Statens prosjektmodell

Rapport nummer D014a

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

Utarbeidet for Olje- og energidepartementet og Finansdepartementet

Rapportnummer D014a

osloeconomics

ATKINS

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 aktiv offentlig deltakelse 27

4. Behov 28

4.1 KVU-ens behovsanalyse 28

5. Strategikapittel (mål) 34

5.1 Samfunnsmål 34

5.2 Effektmål 34

6. Krav 36

6.1 KVU-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 KVU 45

8.2 Alternativer fra KVU 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 KVU-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 produktivitetsgevinster 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. Finansieringsplan og budsjettmessige konsekvenser 95
11.1 KVU-ens finansieringsplan 95
11.2 Kvalitetssikres finansieringsplan 95
12. Oppsummering og anbefaling 100
13. Føringer for forprosjektfasen 103
13.1 KVU-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

CO_2-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 utslippsreduserende 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 CO_2-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 CO_2 i regi av Olje- og energidepartementet (OED). Hovedspørsmålet konseptvalgtutredningen søker å svare på er om det er samfunnsøkonomisk lønnsomt å realisere demonstrasjon av CO_2-håndtering. KVU-en utreder alternativer hvor CO_2 fanges fra et eksisterende norsk industrianlegg, fraktes med skip og lagres i velegnede geologiske formasjoner på norsk kontinentalsokkel.

CO_2-håndtering kan anvendes for å redusere CO_2-utslipp fra kraftproduksjon og industri for øvrig, eksempelvis produksjon av stål og sement. Med dagens priser på CO_2-utslipp (kvoter og avgifter) har industrien begrensede privatøkonomiske insentiver til å utvikle og implementere CO_2-håndtering. Ifølge KVU-en skal demonstrasjon gi den nødvendige utviklingen av CO_2-håndtering, slik at de langsiktige klimamålene i Norge og EU kan nås til lavest mulig kostnad. Nytten av prosjektet er at fremtidige CO_2-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 CO_2-utslipp, og at CO_2-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 CO_2-håndtering som bekrefter det overordnede bildet som er presentert i KVU-en – at det er behov for å demonstrere fullskala helkjede CO_2-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 CO_2-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 CO_2, og ha en ambisjon om å realisere minst ett fullskala demonstrasjonsanlegg for CO_2-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 CO_2-håndtering kan bli en viktig bidragsyter til å nå 2-graders målet.

Strategikapittel og overordnede krav

Følgende samfunnsmål er definert:

«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.»

Samfunnsmålet er konsistent med behovsanalysen ved at det viser til behov for demonstrasjonsanlegg, å nå klimamålene og å redusere av kostnadene ved CO_2-håndtering. Samfunnsmålet er tilstrekkelig ambisiøst og det er gitt en kort og grei forklaring på innholdet i og bakgrunnen for samfunnsmålet.

Følgende effektmål er definert:

«Flere kommende europeiske CO_2-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 CO_2-håndteringsprosjektet gir»*

Effektmålene er et uttrykk for den direkte effekten av tiltaket og er konsistent med behovsanalysen og samfunnsmålet. 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 KVU-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 CO_2-håndtering er gitt implisitt i KVU-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.

Mulighetsstudien[1]

Det norske mulighetsrommet for realisering av hel-kjede demonstrasjonsanlegg er godt beskrevet i KVU-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. KVU-en identifiserer tre muligheter for lagring, men vektlegger Smeaheia i alternativanalysen. KVU-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 KVU-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 KVU-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 KVU-en.

[1] Det gjøres oppmerksom på at begrepet mulighetsstudie benyttes både som et kapittel i KVU-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 KVU	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 KVU-ens estimater. 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 etterprøvbarhet, det vil si beskrevet på en logisk og strukturert måte og arbeidsomfangets kompletthet i forhold til tidligere CO_2-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 KVU og KS 1

Millioner kroner inkl. mva	Injeksjons-form	Basis KVU	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 nyttevirkninger er svært usikre grunnet usikkerhet om fremtidig norsk og internasjonal klimapolitikk, som vil avgjøre fremtidig privatøkonomiske verdsettelse av CO_2-reduksjoner og verdien av demonstrasjonsanlegget bidrag til kostnadsreduksjoner for fremtidige CO_2-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 CO_2-reduksjoner er basert på forventede priser i EUs kvotesystem gitt vedtatte føringer for fremtidig innstramming av kvotetaket og en tilhørende videre prisbane etter 2030. Dette tilsier en lav verdi av CO_2-reduksjoner i forhold til forventede rensekostnader av å nå utslippsmål i Norge og EU.

Den relativt sett lave verdien av CO_2-reduksjoner tilsier at få CO_2-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 CO_2-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 CO_2 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 nettonytte 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 CO_2-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 CO_2-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 CO_2-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 CO_2-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 CO_2-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 vil 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 CO_2-avtaler, den negative miljøeksternaliteten av CO_2-utslipp og den positive kunnskapseksternaliteten av teknologiutvikling.

Like fullt er det en forutsetning for at CO_2-håndterings tas i bruk at CO_2-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 CO_2-prisene. Det forventes videre ikke at offentlige subsidier i et stort volum og over tid kan kompensere for de lave prisene.

CO_2-håndtering som klimatiltak bør også vurderes på kostnadseffektivitet sammenlignet med andre klimatiltak. Det omfattende alternativet med CO_2-håndtering på tre kilder, med rensing av 1,4 millioner tonn CO_2, gir lavest kostnad per utslippsreduksjon, tilsvarende 1 400 kroner per tonn CO_2 renset. Av tiltaksalternativene som inkluderer ett fangstanlegg kommer alternativet med sement og liten kilde best ut, med en tiltakskostnad på 1 650 kroner per tonn CO_2 renset. 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 CO_2 (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 CO_2-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 CO_2-håndtering i dag i liten grad realisert, fordi kostnadene er høye, og prisen på å slippe ut CO_2 er lav. Det foreligger en markedssvikt, fordi CO_2-prisen ikke tilsvarer klimakostnadene som oppstår ved utslipp av CO_2. 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 CO_2-håndteringsprosjekter - i Europa eller i resten av verden. Et vellykket tiltak vil likefullt demonstrere at CO_2-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 CO_2-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 CO_2-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 tilråder derfor å ikke gå videre med konkrete prosjektet slik det er utformet og foreligger i dag.

Det anbefales at et eventuelt videre arbeid innen CO_2-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.

Samfunnsmål

«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 CO_2- 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 CO_2 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 CO_2 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 CO_2-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. CO_2-håndtering vurderes som et relevant fremtidig tiltak.			Kapittel 10
Særskilte merknader fra kvalitetssikrer om konseptvalget:			

FØRINGER FOR FORPROSJEKTFASEN

Behov for ytterlige utredninger:

Hvis prosjektet videreføres, er det vår vurdering at bl.a. strategi for kunnskapsdeling og teknologisamarbeid etableres, og ansvar og myndighet tydeliggjøres.

Organisering:

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.

Tidsfasing av prosjektet:

Den justerte tidsplanen som viser ferdigstillelse av konsept- og feedstudier medio 2019 (DG3 i 2019), er mer realistisk enn tidligere vurderinger.

Prioritering av resultatmål:

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 CO_2-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 CO_2. Oppdraget er gjennomført som en KS1 i statens prosjektmodell for kvalitetssikring av store investeringer.

Hovedspørsmålet konseptvalgtutredningen søker å svare på er om det er samfunnsøkonomisk lønnsomt å realisere demonstrasjon av fullskala fangst, transport og lagring av CO_2. Mulighetsstudien beskriver og kostnadsberegner ulike konseptuelle alternativer som kan realiseres i Norge.

Vi har kvalitetssikret KVU-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 CO_2
2. Gassnova (2015): Utredning av mulige fullskala CO_2-håndteringsprosjekter i Norge - Idéstudie
3. Olje og energidepartement (2016): Fullskala CO_2-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 CO_2-håndtering i Storbritannia.

Oppdraget er gjennomført fra april til oktober 2016.

3. Situasjonsbeskrivelse

I dette kapitlet gis det en beskrivelse av hvorfor CO_2-håndtering kan være et nødvendig tiltak for å nå klimamål, status for tiltaket, utbredelse og viktige barrierer for videre utvikling av CO_2-håndtering. Grunnlaget for situasjonsbeskrivelsen er KVU-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.

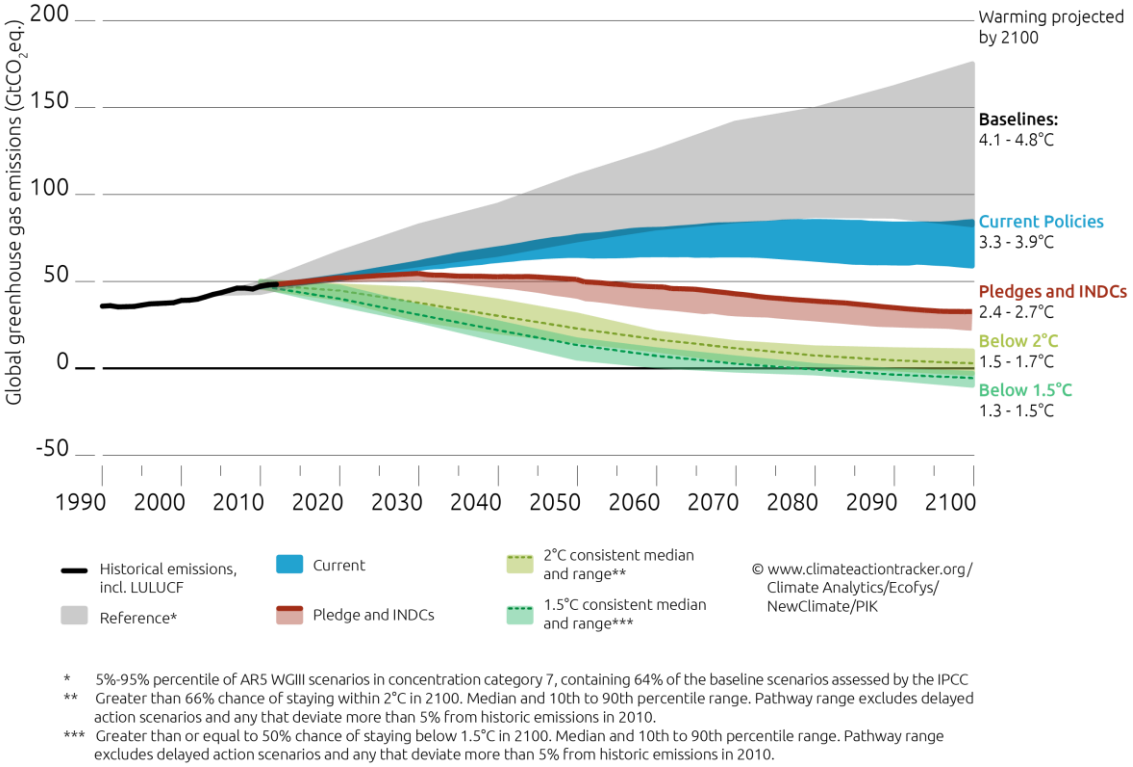
Det finnes en rekke drivhusgasser. CO_2, eller karbondioksid, er drivhusgassen av størst volum. CO_2 finnes i luften rundt oss, vi puster den ut og plantene er avhengige av den for å drive fotosyntesen som omdanner CO_2 til O_2 (oksygen). CO_2 er altså ikke farlig i seg selv, problemet oppstår først 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 CO_2, 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 nedbørsmønstre. 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



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 CO_2 i skog, hav eller annen permanent lagring som CO_2-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 CO_2-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 CO_2-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 CO_2-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 CO_2-håndtering ikke utvikles.

