Fall 5 – Utbyggnad till och med år 2040 Per part	Scenario A – separat förvätskning	Scenario B – delvis gemensam förvätskning
CO ₂ -terminal	311 MSEK	900 MSEK
Preem	230 MSEK	-
St-1	224 MSEK	-
Göteborg Energi	251 MSEK	17 MSEK
Renova Fall 4 2030	287 MSEK	287 MSEK
Renova Fall 5 2040	269 MSEK	267 MSEK

Den sammanlagda CAPEX-kostnaden för samtliga byggnationer som krävs till och med år 2040 för Scenario A eller B, Fall 1 + Fall 5, motsvaras då enligt nedanstående Tabell 11-5. Utifrån dessa totalkostnader har sedan en kostnad per infångat ton CO₂ beräknats. Antal infångade ton beräknas för en avskrivningstid på 20 år från uppstart av anläggningen, det vill säga från år 2025 till och med år 2045. Baserat på angivna årston enligt Tabell 2-5 blir den

beräknade sammanlagda mängden infångad koldioxid under perioden omkring 30 miljoner ton.

Tabell 11-5 CAPEX-kostnader för fullt utbyggt CO₂-terminal och infrastruktur för transport av CO₂ sammanlagd kostnad till och med år 2040, Scenario A eller B, Fall 1 + Fall 5.

Fall 1+5 Sammanlagd kostnad till och med år 2040	Scenario A – separat förvätskning	Scenario B – delvis gemensam förvätskning
CAPEX Total	2 780 MSEK	2 443 MSEK
CAPEX Total / ton över avskrivnings- perioden 20 år	93 SEK/ton	81 SEK/ton

Tabell 11-6 visar CAPEX-kostnaden uppdelad mellan CO₂-terminalen och parterna, Scenario A och B, Fall 1+5 sammanlagd kostnad till och med år 2040.

Tabell 11-6 CAPEX-kostnader för fullt utbyggt CO₂-terminal och infrastruktur för transport av CO₂ sammanlagd kostnad till och med år 2040, Scenario A eller B, Fall 1 + 5, per part.

Fall 1+5 – Sammanlagd kostnad till och med år 2040 Per part	Scenario A – separat förvätskning	Scenario B – delvis gemensam förvätskning
CO ₂ -terminal	973	1768
Preem	528	81
St-1	472	24
Göteborg Energi	251	17
Renova Fall 4 2030	287	287
Renova Fall 5 2040	269	267

För fullständiga kostnadsrapporter med mer detaljerat nedbrutna kostnader hänvisas till de separata bilagorna nedan (SEKRETESSBELAGDA):

- > Bilaga AA, A209494-04-09-CE-03-CBR-001,
Kostnadsrapport Scenario A – Fall 1
- > Bilaga AB, A209494-04-09-CE-03-CBR-002,
Kostnadsrapport Scenario A – Fall 5
- > Bilaga AC, A209494-04-09-CE-03-CBR-003,
Kostnadsrapport Scenario B – Fall 1
- > Bilaga AD, A209494-04-09-CE-03-CBR-004,
Kostnadsrapport Scenario B – Fall 5

11.1.11 CAPEX – Slutsatser

Enligt de kostnader som fås fram i denna studie påvisas en investeringsfördel med ca 337 MSEK för delvis gemensam förvätskning (scenario B). Det bör förtydligas att denna fördel även kan antas förstärkas ytterligare i och med de exkluderingar som behövs göras angående kringkostnader för de separata förvätskningsanläggningarna hos respektive part vid separat förvätskning (scenario A), se avsnitt 11.1.1 "Förvätskningsanläggningar".

De enskilt största kostnadsdrivande utrustningarna i estimatet är förvätskningsanläggningarna som utgör ca 10–15 % (beroende på Scenario och Fall) av total installerad kostnad samt mellanlagringstankarna som utgör ca 20% av total installerad kostnad (beroende på Scenario och Fall).

