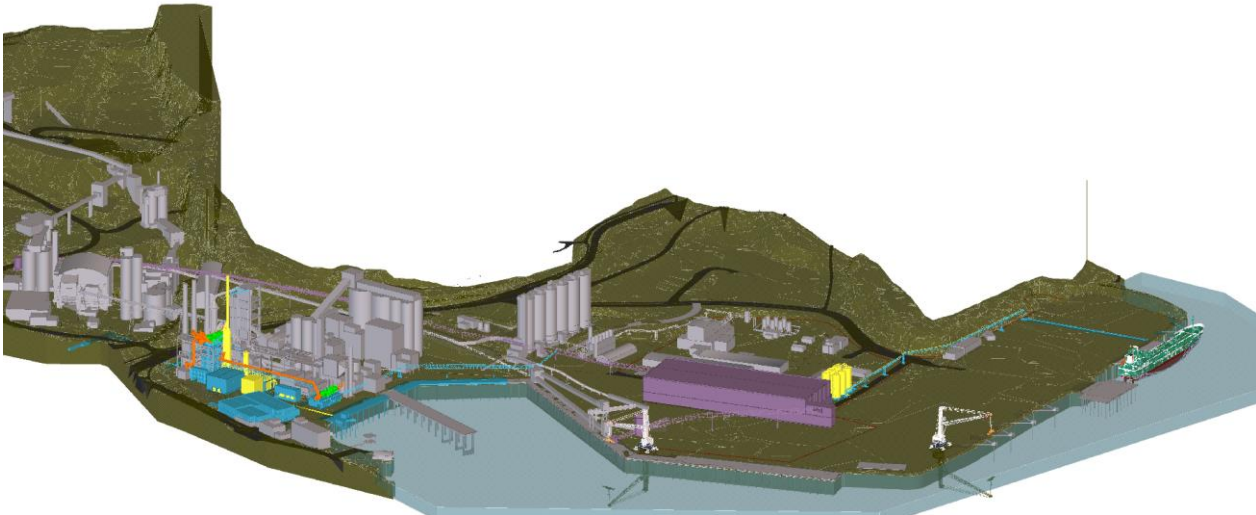


Document No.: NC02-NOCE-A-RA-0011 VASKET				Rev.: 03	Page: 1 of 126	
Originator: ÅMH/ LB		Tag. No.:		System No.:	Area Code:	
Classification Code:		Åpen				
						
04	08.11.2017	Vasket DG2-rapport til Gassnova	AKSO, LB	PB		PB
03	01.11.2017	Oppdatert med kommentarer fra Gassnova	PDB	ÅMH		LB
02	15.09.2017	Final	LB, ÅMH, KB, AM, GJL, ØKD	PB		LB
01	15.08.2017	Draft	LB, ÅMH, KB, AM, GJL, ØKD	PB		
Rev.	Issue date	Description	Made by:	Chk'd by:	Disc. Appr.	Proj. Appr.
Norsk CCS Demonstrasjonsprosjekt Norcem Konsept og Forprosjekt						
Milepelsleveranse M6 DG2 Rapport - VASKET						

Innhold

1 SAMMENDRAG.....	7
2 EXTENDED EXECUTIVE SUMMARY.....	11
3 INTRODUKSJON.....	16
3.1 Hensikten med prosjektet.....	16
3.1.1 Designbasis.....	17
3.2 Oppbygging av DG2 rapporten.....	17
3.3 Definisjoner og forkortelser.....	17
4 KOMMERSIELT.....	19
4.1 Kontrakts-strategi for bygging og drift (1a).....	19
4.1.1 Avtalevilkår og kommersielle forutsetninger.....	19
4.2 Norcem's forretningsdrivere (business case) (1b).....	19
4.2.1 Formål med et fangstanlegg.....	19
4.2.2 Norcems Nullvisjon i 2030.....	20
4.2.3 Forretningsdrivere.....	21
4.2.4 Formål på tvers av kjeden.....	21
4.3 Kostnadsplan forprosjekt (1g).....	22
5 KOSTNADSESTIMAT BYGGING OG DRIFT.....	23
5.1 Innledning.....	23
5.1.1 Kontoplan.....	24
5.1.2 Bygge-blokker (delprosjekter).....	24
5.1.3 Modenhetsnivå.....	25
5.1.4 Prisdato.....	26
5.1.5 Valuta.....	26
5.2 Grunnlag for kostnadsestimeringen (1c).....	26
5.2.1 Innspill fra prosjektpartnere:.....	26
5.2.2 Logistikk og bygg-barhet:.....	28
5.2.3 Risikovurdering og usikkerhet:.....	28
5.3 Estimerte investeringskostnader (1d).....	28
5.3.1 Diskusjon av basisestimatet.....	29
5.3.1.1 Framskrivning av basiskostnad til prisdato 1.10.2018.....	29
5.3.1.2 Forventet tillegg.....	29
5.3.1.3 Innkjøp i utenlandsk valuta - Fordeling.....	29
5.4 Estimerte driftskostnader (1e).....	30
5.4.1 Sammenstilling driftskostnader (OPEX).....	30
5.5 Modenhetsanalyse (1h).....	31
5.6 Egenandel bygging og drift (1f).....	31
6 PROSJEKTBEKRIVELSE.....	32
6.1 Oppdatert funksjonsbeskrivelse av eksisterende anlegg (2a).....	32
6.1.1 Ovns- & røykgass systemet på Norcem Brevik.....	33

6.2	Utslippskilden (2b,2c)	34
6.2.1	Beskrivelse av CO ₂ -kilden (sammensetning, temperatur, trykk og regularitet)	34
6.2.1.1	Hvordan røykgassens sammensetning påvirkes av hvilke klinker som produseres	35
6.2.1.2	CO ₂ konsentrasjon i røykgassen	35
6.2.2	Forventet utvikling/ variasjon i CO ₂ -kildens rate over tid	36
6.2.2.1	Driftstid på ovnen	36
6.2.2.2	Kvotepliktig utslipp og tildelte kvoter for Norcem Brevik	36
6.2.2.3	Norcems egne prognoser for fremtidig klinkerproduksjon og CO ₂ -utslipp	37
6.2.2.4	Det Europeiske kvotesystemet, EU ETS	37
6.3	Oppdatert teknisk beskrivelse av anleggene (2e)	37
6.3.1	Sementfabrikken – Norcem Brevik	37
6.3.2	Integrering med sementfabrikken	38
6.3.2.1	Waste Heat potential from the Cement Plant	38
6.3.2.2	Waste heat recovery	39
6.3.2.3	Teknisk konseptvalg for varmegjenvinning og dampproduksjon	41
6.3.2.4	Heat Balance	41
6.3.2.5	Tie-ins	42
6.3.2.6	Technical evaluation of existing cement plant	45
6.3.2.7	Layout	46
6.3.3	Karbonfangstanlegget (the Carbon Capture and Conditioning plant)	48
6.3.3.1	Background	48
6.3.3.2	Process system and ACC TM CO ₂ capture technology	48
6.3.3.3	Design Basis	49
6.3.3.4	Scope of Work	49
6.3.3.5	Design conditions	50
6.3.3.6	Process description	51
6.3.4	CO ₂ Vent system	55
6.3.5	Heat and mass balances	56
6.3.6	Kondisjonering	57
6.3.7	CO ₂ Mellomlager	57
6.3.8	Fasiliteter på kai for utskiping av CO ₂	58
6.4	CO₂ Produkt spesifikasjon (2i)	59
6.5	Regularitetsanalyse for leveranse av CO₂ (2k)	60
6.6	Utslippskildens framtidsutsikter i konsernets portefølje (2d)	61
6.6.1	Fremtidig tilgang på kalkstein	62
6.6.2	Fabrikkens framtidsutsikter	62
6.7	Teknologikvalifiseringsprogram (2g)	62
6.7.1	Teknologikvalifisering av varmegjenvinning fra sementprosessen	63
6.7.2	Teknologikvalifisering av CO ₂ kompressoren (Aker Solutions)	64
6.7.2.1	Technology qualification – Conclusions and further work	65
6.7.3	Beskrivelse av restrisiko (2h)	65
6.8	Arealdisposisjon (2j)	66
6.9	Filosofi og plan for systemutprøving (2l)	68
6.10	Filosofi for utbygging av nytt anlegg og integrasjon mot eksisterende (2o)	68
6.10.1	Filosofi for tilknytning av nytt anlegg (2q)	68
6.10.2	Liste over tilknytningspunkter (2r)	69
6.10.3	Beskrivelse av integrasjonsarbeidet (2s)	69
6.10.3.1	Introduction	69

6.10.3.2	Demolition	69
6.10.3.3	Process plant construction philosophy	70
6.10.3.4	Transport to site.....	70
6.10.3.5	Internal site transport	72
6.10.3.6	Lifting	72
6.10.3.7	Rig and laydown areas	74
6.10.3.8	Construction Schedule	75
6.11	Dokumentasjon av konseptvurderinger og valg (2t).....	75
6.11.1.1	Layout/ Plassering.....	75
6.11.1.2	Varmegjenvinning fra sementprosessen	76
6.11.1.3	Fangst.....	77
6.11.1.4	Kondisjonering	77
6.11.1.5	Mellomlager (plassering, størrelse)	77
6.11.1.6	Kai.....	78
6.12	Filosofi og prosedyrer for drift og vedlikehold (2n)	78
6.13	Teknisk modenhet (2f).....	79
6.14	Tekniske standarder (2v)	80
6.15	Utkast til Arbeidsomfangsdokument for avtale om bygging og drift (2p)	80
7	HELSE, MILJØ OG SIKKERHET	81
7.1	HMS mål, prosesser og resultater ved DG2 (3a)	81
7.2	HMS program (3b)	82
7.3	Status konsekvensutredning	82
7.4	Resultater fra HMS studier (3c)	82
7.4.1	Betraktninger av mulig økt risiko ved introduksjon av fangstanlegget	82
7.4.2	Risiko ved mellomlagring av nedkjølt CO2 under trykk samt lekkasjer fra CO2 rørgater.....	82
7.4.3	Lekkasje av CO2 i fangstanlegget grunnet uønskede hendelser	86
7.4.4	Utslipp fra fangstanlegget.....	86
7.4.5	Forurensset grunn/ sedimenter	87
7.4.6	Støy	87
7.5	HMS regelverk (3d).....	87
8	KVALITETSSIKRING.....	89
8.1	Status (4a, 4b)	89
8.2	Beskrivelse av gjennomført kvalitetsstyring og- sikring (4c, 4d).....	89
9	RISIKOSTYRING.....	90
9.1	Risikostyringsprosess (8a)	90
9.2	Risikomatrikse for forprosjektfasen (8b) og bygging og drift (8c).....	91
10	MYNDIGHETSPLAN (5a)	94
10.1	Status.....	94
10.1.1	Spesialstudier	95
10.1.2	Erfaringsoverføring TCM	95
10.2	Oversikt over alle nødvendige offentlige tillatelser, med angitt regelverk, myndigheter og plan	95
11	FREMDRIFTSPLAN.....	97
11.1	Oppdatert fremdriftsplan for forprosjekteringsperioden (6a).....	97

11.2	Oppdatert leveranseplan (MDR) for forprosjektperioden (6b).....	97
11.3	Oppdatert overordnet fremdriftsplan for bygging og drift (6c)	97
11.4	Milepælsplan – frem til oppstart fangstanlegget (6d).....	97
11.5	Foreløpig fremdriftsplan frem til oppstart av fangstanlegget	97
12	GJENNOMFØRINGSEVNE	99
12.1	Erfaring med prosjektering og referanseliste (7a)	99
12.1.1	Norcems erfaringer med CO2 fangst	100
12.1.1.1	Aker Solutions aminteknologi	100
12.1.1.2	Referanseliste Norcem.....	101
12.2	Beskrivelse av arbeidsomfang (7b)	101
12.2.1	Arbeidsomfang	101
12.2.1.1	WBS 100 Project Control.....	101
12.2.1.2	WBS 200 Communication, Strategy and Public Affairs	102
12.2.1.3	WBS 300 Legal Framework and Environmental Requirements	102
12.2.1.4	WBS 400 Civil	102
12.2.1.5	WBS 500 Cement and Process Integration	103
12.2.1.6	WBS 600 CCC Plant including Interim CO2 Storage	104
12.2.1.7	WBS 700 Cost Estimation Full Scale CO2 Plant at Norcem Brevik	104
12.2.2	Arbeidsmetoder	104
12.2.2.1	Møtestruktur.....	104
12.2.2.2	Risikobasert ledelse	104
12.2.3	Systemer	105
12.2.3.1	Prosjekthotell	105
12.2.3.2	Prosjektmanual	105
12.2.3.3	Felles PIM fagmodell	105
12.2.3.4	Master Document Register, MDR	105
12.2.3.5	HMS Program og HMS Aktivitetsplan	106
12.2.3.6	Kvalitets- og risikobasert ledelse	106
12.2.3.7	Revisjoner	106
12.3	Organisering – forprosjektering og bygging og drift (7c)	106
12.4	Nøkkelpersoner (7d).....	108
12.5	Underleverandører.....	109
12.5.1	Beskrivelse underleverandører (7e).....	109
12.5.2	Underleverandørers relevante erfaring, særlig innen CO ₂ -håndtering (7f).....	111
12.5.2.1	Norconsult.....	111
12.5.2.2	Aker Solutions	111
12.5.2.3	Norsk Energi	112
12.5.2.4	FLSmidth	112
12.5.2.5	DNV GL	112
12.5.2.6	ÅF Advansia.....	112
12.5.3	Regnskapsrapport (7h).....	112
12.6	Grensesnitts-håndtering (7g)	112
13	GEVINSTREALISERING	121
13.1	Kunnskapsoverføring (9a)	121
13.2	Erfaringsrapport (9b)	121
13.3	Teknologisk utvikling (10a, 10b og 10c)	121

13.3.1	Element i prosjektet som ansees å bidra til teknologisk utvikling (10a).....	121
13.3.2	Muligheter og evt. hindringer valgte løsning har i fht å etablere en standard løsning (10b).....	122
13.3.3	Typisk neste CCS-prosjekt hos Norcem (10c).....	123
14	KONFIDENSIELL INFORMASJON/ PATENTERBAR TEKNOLOGI (11a)	124
14.1	Konfidensiell informasjon	124
14.2	Patented and patentable technologies (and background knowledge)/ Aker Solutions intellectual property rights.....	124
15	DOKUMENTASJON AV «VALUE IMPROVEMENT PRACTICE (VIP) (2u)	125
16	FREEDOM TO OPERATE (2m).....	126

VEDLEGGSLISTE

Det gjøres oppmerksom på at vedleggene i listen under ikke vil bli gjort tilgjengelig i den vaskede utgaven av DG2-rapporten.

Vedlegg	Dok.nr	Hva
A	NC02-NOCE-A-SA-0001	Tekniske Standarder
B	NC02-NOCE-A-TA-0001	Fremdriftsplan - Forprosjektfasen
C	NC02-NOCE-A-RA-0002	Oppdatert prognose vedrørende fremdriftsplan og kostnader frem til DG3 rapportering (M4 leveranse)
D	NC02-NOCE-A-TA-0002	Foreløpig fremdriftsplan for bygging og oppstart
E	NC02-NOCE-A-LA-0002	Foreløpig leveranseplan forprosjektfasen (MDR)
F	NC02-NOCE-A-RA-0006	Lessons Learned Rapport
G	NC02-NOCE-A-RA-0001	Norcems innspill til Gevinstrealisering (M3 leveranse)
H	NC02-NOCE-A-RA-0009	Kommunikasjonsplan (M1 leveranse)
I	NC02-NOEN-P-RA-0013	7.02 Qualification Basis WBS 550 (Teknologikvalifisering røykerørskjelene) (Norsk Energi)
J	NC02-NOEN-A-RA-0030	7.03 Konseptstudierapport WBS 550 (Norsk Energi)
K	NC02-AKER-Z-RA-0001	Updated Design Basis (Aker Solutions)
L	NC02-AKER-A-RA-0010	Technology Qualification Program Report (Aker Solutions)
M	NC02-AKER-Z-RA-0002	Constructability Study Report (Aker Solutions)
N	NC02-NOCE-S-RA-0001	HMS Program
O	NC02-NOCE-S-RA-0002	HMS Aktivitetsplan
P	NC02-NOCE-Q-AD-0002	Kvalitetsplan & Riskostyringssystem
Q	NC02-NOCE-S-LA-0001	Risikoregisteret
R	NC02-AKER-S-RA-0001	Environmental Studies Report
S	NC00-NOCE-A-KM-0001	Prosjektmanual
T	NC02-NOCE-A-AA-0001	Kostnadsestimatet

I tillegg til vedleggene i Vedleggslisten, vil Gassnova motta, «for intern informasjon», tegninger og andre dokumenter, jf. MDR, som det ikke er direkte henvist til i denne oppsummeringsrapporten.

1 SAMMENDRAG

Norcem leverte i mai 2016 en mulighetsstudie til Gassnova med innspill på investering og drift av et 400 000 tonn/ år CO₂ fangstanlegg basert på Aker Solutions aminteknologi på sementfabrikken i Brevik. Detaljnivået i studien tillot et kostnadsestimat på +/- 30 %. Videre utlyste Gassnova en konkurranse senhøstes 2016 for støtte til studier for bygging og drift av fangstanlegg for CO₂, med frist 1. februar 2017. Norcem ble i april 2017, etter forhandlingen, godkjent og tildelt støtte til videre studier. Avtalen med Gassnova ble signert 4. mai 2017 og er en del av Norsk CCS demonstrasjonsprosjekt (NCD Prosjektet).

Prosjektet er delt i 2 faser; konsept- og forprosjekt. Konseptfasen har en varighet fra april/mai til 15. september 2017. Denne rapporten utgjør milepelsleveranse M6 som er endelig rapport fra Norcems Konseptstudie.

Forprosjektfasen starter 1. oktober og skal avsluttes 15. juni 2018. Dersom prosjektet videreføres til forprosjektfasen, skal det leveres en DG3 rapport innen 15. juni 2018. Ved dette tidspunktet skal prosjektet være modnet til et kostnadsestimat ± 20 %. Norcem har lagt opp til at det skal være en sømløs overgang fra konsept til forprosjekt.

Arbeidet i konseptstudien bygger på og er en videre modning av arbeidet som ble gjort i Mulighetsstudien. Fangstanlegget er designet for fangst av 400 000 tonn CO₂/ år (55 tonn CO₂/ time) og inkluderer system for CO₂ kondisjonering og rensing og møter Gassnova's kravspesifikasjon i overordnet designbasis. Videre er det inkludert et mellomlager for CO₂ med kapasitet på 5 300 tonn (basecase basert på 4 dagers skipsanløpsfrekvens). Fangstanlegget drives ved bruk av restvarme fra sementprosessen, samt varmegjenvinning fra Aker Solutions CO₂-kompressor. I tillegg er det inkludert en elektrisk kjel som primært skal levere høytrykksdamp i reclaimere i fangstanlegget og matevannstanken. Den vil også benyttes til varmholding av fangst- og dampanlegget i perioder med stillstand. Kjelen er overdimensjonert for å kunne ta høyde for svingninger i produksjon.

Norcems overordnede mål med konseptstudien har vært å:

1. Kvalitetssikre og verifisere kostnadsestimatet fra Mulighetsstudien på +/- 30 % og etter krav i studieavtalens Bilag 1, kap. 4 «*Modenhetsnivå og Kostnadsestimer*»
2. Etablere nødvendige systemer for prosjektgjennomføring (Kvalitet, HMS, Risikostyring og dokumentkontroll)
3. Starte opp tidligfaseoppgaver (teknologikvalifisering og konsekvensutredning)
4. Gi Gassnova innspill til «Gevinstrealisering» for oppfylling av prosjektets overordnede effektmål
5. Forberede arbeid som skal skje i forprosjektet

Til å gjennomføre prosjektet har Norcem inngått samarbeidsavtaler med 1) Aker Solutions (CO₂ fangstanlegget, kondisjonering, mellomlager og HMS spesialstudier), 2) Norconsult (civil/ tomt), 3) Norsk Energi (damp- & kondensat-anlegget, samt teknologikvalifisering av varmegjenvinning fra sementprosessen), 4) FLSmidth (modifisering av eksisterende utstyr, 5) ÅF Advansia (prosjektgjennomføring, grensesnitts håndtering, oppbygging av systemer og bistand til overordnet kostnadsestimering) og 6) Multiconsult til gjennomføring av konsekvensutredningen.

Arbeidet i studien er delt inn i følgende arbeidspakker:

WBS	Beskrivelse	Ansvarlig Partner
100	Project Control	Norcem
200	Communication, Strategy and Public Affairs	Norcem

300	Legal Framework & Environmental Requirements	Norcem
400	Civil	Norconsult
500	Cement & Process Integration	Norcem
600	CCC Plant incl. intermediate CO ₂ storage	Aker Solutions
700	Cost Estimation Full Scale	Norcem

I tillegg er DNV GL engasjert som rådgiver og verifikatør for teknologikvalifiseringen som gjennomføres av Norsk Energi.

Endringer fra Mulighetsstudien

Det er gjennomført noen endringer i forbindelse med arbeidet i Konseptstudien. Dette gjelder i hovedsak nødvendige endringer i layout. Det ble klart i forbindelse med innlevering av Mulighetsstudien, at Aker Solutions arealbehov var betydelig større enn først oppgitt. Nødvendig prosessområde har eskalert med 5-6 meter sør for anleggets plassering, dvs. mot eksisterende bygningsmasse hvor verksteder, lager, kontor, kantine og garderober er plassert i dag. Disse bygningene må dermed rives og re-lokaliseres. Et nytt vedlikeholdssenter som vil ivareta disse funksjonene, vil bli bygget. I forbindelse med Vedlikeholdssenteret er også et besøkssenter inkludert, for håndtering av gjester til fabrikk. Behov for tilstrekkelig rigg- og arealplass er tatt høyde for, og det er også angitt «reserveområder» som enkelt kan tilrettelegges ved behov under selve byggefasen.

Videre er mellomlageret for CO₂ flyttet til kalksteinslageret med grense til Renor, som en konsekvens av at «Kullkaia», som var utgangspunkt for lasting/ lossing av CO₂ i Mulighetsstudien, av sikkerhetsmessige grunner ble forkastet i innledningen til Konseptstudien, og ny utskipningskai lenger bort fra fabrikk og bebyggelse ble valg. Det er ikke endelig avklart hvilke kai-fasiliteter Norcem skal bruke til utskiping av CO₂. Kastolkaia er lagt til grunn i designbasisen, men Breviksterminalen er også aktuell. Kostnadmessig er det mindre forskjeller med de to alternativene. Endelig avklaring på kai vil bli avklart i neste fase av prosjektet.

Særskilte fokusområder i konseptstudien

I konseptfasen er det gjort en vesentlig utdeltaljing av prosjektet på alle områder. Betydelige ressurser er lagt ned i klargjøring av arbeidsdeling/jobbpakker samt tydeliggjøring av grensesnitt. Videre er det lagt ned mye arbeid i:

- Integrasjon mellom sementfabrikken og det nye fangstanlegget
- Videreutvikle tekniske konsepter fra mulighetsstudien
- Filosofi for utbygging
- Omforent vedlikeholds-filosofi mellom dagens sementfabrikk og nytt anlegg
- Oppbygging av felles 3D modellen basert på 3D-skanning av eksisterende sementfabrikk

Oppbygging av systemer:

Gjennom konseptfasen har Norcem bygget opp gode systemer og rutiner for prosjektgjennomføring. Det er etablert prosjektspesifikke prosedyrer for styring av kvalitet, HMS, risiko og dokumentkontroll. Disse systemene er per i dag ikke integrert og koblet mot Norcems eksisterende KHMS-system.

Kvalitet, Helse, miljø og sikkerhet

Det er ikke registrert uønskede helse-, miljø- og sikkerhetshendelser i konseptperioden. Det er heller ikke avdekket uhåndterbar risiko med hensyn på helse-, miljø- og sikkerhet. I løpet av konseptperioden har vi oppnådd målene som var definert.

Risiko

Av nye risikoer som er registrert i risikoregisteret, er ingen vurdert å gi økt sannsynlighet for at prosjektet stoppes eller ikke er gjennomførbart sammenlignet med mulighetsstudien.

HSE Spesialstudier

I forbindelse med mulighetsstudien, ble en rekke spesialstudier innen miljø og helse gjennomført (utslipp til luft, vann, støy, spredningspotensialet ol). I forbindelse med konseptstudien er nye studier på spesielt CO₂-spredningsfare samt støymodellering påbegynt. Norconsult har påbegynt støymodellering samt planlagte prøver av grunn med hensyn på forurensning. FLSmidth har startet studier av temperaturer av røykgass over elektrofiltre med den hensikt å finne driftstemperaturer som ikke resulterer i økt dannelse av dioksiner.

Teknologikvalifisering

Arbeidet med teknologikvalifiseringen av ukjent/ ny teknologi er godt i gang. Norsk Energi er engasjert til gjennomføring av teknologikvalifiseringen av røkrørskjelene som er valgt til varmegjenvinning fra sementprosessen. Teknologikvalifiseringen gjennomføres i hht. krav i DNV RP A203, og i konseptfasen er Del 1 av kvalifiseringsprogrammet; «Qualification Basis» etablert og godkjent av DNV GL. Arbeidet med Del 2 – «Technology Assessment» er påbegynt og vil jobbes videre med i forprosjektfasen. Det forventes at denne delen av teknologikvalifiseringen ferdigstilles i løpet av forprosjektfasen.

Aker Solutions har ansvaret for teknologikvalifisering av CO₂-kompressoren med integrert varmegjenvinning og har med bistand fra DNV GL gjennomført definert teknologikvalifiseringsaktiviteter (7 kvalifiseringsaktiviteter med tilhørende akseptkriterier). Alle akseptkriteriene er møtt og DNV GL har gitt en foreløpig godkjennelse av teknologikonseptet. For å redusere risiko ytterligere i design og forventet ytelse, har DNV GL anbefalt at Aker Solutions videre modner konseptet i forprosjektfasen.

Konsekvensutredning

Norcem i samarbeid med Multiconsult er godt i gang med forberedelsene av konsekvensutredningen. De forhold som vil få hovedvekt i utredningen er utslipp til luft, utslipp til vann, støy og spredningsfare fra CO₂-mellomlageret. Det er klart at det er Miljødirektoratet som vil være utøvende myndighet i forbindelse med utredningen. Etter planen vil det bli sendt ut en melding med forslag til utredningsprogram rett etter sommeren.

Det er avholdt møter med Porsgrunn Kommune, Miljødirektoratet (MDir) og Direktoratet for Sikkerhet og Beredskap (DSB). Norcem venter på tilbakemelding fra Porsgrunn Kommune om ny reguleringsplan eller nye delutredninger vil bli påkrevd.

Gevinstrealisering

I forbindelse med milepelsleveranse M3 har Norcem gitt sine innspill til Gassnova's overordnede plan for gevinstrealisering. Rapporten beskriver hvordan fullskala CO₂-fangst prosjektet på Norcem i Brevik kan bidra til gevinstrealisering inkludert kunnskapsdeling og teknologisamarbeid, som er et av myndighetenes overordnede effektmål i det Norske CCS Demonstrasjonsprosjektet. Norcems innspill til gevinstrealisering er konkretisert i en separat «Kommunikasjonsplan. Norcem har påbegynt et arbeid sammen med Aker Solutions for videre konkretisering av prosjektets bidrag til gevinstrealisering.

Lessons Learned

Norcem har utarbeidet en lessons learned rapport som beskriver „lessons learned- “prosessen i prosjektet. Rapporten inneholder tekniske, kontraktuelle, kommersielle og regulatoriske læringspunkter. Rapporten vil jobbes videre med dersom prosjektet går videre til forprosjektering.

Kostnadsestimat Investering og Drift

I Konseptstudien er kostandskalkylene basert på en kombinasjon av totalentreprise og byggerrestyrte kontrakter.

De **totale basiskostnadene** (base case) for investeringskostnadene er i konseptstudien estimert til **xxxx MNOK**, med prisdato medio 2017. Basiskostnad fremskrevet til prisdato 01.10.2018 vil være **xxxx MNOK**.

Forventet tillegg, usikkerhetsavsetning og prisstigning på 2,5 % frem til 1.10.2018 ble behandlet gjennom en felles workshop 7.-8. september. For et P50 estimat ble forventet tillegg (Contingency) vurdert til **xx %**. I henhold til AACE klasse 3, ligger forventet tillegg midt i spekteret.

Med et forventet tillegg på xx % gir dette totale investeringskostnader på **xxxx MNOK**. Dette estimatet inkluderer også prisstigning frem til 01.10.2018.

De totale driftskostnadene er estimert til ca. **xxx MNOK/ år**. Variable driftskostnader gjelder primært forbruk av strøm, vann, avløp og kjemikalier som er en direkte funksjon av hvor mye anlegget er i drift og kapasiteten på driften. Disse kostnadene vil utgjøre ca. 41 % av de samlede årlige driftskostnadene.

I design og kostnadskalkyle er det lagt til grunn at fangstanlegget skal ha en levetid på 25 år.

Fremdriftsplan for Byggeperioden

Realiseringsfasen av prosjektet er planlagt gjennomført i løpet av 42 måneder. Hvor 22 måneder er planlagt til prosjektering og forberedelser, og 20 måneder for bygging, installasjon og ferdigstillelse av prosessanlegget inkl. bygningsmessige arbeider. Det vil være en løpende overgang, hvor de første arbeidene med rivning, midlertidige konstruksjoner og forberedende arbeider vil påbegynnes 6 måneder inn i realiseringsfasen.

Produksjonen ved Norcem har en årlig revisjonsstans i en periode på 3-4 uker for vedlikehold og reparasjoner. Det er viktig at disse periodene brukes for tilknytning av nytt til eksisterende utstyr i de grensesnittene som blir berørt.

Planlegging for realiseringsfasen er godt i gang, men det kreves koordinering mellom den enkelte prosjektpartner og de ulike fagområdene for å få gjennomført prosjekt innen avsatt tid. Det største utstyret vil bli levert med båt på kai. Det er således viktig at man ser på installasjonsrekkefølge for den enkelte prosjektpartner for å unngå konflikter, samtidig som man bør forsøke å optimalisere inntransport og kranløft.

Konklusjon/ Gjennomføringsevne

Resultater fra konseptperioden viser at det er fullt mulig å etablere et fangstanlegg i Brevik med kapasitet på 400 000 tonn CO₂/år med valgt fangstteknologi. Dette oppnår vi ved energigjenvinning fra røykgassen, energi som pr i dag går til spille. Resultater fra pågående pilottesting med røykerørskjel er lovende, men teknologikvalifiseringen må på plass før endelig beslutning om system for varmegjenvinning kan tas.

Med en realiseringsbeslutning i første kvartal 2019, kan karbonfangstprosjektet på Norcem være klar til drift i løpet av 2022.

2 EXTENDED EXECUTIVE SUMMARY

Norcem submitted in May 2016 a feasibility study to Gassnova regarding input on investment and operation costs of a 400,000 tonne per year CO₂ capture plant; utilising Aker Solutions' amine-based technology at the cement facility in Brevik. The study detail level allowed for a cost estimate of +/- 30 %. Gassnova announced a competition in late autumn 2016 for financial support to carbon capture construction and operation studies, with an application deadline of Feb 1st 2017. In April 2017, after negotiations, Norcem was approved and granted financial support for further studies. The agreement with Gassnova was signed May 4th 2017 and is part of the Norwegian CCS demonstrations project (The NCD Project).

The project is divided into two phases; Concept- and FEED Study. The Concept Study has been scheduled from April/ May till September 15th 2017. This report constitutes milestone deliverable M6, which is the Final Report of Norcem's Concept Study (The DG2 Report).

The FEED study is to be initiated October 1st and shall be concluded by June 15th 2018. If the Norcem project continues to the FEED phase, a DG3 Report will be submitted June 15th 2018 (Milestone M10). By that time, the project shall be matured to a detail level which will allow for a cost estimate of +/- 20 %. Norcem plans a seamless transfer from the Concept to the FEED study. The authorities are to decide during autumn or, by the latest, early January 2018 which capture project(s) (Norcem, Yara and/or Klemetsrud) shall be granted financial support to conduct the FEED Study. Norcem, in agreement with Gassnova, shall start the FEED study on Oct. 1st; prior to this decision by the authorities, in order to reach the project milestone in mid-June 2018. If the project is not granted further financial support, Norcem will be compensated for all the work initiated from Oct 1st until that decision is confirmed.

The work in the Concept study is built on the results from the Feasibility Study (2016). The capture plant is designed for capture of 400,000 tonnes of CO₂ per year (55 tonnes of CO₂/ h) and includes systems for CO₂ conditioning, that meet Gassnova's product specification presented in the overall design basis. Additionally, an intermediate storage facility for CO₂ with a capacity of 5,300 tonnes (base case, based on a ship arrival frequency of 4 days) is included. The capture plant is to be driven with heat recovered from the cement production process and from Aker Solutions CO₂-compressor unit. In addition, an auxiliary electrical boiler is included, which shall deliver high pressure steam to the reclaimers in the capture process and the feeding tank. It will also be used for keeping a stable temperature within the capture- and steam plant. The auxiliary boiler is over dimensioned to cover possible cement operation variations.

Norcem's main objective with the Concept Study:

- Verify and mature the cost estimate from the Feasibility Study on +/- 30% and based on requirements in the agreement with Gassnova; "*Studieavtalen Bilag 1*", Chapter 4 "*Maturity Level and Cost estimates*".
- Establish required systems for project execution (Quality, HSE, Risk management and document control)
- Start up early phase activities (WHRU technology qualification & Environmental Impact Assessment, EIA).
- Give Gassnova input to "*Gevinstrealisering*" (lessons learned and project added value) which fulfil the project's overall "Effect Goals"
- Prepare work to be conducted during FEED

To carry out the project Norcem has partnered with 1) Aker Solutions (CO₂ Capture & Conditioning Plant, transitory CO₂ storage and HSE special studies), 2) Norconsult (civil and common project 3D-model), 3) Norsk Energi (Heat and Condensate plant and the WHRU technology qualification), 4) FLSmidth (impact and required modification of existing equipment), 5) ÅF Advansia (management for project execution, interface

coordination, establishment of required project execution systems (QHSE, Risk management, Document Control) and 6) Multiconsult (Environmental Impact Assessment).

The work is divided into the following work packages:

WBS	Description	Responsible partner
100	Project Control	Norcem
200	Communication, Strategy & Public Affairs	Norcem
300	Legal Framework & Environmental Requirements	Norcem
400	Civil	Norconsult
500	Cement & Process Integration	Norcem
540	Modification of existing equipment	Norcem/ FLSmidth
550	Steam, and Condensate Plant incl. WHRU technology qualification	Norcem/ Norsk Energi
600	Carbon Capture plant incl. conditioning and transitory storage, HSE special studies (CCC Plant)	Aker Solutions
700	Overall Cost Estimation	Norcem

In addition, DNV GL is engaged as advisor and verifier of the WHRU technology qualification program, WBS 550.

Changes from the Feasibility Study:

Some changes in the design basis have been made during the Concept Study. This is primarily due to required changes in layout. It was clear at the end of the Feasibility Study (2016) that the process area to be used by Aker Solutions had to be extended. The required process area has been enlarged by 5-6 meter to the south of the plant location, moving towards existing buildings where maintenance workshops, storage areas, offices, canteen and changing facilities are located. These buildings/ structures must be demolished and re-located. A new maintenance centre will be constructed to fulfil these functions. Concurrent with the development of the new maintenance centre, a visitor centre will be constructed, for guests to the CCC plant. Demand for sufficient lay-down area is accounted for, as well as a "reserve area" that easily can be utilised, if required, during the construction phase.

Furthermore, the intermediate storage site for CO₂ is moved to the new limestone storage site with the boundary to Renor. This is a consequence of the decision to replace "Kullkaia", which was the preferred quay for CO₂ loading/ unloading in the Feasibility Study, due to safety reasons. The CO₂ intermediate storage facility is now closer to the preferred quay. "Kastolkaia", owned by Port of Grenland was selected and is now the basis for further design. An alternative quay "Breviksterminalen", also owned by Port of Grenland, may also be relevant. Which quay is to be used has yet to be agreed with the Port of Grenland, but will be clarified during the FEED study. There are minor differences in cost between the two alternatives.

Special focus areas in Concept Study:

In the Concept Study, the essential details of the project have been defined and assessed. Considerable resources have been used to clarify work packages and detail the interfaces between the partners. Further work has been conducted on:

- Integration between the cement plant and the new carbon capture plant
- Engineering of technical concepts
- Construction philosophy
- Establishment of the maintenance philosophy between the two plants
- Establishment of a common 3D model for the project, based on 3D-scanning of existing cement plant

Development of systems for project execution:

During the Concept Study, Norcem has developed new systems and routines for project execution. Project specific procedures for managing quality, HSE, risk and document control have been established. These systems have yet to be integrated with Norcem's existing QHSE-system.

QHSE:

There were not registered any unwanted HSE incidents during the Concept Study. There have not been identified any unmanageable risks regarding health, safety and environmental conditions/relations relevant to the realisation of the project. During the concept period the project has completed the HSE and risk objectives as anticipated.

Risks:

New risks are identified and listed in the risk register. No risks have been assessed as show stoppers or could make it impossible for project execution.

HSE special studies:

During the Feasibility Study, several special studies concerning the environment and health were conducted (emissions to air and water, noise, CO₂ dispersion potential, CO₂ leakage potential etc.). In the Concept Study, additional and new studies regarding the potential risk of CO₂ dispersion and noise modelling were initiated. Norconsult have begun preparations for noise modelling and ground sampling regarding possible contamination of soil. FLSmidth has initiated a study on the possibility of dioxin formation over the electrostatic filter at certain temperatures. This work will continue and be concluded in the FEED study.

Technology qualification:

The work with technology qualification of the smoke tube boiler to be used for heat recovery from the cement plant is well underway. Norsk Energy is conducting the technology qualification program. The qualification program is based on the requirements in DNV RP A203. Part 1 of the program; "Qualification Basis" is established and approved by DNV GL. Part 2; the "Technology Assessment" is initiated and will be completed and concluded during the FEED Study.

As input to the technology qualification program, Norcem has developed a smoke tube boiler pilot which has been tested in Brevik. This is a separate project with separate funding from Gassnova. Several test campaigns have been conducted during spring 2017 and the test results are very promising. Norcem will develop a new pilot during the FEED study (phase 2 of the project) for higher temperature testing. Norcem has been granted further funding from Gassnova for the second stage of the WHRU test program. These tests will be executed during spring 2018.

Aker Solutions is responsible for the technology qualification of the CO₂ compressor with integrated heat recovery and has, with support from DNV GL, conducted defined technology qualification activities (7 activities are defined with related acceptance criteria). All acceptance criteria have been met and DNV GL has given preliminary approval of the technology concept. To further reduce the risks to design and expected performance, DNV GL has recommended Aker Solutions to continue maturing the concept during FEED.

Environmental Impact Assessment, EIA:

In cooperation with Norcem, Multiconsult has started preparation of the environmental impact assessment, EIA. Emissions to air and water, noise and the potential leakage risks of CO₂ from the intermediate CO₂ storage are defined as the more important tasks to be addressed. During the Concept Study, it was defined that the Environmental Agency will be the executive authority. A Study Plan Announcement will be published (available to the public) during autumn 2017.

To inform about the project and to identify public requirements, Norcem has been in meetings with Porsgrunn Kommune (local authority), the Environmental Agency and the Directorate for Civil Protection (DSB). The project is awaiting feedback from Porsgrunn kommune regarding the necessity for new regulation plans and/or new studies. The EIA will be conducted during the FEED study.

Project Added Value and Dissemination Potential, "Gevinstrealisering":

In association with the M3 milestone, Norcem presented Gassnova with input for the overall plan for "Project Added Value". The report describes how full scale carbon capture at Norcem in Brevik can contribute to "Project Added Value" including knowledge sharing and technology cooperation. The input from Norcem is defined in a separate "Communication Plan".

Lessons learned:

Norcem has established a "lessons-learned" report which describes the "lessons-learned" process in the project. The report contains technical, contractual, commercial and regulatory learning points. The report will be further matured during the FEED Study.

Cost Estimate Investment and Operation:

In the Concept Study the cost estimate is based on a combination of EPC and constructions contracts.

The total basis costs (base case) for the investments in the Concept Study are estimated to xxxx MNOK with price date mid-2017. The basis costs extrapolated to 01.10.2018 is xxxx MNOK.

Expected additions, uncertainty allocation and a price increase of 2.5% (forwarded to 1.10.2018), were assessed in a project workshop on the 7th and 8th September 2017. For a P50 estimate the contingency was estimated to xx %. This is in accordance with the AACE International Recommended Practice No. 18R-97 and the contingency is within the expected range for a Class 3 estimate ($\pm 30\%$).

With a contingency of xx % the total investment costs are xxxx MNOK. This estimate includes price increase towards 1.10.2018.

The total operational costs are estimated to approximately xxx MNOK/ year, including price appreciation towards 1.10.2018. The variable operational costs are basically consumption of electricity, water, drain and chemicals and are directly dependent of the operation time of the carbon capture plant and the operational capacity. These costs cover approximately 41 % of the total yearly operational costs.

The design and cost calculation is based on a plant life time of 25 years.

Construction Schedule:

The project realisation is estimated to 42 months (no changes from the Feasibility Study), where the first 22 months are dedicated to detail engineering and preparation of the site in Brevik (demolition, relocation etc.). The next 20 months will be used for construction, installation, mechanical completion and commissioning of the processing plant. 6 months after start up the demolition work, temporary constructions and other preparatory tasks will be initiated.

Norcem has a yearly maintenance outage of 3-4 weeks. It will be important that these outages are used for tie-ins of new equipment in the various interface points.

Planning for realisation will require good coordination between the various disciplines and partners, to execute the project in accordance within the defined project execution schedule. The largest and heaviest equipment will be shipped in by boat to the quay. The installation order is important to prevent conflicts. Transport to the construction site and crane lifts must be coordinated for optimisation in the execution schedule.

Conclusions remarks:

All in all, the Concept Study shows that it is possible to install a carbon capture and condition plant in Brevik with a capacity of 400,000 tonnes of CO₂ a year using the chosen carbon capture technology. This is possible due to heat recovery from the cement plant; energy which currently is waste heat. Results from on-going pilot testing with a smoke tube boiler are promising (separate project), but the technology qualification must be finalized before a final decision regarding the system for heat recovery can be made.

With a realization decision by 2Q 2019, the capture plant will be ready for start-up during 2022.

3 INTRODUKSJON

Norske myndigheter har ambisjon om å realisere minst en fullskala CCS demonstrasjonsprosjekt innen 2022. Det overordnede målet for staten med prosjektet er at **«Demonstrasjon av CO₂-håndtering skal gi den nødvendige utvikling av CO₂-håndtering, slik at de langsiktige klimamålene i Norge og EU kan nås til lavest mulig kostnad»**.

Norske myndigheter har definert fire effektmål for satsingen:

1. Prosjektet skal gi kunnskap som viser at det er mulig og trygt å gjennomføre fullskala CO₂-håndtering
2. Prosjektet skal gi produktivitetsgevinster for kommende prosjekter gjennom lærings- og skalaeffekter
3. Prosjektet skal gi læring knyttet til regulering og insentiver for CO₂-håndteringsaktiviteter
4. Prosjektet skal etablere markedsaktører, videreutvikle leverandører og gi næringsutvikling

Norske myndigheter bevilget i 2017, 360 MNOK i støtte til gjennomføring av konseptstudier på fangst. Alle tre fangstaktører fra Mulighetsstudien 2016 er med; Yara, Klemetsrud og Norcem. De tre prosjektene skal levere DG2 rapport innen 15. september 2017. På dette tidspunktet skal prosjektet være modnet til et kostnadsestimat $\pm$ 30 %. Basert på de tre studiene skal norske myndigheter ta stilling til hvilke prosjekter som skal modnes videre inn i forprosjektfasen.

3.1 Hensikten med prosjektet

Norcem tilhører det verdensomspennende konsernet HeidelbergCement (har i dag over 60.000 ansatte med aktivitet i over 60 land). Som en del av selskapets strategi ønsker HeidelbergCement å være ledende på løsninger som bidrar til karbonreduksjon. Norcem og resten av fabrikkene i region Nord-Europa (Norge, Sverige og Estland) etablerte i 2013 en nullvisjon, som sier at våre produkter skal ha null CO₂ utslipp sett i et livsløpsperspektiv innen 2030. Karbonfangst er en viktig del av løsningen for å oppfylle vår visjon.

HeidelbergCement konsernet setter krav til at dersom fullskala karbonfangst skal kunne tas i bruk, må teknologien være testet under reelle betingelser. Norcem sammen med HeidelbergCement og ECRA etablerte derfor en småskala testsenter på sementfabrikken i Brevik i 2013, hvor 4 ulike post-combustion fangstteknologier ble valgt for videre studier. I et 2022-perspektiv konkluderte Norcem med at kun en teknologi var moden og klar for fullskala demonstrasjon, og det var Aker Solutions aminteknologi. Aker Solutions har testet i nær 8000 testtimer med sin mobile test enhet (MTU) med gode resultater. For å modne fangstkonseptet videre har Norcem sammen med Aker Solutions gjennomført flere studier for design og integrasjon av en fullskala fangstanlegg med fabrikk. Videre ble Norcem i 2016 invitert av Gassnova til å gjennomføre Mulighetsstudien, hvor Norcem i samarbeid med Norconsult (civil) og Aker Solutions (fangstanlegg og varmegjenvinning), designet et 400 000 tonn fagstanlegg, integrert med sementfabrikken som tillot et kostnadsestimat på $\pm$ 30 %.

Norcems overordnede mål med konseptstudien er:

1. Kvalitetssikre og verifisere kostnadsestimatet fra Mulighetsstudien på $\pm$ 30 % og etter krav i studieavtalens Bilag 1, kap. 4 «Modenhetsnivå og Kostnadsestimater»
2. Etablere nødvendige systemer for prosjektgjennomføring (Kvalitet, HMS, Risikostyring og dokumentkontroll)
3. Starte opp tidligfaseoppgaver (teknologikvalifisering og konsekvensutredning)
4. Gi Gassnova innspill til «Gevinstrealisering» for oppfylling av prosjektets overordnede effektmål
5. Forberede arbeid som skal skje i forprosjektet

Dersom prosjektet videreføres til forprosjektfasen har Norcem følgende overordnede mål:

1. Redusere risiko ytterligere og prosjektere valgte tekniske løsninger til kostnadsestimat +/- 20 % og etter krav i studieavtalens Bilag 1, kap. 4 «Modenhetsnivå og Kostnadsestimater», inkludert tilbud på bygging og drift
2. Fullføre arbeidet med konsekvensutredningen og teknologikvalifisering
3. Gi Gassnova innspill til «Gevinstrealisering» for oppfylling av prosjektets overordnede effektmål

Norcem signerte den 4. mai 2017 Avtalen med Gassnova om støtte til studier for bygging og drift av fangstanlegg for CO₂ på Norcem i Brevik. Prosjektet er delt i 2 faser; konsept- og forprosjekt. Denne rapporten utgjør milepelsleveranse M5 som er draft rapporten fra Norcems Konseptstudie.

Dersom prosjektet videreføres til forprosjektfasen, skal det leveres en DG3 rapport innen 15. juni 2018. På dette tidspunktet skal prosjektet være modnet til et kostnadsestimat ±20 %. Norcem har lagt opp til at det skal være en sømløs overgang fra konsept til forprosjekt.

3.1.1 Designbasis

Designbasis fremkommet i Mulighetsstudien har vært basis for arbeidet i Konseptstudien. Videre har overordnet designbasis fra Gassnova (april 2017) samt designbasis fra Aker Solutions dannet grunnlaget for denne fasen. I tillegg er varmegjenvinningskonseptet, traseer for avgass kanaler og damprør inkludert 3D skanning, tilstand og behov for oppgraderinger/ ombygginger i eksisterende fabrikk osv. verifisert og modifisert gjennom konseptfasen.

Prosjektets overordnede design basis for forprosjektfasen er under utarbeidelse og vil være klar til oppstart av forprosjektfasen 1. oktober 2017.

3.2 Oppbygging av DG2 rapporten

Rapporten er bygget opp etter krav i Avtalen og med kryssreferanser til leveranser angitt i Bilag 1, Vedlegg 1-1. Innholdsfortegnelsen i DG2 rapporten ble godkjent av Gassnova i forbindelse med Milepelsleveranse 1 i konseptfasen.