3.2 CO_2-håndtering som klimatiltak

CO_2-håndtering er et klimatiltak som fanger, transporter og permanent lagrer CO_2 for å hindre at gassen slipper ut i atmosfæren. Med fullkjede CO_2-håndtering menes alle de tre leddene. Fullskala CO_2-håndtering betyr, med den europeiske betegnelsen, at det håndteres minst 1 million tonn CO_2 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 CO_2 i året. I norsk sammenheng er fullskala CO_2 -håndtering definert for en skala som er relevant for et norsk industrianlegg, med utslipp rundt fra rundt 300.000 tonn i året og oppover.

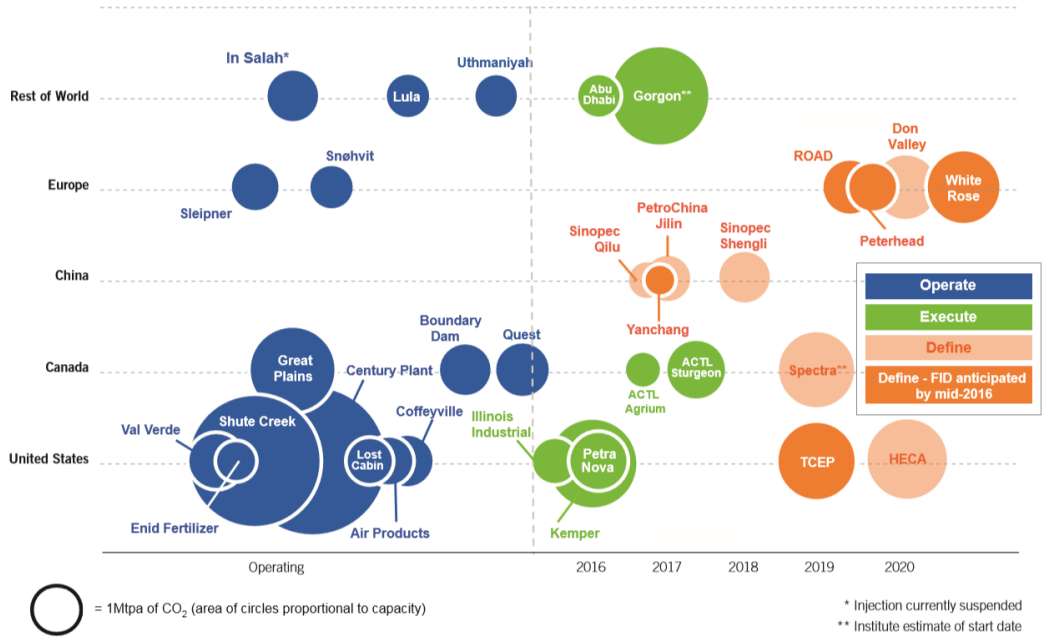
I verden i dag finnes det 15 fullskala anlegg med CO_2-håndtering. Av disse er det ett i kraftsektoren, Boundary Dam, Canada, med fangst fra kullkraftverk, og ni gassprosesseringsanlegg der CO_2 skilles ut fra naturgass før forbrenning. I tillegg til de eksisterende anleggene for CO_2-håndtering er det 7 anlegg under bygging og ytterligere 23 under planlegging.

Om lag 30 millioner tonn CO_2 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 CO_2 som trykkstøtte for økt oljeutvinning (Enhanced Oil Recovery – EOR). Sleipner og Snøhvit i Norge har dedikert offshore lagring av CO_2, 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 CO_2 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 CO_2-håndteringsprosjektene. Dette medførte at prosjektene Peterhead og White Rose ble skrinlagt. Andre CO_2-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 CO_2-håndteringsprosjekt i Nederland som foreløpig ikke har fått finansiering.

Figur 3-2, fra Global CCS Institute, viser at et begrenset antall CO_2-håndteringsanlegg er under planlegging og at finansieringen er usikker for flere av disse.

Figur 3-2 Oversikt over eksisterende og planlagte CO_2-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 CO_2-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 CO2-EOR Project	1982	USA	Gjødsel-produksjon	Industriell seperasjon	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 seperasjon	1	Rør, 158 km	EOR
Ceffeyville Gasification Plant	2013	USA	Gjødsel-produksjon	Industriell seperasjon	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 CO2-EOR Demonstration Project	2015	Saudi-Arabia	Gass-prosessering	Pre-combustion	0.8	Rør, 85 km	EOR
Quest	2015	Canada	Hydrogen-produksjon	Industriell seperasjon	1.08	Rør, 64 km	Onshore lagring
Ikke lenger i drift:							
In Salah CO2 Storage	2004	Algerie	Gass-prosessering	Pre-combustion	0	Rør, 14 km	Onshore lagring

Kilde: OED (2016)

Tabell 3-2 CO_2-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 seperasjon	0.8	Rør, 43 km	EOR
Alberta Carbon Trunk Line with Agrium CO2 Stream	2017	Canada	Gjødselproduksjon	Industriell seperasjon	0.45	Rør, 240 km	EOR
Alberta Carbon Trunk Line with North West Sturgeon Refinery CO2 Stream	2017	Canada	Raffineri	Industriell seperasjon	1.3	Rør, 240 km	EOR

Kilde: OED (2016)

Tabell 3-3 CO_2-håndteringsanlegg under planlegging

Navn	Antatt oppstart	Land	Industri	Fangst	Kapasitet (mill. tonn)	Frakt	Formål
Sinopec Qilu Petrochemical CCS Project	2017	Kina	Kjemikalieproduksjon	Industriell seperasjon	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	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 CO_2-håndtering kan være et aktuelt klimatiltak i ulike sektorer

CO_2-håndtering kan være en aktuell klimateknologi innen ulike sektorer. I dag benyttes fanget CO_2 hovedsakelig til økt oljeutvinning (EOR). CO_2-håndtering kan anvendes for å redusere CO_2-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 CO_2 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 CO_2-håndtering i forbrenning av biomasse for å oppnå CO_2-negative anlegg. Her gis en kort beskrivelse av faktisk og potensiell anvendelse av CO_2.

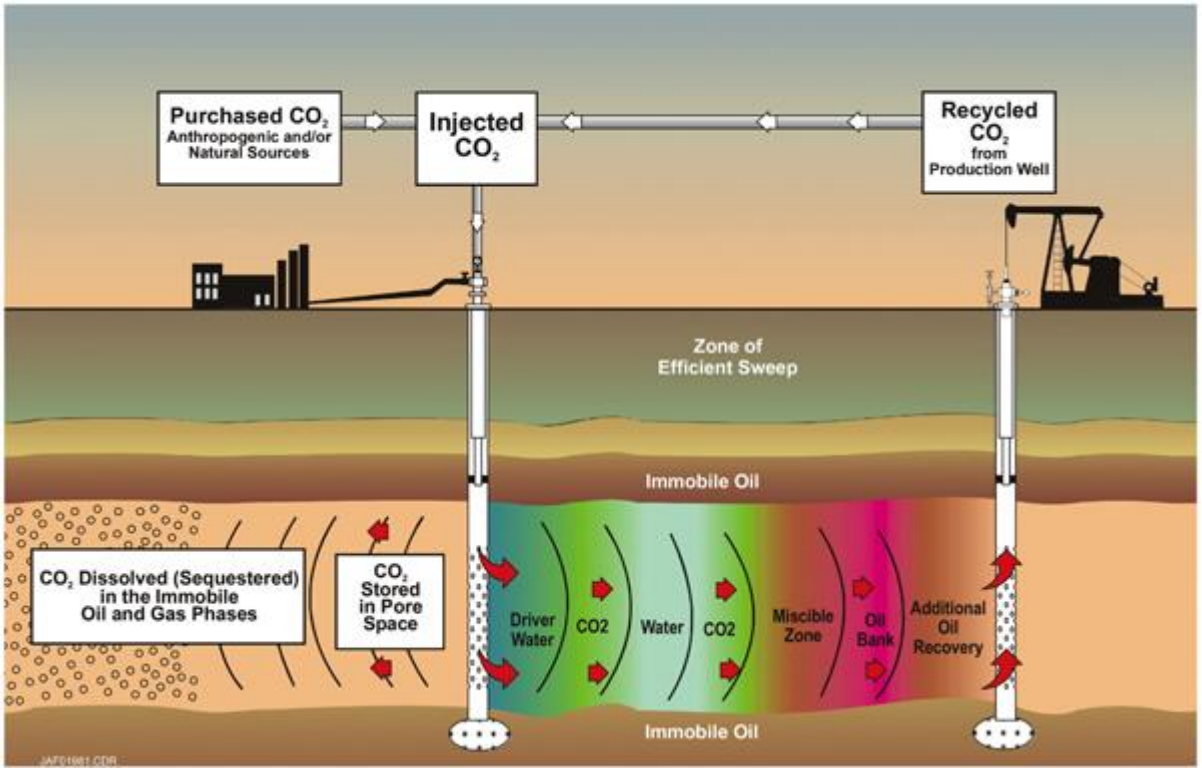
Anvendelse av CO_2-håndtering til økt oljeutvinning

I dag benyttes lagring av CO_2 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. CO_2 i væskeform føres da ned i oljereservoaret og presser mer olje mot brønnen. Prosessen er illustrert i Figur 3-3. CO_2 har gode egenskaper for dette formålet, men andre substanser kan også brukes. I dag brukes det i stor grad naturlig forekomster av CO_2 til formålet, men et økende antall prosjekter bruker også CO_2 fra industri for å redusere utslippene til atmosfæren. En avgift på utslipp av CO_2 vil gjøre det mer gunstig for industrien å bruke CO_2 fra industrien til dette formålet.

