

Statens prosjektmodell
Rapport nummer D014a

Kvalitetssikring (KS1) av KVV om
demonstrasjon av fullskala fangst, transport
og lagring av CO₂

*Utarbeidet for Olje- og energidepartementet og Finansdepartementet
Rapportnummer D014a*

Om Atkins og Oslo Economics

Atkins er et av verdens mest respekterte konsulentselskaper innen prosjektledelse og engineering av komplekse prosjekter. Vi verdsetter langsiktig samarbeid med våre kunder og partnere, og gjør vårt ytterste for å bidra til bærekraftig utvikling og vekst til beste for våre kunder og samfunnet – lokalt og globalt.

Oslo Economics er et samfunnsøkonomisk rådgivningsmiljø med erfarne konsulenter med bakgrunn fra offentlig forvaltning og ulike forsknings- og analysemiljøer. Vi tilbyr innsikt og analyse basert på bransjeerfaring, sterk fagkompetanse og et omfattende nettverk av samarbeidspartnere.

Kvalitetssikring (KS1)

Når myndighetene skal vedta store investeringer er det viktig å få frem de alternativene som kan møte samfunnets behov best mulig. Vi går gjennom hvilke behov, mål og krav investeringen skal dekke og anbefaler det samfunnsøkonomisk beste alternativet, enten det dreier seg om vei, jernbane og byutvikling, IT-løsninger i det offentlige, nye sykehus eller kulturbygg.

Vi bistår i utarbeidelse av konseptvalgutredninger (KVU) og forstudier, og har rammeavtaler som kvalitetssikrere både med Finansdepartementet, helseforetak og kommuner.

Kvalitetssikring (KS1) av KVU om demonstrasjon av fullskala fangst, transport og lagring av CO₂/D014a

©Atkins og Oslo Economics, 7. oktober 2016

Kontaktperson:

Atkins Norge: Oppdragsleder Pierre Bastviken, Tel: +47 9796 8829, Pierre.Bastviken@atkinsglobal.com

Oslo Economics: Erik Magnus Sæther, Tel. +47 940 58 192, ems@osloeconomics.no

Innhold

Sammendrag og konklusjoner	5
1. Superside	13
2. Om oppdraget	16
3. Situasjonsbeskrivelse	17
3.1 Kostnader ved klimaendringer	17
3.2 CO ₂ -håndtering som klimatiltak	19
3.3 CO ₂ -håndtering kan være et aktuelt klimatiltak i ulike sektorer	22
3.4 Potensialet for offshore lagring er stort	24
3.5 Norges satsning på CO ₂ -håndtering frem til nå	25
3.6 Barrierer for at CO ₂ -håndtering utvikles som klimatiltak	26
3.7 Utvikling av ny klimateknologi krever trolig offentlig deltakelse	27
4. Behov	28
4.1 KVVU-ens behovsanalyse	28
5. Strategikapittel (mål)	34
5.1 Samfunns mål	34
5.2 Effektmål	34
6. Krav	36
6.1 KVVU-ens krav	36
6.2 Kvalitetssikrers kommentarer til krav	36
7. Mulighetsstudie	38
7.1 Fangst av CO ₂	38
7.2 Transport av CO ₂	40
7.3 Lagring av CO ₂	41
7.4 CO ₂ -håndtering i utlandet og samarbeid med andre lands myndigheter	42
7.5 Videreføring av konsepter til alternativanalysen	43
8. Alternativanalyse	45
8.1 Alternativer i KVVU	45
8.2 Alternativer fra KVVU mulighetsstudien	46
8.3 Kvalitetssikrers alternativer	47
9. Kvalitetssikrers kostnads- og usikkerhetsanalyse	51
9.1 Basiskalkyler investeringskostnader	51
9.2 Usikkerhetsanalyse	52
9.3 Driftskostnader	57
10. Samfunnsøkonomisk analyse	58
10.1 KVVU-ens samfunnsøkonomiske analyse	58
10.2 KS1 alternativer, metode og forutsetninger	59



10.3 KS1 Identifiserte virkninger	62
10.4 Investering og driftskostnader	64
10.5 Verdien av CO ₂ -reduksjoner	64
10.6 Globale produktivetsgevinster ved lavere fremtidig teknologikostnad	69
10.7 Prissatte effekter i KS1	72
10.8 Demonstrere at CO ₂ -håndtering er et mulig og trygt klimatiltak	77
10.9 Andre ikke-prissatte virkninger	78
10.10 Fordelingsvirkninger	82
10.11 Realopsjoner og fleksibilitet	84
10.12 Usikkerhet	86
10.13 Kostnader per tonn renset CO ₂	88
10.14 Oppsummering av kvalitetssikrers samfunnsøkonomisk analyse	89
10.15 Prioritering mellom resultatmål	93
11. Finansierungsplan og budsjettmessige konsekvenser	95
11.1 KVVU-ens finansierungsplan	95
11.2 Kvalitetssikres finansierungsplan	95
12. Oppsummering og anbefaling	100
13. Føringer for forprosjektfasen	103
13.1 KVVU-ens beskrivelse av neste fase	103
13.2 Organisering av neste fase	104
13.3 Kontraktsstrategi	105
14. Vedlegg	106
15. Referanser	107



Sammendrag og konklusjoner

CO₂-håndtering er mest sannsynlig nødvendig i stor skala internasjonalt dersom verden skal nå 2-gradersmålet. Det er likevel i dag få anlegg under planlegging fordi aktørene som slipper ut CO₂ ikke betaler høy nok pris for sine utslipp og dermed ikke har insentiver til å investere i utslippsreducerende teknologi. Et demonstrasjonsanlegg kan gi læring som reduserer teknologikostnadene noe, men omfanget av andre utbyggere som vil komme etter og ta læringen i bruk er usikkert. Vår analyse viser at det ikke er samfunnsøkonomisk lønnsomt å igangsette et demonstrasjonsprosjekt for CO₂-håndtering. Det anbefales derfor ikke å gå videre med prosjektet nå, før prosjektet i større grad kan sannsynliggjøre nyttesiden. Det bør jobbes videre med å sikre bærekraftige finansieringsmekanismer for CO₂-håndtering gjennom internasjonale samarbeidskonstellasjoner, og det må sikres at et demonstrasjonsprosjekt faktisk vil gi de ønskede virkningene med tanke på læring og kostnadsreduksjon.

Det er utarbeidet en konseptvalgutredning (KVU) om demonstrasjon av fullskala fangst, transport og lagring av CO₂ i regi av Olje- og energidepartementet (OED). Hovedspørsmålet konseptvalgtutredningen søker å svare på er om det er samfunnsøkonomisk lønnsomt å realisere demonstrasjon av CO₂-håndtering. KVU-en utreder alternativer hvor CO₂ fanges fra et eksisterende norsk industrianlegg, fraktes med skip og lagres i velegnede geologiske formasjoner på norsk kontinentalsokkel.

CO₂-håndtering kan anvendes for å redusere CO₂-utslipp fra kraftproduksjon og industri for øvrig, eksempelvis produksjon av stål og sement. Med dagens priser på CO₂-utslipp (kvoter og avgifter) har industrien begrensede privatøkonomiske insentiver til å utvikle og implementere CO₂-håndtering. Ifølge KVU-en skal demonstrasjon gi den nødvendige utviklingen av CO₂-håndtering, slik at de langsiktige klimamålene i Norge og EU kan nås til lavest mulig kostnad. Nyten av prosjektet er at fremtidige CO₂-håndteringsprosjekter vil bygge på de erfaringene og den kunnskapen som opparbeides ved gjennomføringen av et demonstrasjonsprosjekt. Produktivitetsgevinstene av et demonstrasjonsprosjekt vil ifølge KVU-en overstige de 9,2 milliarder kronene i negativ prissatt nytte.

Atkins Norge og Oslo Economics har kvalitetssikret KVU-en og herunder utarbeidet en usikkerhetsanalyse av kostnadsestimatene og en samfunnsøkonomisk analyse av tiltaket. Som del av arbeidet har vi i intervjuer kartlagt behov og synspunkter blant aktører som berøres av tiltaket og vært på befaring på TCM Mongstad. Videre har vi har gjennomført en rekke arbeidsmøter med de ulike grupperingene som har utarbeidet konseptvalgutredningen og mulighetsstudien. På grunn av kravet til fremdrift og som følge av en begrenset tilgang til erfaringstall har vi i hovedsak lagt til grunn inputverdiene fra KVU-en som grunnlag for vår usikkerhetsanalyse.

Behovsanalysen

KVU-ens behovsanalyse inneholder en god redegjørelse for internasjonale og nasjonale forpliktelser knyttet til reduksjon av utslipp av klimagasser. Kvalitetssikrer er av den oppfatning at det er tilfredsstillende redegjort for et generelt behov for reduksjon av CO₂-utslipp, og at CO₂-håndtering inngår i en sannsynlig totalportefølje av tiltak som er nødvendig for å nå 2-graders målet.

KVU-en har gjort et omfattende arbeid med å kartlegge interessenter og aktører og identifisere deres behov. Kvalitetssikrer har også gjennomført en bred kartlegging av interessenters behov og deres synspunkter på CO₂-håndtering som bekrefter det overordnede bildet som er presentert i KVU-en – at det er behov for å demonstrere fullskala helkjede CO₂-håndtering. Dette skyldes særlig at det er få andre tilsvarende prosjekter under planlegging, og at det er nødvendig å skape tillit til at teknologien kan utvikles slik at kostnadsnivået bringes ned til et nivå som gjør at CO₂-håndtering etter hvert kan tas i bruk i kraft- og industrisektoren. Internasjonalt er flere av prosjektene som er utredet ikke tatt videre til realisering som følge av manglende finansiering.

Det prosjektutløsende behov bygger direkte på Sundvolden-plattformen: «Satse bredt på å utvikle en kostnadseffektiv teknologi for fangst og lagring av CO₂, og ha en ambisjon om å realisere minst ett fullskala demonstrasjonsanlegg for CO₂-fangst innen 2020.» Det er ikke gitt en egen beskrivelse av det prosjektutløsende

behov utover dette. Indirekte er det imidlertid beskrevet behov om å komme i gang «nå» for å rekke å oppnå læring og kostnadsreduksjoner i tide, slik at CO₂-håndtering kan bli en viktig bidragsyter til å nå 2-graders målet.

Strategikapittel og overordnede krav

Følgende samfunns mål er definert:

«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.»

Samfunns målet er konsistent med behovsanalysen ved at det viser til behov for demonstrasjonsanlegg, å nå klimamålene og å redusere av kostnadene ved CO₂-håndtering. Samfunns målet er tilstrekkelig ambisiøst og det er gitt en kort og grei forklaring på innholdet i og bakgrunnen for samfunns målet.

Følgende effektmål er definert:

«Flere kommende europeiske CO₂-håndteringsprosjekter skal innen 2030 få reduserte barrierer og kostnader ved at dette prosjektet gjennomføres, gjennom:

- Mulig tilgang til etablert lager
- Dra nytte av læring og utvikling som dette CO₂-håndteringsprosjektet gir»

Effektmålene er et uttrykk for den direkte effekten av tiltaket og er konsistent med behovsanalysen og samfunns målet. Effektmålene bør imidlertid konkretiseres ytterligere (gjøres målbare) og etterfølges av en gevinstrealiseringsplan, slik det også er beskrevet i rapporten fra OED. Vi mener det er fire forhold det bør knyttes konkrete effektmål til;

1. kunnskap (vise at det er mulig og trygt)
2. produktivitet/læringseffekter (bidra til reduserte teknologikostnader)
3. regulatoriske forhold (bidra til egnede rammebetingelser, etc.)
4. markedsutvikling (leverandører, næringsutvikling).

Det er gitt en god utdyping av kravene i KVVU-en. Krav som dreier seg om kunnskapsoverføring, positive læringseffekter, å vise at det er et trygt og effektivt klimatiltak og forbedring av markedssituasjonen er gode krav, som også burde vært reflektert i effektmål. Det er en svakhet at det ikke er angitt hvorvidt kravene er skal-krav eller bør-krav. Krav om en hel kjede og fullskala CO₂-håndtering er gitt implisitt i KVVU-en og bør tydeliggjøres som eksplisitte krav. Vi savner i tillegg en drøfting av potensielt kostnadsøkende krav som er lagt til grunn ved utarbeidelse av anslag, for eksempel mest miljøvennlig transportløsning og norsk mannskap på fartøy.

Mulighetsstudien¹

Det norske mulighetsrommet for realisering av hel-kjede demonstrasjonsanlegg er godt beskrevet i KVVU-en, og gir en systematisk oversikt over relevante utslippspunkter, fangstteknologier og mellomlagre. Ulike former for transport over land og på sjø utredes på en dekkende måte. KVVU-en identifiserer tre muligheter for lagring, men vektlegger Smeaheia i alternativanalysen. KVVU-en identifiserer ulike muligheter for overgang fra transport til lager - enkelte av disse er teknisk umodne.

Det er flere muligheter for samarbeid med utenlandske prosjekter enn det som er beskrevet i KVVU-en. Slik sett kunne mulighetsrommet vært strukket ytterligere ut.

Silingen av hvilke konsepter som tas videre til alternativanalysen har enkelte mangler; særlig er det en innvending mot silingsprosessen som helhet at de samlede kravene i KVVU-en er detaljerte og at disse derfor kan synes «skreddersydd» for alternativene som tas videre. Dessuten spenner konseptene som er videreført til alternativanalysen over en noe snever del av mulighetsrommet.

Alternativanalysen

I samråd med oppdragsgiver har kvalitetssikrer i sin alternativanalyse behandlet alternativer som avviker noe fra alternativene i KVVU-en.

¹ Det gjøres oppmerksom på at begrepet mulighetsstudie benyttes både som et kapittel i KVVU-en og om en delstudie av konkrete alternativer: *Mulighetsstudier av fullskala CO₂-håndtering i Norge (juni 2016)*

Tabell 1-1 Alternativer i KS1

Alternativ	Navn i KVV	Fangst	Transport	Lagring	Antall tonn CO ₂ per år (avrundet)**
0. Nullalternativet	Nullalternativer	-	-	-	-
1. Minimumsalternativet	n/a	Yara kilde 1	Skipstransport	Smeaheia	184 000
2. Sement	Sensitivitet 2 B&C	Norcem	Skipstransport	Smeaheia	400 000
3. Ammoniakk	Sensitivitet 3 B&C	Yara alle kilder	Skipstransport	Smeaheia	742 000
4. Avfall	Sensitivitet 4 B&C	EGE	Skipstransport	Smeaheia	295 000***
5. Sement og liten kilde	Referansecase	Norcem og Yara kilde 1	Skipstransport	Smeaheia	584 000
6. Tre kilder	Sensitivitet 1 B&C	Norcem, Yara og EGE	Skipstransport	Smeaheia	1 438 000
7. Mongstad*	Ikke vurdert	Mongstad	Rørtransport	Smeaheia	1 844 000
8. Utlandet*	Ikke beregnet	-	-	-	-

* Forenklet vurdering ** For alle alternativer er det lagt til grunn 83 prosents virkningsgrad ***Volumet i alternativ Avfall er antatt å stige til 332 000 tonn i 2030

For alternativ 1-6 er basisutformingen skipstransport fra mellomlager i nærhet av utslippskilden til landanlegg på Kollsnes og derfra rørtransport til lageret på Smeaheia. Det er også beregnet kostnader for direkte injeksjon fra skip til lageret på Smeaheia. For skipstransport er det forutsatt mellomtrykk.

Kvalitetssikres usikkerhetsanalyse

Basiskalkylene som er lagt til grunn for usikkerhetsanalysen er basert på KVV-ens estimer. På vegne av OED har Gassnova og Gassco kvalitetssikret basiskostnadene bl.a. gjennom en dokumentert «Document Review» prosess. Videre er kostnadene kvalitetssikret med hensyn til etterprøvbarehet, det vil si beskrevet på en logisk og strukturert måte og arbeidsomfangets komplettethet i forhold til tidligere CO₂-prosjekter Gassnova og Gassco har fulgt opp.

Det er vår vurdering at anslaget på investeringskostnader er tilstrekkelig dokumentert og er på et rimelig nivå, dog med betydelig usikkerhet.

Tabell 1-2: Basiskalkyler KVV og KS 1

Millioner kroner inkl. mva	Injeksjons-form	Basis KVV	Δ Byggherre	Δ Mva.	Vårt Basisestimat inkl. mva.
Minimum	Landanlegg	6 089	-295	-74	5 719
	Direkte injeksjon	5 104	-295	-74	4 735
Sement	Landanlegg	7 916	-249	-62	7 604
	Direkte injeksjon	6 932	-249	-62	6 620
Ammoniakk	Landanlegg	9 581	-187	-47	9 346
	Direkte injeksjon	9 098	-187	-47	8 864
Avfall	Landanlegg	7 997	-261	-65	7 671
	Direkte injeksjon	7 013	-261	-65	6 686
Sement og liten kilde	Landanlegg	8 481	-141	-35	8 304
	Direkte injeksjon	7 497	-141	-35	7 320
Tre kilder	Landanlegg	14 509	0	0	14 509
	Direkte injeksjon	14 990	0	0	14 990

Basiskalkylen har gjennomgått en usikkerhetsanalyse. For hver av de sju usikkerhetsdriverne ble det for hvert alternativ vurdert hvor stor usikkerheten er, og hvordan usikkerheten fordeler seg; det vil si om usikkerheten er venstreskjev, symmetrisk, høyreskjev eller fullstendig høyreskjev. Usikkerhetsdriverne ble diskutert med prosjektet og i etterkant kvantifisert av kvalitetssikrer. Følgende hovedresultater fremkommer:

Tabell 1-3: Resultater usikkerhetsanalyse KS1

Millioner kroner inkl. mva	Injeksjons-form	P15	Forventningsverdi	P85	Standardavvik
Minimum	Landanlegg	5 000	6 700	8 500	25 %
	Direkte injeksjon	4 500	6 300	8 300	29 %
Sement	Landanlegg	6 900	9 500	12 300	28 %
	Direkte injeksjon	6 400	9 100	12 000	31 %
Ammoniakk	Landanlegg	8 500	11 600	15 100	28 %
	Direkte injeksjon	8 500	12 200	15 900	31 %
Avfall	Landanlegg	6 600	9 700	13 000	32 %
	Direkte injeksjon	6 100	9 300	12 500	35 %
Sement og liten kilde	Landanlegg	7 500	10 400	13 400	28 %
	Direkte injeksjon	7 000	10 000	13 100	31 %
Tre kilder	Landanlegg	13 400	19 000	25 000	30 %
	Direkte injeksjon	14 400	21 200	28 100	33 %

Kvalitetssikrers samfunnsøkonomiske analyse

Kvalitetssikrer har gjennomført en selvstendig nytte-kostnadsanalyse av prissatte og ikke-prissatte virkninger. Vi har også gjennomført sensitivitetsanalyser ved å endre på enkelte forutsetninger eller inngangsdata.

Kvalitetssikrer har identifisert følgende samfunnsøkonomiske virkninger:

Tabell 1-4 Kvalitetssikrers identifiserte virkninger av tiltaket

Virkning	Beskrivelse	Vurdering i analysen	Berørte aktører
Investeringskostnader	Planlegging- og gjennomføringsskostnader, investering i fangst, transport og lagring	Prissatt	Offentlig sektor, private aktører
Driftskostnader	Prosjektgjennomføring og drift av fangst, transport og lagring	Prissatt	Offentlig sektor, private aktører
CO ₂ -reduksjoner	Reduserte utslipp av klimagasser gir reduserte utgifter til CO ₂ -kvoter for aktøren (kvotepliktig sektor) eller bidrag til oppnåelse av utslippsmål (ikke-kvotepliktig sektor)	Prissatt	Offentlig sektor, private aktører
Produktivitetsgevinst	Læring gjør at fangst, transport og lagring av CO ₂ kan gjennomføres til lavere kostnad ved fremtidige prosjekter	Prissatt	Offentlig sektor, private aktører
Skattefinansieringskostnad	Finansiering over offentlige budsjetter medfører et effektivitetstap for samfunnet og har en administrativ kostnad	Prissatt	Offentlig sektor
Kunnskap om at CO ₂ -håndtering er mulig og trygt	Demonstrasjon viser at tiltaket er mulig å gjennomføre og gir mer positive holdninger til CO ₂ -håndtering	Ikke-prissatt	Offentlig sektor, private aktører, befolkningen
Regulatorisk læring	Erfaringer med og videreutvikling av lagringsdirektivet og andre regelverk	Ikke-prissatt	Offentlig sektor
Kommersiell læring	Gir erfaring med anskaffelser, insentiver, nøkkeltall for investerings- og driftskostnader	Ikke-prissatt	Offentlig sektor, private aktører
Næringsutvikling i Norge	CO ₂ -håndtering kan bli en ny næring for Norge på lang sikt, med særlig potensiale for lagring på norsk sokkel	Ikke-prissatt	Offentlig sektor, private aktører
Øke verdien på norsk gass	CO ₂ -håndtering kan gjøre naturgass «ren» og ta opp konkurransen med fornybar energi. Økt etterspørsel etter gass vil, alt annet likt, gi høyere pris	Ikke-prissatt	Offentlig sektor, private aktører
Miljøinngrep	Miljøkonsekvenser under bygging og drift. Inngrep i naturen, økt trafikk på vei og sjø, avfall og utslipp, inkludert CO ₂	Ikke-prissatt	Offentlig sektor, private aktører, befolkningen

Som inngangsdata i analysen av de prissatte virkningene inngår forventningsverdier fra usikkerhetsanalysen av investeringskostnadene. Netto nåverdi av prissatte samfunnsøkonomiske kostnader presenteres for hvert av alternativene. Tabellen under viser de prissatte virkningene som er beregnet.

Tabell 1-5 Prissatte virkninger, avrundet

	Investerings- kostnad	Driftskostnad	Skatte- finansierings- kostnad	Kvote- besparelser	Produktivitets- gevinst	Total
Minimum	-4 300	-2 100	-1 100	800	0	-6 800
Sement	-6 400	-4 300	-1 800	1 700	0	-10 800
Amoniakk	-7 900	-7 100	-2 400	3 100	0	-14 200
Avfall	-6 600	-4 800	-2 000	1 500	0	-11 800
Sement og liten kilde	-7 000	-4 600	-1 800	2 500	0	-11 000
Tre kilder	-12 800	-10 800	-3 500	6 300	0	-20 700

Tabell 1-6 Ikke-prissatte virkninger

	Minimum	Sement	Ammoniakk	Avfall	Sement og liten kilde	Tre kilder
Demonstrere at CO ₂ -håndtering er et mulig og trygt klimatiltak	+++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++
Regulatorisk læring	++	++	++	++	++	++
Kommersiell læring	++	++	++	++	++	+++
Næringsutvikling i Norge	+	++	++	++	++	++
Mulig økning av verdien på norsk gass	+	+	+	+	+	+
Miljøinngrep	--	--	--	--	--	---

Tiltakets nyttevirksomheter er svært usikre grunnet usikkerhet om fremtidig norsk og internasjonal klimapolitikk, som vil avgjøre fremtidig privatøkonomiske verdsettelse av CO₂-reduksjoner og verdien av demonstrasjonsanlegget bidrag til kostnadsreduksjoner for fremtidige CO₂-håndteringsanlegg. Kvalitetssikrer har i henhold til rammeavtalen lagt tilgjengelige prognosepriser, i mangel av markedspriser, og en konservativ tilnærming til videre prisvekst til grunn. Verdien av CO₂-reduksjoner er basert på forventede priser i EUs kvotesystem gitt vedtatte føringer for fremtidig innstramning av kvotetaket og en tilhørende videre prisbane etter 2030. Dette tilsier en lav verdi av CO₂-reduksjoner i forhold til forventede rensekostnader av å nå utslippsmål i Norge og EU.

Den relativt sett lave verdien av CO₂-reduksjoner tilsier at få CO₂-håndteringsanlegg vil bli bygget etter demonstrasjonsanlegget. Nye anlegg vil da kreve offentlig finansiering og erfaringen så langt er at kun et fåtall prosjekter vil kunne bli realisert med slike betingelser. Hvis det ikke vil bli bygget ut CO₂-håndteringsanlegg i

etterkant av demonstrasjonsanlegget vil dermed ikke læringen som oppstår av demonstrasjonsanlegget bidra til fremtidige kostnadsreduksjoner og ha en begrenset verdi.

Med denne prisbanen på CO₂ har samtlige tiltaksalternativer negativ netto prissatt nåverdi. Nullalternativet fremkommer dermed som best på de prissatte effektene. Minimumsalternativet kommer best ut av tiltaksalternativene på de samlede prissatte effektene med netto nytte på -6,8 milliarder kroner. Av prosjekter der det bygges et fangstanlegg er alternativet «Sement» minst kostnadskrevende, med en netto prissatt nåverdi på -10,8 milliarder kroner.

Av de ikke-prissatte virkningene er det hovedsakelig demonstrasjonseffekten av tiltaket som er tillagt verdi. Demonstrasjonsanlegget antas å gi økt internasjonal kunnskap om at CO₂-håndtering er et mulig og trygt klimatiltak. Et vellykket tiltak vil vise at teknologien er teknisk gjennomførbar i helkjede i en sektor det ikke tidligere er vist. Dette vil kunne gi økt kunnskap om CO₂-håndtering som en relevant klimateknologi. Fordi minimumsalternativet ikke inkluderer fangstanlegg er verdien av demonstrasjonseffekten vurdert som mindre enn ved de andre tiltaksalternativene.

Andre ikke-prissatte positive effekter av tiltaket er regulatorisk og kommersiell læring. Dette er læringseffekter som antas å oppstå av tiltaket utover den læringen som vil gi kostnadsreduksjoner for fremtidige anlegg. Slik læring kan være viktig for å legge til rette for en større utvikling av CO₂-håndtering på sikt. Disse læringseffektene er imidlertid tillagt begrenset verdi fordi det er uvisst i hvilken grad læringen vil tas i bruk i ettertid, gitt usikkerheten knyttet til fremtidig utbygging av CO₂-håndtering. Selv uten fremtidig utbygging tillegges likevel denne læringen verdi, fordi kunnskapen kan bidra til å tilrettelegge for innføring av andre klimateknologier. Denne læringseffekten antas å ha lik verdi for de ulike tiltaksalternativene, bortsett fra at alternativet tre kilder antas å gi noe mer kommersiell læring enn de andre alternativene.

Prissatte og ikke-prissatte virkninger vurderes samlet sett som negative i alle tiltaksalternativene. Med dagens prognoser for «markedspriser», basert på forventede priser i EUs kvotesystem og tilhørende videre prisbane, er det ikke samfunnsøkonomisk lønnsomt å igangsette et demonstrasjonsprosjekt for CO₂-håndtering.

Samlet sett er det stor usikkerhet knyttet til nytten av tiltaket som følge av usikkerhet om fremtidig klimapolitikk som vil avgjøre prisutviklingen og incentivstrukturen. I basisscenariet har vi lagt til grunn det nærmeste vi kommer observerbare markedspriser for første del av analyseperioden og en videre bane basert på dette. Det kan diskuteres hvorvidt disse antakelsene er realistiske og hvorvidt de tar hensyn til fremtidige CO₂-avtaler, den negative miljøeksternaliteten av CO₂-utslipp og den positive kunnskapseksternaliteten av teknologiutvikling.

Like fullt er det en forutsetning for at CO₂-håndterings tas i bruk at CO₂-prisen stiger utover de nivåer vi har sett så langt. Hvis flere land kommer etter vil et demonstrasjonsanlegg bidra til lavere gjennomføringskostnader, men det forventes ikke at en slik nedgang kan kompensere for manglende vekst i CO₂-prisene. Det forventes videre ikke at offentlige subsidier i et stort volum og over tid kan kompensere for de lave prisene.

CO₂-håndtering som klimatiltak bør også vurderes på kostnadseffektivitet sammenlignet med andre klimatiltak. Det omfattende alternativet med CO₂-håndtering på tre kilder, med rensing av 1,4 millioner tonn CO₂, gir lavest kostnad per utslippsreduksjon, tilsvarende 1 400 kroner per tonn CO₂ renses. Av tiltaksalternativene som inkluderer ett fangstanlegg kommer alternativet med sement og liten kilde best ut, med en tiltakskostnad på 1 650 kroner per tonn CO₂ renses. Til sammenligning beregnet Klimakur 2020 (Miljødirektoratet, 2010) at Norge, for å nå politisk satte utslippsmål innen 2020 på billigst mulig måte, må gjennomføre alle tiltak til en kostnad under 1 250 kroner per tonn CO₂ (2016-kroner). Hvis andre land bygger anlegg basert på læring fra et anlegg i Norge må dette gis en tilleggsverdi.

FNs internasjonale klimapanel (IPPC) har identifisert CO₂-håndtering som ett av mange tiltak som er nødvendige for å nå 2-gradersmålet, et mål som FN, EU og Norge har sluttet seg til. Samtidig blir CO₂-håndtering i dag i liten grad realisert, fordi kostnadene er høye, og prisen på å slippe ut CO₂ er lav. Det foreligger en markedssvikt, fordi CO₂-prisen ikke tilsvarer klimakostnadene som oppstår ved utslipp av CO₂. Demonstrasjonsprosjektet forventes bare i liten grad å kunne korrigere for denne markedssvikten og det fremstår som svært usikkert om demonstrasjonsprosjektet vil øke hastigheten på utviklingen av nye CO₂-håndteringsprosjekter - i Europa eller i resten av verden. Et vellykket tiltak vil likefullt demonstrere at CO₂-håndtering er et mulig og trygt klimatiltak, som vil være en verdi i seg selv. Dersom tiltaket skulle vise seg å sette fart på utviklingen av teknologien vil dette kunne gi et viktig bidrag til utvikling av klimateknologier og øke verdenssamfunnets mulighet for å nå 2-gradersmålet.

Fordelen med et tiltak nå er at det gir tidligere læring og dermed potensielt i større grad kan bidra til å nå klimamålet på en kostnadseffektiv måte. Ulempen er at det er svært usikkert om andre land vil følge etter i dagens situasjon og demonstrasjonsverdien kan utebli.

Dersom Norge skal finansiere et prosjekt for CO₂-håndtering nå, bør det være størst grad av sikkerhet for at prosjektet kan bli en suksess, i den forstand at det vil gi omfattende demonstrasjons- og læringsvirkninger, som igjen vil medføre realisering av flere, og mindre kostbare, anlegg for CO₂-håndtering. For at dette skal kunne skje mener kvalitetssikrer at følgende forhold som et minimum bør være til stede; prosjektet bør demonstrere et tilstrekkelig lavt kostnadsnivå, prosjektet bør kunne sannsynliggjøre at andre utbyggere vil komme etter og prosjektet bør sannsynliggjøre at læringen som oppstår i demonstrasjonsanlegget vil spres til etterfølgende utbyggere.

Vi tilrår derfor å ikke gå videre med konkrete prosjektet slik det er utformet og foreligger i dag.

Det anbefales at et eventuelt videre arbeid innen CO₂-håndtering vektlegger å redusere de økonomiske og regulatoriske barrierer, vel så mye som de teknologiske.

1. Superside

KONSEPTVALGET			
Kvalitetssikrere: Atkins og Oslo Economics		KVU versjon/dato: Hovedrapport «Demonstrasjon av fullskala fangst, transport og lagring av CO ₂ », tilgjengelig ved oppstart 5. april 2016 og supplerende analyser i «Mulighetsstudier av fullskala CO ₂ -håndtering i Norge» (30.06.2016).	
Prosjektutløsende behov «Behov for demonstrasjon av fullskala CO ₂ -håndtering innen 2020.» Beskrevet et indirekte behov om å komme i gang «nå» for å rekke nok læring og kostnadsreduksjoner til at CO ₂ -håndtering kan gjøre sitt bidrag knyttet til utslipp, slik at de internasjonale og nasjonale politiske mål om redusert utslipp kan realiseres på en mest mulig kostnadseffektiv måte.			
Samfunns mål «Demonstrasjon av CO ₂ -håndtering skal gi den nødvendige utvikling av CO ₂ -håndtering, slik at de langsiktige klimamålene i Norge og EU kan nås til lavest mulig kostnad.»			
Samfunnsmålets dimensjoner Viser til behov for: • demonstrasjonsanlegg • å nå klimamålene • å redusere av kostnadene ved CO₂- håndtering			
Effektmål «Minst X kommende europeiske CCS prosjekter skal innen 2030 få reduserte barrierer og kostnader ved at dette prosjektet gjennomføres, gjennom: • Mulig tilgang til etablert lager • Dra nytte av læring og utvikling som dette CCS-prosjektet gir»			
Finansieringsform Det er ikke tatt endelig stilling til finansiering i KVU-en. Analysen av prissatte effekter forutsetter i utgangspunktet 100 % bevilgning over statsbudsjettet, med unntak av kvotebesparelser. OED er i dialog med aktørene om fordeling av kostnader ved en eventuell realisering av prosjektet.			
	KVU	KS1	Henvisning KS1 rapport
Samfunnsøkonomisk analyse	Basisalternativ i KVU per april 2016 (400 000 tonn CO₂ fra Norcem, transport med skip til landanlegg og derfra med rør til reservoar) Netto nytte: -9,2 mrd. kroner Investering: 5,2 mrd. kroner Drift/år: 280 mill. kroner Minimumsalternativ (skipstransport og lagring av	1. Minimumsalternativ Netto nytte: - 6,8 mrd kroner Investering: 6,3 mrd. kroner Drift/år: 172 mill. kroner 2. Sement (Sensitivitet 2C) Netto nytte: - 10,8 mrd. kroner Investering: 9,5 mrd. kroner Drift/år: 349 mill. kroner 3. Ammoniakk (Sensitivitet 3C) Netto nytte: - 14,2 mrd. kroner	Kapittel 10

	200 000 tonn CO₂ som er utskilt i produksjonsprosess) Ikke kostnadsberegnet, drøftet som en sensitivitet Mulighetsstudien fra juni 2016 viser flere alternativer og oppdaterte kostnader, men ikke oppdatert samfunnsøkonomisk analyse	Investering: 11,6 mrd. kroner Drift/år: 583 mill. kroner 4. Avfall (Sensitivitet 4C) Netto nytte: - 11,8 Investering: 9,7 mrd. kroner Drift/år: 389 mill. kr 5. Sement og liten kilde (Referansecase 3) Netto nytte: - 11 mrd. kroner Investering: 10,4 mrd. kroner Drift/år: 377 mill. kroner 6. Tre kilder (Sensitivitet 1C) Netto nytte: - 20,7 mrd. kroner Investering: 19 mrd. kroner Drift/år: 893 mill. kroner	
	Endrer ikke-prissatte effekter på rangeringen? Ja, de vurderes å overstige de prissatte kostnadene	Endrer ikke-prissatte effekter på rangeringen? Nei, ikke med dagens CO₂-pris som gir manglende incentiv til tiltak og dermed en svært begrenset forventet spredning.	Kapittel 10
Bør konseptvalget besluttes nå? Hvis ikke, hvilke realopsjonsverdier foreligger? Prosjektgjennomføring tilrådes ikke slik tiltaket er utformet og foreligger i dag. CO₂-håndtering vurderes som et relevant fremtidig tiltak.			Kapittel 10
Særskilte merknader fra kvalitetssikrer om konseptvalget:			
FØRINGER FOR FORPROSJEKTFASEN			
<i>Behov for ytterlige utredninger:</i> Hvis prosjektet videreføres, er det vår vurdering at bl.a. strategi for kunnskapsdeling og teknologisamarbeid etableres, og ansvar og myndighet tydeliggjøres.			
<i>Organisering:</i> Vi støtter forslaget om å organisere neste fase som et prosjekt, og prosjektets størrelse og mange interessenter tilsier organisering med et prosjektstyre (styringsgruppe). Det er gitt en god beskrivelse av eieroppgaver. Denne beskrivelsen, og prosjektets hensikt, størrelse og kompleksitet tilsier at Olje- og energidepartementet bør ivareta eierrollen i prosjektet og lede prosjektstyret. Vi støtter forslaget om at Gassnova med støtte fra Gassco får ansvaret for utførelsen av prosjektet.			
<i>Tidsfasing av prosjektet:</i> Den justerte tidsplanen som viser ferdigstilling av konsept- og feedstudier medio 2019 (DG3 i 2019), er mer realistisk enn tidligere vurderinger.			
<i>Prioritering av resultatmål:</i>			

KVU-en vektlegger behovet for snarlig handling, både for å rekke den frist Regjeringens satt for gjennomføring og å sikre at andre land kan se at CO₂-håndtering er realiserbart og lære av prosjektet. Det er ikke oppgitt resultatmål i KVU, men i mulighetsstudien vises prosjektmål som omfatter både resultater som prosjektet skal levere (resultatmål) og effekter som skal oppnås etter prosjektet (effektmål). Det er ikke foretatt en prioritering mellom målene. Vi anbefaler at det etableres resultatmål for prosjektet og prioritering av disse ved eventuell videreføring.

Vurdering av gjennomføringsstrategi for konseptene:

Kontraktsstrategien med oppdeling i faser og for hver del av kjeden synes hensiktsmessig. En slik oppdeling gir for eksempel fleksibilitet til å endre arbeidsomfang etter konsept- og feedfasen, og strategien viderefører den fremgangsmåten som så langt har vært med aktørene (i mulighetsstudien). Det er imidlertid ikke beskrevet om alternative kontraktsstrategier er vurdert, og for eksempel hvilke konsekvenser en strategi med én avtale for hele kjeden vil medført. Vi savner en drøfting av faktorer som påvirker valg av kontraktstrategi og utforming kontraktene. Dette gjelder for eksempelvis hvordan usikkerhet skal fordeles mellom staten som kunde og leverandørene, og hvordan kunnskapsdeling og teknologisamarbeid (læringseffekter) for nasjonal og internasjonal industri skal ivaretas.

2. Om oppdraget

På oppdrag for Olje- og energidepartementet (OED) og Finansdepartementet har Atkins Norge og Oslo Economics kvalitetssikret konseptvalgutredningen «Demonstrasjon av fullskala fangst, transport og lagring av CO₂. Oppdraget er gjennomført som en KS1 i statens prosjektmodell for kvalitetssikring av store investeringer.

Hovedspørsmålet konseptvalgutredningen søker å svare på er om det er samfunnsøkonomisk lønnsomt å realisere demonstrasjon av fullskala fangst, transport og lagring av CO₂. Mulighetsstudien beskriver og kostnadsberegner ulike konseptuelle alternativer som kan realiseres i Norge.

Vi har kvalitetssikret KVV-en og som del av dette gjennomført en usikkerhetsanalyse av kostnadsestimatene og en samfunnsøkonomisk analyse av tiltaket.

Grunnlaget for kvalitetssikringen er følgende dokumenter:

1. Olje- og energidepartementet (2016): Konseptvalgutredning - Demonstrasjon av fullskala fangst, transport og lagring av CO₂
2. Gassnova (2015): Utredning av mulige fullskala CO₂-håndteringsprosjekter i Norge - Idéstudie
3. Olje og energidepartement (2016): Fullskala CO₂-håndteringsprosjekt i Norge - Mulighetsstudie

Supplerende redegjørelser og kostnadsmodeller fra OED har vært del av grunnlaget, og kvalitetssikrer har deltatt på en Peer review hvor det ble vurdert om prosjektet er modent til å tas videre (såkalt DG1). Videre har vi i intervjuer kartlagt behov og synspunkter blant aktører som berøres av tiltaket. Prosjektteamet har også vært på befaring på TCM Mongstad.

Mads Greaker ved Statistisk sentralbyrå har bistått i gjennomføring av samfunnsøkonomisk analyse, men er ikke ansvarlig for analyser og anbefalinger. Atkins Energy (UK) har bistått med informasjon og analyse av situasjonen for CO₂-håndtering i Storbritannia.

Oppdraget er gjennomført fra april til oktober 2016.

3. Situasjonsbeskrivelse

I dette kapitlet gis det en beskrivelse av hvorfor CO₂-håndtering kan være et nødvendig tiltak for å nå klimamål, status for tiltaket, utbredelse og viktige barrierer for videre utvikling av CO₂-håndtering. Grunnlaget for situasjonsbeskrivelsen er KVVU-en og relevant litteratur på området.

3.1 Kostnader ved klimaendringer

Menneskeskapte utslipp av drivhusgasser til atmosfæren har allerede medført en økning i den globale gjennomsnittstemperaturen med rundt 1 grad siden førindustriell tid. Oppvarmingen skjer som konsekvens av økt konsentrasjon av drivhusgasser i atmosfæren. Den økte konsentrasjonen gjør at mindre varme slipper ut av atmosfæren enn det som slippes inn. En stor mengde vitenskapelig forskning på en rekke fagområder har med høy grad av sikkerhet påvist temperaturøkningen, at konsentrasjonen av drivhusgasser i atmosfæren har økt og at konsentrasjonen av drivhusgasser i atmosfæren bidrar til den globale oppvarmingen (IPCC, 2014).

En videre økning av globale temperaturer er uunngåelig. Fram til 2035 anslår FN's klimapanel - IPCC - at den globale gjennomsnittlige overflatetemperaturen vil øke med 0,3 til 0,7 grader. Etter 2035 vil oppvarmingen avhenge av hvor mye drivhusgasser vi slipper ut fra og med i dag.

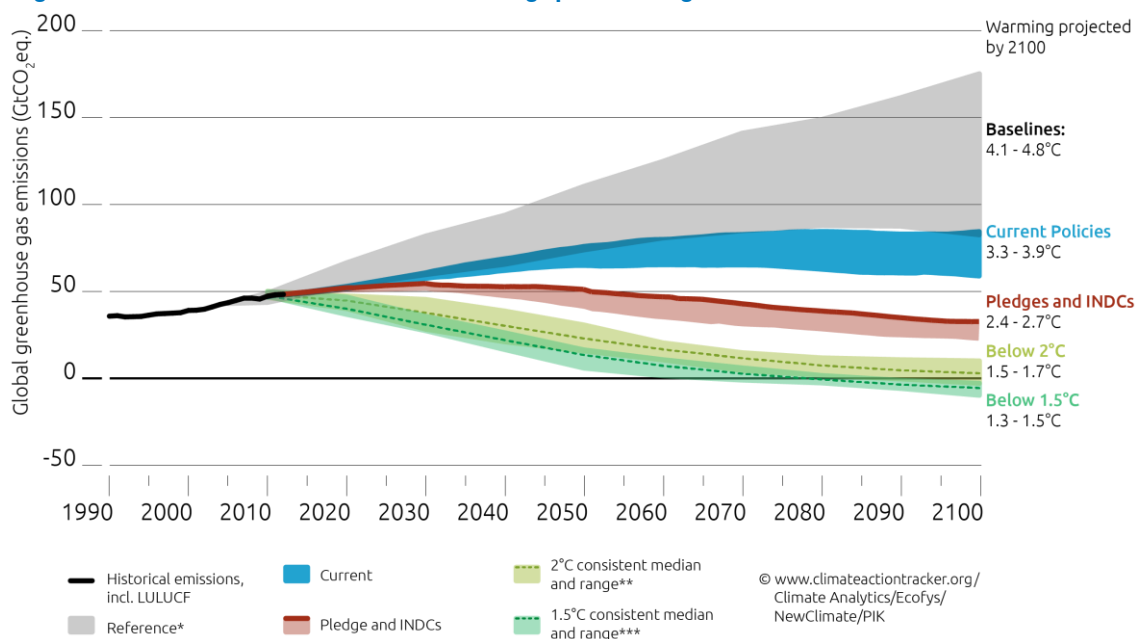
Det finnes en rekke drivhusgasser. CO₂, eller karbondioksid, er drivhusgassen av størst volum. CO₂ finnes i luften rundt oss, vi puster den ut og plantene er avhengige av den for å drive fotosyntesen som omdanner CO₂ til O₂ (oksygen). CO₂ er altså ikke farlig i seg selv, problemet oppstår først når konsentrasjonen i atmosfæren blir for høy. En annen drivhusgass, metan, slippes ut ved flere industrielle prosessanlegg, avfallsdeponi og fra landbruk. Metan har fire ganger så sterk drivhuseffekt som CO₂, og er derfor mer skadelig for klimaet per tonn utslipp.

Global oppvarming medfører varige endringer i klimasystemet. Jo større oppvarmingen blir, jo større er sannsynligheten for alvorlige, gripende og irreversible konsekvenser for mennesker og økosystemer. Oppvarmingen vil medføre at havet stiger fordi isen smelter, havet blir surere, vi får økt tørke, mindre drikkevann og store lokale endringer i nedbørmønstre. Mange plantearter vil utryddes fordi de ikke klarer å tilpasse seg disse endringene raskt nok, og dette vil igjen endre ressursgrunnlaget for dyreliv og mennesker. Alle disse effektene vil føre til at det globale potensialet for matproduksjon vil reduseres. De største klimaendringene vil skje i de fattigste delene av verden, samtidig som fattige mennesker også er de som vil få størst problemer med å tilpasse seg disse endringene (IPCC, 2014).

I hvor stor skala klimaendringene vil skje avhenger av hvor sterk den globale oppvarmingen blir. De fleste økosystemer er tilpasningsdyktige til en viss grad. De vil derfor kunne tåle en liten oppvarming, men ikke en sterk oppvarming på kort tid. Ved en oppvarming over 2 grader øker sannsynligheten betraktelig for irreversible klimaendringer. Kostnadene ved global oppvarming øker derfor eksponensielt med oppvarmingen. Kostnadene ved global oppvarming vil dermed bli svært mye høyere ved en oppvarming på 4 grader, enn ved en oppvarming på 2 grader.

Ifølge Paris-avtalen er det overordnede målet å begrense den globale oppvarmingen til «godt under 2 grader». Det er usikkert om verden klarer å nå 2-gradersmålet. Dersom dagens politikk videreføres, vil den globale oppvarmingen, ifølge Climate Action Tracker, bli rundt 3,3 til 3,9 grader, se Figur 3-1. Det er usikkert hvor stor global temperaturøkning vi får ved en gitt økning i konsentrasjonen av drivhusgasser i atmosfæren og det er usikkert hvordan klimaet responderer på en gitt økning i temperaturen. Likevel vet vi med høy sikkerhet at temperaturen vil øke som følge av økt konsentrasjon av drivhusgasser i atmosfæren og at en oppvarming på over 2 grader vil føre til betydelige og kostbare klimaendringer.

Figur 3-1 Effekten av nåværende klimaløfter og -politikk ifølge Climate Action Tracker



* 5%-95% percentile of AR5 WGIII scenarios in concentration category 7, containing 64% of the baseline scenarios assessed by the IPCC.
 ** Greater than 66% chance of staying within 2°C in 2100. Median and 10th to 90th percentile range. Pathway range excludes delayed action scenarios and any that deviate more than 5% from historic emissions in 2010.
 *** Greater than or equal to 50% chance of staying below 1.5°C in 2100. Median and 10th to 90th percentile range. Pathway range excludes delayed action scenarios and any that deviate more than 5% from historic emissions in 2010.

Kilde: Climate Action Tracker (2015)

Det er bred enighet om at kostnadene ved å tilpasse oss en global oppvarming på over 2 grader vil bli høyere enn kostnaden av å redusere utslipp slik at vi når 2-gradersmålet. I 2013 brukte internasjonale myndigheter til sammen 25 milliarder US dollar på tilpasning til klimaendringer (Buchner, et al., 2014). Klimaendringene vil øke over tid, og det samme vil kostnadene for tilpasning til klimaendringer. Verdensbanken har estimert at tilpasning til klimaendringer av en 2 graders temperaturøkning i 2050, medfører kostnader for utviklingsland alene på 70-100 milliarder US dollar årlig fram til 2050 (World Bank, 2010). Kostnader knyttet til fire klimaendringer alene – skader fra orkaner, eiendomsskader, energikostnader og økte kostnader for drikkevann, er estimert å koste 1,9 billioner US dollar årlig innen 2100 (Franck Ackerman, 2008). Dette tilsvarer i overkant av 2 prosent av dagens globale produksjon (BNP).

For å nå målet om maksimalt 2 graders oppvarming, må de globale utslippene av drivhusgasser reduseres drastisk. Innen år 2100, og kanskje langt tidligere, må verden totalt sett bli karbonnøytral, det vil si at vi har netto nullutslipp. Med netto nullutslipp menes at de utslipp av klimagasser vi da har må kompenseres ved klimanegative tiltak, det vil si opptak av CO₂ i skog, hav eller annen permanent lagring som CO₂-håndtering. I følge IPCC må verden bli karbonnøytral allerede innen 2050 dersom man med rimelig grad av sikkerhet skal nå 2-graders målet. Dersom vi skal oppnå 2-gradersmålet kreves det altså en stor omlegging av samfunnet på en rekke sentrale områder; energi, jordbruk og industri. En rekke tiltak vil være nødvendige å gjennomføre, både på kort og lang sikt, og vil vi måtte utvikle nye teknologier. På lang sikt behøver vi altså klimanegative tiltak. Per i dag har vi få klimanegative teknologier, der CO₂-håndtering fremstår som den mest aktuelle teknologien for dette i dag.

Omleggingen til et lavutslippssamfunn må skje så raskt at verden trolig må satse på å utvikle en portefølje av teknologier, hvorav kun noen av teknologiene vil vise seg å inngå i den endelige pakken av klimatiltak. Som for alle teknologier er det usikkert i hvilket omfang CO₂-håndtering vil inngå den endelige pakken av tiltak. Beregninger fra IPCC og IEA viser, med dagens kunnskap om kostnadsutvikling i de ulike potensielle klimateknologiene, at CO₂-håndtering inngår i pakken av de mest kostnadseffektive tiltakene som behøves for å oppnå 2-gradersmålet. I følge IPCCs analyser vil det bli 140 prosent dyrere å oppnå 2-gradersmålet dersom CO₂-håndtering ikke utvikles.

3.2 CO₂-håndtering som klimatiltak

CO₂-håndtering er et klimatiltak som fanger, transporter og permanent lagrer CO₂ for å hindre at gassen slipper ut i atmosfæren. Med fullkjede CO₂-håndtering menes alle de tre leddene. Fullskala CO₂-håndtering betyr, med den europeiske betegnelsen, at det håndteres minst 1 million tonn CO₂ per år. I Norge har vi i dag få punktutslipp i denne størrelsesordenen. Statoil Mongstad raffineri, gasskraftverk og prosesseringsanlegget på Kårstø og Hammerfest lng er de tre punktutslippene med totale utslipp på over 1 million tonn CO₂ i året. I norsk sammenheng er fullskala CO₂-håndtering definert for en skala som er relevant for et norsk industrianlegg, med utslipp rundt fra rundt 300.000 tonn i året og oppover.