När det gäller mellanlagringstankarna har det inom förstudien presenterats en rekommendation för sfäriska tankar. Detta baseras på de kostnadsuppgifter som kommit projektet tillhanda för olika typer av tankar där sfäriska tankar visats vara mest kostnadseffektiva. Sfäriska tankar går att bygga i större storlek än den storlek på 2700 ton som föreslagits. Att skala upp tankar innebär oftast lägre CAPEX per volymenhet men detta samband är inte utrett i denna förstudie. Skalbarhet och stegvis utbyggnad av mellanlagringskapacitet över tid har varit drivande för valet av storlek och antal tankar. Information för horisontella och vertikalt stående tankar som tagits in under förstudien visade sig representera den största möjliga storlek som byggs idag och antas alltså inte möjliga att skala upp mer än ytterst lite.

Förvätskningsanläggningarna är svårare att bedöma skalfaktorer och synergieffekter för, både för inom förstudien och för leverantörerna. Detta kan antas bero på att tekniken för storskalig CCS ännu inte är begränsad i sitt genomförande runt om i världen vilket gör att leverantörer inte har så mycket erfarenhet av faktiskt utförda projekt i motsvarande skala att jämföra med.

Det bör nämnas att förvätskningsanläggningarna designas specifikt för varje projekt, har stort fotavtryck, är komplexa med ett stort antal ingående utrustningar, stora mängder struktur, rör, kablage och komplicerad styrning fullt jämförbara med klassiska processavsnitt inom raffinaderi och processindustrin vilket i stort omöjliggör serie och förtillverkning som är den avgörande faktorn för långsiktig kostnadsbesparing. Vissa fördelar skulle eventuellt kunna komma av att flera anläggningar av samma storlek byggs.

Troligen finns synergieffekter vid att kombinera uppströms steg i CCS-värdekedjan, såsom infångning och förbehandling, med förvätskningsanläggningen på en och samma plats. Leverantörerna har indikerat viss potential för direkta CAPEX-fördelar samt utöver det finns en potential i att sänka kostnader genom att driva investeringen som ett gemensamt projekt med möjligtvis färre entreprenörer och mindre overhead för styrning.

Rörsystemen visade sig uppskattas till i stort sett likvärdig kostnad för transport till CO₂-terminalen i både gas- och vätskefas. Rörledningarna i gasfas kräver större dimension medan den mindre dimensionen i vätskefas kompenseras av mer ädelt material för att klara den möjliga låga temperaturen som kan uppstå.

Bland övriga kostnader bör debiteringsmätssystemet som kommer stå för ett förhållandevis högt bidrag (ca 3% av total installerad kostnad) nämnas. Då detta system kommer vara viktigt i ett projekt som detta med så många inblandade parter och överförda strömmar kan det vara värt att lägga en god portion energi på systemet för att få det väl fungerande och intuitivt. Möjligtvis finns det även mindre kända leverantörer i branschen som bör undersökas om syftet är att få ned kostnaden.

11.2 OPEX-underlag

OPEX-kalkyl omfattas ej av denna förstudierapport. Stor del av den data och underlag som behövs för en sådan beräkning framgår av andra avsnitt i förstudierapporten. En summering presenteras i följande avsnitt.

11.2.1 El- och kylbehov

Inom förstudien har en mass- och energibalansberäkning utförts för att ge underlag inför beräkning av systemets driftskostnader. En summering av beräknade el- och kylbehov presenteras i Tabell 11-7. Se även avsnitt 6.2 för mer detaljerad information samt Bilaga V, A209494-04-02-PD-PM-0002 PM Mass- och energibalans där resultatet presenteras uppdelat på CO₂-terminalen respektive varje part.

Tabell 11-7 Summering – Massflöde, elbehov, kylbehov.

	Enhet	Separat		Delvis gemensam	
		Lägsta	Högsta	Lägsta	Högsta
Massflöde CO ₂	(TPD)	5 850		5 800	
	(ton/h)	244		242	
Total Elbehov	(MW)	9,5	13	13	16
Specifik total elanvändning	(kWh/ton)	39	58	54	66
Differens	(%)			38	14
Kylvattenflöde	(ton/h)	2 900	5 400	2 800	5 300
Kylbehov	(MW)	33	41	33	40
Specifikt kylbehov	(kWh/ton)	136	169	136	165