Av de 15 fullskalaanleggene med CO_2-håndtering i drift per i dag bruker 12 av dem fanget CO_2 til økt oljeutvinning.

CO_2-lagring for økt oljeutvinning er lønnsomt for petroleumsindustrien så lenge CO_2 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 CO_2-håndtering i verden i dag som ikke driver økt oljeutvinning, er tilknyttet energiproduksjon med fossile brensler. Det tre anleggene er de norske prosjektene Snøhvit, hvor CO_2 fanges fra gasskraft, og Sleipner der CO_2 skilles ut fra gass-strømmen, samt Quest i Canada, hvor CO_2 skilles ut fra oljesandsproduksjon.

IEA ser en stor rolle for CO_2-håndtering i energisektoren fremover. IEA (2013) skriver dette om behovet for CO_2-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 brenselskilder fortsatt vil måtte være en del av energimiksen også på lang sikt, og at CO_2-håndtering da vil være nødvendig for å nå 2-gradersmålet.

IEA har anslått behovet for CO_2-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 CO_2-håndtering i 2050, og det vil fanges og lagres anslagsvis 6 milliarder tonn CO_2 årlig[2]. 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 CO_2-håndtering enn det IEA gjør. Statoil opererer eksempelvis med et behov for 1,2 milliarder tonn renset med CO_2-håndtering i 2040 i sitt scenario, i tråd med 2-gradersmålet. Det er dermed uenighet om hvor stort behovet for CO_2-håndtering vil bli, særlig i kraftproduserende industri.

CO_2-håndtering er i utgangspunktet aktuelt å benytte på store punktutslipp for CO_2. 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 CO_2-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 CO_2-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 brensler 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 CO_2-håndtering spille en viktig rolle også på kraftproduksjon fra fossile kilder (Bråten, 2014).

Oppsummert er CO_2-håndtering et mulig tiltak for å fjerne utslipp fra kraftproduksjon, men behovet på lang sikt er usikkert.

Industri

Store deler av industrisektorens CO_2-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. CO_2-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 CO_2-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 CO_2 årlig.

IPCC (2014b) anslår at om lag 30 prosent av nødvendige klimagassutslipp i industrien må bli gjennomført ved CO_2-håndtering dersom 2-gradersmålet skal overholdes.

Oppsummert er CO_2-håndtering trolig et svært relevant tiltak for å fjerne utslipp fra industrien.

Energiproduksjon med biobrensel

CO_2-håndtering kan tenkes å få betydning dersom vi i fremtiden får en økt skala av energiproduksjon gjennom biobrensel. Fordelen med biobrensel i kombinasjon med CO_2-håndtering, er at det vil kunne gi karbonnegativ energiproduksjon. Dette kan skje fordi biologisk materiale tar opp i seg CO_2 fra atmosfæren i vekstfasen. Når biologisk materiale brennes for å produsere energi, frigjøres denne CO_2-en igjen. Biologisk brensel er i utgangspunktet derfor såkalt karbonnøytralt. Dersom CO_2-en som frigjøres ved forbrenning da lagres i stedet for å slippes ut på nytt i atmosfæren, blir hele prosessen karbonnegativ.

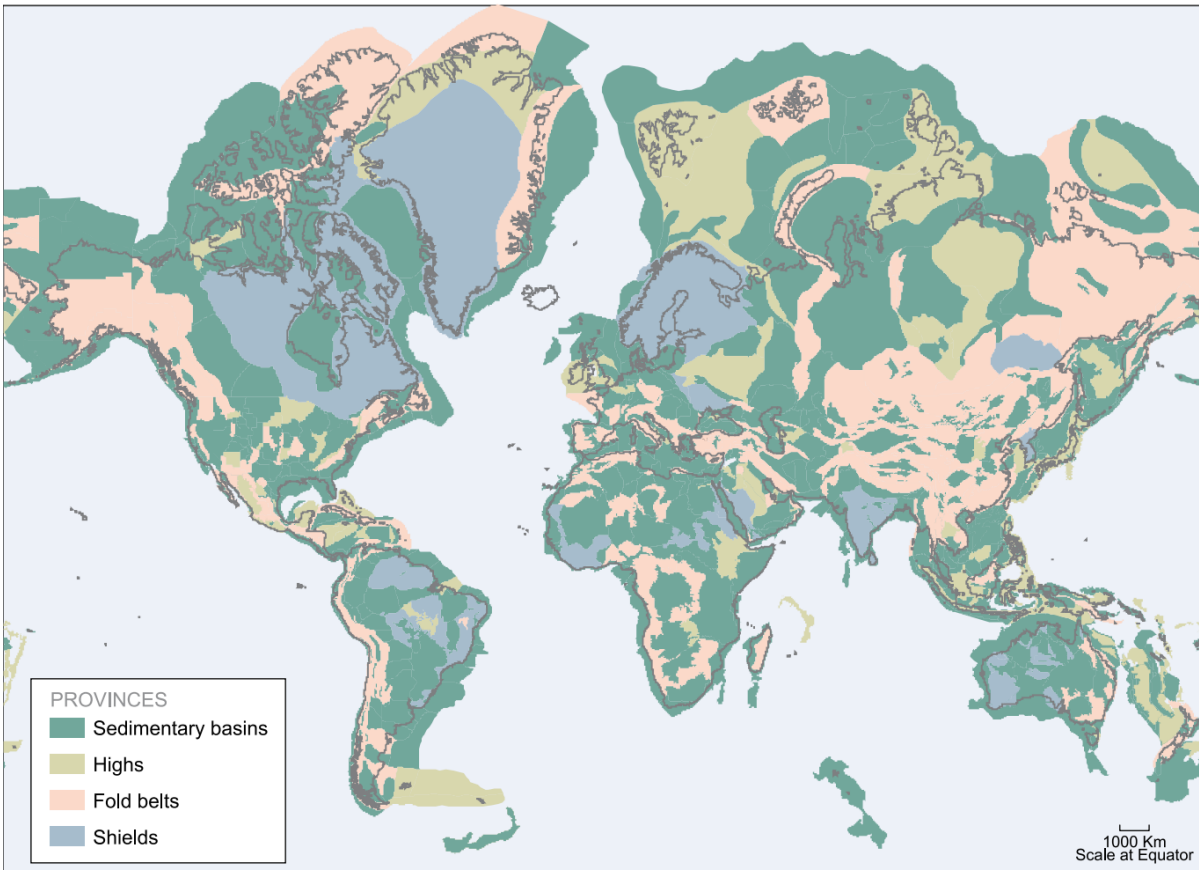
Oppsummert kan CO_2-håndtering i kombinasjon med biobrensel gi mulighet for å fjerne CO_2 fra atmosfæren (karbon-negativitet), som vil bli nødvendig på sikt dersom vi skal nå 2-gradersmålet.

3.4 Potensialet for offshore lagring er stort

For at fangst og lagring av CO_2 skal kunne tas i bruk som et klimatiltak internasjonalt er det avgjørende at muligheten for miljømessige sikre CO_2-deponier kartlegges. Siden 2011 har Oljedirektoratet jobbet med å utarbeide et lagringsatlas for å kartlegge potensialet for CO_2-lagring på norsk kontinentalsokkel. I 2014 ble lagringsatlaset for deler av sokkelen som er åpen for petroleumsvirksomhet ferdigstilt (OED 2014). Lagrings-atlaset stadfester at det er teoretisk mulig å lagre mer enn 80 milliarder tonn CO_2 på norsk sokkel.

Det er mulig å lagre CO_2 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: IPPC 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 CO_2-håndtering frem til nå

Norske myndigheter har over lengre tid satset tungt på utvikling av CO_2-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 CO_2 fra gasskraftverket studert. Planene om CO_2-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 CO_2-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 teknologisenteret for CO_2-fangst på Mongstad utviklet, og fullskala CO_2-håndtering fra kraftvarmeverket og raffineriet ble også studert. I 2013 valgte staten å avvikle arbeidet med fullskala CO_2-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 CO_2-håndtering, ikke er lønnsomt med de lave strømprisene vi har i Norge. CO_2-håndtering på gasskraftverk i Norge fremstår derfor som et svært kostbart tiltak.

Totalt er det benyttet 7,4 milliarder kroner over statsbudsjettet på fullskala CO_2-håndtering på Kårstø og Mongstad i perioden 2007 til 2012.

Sleipner og Snøhvit

Statoil har gjennomført fangst og dedikert lagring av CO_2 på Sleipner siden 1996, og på Snøhvit siden 2007. På begge steder separeres CO_2 fra gass-strømmen og føres ned igjen i reservoaret. Bakgrunnen for at Statoil valgte å skille ut og lagre CO_2 fra gassanleggene var den norske CO_2-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 CO_2 årlig i Utsiraformasjonen. På Snøhvit separeres 700 000 tonn CO_2 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 CO_2-fangst og lagring. Dette omfatter forskning og utvikling gjennom Climit-programmet, forskningssentre 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 CO_2. 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 CO_2-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 CO_2-håndtering gjennom samarbeid med EU. Norske myndigheter bidrar videre i programmer for CO_2-håndtering i utlandet, deriblant allerede utbetalt støtte og ytterligere avsatte midler til det planlagte Road-prosjektet i Nederland, støtte til CO_2-håndteringsprosjekter i

utviklingsland gjennom Verdensbankens CO_2-håndteringsfond, støtte til en lagringspilot for CO_2 i Sør-Afrika og støtte til CO_2 -håndteringsarbeid i samarbeid med Kina og Europakommisjonen. (OED (2016))

3.6 Barrierer for at CO_2-håndtering utvikles som klimatiltak

Økonomiske, tekniske og regulatoriske barrierer hindrer at CO_2-håndtering som klimatiltak utvikles videre. Her beskrives disse kort.

Økonomiske barrierer

CO_2-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 CO_2. Kvoteprisen i EUs marked er svært lav. Dette gjør implementering av CO_2-håndtering svært utfordrende.

Kostnadene ved CO_2-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 CO_2-håndteringsklynger.

Negative eksternaliteter ved utslipp og fellesgodeproblemet ved klima gir markedssvikt. Dagens CO_2-pris er for lav med tanke på å korrigere markedssviktene. Dette gjør at CO_2-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 CO_2-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 enkeltvise industrianlegg. En tilnærming til dagens kostnadsnivå anslås å være minst 1800 kroner per tonn.