3.3 Definisjoner og forkortelser

Forkortelse	Forklaring
AACEI	International "Cost Engineering Terminology" Recommended Practice 10S-90 (AACE International, 1990)
ACC TM	Advanced Carbon Capture TM
AKSO	Aker Solutions
APC	Air Pollution Control
BaseCase	Fangst av 400 000 t CO ₂ , CO ₂ mellomlager 5 900 m ³ , skipsanløpsfrekvens på 4 dager
Bara	Absolute Pressure - Pressure reading relative to absolute vacuum
BAT	Best available Technology
BOE	Basis of Estimate
CBS	Cost Breakdown Structure
CC	Carbon Capture
CCCP	Carbon Capture and Conditioning with intermediate CO ₂ storage
CCS	Carbon Capture and Storage
Clinker	Intermediate product leaving the cement kiln

CSRF	Cross-Sectoral Reduction Factor (CO2 allowances)
CT1	Conditioning Tower 1 (at String 1)
CT2	Conditioning Tower 2 (at String 2)
Dam-vann	Dam-vann er overflatevann fra en dam på Norcem sin eiendom
DCC	Direct Contact Cooler
ECRA	European Cement Research Academy (Headquarter in Düsseldorf)
EPC	Execution Phase Contract
EPCM	Engineering, Procurement and Construction Management
ESP	Electro Static Precipitator (at String 2 between RM and FF2)
ESP 3	Electro static Precipitator at String 2 (after CT2)
ESP 4	Electro static Precipitator at String 1 (after CT1)
FEED	Front End Engineering Design
FF1	Fabric Filter 1 (Bag filter String 1)
FF2	Fabric Filter 2 (Bag filter String 2)
FTO	Freedom to operate
GSA	Gas Suspension Absorption (i.e. spray tower desulfurization unit)
GSA Fan	Gas Suspension Analyser fan
HAZID	Hazard Identification
HC	HeidelbergCement Group
HC GES	HeidelbergCement Group Environmental Sustainability
HCNE	HeidelbergCement Northern Europe
HTC	Heidelberg Technology Center
HVAC	Heating, Ventilation and Air Conditioning
ID Fan 1	Fan which handle the exhaust gas from Conditioning Tower 1 (CT1)
ID Fan 2	Fan which handle the exhaust gas from Conditioning Tower 2 (CT2)
IPR	Intellectual property rights
MDR	Master Document Register
MTO	Material Take Off
MTU	Mobile Test Unit
OED	Olje- & Energi Departementet (Ministry of Petroleum and Energy)
Offsite	«Offsite» utgjør de øvrige områdene som vil bli berørt av permanente installasjoner eller midlertidige hjelpeanlegg i byggefasen. De fleste aktiviteter i dette området består av reallokering av fasiliteter knyttet til driften av eksisterende fabrikk, samt riggområder under bygging
PDRI	Project Definition Rating Index for Industrial Projects
PFD	Process Flow Diagram
PH1	Preheater Tower at String 1 (Consisting of cyclone 1.1, 2.1, 3.1 and 4.1)
PH2	Preheater Tower at String 2 (Consisting of cyclone 1.2, 2.2, 3.2 and 4.2)
PID	Piping and Instrumentation Diagram
PMT	Project Management Team
POT	Project Owner Team
RM	Raw Mill on String 2
RS	Rund Sum
SC	Project Steering Committee
TCM	Test Centre Mongstad
TQP	Technology Qualification Program
VSD	Variable Speed Drive
WBS	Work Breakdown Structure
WHRU	Waste Heat Recovery Unit

4 KOMMERSIELT

4.1 Kontrakts-strategi for bygging og drift (1a)

4.1.1 Avtalevilkår og kommersielle forutsetninger

Dette kapitlet omhandler avtalevilkår og kommersielle forutsetninger for bygging og drift. Evt. kommentarer til avtalevilkår og kommersielle forutsetninger bygg/ drift, herunder posisjoner på eventuelle utestående punkter av betydning for statens kostnader og risiko.

Dette leveransekravet er en del av de pågående samtalene med OED og Gassnova har derfor besluttet at punktet frafalles DG2 studie-leveransen.

4.2 Norcem's forretningsdrivere (business case) (1b)

I dette kapitlet gis en oppdatert beskrivelse av forretningsdrivere (business case) og formål med et fangstanlegg hos Norcem som et tillegg til eksisterende forretning og fasiliteter, samt innspill til formål på tvers av hele kjeden.

4.2.1 Formål med et fangstanlegg

Globalt representerer sementindustrien 5-6 % av de totale CO₂-utslippene årlig. Hovedårsakene til de høye utslippene skyldes bruk av brensel i produksjonen og avspalting av CO₂ fra kalksteinen under oppvarming. Hele 2/3 av CO₂ utslippene er forbundet med råmaterialet (kalkstein), som betyr at for sementindustrien vil karbonfangst være eneste løsning for reduksjon av CO₂, ut over det som er mulig innenfor brensel- og produktoptimalisering. Økt levestandard og befolkningsvekst gjør at det samlede sement- og betongforbruket i verden er økende. For å sikre en bærekraftig produksjon og vekst er det viktig for sementindustrien at man finner nye og forbedrede metoder å produsere sement på.

Å få på plass et fangstanlegg i Brevik, vil bety mye for hele sementbransjen. Anlegget vil være med å gi den nødvendige kunnskap og erfaring som industrien trenger for å få trygghet om at teknologien virker, og vi vil få konkretisert hva et første anlegg vil koste. Vi vil i tillegg få på bordet et faktisk sammenligningsgrunnlag for fremtidige prosjekter.

Å få på plass en CCS-kjede i Norge, både teknisk og regulatorisk, vil bety at industri som Norcem, som har høye karbonutslipp, har muligheten for trygt og permanent lagre sin CO₂. Et norsk CCS prosjekt vil kunne utløse ytterligere CCS fra Norge og Europa.

Norsk Industri leverte i mai 2016 sitt Veikart for prosessindustrien til regjeringens Ekspertutvalg for lavutslippssamfunnet» med undertittelen «Økt verdiskapning med nullutslipp i 2050». Dokumentet fokuserer mye på hvordan nye teknologi-løsninger er helt nødvendig for å nå det ambisiøse målet. CCS, og ikke minst Norcems prosjekt i Brevik, trekkes fram som helt nødvendig og som eksempel på den offensive satsingen. Representanter for flere store industriforetak har uttalt at Brevik-prosjektet følges nøye, og lykkes man der, viser dette at CCS i landbasert industri er et reelt alternativ.

Norcem er en del av CO₂ kvoteregimet og antall kvoter vil for neste tildelingsperiode (2020 →) bli redusert, med den konsekvensen at ingen sementfabrikker, inkludert Norcem Brevik vil tildeles kvoter som fullt ut dekker behovet. Den gjeldende reduksjonsfaktoren (cross-sectoral reduction factor, CSRF) på 1.74 % skal økes til 2.2 % på tidlig 2020-tallet, som i løpet av noen få år vil føre til at tildelte kvoter vil være under det CO₂ utslippet som stammer fra kalsinering av kalksteinen (540 kg CO₂/ t klinker). Norcem forventer derfor å

måtte kjøpe kvoter fra 2018. Dette vil bidra til at sementindustrien generelt vil tvinges til å treffe ytterligere optimaliseringer av produksjonsprosessen.

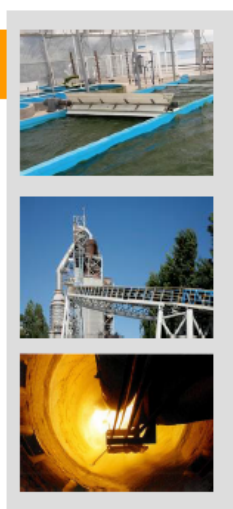
Kvoteregimet vil tvinge frem nedleggelse av de sementfabrikkene som ikke kan oppfylle fremtidige prestasjonskrav. Norcem sammen med moderselskapet HeidelbergCement ønsker å lede an utviklingen av karbonfangst innen vår industri.

■ Protecting the climate

HeidelbergCement works continuously to minimize its greenhouse gas emissions and delivers solutions for adaptation to climate change impacts

- Leader in innovative solutions for CO₂ emission reduction
- Internal reduction target of -23% net specific CO₂ emissions per ton of cementitious in 2015 vs. 1990
- CO₂ strategic plan:
 - Carbon Capture and Storage/Utilization projects
 - Use of biomass fuels
 - Strong know-how and expertise in blended cements
- Strong public affairs approach for CO₂ issues

Slide 16
Environmental Sustainability @ HeidelbergCement



HEIDELBERGCEMENT

Figur 4-1: Konsernets overordnede strategi for å redusere sine utslipp relatert til CO₂

4.2.2 Norcems Nullvisjon i 2030

Som en del av bærekraftstrategien har HeidelbergCement Nord-Europa (HCNE) utviklet en nullvisjon som sier at karbonutslippet fra våre produkter skal være null, sett i et livsløpsperspektiv i 2030. Dette er en ambisiøs visjon men mulig dersom man tar i bruk karbonfangst på røykgassen fra sementproduksjonsprosessen.

For HeidelbergCement Nord-Europa vil en realisering i Brevik bety at vi kan nå vår visjon om null utslipp av CO₂ fra våre produkter sette i et livsløpsperspektiv i 2030.



Figur 4-2: HeidelbergCement Nord-Europas og Norcem's Nullvisjon i 2030

4.2.3 Forretningsdrivere

Selv med en realisering av CO₂-håndteringskjeden i Norge, vil behovet for støtte til drift for Norcem og resten av kjeden, være betydelig. Med de lave kvoteprisene og usikkerheten i hvordan kvotesystemet vil se ut etter 2020, er det vanskelig å finne gode forretningsdrivere. Dersom kvoteprisene betydelig økes, vil investering i fangst bli mer attraktivt. Den største forretningsmuligheten Norcem ser på sikt, er at CO₂ for EOR kommer på plass og at Norcem og annen industri kan levere CO₂ til økt oljeutvinning.

4.2.4 Formål på tvers av kjeden

Ved en realisering på Norcem i Brevik vil vårt prosjekt kunne være med å bidra til optimalisering-, kunnskaps- og erfaringsutvikling på tvers av kjeden i forbindelse med:

- Oppnåelse av riktig kvalitet på CO₂ ut fra gitte betingelser gitt av lageroperatør
- Behov for rensing av fanget CO₂ hos oss før videre transport til lager
- CO₂-håndtering fra mellomlageret til kai
- Erfaring ved lasting/ lossing under gjeldende temperaturer/ trykk
- Fiskal måling på kai
- Effektivisering av lasting
- Håndtering av CO₂ i retur

Norcem vil modne dette videre gjennom de felles grensesnitts-møtene som Gassnova vil arrangere på tvers av kjeden.

4.3 Kostnadsplan forprosjekt (1g)

Dette kapitlet beskriver forventet kostnadsplan (periodiserte kostnader) for forprosjektet.

Det vises til milepelsleveranse M4; «Oppdatert prognose vedrørende fremdriftsplan og kostnader frem til DG3 rapportering. Denne planen legges til grunn for arbeidet som er planlagt i forprosjektet. Norcem er innforstått med at denne planen er gjenstand for revisjon ved oppstart av DG3. Det vises til Vedlegg C for detaljer.

5 KOSTNADSESTIMAT BYGGING OG DRIFT

I dette kapitlet er kostnader til bygging og drift av et 400 000 tonn/ år CO₂-fangstanlegg inkludert kondisjonering, mellomlager og transport til kai for lasting av CO₂ til båt, på Norcem i Brevik presentert. Kostnadsestimatet er basert på designbasis fremkommet i Mulighetsstudien (2016) samt designbasis fra Aker Solutions. Det er også gjort noen justeringer grunnet endringer i layout. Se kap. 3.1.1 for flere detaljer.

Kostnadsestimatet er utviklet i samarbeid med prosjektpartnerne. Estimaten er sjekket og konsolidert. 7-8. September arrangerte Norcem en felles workshop for å bestemme prosjektets usikkerhet (forventet tillegg). Resultatene fra dette arbeidet er utdypet i Kap. 5.5 «Modenhetsanalyse».

I Mulighetsstudien ble det primært lagt til grunn byggherrestyrt entreprisemodell som grunnlag for kostnadskalkylen. I Konseptstudien er kostandskalkylene basert på en kombinasjon av totalentreprise (EPC-kontrakt – Aker Solutions) og byggherrestyrte kontrakter. I Konseptstudien er det lagt til grunn at fangstanlegget er en totalentreprise mens de øvrige kontraktene fortsatt er antatt som byggherrestyrte.

I dette kapitlet presenteres forutsetningene for og konklusjonene i kostnadsestimatene.

Endringer i investeringskostnader (CAPEX) og driftskostnader (OPEX) fra Mulighetsstudien og til Konseptstudien er diskutert i Tillegg 1, i henholdsvis Kap. 2.6 og 3.4.

5.1 Innledning

Norcems overordnede mål med konseptstudien har vært å kvalitetssikre og verifisere kostnadsestimatet fremkommet i Mulighetsstudien og etter krav i studieavtalens Bilag 1, kap. 4 «Modenhetsnivå kostnadsestimat», hvor kostnadsestimatet skal modnes til Klasse 3 i henhold til AACE RP 18R-97, dvs. omlag +/- 30 % nøyaktighet.

Samarbeidspartnerne i prosjektet; Aker Solutions, FLSmidth, Norsk Energi og Norconsult, har alle utarbeidet etterprøvbare og sporbare kostnadsestimater for investering (CAPEX) og drift (OPEX), innenfor sitt arbeidsomfang. Estimaten er beskrevet på en logisk og strukturert måte slik at disse er sporbare og etterprøvbare mht. oppbygning, metodikk og hvordan estimatet og de enkelte deler er fremkommet. Alle vesentlige forutsetninger er beskrevet og begrunnet. Detaljerte kostnadsestimater fra samarbeidspartnerne vil bli gjort tilgjengelig for Gassnova. Tabell 5.1 gir en oversikt over hvilke dokumenter dette gjelder.

Tabell 5-1: Oversikt over detaljerte kostnadsestimater i prosjektet

Prosjektpartner	Tittel	Dokumentnummer
Aker Solutions	Cost Estimate Report rev. 02	NC02-AKER-F-RA-0002
FLSmidth	Evaluation of APC Equipment - Cost	NC02-FLSM-F-TE-0002
Norconsult	Cost Estimate - Civil_J04.xlsx	NC02-NOEN-F-TE-0001
Norsk Energi	2.12 Kostnadsestimat	NC02-NOCON-C-TE-0209
Norcem fabrikk	Kalkyleestimat «Norcem Fabrikk»	NC02-NOCE-F-TE-0001

I tillegg gir følgende dokumenter detaljer rundt kostnadskalkylene:

- «Tillegg 1» NC02-NOCE-A-RA-0012 (Supplement til kap. 5 i DG2 «Kostnadsestimat Bygging og Drift)
- «Kalkylesammenstilling Norcem CO₂ fangst DG2» NC02-NOCE-F-CA-0002, for detaljert kalkylesammenstilling for hver partner.

Norcems kostnader er splittet i henholdsvis fabrikk ombygging som inngår i «Norcem fabrikk» og de overordnede administrative kostnader i «Norcem overordnet».

Sammenstilling av Norcems kostnader følger i all hovedsak NS3453; 2016 «*Spesifikasjoner av kostnader i byggeprosjekt*». Dette er en kostnadsstruktur som er godt innarbeidet i byggesektoren og som er utarbeidet for og med representanter fra byggherre, entreprenører, rådgivere, arkitekter og programleverandører. Standarden er også utarbeidet for å være i samsvar med Finansdepartementets begrepsbruk og krav til kvalitetssikring av offentlig investering beskrevet i Finansdepartementets veileder nr. 2, Felles begrepsapparat KS2, versjon 1.1 2008. Det er foretatt enkelte tilpasninger for å være egnet til å presentere kostnadene i prosjektet.

5.1.1 Kontoplan

Prosjektets kontoplan og inndeling er gjengitt i tabell 5-1. Kontoplanen viser hoved-oppstillingen av investeringskostnadene på kontonivå 1 (Cost Breakdown Structure - CBS). *) markerer der hvor det er gjort avvik fra standarden.

Tabell 5-2: Kontoplan

Kto. nr.	Kostnadselementer
01	Felleskostnader
02	Bygning
03	VVS-installasjoner
04	Elkraftinstallasjoner
05	Tele og automatisering
06	Prosessanlegg/ andre installasjoner *
Sum 01-06	Anleggskostnad *
07	Utendørs
Sum 01-07	Entreprisekostnad
08	Generelle kostnader
Sum 01-08	Byggekostnad
09	Spesielle kostnader
10	Merverdiavgift
Sum 01-10	Basiskostnad
11	Forventet tillegg
Sum 01-11	Prosjektkostnad
12	Usikkerhetsavsetning
Sum 01-12	Kostnadsramme
13	Prisregulering
Sum 01-13	Kostnadsramme inklusive prisregulering

5.1.2 Bygge-blokker (delprosjekter)

Prosjektets bygge-blokker (delprosjekter) er iht. arbeidsomfanget spesifisert av Gassnova i Støtteavtalen, Bilag 1 - kap. 4.

Tabell 5-3: Prosjektets inndeling i bygge-blokker

Nr.	Norsk beskrivelse
1	Tilknytning til pipe
2-4	FANGST Forbehandling av røykgass, CO2 absorpsjon, Solvent regenerering
5	Kompresjon og flytendegjøring og Kondisjonering
7	Mellomlager
8	Kai, og elementer fra mellomlager til lasting på skip
9	Prosess spesifikk del-sum (1-8 over)
10	Hjelpesystemer, hvis ikke inkludert og spesifisert over (trenger å spesifisere utover det som er dekket over) bl. a. damp, strøm, m.m., samt Tilknytninger utover de til pipe: eksempelvis tomt, bygg og anlegg, kjølevann, endringer av eksisterende prosess i eget anlegg (CO2 kilde) m.m.
11	Forventet tillegg for fysiske elementer, hvis ikke inkludert i elementer over
12	Delsum
13	Støtttemottakers eierkostnader
14	Totalsum

Merk at nr. 2, 3 og 4 er slått sammen til „Fangst “i tabellen over og at nr. 6 ikke benyttes.

5.1.3 Modenhetsnivå

Kostnadsestimatene i konseptstudien er modnet til et klasseestimat 3 i henhold til AACE RP 18R-97; «*Cost Estimate Classification System – As Applied in Engineering, Procurement, and Construction for the Process Industries, AACE March 2016*» og etter krav til omlag +/- 30 % nøyaktighet i denne fasen. Estimats nøyaktighetsnivå er nærmere diskutert i kap. 5.2.3 «Risikovurdering og Usikkerhet».

I henhold til definisjonene i Modenhetsmatrisen ref. figur 4 i AACE, er vi ajour med alle de generelle prosjektdata i henhold til klasse 3. Når det gjelder «Engineering Deliverables» er vi også ajour med unntak av «Piping & Instrument diagrams (P&IDs)» hvor vi har status S (ikke P/C). Det samme gjelder også for «Specification & Datasheets» hvor status også er S. S har betydningen startet opp, P har betydningen foreløpig (Preliminary) og C betyr ferdig prosjektert (Complete). Flere detaljer rundt vår egen vurdering finnes i Tillegg 1, Kap. 3.

Tabell 5-4: Egen vurdering av prosjektets modenhet jf. AACE –Klasse 3 estimat

	Estimate Classification		
General Project Data:	Class 4	Class 3	Egen vurdering
Project Scope Description	Preliminary	Defined	Defined
Plant Production/ Facility Capacity	Preliminary	Defined	Defined
Plant Location	Approximately	Specific	Specific
Soils & Hydrology	Preliminary	Defined	Defined
Integrated Project Plan	Preliminary	Defined	Defined
Project Master Schedule	Preliminary	Defined	Defined
Escalation Strategy	Preliminary	Defined	Defined
Work Breakdown Structure	Preliminary	Defined	Defined
Project Code of Accounts	Preliminary	Defined	Defined
Contracting Strategy	Assumed	Preliminary	Preliminary
Engineering Deliverables:			
Block Flow Diagrams	P/C	C	NA (Vi bruker PDFs)
Plot Plans	S	P/C	P/C
Process Flow Diagrams (PDFs)	S/P	P/C	P/C

Utility Flow Diagrams (UFDs)	S/P	P/C	P/C
Piping & Instrument Diagrams (P&IDs)	S	P/C	S
Heat & Material Balances	S	P/C	P/C
Process Equipment List	S/P	P/C	P/C
Utility Equipment List	S/P	P/C	P/C
Electrical One-Line Drawings	S/P	P/C	P/C
Specifications & Datasheets	S	P/C	S
General Equipment Arrangement Drawings	S	P/C	P/C
Spare Parts Listings		S/P	S/P
Mechanical Discipline Drawings		S	S
Electrical Discipline Drawings		S	S
Instrumentation/ Control System Discipline Drawings		S	S
Civil/ Structural/ Site Discipline Drawings		S	S

5.1.4 Prisdato

Prisdato for kostnader under konto. 01 til og med 09 er medio 2017. Dette bl.a. for å kunne benytte eksisterende databaser og kjente indekser. En framskriving av kostnadene til okt. 2018 er foretatt under konto. 13 prisregulering basert på oppgitt inflasjonstall fra Gassnova på 2 % p.a. (som gir 2,5 % samlet prisstigning fra medio 2017 til okt. 2018).

5.1.5 Valuta

Følgende valutakurser er benyttet. Disse er i samsvar med opplysninger som er gitt av Gassnova:

Tabell 5-5: Valuta

Valuta	Omregning i NOK
100 DKK	120 *)
1 EUR	9
1 GBP	10 *)
1 JPY	7,5
100 SEK	95
1 USD	8,5 *)

*) Disse er ikke benyttet i forbindelse med Konseptstudien

5.2 Grunnlag for kostnadsestimeringen (1c)

Fangstanlegget er designet for en levetid på 25 år.

5.2.1 Innspill fra prosjektpartnere:

Aker Solutions:

Estimeringsmetoden som er brukt er en kombinasjon av «bottom-up» estimater for hoveddelen av kostnadselementene supplert med faktor estimater og/eller kostnadsskalering for enkelte systemer, komponenter og kostnadselementer.

Den beskrevne estimeringsmetoden krever detaljerte innspill fra tekniske disipliner slik som utstyr/komponentlister, foreløpige materialuttak (MTO), bygge-metodikk, tegninger, modeller etc. I mangel av relevante referanser for denne type teknologi og installasjoner, må de tekniske dokumentene generelt å

være mer detaljerte og modne enn for installasjoner der det finnes mange referanseprosjekter tilgjengelig, med pålitelige erfaringstall som kan benyttes. Prosjektkostnadene er basert på standard tekniske spesifikasjoner og er i samsvar med retningslinjer fra Norcem.

Internasjonale leverandører er kontaktet for prisforespørsler på de største og dyrest utstyrspakkene/enhetene. Mindre utstyrsdeler er estimert/ skalert ut fra tidligere erfaringstall fra egne databaser. For å redusere kostnadene er Aker i dialog med lokale leverandører for bygging og produksjon lokalt.

For ytterligere detaljer vises til Tillegg 1 og Aker Solutions «*Cost Estimate Report*» rev. 02 med dokumentnummer NC02-AKER-F-RA-0002.

Norconsult:

Kostnadsestimeringen er basert på estimerte mengder fra utarbeidede tegninger og enhetspriser fra tilsvarende arbeider i regionen. Norsk Prisbok 2016 er også benyttet for å hente ut både enhetspriser og priser. For rivnings arbeid, er kostnader supplert med estimerer fra lokal spesialist på rivningsarbeider. For definerte elementer, som så langt ikke er kvantifisert (målt opp) på dette stadiet har en benyttet rund sum (RS «lump sum»). På bakgrunn av detaljnivået på tegninger som er tilgjengelige på konseptstadiet, blir enhetspriser benyttet på de beregnede mengder og som inkluderer en justering for elementer som på det nåværende tidspunkt ikke er identifisert. Eksempel: Betongens enhetspris inkluderer for bolter, innstøpte enheter, konsoller, utsparinger etc.

Uspesifiserte kostnader legges til for hver arbeidspakke som en prosentandel. Prosentandelen dekker elementer som ennå ikke er vist og kvantifisert (kartlagt) på grunn av manglende detaljeringsgrad på det nåværende tidspunkt. Denne prosentandelen vil variere, ettersom noen pakker er kommet lenger frem i prosjekteringen enn andre.

Basert på tjenestene fra Selskapet (Norcem) til entreprenører i dette prosjektet, vil de generelle kostnadene bli redusert. Beløpet varierer mellom kontraktene, men vil ligge i området 15-20 % på mobilisering og 20-25 % på driftskostnadene.

For ytterligere detaljer vises til Tillegg 1 og Norconsults «*Cost Estimate Civil J04*» med dokumentnummer NC02-NOCON-C-TE-0001.

Norcem fabrikk inkludert FLSmidth og Norsk Energi:

Kostnadsestimeringen er basert på estimerte mengder fra utarbeidede tegninger og enhetspriser fra store ombyggingsprosjekter på fabrikkene. For rivnings, ombygging og omleggingsarbeid, er kostnader supplert med erfaringstall og timepriser fra lokale entreprenører og installatører.

Kostnadsestimat fra FLSmidth er primært basert på tall i egen kostnadsdatabase.

Kostnadsestimatet til Norsk Energi er basert på budsjettforespørsler gjort i mulighetsstudien og konseptstudien, samt erfaringstall fra andre anlegg.

For ytterligere detaljer vises det til Tillegg 1 og dokumentene: «*Kalkyleestimat Norcem Fabrikk*» -NC02-NOCE-F-TE-0002 som er utarbeidet av Norcem fabrikk, «*Evaluation of APC Equipment - Cost*» - NC02-FLSM-F-TE-0002 som er utarbeidet av FLSmidth og «*2.12 Kostnadsestimat*» - NC02-NOEN-F-TE-0209 utarbeidet av Norsk Energi.

5.2.2 Logistikk og bygg-barhet:

Konstruksjons- og bygge-metodikk er avgjørende for kostnadsestimatet. Tungt utstyr, prosesspakker og konstruksjoner vil komme med sjøtransport og vil bli losset ved kai som beskrevet i konstruksjonsstudierapporten. Interne transportruter fra avlastningspunkt og opptil riggområde / prosessområdet er evaluert og kontrollert med hensyn til tillatt belastning og begrensning av bredder og høyder. Det er viktig å sikre at all slags midlertidig lagring av materialer, transport og installasjonsarbeid inne på fabrikkområdet kan utføres uten avbrudd i Norcems normale daglige drift. En egen studie for tung løft og intern transport har blitt utført og estimert.

5.2.3 Risikovurdering og usikkerhet:

Målsettingen for kostnadsestimater i konseptfasen er at estimatene og underlagene skal være modnet og utført til Klasse 3 i AACE RP 18R-97, dvs. omlag +/- 30 % nøyaktighet. For å nå denne målsettingen så har Norcem og alle samarbeidspartnerne individuelt, i tillegg til presentasjon av sine kalkyletall for investering, også oppgitt den interne usikkerheten som ligger i disse tallene. Dette er gjort for kostnadsbærer eller for grupper av kostnadsbærere ut i fra en individuell og hensiktsmessig vurdering basert på bl.a. kvaliteten på underlaget mht. tekniske løsninger og detaljering. Disse tallene er benyttet i en usikkerhetsanalyse for å komme frem til tall for avsetninger utover basiskostnaden for å oppnå ønsket sikkerhet for prosjektkostnaden. Tallet en kommer frem til, forventet tillegg, er ført i konto 11.

5.3 Estimerte Investeringskostnader (1d)

Basiskostnad som er vist i tabell 5-6 er summen av samtlige kostnader for prosjektet eksklusive avsetninger til usikkerhet (forventet tillegg på konto nr. 11) og usikkerhetsavsetning på konto 12). Estimaten er basert på Base Case scenario som forutsetter en skipsanløpsfrekvens på 4 dager. Investeringskostnadene (basis kost) er estimert til **xxxx MNOK**. Merk at tallene i tabell 5-5 er med prisdato medio 2017.

Følgende inngår ikke i estimaten for investering:

- Finansieringskostnader (som renteutgifter på byggelån, egenkapital, frikjøpskostnader offentlige støtteordninger)
- Reguleringsarbeid
- Reguleringsssøknad
- Tilknytningsgebyr, generelt
- Merverdiavgift (Mva.)
- Inflasjon og valutakurser er bestemt av Gassnova og vi har benyttet de oppgitte tall. Evt. fremtidige endringer i inflasjon og valutakurser har vi ikke tatt hensyn til da vi ikke betrakter dette som en del av Norcem's arbeidsomfang.

Tabell 5-6: Basiskostnad, Base Case
XXXX

Det vises til Tillegg 1 NC02-NOCE-A-RA-0012 og Kap. 2.4 for sammenstilling av basiskostnad fordelt per partner for prosjektets base case. Det vises også til «*Kalkylesammenstilling Norcem CO2 fangst DG2*» NC02-NOCE-F-CA-0002, for detaljert kalkylesammenstilling for hver partner.

Alternativ Case, som er basert på 2 dagers anløpsfrekvens, konkluderer med en netto kostnadsreduksjon på ca. xx mill. NOK. Den totale kostnadsreduksjonen (basiskostnad) inkludert uspesifisert, installasjon og andre relaterte kostnadselementer er estimert til XX mill. NOK. Det er vurdert at det kun er marginale besparelser fra de øvrige samarbeidspartnerne utover den reduksjonen som Aker Solutions her har presentert.

5.3.1 Diskusjon av basisestimatet

5.3.1.1 Framskrivning av basiskostnad til prisdato 1.10.2018

De totale basiskostnadene (base case) for investering og drift er i konseptstudien estimert til xxxx MNOK, framskrevet til prisdato 1.10.2018.

5.3.1.2 Forventet tillegg

Forventet tillegg, (contingency) ble behandlet separat i forbindelse med usikkerhetsanalysen som Norcem gjennomførte 7-8. september. Basert på konklusjonene fra risiko- og modenhetsøvelsen, ble det forventete tillegget for et P50 estimat, estimert til xx %. I henhold til AACE klasse 3, ligger tillegget midt i spekteret.

Med et forventet tillegg på xx % på kto. 11 gir dette totale investeringskostnader på xxxx MNOK. Dette estimatet inkluderer også prisstigning frem til 01.10.2018. Se tabellen under for detaljer.

Tabell 5-7: Totale investeringskostnader med et forventet tillegg på xx % og inkludert prisstigning frem til 01.10.2018
XXXX

En større og mer lesbar versjon av kalkylen, finnes i «*Kalkylesammenstilling Norcem CO2 fangst DG2*» NC02-NOCE-F-CA-0002.

5.3.1.3 Innkjøp i utenlandsk valuta - Fordeling

Det vil være behov for å gjøre innkjøp i forskjellige typer utenlandsk valuta. Fordelingen er angitt i tabell basert på totalkostnad i base case scenario:

Tabell 5-8: Fordeling innkjøp i utenlandsk valuta

Valuta	Fordeling
NOK	81,0 %
DKK *)	0,0 %
EUR	14,6 %
GBP *)	0,0 %
JPY	1,1 %
SEK	0,6 %

USD	2,7 %
SUM	100,0 %

*) Disse er ikke benyttet i forbindelse med Konseptstudien

5.4 Estimerte driftskostnader (1e)

Kontotabellen som er benyttet for driftskostnader er basert på NS3554:2013; «Livssyklus kostnader for Byggverk. Prinsipper og Klassifikasjon». På en-siffer nivå ser denne kontotabellen om i tabell 5-9. I tillegg er det inkludert noen informative tilleggs-poster i konto 7-9.

Tabell 5-9: Kontotabell

Kto.	Kostnadsklassifikasjon
1	Anskaffelse og restkostnader (her inngår tomt, nybygg, hovedombygging og restkostnad)
2	Forvaltningskostnader (her inngår skatter og avgifter, forsikringer, eiendomsledelse og administrasjon)
3	Drifts og vedlikeholds kostnader (her inngår drift, vedlikehold, reparasjoner av skader)
4	Utskifting og vedlikeholdskostnader (her inngår utskifting og utvikling)
5	Forsyningskostnader (her inngår energi, vann, avløp og renovasjon)
6	Renholdskostnader (her inngår regelmessig renhold, periodisk renhold og rengjøringsrelaterte oppgaver)
7	Service- og støttekostnader til kjernevirksomhet
8	Virksomhetspesifikke kostnader
9	Verdier og inntekter

Det vises til Tillegg 1, Kap. 3.2 for innspill fra prosjektpartnerne til driftskostnadene.

5.4.1 Sammenstilling driftskostnader (OPEX)

Samlede driftskostnader fordelt per samarbeidspartner for prosjektets base case (4 dager anløpsfrekvens) og full produksjon er vist i tabell 5-10. De totale driftskostnadene beløper seg til ca. xxx millioner/ år.

Tabell 5-10: Samlede driftskostnader fordelt per samarbeidspartner for prosjektets base case

XXXX

Variable driftskostnader i tabellen over vil primært ligge i kto. 5. Under kto. 5 inngår energi, vann, avløp og kjemikalier som er en direkte funksjon av hvor mye anlegget er i drift og kapasiteten på driften. Disse kostnadene utgjør ca. 41 % av de samlede årlige driftskostnadene. Det må påregnes noen indirekte kostnader som funksjon av dette, men her foreligger det foreløpig ikke noe tall eller anslag på kostnader.

5.5 Modenhetsanalyse (1h)

Norcem har gjennomført en felles workshop i prosjektet 7-8. september for bestemmelse av forventet tillegg («Contingency») i tillegg til basiskostnad, for å gi et «P50» estimat.

ÅF Advansia AS har fasilitert en modenhetsanalyse på vegne av Norcem i konseptfasen av prosjektet. Analysen tar utgangspunkt i kalkyler med tilhørende interne usikkerhet som ligger i disse individuelle kalkyletallene, som er utarbeidet av Norcem og prosjektpartnerne. I tillegg er eksterne usikkerheter vurderes samlet på et overordnet nivå for hele prosjektet. Analysen vil samlet vurdere usikkerheter som kan påvirke prosjektet frem til og gjennom prosjektets gjennomføringstid. Resultatene fra analysen, konkluderer med at usikkerheten i prosjektet er innenfor de gitte rammer i AACE No. 18R-97, klasse 3.

XXXX

Figur 5-1: Resultater fra Modenhetsanalysen.

Ut fra usikkerhetsanalysen er det for P50-estimatet estimert et forventet tillegg på xx %.

Økningen i forventet tillegg sammenlignet med Mulighetsstudien henger samme med at prosjektet er videre utdelt og at usikkerheten har økt i takt med hvor mye mer vi vet om prosjektet. I forhold til AACE klasse 3, ligger estimatet midt i spekteret.

XXXX

Det vises til sluttrapport for Modenhetsanalysen med dokument nummer NC02-NOCE-F-CA-0001 for flere detaljer rundt analysen.

5.6 Egenandel bygging og drift (1f)

Dette leveransekravet er en del av de pågående samtalene med OED og Gassnova har derfor besluttet at punktet frafalles DG2 studieleveransen.

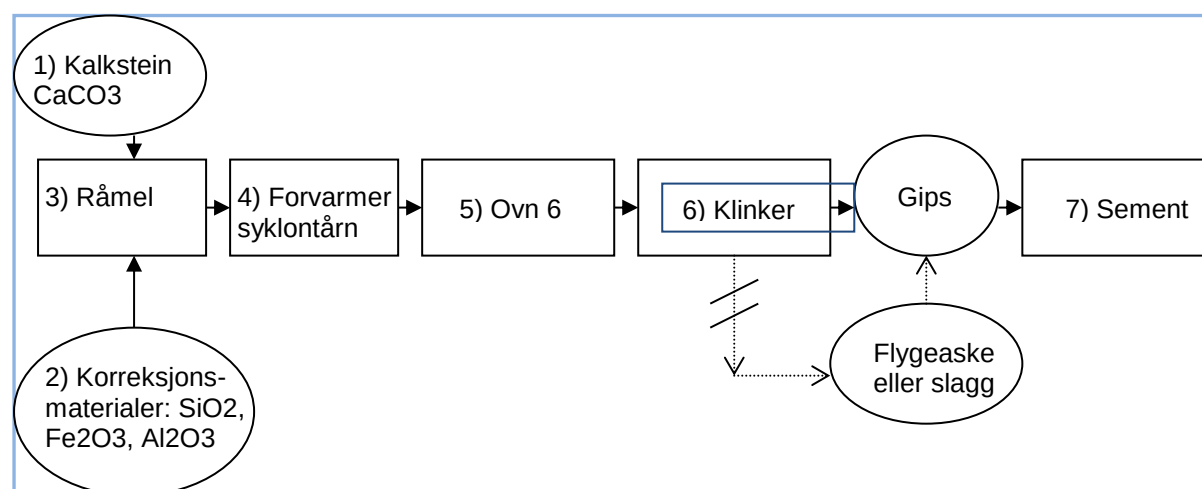
6 PROSJEKTBESKRIVELSE

I dette kapittelet beskrives prosjektet og hvordan det nye fangstanlegget skal integreres med eksisterende fabrikk.

6.1 Oppdatert funksjonsbeskrivelse av eksisterende anlegg (2a)

I dette kapitlet gis oppdatert funksjonsbeskrivelse av eksisterende anlegg.

Produksjon av sement foregår i flere steg. Figur 6-1 illustrerer hoved trinnene i prosessen.

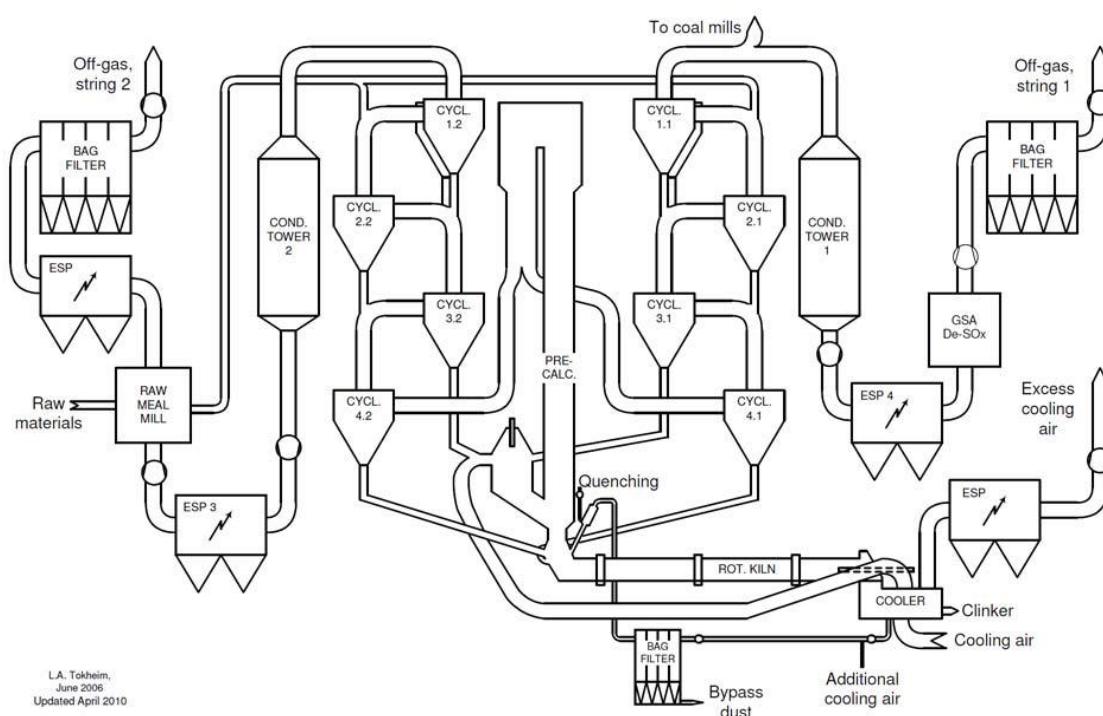


Figur 6-1: Illustrasjon av hoved trinnene i sementproduksjonsprosessen. Tilsetning av flyge-aske (fra kullfyrte kraftverk) eller slag (fra stålproduksjon) avhenger av hvilken type sement som produseres.

1. Kalkstein, hoved råmaterialet i sementproduksjonsprosessen, hentes fra tre ulike kilder; Bjørntvet, Norcem gruve og fra Verdal (Sør-Trøndelag). Kalksteinen knuses til mindre fraksjoner i størrelsesorden 10-15 mm.
2. Kalksteinen males videre ned til et fint mel og blandes med korreksjonsmaterialer (SiO₂, Al₂O₃ og Fe₂O₃) for å oppnå riktig kjemisk sammensetning. Produktet kalles råmel.
3. Råmelet er nå klart for oppvarming i syklontåret og brenning i ovnen (ovn 6).
4. Råmelet forvarmes i syklontåret til ca. 800 °C før det skal inn i selve roterovnen. I forvarmerprosessen kalsineres/ dekomponeres råmelet og CO₂ spaltes av (CaCO₃ → CaO + CO₂↑). Temperaturen er nå ca. 900 °C og melet entrer roterovnen.
5. I ovnen økes temperaturen til 1450 °C. Ved denne temperaturen formes ulike klinkermineraler ved at oksidene i det kalsinerte råmelet danner ulike reaksjonsprodukter. Det dannes en smeltefase og partikler sintres sammen og danner granulater som kalles klinker.
6. Klinkeren bråkjøles (temperaturen reduseres til ca. 100 – 120 °C) og sammen med gips (for å kontrollere hydratasjonsprosessen), males klinkeren til sement i dedikerte sementmøller. Sementens kvalitet avhenger av den kjemiske sammensetningen og hvor finmalt klinkeren er.
7. Sementen transporteres så pneumatisk til dedikerte siloer for videre utskipning, med båt eller bulkbil.

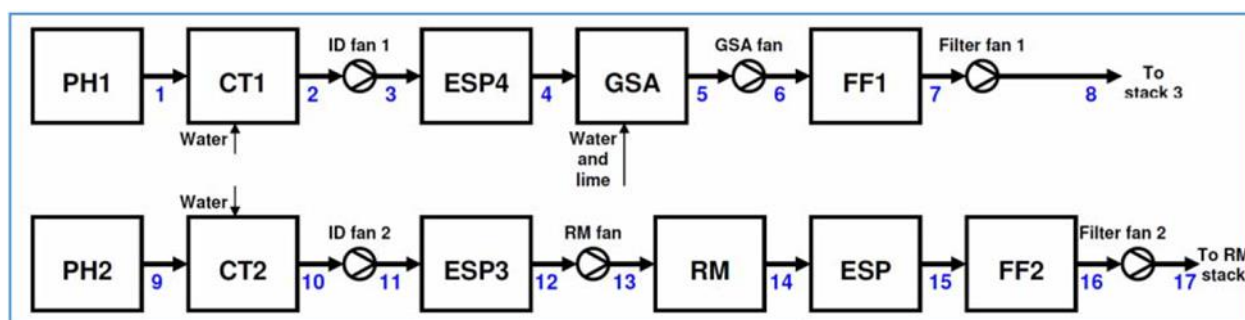
6.1.1 Ovn- & røykgass systemet på Norcem Brevik

Norcem Brevik er utstyrt med en «forvarmer-kalsinator-ovn» med fire syklontårn på to separate strenger, se figur 6-2. Råmelet ledes inn på toppen av syklontårnene og forvarmes på veien ned til ovnen av ovnsgassen som er på vei oppover. Det kalsinerte råmelet entrer så roterovnen som i løpet av ca. 30 minutter leder materialene gjennom ovnen. Klinkeren bråkjøles så i kjøleren. På Norcem i Brevik slippes røykgassen til luft gjennom to strenger; Streng 1 og streng 2. Det er ikke mulig å skille CO₂ som kommer fra kalksteinen og den som kommer fra brenslene. Røykgass-systemet er skissert gjennom et enkelt blokkdiagram, se figur 6-3.



Figur 6-2: Ovn 6 ved Norcem Brevik

I SO_x-skrubberen (Gas Suspension Absorber, GSA), injiseres ekstra vann for videre kjøling av røykgassen. Dette gjøres ved at en kalk-slurry tilføres for å reagere med svoveloxyd, for å danne kalsiumsulfat og kalsium sulfitt. Dette fører til at sammensetningen av røykgassen etter posefilteret (Fabric Filter FF1) på Streng 1 er annerledes når GSA'en er i bruk, både når det gjelder temperatur, trykk, fuktighetsinnhold og SO_x-innhold.



Figur 6-3: Blokkdiagram av eksisterende røykgass-system ved Norcem Brevik

Røykgassen fra forvarmertårn 1 (Preheater, PH1 på streng 1 som består av syklonene 1.1, 2.1, 3.1 & 4.1) og forvarmertårn 2 (PH2, som består av syklonene 1.2, 2.2, 3.2 & 4.2) kjøles ved at vann injiseres i kjøletårn 1 (CT1) og kjøletårn 2 (CT2). Deretter avstøves røykgassen i elektrofiltrene ESP 4 på Streng 1 og ESP3 på Streng 2.

Røykgassen fra Streng 2 rutes til Råmelsavdelingen hvor deler av den termiske energien i røykgassen brukes til å tørke råmaterialene i råmølla (RM). På grunn av dette er temperaturen etter kjøletårnet på Streng 2 (CT2) som regel høyere enn temperaturen etter kjøletårnet på Streng 1 (CT1). Etter at støvet er fjernet i henholdsvis elektrofiltret og posefiltret (ESP og FF2) på Streng 2, slippes røykgassen kontrollert til luft. Det kommer inn falskluft på begge strenger, og spesielt i råmølla (RM) på Streng 2. Kontinuerlig gassanalyseutstyr er installert i røykgasskanalene før pipa (punkt 8 & 17 i figur 6-3).

6.2 Utslippskilden (2b,2c)

I dette kapitlet gis en oppdatert beskrivelse av CO₂-kilden (sammensetning, temperatur, trykk, rate og regularitet). I tillegg beskrives forventet utvikling/ variasjon i CO₂-kildens rate over tid (sesongvariasjoner og variasjoner over anleggets levetid).

Sement kan ikke produseres uten at det samtidig dannes og slippes ut CO₂. Dette skyldes at kalksteinen som er hoved råmaterialet ved oppvarming, dekomponerer i prosessen og spalter av CO₂ ($\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$). 2/3 av karbonutslippet er relatert til denne prosessen mens 1/3 til brenslene som brukes for å opprettholde den nødvendige temperaturen i prosessen. Norcem har gjennom mange år forbedret prosessen gjennom substitusjon av råmaterialer og brenslere og dette har resultert i at karbonutslippet siden 1990, er redusert fra ca. 1 t CO₂/ t sement til ca. 0,5 – 0,75 t/ t sement. Det årlige CO₂-utslippet fra Norcem Brevik er ca. 925 kt/ år (brutto) hvorav fossilandel utgjør ca. 800 kt/ år.

6.2.1 Beskrivelse av CO₂-kilden (sammensetning, temperatur, trykk og regularitet)

Tabell 6-1 viser typiske sammensetning av røykgassen inkludert CO₂ innholdet fra Norcem Brevik. Sammensetningen varierer ut fra naturlige variasjoner i råmaterialer, brenslere og prosessforhold. Snittverdiene er et resultat av manuelle målinger gjennomført av tredjepart over de siste 8-10 årene.

Tabell 6-1: Typisk sammensetning av røykgassen på Streng 1

Parameter	Unit	Wet/ Dry	O ₂ : Act. / Ref.	Average
Temperature	°C	-	-	165°C
Pressure	bara	-	-	1
Reference O ₂ , dry	%	Dry	Ref	10
Normal Gas Flow, wet (String 1 & 2)	Nm ³ /h	Wet	Act	330 613
O ₂	%	Wet	Act	7.5
H ₂ O	%	Wet	Act	18.2
CO ₂	%	Wet	Act	17.8
N ₂ (Balance, approximate value)	%	Wet	Act	56.5
Dust	mg/Nm ³	Dry	Ref	8.7
CO	mg/Nm ³	Dry	Ref	1 471
NO _x (with SNCR De-NO _x)	mg/Nm ³	Dry	Ref	250
SO ₂ (expected with GSA De-SO _x)	mg/Nm ³	Dry	Ref	25
HCl (with GSA de-SO _x)	mg/Nm ³	Dry	Ref	10

HF	mg/Nm ³	Dry	Ref	0.02
TOC	mg/Nm ³	Dry	Ref	6.5
Cd + Tl	µg/Nm ³	Dry	Ref	1.2
9 metals (As, Co, Cr, Mn, Ni, Pb, Sb, V)	µg/Nm ³	Dry	Ref	109
Hg	µg/Nm ³	Dry	Ref	16
Dioxins	pg/Nm ³	Dry	Ref	245

6.2.1.1 Hvordan røykgassens sammensetning påvirkes av hvilke klinker som produseres

Norcem Brevik produserer i all hovedsak to typer klinkere; STANDARD and TYPE klinker. STANDARD klinker produseres ca. 65 % av tiden. Ved produksjon av STANDARD klinker brukes i stor grad kalkstein fra dagbruddet på Bjørntvet som inneholder store mengder svovel (250-450 mg/Nm³), sammenlignet med kalkstein fra Verdalen og Norcem Gruve. For å redusere SO₂-nivået anvendes GSA'en derfor ved produksjon av STANDARD klinker. Svovelinholdet reduseres da til området 100-130 mg/Nm³. Ettersom det er en kalk-slurry som injiseres i GSA'en, tilføres ekstra vann til røykgassen ved STANDARD produksjon. Vanninnholdet i røykgassen økes samtidig som temperaturen går ned fra ca. 150-180 °C til ca. 85-105 °C. Se tabell 6-2 for flere detaljer.