Samband och optimering

El- och kyl-behov anges här i ett spann som har sitt ursprung i dialog med ett par olika leverantörer av förvätskningsanläggningar. Följande aspekter har identifierats som bör beaktas vid fortsatt utredning och optimering:

- > Energieffektiviteten i förvätskningsanläggningen är beroende av kylvattentemperaturen. Där lägre inkommande kylvattentemperatur ger höjd energieffektivitet.
- > Energieffektiviteten i förvätskningsanläggningen påverkas av lasten i drift, där drift under 75–80 % ger sjunkande energieffektivitet. Detta bland annat

relaterat till utnyttjandet av systemets kompressorer och kylkrets. Optimering av förvätskningsanläggningens storlek mot förväntad CO₂-produktion kan ge energivinster.

- > Potential för värmeåtervinning har identifierats i förvätskningsanläggningen. Värmeåtervinning ger minskat kylvattenbehov. Kostnad/nytta för värmeåtervinning bör utredas samt avsättning för värme.
- > Trycknivåer vid transport samt i de olika stegen i CCS-värdekedjan, infångning, förbehandling och förvätskning, bör studeras vidare och optimeras för att minimera energiförluster.
- > Fortsatt optimering krävs där möjligheter till integrering med uppströms steg i CCS-värdekedjan som kan medföra energioptimering undersöks.

11.2.2 Transporter från Renova

Baserat på angiven förväntad mängd koldioxid per år har antalet transporter från Renova uppskattats. Med föreslaget transportsätt, tankbil av fulltrailertyp uppskattas antalet transporter till initialt 10 bilar per dygn år 2030 och 30 bilar per dygn år 2040. En variation förväntas över året relaterat till den förväntade variationen i CO₂-mängder, se Tabell 11-8. I tabellen indikeras även antalet tågagnar som uppskattats för samma transport.

Tabell 11-8 Summering – Transport från Renova – Tankbil (fulltrailer) respektive tåg.

Månad	Årston (Ton/år)	Tankbil (bilar/dygn)	Tågagn (tågagnar/dygn)
Fall 4 – 2030	160 000	Ca 10	Ca 6
Fall 5 – 2040	500 000	Ca 30	Ca 18

Samband och optimering

Antalet tankbilar respektive tågagnar är beroende av den lastvolym som varje bil/tåg kan transportera. I denna förstudierapport antas att tankbilar och tågagnar byggs specifikt för denna applikation där lastvolymen maximeras för att minska antalet transporter. För antaganden se avsnitt 5.1.7 respektive 5.1.8.

12 Diskussion och slutsatser

Inom förstudien har en ändamålsenlig lokalisering för den framtida CO₂-terminalen identifierats i Göteborgs Hamn, Skarvik 4. Ytan har bedömts tillräcklig för att rymma det tilltänkta mellanlagret för CO₂ där det mest yteffektiva plot-plan alternativet baserats på sfäriska tankar. Ytan anses även rymma anläggningar för eventuell gemensam förvätskning dock med viss inskränkning på en i dagsläget planerad yta för annan verksamhet. Vid separat förvätskning skulle denna yta öppnas upp för utökad mellanlagringskapacitet utöver de primära volymer som identifierats i denna förstudie.

Storleken på de sfäriska mellanlagringstankarna och förvätskningsanläggningarna (vid delvis gemensam förvätskning) har anpassats för stegvis utbyggnad av CO₂-terminalen för att möta en ökad genomströmning.

Mellanlagringstankar och förvätskningsanläggningar står sammanlagt för omkring 30–35% av den totala CAPEX-investeringen och är de enskilt största kostnadsdrivande posterna. Optimering av dessa har därmed stor inverkan på det totala estimatet. Optimering av storlek på tankar gentemot kostnad bör fördjupas. Större tankar kan potentiellt ge en lägre CAPEX per volymenhet. Detta bör även vägas mot investeringstakt och stegvis utbyggnad i projektet.