Tekniske barrierer

Teknologi for CO_2-håndtering er relativt umoden, og det er behov for ytterligere oppskalering og utprøving. Erfaring med bygging og drift av storskalaanlegg for fangst og lagring av CO_2 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 CO_2-håndteringskjeden, og særlig grensesnittene mellom leddene:

- fra mellomlager på anlegg til transportmiddel (dimensjonering av mellomlager, føring av CO_2 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 CO_2 kan ha når det gjelder renhet, trykk og temperatur.

Regulatoriske barrierer

Internasjonalt har arbeidet med rammeverket for fangst, transport og lagring av CO_2 tatt tid. Et juridisk rammeverk for sikker lagring av CO_2 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 CO_2-håndtering faller inn under EØS-avtalens bestemmelser om statsstøtte. Dersom man beslutter å etablere et demonstrasjonsprosjekt med CO_2-håndtering må norske myndigheter notifisere støtten til EFTA Surveillance Authority (ESA).

Londonprotokollen gav tidligere et forbud mot eksport av CO_2 til andre land for injeksjon i geologiske formasjoner under havbunnen, men ble endret i 2009 for å tillate transport av CO_2 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 Organization[3]. 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 CO_2 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 insentiver 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 CO_2-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 skattekommisjon (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 CO_2-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 stiavhengighet 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 ivaretatt. 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 KVU-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 CO_2 innen 2020.

Regjeringen har definert CO_2-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. Kvotepliktig sektor skal bidra til utslippsreduksjoner på 43 prosent sammenlignet med 2005. Ikke-kvotepliktig sektor skal kutte utslippene med 30 prosent sammenlignet med 2005-nivå. Det vil fastsettes nasjonale utslippsmål for ikke-kvotepliktig 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 deltakelse i EUs kvotesystem som et bidrag til å oppfylle forpliktelsen.

CO_2-håndtering (fangst, transport og lagring) vurderes å være et nødvendig tiltak for å nå Norges og EUs målsettinger. Det oppgis to begrunnelser for dette:

- CO_2-håndtering kan bidra til karbon-negative løsninger ved å produsere energi fra biomasse der CO_2-utslippet fanges og lagres (BECCS).
- Utelatelse av CO_2-håndtering vil innebære 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 CO_2-håndtering.

<u>Kvalitetssikrers vurdering:</u>

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 CO_2-håndtering blir innført i stor global skala vurderes tilstrekkelig dokumentert. Ideen er, gjennom en serie av etablerte fullskala CO_2-

håndteringsanlegg, at prisen på realisering etter hvert skal bli så lav at CO_2-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 CO_2-håndteringsprosjekter.
- Skape bedre forståelse blant aktørene for kostnadene ved å realisere CO_2-håndtering, for å sikre senere investeringsvilje.
- Redusere kostnadene ved etablering av kommende CO_2-håndteringstiltak, gjennom industrialisering i full skala, slik at flere tiltak blir igangsatt.
- Etablere et marked med markedsmekanismer som gjør det attraktivt for selskapene å fortsette å utvikle teknologi for CO_2-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 CO_2-håndtering (fangst, transport og lagring), som ett av tiltakene for å nå klimamålene. Det er tilfredsstillende redegjort for et generelt behov for reduksjon i CO_2-utslipp, og at behov for CO_2-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 planleggings-horisonter (Finansdepartementet, 2010: Veileder nr. 9 – Utarbeidelse av KVU/KL dokumenter).

I KVU-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 CO_2-håndtering for å redusere utslipp av klimagasser
- Behov for betydelig vekst i antall CO_2-håndteringsprosjekter i verden for at CO_2-håndtering skal kunne bidra med "sin andel" av reduksjon i klimagassutslipp
- Behov for å redusere kostnadene for CO_2-håndtering for å understøtte den nødvendige veksten i CO_2-håndteringsprosjekter
- Behov for statlig finansiering av tiltak som fremmer CO_2-håndtering

KVU-en oppgir at det er bred enighet om at CO_2-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 CO_2-håndtering ikke er tilgjengelig som virkemiddel. En viktig årsak til den store kostnadsøkningen uten CO_2-håndtering er at CO_2-håndtering kan bidra til karbon-negative løsninger ved å produsere energi fra biomasse der CO_2-utslippet fanges og lagres (BECCS). En annen årsak er at scenarioer uten CO_2-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 CO_2-håndtering. I IEAs beregninger er CO_2-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 CO_2-håndtering. Prisene er ikke høye nok til å kompensere for den økte kostnaden som implementering av CO_2-håndtering innebærer. Det er stor usikkerhet om hvor dyrt CO_2-håndtering er, men kostnaden ligger betydelig over forventet utvikling i kvoteprisen i nærmeste fremtid. Det fremgår av KVU-en at det er markedssvikt i alle ledd; fra idéfasen til demonstrasjons- og spredningsfasen. For KVU-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 CO_2-håndtering.

Kvalitetssikrers vurdering

I KVU-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 CO_2-håndtering. Det er en logisk og konsistent oppbygging av de etterspørselsbaserte behovene, og de etterspørselsbaserte behovene er i all hovedsak tilfredsstillende behandlet.

Behovet for CO_2-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 CO_2-utslipp tas gjennom fornybar energi, slik at det vil være mindre behov for CO_2-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 CO_2-utslipp fra industrisektoren som medfører behov for CO_2-håndtering.

4.1.3 Interessegruppers behov

KUV-ens behovsanalyse

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

- Eiere av utslippskilder
- Eiere/operatører av transportløsninger
- Leverandører av fangst/transport/lagring av CO_2
- Forskningsaktører
- Myndigheter
- Statlige selskap involvert i CO_2-håndtering
- Befolkningen
- Miljøvernsorganisasjoner
- 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 CO_2-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 KVU-en har avdekket betydelige markedssvikter ved utvikling av CO_2-håndtering. For å få til kostnadsreduksjoner og nødvendig vekst i antall CO_2-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 CO_2-håndteringskjeden. Det er behov for velfungerende markeder: det er i dag begrenset konkurranse for teknologileverandørmarkedet for fangst av CO_2. Det er også begrensede muligheter for alternative finansieringsmuligheter for CO_2-håndteringsprosjekter utover bruk av egenkapital og statsstøtte. Det vil si at det ikke eksisterer et velfungerende finansmarked for CO_2-håndtering.

I KVU-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 CO_2-håndteringsprosjekter og analysebyråer i Europa, og har totalt gjennomført om lag 30 intervjuer med interessenter.

Representanter fra forskning, fangst, transport, lagring og CO_2-håndteringsprosjekter i utlandet mener det er behov for å demonstrere at CO_2-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 CO_2-håndtering er relevant for industrier hvor man ikke finner alternativer til varene, for eksempel stål og sement. CO_2-håndtering kan også være aktuelt i kraftproduksjon, men her finnes det også andre muligheter. Behovet for CO_2-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 CO_2-håndtering brukes på kullkraftverk eller avfallsanlegg som benytter biobrensel vil det være et karbonnegativt tiltak. Flere internasjonale aktører mener Norge trenger CO_2-håndtering på naturgass slik at den blir miljøvennlig og kan ta opp konkurransen med fornybar energi.

Enkelte aktører er skeptiske til om CO_2-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 CO_2-fangst og lagring. Lite kunnskap om hvorvidt CO_2 kan lekke ut fra reservoarer og høyt energiforbruk i fangstprosessen er også en årsak til en viss skepsis. Andre aktører peker på at CO_2-håndtering er nødvendig for å få til en rask nok omstilling til et lavutslippssamfunn.

Et manglende marked for teknologi og lave CO_2 -priser er tiltakets hovedutfordringer. Fangst av CO_2 er kostnadskrevende med dagens tilgjengelige teknologier. Lav pris på utslipp gjør at eiere av utslippskilder ikke har et økonomisk insentiv til å fange CO_2. En interessent oppsummerer status for CO_2-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 røykgass og volum for å unngå unødige driftsutfordringer. Leverandører av fangstteknologi har behov for at myndighetene jobber med å legge til rette for at CO_2-fangst blir lønnsomt. Dette kan skje ved at kvoteprisene øker eller at man stiller krav til utslippskilder om rensing av utslipp for CO_2. Shippingselskaper, som kan transportere CO_2 på skip, har behov for optimalisering av grensesnitt i kjeden (føring av CO_2 fra mellomlager til skip og injisering fra skip til brønn). Lageroperatører har behov for praktisk erfaring med å losse CO_2-offshore ned i brønnen, da dette ikke er gjennomført tidligere.

Det er ikke opprettet infrastruktur for transport og lagring av CO_2 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 CO_2 opptatt av at det skal være konkurranse på like vilkår.

Et demonstrasjonsanlegg kan, ifølge interessentene, bidra til å fjerne barrierer i hele CO_2-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 CO_2 over på skipet).
    - Fra transportmiddel og til lagringsdestinasjon (lossing offshore og injisering i brønn). Det er avgjørende å få erfaring med hvilke egenskaper CO_2 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 CO_2 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 CO_2 og ikke prislappen på investeringen når myndighetene vurderer om de skal satse på tiltaket.

Lagring av CO_2 på norsk sokkel er en forretningsmulighet for Norge i fremtiden. For europeiske aktører med fremtidig behov for lagring av CO_2, ligger potensielle lagringsdestinasjoner nærmere enn Norge. Eksempler er Storbritannia, Nederland og Danmark. Dette kan tilsi at det tar lang tid før det blir behov for å lagre CO_2 på norsk sokkel. Lagring av CO_2 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 CO_2-fangst er avhengig av økonomisk attraktive CO_2-lagringsmuligheter. Denne teknologien er på forskningsstadiet i dag.

Kvalitetssikrers vurdering

Kvalitetssikrers intervjuer har kartlagt at representanter fra forskning, fangst, transport, lagring og CO_2-håndteringsprosjekter i utlandet har behov for å demonstrere at CO_2-håndtering er mulig. Dette kommer godt frem i KVU-en.

Interessentanalysen i KVU-en omfatter i hovedsak aktører som er positive til CO_2-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 CO_2-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 CO_2 på norsk sokkel

Vår vurdering er at KVU-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 KVU/KL dokumenter).