Ved produksjon av TYPE klinker bruker man i all hovedsak kalkstein fra Verdalen og Norcem Gruve, hvor SO₂-innholdet ligger i området 0-30 mg/Nm³. SO₂-skrubberen brukes derfor ikke ved TYPE produksjon.

NO_x konsentrasjonen påvirkes ikke av hvilke klinker som produseres. Når NO_x-skrubberen (SNCR De-NO_x) er i drift, reduseres NO_x-konsentrasjonen fra typisk nivå på 350 - 800 mg/ Nm³ ned til to 180 - 250 mg/ Nm³. NO_x-skrubberen er i drift uansett hvilke klinker som produseres.

Tabell 6-2: Typiske variasjoner i kjemisk sammensetning ved produksjon av STANDARD og TYPE klinker

Parameter	Unit	STD Clinker With GSA in operation	STD Clinker Without GSA in operation	TYPE Clinker production
Temperature	°C	85 – 105°C	150 – 180 °C	150 – 180°C
H ₂ O	%	15 – 18	11 – 15	11 – 15
SO ₂	mg/Nm ³	100- 130	250-450	0 – 30
HCl	mg/Nm ³	< 10	10 – 20	< 10
NO _x	mg/Nm ³	180 – 250	180 – 250	180 – 250
NO _x , when SNCR is out	mg/Nm ³	350 – 800	350 – 800	350 – 800
O ₂	mg/Nm ³	9-12	9-12	9-12
CO ₂	%	18	18	18

6.2.1.2 CO₂ konsentrasjon i røykgassen

CO₂-konsentrasjonen i Brevik ligger rundt 17-18 % som er gunstig med tanke på effektiv fangst. Innlekkasje av luft i anlegget (eksempelvis i råmølla og kjøletårn) vil kunne føre til at konsentrasjonen reduseres. Det gjennomføres årlig vedlikehold på fabrikken for å redusere innlekkasje av falsk luft.

Norcem har også renseutstyr for støv, SO₂ og NO_x.

6.2.2 Forventet utvikling/ variasjon i CO₂-kildens rate over tid

I dette kapitlet beskrives forventet utvikling/ variasjon i CO₂-kildens rate over tid, inkludert sesongvariasjoner over anleggets levetid.

6.2.2.1 Driftstid på ovnen

Sementen produseres kontinuerlig (24/7) og fabrikken har en relativt høy driftsstabilitet. Kortere ikke-planlagte forstyrrelser/ stopper på ovnen kan skje. Vi snakker da om driftsstanser på timer og opp til noen dager i verste fall. I tillegg gjennomføres en tre ukers lang revisjonsstans (gjerne i mars/ april) for planlagt vedlikehold av fabrikken. I forbindelse med Mulighetsstudien ble driftstiden på ovnen for de siste årene undersøkt nærmere. Tabell 6-3 viser at driftstiden på ovnen for perioden 2009 – 2014 var i snitt 84.4 %.

Tabell 6-3: Driftstid på ovn 6 for årene 2009 – 2014

År	Driftstimer	Tilgjengelighet, %
2009	7649	87.3
2010	7259	82.9
2011	7310	83.4
2012	7331	83.5
2013	7513	85.8
2014	7305	83.4
Gjennomsnitt	7395	84.4

I 2015 opplevde Norcem en rekke ekstraordinære utfall på ovnen grunnet slitt utstyr. Driftstiden i 2015 ble derfor på 6878 timer, som er lavt i et historisk perspektiv. I 2016 gjennomførte Norcem derfor en større revisjonsstans (5-6 ukers) hvor blant annet hoved brenneren og et mantelstykke på ovnen ble byttet.

6.2.2.2 Kvotepliktig utslipp og tildelte kvoter for Norcem Brevik

Norcem er underlagt Kvotesystemet og utdrag av kvotepliktig utslipp i CO₂-ekvivalenter og tildelte klimakvoter for perioden 2008 til om med 2015 er vist i tabell 6-4. Kilde: Miljørektoratets hjemmesider (www.miljodirektoratet.no).

Tabell 6-4: Kvotepliktig utslipp fra Norcem Brevik for perioden fra 2008 til 2015

Norcem Brevik : Kvotepliktige utslipp i CO₂-ekvivalenter og tildelte klimakvoter (i tonn per år) *

År	Kvotepliktige utslipp	Tildelte klimakvoter
2008	812 251,84	916 654,00
2009	824 871,49	916 654,00
2010	770 987,00	916 654,00
2011	761 455,90	916 654,00
2012	762 717,00	916 654,00
2013	794 788,00	739 224,00
2014	778 029,00	726 384,00
2015	744 361,00	713 393,00

6.2.2.3 Norcems egne prognoser for fremtidig klinkerproduksjon og CO2-utslipp

Maksimal produksjonskapasitet i Brevik er i størrelsesorden 1.1 Mill tonn klinker/ år. Dette forutsetter lite og ingen driftsforstyrrelser på ovnen. Erfaringsmessig inntreffer hendelser som gjør at ovnen må stoppes i kortere perioder. I tillegg til den tre ukers lange vedlikeholds-stansen på våren, har klinkerproduksjonen de siste årene vært i størrelsesorden 1 Mill tonn/ år. I 2016 ble flere sentrale optimaliseringer av ovnen gjennomført og Norcem forventer noe økning i klinkerproduksjonen de neste årene, se prognose i tabell 6-5.

Tabell 6-5: Norcem's egne prognoser for årene 2016 – 2018 er som følger:

År	Klinkerproduksjon (tonn/ år)	CO2-utslipp (Kvotepliktig) (tonn/ år)
2014	1 006 021	778 029
2015	953 688	744 361
2016	1 010 000	774 000
2017	1 026 000	775 000
2018	1 040 000	780 000
Benchmark EU ETS		766 000

6.2.2.4 Det Europeiske kvotesystemet, EU ETS

Norcem er en del av det Europeiske kvotesystemet (EU ETS) og er nå inne i den tredje kvoteperioden (2013 - 2020). Per i dag er Norcem med sine to fabrikker (Kjøpsvik and Brevik) i balanse med antall kvoter som er tildelt for 2016. EU ETS's norm for sementsektoren er for denne kvoteperioden 766 kg CO2/ t klinker, hvor utslippene ved Norcem Brevik i 2015 var 747 kg CO2/ t klinker, fremdeles under det som er normen.

Antall kvoter vil for neste tildelingsperiode (2020 →) bli redusert, med den konsekvensen at ingen sementfabrikker, inkludert Norcem Brevik vil tildeles kvoter som fullt ut dekker behovet. Den gjeldende reduksjonsfaktoren (cross-sectoral reduction factor, CSRF) på 1.74 % skal økes til 2.2 % på tidlig 2020-tallet, som i løpet av noen få år vil føre til at tildelte kvoter vil være under det CO2 utslippet som stammer fra kalsinering av kalksteinen (540 kg CO2/ t klinker). Norcem forventer derfor å måtte kjøpe kvoter fra 2018. Dette vil bidra til at sementindustrien generelt vil tvinges til å treffe ytterligere optimaliseringer av produksjonsprosessen.

Oppsummering

I forhold til sementanleggets kapasitet er det forventet at fremtidig CO2 utslipp vil ligge i området 940 000 tonn per år (gross). Driftsfilosofien vil alltid være 24/ 7 og det vil aldri være aktuelt å kutte produksjonen for å få ned utslippene. Norcem vil i stedet fortsette sitt kontinuerlige forbedringsarbeid for å implementere tiltak som er med for å redusere utslippene.

6.3 Oppdatert teknisk beskrivelse av anleggene (2e)

I dette kapitlet gis en oppdatert teknisk beskrivelse av anleggene.

6.3.1 Sementfabrikken – Norcem Brevik

Norcem AS produserer, markedsfører og selger alle typer sementer til bygg, infrastruktur og oljeindustrien i Norge. Norcem er den eneste sementprodusenten nasjonalt og opererer to sementfabrikker; Norcem Brevik og Norcem Kjøpsvik. Norcem har ca. 480 ansatte. Norcem har siden 1999 vært en del av det multinasjonale selskapet HeidelbergCement. HeidelbergCement er en av verdens største sementprodusenter med en årlig produksjonskapasitet på ca. 200 Mt. Selskapets hovedkontor ligger i Heidelberg i Tyskland.

Norcem Brevik er en middels stor fabrikk med en årlig sementproduksjon på ca. 1.3 Mt. Kalkstein er hoved råmaterialet og tas ut fra tre ulike kilder; 1) et åpent brudd på Bjørntvet i Porsgrunn, 2) en underjordisk gruve på fabrikkområdet i Brevik og 3) fra et kalksteinsbrudd i Verdal i Sør-Trøndelag. Norcem Brevik ble etablert i 1916 og er modernisert over de siste 30 - 40 årene og rangeres i dag som en av HeidelbergCement topp 3 fabrikker i blant annet utnyttelse av alternativt brensel, som i dag er i området 65 - 70 %. Fabrikken i Brevik er utstyrt med renseutstyr for SO₂ og NO_x, har gode kai fasiliteter, høy lagerkapasitet samt kan håndtere store skip for eksport.



Figur 6-4: Norcem Brevik

6.3.2 Integrering med sementfabrikken

Traditionally a retrofitted carbon capture plant is considered to be more or less an end of pipe installation with only a few tie-ins. The process design proposed at Norcem Brevik is however much more complex due to the utilization of the waste energy available in the existing cement production process.

The purpose with the waste heat recovery from the cement plant is to produce low pressure steam for operating the CO₂ desorber in the CO₂ capture plant.

Regarding section 6.3.2.1 and 6.3.2.2, reference is made to Feasibility study chapter 3.5.2, page 35.

6.3.2.1 Waste Heat potential from the Cement Plant

Compared to other European cement plants, Norcem Brevik has considerably dry raw materials (limestone, fuels and other additions) which enlarge the potential for waste heat recovery. Comparable cement plants in Europe have normally used the waste heat to raw material drying or remote heating purposes.

For waste heat recovery from cement plants, the gas stream out of the preheater (cyclone tower) and the excess hot air from the clinker cooler are typically considered. These are the same two sources considered at the Brevik plant, however at Brevik there are two separate preheater lines (String 1 and String 2). There are four stages in the preheater towers in Brevik resulting in preheater gas outlet temperatures of 340- 440°C (typically around 390°C).

In string 1 today, approx. 8% of the preheater gas is used into the coal mill. The remaining preheater gas is not used, and is cooled down in the cooling tower (cond. tower) before entering the downstream filtration units.

The heat in the gas leaving the preheater on string 2 is partially utilized for raw meal drying in the raw meal mill. Also on string 2 a cooling tower is installed to reduce the temperature of the preheater gas to suit the heat demand for raw meal drying. At Brevik the heat demand or more precisely the required gas temperature for drying depends on what type of clinker that is being produced. For production of “Standard” clinker, typically the temperature needs to be 170°C into the raw meal mill, whereas for production of “low alkali” or “high strength” clinker (also denoted as “HS”) the temperature typically lays in the range of 260-280°C.

The excess cooling air from the clinker cooler at Brevik is vented at a temperature between 140 and 250°C (typically around 210°C). Some of the hot air from the clinker cooler at Brevik is used as combustion air in the calciner hence the enthalpy is partially recovered in the kiln. See figure 6-5 below.

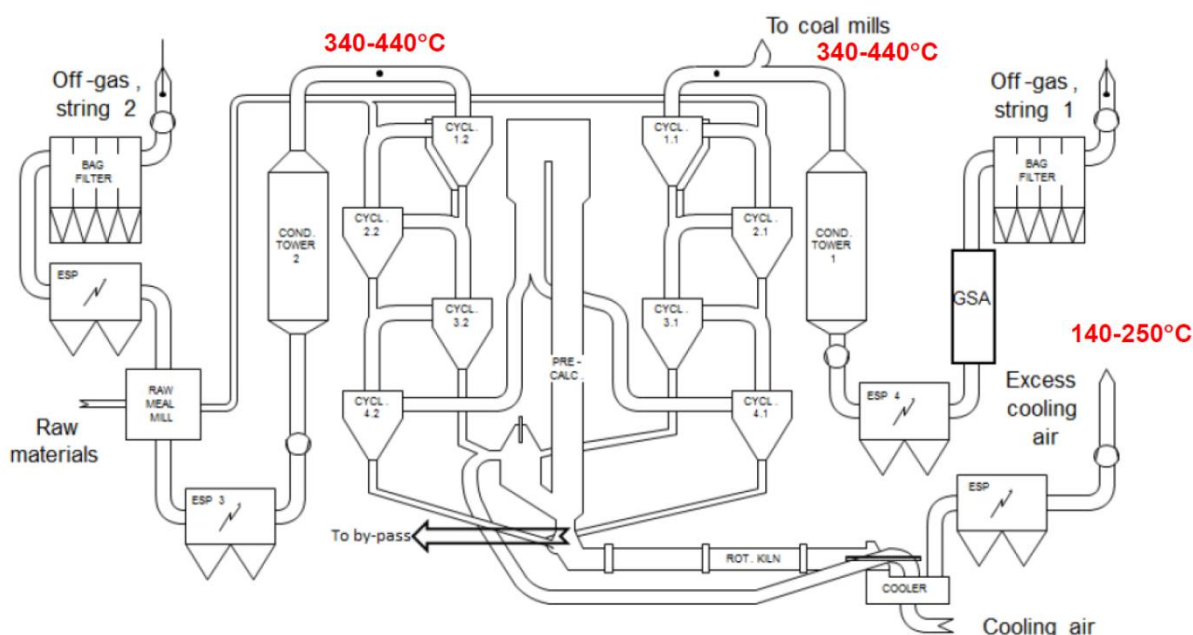


Figure 6-5: Schematic illustration of the kiln system and gas path at Norcem Brevik

6.3.2.2 Waste heat recovery

Waste heat from the following three gas streams will be recovered:

- Preheater gas String 1 (~ 390 °C)
- Preheater gas String 2 (~ 390 °C)
- Excess hot air from clinker cooler – String 3 (~ 210 °C)

The waste heat recovery concept is designed to extract as much heat as technically and economical feasible from the three gas stream sources, taken the plant operability (average) into account. The heat is recovered from the above three gas streams by installation of steam generating boilers/ Waste Heat Recovery Units – (WHRUs) in the flue gas streams. The WHRUs are boilers of smoke tube type, and the flow speed through the units is optimized regarding scaling and erosion.

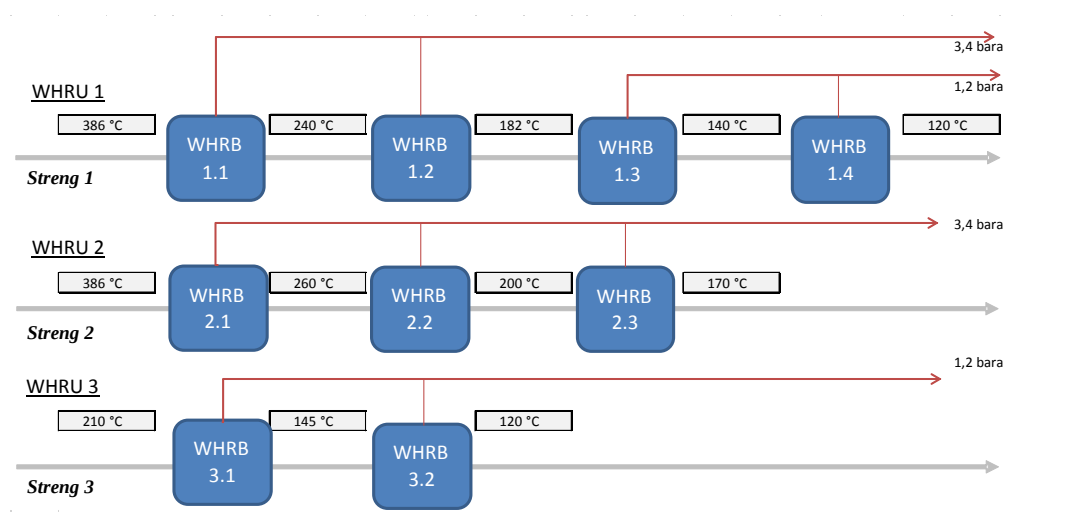


Figure 6-6: Temperature and steam pressure schematics

In figure 6-6 it is shown that steam is produced at two different pressure levels to recover as much heat as possible. The low-pressure steam (LP) at 1,2 Bara is increased to medium pressure steam (MP) at 3,4 Bara in a steam compressor.

The MP steam is consumed in the reboiler in the CO₂ capture plant which adds heat to the desorber. Condensate from the reboiler is returned to condensate handling system. In addition, the steam system consists of an electrode steam boiler (capacity 8 MW) that produces high pressure (HP) steam. The electrical boiler primarily delivers steam to a reclaimer for the amine in the capture plant, and secondarily serves as partial backup in case the steam production in the WHRU's is reduced or the steam compressor is out of operation.

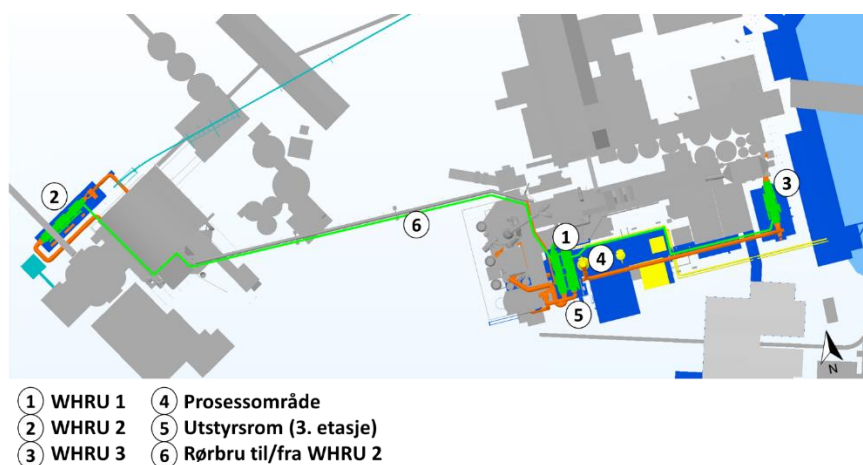


Figure 6-7: Overall layout with location of the tie-ins and the WHRUs

6.3.2.3 Teknisk konseptvalg for varmegjenvinning og dampproduksjon

Norsk Energi har ansvar for design av hele damp- og kondensatsystemet mellom sementprosessen og CO₂-fangstanlegget. Dampsystemet består av 9 røykrørskjeler fordelt på de tre avgass-strømmene skissert i figur 6-6. Røykrørskjelene er designet for å hente ut 33 MW termisk effekt. Lengden på kjelene har en øvre grense på 8 meter. For å utnytte varmen i avgassen maksimalt, vil røykrørskjelene være fordelt på to trykknivåer; mellomtrykk (MP=3,4 bara) og lavtrykk (LP=1,2 bara). Det må benyttes en dampkompressor e.l. for å øke trykket fra LP til MP. Norsk Energi har vært i kontakt med fire leverandører for trykkøkning av damp.

I tillegg til røykrørskjelene består dampsystemet av en 8 MW elektrodekjel. Elektrodekjelen benyttes primært for å levere høytrykksdamp til reclaimere i fangstanlegget og matevannstanken. Kjelen vil også dekke spisslastbehov ved utfall eller redusert last på dampkompressor eller røykrørskjelene. Gjennomsnittlig effektuttak over året er estimert til 2,5 MW. I perioder med stillstand vil el-kjelen benyttes til varmholding av fangstanlegget og dampanlegget.

God vann- og dampkvalitet er vesentlig for å motvirke korrosjon og sikre funksjonen til prosessutstyret. Anlegget er derfor utstyrt med et eget vannbehandlingsanlegg og en matevannstank med avgasser tårn for fjerning av urenheter i spevann og kondensat.

Det vises til leveranse NC02-NOEN-A-RA-0030; «7.03 Konseptstudierapport WBS 550» for detaljer rundt varmegjenvinningskonseptet fra sementprosessen. Se Vedlegg J.

6.3.2.4 Heat Balance

During an average year, the cement production plant in Brevik has 7 400 operational hours that meets the criteria “Sufficient flue gas rate and CO₂ content”. For design of the CO₂ capture plant 7 300 operational hours are used, where 100 hours are dedicated to compensate for required start-up time after outage on the cement plant, see chapter 6.5.

Considering an average year with 7 300 operating hours at the capture plant and taking into consideration fluctuations in the heat availability at the Brevik plant, an overall heat balance has been established. In order, to achieve capture of 400 000 tpa CO₂ in a typical operating year, an average hourly capture rate of 55 tons CO₂ is required. As the CO₂ capture plant is also internally heat integrated with the CO₂ compression

train, the external heat supply required for the desorption process for capture of 55 t/h of CO₂ is reduced to 33 MW.

The required external heat will be supplied by waste heat recovery from the cement plant. An electrical auxiliary boiler will be included, to cover the process fluctuations from the cement production process. Due to the electrode boiler, the fluctuations in the waste heat availability at the cement plant can nearly be out-balanced, which gives a steady CO₂ capture rate. The external heat requirement is 33 MW.

Fra Mulighetsstudien er kapasiteten på den elektriske kjelen økt fra 5 til 8 MW. Det vises til rapport NC02-NOEN-A-RA-0030; «7.03 Konseptstudierapport WBS 550», i Vedlegg J for detaljer.

6.3.2.5 Tie-ins

The tie-ins for the new CO₂ capture plant to the existing cement production plant are tie-ins for:

- Retrieving flue gas for waste heat energy
- Retrieving flue gas containing combined emissions for CO₂ capture
- Power / automation / instrument

Some of the tie-ins combine functions, and the following three are sources for retrieving waste heat energy and for CO₂ for capture:

- String 1 – from kiln, contains combined emissions suitable for CO₂ capture
- String 2 – from kiln, contains combined emissions suitable for CO₂ capture
- String 3 – air from clinker cooler, not applicable for CO₂ capture

Recovering the maximum of the available waste heat from string 1, 2 and 3, the capture plant will treat the full gas flow in string 1 and 12 % of the gas flow in string 2 adding up to a capture rate of 400 000 tpa CO₂. Figure 6-7 A and B below shows all tie-ins to the existing process to recover waste heat and to interconnect string 1 and 2 before leading the mixed flue gas to the capture plant for CO₂ removal.

Black lines represent existing process, purple represents new flue gas ducts, dampers and fans, and blue highlights the interface points. All new ducts are equipped with maintenance dampers for safe inspections and maintenance of new ducts with the cement plant in full operation.

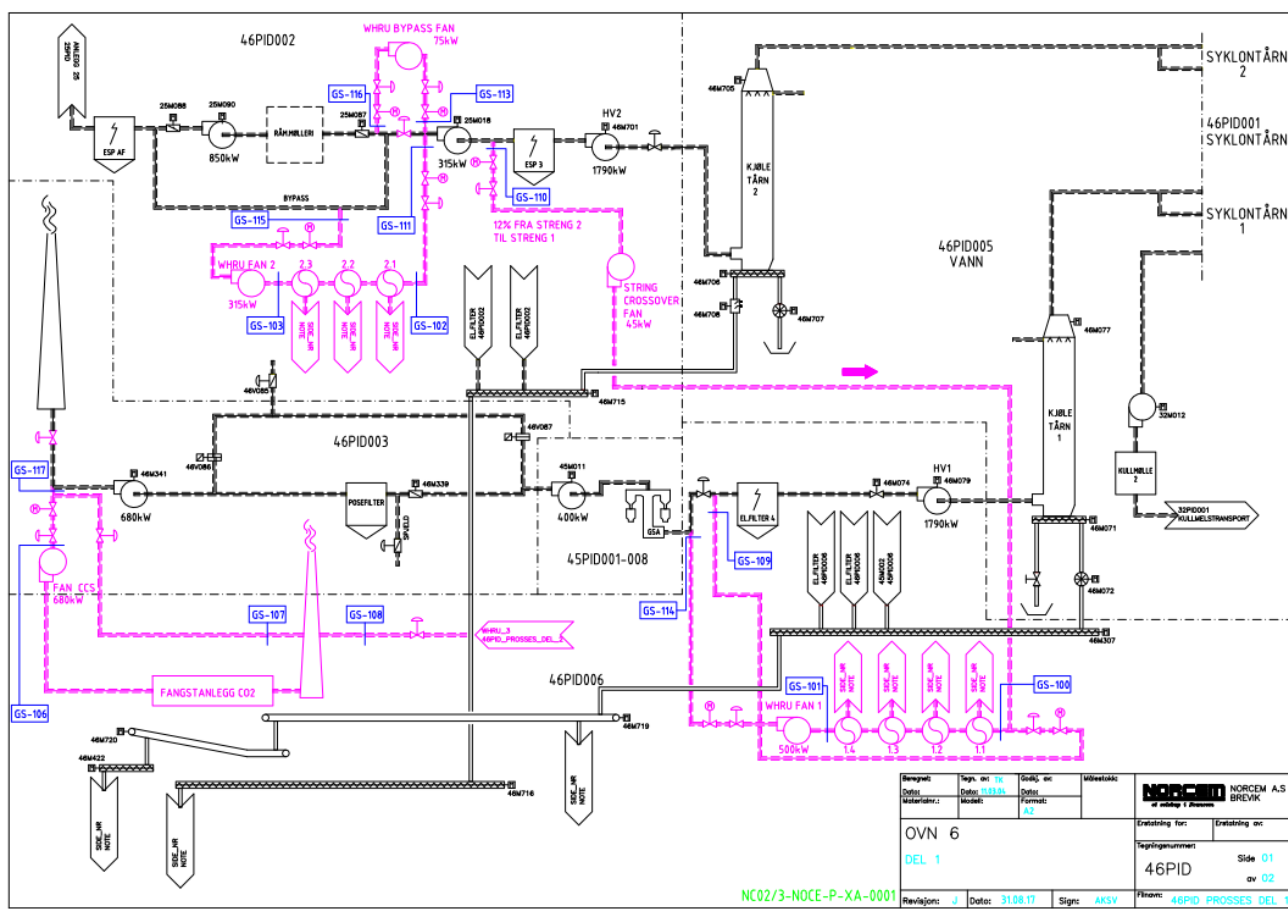


Figure 6-7A: Flue gas flow sheet string 1 and 2 (ESP = Electrostatic precipitator, WHRU - Waste heat recovery unit)

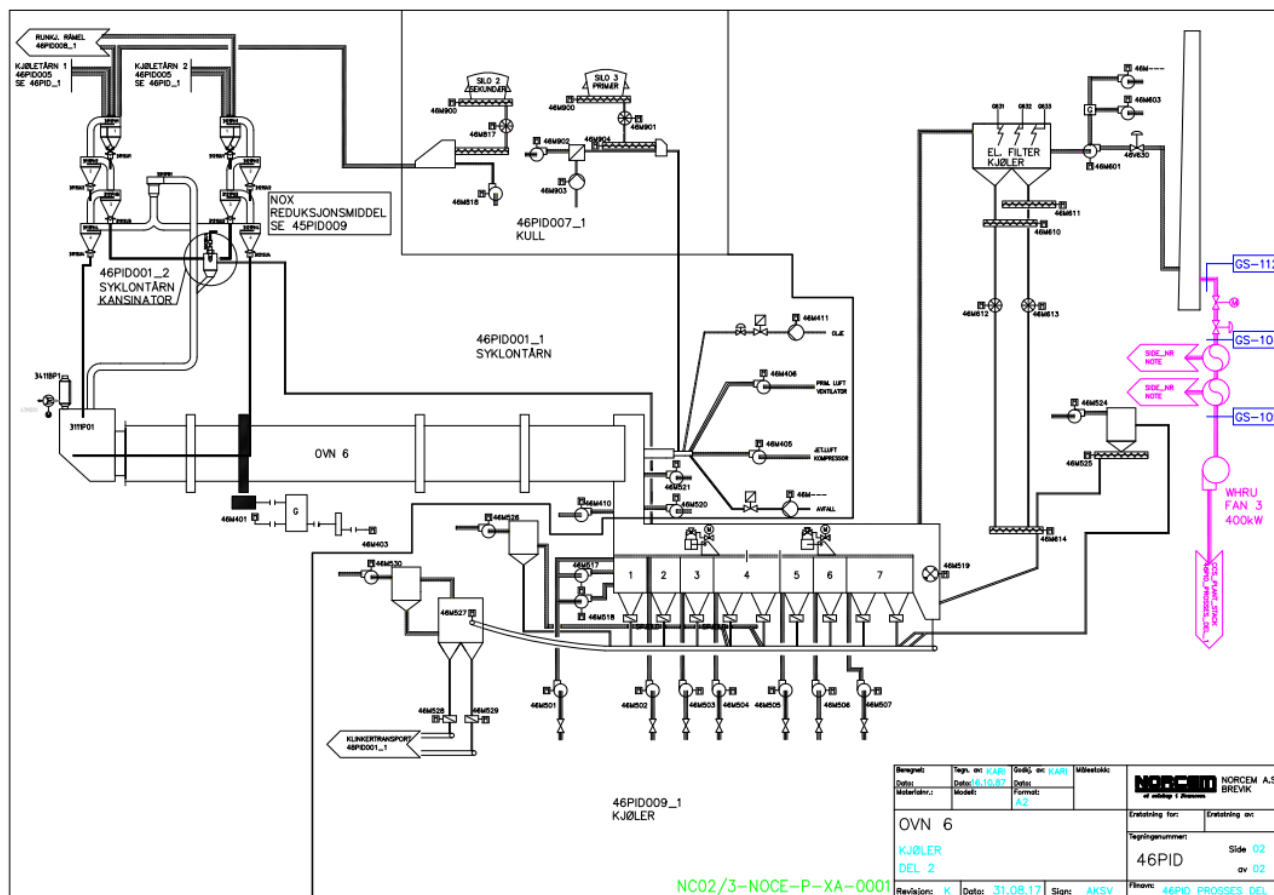


Figure 6-7B: Flue gas flow sheet string 3 (ESP = Electrostatic precipitator, WHRU - Waste heat recovery unit)

The gas flow is controlled by fans in all strings providing the required suction in the ducts. All fans are equipped with variable speed drives (VSD) to adjust the flow. See also chapter 6.3.3.6 where pressure conditions during start-up and shut down of the capture plant are described.

Connection of Power / automation / instrument will be carried out as follows:

- Power
A new high voltage station must be established, and all existing and new installations will be connected to this common overall supply grid for electricity/ power for the complete Brevik plant.
- Automation/ instrument
All new installations will be connected to the existing process control and monitoring system. A new operator station will be established in the main control room, and CPUs, servers, etc. will be located together with similar existing equipment in accordance with Heidelberg standards. PLC and software to be Siemens PCS7 with add on Cemat as in the existing plant, and all communication between equipment to be based on the same principles as today.

6.3.2.6 Technical evaluation of existing cement plant

To recover as much waste heat as possible when the capture plant is in operation, the cement plant must operate without the cooling towers in operation. This implies that all existing equipment downstream the cooling towers to the tie-ins for the WHRUs must be able to operate at higher temperatures than today.

The following descriptions are based on a thorough evaluation by FLSmidth of the existing process considering the new requirements including a site inspection. Only main equipment is listed below. There will be some need for operational adjustments as well.

Cooling towers – CT1 and CT2

The water injection system for the cooling towers must be able to handle two operational modes;

- With CO₂ capture plant in operation => no cooling => no water injection
- Without CO₂ capture plant in operation => cooling => water injection for cooling in operation

When operating without water injection in the towers, the water injection system must be protected against dust, and they must be modified to ensure that the system can handle an instant switch between these two modes. Both CT1 and 2 must be upgraded from today's one phase system to a two-phase water injection system (water and pressurized air) ensuring that the spray nozzles will not clog during operation without water injection.

Electrostatic precipitators – ESP 2, 3, 4 and cooler ESP

The existing layout and setup are characterized by both string 1 and 2 ending up with a fabric filter (FF) ensuring a low and stable emission. This means that the performance of the ESPs upstream the FFs are not very important running today's cement process. However, as the FFs cannot be upgraded to operate on the high temperatures, the WHRUs must be upstream the FFs. Then some of the ESPs will play an important role as the dust content in the flue gas must be reduced before entering the WHRUs securing heat transfer and reducing the erosion in the boilers. The dust content level is set to approx. 100 mg/Nm³ downstream the ESPs. From the inspection on site it is evident that today's function of the various ESP is variable in performance, and therefore need different levels of upgrading.

- ESP 2 will be upgraded with a new fast-controller and a dust monitoring system,
- ESP 3 will be upgraded with an extra electrical field to meet dust content requirements for WHRU 2 and must also be upgraded with a new fast-controller and a dust monitoring system,
- ESP 4 will be upgraded with a new fast-controller and a dust monitoring system,

- Cooler ESP needs to get all fields in operation, and to be upgraded with a new fast-controller and a dust monitoring system,

Gas Suspension Absorption – GSA

No modifications needed to the GSA unit. Most probably some effluent water from the capture plant will be utilized in the GSA unit instead of potable water as water quality is no issue in the GSA.

Fabric Filters – FF1 and 2

No modifications needed.

Fans – HV1, HV2, WHRU fans 1, 2 and 3, WHRU by-pass fan and cross over fan

- The existing HV1 and HV2 fans located downstream the cooling towers needs to be upgraded to handle the higher volume flow and the higher temperatures when operating the cooling towers without cooling.
- No need for modifications to other existing fans.
- The WHRU fan 1, 2 and 3, the WHRU by-pass fan and the cross over fan are all new fans that must be installed for serving the capture plant.

6.3.2.7 Layout

The following cut-outs from the 3D model show how the ducting is arranged at the tie-ins for the flue gas and how they are connected to the WHRUs. See also the figure 6.8 for guidance. A 3D scan of the relevant areas has been performed to serve as the best possible input for the 3D modelling.

Colour coding in the cut-outs:

- Grey - Existing equipment and buildings.
- Bronze - new ducting.
- Blue - new fans and dampers. Note that the fans are shown without any noise enclosures, but such enclosures will be installed.
- Green – new WHRUs.

String 1 – from kiln, suitable for waste heat recovery and CO2 capture

The implementation of WHRU1 between the ESP4 and the GSA requires some modifications of the existing flue gas duct layout. It is particularly crowded in this area so the existing outlet on the ESP 4 must be modified with the outlet duct going up instead of down, and the GSA inlet must be rotated 90°. Support structures for existing duct must also be modified.

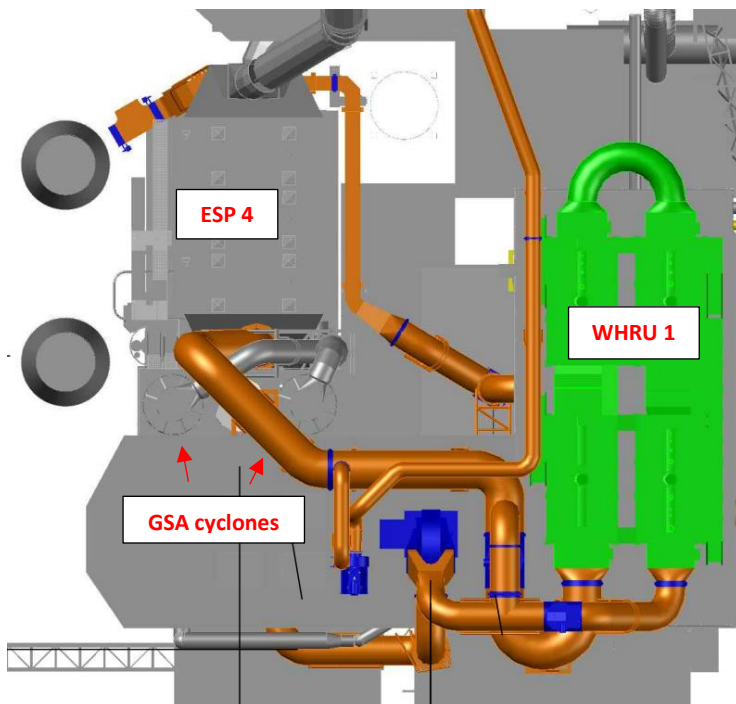


Figure 6-8: Arrangement WHRU 1

String 2 – from kiln, suitable for waste heat recovery and CO₂ capture

The implementation of WHRU2 between ESP3 and Raw mill bypass requires some modifications of the existing flue gas duct layout.

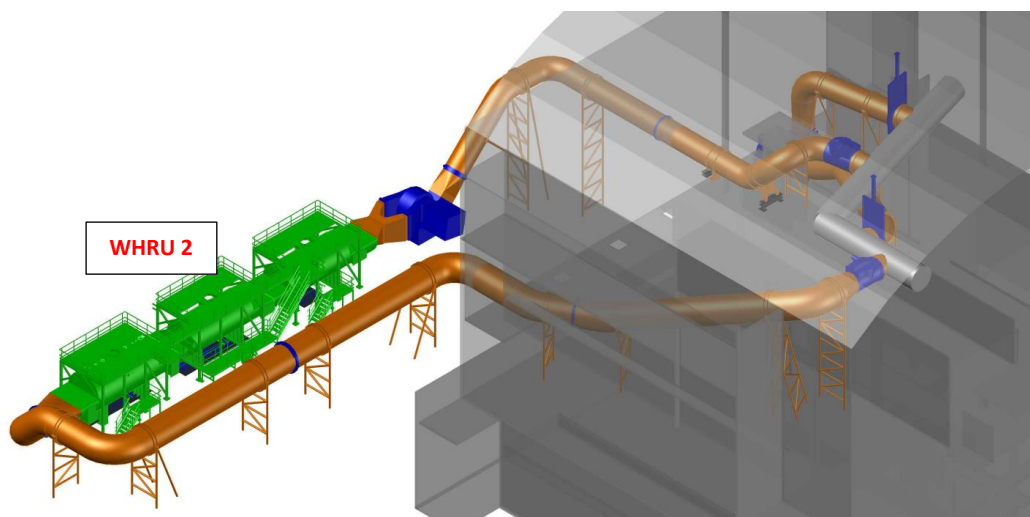


Figure 6-9: Arrangement WHRU 2

String 3 – air from clinker cooler, suitable for waste heat recovery but not suitable for CO₂ capture

The implementation of the ducting from the clinker cooler, to the WHRU3 and further on to CCS stack requires some modifications of the existing flue gas duct layout.

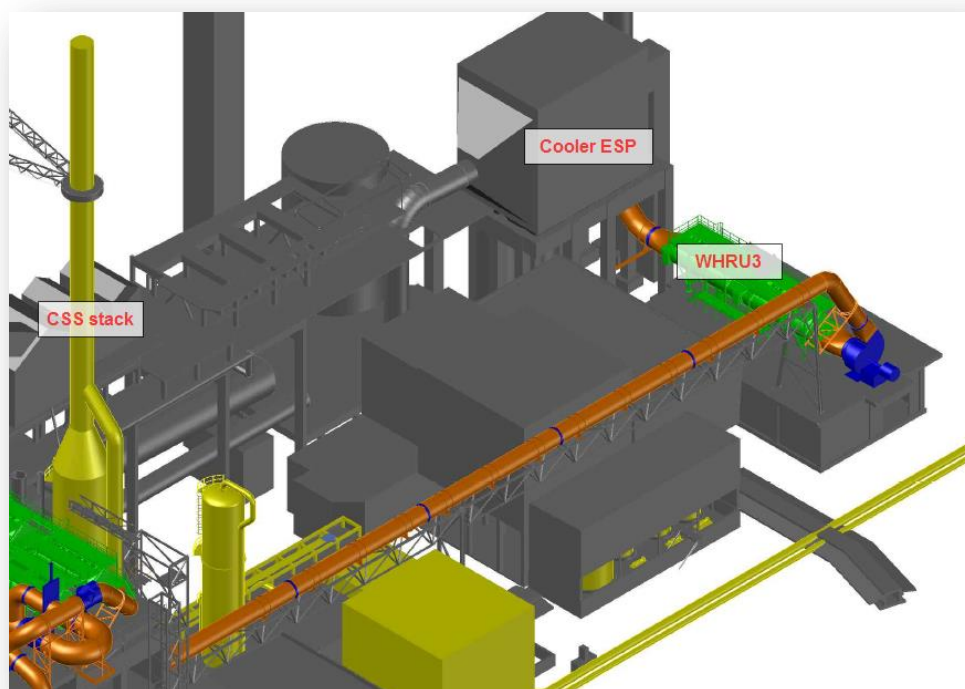


Figure 6-10: Arrangement WHRU 3

6.3.3 Karbonfangstanlegget (the Carbon Capture and Conditioning plant)

6.3.3.1 Background

Norcem has selected Aker Solutions as the technology provider for the CO₂ capture process as well as the contractor for providing the system design for the CO₂ conditioning, CO₂ intermediate storage and CO₂ export facilities. Aker Solutions will apply their Advance Carbon Capture™ (ACC™) process using the ACC™ S26 solvent. The carbon capture plant will capture CO₂ from the flue gases from the cement kiln while using predominantly waste heat recovered from the cement plant and the CO₂ compression plant. The captured CO₂ will be liquefied and conditioned to meet the required specifications for ship transport. The further transportation and storage of the captured CO₂ is outside the scope of Norcem.

Norcem has worked together with Aker Solutions in developing a carbon capture solution for the Brevik plant since 2011. Also, Aker Solutions have qualified their Advanced Carbon Capture™ process through 18 months of testing with a Mobile Test Unit (MTU) at Norcem's cement plant in Brevik.

6.3.3.2 Process system and ACC™ CO₂ capture technology

The carbon capture technology applied in the Concept study is based on ACC™ process employing the novel ACC™ S26 solvent. The Aker Solutions Advanced Carbon Capture™ process is an energy and cost efficient process with minimal environmental impact. Key features of the ACC™ process are:

- Verified during two years of operation at the large plant at Technology Centre Mongstad
- Verified for operating on exhaust gas from the cement kiln in Brevik for nearly 18 months

- Highly energy efficient process with innovative waste heat recovery from the Brevik plant and the CO₂ conditioning plant. Because of the exploitation of waste heat, no additional heat or fuels are required to drive the CO₂ capture process. Only electricity is required to operate the capture plant and the CO₂ conditioning plant.
- Extremely robust S26 solvent for easy and environmental operation. Low solvent degradation, which means low consumption of chemicals, low generation of wastes and low emissions
- Low emissions of amine and amine degradation products due to ACCTM emission control system including proprietary technology to prevent amine mist formation
- No consumption of water in the CO₂ capture processes

As in the previous project phase, the capture plant has been designed with a capacity to capture capacity of 55 ton/hr. of CO₂, which will enable capture of 400 000 tones CO₂ in a year with 7300 operating hours at design capacity. The CCC plant is designed to process all the flue gas from String 1 plus and 12% of the flue gas from String 2 at the cement plant in Brevik. The capture plant is designed to capture 85% or more of the CO₂ in the flue gas routed to the plant. The capture plant is designed to be driven predominantly by waste heat recovered from the cement plant and the CO₂ compression process. A supply of 33MW_{th} of heat in the form of low pressure steam to the reboiler (corresponding to about 2.0 MJ/kg CO₂) of the capture plant is required to reach the design capacity. The designed CO₂ compression and liquefaction processes will ensure the captured CO₂ is liquefied and meets the required specification for CO₂ transport.

The CO₂ conditioning process has been further optimized and updated to meet slightly changed CO₂ delivery specifications. The CO₂ will be delivered at approx. 16 bara and -28°C (2 °C subcooled) at the interface with the CO₂ transport provider at the pier. An inert stripping process has been included to reduce the contents of oxygen and other non-condensable gas as in the liquid CO₂ stream. With the proposed design, only approx. 40kg/h of the CO₂ captured 55t/h must be vented to fulfill the oxygen specification of < 10 ppmv. The liquefaction process has been optimized to include three pressure letdown stages, which has further reduced the amount of recycled CO₂ vapor to the CO₂ compressor.

6.3.3.3 Design Basis

The design of the CO₂ capture facility at Brevik is based on the design solutions developed in the previous project phase (Mulighetsstudien). In this section the Scope of Work to Aker Solutions in the Concept Study is described together with the updated Design Basis considering changes and new Company requirements.

6.3.3.4 Scope of Work

The following main systems are included in the conceptual design of Aker Solutions:

- Flue gas supply and Pre-conditioning
- CO₂ Absorption and emission control system
- Solvent handling and regeneration system
- Solvent reclamation system
- CO₂ Compression and Heat Recovery system
- CO₂ conditioning (purification and liquefaction) system
- CO₂ tank farm for intermediate storage and CO₂ export system
- Sea water cooling system
- Effluent water treatment plant

- Minor utility systems (systems for amine make-up, instrument air, internal cooling water, nitrogen supply, etc.)

All civil work including site preparatory works, foundations, new buildings and concrete structures are scope of Civil Contractor (Norconsult) and excluded from Aker Solutions' Scope.

6.3.3.5 Design conditions

The carbon capture and conditioning plant including utility plants designed by Aker Solutions will be located at the premises to Norcem's Brevik plant. The captured and liquefied CO₂ will be exported from Port of Grenland.

The CO₂ capture facility is designed as a single train (1 x 100%) for flue gas handling, solvent circulation, solvent regeneration and CO₂ conditioning.

The CO₂ capture plant will only be connected to a tie-in point on String 1, hence the 12 % of gas from String 2 is routed to String 1 upstream the CCC plant tie-in point and Aker Solutions' Battery Limit. The flue gas from String 1 and 2 are similar as they come from the same kiln. In case of any differences in gas quality where flue gas passes through the cyclones and the cooling towers, the gas streams will be well mixed again after being interconnected. The two streams are interconnected upstream the WHRU1s, and downstream the WHRUs the flue gas passes through several fans, a GSA and a fabric filter. All this equipment will secure a good mixing of the flue gas securing a homogenous gas entering the capture plant. The plant will be designed to be predominantly driven by waste heat recovered from the Brevik cement plant as well as heat from the CO₂ compression and liquefaction plant.

A sensitivity analysis regarding the String 1/ String 2 crossover is not conducted. However, the crossover is estimated to cost approximately 2-3 MNOK (construction completed), which means that the cost savings are minimal. We believe it is beneficial to have the possibility to extract flue gas over to String 1 due to:

- It is not enough CO₂ in String 1 to capture 400.000 tpa.
- The possibility to extract flue gas from String 2 will give us flexibility regarding capture rate. If it should be difficult to reach 85% capture rate, we can choose to extract more flue gas from String 2 to capture 55 t CO₂/h. This is a risk reducing effort to ensure 55 t/h CO₂.
- The cross over might also give the opportunity to capture more than 55 t/h, if e.g. the WHRU deliver more heat than expected (will be dependent of actual degree of effectiveness).

We don't think this solution will increase the complexity significantly, but instead increase the flexibility. The extraction from string 2 can be stopped if it's not needed.

Some main design parameters of the CO₂ capture and conditioning plant is shown in table 6-8.

Table 6-8: Main design parameters of CO₂ capture plant

Parameter	Design value
Flue gas treatment capacity	170 000 Nm ³ /h = 56 % of total flue gas flow (Str 1 + 12% of Str 2)
CO ₂ capture capacity	55 tons/h
Design CO ₂ capture rate	85 %
Expected CO ₂ capture	400 000 tons (7300 full load operating hours)
LP steam from WHRU	33 MW reboiler duty
Electrical auxiliary boiler	0-8 MW
H ₂ O in CO ₂ spec	< 30 ppm (Mole sieve drying)
O ₂ in CO ₂ spec	< 10 ppm (inert stripping)
CO ₂ delivery conditions	Liquid, 16 bara and -28°C (2°C subcooled)
Solvent	S26
Intermediate CO ₂ storage	5 300 tons (base case)
Sea water cooling system	55 MW (cooling duty) and flow: 3 400 m ³ (ΔT of 15 °C)
Effluent water treatment plant	~ 6 m ³ /h (DCC bleed stream)

From historical data, a typical operating year at Norcem correspond to 7 400 operating hours. For design of the CO₂ capture plant 7 300 operational hours are used as 100 hours are dedicated to compensate for required start-up time after outages on the cement plant. For more details, see chapter 6.5.

The HSE design philosophy of the project is to cause zero harm to people, environment and assets. The principles of Best Available Technologies (BAT) and As Low As Reasonably Practicable (ALARP) shall be applied in the FEED.