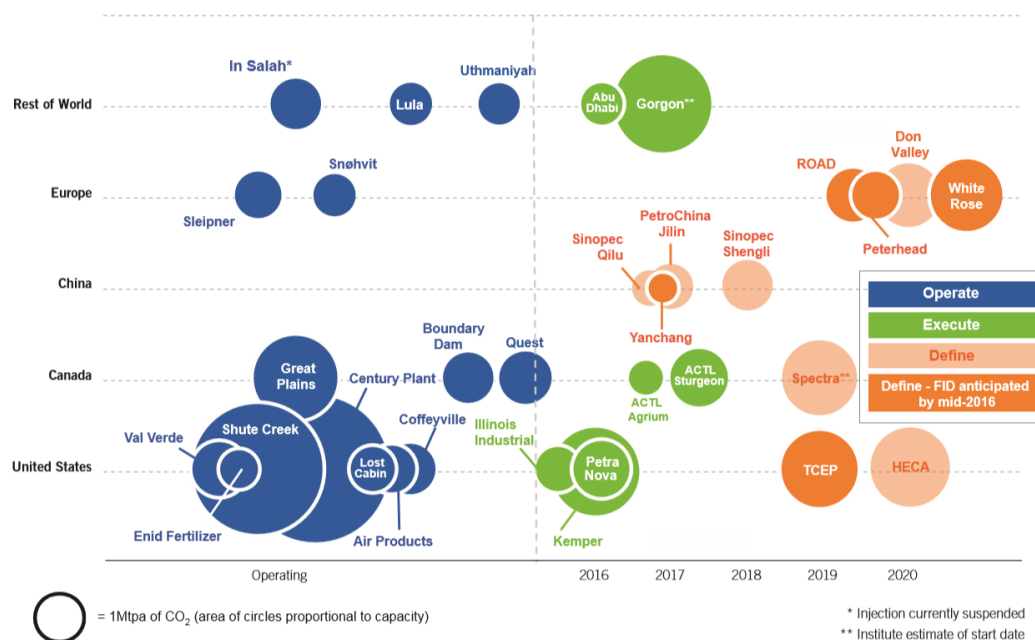
I verden i dag finnes det 15 fullskala anlegg med CO₂-håndtering. Av disse er det ett i kraftsektoren, Boundary Dam, Canada, med fangst fra kullkraftverk, og ni gassprosesseringsanlegg der CO₂ skilles ut fra naturgass før forbrenning. I tillegg til de eksisterende anleggene for CO₂-håndtering er det 7 anlegg under bygging og ytterligere 23 under planlegging.

Om lag 30 millioner tonn CO₂ injiseres per år globalt i 14 eksisterende anlegg, av disse overvåkes 12 millioner tonn i lagrene. 3 av 14 anlegg som er i drift har dedikert geologisk lagring; Sleipner og Snøhvit i Norge, i tillegg til Quest i Canada. De andre anleggene bruker CO₂ som trykkstøtte for økt oljeutvinning (Enhanced Oil Recovery – EOR). Sleipner og Snøhvit i Norge har dedikert offshore lagring av CO₂, men bruker samtidig gassen som trykkstøtte i oljeutvinning. Quest er altså det eneste anlegget i verden som ikke delfinansieres av EOR. Boundary Dam, Canada, er det første anlegget i kraftproduksjon. De andre prosjektene skiller ut CO₂ i sin «business-as-usual» industriproduksjon.

Det har vært planlagt flere prosjekter med dedikert geologisk lagring. Myndighetene i Storbritannia stoppet i november 2015 en konkurranse om finansieringsmidler til et av disse CO₂-håndteringsprosjektene. Dette medførte at prosjektene Peterhead og White Rose ble skrinlagt. Andre CO₂-håndteringsprosjekter som utredes i Storbritannia er Caledonia Clean Energy Project, Don Valley Power Project og Teesside Collective Project, men ingen av disse er foreløpig finansiert. Road er et CO₂-håndteringsprosjekt i Nederland som foreløpig ikke har fått finansiering.

Figur 3-2, fra Global CCS Institute, viser at et begrenset antall CO₂-håndteringsanlegg er under planlegging og at finansieringen er usikker for flere av disse.

Figur 3-2 Oversikt over eksisterende og planlagte CO₂-håndteringsanlegg



Kilde: Global CCS Institute (2015)

I tabellene under gis en mer detaljert beskrivelse av eksisterende anlegg, de som er under bygging og de som har kommet til et modent planleggingsnivå.

Tabell 3-1 Eksisterende CO₂-håndteringsanlegg

Navn	Start	Land	Industri	Fangst	Kapasitet (mill. tonn)	Frakt	Formål
Val Verde Natural Gas Plants	1972	USA	Gass- prosessering	Pre-combustion	1.3	Rør, 356 km	EOR
Enid Fertilizer CO ₂ -EOR Project	1982	USA	Gjødsel- produksjon	Industriell separasjon	0.7	Rør, 225 km	EOR
Shute Creek Gas Processing Facility	1986	USA	Gass- prosessering	Pre-combustion	7	Rør	EOR
Sleipner	1996	Norge	Gass- prosessering	Pre-combustion	1	Ingen	Offshore lagring/EOR
Great Plains Synfuel Plant and Weyburn Midale Project	2000	Canada	Synthetic Natural Gas	Pre-combustion (gasification)	3	Rør, 329 km	EOR
Snøhvit	2008	Norge	Gass- prosessering	Pre-combustion	0.7	Rør, 153 km	Offshore lagring/EOR
Century Plant	2010	USA	Gass- prosessering	Pre-combustion	8.4	Rør, > 255 km	EOR
Air Products Steam Methane Reformer EOR Project	2013	USA	Hydrogen- produksjon	Industriell separasjon	1	Rør, 158 km	EOR
Ceffeyville Gasification Plant	2013	USA	Gjødsel- produksjon	Industriell separasjon	1	Rør, 112 km	EOR
Lost Cabin Gas Plant	2013	USA	Gass- prosessering	Pre-combustion	0.9	Rør, 274 km	EOR
Petrobras Lula Oil Field CCS Project	2013	Brasil	Gass- prosessering	Pre-combustion	0.7	Ingen	Offshore EOR
Boundary Dam CCS Project	2014	Canada	Kraft- produksjon	Post-combustion	1	Rør, 66 km	EOR
Uthmaniyah CO ₂ -EOR Demonstration Project	2015	Saudi- Arabia	Gass- prosessering	Pre-combustion	0.8	Rør, 85 km	EOR
Quest	2015	Canada	Hydrogen- produksjon	Industriell separasjon	1.08	Rør, 64 km	Onshore lagring
Ikke lenger i drift:							
In Salah CO ₂ Storage	2004	Algerie	Gass- prosessering	Pre-combustion	0	Rør, 14 km	Onshore lagring

Kilde: OED (2016)

Tabell 3-2 CO₂-håndteringsanlegg under bygging

Navn	Antatt oppstart	Land	Industri	Fangst	Kapasitet (mill. tonn)	Frakt	Formål
Illinois Industrial CCS Project	2016	USA	Kjemikalie-produksjon	Industriell produksjon	1	Rør, 1,6 km	Onshore lagring
Kemper County Energy Facility	2016	USA	Kraftproduksjon	Pre-combustion	3	Rør, 98 km	EOR
Gorgon Carbon Dioxide Injection Project	2017	Australia	Gassprosessering	Pre-combustion	3.5	Rør, 7 km	Onshore lagring
Petra Nova Carbon Capture Project	2016	USA	Kraftproduksjon	Post-combustion	1.4	Rør, 132 km	EOR
Abu Dhabi CCS Project	2016	Abu Dhabi	Jern- og stålproduksjon	Industriell separasjon	0.8	Rør, 43 km	EOR
Alberta Carbon Trunk Line with Agrum CO ₂ Stream	2017	Canada	Gjødselproduksjon	Industriell separasjon	0.45	Rør, 240 km	EOR
Alberta Carbon Trunk Line with North West Sturgeon Refinery CO ₂ Stream	2017	Canada	Raffineri	Industriell separasjon	1.3	Rør, 240 km	EOR

Kilde: OED (2016)

Tabell 3-3 CO₂-håndteringsanlegg under planlegging

Navn	Antatt oppstart	Land	Industri	Fangst	Kapasitet (mill. tonn)	Frakt	Formål
Sinopec Qilu Petrochemical CCS Project	2017	Kina	Kjemikalieproduksjon	Industriell separasjon	0.5	Rør, 75 km	EOR
Yanchang Integrated CCS Demonstration Project	2017	Kina	Kjemikalieproduksjon	Pre-combustion	0.44	Pipeline, 150 km	EOR
PetroChina Jilin Oil Field	2017	Kina	Gassprosessering	Pre-combustion	0.5	Rør, 35 km	EOR
Sinopec Shengli Poetr Plant CCS Project	2018	Kina	Kraftproduksjon	Post-combustion	1	Rør, 80 km	EOR
Spectra Energy's Fort Nelson CCS Project	2019	Canada	Gassprosessering	Pre-combustion	2.2	Rør, 35 km	Onshore lagring
Hydrogen Energy California Project (HECA)	2020	USA	Kraftproduksjon	Pre-combustion	2.7	Rør, til vurdering	Til vurdering
Texas Clean Energy Project	2019	USA	Kraftproduksjon	Pre-combustion	2.4	Rør, < 50 km	EOR
ROAD	2020	Nederland	Kraftproduksjon	Post-combustion	1.1	Rør, 25 km	Offshore lagring
Peterhead CCS Project*2020	2020	UK	Kraftproduksjon	Post-combustion	1	Rør, 100 km	Offshore lagring
Don Valley Power Project*	2020	UK	Kraftproduksjon	Pre-combustion	1.5	Rør, 165 km	Offshore lagring
White Rose CCS Project*	2020	UK	Kraftproduksjon	Oxy-fuel combustion	2	Rør, 165 km	Offshore lagring

Kilde: OED (2016)

3.3 CO₂-håndtering kan være et aktuelt klimatiltak i ulike sektorer

CO₂-håndtering kan være en aktuell klimateknologi innen ulike sektorer. I dag benyttes fanget CO₂ hovedsakelig til økt oljeutvinning (EOR). CO₂-håndtering kan anvendes for å redusere CO₂-utslipp fra kraftproduksjon og industri for øvrig, eksempelvis produksjon av stål og sement. I dag er det i hovedsak industrier hvor utslippene skilles ut som en automatisk del av prosessen som samler gassen og lagrer den. Dersom tiltaket skal bli aktuelt i stor skala vil det bli nødvendig å installere avanserte teknologier for å fange CO₂ også i andre industrier. På grunn av høye kostnader ved fangstteknologien er det i hovedsak kilder med store konsentrerte punktutslipp som er aktuelle for klimatiltaket. På lengre sikt kan det også være aktuelt å benytte CO₂-håndtering i forbrenning av biomasse for å oppnå CO₂-negative anlegg. Her gis en kort beskrivelse av faktisk og potensiell anvendelse av CO₂.

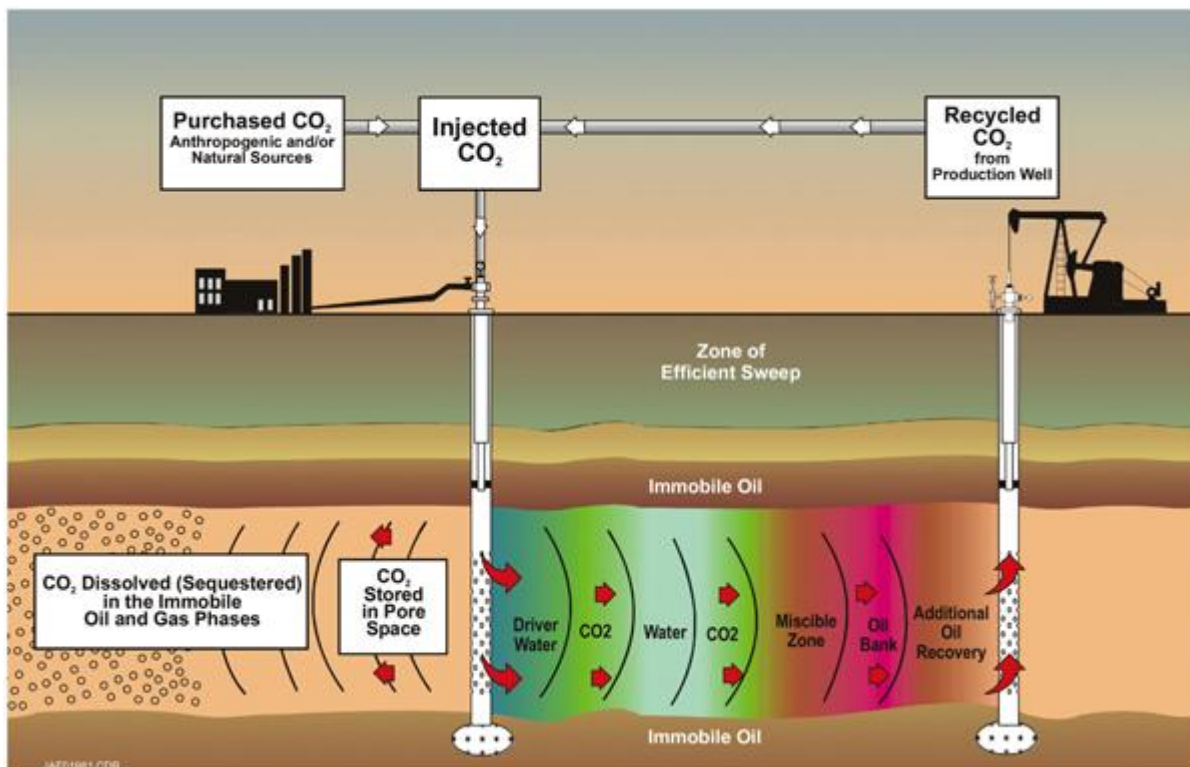
Anvendelse av CO₂-håndtering til økt oljeutvinning

I dag benyttes lagring av CO₂ hovedsakelig til økt oljeutvinning (EOR). Dette gjøres i et sent stadium av utvinningen fra et gitt reservoar, for å presse mer olje ut av reservoaret. CO₂ i væskeform føres da ned i oljereservoaret og presser mer olje mot brønnen. Prosessen er illustrert i Figur 3-3. CO₂ har gode egenskaper for dette formålet, men andre substanser kan også brukes. I dag brukes det i stor grad naturlig forekomster av CO₂ til formålet, men et økende antall prosjekter bruker også CO₂ fra industri for å redusere utslippene til atmosfæren. En avgift på utslipp av CO₂ vil gjøre det mer gunstig for industrien å bruke CO₂ fra industrien til dette formålet.

Av de 15 fullskalaanleggene med CO₂-håndtering i drift per i dag bruker 12 av dem fanget CO₂ til økt oljeutvinning.

CO₂-lagring for økt oljeutvinning er lønnsomt for petroleumsindustrien så lenge CO₂ er billig å oppdrive i forhold til alternativ trykkstøtte, og vil derfor trolig fortsette så lenge det drives oljeutvinning. En utfordring er at anleggene ikke nødvendigvis overvåker gassen i lageret, slik at man har mindre kontroll på om gassen potensielt kan lekke fra lageret.

Figur 3-3 Illustrasjon av EOR



Kilde: Advanced Resources International and Melzer Consulting (2010)

Kraftproduserende industri

De tre eksisterende anleggene med CO₂-håndtering i verden i dag som ikke driver økt oljeutvinning, er tilknyttet energiproduksjon med fossile brenslers. De tre anleggene er de norske prosjektene Snøhvit, hvor CO₂ fanges fra gasskraft, og Sleipner der CO₂ skilles ut fra gass-strømmen, samt Quest i Canada, hvor CO₂ skilles ut fra oljesandsproduksjon.

IEA ser en stor rolle for CO₂-håndtering i energisektoren fremover. IEA (2013) skriver dette om behovet for CO₂-håndtering: «[Carbon capture and storage]... is an integral part of any lowest-cost mitigation scenario [...], particularly for 2 degrees scenarios». IEA argumenterer for at kull og andre fossile brenselkilder fortsatt vil måtte være en del av energimiksen også på lang sikt, og at CO₂-håndtering da vil være nødvendig for å nå 2-gradersmålet.

IEA har anslått behovet for CO₂-håndtering dersom målet om maksimalt 2 graders global oppvarming skal oppnås. I dette scenariet vil 2/3 av alle kullkraftverk og 1/5 av alle gasskraftverk ha CO₂-håndtering i 2050, og det vil fanges og lagres anslagsvis 6 milliarder tonn CO₂ årlig². IEA operer videre med at 70 prosent av disse prosjektene vil komme utenfor OECD-land. En rekke analysebyråer har vurdert behovet for ulike klimatiltak dersom vi skal oppnå av 2-gradersmålet, og andre legger til grunn en mindre andel av utslippsreduksjonene ved bruk av CO₂-håndtering enn det IEA gjør. Statoil opererer eksempelvis med et behov for 1,2 milliarder tonn rensed med CO₂-håndtering i 2040 i sitt scenario, i tråd med 2-gradersmålet. Det er dermed uenighet om hvor stort behovet for CO₂-håndtering vil bli, særlig i kraftproduserende industri.

CO₂-håndtering er i utgangspunktet aktuelt å benytte på store punktutslipp for CO₂. For konvensjonell energiproduksjon vil dette være ved kullkraftverk og gasskraftverk. I Norge har vi en stor andel av vannkraft i kraftproduksjonen, som gjør at gasskraftverk eller kullkraftverk er lite lønnsomt. I resten av verden utgjør derimot slike kraftverk en viktig del av dagens energiproduksjon.

Behovet for CO₂-håndtering ved verdens gass- og kullkraftverk vil i hovedsak avhenge av behovet for kullkraft og gasskraft i fremtiden, noe som igjen vil avhenge av utviklingen for andre energikilder, som sol, vind og kjernekraft. Kostnadene ved å produsere energi fra sol og vind er kraftig redusert de senere årene, delvis fordi europeiske myndigheter har subsidiert disse teknologiene over lang tid. Dette har bidratt til at sol- og vindenergi nå kan produseres til en kostnad som ikke overstiger konvensjonelle energikilder i særlig grad. Problemet ved sol og vind er likevel at energien ikke kan produseres kontinuerlig og når det er behov, men kun når det faktisk er sol eller blåser. Dersom sol og vind skal kunne stå for svært store andeler av energiforsyningen krever det derfor en betydelig utvikling av batterikapasitet. Kullkraft og gasskraft vil derfor trolig likevel ha viktig en rolle i framtidens energiportefølje, men kanskje i større grad for å avlaste kraftproduksjonen til de tider hvor fornybare kilder ikke produserer energi og i mindre grad være i kontinuerlig drift. I så fall vil det trolig være lite kostnadseffektivt å investere i CO₂-håndtering på slike kraftverk.

Det er usikkert hvordan den fremtidige utviklingen i energimarkedet vil bli. I Europa vil fornybar energi trolig overta en stor del av energimiksen på sikt. Utenfor Europa vil fossile brenslers trolig spille en større rolle også på sikt. Selv om Kina og India nå investerer både i kjernekraft og fornybar energi, vil kullkraft fortsatt utgjøre en stor andel av energiproduksjonen i Asia i lang tid fremover (McKinsey&Company, 2015; Bloomberg, 2015). Hvis det globale verdenssamfunnet skal oppnå 2-gradersmålet må større utslippskutt tas på kortere sikt og i denne perioden kan CO₂-håndtering spille en viktig rolle også på kraftproduksjon fra fossile kilder (Bråten, 2014).

Oppsummert er CO₂-håndtering et mulig tiltak for å fjerne utslipp fra kraftproduksjon, men behovet på lang sikt er usikkert.

Industri

Store deler av industrisektorens CO₂-utslipp kan fjernes ved energieffektivisering, fornybar energibruk og ved å ta i bruk alternative produkter. Imidlertid har deler av industrien ikke kjente substitutter eller alternative rensemetoder per i dag. CO₂-håndtering kan derfor spille en viktig rolle som klimatiltak innen denne sektoren.

Ifølge IEA (2012) står stål- og jernindustrien for størst andel av klimagassutslippene med 31 prosent av den totale andelen fra sektoren. Deretter følger sementproduksjon med 27 prosent. Utslippene fra industrisektoren er ventet å øke under gjeldende politikkscenarier. Ifølge samme rapport vurderes CO₂-håndtering å være det eneste alternativet for å få til *tilstrekkelige* reduksjoner i klimagassutslipp innen stål-, jern- og sementindustrien.

² Til sammenligning er Norges Sleipner-prosjekt et av verdens største i omfang i dag, med en kapasitet på 1 million tonn CO₂ årlig.

IPCC (2014b) anslår at om lag 30 prosent av nødvendige klimagassutslipp i industrien må bli gjennomført ved CO₂-håndtering dersom 2-gradersmålet skal overholdes.

Oppsummert er CO₂-håndtering trolig et svært relevant tiltak for å fjerne utslipp fra industrien.

Energiproduksjon med biobrensel

CO₂-håndtering kan tenkes å få betydning dersom vi i fremtiden får en økt skala av energiproduksjon gjennom biobrensel. Fordelen med biobrensel i kombinasjon med CO₂-håndtering, er at det vil kunne gi karbonnegativ energiproduksjon. Dette kan skje fordi biologisk materiale tar opp i seg CO₂ fra atmosfæren i vekstfasen. Når biologisk materiale brennes for å produsere energi, frigjøres denne CO₂-en igjen. Biologisk brensel er i utgangspunktet derfor såkalt karbonnøytralt. Dersom CO₂-en som frigjøres ved forbrenning da lagres i stedet for å slippes ut på nytt i atmosfæren, blir hele prosessen karbonnegativ.

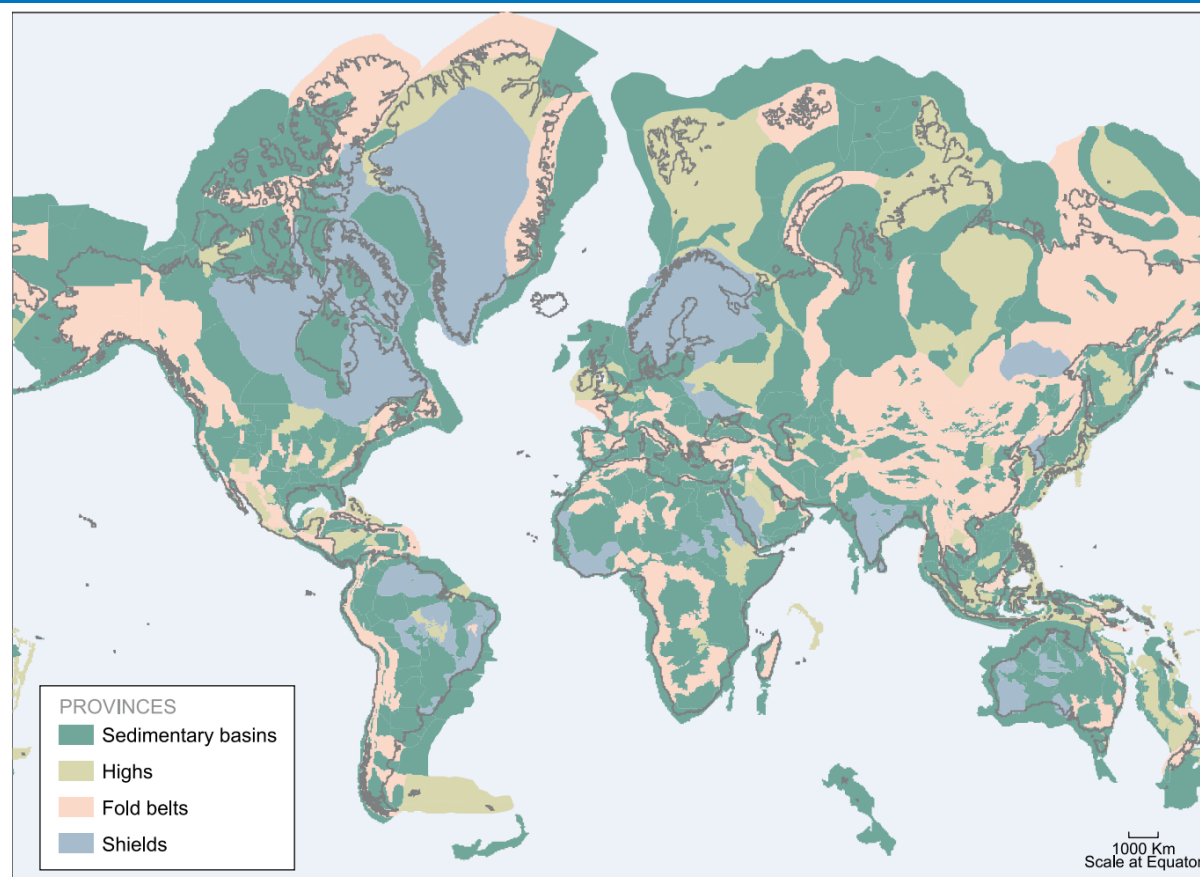
Oppsummert kan CO₂-håndtering i kombinasjon med biobrensel gi mulighet for å fjerne CO₂ fra atmosfæren (karbon-negativitet), som vil bli nødvendig på sikt dersom vi skal nå 2-gradersmålet.

3.4 Potensialet for offshore lagring er stort

For at fangst og lagring av CO₂ skal kunne tas i bruk som et klimatiltak internasjonalt er det avgjørende at muligheten for miljømessige sikre CO₂-deponier kartlegges. Siden 2011 har Oljedirektoratet jobbet med å utarbeide et lagringsatlas for å kartlegge potensialet for CO₂-lagring på norsk kontinentalsokkel. I 2014 ble lagringsatlasen for deler av sokkelen som er åpen for petroleumsvirksomhet ferdigstilt (OED 2014). Lagringsatlasen stadfester at det er teoretisk mulig å lagre mer enn 80 milliarder tonn CO₂ på norsk sokkel.

Det er mulig å lagre CO₂ på havbunnen også i andre land i Europa - eksempelvis Storbritannia og Nederland. Offshore lagring har ikke de samme utfordringene som lagring på land knyttet til skepsis i befolkningen grunnet frykt for lekkasjer.

Figur 3-4: Oversikt over lagringsmuligheter



Kilde: IPCC Special Report on Carbon dioxide Capture and Storage (2005). Høyest sannsynlighet for lagringsmuligheter i "sedimentary basins", noe mindre i «fold belts» og «highs». Små muligheter for lagring i «shields»

3.5 Norges satsning på CO₂-håndtering frem til nå

Norske myndigheter har over lengre tid satset tungt på utvikling av CO₂-håndtering i Norge og internasjonalt. Det vil her gis en kort beskrivelse av satsingen.

Kårstø og Mongstad

Norges første gasskraftverk ble etablert på Kårstø i 2007. I perioden 2005-2010 ble en utbygning av fullskala fangst og lagring av CO₂ fra gasskraftverket studert. Planene om CO₂-håndtering ble skrinlagt fordi gasskraftanlegget i seg selv viste seg å være lite lønnsomt. Kraftverket har i praksis kun vært sporadisk i drift, fordi strømprisene i Norge har vært for lave for å få lønnsomhet i gasskraft. Drift ved gasskraftverket på Kårstø ble lagt ned i 2014.

Selv om CO₂-håndtering aldri ble implementert på Kårstø synliggjorde likevel studiene noen viktige generelle utfordringer ved tiltaket. Læringen omhandlet blant annet: tilknytningsproblemer til kraftverk (særlig for eksos, hvor over- og undertrykk kunne stoppe og i verste fall gjøre ødeleggelser på kraftverket), utfordringer rundt hjelpesystemer (utilities) både under bygging og drift (eksempelvis krevende kjølevann-systemer), helsespørsmål rundt fangst (ved for eksempel utslipp av aminer), manglende bedriftsøkonomiske drivere, og mangler i regulatoriske forhold og rammebetingelser (for både fangst, transport og lager), ifølge OED (2016).

På Mongstad inngikk myndighetene en avtale med Statoil om å finansiere et fullskalaanlegg for fangst og lagring i 2006. Med bakgrunn i denne avtalen ble teknologiseret for CO₂-fangst på Mongstad utviklet, og fullskala CO₂-håndtering fra kraftvarmeverket og raffineriet ble også studert. I 2013 valgte staten å avvike arbeidet med fullskala CO₂-håndtering på Mongstad, blant annet fordi risikoen og de samlede kostnadene knyttet til anlegget ble for stor. Mongstad fullskala ble etterfulgt av et testsenter for fangstteknologi på Mongstad, som myndighetene fortsatt subsidierer driften av.

Det er flere grunner til at begge disse prosjektene er skrinlagt, men et viktig forhold er at gasskraftverk, selv uten CO₂-håndtering, ikke er lønnsomt med de lave strømprisene vi har i Norge. CO₂-håndtering på gasskraftverk i Norge fremstår derfor som et svært kostbart tiltak.

Totalt er det benyttet 7,4 milliarder kroner over statsbudsjettet på fullskala CO₂-håndtering på Kårstø og Mongstad i perioden 2007 til 2012.

Sleipner og Snøhvit

Statoil har gjennomført fangst og dedikert lagring av CO₂ på Sleipner siden 1996, og på Snøhvit siden 2007. På begge steder separeres CO₂ fra gass-strømmen og føres ned igjen i reservoaret. Bakgrunnen for at Statoil valgte å skille ut og lagre CO₂ fra gassanleggene var den norske CO₂-avgiften og salgsspesifikasjonene for naturgass (samtaler med OED).

Prosjektene har gitt viktig kompetanse og læring om lagring på norsk sokkel. Begge reservoarene overvåkes, og det er hittil ikke påvist lekkasjer fra lagrene. På Sleipner er det siden 1996 skilt ut og lagret ca. 1 million tonn CO₂ årlig i Utsiraformasjonen. På Snøhvit separeres 700 000 tonn CO₂ årlig fra gasstrømmen som lagres i en geologisk formasjon under havbunnen. Disse to prosjektene reduserer norske utslipp med 3-4 prosent årlig, ifølge OED (2016).

Norsk støtte til forskning og utvikling

Norske myndigheter støtter nasjonal forskning og utvikling av CO₂-fangst og lagring. Dette omfatter forskning og utvikling gjennom Climit-programmet, forskningsentre for miljøvennlig teknologi (FME) og støtte til testsenteret på Mongstad. Climit-programmet er et program for forskning, utvikling og demonstrasjon av teknologi for fangst, transport og lagring av CO₂. Ved den første utlysningen av FME fikk to sentre innvilget støtte; BIGCCS med Sintef som vertsinstitusjon og SUCCESS med Christian Michelsen Research som vertsinstitusjon. Bevilgningen til CLIMIT-programmet i 2016 er på 230 millioner kroner, mens de to FME-ene innen CO₂-håndtering mottar 30 millioner kroner. Statens andel av driftskostnadene på TCM er i 2016 estimert til 230 millioner kroner, i tillegg til at det er bevilget 25 millioner kroner til vedlikehold og investeringer til videreutvikling av anlegget.

Norge støtter også internasjonal forskning innen CO₂-håndtering gjennom samarbeid med EU. Norske myndigheter bidrar videre i programmer for CO₂-håndtering i utlandet, deriblant allerede utbetalt støtte og ytterligere avsatte midler til det planlagte Road-prosjektet i Nederland, støtte til CO₂-håndteringsprosjekter i

utviklingsland gjennom Verdensbankens CO₂-håndteringsfond, støtte til en lagringspilot for CO₂ i Sør-Afrika og støtte til CO₂ -håndteringsarbeid i samarbeid med Kina og Europakommisjonen. (OED (2016))

3.6 Barrierer for at CO₂-håndtering utvikles som klimatiltak

Økonomiske, tekniske og regulatoriske barrierer hindrer at CO₂-håndtering som klimatiltak utvikles videre. Her beskrives disse kort.

Økonomiske barrierer

CO₂-håndtering er per i dag svært kostbart. Dette gjelder særlig leddene knyttet til fangst og lagring. Fangstteknologien er svært avansert og kun et fåtall fangstteknologier er utviklet. Samtidig er det billig, eller ofte gratis, for aktørene å slippe ut CO₂. Kvotepreisen i EUs marked er svært lav. Dette gjør implementering av CO₂-håndtering svært utfordrende.

Kostnadene ved CO₂-håndtering består overordnet av kapitalkostnader, energitapskostnader og driftskostnader. IEA anslår at det hovedsakelig er tre aspekter som vil kunne redusere kostnadene; i) teknologiutvikling som kan redusere driftskostnadene; ii) storskalaeffekter og iii) kostnadsreduksjoner ved CO₂-håndteringsklynger.

Negative eksternaliteter ved utslipp og fellesgodeproblemet ved klima gir markedssvikt. Dagens CO₂-pris er for lav med tanke på å korrigere markedssviktene. Dette gjør at CO₂-fangst ikke er bedriftsøkonomisk lønnsomt for eiere av store utslippskilder. Ifølge overordnede beregninger fra UBS (2014) må den langsiktige karbonprisen opp til et nivå rundt 60-80 US dollar per tonn for at CO₂-håndtering skal kunne bli kommersielt lønnsomt på lang sikt (500-600 kroner). Det er vanskelig å vite hvor kostnadsnivået ligger i dag, og det er også mindre relevant når man skal anslå den potensielle kostnaden på lengre sikt, fordi dagens anlegg er lite generelle og spesialtilpassede til enkeltviser industrianlegg. En tilnærming til dagens kostnadsnivå anslås å være minst 1800 kroner per tonn.

Tekniske barrierer

Teknologi for CO₂-håndtering er relativt umoden, og det er behov for ytterligere oppskalering og utprøving. Erfaring med bygging og drift av storskalanlegg for fangst og lagring av CO₂ i de første prosjektene vil gi nødvendig erfaring som kan bidra til videre teknologiutvikling og kostnadsreduksjoner (OED, 2014).

Det er behov for å demonstrere og optimalisere CO₂-håndteringskjeden, og særlig grensesnittene mellom leddene:

- fra mellomlager på anlegg til transportmiddel (dimensjonering av mellomlager, føring av CO₂ over på skipet)
- fra transportmiddel og til lagringsdestinasjon (lossing offshore og injisering i brønn).

For å få hele kjeden til å fungere trengs erfaring med hvilke egenskaper CO₂ kan ha når det gjelder renhet, trykk og temperatur.

Regulatoriske barrierer

Internasjonalt har arbeidet med rammeverket for fangst, transport og lagring av CO₂ tatt tid. Et juridisk rammeverk for sikker lagring av CO₂ er etablert i EUs lagringsdirektiv. Her klargjøres ansvarsforholdene mellom myndigheter og selskap (OED 2014). Praktisk anvendelse av lagringsdirektivet vil være verdifullt, og kan gi en pekepinn på om regelverket er hensiktsmessig utformet.

Statlig støtte til planlegging, bygging og drift av et demonstrasjonsanlegg for CO₂-håndtering faller inn under EØS-avtalens bestemmelser om statsstøtte. Dersom man beslutter å etablere et demonstrasjonsprosjekt med CO₂-håndtering må norske myndigheter notifikere støtten til EFTA Surveillance Authority (ESA).

Londonprotokollen gav tidligere et forbud mot eksport av CO₂ til andre land for injeksjon i geologiske formasjoner under havbunnen, men ble endret i 2009 for å tillate transport av CO₂ over landegrenser for lagring offshore. For å tre i kraft må endringen ratifiseres av 2/3 av partene i protokollen. Per januar 2016 hadde tre av totalt 171 land, inkludert Norge, ratifisert endringen, ifølge International Maritime Organization³. At

³ International Maritime Organization (2016) *List of amendments to the London Protocol (as of 9 February 2016)*. Lastet ned 26.8.16 fra: <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/LCLP/Documents/List%20of%20amendments%20to%20the%20London%20Protocol.pdf>

medlemsland ratifiserer endringer i Londonprotokollen som gjør transport over landegrenser mulig, er nødvendig dersom Norge skal være en potensiell lagringsdestinasjon for CO₂ fra andre land.

3.7 Utvikling av ny klimateknologi krever trolig aktiv offentlig deltakelse

Karbonnøytralitet mot slutten av dette århundret krever langsiktig systemendring; effektiv og stigende karbonpris, reguleringer og teknologistøtte. En effektiv karbonpris er viktig for å gi private aktører incentiver til å satse på bærekraftig produksjon fra et klimaperspektiv. En karbonpris vil likevel ikke nødvendigvis alene gi en optimal tilpasning fordi utviklingen av klimateknologier kan kreve betydelige investeringer i FoU og høye investeringer i demonstrasjonsfasen. Dette kan potensielt overgå en karbonpris som tar inn over seg de negative eksternalitetene med CO₂-utslipp.

Teknologiutvikling generelt følger av innovasjon og kan ses på som en bevegelse mellom forsknings-, foredlings- og spredningsfasen. I spredningsfasen kan det være særlig krevende for miljøvennlige alternativer å etablere seg i markedet, noe som kan tilsi at man bør subsidiere utvikling av miljøteknologi, ifølge Grønn skattekomisjon (2015).

Dersom en teknologi får et visst fotfeste vil man starte en periode med læring i prosessindustrien. Dette skjer gjerne gjennom en iterativ prosess av testing, utprøving og oppskalering, slik at teknologiene blir stadig mer modne og kostnadseffektive. For å oppnå videre læring og kostnadsreduksjoner for CO₂-håndtering er det bred enighet blant interessentene vi har snakket med som del av vår kvalitetssikring om at neste steg er å teste ut teknologien i et fullskala demonstrasjonsanlegg.

En utfordring med finansiering av teknologiutvikling og læringsfasen er at private aktører som eier utslippskilder, eller private investorer som i utgangspunktet kan tenkes å investere i utviklingen i klimateknologi, ofte ikke har en tilstrekkelig lang tidshorisont og risikovilje til å fullfinansiere den nødvendige forskningen og utviklingen. De kan også mangle vilje til å finansiere utviklingskostnadene i læringsprosessen for teknologi i startfasen når teknologien innebærer betydelige up-front investeringskostnader. Av den grunn kan det være et behov for at myndigheter bistår med finansiering av klimateknologi fordi stater, gjennom demokratisk tilslutning, ideelt sett har en lengre tidshorisont. Dette er fordi myndigheter optimalt tar innover seg behovene på tvers av flere generasjoner. Det gir mulighet for en mer langsiktig strategisk satsning på utvikling av klimateknologi.

Overgangen til et lavutslippssamfunn krever en stor omlegging av dagens samfunn, hvor potensialet for et tiltak på et område avhenger av løsninger på andre områder. Teknologisk stivhengighet gir manglende satsing på nye teknologier fra markedsaktører. Tiltakene må derfor sees i sammenheng og utviklingen må til en viss grad veiledes av myndigheter dersom det er demokratisk tilslutning og politisk vilje. Dette innebærer at myndighetene kan måtte støtte utviklingen av de klimateknologier de anser har størst potensial (Bråten, 2014).

4. Behov

Rammeavtalen med Finansdepartementet om kvalitetssikring (heretter Rammeavtalen) sier følgende om behovsanalysen:

«Behovsanalysen skal inneholde en kartlegging av interessenter/aktører i en interessentanalyse. Leverandøren skal foreta en vurdering av hvorvidt det tiltaket som det påtenkte prosjektet representerer, er relevant i forhold til samfunnsmessige behov.

Leverandøren skal vurdere om kapitlet er tilstrekkelig komplett og kontrollere det mht. indre konsistens. Det skal gis en vurdering av i hvilken grad tiltaket vil medføre effekter som er relevante i forhold til samfunnsbehovene. Den underliggende politiske verdivurdering bak de oppgitte samfunnsbehov er ikke gjenstand for vurdering».

Vi har vurdert behovsanalysen ut fra fire dimensjoner; normative behov, etterspørselsbaserte behov, interessenters behov og det prosjektutløsende behov. Behovsanalysen er etter vår vurdering konsistent og kartleggingen av interessentene er tilfredsstillende ivarettatt. Vi er også av den oppfatning at tiltaket er relevant i forhold til de samfunnsmessige behovene som er beskrevet. Enkelte forhold burde imidlertid vært belyst nærmere for å komplettere analysen, noe vi i våre kommentarer i de enkelte delkapitlene under har beskrevet nærmere.

4.1 KVVU-ens behovsanalyse

4.1.1 Normative behov

I Behovsanalysen fremkommer noen normative behov: Norge var med å signere klimakonvensjonen i Paris 2015 med mål om å holde økningen i den globale middeltemperaturen godt under 2-grader sammenlignet med førindustrielt nivå og arbeide for å begrense oppvarmingen til 1,5 grader.

Videre har samtlige partier på Stortinget, bortsett fra Miljøpartiet De Grønne, stilt seg bak romertallsvedtak XIX i behandling av statsbudsjettet for 2014 om å realisere minst et fullskalaanlegg for fangst og lagring av CO₂ innen 2020.

Regjeringen har definert CO₂-håndtering som ett av fem prioriterte områder for den nasjonale klimapolitikken, jf. Meld. St. 13 (2014-2015) - Ny utslippsforpliktelse for 2030 – en felles løsning med EU.

Norge er i dialog med EU om å inngå en avtale om felles oppfyllelse med EU av klimaforpliktelsen om minst 40 prosent reduksjon i klimagassutslippene innen 2030. Norge er allerede fullt inkludert i EUs kvotesystem gjennom EØS-avtalen og vil også være det for perioden 2021-2030. Kvotepiktig sektor skal bidra til utslippsreduksjoner på 43 prosent sammenlignet med 2005. Ikke-kvotepiktig sektor skal kutte utslippene med 30 prosent sammenlignet med 2005-nivå. Det vil fastsettes nasjonale utslippsmål for ikke-kvotepiktig sektor, og det forutsettes at det norske målet vil bli fastsatt på linje med sammenlignbare EU-land.

Dersom det ikke oppnås enighet med EU, vil målet om minst 40 prosent utslippsreduksjon i 2030 sammenlignet med 1990 være Norges utslippsmål. Målet er da betinget av tilgang på fleksible mekanismer i den nye klimaavtalen og en godskriving av vår deltagelse i EUs kvotesystem som et bidrag til å oppfylle forpliktelsen.

CO₂-håndtering (fangst, transport og lagring) vurderes å være et nødvendig tiltak for å nå Norges og EUs målsettinger. Det oppgis to begrunnelser for dette:

- CO₂-håndtering kan bidra til karbon-negative løsninger ved å produsere energi fra biomasse der CO₂-utslippet fanges og lagres (BECCS).
- Utelatelse av CO₂-håndtering vil innebære en umiddelbar og svært bratt reduksjon av bruk av fossile brenslers. Å gjennomføre en slik reduksjon vil medføre store kostnader for samfunnet. En rekke av scenarioene til klimapanelet viser at det ikke vil være mulig å nå 2-gradersmålet uten CO₂-håndtering.

Kvalitetssikrers vurdering:

Behovsanalysen inneholder en god redegjørelse for internasjonale og nasjonale forpliktelser knyttet til reduksjon av utslipp av klimagasser. Det politisk vedtatte behov for å bidra til at CO₂-håndtering blir innført i stor global skala vurderes tilstrekkelig dokumentert. Ideen er, gjennom en serie av etablerte fullskala CO₂-

håndteringsanlegg, at prisen på realisering etter hvert skal bli så lav at CO₂-håndtering blir implementert i et så stort omfang i global sammenheng at det blir et vesentlig bidrag til å nå målene for redusert global oppvarming.

Årsaken til iverksetting av dette prosjektet vurderes å være:

- Skape tillit blant industriaktører og stater på gjennomførbarhet, for å få igangsatt flere CO₂-håndteringsprosjekter.
- Skape bedre forståelse blant aktørene for kostnadene ved å realisere CO₂-håndtering, for å sikre senere investeringsvilje.
- Redusere kostnadene ved etablering av kommende CO₂-håndteringstiltak, gjennom industrialisering i full skala, slik at flere tiltak blir igangsatt.
- Etablere et marked med markeds mekanismer som gjør det attraktivt for selskapene å fortsette å utvikle teknologi for CO₂-håndtering og for forurensende industri til å ta i bruk denne teknologien.

De normative behovene er delvis tiltaksspesifikke ved at de er knyttet direkte til CO₂-håndtering (fangst, transport og lagring), som ett av tiltakene for å nå klimamålene. Det er tilfredsstillende redegjort for et generelt behov for reduksjon i CO₂-utslipp, og at behov for CO₂-håndtering er en del av de samlede behovene.

4.1.2 Etterspørselsbaserte behov

De etterspørselsbaserte behovene skal uttrykke misforholdet mellom tilbudt kapasitet/ytelse og etterspørsel, da gjerne basert på observerte tilstander i dag og prognoser for utviklingen innenfor relevante planleggingshorisonter (Finansdepartementet, 2010: Veileder nr. 9 – Utarbeidelse av KVV/KL dokumenter).

I KVV-en er det ikke eksplisitt markert hvilke behov som regnes som etterspørselsbaserte, men følgende identifiserte behov vurderes:

- Behov for å redusere verdens og Europas utslipp av klimagasser for å redusere den globale oppvarmingen til under 2-grader
- Behov for CO₂-håndtering for å redusere utslipp av klimagasser
- Behov for betydelig vekst i antall CO₂-håndteringsprosjekter i verden for at CO₂-håndtering skal kunne bidra med "sin andel" av reduksjon i klimagassutslipp
- Behov for å redusere kostnadene for CO₂-håndtering for å understøtte den nødvendige veksten i CO₂-håndteringsprosjekter
- Behov for statlig finansiering av tiltak som fremmer CO₂-håndtering

KVV-en oppgir at det er bred enighet om at CO₂-håndtering vil være blant de nødvendige klimatiltakene for å redusere globale klimagassutslipp, og for at 2-gradersmålet skal nås til lavest mulige kostnader. FNs klimapanel sier for eksempel at de totale kostnadene ved å nå 2-gradersmålet vil øke med 138 prosent dersom CO₂-håndtering ikke er tilgjengelig som virkemiddel. En viktig årsak til den store kostnadsøkningen uten CO₂-håndtering er at CO₂-håndtering kan bidra til karbon-negative løsninger ved å produsere energi fra biomasse der CO₂-utslippet fanges og lagres (BECCS). En annen årsak er at scenarioer uten CO₂-håndtering innebærer en umiddelbar og svært bratt reduksjon av bruk av fossile brensler. Å gjennomføre en slik reduksjon vil medføre store kostnader for samfunnet. En rekke av scenarioene til klimapanelet viser at det ikke vil være mulig å nå 2-gradersmålet uten CO₂-håndtering. I IEAs beregninger er CO₂-håndtering antatt å stå for om lag 13 prosent av de kumulative utslippsreduksjonene mellom 2015 og 2050 og en sjettedel av nødvendige utslippsreduksjoner i 2050. I Miljødirektoratets rapport "Kunnskapsgrunnlaget for lavutslippsutvikling" fra 2014 blir det konkludert med «at CCS antagelig blir avgjørende for å redusere norske industriutslipp fra for eksempel produksjon av sement, mineralgjødsel og kjemisk industri.».

Med dagens priser på utslipp (kvoter og avgifter) har industrien begrensede insentiver til å utvikle og implementere CO₂-håndtering. Prisene er ikke høye nok til å kompensere for den økte kostnaden som implementering av CO₂-håndtering innebærer. Det er stor usikkerhet om hvor dyrt CO₂-håndtering er, men kostnaden ligger betydelig over forventet utvikling i kvoteprisen i nærmeste fremtid. Det fremgår av KVV-en at det er markedssvikt i alle ledd, fra idéfasen til demonstrasjons- og spredningsfasen. For KVV-en er det spesielt markedssvikt i demonstrasjons- og spredningsfasen som er relevant. Markedssvikten fører for eksempel til at private aktører i for liten grad vil drive forskning og utvikling på egen hånd, slik at den teknologiske utviklingen, kunnskapsutviklingen og innovasjonstakten ikke er tilstrekkelig i et samfunnsøkonomisk perspektiv. Denne situasjonen begrunner behovet for statlig finansiering av CO₂-håndtering.

Kvalitetssikrers vurdering

I KVVU-en er en rekke etterspørselsbaserte behov som bygger på hverandre presentert og lagt til grunn. Oppbyggingen går fra det generelle behovet for å redusere global oppvarming fram til det mer spesifikke behovet for statlig finansiering av tiltak som fremmer CO₂-håndtering. Det er en logisk og konsistent oppbygging av de etterspørselsbaserte behovene, og de etterspørselsbaserte behovene er i all hovedsak tilfredsstillende behandlet.

Behovet for CO₂-håndtering, som ett av flere tiltak innen reduksjon av klimagassutslipp, bygger hovedsakelig på rapporter fra FNs klimapanel og IEA. Interessentanalysene bekrefter at dette er de mest relevante kildene.

Noen interessenter peker på at på grunn av kraftig prisnedgang innen fornybar energi, vil en større andel av verdens reduksjon av CO₂-utslipp tas gjennom fornybar energi, slik at det vil være mindre behov for CO₂-håndtering knyttet til kraftproduksjon. Dette er imidlertid en utvikling som i stor grad også reflekteres i IEAs prognoser siden det er tatt høyde for at fornybar energi skal stå for rundt 65 prosent av verdens klimagassreduksjoner. Uavhengig av hva som skjer innen energisektoren vil det uansett være CO₂-utslipp fra industrisektoren som medfører behov for CO₂-håndtering.

4.1.3 Interessegruppers behov

KVVU-ens behovsanalyse

I KVVU-ens interessentanalyse er følgende interessenter og roller identifisert:

- Eiere av utslippskilder
- Eiere/operatører av transportløsninger
- Leverandører av fangst/transport/lagring av CO₂
- Forskningsaktører
- Myndigheter
- Statlige selskap involvert i CO₂-håndtering
- Befolkningen
- Miljøvernorganisasjoner
- Arbeidslivsorganisasjoner
- Internasjonale aktører

Interessentanalysen baserer seg på møter med de ulike aktørene, både egne møter i forbindelse med utarbeidelsen av konseptvalgutredningen og i arbeidet med regjeringens strategi for CO₂-håndtering som ble presentert i Prop. 1 S (2014-2015). Det er også basert på skriftlige innspill som departementet mottok i forbindelse med arbeidet med denne strategien. Omtalen av internasjonale interessenter er beskrevet ut i fra departementets egne vurderinger.