Det fremgår av KVU-en (sammendraget) at formålet med behovsanalysen er å redegjøre for det prosjekt-utløsende behovet, og at dette er definert til *behov for demonstrasjon av fullskala* CO_2 *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.
- CO_2-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 CO_2-håndteringsprosjekter.
- Med dagens priser på utslipp (kvoter og avgifter) har industrien begrensede insentiver til å utvikle og implementere CO_2-håndtering.
- Det er derfor behov for å redusere kostnadene for CO_2-håndtering.

Kvalitetssikrers vurdering:

Det prosjektutløsende behov bygger direkte på Sundvolden-plattformen: *«Satse bredt på å utvikle en kostnadseffektiv teknologi for fangst og lagring av* CO_2*, og ha en ambisjon om å realisere minst ett fullskala demonstrasjonsanlegg for* CO_2*-fangst innen 2020.»*

Det er ikke gitt en egen beskrivelse av det prosjektutløsende behov i KVU-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 CO_2-håndtering kan gjøre sitt bidrag

knyttet til utslipp. Det vises til øvrige kapitler under behovsanalysen vedrørende behov for CO_2-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. Samfunnsmålet skal vise eiers intensjon og ambisjon med tiltaket. Følgende samfunnsmål er definert i KVU-en:

«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.»

<u>Kvalitetssikrers vurdering:</u>

Samfunnsmålet er konsistent med behovsanalysen ved at det viser til behov for demonstrasjonsanlegg, behov for å nå klimamålene og behov for reduksjon av kostnadene ved CO_2-håndtering. Samfunnsmålet er tilstrekkelig ambisiøst, og det er gitt en forklaring til samfunnsmålet 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 samfunnsmålet. Følgende justerte effektmål er presentert i Mulighetsstudien[4]:

«Flere kommende europeiske CO_2-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 CO_2-håndteringsprosjektet gir»*

<u>Kvalitetssikrers vurdering:</u>

De justerte effektmålene er et uttrykk for den direkte effekten av tiltaket og er konsistent med behovsanalysen og samfunnsmålet. Effektmålene må imidlertid konkretiserer 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 CO_2-håndtering er mulig og trygt)
2) Produktivitet/læringseffekter (kroner)
3) Regulatoriske forhold (rammebetingelser, etc.)

[4] Mulighetsstudier av fullskala CO_2-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 samfunnsmål. 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 KVU-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 KVU/KL dokumenter).

Følgende krav til konseptet er oppgitt i KVU-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 CO_2-håndteringskjeden, og kjeden totalt.
    b. Regulatoriske forhold.
    c. Å gi oppdatert informasjon om kostnader.
    d. Å bidra til teknologisk utvikling.
4. Vise at CO_2-håndtering er et trygt og effektivt klimatiltak
5. Bidra til forbedringer av markedssituasjonen for CO_2-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 KVU-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 KVU-en forutsettes krav om at konseptet både skal være en hel kjede og fullskala CO_2-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 KVU.

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 prosjektalternativ 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 ivaretatt. (..) 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 CO_2, 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 CO_2
- Gassnova (2015): Utredning av mulige fullskala CO_2-håndteringsprosjekter i Norge - Idéstudie
- Olje og energidepartement (2016): Fullskala CO_2-håndteringsprosjekt i Norge - Mulighetsstudie
- Intervjuer med interessenter

7.1 Fangst av CO_2

KVU-en redegjør for fangstteknologier som kan brukes i demonstrasjon av helkjede CO_2-håndtering. Teknologiene deles opp i tre hovedkategorier:

- Post-combustion teknologi: CO_2 fanges etter forbrenning i et kraftverk eller i utslippsgassen fra en industriprosess
- Pre-combustion teknologi: CO_2 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 CO_2-håndtering i Norge

I Gassnovas idéstudie ble det kartlagt muligheter for fangst av CO_2 på eksisterende utslippskilder på land, CO_2-fangst for nye planlagte utslippskilder og utslippskilder offshore. KVU-en påpeker at Norge har få, store punktutslipp som kan egne seg for fullskala CO_2-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 Bjølvefossen	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 CO_2-utslipp på over 400 000 tonn CO_2 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 CO_2-fangst på disse anleggene. I KVU-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 CO_2, 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 CO_2-negativ på grunn av utsortering og gjenvinning av plast.

7.1.2 Fremtidige utslippskilder på land

KVU-en redegjør for muligheten for å integrere et fangstanlegg under byggingen av et nytt industrianlegg. Alternativer som har blitt vurdert i arbeidet med KVU-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 CO_2-håndtering i dag.

7.1.3 Utslippskilder offshore

KVU-en redegjør også for muligheter for å fange CO_2 fra petroleumsaktiviteten på norsk sokkel. Fangst av utslippene fra slike forbrenningsprosesser er krevende med dagens CO_2-håndteringsteknologi. KVU-en påpeker at problemet med slike utslippskilder er at de består av mange mindre utslippskilder på om lag 60-100 000 tonn CO_2 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.

<u>Kvalitetssikrers vurdering av mulighetsrommet for fangst av CO_2</u>

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 CO_2-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 CO_2

KVU-en redegjør for muligheter innen transport av CO_2 både på land og offshore. For landtransport kan man frakte CO_2 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 CO_2 fraktes på trafikkerte veier

- Gassrør som transporterer CO_2 over bakkenivå: Gassrør fra fangstanlegg til mellomlager eller lagringspunkt. Kostbart og vanskelig gjennomførbart i tettbygde strøk

- Gassrør som transporterer CO_2 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 CO_2 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 CO_2 under lavtrykk, mellomtrykk eller høytrykk

Transport av CO_2 er mer utprøvd enn fangstteknologi. CO_2 kan transporteres enten i rør eller med skip. Begge transportløsninger gjennomføres i større omfang for ulike industriformål. Skipstransport av CO_2 kan videre anskaffes som en tjeneste i et marked som tilbyr transport av CO_2.

KVU-en viser til at det i USA er over 2 500 km med CO_2-rør på land. Denne infrastrukturen frakter om lag 50 millioner tonn CO_2 per år til økt oljeutvinning (EOR). Undervannstransport av CO_2 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 CO_2 fra et fangstanlegg til et undervannslager er gjennomførbart gjennom å anvende prøvd og moden transportteknologi.

Transport av CO_2 med skip gjøres allerede i stor skala i dag med frakt av CO_2 til mat- og drikkevareindustrien. Yara selger for eksempel om lag 1 million tonn CO_2 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 CO_2

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 CO_2

KVU-en viser til at lagring av CO_2 i geologiske formasjoner heller ikke er en ny teknologi. CO_2-lagring er gjennomført både på land og offshore. Bare i Norge er det 13 års erfaring med lagring av CO_2 i geologiske formasjoner ved Sleipner i Nordsjøen og på Snøhvitfeltet i Barentshavet. Ved Sleipner pågår det et større forsknings- og overvåkingsprogram for å kartlegge CO_2-bevegelsene i Utsira-reservoaret. Prosjektet har dokumentert at lagret CO_2 ikke lekker ut av formasjonen.

Potensialet for lagring av CO_2 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 CO_2, sier FNs klimapanel at det er svært sannsynlig at mer enn 99 prosent av lagret CO_2 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 CO_2 i en størrelsesorden på omtrent 1 million tonn CO_2 per år kan gjennomføres uten problemer offshore. Tekniske og operasjonelle utfordringer som Statoil har støtt på ved lagring av CO_2 på Snøhvit har blitt løst ved å anvende ordinær petroleumsteknologi.

KVU-en viser til det kommersielle potensialet ved å utnytte fanget CO_2 i industrivirksomhet, men har fokus på dedikert geologisk lagring. En bruk av fanget CO_2 som er aktuell, er å benytte fanget CO_2 til økt oljeutvinning. Gjøres dette kan man ta hensyn til klima gjennom permanent lagring av fanget CO_2. Fanget CO_2 til økt oljeutvinning (EOR) er velkjent teknologi fra oljefelter på land i Nord-Amerika. Norsk industri har utviklet lignende konsepter der fanget CO_2 kan brukes til dette formål på norsk sokkel ved hjelp av havbunnsteknologi.

7.3.1 Lokasjoner for lagring av CO_2

KVU-en støtter seg på et CO_2-lagringsatlas utarbeidet av Oljedirektoratet. Atlaset viser mulighetene for lagring av CO_2 på norsk sokkel. Arbeidet viser at det er teoretisk mulig å lagre mer enn 80 milliarder tonn CO_2 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 CO_2 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 CO_2 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 CO_2-håndtering er overgangen mellom transportleddet og lagringsleddet. I mulighetsstudien er følgende muligheter identifisert:

- Terminal ved havn (mellomlager): CO_2 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 CO_2 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 CO_2 fra fangstanlegget og har det nødvendige tekniske utstyret for injeksjon ombord
- Offshore plattform: Transport av CO_2 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 KVU-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 CO_2 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 CO_2-ens virkninger på brønndesign og levetid når det er diskontinuerlig injeksjon av CO_2.

<u>Kvalitetssikrers vurdering av mulighetsstudien for lagring av CO_2</u>

KVU-en identifiserer relevante muligheter for dedikert geologisk lagring av CO_2 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 CO_2 som kan ha samme klimaeffekt og kunne ha redusert kostnadene ved demonstrasjon av helkjede CO_2-håndtering. Eksempler på dette er:

- EOR: Prosess med injeksjon av for eksempel CO_2 for å øke oljeutvinningsgraden fra et felt. Injisert CO_2 blir deretter liggende lagret i formasjonen. Hovedproblemet med bruk av CO_2 for EOR er at alternative gasser eller væsker er billigere enn CO_2.
- Matvareindustri: Salg av CO_2 til matvareindustrien som kan brukes i kullsyreholdige varer, men det er et begrenset behov for CO_2 i matvareindustrien.
- Brannslukning: salg av CO_2 til brannslukning: Eksempelvis kan Norge selge fanget CO_2 for å slukke branner i kullgruver i Kina. Det er uklart hvor stort behovet for CO_2 for bruk i brannslukning er i dag.
- CCU (Carbon Capture and Utilization): Fellesbetegnelse på ulike metoder for å anvende fanget CO_2 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 CO_2 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 CO_2-håndtering i utlandet og samarbeid med andre lands myndigheter

KVU-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 CO_2. 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 KVU-en er ROAD-prosjektet i Nederland. Et samarbeid med ROAD-prosjektet blir i KVU-en satt til side fordi Stortinget har gitt tilsagnsfullmakt på 125 millioner norske

kroner til støtte av driftskostnader ved et europeisk CO_2-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 CO_2-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 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 CO_2-håndtering skal realiseres så snart som mulig
- At det skal være demonstrasjon av fullskala helkjede CO_2-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 CO_2 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 CO_2 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 CO_2-håndtering skal: «Bidra til forbedringer av markedssituasjonen for CO_2-håndtering». En naturlig tanke er at en eventuell kommersiell anvendelse i en tidlig fase i utvikling av CO_2-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 «byggeklossene» innen fangst, transport og lagring. Dette er også i stor grad i samsvar med de tilleggsanalysene som KVU-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 innebefatter 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 samfunnsmål eller effektmål er irrelevant. Dersom det kan antas å ha en viss virkning mhp. effektmål, men liten eller ingen mhp. samfunnsmål, 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 KVU

I Olje- og energidepartementet (2016): Konseptvalgutredning - Demonstrasjon av fullskala fangst, transport og lagring av CO_2, er det fremsatt et nullalternativ, et minimumsalternativ og et basisalternativ for fullskala helkjede CO_2-håndtering. Vi vil først beskrive og vurdere disse alternativene. Deretter vil vi gjennomgå alternativene som senere ble lagt frem i Olje og energidepartement (2016): Fullskala CO_2-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.