Uppskattning av mellanlagringskapacitet har i denna förstudie utgått från ett fartyg på 7500 ton/last samt en marginal för förseningar i fartygslogistikkedjan på ett dygn. Detta ger en erforderlig mellanlagringskapacitet i fullt utbyggt terminal på drygt 13 000 ton. Indikationer finns för att det i framtiden kan bli aktuellt med större fartyg. Ett räkneexempel med fartyg på 15 000 ton per last ger en erforderlig mellanlagringskapacitet i fullt utbyggd terminal på knappt 21 000 ton. Med anpassning av tankstorlekar och plot-plan bör detta rymmas på tilltänkt lokalisering. En kaj anpassad för större fartyg skulle även krävas, möjlighet och kostnad för detta har inte utretts inom förstudien. Sammantaget skulle ett större fartyg ge högre investeringskostnad på land men samtidigt medföra färre antal fartygstransporter till CO₂-terminalen vilket kan antas sänka driftskostnaden för fartygstransport. Förhållandet dessa emellan har inte studerats i denna rapport men vore rimligt att undersöka när parterna har upprättat närmare dialog med aktörer för slutlig lagring. Då bör även aspekter som tillförlitlighet och flexibilitet i fartygslogistikkedjan beaktas utöver kostnad.

Inom förstudien har två scenarion för förvätskning studerats där separat förvätskning vägts mot en lösning med delvis gemensam förvätskning. Aspekter kring teknisk genomförbarhet, förbrukningskostnader och CAPEX-investering har studerats. Studien har resulterat i följande slutsatser:

- > En viss fördel för separat förvätskning har identifierats gällande elbehov. Dock anses gränsdragningen riskera att ge en för snäv bild och fortsatt utredning rekommenderas där framförallt samordning med uppströms processteg i CCS-värdekedjan vid separat förvätskning bör utredas ytterligare.
- > Gällande energiåtervinning har en viss potential identifierats för systemet. Potentialen är relativt likvärdig för de två alternativa men kan antas något

högre för delvis gemensam än för separat förvätskning. Ytterligare utredning krävs där möjlighet till värmeintegrering med uppströms processdelar alternativt värmeåtervinning i form av fjärrvärme undersöks samt där kostnad vägs mot nytta.

- > Kylbehov för systemet får anses relativt likvärdigt för separat och delvis gemensam förvätskning. Potential för utnyttjande av befintliga kylvattensystem hos parterna kan ge en fördel i kostnad vid separat förvätskning. Kylvattentemperaturen bör hållas låg för att öka energieffektiviteten vid förvätskning.
- > Mellanlagring kommer att krävas oavsett scenario. Vid separat förvätskning, då ingen yta krävs för gemensam förvätskning på CO₂-terminalen, öppnas det upp stor yta för ytterligare expansioner av mellanlagringskapaciteten, för framtiden och större volymer från tredje parter.
- > Resultat från kostnadskalkylen visar på en något lägre CAPEX-investeringen för delvis gemensam förvätskning. Även här misstänks gränsdragningen för studien eventuellt påverka resultatet och rekommendationen. Vid separat förvätskning har synergieffekter och potentiellt lägre total CAPEX relaterat till integrering med uppströms steg i CCS-värdekedjan.

Sammantaget kan ingen tydlig slutsats i denna förstudie dras beträffande vilken scenario som är optimal och bägge alternativen separat eller delvis gemensam förvätskning bör fortsatt hållas öppna. Det rekommenderas att större del av CCS-värdekedjan studeras där CAPEX och driftskostnad (OPEX) vägs in i syfte att undvika suboptimering vid val av scenario för förvätskning.

12.1 Möjliga synergi- och optimeringseffekter

Byggandet av en gemensam CO₂-terminal bedöms möjliggöra följande synergi- och optimeringseffekter:

- > Gemensamt mellanlager minskar behov av lagringskapacitet hos respektive part.
- > Potential för energiåtervinning (fjärrvärme eller värmeåtervinning uppströms i processen) från värme som kylv bort relaterat till kompressorsystemen (låggradig värme, temperaturnivå < 90 °C).
- > Efter diskussion med leverantörer har det framkommit att en integrering av processteg för infångning, förbehandling och förvätskning medför potential för kostnadsbesparingar, tekniska fördelar och optimering av platsåtgång.
- > En av leverantörerna har i sin ursprungliga offert med förbehandling integrerat med förvätskning. De anger att kostnaden för ett integrerat system blir lägre än för separerat.
- > En av leverantörerna anger att om deras teknologi för infångning används, som är baserad på kryogen teknik, så blir kostnaden för förvätskning marginell.