Performance guaranties are part of the discussions between Norcem and the Norwegian Government. So far, no specific criterion for required availability of the CCC plant has been set, ref. section 3.3.8 “Availability”, in Gassnova’s “Design Basis for the CCS chain”:

The availability of facilities included in the capture scope shall be sufficient high to ensure that CO₂ is exported with availability higher than 96% (HOLD). The intention is to ensure a reasonable availability without driving the cost too high.

The carbon capture plant in Brevik is regarded as a demonstration plant where the main objective is to demonstrate the feasibility of CCS technology rather than delivering CO₂ under strict commercial regime with penalties on short deliveries, etc. For these reasons, it is prioritized to develop a robust but cost-effective design. This means that the CCC plant is designed as a single train (1 x 100%) with no redundancy on rotating equipment or other critical components. To introduce standby equipment will increase costs, space requirement and complexity significantly.

Performance guaranties and availability will be further addressed during the FEED study.

6.3.3.6 Process description

This section describes the selected process solution and the main process units for CO₂ capture, CO₂ conditioning, CO₂ intermediary storage as well as CO₂ export. The CO₂ capture technology is based on Aker Solutions’ Advanced Carbon Capture™ process using the ACC™ S26 solvent.

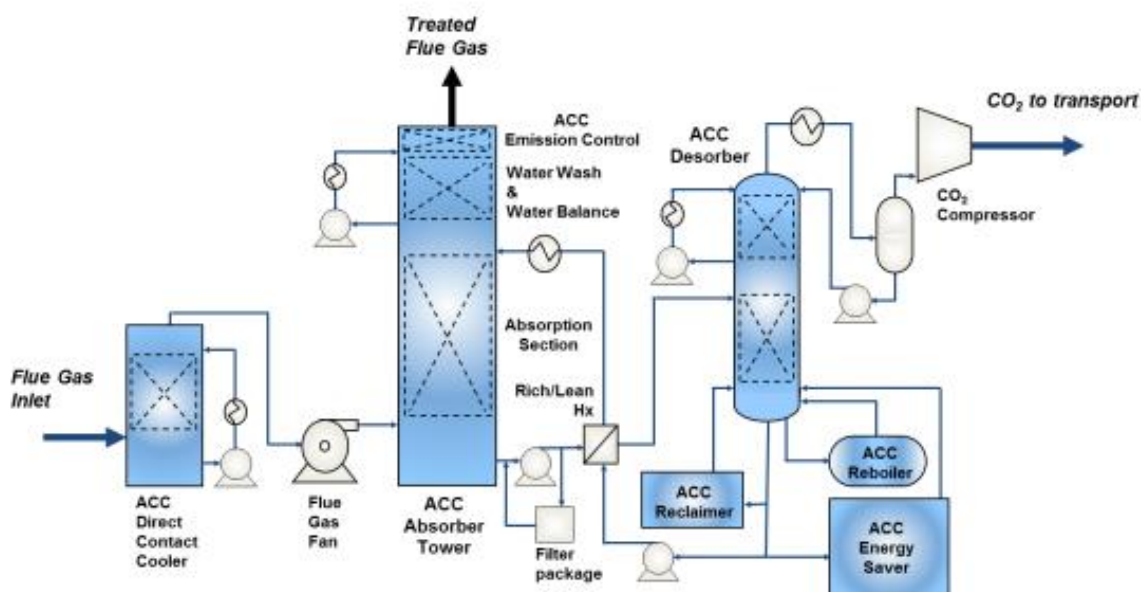


Figure 6-11: Generic flowsheet of the ACCTM process (energy saver is not part of the design for the CCC plant at Norcem)

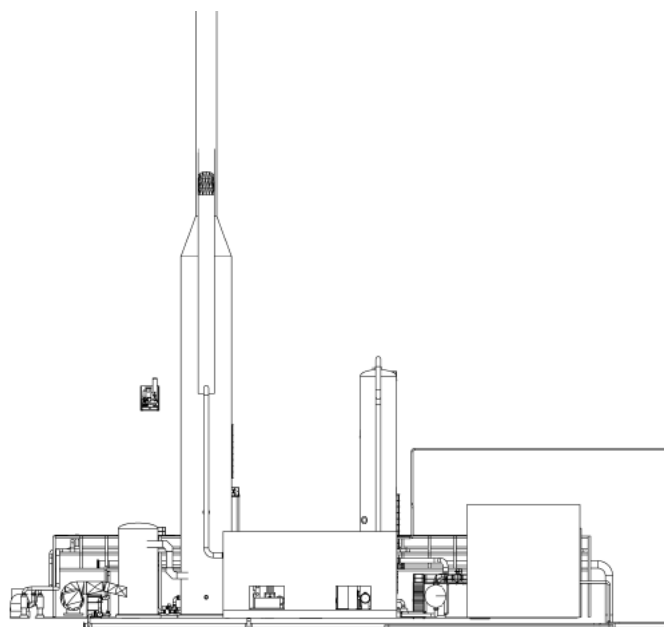


Figure 6-12: The layout and arrangements of the CCC plant main process area

Flue gas tie-in, Flue gas fan and DCC

The CO₂ capture plant will extract flue gas from the flue gas tie-in, which will be located between existing ID fan (Filter Fan) on String 1 and existing stack (Stack No 3 at Norcem). The existing stack will not be used after implementation of the CO₂ capture plant.

The flue gas will be routed through a new duct from flue gas tie-in and to the Battery Limit of Aker Solutions' CO₂ capture plant main process area, where the CO₂ capture plant flue gas fan is located. There will be a bypass duct upstream of the flue gas fan and into the new stack located on top of the CO₂ absorber. A bypass damper is located at the entrance to the bypass duct, and there will be an inlet damper at the entrance to the flue gas fan and CO₂ capture plant.

The Flue Gas fan located downstream of the inlet damper will raise the pressure to overcome the pressure drop through the entire CO₂ capture plant flue gas path. A centrifugal fan equipped with VSD to accommodate variations in flow and pressure is foreseen, and it is assumed that the fan will be controlled on pressure at the flue gas tie-in point. The pressure conditions in the cement plant downstream of the existing ID fan will be maintained unchanged and independent on CO₂ capture plant operation or flue gas bypass operation.

During startup and shutdown of the capture plant, proper control of the new fan and bypass damper in existing flue gas path is essential to avoid pressure fluctuations in the upstream flue gas draft system. After startup of the capture plant, the bypass damper will not be closed before operation of the capture plant gas side is properly stabilized. For shutdown of the capture plant, the first action will be to open the bypass damper. The flue gas fan will gradually ramp down to ensure smooth transition from zero to 100% bypass. The CO₂ capture plant inlet damper will be closed during bypass operation.

The flue gas will then enter the Direct Contact Cooler (DCC), where the flue gas is quenched with water. The water is recycled via a circulation pump and a cooler. NaOH solution will be added on demand to the DCC water loop for pH control (maintain pH close to neutral) and removal of any SO₂ and HCl. The NaOH consumption will depend on the concentration of SO₂ and HCl in the flue gas. The flue gas is cooled beyond its dew point and the DCC is therefore a net water producer. Hence a condensate bleed is established, containing traces of sodium sulfite, sodium sulfate and possibly traces of suspended fines from the flue gas. The bleed will be partially utilized as process water for Norcem's cement plant, i.e. as makeup water to GSA. The remaining bleed will be sent to an Effluent Water Treatment plant for purification before released to sea.

Absorber

The CO₂ Absorber Tower is located downstream of the flue gas fan and comprises a CO₂ absorption section and an Emission Control system. The Emission Control system includes water wash sections. The Emission Control system will be designed with Aker Solutions' ACCTM Anti-Mist design (patented) to prevent amine emissions in the form of mist.

CO₂ depleted flue gas exits through a stack located on top of the absorber. Based on the results from dispersion modelling, the top of the stack will be at a height of 100 meter above ground level.

The purpose of the CO₂ absorption system is to absorb CO₂ from the flue gas. The CO₂ absorption section consists of packed beds with structured stainless steel packing. Lean amine (lean with respect to CO₂ content) is fed to the top of the CO₂ absorption section through the liquid distribution system and flows downwards through the bed, counter-currently to the flue gas, and ends up as rich amine in the absorber sump in the bottom of the absorber tower.

Amine solvent loop and Desorber

The solvent loop will be designed to minimize the steam content in the desorber overhead section, which in turn reduces the energy required for CO₂ stripping. This is achieved by the high (and close to equilibrium) CO₂ loading in the rich amine leaving the absorber bottom section. The low temperature and low water content in the flue gas entering the absorber, provided by the DCC cooling, results in a high equilibrium loading.

The CO₂ rich amine solution is withdrawn from the absorber sump and pumped through the lean/rich amine exchangers and into the desorber. A rich amine flow control valve is located downstream of the lean/rich heat exchangers to ensure proper flow control. The rich amine flashes over the flow control valve resulting in two phase stream entering the desorber. The desorber distributor is designed for two phase inlet flow.

The amine solvent is regenerated in the desorber and CO₂ is released. Heat required for the CO₂ desorption is provided by:

- Approx. 3.3 bara steam imported from WHRU system at Battery Limit is condensed in the reboiler. The solvent collected in the lower section of the desorber is heated in a reboiler where the steam is condensing on the tube side. The steam condensate will eventually drain to the condensate drum before being returned to the WHRU system by use of a condensate return pump.
- Heat recovery in CO₂ compression train
- Vapor from Reclaimer Package (when in operation)

The pressure in the desorber is controlled by capacity control of the downstream CO₂ compressor train.

The amine solvent regenerated to lean amine in the desorber process is transferred by the fixed speed Lean Amine Pump back to the absorber via the Lean/Rich Amine Exchanger. Flow control is achieved by control valve.

A small fraction of the lean amine stream is passed through the Lean Amine Filter module, where any particulates are removed.

Reclaiming

The ACCTM Reclaimer consists of a thermal reclaimer connected to the desorber system. A small slip stream of the lean amine solvent is routed to the reclaimer in dedicated reclaiming campaigns. NaOH is injected to react with heat stable salts (HSS), and hence recover molecular amines which are liberated by boiling the solution and returned to the desorber. The reclaimer operation is intermittent.

Heat consumed in the reclaimer is recovered in the desorber, hence the LP steam demand for the reboiler is reduced accordingly during the periods of reclaiming.

Solvent selection and amine storage

Aker Solutions' ACCTM S26 solvent has been selected for the Norcem CO₂ capture plant. The ACCTM S26 solvent has proved to be robust with very low degradation rate and good energy efficiency. The low degradation rate is associated with other process benefits such as low plant corrosion rate, low amine make-up, low emission of amine degradation products, low demand for reclamation and thereby low production of reclaimer waste.

The solvent is a mixture of different amines and demineralized water. Make-up amine will be supplied to the solvent solution to compensate for losses from dedicated Amine Storage tanks. Concentrated amine is supplied in bulk by truck and off-loaded using the Amine Tanker Unloading Pump.

The Amine Solution Holding Tank has a volume sufficient for partial drainage of the amine solvent inventory in the carbon capture process e.g. during inspection or maintenance. Holding tank inventory will normally be returned to the main process solvent loop.

6.3.4 CO₂ Vent system

There is a need for being able to vent larger volumes of CO₂ from different places in the CO₂ capture and conditioning plant in a safe and controlled manner. This is both required as part of the ordinary operating routines such as during start-ups and shut-downs as well as during different emergency situations. In this section a high-level CO₂ venting philosophy is described. The venting system will be further developed in later project phases when further details are known for the CO₂ handling equipment. Four points (streams) for CO₂ vents and vent locations are identified.

Low pressure vent

The CO₂ can be vented upstream the compression train in case the CO₂ capture plant is in operation while the CO₂ compression is not started or has just stopped. This CO₂ vent will be a low pressure vent. This vent is typically used during plant start-up or during short stops of the compression train. When the compression train is not in operation there will be no heat recovery from the compression train, which reduces the capture plant capacity. Consequently, the CO₂ flow to vent will be reduced compared to design flow rate. The concentrated CO₂ stream will be vented from the absorber stack.

High pressure, low temperature vent

If the drying unit is not in operation, e.g. during start-up, the CO₂ will be vented downstream the pre-drying separator where the pressure and temperature is around 44 bara and 20°C until the molsieve drying unit is on line.

If the CO₂ is still not on spec for intermediate CO₂ storage and further boat transport while the compression train and drying unit has started or for some reason cannot be sent to the storage tanks, the CO₂ can be vented downstream the last CO₂ compression stage, upstream CO₂ condenser where the CO₂ is still vapour phase. This will be a high pressure, low temperature vent (pressure and temperature upstream vent of about 70 Bara and 60°C respectively).

Reducing the pressure of this CO₂ vapour stream to atmospheric pressure will decrease the temperature below 0°C (still vapour phase). This is a dry gas without amine contamination and the preferred destination for this vent stream is to route it to the absorber stack where it will be properly mixed with the flue gas flowing through the absorber.

Low temperature vent

For venting of gas phase due to heating of content inside intermediate CO₂ storage vessels. Note that this is not a safety situation where a PSV goes off. Normally, vaporized CO₂ in the storage tanks will be routed back to the compression train for re-liquefaction. Nevertheless, during periods of compressor outage e.g. during maintenance, the CO₂ should be vented to the atmosphere.

A common local pressure controlled CO₂ vent on top of the storage tanks will be the preferred destination for this vent.

CO₂ compression vent

The CO₂ compression train will be vented during controlled blow down of the compression system for every stop of the compressor. In this case the pressure must be relieved relatively fast to protect the machinery. The CO₂ compression train has also to be vented in case of maintenance.. A local vent on top of the CO₂ compression building is foreseen for this venting. However, if this is not acceptable, the vent can be routed to the absorber stack without any major cost impact. Depending on the required blow down time the flow rate can be rather high, but the volume is limited. The mole sieve drying plant will be isolated from the compressor during blow down and vented at a much slower pace.

Standards for CO₂ vent systemer

Norcem har forespurt Aker Solutions om det finnes noen standarder på «CO₂ vent system», og Aker Solutions responderte følgende:

Vi er ikke umiddelbar klar over om det finnes spesifikke standarder for "CO₂ vent systemer". Det finnes standarder for håndtering av cryogene gasser herunder flytende CO₂ som gir noen retningslinjer for hvordan bl.a. man skal legges til rette for venting. Dette er primært tiltenkt CO₂ lagringstanker og rørsystemer og ikke spesifikt for venting. Venting av CO₂ fra kompressoren styres primært av leverandørens standarder for sikker trykkavlastning av kompressoren uavhengig av hvilken gass som skal komprimeres. Gjennom FEED skal det jobbes videre med design av CO₂ vent system (bl.a. gjennom CFD spesialstudier) ut fra den filosofi at CO₂ vent strømmer ikke må kunne eksponere personale for skadelige konsentrasjoner av CO₂.

6.3.5 Heat and mass balances

Heat and mass balances have been produced for all main process streams and process units of the CCC plant. The heat and mass balance are detailed out in a separate document no. NC02-Aker-P-RA-0001 - "Heat and mass balance". The heat and mass balance for the CO₂ capture plant is based on simulated data validated with test data from the MTU test campaign at Norcem. For the CO₂ conditioning plant the heat and mass balance is derived using simulations with the EOS-CG thermodynamic model. In the technology qualification program (section 6.7.2) the EOS-CG thermodynamic model has been found to be the best available model to simulate the CO₂/H₂O/O₂/N₂ system.

The design steam consumption for the reboiler corresponds to 33 MW. The steam supply to the reboiler is generated by the waste heat recovery units (WHRUs) installed at the cement plant. Because of the exploitation of waste heat, no additional heat or fuels are required to drive the CO₂ capture process. Only electricity is required to operate the capture plant and the CO₂ conditioning plant. The main electricity consumption is for the CO₂ compressor, CO₂ drying unit and the flue gas fan. The fact that the Brevik plant does not have to burn additional fuel to cover the heat demand of the capture process implies that the captured CO₂ corresponds to a real emission reduction at the Brevik plant. Only the increased electricity consumption will result in increased indirect CO₂ emissions. However, as most of the electricity generated in Norway originates from hydroelectric plants with low CO₂ foot print, the increase in indirect CO₂ emission is low compared to the captured amount. Thus, the proposed solution for a carbon capture facility at Norcem Brevik can be regarded as energy efficient compared to other CCS projects where the heat requirement for the capture plant needs to be covered from combustion of additional fuel.

6.3.6 Kondisjonering

CO₂ conditioning, liquefaction and heat recovery

The CO₂ product flow from the desorber will be further processed to meet downstream delivery requirements for ship transport at the battery limit between the CO₂ capture and the CO₂ transport provider. CO₂ is to be delivered from the intermediate storage as 2°C subcooled liquid CO₂ at approx. 16 bara.

The CO₂ conditioning and intermediate storage plant will also be prepared for receiving displaced CO₂ from the ship tank as well as CO₂ evaporated in the ship tank during filling.

A system for production of significant amounts of heat in conjunction with CO₂ compression and liquefaction processes has been developed. The description of this system is confidential.

The liquefaction and CO₂ purification processes are integrated with the CO₂ compression process. The further description of these systems is confidential information.

6.3.7 CO₂ Mellomlager

Liquid CO₂ intermediate storage and unloading facilities

The system for intermediate storage and transport of CO₂ from the compression, drying and liquefaction system to the delivery battery limit at the ship pier is illustrated in figure 6-15.

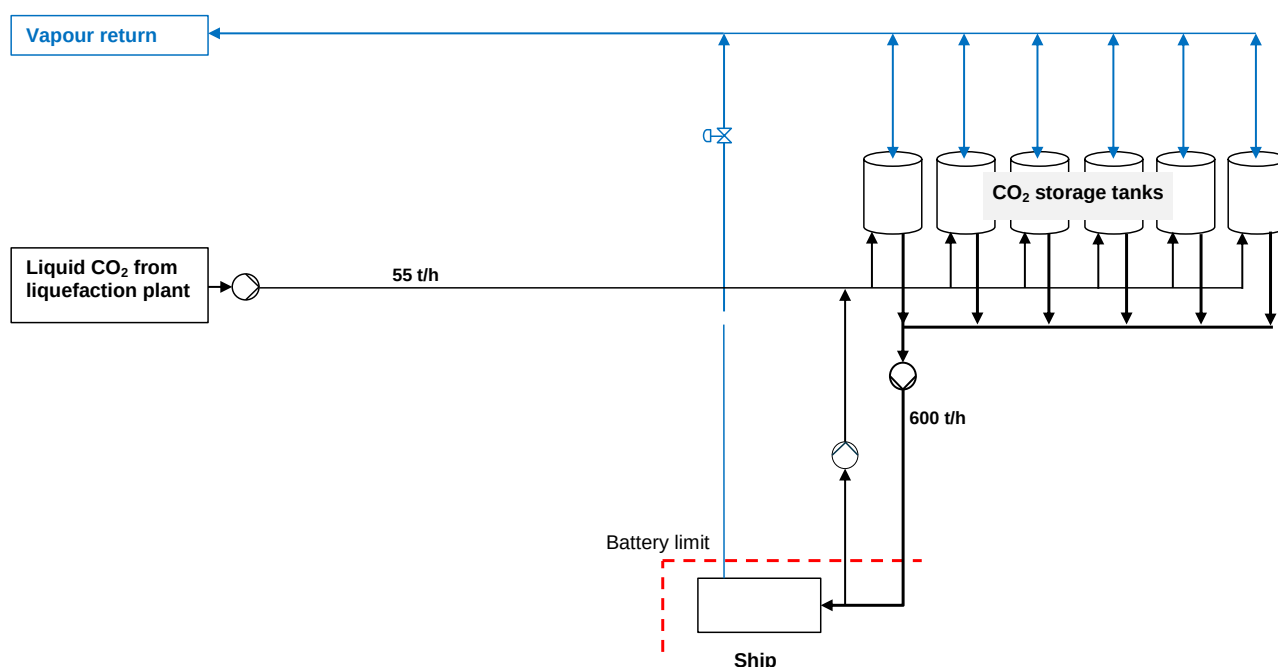


Figure 6-15: Schematic presentation of the CO₂ intermediate storage and transport of CO₂ from the compression, drying and liquefaction system to the delivery battery limit at the ship pier. Black lines indicate liquefied CO₂, and blue lines indicate CO₂ gas

After compression, drying and liquefaction, the liquefied CO₂ is transported at 15 bara and -28°C (with density of 1070 kg/m³) by means of a pump to six storage tanks, where a manifold distributes the liquid to the tanks via bottom inlet or a submerged inlet. Total volume of the six tanks is in the base case scenario (4 days between ship arrivals) 5900 m³, each with a diameter of 8 m and height of approximately 21 m. The maximum working volume of the tanks has been set to 85%, hence a total storage capacity of 5000 m³ or 5300 tons at 15 bara and -28°C. An alternative CO₂ storage case corresponding to a ship arrival frequency of 2 days has also been investigated. In this case six smaller tanks are proposed with a total tank volume of half the size (2950 m³) of the base case and holding 2650 tons CO₂ at 15 bara and -28°C.

The storage tanks can be filled synchronously to same level, or filled one at a time through a 2" liquid CO₂ supply line. The design filling rate is 55 t/h, which is equal to the capacity of the CO₂ capture and conditioning plant. When displaced by CO₂ liquid, CO₂ vapor already in the tanks (at 15 bara and -28°C, with density 39 kg/m³) together with any evaporated CO₂ flows back to the compression system where it is re-liquefied. Because of heat influx from ambient to the CO₂ storage tanks and piping there will be a steady evaporation of CO₂ estimated to approx. 1 t/h. This can be minimized by proper insulation of storage tanks and piping, which is ultimately a cost optimization exercise.

It is assumed that the ship tanks pressure is 16 bara and that the CO₂ shall be supplied with 2°C subcooled liquid (-28°C) to minimize evaporation of CO₂ due to cooling of tank. Unloading of CO₂ from the intermediate tanks to transport ships is done through a 12" liquid filling line. The filling line is connected from a flange at the pier to the ship by a flexible hose. The liquid CO₂ is pumped from the storage tanks to the ship at a rate of 600 ton/h and the quantity of CO₂ transferred is being monitored by a flow meter (fiscal). During filling of ships, the six CO₂ storage tanks are unloaded in parallel. This is done to reduce the outlet pipe dimensions from each storage tanks from 12 to 4" and still obtain acceptable velocities in the piping. By reducing the outlet pipe dimensions, the maximum leakage rate from the storage tanks is reduced in the event the unloading line is ruptured. Each tank can be isolated automatically and independently in the case of such an event. As the filling of the ship occurs to separate line, the CO₂ production from the CO₂ capture plant is not interrupted by the unloading.

Displaced CO₂ gas from the ship flows to the storage tanks and makes up for the liquid removed. Since the ship tank pressure (16 bara) is higher than the intermediate tank pressure (15 bara), a pressure control valve will be included on the vapour return line between ship and storage tanks.

Piping used only during filling of ships will be maintained in continuous re-circulation by use of a CO₂ circulation pump to keep the lines refrigerated and prevent CO₂ evaporation and extreme pressure buildup when idle.

6.3.8 Fasiliteter på kai for utskipping av CO₂

De siste grensesnittforbindelsene på kai må endelig defineres i forprosjektfasen når flere detaljer rundt skipene og CO₂ transporten er tilgjengelig. Dette gjelder i hovedsak for væske og gasslinjer hvor man har antatt flenser og fleksible slager. Prosjekteringen inkluderer tur/retur av CO₂ rørene til selve kaikanten. Rørene avsluttes med flensforbindelser.

Antatt arealbehov for plassering av CO₂ sirkulasjonspumpe, samlebokser for instrument og elektro, aktuelle avstengningsventiler og nødvendig utrustning for påkobling av fleksible slanger til CO₂ skip er ca. 16m². Endelig plassering er ikke bestemt og det er ikke utarbeidet noen detaljerte layout tegninger i denne fasen.

Det har vært flere møter mellom Grenland havnevesen og Norcem om bruk av kai-fasiliteter til utskipping av CO₂. Kastolkaia er lagt til grunn i designbasisen, men Breviksterminalen er også aktuell. Kostnadmessig er det mindre forskjeller med de to alternativene. Endelig avklaring på kai vil tas i neste fase av prosjektet. Grenland havn vil ha ansvar for kulverter til CO₂ rørføringer, elektriske kabler samt nødvendige kai-tekniske fasiliteter inkl. landstrøm.

6.4 CO₂ Produkt spesifikasjon (2i)

The CO₂ will be compressed and dried to the required specifications provided in the design basis (ref. Design Basis for the CCS chain, Gassnova), hence liquid CO₂ at 16 bara and -28°C (2°C subcooled) will be delivered at battery limit. The design requirements for the CO₂ purity are also shown in table 6-10.

Table 6-10: Design CO₂ product purity specification at battery limit with CO₂ transport provider

Parameter	Unit	Value
CO concentration	ppmv	< 400
O ₂ concentration	ppmv	<10
H ₂ O concentration	ppmv	<30
SO _x concentration	ppmv	<100
NO _x concentration	ppmv	<100
H ₂ S concentration	ppmv	<100
Amine concentration	ppmv	<100

To meet the criterion for H₂O content of the liquefied CO₂ product, molecular sieve drying will be applied during compression. Per vendor's specifications, the water content will be brought down to below 10 ppmv (see section 3.6.5) with the applied drying solution. Hence the criterion in table 6-10 of max 30 ppmv can be met with good margin.

The criteria for sulphur compounds, NO_x, CO and amine can be met without any additional purification steps as these compounds will not be present in the CO₂ stream from the capture plant or present in concentrations much below the specified limits.

Regarding the O₂ criterion, traces of O₂ will enter the compression and liquefaction plant together with CO₂ from the capture plant. O₂ will be stripped off the liquid CO₂ in an inert stripping process to meet the specification in table 6-10.

In addition to O₂, the CO₂ from the CO₂ capture plant may contain traces of other non-condensable gases, essentially N₂ and Ar. These components will also be stripped off the liquid CO₂ in the inert stripping process and hence only be present in the product in small amounts (less than 100 ppmv).

The CO₂ compression & liquefaction process involves several recycling streams of CO₂. This results in accumulation of non-condensable gases which may alter the thermos-physical properties of CO₂. Process simulations using capable thermodynamic models for the CO₂-H₂O system including trace impurities (O₂ and N₂) have been performed. The simulations indicate that the presence of inert gases in the concentration greater than approx. 1 vol-% may significantly impact gas-liquid equilibrium properties of CO₂ and thereby affect the liquefaction process. Nevertheless, because of the integrated inert stripping process, the concentration of inert gases will be very low (around 0.1 vol-%) and thus only have negligible impact on the compression and liquefaction processes.

Finally measurements have confirmed that the content of amine in the CO₂ stream from the capture plant is miniscule and much below the criterion indicated in Table 6-10.

6.5 Regularitetsanalyse for leveranse av CO₂ (2k)

I dette kapitlet beskrives regularitetsanalyse for leveranse av CO₂.

To operate the CCC plant at a nominal output of 55 t/h of liquid CO₂ for export requires that:

- the Brevik plant is in stable operation
- the flue gas flow rate and CO₂ content in the flue gas to the CCC plant is sufficient
- the design amount of steam (33 MW) for the capture plant is available from the waste heat recovery units in the cement process

In the Design Basis, it has been assumed that the Brevik plant is in operation for 7400 hours in average year. Based on analysis of operating data from the Brevik plant it is concluded that the flue gas flow rate and CO₂ content are also sufficient for capturing 55 t/h of CO₂ in these 7400 operating hours. However, the waste heat availability is not always sufficient during all the 7400 hours to provide 33 MW of steam. For this reason, an electric auxiliary boiler is installed to provide the balancing heat input required for the CCC plant.

In addition to the conditions above being fulfilled for the Brevik plant, the CCC plant must be available for capture of CO₂ at design capacity. In reality, the CCC plant will not always be available for capture of CO₂ at design capacity when the Brevik plant is in operation due to start-up time of the CCC plant, equipment trips, maintenance work and mechanical failures.

The 7400 hours of operation at the Brevik plant means nearly 1400 hours of outage in an average year whereof 500 hours is planned (3-weeks maintenance stop) and 900 hours is unplanned. The vast periods of outage will provide many opportunities to perform maintenance and repair work at the CCC plant when the Brevik plant is anyway out of operation. For this reason, it is reasonable to expect relatively high availability for the CCC plant even though it is designed without redundancy for the majority of the equipment.

The start-up time of the CCC plant will depend on the duration of the outage. The start-up of the CCC plant will always lag-behind the start-up of the Brevik plant. For a plant trip or short outage where the CCC plant will remain near operating temperature and pressure, the start-up time will be short. On the other hand, a start-up from cold conditions will require much longer time. The start-up times in dependence of outage duration as shown in table 6-11 have been assumed for the Concept Study.

Table 6-11: Expected CCC plant start-up times.

Outage duration (h)	Expected start-up time to full production (h)
<1	0.5
1 to 3	1
3 to 36	1,5
36 to 96	3
>96	6

In figure 6-16 stop statistics for the Brevik Plant is shown for 2016 and 2017 (until August 2017). It appears that although there is significant variation between the two years, the majority of stops have had a relatively

short duration. Based on the stop statistics and the start-up times listed in figure 6-16, it is estimated that about 50-90 hours of start-up time lag per year is expected for the CCC plant.

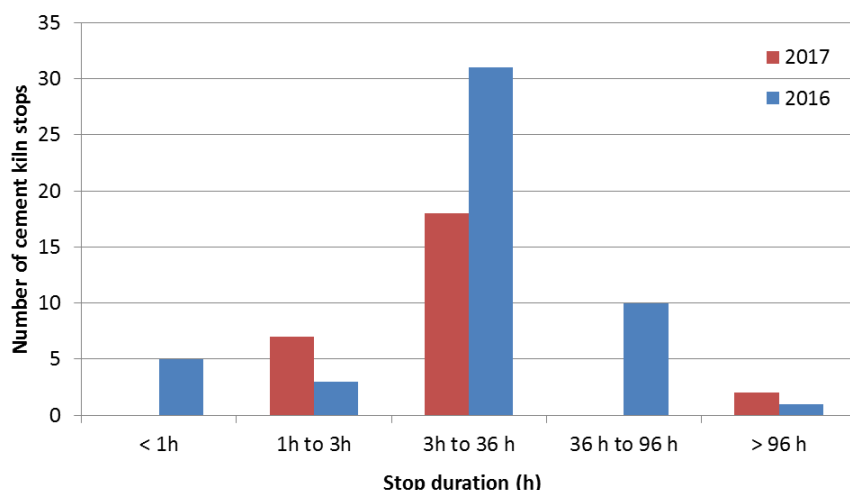


Figure 6-16: Stop statistics for cement kiln at Brevik for 2016 and 2017 (until August 2017)

Considering the operating time lost on start-ups of less than 100 hours per year it seems possible that the CCC plant may operate near design capacity for up to 7300 hours per year. With 7300 operating hours at design capacity in an average year it will be possible to reach the target of 400 000 tpa of CO₂ capture.

Except for the 3-weeks yearly maintenance outage at the Brevik plant, no planned stop or seasonal variation in the plant's load factor is experienced. The yearly maintenance outage is typically located in the period March to April. All scheduled maintenance of the CCC plant is expected to be executed in this period as well. A three week stop of the CCC plant implies that the volume of liquid CO₂ for export is reduced with about 28,000 tons compared to if the plant had been in continuous operation in the period.

As there is nearly 900 hours of unscheduled stops per year at the Brevik plant in average, it is apparent that there will be variations in the volume of liquid CO₂ prepared for export. Nevertheless, as shown in figure 6-15, the unscheduled stops are typically of short duration and it is unlikely to have long periods of outage in a row.

6.6 Utslippskildens framtidsutsikter i konsernets portefølje (2d)

I dette kapitlet er Norcems framtidsutsikter med tanke på posisjon i konsernets portefølje og markedsutsikter beskrevet.

Norcem Brevik ble etablert i 1916 og var 100 år i 2016. Selv fabrikkens høye alder fremstår Norcem Brevik som en av konsernets mest moderne sementfabrikker, spesielt når det gjelder fabrikkens evne til omstilling og bruk av alternativt brensel til erstatning for kull. Fabrikken har også gjennom støtte fra Svovelfondet og NOx-fondet installert utstyr for rensning av disse komponentene fra røykgassen. Norcem har et høyt fokus på miljøforbedringer generelt, likeså støyreducerende tiltak for å minimere den miljømessige belastningen og forstyrrelsene på nasjonalt og lokalt nivå.

6.6.1 Fremtidig tilgang på kalkstein

En sementfabrikk etableres normalt i nærheten av hovedråmaterialet som er kalksteinen. Norcem Brevik har historisk sett anvendt to ulike kvaliteter; 1) stein fra dagbrudd på Bjørntvet som transporteres på 15 km jernbane til Brevik og 2) stein fra Dalen Gruve som i dag hentes fra 350 m dyp. Grunnet helningen på kalksteinsbenken og kvaliteten på steinen, blir det mer og mer teknisk utfordrende og økonomisk ulønnsomt å drive gruen. Fra ca. 2010 startet derfor Norcem uttak av kalkstein fra Verdal i Nord-Trøndelag. Steinkvaliteten er 99 % CaCO₃ og forekomsten er i så stor at man ser for seg muligheten for uttak i stein i mer enn 300 år. Norcem eier kalksteinsrettighetene og eksisterende konsesjon til å drive gjelder frem til 2174. Per 2016 brytes og skipes ca. 35 % av nødvendig produksjonsvolum i Verdalen. Steinen skipes 622 nautiske mil langs kysten og ned til Brevik. Om 5 - 10 år vil Dalen Gruve stenges for drift og kalksteinen vil hentes fra Verdal. Grunnet konsesjon og helning på kalksteinsbenken på Bjørntvet, vil uttaket her avvikes innen ca. 15 års tid. Etter at uttak av stein fra de to historiske forekomstene; Dalen Gruve og Bjørntvet vil avsluttes, vil all nødvendig kalkstein hentes fra Verdal. For å kunne håndtere importen av kalkstein til fabrikk, ble det i 2015 gjennomført en konsekvensutredning. Reguleringsplanen er godkjent av Porsgrunn Kommune, som betyr at Norcem er gitt løyve til å forberede nødvendig Steinlager og kai-fasiliteter i Brevik. Investeringsbeslutning i HeidelbergCement kom på plass våren 2017 og arbeidet vil påbegynnes i løpet av året.

6.6.2 Fabrikkens framtidsutsikter

Norcem forventer sementproduksjon i Brevik i ytterligere 60 – 100 år. Ny sementfabrikk i Verdalen er utredet og Norcem sammen med konsernet har konkludert at ut fra markeds-, miljø-, logistikk og økonomiske hensyn, er det mest bærekraftige alternativet er å beholde fabrikk i Brevik.

Dersom det en gang i fremtiden vil bli bygget en ny sementfabrikk i Verdalen, vil denne påvirke produksjonsstrukturen konsernet har i Europa. Fabrikk vil få så stor kapasitet at den kan forsyne hele Skandinavia, England og deler av Tyskland med sement. Kalksteinsreserven i Verdal er Europas største forekomst og eies av HeidelbergCement. HeidelbergCement vil aldri kvitte seg med denne rettigheten.

Norcem er vurdert å være en strategisk viktig fabrikk i konsernet i forhold til marked og posisjon i Europa. Norcem er et fremtidsrettet og moderne anlegg med en fabrikkleidelse som er proaktiv og løsningsorientert, i forhold til nyutviklinger som er viktig for konsernet. HeidelbergCement ønsker å være ledende i utvikling av karbonreducerende tiltak og arbeidet som skjer på Norcem er et viktig steg i konsernets strategi. Konsernledelsen har innvilget store investeringer for fabrikk i Brevik, for tiltak som gjør produksjonen mer miljøvennlig (eksempelvis de store ombyggingene for mottak av farlig avfall fra Renor samt den store ombyggingen av kalsinatoren og ovnsystemet for å kunne ta i bruk alternativt brensel). Norcem er således en viktig hjørnesteinsbedrift i konsernet som konsernet ønsker å satse videre på i mange år fremover.

6.7 Teknologikvalifiseringsprogram (2g)

Dette kapitlet gir en status i teknologikvalifiseringsprogrammet i hht DNV RP J201 (CO₂-fangst) og DNV RP A203 for ny teknologi generelt, inkludert beskrivelse av reserveløsninger for kritiske teknologielementer som ikke er kvalifisert.

Mulighetsstudien (mai 2016) konkluderte med at det er teknisk mulig å etablere et CO₂-fangst anlegg med en kapasitet på 400 000 tonn CO₂ per år som drives med restvarme gjenvunnet fra sementfabrikken og CO₂ kompresjonsanlegget. Den foretrukne tekniske løsningen med bruk av røkrørskjeler for varmegjenvinning fra

sementprosessen er imidlertid ikke tidligere sett i drift på sementanlegg under tilsvarende betingelser. Et viktig arbeid i konsept- og forprosjektet er derfor teknologikvalifisering av de foreslåtte røkrørskjelene.

Likeledes ble det i Mulighetsstudien anbefalt at det ble gjennomført en teknologikvalifisering av konseptet for varmegjenvinning fra Aker Solutions CO₂ kompressor, da konseptet bevirker forholdsvis store endringer i driftsområdet til kompressoren i forhold til vanlig praksis.

Norcem har derfor som en del av Konsept og Forprosjekteringen startet teknologikvalifisering av:

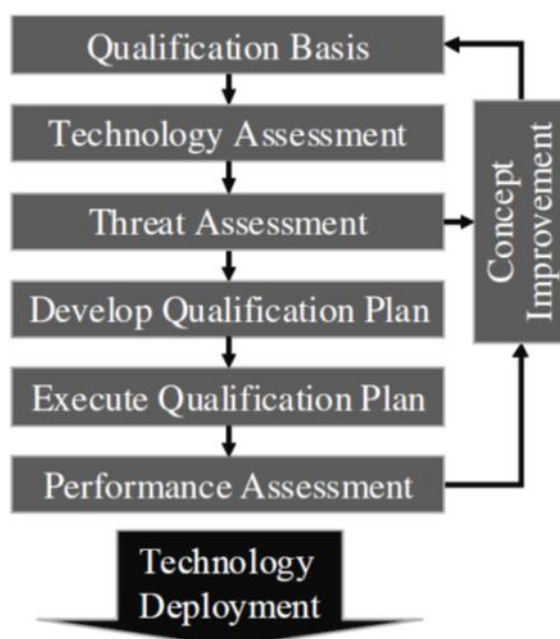
1. konsept for varmegjenvinning fra sementprosessen og (Norcem i samarbeid med Norsk Energi tar ansvar for denne delen)
2. konsept for varmegjenvinning fra CO₂ kompresjon (Aker Solutions tar ansvar for denne delen)

Hensikten med teknologikvalifiseringen er å sikre at alle nye teknologielementer når tilstrekkelig modent nivå innen eventuell investeringsbeslutning. Arbeidet knyttet til teknologikvalifisering utføres iht. siste versjoner av DNV-RP-A203 «Technology Qualification» og DNV-RP-J201 «Qualification Procedures for CO₂ Capture Technology», eller tilsvarende praksis.

6.7.1 Teknologikvalifisering av varmegjenvinning fra sementprosessen

Norsk Energi bistår Norcem i gjennomføring av teknologikvalifiseringen og DNV GL er også engasjert som rådgiver og verifikatør av arbeidet. Arbeidet er godt i gang og Del 1 – «Qualification Basis» etablert og godkjent av DNV-GL. Arbeidet med Del 2 – «Technology Assessment» er påbegynt og vil jobbes videre med i forprosjektfasen.

De ulike delaktivitetene som inngår teknologikvalifiseringsprogrammet er vist i figuren under.



Figur 6-17: Delaktiviteter i teknologikvalifiseringsprosessen

Det vises til delrapport NC02-NOEN-P-RA-0013 utarbeidet av Norsk Energi; «7.02 Qualification Basis» for detaljer rundt teknologikvalifiseringsprogrammet, jf. Vedlegg I.

Tester og resultater fra pilotanlegget vil være relevant for den videre prosessen med teknologikvalifisering i forprosjektet. Pilottestingen som er gjennomført i løpet av våren (separat prosjekt støttet av Gassnova gjennom CLIMIT-programmet) viser svært lovende resultater, men det gjenstår en restrisiko knyttet til testing ved de høyeste temperaturene (opp mot 400 °C) som vil være betingelsene fullskala anlegget skal operere under. Norcem har i den forbindelse søkt Gassnova gjennom CLIMIT-programmet om en utvidelse av det pågående WHRU-prosjektet og støtte til å modifisere eksisterende pilot for ytterligere testing. Dette vil være nødvendig for å kunne redusere identifisert restrisiko.

Planen er å ferdigstille teknologikvalifisering av røkrørskjelene i løpet av forprosjektet. Dersom Norcem gjennom teknologikvalifiseringen ikke klarer å redusere restrisikoen til et akseptabelt nivå for HeidelbergCement, er vår reserveløsning å gå tilbake til de kjente vannrør kjelene utredet i forbindelse med Mulighetsstudien (løsning ikke gjengitt her). Dette vil få konsekvenser for teknisk design, layout og kostnadene i prosjektet. Ut ifra de vi vet per i dag, har vi sterkt tiltro til de valgte røkrørskjelene som er inkludert i vår design.

6.7.2 Teknologikvalifisering av CO₂ kompressoren (Aker Solutions)

Aker Solutions' novel concept for CO₂ compression with integrated waste heat recovery is considered to contain elements of new technology that requires technology qualification.

A technology qualification program (TQP) has been developed for the CO₂ compression concept based on the principles of DNV GL's recommended practice for technology qualification (DNV-RPA203). DNV GL has also been engaged as consultant to advice Aker Solutions in the qualification process and to review the performed qualification activities.

In line with DNV-RPA203, a Qualification Basis has been set up for the CO₂ compression concept which describes the technology and lists the aim of the technology, functional requirements, assumptions and identified elements of new technology.

A workshop involving technology specialists from Aker Solutions' CCS team and technology qualification specialists from DNV GL was held to identify elements of new technology in the CO₂ compression concept with heat integration. The functions and conditions for all equipment were discussed and compared to that of CO₂ compressors in commercial service today.

Based on the Qualification Basis and the results from the workshop a TQP with 7 qualification activities have been defined. The activities are as follows:

1. (Operation at) high process gas temperature
2. Start-up capability of heat integrated compressor
3. Steam generator thermal design
4. Validation of thermodynamic models
5. Sensitivity analysis of waste heat potential and power consumption
6. Turn-down capability of heat integrated compressor
7. Validated mass and energy balance of the design point

Work has been undertaken on all the 7 technology qualification activities. The findings have been documented in first versions of the qualification reports for each activity and submitted to DNV GL for review. Based on the activities conducted it is concluded that the acceptance criteria are met for all activities.

An evaluation report of the qualification activities have been received from DNV GL where it is concluded that: *“The qualification activities have documented that the proposed CO₂ compression process is a feasible solution for waste heat recovery as described in the qualification basis.”* DNV GL also comes with several suggestions for further work and to improve the qualification activities.

6.7.2.1 Technology qualification – Conclusions and further work

The qualification activities have been executed and first versions of the activity reports have been produced and reviewed by DNV GL. Based on the activities conducted it is concluded that the acceptance criteria are met for all activities. Considering the feedback from DNV GL on the executed Qualification Activities it is concluded that the CO₂ compression concept with integrated heat recovery is feasible and qualified for the use in the Norcem CCS Demonstration Project. To further mature the CO₂ compression concept and to reduce project risks related to redesign and underperformance it is recommended that the executed Qualification Activities are updated during FEED phase to address the suggestions from DNV GL.

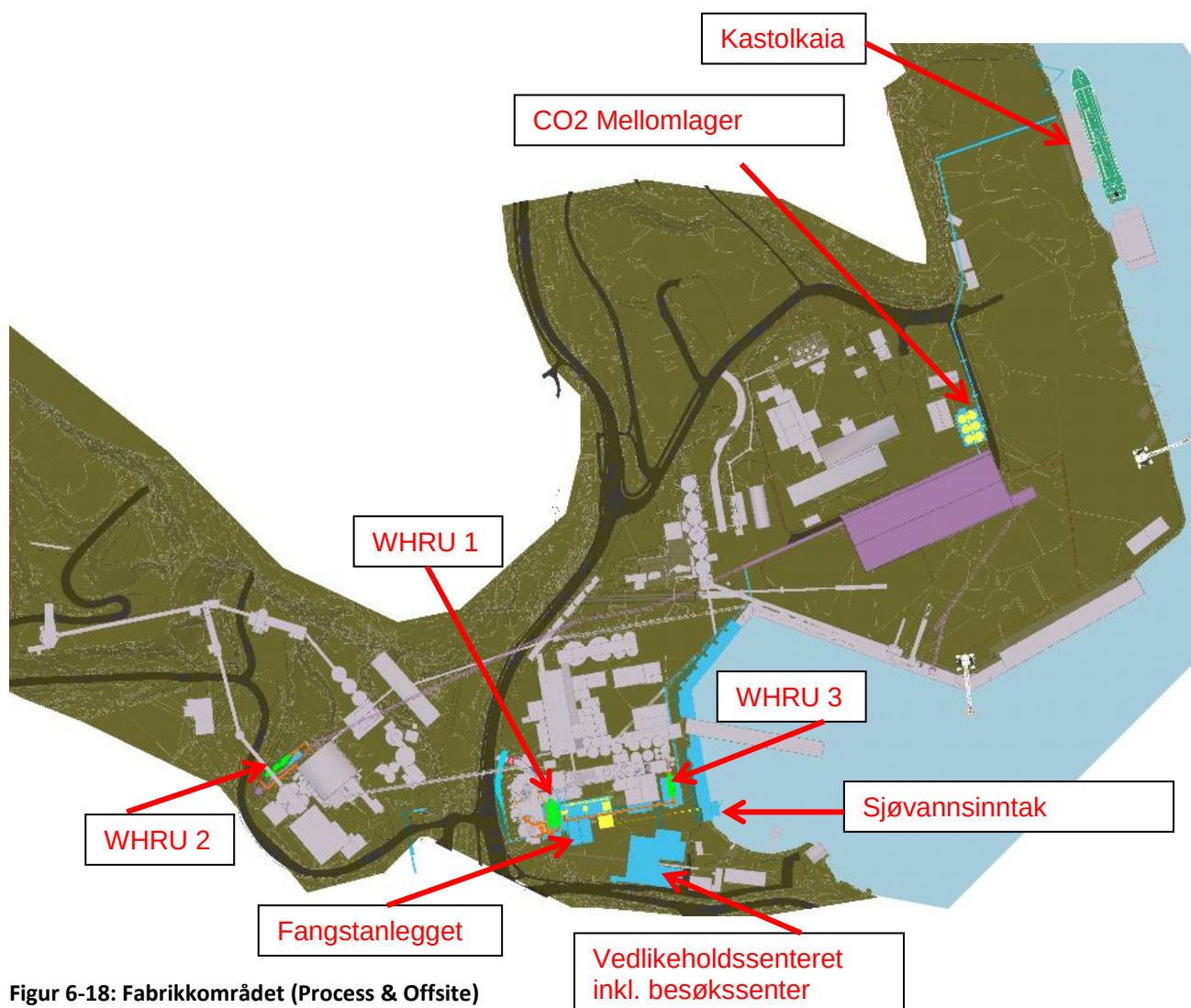
6.7.3 Beskrivelse av restrisiko (2h)

I dette kapitlet beskrives restrisiko som overføres til bygging og driftsfasen etter avsluttet teknologikvalifisering.

I forbindelse med prosjektet har Norcem definert to forhold som må teknologi-kvalifiseres; 1) varmegjenvinning ved bruk av røykerørskjeler fra sementprosessen og 2) Aker Solutions CO₂ kompressor med varmegjenvinning. Dersom teknologikvalifiseringsprogrammene gir oss de avklaringene vi håper på, ser vi ikke for oss at det overføres risiko til bygging og drift. Dette må vi likevel komme tilbake til i forbindelse med avslutning av forprosjektet.

6.8 Arealdisposisjon (2j)

Dette kapitlet gir en oppdatert beskrivelse av arealdisposisjon (tomt, grunnforhold, CO₂ transport til kai, mellomlager, kaianlegg etc.).