KVU-en redegjør for et nullalternativ hvor det ikke gis norsk støtte til realisering av demonstrasjon av CO_2-håndtering på kort sikt. Det er ikke gitt hvilken utvikling CO_2-håndtering i Europa og verden vil følge dersom Norge ikke bidrar til realisering av et demonstrasjonsprosjekt på kort sikt. Følgende hovedscenarier er skissert i KVU-en:

1. Utviklingen i veksten i CO_2-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 CO_2-håndtering forsinkes. Da har man følgende scenarier:

    a) CO_2-håndtering erstattes av andre klimatiltak (energieffektivisering, fornybar etc.), eller CO_2-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 CO_2-håndteringsprosjekter i verden, både prosjekter i planleggingsfasen og prosjekter i drift. Det gjennomføres også mye forskning knyttet til utvikling av CO_2-håndtering, både i Norge og resten av verden. Det er internasjonalt etablert flere støtteordninger, fond og finansieringsmuligheter for klimatiltak generelt og CO_2-håndteringsprosjekter spesielt, som vil påvirke utviklingen av CO_2-håndtering. I nullalternativet er det lagt til grunn at norske bevilgninger til forskning og utvikling av CO_2-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 fullskalaprosjekt gjennom Horisont 2020.

Kvalitetssikrers kommentarer til nullalternativet

I KVU-en er det skissert to alternativer for videre utvikling - at veksten i CO_2-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 KVU-en er et minimumsalternativ vurdert som en sensitivitet av basisalternativet. Det går ut på at allerede utskilt CO_2 i produksjonsprosessen på Yara kondisjoneres til rett trykk og temperatur for transport og lagring. CO_2-kjeden som etableres vil gi fangst av om lag 200 000 tonn CO_2 per år. Her oppnås læringseffekter ved investering og drift av en hel CO_2-håndteringskjede. Det vil imidlertid ikke være særlige læringseffekter for investering og drift av et fangstanlegg, og dermed lavere læringseffekter enn i en CO_2-håndteringskjede med bygging av et nytt fangstanlegg.

Alternativet er ikke prissatt i KVU-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 samfunnsmålet *(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)*.

Effektmålet sier at tiltaket skal øke produktiviteten i alle tre leddene i CO_2-håndteringskjeden. Minimumsalternativet kan trolig bidra til å oppnå deler av effektmålet: det kan øke produktiviteten ved å transportere og lagre CO_2, men i liten eller ingen grad øke produktiviteten i fangstdelen.

8.1.3 Basisalternativ

I basisalternativet fanges om lag 400 000 tonn CO_2 fra Norcems sementfabrikk i Brevik. Dette er om lag halvparten av de årlige CO_2-utslippene i røykgassen ved fabrikken, og volumet fanges ved bruk av overskuddsvarme fra produksjonen.

Det er Akers aminteknologi som brukes i fangsten. Fanget CO_2 lagres i et mellomlager og fraktes med skip til et landanlegg for mellomlagring og kondisjonering i Øygarden kommune. CO_2 fraktes så med rør til Smeaheiareservoaret, øst for Trollfeltet.

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 CO_2-håndtering. Alle læringseffekter er vurdert som ikke-prissatte effekter i KVU-en.

Kvalitetssikrers kommentar til basisalternativet

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

8.2 Alternativer fra KVU mulighetsstudien

Som nevnt i kapittel 1, inngår flere dokumenter i underlaget for kvalitetssikringen av denne KVU-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 CO_2-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 KVU-ens «mulighetsstudie»

I KVU-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 kunstgjødsel. Variasjoner av begge deler kan gi det samme antallet fanget tonn CO_2 per år.

I likhet med tidligere alternativer, er alternativene i KVU-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 CO_2 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 samfunnsmål og effektmål for tiltaket.

8.3 Kvalitetssikrers alternativer

I det følgende presenteres kvalitetssikres alternativer. De fleste alternativene tar utgangspunkt i alternativene fra KVU-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 KVU-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 CO_2-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 fangstteknologi i Norge vil avvikles eller nedbemannes. En gradvis avvikling eller nedbemanning kan føre til tap av kompetanse om fangstteknologi og CO_2-håndtering i Norge. Likevel vil sannsynligvis ikke kompetanse i Norge innen lagring og transport i særlig grad bli berørt, ettersom CO_2 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 CO_2 som fanges og slippes ut i atmosfæren i dag.

Alternativet har følgende deler i helkjede CO_2-håndtering:

- Investering for mellomlagring av 200 000 tonn CO_2 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 CO_2 per år
- Skipstransport med mellomtrykk av CO_2 fra Brevik med ett spesialbygd skip
- Direkte injeksjon av CO_2 i Smeaheia-feltet

Kvalitetssikrer har laget dette alternativet for å synliggjøre demonstrasjon av helkjede CO_2-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 CO_2, og Norcems sementfabrikk på Brevik er en av Norges største landbaserte CO_2-kilder med utslipp på om lag 800 000 tonn CO_2 per år.

Alternativet har følgende deler i helkjede CO_2-håndtering:

- Fangstanlegg på Norcem Brevik med en fangstkapasitet på om lag 400 000 tonn CO_2 per år. Dette anslaget er forutsatt en virkningsgrad på 83,5 prosent
- Skipstransport fra Brevik med ett spesialbygd skip
- Landterminal på Kollsnes
- Injeksjon av CO_2 i Smeaheia-feltet via rør

3. Ammoniakk (Sensitivitet 3C)

CO_2-utslippene fra Yara Porsgrunn kommer fra ammoniakkproduksjonen. Yara fanger i dag CO_2 for salg til mat- og drikkevareindustrien

Alternativet har følgende deler i helkjede CO_2-håndtering:

- Fangstanlegg på Yara Porsgrunn med en fangstkapasitet på om lag 805 000 CO_2 per år. Dersom vi legger til grunn 83 prosent virkningsgrad blir dette om lag 742 000 tonn CO_2 per år
- Skipstransport fra Brevik med ett spesialbygd skip
- Landterminal på Kollsnes for mellomlagring
- Injeksjon av CO_2 i Smeaheia-feltet via undervannsrør

4. Avfall (Sensitivitet 4C)

Avfallsanlegget driftes av Energigjenvinningsetaten (EGE). Oslo kommune vurderer å ta i bruk CO_2-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 CO_2-håndtering:

- Fangstanlegg på Klemetsrud med en fangstkapasitet på om lag 320 000 tonn CO_2 per år, som øker til 400 000 tonn CO_2 i 2030 pga. befolkningsutviklingen i Oslo-området. Dersom vi legger til grunn 83 prosent virkningsgrad blir dette 295 000 tonn CO_2 per år frem til 2030 og deretter 332 000 tonn CO_2 per år
- Skipstransport fra Klemetsrud med ett spesialbygd skip
- Landterminal på Kollsnes
- Injeksjon av CO_2 i Smeaheia-feltet via undervannsrør

5. Sement og liten kilde (Referansecase 3)

Volumet av CO_2 i «Alternativ 2: Ett fangstanlegg på sement» kan økes med 50 prosent med en forholdsmessig liten tilleggsinvestering av å hente fanget CO_2 på Yara.

Alternativet har følgende deler i helkjede CO_2-håndtering:

- Fangstanlegg på Norcem Brevik med en fangstkapasitet på om lag 400 000 tonn CO_2 per år
- Mellomlager på Yara Porsgrunn med en fangstkapasitet på om lag 200 000 tonn CO_2 per år. Dersom vi legger til grunn 83 prosent virkningsgrad blir dette om lag 184 000 tonn CO_2 per år
- Skipstransport fra Brevik med spesialbygd skip
- Landterminal på Kollsnes
- Injeksjon av CO_2 i Smeaheia-feltet via undervannsrør

6. Tre kilder (Sensitivitet 1C)

Fangst fra flere industriutslipp kan redusere risiko for gjennomføring av helkjede CO_2-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 sensitivitetsanalyse.

Alternativet har følgende deler i helkjede CO_2-håndtering:

- Fangst av CO_2 fra Norcem sementfabrikk, utvalgte kilder på Yara Porsgrunn og hele volumet fra avfallsanlegget på Klemetsrud
- Samlet fangstvolum er på om lag 1,4 millioner CO_2 per år dersom vi legger til grunn 83 prosent virkningsgrad
- Transport av CO_2 med to spesialbygde skip, landterminal på Kollsnes og injeksjon av CO_2 i Smeaheia-feltet via undervannsrør

7. Mongstad

Mongstad er Norges største punktutslipp av CO_2. Utslippene er en del av kraftsektoren som kan ha behov for CO_2-håndtering i fremtiden iht. IEA.

Alternativet har følgende deler i helkjede CO_2-håndtering:

- Fangst fra kraftvarmeverk og krakkeranlegg med om lag 2 millioner tonn CO_2 per år. Dersom vi legger til grunn 83 prosent virkningsgrad blir dette om lag 1,8 millioner tonn CO_2 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 CO_2 -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 CO_2-håndteringsprosjekter. Tallene gir en pekepinn på hva totalt kostnadsomfang for et utenlandsk CO_2-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 CO_2-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 CO_2-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 kulkraftverk

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 KVU	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 KVU-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 usikkerhets-vurderinger 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 KVU-ens estimater. 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 etterprøvbarhet, det vil si beskrevet på en logisk og strukturert måte og arbeidsomfangets kompletthet i forhold til tidligere CO_2 prosjekter Gassnova og Gassco har fulgt opp.