Interessentanalysen i KVVU-en har avdekket betydelige markedssvikter ved utvikling av CO₂-håndtering. For å få til kostnadsreduksjoner og nødvendig vekst i antall CO₂-håndteringsprosjekter er det derfor behov for å redusere markedssvikten. For dette prosjektet er det spesielt markedssvikt i demonstrasjons- og spredningsfasen som er relevant, og markedssvikt i disse fasene fører for eksempel til at private aktører i for liten grad kan drive forskning og utvikling på egen hånd. Den teknologiske utviklingen, kunnskapsutviklingen og innovasjonstakten er derfor ikke tilstrekkelig i et samfunnsøkonomisk perspektiv.

Videre fremheves særlig behovet for å utnytte stordriftsfordeler knyttet til lager og behovet for betydelig læring i hele CO₂-håndteringskjeden. Det er behov for velfungerende markeder: det er i dag begrenset konkurranse for teknologileverandørmarkedet for fangst av CO₂. Det er også begrensede muligheter for alternative finansieringsmuligheter for CO₂-håndteringsprosjekter utover bruk av egenkapital og statsstøtte. Det vil si at det ikke eksisterer et velfungerende finansmarked for CO₂-håndtering.

I KVVU-en er videre de viktigste behovene for hver interessentgruppe spesifisert i et eget vedlegg.

Oppsummering av kvalitetssikrers intervjuer

Kvalitetssikrer har gjennomført intervjuer med representanter fra alle grupper av berørte aktører som nevnt i over. Vi har også snakket med representanter for CO₂-håndteringsprosjekter og analysebyråer i Europa, og har totalt gjennomført om lag 30 intervjuer med interessenter.

Representanter fra forskning, fangst, transport, lagring og CO₂-håndteringsprosjekter i utlandet mener det er behov for å demonstrere at CO₂-håndtering, blant annet å optimalisere kjeden. Flere understreker at dette vil sende et positivt signal til leverandører av fangstteknologi og store utslippspunkter/industrianlegg.

Majoriteten av interessentene vi har snakket med mener det er behov for tiltaket for å nå 2-gradersmålet og klimaforpliktelser. Interessentene fremhever at CO₂-håndtering er relevant for industrier hvor man ikke finner alternativer til varene, for eksempel stål og sement. CO₂-håndtering kan også være aktuelt i kraftproduksjon, men her finnes det også andre muligheter. Behovet for CO₂-håndtering kommer an på hvilke føringer som gis for eksempel for fornybar energi. På nylig etablerte kraftverk i Kina, Japan og USA kan tiltaket være aktuelt, siden det er sannsynlig at disse anleggene vil fortsette å produsere kraft i fremtiden. Dersom CO₂-håndtering brukes på kullkraftverk eller avfallsanlegg som benytter biobrensel vil det være et karbonnegativt tiltak. Flere internasjonale aktører mener Norge trenger CO₂-håndtering på naturgass slik at den blir miljøvennlig og kan ta opp konkurransen med fornybar energi.

Enkelte aktører er skeptiske til om CO₂-håndtering vil være en løsning som kan bidra til å nå langsiktige klimamål. Aktørene mener energieffektivisering og vridning over til fornybare energikilder vil ha større betydning for klimaet og leverer raskere enn CO₂-fangst og lagring. Lite kunnskap om hvorvidt CO₂ kan lekke ut fra reservoarer og høyt energiforbruk i fangstprosessen er også en årsak til en viss skepsis. Andre aktører peker på at CO₂-håndtering er nødvendig for å få til en rask nok omstilling til et lavutslippssamfunn.

Et manglende marked for teknologi og lave CO₂-priser er tiltakets hovedutfordringer. Fangst av CO₂ er kostnadskreven med dagens tilgjengelige teknologier. Lav pris på utslipp gjør at eiere av utslippskilder ikke har et økonomisk insentiv til å fange CO₂. En interessant oppsummerer status for CO₂-håndtering på følgende måte:

There is a need for urgency, but not a sense of urgency.

Eiere av utslippskilder har behov for å vite at teknologien som skal innføres er velprøvd på deres type røkgass og volum for å unngå unødige driftsutfordringer. Leverandører av fangstteknologi har behov for at myndighetene jobber med å legge til rette for at CO₂-fangst blir lønnsomt. Dette kan skje ved at kvoteprisene øker eller at man stiller krav til utslippskilder om rensing av utslipp for CO₂. Shippingselskaper, som kan transportere CO₂ på skip, har behov for optimalisering av grensesnitt i kjeden (føring av CO₂ fra mellomlager til skip og injisering fra skip til brønn). Lageroperatører har behov for praktisk erfaring med å losse CO₂-offshore ned i brønnen, da dette ikke er gjennomført tidligere.

Det er ikke opprettet infrastruktur for transport og lagring av CO₂ som avfall fra store utslippspunkter. Aktørene som tilbyr tjenester på områdene har derfor behov for at myndighetene går opp regulatorisk rammeverk for transport og lagring. Ellers er aktørene som leverer tekniske løsninger for fangst, transport og lagring av CO₂ opptatt av at det skal være konkurranse på like vilkår.

Et demonstrasjonsanlegg kan, ifølge interessentene, bidra til å fjerne barrierer i hele CO₂-håndteringskjeden:

- Tekniske barrierer: Et demonstrasjonsanlegg kan gi viktig erfaring slik at man kan optimalisere grensesnittene i kjeden:
 - Fra mellomlager på anlegg til transportmiddel (dimensjonering av mellomlager, føring av CO₂ over på skipet).
 - Fra transportmiddel og til lagringsdestinasjon (lossing offshore og injisering i brønn). Det er avgjørende å få erfaring med hvilke egenskaper CO₂ må ha for at man skal få hele kjeden til å fungere (renhet, trykk og temperatur).
- Regulatoriske barrierer: Det vil være verdifullt å få praktisk anvendelse av lagringsdirektivet og regelverk for fangst og lagring.
- Økonomiske barrierer: Prosjektet kan gi kostnadsreduksjoner og etterspørsel etter fangstteknologi.

At fangst, transport og lagring av CO₂ krever store investeringer er en barriere for tiltaket, mener en annen aktør. Anlegg i stor skala kan gir stordriftsfordeler, men er også dyre å etablere. Aktøren mener det er viktig å

ta hensyn til pris per tonn lagret CO₂ og ikke prislappen på investeringen når myndighetene vurderer om de skal satse på tiltaket.

Lagring av CO₂ på norsk sokkel er en forretningsmulighet for Norge i fremtiden. For europeiske aktører med fremtidig behov for lagring av CO₂, ligger potensielle lagringsdestinasjoner nærmere enn Norge. Eksempler er Storbritannia, Nederland og Danmark. Dette kan tilsa at det tar lang tid før det blir behov for å lagre CO₂ på norsk sokkel. Lagring av CO₂ i utlandet kan være et alternativ til lagring på norsk sokkel for et norsk demonstrasjonsprosjekt, mener en internasjonal aktør.

Andre peker på at Norge har mulighet til å posisjonere oss som leverandør av fangstteknologier, siden vi allerede sitter på kompetanse på dette leddet.

Det har også blitt nevnt at hydrogenproduksjon med integrert CO₂-fangst er avhengig av økonomisk attraktive CO₂-lagringsmuligheter. Denne teknologien er på forskningsstadiet i dag.

Kvalitetssikrers vurdering

Kvalitetssikrers intervjuer har kartlagt at representanter fra forskning, fangst, transport, lagring og CO₂-håndteringsprosjekter i utlandet har behov for å demonstrere at CO₂-håndtering er mulig. Dette kommer godt frem i KVVU-en.

Interessentanalysen i KVVU-en omfatter i hovedsak aktører som er positive til CO₂-håndtering og som i stor grad har interesse av at prosjektet realiseres. Fire forhold påpekes imidlertid av enkelte aktører i kvalitetssikrers interessentintervjuer:

- Det er usikkerhet om omfang og viktighet av CO₂-håndteringen i fremtiden – og om et norsk demonstrasjonsanlegg vil gjøre at anleggene bygges raskere
- Det er motstand mot bruk av tiltaket i kraftsektoren, fordi det kan bidra til å forlenge oljealderen
- Flere har stilt spørsmål om hvorfor ikke Mongstad er med
- Det stilles også spørsmål ved om det vil være trygt å lagre CO₂ på norsk sokkel

Vår vurdering er at KVVU-en har gjort et omfattende arbeid med å kartlegge interessenters behov på en god og dekkende måte.

4.1.4 Prosjektutløsende behov

Begrepet *prosjektutløsende behov* er ikke definert i rammeavtalen, men er introdusert gjennom det praktiske arbeidet i tiden siden innføring av KS1. Med det prosjektutløsende behov menes *det samfunnsbehovet som utløser planlegging av tiltak til et bestemt tidspunkt* (Finansdepartementet, 2010: Veileder nr. 9 – Utarbeidelse av KVVU/KL dokumenter).

Det fremgår av KVVU-en (sammendraget) at formålet med behovsanalysen er å redegjøre for det prosjektutløsende behovet, og at dette er definert til *behov for demonstrasjon av fullskala CO₂ håndtering innen 2020*. Det er så fremhevet flere forhold for å underbygge dette:

- Reduksjon av klimagasser er nødvendig for å redusere den globale oppvarmingen til under 2 grader.
- CO₂-håndtering er ett av flere tiltak som er nødvendig dersom klimamålene skal nås til lavest mulig kostnad.
- Det er behov for betydelig vekst i antall CO₂-håndteringsprosjekter.
- Med dagens priser på utslipp (kvoter og avgifter) har industrien begrensede insentiver til å utvikle og implementere CO₂-håndtering.
- Det er derfor behov for å redusere kostnadene for CO₂-håndtering.

Kvalitetssikrers vurdering:

Det prosjektutløsende behov bygger direkte på Sundvolden-plattformen: «*Satse bredt på å utvikle en kostnadseffektiv teknologi for fangst og lagring av CO₂, og ha en ambisjon om å realisere minst ett fullskala demonstrasjonsanlegg for CO₂-fangst innen 2020.*»

Det er ikke gitt en egen beskrivelse av det prosjektutløsende behov i KVVU-en, men det er i sammendraget gitt en kort begrunnelse for å underbygge det prosjektutløsende behov. Indirekte er det imidlertid beskrevet behov om å komme i gang «nå» for å rekke nok læring og kostnadsreduksjoner til at CO₂-håndtering kan gjøre sitt bidrag

knyttet til utslipp. Det vises til øvrige kapitler under behovsanalysen vedrørende behov for CO₂-håndtering som ett av flere klimatiltak for å nå internasjonale og nasjonale mål om reduksjon av klimagassutslipp.

5. Strategikapittel (mål)

Rammeavtalen sier følgende om behovsanalysen:

«Strategikapitlet skal med grunnlag i behovsanalysen definere mål for virkningene av tiltaket:

- For samfunnet: Samfunnsmål
- For brukerne: Effektmål

Leverandøren skal kontrollere dokumentet mht. indre konsistens og konsistens mot behovsanalysen. Det skal gis en vurdering av hvorvidt oppgitte mål er presist nok angitt til å sikre operasjonalitet. Hvis det er oppgitt flere enn ett mål på noen av de to punktene må det vurderes om det foreligger innebygde motsetninger eller at målstrukturen blir for komplisert til å være operasjonell. Det er et krav at helheten av mål må være realistisk oppnåelig og at graden av måloppnåelse i ettertid kan verifiseres. I praksis innebærer dette at antallet må begrenses sterkt.

Målene må være prosjektspesifikke. De må utformes slik at de beskriver relevante egenskaper ved den ønskede tilstand etter gjennomføring av tiltaket.»

Vår vurdering av samfunnsmål og effektmål er beskrevet i delkapitlene under.

5.1 Samfunnsmål

Samfunnsmål er et uttrykk for den nytte eller verdiskaping som et investeringstiltak skal føre til for samfunnet. Samfunnmålet skal vise eiers intensjon og ambisjon med tiltaket. Følgende samfunnsmål er definert i KVVU-en:

«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.»

Kvalitetssikrers vurdering:

Samfunnmålet er konsistent med behovsanalysen ved at det viser til behov for demonstrasjonsanlegg, behov for å nå klimamålene og behov for reduksjon av kostnadene ved CO₂-håndtering. Samfunnmålet er tilstrekkelig ambisiøst, og det er gitt en forklaring til samfunnmålet som er konsistent med behovsanalysen.

5.2 Effektmål

Effektmål er et uttrykk for den direkte effekten av tiltaket, for eksempel den virkningen/effekten tiltaket skal føre til for brukerne. Effektmålene skal være avledet av samfunnmålet. Følgende justerte effektmål er presentert i Mulighetsstudien⁴:

«Flere kommende europeiske CO₂-håndteringsprosjekter skal innen 2030 få reduserte barrierer og kostnader ved at dette prosjektet gjennomføres, gjennom:

- Mulig tilgang til etablert lager
- Dra nytte av læring og utvikling som dette CO₂-håndteringsprosjektet gir»

Kvalitetssikrers vurdering:

De justerte effektmålene er et uttrykk for den direkte effekten av tiltaket og er konsistent med behovsanalysen og samfunnmålet. Effektmålene må imidlertid konkretiseres ytterligere (gjøres målbare) og etterfølges av en gevinstrealiseringsplan, slik det også er beskrevet i rapporten fra Olje- og energidepartementet.

Vi mener det er fire forhold det bør knyttes effektmål til:

- 1) Kunnskap (vise at CO₂-håndtering er mulig og trygt)
- 2) Produktivitet/læringseffekter (kroner)
- 3) Regulatoriske forhold (rammebetingelser, etc.)

⁴ Mulighetsstudier av fullskala CO₂-håndtering i Norge, Olje- og energidepartementet, juli 2016

4) Markedsutvikling (leverandører, næringsutvikling)

Etablering av effektmål og gevinstrealiseringsplan vil være et verktøy for planlegging og styring i en eventuell videreføring i konsept- og feedfaser. Det vises også til identifiserte virkninger som vi har benyttet i den samfunnsøkonomiske analysen (se kapittel 9.3).

6. Krav

Rammeavtalen sier følgende om krav:

«Det overordnede kravkapitlet skal sammenfatte betingelsene som skal oppfylles ved gjennomføringen. Det er tale om to typer krav:

- Krav som utledes av samfunns- og effektmålene.
- Ikke prosjekt-spesifikke samfunns mål. I praksis vil slike mål fremstå som rammebetingelser for tiltaket. Av denne grunn er det mest hensiktsmessig å behandle disse i kravkapitlet. Da det finnes svært mange generaliserte mål, må antallet som analyseres begrenses til slike som er spesielt relevante for undersøkelsen av mulighetsrommet.»

Videre sier rammeavtalen:

«Leverandøren skal kontrollere dokumentet mht. indre konsistens og konsistens mot strategikapitlet. Leverandøren må videre vurdere relevansen og prioriteringen av ulike typer krav sett i forhold til målene i strategikapitlet (eksempelvis prioritering mellom funksjonelle, estetiske, fysiske, operasjonelle og økonomiske krav.)»

Vår vurdering av overordnede krav er beskrevet i delkapitlet under.

6.1 KVVU-ens krav

Kravene brukes til å avgjøre om løsningsalternativer er gyldige og videre til å drøfte egnetheten av de gyldige konseptuelle alternativene (Finansdepartementet, 2010: Veileder nr. 9 – Utarbeidelse av KVVU/KL dokumenter).

Følgende krav til konseptet er oppgitt i KVVU-en:

1. Gi kunnskapsoverføring på tvers av land og sektorer
2. Gi en lagerløsning som har tilstrekkelig kapasitet til å gi stordriftsfordeler
3. Gi positive læringseffekter når det gjelder:
 - a. Investerings- og driftsfasen langs alle ledd i CO₂-håndteringskjeden, og kjeden totalt.
 - b. Regulatoriske forhold.
 - c. Å gi oppdatert informasjon om kostnader.
 - d. Å bidra til teknologisk utvikling.
4. Vise at CO₂-håndtering er et trygt og effektivt klimatiltak
5. Bidra til forbedringer av markedssituasjonen for CO₂-håndtering
6. Realiseres så snart som mulig
7. Hensiktsmessig fordeling av kostnader og risiko mellom staten og industrien

6.2 Kvalitetssikrers kommentarer til krav

Kvalitetssikrer har vurdert de oppgitte kravene, og i all hovedsak er kravene relevante, tiltaksspesifikke og forankret i samfunnsbehov. Kravene er rettet mot virkninger av tiltaket og ikke til bruk av gitte tekniske løsninger eller detaljert utforming, og det er gitt en god utdyping av dem i KVVU-en.

Vi mener imidlertid at flere av kravene også burde ha inngått i, eller vært reflektert i, effektmålene for å demonstrere konsistens mellom behov, mål og krav. Dette gjelder spesifikt for krav 1, 3, 4 og 5. Videre mener vi at det i KVVU-en forutsettes krav om at konseptet både skal være en hel kjede og fullskala CO₂-håndtering, uten at dette framkommer tydelig av kravoversikten.

Kvalitetssikrer savner også en drøfting av krav som implisitt legges til grunn for utarbeidelse av kostnadsoverslag. Dette gjelder for eksempel ved kostnadsberegninger for transport hvor det legges til grunn at det skal være norsk mannskap på transportskipene eller at det skal velges svært miljøvennlige transportløsninger.

Det er ikke oppgitt noen prioritering av kravene, noe som normalt burde ha vært inkludert i en KVV.

7. Mulighetsstudie

Rammeavtalen sier følgende om mulighetsstudien:

«Behovene, målene og kravene sett i sammenheng definerer implisitt et mulighetsrom. Når det gjøres forsøk på å få til et eksplisitt begrep om mulighetsrommets størrelse, er det ofte en tendens til at tilnærmingen blir for snever. Man står da i fare for at de beste prosjekteralternativ ikke blir identifisert som mulighet og at de alternativer som siden detaljeres ut i alternativanalysen alle representerer suboptimale løsninger. Leverandøren skal vurdere prosessen og de anvendte metoder for kartlegging av mulighetsrommet, og spesielt gjøre en bedømmelse av hvorvidt den fulle bredden av muligheter er ivarettatt. (..) Kapitlet skal uansett kontrolleres mhp. indre konsistens og konsistens mot de foregående kapitlene.»

Videre sier avtalen følgende om videreføring av konsepter til alternativanalysen:

«Leverandøren skal vurdere om de oppgitte alternativer fanger opp de konseptuelle aspekter som anses som mest interessante og realistiske innenfor det identifiserte mulighetsrommet.»

Vi presenterer her mulighetsrommet for fangst, transport og lagring av CO₂, i hovedsak i Norge, men også i Europa.

Kilder brukt i mulighetsstudien er:

- Olje- og energidepartementet (2016): Konseptvalgutredning - Demonstrasjon av fullskala fangst, transport og lagring av CO₂
- Gassnova (2015): Utredning av mulige fullskala CO₂-håndteringsprosjekter i Norge - Idéstudie
- Olje og energidepartement (2016): Fullskala CO₂-håndteringsprosjekt i Norge - Mulighetsstudie
- Intervjuer med interessenter

7.1 Fangst av CO₂

KVU-en redegjør for fangstteknologier som kan brukes i demonstrasjon av helkjede CO₂-håndtering. Teknologiene deles opp i tre hovedkategorier:

- Post-combustion teknologi: CO₂ fanges etter forbrenning i et kraftverk eller i utslippsgassen fra en industriprosess
- Pre-combustion teknologi: CO₂ fanges før forbrenning i kraftverket
- Oxyfuel-teknologi: forbrenning skjer med rent oksygen i stedet for luft

Hvorvidt en teknologi kan brukes på et demonstrasjonsanlegg avhenger av om eier av industrianlegget ser på risikoen for ettermontering av et fangstanlegg som akseptabel. For private aktører er det en sentral betingelse at teknologien må være utprøvd og moden. For eksempel ved at teknologien har bestått et større pilotprosjekt og blitt testet på et testsenter (for eksempel TCM Mongstad). Aktuell teknologi er derfor eksisterende førstegenerasjonsteknologi.

Hvis man skal ettermontere et fangstanlegg ved en eksisterende utslippskilde må man bruke post-combustion eller oxyfuel-teknologi. Begge teknologier påvirker i liten grad kraft- og industriprosessen, men oxyfuel er ansett som en mindre moden teknologi. KVU-en viser til at det innen post-combustion-segmentet er flere mulige teknologier som: solventbasert teknologi som aminer, faste absorbenter, membranbasert teknologi og kryogene prosesser. Av disse regnes solventbasert teknologi (spesielt aminer eller ammoniakk) som de mest modne fangstprosessene.

7.1.1 Lokasjoner for CO₂-håndtering i Norge

I Gassnovas idéstudie ble det kartlagt muligheter for fangst av CO₂ på eksisterende utslippskilder på land, CO₂-fangst for nye planlagte utslippskilder og utslippskilder offshore. KVU-en påpeker at Norge har få, store punktutslipp som kan egne seg for fullskala CO₂-håndtering.

Tabell 7-1 gir en oversikt over mulige lokasjoner for fangst fra eksisterende utslippspunkter på land i Norge og antall tonn utslipp per år.

Tabell 7-1: Virksomheter med utslipp av karbondioksid fossilt fra landbasert industri i Norge 2014

Virksomhet	Utslipp til luft, 1000 tonn per år
Statoil Mongstad raffineri*	1 928,69
Gasskraftverket og prosesseringsanlegget på Kårstø	1 189,30
Hammerfest lng	1 040,07
Norcem Brevik	778,01
Hydro aluminium as Sunndal	560,05
Yara Norge AS, Yara Porsgrunn	535,67
Noretyl AS	472,30
Hydro aluminium Årdal metallverk	394,40
Alcoa Mosjøen	352,18
Esso Norge as, Slagentangen	331,07
Hydro aluminium AS Karmøy	328,09
Eramet Norway AS, Sauda	321,13
Finnfjord AS	314,06
Elkem Salten	313,75
Norcem kjøpsvik	313,30
Statoil ASA Tjeldbergodden metanolfabrikk	303,34
Fesil Rana metall AS	293,00
Wacker chemicals Norway	288,00
Tizir titanium & iron AS	263,96
Elkem Bremanger	235,91
Elkem Thamshavn AS	214,00
Eramet Norway Kvinesdal	213,75
NorFraKalk	190,17
Bergen Lufthavn Flesland	190,00
Alcoa aluminium, Lista	170,44
Rhi normag AS	153,51
Elkem Bjølvfossen	151,04
Sør-Norge aluminium	144,47
Klemetsrud utsorterings- og energigjenvinningsanlegg	140,00
Eramet Norway, Porsgrunn	124,03
Hydro aluminium as Høyanger	103,02

Kilde: Miljødirektoratet

Tabellen viser syv landbaserte kilder med CO₂-utslipp på over 400 000 tonn CO₂ per år. I 2013 var utslippene fra Alcoa Mosjøen også på over 400 000 tonn og ble derfor inkludert i Gassnovas idéstudie. Studier og oversikten over punktutslipp og potensielle fangstanlegg har vært avhengig av at utslippseiere har vært interessert i CO₂-fangst på disse anleggene. I KVV-en redegjøres det for mulighetene for et fangstanlegg for disse åtte punktutslippene i Norge, i tillegg kommer Oslo kommunes avfallsanlegg på Klemetsrud i Oslo. Her er utslippene i dag om lag 300 000 tonn CO₂, og er forventet å stige til over 400 000 tonn når kapasitet og oppetid økes på eksisterende anlegg, og dersom flere ovnslinjer bygges ut for å dekke økt behov for varme gjennom Oslos fjernvarmesystem. Fangst fra forbrenningsanlegget vil være CO₂-negativ på grunn av utsortering og gjenvinning av plast.

7.1.2 Fremtidige utslippskilder på land

KVV-en redegjør for muligheten for å integrere et fangstanlegg under byggingen av et nytt industrianlegg. Alternativer som har blitt vurdert i arbeidet med KVV-en er:

- Hydro Aluminium Karmøy
- Ironman, Höganäs/LKAB
- Nytt kullkraftverk på Svalbard

KVU-en sier at mulighetene er uklare med hensyn til hvilke utslippspunkter som faktisk kommer til å bli realisert i fremtiden og tidspunktet for bygging og ferdigstillelse. Legger man til grunn at et demonstrasjonsanlegg skal være klart rundt 2020 er det ingen nye utslippskilder på land i Norge som er aktuelle kandidater for CO₂-håndtering i dag.

7.1.3 Utslippskilder offshore

KVU-en redegjør også for muligheter for å fange CO₂ fra petroleumsaktiviteten på norsk sokkel. Fangst av utslippene fra slike forbrenningsprosesser er krevende med dagens CO₂-håndteringsteknologi. KVU-en påpeker at problemet med slike utslippskilder er at de består av mange mindre utslippskilder på om lag 60-100 000 tonn CO₂ i året. I tillegg er det plass og vektbegrensning på plattformene. Av den grunn er det lite sannsynlig at fangstanlegg offshore er en realistisk mulighet.

Kvalitetssikrers vurdering av mulighetsrommet for fangst av CO₂

KVU-en gir en systematisk og grundig oversikt over fangstteknologier og mulige lokasjoner for et fangstanlegg i Norge.

Kvalitetssikrer savner en beskrivelse av muligheten for å bygge opp et industrianlegg med hensikt om å demonstrere CO₂-håndtering, ikke bare planlagte anlegg. Fordelen med en slik løsning er at man kan anvende flere teknologier som pre-combustion teknologi. I tillegg kan man håndplukke industrier med spesielt stort potensiale for spredning og global læring. Kvalitetssikrer har i samtaler med industriaktører blitt informert om at planlegging og bygging av nye industrianlegg kan ta opp mot 30 år. Selv om denne muligheten ikke virker relevant for et første demonstrasjonsprosjekt, så kunne det med fordel blitt omtalt i større grad.

7.2 Transport av CO₂

KVU-en redegjør for muligheter innen transport av CO₂ både på land og offshore. For landtransport kan man frakte CO₂ med:

- Lastebil fra fangstanlegg: eksempelvis ved behov for transport til havn eller transport til lager på land. Transport med lastebil kan være kostnadseffektivt dersom fangstanlegget ligger et stykke unna en havn. Samtidig kan miljøbelastningen ved trafikk være større og det kan hende at lokalbefolkningen føler seg mer utrygg når CO₂ fraktes på trafikkerte veier
- Gassrør som transporterer CO₂ over bakkenivå: Gassrør fra fangstanlegg til mellomlager eller lagringspunkt. Kostbart og vanskelig gjennomførbart i tettbygde strøk
- Gassrør som transporterer CO₂ under bakkenivå: Kan være hensiktsmessig i tettbygd strøk for å unngå lastebiltrafikk, men er kostbart

For offshore-transport er det to muligheter:

- Gassrør offshore: gassrør som transporterer CO₂ og ligger langs havbunnen inn mot injeksjonspunktet
- Skipstransport: skipstransport fra fangstanlegg til en havn for mellomlagring eller direkte til injeksjonspunkt offshore. Det er i KVU-en sett på tre varianter av skip; frakt av CO₂ under lavtrykk, mellomtrykk eller høytrykk

Transport av CO₂ er mer utprøvd enn fangstteknologi. CO₂ kan transporteres enten i rør eller med skip. Begge transportløsninger gjennomføres i større omfang for ulike industriformål. Skipstransport av CO₂ kan videre anskaffes som en tjeneste i et marked som tilbyr transport av CO₂.

KVU-en viser til at det i USA er over 2 500 km med CO₂-rør på land. Denne infrastrukturen frakter om lag 50 millioner tonn CO₂ per år til økt oljeutvinning (EOR). Undervannstransport av CO₂ i rør skiller seg ikke i vesentlig grad fra transport av naturgass. Teknologien er kjent, og olje- og gassindustrien har årelang erfaring med bygging og drift av rørledninger for transport av gass under vann. Transport av CO₂ fra et fangstanlegg til et undervannslager er gjennomførbart gjennom å anvende prøvd og moden transportteknologi.

Transport av CO₂ med skip gjøres allerede i stor skala i dag med frakt av CO₂ til mat- og drikkevarerindustrien. Yara selger for eksempel om lag 1 million tonn CO₂ i året til i hovedsak denne industrien. Eventuelle utfordringer knytter seg til grensesnittet mellom skipstransport og dedikert geologisk lagring.

Kvalitetssikres vurdering av mulighetsrommet for transport av CO₂

KVU-en utreder ulike former for transport på en dekkende måte. Kvalitetssikrer har ikke mottatt informasjon om andre transportformer eller variasjoner av en transportløsning som innenfor rimelighetens grenser kan ses på som andre mulige transportløsninger.

7.3 Lagring av CO₂

KVU-en viser til at lagring av CO₂ i geologiske formasjoner heller ikke er en ny teknologi. CO₂-lagring er gjennomført både på land og offshore. Bare i Norge er det 13 års erfaring med lagring av CO₂ i geologiske formasjoner ved Sleipner i Nordsjøen og på Snøhvitfeltet i Barentshavet. Ved Sleipner pågår det et større forsknings- og overvåkingsprogram for å kartlegge CO₂-bevegelsene i Utsira-reservoaret. Prosjektet har dokumentert at lagret CO₂ ikke lekker ut av formasjonen.

Potensialet for lagring av CO₂ er ansett som betydelig over hele verden. For land som USA, UK og Norge finnes lagringsatlas der lagringskapasitet i geologiske formasjoner er beskrevet i detalj. Når det gjelder risiko for lekkasje av CO₂, sier FNs klimapanel at det er svært sannsynlig at mer enn 99 prosent av lagret CO₂ fortsatt er på plass etter hundre år under forutsetning om at lagringen utføres på en forsvarlig måte.

I følge undersøkelsene til Gassnova tilsier Statoils erfaringer fra Sleipner og Snøhvit at lagring av CO₂ i en størrelsesorden på omtrent 1 million tonn CO₂ per år kan gjennomføres uten problemer offshore. Tekniske og operasjonelle utfordringer som Statoil har støtt på ved lagring av CO₂ på Snøhvit har blitt løst ved å anvende ordinær petroleumsteknologi.

KVU-en viser til det kommersielle potensialet ved å utnytte fanget CO₂ i industrivirksomhet, men har fokus på dedikert geologisk lagring. En bruk av fanget CO₂ som er aktuell, er å benytte fanget CO₂ til økt oljeutvinning. Gjøres dette kan man ta hensyn til klima gjennom permanent lagring av fanget CO₂. Fanget CO₂ til økt oljeutvinning (EOR) er velkjent teknologi fra oljefelter på land i Nord-Amerika. Norsk industri har utviklet lignende konsepter der fanget CO₂ kan brukes til dette formål på norsk sokkel ved hjelp av havbunnsteknologi.

7.3.1 Lokasjoner for lagring av CO₂

KVU-en støtter seg på et CO₂-lagringsatlas utarbeidet av Oljedirektoratet. Atlaset viser mulighetene for lagring av CO₂ på norsk sokkel. Arbeidet viser at det er teoretisk mulig å lagre mer enn 80 milliarder tonn CO₂ på sokkelen.

Innen dedikert offshore geologisk lagring har KVU-en redegjort for tre felt:

- Smeaheia er en formasjon som ligger øst for Trollfeltet. Her er det to alternative injeksjonspunkter. Den første heter alfa-strukturen og har lagringskapasitet på ca. 100 millioner tonn CO₂ før migrasjon til andre områder vil måtte starte. Alternativet vurderes av Statoil til å ha minst risiko, størst fleksibilitet og størst potensial for fremtidig kapasitetsutvidelser
- Heimdalfeltet er et gassfelt som har vært i produksjon siden 1986. Feltet har gode lagringsegenskaper med en kapasitet som er beregnet til 150 millioner tonn. Det er derimot usikkerhet vedrørende videre feltutvikling og det er mulig feltet stenges innen 2020, delvis på grunn av begrenset teknisk levetid på plattformen
- Utsiraformasjonen er et område rundt Sleipnerfeltet, og denne formasjonen har blitt brukt til injeksjon av CO₂ siden 1996. Sæter-strukturen er regnet som det eneste kvalifiserte injeksjonspunktet. Lagringskapasiteten er kun på 15 millioner tonn. Kapasiteten kan økes, men gir risiko for kontakt med gammel letebrønn

Statoil vurderer at investeringskostnadene for disse tre alternativene er tilnærmet like. Lagerkapasiteten for alle feltene er mer enn dekkende for lagring fra et første demonstrasjonsprosjekt.

7.3.2 Overgang fra transport til lager

En sentral del av demonstrasjon av helkjede CO₂-håndtering er overgangen mellom transportleddet og lagringsleddet. I mulighetsstudien er følgende muligheter identifisert:

- Terminal ved havn (mellomlager): CO₂ fraktes til en terminal (mellomlager) som er lokalisert ved en havn. Videre transport via offshore gassrør til dedikert geologisk lagring
- Flytende terminal offshore: Permanent injeksjonsskip som fungerer som en flytende terminal. Overføring av CO₂ fra transportskip til en flytende terminal. Videre injisering fra den flytende terminalen til lager
- Direkte injeksjon fra transportskip: Direkte injeksjon i dedikert geologisk lager, der transportskip frakter CO₂ fra fangstanlegget og har det nødvendige tekniske utstyret for injeksjon ombord
- Offshore plattform: Transport av CO₂ til en oljeplattform. Injeksjon fra oljeplattform ned i et geologisk lager. Dette er i hovedsak aktuelt i forbindelse med økt oljeutvinning (EOR)

Det fremgår av KVVU-en (og Peer review) at løsningene med direkte injeksjon fra transportskip og injeksjon fra et lagerskip er teknisk mer umodne løsninger og vil innebære høyere gjennomføringsrisiko. Injeksjon av CO₂ fra transportskip via en lossebøye er en uprøvd teknologi. I samtaler med relevante aktører kommer det likevel frem at det er gjennomførbart, men at løsningene krever at tekniske løsninger prøves ut og kvalitetssikres. Det kan også være behov for teknologiutvikling og erfaring med CO₂-ens virkninger på brønndesign og levetid når det er diskontinuerlig injeksjon av CO₂.

Kvalitetssikrers vurdering av mulighetsstudien for lagring av CO₂

KVVU-en identifiserer relevante muligheter for dedikert geologisk lagring av CO₂ og gir en systematisk oversikt over muligheter for overgangen mellom transport og lagring.

Kvalitetssikrer savner en bedre beskrivelse av alternativer til dedikert geologisk lagring. Alternativer til dedikert geologisk lagring er ulik bruk av CO₂ som kan ha samme klimaeffekt og kunne ha redusert kostnadene ved demonstrasjon av helkjede CO₂-håndtering. Eksempler på dette er:

- EOR: Prosess med injeksjon av for eksempel CO₂ for å øke oljeutvinningsgraden fra et felt. Injisert CO₂ blir deretter liggende lagret i formasjonen. Hovedproblemet med bruk av CO₂ for EOR er at alternative gasser eller væsker er billigere enn CO₂.
- Matvareindustri: Salg av CO₂ til matvareindustrien som kan brukes i kullsyreholdige varer, men det er et begrenset behov for CO₂ i matvareindustrien.
- Brannslukning: salg av CO₂ til brannslukning: Eksempelvis kan Norge selge fanget CO₂ for å slukke branner i kullgruver i Kina. Det er uklart hvor stort behovet for CO₂ for bruk i brannslukning er i dag.
- CCU (Carbon Capture and Utilization): Fellesbetegnelse på ulike metoder for å anvende fanget CO₂ i kommersielle industriprosesser og produkter. CCU er i en FoU-fase og er ikke et realistisk alternativ i dag med store fangstvolumer.

Vi forstår at disse alternativene ikke er utredet, eller er utredet i liten grad, fordi alternativ anvendelse av fanget CO₂ kan sies å bryte med kravet om helkjede demonstrasjon. Innvendingen er mer prosedural da vi mener at kommersiell anvendelse er relevant nok i en mulighetsstudie. Temaet burde ha blitt dekket bedre i mulighetsstudien og eventuelt luket ut når man vurderer muligheter opp mot krav.

7.4 CO₂-håndtering i utlandet og samarbeid med andre lands myndigheter

KVVU-en påpeker at et utenlandsalternativ kan realiseres på ulike måter. Norge kan bidra til finansiering av utenlandske prosjekter eller samarbeide om å realisere fangst, transport og lagring av CO₂. I et samarbeid kan det for eksempel etableres fangst i utlandet med lagring på norsk sokkel, eller fangst i Norge med lagring i utlandet.

Det eneste utenlandske prosjektet som blir særlig omtalt i KVVU-en er ROAD-prosjektet i Nederland. Et samarbeid med ROAD-prosjektet blir i KVVU-en satt til side fordi Stortinget har gitt tilsagnsfullmakt på 125 millioner norske

kroner til støtte av driftskostnader ved et europeisk CO₂-håndteringsanlegg, der ROAD-prosjektet er det mest naturlige prosjektet for å motta disse midlene.

KVU-en sier videre at Norge må motta en forespørsel fra andre lands myndigheter ved bidrag til en felles finansieringsløsning for helkjede demonstrasjon av CO₂-håndtering. Mulighetene for samarbeid med andre lands myndigheter er derfor ikke videre utredet.

Kvalitetssikrers vurdering av muligheter i utlandet

Kvalitetssikrer mener det er flere muligheter for samarbeid med utenlandske prosjekter og at dette ikke er tilstrekkelig dokumentert i KVU-en. Vi sier dokumentert fordi vi har mottatt informasjon om hvordan OED har dialog med andre lands myndigheter om samarbeid som er tilfredsstillende, og som forklarer hvorfor dette ikke er redegjort for nærmere i KVU-en.

Fordi utslipp av klimagasser er et globalt problem ville det vært ønskelig og i større grad dokumentere mulighetene for å gi finansiell støtte til et prosjekt i en av de store utslippsnasjonene, for eksempel Kina. Et annet ankepunkt er at KVU-en i stor grad begrenser seg til Europa.

Vi har vært i kontakt med interessenter og aktører og har forsøkt å se om det finnes realistiske muligheter for samarbeid utenfor Europa. Vi har ikke mottatt informasjon som tilsier at et samarbeid med andre land lar seg gjennomføre raskt nok til at dette ville hatt betydelige konsekvenser for hvilke alternativer som tas videre fra mulighetsstudien til alternativanalysen.

7.5 Videreføring av konsepter til alternativanalysen

I Concepts veileder nr. 9 – utarbeidelse av KVU/KL dokumenter heter det følgende om hvordan utvelgelse av alternativer til alternativanalysen bør gjennomføres:

«Alternativanalysen skal behandle de mest interessante og realistiske konseptuelle løsninger for det identifiserte samfunnsbehovet innenfor mulighetsrommet. De konseptuelle løsningene skal kunne realisere mål og tilfredsstille de tiltaksspesifikke krav. Konseptene skal kun detaljeres så langt det er nødvendig (men ikke lengre) for å ta stilling til grad av mål- og kravtilfredsstillelse, og for å gjennomføre en samfunnsøkonomisk analyse. På et tidlig stadium i konseptutviklingen bør konseptenes realisme testes, for eksempel i form av grove samfunnsøkonomiske analyser, for å sile ut åpenbart urealistiske konsepter. Bruk av samfunnsøkonomiske analyser til grovsiling er mest relevant i situasjoner der det er gap mellom tilbud og etterspørsel som er utløsende for tiltaket, og ikke normative behov.»

Kvalitetssikres vurdering

Vi påpeker i kommentarene til kapittel 6 at flere av kravene er egnet som effektmål og at kravene ikke er prioritert. Vi vurderer det likevel slik at det er to krav i KVU-en som tillegges størst vekt med tanke på en silingsprosess:

- At demonstrasjon av CO₂-håndtering skal realiseres så snart som mulig
- At det skal være demonstrasjon av fullskala helkjede CO₂-håndtering

Sistnevnte krav kommenterer vi for øvrig at er implisitt, burde tydeliggjøres og at det implisitt forstås som at lagringsdelen av helkjeden er dedikert geologisk lagring. Når en silingsprosess tar utgangspunkt i disse kravene og man legger til grunn dedikert geologisk lagring, vil man komme frem til KVU-ens norske alternativer. Likevel er en innvending mot silingsprosessen som helhet at de samlede kravene i KVU-en er detaljerte og kan derfor se ut som de er «skreddersydd» for alternativene som tas videre.

Vi kan også peke på at en tolkning av «helkjede» som ikke forutsetter ren dedikert geologisk lagring, men også åpner for kommersiell bruk av CO₂ som CCU, EOR mv. er konsistent med kravene i KVU-en. I så måte er det en svakhet at mulighetsstudien ikke drøfter kommersiell anvendelse av fanget CO₂ i større grad. Hadde kommersiell anvendelse blitt grundigere redegjort for, kan det hende at silingsprosessen ville tatt dette videre. Vi mener at dette er uheldig når et krav i KVU-en er at demonstrasjon av CO₂-håndtering skal: «Bidra til forbedringer av markedssituasjonen for CO₂-håndtering». En naturlig tanke er at en eventuell kommersiell anvendelse i en tidlig fase i utvikling av CO₂-håndtering ville gitt større forbedringer av markedssituasjonen sammenlignet med dedikert geologisk lagring. Til tross for innvendingen er det vår vurdering at det ikke utgjør en betydelig mangel, som skyldes usikkerheten ved kommersiell anvendelse i dag.

Vår vurdering utover kommentarene som er gitt her er at konseptene som er videreført til alternativanalysen fanger opp konseptuelle aspekter som anses som realistiske innenfor mulighetsrommet, men at den samlede spennvidden til alternativene er noe snever. Kvalitetssikrer vil derfor i alternativanalysen ta inn alternativer som viser en større spennvidde. De fleste alternativene kvalitetssikrer tar inn er ikke nye, men utfallet av en annen konstruksjon av «byggeløssene» innen fangst, transport og lagring. Dette er også i stor grad i samsvar med de tilleggsanalysene som KVVU-en gjennomførte i sin Mulighetsstudier av fullskala CO₂-håndtering i Norge (juni 2016).

8. Alternativanalyse

Rammeavtalen sier følgende om alternativanalysen:

«Med bakgrunn i de forgående kapitler og i særdeleshet det identifiserte mulighetsrommet, skal det foreligge en alternativanalyse som skal inneholde nullalternativet og minst to andre konseptuelt ulike alternativer. Nullalternativet innebærer det minimum av vedlikeholdsinvesteringer som er nødvendig for at alternativet skal være reelt. Det ligger ikke i dette krav om like lang levedyktighet som i investeringsalternativene. Hvis nullalternativets levetid er svært kort, bør det vurderes å utvikle et «Null pluss»-alternativ i tillegg til nullalternativet. Dette vil spesielt være aktuelt dersom en begrenset investering i oppgraderinger kan forlenge levetiden betydelig, sammenliknet med det rene nullalternativet.»

Videre:

«Leverandøren skal starte med å vurdere hvorvidt de oppgitte alternativer vil bidra til å realisere de overordnede mål. Et alternativ som en antar vil ha liten eller ingen virkning på hverken samfunns mål eller effektmål er irrelevant. Dersom det kan antas å ha en viss virkning mhp. effektmål, men liten eller ingen mhp. samfunns mål, gir dette en indikasjon på at det ikke dreier seg om et konseptuelt alternativ, men enten en uhensiktsmessig løsning eller en delløsning innenfor et større hele. I begge tilfeller vil det være behov for en grunnleggende omarbeidelse, eventuelt utarbeidelse av nye alternativer, før en kan gå videre med kvalitetssikringen.»

8.1 Alternativer i KVV

I Olje- og energidepartementet (2016): Konseptvalgutredning - Demonstrasjon av fullskala fangst, transport og lagring av CO₂, er det fremsatt et nullalternativ, et minimumsalternativ og et basisalternativ for fullskala helkjede CO₂-håndtering. Vi vil først beskrive og vurdere disse alternativene. Deretter vil vi gjennomgå alternativene som senere ble lagt frem i Olje og energidepartementet (2016): Fullskala CO₂-håndteringsprosjekt i Norge – Mulighetsstudie.

8.1.1 Nullalternativet

Nullalternativet er en videreføring av dagens situasjon, uten at det gjøres nye tiltak på området. Nullalternativet skal være realistisk, og i den grad det er relevant, skal nødvendige driftskostnader for å videreføre dagens situasjon inkluderes.

KVV-en redegjør for et nullalternativ hvor det ikke gis norsk støtte til realisering av demonstrasjon av CO₂-håndtering på kort sikt. Det er ikke gitt hvilken utvikling CO₂-håndtering i Europa og verden vil følge dersom Norge ikke bidrar til realisering av et demonstrasjonsprosjekt på kort sikt. Følgende hovedscenarier er skissert i KVV-en:

1. Utviklingen i veksten i CO₂-håndteringsprosjekter blir upåvirket. Dette ved at andre europeiske land tar ansvar, og eksisterende forskning og utvikling er nok til at utviklingen går i nødvendig retning
2. Utvikling av CO₂-håndtering forsinkes. Da har man følgende scenarier:
 - a) CO₂-håndtering erstattes av andre klimatiltak (energieffektivisering, fornybar etc.), eller CO₂-håndtering på et senere tidspunkt.
 - b) Klimamålene nås ikke, slik at utslippene av klimagasser er høyere enn dersom demonstrasjonsprosjektet blir realisert.

Det er en rekke CO₂-håndteringsprosjekter i verden, både prosjekter i planleggingsfasen og prosjekter i drift. Det gjennomføres også mye forskning knyttet til utvikling av CO₂-håndtering, både i Norge og resten av verden. Det er internasjonalt etablert flere støtteordninger, fond og finansieringsmuligheter for klimatiltak generelt og CO₂-håndteringsprosjekter spesielt, som vil påvirke utviklingen av CO₂-håndtering. I nullalternativet er det lagt til grunn at norske bevilgninger til forskning og utvikling av CO₂-håndtering, og det internasjonale kapasitetsbyggingsarbeidet videreføres på dagens nivå. Det betyr blant annet en videreføring av aktiviteten ved TCM og i CLIMIT-programmet, og Stortingets tilslutning til driftsstøtte til et europeisk fullskalaprojekt gjennom Horisont 2020.

Kvalitetssikrers kommentarer til nullalternativet

I KVVU-en er det skissert to alternativer for videre utvikling - at veksten i CO₂-håndteringsprosjekter går i ønsket retning også dersom Norge ikke investerer i tiltaket eller at utviklingen av prosjekter forsinkes.

Det er angitt at forskning og utvikling på TCM og i CLIMIT videreføres i nullalternativet, noe som synes å være en rimelig forutsetning.

8.1.2 Minimumsalternativ

I KVVU-en er et minimumsalternativ vurdert som en sensitivitet av basisalternativet. Det går ut på at allerede utskilt CO₂ i produksjonsprosessen på Yara kondisjoneres til rett trykk og temperatur for transport og lagring. CO₂-kjeden som etableres vil gi fangst av om lag 200 000 tonn CO₂ per år. Her oppnås læringseffekter ved investering og drift av en hel CO₂-håndteringskjede. Det vil imidlertid ikke være særlige læringseffekter for investering og drift av et fangstanlegg, og dermed lavere læringseffekter enn i en CO₂-håndteringskjede med bygging av et nytt fangstanlegg.

Alternativet er ikke prissatt i KVVU-en. Prissatt netto nytte er imidlertid forventet å være lavere enn i et alternativ med et fangstanlegg. Investeringskostnadene vil også være lavere siden det ikke investeres i et nytt fangstanlegg.

Kvalitetssikrers kommentar til minimumsalternativ

Minimumsalternativet vil trolig bidra til å nå det definerte samfunns målet (*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*).

Effekt målet sier at tiltaket skal øke produktiviteten i alle tre leddene i CO₂-håndteringskjeden. Minimumsalternativet kan trolig bidra til å oppnå deler av effekt målet: det kan øke produktiviteten ved å transportere og lagre CO₂, men i liten eller ingen grad øke produktiviteten i fangstdelen.

8.1.3 Basisalternativ

I basisalternativet fanges om lag 400 000 tonn CO₂ fra Norcems sementfabrikk i Brevik. Dette er om lag halvparten av de årlige CO₂-utslippene i røykgassen ved fabrikk, og volumet fanges ved bruk av overskuddsvarme fra produksjonen.

Det er Akers aminteknologi som brukes i fangsten. Fanget CO₂ lagres i et mellomlager og fraktes med skip til et landanlegg for mellomlagring og kondisjonering i Øygarden kommune. CO₂ fraktes så med rør til Smeaheierveservoaret, øst for Trollfjell.

Alternativet har en netto prissatt kostnad 9,2 milliarder kroner i analyseperioden. Her er nåverdien av prosjekt-, investerings- driftskostnader summert, og verdien av utslippsreduksjoner trukket fra. Det er forventet at prosjektet vil gi læringseffekter i bygge- og driftsfasen, innen regulering og lovgivning og at det vil gi oppdatert informasjon om kostnader. Videre er det forventet at prosjektet vil gi teknologiutvikling og eventuelt gi sosial aksept for CO₂-håndtering. Alle læringseffekter er vurdert som ikke-prissatte effekter i KVVU-en.

Kvalitetssikrers kommentar til basisalternativet

Basisalternativet vil trolig kunne bidra til å nå samfunns mål og effekt mål for tiltaket. Samtidig mangler det, etter kvalitetssikrers vurdering, tilstrekkelig konseptuelt ulike alternativer i KVVU-ens tidligste form.