Figur 6-18: Fabrikkområdet (Process & Offsite)

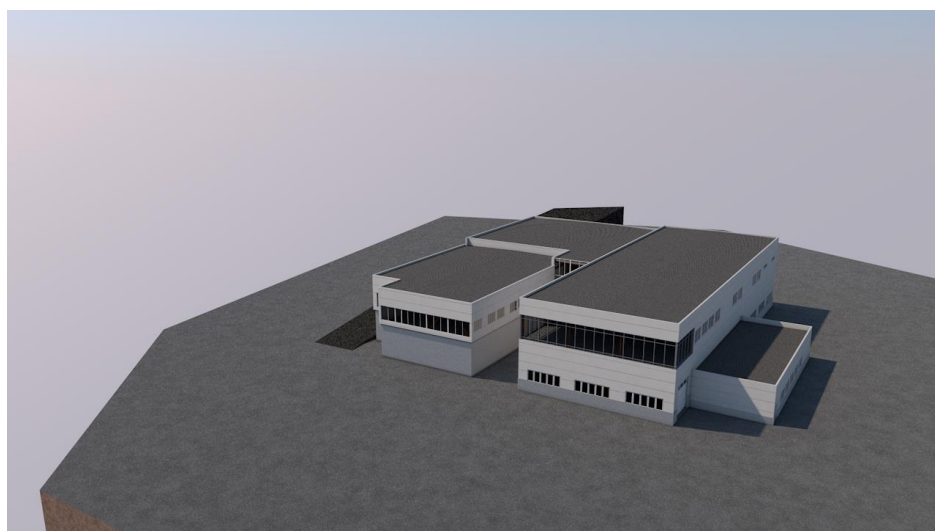
Tomten som skal benyttes til karbonfangstprosjektet ligger innenfor Norcem sitt fabrikkområde med unntak av CO₂ lagertanker, som ligger på et område Renor leier av Norcem og CO₂ utskipningskai, som ligger på Grenland Havns område. Tomten er foreløpig delt inn i to adskilte geografiske seksjoner, «Main Process Area» og «Offsite Area».

«Main Process Area» området omfatter selve prosessanlegget samt ny trafostasjon for fangstanlegget. Alle øvrige anlegg knyttet til fangstanlegget ligger i «Offsite Area» dvs. CO₂ tank-farm, kaier, sjøvannsinntak/utslipp, renseanlegg og øvrige sub-stasjoner. Det meste av «Offsite Area» ligger på østsiden av Rv 354, med unntak av WHRU 2.

«Main Process Area» ligger i et område som tidligere omfattet sementovnene 4 og 5. Disse er allerede revet, men en del andre konstruksjoner gjenstår og må fjernes.

«Offsite» utgjør de øvrige områdene som vil bli berørt av permanente installasjoner eller midlertidige hjelpeanlegg i byggefasen. De fleste aktiviteter i dette området består av reallokering av fasiliteter knyttet til driften av eksisterende fabrikk, samt rigg områder under bygging.

For å få nødvendig fysisk plass til «Main Process Area» og tilrettelegging av viktige riggområder for bygging, må store deler av eksisterende bygningsmasser sør for CCP, bestående av verksteder, lager, kontorer og kantine, rives. Et nytt vedlikeholdssenter som vil ivareta disse funksjonene, vil bli bygget, se figur 6-19 under. Behov for tilstrekkelig rigg- og lagerareal i byggefasen er planlagt og fremgår av tegningene NC02-NOCON-C-XE-0330, 0331, 0332 og 0333 hvor det også er angitt «reserveområder» som enkelt kan tilrettelegges ved behov under selve byggefasen.



Figur 6-19: Det planlagte Vedlikeholdssenteret

I forbindelse med Vedlikeholdssenteret planlegges et besøkssenter. Dette vil utformes slik at Norcem kan ta imot grupper som både har faglig og ikke-faglig bakgrunn. Med erfaring fra TCM på Mongstad, antar vi at følgende typer av grupper er aktuelle:

- Sementindustri
- Annen industri
- Myndigheter
- Skoler / Høyskoler / universitet
- Forskning
- Delegasjoner av besøkende til Gassnova

Kaianleggene (Cementkai og Stavkai – se figur 6-19 og 6-20) som skal benyttes til inntransport av utstyr, er generelt i meget dårlig forfatning. Begge kaianleggene må rives og gjenoppbygges for å tilpasse sine nye funksjoner. Cementkaia skal benyttes for mottak av store og tunge enheter som kommer med båt/lekter til Brevik. Stavkaia kan ta imot mindre utrustning ved behov, men skal primært benyttes som tilleggsareal hvor det er tenkt plassert en egen kontor-/brakkerigg på lekter ved kaikanten.

Området bakenfor kaiene er planlagt som mellomlager for utstyr som kommer med skip. For å frigjøre mest mulig areal til dette vil dagens veiforbindelse mellom det nordlige og sydlige fabrikkområde bli lagt om samt at det etableres en ny adkomstvei i nordenden av fabrikk.

Kaianlegget for utskipping av flytende CO₂ er i Grenland Havnevesen sitt havneanlegg øst for sementfabrikken. Se figur 6-17. Det er ikke endelig avklart hvilke kai-fasiliteter Norcem skal bruke til utskipping av CO₂. Kastolkaia er lagt til grunn i designbasisen, men Breviksterminalen er også aktuell. Kostnadmessig er det mindre forskjeller med de to alternativene. Endelig avklaring på kai vil bli avklart i neste fase av prosjektet.

6.9 Filosofi og plan for systemutprøving (2l)

I dette kapitlet beskrives filosofi og plan for systemutprøving.

Project Completion System – Commissioning

A completion philosophy and strategy will be developed with the focus being to perform as much testing, pre-commissioning and commissioning work as early as possible in the execution phase. The Completion function will be an integrated part of the FEED, and completion aspects will be addressed in all areas from design through sub-suppliers, pre-fabrication, installation and tie-in. Focus on preservation of any completed work in all phases is an important part of this. The aim within the completion philosophy will be to minimize rework, minimize to an absolute minimum impact on the cement production, minimizing time and cost. By adhering to this philosophy, commissioning work at site will be streamlined and efficient. For the Carbon Capture project for the completion strategy and planning work will be to find solutions for effective performance of the completion and commissioning work and minimizing impact and downtime of existing facilities.

6.10 Filosofi for utbygging av nytt anlegg og integrasjon mot eksisterende (2o)

I dette kapitlet beskrives utbyggingsfilosofi som redegjør for bygging av nytt anlegg og integrasjon mot eksisterende anlegg, inkludert metoder for transport og installasjon, rivningsarbeid, byggemetoder, installasjonsrekkefølge og –plan.

6.10.1 Filosofi for tilknytning av nytt anlegg (2q)

I dette kapitlet beskrives oppdatert filosofi for tilknytning av nytt anlegg.

Det er noen fundamentale krav som ligger til grunn for tilknytningen av det nye CO₂ fangst anlegget til den eksisterende sementfabrikken. Det overordnede kravet er at det nye anlegget ikke skal forstyrre sementproduksjonen. Dette gjelder for både byggefasen og for senere drift av CO₂ anlegget.

For byggefasen fører dette til krav som:

- Ny teknisk infrastruktur må bygges og fases inn i drift før gammel rives,
- Rivning og etablering av ny bygningsmasse må gjøres slik at sentrale vedlikeholds funksjoner kan opprettholdes,
- Tie-in/ tilkoblingspunkter til eksisterende prosessavsnitt må kunne etableres og deretter blindes med spjeld/ ventiler i løpet av de planlagte årlige 3 ukers hovedrevisjoner,
- Bygging og installasjonsarbeidet må ikke blokkere for nødvendig tilkomst i forbindelse med drift og vedlikehold av eksisterende utstyr,
- Elkraft, styring, kontroll og overvåkning skal være tett integrert med eksisterende anlegg.

For driftsfasen fører det til krav som:

- Drift av CO₂ anlegget må kunne «skrus av og på» uten at sement produksjonen må stoppes. Det må være automatisert veksling på relevante prosessavsnitt i sementproduksjonen i forbindelse med driftsavbrudd i CO₂ fangst anlegget.
- Driftsavbrudd i sementproduksjonen må ikke føre til ukontrollerte situasjoner i CO₂ anlegget.

6.10.2 Liste over tilknytningspunkter (2r)

I dette kapitlet er liste over tilknytningspunkter gjengitt.

Hoved tilknytningene mellom nytt CO₂ fangst anlegg inkl. varmegjenvinningsanlegg og eksisterende sementproduksjonsanlegg er følgende:

- Tilknytning til eksisterende kanal system for røykgass
- Tilknytning til eksisterende by-vann forsyning for bla. a. produksjon av kjelvann, blanding av caustic soda, rengjøring, etc.
- Tilknytning til eksisterende internt lukket kjølesystem basert på dam vann,
- Tilknytning av prosessavløp fra fangst anlegget og inn som tynnevann i sementproduksjonen,
- Tilknytning til eksisterende brannvannforsyning,
- Tilknytning til eksisterende/ oppgradert høyspent el. forsyning
- Tilknytning til eksisterende kontroll og overvåkningssystem,
- Tilknytning til eksisterende avløpssystem til sjø for renset prosessvann,
- Etablering av ny kjøle-krets basert på sjøvann,
- Bygningsmessige ny-bygg/ oppgraderinger/ rivning

6.10.3 Beskrivelse av integrasjonsarbeidet (2s)

I dette kapitlet er integrasjonsarbeidet beskrevet.

6.10.3.1 Introduction

The main principle for the installation at Norcem is that the cement production shall be maintained undisturbed during all phases of the site preparation and construction. There is one exception, namely for activities performed during the annual 3-week maintenance outage periods.

Extensive Civil and Structural work including demolition, relocation and new built are to be performed, and the installation of new plant and components at site can only start after these activities are completed. Both the construction- and installation work itself and the logistics like material receipt, temporary storage, pre-assembly, internal transportation and location of cranes and other temporary installation aids must be organized and performed without disturbing the daily operation of the factory.

6.10.3.2 Demolition

Buildings and other civil structures that needs to be demolished have been identified. Any process related functions within these structures will be closed and all pipework and el./ aut. cables will be disconnected prior to demolition. The demolition itself will be carried out with focus on source sorting of the debris.

For process functions or substations that need to be relocated, the new replacement functions need to be fully established and operational before demolishing the existing facility.

6.10.3.3 Process plant construction philosophy

There is good access to local work force in the area, and an attractive construction philosophy is to have medium sized process skids, pre-fabricated pipe sections and structures supplied from local workshops.

Pipe Spools and structures to be in suitable lengths for road transport and handling on site. This includes fittings and attachments to minimize hot work at site.

There will be a few pre-fabricated process packages. These may arrive at site complete on structural skids or alternatively enclosed in smaller modules, all complete installed with piping, instrumentation, insulation etc. and pre-commissioned and tested by the vendors. The largest vendor packages like CO₂ compressor and dryer will be delivered at site in several skids/units. To complete these packages, remaining mechanical installation and interconnecting piping delivered as loose items needs to be installed at site after lifting the individual skids/units into their final position.

There will be prepared temporary laydown areas for storage of materials and for pre-assembling of arrived bulk materials and pre-fabricated sections. The area includes temporary installation of power, water, drainage, illumination and fencing.

6.10.3.4 Transport to site

The transport method of the different components will be evaluated by the following key factors:

- The size and shape of the component
- The load out facilities at fabrication site
- The load in facilities at construction site
- Duration of the transport
- Cost involved with the transport

Transport method planned to be used are:

- Large ship
 - Heavy equipment for long distance transport
- Smaller ship (coaster)
 - Equipment, Structural sections, Pipe rack sections
- Trucks
 - Pipe spools, Ladders, platforms, Smaller pipe supports and pipe rack sections, Smaller equipment

The quay for off-loading the heavy equipment will be “Cementkaia”, see figure 6-20:

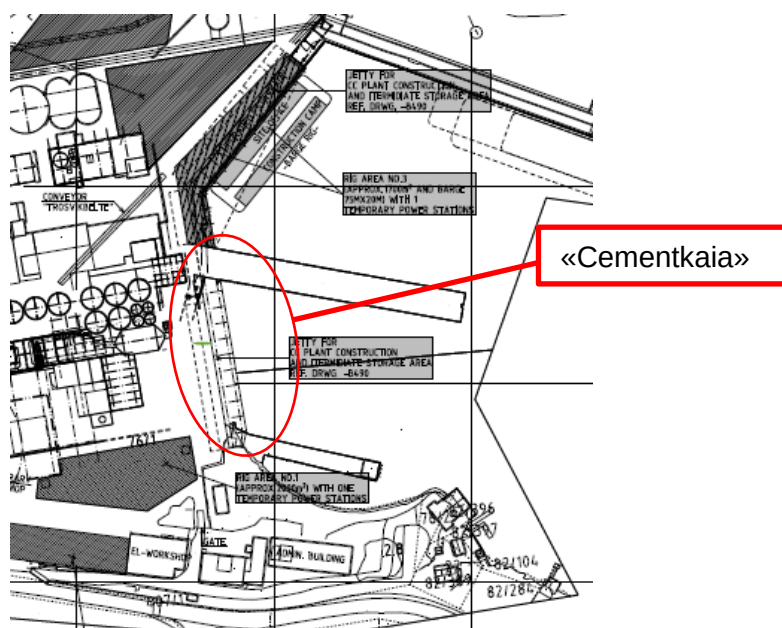


Figure 6-20: Location of “Cement kaia”

Bulk and smaller components off-loaded from ship may also be handled over the “Stavkaia”.

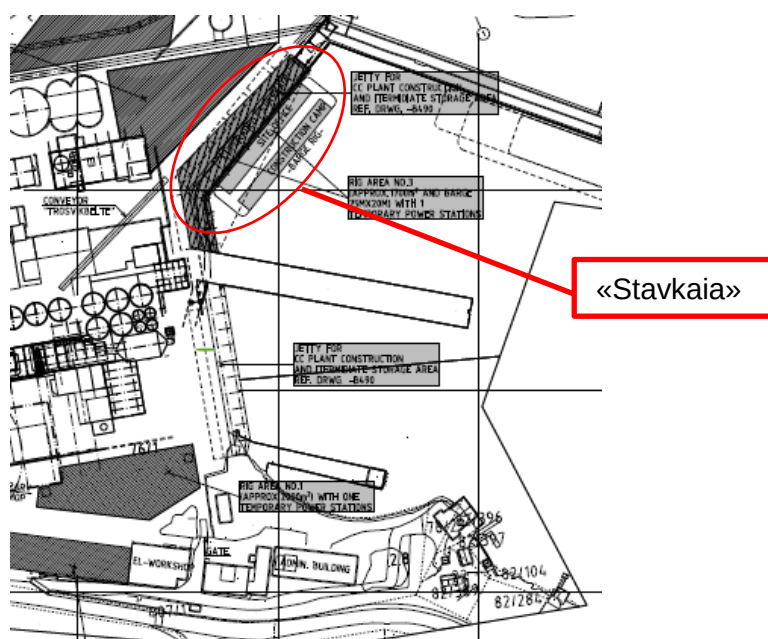


Figure 6-21: Location of “Stav kaia”

CO₂ storage tanks are planned to be off loaded at “Breviksterminalen”.

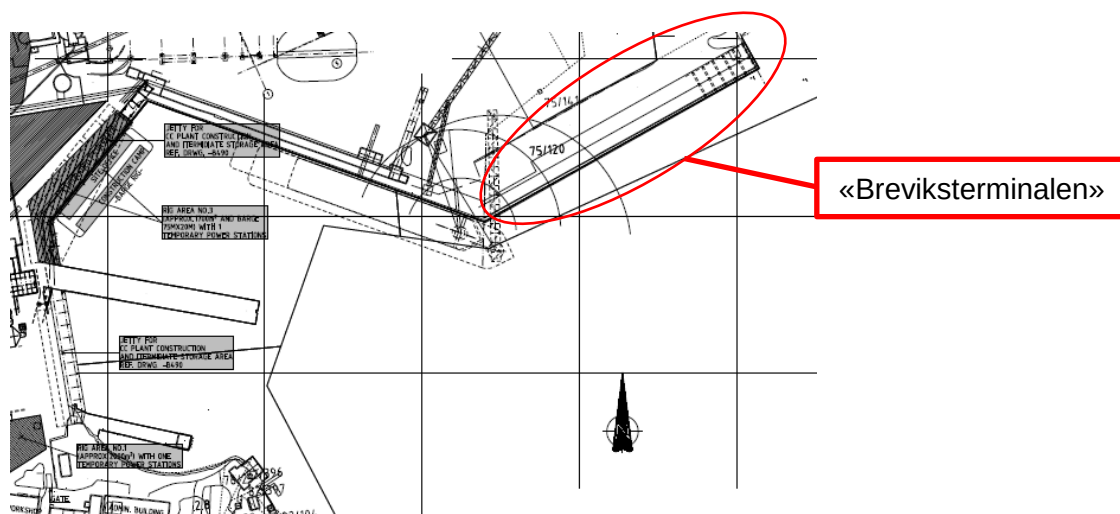


Figure 6-22: Location of "Breviksterminalen"

6.10.3.5 Internal site transport

The site transport from quay side will be performed by using ordinary flat truck transporters or fork lift for minor or less heavy equipment. For more heavy and large equipment, the use of SPMT (Self-Propelled Modular Transporter) trailers will be assessed.

The transport of the WHRU 2 is challenging due to the long distance from the quay and the need for crossing a main public road. The units are also quite heavy (approx. 60 tons each) and bulky (approx. 6.5 m long and 3.5 m in diameter).

6.10.3.6 Lifting

The cranes on site will be used for unloading equipment of the transport vessels, and for installation of the equipment on to the supports.

For the lifting of heavy equipment from the vessel to the quay a 500 tonnes floating crane is used.

There will be a tower crane located in the process area with a capacity of 5 to 15 tonnes depending on radius.

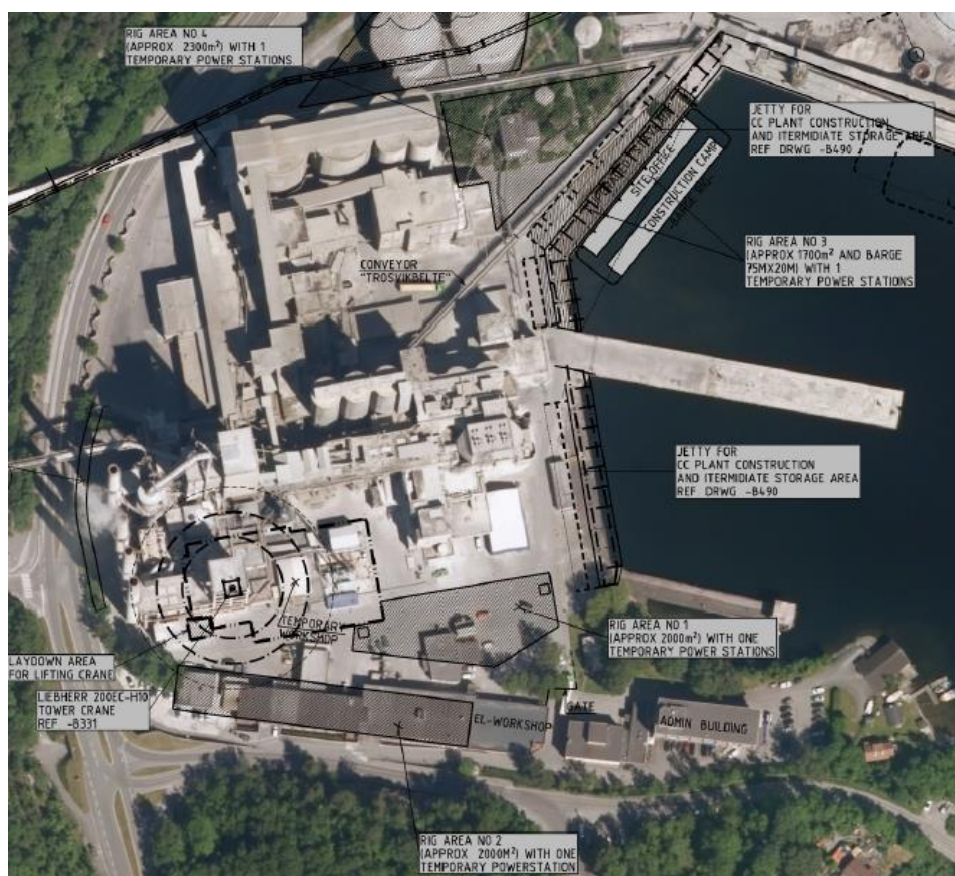


Figure 6-23: Location of tower crane and rig areas

Supplementary lifting in areas outside the tower-cranes range will be by mobile cranes or truck cranes depending on the access and required capacity (weight, horizontal distance and height).

A crawler crane will perform the heavy lifts of the Absorber, the Desorber, the DCC, the Compression Package items, the Reclaimer skid, the Storage tanks and the WHRUs. The Absorber needs to be raised from horizontal to vertical position by using 2 cranes.

Location of the crane for the lifting of equipment to be installed in the main process area will be in the area for the future CO₂ compressor building. When these lifts are finalized the crane will move and do the lifting of the remaining. It is foreseen that the fans and the duct work for the flue gas arrangement may be lifted with the tower crane.



Figure 6-24: Location of crawler crane for lifting operations in the main process area

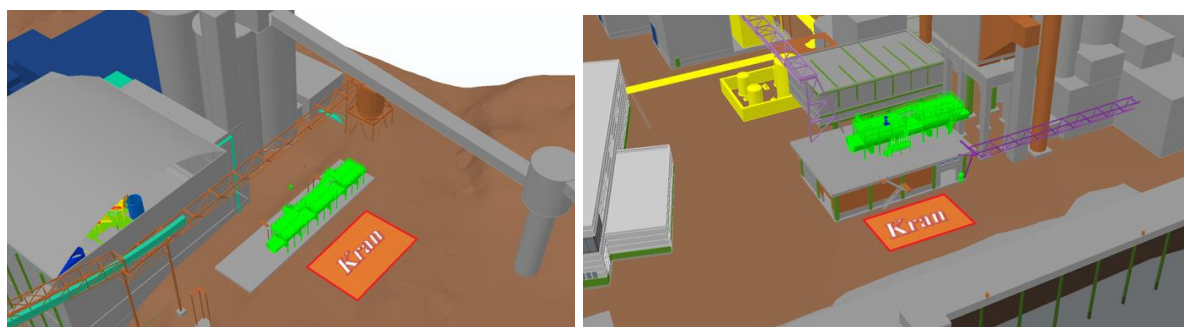


Figure 6-25: Location of crawler crane for lifting operations in the WHRU 2 and 3 area.

6.10.3.7 Rig and laydown areas

The cut-outs from figure 6-23 shows the four-planned main rig and laydown areas. The areas are also shown on drawings nos. NC02-NOCON-C-XE-0330, 0331, 0332 and 0333.

- Rig area 1: 2.000 m² with one temporary power station



- Rig area 2: 2.000 m² with one temporary power station



- Rig area 3: 1.700 m² with barge and one temporary power station



- Rig area 4: 2.300 m² with one temporary power station



There will be some additional capacity for intermediate storage on the upgraded Cementkaia and Stavkaia.

6.10.3.8 Construction Schedule

It is of utmost importance to develop a proper construction plan including all preparatory works on site to make sure that all major parts of site installations have been considered with respect to time, risk and cost. The available foot print area for installation and access is restricted, requiring a proper installation sequence to avoid that access for installation is blocked, and to maintain the access to the daily operation of the factory. Required modifications to existing systems like demolition of equipment and structures to release area for new installations, relocation and/or replacement of existing equipment, reinforcement of existing structures and other preparatory work forms a major part of the construction work.

6.11 Dokumentasjon av konseptvurderinger og valg (2t)

I dette kapitlet er dokumentasjon av konseptvurderinger og valg i prosjektet beskrevet.

6.11.1.1 Layout/ Plassering

I forbindelse med Mulighetsstudien (2016) ble den best egnede plasseringen av fangstanlegget valgt til å være rett foran sementovnen (ovn 6), hvor nærhet til fabrikken og kaiområdet er optimal. Ettersom tilgjengelige arealer er begrenset ble anlegget plassert slik at tilkomst til fabrikken fremdeles var sikret. Arealbegrensninger til tross ble ingen show stopper identifisert for valgte løsning.

I forbindelse med avslutningen av Mulighetsstudien, kom det frem at Aker Solutions hadde behov for et vesentlig større prosessområde enn det som var designet for i studien. Dette har fått betydelig konsekvenser for eksisterende bygningsmasse ved verkstedene, herregarderobe og kantinen. Bygningsmassen her må rives og re-lokaliseres. I konseptstudien er det derfor inkludert et nytt vedlikeholdssenter som fyller de samme funksjonene som ved dagens drift. Til tross for at fangstanlegget ble større, og flere bygg måtte rives har konsept studien vist at denne lokaliseringen fremdeles er den optimale plasseringen av fangstanlegget. Dette grunnet nærhet til tie-ins for røykgass og overskuddsvarme, kjølevannsinntaket, CO₂ mellomlager, og eksisterende kontrollrom samt at gjeldende plassering er den eneste som er stor nok for å dekke arealbehovet og samtidig er innenfor Norcems reguleringsområde.

I konsekvens-utredningen har vi vurdert lagring av CO₂ under trykk som et av de viktigste risikoforholdene som må utredes. Vi tror at dette forholdet er det de ansatte samt lokalbefolkning vil være mest opptatt av ved en eventuell realisering. Med tanke på nærhet til ansatte og lokalbefolkning og med tanke på å unngå unødvendig usikkerhet, ble det derfor besluttet å flytte mellomlageret for CO₂ til kalksteins-lageret. Analyser av CO₂ spredning ved store lekkasjer fra mellomlager viser at denne plasseringen gir lavere risiko for eksponering av både 3. part og ansatte. Med denne lokaliseringen er det da lite hensiktsmessig å beholde opprinnelig kai, samt at scenario med at båt kunne krasje i kai, så nære driftsområde, ikke var ønskelig. Kastolkaia er lagt til grunn i designbasis, men Breviksterminalen er også aktuell. Endelig valg av kai-alternativ vil bli foretatt i neste fase av prosjektet. Kostnadmessig er det ikke store skilnader i de to alternativene.

6.11.1.2 Varmegjenvinning fra sementprosessen

I Mulighetsstudien gjennomførte Aker Solutions en inngående studie i hvordan restvarme fra fabrikken kunne utnyttes til produksjon av lavtrykksdamp for regenerering av aminet i fangstanlegget. To konsepter ble studert; 1) bruk av vannrørskjeler og 2) røkrørskjeler til dampproduksjon. Det viser seg at vannrørskjeler er kjent teknologi for sementindustrien mens erfaring med bruk av røkrørskjeler er ukjent. Ved sammenligning av de to konseptene var det klart at vannrørskjeler er vesentlig dyrere, tyngre og har et mye større arealbehov, sammenlignet med røkrørskjelene. Det vises til spesialrapport «*WHRU Design and Integration Study including appendices*» fra Mulighetsstudien for flere detaljer.

I utgangspunktet er røkrørskjeler kjent teknologi, men ikke brukt i sementindustrien. For å redusere risiko ved foreslått konsept, har Norcem sammen med Aker Solutions og Norsk Energi i 2016-2017, bygget en røkrørspilot som er testet under reelle betingelser på sementfabrikken i Brevik. Resultater fra testingen er lovende og varmeovergangstallene er høyere enn forventet. Likevel er det en restrisiko forbundet med det valgte konseptet, ettersom man ikke har lyktes å teste ved de høyere temperaturene (350-390°), som vil være aktuelle dersom disse kjelene vil benyttes i full-skala. For å redusere restrisikoen har Norcem søkt Gassnova/ CLIMIT om støtte til en ny pilot, hvor testing ved høyere temperaturer vil bli utført.

I tillegg til testingen har Norcem sammen med Norsk Energi og DNV GL satt i gang en teknologikvalifisering av røkrørskjelene. Resultater fra pilottestingen brukes i kvalifiseringen og planen er å ferdigstille teknologikvalifiseringen i forbindelse med DG3.

Det vises til leveranse NC02-NOEN-A-RA-0030; «7.03 Konseptstudierapport WBS 550» for detaljer rundt varmegjenvinningskonseptet fra sementprosessen. Se vedlegg J.

Endelig teknologivalg vil ikke kunne tas før teknologikvalifiseringen er gjennomført og vil baseres på den risikoen HeidelbergCement er villig å ta i valg av kjel for varmegjenvinning. Dersom HeidelbergCement sier

nei til røkrørskjelene, vil vannrørskjeler måtte anvendes. Det vil bety betydelige endringer i design, med tanke på plassering og integrering.

6.11.1.3 Fangst

Fangstteknologivalg

Som nevnt i mange sammenhenger er det et viktig kriterium for HeidelbergCement at teknologien som eventuelt skal anvendes i full-skala, må være kvalifisert gjennom testing under reelle betingelser på sementfabrikken. Etter en screening av teknologier i 2011-2012, valgte Norcem ut 4 post-combustion teknologier for videre testing i Brevik. Basert på resultatene fra testingen var det kun aminteknologien som Norcem vurderte å være moden for fullskala demonstrasjon. Aker Solutions har demonstrert sin teknologi gjennom 8000 testtimer i Brevik og med svært gode resultater. Forut for testingen i Brevik, utviklet Aker gjennom SOLVit programmet en «grønn» solvent; S26 som har vist seg å være godt egnet til bruk på sementtrøykgass. Videre har Aker testet den samme solventen på TCM-anlegget samtidig som de testet med sin MTU. Aker Solutions har derigjennom tilegnet seg verdifull kunnskap og erfaringer med testing i større skala. Aker Solutions bygget også aminanlegget på TCM og har dermed inngående kjennskap til bygging og drift av dette anlegget som vil være verdifullt ved en eventuell realisering i Brevik.

Sett i myndighetenes 2022-perspektiv vurderer Norcem at tidsbegrensninger ikke tillater testing av eventuelt andre aminteknologier levert av andre leverandører. Med bakgrunn i dette har Norcem tatt et valg både når det gjelder fangstteknologi og leverandør.

Ny pipe (høyde, plassering, spredning)

I forbindelse med Mulighetsstudien ble den eksisterende pipa i Brevik (pipe 3) vurdert å være i for dårlig forfatning til at denne kunne brukes også til utslipp fra fangstanlegget og at kostnadene for en oppgradering ville bli uforholdsmessige høye sammenlignet med å etablere en ny pipe. Det ble derfor bestemt at man skulle etablere en ny pipe på toppen av absorpsjonstårnet hos Aker. Men tanke på utslipp og nedfall lokalt, ble det i Mulighetsstudien gjennomført en rekke simuleringer hvor spredningsmønstre ble studert. Ut fra beregningene ble det bestemt å øke pipehøyden til ca. 100 m, mot dagens 80m. Økt pipehøyde har vært et ønske fra miljømyndigheter over mange år.

For å spare kostnader vurderes å bruke lokale leverandører og entreprenører. Aker Solutions er i dialog med flere lokale aktører og vil jobbe videre med dette i neste fase av prosjektet. Videre vurderer Aker Solutions hva som er økonomisk mest hensiktsmessig i forhold til bygging og inntransport av skid-løsninger, kontra bygging lokalt og på plass på Norcem.

6.11.1.4 Kondisjonering

Det vises til kap. 6.3.5 for detaljer rundt selve kondisjoneringskonseptet som er valgt. For teknologivalg for CO₂ kompressor vises til kap. 6.7.2. CO₂ produkt spesifikasjon er detaljert beskrevet i kap. 6.4.

6.11.1.5 Mellomlager (plassering, størrelse)

I forbindelse med Mulighetsstudien ble Kullkaia valgt til utskipning av CO₂ samt at mellomlageret var plassert ved Sekkelagaret (inne i fabrikken). Ved innledningen til Konseptstudien, ble disse lokasjonene av sikkerhetsmessige grunner forkastet. Mellomlageret er flytte til baksiden av kalksteinslageret, mot Renor. For basecase alternativet (4 dagers anløpsfrekvens), er lageret designet for en kapasitet på 5 900 m³. Det vises til kap. 6.3.6 for flere detaljer. Plassering er vist i figur 6-17.

6.11.1.6 Kai

Det er ikke endelig avklart hvilke kai-fasiliteter Norcem skal bruke til utskipping av CO₂. Kastolkaia er lagt til grunn i designbasisen, men Breviksterminalen er også aktuell. Kostnadmessig er det mindre forskjeller med de to alternativene. Endelig avklaring på kai vil bli avklart i neste fase av prosjektet.

Nødvendige fasiliteter på kai for utskipning av CO₂ er diskutert i kap. 6.3.7.

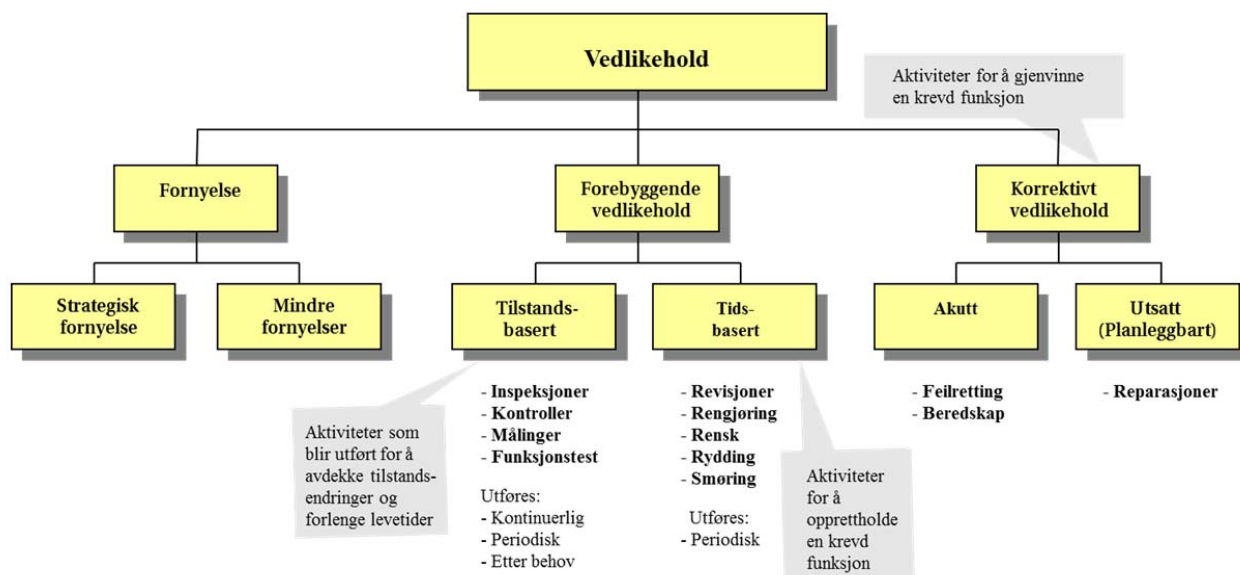
6.12 Filosofi og prosedyrer for drift og vedlikehold (2n)

Dette kapitlet omhandler filosofi og prosedyrer for drift og vedlikehold av fangstanlegget samt beskrivelse av organisasjon, systemer og integrering med eksisterende operasjon.

Sementfabrikkens vedlikeholds-filosofi videreføres til CCS Demonstrasjonsprosjektet:

- Minimal dublering av kritisk utstyr i felt
- Kontinuerlig vurdering av nødvendige reservedeler som bestilles inn på lager
- Vedlikehold på utstyr vil bli utført når det er driftsstans ved sementfabrikken
- Omfattende forebyggende rutiner for sjekk av utstyr
- Prioriteringer og planlegging gjennom hele året
- Planlegger en 3 ukers årlig vedlikeholds stopp, sammen med sementfabrikken, typisk i perioden mars/april.
- 1-strengs produksjon fra A-Å (jf. kap. 6.3.3.4 «Design conditions»)
 - Ingen dublering av utstyr
 - Kritisk utstyr, reserve på lager av
 - Kapasitetsmessig, en eneste lang flaskehals
- Reservedeler finnes på lager
 - Som gir tilstrekkelig tid for nyanskaffelse, dersom nødvendig
- CCCP må ikke påvirke tilgjengelighet til ovn
 - Bare ovnsdriften, dvs sementproduksjon vil påvirker CCCP
 - Kritikalitet i drift av CCCP må sees i lys av fangst-krav/forpliktelser til krav fra myndighetene
- Vaktordning (el/aut og mekanisk)
- Velutstyrt verksted og god kompetanse
 - I kritiske situasjoner «make not buy»
 - I tillegg mye kompetanse i Grenlandsområdet

Viktig utstyr for sementproduksjonen er gjenstand for mange kontroller og overvåking som skal sikre riktig tidspunkt for innkjøp og installasjon av nytt. Det er statistisk sannsynlig med en stopp i året på ovnen hvor varigheten vil være på mellom 5-7 døgn. Når disse stoppene opptrer, benyttes stoppen til å utbedre ting som er registrert som en risiko siden siste stopp. Under disse stoppene gjøres det også kontroller som kan avdekke ytterligere behov for reparasjoner for å sikre regularitet etter stoppen.



Figur 6.26: Vedlikeholds-filosofi

6.13 Teknisk modenhet (2f)

I dette kapitlet er oppdatert beskrivelse av teknisk modenhet, herunder usikkerhetsområder, plan for/ utført teknologikvalifisering og status.

Den foreslåtte fangstteknologien til bruk i Brevik er Aker Solutions' ACC™ teknologi. Dette er en post-combustion teknologi hvor fangst skjer etter forbrenningsprosessen. En av fordelene med post-combustion teknologi er at den kan anvendes på mange ulike prosesser og utslippskilder i industrien. I utgangspunktet vil denne type teknologi være mindre integrert med eksisterende fabrikk og derfor være egnet for etterinstallasjon. Aker Solutions har utviklet en egen solvent (S26), egnet for sementrøykgass og i tillegg er teknologien demonstrert gjennom en mindre testpilot (Aker sin MTU), i nærmere 8000 testtimer i Brevik. Teknologien er vurdert å være moden (TRL 9 US DOE skala), og klar for fullskala demonstrasjon. Dersom karbonfangstanlegget i Brevik realiseres, vil dette likevel være den første sementfabrikken i verden som er utstyrt med fullskala karbonfangst. Dette vil gi en unik mulighet til å demonstrere at karbonfangst fungerer og på en trygg måte. Aker Solutions har i tillegg bygget aminfangstanlegget på TCM (Test Centre Mongstad), og testet ulike solventblandinger (inkludert S26 som skal brukes i Brevik). Dette har bidratt til lærings- og kunnskapsoppbygging, viktig for utvikling av fullskala fangst i Brevik.

Dersom fabrikken i Brevik skal driftes med fangst, vil det bety at fabrikken skal operer ved mye høyere temperaturer (~ 400-420 °C), kontra dagens temperaturnivå som er i området 100-150 °C. Konseptstudien har vist at det vil være behov for ombygginger av filtre og ventilatorer for å operere fabrikken under det nye regimet. Norcem ser ingen større risikoer per i dag med å kjøre fabrikken ved de høyere temperaturene, men ombygginger/ modifiseringer av noe utstyr vil bli nødvendig. Det ligger imidlertid en større usikkerhet i overgangene mellom drift, med fangst og uten fangst (dagens drift) dersom fangstanlegget står. Dersom fangstanlegget står skal sementproduksjonen foregå med bruk av kjøletårn med vanninnsprøyting, mens kjøletårnene ikke skal brukes dersom fangstanlegget er i drift. Det er usikkert om man vil oppnå driftsforstyrrelser ved overgang fra det ene til det andre driftsregimet. FLSmidth bistår Norcem i å vurdere konsekvenser av de to driftsregimene.

Karbonfangstanlegget vil være betydelig integrert med sementfabrikken. Blant annet vil fangstanlegget i all hovedsak operere med gjenvinning av restvarme fra sementprosessen. I konseptstudien er varmegjenvinning ved hjelp av røykerørskjeler videre utviklet. Pilottester er gjennomført for bestemmelse av kjelens virkningsgrad. Resultatene så langt er lovende, men det gjenstår en restrisiko forbundet med testing ved høyere temperaturer (~ 400-420 °C), noe som vil være aktuelt dersom prosjektet realiseres. Norcem har derfor søkt Gassnova gjennom CLIMIT-programmet om støtte til videre pilottesting. Gassnova fattet 6. september vedtak om støtte til videre pilottesting, som vil pågå gjennom forprosjektfasen og som er en del av den nødvendige teknologikvalifiseringen.

Aker Solutions har utviklet en CO₂ kompressor med integrert varmegjenvinning. Den spesifikke løsningen vil resultere i signifikant reduksjon i termisk energiforbruk i fangstanlegget. Det finnes ingen anlegg per i dag hvor denne løsningen er i bruk og en realisering i Brevik vil bidra til teknologisk utvikling og verifikasjon. Teknologien er i all hovedsak interessant for industrier hvor damp ikke er tilgjengelig for fangstanlegget og hvor varmegjenvinningsanlegg er nødvendig for å gjennomføre fangst. Aker Solutions har gjennom Konseptstudien gjennomført et teknologikvalifiseringsprogram i samarbeid med DNV GL. Programmet vil videreføres og avsluttes i Forprosjektfasen.

Det er designet et mellomlager for CO₂ basert på en skipsfrekvens på 4 dager (base case). Lageret er designet med 6 vertikale tanker. Fra lageret vil CO₂ transporteres i rør til kai for lossing. System for lasting og lossing vil videre utvikles gjennom forprosjektet.

Integrasjon med fabrikken, teknologikvalifisering av 1) varmegjenvinningskonseptet fra sementprosessen & 2) CO₂ kompressor med varmegjenvinning, utvikling av design og layoutsavklaringer vil videre utvikles gjennom forprosjektfasen.

6.14 Tekniske standarder (2v)

Oversikt over tekniske forskrifter og standarder som er lagt til grunn for arbeidet som er utført i konseptfasen er listet opp i vedlegg A. Omfanget av gjeldende standarder fra Heidelberg Cement vil avklares i forprosjektet.

Norconsult henviser til NS3420 og andre norske og europeiske standarder som gjelder for bygg- og anleggsgfag, landbasert industri. De kommer i tillegg til de som er listet opp i vedlegg A.

6.15 Utkast til Arbeidsomfangsdokument for avtale om bygging og drift (2p)

I dette kapitlet skal utkast til Arbeidsomfangsdokument for avtale om bygging og drift beskrives. Etter avtale med Gassnova vil ikke dette gjøres før i DG3.

7 HELSE, MILJØ OG SIKKERHET

7.1 HMS mål, prosesser og resultater ved DG2 (3a)

I dette kapitlet er oppdatert dokumentasjon av HMS mål, prosesser og resultater ved DG2 beskrevet.

I samsvar med Norcems HMS policy og identifiserte risikoforhold, har prosjektets overordnede mål vært at prosjektet utføres med høyt fokus på HMS i prosjekteringen og at prosjektets aktiviteter gjennomføres basert på systematisk identifisering, implementering og oppfølging av alle HMS forhold. Prosjektets overordnede mål med hensyn til HMS er uendret fra konseptperiode til forprosjekteringsperiode.

Vår målsetting for helse-, miljø- og sikkerhetsarbeidet har vært og vil fortsatt være:

- Ingen skal bli skadet under utførelse av sitt arbeide i forprosjekteringsfasen
- Sikre en HMS standard som bidrar til at risikoeksponeringen for personer, miljø og materiell under gjennomføringen av prosjektet og senere ved bygging og drift blir så lav som mulig
- I forprosjekteringsfasen vil HMS i design ha høyest prioritet

For å nå våre HMS mål har følgende forhold hatt høy prioritet;

- Forankring og engasjement i prosjektledelsen
- Fokus på HMS i organisering, planlegging og gjennomføring av arbeidet
- Prosjektpersonell med positiv holdning til og personlig ansvar for HMS
- Null toleranse for brudd på fabrikkens sikkerhetsregler
- God informasjon og instruksjon/trening av personell ved behov for å oppnå en sikkerhetsbevisst holdning og gode arbeidsrutiner
- Systematisk identifisering av høyrisiko områder/aktiviteter
- Miljøaspektet skal behørig vurderes i evalueringen av design
- Design gjennomgang og risikoanalyse teknikker samt erfaringsoverføring fra sammenlignbare prosjekter, vil systematisk brukes til å identifisere problemområder og å foreslå forbedrede løsninger.

God kommunikasjon med Norcems helse, miljø og sikkerhetspersonell og prosjektets ulike prosjektpartnere har vært viktig for å oppnå målene i konseptperioden. Som en del av risikostyringen har også kartlegging av gjeldende regelverk og standarder vært en viktig oppgave.

Både Norcem og prosjektpartnerne har gjennomført fareidentifikasjon av sitt arbeidsomfang i prosjektet. Alle prosjektpartnerne har dokumentert dette i sine respektive aksjonsregistre fra disse fareidentifikasjonene. Norcem har dokumentert dette i sitt eget register kalt «Aktivitetsregister». Disse aksjonsregistrene overføres til neste prosjektfase for å dokumentere begrunnelsen for aksjoner som er lukket samt å sikre at åpne aksjoner får videre behandling. Siden vi har vært gjennom en konseptperiode, er majoriteten av aksjoner fortsatt ikke lukket, men vil bli fulgt opp i forprosjekteringen.

Det er ikke registrert uønskede helse-, miljø- og sikkerhetshendelser i konseptperioden. Det er heller ikke avdekket uhåndterbar risiko med hensyn på helse-, miljø- og sikkerhet.

7.2 HMS program (3b)

HMS Program, dokument nummer: NC02-NOCE-S-RA-0001 er oppdatert og foreligger nå i revisjon 3, se Vedlegg N. HMS Aktivitetsplan, dokument nummer: NC02-NOCE-S-RA-0002 er også oppdatert og tilpasset neste prosjektfase, se vedlegg O.

7.3 Status konsekvensutredning

Norcem i samarbeid med Multiconsult er godt i gang med forberedelsene av konsekvensutredningen. De forhold som vil få hovedvekt i utredningen er utslipp til luft, utslipp til vann, støy og spredningsfare fra CO₂-mellomlageret.

Det er avholdt møter med Porsgrunn Kommune, Miljødirektoratet (MDir) og Direktoratet for Sikkerhet og Beredskap (DSB). I forhold til Porsgrunn Kommune pågår en dialog for å få bekreftet at prosjektet ikke krever ny reguleringsplan, men at bygging av fangstanlegget vil bli en byggesak. I møtet med MDir ble det fra direktoratet stilt spørsmål om prosjektet trenger å gjennomføre en KU, ettersom det er usikkert om dette er et krav i Sektorloven. Fra Norcem sin side, er det et ønske om å gjøres en KU selv om det er sannsynlig at sementfabrikken med CO₂-fangst, ikke omfattes av kravene i loven rundt dette punktet. Det må avklares med MDir at de setter av ressurser til rollen som utøvende myndighet.

I møtet med DSB ble det klart at de ikke kommer til å være utøvende myndighet hverken under den gjeldende Sektorloven eller den oppdaterte versjonen som trådte i kraft i juni/ juli 2017. Norcem har videre dialog med DSB og utarbeider nødvendig dokumentasjon/ underlag som grunnlag for direktoratets fremtidige samtykke under gjeldende regelverk.

Etter planen vil det bli sendt ut en melding med forslag til utredningsprogram rett etter sommeren.

7.4 Resultater fra HMS studier (3c)

I dette kapitlet er resultater av HMS-studier – e.g. HAZOP, ENVID, WEHRA, ekstern støy, spredning av utslipp osv. ved DG2 presentert.

7.4.1 Betrakninger av mulig økt risiko ved introduksjon av fangstanlegget

I løpet av konseptfasen har vi fått en god oversikt over hvilken risiko introduksjon av karbonfangstanlegget representerer. Fokus i studiene og forberedelser til videre studier har vært:

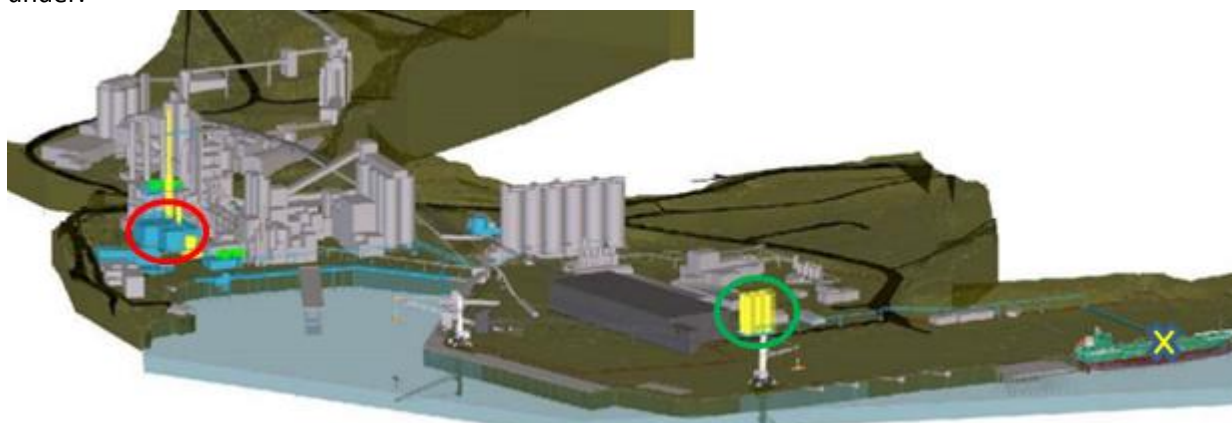
- Risiko ved mellomlagring av nedkjølt CO₂ under trykk samt lekkasjer fra CO₂ rørgater
- Lekkasje av CO₂ i fangstanlegget grunnet uønskede hendelser
- Utslipp fra fangstanlegget
- Forurenset grunn/sedimenter
- Støy

7.4.2 Risiko ved mellomlagring av nedkjølt CO₂ under trykk samt lekkasjer fra CO₂ rørgater

CO₂ rutes flytende i 4" rør i luft (plassert i fagverkskonstruksjoner) fra fangstanlegget til mellomlager (foreløpig er 6 tanker planlagt) og derifra går CO₂ fra mellomlager til kai gjennom et 12" rør. Gassretur fra kai til mellomlager går gjennom et 8". Et 6" rør for returgass (CO₂) følger samme trase tilbake fra kai til

fangstanlegg. Ved lekkasjer/brudd i rørgate vil volum som slippes ut være relativt begrenset da det er planlagt med seksjonering (ventiler på ulike områder som automatisk stenges ved trykkfall). Det er også planlagt for hensiktsmessig tidlig deteksjon av CO₂. Av andre barrierer er det planlagt med relativt kraftig fagverkskonstruksjoner med den hensikt å redusere antall støttepunkter som for øvrig er kollisjonssikret. Fagverkskonstruksjon/bære bro for CO₂ rør er plassert 7 meter over bakkenivå, noe som ytterligere reduserer risiko for lekkasje grunnet kollisjon. Eksponering av 3. part grunnet lekkasje fra CO₂ rørledninger vurderes å være neglisjerbar.