Det er vår vurdering er 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 (contigency) 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 KVU	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

Kile: 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 CO_2-volumer er som definert i designbasis i KVU. Videre at fangst- og lagerstudiene baseres på CO_2-transport med medium trykk (15 bar og temperatur på -25° C).

Det må også gjøres forutsetninger om framdriften til prosjektene. Basert på informasjonsinnhentingen 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

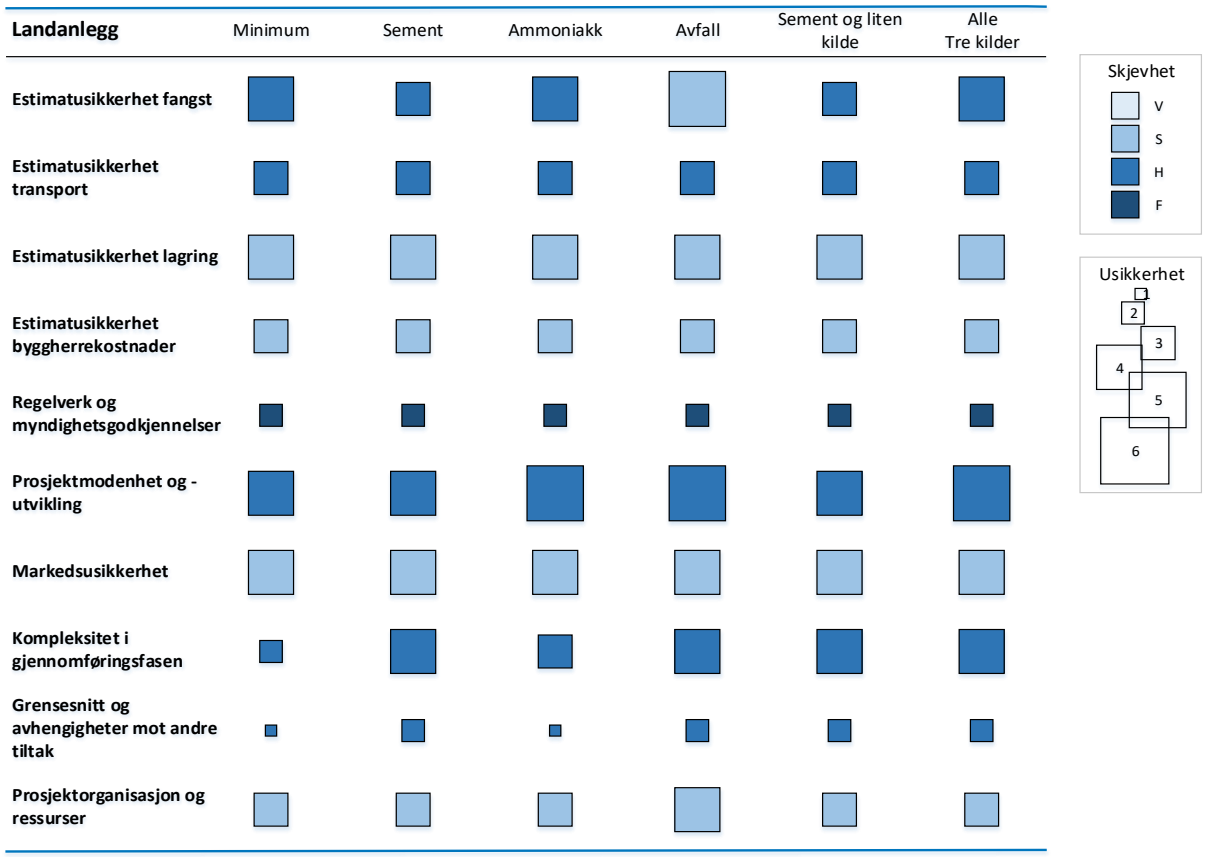
For hver av de sju usikkerhetsdriverne ble det vurdert følgende for hvert konsept:[5]

- 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

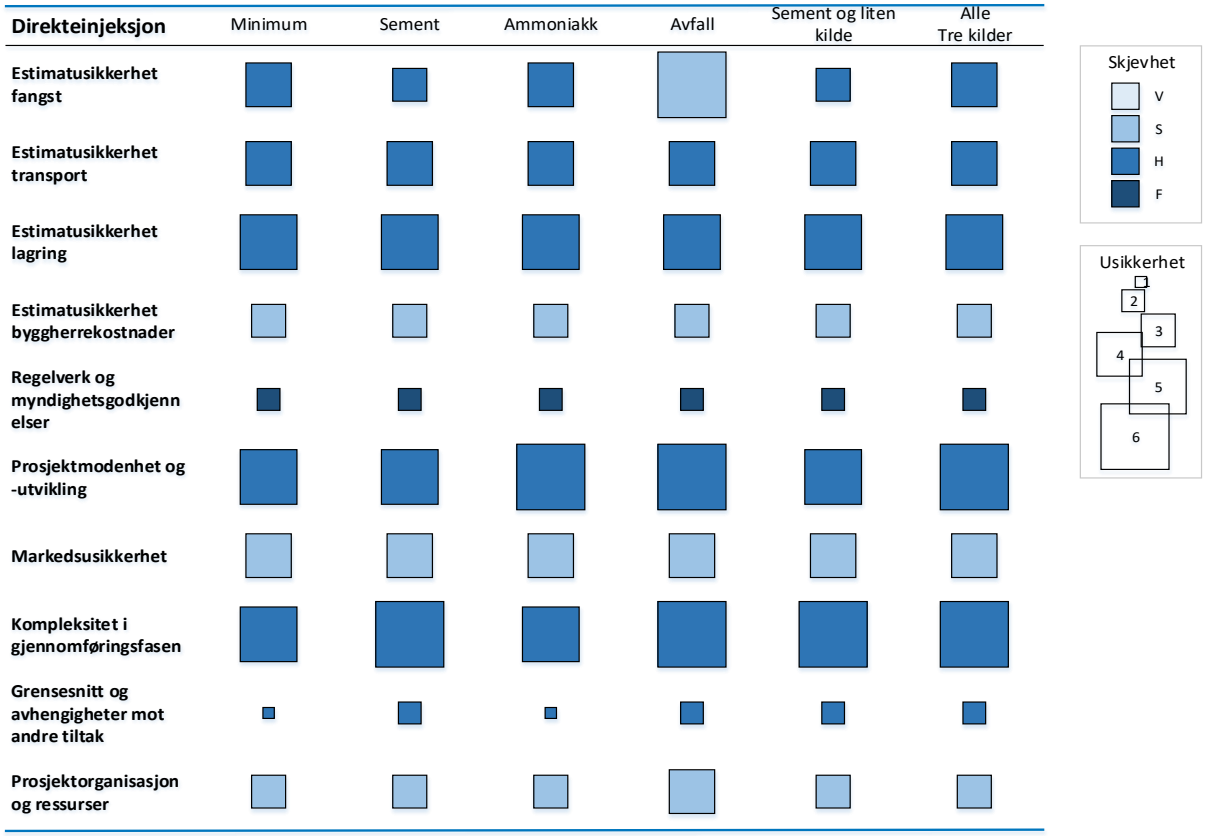
Usikkerhetsdriverne ble diskutert med prosjektet og i etterkant kvantifisert av oss. Figur 9-2 og Figur 9-3 oppsummerer vår vurdering av usikkerhetsdrivere knyttet til hvert alternativ. De ulike usikkerhetsdriverne har ulik grad av påvirkning. Forklaring av form og farge ser man til høyre for figuren.

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

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



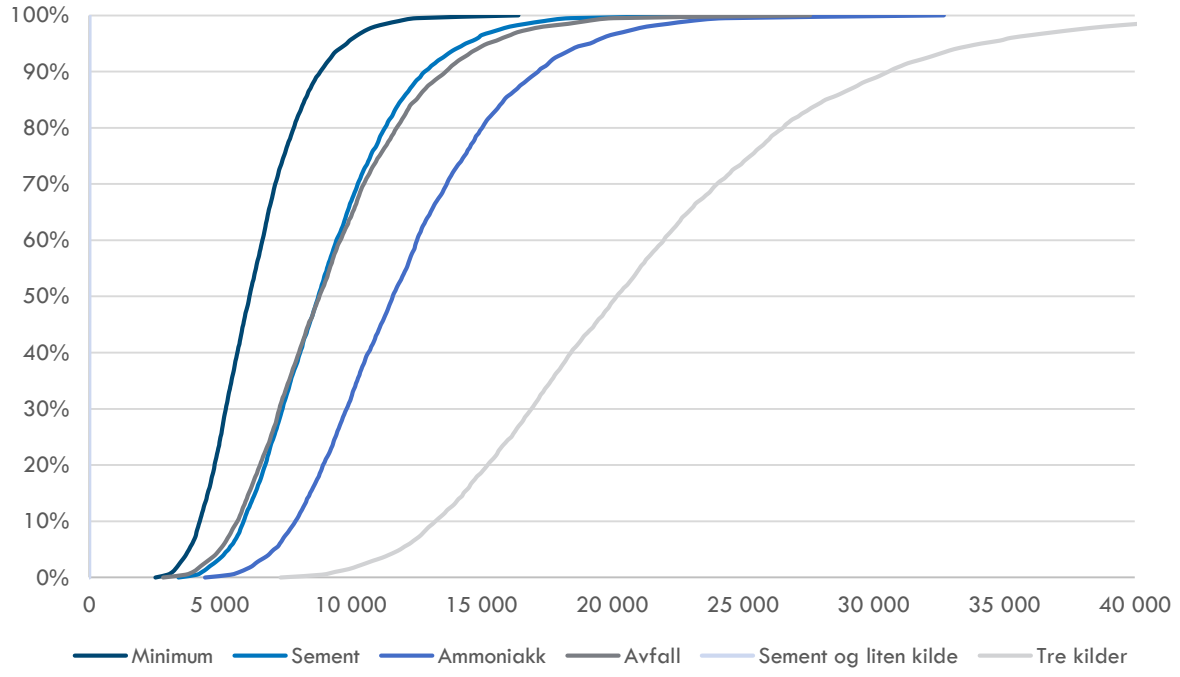
Figur 9-3: Vår vurdering av usikkerhet for alternativer med direkte injeksjon