8.2 Alternativer fra KVVU mulighetsstudien

Som nevnt i kapittel 1, inngår flere dokumenter i underlaget for kvalitetssikringen av denne KVVU-en, herunder *Fullskala CO₂-håndteringsprosjekter i Norge - Mulighetsstudie (OED 2016)*. I mulighetsstudien har OED estimert kostnader for investering, drift og vedlikehold for seks alternativer for CO₂-håndtering. Prisene er oppgitt i 2016-verdier eks. mva. Disse alternativene er som følger:

Tabell 8-1 Alternativer og kostnader fra mulighetsstudien

Alternativ	Fangst	Transport	Lagring	CO ₂ per år (ktonn)
Referanse Case A	CO ₂ fra to anlegg	1 skip	Smeaheia, direkte injeksjon	600
Referanse Case B	CO ₂ fra to anlegg	1 skip	Smeaheia, landanlegg	600
Sensitivitet 1 A	CO ₂ fra tre anlegg	3 skip	Smeaheia, direkte injeksjon	1 300
Sensitivitet 1 B	CO ₂ fra tre anlegg	2 skip	Smeaheia, landanlegg	1 300
Sensitivitet 2 A	CO ₂ fra ett anlegg	1 skip	Smeaheia, direkte injeksjon	400
Sensitivitet 2 B	CO ₂ fra ett anlegg	1 skip	Smeaheia, landanlegg	400

Kvalitetssikrers vurdering av alternativene fra KVV-ens «mulighetsstudie»

I KVV-ens mulighetsstudie er det gjort kostnadsoverslag for alternativene. I påvente av en eventuell konkurranse for tildeling av prosjekter er det derimot ikke fullstendig spesifisert hvilke fangstanlegg eller transportløsninger som inngår i de ulike alternativene. Det medfører at det er vanskelig å vurdere hvorvidt alternativene er tilstrekkelig konseptuelt ulike, eller bare er variasjoner av det samme konseptet. Eksempelvis er det uklart om alle alternativene innebærer fangst på sementproduksjon eller kunstgjødse. Variasjoner av begge deler kan gi det samme antallet fanget tonn CO₂ per år.

I likhet med tidligere alternativer, er alternativene i KVV-ens mulighetsstudie begrenset til demonstrasjonsprosjekter i Norge. Samtidig er det klart at alternativene i større grad er spent ut med tanke på omfanget av fangst av CO₂ og kompleksitet i demonstrasjonsprosjektet. For eksempel er det alternativer/sensitiviteter med ett eller flere skip og en eller flere punktutslipp. Alternativene er i større grad konseptuelt ulike enn tidligere alternativer, men kvalitetssikrer savner en grundigere drøfting av enda flere alternative tiltak som samarbeid med andre land.

Alternativene vil bidra til å nå samfunns mål og effektmål for tiltaket.

8.3 Kvalitetssikrers alternativer

I det følgende presenteres kvalitetssikrers alternativer. De fleste alternativene tar utgangspunkt i alternativene fra KVV-ens mulighetsstudie, som redegjort for overfor, og vi refererer til disse i parenteser.

Flesteparten av alternativene tar utgangspunkt i de tre mest aktuelle industriutslippene i Norge. Vi har for fremstillingens skyld valgt å stort sett legge til grunn skipstransport med mellomtrykk. Det skyldes at kostnadsestimatene for mellomtrykk er sikrere enn kostnadene for de andre skipsløsninger.

I tillegg legger vi stort sett til grunn en landterminal på Kollsnes og injeksjon via undervannsrør. I usikkerhetsanalysen viser vi at landterminal med injeksjon via undervannsrør og direkte injeksjon fra transportskip ikke gir store utslag.

Vi har tatt inn minimumsalternativet fra KVV-en, og et alternativ med Mongstad som punktutslipp. Vi har også tatt inn et utenlandsalternativ. Utenlandsalternativet er ikke kostnadsestimert, men viser totale kostnadsanslag for fangstanlegg, transport og lagring for noen utenlandske prosjekter.

0. Nullalternativet

Nullalternativet innebærer ingen investering i demonstrasjon av helkjede CO₂-håndtering. Utviklingen fremover inkluderer fortsatt satsning på FoU på testsenteret på Mongstad og på andre spesialiserte forskningsprogrammer.

Ved en beslutning om nullalternativet er det en fare for at private aktører som har satset på fangsteknologi i Norge vil avvikes eller nedbemannes. En gradvis avvikling eller nedbemanning kan føre til tap av kompetanse om fangsteknologi og CO₂-håndtering i Norge. Likevel vil sannsynligvis ikke kompetanse i Norge innen lagring og transport i særlig grad bli berørt, ettersom CO₂ transporteres og lagres for andre formål i dag.

1. Minimumsalternativet

Alternativet innebærer ingen investering i ny fangstteknologi. Istedenfor transporteres og lagres et mindre volum av CO₂ som fanges og slippes ut i atmosfæren i dag.

Alternativet har følgende deler i helkjede CO₂-håndtering:

- Investering for mellomlagring av 200 000 tonn CO₂ per år på Yara som i dag slippes ut i atmosfæren. Dersom vi legger til grunn 83 prosent virkningsgrad blir dette om lag 184 000 tonn CO₂ per år
- Skipstransport med mellomtrykk av CO₂ fra Brevik med ett spesialbygd skip
- Direkte injeksjon av CO₂ i Smeaheia-feltet

Kvalitetssikrer har laget dette alternativet for å synliggjøre demonstrasjon av helkjede CO₂-håndtering uten investering i nytt fangstanlegg.

Samtidig er den relative usikkerheten større for minimumsalternativet fordi kostnadene er skalert ned fra basiskostnadene og det totale kostnadsbildet til andre alternativer.

2. Sement (Sensitivitet 2C)

Sementproduksjon er en industrisektor med betydelige globale utslipp av CO₂, og Norcems sementfabrikk på Brevik er en av Norges største landbaserte CO₂-kilder med utslipp på om lag 800 000 tonn CO₂ per år.

Alternativet har følgende deler i helkjede CO₂-håndtering:

- Fangstanlegg på Norcem Brevik med en fangstkapasitet på om lag 400 000 tonn CO₂ per år. Dette anslaget er forutsatt en virkningsgrad på 83,5 prosent
- Skipstransport fra Brevik med ett spesialbygd skip
- Landterminal på Kollsnes
- Injeksjon av CO₂ i Smeaheia-feltet via rør

3. Ammoniakk (Sensitivitet 3C)

CO₂-utslippene fra Yara Porsgrunn kommer fra ammoniakkproduksjonen. Yara fanger i dag CO₂ for salg til mat- og drikkevarerindustrien

Alternativet har følgende deler i helkjede CO₂-håndtering:

- Fangstanlegg på Yara Porsgrunn med en fangstkapasitet på om lag 805 000 CO₂ per år. Dersom vi legger til grunn 83 prosent virkningsgrad blir dette om lag 742 000 tonn CO₂ per år
- Skipstransport fra Brevik med ett spesialbygd skip
- Landterminal på Kollsnes for mellomlagring
- Injeksjon av CO₂ i Smeaheia-feltet via undervannsrør

4. Avfall (Sensitivitet 4C)

Avfallsanlegget driftes av Energigjenvinningsetaten (EGE). Oslo kommune vurderer å ta i bruk CO₂-fangst ved avfallsforbrenningsanlegget på Klemetsrud. Det forventes at volumet vil øke i takt med befolkningsveksten i Oslo-regionen, men vi har lagt til grunn samme mengde utslipp som i dag.

Alternativet har følgende deler i helkjede CO₂-håndtering:

- Fangstanlegg på Klemetsrud med en fangstkapasitet på om lag 320 000 tonn CO₂ per år, som øker til 400 000 tonn CO₂ i 2030 pga. befolkningsutviklingen i Oslo-området. Dersom vi legger til grunn 83 prosent virkningsgrad blir dette 295 000 tonn CO₂ per år frem til 2030 og deretter 332 000 tonn CO₂ per år
- Skipstransport fra Klemetsrud med ett spesialbygd skip
- Landterminal på Kollsnes
- Injeksjon av CO₂ i Smeaheia-feltet via undervannsrør

5. Sement og liten kilde (Referansecase 3)

Volumet av CO₂ i «Alternativ 2: Ett fangstanlegg på sement» kan økes med 50 prosent med en forholdsmessig liten tilleggsinvestering av å hente fanget CO₂ på Yara.

Alternativet har følgende deler i helkjede CO₂-håndtering:

- Fangstanlegg på Norcem Brevik med en fangstkapasitet på om lag 400 000 tonn CO₂ per år
- Mellomlager på Yara Porsgrunn med en fangstkapasitet på om lag 200 000 tonn CO₂ per år. Dersom vi legger til grunn 83 prosent virkningsgrad blir dette om lag 184 000 tonn CO₂ per år
- Skipstransport fra Brevik med spesialbygd skip
- Landterminal på Kollsnes
- Injeksjon av CO₂ i Smeaheia-feltet via undervannsrør

6. Tre kilder (Sensitivitet 1C)

Fangst fra flere industriutslipp kan redusere risiko for gjennomføring av helkjede CO₂-håndtering. Alternativet medfører også økt læring om logistikk og avtaleforhold. Et prosjekt med tre kilder kan innrettes som flere delprosjekter der fangstanleggene også bygges sekvensielt. Sekvensiell implementering gir læringseffekter fra tidligere fangstanlegg i Norge. Sekvensiell implementering vises i en egen sensitivitsanalyse.

Alternativet har følgende deler i helkjede CO₂-håndtering:

- Fangst av CO₂ fra Norcem sementfabrikk, utvalgte kilder på Yara Porsgrunn og hele volumet fra avfallsanlegget på Klemetsrud
- Samlet fangstvolum er på om lag 1,4 millioner CO₂ per år dersom vi legger til grunn 83 prosent virkningsgrad
- Transport av CO₂ med to spesialbygde skip, landterminal på Kollsnes og injeksjon av CO₂ i Smeaheia-feltet via undervannsrør

7. Mongstad

Mongstad er Norges største punktutslipp av CO₂. Utslippene er en del av kraftsektoren som kan ha behov for CO₂-håndtering i fremtiden iht. IEA.

Alternativet har følgende deler i helkjede CO₂-håndtering:

- Fangst fra kraftvarmeverk og krakkeranlegg med om lag 2 millioner tonn CO₂ per år. Dersom vi legger til grunn 83 prosent virkningsgrad blir dette om lag 1,8 millioner tonn CO₂ per år
- Rør som går direkte fra Mongstad og til Smeaheia-feltet i Nordsjøen for dedikert geologisk lagring
- Økt rørkapasitet i forhold til andre alternativer (12 tommers rør vs. 8 tommers rør)

Kvalitetssikrer har justert prisene fra masterplanen i 2009 til 2016-priser og deretter antatt at kostnadene vil være 30 prosent lavere enn estimatene fra 2009.

8. Utlandet

Flere land har større punktutslipp innen både kraft- og industrisektoren. Andre europeiske land med uttalt interesse for gjennomføring av CO₂-håndtering er England, Skottland og Nederland. Samarbeid med andre land kan gi en mer optimal løsning for lærings-, sprednings- og miljøeffekter. Samarbeid med utlandet vil også gi kostnadsdeling mellom land.

Eksempler på europeiske prosjekter Norge kan vurdere å samarbeide med er:

- Road-prosjektet (Nederland)
- CCS Enabler Project (UK/Skottland)
- Caledonia Clean Energy Project (UK)
- Don Valley Power Project (UK)
- Teeside Collective Project (UK)

Alternativet innebærer politiske avklaringer før et eventuelt samarbeid kan igangsettes og gjennomføres.

Kvalitetssikrer har ikke kostnadsestimert utlandsalternativet. I et slikt alternativ vil det være muligheter for at Norge bidrar med en liten eller stor del av prosjektet alt avhengig av Norges ambisjonsnivå samt vilje og mulighet til å bevilge penger til formålet.

Tabell 8-2 viser estimater for investering- og driftskostnader for planlagte britiske CO₂-håndteringsprosjekter. Tallene gir en pekepinn på hva totalt kostnadsomfang for et utenlandsk CO₂-håndteringsprosjekt kan være. Det

må påpekes at det i dag ikke er planer om å realisere de tre prosjektene. Longannet ble kansellert høsten 2011, da den britiske regjeringen bestemte seg for og heller utvikle andre CO₂-håndteringsprosjekter. Peterhead og White Rose er lagt på is etter at britiske myndigheter høsten 2015 stanset konkurransen om 1 milliard pund til investeringer i minst ett CO₂-håndteringsprosjekt.

Tabell 8-2 Kostnadsestimater for britiske prosjekter

Prosjekt	Investering	Drift	Kommentar
Peterhead, Scotland, UK	11 milliarder kroner	40,9 milliarder kroner (sum over 25 år)	Fangst av 1 mill. tonn CO ₂ /år fra et gasskraftverk
White Rose, North Yorkshire, UK	21 milliarder kroner	2 milliarder kroner per år	Fangst av 2 mill. tonn CO ₂ /år fra et planlagt kullkraftverk
Longannet, Firth of Forth, Fife, Scotland, UK	15 milliarder kroner	-	Fangst av 2 mill. tonn CO ₂ /år fra et kullkraftverk

Kilde: Carbon capture and storage knowledge sharing og ScottishPower CCS Consortium (2011)

I Tabell 8-3 oppsummeres kvalitetssikrers alternativer:

Tabell 8-3: Kvalitetssikrers alternativer

Alternativ	Navn i KVVU	Fangst	Transport	Lagring	Antall tonn CO ₂ per år**
0. Nullalternativet	Nullalternativer	-	-	-	-
1. Minimumsalternativet	n/a	Yara kilde 1	Skipstransport	Smeaheia	184 000
2. Sement	Sensitivitet 2 B&C	Norcem	Skipstransport	Smeaheia	400 000
3. Ammoniakk	Sensitivitet 3 B&C	Yara alle kilder	Skipstransport	Smeaheia	742 000
4. Avfall	Sensitivitet 4 B&C	EGE	Skipstransport	Smeaheia	295 000***
5. Sement og liten kilde	Referansecase	Norcem og Yara kilde 1	Skipstransport	Smeaheia	584 000
6. Tre kilder	Sensitivitet 1 B&C	Norcem, Yara og EGE	Skipstransport	Smeaheia	1 438 000
7. Mongstad*	Ikke vurdert	Mongstad	Rørtransport	Smeaheia	1 844 000
8. Utlandet*	Ikke beregnet	-	-	-	-

For alternativ 1-6 er basisutformingen landanlegg på Kollsnes, men det er også beregnet kostnader for direkte injeksjon. For skipstransport er det forutsatt mellomtrykk.

* Forenklet vurdering ** For alle alternativer er det lagt til grunn 83 prosents virkningsgrad ***Volumet i alternativ Avfall er antatt å stige til 332 000 tonn i 2030

9. Kvalitetssikrers kostnads- og usikkerhetsanalyse

Rammeavtalen sier følgende om usikkerhetsvurderinger av investeringskostnader:

«Leverandøren skal utføre en usikkerhetsanalyse etter samme mønster som ved KS2 for investeringskostnadene knyttet til hvert enkelt alternativ, men tilpasset det presisjons-nivå for grunnkalkyle og uspesifiserte poster som etter god prosjektstyringspraksis kan forventes på forstudiestadiet.»

Vi har gjort vurderinger av basiskalkylene til hvert av de foreliggende alternativene og foretatt mindre korreksjoner av disse. Videre har vi gjennomført arbeidsmøter og fellessamling med KVVU-teamet der usikkerhet knyttet til hvert av alternativene ble diskutert, samt deltatt som observatør på peer review i regi av OED. Basert på informasjon fra møter og informasjon fra underlagsdokumenter har vi gjennomført en egen usikkerhetsanalyse. Forventningsverdiene fra usikkerhetsanalysene benyttes videre som inngangsdata i den samfunnsøkonomiske analysen.

I dette kapitlet beskriver vi basiskalkylene som er lagt til grunn for usikkerhetsanalysen, hvilke usikkerhetsvurderinger vi har gjort for hvert alternativ og hvilke resultater vi kommer frem til. Til slutt redegjøres det for hvilke driftskostnader som er lagt til grunn.

For en mer detaljert gjennomgang av usikkerheten knyttet til investeringskostnadene vises det til vedlegg 1.

9.1 Basiskalkyler investeringskostnader

Basiskalkylene som er lagt til grunn for usikkerhetsanalysen er basert på KVVU-ens estimer. På vegne av OED har Gassnova og Gassco kvalitetssikret basiskostnadene bl.a. gjennom en dokumentert «Document Review» prosess. Videre er kostnadene kvalitetssikret med hensyn på etterprøvbarehet, det vil si beskrevet på en logisk og strukturert måte og arbeidsomfangets kompletthet i forhold til tidligere CO₂ prosjekter Gassnova og Gassco har fulgt opp.

Det er vår vurdering at anslaget på investeringskostnader er tilstrekkelig dokumentert og er på et fornuftig nivå, dog med betydelig usikkerhet. Vi har gjort noen justeringer som knytter seg til:

- Mindre reduksjon knyttet til byggherrekostnader for konsept, feed og gjennomføringsfasen
- Uspesifisert er inkludert i basiskalkylene
- Forventet tillegg (contingency) er ikke medtatt i basiskalkylene og fremkommer som et resultat av usikkerhetsanalysen

Basiskostnadene for alternativene er vist i Tabell 9-1. Basiskalkylene inkluderer kostnader til konsept- og feedfase, oppfølging i gjennomføringsfase og Capex. Alle kostnadene er i 2016-prisnivå inkludert mva.

Tabell 9-1: Basiskalkyler lagt til grunn for usikkerhetsanalyse, millioner kroner

Alternativ	Injeksjons- form	Basis KVV	Δ Byggherre	Δ Mva.	Vårt Basisestimat inkl. mva.
Minimum	Landanlegg	6 089	-295	-74	5 719
	Direkte injeksjon	5 104	-295	-74	4 735
Sement	Landanlegg	7 916	-249	-62	7 604
	Direkte injeksjon	6 932	-249	-62	6 620
Ammoniakk	Landanlegg	9 581	-187	-47	9 346
	Direkte injeksjon	9 098	-187	-47	8 864
Avfall	Landanlegg	7 997	-261	-65	7 671
	Direkte injeksjon	7 013	-261	-65	6 686
Sement og liten kilde	Landanlegg	8 481	-141	-35	8 304
	Direkte injeksjon	7 497	-141	-35	7 320
Tre kilder	Landanlegg	14 509	0	0	14 509
	Direkte injeksjon	14 990	0	0	14 990

Kilde: Olje- og energidepartementet, Atkins Norge og Oslo Economics

9.2 Usikkerhetsanalyse

Utgangspunktet for usikkerhetsanalysen er vårt basisestimat for investeringskostnadene, gjengitt i Tabell 9-1.

Det er ulike alternativer som alle er i en tidlig fase. Det er derfor formålstjenlig å vurdere usikkerhetsbildet gjennom noen få forhåndsdefinerte usikkerhetsdrivere. De usikkerhetsdriverne vi har vurdert er vist i Figur 9-1.

Figur 9-1: Tidligfasemodell for usikkerhetsanalysen



Kilde: Atkins Norge og Oslo Economics

9.2.1 Forutsetninger og sentrale forhold for usikkerhetsanalysen

En usikkerhetsanalyse i KS1 skal utføres etter samme mønster som ved KS2 for investeringskostnadene knyttet til hvert enkelt alternativ, men skal ikke brukes til å sette styrings- og kostnadsrammer for prosjektet. Det må likevel settes grenser for hvor store endringer og hvilke eksterne beslutninger som kan inkluderes i usikkerhetsanalysen.

Vår analyse omfatter ikke større premissendringer dvs. endring i prosjektets premisser av en slik art at det med rimelighet kan forventes at endringen finansieres ved særskilt tilleggsbevilgning. Videre har vi ikke medtatt hendelser med liten sannsynlighet og store konsekvenser (ekstremhendelser) i vurderingen. Usikkerhet knyttet til bevilgninger er heller ikke inkludert. Vi forutsetter at etter endelig investeringsbeslutning blir prosjektet tilført tilstrekkelig midler til en effektiv prosjektgjennomføring.

Det forutsettes at arbeidsomfang ift. tekniske og organisatoriske grensesnitt i verdikjeden og CO₂-volumer er som definert i designbasis i KVVU. Videre at fangst- og lagerstudiene baseres på CO₂-transport med medium trykk (15 bar og temperatur på -25° C).

Det må også gjøres forutsetninger om framdriften til prosjektene. Basert på informasjonsinnhenting vi har gjennomført er det lagt til grunn en concept og feed fase frem til Q2 2019 med påfølgende gjennomføringsfase frem til 2023. I mottatt underlagsdokumentasjon er det ikke angitt en kritisk ferdigstillelse dato. Vi har heller ikke identifisert noen forhold som tilsier en kritisk ferdigstillelsesdato.

Basiskostnadene er alle med 2016-priser inkludert mva. Det er videre benyttet en valutakurs (NOK/Euro) på 9,5.

9.2.2 Usikkerhetsvurdering

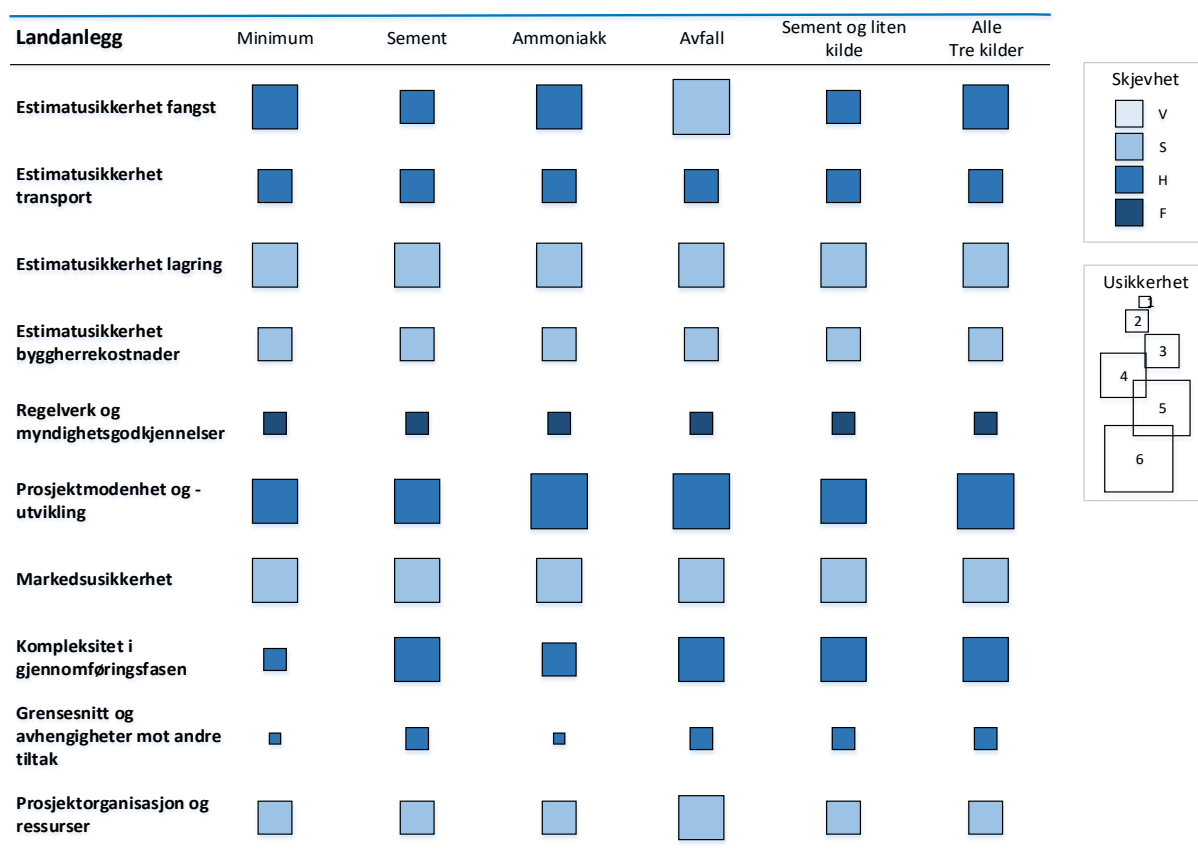
For hver av de sju usikkerhetsdriverne ble det vurdert følgende for hvert konsept:⁵

- Hvilken grad av usikkerhet har den aktuelle driveren for konseptet
 - På en skala fra 1-6 der 1 er neglisjerbar og 6 er høy usikkerhet
- Hvilken av de følgende fire forskyvninger har usikkerheten:
 - Venstreskjev (V) – det er mer sannsynlig at kostnaden blir lavere enn basis enn høyere
 - Symmetrisk (S) – det er like sannsynlig at kostnaden blir lavere som høyere enn basis
 - Høyreskjev (H) – det er mer sannsynlig at kostnaden blir høyere enn basis enn lavere
 - Fullstendig Høyreskjev (FH) – kostnaden blir aldri lavere enn basis

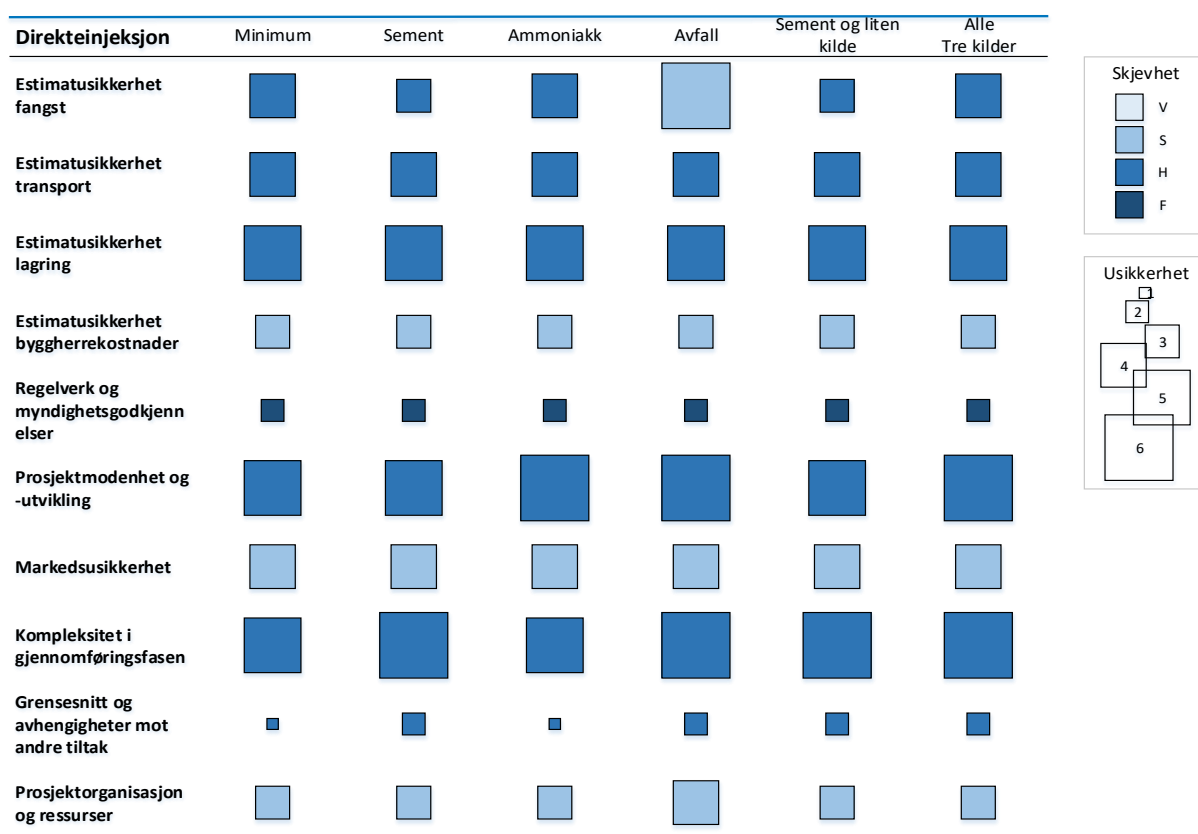
Usikkerhetsdriverne ble diskutert med prosjektet og i etterkant kvantifisert av oss. Figur 9-2 og Figur 9-3 oppsummerer vår vurdering av usikkerhetsdriverne knyttet til hvert alternativ. De ulike usikkerhetsdriverne har ulik grad av påvirkning. Forklaring av form og farge ser man til høyre for figuren.

⁵ Se vedlegg 2 for ytterligere beskrivelse av usikkerhetsdriverne og metodisk tilnærming.

Figur 9-2: Vår vurdering av usikkerhet for alternativer med landanlegg



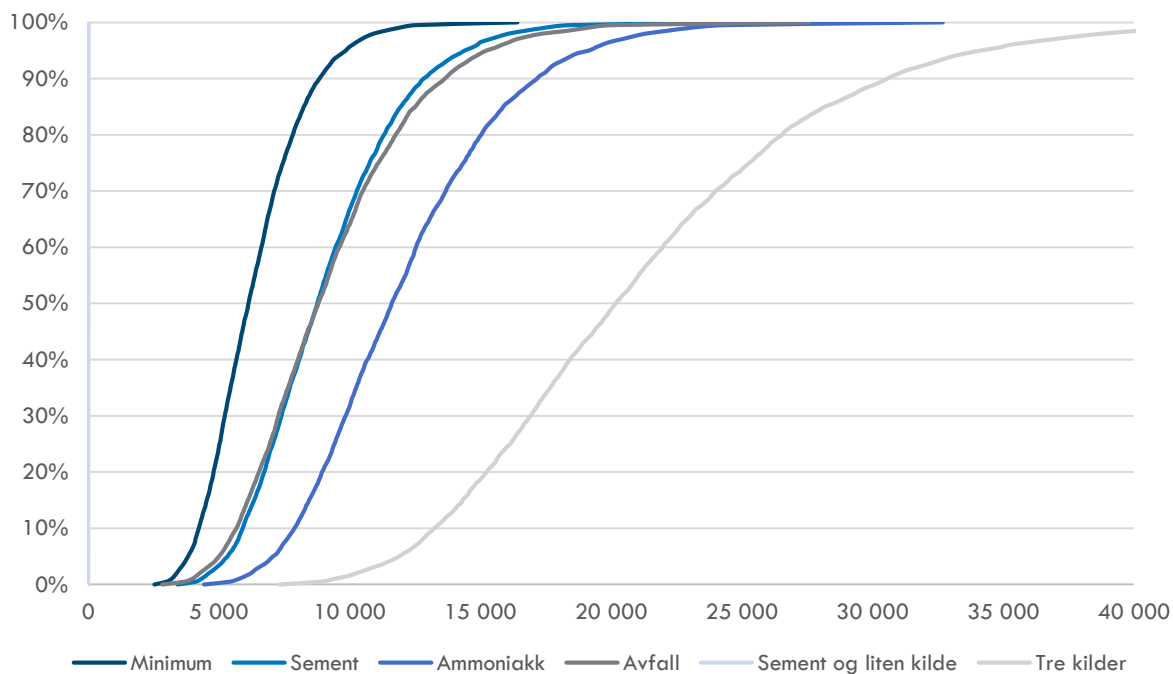
Figur 9-3: Vår vurdering av usikkerhet for alternativer med direkte injeksjon



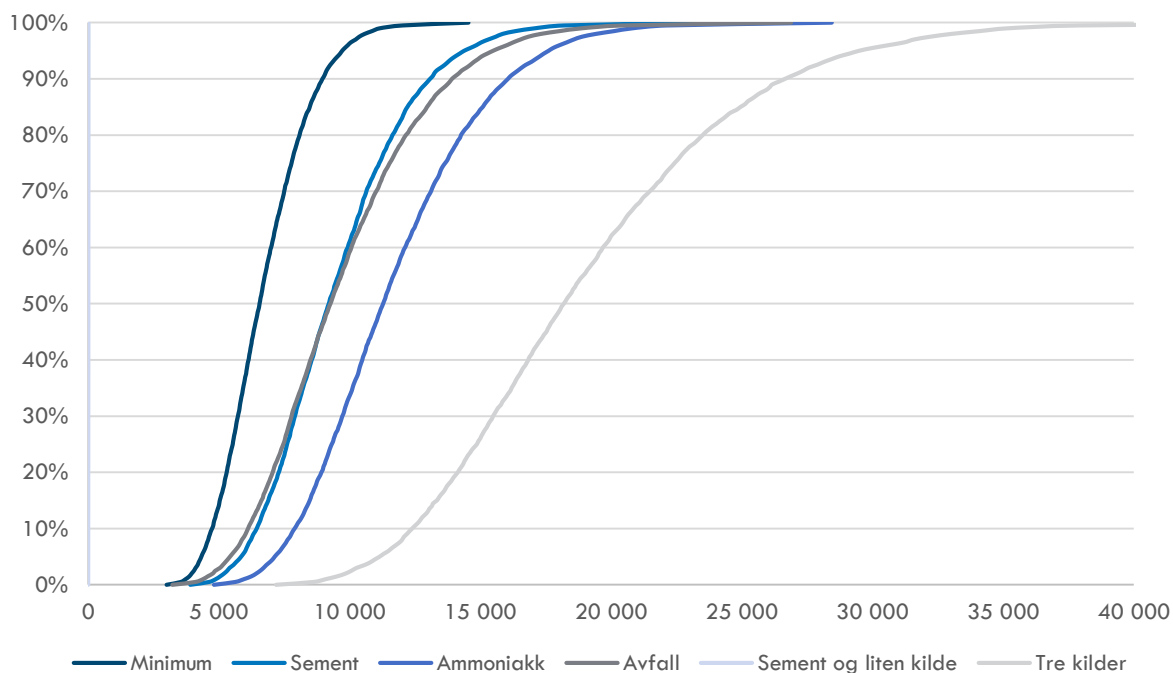
9.2.3 Resultater fra usikkerhetsanalysen

Det totale usikkerhetsspennet for prosjektkostnadene til de ulike alternativene er vist i Figur 9-4 og Figur 9-5. Figurene viser kostnadene i form av en S-kurve, som angir akkumulert sannsynlighet i prosent (y-aksen) for at den endelige totalkostnaden er lik eller lavere enn en tilhørende verdi på x-aksen (millioner kroner).

Figur 9-4: S-kurve totale kostnader med landanlegg, millioner kroner inkl. mva.



Figur 9-5: S-kurve totale kostnader med direkte injeksjon, millioner kroner inkl. mva.



Hovedresultater, avrundet til nærmeste 100 mill.kroner for percentiler, er også gjengitt i Tabell 9-2 under.

Tabell 9-2: Hovedresultater fra usikkerhetsanalyse, millioner kroner inkl. mva.

Konsept	Injeksjonstype	P15	Forventningsverdi	P85	Standardavvik
Minimum	Landanlegg	5 000	6 700	8 500	25 %
	Direkte injeksjon	4 500	6 300	8 300	29 %
Sement	Landanlegg	6 900	9 500	12 300	28 %
	Direkte injeksjon	6 400	9 100	12 000	31 %
Ammoniakk	Landanlegg	8 500	11 600	15 100	28 %
	Direkte injeksjon	8 500	12 200	15 900	31 %
Avfall	Landanlegg	6 600	9 700	13 000	32 %
	Direkte injeksjon	6 100	9 300	12 500	35 %
Sement og liten kilde	Landanlegg	7 500	10 400	13 400	28 %
	Direkte injeksjon	7 000	10 000	13 100	31 %
Tre kilder	Landanlegg	13 400	19 000	25 000	30 %
	Direkte injeksjon	14 400	21 200	28 100	33 %

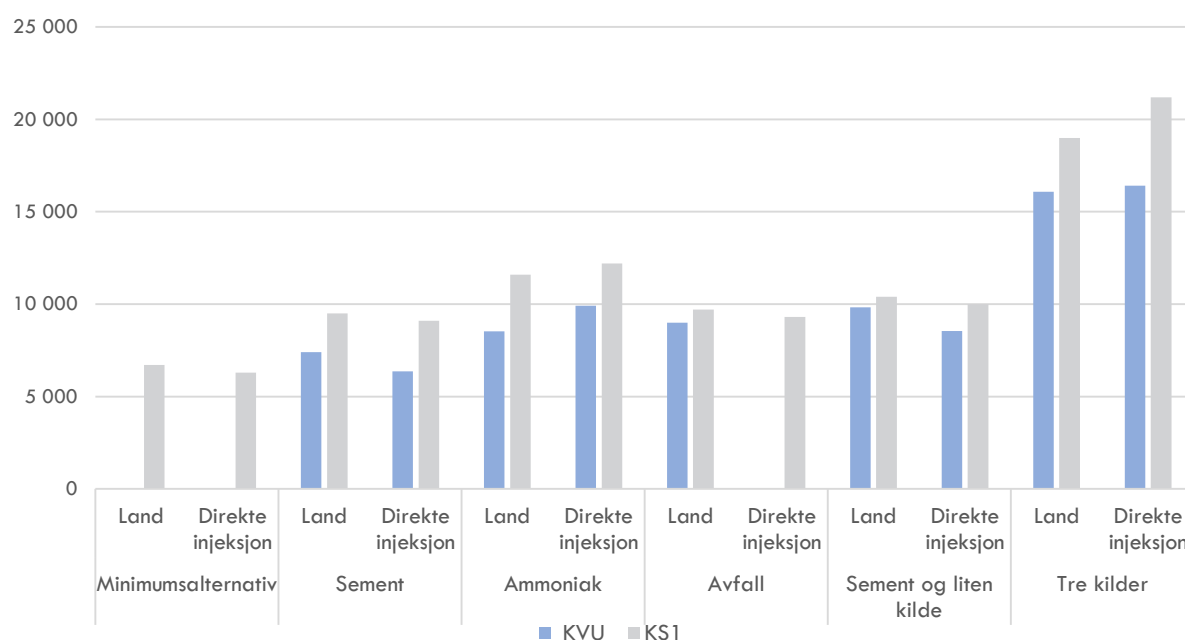
9.2.4 Oppsummering av resultater og sammenligning mot KVV

I Figur 9-6 er forventningsverdiene fra vår usikkerhetsanalyse sammenlignet med forventningsverdiene fra KVV-en. Våre resultater viser en høyere forventningsverdi for alle alternativene sammenlignet med KVV-en. De viktigste årsakene til at resultatene er forskjellig er at:

- Vi har noe lavere basiskalkyler enn KVV-en grunnet redusert byggherrekostnader for flertallet av alternativer.
- Forventningsverdiene i KVV-en er basert på et påslag for usikkerhet, uten gjennomføring av usikkerhetsanalyse. Vi har gjennomført en usikkerhetsanalyse for hvert alternativ som viser et bredere usikkerhetsbilde enn KVV-en og som således innebærer et større påslag fra ulike usikkerhetsdrivere.

Resultatene fra vår usikkerhetsanalyse viser et relativt stort usikkerhetsspenn (stort standardavvik som er et mål på usikkerhet). Det er som en del av KVV-en gjennomført en usikkerhetsanalyse av sementalternativet med landanlegg. Denne analysen viser et standardavvik på 30 prosent. Våre resultater viser et standardavvik på 28 prosent og 31 prosent for henholdsvis landanlegg og direkte injeksjon.

Figur 9-6: Sammenligning av KVV-ens og våre forventningsverdier, millioner kroner inkl. mva.



9.3 Driftskostnader

Driftskostnadene som er lagt til grunn i vår analyse er basert på KVV-ens anslag. I likhet med investeringskostnadene har Gassnova og Gassco mottatt underlag fra industriaktørene og kvalitetssikret driftskostnadene internt som en del av arbeidet med mulighetsstudien. Vi har ikke gjennomført en egen kvalitetssikring eller innhentet egne referansetall.

Driftskostnadene knyttet til fangstanlegg omfatter blant annet kostnader til elektrisitet, arbeidskraft, vedlikehold av anlegg, teknisk support, forsikring, råvarer mv. For EGE er det medtatt kostnader til transport med lastebil og mellomlagring fra fangstanlegg til Ormsundkaia. Driftskostnadene for skipstransport er basert på norskregistrerte skip og inkluderer blant annet drivstoff, havneavgifter, los, mannskap, klasesertifiseringer, vedlikehold mv. For lager har vi ikke fått oppgitt detaljer i anslaget fra Statoil.

Driftskostnadene per alternativ er vist i Tabell 9-3. Alle kostnadene er i 2016-prisnivå ekskl. mva.

Tabell 9-3: Totale driftskostnader per alternativ, millioner kroner ekskl. mva. per år

Konsept	Direkte injeksjon	Landanlegg
Minimum	172	288
Sement	250	349
Ammoniakk	517	583
Avfall	290	389
Sement og liten kilde	278	377
Tre kilder	821	893

10. Samfunnsøkonomisk analyse

Kvalitetssikrer skal utarbeide en selvstendig samfunnsøkonomisk analyse. Analysen skal bygge på føringer i DFØs veileder for samfunnsøkonomisk analyse, R-109/2014 og presiseringer i rammeavtalen for KS1.

10.1 KVVU-ens samfunnsøkonomiske analyse

KVVU-ens prissatte virkninger

I Tabell 10-1 gis en oversikt over prissatte virkninger i KVVU-en.

Tabell 10-1 Prissatte virkninger i KVVU-ens samfunnsøkonomiske analyse. Nåverdier, millioner kroner.

Prissatte virkninger	Konsept 1: Norcem og Smeaheia
Planleggingskostnad	- 566
Investeringskostnad	- 5 158
Drift og vedlikehold	- 3 288
Skattefinansieringskostnad	- 1 803
Verdi av utslippsreduksjon	1 636
Netto prissatt nytte	- 9 179

Ut ifra de prissatte virkningene har prosjektet en negativ netto nåverdi på 9,2 milliarder kroner. Investeringskostnadene er største utgiftspost på 5,2 milliarder kroner, der investeringer i fangstanlegg og lager er de største komponentene på henholdsvis 2,2 og 2,6 milliarder kroner. Årlige drifts- og vedlikeholdskostnader er 280 millioner kroner. Det er drift og vedlikehold av fangst og lager som er de største komponentene på henholdsvis 91 og 137 millioner kroner per år. Nåverdien av drift- og vedlikeholdskostnader er 3,3 milliarder kroner.

Tiltaket gir en reduksjon i utslippskostnader på 1,6 milliarder kroner. Dette er beregnet med utgangspunkt i mengde fanget CO₂ og de økte utslippene når CO₂ transporteres, som samlet gir en årlig reduksjon på 400 000 tonn. Verdien av reduserte utslipp er beregnet på bakgrunn av Thompson Reuters prognoser av kvotepriser i EU ETS frem til 2030 og deretter en historisk lineær vekst frem til analyseperiodens slutt.

Det gjennomføres en sensitivitetsanalyse for å si noe om hvor robust konklusjonene er med hensyn til endringer i sentrale forutsetninger. Her vurderes endringer i elementene i den ikke-prissatte effekten produktivitetseffekter – endring i læringseffekter, endringer i markedsstørrelsen for demonstrasjon av CO₂-håndtering og stordriftsfordelene av ekstra lagerkapasitet. Minimumsalternativet er drøftet som en sensitivitet og ikke prissatt i KVVU-en, men det er antatt at tiltaket vil ha lavere kostnader enn konsept 1. Læringseffektene antas også å være lavere enn for konsept 1.

KVVU-ens ikke-prissatte virkninger

I KVVU-en er følgende effekter vurdert som ikke-prissatte:

- Miljøvirkninger – direkte konsekvenser av bygging og drift
- Produktivitetsgevinster knyttet til fangst, transport og lagring av CO₂

Miljøvirkninger er vurdert kvalitativt, og effekten antas å være svært lite negativ.

Produktivitetsgevinster i KVVU-en omfatter læringen som oppstår av et demonstrasjonsanlegg som ventes å gi kostnadsreduksjoner knyttet til bygging, drift, regulering og teknologiutvikling ved fremtidige anlegg. KVVU-ens produktivitetsgevinster inkluderer økt sosial aksept av CO₂-håndtering som klimateknologi, spredningspotensialet for læring og stordriftsfordeler knyttet til lagring. En nærmere omtale av KVVU-ens produktivitetsgevinster gis i kapittel 0.

Kvalitetssikrers vurdering av KVV-ens samfunnsøkonomiske analyse

I en samfunnsøkonomisk analyse skal minst to konseptuelt forskjellige alternativer vurderes opp mot nullalternativet. I KVV-en er det bare konsept 1 som er prissatt, siden det er dette alternativet OED hadde mest informasjon om da dokumentet ble utarbeidet. I mulighetsstudiene av fullskala CO₂-håndtering som ble gjennomført parallelt med vårt kvalitetssikringsoppdrag fikk vi tilgang til kostnader for flere konsepter. Kvalitetssikrer har gjennomført en samfunnsøkonomisk analyse av disse alternativene.

KVV-en har vurdert de sentrale produktivetsgevinstene kvalitativt og heller ikke anvendt den såkalte pluss-minus metoden for å vurdere ikke-prissatte virkninger. Produktivetsgevinstene i KVV-en er også definert bredt. Kvalitetssikrer mener det vil gi et bedre beslutningsgrunnlag dersom produktivetsgevinstene konkretiseres og den potensielle verdien tydeliggjøres gjennom prissetting eller en kvalitativ verdsetting gjennom pluss-minus metoden. Kvalitetssikrer har valgt å prissette den delen av produktivetsgevinsten som gir kostnadsreduksjoner ved fremtidige anlegg. De øvrige elementene i KVV-ens produktivetsgevinst er av kvalitetssikrer vurdert kvalitativt som adskilte effekter.

Produktivetsgevinstene avhenger av at noen i ettertid vil gjøre bruk av læringen ved å bygge nye CO₂-håndteringsanlegg. Kvalitetssikrer anser det som usikkert hvorvidt CO₂-håndtering vil bygges ut i stort omfang og når dette eventuelt vil skje. Det er altså usikkert hvorvidt tiltakets potensielle produktivetsgevinster vil oppstå i det hele tatt. Denne usikkerheten bør synliggjøres i en samfunnsøkonomisk analyse.

Kvalitetssikrer har identifisert to tilleggsvisse virkninger utover KVV-ens virkninger:

- Næringsutvikling i Norge
- Mulig økning av verdien på norsk gass

10.2 KS1 alternativer, metode og forutsetninger

10.2.1 Nullalternativ og tiltaksalternativer

Kvalitetssikrer har gjennomført en samfunnsøkonomisk analyse av alternativene som er videreført fra mulighetsstudien. Nullalternativet innebærer ingen investering i demonstrasjonsanlegg, men en antatt videreføring av andre midler til forskning og utvikling innen CO₂-håndtering i Norge. Disse kostnadene antas og videreføres også ved gjennomføring av demonstrasjonsanlegg og er således uavhengige av alternativene som er studert i analysen og dermed ikke kostnadsberegnet. Nullalternativet er ikke medtatt i tabeller og figurer som viser alternativenes beregnede kostnader og nytte fordi det verken innebærer kostnader eller nytteeffekter i sammenligning med tiltaksalternativene.

I tillegg til tiltaksalternativene som er beregnet i KVV-ens mulighetsstudie har kvalitetssikrer også tatt med to andre tiltaksalternativer; CO₂-håndtering på Mongstad og CO₂-håndtering i samarbeid med andre land (utland). Disse alternativene er ikke kostnadsberegnet i KVV-en. I kvalitetssikrers samfunnsøkonomiske analyse er kostnadene for Mongstadalternativet grovt estimert basert på tidligere beregninger, mens det for utenlandsalternativene ikke er gjort kostnadsberegninger. Vi har likevel vurdert nyttesiden av begge disse alternativene. Alternativene er tatt med i den samfunnsøkonomiske analysen for å illustrere et bredere spenn i mulighetsrommet.

10.2.2 Metode

Kvalitetssikrers samfunnsøkonomiske analyse er gjennomført i henhold til retningslinjene i Direktoratet for økonomistyrings *Veileder i samfunnsøkonomiske analyser* (2014) og *Rundskriv R-109/2014 Prinsipper og krav ved utarbeidelsen av samfunnsøkonomiske analyser* fra Finansdepartementet.

Sensitivitetsanalyser tar også i bruk retningslinjer og anbefalinger fra NOU 2012:16 «Samfunnsøkonomiske analyser», NOU 2009:16 *Globale miljøutfordringer – norsk politikk* og NOU 2015:15 *Sett pris på miljøet*.

Prissatte virkninger verdsettes etter nåverdimetoden med en kalkulasjonsrente som er bestemt i rundskriv R-109/2014. Dette innebærer at nytte, inntekter og kostnader som oppstår i ulike år i analyseperioden diskonteres ned til et gitt år, sammenligningsåret. Som inngangsdata i den samfunnsøkonomiske analysen inngår forventningsverdier for investeringskostnadene fra usikkerhetsanalysen.

Følgende overordnede forutsetninger gjelder for den samfunnsøkonomiske analysen:

- Alle investeringskonsepter sammenlignes med basissituasjonen dersom intet gjøres (nullalternativet)
- Effekter verdsettes i kroner så langt dette er hensiktsmessig
- Prissatte virkninger vurderes etter nåverdimetoden. Det benyttes forventningsverdier for alle virkninger
- Effekter som ikke er egnet til å verdsettes i kroner beskrives kvalitativt
- Viktige fordelingsvirkninger drøftes, og prissettes hvis hensiktsmessig
- Finansieringskostnader og konsekvenser for offentlige budsjetter vises

Ikke-prissatte virkninger vurderes kvalitativt etter den såkalte pluss-minusmetoden. Metoden bygger på at de ikke-prissatte effektene blir vurdert etter betydning og omfang som munner ut i samlet konsekvens. Betydning vurderes etter en tre-delt-skala; liten, middels, stor etter effektens betydning for samfunnet. Betydning vurderes ut i fra området effekten berører, uten at vi vurderer forskjellen mellom alternativene. Omfang vurderes ut ifra hvilke endringer tiltaket vil ha på de ikke-prissatte effektene. Det vurderes om tiltaket vil ha positiv eller negativ virkning på en skala fra stort negativt omfang til stort positivt omfang. For å vurdere konsekvensene benytter vi en 11-delt skala, hvor meget stor positiv konsekvens beskrives med fem plusstegn, mens meget stor negativ konsekvens beskrives med fem minustegn. En ubetydelig konsekvens beskrives med 0. Alle alternativene sammenlignes med nullalternativet, hvor dagens situasjon er lagt til grunn. Følgende matrise blir benyttet for å vurdere konsekvensene av de ikke-prissatte effektene, se Tabell 10-2:

Tabell 10-2 Ellevedelt skala for vurdering av ikke-prissatte effekter

Effektens betydning for samfunnet				
		Liten	Middels	Stor
Omfang av effekten	Stort positivt	+++	++++	+++++
	Middels positivt	++	+++	++++
	Lite positivt	+	++	+++
	Intet	0	0	0
	Lite negativt	-	-	--
	Middels negativt	--	---	----
	Stort negativt	---	----	-----

10.2.3 Forutsetninger

I Vi har realprisjustert lønnskostnader ved bygging av anleggene og lønnskostnader ved driften av anleggene. Aktørene har meddelt at andelen av investerings- og driftskostnadene som er arbeidskraft tilsvarer et sted mellom 10-20 prosent av totale kostnader. Vi har lagt til grunn at 20 prosent av investerings-, gjennomførings- og planleggingskostnader er lønnet arbeid og at 10 prosent av totale driftskostnader er lønnet arbeid.