Da lagring av betydelige mengder av flytende CO₂ under trykk er en relativt ny problemstilling med hensyn på risiko for 3. part, har dette blitt vurdert relativt grundig i mulighetsstudien og fulgt opp i konseptfasen. I mulighetsstudien var mellomlageret plassert i selve fabrikkområdet nær fangstanlegget. I konseptfasen er dette mellomlageret flyttet ut nærmere kai området som vist med grønn sirkel i figuren under.

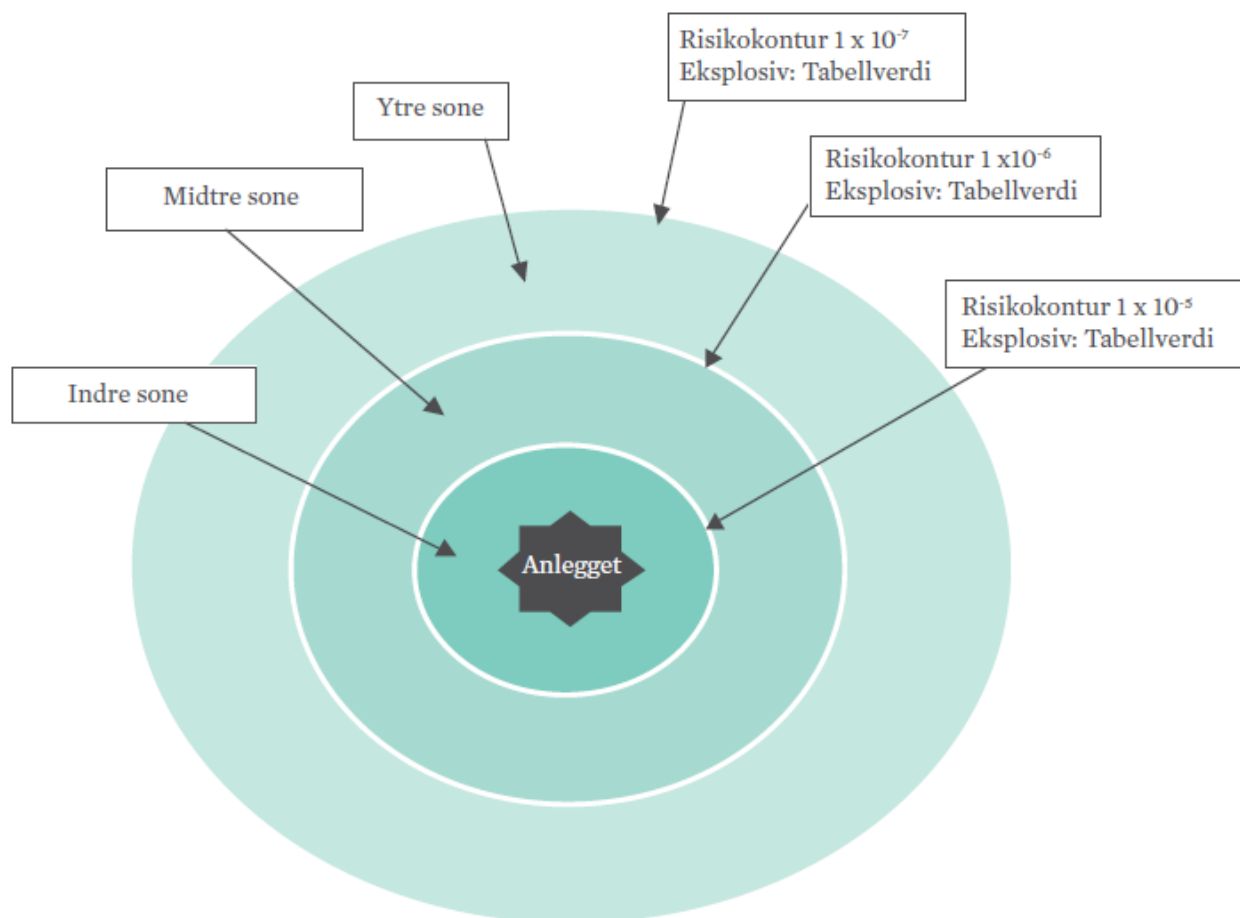


Figur 7-1: Plassering av mellomlager for CO₂

Aker Solution har engasjert Safetec for å evaluere risiko ved lekkasjer fra mellomlageret. Safetec har benyttet 7 % CO₂ i luft som kritisk for 3. part, noe som representerer en dødelighet for 1 % av de eksponerte ved 30 minutters varighet. Foreløpige resultater viser at flytting av mellomlager nærmere kai området reduserer risiko for 3. part.

Feil! Fant ikke referanseilden. er hentet fra DSB, Veileder om sikkerheten rundt storulykkevirkksomheter og ngir hva som aksepteres av individuell risiko i ytre, midtre og indre sone rundt et fabrikkannlegg.

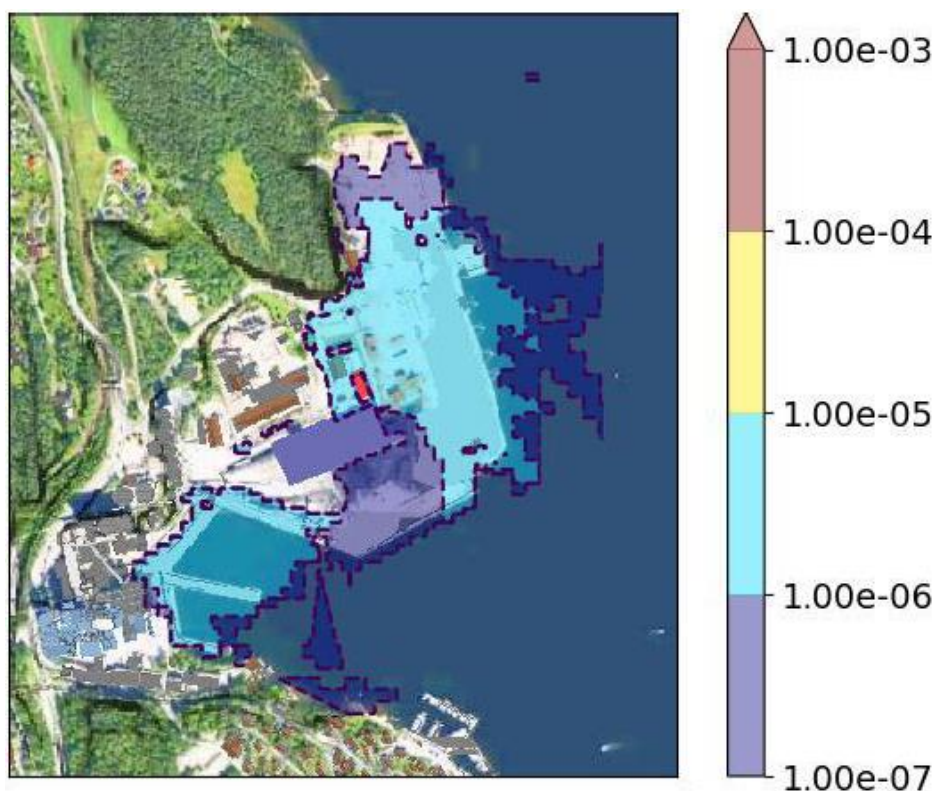
- Områder planlagt til boligformål bør lokaliseres i ytre sone ($1 \times 10^{-7} \leq$ individuell risiko $< 1 \times 10^{-6}$)
- Småbåthavna og havna nord/øst for lagertankene kan lokaliseres i midtre sone ($1 \times 10^{-6} \leq$ individuell risiko $< 1 \times 10^{-5}$)
- Personer i båter som passerer havneområdet nær Norcems fabrikk er forventet å oppholde seg relativt kort tid i området og det aksepteres derfor at de passerer indre sone ($1 \times 10^{-5} \leq$ individuell risiko)



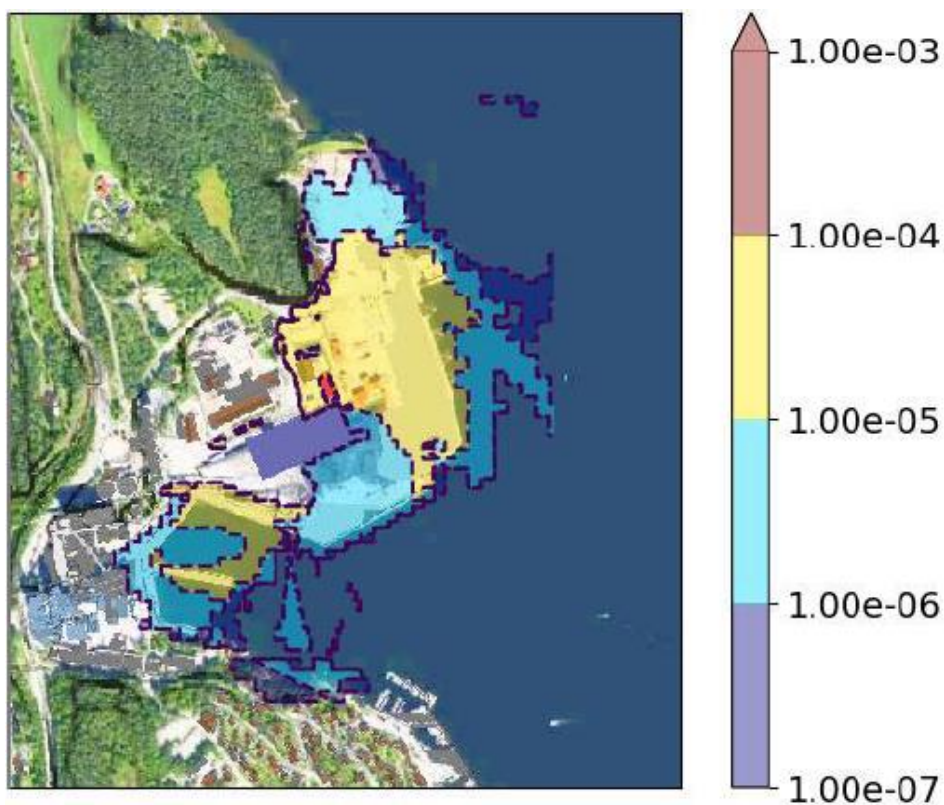
Figur 7-2: Soneinndeling rundt storulykkevirksomheter basert på risikokonturer

Feil! Fant ikke referansekilden. og **Feil! Fant ikke referansekilden.** viser Safetec's beregning, basert på to ulike metoder, av risikokontur for årlig dødelig eksponering 2.5 meter over havnivå. Indre sone er markert gul, midtre sone lyseblå og ytre sone mørkeblå.

Beregninger etter RIVM metoden viser at nærmeste bolig vil ligge i ytre sone. Benyttes UK HSE metoden ser vi at nærmeste bebyggelse vil bli liggende i grensen mellom ytre og midtre sone. Basert på disse resultatene og at mesteparten av bebyggelsen ligger betydelig høyere enn 2.5 meter over havoverflaten blir hovedkonklusjonen at risiko for eksponering av 3. part ved en stor CO₂ lekkasje er akseptabel med hensyn til krav fra Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB). Det er videre planlagt for deteksjonssystem som vil varsle 3. part i tilfelle omfattende lekkasjer. Dette vil bidra til at eventuell eksponeringstid for de fleste blir redusert.



Figur 7-3: Risikokonturer 2.5 m over sjø nivå for individuell årlig dødelig eksponering beregnet med RIVM metode



Figur 7-4: Risikokonturer 2.5 m over sjø nivå for individuell årlig dødelig eksponering beregnet med UK HSE metode

Aker Solutions har videre anbefalt flere risikoreduserende tiltak både med hensyn til egne ansatte og 3. part. Disse tiltakene er vist under og vil bli fulgt opp i forprosjekteringsperioden.

The following risk reducing measures are recommended to increase safety with respect to a CO₂ release from the storage tanks:

- *The storage tanks should be protected with bumpers to prevent collision by heavy vehicles.*
- *CO₂ detectors near the storage tanks that alarms personnel located at Norcem's facilities and inside the mines, and instructs personnel to evacuate to a secure location.*
- *3rd party persons should be warned by alarm so that they can move inside their houses or to a higher level in the terrain in case of large CO₂ releases (typically confirmed by detection by several CO₂ detectors) on the Norcem's facility.*
- *The small craft harbour and the harbour area near Norcem should be marked with signs informing people of the risk related to the CO₂ storage. This may increase probability of successful evacuation when the gas alarm is sounding.*
- *Access to the inner harbour area should be restricted by signs, etc. to reduce potential of exposing 3rd party persons.*
- *A high fence around the vessel park with opening towards the sea will limit the dispersion pattern and lead the CO₂ gas towards the sea. Results from this study shows that such walls must be very high to be able to deflect the dispersion pattern from a major release. However, lower walls would increase safety for 1st and 2nd party personnel in case of a smaller, yet significant release. It would also be easier to ensure a good detector layout if the CO₂ gas is entrapped near the storage tanks before further dispersion*
- For utfyllende informasjon vises til Aker Solutions rapport; CO₂ Release Risk Assessment Study, Doc no: NC02-AKER-S-RA-0002 rev. 02

7.4.3 Lekkasje av CO₂ i fangstanlegget grunnet uønskede hendelser

HAZID (fareidentifikasjon) av fangstanlegget ble sist gjennomført 19. juni 2017 med deltagelse fra Aker Solutions, Gassnova og Norcem. Størst risiko i selve fangstanlegget vurderes å være i forbindelse med kompresjon av CO₂ hvor trykket kan komme opp mot 70 bar. For å begrense en eventuell lekkasje og konsekvenser av en slik er det planlagt med både tidligdeteksjon og ventiler som stenger automatisk ved trykkfall. Systemer for tidligdeteksjon og automatisk stenging av ventiler ved trykkfall vil fastsettes i forprosjekteringsperioden. Lekkasje som omtalt her representerer ikke fare for 3. part og risiko for eget personell som må utføre inspeksjoner og lignende i området vil håndteres gjennom organisatoriske prosedyrer.

7.4.4 Utslipp fra fangstanlegget

Introduksjon av fangstanlegget vil på grunn av rensing av røykgassen før CO₂ fjernes, medfører generelt sett lavere utslipp av en del komponenter sammenlignet med i dag. Fokus i denne sammenheng er eventuelt høyere utslipp av dioksiner (grunnet endrede driftsbetingelser) og introduksjon av aminer som det forventes

små mengder av i røykgassen etter CO₂ rensing. Driftsbetingelser som muliggjør lave utslipp av dioksiner og eventuelt rensing av dette utredes fortløpende. Det forventes at dette blir løst og at utslipp av dioksiner ikke vil bli økt ved igangsetting av fangstanlegget.

Enkelte reaksjonsprodukter av aminer er påvist å ha karsinogen effekt. Sintef Molab utførte spredningsanalyser av røykgassen i Mulighetsstudien. Basert på spredningsanalysene beregnet NILU forventede miljøbelastninger med hensyn på Nitros-aminer og nitraminer i luft og vann ved bruk av S26. Konklusjonen fra NILU var; «The highest impact compared to the guidelines is for fresh water concentrations, and the maximum impact is less than 1 % of the guideline value».

Selv om utslippstillatelse for aminløsninger ikke er fastsatt av myndighetene, forventes det foreløpig å bli liggende på omtrent samme nivå som for Test Center Mongstad (TCM). I så fall forventes utslipp av aminer og reaksjonsprodukter å ligge langt under utslippsgrensen. Det er planlagt jevnlig målinger av røykgassen etter CO₂ rensing under drift for og raskt å kunne iverksette tiltak hvis økning av aminer påvises

7.4.5 Forurensset grunn/ sedimenter

Det vil bli utført en del grunnarbeider i forbindelse med bygging av et CO₂ fangstanlegg. Det er tidligere utført noe miljøtekniske undersøkelser av grunn på deler av aktuelt område. Områder som nå blir berørt er langt større. Norconsult er derfor engasjert for å kartlegge alle aktuelle områder. Dette arbeidet vil bli utført i mars 2018. I konseptperioden er det i kostnadsestimatet antatt at alle masser er sterkt forurensset (Tiltaksklasse 4/5) og at de må leveres til godkjent deponi.

7.4.6 Støy

Det ble utført omfattende arbeider med støykartlegging i Mulighetsstudien og vi har ikke foretatt noen endringer i konseptfasen. Norcem skal i dagens utslippstillatelse søke å redusere støy om natten (23:00–07:00) ned mot 50 dBA for nærmeste nabo. Norcem har engasjert Norconsult for å utarbeide en ny støymodell i forprosjekteringsfasen i den hensikt å kunne beregne støyeksponering hos nærmeste nabo fra blant annet nytt utstyr. Når hvert enkelt utstyrs faktiske lydtryknivå er kjent, vil dette legges inn i støymodellen og eventuelle behov for støydempingstiltak avklares. Vårt krav er at introduksjon av nytt utstyr til karbonfangstanlegget ikke alene skal eksponere nærmeste nabo for over 45 dBA.

7.5 HMS regelverk (3d)

I dette kapitlet gis en oversikt over og beskrivelse av relevant HMS regelverk og hvordan dette er ivarettatt i studiearbeidet frem til DG2.

For fangstdelen av CCS-kjeden er utøvende myndigheter vurdert å være Miljødirektoratet, Fylkesmannen, Porsgrunn Kommune, DSB og Arbeidstilsynet. I konseptperioden har vi avholdt møter med både Miljøverndirektoratet og DSB i den hensikt å avklare hvilke myndigheter vi skal forholde oss til på de ulike områdene. For mellomlageret (havnen) vil Kommunen og eventuelt Kystverket være utøvende myndighet. I møte med Porsgrunn kommune 24.4.2017 ble planene for karbonfangstanlegg på Norcems anlegg i Brevik presentert, og det ble diskutert om det utløser krav om ny reguleringsplan. Kommunen ønsket en skriftlig redegjørelse for dette. Denne redegjørelsen ble sendt til Porsgrunn Kommune 21.6.2017. Førøvrig vises til oversikten over offentlige tillatelser.

Følgende regelverk er identifisert å være relevant for studiearbeidet:

FOR-2016-06-03-569:	<u>Forskrift om tiltak for å forebygge og begrense konsekvensene av storulykker i virksomheter der farlige kjemikalier forekommer (Storulykeforskriften).</u>
FOR 2009-06-08 nr 602:	<u>Forskrift om håndtering av brannfarlig, reaksjonsfarlig og trykksatt stoff samt utstyr og anlegg som benyttes ved håndteringen.</u>
For-2009-08-03-1028:	<u>Forskrift om sikkerhet, helse og arbeidsmiljø på bygge- eller anleggsplasser (byggherreforskriften)</u>
FOR-2014-12-19-1758:	<u>Forskrift om konsekvensutredninger for tiltak etter sektorlover</u>
LOV-2008-06-27-71:	<u>Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven)</u>
FOR 2014-02-20-203:	<u>Forskrift om kvoteplikt og handel med kvoter for utslipp av klimagasser (Klimakvoteforskriften)</u> <u>Commission regulation EU 601/2012 on the monitoring and reporting of greenhouse gases</u>

I forbindelse med konsekvensutredningen blir listen over relevant regelverk gjennomgått i forhold til de områdene man vurderer relevante for utredningen og det vil gjennom møter med utøvende myndigheter (Miljødirektoratet, Direktoratet for Sikkerhet og Beredskap, Arbeidstilsynet, Porsgrunn Kommune og eventuelt Fylkesmannen), avdekkes om det må tas hensyn til ytterligere krav i studiearbeidet. Norcem har engasjert Multiconsult til å bistå med konsekvensutredningen som forventes ferdig våren 2018.

8 KVALITETSSIKRING

8.1 Status (4a, 4b)

Dette kapitlet gir status og evt. endring av akkreditering ved DG2. Videre beskrives status og hvis relevant oppdatert kvalitetsplan for gjennomført arbeid.

I løpet av konseptperioden har vi oppnådd målene som var satt:

- kvalitetssikre og forbedre kostnadsestimatet (+/-30 %) fra Mulighetsstudien
- å etablere hensiktsmessige systemer for styring av kvalitet, HMS, risiko og dokumentkontroll i prosjektet
- oppstart av tidligfase oppgaver (Konsekvensutredning og teknologikvalifisering av røkerørskjeler)
- Gi innspill til gevinstrealisering
- forberede arbeidet som skal skje i forprosjekteringsfasen

Kvalitetsplan og Riskstyringssystem, dok. nr: NC02-NOCE-Q-AD-0002, se Vedlegg P, er oppdatert for forprosjektfasen. Risikoregisteret (dok. nr: NC02-NOCE-S-LA-0001) i Vedlegg Q, foreligger i Excel-format og vil i sin helhet bli overført til neste prosjektfase for videre oppfølging.

8.2 Beskrivelse av gjennomført kvalitetsstyring og- sikring (4c, 4d)

I dette kapitlet beskrives gjennomført kvalitetsstyring og –sikring.

Det er ikke foretatt endringer som medfører oppdatert rapport fra ISO 9001.

Viktige tiltak for å sikre god kvalitet på prosjektets leveranser har vært:

- Opprettelse av dokumentkontrollsystem inklusive veiledning av prosjektpartnere i bruken av denne
- Opprettelse av Prosjektmanualen inklusive veiledning av prosjektpartnere i bruken av denne
- Risikobasert kvalitetsledelse, gjelder både HMS og kvalitet
 - Gjennom prosjektmøter
 - Deltagelse HMS og Risk gjennomganger med prosjektpartnerne
 - Fokus på foreslått risikoreduserende tiltak og oppfølging av disse
- Opprette gode kommunikasjonslinjer prosjektpartnerne imellom samt mellom prosjektpartnere og POT (Project Owner Team)
- Regelmessige møter mellom POT og Prosjektpartnere
 - Oppstartsmøte
 - prosjektmøter med aktuelle hovedtema som:
 - Gjennomgang av prosjektets risikoregister
 - Definere de viktigste risikoene for neste fase samt bygging og drift
 - Støy
 - Grensesnitt
 - 3D-modell
- Betydelige ressurser blir satt inn for å avklare arbeidspakker og grensesnitt

I møter hvor fareidentifikasjon har vært på agendaen har vi også inkludert forhold som er av betydning for kvaliteten selv om de ikke nødvendigvis representerer en fare med hensyn på helse-, miljø- og sikkerhet. Risikoer, det være seg kvalitet eller HMS, med antatt betydelig konsekvenser for blant annet framdrift og

økonomi er i tillegg til å bli dokumentert i aktivitetsregisteret/HMS risikoregister også listet i prosjektets risikoregister. Dette er nærmere beskrevet i kapittel 9.

Underveis i konseptfasen har både Norcem v/ WBS500 og alle andre prosjektpartnere jevnlig evaluert egen prosjektrisiko samt foreslått og i noen tilfeller iverksatt risikoreduserende tiltak på områder med høy risiko. I konseptfasen har prosjektledelsen benyttet risikomatrissene som et verktøy for å kunne følge opp de risikoreduserende tiltakene som er listet.

9 RISIKOSTYRING

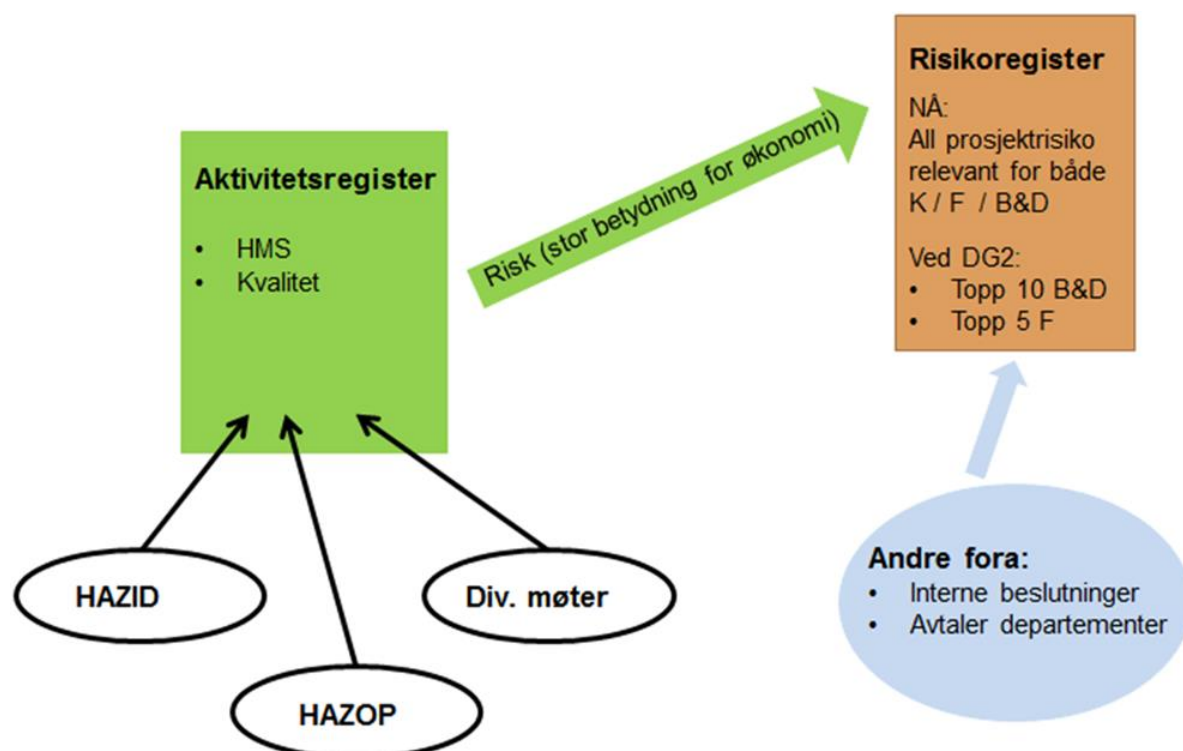
9.1 Risikostyringsprosess (8a)

Dette kapitlet omhandler Norcems risikostyringsprosess.

Risikostyringsprosessen i prosjektet har fulgt normal framgangsmåte og kan deles i følgende trinn:

- Identifisere risiko for en hendelse (fareidentifikasjon)
- Finne relevante risikoreduserende tiltak
- Vurdere rest-risiko etter at tiltak er iverksatt

Typiske fora for identifikasjon av risiko har vært ulike arbeidsmøter med deltagelse fra relevant prosjektpersonell. Bare risikoer som medfører betydelig økonomiske konsekvenser, betydelig tap av omdømme eller i ytterste konsekvens medfører at prosjektet stoppes, føres inn i Risikoregister. All annen risiko håndteres via Norcems og prosjektpartnerens respektive Aktivitetsregister (også kalt HMS/Kvalitet oppfølgingsregister). Denne prosessen er illustrert i figuren under. Forkortelsene K, F og B&D står for henholdsvis Konseptperiode, Forprosjektering og Bygging & Drift.



Figur 9-1: Illustrasjon av prosessen for risikostyring

Hver enkelt prosjektpartner har benyttet sin egen risikomatrix for kategorisering av risiko. For prosjektet som helhet har vi benyttet en grovere kategorisering hvor risiko er kategorisert som høy, middels eller lav.

- Høy risiko – «show stopper» eller ekstra kostnader tilsvarende 5 % av totalkostnadene (ca. 100 Mill)
- Middels risiko – ekstra kostnader i området 10 Mill NOK til 100 Mill NOK
- Lav risiko – ekstra kostnader mindre enn 10 Mill NOK

Forhold som vurderes å representere høy risiko krever umiddelbare tiltak, eventuelt tiltak som kan implementeres i en senere fase hvis den ikke er kritisk for konseptfasen. Ved middels risiko skal risikoreduserende tiltak foreslås og tiltak vurderes implementert hvis det ikke er urimelig kostnadskrevende. Lav risiko vurderes som akseptabelt og krever ikke risikoreduserende tiltak. Hvis tiltak som ytterligere reduserer risiko uten kostnad av betydning avdekkes, skal slike tiltak likevel implementeres.

Norcem og alle prosjektpartnerne har identifisert og fulgt opp risiko basert på sine respektive systemer. I et prosjektmøte 8. august 2017 med deltagelse fra alle prosjektpartnerne ble alle risikoer registrert i risikoregisteret gjennomgått. Samlet sett for prosjektet ble de største risikoene for forprosjekteringsperioden og senere bygging og drift valgt. Disse risikoene er presentert i påfølgende kapittel **Feil! Fant ikke referansekilden..** I denne sammenheng nevnes at alle registrerte risikoer som ikke er ukket, uavhengig om de står på lista i neste kapittel, fortsatt blir stående i risikoregisteret (dokumentnummer: NCO2-NOCE-S-LA-0001, Vedlegg 1) og videreformidles til forprosjekteringsperioden for videre håndtering av hver enkelt eier.

9.2 Risikomatrix for forprosjektfasen (8b) og bygging og drift (8c)

Risikomatrix som ansees å være de viktigste risikoer i forprosjektfasen og for bygging og drift er vist i tabell 9-1.

Tabell 9-1: Prosjektrisiko

#	Risikoelement	Mest aktuelt for: Forprosjektering (F) Bygging & Drift (B&D)	Risiko	Risikoreduserende tiltak
			Høy	
			Middels	
			Lav	
1	Norcem får redusert evne til å levere sement til markedet grunnet karbonfangst anlegget. Gjelder både under bygging og drift av CO ₂ fangst anlegget	B&D		Etablere en plan for bygging som sikrer at sementproduksjon går som normalt. Bypass av røykrør til karbonfangstanlegg inkluderes i design. Sementproduksjon kan da gå som normalt selv om fangstanlegget er ute av drift.
2	Redusert produksjon pga. mottak av råvarer og/eller utskiping av ferdig sement gjennom byggeperioden.	B&D		Utarbeide gode byggeplaner. Tie-ins og annet kritisk arbeid utføres i planlagte driftsstanser. Sørg for tilstrekkelig plass til uttransportering av sement gjennom byggeperioden.

#	Risikoelement	Mest aktuelt for: Forprosjektering (F) Bygging & Drift (B&D)	Risiko	Risikoreduserende tiltak
			Høy	
			Middels	
			Lav	
3	Uforutsette høye driftskostnader (OPEX) ved drift av CO ₂ fangst anlegget	B&D		Søke best mulig kontroll over driftsforhold som forbruk/behov for rensing av aminløsning, varmegjenvinningseffekt, strømpriser etc.
4	Protester fra naboene rundt sementfabrikken	B&D		God kommunikasjonsstrategi. Konsekvensutredning.
5	Uavklarte myndighetskrav til utslipp luft/vann	F		Møter med Mdir og DSB pågår og vil fortsette ut i forprosjektering. Utslipp vil også avklares med Fylkesmannens miljøvernnavdeling. Økt behov for laboratoriepersonell og fasiliteter kan bli en realitet.
6	Utfordring å bygge på et eksisterende, avgrenset fabrikkområde: Fotavtrykk til diverse nytt utstyr som introduseres i forbindelse med karbonfangst anlegg (f.eks. dampkompressor) varierer mye og er avhengig av leverandør. Hvis plassbehovet ved valg av utstyr, blir betydelig større enn hva som er lagt til grunn i dag, vil det i ytterste konsekvens resultere i store endringer i layout. Eller kan øke kostnadene i prosjektet ved valg av mindre, men dyrere utstyr	F		I forprosjekterings-studien anbefales det å gjøre en vurdering på alternativ plassering for utstyr som forventes å ha større fotavtrykk en foreløpig estimert.
7	GRUNN: Eksisterende geotekniske rapporter viser Kvikkleireforekomster ved bl.a. kaiområdene. Ustabile grunnforhold (kvikkleira) kan medføre utglidning av masser under byggearbeider. Dette kan medføre skade på personell, utstyr og bygningsmasser samt forsinkelser under bygging	F		Foreta gode geotekniske undersøkelser for kartlegging i Forprosjekteringen. Konkrete funn fra disse undersøkelser ender opp med forslag til risikoreduserende tiltak i byggefasen
8	Funn av spesielle gifter i grunn/sedimenter vil kunne medføre betydelige kostnadsøkninger.	F		Alle masser i Konseptfasen behandles som forurensset. Tiltak i sjø som eksempelvis bruk av "gardin" for å hindre spredning etc. legges inn i kostestimat. Kartlegges nærmere i Forprosjektfasen. Geotekniske undersøkelser som verifikasjon med nødvendige analyser gjennomføres.

#	Risikoelement	Mest aktuelt for: Forprosjektering (F) Bygging & Drift (B&D)	Risiko	Risikoreduserende tiltak
			Høy	
			Middels	
			Lav	
9	Skade på kabler og rør ifm bygging og gravearbeider. Ødeleggelse av eksempelvis kjølevannsledninger og vitale elektriske kabler. Stopp i produksjonen - forsinkelser og økte kostnader.	B&D		Nye rør legges ferdig før frakopling av eksisterende. Bruk av TV-kjøring vurderes i Forprosjektfasen. Nye kabel traseer legges ferdig og testes før rivning av gamle. Vurdere om udokumenterte rør og el. kabler i viktige områder kan kartlegges med relevant søkeutstyr i Forprosjektfasen. Utarbeide system for Gravetillatelser.
10	Fastsettelse av varmeovergangstall er viktig for å sikre et godt kjeldesig og at kjelen er dimensjonert for å hente ut tilstrekkelig varme til fangstanlegget.	F		Oppgradering av pilotanlegg vil være et viktig punkt for å få verifisert varmeovergangstallet for de prosessforhold (avgasstemperatur og støvmengde) som vil være relevant for fullskalaanlegg. Redusert støvmengde etter oppgradering av ESP-filter vil kunne ha positivt bidrag på varmeovergangen i kjelen og bør derfor verifiseres gjennom testing.

10 MYNDIGHETSPLAN (5a)

I dette kapitlet er status i forhold til myndighetsplan og oversikt over alle gjennomførte meldinger og søknader samt mottatte tillatelser i perioden beskrevet. Videre er oversikt over alle nødvendige offentlige tillatelser, med angitt regelverk, myndigheter og plan for utarbeidelse og godkjenning som er relevant for neste fase angitt.

10.1 Status

Bygging og drift av et fangstanlegg for 400 000 tonn CO₂ pr år vil kreve en rekke tillatelser for offentlige myndigheter.

Prosjektet har satt krav til at en konsekvensutredning må ligge til grunn for en investeringsbeslutning og for utslippssøknaden etter Forurensningsforskriften. Norcem vil få en ny kvotepliktig aktivitet i forbindelse med etablering av fangst av klimagasser. En endret tillatelse til kvotepliktig utslipp (Klimakvoteloven), som inkluderer utslippskilder knyttet til den nye kvotepliktige aktiviteten må være på plass innen oppstart av fangstanlegget. Utslippstillatelsen må være på plass før anlegget kan settes i drift.

Konsekvensutredningen vil omfatte studier av utslipp til luft, vann og grunn samt håndtering av kjemikalier og avfall, risiko for uhellsutslipp og farlige forhold generelt. I tråd med forskrift om konsekvensutredning, skal også samfunnsmessige konsekvenser av positiv og negativ karakter kartlegges. En KU må foreligge når det søkes Miljødirektoratet om tillatelse til forurensende virksomhet og før en investeringsbeslutning.

Gjennom konseptstudien er det bekreftet at Miljødirektoratet vil være koordinerende myndighet for behandling av KU. I samarbeid med Multiconsult er Norcem godt i gang med forberedelsene av utredningen. De forhold som har hovedvekt i utredningen er utslipp til luft, utslipp til vann, støy og spredningsfare av CO₂ fra mellomlageret.

Det er avholdt møter med berørte myndigheter; Porsgrunn Kommune, Miljødirektoratet (MDir) og Direktoratet for Sikkerhet og Beredskap (DSB). I forhold til Porsgrunn Kommune avventes en bekreftelse på om de setter krav til ny reguleringsplan. Som underlag for Kommunens beslutning, har Norcem utarbeidet et notat som beskriver planene for CO₂-fangst anlegget i Brevik (tiltaket).

I møtet med MDir ble det fra direktoratet stilt spørsmål om prosjektet trenger å gjennomføre en KU, ettersom det er usikkert om dette er et krav i Sektorloven. Fra Norcem sin side, er det et ønske om å gjøre en KU selv om det er sannsynlig at sementfabrikken med CO₂-fangst, ikke omfattes av kravene i loven rundt dette punktet. MDir vil bli utøvende myndighet.

I møtet med DSB ble det klart at DSB ikke kommer til å være utøvende myndighet hverken under Sektorloven. Norcem har utarbeidet et teknisk notat til DSB som beskriver risikopotensialene ved en etablering. Dette vil være underlag for DSBs vurdering om planene for CO₂-fangst på Norcem i Brevik er omfattet av krav om innhenting av samtykke fra DSB, jf. «Forskrift om håndtering av farlig stoff § 17». Vurderingen vil i stor grad baseres på om fangstanlegget vil representere en fare for omgivelsene, jf. «Veileder om sikkerheten rundt storulykkevirksomheter». DSB antar at det er hensiktsmessig å avklare om krav til samtykke i en relativt tidlig fase av planleggingsprosessen, og har bedt Norcem om å utarbeide et underlag for en slik vurdering. I notatet beskrives planene for prosjektet og de potensielle risikoforhold. Norcem har identifisert gjennom sine utredninger.

Melding om utredningsprogram vil sendes ut så snart avklaringene fra Porsgrunn Kommune foreligger.

10.1.1 Spesialstudier

I forbindelse med mulighetsstudien, ble en rekke spesialstudier innen miljø og helse gjennomført (utslipp til luft, vann, støy, spredningspotensialet ol). I forbindelse med konseptstudien er nye studier på spesielt CO₂-spredningsfare samt støymodellering påbegynt. Norconsult har påbegynt støymodellering samt planlagte prøver av grunn med hensyn på forurensning. FLSmidth har startet studier av temperaturer av røykgass over elektrofiltre med den hensikt å finne driftstemperaturer som ikke resulterer i økt dannelse av dioksiner. Aker Solutions har initiert de fleste spesialstudiene i mulighetsstudien og i konseptperioden. En oversikt over spesialstudier i regi av Aker Solutions er listet under.

The main risk and other HSE topics of importance have been investigated in the following special studies:

- *CO₂ Release Risk Assessment Study*
 - *Assessment of large accidental CO₂ releases*
 - *Assessment of controlled CO₂ vents*
- *Environmental Impact Studies*
 - *Flue gas dispersion study*
 - *Noise modelling and mitigation*
 - *Assessment of water effluent*
 - *Evaluation of heat transfer to recipient*

The main changes for the Concept Study are:

- *New location for the CO₂ storage tanks*
- *Larger CO₂ storage tanks due to less frequent offloading to shuttle tanker*
- *The WHRU/steam system and Demin water system are not in AKSO's scope anymore*
- *The buildings are not in AKSO's scope anymore*
- *The CO₂ drying package is located outdoor, not in a building as in the previous phase*

In the concept phase the focus has been to update the HAZID based on the changes mentioned above and to study release of CO₂ from the new CO₂ storage tanks location.

Det vises til Vedlegg R; NC02-AKER-S-RA-0001 «Environmental Studies Report» for detaljer.

10.1.2 Erfaringsoverføring TCM

Norcem har også hatt en workshop med TCM for erfaringsoverføring hvor temaer spesielt rundt utslipp til luft ble diskutert. Norcem har inngått egen samarbeidsavtale med TCM for videre erfaringsoverføring.

10.2 Oversikt over alle nødvendige offentlige tillatelser, med angitt regelverk, myndigheter og plan

I dette delkapittelet gis en oversikt over alle nødvendige offentlige tillatelser, med angitt regelverk, myndigheter og plan for utarbeidelse og godkjenning som er relevant for neste fase angitt.

Tabellen under gir en oversikt over de offentlige tillatelsene, med angitt regelverk, myndighet og plan for utarbeidelse og godkjenning, relevante for prosjektet.

Tabell 10-1: Oversikt over offentlige tillatelser

Offentlige Tillatelser	Regelverk	Utøvende Myndighet	Plan for utarbeidelse	Godkjenning
Byggetillatelse	LOV-2008-06-27-71: «Plan og Bygningsloven»	Porsgrunn Kommune		
Byggetillatelse	«Byggherreforskriften»	Arbeidstilsynet		
Driftstillatelse	Forskrift om konsekvensutredning for tiltak etter Sektorloven (dersom omregulering ikke er nødvendig) *	Miljødirektoratet	Konsekvensutredning Ekstern konsulent	Miljødirektoratet
Driftstillatelse	«Storulykeforskriften»	DSB		
Utslippstillatelse	Utslippstillatelse	Miljødirektoratet		
Tillatelse til klimapligtig utslipp	Klimavoteloven	Miljødirektoratet		
	Forskrift om håndtering av brannfarlig, reaksjonsfarlig og trykk-satt stoff samt utstyr og anlegg som benyttes ved håndtering	DSB		

*Konsekvensutredning utført etter «Forskrift om konsekvensutredning for tiltak etter sektorloven», vil i hovedsak følge de samme trinn som en konsekvensutredning utført i tilknytning til en reguleringsplan, med unntak av politisk behandling. Med Miljødirektoratet som ansvarlig myndighet, vil det bli en ren faglig saksbehandling av utredningsarbeidet, og ikke politisk behandling (unntak: dersom tiltaket vurderes å komme i konflikt med nasjonale eller viktige regionale hensyn, vil det kunne bli behov for at utredningsprogram forelegges Klima og Miljødepartementet for kommentarer før fastsetting).

11 FREMDRIFTSPLAN

11.1 Oppdatert fremdriftsplan for forprosjekteringsperioden (6a)

Forprosjektperioden er satt fra og med 1. oktober 2017 til og med 15. juni 2018.

Noen aktiviteter som konsekvensutredningen vil fortsette gjennom konseptfasen og over i forprosjektet. Flere detaljer vil bli innarbeidet før oppstart, deriblant MDR. Se vedlegg B, Fremdriftsplan for forprosjekt.

11.2 Oppdatert leveranseplan (MDR) for forprosjektperioden (6b)

Se Vedlegg E, Foreløpig leveranseplan forprosjektfasen (MDR).

11.3 Oppdatert overordnet fremdriftsplan for bygging og drift (6c)

Se Vedlegg D, Foreløpig fremdriftsplan for bygging og oppstart. Realiseringfasen er forutsatt startet etter beslutningsfasen. Vår forutsetning er, som tidligere beskrevet at sementfabrikken må være i drift under byggeperioden. Revisjonsstans for 2019 er satt til å være mars/april. Denne perioden må brukes for å koble opp nye elektriske anlegg i sementfabrikken for å kunne nå ferdigstillelse i løpet av 2022. Dette er vist som kritisk aktivitet i planen, NC02-NOCE-A-TA-0002.

11.4 Milepælsplan – frem til oppstart fangstanlegget (6d)

Tabellen under gjengir de planlagte hoved leveransene fra Norcem i forprosjektfasen.

Tabell 11-1: Norcems hoved leveranser i forprosjektfasen

Forprosjekt	Forprosjekt	18.09.17
100	100 - Project Control Management	15.12.17
Milepæler	Milepæler	15.12.17
02150	M7 Status Rapport	15.12.17
02160	M8 Statusrapport	15.03.18
01860	M9 - Utkast til fullstendig DG3 rapport til Gassnova	15.05.18
01850	M10 - Final DG3 rapport til Gassnova	15.06.18

11.5 Foreløpig fremdriftsplan frem til oppstart av fangstanlegget

Realiseringfasen av prosjektet er planlagt gjennomført i løpet av 42 måneder. Hvor 22 måneder er planlagt til prosjektering og forberedelser, og 20 måneder for bygging, installasjon og ferdigstillelse av prosessanlegget inkl. bygningsmessige arbeider. Det vil være en løpende overgang, hvor de første arbeidene med rivning, midlertidige konstruksjoner og forberedende arbeider vil påbegynnes 6 måneder inn i realiseringsfasen.



Figur 11-1: Fremdrift realiseringsfasen

Pr. i dag er prosjektet tidskritisk med hensyn til beslutningsfasen som vil pågå fra sommer 2018 fram til juni 2019. Om prosjektet skal settes fullstendig på is i denne perioden, må man forvente at det vil gå noe tid og mobilisere opp prosjektet etter en demobilisering. Risikoen for at enkelte nøkkelpersoner kan bli flyttet til andre prosjekter er tilstede. Det anbefales derfor at det i denne perioden avsettes mulighet for å foreta noe prosjektering fram imot endelig beslutning på aktiviteter som ligger på tidskritisk linje. Man vil da få en raskere og mer smidig oppstart.

Produksjonen ved Norcem har en årlig revisjonsstans i en periode på 3-4 uker for vedlikehold og reparasjoner. Det er viktig at disse periodene brukes for tilknytning av nytt til eksisterende utstyr i de grensesnittene som blir berørt.

Planlegging for realiseringsfasen er godt i gang, men det kreves koordinering mellom den enkelte prosjektpartner og de ulike fagområdene for å få gjennomført prosjekt innen avsatt tid. Det største utstyret vil bli levert med båt på kai. Det er således viktig at man ser på installasjonsrekkefølge for den enkelte prosjektpartner for å unngå konflikter, samtidig som man bør forsøke å optimalisere inntransport og kranløft. Det vises til Vedlegg D for foreløpig fremdriftsplan frem til oppstart av fangstanlegget.

Man har lagt flere ulike forutsetninger til grunn for å kunne bygge opp en mest mulig realistisk fremdriftsplan. Den enkelte prosjektpartner har benyttet seg av ulike modeller enten alene eller i en kombinasjon for å gi et riktig estimat. Følgende metoder er blitt benyttet.

- Det har blitt tatt utgangspunkt i estimerte konstruksjonskostnader, hvor man så har sett på prosenten av dette i arbeidsandel og beregnet seg fram til mannetimer. Dette er brutt ned på hvert enkelt konstruksjonselement.
- Man bygger på erfaringstall og diskusjoner med fagpersonell, både internt og eksternt. Dette gjelder både med hensyn på prosjektering og konstruksjonsmessige forhold.
- Planlegging er i dialog med Norcem tilpasset Norcems planlagte revisjonsstanser som er perioden hvor nytt utstyr må tilkobles eksisterende konstruksjoner.

For styring av prosjektet i realiseringsfasen ser vi for oss en kombinasjon av ulike oppfølgingsmetoder. Hver enkelt oppfølgingsmetode alene vil aldri kunne gi ett godt nok bilde av både den økonomiske og framdriftsmessige statusen. Framdriften kan være god, mens økonomisk kan det være katastrofe eller vise versa. Dette gjelder både for prosjektet som helhet, eller for den enkelte entreprenør. Ingen av delen er heldig med tanke på tid og kost. Valg av entreprisemodell vil også ha betydning for hvilke metoder som skal kombineres.

Uavhengig av entreprisemodell vil det være nødvendig å referere til holdepunkter på en gitt tidsplan. Her vil prosjektet bli fulgt opp mot planlagt aktivitetsnivå, og ikke minst milepæler som er viktige referansepunkter.

Valg av milepæler vil bli planlagt både med ett tidsmessig aspekt og ikke minst må det velges milepæler som også går på inntjent verdig, for å unngå at entreprenør kun retter seg inn mot dagmulktsbelagte milepæler.

Ressurspådrag er også en parameter som bør tas med i betraktning. Det krever at entreprenør har kompetanse i denne formen for oppfølging, slik at man kan få ett godt bilde av planlagt ressursbruk opp imot faktisk ressursbruk. Hvis det velges en entreprisemodell hvor det vil inngå ett stort antall underentreprenører vil det være krevende og lage gode ressursplaner, men man vil raskt avdekke avvik som kan få store konsekvenser.