- > Vid separat förvätskning finns hos vissa av parterna (St1 och Göteborg Energi) potential för utnyttjande av befintliga kylvattensystem vilket skulle ge en lägre kostnad för kylvatten.
- > Potential för integrering av drifts- och underhållsorganisation med befintlig verksamhet vid separat förvätskning.
- > Utnyttjandet av existerande rörstöd inom området i så stor grad som möjligt sänker kostnaden för rördragning.
- > På vissa sträckor inom området för transporten i rör från Göteborg Energis anläggning samt St1 anläggning kan gemensamma rörstöd användas.

12.2 Förslag på fortsatt utredning

Tidigare avsnitt i denna förstudierapport indikerar att det finns potentiella fördelar med separat förvätskning som inte direkt belyses inom denna rapport till följd av satta systemgränser. Det är rekommenderat att ur ett mer holistiskt perspektiv studera kostnad och tekniska förutsättningar för infångning, förbehandling, förvätskning och transport till slutlig lagring tillsammans. En utökad studie med det huvudsakliga målet att studera och optimera integrering av förvätskning med infångning och förbehandling föreslås. Detta eftersom förslag om separat eller delvis gemensam förvätskning som den mest effektiva lösningen ej helt kan bedömas i denna förstudie. Fler leverantörer bör då tillfrågas för att optimera teknisk lösning till förutsättningarna hos respektive part samt för att få fram den mest kostnadseffektiva lösningen.

Fortsatt utredning föreslås även inom följande områden;

- > Fördjupad studie kring värmeåtervinning i form av processintegrering alternativt som fjärrvärme där kostnad ställas mot pris/nytta. Avsättning för den producerade värmen under årets olika delar bör också tas med. Där separat förvätskning avses bör denna studie utföras för respektive part.
- > Samverkan med andra planerade projekt inom Skarvik 4 samt Göteborgs Hamn, till exempel moderniseringsplanerna för kajlägen .
- > Identifiering av olika alternativa aktörer för slutlig lagring samt att parterna påbörjar/har fortsatta diskussioner med dessa aktörer.
- > Fortsatt utredning hos respektive part kring förutsättning för infångning samt optimering och uppdatering av uppskattade koldioxidmängder.
- > Beaktning av potentiella intressenter för tredjepartsanslutning till CinfraCap, inom såväl som utanför Göteborgsregionen. Detta bör ge input till slutlig dimensionering av gemensam infrastruktur inom CinfraCap.
- > Tågtransport från Renova till CO₂-terminalen. Omfattande möjlighet till spår för lastning av koldioxid vid Renova samt spårdragning i hamnområdet i anslutning till CO₂-terminalen.

- > Möjligheten till användning av slanglösning istället för lastarmar för export av LCO₂ till fartyg.
- > Fortsatt utredning kring de risker som identifierats och ansetts betydande i grovriskanalysen. Till exempel skulle spridningsberäkningar för stora utsläpp av koldioxid och ammoniak kunna höja kunskapsnivån kring risker med denna typ av verksamhet.

12.3 Preliminär genomförandeplan

Med utgångspunkt i presenterad tidslinje för mängd infångad CO₂ från parterna med målet att starta upp CO₂-terminalen år 2025 (se Tabell 2-5), samt det som framkommit i denna förstudie har ett förslag på tidsplan tagits fram som utgår från färdigställning av minsta erforderliga mellanlagringsvolym (se avsnitt 4.1.3) för delvis gemensam förvätskning. Den sammanfattas nedan;

- > 2021 Q2 – Utökad förstudie startas
En utökad förstudie med det huvudsakliga målet att föra djupare diskussioner med ett antal leverantörer för att vidare studera och förstå helhetsbilden för integrering av CCS-värdekedjan. Potentiell integrering mellan infångning, förbehandling samt förvätskning bör studeras med syfte att ge input till slutligt val av separat eller delvis gemensam förvätskning. Övriga punkter som identifierats i avsnitt 12.2 föreslås även studeras vidare under denna fas.