Kvalitetssikrer forutsetter at aminer som brukes for å fange CO₂ vil ha en relativ prisnedgang i løpet av analyseperioden. I samtale med fangstaktører er denne forutseningen usikker. Det finnes en kommersiell pris på aminer i markedet, men ikke for den spesifikke typen aminer som brukes ved fangst av CO₂. Aminer tilpasses røykgassen ved hvert enkelt kraft- og industrianlegg. Dette kan tale for at aminer ikke vil ha en stor prisnedgang. På den andre siden tilsier nøkkeltall fra andre sektorer at det er normalt med prisnedgang i slike markeder. Samlet har vi kommet frem til at vi mener det er rimelig å legge til grunn en negativ aminprisjustering, der vi har valgt å sette denne på samme nivå som realprisjusteringen av arbeidskraft i starten av perioden. Aminprisjusteringen er på 10 prosent av driftskostnadene ved fangstanlegg. Aminprisjusteringen har for øvrig liten effekt på kostnadene ved tiltaket.

CO₂-fangstens virkningsgrad

Leverandørene har i ulik grad modnet sine prosjekter. Alternativet Sement har kommet lengst i å konkretisere gjennomføringen og har i estimatene for antall tonn fanget per år tatt høyde for en redusert virkningsgrad i fangstanlegget på 83,5 prosent. De andre alternativene oppgir noe høyere forventninger om virkningsgrad. Kvalitetssikrer ser på nåværende tidspunkt ikke at det er grunnlag for å anta høyere virkningsgrad på de mindre modne alternativene og har derfor lagt til grunn en konservativ antakelse om 83 prosent virkningsgrad i alle

tiltakalternativer. Denne forutsetningen er lagt til grunn i beregningen av tiltakets nytte under verdsettelsen av CO₂-reduksjoner og i beregningen av alternativenes kostnad per tonn CO₂ renset.

Demonstrasjonsanlegget nyttevirkninger

KVU-en har prissatt verdien av fremtidige CO₂-reduksjoner tilsvarende Thomson Reuters fremskrivninger for kvoteprisen i EU ETS fram til 2030 og deretter basert på en linjær fremskrivning fra og med 2030. Kvalitetssikrer har i basisscenariet prissatt verdien av CO₂-reduksjoner på samme måte frem til 2030, men deretter antatt en årlig realprisvekst på 4 prosent. Betydningen av ulike tilnærminger for verdsettelse av CO₂-reduksjoner drøftes i kapittel 10.5 og belyses i sensitivitetsanalyser i kapittel 10.7.

Demonstrasjonsanlegget antas å bidra til teknologilæring og dermed lavere kostnader for fremtidige utbyggere av CO₂-håndteringsanlegg. KVU-en behandler denne virkningen som en ikke-prissatt effekt som tillegges betydelig verdi. Kvalitetssikrer prissetter verdien av læring som gir lavere teknologikostnader i fremtiden. I kvalitetssikrers basisscenario er denne læringen likevel ikke tillagt verdi, fordi det fremstår som usikkert hvorvidt påfølgende prosjekter vil kunne finansieres.

Tabell 10-3 gis en oversikt over forutsetninger i KVU-en og KS1.

Skattefinansieringskostnader

Skattefinansieringskostnad er i KVU-en beregnet på hele investerings- og driftskostnaden av tiltaket. Kvalitetssikrer har, som i KVU-en, beregnet skattefinansieringskostnad på de fulle investeringskostnadene. For driftskostnader er derimot skattefinansieringskostnad kun lagt på differansen mellom totale driftskostnader og den prissatte verdien av reduserte CO₂-utslipp. Dersom en privat aktør deltar i demonstrasjon av CO₂-håndtering vil aktøren måtte inneha færre kvoter (dersom kvotepliktig sektor) eller betale CO₂-avgift for færre utslipp (dersom ikke-kvotepliktig sektor). Vi forutsetter at denne årlige besparelsen tilsvarer det beløpet som den private aktøren årlig bidrar med inn i prosjektet. Hvis den private aktøren ikke bidrar med dette beløpet vil prosjektet være en statlig subsidie. Subsidier av denne størrelsen er sannsynligvis ikke i overensstemmelse med europeisk lovverk om statlig subsidiering av privatøkonomisk virksomhet.

Tomtekostnader og restverdier

Kvalitetssikrer har undersøkt om det er kostnader med anskaffelse av tomter til ettermontering av fangstanlegg, etablering av mellomlagre ved fangstanlegg og mellomlager på Vestlandet. Vi har også forhørt oss om det er forventede kostnader ved dekommisjonering og opprydding av rørledninger, fartøy og fangstanlegg etter analyseperioden. Gassnova har formidlet at rørledninger vil bli liggende i Nordsjøen og at både fartøy og fangstanlegg kan selges som skrap og at dette omtrent vil tilsvare kostnadene ved opprydningsarbeidet på land.

Realprisjustering

Vi har realprisjustert lønnskostnader ved bygging av anleggene og lønnskostnader ved driften av anleggene. Aktørene har meddelt at andelen av investerings- og driftskostnadene som er arbeidskraft tilsvarer et sted mellom 10-20 prosent av totale kostnader. Vi har lagt til grunn at 20 prosent av investerings-, gjennomførings- og planleggingskostnader er lønnet arbeid og at 10 prosent av totale driftskostnader er lønnet arbeid.

Kvalitetssikrer forutsetter at aminer som brukes for å fange CO₂ vil ha en relativ prisnedgang i løpet av analyseperioden. I samtale med fangstaktører er denne forutsenningen usikker. Det finnes en kommersiell pris på aminer i markedet, men ikke for den spesifikke typen aminer som brukes ved fangst av CO₂. Aminer tilpasses røykgassen ved hvert enkelt kraft- og industrianlegg. Dette kan tale for at aminer ikke vil ha en stor prisnedgang. På den andre siden tilsier nøkkeltall fra andre sektorer at det er normalt med prisnedgang i slike markeder. Samlet har vi kommet frem til at vi mener det er rimelig å legge til grunn en negativ aminprisjustering, der vi har valgt å sette denne på samme nivå som realprisjusteringen av arbeidskraft i starten av perioden. Aminprisjusteringen er på 10 prosent av driftskostnadene ved fangstanlegg. Aminprisjusteringen har for øvrig liten effekt på kostnadene ved tiltaket.

CO₂-fangstens virkningsgrad

Leverandørene har i ulik grad modnet sine prosjekter. Alternativet Sement har kommet lengst i å konkretisere gjennomføringen og har i estimatene for antall tonn fanget per år tatt høyde for en redusert virkningsgrad i fangstanlegget på 83,5 prosent. De andre alternativene oppgir noe høyere forventninger om virkningsgrad. Kvalitetssikrer ser på nåværende tidspunkt ikke at det er grunnlag for å anta høyere virkningsgrad på de mindre modne alternativene og har derfor lagt til grunn en konservativ antakelse om 83 prosent virkningsgrad i alle

tiltakalternativer. Denne forutsetningen er lagt til grunn i beregningen av tiltakets nytte under verdsettelsen av CO₂-reduksjoner og i beregningen av alternativenes kostnad per tonn CO₂ renset.

Demonstrasjonsanlegget nyttevirkninger

KVU-en har prissatt verdien av fremtidige CO₂-reduksjoner tilsvarende Thomson Reuters fremskrivninger for kvoteprisen i EU ETS fram til 2030 og deretter basert på en linjær fremskrivning fra og med 2030. Kvalitetssikrer har i basisscenariet prissatt verdien av CO₂-reduksjoner på samme måte frem til 2030, men deretter antatt en årlig realprisvekst på 4 prosent. Betydningen av ulike tilnærminger for verdsettelse av CO₂-reduksjoner drøftes i kapittel 10.5 og belyses i sensitivitetsanalyser i kapittel 10.7.

Demonstrasjonsanlegget antas å bidra til teknologilæring og dermed lavere kostnader for fremtidige utbyggere av CO₂-håndteringsanlegg. KVU-en behandler denne virkningen som en ikke-prissatt effekt som tillegges betydelig verdi. Kvalitetssikrer prissetter verdien av læring som gir lavere teknologikostnader i fremtiden. I kvalitetssikrers basisscenario er denne læringen likevel ikke tillagt verdi, fordi det fremstår som usikkert hvorvidt påfølgende prosjekter vil kunne finansieres.

Tabell 10-3 Oversikt over forutsetninger i KVU og KS1

Forutsetning	KVU	KS1 basisscenario
Sammenligningsår	2016	2016
Kalkulasjonssrente	4 %	*4 %, 3 %, 2 %
Analyseperiode	40 år	40 år
Planlegging og gjennomføringsfase	4 år	4 år
Investeringsperiode	3 år	3 år
Prisnivå	2016-kroner	2016-kroner
Levetid fangstanlegg	25 år	25 år
Realprisjustering lønnskostnader	Nei	1,3 %; 0,98 %; 0,65 %*
Realprisjustering aminpriser	Nei	-1,3 %
Merverdiavgift	Eksl. MVA	Eksl. MVA
Skattefinansieringskostnad	20 %	20 %
Restverdi	Nei	Nei
Virkningsgrad CO ₂ -fangst	83,5 % i alternativet Sement	83 % i alle alternativer
CO ₂ priser, kvotepliktig sektor	Thomson Reuters prognose for kvotepriser i EU ETS frem til 2030, historisk lineær vekst fra 2030-2050	Thomson Reuters prognose for kvotepriser i EU ETS frem til 2030, 4 % årlig realprisvekst 2030-2050
CO ₂ priser, ikke-kvotepliktig sektor	Som i kvotepliktig sektor	Som i kvotepliktig sektor
Produktivitetsgevinster	Ikke prissatt	Prissatt

Kilde: Atkins Norge og Oslo Economics. *Banen for kalkulasjonsrente og realprisjustering er: første prosentsats i 0-40 år, annen prosentsats i 40-75 år og tredje prosentsats resterende tid

10.3 KS1 Identifiserte virkninger

Tabell 10-4 beskriver kvalitetssikrers identifiserte virkninger av tiltaket.

Tiltaket i denne kvalitetssikringen er begrunnet av to sentrale eksternalitetsdimensjoner i klimapolitikken. For det første bidrar utslipp av CO₂ til global oppvarming. Aktørene som står for utslippene betaler ikke for utslippene i henhold til de faktiske negative konsekvensene for klimaet som utslippene medfører. Utslippene har derfor en negativ miljøeksternalitet. Reduserte utslipp vil i utgangspunktet bidra til å redusere denne eksternaliteten, dersom reduserte utslipp et sted ikke vil føre til økte utslipp et annet sted.

En annen sentral dimensjon ved tiltaket er positive kunnskapseksternaliteter som er ventet å følge av et demonstrasjonsanlegg for en klimateknologi i startfasen. Demonstrasjonsanlegget ventes å gi teknologiske læringseffekter og dersom opparbeidet erfaring og kompetanse spres vil det redusere kostnader for fremtidige utbyggere av teknologien. Denne gevinsten er ikke tilstrekkelig prissatt i markedet og er derfor en eksternalitet.

Verdsettelsen av disse to eksternalitetene vil være avgjørende for nytten av tiltaket og effektene behandles derfor omstendelig i henholdsvis kapittel 10.5 og 10.6. Kvalitetssikrer behandler disse to effektene som prissatte virkninger i den samfunnsøkonomiske analysen.

Tabell 10-4 Identifiserte virkninger i KS1 samfunnsøkonomisk analyse

Virkning	Beskrivelse	Vurdering i analysen	Berørte aktører
Investeringskostnader	Planlegging- og gjennomføringskostnader, investering i fangst, transport og lagring	Prissatt	Offentlig sektor, private aktører
Driftskostnader	Prosjektgjennomføring og drift av fangst, transport og lagring	Prissatt	Offentlig sektor, private aktører
CO ₂ -reduksjoner	Reduserte utslipp av klimagasser gir reduserte utgifter til CO ₂ -kvoter for aktøren (kvotepliktig sektor) eller bidrag til oppnåelse av utslippsmål (ikke-kvotepliktig sektor)	Prissatt	Offentlig sektor, private aktører
Produktivitetsgevinst	Læring gjør at fangst, transport og lagring av CO ₂ kan gjennomføres til lavere kostnad ved fremtidige prosjekter	Prissatt	Offentlig sektor, private aktører
Skattefinansieringskostnad	Finansiering over offentlige budsjetter medfører et effektivitetstap for samfunnet og har en administrativ kostnad	Prissatt	Offentlig sektor
Kunnskap om at CO ₂ -håndtering er mulig og trygt	Demonstrasjon viser at tiltaket er mulig å gjennomføre og gir mer positive holdninger til CO ₂ -håndtering	Ikke-prissatt	Offentlig sektor, private aktører, befolkningen
Regulatorisk læring	Erfaringer med og videreutvikling av lagringsdirektivet og andre regelverk	Ikke-prissatt	Offentlig sektor
Kommersiell læring	Gir erfaring med anskaffelser, insentiver, nøkkeltall for investerings- og driftskostnader	Ikke-prissatt	Offentlig sektor, private aktører
Næringsutvikling i Norge	CO ₂ -håndtering kan bli en ny næring for Norge på lang sikt, med særlig potensiale for lagring på norsk sokkel	Ikke-prissatt	Offentlig sektor, private aktører
Øke verdien på norsk gass	CO ₂ -håndtering kan gjøre naturgass «ren» og ta opp konkurransen med fornybar energi. Økt etterspørsel etter gass vil, alt annet likt, gi høyere pris	Ikke-prissatt	Offentlig sektor, private aktører

Miljøinngrep	Miljøkonsekvenser under bygging og drift. Inngrep i naturen, økt trafikk på vei og sjø, avfall og utslipp, inkludert CO ₂	Ikke-prissatt	Offentlig sektor, private aktører, befolkningen
--------------	--	---------------	---

10.4 Investering og driftskostnader

I den samfunnsøkonomiske analysen har kvalitetssikrer beregnet nytte- og kostnadsstrømmer for alle alternativer. Vi har lagt til grunn en prosjektgjennomføringsplan for planlegging, investerings- og drift av hvert alternativ. Denne gjennomføringsplanen består av tre faser som er avgrenset som følger:

- Planleggingsfase fra siste halvår 2016 – første halvår 2019
- Investeringsfase fra annet halvår 2019 – første halvår 2023
- Driftsfase fra januar 2024 – desember 2048

I Tabell 10-5 viser vi for hvert alternativ nåverdien av forventningsverdien til kostnadene for planlegging, investering og drift.

Tabell 10-5: Nåverdi investerings- og driftskostnader, 2016-priser

		Minimum	Sement	Avfall	Ammoniakk	Sement og liten kilde	Tre kilder
Investeringskostnader	Planleggingskostnad	-500	-500	-500	-600	-700	-900
	Investeringskostnad fangst	-500	-2 000	-2 100	-2 900	-2 500	-7 300
	Investeringskostnad transport	-1 000	-600	-600	-1 100	-600	-1 200
	Investeringskostnad lager	-2 200	-3 200	-3 200	-3 200	-3 200	-3 300
	Gjennomføringskostnad	-100	-100	-100	-100	-100	-100
Drifts-kostnader	Driftskostnad fangst	-300	-1 300	-1 700	-4 000	-1 600	-7 000
	Driftskostnad transport	-800	-500	-500	-600	-500	-1 300
	Driftskostnad lager	-1 000	-2 400	-2 400	-2 400	-2 400	-2 400
Totalt		-6 400	-10 600	-11 100	-14 900	-11 600	-23 500

Kilde: Atkins Norge og Oslo Economics

10.5 Verdien av CO₂-reduksjoner

Verdien av reduserte fremtidige CO₂-utslipp behandles som en prissatt effekt i samfunnsøkonomiske analyser. Det finnes likevel ulike tilnærminger til en slik prissetting og ingen klar fasit for hvordan prissettingen bør gjøres.

Dagens markedspriser for CO₂-utslipp ikke er høye nok til å reflektere de samfunnsøkonomiske kostnadene av klimaendringer på marginen. Fremtidige markedspriser vil avhenge av politiske beslutninger i Norge og internasjonalt, og særlig av klimaforhandlinger og utslippsrestriksjoner i EU. Pågående forhandlinger tyder på at markedsprisene vil stige kraftig i årene frem mot 2050, men det er stor usikkerhet knyttet til størrelsen på, og tidspunktet for, en slik prisstigning.

For dette tiltaket er det spesielt avgjørende hvilke CO₂-priser vi legger til grunn på lengre sikt. Tiltaket innebærer at noe mellom 200.000 og 2 millioner tonn CO₂, avhengig av alternativ, lagres per år i løpet av anleggets levetid. Anlegget har en antatt levetid 25 år med oppstart i 2024. CO₂-reduksjonene kommer altså i årene 2024-2049, hvor usikkerheten knyttet til fremtidige CO₂-priser er svært stor. Kvalitetssikrer mener at det er viktig å belyse denne usikkerheten og være klare på forutsetningene i analysen for å gi beslutningstaker et best mulig beslutningsgrunnlag.

Retningslinjer og føringer for prising av CO₂ i samfunnsøkonomisk analyse

Verdsettelse av CO₂-reduksjoner i samfunnsøkonomiske analyser er ikke nevnt eksplisitt i verken *Veileder for samfunnsøkonomiske analyser* (Direktoratet for økonomistyring, 2014) eller i *Rundskriv R-109/4* (Finansdepartementet, 2014). Førstnevnte veileder henviser i stedet til anbefalinger i NOU 2012:16 (Hagen-utvalget), NOU 2009:16, NOU 1998:16 og NOU 1996:27.

NOU 2009:16 og NOU 2012:16 anbefaler at samfunnsøkonomiske analyser ikke skal korrigere ytterligere for eksterne virkninger når produsentprisen i tilstrekkelig grad tar hensyn til disse, enten gjennom avgift eller kvotepris. Spørsmålet som er relevant i denne sammenhengen er om produsentprisen for CO₂-utslipp i tilstrekkelig grad tar hensyn til negative eksterne virkninger av CO₂-utslipp. Hagen-utvalget drøfter verdsettelse av CO₂-utslipp ytterligere og kommer med følgende anbefalinger:

- Dagens avgiftsnivå varierer såpass mye mellom sektorer at det egner seg dårlig som grunnlag i samfunnsøkonomiske analyser. Utslipp i ulike sektorer bør prissettes likt i samfunnsøkonomiske analyser.
- Dersom det ikke foreligger bindende mål om utslippsbegrensninger, bør kalkulasjonsprisen baseres på marginal skadekostnad.
- Dersom Norge har definert bindende mål for innenlandske utslipp, er det den marginale rensekostnaden i Norge gitt dette målet som skal legges til grunn.
- Dersom norske bindende mål er knyttet til de globale utslipp Norge forårsaker, og norske utslipp er underlagt et internasjonalt kvotemarked, bør kalkulasjonsprisen for klimautslipp baseres på forventninger om den internasjonale kvoteprisen. Her vil den gjeldende prisen i EUs kvotemarked være relevant.
- For prosjekter der CO₂-prisen er særlig viktig for lønnsomheten, dvs. klimaprojekter, skal det gjennomføres sensitivitetsberegninger der 2-gradersmålet legges til grunn for hele perioden.

Hagen-utvalget tar som utgangspunkt at norske myndigheters utslippsmål er bindende utslippsmål og anbefaler som beste tilnærming å bruke prisene i EUs kvotemarked for de årene det noteres futurepriser for. Deretter anbefaler utvalget at det anslås en gradvis tilnærming til en bane som reflekterer marginale tiltakskostander knyttet til 2-gradersmålet.

Norsk og europeisk klimapolitikk

I følge føringene fra Hagen-utvalget vil det altså være avgjørende hvorvidt målene for utslippsreduksjoner er bindende og hvorvidt målene for utslippsreduksjoner er definert for innenlandske utslipp eller kan oppfylles gjennom kjøp av utslippsreduksjoner i utlandet.

Klimaforliket ble vedtatt av Stortinget i 2012 (innst. 390 S (2011-2012)). I Klimaforliket var målet å kutte utslipp innen 2020 tilsvarende 30 prosent av Norges utslipp i 1990 og at Norge skal bli karbonnøytralt innen 2050. Det er definert hvor stor andel av disse utslippskuttene som skal tas innenlands.

I Norge og EU er det i dag et skille mellom utslipp som er omfattet av EU ETS (kvotepliktig sektor) og utslipp som er utenfor EU ETS (ikke-kvotepliktig sektor). I kvotepliktig sektor kan utslippsmålene (det samlede antallet kvoter i sektoren) anses å være bindende, slik at utslippsreduksjoner ett sted i sektoren på marginen vil motvirkes av utslippsøkninger et annet sted i sektoren. Dette tilsier at utslippsreduksjoner i kvotepliktig sektor bør prissettes tilsvarende den hvert år gjeldene kvoteprisen i markedet. Nivået på denne kvoteprisen i fremtiden vil avhenge av politisk vedtatte innstramminger i antall kvoter i fremtiden. Dagens kvoteregime utløper etter 2019. Det forhandles for tiden om kvoteregimet fra og med 2020, men det er en forutsetning at antall kvoter strammes inn på sikt. Det er usikkert på nåværende tidspunkt hvor sterk innstramningen vil bli.

Den norske regjeringen har foreslått at Norge skal bidra til utslippsreduksjoner tilsvarende 40 prosent av egne utslipp innen 2030, betinget av at andre land også setter seg ambisøse mål. Regjeringen ønsker å samarbeide med EU i klimapolitikken. Det er pågående forhandlinger i EU om hvor store utslippskutt de enkelte landene skal ta. I utgangspunktet skal rike land ta en større byrde enn fattige land. Det siste forslaget fra EU innebærer at Norge skal bidra med utslippskutt tilsvarende 40 prosent av norske utslipp i ikke-kvotepliktig sektor innen 2030. Det er uvisst i hvor stor grad systemet vil gi fleksibilitet til at kuttene kan gjennomføres i andre EU-land, men forslagene tyder på at det vil bli noe, men begrenset fleksibilitet.

Dersom forslaget fra EU blir vedtatt vil det bety at Norge vil måtte ta store kutt i ikke-kvotepliktig sektor og trolig vil en betydelig del av disse kuttene måtte tas innenlands. Dette vil medføre rensekostnader i ikke-kvotepliktig sektor i Norge som langt overgår kvoteprisen i EU ETS og også rensekostnadene i ikke-kvotepliktig sektor i andre EU-land.

Mulige tilnærminger til prissetting av CO₂

Usikkerheten knyttet til Norges og EUs fremtidige klimapolitikk medfører en tilsvarende usikkerhet om hvilke CO₂-priser som det vil være hensiktsmessig å legge til grunn i analysen. For dette tiltaket kan det være en vesentlig differanse mellom produsentpriser (markedspriser) og samfunnsøkonomiske skyggekostnader. Vi vil derfor redegjøre for ulike tilnærminger til verdsetting av CO₂-utslipp.

Flere institusjoner har beregnet hvor mye det koster å rense tilstrekkelig globalt til at vi når 2-gradersmålet. Tabell 10-6 viser en oversikt over ulike tilnærminger til en slik prisbane fra ICCG (International Center for Climate Governance) og IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Oversikten er hentet fra NOU 2015:15 og prisjustert til i dag. Disse prisbanene refereres til som 2-gradersbaner og illustrerer den årlige rensekostnaden per tonn CO₂ dersom verden totalt sett hadde rensert på billigst mulig måte. Disse prisene illustrerer således en optimal global CO₂-avgift, som ville gitt en kostnadseffektiv bane mot 2-gradersmålet. Grunnet usikkerheten i antakelsene som må gjøres ved en slik nærmring gir ulike fremgangsmåter en stor variasjon i resulterende prisbaner. Gjennomsnittsbanene og medianbanene fra IPCC og ICCG er omtrent like, mens IPCCs høye anslag er svært høyt med en realpris på CO₂-utslipp på i underkant av 6800 norske kroner per tonn CO₂.

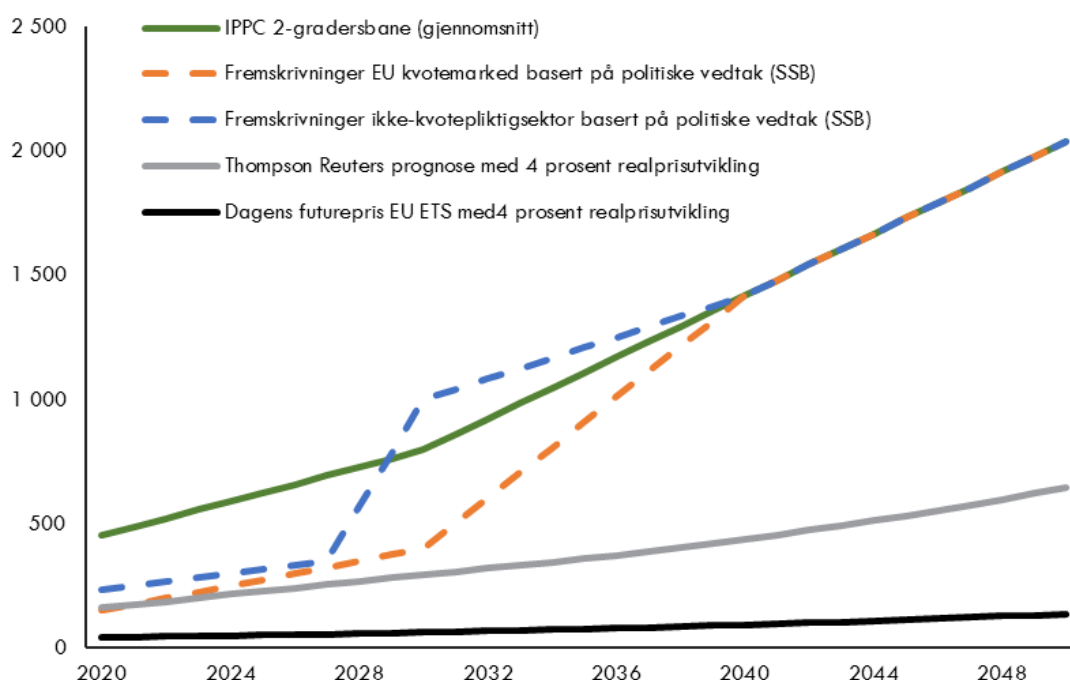
I Figur 10-1 illustreres ulike prisbaner, som viser at ulike tilnærminger gir stor variasjon i prisene. Det er kun 2-gradersbanene som forutsetter en oppnåelse av 2-gradersmålet. Banene som er basert på dagens markedspriser i EU ETS vil i utgangspunktet ikke være tilstrekkelig til å oppnå EUs mål om 40 prosent utslippskutt innen 2030.

Tabell 10-6: CO₂ prisbaner, utvalgte kilder

Kilde	2020	2030	2050
Ulike tilnærminger til 2-gradersbaner			
IPPC lav	121	197	522
IPPC høy	1 846	3 098	6 789
IPPC gjennomsnitt	452	798	2 040
IPPC median	395	645	1 573
Bosetti m.fl. (2009)	265	653	2 562
Paltsev m.fl. (2009)	520	775	1 692
Tol (2009)	378	605	1 607
Bastianin m.fl. (2010)	148	489	3 634
Nordhaus (2010)	203	350	932
ICCG Gjennomsnitt	303	575	2 085
ICCG Median	265	605	1 692
Prisbaner basert på dagens priser i EU ETS			
EU ETS future fremskrivning	41	60	131
Thompson Reuters – lineær fremskrivning	164	297	707

Kilde: IPPC, ICCG, ICE og Thompson Reuters. Prisjustering gjort av Oslo Economics basert på KPI-vekst SSB.no

Figur 10-1: Alternative prisbaner for CO₂ (NOK/tonn CO₂)



Kilde: IPCC, ICG, ICE og Thompson Reuters. Prisjustering gjort av Oslo Economics basert på KPI-vekst SSB.no

Når vi skal prisse CO₂-utslipp i norske samfunnsøkonomiske analyser bør vi ta utgangspunkt i Hagen-utvalgets anbefaling om å legge til grunn fremtidige kvotepriser i EU ETS og å prissette utslipp i kvotepliktig og ikke-kvotepliktig sektor likt.

Nivået på fremtidige kvotepriser i EU ETS er likevel svært usikkert. Kvoteprisen i EU er en av de få internasjonale prisene på CO₂-utslipp som kan observeres og som det finnes et futuremarked for. En tilnærming til en markedspris er derfor dagens futurepriser på EU ETS kvoter. Deretter kan man legge til grunn en vekst i prisen slik at en aktør som slipper ut CO₂ er indifferent mellom å kjøpe en kvote nå (spot) eller kjøpe en kvote for levering om for eksempel ett år (future). Det finnes derimot ikke futurepriser på tvers for forpliktelsesperioder i EU ETS, der nåværende periode løper ut ved utgangen av 2019. Som det blir påpekt i NOU 2009:16 «Globale miljøutfordringer – norsk politikk» er det restriksjoner på lån og sparing av kvoter mellom det eksisterende kvotesystemet og kvotesystemet som iverksettes av en ny avtale i 2020.

Vi kan altså bruke markedspriser til å anslå en pris frem til 2020, men etter dette er det overnevnte arbitrasjeargumentet mangelfullt. Mangelen stammer fra at vi ikke vet med sikkerhet at det vil være et EU ETS kvotemarked etter 2020 og fordi det er politiske målsetninger om innstramminger av kvotemengden utover den årlige innstramningen i inneværende forpliktelsesperiode. Man kan velge en tilnærming til årene 2020-2050 basert på eksempelvis lineær eller normal vekst, men man vil da implisitt forutsette at mengden kvoter, innstrammingsraten av mengden kvoter og reglementet for EU ETS vil være identisk som dagens system frem til 2050. I Figur 10-1 har vi illustrert en bane basert på dagens futurepriser med 4 prosent årlig vekst fra og med 2020.

Hagen-utvalget anbefaler å bruke en kvoteprisbane som baseres på EUs kvotepris fram til 2020, og deretter gradvis tilnærmes 2-gradersbanen. De spesifiserer ikke hvor raskt en slik tilnærming kan forventes å skje, men det kan være naturlig å ta utgangspunkt i kvotesystemets neste forpliktelsesperiode som varer frem til 2030 og anta at kvoteprisen når 2-gradersbanen i 2030.

En annen tilnærming er å ta i bruk Thompson Reuters-prognoser for EU ETS kvoteprisen frem til 2030. En slik bane kan fungere som en tilnærming til en fremtidig markedspris, som tar inn over seg gitte politiske innstramminger. Thompson Reuters-banen er vel og merke en prognose og ikke en observert markedspris. En utfordring med denne tilnærmingen er å estimere banen fra 2030 til 2050. I dette CO₂-håndteringsprosjektet utgjør 19 av de 25 årene (om lag 75 prosent) av tiltakets levetid en periode der Thompson Reuters ikke har laget prognoser.

En alternativ tilnærming er å prise CO₂ basert på markedspriser også i ikke-kvotepliktig sektor, hvilket innebærer å ta utgangspunkt i prisen den berørte aktøren betaler. I ikke-kvotepliktig sektor vil det være den gjeldende CO₂-avgiften. I Norge i dag er CO₂-avgiften svært differensiert mellom ulike sektorer. Alternativ «Avfall» med fangstanlegg på EGE er i ikke-kvotepliktig sektor. CO₂-avgiften innen avfallsforbrenning ble avvirket i oktober 2010. Ifølge Meld St. 2 (2009-2010) Revidert nasjonalbudsjett i 2010 var fjerning av avgiften begrunnet med at Sverige fjernet en tilsvarende avgift på avfallsforbrenning på samme tidspunkt og at dette var uheldig for konkurransesituasjonen. I NOU 2015:15 – «Sett pris på miljøet» anbefaler utvalget at det innføres en avgift på avfallsforbrenning som tilsvarer det nye, generelle avgiftsnivået for klimagassutslipp. På nåværende tidspunkt er det, så vidt oss bekjent, ikke et Stortingsvedtak om at avfallsforbrenning skal underlegges dette avgiftsnivået.

Dersom det tas utgangspunkt i den aktuelle CO₂-prisen som aktøren står overfor, enten det er kvotepriser, avgifter eller en kombinasjon av disse, tilsier dette at reduksjoner av CO₂ i avfallssektoren ikke har en kroneverdi. Et relevant spørsmål i denne sammenheng er om avgiftsnivået kan forventes å endre seg innen 2024, slik at det på dette tidspunktet er en pris på CO₂-utslipp i avfallssektoren. Føringene tilsier likevel at hvis man skal fremskrive det faktiske avgiftsnivået i avfallssektoren må man basere seg på politiske vedtak. Siden det ikke er forpliktende avgiftsbestemmelser innen avfallssektoren måtte man lagt en nullpris til grunn.

Det er også av disse grunner at Hagen-utvalget anbefaler å ikke legge de til enhver tid gjeldende CO₂-avgiftene i enkeltsektorer til grunn som verdsetting i samfunnsøkonomisk analyse, men heller bruke faktiske rensekostnader for å nå bindende mål. De reelle fremtidige rensekostnadene i Norge og EU avhenger av EUs klimapolitikk fremover, hvor store kutt som må tas i henholdsvis kvotepliktig og ikke-kvotepliktig sektor og hvor stor grad av fleksibilitet det blir mellom land og sektorer.

SSB har nylig beregnet fremtidige rensekostnader både i EU ETS og i ikke-kvotepliktig sektor i Norge, gitt at EU og Norge skal rense 40 prosent innen 2030 med ulike scenarier for fleksibilitet. Resultatene viser at full fleksibilitet, både mellom kvotepliktig og ikke-kvotepliktig sektor og mellom Norge og resten av EU, gir marginale rensekostnader på 450 kroner per tonn i 2030. Dersom Norge må kutte 40 prosent i ikke-kvotepliktig sektor og ikke kan kjøpe disse kuttene verken i kvotepliktig sektor eller i ikke-kvotepliktig sektor i andre EU-land gir det marginale rensekostnader i norsk ikke-kvotepliktig sektor på hele 2000 kroner per tonn.⁶ Et mer sannsynlig scenario er begrenset fleksibilitet, eksempelvis at Norge må kutte 40 prosent i ikke-kvotepliktig sektor, men kan kjøpe 25 prosent av disse kuttene i ikke-kvotepliktig sektor i andre EU-land. Dette gir i følge SSBs beregninger marginale rensekostnader på 1000 kroner per tonn i norsk ikke-kvotepliktig sektor og en kvotepris i EU ETS på 400 kroner (Aune & Fæhn, 2016).

I Klimakur 2020 ble det beregnet kostnader ved å redusere innenlandske klimagassutslipp tilsvarende målene i Klimaforliket, som innebar å rense 15-17 millioner tonn CO₂ innen 2020. Beregningene viste at dersom man skulle ta de billigste utslippskuttene ville den marginale rensekostnaden for å oppnå målet komme på 1100 kroner per tonn CO₂ (Miljødirektoratet, 2010). Dette tilsvarer 1 250 2016-kroner.

Dagens politiske skille mellom kvotepliktig og ikke-kvotepliktig sektor, kombinert med definerte målsetninger om utslippskutt i ikke-kvotepliktig sektor, medfører at det vil måtte tas svært dyre utslippskutt i ikke-kvotepliktig sektor. Dersom man i den samfunnsøkonomiske analysen skal ta inn over seg denne politiske virkeligheten innebærer dette at utslippskutt i ikke-kvotepliktig sektor bør verdsettes høyere enn utslippskutt i kvotepliktig sektor.

På en annen side er det diskutabelt hvorvidt Norges klimamål kan anses å være *bindende* etter at inneværende periode i kvotesystemet utløper i 2019. Dersom vi ikke tolker utslippsmålene som bindende innebærer det at vi bør legge til grunn marginale skadekostnader av utslipp fra og med 2020. Bare slik vil utslippene få en pris som tilsvarer miljøskaden de medfører. Klimaskadene av utslipp er også svært usikre, men i følge IPCC vil det være billigere å rense tilstrekkelig til å oppnå 2-gradersmålet enn å ikke nå det. Dersom vi legger en slik eksternalitetsverdi til grunn, vil altså verdsettelsen av CO₂-utslipp overgå rensekostnadene i 2-gradersbanen.

10.5.1 KVVU-ens prissetting av CO₂-reduksjoner

Et demonstrasjonsanlegg vil bidra til at utslipp av klimagasser til atmosfæren reduseres. KVVU-en prissetter denne positive virkningen ved å legge til grunn prognoser for markedsprisen på CO₂-utslipp i EUs kvotemarked. I denne sammenheng er markedsprisen kvoteprisen i det europeiske kvotemarkedet. For å tegne en utvikling av kvoteprisen har KVVU-gruppen lagt til grunn Thomson Reuters forventninger til utviklingen i kvoteprisen. Thompson

⁶ Aune et. al. (2015) estimerer estimert kostnadene av CO₂-reduksjoner i ikke-kvotepliktig sektor til 240 euro per tonn CO₂ (2009-priser).

Reuters har bare prognoser for kvoteprisen frem til 2030, og KVVU-gruppen har derfor fra 2030 lagt til grunn en lineær vekst i kvoteprisen frem til 2050.

KVVU-en tallfester verdien av utslippsreduksjoner. I basisalternativet fanges det årlig 400 000 tonn CO₂ i en prosjektperiode på 25 år. Økte utslipp når CO₂ transporteres gir en netto reduksjon på 392 000 tonn CO₂. Nåverdien av utslippsreduksjonene for prosjektet gitt forutsetningene for kvoteprisen er 1,6 milliarder kroner.

10.5.2 KS1 prissetting av CO₂-reduksjoner

Etter avklaringer med oppdragsgiver legger kvalitetssikrer i basisscenariet til grunn en antakelse om at CO₂-prisene i fremtiden er i tråd med dagens markedspriser i EUs kvotemarked uten særskilte politiske innstramminger. Konsekvensene av å bruke andre forutsetninger for CO₂-priser synliggjøres ved etterfølgende sensitivitetsanalyser.

Fra og med år 2020 eksisterer det ikke markedspriser i EUs kvotemarked og vi legger da til grunn Thomson Reuters fremskrivninger for prisene fram mot 2030. Etter 2030 finnes ingen fremskrivninger og da antar vi en årlig vekst lik kalkulasjonsrenten på 4 prosent, på bakgrunn av anbefaling for fremskrivning av usikre markedspriser i Rundskriv R-109/4. Fordi det ikke eksisterer bindende mål for utslipp vil det i teorien være riktig å verdsette utslipp i ikke-kvotepliktig sektor tilsvarende den marginale klimakostnaden utslippene bidrar til. Vi følger likevel Hagen-utvalgets føringer i basisscenariet ved å ikke skille mellom kvotepliktig og ikke-kvotepliktig sektor. Utslipp i ikke-kvotepliktig sektor tillegges dermed en verdi tilsvarende den anslåtte markedsprisen i kvotepliktig sektor.

Prisene som ligger til grunn i basisscenariet er lavere enn det som er nødvendig for å nå 2-gradersmålet globalt og lavere enn det som er nødvendig for å oppnå EUs målsetninger om 40 prosents utslippskutt. Prisene gjenspeiler heller ikke de globale marginalkostnadene av CO₂-utslipp som oppstår ved klimaendringer.

10.6 Globale produktivetsgevinster ved lavere fremtidig teknologikostnad

I tillegg til den negative miljøeksternaliteten ved utslipp av CO₂ innebærer tiltaket i denne kvalitetssikringen positive kunnskapseksternaliteter som følge av forskning, utvikling og demonstrasjon. Samfunnsøkonomien bør ideelt sett prise samfunnsnyten av slike positive eksternaliteter.

10.6.1 KVVU-ens produktivetsgevinster

I KVVU-en er kunnskapseksternalitetene kalt «produktivetsgevinster». Disse gevinstene er ikke prissatt, men vurdert kvalitativt. Produktivetsgevinstene er knyttet til alle leddene i kjeden: fangst, transport og lagring av CO₂. Effektene avhenger av: (a) bidrag til kostnadsreduksjoner gjennom læringseffekter og stordriftsfordeler, og (b) antall prosjekter som kan nyte godt av kunnskap fra demonstrasjonsanlegget. Antallet prosjekter som kan nyte godt av kunnskapen avhenger igjen av hvor stort markedet er og hvor stor andel av markedet som kan dra nytte av erfaringer og stordriftsfordeler.

Av læringseffekter antas det at følgende elementer inngår som bidrag til kostnadsreduksjoner: innsparinger i byggefase og driftsfase, regulering og lovgivning, oppdatert informasjon om kostnader, teknologiutvikling og sosial aksept.

Potensialet for kostnadsreduksjoner er delt inn i tre utviklingsområder:

1. Læringseffekt
2. Utnyttelse av stordriftsfordeler og
3. Forbedret markedssituasjon

Potensialet for kostnadsreduksjoner fra læringseffekter og utnyttelse av stordriftsfordeler (a) er vurdert som høyt, mens potensial for kostnadsreduksjon fra forbedret markedssituasjon for CO₂-håndtering er vurdert som moderat.

Potensial for kostnadsreduksjon er bare en nytteeffekt dersom kunnskap overføres til andre CO₂-håndteringsprosjekter. Derfor gjøres det en grov vurdering av potensialet for kunnskapsoverføring for de tre utviklingsområdene læringseffekt, utnyttelse av stordriftsfordeler og forbedret markedssituasjon. Potensialet er for alle tre utviklingsområder vurdert som høyt.

Når det gjelder størrelsen på markedet for CO₂-håndtering/antallet prosjekter som kan dra nytte av kunnskapen, er konklusjonen at det er vanskelig å anslå hvordan den videre utviklingen blir både med og uten et demonstrasjonsprosjekt i Norge.

10.6.2 Kvalitetssikrers produktivitetsgevinster

Teori og erfaring fra teknologiutvikling tilsier at kostnadene ved CO₂-håndtering vil reduseres når flere anlegg bygges. Tiltaket kan derfor medføre lavere kostnader for fremtidige anlegg. Et demonstrasjonsanlegg kan gi teknologisk læring og kunnskap om optimalisering i kjedens enkeltledd og i grensesnittene mellom dem, noe som vil bidra til å redusere kostnadene. Gevinsten av læringen er at de samlede kostnadene ved etterfølgende CO₂-håndteringsanlegg blir lavere, forutsatt at kunnskapsspredning sikres i prosjektgjennomføringen.

De potensielle produktivitetsgevinstene vil ikke nødvendigvis tilfalle Norge. Hvis man antar at det ikke vil bygges ut CO₂-håndtering i Norge vil ikke aktører i Norge få realisert gevinsten av kostnadsreduksjonene. Produktivitetsgevinster er derfor i hovedsak relevant hvis man legger et globalt perspektiv til grunn. I samfunnsøkonomiske analyser er det vanlig å begrense seg til nasjonale virkninger. Tiltaket i denne analysen skiller seg likevel ut ved at målet ved tiltaket er å gi global teknologiutvikling gjennom reduserte kostnader ved CO₂-håndtering. Fordi målet er globalt definert bør tiltakets nytte også vurderes i et globalt perspektiv.

Kvalitetssikrer legger derfor globale produktivitetsgevinster til grunn, og behandler disse som en prissatt effekt. I beregningen av produktivitetsgevinstene gjør vi en konservativ antakelse om at demonstrasjonsanlegget ikke vil påvirke hvor mange anlegg som kommer i etterkant av anlegget, men at anlegget vil bidra til læring som vil gi reduserte kostnader for fremtidige utbyggere. Vi har modellert kostnadsutviklingen for fremtidige CO₂-håndteringsanlegg i to tenkte situasjoner; med og uten demonstrasjonsanlegget som er tenkt ferdigstilt i 2024. Vi antar at demonstrasjonsanleggets bidrag til kostnadsreduksjoner vil kunne tas i bruk av alle anlegg som ferdigstilles i 2025 eller senere. Anlegg som ferdigstilles før 2025 antas å ha kostnader som er upåvirket av demonstrasjonsanlegget. Produktivitetsgevinsten av demonstrasjonsanlegget tilsvarer differansen mellom totale globale utbyggingskostnader i de to tenkte situasjonene.

I det følgende beskriver vi i nærmere detalj hvordan vi har modellert den fremtidige kostnadsutviklingen og bakgrunnen for verdsettelsen av produktivitetsgevinstene. I vedlegg 2 fremkommer detaljerte forutsetninger for beregningene og resultatene av sensitivitetsanalyser hvor viktige forutsetninger endres.

Modellering av fremtidig kostnadsutvikling

Kostnadene ved CO₂-håndtering kan tenkes å falle gjennom forskning og utvikling (FoU) og gjennom akkumulering av erfaring, også kalt læring. FoU kjennetegnes ved at det settes av egne ressurser til å forbedre en produksjonsprosess. Ved læring derimot, skjer fallet i kostnader gjennom erfaringsoppbygging fra faktisk produksjon. Læring skiller seg dermed fra FoU ved at det er et biprodukt av produksjon, og ikke en målrettet bruk av midler for å forbedre en prosess. Demonstrasjonsanlegget for CO₂-håndtering kan sies å være i grensesjiktet mellom FoU og akkumulering av erfaring, men vi kan anta at effekten av tiltaket på den generelle teknologikostnaden vil tilsvare en effekt i læringsfasen av teknologiutviklingen. Effekten av erfaringsoppbyggingen illustreres ved såkalte læringskurver. Slike læringskurver baseres på en antakelse om at en dobling av den akkumulerte kunnskapsbasen fører til en viss prosentvis reduksjon i kostnadene. Den prosentvise reduksjonen i kostnadene per dobling i akkumulert kunnskapsbase kalles læringsraten.

Siden det er bygget så få CO₂-håndteringsanlegg, er det vanskelig å si noe om progresjonsraten for tiltaket ved læring. Rubin et. al. (2007) baserer seg på læringsrater fra lignende teknologier; SO₂-rensing, NO_x-rensing, gasskraftverk, kjeler til kullkraftverk, LNG-produksjon, oksygen og hydrogen-produksjon. De bruker så læringsratene fra disse studiene på de ulike komponentene i et kraftverk med CO₂-håndtering. De finner da at elektrisitetskostnadene fra et tradisjonelt kull- og gasskraftverk med «post combustion» CO₂ vil ha en forventet læringsrate på 3 %. Dette kan virke lite, men det gjenspeiler at læringspotensialet for selve kraftverket eksklusive fangst delen langt på vei er uttømt. Rubin oppgir ikke læringsrater for fangst delen alene, men utfra læringsraten for andre renseteknologier virker ikke 10 prosent for kapitalkostanden og opp mot 15 prosent for driftskostnadene urimelig.

IEA Energy Technology Perspectives (2015) bruker henholdsvis 8 prosent reduksjon i kapitalkostnadene og 4 prosent reduksjon i energitapet pr. dobling av antall CO₂-håndteringsanlegg. Vi mener at en konservativ antakelse vil være 8 prosent læringsrate for kapitalkostnaden og driftskostnaden samlet, og legger dette til grunn i vår beregning.

Den globale produktivitetsgevinsten avhenger av hvor mange anlegg som kommer i etterkant av demonstrasjonsanlegget. Etterfølgende anlegg vil påvirke produktivitetsgevinstene på to måter. Alle etterfølgende anlegg vil i teorien kunne ta i bruk læringen som demonstrasjonsanlegget har bidratt med. Desto

flere anlegg som tar i bruk læringen, desto høyere produktivitetsgevinst. Samtidig vil etterfølgende anlegg også selv bidra til å redusere teknologikostnadene for senere anlegg igjen. Desto flere anlegg som kommer etter demonstrasjonsanlegget, desto lavere fremtidige teknologikostnader og desto mindre betydning for fremtidige kostnader utgjør demonstrasjonsanlegget bidrag. Disse to effektene virker altså motsatt slik at det ikke er en ensrettet sammenheng mellom antakelsen om antall etterfølgende anlegg og produktivitetsgevinstene av demonstrasjonsanlegget.

Den fremtidige utbyggingen av CO₂-håndtering globalt er svært usikker. FNs klimapanelers analyser (IPCC, 2014) viser at CO₂-håndtering er et av tiltakene som må gjennomføres i stor skala for å oppnå 2-gradersmålet på billigst mulig måte. Også andre forskere (Luderer, et al., 2012) og IEA (2015) viser at CO₂-håndtering trolig er med i tiltakspakken dersom 2-gradersmålet skal oppnås. Per i dag er det likevel ikke en tilstrekkelig høy CO₂-pris eller andre virkemidler som gir grunn til å tro på en storstilt utbygging av CO₂-håndtering i tråd med en 2-gradersbane.

I følge IEA sitt scenario hvor global oppvarming begrenses til 2 grader vil CO₂-håndtering stå for 6 gigatonn CO₂-reduksjoner i 2050. Kraftproduserende industri skal stå for ca. to tredjedeler av dette og 75 prosent av disse utslippsreduksjonene antas og tas i ikke-OECD land. Dette fremstår som relativt optimistisk, sett i forhold til at det i dag er svært få anlegg i planlegging og at finansieringsbehovet er betydelig. Statoils siste perspektivmelding spår at en sterk innstramning av internasjonal klimapolitikk i tråd med 2-gradersbanen vil kunne medføre en utbygging av CO₂-håndtering tilsvarende 1,2 Gigatonn CO₂-reduksjoner i 2040, scenario «renewal», mens omfanget vil bli betydelig mindre (rundt 300 millioner tonn CO₂) i et scenario som baseres på enkeltnasjoners ambisjoner om utslippskutt innmeldt i forbindelse med Paris-forhandlingene i 2015, scenario «reform» (Statoil, 2016).

Dersom vi antar at utviklingen av CO₂-håndtering følger utbyggingen i IEAs 2-gradersscenario utenom kraftproduserende industri (1,8 gigatonn CO₂ lagret i 2050), gir dette globale neddiskonterte produktivitetsgevinster på 2,42 milliarder kroner for et standard demonstrasjonsanlegg. Dersom vi antar en noe redusert utvikling, eksempelvis at det ikke vil være behov for CO₂-håndtering i kraftkrevende industri slik at behovet blir redusert til 1,8 gigatonn CO₂ i 2050, gir dette produktivitetsgevinster på 2,35 milliarder kroner for et standard demonstrasjonsanlegg. Ved en ytterligere reduksjon, tilsvarende Statoils 2-gradersscenario med 1,2 gigatonn rensing med CO₂-håndtering i 2040, øker produktivitetsgevinstene til 3 milliarder kroner for et standard demonstrasjonsanlegg. Det fremtidige kostnadsnivået blir i et slikt scenario langt høyere enn i IEAs scenario, som gjør at demonstrasjonsanleggets bidrag til kostnadsreduksjoner får større betydning. Av samme grunn vil ikke produktivitetsgevinstene reduseres selv ved en sterk reduksjon i antakelsen om fremtidig utbygging. Ved en utbygging tilsvarende Statoils «reform» scenario og nær 300 millioner tonn CO₂ rensing ved CO₂-håndtering i 2040, øker produktivitetsgevinstene av et standard demonstrasjonsanlegg til 3,1 milliarder kroner.