I prosjektet vil det også fra måned til måned bli sett på tendensutviklingen ved «Cut-off». Trenden vil gi oss ett bilde av hvor vi er på vei, og om det er nødvendig og iverksette tiltak.

Vi åpner også for å se på oppnådd framdrift regnet i forhold til planlagt og faktisk produksjonsverdi. Dette sett i forhold til fysisk målt planlagt og faktisk framdrift, gir oss ett godt bilde av status i prosjektet.

Det er i prosjekt lagt opp til en tett dialog mellom økonom og planlegger for oppfølging. Alene kan begge sitte på gode tall, men det er essensielt at man ser sammenhengen og kombinerer input fra begge sider. Kun dette vil gi god prosjektstyring med tanke på å kunne følge en fastsatt plan og budsjett.

For hele prosjektet er det etablert en BIM-modell. Det er mulig å koble BIM-modellen opp mot framdrift. Dette er ett godt hjelpemiddel for tidlig å kunne detektere om planlagte aktiviteter er gjennomførbare uten å oppleve konflikter. Dette vil også hjelpe oss til mer effektivt å kunne omrokere aktiviteter, ved at man raskt oppdager om planlagte endringer vil påvirke eller stoppe allerede planlagt framdrift.

12 GJENNOMFØRINGSEVNE

12.1 Erfaring med prosjektering og referanseliste (7a)

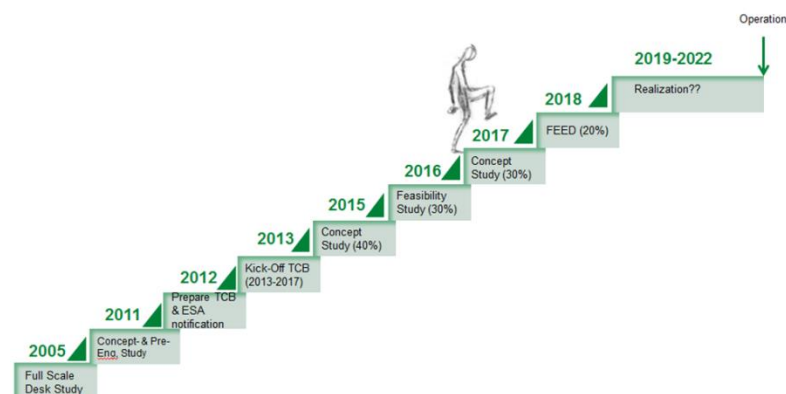
Dette kapitlet beskriver Norcems erfaring fra prosjektering, bygging og drift av prosessanlegg, eventuelt inkludert CO₂-håndtering, inkludert referanseliste.

Norcem Brevik ble etablert i 1916 og var således 100 år i 2016. Norcem har gjennom disse årene opparbeidet solid kunnskap og erfaring med vedlikehold og mindre ombygginger. Med mindre ombygginger menes implementering av nytt utstyr og erstatning av utstyrskomponenter i produksjonen, som filtre ventilatorer, kjøleanlegg, ovnen, syklontårn, piper, ombygging for inntak av alternativt brensel ol. Produksjonen i Brevik foregår 24/7 bortsett fra at i 3 uker hvert år (gjærne i mars/ april) er det stans for hovedrevisjon. I disse perioden planlegger, koordinerer, organiserer og gjennomfører Norcem kanskje hundredevis av ulike arbeidsoperasjoner, med stort og smått. Norcem leier inn flere 100 ekstra mannskaper til de årlige revisjonene og har dermed betydelig kompetanse på koordinering og gjennomføring av komplekse arbeidsoperasjoner.

I konsernet er det for øvrig betydelig på kompetanse på bygging av store sementfabrikker. Til selve byggingen innhentes ekstern bistand. Hverken Norcem eller konsernet for øvrig har erfaring med bygging av fangstanlegg og vil måtte innhente bistand og kompetanse til dette. Referanseliste er derfor ikke vedlagt.

12.1.1 Norcems erfaringer med CO₂ fangst

Norcem begynte sitt arbeid med å utrede muligheter for fullskala karbonfangst ved Norcem Brevik så tidlig som i 2005. Vi begynte i det små med en skrivebords-studie i samarbeid med Tel-Tek og fullskala fangst ved hjelp av en generisk aminteknologi. På denne tiden hadde vi ingen egen kompetanse innen dette området. Det gikk så noen år før vi i 2010 bestemte oss for å forberede et større prosjekt; «Concept- & Pre-Engineering Study» for å screene markedet for aktuelle fangstteknologier og studere potensialet for fangst fra sementrøykgassen i Brevik. Med støtte fra Gassnova ble prosjektet gjennomført i 2011 i samarbeid med Tel-Tek, Project Invest (som ble hyret inn som prosjektleder) samt teknologileverandørene; Aker Solutions (aminteknologi) og Alstom (calcium looping og chilled ammonia). Resultatet fra arbeidet var så interessant at Norcem bestemte seg for å ta neste steg, som var å forberede det store testprosjektet «*Norcem CO₂-fangstprosjekt*» som med støtte fra Gassnova/ CLIMIT ble startet opp i 2013. I dette prosjektet ble det etablert et testsenter – Test Centre Brevik (TCB) hvor 4 ulike post-combustion fangstteknologier er testet under reelle prosessforhold, for å finne hvor godt egnet disse er for fullskala fangst på moderne sementanlegg. Prosjektet ble ferdigstilt i juli 2017.



Figur 12-1: Norcems erfaringstrapp innen karbonfangst

12.1.1.1 Aker Solutions aminteknologi

En av teknologiene som er inngående studert på testsenteret i Brevik, er Aker Solutions aminteknologi. Teknologien er testet i mer enn 8000 testtimer og med svært gode resultater. I et 2022- perspektiv vurderer Norcem denne teknologien som kvalifisert og moden for fullskala demonstrasjon. Med støtte fra Gassnova/ CLIMIT har derfor Norcem gjennomført en «*Conceptual Study*» i samarbeid Aker Solutions og Norconsult (civil-delen) i 2015, hvor målet var å utvikle teknisk løsning og redusere risiko for en fullskala realisering. Detaljnivået i studien tillot et kostnadsestimat på $\pm 40\%$.

Norcem ble videre invitert av Gassnova/ OED til å delta i en mulighetsstudie i 2016 for videre modning av fullskala fangst i Brevik. Norcem etablerte da et prosjekt i samarbeid med Aker Solutions (fangstteknologi), Norconsult (bygning/ tomt), FL Smidth (rensesystemer) og Periti (kostnadsestimering). Prosjektet var sterkt forankret med fabrikk og et fagteam bestående av spesialister innen prosess, mekanisk, bygg, elektro, HMS, miljø og økonomi bidro til gjennomføring av prosjektet. Sluttrapporten «*Norcem Feasibility Study*» ble levert i henhold til planen i mai 2016. Detaljnivået i studien tillot et kostnadsestimat på $\pm 30\%$. Figur 12-1 illustrer Norcem's utviklingstrapp og den stegvise utviklingen av fullskala fangst på Norcem i Brevik.



Figur 12-2: Fra Mulighetsstudien (Fangstanlegget integrert med sementfabrikken)

12.1.1.2 Referanseliste Norcem

- «Fullskala karbonfangst på Norcem Brevik», Skrivebords-studie med Tel-Tek/ Prosjekt Invest (2005)
- «Concept & Pre-engineering Study» i samarbeid med Aker Solutions, Alstom og Tel-Tek (2010-2011)
- «Norcems CO2-fangstprosjekt» i samarbeid med Aker Solutions, Alstom, RTI og et membrankonsortium bestående av DNV GL, NTNU & Yodfat Engineers» (2013 – 2017)
- «CO2-fangst ved hjelp av membraner, MemCCC» i samarbeid med Air Products & NTNU (2015-2017)
- Utvidet testing av Aker Solutions aminteknologi med solvent S26 ifbm SOLVit (2014-2015)
- «Norcem Conceptual Study» i samarbeid med Aker Solutions (2015 – 2016)
- «Gassnova's Idestudie» i samarbeid med Norconsult og Aker Solutions (2015)
- «Mulighetsstudien i samarbeid med Aker Solutions, Norconsult og FLSmidth (2015-2016)
- «Qualification of waste heat recovery systems for CO2 capture in the cement industry» (2016-2017)

12.2 Beskrivelse av arbeidsomfang (7b)

I dette kapitlet er oppdatert beskrivelse av prosjektets arbeidsomfang, arbeidsmetoder og systemer som benyttes i arbeidet beskrevet.

12.2.1 Arbeidsomfang

Prosjektet er delt inn i 7 arbeidsområder (WBS) som vist i tabell 12-1.

Tabell 12-1: Prosjektets arbeidspakker

WBS	Beskrivelse	Ansvarlig Partner
100	Project Control	Norcem
200	Communication, Strategy and Public Affairs	Norcem
300	Legal Framework & Environmental Requirements	Norcem
400	Civil	Norconsult
500	Cement & Process Integration	Norcem
600	CCC Plant incl. intermediate CO2 storage	Aker Solutions
700	Cost Estimation Full Scale	Norcem

12.2.1.1 WBS 100 Project Control

Norcem som prosjekteier leder prosjektet (WBS 100) og har den overordnede og juridiske kontakten og korrespondansen med prosjektpartnerne, Gassnova og OED. Norcem påser at prosjektet gjennomføres i henhold til avtalt fremdrift, budsjett og omfang. Og at alle grensesnitt er inkludert.

12.2.1.2 WBS 200 Communication, Strategy and Public Affairs

I WBS 200 inngår all kommunikasjon og informasjonsspredning fra prosjektet. Norcem og sine samarbeidspartnere deltar på ulike arrangementer, hvor prosjektet presenteres. På Norcems hjemmeside kan man finne oppdatert informasjon fra prosjektet. I Konseptstudien er det utarbeidet en Kommunikationsplan; jfr. dokument NC02-NOCE-A-RA-0009 (Vedlegg H), som beskriver hvordan Norcem planlegger å spre kunnskap og erfaringer fra prosjektet til andre. Denne må sees i sammenheng med Norcem's innspill til gevinstrealisering, jfr. dokument NC02-NOCE-A-RA-0001 (Vedlegg G).

I WBS 200 inngår også strategiarbeid. Dette gjelder både teknisk gjennomføringsstrategi, men også overordnet kontrakts strategi. Strategiarbeidet sees i sammenheng med overordnede føringer fra OED.

12.2.1.3 WBS 300 Legal Framework and Environmental Requirements

I WBS 300 behandles alle forhold knyttet til juridiske aspekter samt fremtidige miljøkrav. Norcem har inngått avtaler med sine samarbeidspartnere for både konsept- og forprosjektfasen. Videre har Norcem deltatt på tre møter med OED for prinsippavklaringer rundt en fremtidig avtale om tilskudd til fangst av CO₂ ved fabrikken i Brevik. Kontrakts- og gjennomføringsstrategi ved en fremtidig realisering sees i lys av de overordnede prinsippene som avtales med OED. Når beslutning om hvilke gjennomførings- og kontrakts strategi som skal gjelde for prosjektet foreligger, vil Norcem starte forhandlinger med spesielt Aker Solutions om en fremtidig modell.

Under WBS 300 vurderes også fremtidige miljøkrav ved en eventuell etablering. Det er et krav om at en konsekvensutredning må ligge til grunn for en investeringsbeslutning og for utslippssøknaden etter Forurensningsforskriften. Norcem vil få en ny kvotepliktig aktivitet i forbindelse med etablering av fangst av klimagasser. En endret tillatelse til kvotepliktig utslipp (Klimakvoteloven), som inkluderer utslippskilder knyttet til den nye kvotepliktige aktiviteten må være på plass innen oppstart av fangstanlegget. Utslippstillatelsen må være på plass før anlegget kan settes i drift.

Konsekvensutredningen omfatter studier av utslipp til luft, vann og grunn samt håndtering av kjemikalier og avfall, risiko for uhellsutslipp og farlige forhold generelt. I tråd med forskrift om konsekvensutredning, skal også samfunnsmessige konsekvenser av positiv og negativ karakter kartlegges. En KU må foreligge når det søkes Miljødirektoratet om tillatelse til forurensende virksomhet og før en investeringsbeslutning.

Norcem i samarbeid med Multiconsult er godt i gang med forberedelsene av konsekvensutredningen. Det vises til kap. 10.1 for detaljer rundt status.

12.2.1.4 WBS 400 Civil

Arbeidet i WBS 400 gjelder alle forhold knyttet til nødvendige civil-arbeider og inkluderer nødvendig klargjøring av fabrikken før bygging og konstruksjon av fangstanlegget inn i eksisterende fabrikk. Arbeidet dekker alt fra nødvendige rivearbeider, reetablering av eksisterende utstyr og nyetableringer nødvendig for å bygge og drifte det nye anlegget sammen med sementfabrikken.

I avslutningsfasen av Mulighetsstudien, ble det klart at Aker Solutions hadde behov for et betydelig større prosessområde enn det som var designet i studien. Dette har fått konsekvenser for eksisterende bygningsmasse ved verkstedene, herregarderoben og kantinen. Bygningsmassen her må rives og re-

lokaliseres. I tillegg ble det etter studien av sikkerhetsmessige grunner, bestemt at CO₂-båtene ikke skal hente CO₂ fra Kullkaia, men bruke Kastolkaia ved Grenland Havn i stedet. Dette har ført til større endringer i layout i konseptfasen.

Norconsult er også ansvarlig for oppdatering av felles BIM for prosjektet. I forprosjektfasen vil Norconsult også koordinere felles støymodell for prosjektet.

12.2.1.5 WBS 500 Cement and Process Integration

I WBS 500 vurderes alle effekter av integrasjonen med eksisterende fabrikk. Selv om fangstanlegget i stor grad er et frittstående anlegg, er det likevel sterkt integrert med sementfabrikken. Dette gjelder spesielt gjennom tilknytningspunktene og tilførselssystemene for røykgass og damp. Integrasjon av fangstanlegget vil bidra til at prosessbetingelser endres som vil kunne ha konsekvenser for eksisterende utstyr. En utfordring under byggeprosessen er behov for arealer til nytt utstyr og maskiner/ kraner som betyr at gjennomføringsstrategien må planlegges nøye. Plassering av rørgater for røykgass og damp er også viktig med tanke på plassbehov og tilkomst i de aktuelle områdene.

Norcem er ansvarlig for denne arbeidspakken og alle nødvendige disipliner er bemannet med eget personell fra Norcem. Arbeidet ledes av teknisk sjef på fabrikken og arbeidet gjennomføres i samråd med fabrikkledelsen.

Alle tilførselssystemer av strøm, signaler, reguleringer, vann, luft er revidert og kvalitet sikret inkludert foreslått design. Drift- og vedlikeholdsbehovet har vært et annet viktig tema. Grensesnitts-avklaringene har regulert omfanget av kostnadsestimeringen til Norcem, Norsk Energi og FLSmidth.

WBS 540 Modifisering av eksisterende utstyr

Basert på grunnlaget fra Mulighetsstudien, er FLSmidth engasjert til å vurdere nødvendige modifikasjoner av eksisterende utstyr som en konsekvens av integrasjonen. Dette gjelder nødvendige modifikasjoner av filtre, ventilatorer, kjøletårn etc. For kvalitetssikring av plasseringer og mulig arealtilgang ligger også i FLSmidth's omfang å gjennomføre en 3D skanning av eksisterende utstyr. Basert på denne skanningen skal det utvikles en oppdatert 3D-modell som skal implementeres i felles BIM-modell. FLSmidth skal også gi innspill til trasevalg for rør, kanaler og tie-ins samt gjennomføringsplan ved installasjon inngår også som en del av aktivitetene.

WBS 550 Teknologikvalifisering av varmegjenvinningskonseptet fra sementprosessen

En viktig oppgave i konsept og forprosjekteringen er kvalifisering av de valgte røkerørskjelene som er tenkt brukt for varmegjenvinning fra sementproduksjonsprosessen. Teknologikvalifiseringen skal bidra til å redusere risiko for det valgte konseptet. Norsk Energi er engasjert til å dette arbeidet. Teknologikvalifiseringen er startet i konseptfasen og vil ferdigstilles i forprosjektfasen. I tillegg til teknologikvalifiseringen har Norsk Energi ansvar for damp- & kondensatanlegget.

Som en del av den pågående teknologikvalifiseringen, har Norcem inngått en avtale med DNV GL som har rollen som rådgiver i etablering av teknologikvalifiseringsprogrammet, samt vil verifisere resultatene/ aktivitetene etter at teknologikvalifiseringen er gjennomført (av Norsk Energi). Målet med teknologikvalifiseringen er å dra ned risiko til et akseptabelt nivå, slik at Norcem/ konsernet kan godkjenne at denne type kjeler anvendes til varmegjenvinning fra sementprosessen. Utgangspunktet for teknologikvalifiseringen er at de foreslåtte kjelene er kjent teknologi, men er tenkt brukt i en ny applikasjon.

12.2.1.6 WBS 600 CCC Plant including Interim CO2 Storage

Aker Solutions har ansvar for WBS 600 hvor alle forhold rundt fangstanlegget, inkludert kondisjonering og mellomlager for CO2 inngår. I Aker Solutions arbeidsomfang inngår revisjon og optimalisering av design og layout med referanse i underlaget fra Mulighetsstudien og ut fra nye designbetingelser (arealbehov, plassering av mellomlager, kai etc.). Arbeidet inkluderer blant annet optimalisering av forhold relatert til prosess, mekaniske, elektro, instrumentering, rør og layout. I Aker Solutions omfang inngår også spesialstudie knyttet til simuleringer og risikovurderinger rundt CO2 spredning.

12.2.1.7 WBS 700 Cost Estimation Full Scale CO2 Plant at Norcem Brevik

Hovedmålet i prosjektet er å verifisere og kvalifisere kostnadsestimatet fra Mulighetsstudien. Basert på de etterprøvbare og sporbare kostnadsestimatene for investering (CAPEX) og drift (OPEX) fra partnerne, har Norcem satt sammen det overordnede kostnadsestimatet for en realisering i Brevik. Kostnadsestimatet er bygget opp i henhold til Gassnova's CBS struktur og er gjort i overensstemmelse med krav gitt i Bilag 1 punkt 4 «Modenhetsnivå og kostnadsestimater» i Avtalen.

Sammenstilling av Norcems kostnader har i all hovedsak fulgt NS3453; 2016 «Spesifikasjoner av kostnader i byggeprosjekt». Dette er en kostnadsstruktur som er godt innarbeidet i byggesektoren og som er utarbeidet for og med representanter fra byggherre, entreprenører, rådgivere, arkitekter og programleverandører. Standarden er også utarbeidet for å være i samsvar med Finansdepartementets begrepsbruk og krav til kvalitetssikring av offentlig investering beskrevet i Finansdepartementets veileder nr. 2, Felles begrepsapparat KS2, versjon 1.1 2008. Ved å foreta enkelte tilpasninger vil denne være egnet til å presentere kostnadene i dette prosjektet.

Det vises til dokument NC02-NOCE-A-RA-0005 levert i forbindelse med milepelsleveranse M1, for detaljert beskrivelse av Norcems kostnadsnedbrytningsstruktur, CBS.

12.2.2 Arbeidsmetoder

Norcem sammen med prosjektpartnerne har innarbeidet gode systemer, rutiner og kommunikasjonslinjer for gjennomføring av prosjektet. Project Owner Teamet (POT) med POT-leder i spissen har en viktig rolle i å bistå Norcem med koordinering av aktivitetene på tvers av WBS'ene 400, 500 og 600, i tillegg til å bistå Norcem med oppbygging og oppfølging av prosjektets systemer (KHMS, risiko, dokumentkontroll). Etablerte systemer fungerer godt og det er tett dialog mellom Project Owner (Norcem) og Project Owner Team (POT).

12.2.2.1 Møtestruktur

Hver 14. dag avholdes felles prosjektmøte med alle prosjektpartnerne for tekniske avklaringer (design, layout, grensesnitt, systemer etc.) og hver partner rapporterer status første tirsdag kl.1500, etter forrige cut-off. Særmøter rundt grensesnitts-avklaringer og prosess avholdes fortløpende ved behov. Møter i styringskomiteen avtales fortløpende, men det tas sikte på ca. 3 møter i halvåret. Norcem rapporter videre status månedlig til Gassnova.

12.2.2.2 Risikobasert ledelse

I konseptfasen har prosjektet hatt særskilt fokus på oppbygging av hensiktsmessige systemer for risikoledelse. System for risikoledelse er en vesentlig del av kvalitetssystem og er beskrevet i

kvalitetsplanen. Risikosystemet dokumenter hvordan Norcem identifiserer og evaluerer projektrisiko, samt dokumenterer risikoreduserende tiltak. Et risikoregister er opprettet, dokumentnummer NC02-NOCE-S-LA-0001, basert på risikoregisteret fra mulighetsstudien og fareidentifikasjoner identifisert gjennom konseptstudien. Risiko i denne sammenheng skal sees på som usikkerheter, det vil si inkludere både muligheter og trusler. Risikoregisteret lister alle betydningsfulle usikkerheter som kan påvirke prosjektets tidsplan, budsjett, kvalitet, HMS, omdømme og prosjektarbeidsomfang. Et arbeidsmøte med deltagelse fra alle prosjektpartnerne ble gjennomført for å avklare de 5 viktigste risikofaktorer i konseptfasen og de 10 viktigste risikofaktorer vi i dag ser for oss for bygging og drift. Kvalitetsleder under POT har ansvaret for kvalitetssystemet og at dette er tilpasset krav i standarder og Gassnova og er hensiktsmessig i forhold til prosjektets faser.

Grensesnittshåndtering i prosjektet er beskrevet i delkapittel 12-6.

12.2.3 Systemer

Til gjennomføring av prosjektet er det etablert en del felles systemer.

12.2.3.1 Prosjekthotell

For å kunne holde oversikt, ha god dokumentkontroll og samhandling med alle deltakere i prosjektet har vi valgt Interaxo.no som projekthotell. Oppbygging og bruk av systemet er beskrevet i dokumentet NC02-NOCE-Q-AD-0004; «Prosedyre for dokumentasjon og dokumentkontroll»

12.2.3.2 Prosjektmanual

Prosjektmanualen beskriver prosjektets styringsrutiner og systemer, nødvendig for gjennomføring av prosjektet, jfr. dokument NC00-NOCE-A-KM-0001 i Vedlegg S.

12.2.3.3 Felles PIM fagmodell

Det er etablert en felles BIM fagmodell for prosjektet. Denne administreres av Norconsult. I praksis utarbeider hver prosjektpartner hver sin BIM fagmodell. De ulike fagmodellene settes ukentlig sammen til en felles totalmodell. Tegninger og rapporter genereres fra/ i samsvar med BIM modellene for aktuelle disipliner. Både de faglige og sammensatte modellene benyttes som beslutningsunderlag og i kommunikasjon med andre. For at alle i prosjektet skal ha tilgang til gjeldende tegninger, er det utarbeidet en innsynsmodell som er tilgjengelig for alle prosjektmedarbeiderne. Innsynsmodellen oppdateres hver mandag.

12.2.3.4 Master Document Register, MDR

Alle leveranser av dokumenter, tegninger, modeller m.m. er listet i Master Dokument Register (MDR), jfr. NC00-NOCE-A-LA-0001. MDR'en viser alle planlagte dokumentleveranser fra konsept- og forprosjektstudiene, hvor dokumentleveransene er knyttet opp mot en tidsplan og milepeler. MDR'en oppdateres i fbm. månedsrapporteringen til Gassnova.

12.2.3.5 HMS Program og HMS Aktivitetsplan

HMS Programmet for prosjektet, dokumentnummer NC02-NOCE-S-RA-0001 (Vedlegg N), beskriver hvordan prosjektet styres for å ivareta helse, miljø og sikkerhet. Hovedfokus i konsept- og forprosjekteringsperioden er å sikre design som bidrar til god sikkerhet for både ansatte ved Norcem og naboer. Egnede metodikk for å oppnå dette er beskrevet i HMS Programmet.

HMS aktivitetsplan for konseptfasen, dokumentnummer NC02/03-NOCE-S-RA-0002 (Vedlegg O), er utarbeidet. Denne planen foreligger i Excel format som ajourføres av HMS leder. Et bilde av planen er vedlagt HMS Programmet. HMS leder under POT, har ansvaret for HMS-systemet og at dette er tilpasset krav i standard og Gassnova og er hensiktsmessig i forhold til prosjektet.

12.2.3.6 Kvalitets- og risikobasert ledelse

Kvalitetsplanen for prosjektet, dokumentnummer NC02-NOCE-Q-AD-0002 (Vedlegg P), beskriver kvalitets ledelsessystem i prosjektet. I både konsept- og forprosjekteringsfasen vil risikobasert kvalitetsledelse ha hovedfokus. Dette er i tråd med ISO 9001:2015.

Risikoledelses-system er en vesentlig del av kvalitets -ledelsessystem og er beskrevet i kvalitetsplanen. Dette systemet dokumenter hvordan Norcem identifiserer og evaluerer projektrisiko, samt dokumenterer risikoreduserende tiltak. Et risikoregister er opprettet, dokumentnummer NC02-NOCE-S-LA-0001 (Vedlegg Q), basert på risikoregisteret fra mulighetsstudien. Risiko i denne sammenheng skal sees på som usikkerheter, det vil si inkludere både muligheter og trusler. Risikoregisteret lister alle betydningsfulle usikkerheter som kan påvirke prosjektets tidsplan, budsjett, kvalitet, HMS, omdømme og prosjektarbeidsomfang. Gjennom et arbeidsmøte med deltagelse fra alle prosjektpartnerne er de 5 viktigste risikofaktorer i konseptfasen og 10 viktigste risikofaktorer vi i dag ser for oss for bygging og drift identifisert. Kvalitetsleder under POT vil ha ansvaret for kvalitetssystemet og at dette er tilpasset krav i standarder og Gassnova og er hensiktsmessig i forhold til prosjektets fasen.

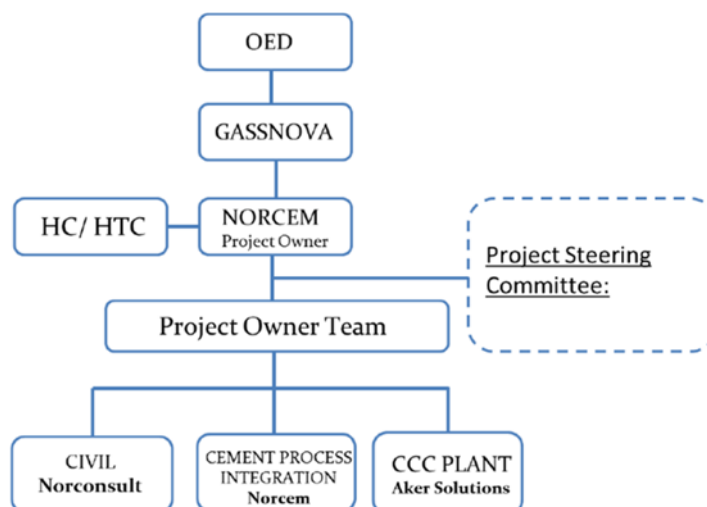
12.2.3.7 Revisjoner

Revisjoner av prosjektpartnerne vil skje gjennom forprosjekteringsfasen. I konseptfasen er møter med KHMS ansvarlig hos hver enkelt prosjektpartner gjennomført.

12.3 Organisering – forprosjektering og bygging og drift (7c)

I dette kapitlet er oppdatert organisasjonskart og beskrivelse av organisering, herunder oppgavefordeling for forprosjektering og bygging og drift beskrevet.

Konseptstudien er gjennomført av Norcem (prosjekteier) med støtte fra Project Owner Team, som vist i Figur 12-3 under.

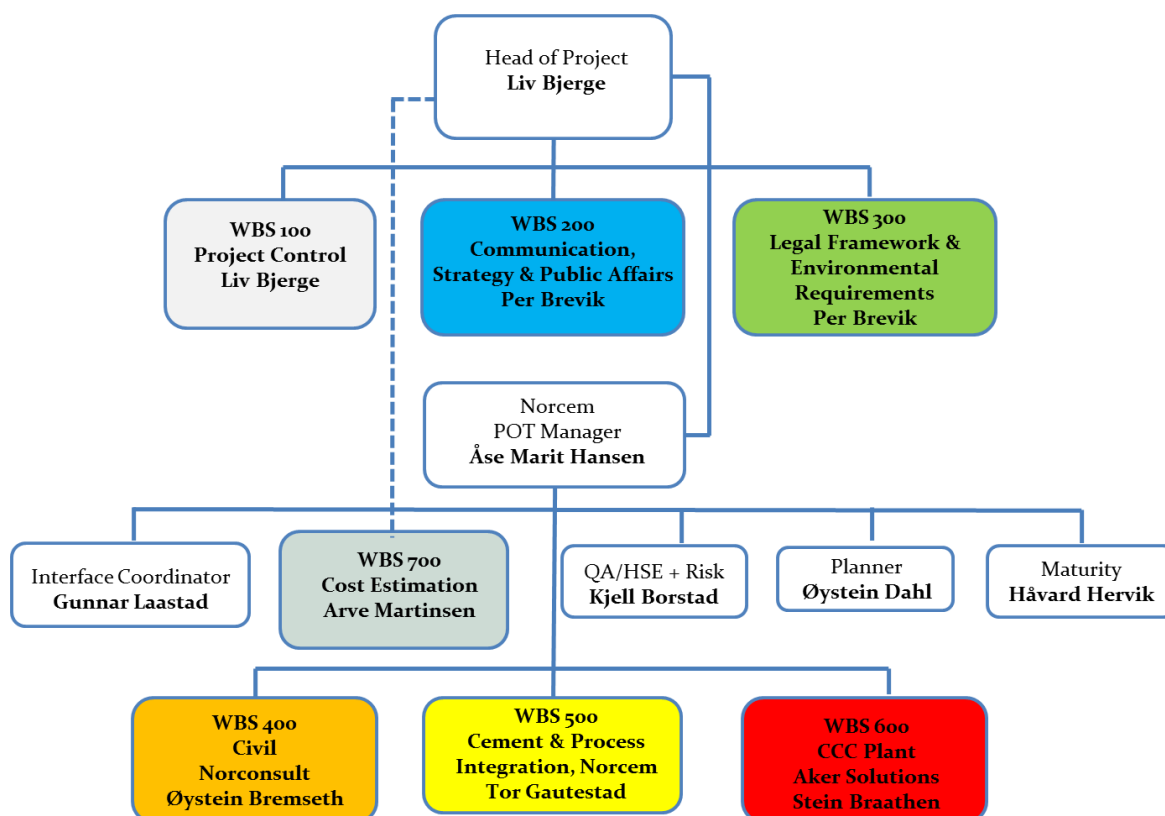


Figur 12-3: Overordnet prosjektorganisering

Prosjektets styringskomite ledes av direktør for HeidelbergCement Nord-Europa; Giv Brantenberg og komitemedlemmene kommer fra HeidelbergCement Nord-Europa (HCNE), HeidelbergCement Technology Center (HTC), Group Environmental Sustainability (HC GES) og European Cement Research Academy (ECRA). Prosjektet er godt forankret med konsernet og den europeiske sementindustrien.

Norcem (Project Owner) har ansvar for dialog mot Gassnova, myndigheter og prosjektets styringskomite (SC). Project Owner Team har fulgt opp prosjektpartnerne på Civil, Cement Process Integration og CCC Plant (CO2 fangst inkludert kondisjonering og mellomlager for CO2). Videre har Norcem (Project Owner) den kontraktuelle oppfølgingen av prosjektpartnerne. I konseptfasen har dette fungert meget bra.

Norcem har etablert et dyktig og erfarent team til gjennomføring av prosjektet. Det er utarbeidet et eget dokument; NC02-NOCE-A-RA-0003 som beskriver og viser hvordan prosjektet er organisert. Figur 12-4 gir et oversiktsbilde over organisasjonsstrukturen på WBS-nivå, hvor de fargede boksene viser inndelingen og kommunikasjonslinjene for de 7 arbeidsområdene.



Figur 12-4: Organisering i konsept- og forprosjektet inkludert prosjektets WBS struktur og kommunikasjonslinjer

Ettersom Norcem er en driftsorganisasjon og har bygget opp sin kompetanse og organisasjon i stor grad rundt de operasjonelle oppgavene, har det vært nødvendig å hente inn kompetanse og erfaring til systemoppbygging (KHMS, risiko og dokumentkontroll) og gjennomføring (grensesnitts-koordinator, kostnadsestimering, planlegger, KHMS- & risikoansvarlig) av konseptstudien. Norcem vurderer prosjektorganiseringen i konseptfasen å være hensiktsmessig. Arbeidet i studien er delt inn i arbeidsområder (pakker, WBS) og hver pakke (WBS) har en egen disiplinleder. Norcem erfarer at dette er viktig for å sikre fremdrift på de ulike områdene. Prosjektet er godt forankret med sementfabrikken gjennom arbeidspakken «Cement and Process Integration», som ledes av teknisk sjef på fabrikken.

Organisasjonen som er bygget opp rundt prosjektet er ikke stor nok til at alle tekniske disipliner er representert. Det forutsettes at hver prosjektpartner selv er ansvarlig for sine leveranser og oppgaver, og Norcem koordinerer og kontrollerer at grensesnittene henger sammen og følger kontraktuelle krav. Partnerne som er valgt, er «proffe» og eksperter på sitt område. Norcem er avhengig av at partnerne leverer og må stole på den faglige kompetansen som de ulike samarbeidspartnerne innehar. Dersom det skulle bli en realisering av fullskala fangst i Brevik, vil Norcem i stor grad bruke egen driftsorganisasjon som har inngående drifts- og vedlikeholds-kompetanse, men i tillegg bemanne opp fangstanlegget med dedikert personell for oppfølging av drift og rapportering.

12.4 Nøkkelpersoner (7d)

Funksjonsbeskrivelser med tilhørende kvalifikasjonskrav for alle nøkkelpersoner i prosjektorganiseringen er utarbeidet og er arkivert i prosjekthotellet. Norcem har etablert et register med nøkkelposisjoner. Registeret inneholder informasjon som organisasjonskart, navn, funksjonsbeskrivelser, CV og eventuelt kopi av

Gassnova's godkjenninger. Jfr. dokument nr.: NC02-NOCE-A-RA-0004 «Funksjonsbeskrivelser inkl. prosjektpersonalregister». Registeret finnes i Interaxo. Tabell 12-2 viser prosjektets nøkkelpersoner.

Tabell 12-2: Liste over prosjektets nøkkelpersoner

Person	Ansvarsområde	% stilling	Selskap
Giv Brantenberg	Leder styringskomiteen (Konserndirektør HCNE)	-	HCNE
Arvid Stjernberg	Medlem styringskomiteen (Tekn dir. sementfabrikkene i HCNE)	-	HCNE
Peter Lukas	Medlem styringskomiteen (Dir Global Environment)	-	HC GES
Andrew Burns	Medlem styringskomiteen (Dir global engineering)	-	HC/ HTC
Martin Schneider	Medlem styringskomiteen (CEO ECRA)	-	ECRA
Per Brevik	Eiers representant i SC og Leder for WBS 200 og WBS 300	40	HCNE
Peter Linderoth	WBS 300, Forhandlinger med OED (konsern advokat)	-	HCNE
Vegard Meland	WBS 300, Konsekvensutredning	100	Multiconsult
Liv Bjerger	Prosjektleder og Leder for WBS 100	100	HCNE
Åse Marit Hansen	POT Leder (Project Owner Team)	100	ÅF Advansia
Arve N. Martinsen	Leder WBS 700	60	ÅF Advansia
Philip Brough	Dokumentkontroller	40	ÅF Advansia
Kjell Andre Borstad	Teknisk Risikostyring/ HSE/QA	100	ÅF Advansia
Øystein Dahl	Prosjektplanlegger	30	ÅF Advansia
Tor Gautestad	Leder WBS 500	40	Norcem
Gunnar J. Laastad	Grensesnitts-koordinator/ WBS 500 konsulent	100	ÅF Advansia
Jan-Erik Rønning	WBS 500, EI/ Aut WBS	50	Norcem
Jørn Haglund	WBS 500, Prosess	100	Norcem
Einar Sørensen	WBS 500, Mekanisk	30	Norcem
Trond Tangen	WBS 500, Tomt/ Civil	40	Norcem
Ida Husum	WBS 300 og 500, Ytre Miljø	30	Norcem
Jorunn Gundersen	WBS 300 og 500, KHMS	30	Norcem
Sondre Hegna	WBS 500, Kostnadsestimering (Norcem sin del)	30	ÅF Advansia
Ronny Valjord	Disiplinleder Varmegjenvinning (fra sementprosessen)	100	Norsk Energi
Paul Ystad	Prosjektleder varmegjenvinning	100	Norsk Energi
Kristin Jordhøy	Varmegjenvinning	100	Norsk Energi
Jesper Lund	Oppdragsleder APC Utstyr	30	FLSmidth
Peter Kristensen	Technical Lead	100	FLSmidth
Øystein Bremseth	Oppdragsleder Civil - WBS 400	100	Norconsult
Ole Petter Kvasnes	Disiplinleder Civil - WBS 400	100	Norconsult
Stein Braathen	Disiplin Leder CCC Plant – WBS 600	100	Aker Solutions
Jacob Knudsen	Leder for Teknologi og Konsept	100	Aker Solutions

12.5 Underleverandører

12.5.1 Beskrivelse underleverandører (7e)

Prosjektets underleverandører eller samarbeidspartnere som vi kaller dem er presentert i tabell 12-3.

Tabell 12-3: Norcems samarbeidspartnere i konsept- og forprosjektet

Partner	WBS	Arbeidsomfang	Kvalifiseringsvurdering	Hvor arbeidet blir utført
Aker Solutions	600	Aker Solution har ansvar for fangst- og kondisjoneringsanlegget inkludert CO2	Basert på Norcems kvalifiseringskriterier for fangstteknologi er Aker Solutions allerede kvalifisert partner til konsept og forprosjekteringen. Arbeidet utført av AKSO	AKSO sitt eget kontor i Oslo. I forprosjektfasen vil AKSO få bistand fra

		mellemlageret	i Mulighetsstudien er basis for arbeidet som skal skje i konsept og forprosjekteringen.	lokalkontor i Mumbai
Norconsult	400	Norconsult har ansvar for alle CIVIL-utredninger	Norcem har gjennom tidligere studier hatt et tett og godt samarbeid med Norconsult og det er helt naturlig å bygge videre på dette samarbeidet. Norconsult besitter teknisk underlag og tegninger for hele fabrikkene og for Norcem er valget av Norconsult både tids- og kostnadsbesparende.	Norconsult sitt eget kontor i Porsgrunn.
Norsk Energi	550	Norsk Energi har ansvar for utredning av varmegjenvinningsanlegget på sementfabrikken samt teknologikvalifisering av kjelene	Norsk Energi var underleverandør til AKSO i utredning av varmegjenvinning fra fabrikkene i Mulighetsstudien og kjenner derfor Norcem-prosjektet godt. I tillegg er Norsk Energi direkte partner til Norcem i den pågående pilottestingen av varmegjenvinning fra sementprosessen, som nå pågår på fabrikkene. Norsk Energi er derfor foretrukket partner på videre utredninger av varmegjenvinningskonseptet samt teknologikvalifiseringen av kjelene.	Norsk Energi sitt eget kontor i Oslo.
DNV GL	550	DNV GL er engasjert som rådgiver og verifikatør i arbeidet som gjøres rundt teknologikvalifisering av kjelene som skal brukes til gjenvinning fra sementprosessen	DNV GL har utarbeidet standarder som brukes til teknologikvalifiseringen og har lang erfaring innen dette området.	Sitte eget kontor i Oslo
FLSmidth	540	FLSmidth har ansvar for nødvendige utredninger av modifisering av eksisterende utstyr på fabrikkene (vifter, filtre, kjøletårn ol.)	FLSmidth er leverandør av utstyr til sementindustrien og kjenner derfor prosessen godt. FLSmidth var partner i Mulighetsstudien og vurderte konsekvensene av integrasjonen av fangstanlegget på eksisterende prosessutstyr. FLSmidth er derfor foretrukket partner i de videre studiene i konsept og forprosjekteringen.	FLSmidth sitt eget kontor i Danmark. FLS får tilbudt kontorplass i Brevik de dagene de er der
ÅF Advansia	100, 300, 500 & 700	ÅFA vil være en del av Norcem sitt team og bistår Norcem på <u>følgende områder</u> : -Lede POT -Utarbeider systemer (KHMS og risikostyring). -Dokumentkontroll -Prosjektplanlegger -Konsulentbistand WBS 500 -Grensesnitts-koordinering -Overordnet kostnadsestimering	ÅFA er et av Norges ledende konsultantselskaper innen prosjektledelse og har en lang portefolje fra tidligere prosjekter.	Det meste av arbeidet skal foregå i Brevik og ÅFA får tilbudt kontorplass lokalt. ÅFA sitt eget kontor i Oslo blir også benyttet

12.5.2 Underleverandørers relevante erfaring, særlig innen CO₂-håndtering (7f)

12.5.2.1 Norconsult

Norconsult har vært en viktig samarbeidspartner for civil-delen av prosjektene i prosjektene; «Norcem Conceptual Study» i 2015-2016, i Gassnova's Idestudie (2015) og i Mulighetsstudien (2015 – 2016). Ellers er Norconsult erfaring med CO₂ håndtering begrenset. Spesifikt knyttet til CO₂ kan følgende nevnes:

CCGT m/CO ₂ fangst på Grenland	Mulighets-konsept studie for 1 og 2x 420 MW CCGT med CO ₂ fangst	2005 - 2006	Skagerak Energi	Hovedrolle i mulighetsstudie, betraktning av plankoninger og identifisering av grensesnitt som en industri installasjon at Herøya Industripark, Porsgrunn.
Kullfyrt kraftverk m/CO ₂ fangst på Norges vestkyst	Mulighetsstudie av 800MW kullfyrt kraftverk med rensning av avgassen og CO ₂ fangst	2006-2007	Haugaland Kraft AS	Evaluerer av forbrenningsteknologier og relevante rens- & fangst teknologier for NO _x , Hg, CO ₂ , SO ₂ , aske og flygesikke håndtering og lagring.
CO ₂ -fri gasskraft	Demonstrasjonsanlegg for CO ₂ separasjon på en 40 MW gass turbin	2002	Aker/Kværner	For-studie, byggeteknikk disiplin

Norconsult har imidlertid vært involvert i ett stort antall landbaserte gass separasjon/lagringsanlegg (Kårstø, Mongstad, Sture, Snøhvit, LNG Risvika) og gassdistribusjon system (ROGASS – Grane CO₂) som har gitt Norconsult generell gass erfaring.

12.5.2.2 Aker Solutions

Aker Solutions has been engaged in Carbon Capture and Storage (CCS) projects and activities for more than 20 years. First, with the design and delivery of the Sleipner platform in the North Sea for Statoil, this with its CO₂ facility has injected about one million tons of CO₂ per year into an aquifer since 1996. Another important milestone started in 2008 with Aker Solutions' Mobile Test Unit (MTU), which comprises our Advanced Carbon Capture (ACCTM) Technology. The MTU has successfully tested carbon capture from various flue gases for more than 20 000 operating hours at different industrial plants in Norway, UK and USA.

Also in 2008 we started a comprehensive Carbon Capture R&D program (SOLVit) with partners (332 MNOK spent). The target for this program was to develop and test more cost-efficient solvents (based on amine blends) with improved energy efficiency, minimized degradation and HSE emission performance. About 90 solvents have been tested. Six different pilot plants have been engaged and operated for about 45 000 hours. During the program an energy saving of about 35% has been achieved. The selected solvent has an improved HSE performance (non-toxic, non-hazardous for aquatic organisms, ready biodegradable, etc.). The solvent is very robust and generate minimum emission, corrosion and waste products. The SOLVit program was completed in January 2016.

A few years later (2012), the CO₂ capture plant at Technology Centre Mongstad (TCM) was started up. The amine plant was designed, delivered and commissioned in cooperation with our sister company Kværner. We established a comprehensive test program at TCM and we were operating the plant in collaboration with the TCM team for about two years. Two alternative proprietary solvents and one standard amine (MEA) solvent were successfully tested. The MTU was operating on the same solvents in parallel with the main amine plant, to demonstrate our control on scale-up. Based on the results from TCM, our ACCTM technology has been qualified for commercial scale applications.

12.5.2.3 Norsk Energi

I forbindelse med Mulighetsstudien ble Norsk Energi engasjert av Aker Solutions til å utrede konsept for varmegjenvinning fra sementprosessen. Videre inngikk Norcem partnerskap med Norsk Energi i 2016, for pilottesting av røkrørskjelene i Brevik, med tanke på bruk i en fremtidig fullskala fangstanlegg. Ut over det har Norsk Energi mindre erfaring med prosjekter relatert til CO₂-håndtering.

12.5.2.4 FLSmidth

FLSmidth er en stor leverandør av spesielt renseutstyr til sementfabrikker og Norcem engasjerte FLSmidth i Mulighetsstudien, til å utrede konsekvensene det vil ha på eksisterende utstyr at et fangstanlegg integreres med eksisterende fabrikk. Ut over dette har FLSmidth mindre erfaring med prosjekter relatert til CO₂-håndtering.

12.5.2.5 DNV GL

DNV GL har over mange år satset bredt på utvikling av tekniske løsninger og systemer inn mot fangst, transport og lagring. DNV GL har blant annet bygget opp systematiske og standardiserte systemer/ modeller for teknologikvalifisering av fangstteknologi og annen ny teknologi, til bruk både onshore og offshore. Norcem har engasjert DNV GL som rådgiver og verifikatør til teknologikvalifisering av røkrørskjelene som er tenkt brukt ved en eventuell fullskala realisering.

12.5.2.6 ÅF Advansia

ÅF Advansia er et av Norges største konsulentselskaper og er kjent for sin kompetanse i gjennomføring av store prosjekter (f.eks. utbygging på Gardermoen (Oslo T2) og Munchmuseet). ÅF Advansia har bred erfaring for landbaserte industriprosjekter som Norcem satte som krav i sin forespørsel. ÅF Advansia har den senere tid hentet medarbeidere med kompetanse innen karbonfangst (Aker Solutions og TCM) og ønsker å utvikle denne kompetansen videre i selskapet.

12.5.3 Regnskapsrapport (7h)

I forbindelse med søknaden til studier for bygging og drift av fangstanlegg for CO₂ på Norcem Brevik, ble regnskapsrapporter fra våre samarbeidspartnere innhentet. Disse gjaldt for året 2015. Regnskapsrapporter for 2016 vil bli oversendt Gassnova på forespørsel.

12.6 Grensesnittshåndtering (7g)

Grensesnitt i Konseptfasen har vært overordnet håndtert av en egen funksjon i POT – Grensesnitt koordinator. Denne funksjonen har hatt ansvar for å etablere relevante systemer tilpasset de krav til detaljering som prosjektet krever, samt eventuelle spesielle behov de enkelte prosjektpartnerne flagger.

Det er to hovedkategorier grensesnitt:

- Lokale – dvs mellom prosjektpartnerne innad i prosjektet,
- Globale – dvs mellom prosjektet og eksterne som f.eks. Gassnova, strøm leverandør, etc.

Systemer for håndtering av lokale grensesnitt er etablert av POT, de er i full bruk og erfaringene er gode. En felles forståelse for viktigheten og nødvendigheten av en god og omforent håndtering av grensesnitt har positivt modnet gjennom konseptstudiet, og dette arbeidet skal videreføres inn i neste prosjekt fase.

Globale grensesnitt håndteres gjennom diverse egne systemer som Gassnova sitt TQ system. Alle grensesnittsbeskrivelser, skjemaer og dokumenter ligger åpent tilgjengelig i Interaxo (prosjektets web hotell) for alle prosjektpartnerne.

Metodebeskrivelse

Nedenfor følger en beskrivelse av hvordan systemene for de lokale grensesnittene er bygget opp.

Ved inngangen til denne prosjektfasen var det en organisasjonsendring som gjorde det fornuftig å se på arbeidsfordelingen med litt nye øyne. Norsk Energi og FLSmidth ble løftet ut flyttet fra Aker Solutions og lagt inn under Norcem sin integrasjonsgruppe WBS 500.

Påfølgende har det vært fokus på å videreforedle grenseoppgangen mellom prosjektpartnerne i prosjektet. Det totale arbeidsomfanget er delt opp i jobbpakker som er logiske i forhold til den enkelte prosjektpartners kompetanseområde og type leveranse, og på den måten er antall kritiske grensesnitt redusert.