Beslut om fortsatt finansiering; förprojektering (Basic design)

- > 2022 Q1 – Förprojektering (Basic design) startas
Fortsatt projektering och kostnadsuppskattning.
- > 2022 Q1 – Tillståndprocesser startas
Tillståndshantering kan komma att bli kritiskt för tidplanen.

Beslut om fortsatt finansiering; detaljprojektering och genomförande av projekt

- > 2023 Q3 – Detaljprojektering (Detail design) inklusive upphandling startas
I senare delen av perioden utförs installation och driftsättning.
- > 2025 Q4 – Anläggning i drift.

Aktiviteter med betydande påverkan på tidsplanen som på den övergripande nivån kan anses utgöra den kritiska linjen har identifierats vara tillståndprocessen samt leverans av förvätskningsanläggningen. Leveranstid för förvätskningsanläggningen har av leverantörer uppges ta omkring 24 månader.

Parallellt med faserna som leder till beslut om detaljprojektering bör det tas fram en CinfraCap affärsmodell för samarbete sinsemellan parterna, lagring, finansiering, tidsplan samt drift av CO₂-terminalen. Som del i möjlig finansiering bör bland annat de stöd som finns tillgängliga att söka identifiera. Som exempelvis via EU kommissionens program det Gröna Giv²⁰ (the Green Deal) där projektet först måste erhålla status som "project of common interest" (PCI).

Projektet CinfraCap bör även tillsätta en grupp för att föra dialog med myndigheter och övriga intressenter i syfte till att säkerställa att lagstiftning och förordningar följs samt möjliggör hantering i hela CCS-värdekedjan, tillståndskrav omhändertas och transportkrav beaktas i samband med CO₂-

²⁰ https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_sv

terminalen. Mycket av detta arbete kan föras parallellt men det finns även direkta beroenden dem sinsemellan, något som kan göra att detta arbete kan riskera ta längre tid än de angivna 24 månaderna.

Baserat på ovanstående föreslås en tidsplan för en CO₂-terminal med delvis gemensam förvätskning enligt Bilaga Z, A209494-4-06-TDP-0001, illustrerad i sammanfattad form enligt Figur 12-1.

Aktivitet		Varaktighet	2021			2022				2023				2024				2025			
		månader	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
1	Utökad förstudie	6																			
2	Affärsplan CinfraCap																				
3	Beslut om Basic Design projektering samt start av arbete tillståndprocesser																				
4	Upphandling av totalleverantör	3																			
5	Basic Design projektering, inklusive fördjupade riskstudier	6																			
6	Tillståndprocesser	18-24																			
7	Beslut om Detail projektering och Byggande																				
8	Detaljprojektering	16																			
9	Inköp och leverans av utrustning (krit. linje: förv. anl ~ 18-24 mån)	18-24																			
10	Implementering kringliggande infrastruktur (ex. kajläge)	12-18																			
11	Installation och montage (krit. linje: sfäriska tankar ~12 mån)	12																			
12	Idriftsättning	2																			
13	Överlevering																				

Figur 12-1 Övergripande tidsplan för CO₂-terminal med delvis gemensam förvätskning

Expansion av CO₂-terminalen föreslås efter år 2025 ske med ytterligare steg (enligt Tabell 2 6);

- > År 2027 då St1 utökar mängden CO₂ i steg 2.
- > År 2030 då Preem utökar mängden CO₂ i steg 2 samt Göteborg Energi och Renovas mängder i steg 1 tillkommer.
- > År 2040 då Renovas mängder i steg 2 tillkommer. Nyttan /nackdel av denna utbyggnation i sin helhet redan år 2030 kan även vara en faktor som kan studeras vidare.

Vid scenariot separat förvätskning kommer genomförandet av utbyggnationen av CO₂-terminalen sannolikt isolerat sätt att kunna utföras under en kortare tid än det som illustreras i detta avsnitt vid delvis gemensam förvätskning. Detta då förvätskningsanläggningarna kommer att vara belägna hos varje part och ej ingår som system i CO₂-terminalen.

12.4 Referensprojekt

Ett antal pågående CSS-projekt där upplägget har identifierats som av intresse för CinfraCap projektet visas till i Bilaga M, A209494-04-02-PD-REF-0001.