En konservativ tilnærming vil være å anta at det ikke kommer noen nye anlegg etter demonstrasjonsanlegget, men at kun de anlegg som i dag har fått finansiering vil bygges. Disse vil bygges før demonstrasjonsanlegget ferdigstilles og dermed ikke få nytte av læringen fra tiltaket. Dersom ingen nye anlegg bygges etter demonstrasjonsanlegget vil dette gi null produktivitetsgevinster. Samtidig kan det tenkes at de anlegg som allerede er bygget vil fornyes etter at anlegget er utslitt, og at man i fornyelsen av anlegget vil få nytte av læringen som demonstrasjonsanlegget har bidratt til. I et slikt scenario vil 32 anlegg videreføres om lag 10-20 år etter at demonstrasjonsanlegget står ferdig og få en samlet produktivitetsgevinst av et standard demonstrasjonsanlegg på 1,1 milliard kroner. Produktivitetsgevinstene er dermed lite sensitive for endrede antakelser om fremtidig utbygging.

Den store usikkerheten knyttet til fremtidig utvikling av CO₂-håndtering innebærer at en konservativ tilnærming legges til grunn i basisscenariet. Basisscenariet reflekterer en situasjon med lave fremtidige CO₂-priser og en storstilt utbygging av CO₂-håndtering vil da heller ikke være sannsynlig. I basisscenariet legger kvalitetssikrer derfor til grunn ingen fremtidig utbygging av teknologien og således null produktivitetsgevinster. Konsekvensene av antakelser om høyere CO₂-priser og dermed økt utbygging av CO₂-håndtering synliggjøres i sensitivitetsanalysene, som oppsummeres i neste kapittel. Når det gjelder stordriftsfordeler vil disse heller ikke ha noen verdi hvis det ikke blir storstilt utbygging av CO₂-håndtering. Temaer knyttet til stordriftsfordeler er videre behandlet i kapitlet om realopsjoner og fleksibilitet.

10.7 Prissatte effekter i KS1

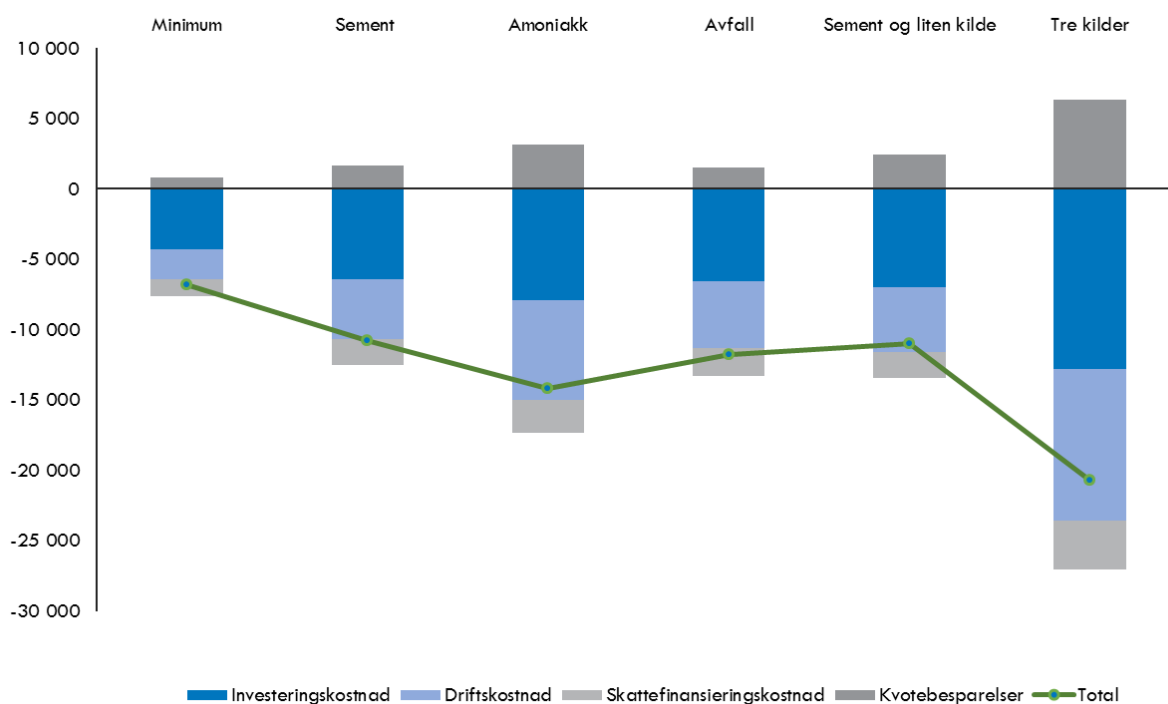
Figur 10-2 viser hvordan samlede prissatte effekter fordeles på kostnads- og nyttekomponentene. Den grønne linjen viser totalen. Alle alternativene har en prissatt negativ netto nåverdi. I basisscenariet har vi lagt til grunn en antakelse om en videreføring av dagens lave CO₂-priser, som gir tiltakets bidrag til CO₂-reduksjoner en lav verdi i analysen. De lave CO₂-prisene antas også å begrense fremtidig utvikling av CO₂-håndtering slik at produktivetsgevinstene blir lave. Som et konservativt anslag har vi antatt null etterfølgende anlegg og dermed ingen produktivetsgevinst i basisalternativet.

Gitt den lave verdsettelsen av tiltakets nytteside er det alternativet med lavest kostnader som kommer best ut av tiltaksalternativene. Minimumsalternativet har lavest kostnader av tiltaksalternativene og har en netto nåverdi på -6,8 milliarder kroner. Alternativet med de høyeste kostnadene kommer således dårligst ut. Alternativet med høyest kostnader er alternativet med gjennomføring på tre kilder, som har netto nåverdi på -20,7 milliarder kroner. Hvis man antar at utbygning av CO₂-fangt på Mongstad har 30 prosent lavere kostnader enn i 2010 i 2016-kroner, vil tiltaket ha en samlet netto negativ nytte på 30,2 milliarder kroner.

I basisscenariet er det nullalternativet som kommer best ut. Nullalternativet er i denne sammenheng ingen tiltaksvidereføring og har således netto nåverdi null.

Tabell 10-7 viser hvordan samlede prissatte effekter fordeles på kostnads- og nyttekomponentene.

Figur 10-2: Prissatte effekter basisscenario, nåverdi 2016-kroner, millioner kroner



Kilde: Atkins Norge og Oslo Economics

Tabell 10-7: Prissatte effekter basisscenario, millioner kroner

	Investerings- kostnad	Driftskostnad	Skattefin.kost.	Verdi CO2- reduksjon	Produktivitets- gevinst	Total
Minimum	-4 300	-2 100	-1 100	800	0	-6 800
Sement	-6 400	-4 300	-1 800	1 700	0	-10 800
Amoniakk	-7 900	-7 100	-2 400	3 100	0	-14 200
Avfall	-6 600	-4 800	-2 000	1 500	0	-11 800
Sement og liten kilde	-7 000	-4 600	-1 800	2 500	0	-11 000
Tre kilder	-12 800	-10 800	-3 500	6 300	0	-20 700

Kilde: Oslo Economics og Atkins Norge

Følsomhetsanalyse 1 – 2-gradersscenariet

Som grundig omtalt i kapittel 10.5 og 10.6 er det i dette tiltaket stor usikkerhet knyttet til nyttesiden. Vi viser derfor resultatene av sensitivitetsanalyser på nyttesiden i tråd med rammeverket. Hagen-utvalget anbefaler at det for klimatiltak skal presenteres sensitivitetsberegninger der 2-gradersmålet legger til grunn for hele perioden. Det innebærer en verdsettelse av CO₂-reduksjoner tilsvarende den til enhver tid kostnadseffektive globale CO₂-prisen som vil begrense global oppvarming til 2 grader. Denne prisen refereres til som 2-gradersbanen. Vi legger til grunn IPCCs gjennomsnittlige anslag for 2-gradersbanen som vist i Figur 10-1.

2-gradersmålet er ikke kun en «moralisk rettesnor», men har forankring i internasjonale målsettinger. En viktig politisk hendelse er at Norge har gitt sin tilslutning til Paris-avtalen. I Paris-avtalen er det en målsettingen om å redusere den globale oppvarmingen til godt under 2 grader. Samtidig vil norske og internasjonale målsetninger om å nå 2-gradersmålet med stor sannsynlighet måtte føre til en høyere prisbane i EU ETS og vesentlig høyere CO₂-avgifter i ikke-kvotepliktig sektor, dersom dette skillet opprettholdes.

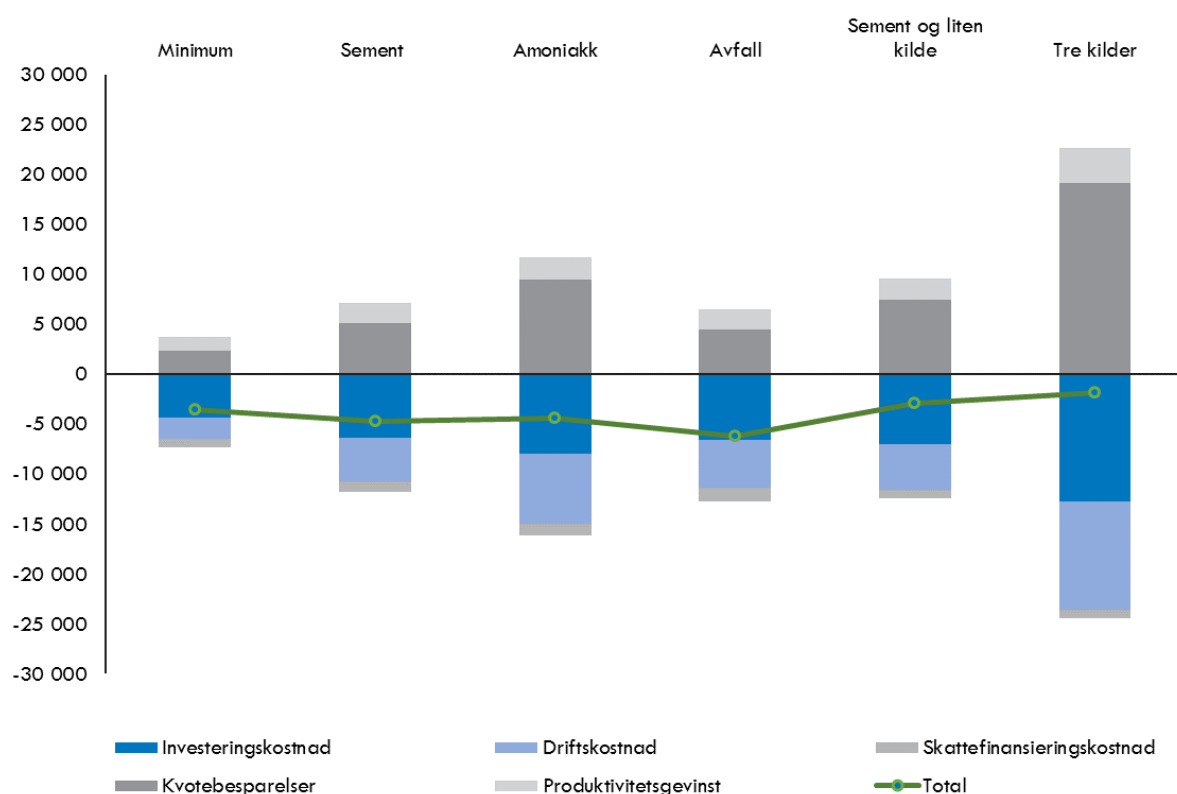
I denne sensitivitetsanalysen viser vi tiltakets prissatte lønnsomhet dersom man innen 2024 har en CO₂-pris for både kvotepliktig og ikke-kvotepliktig sektor som tilsvarer 2-gradersbanen. Banen reflekterer en global CO₂-pris som med 50 prosent sikkerhet vil medføre oppnåelse av 2-gradersmålet. Nødvendig CO₂-pris i IPCCs scenarier er avhengig av en rekke forhold som utviklingen av fornybar energi, befolkningsvekst, klimatiltak som CO₂-håndtering, karbonnegativ teknologi og utviklingen i kostnaden i fossil sektor.

Globale produktivetsgevinster av tiltaket er avhengig av CO₂-prisen. Med CO₂-prisene som legges til grunn i følsomhetsanalysen for 2-gradersscenariet vil det være rimelig å anta en betydelig utbygging av CO₂-håndtering i takt med stigningen i CO₂-priser. Vi legger til grunn at volumet av CO₂-reduksjoner med CO₂-håndtering tilsvarer IEAs fremskrivninger i 2-gradersscenariet, om at CO₂-håndtering vil stå for 6 gigatonn CO₂-reduksjoner i 2050, med en gradvis og sterk oppskalering fra 2020.

Vi har lagt til grunn at læringseffekten, og dermed produktivetsgevinsten, varierer fra tiltak til tiltak. Dette skyldes forskjell både i antall fangstanlegg som bygges i tiltakene, og volumet på rensing. Basert på antagelser om viktigheten av fangst og volumet av fangst for læring, fremkommer da produktivetsgevinster per tiltak.

Resultatene av følsomhetsanalysen i et 2-gradersscenario kan tolkes som tiltakets samfunnsøkonomiske verdi i en verden med en kostnadseffektiv tilpassing til maksimalt 2 graders oppvarming. Figur 10-3 viser resultatet av følsomhetsanalysen. Alle tiltaksalternativene har betydelig høyere nytteverdi enn i basisscenariet, men alle har fortsatt negativ netto nytte. Det er det mest kostbare alternativet, med CO₂-håndtering på tre kilder, som har høyest netto nåverdi av tiltaksalternativene. Dette alternativet bidrar også til størst CO₂-reduksjoner og kommer relativt sett bedre ut enn de andre tiltaksalternativene når verdien av CO₂-reduksjoner økes. Alternativet tre kilder har en prissatt netto nytte på -1,8 milliarder kroner. Alternativet sement og liten kilde har nest høyest netto nåverdi av tiltaksalternativene med en netto nytte på -2,9 milliarder kroner.

Figur 10-3: Prissatte effekter Følsomhetsanalyse 1 - 2-gradersscenario, millioner kroner



Kilde: Atkins Norge og Oslo Economics

Tabell 10-8: Prissatte effekter Følsomhetsanalyse 1 - 2-graders scenario, millioner kroner

	Investerings-kostnad	Driftskostnad	Skattefin.kost.	Verdi CO2-reduksjon	Produktivitets-gevinst	Total
Minimum	-4 300	-2 100	-800	2 400	1 400	-3 500
Sement	-6 400	-4 300	-1 100	5 100	2 000	-4 700
Amoniakk	-7 900	-7 100	-1 100	9 500	2 200	-4 400
Avfall	-6 600	-4 800	-1 400	4 500	2 000	-6 200
Sement og liten kilde	-7 000	-4 600	-800	7 500	2 100	-2 900
Tre kilder	-12 800	-10 800	-900	19 200	3 500	-1 800

Kilde: Atkins Norge og Oslo Economics

Følsomhetsanalyse 2 – «Regjeringens klimapolitikk»

Følsomhetssanalysen for et 2-gradersscenario kan tolkes som et optimalt scenario hvor man når 2-gradersmålet på billigst mulig måte. Et slikt scenario fremstår i dag lite realistisk når vi tar inn over oss virkeligheten i dagens klimapolitikk i Norge og internasjonalt. Vi viser her følsomhetsanalyser som vi mener er både realistiske ved å ta innover seg politiske målsetninger, men også det faktum at det sannsynligvis ikke er realistisk med en global CO₂-pris i overskuelig fremtid. Vi forsøker å vise en følsomhetsanalyse som tar innover seg politisk tilslutning og politiske forpliktelser som vil kunne ha betydning for CO₂-priser i både kvotepliktig og ikke-kvotepliktig sektor.

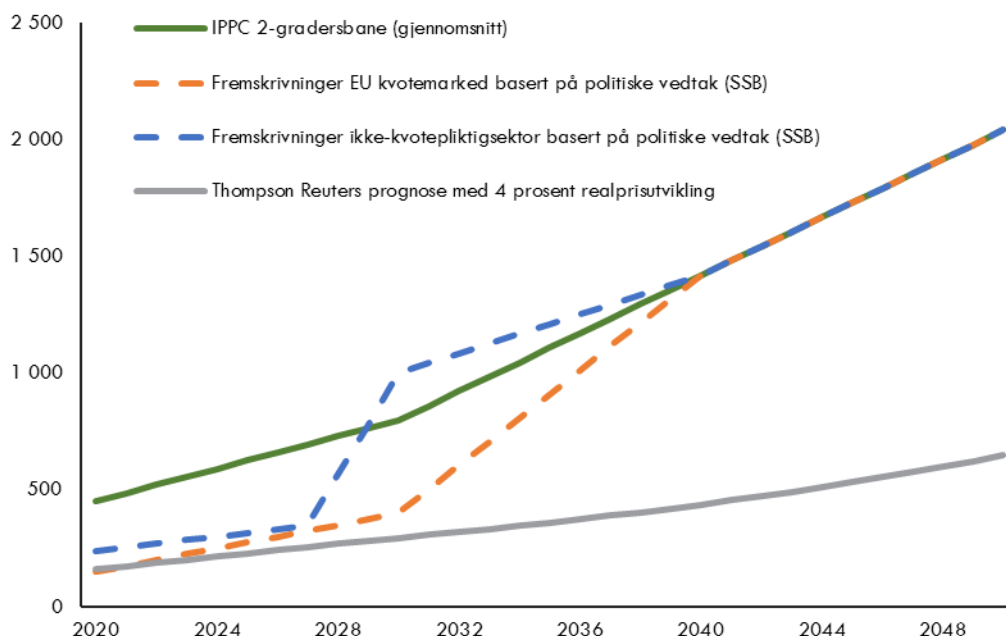
I Følsomhetsanalyse 2 legger vi til grunn dagens politiske mål i Norge og EU om 40 prosent utslippskutt innen 2030. Forutsetningene i dette scenariet er basert på det siste forslaget fra EU-forhandlingene om at Norge skal ta 40 prosent utslippskutt i ikke-kvotepliktig sektor, med en begrenset mulighet til å kjøpe utslippskutt fra ikke-kvotepliktig sektor i andre EU-land. Dagens politikk er basert på en videreføring av skillet mellom kvotepliktig og ikke-kvotepliktig sektor, uten fleksibilitet i utslippskutt mellom de to sektorene. Dette vil medføre høyere rensekostnader i ikke-kvotepliktig sektor.

Når det gjelder priser i EU ETS kan man på bakgrunn av politiske målsetninger anta at det vil bli vesentlige endringer mellom det eksisterende kvotesystemet og kvotesystemet som iverksettes dersom det blir en ny avtale i 2020. Hva den faktiske prisen i EU ETS vil være i 2024 og fremover er det gode grunner til å tro at ikke kan utledes av dagens CO₂-pris i kvotepliktig sektor og futureprisen. Av lignende grunner anbefales det i NOU 2009:16 «Globale miljøutfordringer – norsk politikk» å ta utgangspunkt i dagens priser og deretter bruke en tilnærming til modellbaserte analyser av fremtidige kvotepriser.

I dette scenariet legger vi til grunn anslag fra SSB for kvotepriser i EU ETS og marginale rensekostnader i norsk ikke-kvotepliktig sektor i 2030 dersom Norge skal ta 40 prosent utslippskutt i ikke-kvotepliktig og 25 prosent av disse kuttene kan kjøpes i ikke-kvotepliktig sektor i EU. Dette innebærer en pris i kvotepliktig sektor på 400 kroner per tonn og i ikke-kvotepliktig sektor på 1000 kroner per tonn i 2030. Videre følger vi rammeverkets anbefaling om en gradvis tilnærming til 2-gradersbanen i begge sektorer. Fra og med 2040 antar vi at prisene er like i kvotepliktig og ikke-kvotepliktig sektor og at disse da tilsvarer 2-gradersbanen.

Dette innebærer at denne følsomhetsanalysen legger opp til at Norge tar betydelige CO₂-reduksjoner i ikke-kvotepliktig sektor, der dette reflekteres av den marginale rensekostnaden for nasjonale tiltak. Begrunnelsen for skillet mellom kvotepliktig og ikke-kvotepliktig sektor i denne sensitiviteten er at en uniform internasjonal CO₂-pris fremstår som urealistisk og at de rikeste EU-landene vil måtte ta betydelige utslippskutt i ikke-kvotepliktig sektor for at EUs målsetninger skal oppnås. Prisbanene reflekterer derfor ikke den kostnadseffektive prisen for CO₂-utslipp. Hvorvidt man når det globale 2-gradersmålet i dette scenariet er uvisst og vil avhenge av utslippskutt i land utenfor EU, samt EUs videre klimapolitikk etter 2030. Figur 10-4 illustrer CO₂-prisene som er lagt til grunn i basisscenario og sensitivitetsanalysene.

Figur 10-4 Verdssetting av CO₂-reduksjoner i basisscenario og sensitiviteter

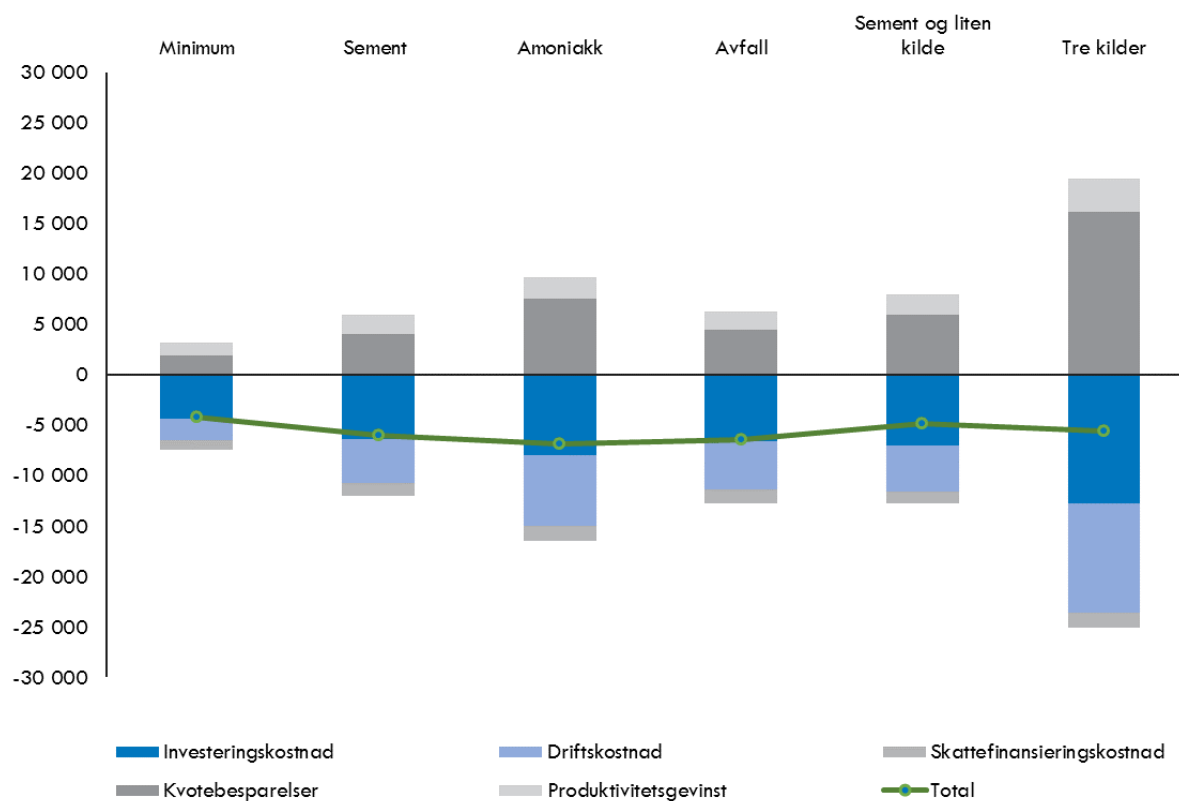


Kilde: IPCC, SSB og Thomson Reuters

Når det gjelder produktivitetsgevnister i følsomhetsanalyse 2 legger vi til grunn en noe lavere utvikling av CO₂-håndtering enn i 2-gradersscenariet. Vi forutsetter, i tråd med IEAs fremskrivninger for industrisektoren alene, at CO₂-håndtering vil stå for 1,8 gigatonn CO₂-reduksjoner i 2050, med en gradvis og sterk oppskalering fra 2020.

Figur 10-5 og Tabell 10-9 viser resultatene av følsomhetsanalyse 2. Alle tiltaksalternativene har negativ netto nåverdi. Tiltaksalternativet med høyest netto nåverdi er minimumsalternativet, med -4,1 milliard. Alternativet avfall kommer her relativt sett bedre ut i forhold til de andre tiltaksalternativene, med en netto nåverdi på -6,4 milliarder. Endringen i dette scenariet skyldes at avfallsektoren er del av ikke-kvotepliktig sektor, hvor utslippsreduksjoner prissettes relativt sett høyere enn i kvotepliktig sektor i dette scenariet i begynnelsen av analyseperioden.

Figur 10-5: Prissatte effekter Følsomhetsanalyse 2 – «Regjeringens klimapolitikk», millioner kroner



Kilde: Atkins Norge og Oslo Economics

Tabell 10-9 Prissatte effekter Følsomhetsanalyse 2 – «Regjeringens klimapolitikk», millioner kroner

	Investerings-kostnad	Driftskostnad	Skattefin.kost.	Verdi CO2-reduksjon	Produktivitets-gevinst	Total
Minimum	-4 300	-2 100	-900	1 900	1 300	-4 100
Sement	-6 400	-4 300	-1 300	4 100	1 900	-6 000
Amoniakk	-7 900	-7 100	-1 500	7 600	2 100	-6 800
Avfall	-6 600	-4 800	-1 400	4 500	1 900	-6 400
Sement og liten kilde	-7 000	-4 600	-1 100	6 000	2 000	-4 800
Tre kilder	-12 800	-10 800	-1 500	16 200	3 300	-5 600

Kilde: Atkins Norge og Oslo Economics

10.8 Demonstrere at CO₂-håndtering er et mulig og trygt klimatiltak

Virkingen som beskrives i dette kapitlet behandles som en ikke-prissatt effekt. Den potensielle virkingen kan deles inn i to. For det første vil tiltaket, dersom det gjennomføres på en god måte, kunne vise at CO₂-håndtering er et mulig og trygt klimatiltak. For det andre kan tiltaket tenkes å øke sannsynligheten for at andre land investerer i CO₂-håndteringsanlegg, fordi tiltaket bidrar til reduserte kostnader og fordi tiltaket gir økt kunnskap om teknologiens gjennomførbarhet. Om effekten sprer seg til andre land, avhenger av i hvilken grad myndighetene lykkes med å spre informasjon om erfaringene som tilegnes.

Den første effekten innebærer at et vellykket demonstrasjonsanlegg vil vise at CO₂-håndtering er mulig å gjennomføre i praksis. Demonstrasjon reduserer usikkerheten om klimatiltakets gjennomførbarhet. Et vellykket prosjekt kan gi mer positive holdninger til CO₂-håndtering blant teknologileverandører, forskningsmiljøer, myndigheter og befolkningen generelt. Denne kunnskapen eksisterer allerede i dag, men tiltaket vil øke tiltroen til den tekniske gjennomførbarheten. Den største barrieren for CO₂-håndtering i dag er ikke manglende teknisk gjennomførbarhet, men for høye kostnader sammenlignet med de lave CO₂-prisene. De faktiske kostnadene av CO₂-håndtering er samtidig svært usikre og varierer i stor grad mellom ulike typer prosjekter. Troen på CO₂-håndtering som en aktuell klimateknologi vil derfor trolig i stor grad avhenge av hvilket kostnadsnivå et demonstrasjonsanlegg fremviser. Jo lavere kostnader tiltaket demonstrerer, desto mer vil tiltaket bidra til å demonstrere CO₂-håndtering som en aktuell klimateknologi for fremtiden.

Det er knyttet større usikkerhet til realisering av den andre effekten; om tiltaket vil øke sannsynligheten for at andre anlegg bygges ut. Sannsynligheten vil kunne øke fordi tiltaket, gjennom læringseffekter, bidrar til lavere kostnader ved utbygging, i tillegg til en mer positiv holdning til CO₂-håndtering. Den fremtidige utbyggingen av CO₂-håndtering og spesielt dette tiltakets påvirkning på fremtidig utbyggingstakt er derimot svært usikker.

Dagens status for CO₂-håndtering tyder ikke på at stater er villige til å bevilge store summer på å utvikle teknologien. Storbritannia har nylig avlyst sin utlyste konkurranse om finansiering til CO₂-håndtering, mens Nederland har satt sitt ROAD-prosjekt på vent. I andre land finnes det noen mer konkrete planer, men antall planlagte prosjekter er langt mindre enn nødvendig for å nå den tenkte utviklingen i IEAs 2-gradersscenarier.

Vi har heller ikke klart å identifisere noen prosjekter som står klare til å ta i bruk erfaringene fra et potensielt norsk prosjekt, eller som er betinget av et norsk prosjekt.

Det norske prosjektet kan også medføre økt aksept av CO₂-håndtering som et trygt klimatiltak i befolkningen internasjonalt. Tiltaket vil gi mer erfaring med CO₂-lagring på sokkelen, og kan redusere risiko men også frykt for lekkasje fra reservoarene, slik at fremtidige prosjekter møter lavere motstand.

Dersom det norske prosjektet blir svært dyrt kan tiltaket redusere andre nasjoners vilje til å investere i teknologien. Miljøer i Norge og utlandet kan da miste troen på at CO₂-håndtering er en hensiktsmessig klimateknologi. Anlegget kan også tenkes å gi teknisk læring som tilsier at CO₂-håndtering ikke er egnet for å redusere utslipp til atmosfæren. Slik kunnskap vil også være nyttig.

Å finne løsningen på klimaproblemet er svært utfordrende siden det avhenger av at land koordinerer sin innsats og virkemidler. Enkelte peker på at dersom Norge bruker en satsing på CO₂-håndtering som et forhandlingskort i internasjonale forhandlinger, kan det tenkes at det kan «presse» andre land til å øke sine investeringer i klimateknologi.

Oppsummert fremstår det som svært usikkert om demonstrasjonsprosjektet vil øke hastigheten på utviklingen av nye CO₂-håndteringsprosjekter - i Europa eller i resten av verden. Kvalitetssikrer legger derfor en konservativ antakelse til grunn om at tiltaket ikke vil bidra til en økt utvikling av teknologien. Et vellykket tiltak vil likevel demonstrere at CO₂-håndtering er et mulig og trygt klimatiltak, som vil være en verdi i seg selv. Dersom tiltaket i tillegg viser seg å sette fart på utviklingen av teknologien vil dette likevel gi et viktig bidrag til utvikling av klimateknologier og øke verdenssamfunnets mulighet for å nå 2-gradersmålet.

Å få kunnskap om at CO₂-håndtering er et mulig og trygt klimatiltak vurderes å ha stor betydning for samfunnet, siden det er viktig å finne tiltak for å nå 2-gradersmålet globalt. Anlegget kan slå positivt eller negativt ut for den videre utviklingen for CO₂-håndtering. Interessenter vi har snakket med har tro på at anlegget vil ha en positiv effekt. Vi mener det er mest sannsynlig at anlegget gir en positiv demonstrasjonseffekt til kommersielle aktører, forskere, myndigheter og befolkningen.

I minimumsalternativet vurderes omfanget å være lite positivt (+++). Her får man i realiteten bare vist transport og lagring, og får ikke demonstrert fangsten av CO₂. I de andre alternativene – hvor det bygges fangstanlegg – antas det at omfang er stort positivt (+++++), se Tabell 10-10. Vår vurdering er at den positive effekten ved å demonstrere hele kjeden er uavhengig av om det bygges ett eller flere fangstanlegg. Siden det er usikkert om spredningspotensialet er ulikt i sektorene er alternativene scoret likt. Vi vurderer også at denne effekten er den samme dersom man hadde etablert CO₂-håndtering på Mongstad eller i utlandet.

Tabell 10-10 Verdien av å demonstrere CO₂-håndtering som et mulig og trygt klimatiltak

	Minimum	Sement	Ammoniakk	Avfall	Sement og liten kilde	Tre kilder
Demonstrasjon av CO ₂ -håndtering som et mulig og trygt klimatiltak	+++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++

10.9 Andre ikke-prissatte virkninger

Kvalitetssikrer gir her en vurdering av andre identifiserte ikke-prissatte virkninger.

Regulatorisk læring

Flere regelverk vil komme til anvendelse dersom myndighetene beslutter å etablere et demonstrasjonsanlegg for fangst, transport og lagring av CO₂:

- Karbonlagringsdirektivet⁷
- Konkurranselovgivning og regelverk om statsstøtte
- London-protokollen
- Klimakvoteloven
- Forurensningsloven og forurensningsforskriften
- Petroleumsforskriften og/eller forskrift gitt i medhold av kontinentalsokkelloven

Lagringsdirektivet omfatter geologisk lagring av CO₂, også pilotanlegg, med forventet lagring av 100 000 tonn eller mer. Deponiene må være sikre i forhold til karbonlekkasje og andre miljøskader. Det er landene selv som bestemmer hvilke områder som benyttes som deponier. Aktører som drifter deponiene må innhente tillatelser i henhold til flere regelverk, og må følge visse krav til drift, overvåking, rapportering, vedlikehold og utbedring. Operatørene har også ansvar for dette etter at deponiene stenges ned og inntil staten vil overta forpliktelsene etter nærmere fastsatte regler.⁸

De miljømessige delene av EUs lagringsdirektiv er implementert i forurensningsforskriften⁹, mens de øvrige delene som dreier seg blant annet om tredjeparts adgang til installasjoner, konkurransemessige forhold, og eierforhold til ressurser på sokkelen, er ivarettatt i petroleumsforskriften eller kontinentalsokkelforskriften¹⁰.

Etablering av et demonstrasjonsanlegg vil gi erfaringer med anvendelse av lagringsdirektivet og i hvilken grad dette i dag er et tilfredsstillende regelverk, eller om det bør endres eller justeres.

Norske myndigheter ga nylig myndighetene ny tillatelse for injisering og lagring av CO₂ på Sleipner basert på denne delen av direktivet, og har allerede erfaring med anvendelsen av de miljømessige forholdene med CO₂-håndtering fra Sleipner og Snøhvit (som er implementert gjennom forurensningsforskriften kap. 35). Det er imidlertid ikke bygget nye lagringsprosjekter i Europa hjemlet i EUs direktiv om geologisk lagring av CO₂, og her kan det forventes at anlegget vil gi nye erfaringer angående krav om geologiske undersøkelser før etablering

⁷ Europaparlaments- og rådsdirektiv 2009/31/EF av 23. april 2009 om geologisk lagring av karbondioksyd og om endring av rådsdirektiv 85/337/EØF, europaparlaments- og rådsdirektivene 96/61/EF, 2000/60/EF, 2001/80/EF, 2004/35/EF, 2006/12/EF og forordning (EF) nr. 1013/2006

⁸ Norsk industri: Direktiv lagring av CO₂. Lastet ned 21.06.16 fra: <https://www.norskindustri.no/Energi-og-miljo/EUs-2020-mal/Direktiv-lagring-av-CO2/>

⁹ Forskrift om begrensning av forurensning (forurensningsforskriften) (FOR-2004-06-01-931)

¹⁰ Forskrift om utnyttelse av undersjøiske reservoarer på kontinentalsokkelen til lagring av CO₂ og om transport av CO₂ på kontinentalsokkelen (FOR-2014-12-05-1517)

av et nytt lagringssted og hvordan dette dokumenteres. Anlegget kan også gi læring om avklaringer rundt finansiell sikkerhetsstillelse, overvåking av lagret CO₂ og overlevering til staten etter nedstenging.

Statlig støtte til planlegging, bygging og drift av et demonstrasjonsanlegg for CO₂-håndtering faller inn under EØS-avtalens bestemmelser om statsstøtte. Dersom man beslutter å etablere et demonstrasjonsprosjekt må norske myndigheter notifisere støtten til EFTA Surveillance Authority (ESA). I ESAs miljøretningslinjer åpnes det for å støtte CO₂-håndteringsprosjekter med inntil 100 prosent av støtteberettigede kostnader. Dersom andre bestemmelser i miljøretningslinjene blir oppfylt kan støtten trolig godkjennes.

Londonprotokollens generelle bestemmelser innebærer at eksport av avfall til andre land med sikte på dumping, inkludert injeksjon i geologiske formasjoner under havbunnen, er forbudt. Den ble endret i 2009 for å tillate transport av CO₂ over landegrenser for lagring offshore. For å tre i kraft må endringen ratifiseres av 2/3 av partene i protokollen. Per januar 2016 hadde tre land, inkludert Norge, ratifisert endringene.¹¹ At medlemsland ratifiserer endringene er nødvendig på lang sikt dersom Norge skal være en potensiell lagringsdestinasjon for CO₂. Lagring på norsk sokkel i demonstrasjonsprosjektet kan sende et positivt signal internasjonalt og bidra til at landene slutter seg til endringene i Londonprotokollen.

Utover dette vil tiltaket gi erfaringer om kvoteplikt i ulike deler av kjeden. For å kunne lagre må det gis tillatelse til dette etter forurensningsforskriften kap. 35.

Regulatorisk læring vurderes å ha middels betydning for samfunnet. Omfanget vurderes å være lite positivt for alle alternativ (++), se Tabell 10-11. Siden anlegget først og fremst vil gi regulatorisk læring rundt forhold knyttet til lagring av CO₂ er effekten antatt å være lik for alle alternativ. Vi vurderer i tillegg at denne effekten er den samme dersom man hadde etablert CO₂-håndtering på Mongstad eller i utlandet.

Tabell 10-11 Vurdering av regulatorisk læring

	Minimum	Sement	Ammoniakk	Avfall	Sement og liten kilde	Tre kilder
Betydning	Middels					
Omfang	Lite positivt	Lite positivt	Lite positivt	Lite positivt	Lite positivt	Lite positivt
Konsekvens	++	++	++	++	++	++

Kommersiell læring

Et demonstrasjonsanlegg kan gi kommersiell læring på ulike områder; myndighetene kan lære om kontraktsutforming og anskaffelser på området, det vil gi erfaringer med kostnader for fangst, transport og lagring og gi etterspørsel etter fangstteknologi.

Anlegget vil gi myndighetene erfaring med hvordan de skal utforme kontrakter og avtaler med aktører innen fangst, transport og lagring av CO₂.

Dersom man får erfaring med kostnaden for fullskala CO₂-håndtering, blir det enklere å fatte beslutning om å investere i andre prosjekter. Priser på CO₂-håndtering vil gi sikrere grunnlag for beslutningstakerne, og reduserer planleggingskostnader for kommende anlegg. På den annen side kan svært høye kostnader for demonstrasjonsprosjektet påvirke beslutningstakerne negativt, slik at de ikke ønsker å satse på CO₂-håndtering.

Demonstrasjonsanlegget vil i seg selv gi etterspørsel etter fangstteknologi. Siden CO₂-prisen er lav og fangstteknologiene er dyre har ikke eiere av store utslippspunkter incentiver til å rense utslippene sine. Det er altså ikke et marked for CO₂-fangst, men bygging av anlegget kan øke etterspørselen etter teknologien.

Kommersiell læring antas å ha middels betydning for samfunnet. Omfanget antas å være lite positivt (++) for alle alternativ unntatt alternativet med tre fangstanlegg. Her er vurderingen at tre nye fangstanlegg gir faktiske priser fra flere anlegg, mer erfaring med anskaffelse av tjenestene og mer etterspørsel etter fangstteknologi sammenlignet med de andre alternativene. Omfanget vurderes å være middels positivt (+++), se Tabell 10-12.

¹¹ International Maritime Organization (2016) *List of amendments to the London Protocol (as of 9 February 2016)*. Lastet ned 26.8.16 fra: <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/LCLP/Documents/List%20of%20amendments%20to%20the%20London%20Protocol.pdf>

Vi vurderer i tillegg at et CO₂-håndteringsanlegg på Mongstad ville hatt samme effekt som «Tre kilder» på grunn av det store fangstvolumet på Mongstad. Finansiering av CO₂-håndtering i utlandet vil også kunne ha en effekt på linje med «Tre Kilder», dette er likevel avhengig av i hvilket land man hadde finansiert et slikt demonstrasjonsprosjekt.

Tabell 10-12 Vurdering kommersiell læring

	Minimum	Sement	Ammoniakk	Avfall	Sement og liten kilde	Tre kilder
Betydning	Middels					
Omfang	Lite positivt	Lite positivt	Lite positivt	Lite positivt	Lite positivt	Middels positivt
Konsekvens	++	++	++	++	++	+++

Næringsutvikling for Norge

Effekten antas å være todelt:

- Et demonstrasjonsprosjekt kan bidra til at Norge holder på kompetanse som er opparbeidet gjennom forskning og testing på Mongstad og CLIMIT
- Demonstrasjon kan bidra til å etablere en ny næring innen CO₂-håndtering i Norge

Den første effekten er kortsiktig, mens den andre effekten vil gjøre seg gjeldende på lang sikt. Norge har i dag kompetanse innen både fangst, transport og lagring av CO₂. Ressursene som er lagt ned i forskning og testing på Mongstad og i CLIMIT er betydelige, og kan tilsa at Norge har et fortrinn innen fangstteknologi. Samtidig vil utenlandske aktører kunne ta opp konkurransen på fangstområdet. På områdene transport og lagring har Norge mer naturlige fortrinn. Skipstransport og offshore er allerede store næringer i Norge og man vil kunne utnytte fordelene av å være tidlig ute på et nytt område som CO₂-håndtering. Dersom CO₂-håndtering bygges ut i stor skala i verden på sikt, og det blir en etterspørsel etter lagerkapasitet i Nord-Europa, kan mottak av CO₂ for lagring på norsk sokkel tenkes å bli en ny næring i Norge.

Effektens betydning for samfunnet vurderes å være liten. Omfanget vurderes å være lite positivt i minimumsalternativet (+), siden man ikke etablerer fangstanlegg. Samme vurdering gis for utenlandsalternativet (+), siden anlegget ikke etableres i Norge. Omfanget vurderes å være middels positivt for de øvrige alternativene (++) . Generelt er det svært usikkert i hvilken grad anlegget vil gi næringsutvikling. Vi vurderer at et tiltak på Mongstad har samme effekt som på «Tre Kilder».

Tabell 10-13 Vurdering av næringsutvikling for Norge

	Minimums-alternativet	Et nytt fangstanlegg	Et nytt fangstanlegg + Yara 200 tonn	Tre kilder
Betydning	Liten			
Omfang	Lite positivt	Middels positivt	Middels positivt	Middels positivt
Konsekvens	+	++	++	++

Mulig økning av verdien på norsk gass

Dersom CO₂-håndtering blir et klimatiltak for fremtiden og anvendes bredt i kraftsektoren, herunder på gasskraftverk og kullkraftverk, kan det potensielt øke prisen på norsk naturgass. Det er imidlertid stor usikkerhet til om en slik nytteeffekt vil oppstå og om denne i så fall kan tilskrives demonstrasjonsprosjektet.

Argumentet for en slik effekt er at dersom naturgassen renses og blir CO₂-fri, kan den ta opp konkurransen med annen ren energi, etterspørselen etter naturgass vil øke, og dette vil gi høyere pris. Det er imidlertid betydelig usikkerhet knyttet til om gasskraftverk med CO₂-håndtering vil være konkurransedyktig i fremtidens energimarked. Dette vil avhenge blant annet av kostnadsutviklingen på fornybar kraftproduksjon og lagrings- og batteriteknologier og utviklingen av finansieringsløsninger i det europeiske kraftmarkedet. I dagens marked ser vi at fornybar kraftproduksjon, som har marginalkostnader som er svært lave eller nær null, i økende grad erstatter produksjon fra kull- og gasskraftverk, som har betydelig høyere driftskostnader. Installasjon av renseteknologi vil ytterligere øke kostnadene for denne typen kraftproduksjon. I den grad markedet utvikles på en slik måte at fossil energiproduksjon med CO₂-håndtering vil være konkurransedyktig, er det heller ikke gitt at det er gasskraftverk som vil være mest lønnsomt.

I tillegg til denne usikkerheten er det lite sannsynlig at et demonstrasjonsprosjekt i industrisektoren vil påvirke utviklingen av CO₂ håndtering innen kraftsektoren i særlig stor grad. Det er derfor også lite sannsynlig at anlegget kan påvirke prisen på naturgass.

Effektens omfang vurderes å være lite positivt i alle alternativer (+), se Tabell 10-14. Generelt er det svært usikkert om demonstrasjonsanlegget i det hele tatt vil påvirke utviklingen i CO₂-håndtering innen kraftsektoren, men siden flere interessenter har pekt på det som en mulig effekt er den likevel inkludert i analysen.

Tabell 10-14 Vurdering mulig økning av verdien på norsk gass

	Minimum	Sement	Ammoniakk	Avfall	Sement og liten kilde	Tre kilder
Betydning	Liten					
Omfang	Lite positivt	Lite positivt	Lite positivt	Lite positivt	Lite positivt	Lite positivt
Konsekvens	+	+	+	+	+	+

Miljøinngrep

Bygging og drift av et demonstrasjonsanlegg vil medføre konsekvenser for omgivelsene. Fangst av CO₂ vil kunne redusere utslipp av enkelte stoffer som slippes ut i dag. Samtidig vil bygging og drift av CO₂-fangstanlegg gi nye utslipp. På Norcem vil utslipp av kvikksølv, støv, NOX og SO₂ til luft reduseres, samtidig som CO₂-fangst med amin gir nye utslipp. For denne effekten har vi lagt til grunn vurderingene i KVVU-en.

Andre miljørelaterte virkninger av en fangst-, transport- og lagerkjede vil være støy, avfallsproduksjon, fysiske inngrep i naturen, visuelle endringer, økt trafikk på vei og sjø, farer ved uhellsutslipp av CO₂ og kjemikalier.

Det er særlig etablering av fangstanlegget og mellomlager som vil gi konsekvenser for miljø. Transport og lagring vil til en viss grad medføre konsekvenser for miljøet gjennom økt transport til havs og til lands. Etablering av landterminal og rør til lager vil også medføre direkte inngrep i naturen.

Miljøinngrep vurderes å ha liten betydning for samfunnet siden det bare er snakk om de direkte miljøeffektene ved å bygge og drifte CO₂-håndteringskjeden. I alternativet med tre fangsanlegg er omfanget stort negativ(---), mens det for de resterende alternativene er vurdert til middels negativ (--), se Tabell 10-15.

Tabell 10-15 Vurdering av miljøinngrep

	Minimum	Sement	Ammoniakk	Avfall	Sement og liten kilde	Tre kilder
Betydning	Liten betydning					
Omfang	Middels negativt	Middels negativt	Middels negativt	Middels negativt	Middels negativt	Stort negativt
Konsekvens	--	--	--	--	--	---

10.9.1 Sammenstilling av ikke-prissatte effekter

De ikke-prissatte effektene er usikre og vanskelig å vurdere betydningen av. Fangst fra tre kilder vurderes å gi mest ikke-prissatt nytte siden tre fangstanlegg gir mest kunnskap om CO₂-håndtering som miljøtiltak, størst demonstrasjonseffekt og læring i ulike sektorer i industrien (ivarettatt i effekten CO₂-håndtering er et mulig og trygt klimatiltak). Minimumsalternativet gir minst demonstrasjonseffekt og læring ettersom det ikke bygges fangstanlegg.

Det forventes at alle alternativene vil gi noe regulatorisk læring siden regelverk innen fangst, transport og lagring av CO₂ vil komme til anvendelse.

Anlegget vil gi kommersiell læring gjennom erfaringer med faktiske priser, kontraktinngåelser med aktører i bransjen og noe etterspørsel etter fangstteknologi.

Hvis andre anlegg kommer etter kan tiltaket kan gi næringsutvikling og bidra til å øke verdien av norsk gass på sikt, men disse to effektene er svært usikre.

Tiltaket vil gi miljøkonsekvenser under bygging og drift da det vil innebære direkteinngrep i naturen, økt trafikk, avfall, men også utslipp av CO₂ og aminer.

10.9.2 Tabell 10-16 Sammenstilling av ikke-prissatte effekter

	Minimum	Sement	Ammoniakk	Avfall	Sement og liten kilde	Tre kilder
Demonstrere at CO ₂ -håndtering er mulig og trygt klimatiltak	+++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++
Regulatorisk læring	++	++	++	++	++	++
Kommersiell læring	++	++	++	++	++	+++
Næringsutvikling i Norge	+	++	++	++	++	++
Mulig økning av verdien på norsk gass	+	+	+	+	+	+
Miljøinngrep	--	--	--	--	--	---

10.10 Fordelingsevirkninger

I tillegg til prissatte og ikke-prissatte virkninger skal det i samfunnsøkonomiske analyser redegjøres for potensielle fordelings effekter. Et tiltak som samlet sett er samfunnsøkonomisk lønnsomt kan innebære at noen grupper kommer dårligere ut av tiltaket og at andre kommer bedre ut. Fordelingseffekter tydeliggjør hvordan nytte- og kostnadsvirkninger fordeles mellom ulike grupper i samfunnet.

En utsettelse av å redusere utslipp av klimagasser i henhold til 2-gradersmålet vil bidra til å forskyve kostnader fra dagens generasjoner til kommende generasjoner. Kommende generasjoner vil både få økte kostnader ved klimaendringer og økte kostnader knyttet til utslippsreducerende tiltak. Dette er således en fordelings effekt som kan oppstå dersom tiltaket ikke gjennomføres i dag.