De som skal levere teknisk underlag og som dermed må avklare grensesnitt seg imellom er:

Norconsult – WBS 400	Norcem - WBS 500	FLSmidth – WBS 540	Norsk Energi – WBS 550	Aker Solutions – WBS 600
-------------------------	---------------------	-----------------------	------------------------------	--------------------------------

Målsettingen i forbindelse med avklaringen av jobbpakkene har vært at:

- Norconsult prosjekterer og kostnads-estimerer alt av infrastruktur/ bygg (byggningsmessige arbeider) bortsett fra bygg el,
- Norcem prosjekterer og kostnads-estimerer alt av overordnet elektro/ aut/ instrument, bygg el. samt eventuelle frittstående modifikasjoner som er nødvendig som følge av det nye anlegget.
- FLSmidth (FLS) prosjekterer og kostnads-estimerer alle nødvendige oppgraderinger av eksisterende sementprosess samt håndtering av røykgass i forbindelse med det nye anlegget.
- Norsk Energi prosjekterer og kostnads-estimerer alt relatert til dampproduksjon og kondensathåndtering inkl. varmegjenvinning fra sementprosessen.
- Aker Solutions (Aker) prosjekterer og kostnads-estimerer alt relatert til CO₂, - fra fangst, via kondisjonering og til lasting.

Avklaringer rundt jobb pakker og grensesnitt er gjennomført i form av workshops hvor alle partnerne har vært tilstede, møter mellom relevante partnere og pr. telefon. Det er utarbeidet referater for alle vesentlige diskusjoner som er distribuert til relevante parter og arkivert på prosjektets web hotell.

I forbindelse med utviklingen av prosjektets felles 3D modell har hver prosjektpartner blitt tildelt sin egen farge som så brukes på alt utstyr fra denne partneren i prosjektets åpne 3D innsynsmodell. I forbindelse med konkrete grensesnitts diskusjoner er det således enkelt å identifisere de involverte parter.

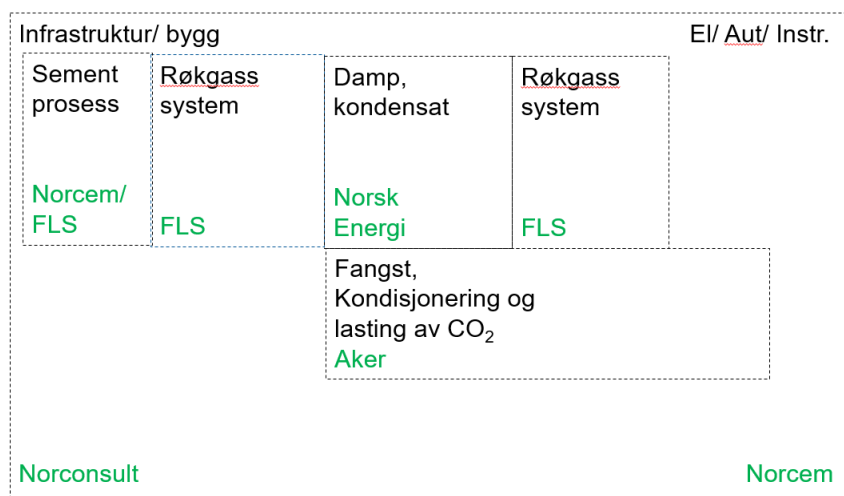
De lokale grensesnittene er delt opp i tre hoved kategorier:

- Prosessmessige -grensesnitt,
- Elektro/ aut/ instrument grensesnitt

- Infrastruktur/ bygg (Bygningsmessige arbeider) grensesnitt

Det er valgt forskjellige filosofier for å håndtere kategoriene. Dette skyldes at de prosessmessige grensesnittene henger sammen som en rød tråd gjennom hele prosessen og at feil et sted kan forplante seg. Disse grensesnittene er derfor behandlet separat og relativt detaljert. De to andre kategoriene er behandlet mer som pakker.

Grunnlaget for alle kategorier grensesnitt er et «oversiktskart» med startpunkt i uttaket av røykgass fra eksisterende sementprosess og hvor man følger røykgass, damp og CO₂ gjennom de nye jobbpakkene, se figur 12-5.



Figur 12-5: «Oversiktskart»

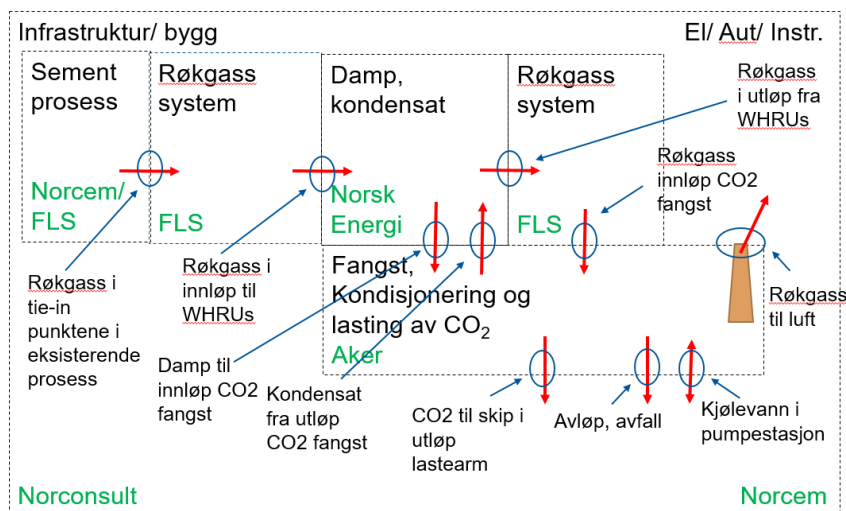
Grensesnitt prosess

For å optimalisere varmegjenvinningen og dermed maksimere CO₂ fangsten er det behov for en del prosessmessige justeringer i den eksisterende sementproduksjonsprosessen. Dagens kjøling av røykgass bortfaller ved CO₂ fangst, og eksisterende utstyr nedstrøms kjøletårnene må oppgraderes til å tåle høyere temperaturer samt og enkelt kunne veksle mellom drift med og uten CO₂ fangst.

FLS inkluderer nødvendige oppgraderinger av det eksisterende utstyr i sin pakke, og bringer så røykgassen til Norsk Energi gjennom nye kanaler og med nye vifter.

Norsk Energi henter deretter ut energien fra den varme gassen i varmegjenvinningskjeler (WHRU) for dampproduksjon. Etter kjelene leverer Norsk Energi røykgassen tilbake til FLS som bringer den videre til Aker for fangst av CO₂.

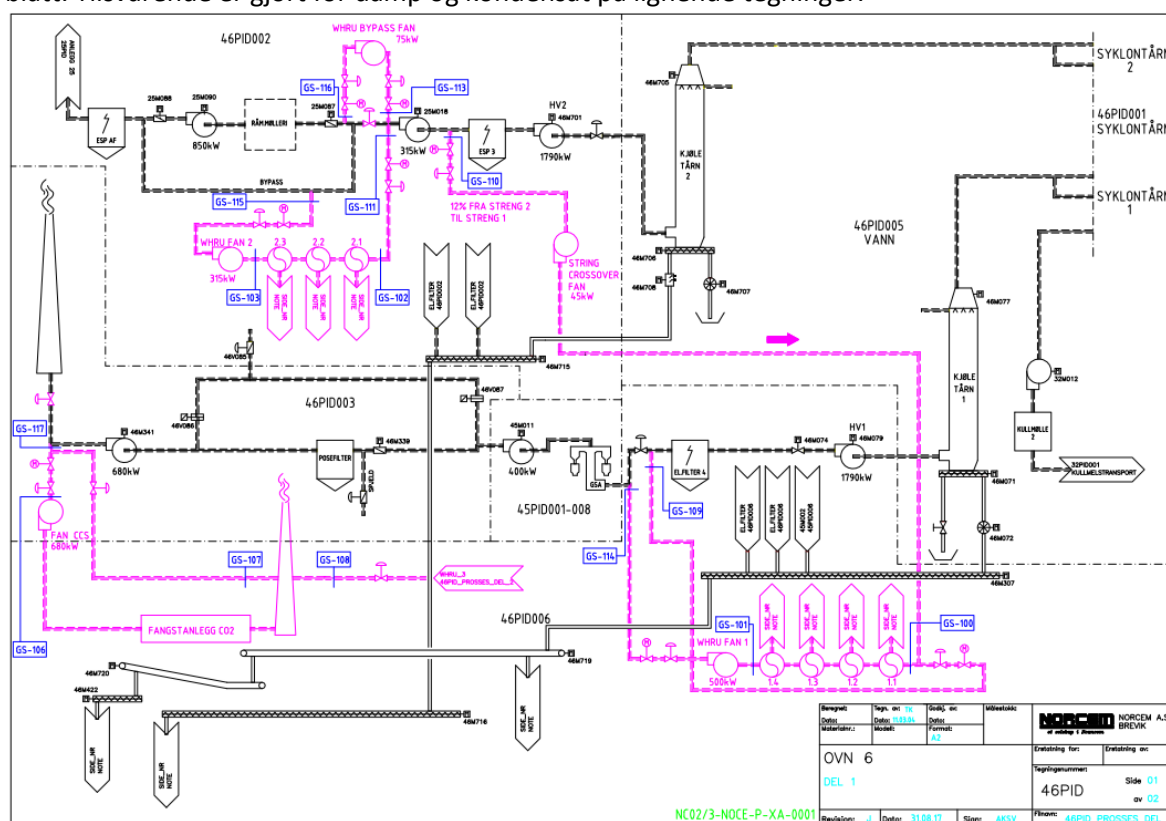
Den produserte dampen leverer Norsk Energi til Aker, og som igjen returnerer kondensatet tilbake til Norsk Energi. Vannbehandling og evt. behov for ekstra produksjon av damp i el. kjel ligger også hos Norsk Energi. Med utgangspunkt i «oversiktskartet» ble de viktigste prosessmessige grensesnittene identifisert, se figur 12-6 under.

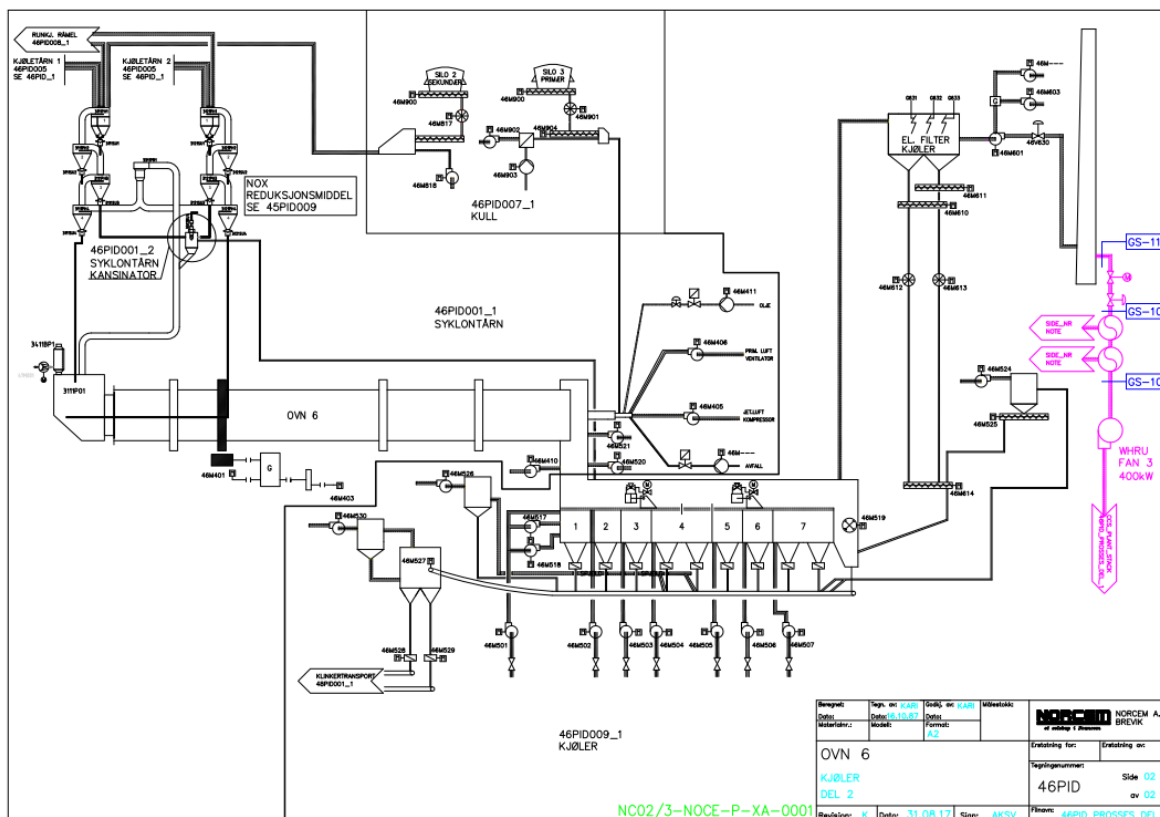


Figur 12-6: Overordnede prosessmessige grensesnitt

En pil i kartet kan representere et eller flere prosessgrensesnitt. Kartet med prinsippene for hovedgrensesnittene ble presentert og diskutert blant prosjektpartnerne på åpningsseminaret den 2. og 3. mai. For alle vesentlige grensesnitt ble de enkle pilene i figur 12-6 deretter detaljert ut til separate grensesnitt, gitt unike identifikatorer (GS-*nnn* nummer), og markert i prosess flytskjemaer.

I figur 12-7 er dette vist for røkgass fra tie-in punktene og hele veien til ny skorstein. Sort strek er eksisterende prosess, lilla strek er nye røkgasskanaler, vifter og WHRU og grensesnittene er markert med blått. Tilsvarende er gjort for damp og kondensat på lignende tegninger.





Figur 12-7: Flytskjema

Grensesnittene ble deretter registrert i et eget Grensesnittsregister, se tabell 12-4, og detaljert beskrevet med relevante prosessdata i et eget Grensesnittskjema, se figur 12-8.

Tabell 12-4: Utsnitt fra Grensesnittsregisteret

Fullskala Karbonfangst ved Norcem Brevik
Konsept og Forprosjekt 2017 - 2018

GS-100 - 199: Røkgass / GS-200 - 299: Damp / GS-300 - 399: Kondensat og matevann / GS-400 - 499: Spevann / GS-500 - 599: Råvann, byvann, avløp / GS-600 - 699: Sjøvann / GS-700 - 799: Kjemikalier / GS-800 - 849: Civil / GS-850 - 899: Elektro / GS-900 - 999: Diverse.

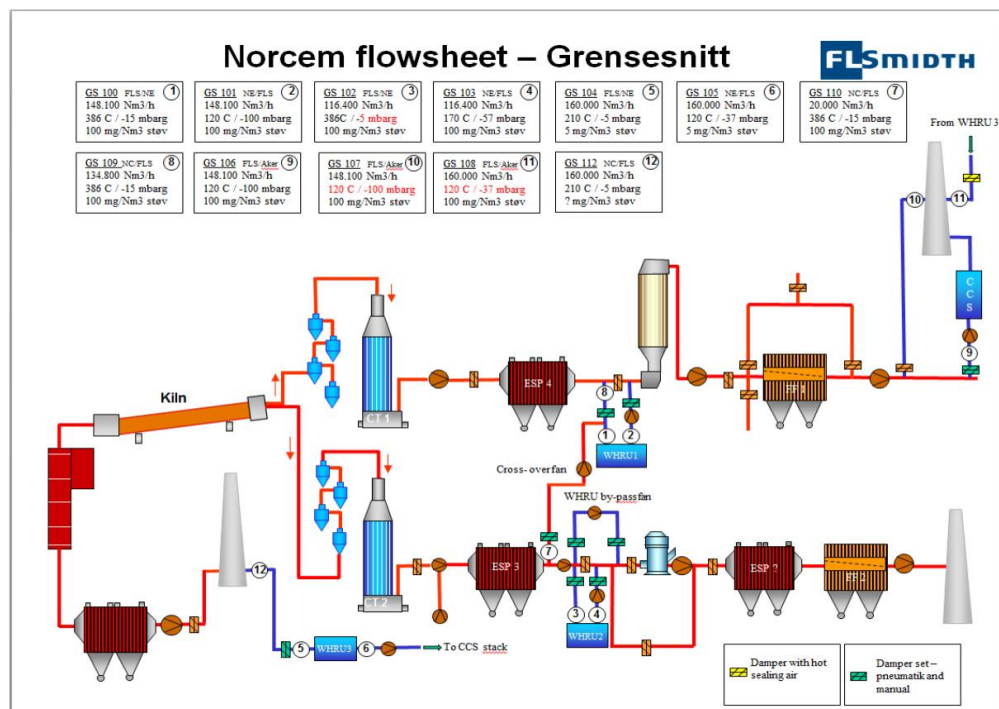
Grensesnittregister		Dato:					
Grense snitt nr.	Lokalisering	Overordnet beskrivelse	Mellom	Eier	Grensesnitt-skjema etablert	Referanse/ Tegningsnr	
GS-100	WHR-STRING 1	Avpass inn på WHR-STRING 1	NOEN/FLS	FLS	x	NC02-NOEN-P-XB-0103	
GS-101	WHR-STRING 1	Avpass ut av WHR-STRING 1	NOEN/FLS	NOEN	x	NC02-NOEN-P-XB-0103	
GS-102	WHR-STRING 2	Avpass in på WHR-STRING 2	NOEN/FLS	FLS	x	NC02-NOEN-P-XB-0104	
GS-103	WHR-STRING 2	Avpass ut av WHR-STRING 2	NOEN/FLS	NOEN	x	NC02-NOEN-P-XB-0104	
GS-104	WHR-STRING 3	Avpass inn på WHR-STRING 3	NOEN/FLS	FLS	x	NC02-NOEN-P-XB-0105	
GS-105	WHR-STRING 3	Avpass ut av WHR-STRING 3	NOEN/FLS	NOEN	x	NC02-NOEN-P-XB-0105	
GS-106	Inn på Akers prosessområde	Avpass fra streng 1 inn på Akers "FAN CCS"	FLS/AKER	FLS	x	NC02-NOCE-P-XA-0001	
GS-107	Inn på Akers prosessområde	Avpass fra streng 1 i bypass inn på Akers nye skorstein	FLS/AKER	FLS	x	NC02-NOCE-P-XA-0001	
GS-108	Inn på Akers prosessområde	Avpass fra streng 3 inn på Akers nye skorstein	FLS/AKER	FLS	x	NC02-NOCE-P-XA-0001	
GS-109	WHRU 1	Røygkass fra streng 1 til WHRU 1	NOCE/FLS	NOCE	x	NC02-NOCE-P-XA-0001	
GS-110	WHRU 1	12 % røygkass fra streng 2 til 1	NOCE/FLS	NOCE	x	NC02-NOCE-P-XA-0001	
GS-111	WHRU 2	Røygkass uttak til WHRU 2	NOCE/FLS	NOCE	x	NC02-NOCE-P-XA-0001	
GS-112	WHRU 3	Varmgass fra klinkerkjøler	NOCE/FLS	NOCE	x	NC02-NOCE-P-XA-0001	
GS-113	WHRU 2 Bypass	Bypass av røygkass på streng 2 AF-mølle	NOCE/FLS	NOCE	x	NC02-NOCE-P-XA-0001	

Fullskala Karbonfangst ved Norcem Brevik Konsept og Forprosjekt 2017 - 2018		 HEIDELBERGCEMENT Group	
1. OVERORDNET			
Data er antatt	Sign:	Grensesnitt nr.	GS-107
Data er bekreftet	Sign: Møte 6/6-'17		
Date er verifisert	Sign:		
Grensesnitt mellom/ parter:		FLSmith / Aker	
Grensesnitt ansvarlig/ eier:		FLSmith	
2. LOKALISERING			
Inn på Akers prosessområde			
Se dok. "Battery limit definition and division of Scope in Concept and FEED studies" datert 10. jan 2017 utarbeidet av Aker			
3. OVERORDNET BESKRIVELSE:			
Avgass fra streng 1 i bypass utenom CO2 fangstanlegg og inn på Akers nye skorstein. Grensesnitt i belg. Belgen leveres av Aker.			
Se Norcem prosess flytskjema 46PID side 1 og 2 med grensesnittene markert.			
4. PROSESSDATA			
Medium:	Røykgass		
	4a. Normal drift (range):	4b. Ekstremer (range):	4c. Design (range)
Flow:		125000 - 160000 Nm3/h	148100 Nm3/h
Flow:			
Temp:		119-200 FLS skal sjekke	120 °C FLS skal sjekke
Trykk: mbarg		58 to -150 mbarg FLS skal sjekke	-100 mbarg FLS skal sjekke
Komposisjon vol%		N2: 61.42	N2: 61.42
		CO2: 22.22	CO2: 22.22
		O2: 7.03	O2: 7.03
		H2O: 9.33	H2O: ~0
		SO2: ~200 ppm	SO2: ~200 ppm
		NOx: ~400 ppm	NOx: ~400 ppm
Støv/ partikler:		100 mg/Nm3	100 mg/Nm3
Kommentarer			
Normal drift			

Figur 12-8: Typisk Grensesnitt skjema. (Skjemaet er mer omfattende enn vist)

Grensesnittskjemaene er levende dokumenter som revideres og kompletteres etter behov og etter hvert som prosjektet utvikler seg.

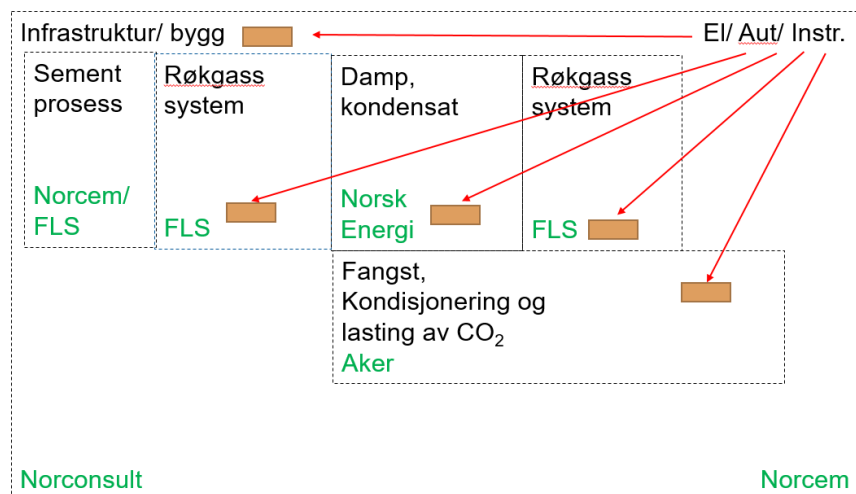
For å unngå at de enkelte grensesnittene blir stående kun som separate uavhengige skjemaer har FLSmith i tillegg etablert et oversiktsskjema for å kunne vurdere helheten for trykk- og temperaturutvikling etter hvert som designet av røykgasskanalene faller på plass. Se figur 12-9. Evt. behov for endringer som skulle oppstå vil deretter gjennomgå en endringsbehandling og bli tilbakeført til de enkelte grensesnitt skjemaene.



Figur 12-9: Skjema for temperatur og trykk utvikling

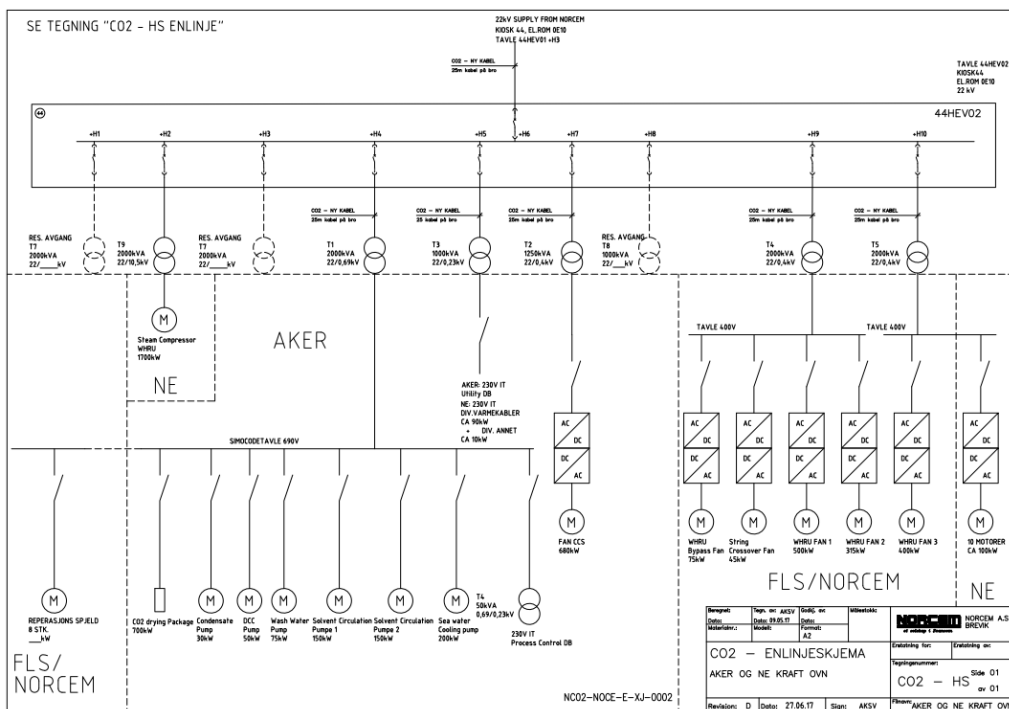
Grensesnitt elektro/ aut / instr.

Norcem WBS 500 «eier» alt av overordnet elektro/aut./instrument oppgaver for alle prosjektpartnerne fra de enkelte hovedkomponenter som lokale skap/ VSD og helt opp til ferdig programmerte skjermbilder. Grensesnittet er ved primærgiverne (motor, instrument) i prosessanlegget. Figur 12-10 viser skjematisk hvordan grensesnittene for elektro/ aut/ instr. ligger lokalt inne i de enkelte jobbpakkene.



Figur 12-10: Grensesnitt elektro

Elektroanlegget er inndelt med høy – og lavspenningsfordelinger i henhold til de forskjellige prosjektpartneres jobb pakker. Dette er markert i tre overordnede en-linjeskjemaer som viser konfigurasjonen og grensene mellom partene. Figur 12-11 viser et eksempel.

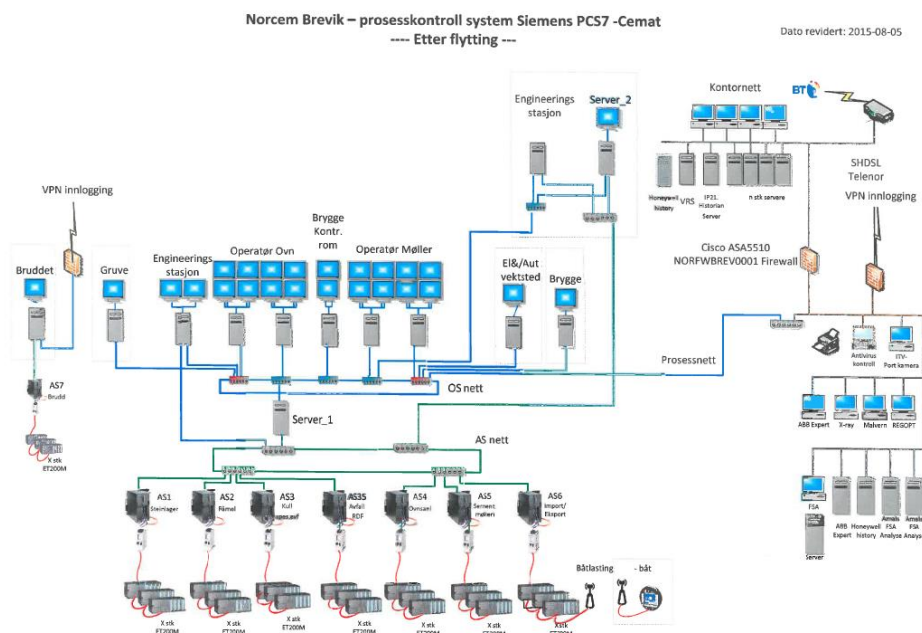


Figur 12-11: Typisk en-linje skjema

Det er Norcem som har kontakten til Skagerak nett med hensyn på en felles ny og oppgradert høyspent strømforsyning til både eksisterende fabrikk og det nye fangst anlegget.

For å få et totalt elektro/ aut/ inst system som snakker sammen med, og som er bygget opp tilsvarende det eksisterende kontrollsystemet i Brevik, håndteres kontrollsystemet for fangstanlegget av Norcem. Norcem i Brevik har høy kompetanse og lang erfaring innenfor området.

Det skal være tett integrasjon mellom systemene for signalutveksling, men kontroll systemet til fangst anlegget skal samtidig bygges opp med ny separat operatørstasjon og med dedikert PC, PLC og I/O system. Dette forenkler installasjon, testing, og MC/ commissioning, da dette i stor grad kan gjennomføres uten å påvirke kontrollsystemet for den løpende sement produksjonen. Figur 12-12 viser eksisterende kontroll system arkitektur.



Figur 12-12: Kontrollsystem arkitektur

Det settes krav til type signaloverføring fra lokale skap/ primærgivere, og Norcem håndterer alt av nye PLS, operatør stasjoner og sørger for programmeringen basert på partenes funksjonsbeskrivelser. Norcem har overlevert typiske tegninger til de andre prosjektpartnerne for skjemategninger og ønsker/ spesifikasjoner på vesentlig utstyr som motorer, VSD og moduler for signaloverføring.

Grensesnitt infrastruktur/ bygg (Bygningsmessige arbeider)

Disse grensesnittene har blitt behandlet som komplette pakker. Hver av de forskjellige prosessleverandørene Aker, Norsk Energi og FLS samt Norcem WBS 500 har samlet krav og behov ovenfor Norconsult i forbindelse med bygningsmessige arbeider i separate dedikerte dokumenter. Disse dokumentene omfatter temaer som arealbehov, spesifikke krav til bygg som dimensjoner og lydisolering, krav til bæreevne på fundamenter, installasjoner i bakken, etc. Disse dokumentene inngår i grensesnittsregisteret, og er levende dokumenter som foredles i innhold og detaljeringsgrad etter hvert som prosjektet utvikles.

Vedlegg 10 A fra Mulighetsstudien som omhandler grensesnitt Norcem – Aker Solutions – Norconsult har blitt komplettert med et nytt Aker dokument «CCC Plant Interface Information for Civil Contractor». Dette omfatter grensesnitt informasjon mellom Aker og Norconsult i detalj, og inngår i grensesnittsregisteret som grensesnittpakke GS-803. Vedlegg 10 B fra Mulighetsstudien som omhandler grensesnitt mellom Norcem og Norconsult er videreført og inngår nå i grensesnittsregisteret som grensesnittpakke GS-801.

Grensesnitt Gassnova / andre aktører i CO₂ kjeden

De grensesnittene som Gassnova beskriver i sin Design Basis, og som omhandler forhold rundt lasting av CO₂ hos fangstlokasjonene, er typiske globale grensesnitt på lik linje med forhold knyttet til Porsgrunn kommune, Skagerak nett, o.l. Ved eventuelle spørsmål og uklarheter benyttes Gassnova sitt eget system «Tekniske avklaringer - TQ». TQ'ene nummereres fortløpende.

13 GEVINSTREALISERING

13.1 Kunnskapsoverføring (9a)

I dette kapitlet er Norcems oppdaterte plan for gevinstrealisering, inkludert kunnskapsdeling og teknologisamarbeid, basert på Gassnova's overordnede plan beskrevet. Videre er og plan for å dele læring og tilrettelegge for kunnskapsoverføring fra CO₂-håndtering internt og til andre relevante aktører inkludert.

I forbindelse med milepelsleveranse M3 i konseptstudien; jfr. rapport NC02-NOCE-A-RA-0001, har Norcem gitt sine innspill til Gassnova's overordnede plan for gevinstrealisering. Rapporten beskriver hvordan fullskala CO₂-fangst prosjektet på Norcem i Brevik kan bidra til gevinstrealisering inkludert kunnskapsdeling og teknologisamarbeid, som er et av myndighetenes overordnede effektmål i det Norske CCS Demonstrasjonsprosjektet.

Rapporten peker på hvilket potensiale det vil være for mulig kunnskaps- og erfaringsspredning innad i sementindustrien, men også innenfor annen type industri i tillegg til forskningsinstitusjoner og akademika, dersom prosjektet på Norcem realiseres. Norcem Brevik vil være den første sementfabrikken i verden med fullskala fangst, og vil kunne bane vei for videre utvikling av teknologi med tanke på optimalisering og kostnadsreduksjoner. Konkrete forslag til hvordan Norcem kan bidra til å oppfylle overordnet plan for gevinstrealisering, inkludert kunnskapsdeling og teknologisamarbeid, er foreslått i rapporten. Det vises til NC02-NOCE-A-RA-0001 i Vedlegg G for detaljer. Dokumentet vil oppdateres i forprosjektfasen.

Norcems innspill til gevinstrealisering er konkretisert i «Kommunikasjonsplanen»; jfr. rapport NC02-NOCE-A-RA-0009 i Vedlegg H. Kommunikasjonsplanen gir en oversikt over områder hvor Norcem ser muligheter til kunnskaps- og erfaringsspredning fra prosjektet. Kommunikasjonen fra prosjektet vil være knyttet til oppdatering av hvor prosjektet til enhver tid befinner seg.

13.2 Erfaringsrapport (9b)

Norcem har utarbeidet en lessons learned rapport, jfr. rapport NC02-NOCE-A-RA-0006 (Vedlegg F), som beskriver «lessons learned» prosessen i prosjektet. Rapporten inneholder tekniske, kontraktuelle, kommersielle og regulatoriske læringspunkter. Rapporten vil bli oppdatert før overlevering av DG3. Det vises til rapporten for detaljer.

13.3 Teknologisk utvikling (10a, 10b og 10c)

13.3.1 Element i prosjektet som ansees å bidra til teknologisk utvikling (10a)

I dette kapitlet gis en oppdatert beskrivelse av hvilke element av prosjektet som ansees å bidra til teknologisk utvikling.

Dersom karbonfangstprosjektet i Brevik realiseres, vil dette være den første sementfabrikken i verden som er utstyrt med fullskala karbonfangst. Dette vil gi en unik mulighet til å demonstrere at karbonfangst fungerer og på en trygg måte, og vil etablere et nytt nivå i bærekraftig sementproduksjon. Av de få fullskala karbonfangst prosjektene som i dag er i drift, er det kun to anlegg hvor CO₂ fanges fra røykgass (Boundary Dam og Petra Nova) med post-combustion teknologi, men ingen på sement.

Potensialet for teknologiutvikling og læring vil være betydelig ved en realisering i Brevik. Ettersom sementindustrien står for 5 til 6 % av de menneskeskapte karbonutslippene i verden, vil en suksessfull

demonstrasjon av karbonfangst på Norcem, utgjøre en stor teknologimilepel på industrirøykgass, og vil være et viktig gjennombrudd som metode for utslippsreduksjon fra industrien.

Den foreslåtte løsningen for karbonfangst på Norcem vil transportere kondisjonert CO₂ i væskeform på dedikerte skip til lagringsstedet, eventuelt via et mellomlager på land. Norcem vil fokusere på fangst og kondisjonering av CO₂ i CCS-kjeden og andre aktører har ansvar for lasting, transport og lossing av CO₂. Prosjektet i Brevik vil gi verdifull kunnskap og erfaringer med praktisk gjennomføring av grensesnittshåndtering (koblingspunktene) mellom fangst og transport.

For CCS prosjektet i Brevik, vil karbonfangst anlegget fra Aker Solutions være betydelig integrert med sementfabrikken. Fangstanlegget vil i all hovedsak operere ved hjelp av gjenvinning av restvarme fra sementprosessen. Teknologien som er prosjekteres for varmegjenvinningen (varmevekslerne) går gjennom en teknologikvalifisering i konsept og forprosjekteringsfasen, men den praktiske erfaringen får man ikke før en eventuell realisering av prosjektet. Varmegjenvinningsteknologiutviklingen vil være nyttig for både sementindustrien, men også annen type industri (stål).

Aker Solutions har foreslått å bruke en CO₂ kompressor og kondisjonering som har et integrert varmegjenvinningssystem, i Brevik. Den spesifikke løsningen vil resultere i signifikant reduksjon i termisk energiforbruk i fangstanlegget. Det finnes ingen anlegg per i dag hvor denne løsningen er i bruk og en realisering i Brevik vil bidra til teknologisk utvikling og verifikasjon. Teknologien er i all hovedsak interessant for industrier hvor damp ikke er tilgjengelig for fangstanlegget og hvor varmegjenvinningsanlegg er nødvendig for å gjennomføre fangst.

13.3.2 Muligheter og evt. hindringer valgte løsning har i fht å etablere en standard løsning (10b)

I dette kapitlet gis en oppdatert beskrivelse av hvilke muligheter og evt. hindringer valgte løsninger har i forhold til å etablere en standard løsning som kan muliggjøre at nye CO₂-kilder kan benytte samme løsninger.

Valgt fangstteknologi i Brevik er Aker Solutions' ACCTM teknologi. Dette er en post-combustion teknolog, det vil si fangst etter forbrenning. Hovedfordelen med post-combustion teknologien er at den kan anvendes på mange prosesser og utslippskilder i ulik industri. I tillegg vil post-combustion teknologien ha mindre innvirkning på eksisterende prosess (produksjon og fortjeneste) og er derfor egnet for å installere i ettertid på en prosess som er i full drift.

Andre teknologier for fangst fra sementrøykgass, som oxyfuel, kalsium looping eller indirekte kalsineringsprosesser, vil i større grad interferere med ovnsprosessene. Disse teknologiene vil også i større grad være avhengig av lokale forhold fordi bruk av råmaterialer, brensler, sementkvalitetskrav ol., varierer fra lokasjon til lokasjon.

Ved valg av post-combustion teknologi er derfor ikke utenkelig at en fangstprosess kan danne basis for en standardisert løsning for karbonfangst i sementindustrien eller andre industrier med store CO₂-utslippskilder. Det vil allikevel være noen aspekter ved løsningen som er valgt for sementanlegget i Brevik som er stedsspesifikke. Ettersom ingen sementanlegg eller produksjonsanlegg er like, vil nok det alltid være tilfelle. For eksempel er designet av fangstanlegget i Brevik basert på en fangstkapasitet på 400 000 ton CO₂/år, og det vil mest sannsynlig ikke være den riktige kapasiteten på andre anlegg. Det er vanskelig å forestille seg at fangstanleggets størrelse kan standardiseres ettersom størrelsen på utslippskilden vi variere mye fra sted til sted. Norcem Brevik er en relativ liten sementfabrikk, sammenlignet med de største i Heidelberg

konsernet som har et årlig utslipp på flere millioner tonn CO₂. Norcem Brevik må derfor sees på som det første anlegget, demonstrasjonsanlegget, hvor karbonfangst er tatt i bruk.

Erfaringer fra testingen i Brevik med Aker Solutions mobile test enhet (MTU) har gitt Norcem verdifull erfaring med nødvendig renseutstyr av røykgassen før fangsten kan finn sted. Prinsippet for rensing og type utstyr vil kunne standardiseres og overføres til nye anlegg. Likevel vil det nok også her være behov for justeringer i forhold til lokale forhold.

Den valgte løsningen for kondisjonering av CO₂ i Brevik samt infrastrukturløsningen for båttransport vil være særegen for Norcem, samtidig vil utstyr som brukes (tanker, laste anordninger, målesystemer) kunne standardiseres for neste anlegg. Krav til transport og lagring vil være avgjørende for hvor langt dette kan standardiseres.

Selv om de valgte løsningene for fangstanlegget i Brevik ikke kan standardiseres 100 %, vil anlegget bidra til verdifull læring for fremtidige karbonfangstprosjekter og spesielt innen sementindustrien.

I forbindelse med Konseptstudien er det gjennomført en VIP workshop, hvor hensikten var å se på muligheten for forenkling av funksjonalitet og tekniske spesifikasjoner (standardisering), ref. Kap. 15. Det vil jobbes systematisk videre med dette i forprosjektfasen.

13.3.3 Typisk neste CCS-prosjekt hos Norcem (10c)

I dette kapitlet er oppdatert beskrivelse av hvilke typisk neste prosjekt (hos eksterne aktører og internt i eget selskap/konsern) man vil kunne fremskynde dersom CCS-prosjektet gjennomføres hos Norcem. Dokumentasjon hvordan Norcem samarbeider, og videre ønsker å samarbeide, med andre aktører i forbindelse med kunnskapsdeling og teknologisamarbeid er også omhandlet.

En gjennomføring av karbonfangstprosjektet i Brevik vil være viktig for sementindustrien, men også annen landbasert industri med store karbonutslipp. En realisering i Brevik vil danne et helt nytt BAT nivå for bærekraftig sementproduksjon i fremtiden. Det kommende kvoteregimet (etter 2020) vil kreve at sementindustrien gjennomfører ytterligere tiltak, i tillegg til brensel- og produktoptimalisering, for å redusere sine karbonutslipp. Det fremtidige kvoteregimet vil bidra til at kun de mest moderne og beste sementfabrikkene vil overleve, og det er kun på de moderne anleggene at karbonfangst vil kunne implementeres.

I HeidelbergCement konsernet er det 150 sementanlegg med en årlig sementkapasitet på nærmere 200 millioner tonn. Potensialet for implementering er stort. Dette vil dog kreve at det finnes lokasjoner for lagring av CO₂ og at CCS-kjeder etableres, samt at investeringsvilje, langsiktig investeringsstøtte og politiske og regulatoriske forhold avklares.

En etablering av CCS-kjeden i Norge vil være banebrytende for Norge, men også for andre land og ulike bransjer (inkludert sementbransjen). Norge vil være et foregangsland i utvikling av teknologi, systemer og regulatoriske forhold, sett fra et langsiktig og forutsigbart perspektiv, som vil gjøre CO₂-håndteringen gjennomførbart også andre steder.

HeidelbergCement ønsker å ligge i front i utvikling av karbonreducerende løsninger og en realisering i Brevik, vil gi verdifull kunnskap og erfaring på hvordan konsernet skal satse videre.

Å få på plass et fangstanlegg i Brevik, vil bety mye for hele sementbransjen. Anlegget vil være med å gi den nødvendige kunnskap og erfaring som industrien trenger for å få trygghet om at teknologien virker, og vi vil få konkretisert hva et første anlegg vil koste. Vi vil i tillegg få på bordet et faktisk sammenligningsgrunnlag for fremtidige prosjekter.

14 KONFIDENSIELL INFORMASJON/ PATENTERBAR TEKNOLOGI (11a)

I dette kapitlet gis en oppdatert oversikt over støttemottakers konfidensielle informasjon og patentert/patenterbar teknologi. Det er kun Aker Solutions som har fremsatt krav i dette punktet.

I tillegg til konfidensiell informasjon er Aker Solutions bakgrunns informasjon og IPR relatert til ACC™ teknologien oppsummert her.

14.1 Konfidensiell informasjon

Aker Solutions' ACC™ technology (amine technology for CO₂ capture) contains business secrets within the following areas:

- The composition of the amine solvent used in the CO₂ capture process, including all physical data and chemical properties of the amine solvent, as well as the structure of the specific decomposition products that might reveal the composition of the amine solvent
- Design information for Aker Solutions' emission control technology, including the quantity of washing sections, type and dimensions of internals, process connections between washing sections, operating/design conditions (temperatures, washing water quantity and washing water composition), heat integration between washing sections and amine solvent
- Technology for heat integration between CO₂ compression/liquefaction and CO₂ capture processes. This includes information about the design/operating conditions for CO₂ compressor and integrated heat recovery units. Process connections between heat recycling devices and CO₂ desorber
- Technology for reclaiming of the amine solvent. This includes information about the choice of process equipment and process connections as well as design/operating conditions (temperature, pressure and composition) of the reclaimer process
- Technology for energy conservation in the capture process through the use of "Energy Saver".
- Detailed design information about tailored process equipment including flue gas pre-treatment (DCC), CO₂ absorber, CO₂ desorber and reboiler
- Mass and energy balances on business process flows within the CO₂ capture process
- Material selection of process equipment and components exposed to amine solvent
- The information listed under section 14.2 except for information that is publicly available in patent databases.

14.2 Patented and patentable technologies (and background knowledge)/ Aker Solutions intellectual property rights

Aker Solutions' ACC™ technology for CO₂ capture from flue gases is an amine based CO₂ capture technology that has been developed, tested and qualified since 2005. Through the development of ACC™ technology and execution of engineering projects for full scale CO₂ capture Aker Solutions has established extensive background knowledge of CO₂ capture technology and how this integrates with industrial facilities with large emissions of CO₂. Several items of the ACC™ technology are patented or under patenting.

In addition to items that are patented or in the patenting process, the following projects and experiences are considered of particularly relevant background knowledge in relation to the present project:

- All technical solutions for CO₂ capture, compression and liquefaction that is established in connection with pre-engineering of CO₂ capture at Norcem's plant in Brevik
- All CO₂ capture solvents and technologies developed through Aker Solutions SOLVit project. This includes all test results, physical data and the characterization of the developed solvents
- Construction experience through the delivery of amine plant on CO₂ Technology Centre Mongstad (TCM)
- Former technology qualification of ACCTM technology that is performed through DNV GL (DNV-RP-A203)
- ACCTM reclaiming technology and operational optimization developed through the project "Amine Reclaiming"
- Knowledge and test results about the atmospheric degradation and transformation of Aker Solutions amine components that are achieved in the project "Experimental investigation of atmospheric amine degradation"
- Aker Solutions' simulation software for CO₂ capture processes "CO2SIM " and all other developed calculation and "design tools"
- Aker Solutions' design guidelines and Technical Requirements for ACCTM technology "

15 DOKUMENTASJON AV «VALUE IMPROVEMENT PRACTICE (VIP) (2u)

Dette kapitlet omhandler Norcems «value improvement practices (VIP)» - verdiøkingsøvelse.

Prosjektet skal gjennom konsept og forprosjektet systematisk gjennomføre og dokumentere prosesser/øvelser for verdiøkning i bygge- og driftsfasen.

I den forbindelse ble det gjennomført en VIP workshop hos Aker Solutions 5. september. I tillegg til Norcem og Norsk Energi, deltok Gassnova på denne workshopen. Workshopen foregikk som en idedugnad, hvor hensikten var å se på muligheten for forenkling av funksjonalitet og tekniske spesifikasjoner (standardisering). I prosjektering av anlegget vil tekniske og operasjonelle løsninger som bidrar til oppfyllelse av myndighetenes overordnede målsetning for CO₂-håndteringskjeden prioriteres.

Arbeidsomfanget for idedugnaden har vært:

- Gjennomgang av CO₂-fangstanlegget (PDF/ Plot plan/ MEL)
- Bruk av overskuddsvarme for både fangstanlegget og CO₂ kompressoren
- Integrering av fangstanlegget med fabrikk

For hvert enkelt temaområde ble følgende diskutert:

- Er det mulig og trygt å gjennomføre fullskala CO₂-håndtering?
- Vil designet gi produktivitetsgevinster for kommende prosjekter gjennom lærings- og skalaeffekter?
- Hvilken læring vil elementet gi knyttet til regulering og insentiver for CO₂-håndteringsaktiviteter?
- Har prosjektarbeidet til nå etablert markedsaktører, videreutviklet leverandører og gitt næringsutvikling?
- Identifisere mulig forenkling av valgt funksjonalitet og valgte tekniske spesifikasjoner

- Bruk av standardkomponenter og –leverandører / standardisering mot fabrikkens eksisterende komponenter og leverandører
- Identifisere videre vurdering og kostnad og nytte forhold

Det ble utarbeidet et Excel-arbeidsverktøy til dokumentasjon av diskusjonene/ vurderingene i workshopen, og til identifisering av videre aksjoner med ansvarlig part og timing. Verdiøkingsprosessen vil jobbes videre med i forprosjektfasen.

16 FREEDOM TO OPERATE (2m)

Freedom to operate studie av karbonfangst anlegget – hensikter er at en Freedom to Operate (FTO) studie vil gi en oversikt over patenter som kan ha betydning for handlingsrommet til Aker Solutions ACCTM teknologi, dvs at den ikke er i konflikt med andre teknologileverandører. Studien vil gi et godt grunnlag for å navigere innen ett eller flere tekniske områder hvor eventuelt andre aktører allerede har etablerte rettigheter.

Det er Aker Solutions sitt ansvar å utarbeide en Freedom to Operate analyse. I konseptfasen ble det gjennomført en analyse med fokus på teknologielementer samt prosessløsninger som vil være kritisk for videre prosjektering av CCC anlegget hvor eventuelle funn vil kunne introdusere potensielle store endringer i en senere fase av prosjektet. I FTO'en har AKSO konsentrert seg om patenter som er gyldige i Norge, norske patentsøknader og patentes som det kan bli søkt om eller vil kunne bli godkjent i Norge.

Status og resultater fra foreløpig analyse er inkludert i den konfidensielle versjonen av rapporten.