Dersom utslippsbegrensende tiltak ikke gjennomføres vil verden oppleve store klimaendringer. Fattige land vil være mest sårbare for disse klimaendringer og vil i stor grad måtte bære kostnadene dersom verdenssamfunnet ikke oppnår 2-gradersmålet. Å la være å kutte utslipp vil dermed gi reduserte kostnader i Norge og økte kostnader i fattige land. Hvis et demonstrasjonsanlegg for CO₂-håndtering medvirker til at teknologien tas i bruk reduseres de negative fordelings effektene knyttet til klimaendringer.

Dersom et demonstrasjonsanlegg for CO₂-håndtering medvirker til lavere kostnader for fremtidige utbyggere i andre land (produktivitetsgevinster) vil dette være en fordelings effekt.

Forurensningsloven bygger på prinsippet om at forurenser skal betale for avfallshåndteringen. Dette innebærer i utvidet forstand at den forurensende generasjon og forurensende stater skal betale og at avfallshåndteringen ikke kan skyves videre til fremtidige generasjoner eller andre stater. Det er viktig å ikke påføre fremtidige generasjoner utilbørlige byrder. Det er dermed betydelige negative fordelingsvirkninger knyttet til null-alternativet, der man ikke setter i gang tiltak for CO₂-håndtering.

Illustrasjon på å prissette fordelings effekter mellom generasjoner

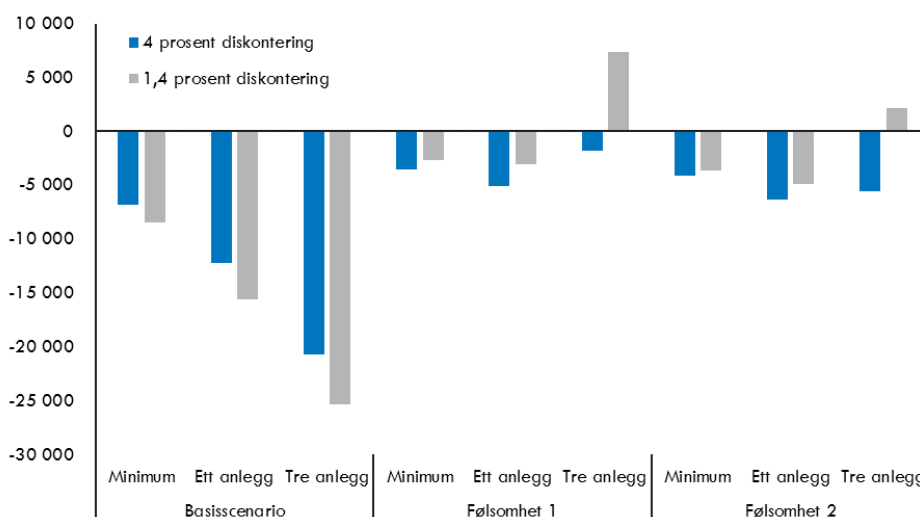
En tilnærming for å synliggjøre fordelings effekter mellom generasjoner er vektlegge fremtidige generasjoners nytte og kostnader høyere ved å bruke en lavere diskonteringsrente for klimatiltak. Denne tilnærmingen er mye diskutert i den miljøøkonomiske faglitteraturen, som blant annet er redegjort for i NOU 2012:16. Når det gjelder diskontering ved bruk av kalkulasjonsrenter er dette primært en metode som brukes for å regne fremtidige verdier om til kontantekvivalente verdier vurdert på et bestemt referansetidspunkt. Denne metoden vil på samme tid gjøre at eventuelle kostnadsstrømmer i begynnelsen av analyseperioden tillegges en større vekt enn eventuelle nyttestrømmer i fremtiden. Dette er en ren matematisk konsekvens av geometrisk diskontering. Fagdiskusjonen om diskonteringsrenter i forbindelse med fordelings effekter har oppstått i den samfunnsøkonomiske litteraturen fordi diskonteringsrenter blant annet tolkes som et uttrykk for «utålmodighet» i konsum.

Samspeilet mellom kalkulasjonsrenten og fordelings effekter er diskutert inngående i NOU 2012:16 «Samfunnsøkonomiske analyser». Her anbefales det en fallende kalkulasjonsrente med den bakgrunn at risikofri rente bør skal være fallende over tid dersom usikkerheten omkring vekstrater i økonomien akkumulerer over tid¹². Utvalget sier at hvis et prosjekt har negativ nåverdi når man ikke tar hensyn til fordelingsvirkninger, mens de som vil tjene på prosjektet er fremtidige generasjoner, så er det i utgangspunktet et fordelingsproblem og ikke et diskonteringsproblem. I NOU 2012:16 anbefales det at dersom miljøgoder blir knappere over tid, er det grunn til å tro at kalkulasjonsprisen på miljøgoder vil gå opp relativt til verdien på andre goder. Eventuelle fordelings effekter blir dermed ikke direkte tatt hensyn til, men reflekteres gjennom relative priser på lengre sikt. Slik kan nyttestrømmer fra miljøgoder i den fjerne horisonten få en høyere verdi enn man ville hatt med «prisen» på miljøgoder på referansetidspunktet.¹³

Vi mener at det er relevant i lys av diskusjonen i NOU 2012:16 å vise hvordan tiltakenes lønnsomhet endrer seg med en lavere kalkulasjonsrente for å synliggjøre fordelings effekter. Dette er ikke nødvendigvis en optimal måte å prissette fordelingsvirkninger og klimatiltak, men er likevel en overkommelig tilnærming uten å måtte prissette relative priser på miljøgoder i 2050 eller modellere inn ulike eksogene betingelser som terskelverdier.

I Figur 10-6 viser vi en følsomhetsanalyse med en diskonteringsrente på 1,4 prosent for basisscenariet og følsomhetsanalyse 1 og 2.

Figur 10-6: Illustrasjon av fordelings effekter



Kilde: Atkins Norge og Oslo Economics

¹² Argumentet for en fallende kalkulasjonsrente er altså knyttet til usikkerheten om markedsavkastning i internasjonale kapitalmarkeder, og i liten grad til ingen grad knyttet til fordelings hensyn mellom generasjoner.

¹³ I litteraturen er det spesielt diskusjonen mellom Stern (2006) og Nordhaus (2007) om parameterne i Ramsey-betingelsen som står sentralt. Kort oppsummert mener Stern-rapporten at for klimatiltak så skal den rene tidspreferanseraten i Ramsey-betingelsen settes nær null ut fra en etisk vurdering om at nytten for fremtidige generasjoner skal veie like mye som for nåværende generasjon i intertemporale avveininger. Samtidig som Stern-rapporten setter en lav verdi på grensenytteelastisiteten (lav preferanse for konsumtjevning over tid) fordi det ikke forventes at fremtidige generasjoner vil bli rikere enn dagens generasjoner i samme takt som for eksempel utviklingen de siste 100 årene. Nordhaus (2007) har en mer kapitalverdidbasert tilnærming ved at avkastningen på alternative investeringer bør være retningssigende også for klimainvesteringer, slik at kalkulasjonsrenten blir på nivå med observerbare markedsrenter, eksempelvis statsobligasjoner med meget lang løpetid. For å imøtegå fordelings hensyn mener Nordhaus at en mer effektiv strategi er å investere i konvensjonell kapital i en tidlig fase og deretter bruke avkastningen av disse investeringene på å investere betydelig i klimatiltak. En innvending mot dette er at en rekke klimatiltak er like mye teknologitiltak, slik at avkastningen på konvensjonell kapital ikke vil kunne brukes på klimatiltak hvis vi ikke har utviklet teknologien som det blir behov for. En annen løsning som Nordhaus nevner er at dersom man er bekymret for å overstige terskelverdier i naturen, så kan man innføre skranker på hvor store temperaturøkninger som skal tillates. I denne sammenheng vil det tilsi en terskelverdi på 2-grader, slik at da må man legge til grunn at man skal nå 2-gradersmålet. I denne analysen, der det er føringer på å ikke legge 2-gradersmålet til grunn, blir derfor Nordhaus sin løsning lite relevant.

I basisscenariet vil en lavere kalkulasjonsrente gjøre totalbildet mer negativt. Det skyldes at antagelsen om kvoteprisbanen medfører at tiltaket har svært små nyttestrømmer i fremtiden. I følsomhetsanalysene vil tiltaket bli mer positivt fordi nyttestrømmene i fremtiden er større. Tiltak med mange CO₂-fangstanlegg vil også få en positiv prissatt netto nytte. Dette viser at lønnsomheten til et demonstrasjonsprosjekt er meget sensitivt for valg av kalkulasjonsrente. Hvis man mener at diskonteringsrenten reflekterer intertemporale preferanser for konsum (som i mikroøkonomisk teori) og man har preferanse for at generasjoner skal vektlegges likere, eller at avkastningskravet til klima- og teknologitiltak av andre grunner bør settes lavere, vil dette under visse betingelser om fremtidige nyttestrømmer endre fortegnet på de prissatte effektene. Samlet sett indikerer dette at realverdien av nyttestrømmer i en verden der man nærmer seg å nå 2-gradersmålet vil overgå realverdien av kostnadene. Ulempen er at kostnadene kommer tidlig og nyttestrømmene sent, slik at resultatet samlet blir negativt i en samfunnsøkonomisk analyse.

En sensitivitet med en høyere kalkulasjonsrente vil gjøre totalbildet mer negativt. Vi viser ikke dette i en figur fordi dette ikke endrer resultatet fra basisanalysen, og slik sett er «uinteressant».

10.1.1 Realopsjoner og fleksibilitet

Rammeavtalen sier følgende om realopsjoner og fleksibilitet:

«Også når et alternativ peker seg ut, skal det gjøres en vurdering av optimal beslutningsfleksibilitet. I denne forbindelse skal leverandøren vurdere oppstarttidspunktet for gjennomføringsfasen, samt om konseptet bør deles opp i flere trinnvise prosjekter, hvor det må tas en positiv beslutning for å gå videre fra et prosjekt til det neste. Ved siden av de kvalitative vurderinger skal det benyttes samfunnsøkonomiske metodeverk»

I vurderingen av konseptvalg er det også av betydning hvor fleksible løsningene er for mulige endringer i forutsetningene. Alternativer som gir økt fleksibilitet er å foretrekke, alt annet gitt.

Fleksibilitet ved overkapasitet i lager - stordriftsfordeler

Alternativene som bygger ut overkapasitet i lager og injeksjonsrør vil gi en opsjon for senere utvidelser av tiltaket eller salg/tilbud av lagertjenester til utlandet dersom dette skulle bli etterspurt i fremtiden.

Kvalitetssikrers alternativer har undervannsanlegg med frittstående satelittbrønner. CO₂ pumpes via rør fra mellomlager på land til undervannsanlegget, der valg av injeksjon i satelittbrønnene fjernstyres. Diameteren på røret bestemmer det årlige injeksjonsvolumet. Oslo Economics har i regneeksempelet lagt til grunn at en tilleggsinvestering på om lag 100 millioner norske kroner vil gi en økt diameter på røret fra 8 tommer til 12 tommer. En slik diameterforskjell tilsvarer en økning i injeksjonsomfang på om lag 2 millioner tonn CO₂ i året.

I Tabell 10-17 viser vi resultatet av en beregning for å synliggjøre hvordan investeringer i rørkapasitet i dag påvirker de totale kostnadene, gitt at begge alternativer på sikt skal ha samme injeksjonskapasitet.

I det første alternativet investeres det i et 8-tommers rør i første investeringsperiode og deretter utvides kapasiteten med et nytt 8-tommers rør i andre periode. I det andre alternativet tas det en investering i et 12-tommers rør i første periode. Kapasiteten på brønnen er identisk i de to alternativene på 3 millioner tonn CO₂ i året, forskjellen ligger i at et 8-tommers rør har en kapasitet på 2 millioner tonn i året og et 12 tommer rør har kapasitet på rundt 4 millioner tonn i året. Første investeringsperiode antar vi er i 2022-2023, og andre investeringsperiode er i 2030-2031.

Tabell 10-17: Kostnader ved investering i lav og stor kapasitet på rør

Kostnader	To 8-tommers rør	Ett 12-tommers rør
Total investeringskostnad	1277	877
NNV kostnad for brønn	206	206
NNV kostnad for rør	645	447
Samlet nåverdi	851	654

Kilde: Atkins Norge og Oslo Economics

Tabellen viser at kostnaden for et 12-tommers rør i første investeringsperiode har både lavest samlet investeringskostnad og lavest negativ nåverdi. Likevel vil en investering i stor kapasitet gi et tap på 100 millioner kroner hvis CO₂-lagring har et omfang på mindre enn 2 millioner tonn CO₂ i året. Tatt i betraktning at alle tiltaksalternativene har et årlig injeksjonsvolum på 2 millioner tonn CO₂ i året eller betydelig mindre, vil en investering i stor kapasitet kun være lønnsomt dersom Norge mottar volumer fra andre land eller det blir en snarlig, storstilt satsning på CO₂-håndtering i Norge.

Fleksibilitet ved trinnvis implementering

Tiltaket har fleksibilitet i gjennomføringen og implementeringen av CO₂-håndtering ved at man kan bygge ut CO₂-håndtering trinnvis, og dermed ta beslutninger basert på den faktiske utviklingen i CO₂-prisene. Vi har ikke prissatt realopsjonene, men illustrerer verdien. For å gjøre dette tar vi utgangspunkt i planlegging om å bygge tre fangstanlegg. Dersom Norge skal oppnå målsetningene for rensing satt i Klimaforliket, vil dette ifølge Klimakur 2020 trolig innebære rundt ni CO₂-håndteringsanlegg i Norge. Det fremstår derfor som fornuftig å vurdere muligheten for et scenario hvor alle tre fangstanlegg bygges ut på sikt.

Følgende gjennomføringsplan er lagt til grunn i denne enkle analysen:

- Bygge ut transport og lagring av CO₂ med lagring av CO₂ som i dag fanges og slippes ut, der driftsstart er i 2024
- Bygge ut et fangstanlegg med driftsstart i 2028, som kan ta i bruk den allerede utbygde infrastrukturen for transport og lagring
- Bygge et nytt fangstanlegg med driftsstart i 2032 som kan utnytte seg av allerede utbygd lagringskapasitet, men der det bygges et ekstra skip for transport av CO₂
- Bygge ut et siste fangstanlegg med driftsstart i 2036 som tar i bruk infrastrukturen

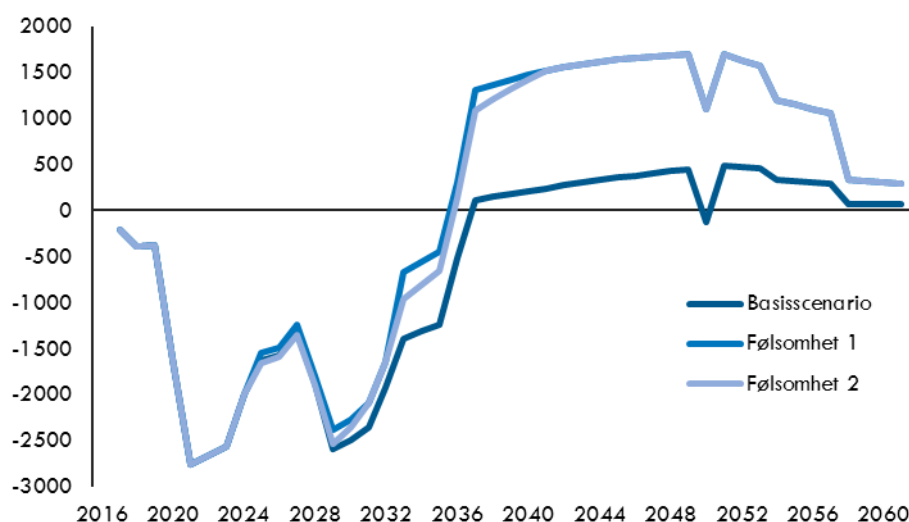
Formålet med trinnvis utbygning er å få utnyttet fleksibilitet. Ulempen med en vanlig netto nåverdi analyse er at prosjektet gjennomføres fullt ut, uten dynamiske avgjørelser fra prosjekteier. En mer dynamisk beslutningsstrategi gir følgende fleksibilitet:

- a) Dersom CO₂-prisen rundt 2024 viser en svak utvikling kan man stoppe utbygningen av CO₂-håndtering og spare seg for driftskostnader
- b) Ved å ta de billigste tiltakene først vil en stopp i utbygningen gi lavere sunkne kostnader enn ved oppstart av et mer ambisiøs helkjede
- c) Dersom CO₂-prisen får en tilstrekkelig positiv utvikling vil man allerede ha tilrettelagt for en kraftig utbygning av infrastruktur knyttet til transport og lagring som gjør det relativt billig å investere i flere CO₂-håndteringsanlegg i fremtiden

I denne enkle realopsjonsanalysen har vi lagt til grunn null produktivetsgevinster selv om dette vil være avhengig av CO₂-prisutvikling. Forutsetningen tilsier derfor at alle fangstanlegg som bygges sekvensielt har samme kostnadsnivå som i dag. Siden tiltaket med demonstrasjonsanlegg delvis er begrunnet i produktivetsgevinster påpeker vi at kostnadstallene som inngår i denne illustrasjonen sannsynligvis er lavere og gjør tiltakene mer positive. Kostnadene som er innhentet til prosjektet er ikke fremskaffet med dette designet og usikkerheten er stor. Vi har derfor vært forsiktige i utformingen av regneeksempelet som blant annet gir seg utslag i at trinnvis utbygning av tre fangstanlegg har høyere investerings- og driftskostnader enn tilsvarende alternativ i usikkerhetsanalysen. Dette skyldes blant annet at samlede planleggingskostnader er større og vi har valgt de største anslagene på investerings- og driftskostnader der vi har måttet velge kostnadsstrømmer når vi legger byggingen av anlegg sekvensielt.

I Figur 10-7 vises utviklingen i nåverdi for CO₂-prisene i KS1 basisscenario, følsomhet 1 og følsomhet 2.

Figur 10-7: Trinnvis utbygning, ulike kvotepriser i netto nåverdi per år



Kilde: Atkins Norge og Oslo Economics

I KS1 basisscenario har tiltaket en negativ netto nåverdi på 26,2 milliarder kroner. Realopsjonsverdien ligger derimot i at prosjektet kan stoppes dersom det viser seg at CO₂-prisen ikke blir tilstrekkelig høy. Bygger man ut transport, lagring og mellomlager for allerede fanget CO₂, kan man for eksempel stoppe opp før første driftsår, slik at netto nåverdien av denne irreversible investeringen er om lag 5,2 milliarder kroner. Denne irreversible kostnaden er betydelig lavere enn tilsvarende irreversible kostnad ved å bygge ut alle anlegg samtidig, som ville vært på 12,7 milliarder kroner i negativ netto nåverdi. Siden man først bygger ut det billigste alternativet, men inkluderer noe ekstra kostnader ved større investering i skip og rør, vil dette være nest minste irreversible kostnad som prosjektet kan oppnå. Dette kan være verdt ekstrakostnaden siden fordelene med å ha tilgjengelig infrastruktur ved en positiv utvikling i CO₂-prisen kan være stor. Antar man at CO₂-prisen i 2024 er på samme nivå som i følsomhet 1 og følsomhet 2 vil tiltaket ha en positiv netto nåverdi ved trinnvis utbygning på henholdsvis 3,5 og 1,5 milliarder kroner. CO₂-prisen rundt 2030 er avgjørende fordi det i disse årene investeres mye i fangst. Det er rundt dette tidspunktet det avgjøres om det blir lønnsomt med CO₂-håndtering eller om man bør legge ned hele prosjektet, og dermed om realopsjonsverdien realiseres eller ikke.

10.12 Usikkerhet

Det er betydelig usikkerhet knyttet til nyttevirkningene av tiltaket. Den største usikkerheten er knyttet til usikkerheten rundt fremtidig internasjonal klimapolitikk, påfølgende CO₂-priser og fremtidig utbygging av CO₂-håndtering som klimatilak.

Dagens situasjon betegnes av ambisiøse mål for klimapolitikken som til dags dato ikke er fulgt opp av tilsvarende høye internasjonale CO₂-priser eller andre virkemidler for iverksettelse av nødvendige utslippskutt i tråd med ambisjonene. Gjennomføring av en ambisiøs klimapolitikk er likevel høyt på agendaen i EU og Norge og det fremstår derfor som sannsynlig at CO₂-prisene vil øke betydelig i nær fremtid. Hvorvidt prisene blir tilstrekkelig høye til å være i tråd med et norsk mål om karbonnøytralitet i 2050 eller det globale 2-gradersmålet er likevel veldig usikkert.

Fremtidige CO₂-priser vil påvirke tiltakets nytteside på to måter. En høy fremtidig markedspris på CO₂-utslipp vil øke den direkte verdsettelsen av utslippsreduksjoner og dermed øke tiltakets direkte nyttestrøm. Samtidig vil en høy fremtidig markedspris på CO₂-utslipp trolig være avgjørende for den fremtidige utbyggingen av CO₂-håndtering som klimatilak. Med CO₂-priser på dagens nivå er det lite sannsynlig at en storstilt utbygging vil forekomme. En storstilt utbygging av CO₂-håndtering vil i et slikt scenario avhenge av massiv subsidiering fra offentlige myndigheter, som virker lite sannsynlig i dagens situasjon. Samtidig kan det også tenkes at store utslippskutt vil bli gjennomført på andre måter enn gjennom en høy sektoroverspennende CO₂-pris, med andre

virkemidler. Et eksempel på alternative virkemidler er påbud om utslippskutt i visse sektorer. En storstilt internasjonal utbygging av CO₂-håndtering er likevel betinget av en sterk økning i internasjonal politisk vilje til å gjennomføre kostbare klimatiltak.

Et regneeksempel illustrerer kostnadene av en storstilt utbygging av CO₂-håndtering. Selv ved en internasjonal CO₂-pris som reflekterer 2-graderbanen vil det ta mange år før prisen er høy nok til å tilsvare kostnadene ved utbygging av CO₂-håndtering. Tidspunktet for dette avhenger også av hvordan kostnadene ved CO₂-håndtering utvikler seg, som antas å synke med antall anlegg bygget gjennom læringseffekter. Med en betydelig utvikling av CO₂-håndtering tilsvarende 1,8 gigatonn CO₂ lagret i 2050 viser våre beregninger at den langsiktige teknologikostnaden vil flate ut ved rundt 1000 kroner per tonn lagret CO₂. En kraftigere utbygging vil gi enda lavere kostnader på sikt. Denne kostnadsbanen vil først møte 2-gradersbanen for CO₂-pris i 2036, på rundt 1100 kroner per tonn. Kurvene er illustrert i Figur 10-8. Med disse forutsetningene skal det innen 2036 være bygget ut CO₂-håndteringsanlegg med en samlet kapasitet på 800 millioner tonn CO₂ til en samlet kostnad fra og med 2016 på nærmere 5 billioner norske kroner. Dersom aktørene må betale en CO₂-pris tilsvarende 2-gradersbanen innebærer dette likevel manglende finansiering tilsvarende 100-200 milliarder kroner per år i perioden 2023-2034. Finansieringsbehovet er altså betydelig, selv med en optimal global CO₂-pris.

Frem til tidspunktet hvor kostnadene for CO₂-håndtering er tilsvarende eller lavere enn CO₂-pris vil det være vanskelig å finansiere teknologien. Private aktører kan tenkes å være villige til å investere i teknologien noe før den blir privatøkonomisk lønnsom dersom de har tiltro til at CO₂-prisene stiger tilstrekkelig i fremtiden. På nåværende tidspunkt er vi likevel langt fra en slik situasjon.

En storstilt utbygging av CO₂-håndtering fremstår derfor som lite realistisk i dagens situasjon, når vi tar høyde for det betydelige investeringsbehovet som kreves. En fremtidig utbygging avhenger av internasjonal villighet til å betale for klimatiltak og trolig også smarte finansieringsmodeller og virkemidler for utvikling av klimateknologi. Likevel kan alternativet være dyrere. IPCCs beregninger tilsier at det blir 140 prosent dyrere å nå 2-gradersmålet uten CO₂-håndtering. Dette tilsier at CO₂-håndtering, sammen med energieffektivisering, satsinger på fornybare energikilder og andre klimatiltak, vil være avgjørende for å nå 2-gradersmålet. For å nå 2-gradersmålet må vi i andre halvdel av dette århundret fjerne CO₂ fra atmosfæren. Per i dag fremstår CO₂-håndtering som den mest modne teknologien for dette formålet. Vi kan likevel ikke utelukke at fremtiden vil bringe nye og bedre teknologier for fjerning av CO₂ fra atmosfæren. En satsing på CO₂-håndtering er derfor en investering som må gjøres på et svært usikkert grunnlag.

Dagens kunnskap om klimateknologier tilsier at CO₂-håndtering er en del av den billigste måten å nå 2-gradersmålet på. Dette tilsier at verden burde ta seg råd til en satsing på CO₂-håndtering. Hvorvidt den kommer til å gjøre det er likevel høyst usikkert og denne usikkerheten er avgjørende for tiltakets nytteside. Dersom Norge som eneste nasjon satser på CO₂-håndtering som klimateknologi vil dette monne lite i bidraget til teknologikutviklingen. Det er derfor avgjørende at også andre land utvikler teknologien slik at kostnadene reduseres på sikt og teknologien kan tas i bruk i stor skala.

I tillegg til usikkerheten knyttet til tiltakets nytteside er det også identifisert noe mindre risiko for gjennomføringen i deler av kjeden. Det vil være risiko for negative miljøvirkninger ved fangstanlegg dersom aminer eller ammoniakk ved en ulykke slipper ut i miljøet og risiko for lekkasje av CO₂ under transporten. Kostnadene ved slike lekkasjer vil være store, og det vil derfor gjennomføres sikringstiltak som reduserer sannsynligheten for lekkasje til et marginalt nivå.

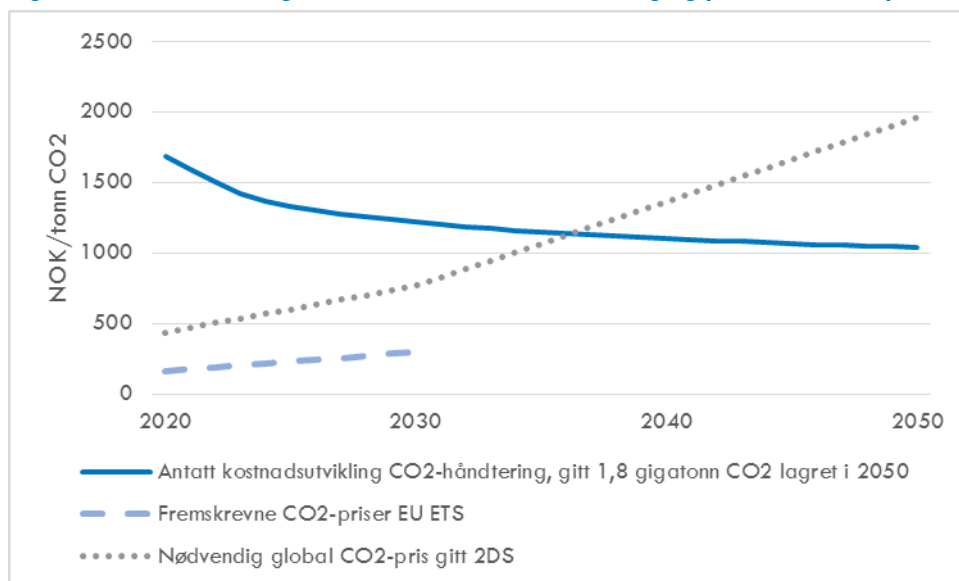
En større risiko ved gjennomføringen av tiltaket vil være muligheten for lekkasje av CO₂ fra lageret. Sannsynligheten for en slik lekkasje anslås likevel som liten. Gassen oppbevares i lager langt under bakkenivå i havet i flytende form. Dersom lekkasjer skulle oppstå vil dette fremkomme som gradvise og små lekkasjer og ikke eksplosivt. Den negative betydningen ved slike lekkasjer vurderes derfor som liten. Lageret vil likevel måtte overvåkes i lang tid for å sikre kunnskap om lagerets holdbarhet og for å sikre kontroll med de faktiske utslippsreduksjonene som tiltaket medfører.

Det er usikkerhet knyttet til gjennomføringen av et omfattende teknologikutviklingsprosjekt som ingen har gjennomført før. Prosjektet må balansere modne teknologiske løsninger som gir høy sannsynlighet for vellykket gjennomføring mot bruk av nyere teknologier med mer potensial for læring.

Samlet sett medfører dette at det er svært usikkert om tiltakets potensielle nyttegevinster i form av produktivetsgevinster og demonstrasjonseffekt realiseres. Samtidig ser ikke kvalitetssikrer spesifikke prosesser som tyder på særlige gjennombrudd for alternativer til CO₂-håndtering i nærmeste fremtid.

Verdien av tiltaket kan øke i fremtiden (realopsjon) ved økt CO₂-pris, ny teknologi, etablering av finansieringsmekanismer, eller når mer kostnadseffektive tiltak er iverksatt.

Figur 10-8 Tenkt utvikling av kostnader for CO₂-håndtering og potensielle CO₂-priser



Kilde: Atkins Norge og Oslo Economics

10.13 Kostnader per tonn renset CO₂

Basert på samlede investerings- og driftskostnader har vi beregnet kostnadene av tiltaksalternativene per tonn CO₂. Kostnadene er beregnet basert på årlig annuitet av CAPEX, tillegg årlig OPEX (midtveis i levetiden som er 25 år), dividert på årlig renset tonn CO₂ (midtveis i levetiden). Både CAPEX og OPEX er tillegg uten mva og skattefinansieringskostnad. Det er benyttet en rente på 5 prosent. Denne metoden er benyttet for å være mest mulig sammenlignbar med metoden brukt i Klimakur 2020 (Miljødirektoratet, 2010).

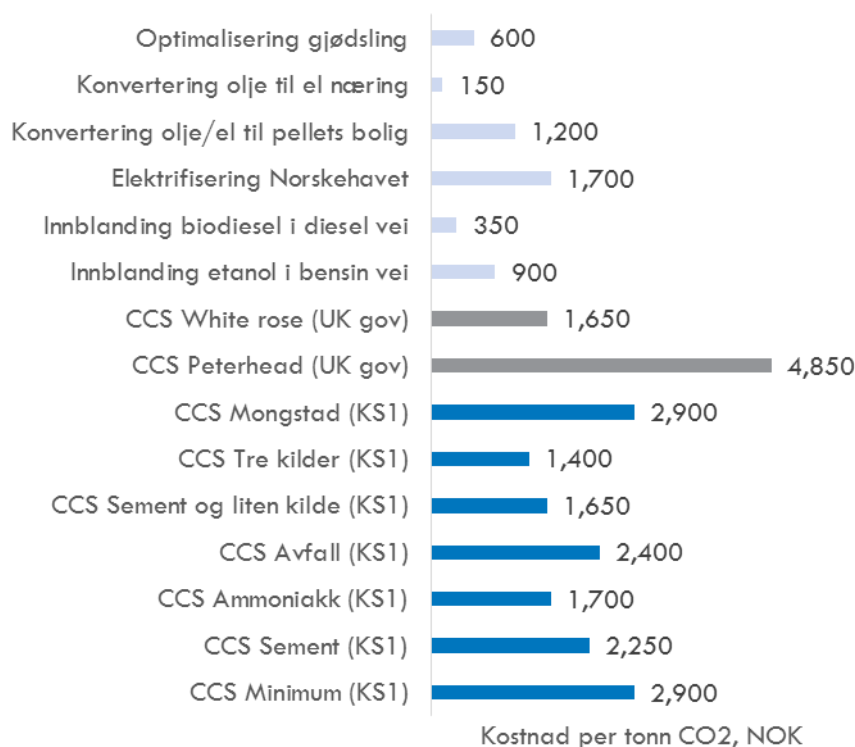
Tiltakskostnadene per tonn CO₂ vises i Figur 10-9. I figuren vises også sammenlignbare kostnader per tonn CO₂ for andre klimatiltak i ikke-kvotepliktig sektor i Norge, hentet fra Klimakur 2020, og kostnader per tonn CO₂ for CO₂-håndteringsprosjektene WhiteRose og Peterhead i Storbritannia. Tallene er oppdatert til 2016-kroner. Alle tallene forutsetter en virkningsgrad i fangstdelen på 83 prosent, også for minimumsalternativet.

Klimakur 2020s mandat var å beregne rensekostnader for alle potensielle utslippsreducerende tiltak i Norge, for å vurdere hvilke tiltak som var mest lønnsomme for å oppnå et mål om utslippsreduksjoner tilsvarende 15-17 millioner tonn CO₂ innen 2020. Resultatene indikerte at alle prosjekter med rensekostnad lavere enn 1 100 kroner burde gjennomføres, dersom man skulle oppnå de gitte utslippsreduksjonene i Norge på billigst mulig måte. Oppdatert til 2016-kroner utgjør dette om lag 1 250 kroner.

Vi ser at ingen av tiltaksalternativene har en lavere kostnad per renset tonn CO₂ enn denne «Klimakur-grensen». Tiltaksalternativet med fangst fra tre kilder er nest størst i omfang med 1,4 millioner tonn CO₂-reduksjoner årlig, men billigst per utslippsreduksjon med en tiltakskostnad på 1 400 kroner per tonn CO₂ renset. I den andre enden av skalaen er minimumsalternativet, med tiltakskostnad på 2 900 kroner per tonn CO₂ renset.

Minimumsalternativet, som ikke inkluderer fangstanlegg, men lagrer nær 200 millioner tonn CO₂ som allerede skilles ut i Yaras prosess, innebærer store investeringer for en relativt liten mengde CO₂. Et større volum gir altså totalt sett lavere kostnader per tonn renset CO₂. Av tiltaksalternativene som inkluderer ett fangstanlegg kommer alternativet med sement og liten kilde best ut, med en tiltakskostnad på 1 650 kroner per tonn CO₂ renset.

Figur 10-9 Tiltakskostnad per tonn CO₂ for andre klimatiltak i ikke-kvotepliktig sektor i Norge, utenlandske ikke-realiserende CO₂-håndteringsanlegg og tiltaksalternativene



Kilde: Klimakur, Carbon capture and storage knowledge sharing (<https://www.gov.uk/government/collections/carbon-capture-and-storage-knowledge-sharing>), ScottishPower CCS Consortium (2011), Atkins Norge og Oslo Economics

10.14 Oppsummering av kvalitetssikrers samfunnsøkonomisk analyse

Tabell 10-18 og Tabell 10-19 oppsummerer identifiserte prissatte og ikke-prissatte virkninger av tiltaksalternativene i basisscenariet. Tiltaksalternativene har neddiskonterte investeringskostnader på mellom 4,3 og 20,7 milliarder kroner, hvorav minimumsalternativet er billigst og tre kilder er antatt dyrest. Neddiskonterte samlede driftskostnader over anleggets levetid, antatt 25 år fra oppstart i 2024, er estimert til mellom 2,1 og 16,3 milliarder kroner. I tillegg til disse kostnadene kommer skattefinansieringskostnader ved en antakelse om full statlig finansiering av investerings- og driftskostnader eksklusive kvotebesparelsene. Skattefinansieringskostnadene er beregnet til mellom 1,1 og 6,4 milliarder kroner.

Tiltakets nyttevirksomheter er svært usikre grunnet usikkerhet om fremtidig norsk og internasjonal klimapolitikk, som vil avgjøre fremtidig verdsettelse av CO₂-reduksjoner og verdien av demonstrasjonsanleggets bidrag til kostnadsreduksjoner for fremtidige CO₂-håndteringsanlegg. I basisscenariet har vi lagt til grunn en konservativ tilnærming til nytteverdiene. Verdien av CO₂-reduksjoner er basert på forventede priser i EUs kvotesystem gitt vedtatt klimapolitikk i EU, som tilsier en lav verdi av CO₂-reduksjoner. Verdien av CO₂-reduksjoner varierer mellom tiltaksalternativene proporsjonalt med volumet av CO₂-reduksjoner i hvert alternativ. Minimumsalternativet innebærer transport og lagring av nær 200 millioner tonn CO₂ årlig som i dag allerede skilles ut fra produksjonen til Yara. Denne utslippsreduksjonen gir en samlet neddiskontert nytteverdi i form av kvotebesparelser beregnet til 800 millioner kroner. Alternativet tre kilder innebærer utslippskutt på 1,4 millioner tonn årlig til en samlet verdi av 6,3 milliarder kroner. Mongstadalternativet innebærer utslippskutt på 1,8 millioner tonn årlig til en samlet verdi av 7,8 milliarder kroner.

Den lave verdien av CO₂-reduksjoner tilsier også at få CO₂-håndteringsanlegg vil bli bygget etter demonstrasjonsanlegget. Med en konservativ tilnærming har vi lagt til grunn at det ikke vil bli bygget ut CO₂-håndteringsanlegg i etterkant av demonstrasjonsanlegget og dermed er læringen som oppstår av demonstrasjonsanlegget ikke tillagt verdi.

I basisscenariet har samtlige tiltaksalternativer negativ netto prissatt nåverdi. Den lave verdsettelsen av tiltakenes nytteside impliserer at de minst kostnadskrevenne tiltakene vil komme best ut på de prissatte effektene. Nullalternativet fremkommer dermed som best på de prissatte effektene. Minimumsalternativet kommer best ut av tiltaksalternativene på de samlede prissatte effektene med netto neddiskontert nytte på -6,8 milliarder kroner. Av prosjekter der det bygges ett fangstanlegg er alternativet sement minst kostnadskrevenne og dermed best, med en netto prissatt nåverdi på -10,8 milliarder kroner.

Av de ikke-prissatte virkningene er det demonstrasjonseffekten av tiltaket som er tillagt størst verdi. Demonstrasjonsanlegget antas å gi økt internasjonal kunnskap om at CO₂-håndtering er et mulig og trygt klimatiltak. Et vellykket tiltak vil vise at teknologien er teknisk gjennomførbar i helkjede i en sektor det ikke tidligere er vist. Dette vil kunne gi økt kunnskap om CO₂-håndtering som en relevant klimateknologi. Også dersom tiltaket skulle vise at CO₂-håndtering er dyrere eller mindre relevant enn man tidligere har trodd, vil dette være verdifull kunnskap som viser et økt behov for alternative klimateknologier. Vi har ikke lagt til grunn at demonstrasjonsanlegget vil føre til en økt utbygging av CO₂-håndtering i etterkant, fordi det per i dag ikke finnes tilstrekkelige finansieringsmekanismer som sannsynliggjør en kraftig utbygging. Verdien av å demonstrere en hel kjede med CO₂-håndtering antas å ha stor betydning og stort omfang i alle tiltaksalternativer som inkluderer minst ett fangstanlegg. Dette gjelder alle tiltaksalternativer bortsett fra minimumsalternativet. Fordi minimumsalternativet ikke inkluderer fangstanlegg er omfanget av effekten vurdert som lite positivt, og effekten gis derfor mindre verdi enn for de andre alternativene.

Andre ikke-prissatte positive effekter av tiltaket er regulatorisk og kommersiell læring. Dette er læringseffekter som antas å oppstå av tiltaket utover den læringen som vil gi kostnadsreduksjoner for fremtidige anlegg. Slik læring kan være viktig for å legge til rette for en større utvikling av CO₂-håndtering på sikt. Disse læringseffektene er imidlertid tillagt begrenset verdi fordi det er uvisst i hvilken grad læringen vil tas i bruk i ettertid, gitt usikkerheten knyttet til fremtidig utbygging av CO₂-håndtering. Selv uten fremtidig utbygging tillegges likevel denne læringen verdi, fordi kunnskapen kan bidra til å tilrettelegge for innføring av andre klimateknologier. Denne læringseffekten antas å ha lik verdi for de ulike tiltaksalternativene, bortsett fra at alternativet tre kilder antas å gi noe mer kommersiell læring enn de andre alternativene.

Tiltaket vil legge til rette for ny næringsutvikling i Norge og vil potensielt kunne øke verdien av norsk olje og gass. Disse effektene anses ikke som mål ved tiltaket, men vil oppstå som bigevinster. Effektene gis derfor positiv, men begrenset verdi. Tiltaksalternativene som inkluderer minst ett fangstanlegg i Norge er tillagt noe mer verdi enn minimumsalternativet og utenlandsalternativet når det gjelder næringsutvikling i Norge.

Tiltaket vil medføre lokale miljøinngrep ved fangstanlegg, mellomlager og lager som tillegges begrenset negativ verdi. Effekten er vurdert å gi noe større negativ verdi i alternativet tre kilder enn i de resterende tiltaksalternativene.

Prissatte og ikke-prissatte virkninger vurderes samlet sett som negative i alle tiltaksalternativene. Nullalternativet kommer dermed best ut i basisscenariet.

Grunnet usikkerheten i tiltakets nytteside har vi også gjennomført følsomhetsanalyser hvor vi har vurdert samfunnsøkonomisk lønnsomhet i to ulike scenarier for fremtidig klimapolitikk; 2-gradersscenariet, med antakelser om at en kostnadseffektiv CO₂-avgift innføres globalt og tilhørende kraftig utvikling av CO₂-håndtering, og et trolig mer realistisk scenario hvor regjeringens og EUs nåværende målsetninger om utslippskutt iverksettes. I begge disse scenariene vil tiltakets investerings-, drifts- og skattefinansieringskostnader være identiske som i basisscenariet. Nytteverdiene av tiltaket vil derimot være svært mye høyere.

I et 2-gradersscenario vil verdien av CO₂-reduksjoner og produktivetsgevinster tilsvare en større andel av de prissatte kostnadene. I dette scenariet fremkommer alternativet tre kilder som best på de prissatte effektene med netto nåverdi på -1,8 milliarder kroner. Hvis den positive verdien av å demonstrere at CO₂-håndtering er et mulig og trygt klimatiltak, samt den regulatoriske og kommersielle læringen overstiger denne kostnaden, vil tiltaket være samfunnsøkonomisk lønnsomt. Det er fortsatt usikkert i hvilken grad andre land vil bygge anlegg for CO₂-håndtering, men gitt klimautfordringenes betydelige omfang og alvorlighet er kvalitetssikrers vurdering at de ikke prissatte nyttevirkningene ville overstige kostnaden i et slikt scenario.

2-gradersscenariet innebærer en kostnadseffektiv iverksettelse av utslippskutt i tråd med 2-gradersmålet, basert på en innføring av en global uniform og «riktig» CO₂-avgift. Et slikt scenario er likevel lite realistisk i dagens situasjon. Vi har derfor utarbeidet analysen for et scenario som i større grad hensyntar dagens politiske virkelighet. Dette innebærer et skille mellom kvotepliktig og ikke-kvotepliktig sektor i Norge, hvor ulike

målsetninger for sektorene gir ulik marginal rensekostnad og dermed ulik verdsettelse av utslippskutt i den samfunnsøkonomiske analysen. Dagens klimapolitikk i Norge og EU tyder på at Norge vil måtte ta 40 prosent utslippskutt i ikke-kvotepliktig sektor med begrenset fleksibilitet til å kjøpe disse utslippskuttene i andre land. En slik politikk vil medføre at Norge må ta utslippskutt i ikke-kvotepliktig sektor innenlands som vil være dyrere per tonn CO₂ renset enn tilsvarende utslippskutt vil koste i kvotepliktig sektor.

Dersom vi legger forventede rensekostnader i et slikt scenario til grunn, vil verdien av tiltakets CO₂-reduksjoner bli langt høyere enn i basisscenariet, men noe lavere enn i 2-gradersscenariet. Et slikt nivå på CO₂-prisene vil innebære et sterkere incentiv til å bygge ut CO₂-håndteringsanlegg og vi anslår derfor en betydelig utbygging av teknologien, men i mindre omfang enn i 2-gradersscenariet. Også i dette scenariet har alle tiltaksalternativene negativ netto prissatt nåverdi. Minimumsalternativet kommer best ut med netto prissatt nåverdi -4,1 milliarder kroner. Blant tiltaksalternativene som inkluderer fangstanlegg kommer alternativet sement og liten kilde best ut med netto nåverdi på -4,8 milliarder kroner.

Tatt i betraktning den positive ikke-prissatte verdien av å demonstrere gjennomførbarheten av CO₂-håndtering i en internasjonalt sett ny sektor, som vil ha større verdi i alternativene som inkluderer fangstanlegg enn i minimumsalternativet, vurderes alternativet sement og liten kilde som best av tiltaksalternativene i dette scenariet.

En utsettelse av utslippsreducerende tiltak og investeringer i utvikling av klimateknologi som dette tiltaket innebærer vil gi en omfordeling av kostnader fra innværende til fremtidige generasjoner. Dersom investeringer i klimateknologi utsettes vil fremtidige generasjoner få økte kostnader både i form av økte kostnader av klimaendringer og i form av økte kostnader til utslippsreducerende tiltak i fremtiden. Denne fordelingsvirkningen kan synliggjøres ved å gjøre sensitivitetsanalyser med en lavere diskonteringsrate enn det som er vanlig i samfunnsøkonomiske analyser, basert på miljøøkonomifaglige argumenter og forurensningsloven som innebærer at fremtidige generasjoner ikke skal påføres utilbørlige byrder. Dersom vi legger til grunn en fast diskonteringsrate på 1,4 prosent i den samfunnsøkonomiske analysen, basert på forslag til diskonteringsrate ved analyse av klimatiltak, vil alle tiltaksalternativene fortsatt fremkomme med negativ netto prissatt nåverdi i basisscenariet. I sensitivitetsanalysene hvor nytteeffektene av CO₂-reduksjoner og produktivitetsgevinster er tillagt større verdi i tråd med samfunnsøkonomiske prinsipper om prissetting av eksternaliteter, vil derimot en lavere diskonteringsrate gi positiv netto prissatt nåverdi i tiltaksalternativet med CO₂-håndtering på tre kilder.

Selv om tiltaksalternativet tre kilder i visse «kombinasjonsscenarioer» kan anses som beste alternativ, tilsier usikkerheten ved tiltakets kostnads- og nytteside likevel at en trinnsvis implementering bør vurderes hvis CO₂-håndtering skulle bli implementert. En trinnsvis implementering vil øke netto nåverdi av alternativet tre kilder i scenarioet, delvis grunnet forventninger om en økende CO₂-pris. I tillegg vil tiltakets forventede læringseffekter tilsa at man bør investere i ett anlegg av gangen slik at man kan dra nytte av læringseffektene fra det enkelte anlegg før man bygger det neste.

Alle tiltaksalternativene medfører en utbygging av overkapasitet i lageret. Den ekstra lagerkapasiteten vil få en verdi dersom andre land i fremtiden etterspør lagerkapasitet. Grunnet usikkerheten knyttet til fremtidig etterspørsel etter CO₂-lagring i Europa er denne overkapasiteten ikke tillagt vekt i analysen. Dersom tiltaket gjennomføres bør det likevel vurderes å utnytte realopsjonen ved å investere ytterligere i økt lagerkapasitet, for å øke den potensielle fremtidige verdien av lager. En merinvestering på 100 millioner kroner i økt brønndimensjon vil øke den samlede lagerkapasiteten fra 2 millioner tonn til 4 millioner tonn CO₂ årlig. Det bør i så tilfelle først kartlegges om det finnes land som er interessert i denne lagringsmuligheten.

Av tiltaksalternativene er det alternativet med fangst fra tre kilder som gir mest CO₂-reduksjon per investerte krone. Til sammenligning vil minimumsalternativet, som demonstrerer en hel kjede av CO₂-håndtering uten fangstanlegg, gi liten CO₂-reduksjon per investerte krone, men samlet sett lavere investerings- og driftskostnader. Kvalitetsikrer er ikke bedt om å vurdere KVVU-ens tiltaksalternativer opp mot hverandre av hensyn til den foreliggende konkurransen. Vi vil likevel vektlegge den potensielle lønnsomheten av et eventuelt utenlandsalternativ, hvor man kan dele på tiltakskostnader med andre land mens nyttevirkningene i form av teknologiutvikling vil være like store eller større, dersom man i større grad tilrettelegger for kunnskapsspredning. Tiltakskostnader av utenlandsalternativet er ikke beregnet fordi det ikke eksisterer konkrete planer om et slikt internasjonalt samarbeid utover de prosjekter som allerede pågår.

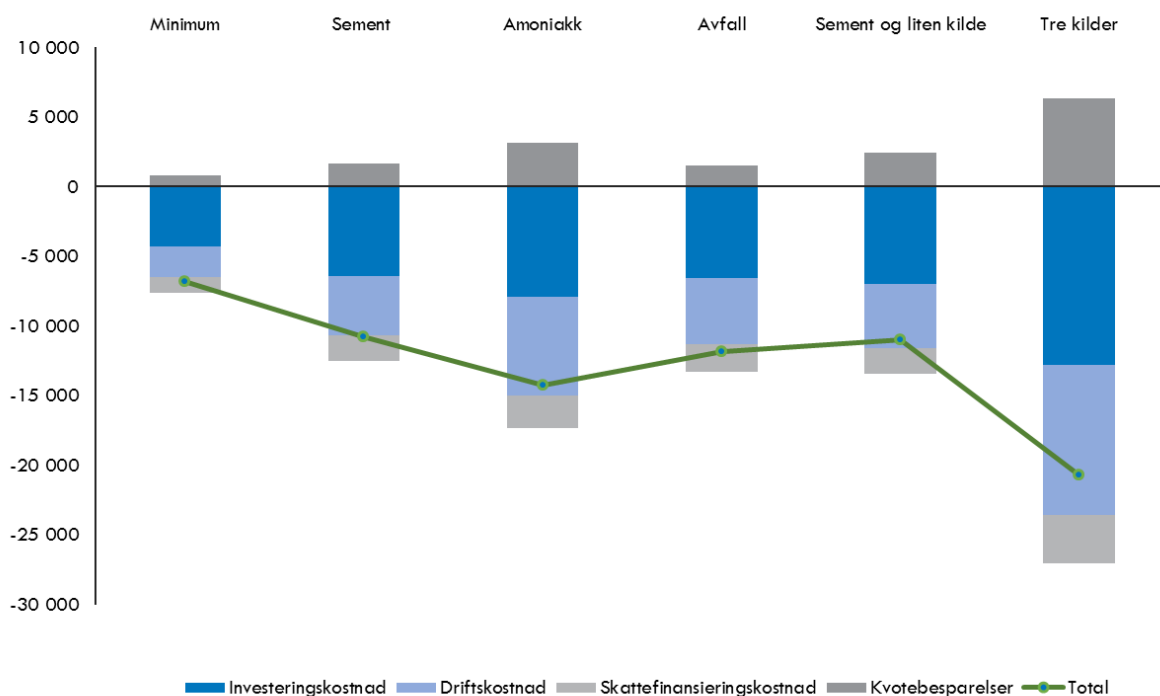
Samlet sett er det stor usikkerhet knyttet til tiltakets samfunnsøkonomiske lønnsomhet. Usikkerheten er i hovedsak knyttet til usikkerhet om fremtidig klimapolitikk som vil avgjøre tiltakets nyttevirkinger. I henhold til rammeavtalens føringer har vi lagt til grunn CO₂-priser tilsvarende fremskrivninger av dagens markedspriser og

videre realprisjusterte prognoser for disse for basisscenariet. Relativt sett lave fremtidige CO₂-priser, forventes å gi en svært begrenset realisering av CO₂-håndtering og dermed liten verdi av læringen som vil oppstå fra demonstrasjonsanlegget. Med en slik prisutvikling vil det ikke være lønnsomt å investere i et demonstrasjonsanlegg for CO₂-håndtering. Det kan diskuteres hvorvidt disse antakelsene er realistiske og hvorvidt de hensyntar den negative miljøeksternaliteten av CO₂-utslipp og den positive eksternaliteten av teknologiutvikling. Hvis demonstrasjonsprosjektet skal gi en verdi utover den direkte CO₂-håndtering må verdens land i årene fremover stå overfor vesentlige høyere karbonpriser, slik at de har incentiver til tiltak.

Alternativet med CO₂-håndtering på tre kilder er det nest mest omfangsrike alternativet, med rensing av 1,4 millioner tonn CO₂, men som også gir lavest kostnad per utslippsreduksjon, tilsvarende 1 400 kroner per tonn CO₂ rensset. Alternativet sement og liten kilde som kommer best ut av tiltaksalternativene med kun ett fangstanlegg, med en kostnad 1 650 kroner per tonn CO₂ rensset. Til sammenligning koster alternativet avfall 2 400 kroner per tonn rensset, mens minimumsalternativet koster 2 900 kroner per tonn rensset. Alle tiltaksalternativene innebærer store kostnader knyttet til transport og lagring, som vil være relativt like uavhengig av volum.

Dagens politiske realiteter innebærer et skille mellom utslipp i kvotepliktig og ikke-kvotepliktig sektor. Pågående forhandlinger i EU om fremtidig klimapolitikk tyder på at Norge vil måtte ta store kutt i ikke-kvotepliktig sektor innenlands, som vil innebære at vi må gjennomføre relativt dyre utslippsreducerende tiltak i ikke-kvotepliktig sektor, i forhold til kvotepliktig sektor og rensekostnader i utlandet. Med en slik politikk vil utslippsreducerende tiltak i ikke-kvotepliktig sektor ha høyere verdi mer enn utslippsreducerende tiltak i kvotepliktig sektor. Dersom tiltaket skal gjennomføres bør det derfor vurderes om en noe høyere tiltakspris i ikke-kvotepliktig sektor utjevnes av en høyere verdi av utslippsreducerende tiltak i denne sektoren. Våre analyser tyder imidlertid på at de fremlagte kostnadsnivåene i alternativet i ikke-kvotepliktig sektor (avfall) er såpass mye høyere enn det billigste alternativet i kvotepliktig sektor (sement og liten kilde), at de ikke vil utlignes av høyere verdsettelse av utslipp i ikke-kvotepliktig sektor.

Figur 10-10 Neddiskonterte prissatte kostnader og nyttestrømmer per alternativ



Kilde: Atkins Norge og Oslo Economics

Tabell 10-18: Samlede prissatte effekter per alternativ, millioner kroner i 2016-priser.

	Investerings- kostnad	Driftskostnad	Skattefinansierings- kostnad	Kvote- besparelser	Produktivitets- gevinst	Total
Minimum	-4 300	-2 100	-1 100	800	0	-6 800
Sement	-6 400	-4 300	-1 800	1 700	0	-10 800
Amoniakk	-7 900	-7 100	-2 400	3 100	0	-14 200
Avfall	-6 600	-4 800	-2 000	1 500	0	-11 800
Sement og liten kilde	-7 000	-4 600	-1 800	2 500	0	-11 000
Tre kilder	-12 800	-10 800	-3 500	6 300	0	-20 700

Kilde: Atkins Norge og Oslo Economics

Tabell 10-19 Kvalitetssikrers ikke-prissatte virkninger per alternativ

	Minimum	Sement	Ammoniakk	Avfall	Sement og liten kilde	Tre kilder	Mongstad	Utlandet
Demonstrere at CO ₂ - håndtering er et mulig og trygt klimatiltak	+++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++
Regulatorisk læring	++	++	++	++	++	++	++	++
Kommersiell læring	++	++	++	++	++	+++	++	++
Næringsutvikling i Norge	+	++	++	++	++	++	++	+
Mulig økning av verdien på norsk gass	+	+	+	+	+	+	+	+
Miljøinngrep	--	--	--	--	--	---	--	--

10.15 Prioritering mellom resultatmål

Det er ikke formulert eksplisitte resultatmål i KVV. I mulighetsstudien (Gassnova 2016) angis imidlertid prosjektmål:

«Prosjektet skal levere en hel CCS kjede som:

- *Dokumenterer og deler læring i realiserings- og driftsfasen, både teknisk-, regulatorisk- og kommersiell læring (etter konkurransen)*
- *Sikrer fangst, transport og lagring av et betydelig volum CO₂ de første 3 driftsårene for å:*
 - *demonstrere at CCS-kjeden er trygg*
 - *viser at CCS kan være et effektivt klimatiltak*
 - *oppnå dokumentert lagring med svært lav risiko for lekkasjer*
- *Unngår skader på personell, utstyr og miljø i prosjektering, investering og drift*
- *Har en total statlig investeringskostnad i tråd med statens finansieringsbeslutning, og innenfor andre rammer staten og involverte aktører gir*
- *Tar finansieringsbeslutning (DG3) og settes i drift (DG 4) i tråd med omforente prosjektplaner, sammen med de aktuelle industrielle aktørene, for fasene etter DG1»*

Det er i utgangspunktet lagt til at tidsdimensjonen vektlegges gjennom føringer om at prosjektet skal realiseres innen 2020. I praksis har man imidlertid tillatt at kostnad og kvalitet kan prioriteres fremfor tid.

I prosjektmålene inngår både resultater som prosjektet skal levere (resultatmål) og effekter som skal oppnås etter prosjektet (effektmål). Det er ikke eksplisitt foretatt en prioritering mellom elementene i prosjektmålene. Det bør formuleres resultatmål for prosjektet dersom det tas videre.

1.1. Finansieringsplan og budsjettmessige konsekvenser

Rammeavtalen sier følgende om finansieringsplan og budsjettmessige konsekvenser:

«I den samfunnsøkonomiske analysen skal investeringskostnadene som nevnt neddiskonteres eksklusive merverdiavgift. Dette er for å få frem de reelle samfunnsøkonomiske kostnadene og for å sikre sammenlignbarhet mellom alternativene. Det er behov for at det som en tilleggsopplysning gjøres rede for hva alternativene vil medføre av forventede budsjettbelastninger. Leverandøren skal derfor opplyse om samlede, ikke ned-diskonterte investeringskostnader inklusive merverdiavgift (både P50 og P85) for alle analyserte alternativer.

Planlagt budsjettmessig innfasing skal vurderes mhp. realisme. Det presiseres at den normale finansieringen for statlige prosjekter er gjennom bevilgninger over statsbudsjettet. Andre finansieringsformer innebærer realisering på siden av styringsdokumentet som ligger i budsjetttrammene, og må på denne bakgrunn gi en dokumentert merverdi for staten som helhet for å komme i betraktning. Nyttgevirkninger som ikke kommer til uttrykk gjennom kontantstrømmer registreres ikke i statsregnskapet. Leverandøren skal derfor gjøre en særskilt vurdering av hvor langt det med rimelig sikkerhet er mulig å komprimere tiden fra kostnadspådraget på de store kontraktene starter og frem til nyttevirkningene materialiserer seg. I denne forbindelse skal det vurderes om, og i tilfelle hvordan, alternativene kan deles opp i delprosjekter.»

1.1.1 KVU-ens finansieringsplan

Det er ikke en egen finansieringsplan i KVU-en. Samfunnsøkonomisk analyse er gjennomført med forutsetning om full finansiering fra staten. En finansieringsplan kunne ha blitt gjort for basisalternativet i KVUen.

1.1.2 Kvalitetssikres finansieringsplan

Kvalitetssikrer har utarbeidet to finansieringsplaner for å synliggjøre budsjettmessige konsekvenser. Den første finansieringsplanen er for prosjekteier OED og den andre er for Staten.

Finansieringsplanene bygger på mange av de samme forutsetningene som i den samfunnsøkonomiske analysen:

- Planleggings- og prosjekteringsfase fra 2016 t.o.m. første halvår 2019
- Investeringsfase fra siste halvår 2019 t.o.m. 2023
- Driftsfase fra 2024 og ut fangstanleggets levetid som det er lagt til grunn at er 25 år
- Statlige driftskostnader er de totale driftskostnadene trukket fra kvotebesparelsene ved fangst og lagring av CO₂.¹⁴

I KS1 basisscenario vil ikke de årlige kvotebesparelsene overstige de årlige driftskostnadene utover i driftsfasen. Hvis dette hadde vært tilfelle, som det kunne blitt med en høyere CO₂-pris, vil EØS-regelverket bli relevant. Hvis Staten ikke inndriver en eventuell nettobesparelse¹⁵ når industriaktøren har fått et fangstanlegg som er finansiert av Staten, vil industriaktøren ha fått et konkurransefortrinn. En slik ordning vil falle inn under statsstøttebegrepet i EØS-avtalen og antageligvis være ulovlig. For å unngå at industriaktøren skal motta ulovlig statsstøtte må industriaktøren være indifferent mellom å fange CO₂ med statlig finansiering og betale prisen for CO₂ i egen sektor. Dette innebærer at myndighetene i dette tilfellet vil motta en netto inntektsstrøm utover i driftsfasen og kunne redusere skattebelastningen til befolkning (og dermed en skattefinansieringsinntekt).

Skatterettslige problemstillinger kan også ha betydning for prosjektet. Det er blant annet en rekke fritak for mva for økonomiske aktiviteter som foregår til havs. Dette gjelder fartøy, plattformer, rørledninger og petroleumssektoren forøvrig. I dag er det ingen spesielle reguleringer av transport og lagring av CO₂, men det kan vise seg å åpne for tolkninger av lovverket som gir mva-fritak for transport og lagring av CO₂. Man kan heller ikke utelukke at miljøtiltak på sikt kan gi særskilte bestemmelser i EØS-retten for å stimulere til satsning på

¹⁴ Vi antar at den private aktøren bidrar til finansieringen av demonstrasjonsprosjektet med et beløp som tilsvarer hva den private aktøren sparer ved å slippe å kjøpe kvoter i det europeiske kvotemarkedet, eller som den private aktøren sparer gjennom reduserte CO₂-avgifter utenfor kvotepliktig sektor

¹⁵ Netto besparelse er lik pris for CO₂-utslipp minus driftskostnader for det året

miljøtiltak. Ettersom slike bestemmelser ikke foreligger på nåværende tidspunkt, og vi ikke har mottatt informasjon om at dette blir vurdert på nåværende tidspunkt, legger vi til grunn de alminnelige skatterettslige reglene.

Skattereglene vil derimot ha betydning for de budsjettmessige konsekvensene for Olje- og energidepartementet. Finansieringsplanen for prosjekter er inkludert mva fordi OED må betale mva på kjøp av produkter og tjenester fra privat sektor. På samme måte vil de måtte betale lønnskostnader inkludert inntektsskatt og arbeidsgiveravgift.

For staten vil all utbetalt mva, inntektsskatt og arbeidsgiveravgift i prosjektet bli innkrevd av staten i løpet av det samme året. Vi beregner derfor finansieringsplanen eksklusive disse skattene, men legger på en transaksjonskostnad på 1 prosentpoeng for merkostnader ved innkreving av skatt.

11.2.1 Budsjettmessige konsekvenser for OED

Tabell 11-1 viser de årlige budsjettkostnadene for alternativene frem til prosjektene ikke har statlige utlegg.

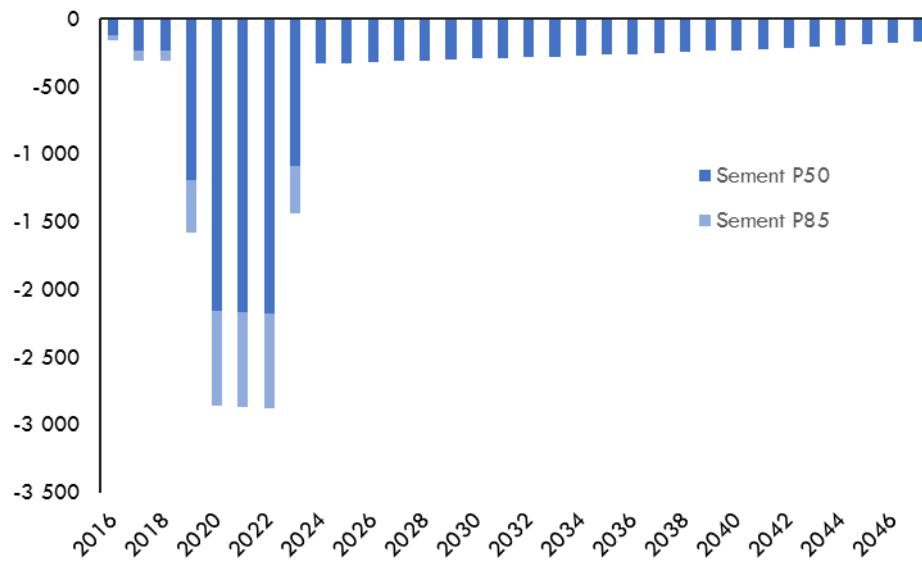
Tabell 11-1: Årlige budsjettmessige konsekvenser for Olje- og energidepartementet. P50 inkl. mva

		Minimum	Sement	Ammoniakk	Avfall	Sement og liten kilde	Tre kilder	Mongstad
For-prosjekt	2016	-113	-117	-132	-113	-143	-187	-194
	2017	-226	-236	-264	-227	-288	-375	-389
	2018	-226	-236	-265	-228	-288	-376	-390
Investering	2019	-800	-1 195	-1 451	-1 194	-1 296	-2 346	-4 144
	2020	-1 377	-2 159	-2 643	-2 165	-2 309	-4 327	-7 917
	2021	-1 381	-2 165	-2 650	-2 171	-2 315	-4 339	-7 938
	2022	-1 384	-2 171	-2 657	-2 177	-2 322	-4 351	-7 960
	2023	-694	-1 088	-1 332	-1 091	-1 164	-2 182	-3 991
	2024	-167	-332	-332	-410	-316	-732	-1 204
	2025	-164	-326	-326	-406	-308	-710	-1 176
	2026	-161	-320	-320	-401	-299	-688	-1 147
	2027	-159	-314	-314	-397	-290	-666	-1 119
	2028	-156	-307	-307	-392	-280	-640	-1 085
Drift	2029	-153	-300	-300	-387	-270	-615	-1 053
	2030	-150	-295	-295	-356	-262	-568	-1 027
	2031	-148	-290	-290	-352	-254	-546	-1 001
	2032	-145	-284	-284	-346	-245	-524	-974
	2033	-143	-278	-278	-341	-237	-501	-946
	2034	-140	-272	-272	-336	-227	-477	-916
	2035	-137	-266	-266	-330	-218	-452	-886
	2036	-134	-259	-259	-324	-208	-426	-854
	2037	-131	-252	-252	-318	-198	-399	-821
	2038	-128	-245	-245	-311	-187	-370	-786
	2039	-124	-238	-238	-304	-176	-341	-750
	2040	-121	-230	-230	-297	-164	-310	-713
	2041	-117	-222	-222	-290	-152	-279	-674
	2042	-113	-213	-213	-282	-139	-246	-634
	2043	-109	-205	-205	-274	-126	-211	-592
	2044	-105	-195	-195	-266	-113	-175	-549
	2045	-101	-186	-186	-257	-98	-138	-503
	2046	-96	-176	-176	-248	-83	-99	-456
	2047	-91	-166	-166	-238	-68	-59	-407
	2048	-86	-155	-155	-229	-52	-17	-356

Kilde: Atkins Norge og Oslo Economics

I Figur 11-1 illustreres finansieringsplanen for alternativet Sement. Figuren illustrerer følgende fellestrekk for alle alternativene. Prosjektet har en spesielt kostbar periode på om lag 5 år med store utlegg til investeringer og deretter en lengre periode med mindre utlegg som årlig nærmer seg null.

Figur 11-1: Årlige budsjettmessige konsekvenser OED for tiltaksalternativ Sement. Millioner kroner. P50 og P85 verdier



Kilde: Atkins Norge og Oslo Economics

11.2.2 Budsjettmessige konsekvenser for staten

Tabell 11-2 viser de årlige netto statlige budsjettkonsekvensene for alternativene frem til prosjektene ikke har statlige utlegg. Tallene er ekskl. mva, arbeidsgiveravgift og inntektsskatt.

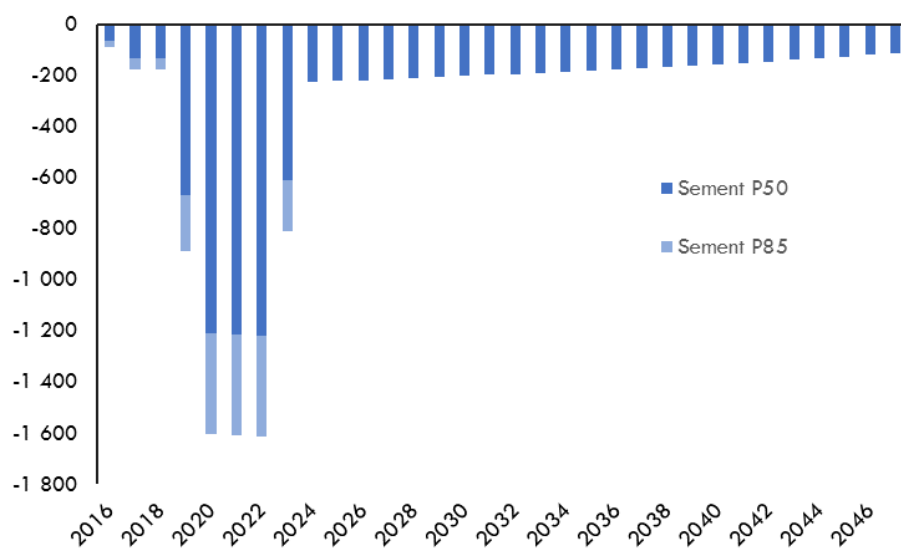
Tabell 11-2: Årlige netto statlige budsjettmessige konsekvenser. P50 ekskl. mva, arbeidsgiveravgift og inntektsskatt

		Minimum	Sement	Ammoniakk	Avfall	Sement og liten kilde	Tre kilder	Mongstad
For- prosjekt	2016	-63	-66	-74	-64	-80	-105	-109
	2017	-125	-132	-148	-128	-161	-210	-219
	2018	-127	-133	-149	-128	-162	-211	-219
Investering	2019	-445	-671	-814	-670	-727	-1 317	-2 326
	2020	-773	-1 212	-1 483	-1 215	-1 296	-2 429	-4 444
	2021	-767	-1 215	-1 487	-1 219	-1 300	-2 436	-4 456
	2022	-777	-1 218	-1 491	-1 222	-1 303	-2 442	-4 468
	2023	-386	-611	-748	-613	-653	-1 225	-2 240
	2024	-114	-227	-227	-281	-217	-501	-824
	2025	-112	-223	-223	-278	-211	-486	-805
	2026	-111	-219	-219	-275	-205	-471	-786
	2027	-109	-215	-215	-272	-199	-456	-766
	2028	-107	-210	-210	-268	-191	-438	-743
Drift	2029	-104	-206	-206	-265	-185	-421	-721
	2030	-103	-202	-202	-244	-179	-389	-703
	2031	-101	-198	-198	-241	-174	-374	-686
	2032	-99	-195	-195	-237	-168	-359	-667
	2033	-98	-191	-191	-234	-162	-343	-647
	2034	-96	-186	-186	-230	-156	-327	-627
	2035	-94	-182	-182	-226	-149	-309	-606
	2036	-92	-178	-178	-222	-142	-291	-585
	2037	-90	-173	-173	-217	-135	-273	-562
	2038	-87	-168	-168	-213	-128	-254	-538
	2039	-85	-163	-163	-208	-120	-233	-514
	2040	-83	-157	-157	-203	-112	-213	-488
	2041	-80	-152	-152	-198	-104	-191	-462
	2042	-77	-146	-146	-193	-95	-168	-434
	2043	-75	-140	-140	-188	-86	-145	-405
	2044	-72	-134	-134	-182	-77	-120	-376
	2045	-69	-127	-127	-176	-67	-94	-345
	2046	-66	-120	-120	-170	-57	-68	-312
	2047	-63	-113	-113	-163	-47	-40	-279
	2048	-59	-106	-106	-157	-36	-12	-244

Kilde: Atkins Norge og Oslo Economics

I Figur 11-2 illustreres netto statlig budsjettkonsekvens for tiltaksalternativ Sement.

Figur 11-2: Årlige netto statlige budsjettmessige konsekvenser for tiltaksalternativ Sement. Millioner kroner. P50 og P85 verdier



Kilde: Atkins Norge og Oslo Economics

12. Oppsummering og anbefaling

Med dagens prognoser for markedspriser for CO₂, er det ikke samfunnsøkonomisk lønnsomt å igangsette demonstrasjonsprosjekt for CO₂-håndtering. Dagens lave CO₂-priser gir ikke tilstrekkelige incentiver til å realisere CO₂-håndtering og medfører at læringseffekten vil være begrenset.

FNs internasjonale klimapanel (IPCC) har identifisert CO₂-håndtering som ett av mange tiltak som er nødvendige for å nå 2-graders målet, et mål som FN, EU og Norge har sluttet seg til. Samtidig blir CO₂-håndtering i dag i liten grad realisert, fordi kostnadene er høye, og prisen på å slippe ut CO₂ er lav. Det foreligger en markedssvikt, fordi CO₂-prisen ikke tilsvarer klimakostnadene som oppstår ved utslipp av CO₂.

Med dagens priser må stater eller veldedige organisasjoner finansiere CO₂-håndtering over noe tid, frem til kostnadsnivået er redusert grunnet læringsvirkninger, og CO₂-prisen eventuelt er steget, for eksempel i sammenheng med endringen av EUs kvoteregime i 2020. Alternativt må det etableres en annen finansieringsmekanisme.

Det er i dag lite trolig at et antall land av betydning vil finansiere CO₂-håndtering over sine offentlige budsjetter. En rekke av de iverksatte CO₂-håndteringsprosjektene er nettopp stanset som følge av manglende offentlig finansiering. Det er i hovedsak ikke tekniske utfordringer som har vært årsaken til at påbegynte prosjekter er stanset.

Dersom Norge skal finansiere et prosjekt for CO₂-håndtering nå, bør det være stor grad av sikkerhet for at prosjektet kan bli en suksess, i den forstand at det vil gi størst mulige demonstrasjons- og læringsvirkninger, som igjen vil medføre realisering av flere, og mindre kostbare, anlegg for CO₂-håndtering. For at dette skal kunne skje mener kvalitetssikrer at følgende forhold som et minimum bør være til stede; prosjektet bør demonstrere et tilstrekkelig lavt kostnadsnivå, prosjektet bør kunne sannsynliggjøre at andre utbyggere vil komme etter og prosjektet bør sannsynliggjøre at læringen som oppstår i demonstrasjonsanlegget vil spres til etterfølgende utbyggere.

Kostnadsnivået tiltaket vil demonstrere vil trolig være avgjørende for tiltakets nytteverdi. Dersom demonstrasjonsanlegget kan vise at det er mulig å bygge ut CO₂-håndtering til et kostnadsnivå som er lavere enn det som er kjent, vil nytten i form av demonstrasjonseffekt og kunnskapsproduksjon være betydelig. Dersom kostnadsnivået som demonstreres derimot blir høyere enn internasjonalt forventet, vil demonstrasjonsanlegget kunne få en avskrekkende effekt. Samtidig er det en betydelig risiko for at kostnadene vil stige når prosjektene konkretiseres videre, gitt at tiltaket ikke tidligere er utprøvd. I denne sammenheng vil det være kostnaden per tonn rensert CO₂ som har størst betydning. Tiltakets natur innebærer at det er de mest omfangsrike alternativene med høyest totalkostnader som også har lavest kostnad per tonn rensert CO₂. Et ensrettet fokus på redusert totalkostnad vil dermed føre mot et minimumsalternativ, med svært høye kostnader per tonn CO₂ rensert og dermed liten demonstrasjons- og læringsverdi. Det vil være viktig å finne den riktige balansen mellom lave totalkostnader og lave kostnader per tonn CO₂ for å optimalisere tiltakets demonstrasjons- og læringseffekter.

Det andre viktige forholdet som vil avgjøre prosjektets nytteverdi er i hvilken grad det sannsynliggjøres at det finnes potensielle utbyggere av CO₂-håndtering internasjonalt som vil ta i bruk kunnskapen som skal oppstå gjennom demonstrasjonsanlegget og i hvilken grad det sannsynliggjøres at læringen spres til disse aktørene. KVVU-en har ikke konkret identifisert potensielle arvtakere til kunnskapen fra demonstrasjonsanlegget. I dag fremstår heller ikke en internasjonal utbygging av CO₂-håndtering som sannsynlig og dermed er det en risiko for at ingen vil ta i bruk læringen som oppstår gjennom demonstrasjonsanlegget.

Prosjektene slik de foreligger i dag har heller ikke konkretisert hvordan læringen som oppstår skal spres til relevante aktører. De prosjekter som foreligger, som nå er kvalitetssikret, har ikke i stor nok grad arbeidet for å sikre slike demonstrasjons- og læringsvirkninger. Det er nødvendig å arbeide videre med å sannsynliggjøre en slik nytteeffekt, før et tradisjonelt forprosjekt eventuelt igangsettes.

Vi tilrår derfor å ikke gå videre med prosjektet slik det er utformet og foreligger i dag.

Kostnadseffektivitet blant klimatiltak

Når demonstrasjonsanlegget vurderes kun etter kostnadseffektivitet som klimatiltak fremstår det som noe dyrere enn tidligere tilrådninger om igangsettelse.

I Klimakur 2020 ble det gjort beregninger av renssekostnader av de fleste potensielle utslippsreducerende tiltak i Norge. Bakgrunnen for utredningen var en målsetting om å oppnå et mål om utslippsreduksjoner tilsvarende 15-17 millioner tonn CO₂ innen 2020. Resultatene fra Klimakur indikerte at alle prosjekter med renssekostnad lavere enn 1 100 kroner burde gjennomføres, dersom man skulle oppnå de gitte utslippsreduksjonene i Norge på billigst mulig måte.¹⁶ Oppdatert til 2016-kostnader utgjør kostnaden om lag 1 250 kroner.

Vi ser at ingen av tiltaksalternativene har en lavere kostnad per rensset tonn CO₂ enn denne «Klimakur-grensen». Tiltaksalternativet med fangst fra tre kilder er nest størst i omfang med 1,4 millioner tonn CO₂-reduksjoner årlig, men billigst per utslippsreduksjon med en tiltakskostnad på 1 400 kroner per tonn CO₂ rensset. I den andre enden av skalaen er minimumsalternativet, med tiltakskostnad på 2 900 kroner per tonn CO₂ rensset.

Av tiltaksalternativene som inkluderer ett fangstanlegg kommer alternativet med sement og liten kilde best ut, med en tiltakskostnad på 1 650 kroner per tonn CO₂ rensset. Demonstrasjonsanlegget har i tillegg potensielt en annen nytteside i tillegg til de direkte CO₂-reduksjonene det bidrar med; nytten av teknologiutvikling. Dersom man har tiltro til at CO₂-håndtering vil bygges ut i stor skala i fremtiden, vil verdien av teknologiutvikling komme i tillegg til tiltakets CO₂-reducerende verdi.

Sannsynliggjøring av prosjektenes nytteside

Lønnsomheten avhenger av at prosjektet kan sannsynliggjøre at nytteeffektene vil realiseres ved at relevante aktører får tilgang til og tar i bruk læringen som har oppstått og dermed bygger ut flere CO₂-hånderingsanlegg til en lavere kostnad i fremtiden.

Den viktigste barrierene for CO₂-håndtering i dag er manglende finansieringsmekanismer. Kostnaden ved å slippe ut CO₂ i atmosfæren er langt lavere enn kostnaden ved å fange og lagre CO₂, dermed vil ikke private aktører investere i teknologien på egen hånd. Den beste måten å tilrettelegge for utbygging av CO₂-håndtering vil være å innføre en tilstrekkelig høy pris på CO₂, slik at private aktører som slipper ut CO₂ selv har incentiver til å bygge ut teknologien. Men, selv med en prisbane i henhold til 2-gradersmålet er det behov og samfunnsøkonomiske argumenter for offentlig subsidiering de første årene.

Parallelt med arbeidet for å innføre en riktig global CO₂-pris, bør norske myndigheter jobbe med alternative mekanismer som kan tilrettelegge for økt internasjonal utbygging av CO₂-håndtering. Et demonstrasjonsanlegg som bidrar til å redusere teknologikostnadene for fremtidige utbyggere er et slikt tiltak. Et annet tiltak kan være å etablere infrastruktur for transport og lagring av CO₂. Lagring kan sees på som et naturlig monopol med fallende marginalkostnader. Markedet vil trolig kunne prise tjenestene ut i fra aktørenes betalingsvillighet dersom det er ikke er regulatoriske hindringer. Dette krever blant annet at nok land ratifiserer endringene i Londonprotokollen som gjør det mulig å transportere CO₂ over landegrensene, og at ESA godkjenner statlig støtte til CO₂-håndtering.

Det vil likevel ikke være tilstrekkelig å redusere kostnadene for CO₂-håndtering så lenge aktørene ikke har incentiver til å ta teknologien i bruk. For å få private aktører til å ta teknologien i bruk må man derfor jobbe med etterspørselssiden parallelt.

En måte å jobbe med etterspørselssiden på er å inngå samarbeid med potensielle arvtakere til demonstrasjonsanlegget internasjonalt. Et slikt samarbeid vil måtte involvere myndigheter og private aktører i andre land. Dersom disse kan forplikte seg til å investere i teknologien gitt teknologioverføring fra demonstrasjonsanlegget vil man være tryggere på at læringen som oppstår blir tatt i bruk i ettertid. Slik kan man også sikre at prosjektet innrettes slik at det gir størst mulig potensiale for teknologioverføring til den eller de spesifikke arvtakeren(e) og dermed mest mulig spredning av læringseffektene.

Et viktig spørsmål i den videre riggingen av prosjekter er hvem som subsidieres og hvem som får videre eierskap til kompetansen som satsingen gir. Gitt at hensikten med prosjektet er global teknologiutvikling bør så mye som mulig av kunnskapen som oppstår i prosjektet deles med andre aktører internasjonalt. På den annen side kan begrenset spredning gi norske leverandører et konkurransefortrinn dersom CO₂-håndtering blir nødvendig for aktørene i fremtiden. Selv om det legges opp til maksimal spredning vil de deltakende aktørene ha et

¹⁶ Klimakur 2020 beregnet samtidig at den mest kostnadseffektive tiltaksmiksen for å nå gitte mål om utslippsreduksjoner inkluderte en rekke CO₂-hånderingsprosjekter i Norge. De estimerte kostnadene ved CO₂-håndtering var da basert på forutsetningen om at teknologien var utviklet i større grad enn den er i dag, og dermed lavere kostnader av CO₂-håndtering i Norge enn det som fremkommer for demonstrasjonsanlegget i denne rapporten.

konkurransetrinn ved å ha kommet tidlig inn i en ny teknologi og vil kunne profitere på kompetansen de har tilegnet seg gjennom prosjektet.

Hvis arbeidet med et demonstrasjonsanlegg for CO₂-håndtering videreføres bør det vektlegges et videre arbeid med å tilrettelegge for økt internasjonal utbygging som ikke kun avhenger av offentlige subsidier, en identifisering av potensielle arvtakere til læringen som oppstår i demonstrasjonsanlegget og en konkret plan for hvordan læringen skal spres til disse aktørene.

13. Føringer for forprosjektfasen

Rammeavtalen sier blant annet følgende om føringer for forprosjektfasen:

Leverandøren skal vurdere gjennomføringsstrategien for det (de) anbefalte alternativ(er). Det skal gis tilråding om hvilke krav som bør stilles til prosjektorganisasjonens omfang og kvalitative nivå.

[...] Leverandøren må vurdere om den samlede struktur i måten prosjektene er delt opp på er hensiktsmessig ut fra hensynene til å minimere statens samlede risiko og sikre grunnlaget for en best mulig styring av gjennomføringen for helheten av slike prosjekter som henger sammen. [...]

Leverandøren skal med utgangspunkt i Finansdepartementets veiledning for innholdet i det sentrale styringsdokumentet gi tilråding om hvilke elementer fra de foregående kapitler som bør inngå i styringsdokumentet. [...] Det skal gis tilråding om strategiutviklingsprosessen frem mot fastsettelse av kontraktstrategi for hovedkontraktene. Det må holdes åpent minst to alternativer frem til KS 2. Prosjektspesifikke suksessfaktorer og fallgruber skal identifiseres, og det skal gis tilråding om hvordan disse skal bearbeides videre i forprosjektet. Med utgangspunkt i det samlede usikkerhetsbildet fra Leverandørens usikkerhetsanalyse skal det gis tilråding om det videre arbeid med å redusere risiki og realisere oppsidepotensialet. Leverandøren skal videre fremkomme med anbefaling om hvordan det kan bygges inn i prosjektet styringsmessig fleksibilitet, bl.a. ved at det på et tidlig stadium i forprosjektet arbeides frem en liste over potensielle forenklinger og reduksjoner. [...] Det skal også gis tilråding om hvordan det i forprosjektet kan etableres en gevinstrealiseringsplan for å ta ut den samfunnsøkonomiske nytte som er identifisert i alternativanalysen.

[...] Leverandøren skal gjøre en særskilt vurdering av elementer det bør være oppmerksomhet på ut fra eierperspektivet.»

CO₂-håndtering vil mest sannsynlig inngå i fremtidens klimatiltak, men nytten av demonstrasjonsprosjektet vurderes som begrenset ved realisering nå. Vi anbefaler derfor ikke å videreføre tiltaket. Hvis prosjektet videreføres, er det bl.a. vår vurdering at strategi for kunnskapsdeling og teknologisamarbeid etableres, og ansvar og myndighet tydeliggjøres. Vi har under utdypet enkelte forhold som vi mener er sentrale dersom prosjektet videreføres.

13.1 KVV-ens beskrivelse av neste fase

Ved videreføring av fullskalaprojektet planlegges en kombinert konsept- og forprosjekterings- (feed) fase. Formålet med fasen er å finne den best egnede konseptuelle løsningen for CO₂-håndteringskjeden, samt utarbeide et samlet underlag for investeringsbeslutning. Det er i mulighetsstudien (DG1 rapport) gitt en beskrivelse av sentrale forhold ved neste fase. Vi har i tillegg mottatt (på e-post) supplerende informasjon om organisering av prosjektet, internasjonalt samarbeid og om justert tidsplan. Det fremgår at prosjektet før investeringsbeslutning skal kvalitetssikres i henhold til Finansdepartementets ordning for ekstern kvalitetssikring (KS2) og godkjennes av ESA.

Det ble i juni 2016 gjennomført peer review (prosjektgjennomgang). Hensikten med gjennomgangen var å kvalitetssikre beslutningsunderlaget ved DG1. Et tverrfaglig reviewteam vurderte følgende dokumentasjon; mulighetsstudierapporter for henholdsvis fangst, transport og lager, mulighetsstudie (DG1 rapport), designbasis, prosjektgjennomførings- og anskaffelsesstrategi, risikoregister, samt myndighetsplan. Reviewteamet anser dokumentasjonen som ble gjennomgått til å være dekkende og tilfredsstillende for å kunne passere DG1, og reviewteamet har 30 observasjoner og gitt anbefalinger om hvordan disse bør følges opp. Vi deltok som observatør på prosjektgjennomgangen og har mottatt rapport fra gjennomgangen.

Kvalitetssikrers vurdering:

Foreliggende KVV inneholder en mer utfyllende beskrivelse av neste fase enn det som forelå ved oppstart av kvalitetssikringen og kommentert av oss i Memo 01. Det foreligger beskrivelse av bl.a. prosjektmål, hovedmilepæler, anskaffelsesprosess, organisering, budsjett, arbeidsomfang og tidsplan. Beskrivelsen er et godt utgangspunkt for utarbeidelse av mandat for neste fase.

Hensikten med et demonstrasjonsanlegg er bl.a. kunnskapsoverføring og læringseffekter. Et sentralt forhold ved prosjektet er derfor kunnskapsdeling og teknologisamarbeid, og det er vår vurdering at strategi for kunnskapsdeling og teknologisamarbeid bør prioriteres og etableres tidlig ved en eventuell videreføring, grunnet:

- Sikre at kunnskapsdeling og teknologisamarbeid blir ivaretatt i forhandlinger og kontrakter med leverandørene/industriaktørene
- Organisering, dvs. roller og ansvar for kunnskapsdeling og teknologisamarbeid må inngå i prosjektet
- Internasjonalt samarbeid. Deltakelse fra andre myndigheter og aktører kan øke sannsynligheten for læring til andre prosjekter

Neste fase er planlagt som en kombinert konsept- og feedfase. Vi anbefaler at OED i forbindelse med etablering av gjennomføringsstrategi og mandat for neste fase, vurderer om konsept og feed skal gjennomføres som to faser. En slik faseinndeling vil gi prosjekteier en beslutningsmilepæl der leveranser fra konseptfasen og plan for neste fase skal godkjennes før videreføring.

Det er vår vurdering at gjennomført peer review har vært nyttig ved at forhold som bør vurderes i den videre prosjektplanleggingen er identifisert, uten at vi har etterprøvd eller kontrollert de enkelte observasjonene og anbefalingene som er gitt. Gjennomføringen av nye peer reviewer (prosjektgjennomganger) vil være et nyttig verktøy ved senere milepæler i prosjektet.

Det er videre vår vurdering at den justerte tidsplanen som viser ferdigstilling av konsept- og feedstudiene medio 2019 (DG3 i 2019), er mer realistisk enn tidligere vurderinger.

13.2 Organisering av neste fase

Organisering av neste fase er beskrevet i mulighetsstudien (DG1 rapport) og i e-post mottatt fra Olje- og energidepartementet (27.6.2016). Det foreslås å organisere arbeidet som et prosjekt med en prosjektleder som har det overordnede koordineringsansvaret av CCS-kjeden, og et oppfølgingsteam for henholdsvis fangst, transport og lagring. Det vil være behov for ressurser til HMS- og myndighetskontakt, koordinering av tekniske grensesnitt i CCS-kjeden samt ulike støttefunksjoner i tråd med vanlig industriell prosjektgjennomføringspraksis. Det fremgår av organisasjonskartet at prosjektleder rapporterer til prosjekteier. Hovedpunktene er som følger:

- Gassnova SF vil ha ansvaret for å leie fullskalaprojektet. Dette innebærer ansvar for prosjektstyring, utarbeiding av beslutningsgrunnlag, kvalitetssikring og oppfølging av industriaktørene
- Gassco vil ha ansvaret for transportdelen av prosjektet, og vil rapportere til prosjektleder i Gassnova
- Olje- og energidepartementet vil utarbeide mandat for neste fase (mål, leveranser, overordnede krav til kvalitetssikring og styring av prosjektet, budsjett)
- Olje- og energidepartementet vil gjøre rede for hvilke beslutninger som departementet vil ta del i. Dette gjelder for eksempel endringer i omfang, endringer i prosjektet som vil påvirke overordnet budsjett og tidsplan, samt beslutninger av prinsipiell karakter
- Det er videre gitt en beskrivelse av organisering av forhandlingsteam
- Olje- og energidepartementet vil i sitt arbeid med fullskalaprojektet være støttet av innleide ressurser innen prosjektstyring for å sette opp rapporteringsrutiner og bidra til øvrig oppfølging av prosjektet

Organisering av neste fase ble diskutert i et eget møte med OED 17. august 2016.

Kvalitetssikrers vurdering:

Vi støtter forslaget om å organisere neste fase som et prosjekt, og prosjektets størrelse og mange interessenter tilsier organisering med et prosjektstyre (styringsgruppe). Det er gitt en god beskrivelse av eieroppgaver. Denne beskrivelsen, og prosjektets hensikt, størrelse og kompleksitet tilsier at Olje- og energidepartementet bør ivareta eierrollen i prosjektet og lede prosjektstyret. Videre anbefaler vi at prosjektet organiseres i tråd med PRINCE2® som er anerkjent prosjektmetodikk, bl.a. lagt til grunn i Difi sin Prosjektveiviser. I denne prosjektmetodikken er prosjekteier prosjektets endelige beslutningstaker og støttes av representanter fra bruker og leverandørsiden. Det vises forøvrig til litteratur om PRINCE2® og Prosjektveiviseren for beskrivelse av prinsippene for prosjektorganisering.

Vi støtter forslaget om at Gassnova med støtte fra Gassco får ansvaret for utførelsen av prosjektet. Dette innebærer at Gassnova ved prosjektleder er ansvarlig for den daglige styringen og leveransene i prosjektet, samt at oppgaver knyttet til prosjektstyring, rapporteringsrutiner og oppfølging av prosjektet utføres av Gassnova.

Det fremgår av mulighetsstudien at kunnskapsdeling og teknologisamarbeid bør følges opp utenfor, men koordinert med prosjektet. Kunnskapsdeling og teknologisamarbeid er en helt sentral del av prosjektet og dets hensikt. Vi anbefaler derfor at dette inngår i prosjektets ansvar og organisering.

1.3.3 Kontraktsstrategi

Anskaffelsesforløpet er beskrevet i mulighetsstudien (utkast til DG1-rapport). Denne viser at anskaffelsen planlegges med kunngjøring av hovedprosjektløp høsten 2016 med start av et kombinert konsept-feed studie, og at forhandlinger med aktørene avsluttes før DG3 (beslutning om gjennomføring). Avtaler for realisering og drift signeres med forbehold om ESA og Stortingets beslutning.

Det legges opp til én konkurranse for hver del av kjeden, i utgangspunktet en to trinns konkurranse med forhandlinger og flere faser:

- Kvalifisering (for deltakelse i hele konkurransen)
- Tildeling av kontrakter (etter forhandling) for konsept-/feedstudier
- Tildeling av kontrakter (etter ny forhandlingsrunde) for bygg/drift

Konkurransen innledes med en kvalifisering, der det vil skje en kvalitativ utvelgelse av de leverandører som får invitasjon til å delta i konkurransen om den endelige kontrakt på levering av studier. De tre til fem beste (færre på lager) får anledning til å gi tilbud. Etter forhandlingene og eventuelle reviderte tilbud vil endelig evaluering av tilbudene bli foretatt og kontrakt for konsept-/feedstudier tildelt på bakgrunn av tildelingskriterier som er under utarbeidelse. Etter feed er utført, og i forkant av en DG3 beslutning vil det igjen være en forhandlingsrunde. Det vil der bli forhandlet på studieresultatene og avgitte tilbud for realisering og drift. Det vil deretter bli tildelt 1-3 kontrakt(er) for hver del av kjeden, som skal legges frem for Stortinget til beslutning om realisering.

Kvalitetssikrers vurdering:

Kontraktsstrategien med oppdeling i faser og for hver del av kjeden synes hensiktsmessig. En slik oppdeling gir f.eks. fleksibilitet til å endre arbeidsomfang etter konsept- og feedfasen, og strategien viderefører den fremgangsmåten som så langt har vært med aktørene (i mulighetsstudien).

Det er imidlertid ikke beskrevet om alternative kontraktsstrategier er vurdert, og f.eks. hvilke konsekvenser en strategi med én avtale for hele kjeden ville medført. Vi savner også en nærmere drøfting av faktorer som påvirker valg av kontraktstrategi og utforming kontraktene. Dette gjelder for eksempel hvordan usikkerhet skal fordeles mellom staten som kunde og leverandørene, og hvordan kunnskapsdeling og teknologisamarbeid (læringseffekter) for nasjonal og internasjonal industri skal ivaretas (se også kapittel 13.1) inkludert hvordan avtalene mellom industriaktørene og teknologileverandørene utformes.

Det er et mål at demonstrasjonsprosjektet skal gi produktivetsgevinster ved at andre kan gjennomføres til lavere kostnad. Det er derfor sentralt at kontraktene har mekanismer som motiverer industriaktørene til å utvikle innovative og kostnadseffektive løsninger (kostnadsoptimalisering for både investering og drift).

Vi er usikre på den reelle konkurransesituasjonen for fangst og lager. På fangst er det tre aktører (Norcem Brevik, Yara Porsgrunn og Klemetsrudanlegget) som har deltatt i mulighetsstudien. På transport har det vært to aktører (Larvik shipping og Knutsen OAS), mens Statoil har vært eneste aktør på lagring. Det er usikkerhet knyttet til om nye aktører vil melde sin interesse i en eventuell anskaffelsesprosess, og vi anbefaler at Olje- og energidepartementet vurderer fordeler og ulemper ved alternativ fremgangsmåte, dvs. om direkte forhandling med aktørene er mer hensiktsmessig, gitt at dette er innenfor anskaffelsesregelverket.

Det fremgår av vår analyse at verdien av tiltaket kan øke i fremtiden (realopsjon) ved økt CO₂-pris, ny teknologi, etablering av finansieringsmekanismer, eller når mer kostnadseffektive tiltak er iverksatt. Dersom det besluttes å gå videre med tiltaket, kan usikkerhet om gevinstrealisering og kostnader tale for trinnvis innføring av tiltaket, dvs. ett og ikke tre anlegg fra start. Etter en tid kan oppnådde kostnadsreduksjoner evalueres, og erfaringene vil gi grunnlag for vurdering av fortsatte investeringer. En videreføring av én løsning fremfor tre, vil også redusere kostnadene for gjennomføring av konsept og feed.

14. Vedlegg

Vedlegg 1 Usikkerhetsanalyse – unntatt offentlighet ihht. Off.l. § 13

Vedlegg 2 Produktivetsgevinster

15. Referanser

- Advanced Resources International and Melzer Consulting, 2010. *Optimization of CO₂ Storage in CO₂ Enhanced Oil Recovery Projects*, s.l.: Prepared for UK Department of Energy and Climate Change, November 2010 .
- Agency, I. E., 2013. *Technology Roadmap - Carbon capture and storage*, s.l.: s.n.
- Aune, F. R. & Fæhn, T., 2016. *Makroøkonomisk analyse for Norge av klimapolitikken i EU og Norge mot 2030*, s.l.: Statistisk sentralbyrå.
- Aune, F. R., Golombek, R. & Tissier, H. H. L., 2015. *Phasing out nuclear power in Europe*, s.l.: CREE Working Paper 05/2015.
- Bloomberg, 2015. *New Energy Outlook*, s.l.: s.n.
- Bråten, J., 2014. *En kostnadseffektiv og virkningsfull klimapolitikk*, s.l.: Norsk Klimastiftelse.
- Buchner, B. et al., 2014. *The global landscape of climate finance 2014*, s.l.: Climate Policy Initiative.
- DFØ, 2014. *Veileder i samfunnsøkonomiske analyser*. s.l.:s.n.
- Fay, M. et al., 2015. *Decarbonizing Development : Three Steps to a Zero-Carbon Future*, Washington DC: World Bank.
- Franck Ackerman, E. S., 2008. *The costs of climate change*, s.l.: s.n.
- Gassnova, 2015. *Utredning av mulige fullskala CO₂-håndteringsprosjekter i Norge - Idestudie*. s.l.:s.n.
- Global CCS Institute, 2015. *The global status of CCS*, s.l.: s.n.
- Grønn skattekomisjon, 2015. *Sett pris på miljøet - Rapport fra grønn skattekomisjon (NOU 2015:15)*, s.l.: s.n.
- IEA, 2012. *Energy Technology Perspectives*. s.l.:s.n.
- IEA, 2015. *Energy technology perspectives: Mobilising Innovation to Accelerate Climate Action*, Paris: International Energy Agency.
- IPCC, 2014b. *Climate Change 2014 - Mitigation of Climate Change working group 3*. s.l.:s.n.
- IPCC, F. k., 2014. *Climate Change 2014 - Synthesis Report Summary for policy makers*, s.l.: s.n.
- Luderer, G. et al., 2012. The economics of decarbonizing the energy system – results and insights from the RECIPE model incomparsion. *Climatic Change 114*, pp. p. 9-37.
- McKinsey&Company, 2015. *Peering into energy's chrystal ball - Commentary McKinsey Quarterly*, s.l.: s.n.
- Miljødirektoratet, 2010. *Klimakur 2020*, s.l.: s.n.
- NOU 2015:15 , 2015. *Sett pris på miljøet - Rapport fra grønn skattekomisjon. Utredning fra utvalg oppnevnt ved kongelig resolusjon 15. august 2014*. s.l.:Finansdepartementet.
- Olje- og energidepartementet, 2016b. *Fullskala CO₂-håndtering i Norge - mulighetsstudie*. s.l.:s.n.
- Olje- og energidepartementet, 2016. *Konseptvalgutredning (KVU) - Demonstrasjon a fullskala fangst, transport og lagring av CO₂*, s.l.: s.n.
- Rubin, E. S. et al., 2007. Use of experience curves to estimate the future cost of power plants with CO capture. *International Journal of Greenhouse Gas Control 1*, pp. p. 188-197 .
- ScottishPower CCS Consortium, 2011. *UK Carbon Capture and Storage (UKCCS) Demonstration competition*. s.l.:UKCCS.
- Statoil, 2016. *Energy Perspectives 2016 - Long-term macro and market outlook*, s.l.: s.n.

UBS, 2014. *ESG Keys: Carbon capture and storage - What are the odds?*, s.l.: s.n.

World Bank, 2010. *Economics of adaptation to climate change - Synthesis report.*, Washington DC: World Bank.

ATKINS

oslo**economics**

www.osloeconomics.no

www.atkinsglobal.no