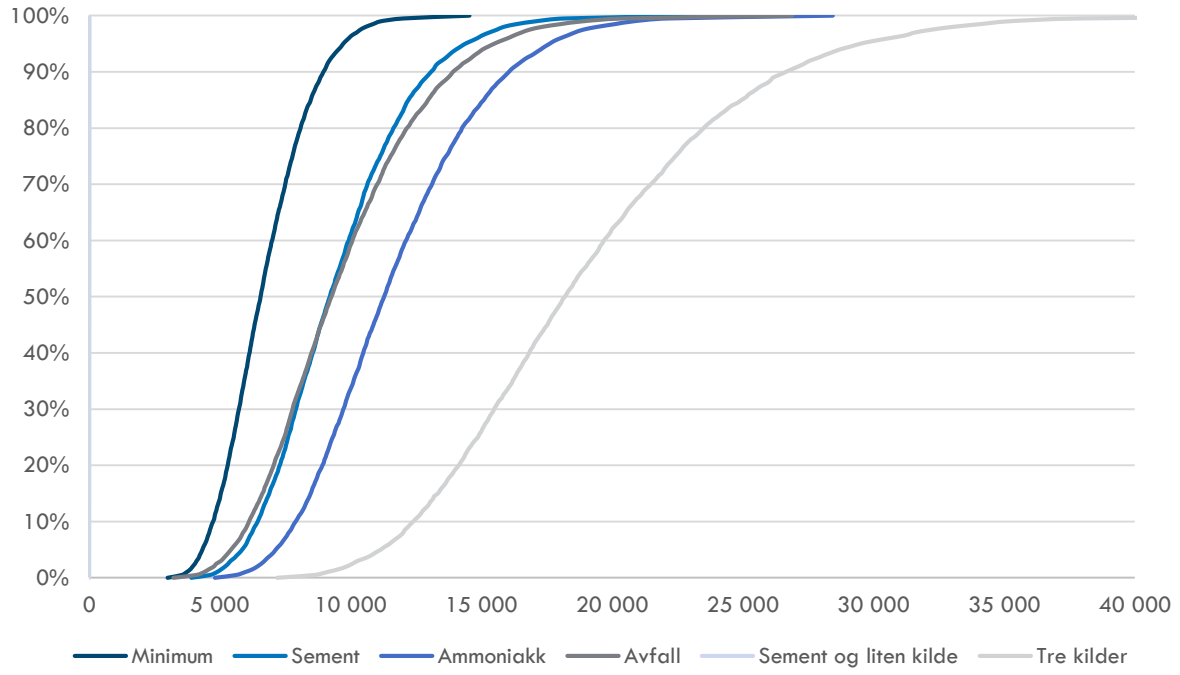
9.2.3 Resultater fra usikkerhetsanalysen

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 %

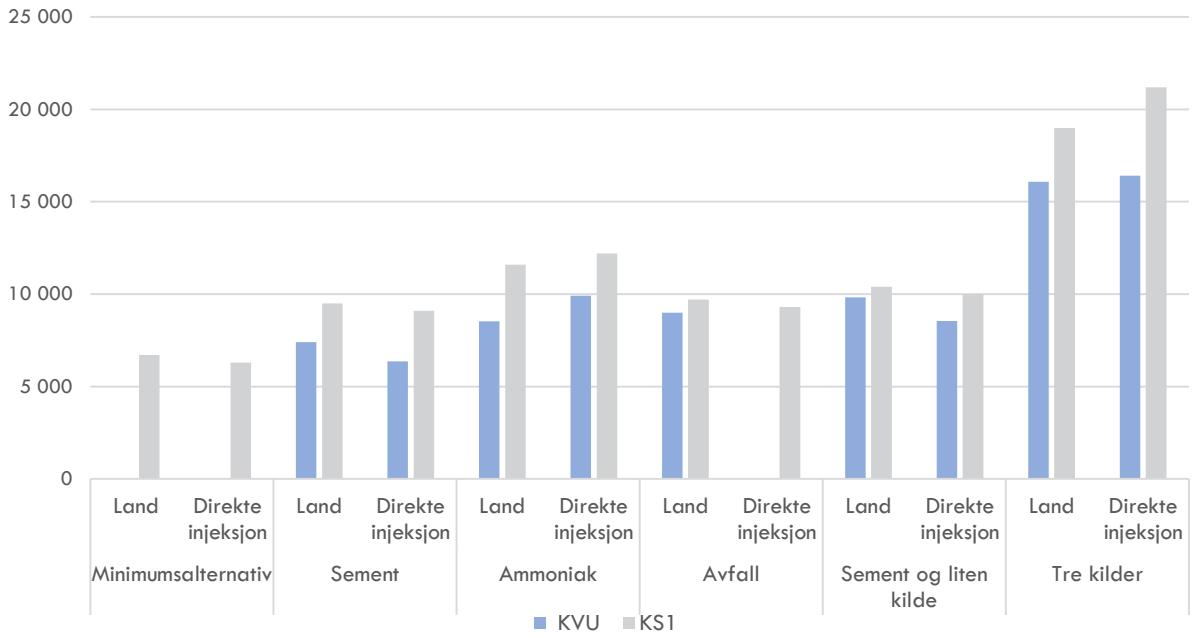
9.2.4 Oppsummering av resultater og sammenligning mot KVU

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

- Vi har noe lavere basiskalkyler enn KVU-en grunnet redusert byggherrekostnader for flertallet av alternativer.
- Forventningsverdiene i KVU-en er basert på et påslag for usikkerhet, uten gjennomføring av usikkerhets-analyse. Vi har gjennomført en usikkerhetsanalyse for hvert alternativ som viser et bredere usikkerhetsbilde enn KVU-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 KVU-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 KVU-ens og våre forventningsverdier, millioner kroner inkl. mva.



9.3 Driftskostnader

Driftskostnadene som er lagt til grunn i vår analyse er basert på KVU-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, klassesertifiseringer, 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 KVU-ens samfunnsøkonomiske analyse

KVU-ens prissatte virkninger

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

Tabell 10-1Prissatte virkninger i KVU-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 CO_2 og de økte utslippene når CO_2 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 CO_2-håndtering og stordriftsfordelene av ekstra lagerkapasitet. Minimumsalternativet er drøftet som en sensitivitet og ikke prissatt i KVU-en, men det er antatt at tiltaket vil ha lavere kostnader enn konsept 1. Læringseffektene antas også å være lavere enn for konsept 1.

KVU-ens ikke-prissatte virkninger

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

- Miljøvirkninger – direkte konsekvenser av bygging og drift
- Produktivitetsgevinster knyttet til fangst, transport og lagring av CO_2

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

Produktivitetsgevinster i KVU-en omfatter læringen som oppstår av et demonstrasjonsanlegg som ventes å gi kostnadsreduksjoner knyttet til bygging, drift, regulering og teknologiutvikling ved fremtidige anlegg. KVU-ens produktivitetsgevinster inkluderer økt sosial aksept av CO_2-håndtering som klimateknologi, spredningspotensialet for læring og stordriftsfordeler knyttet til lagring. En nærmere omtale av KVU-ens produktivitetsgevinster gis i kapittel 0.

Kvalitetssikrers vurdering av KVU-ens samfunnsøkonomiske analyse

I en samfunnsøkonomisk analyse skal minst to konseptuelt forskjellige alternativer vurderes opp mot nullalternativet. I KVU-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 CO_2-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.

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

Produktivitetsgevinstene avhenger av at noen i ettertid vil gjøre bruk av læringen ved å bygge nye CO_2-håndteringsanlegg. Kvalitetssikrer anser det som usikkert hvorvidt CO_2-håndtering vil bygges ut i stort omfang og når dette eventuelt vil skje. Det er altså usikkert hvorvidt tiltakets potensielle produktivitetsgevinster vil oppstå i det hele tatt. Denne usikkerheten bør synliggjøres i en samfunnsøkonomisk analyse.

Kvalitetssikrer har identifisert to tilleggsvise virkninger utover KVU-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

Kvalitetsikrer 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 CO_2-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 kostader og nytte fordi det verken innebærer kostnader eller nytteeffekter i sammenligning med tiltaksalternativene.

I tillegg til tiltaksalternativene som er beregnet i KVU-ens mulighetsstudie har kvalitetssikrer også tatt med to andre tiltaksalternativer; CO_2-håndtering på Mongstad og CO_2-håndtering i samarbeid med andre land (utland). Disse alternativene er ikke kostnadsberegnet i KVU-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 effektenes 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 CO_2 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 CO_2. 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.

CO_2-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

tiltaksalternativer. Denne forutsetningen er lagt til grunn i beregningen av tiltakets nytte under verdsettelsen av CO_2-reduksjoner og i beregningen av alternativenes kostnad per tonn CO_2 renset.

Demonstrasjonsanlegget nyttevirkninger

KVU-en har prissatt verdien av fremtidige CO_2-redusjoner tilsvarende Thomson Reuters fremskrivninger for kvoteprisen i EU ETS fram til 2030 og deretter basert på en linjær fremskrivning fra og med 2030. Kvalitetsikrer 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 CO_2-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.

Skattefinansieringskostander

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 CO_2-utslipp. Dersom en privat aktør deltar i demonstrasjon av CO_2-håndtering vil aktøren måtte inneha færre kvoter (dersom kvotepliktig sektor) eller betale CO_2-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 overenstemmelse med europeisk lovverk om statlig subsidiering av privatøkonomisk virkomhet.

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 CO_2 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 CO_2. 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.

CO_2-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

tiltaksalternativer. Denne forutsetningen er lagt til grunn i beregningen av tiltakets nytte under verdsettelsen av CO_2-reduksjoner og i beregningen av alternativenes kostnad per tonn CO_2 renset.

Demonstrasjonsanlegget nyttevirkninger

KVU-en har prissatt verdien av fremtidige CO_2-redusjoner tilsvarende Thomson Reuters fremskrivninger for kvoteprisen i EU ETS fram til 2030 og deretter basert på en linjær fremskrivning fra og med 2030. Kvalitetsikrer 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 CO_2-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 CO_2 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 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

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
	Investeringkostnad 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 CO_2-reduksjoner

Verdien av reduserte fremtidige CO_2-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 CO_2-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 CO_2-priser vi legger til grunn på lengre sikt. Tiltaket innebærer at noe mellom 200.000 og 2 millioner tonn CO_2, avhengig av alternativ, lagres per år i løpet av anleggets levetid. Anlegget har en antatt levetid 25 år med oppstart i 2024. CO_2-reduksjonene kommer altså i årene 2024-2049, hvor usikkerheten knyttet til fremtidige CO_2-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 CO_2 i samfunnsøkonomisk analyse

Verdsettelse av CO_2-reduksjoner i samfunnsøkonomiske analyser er ikke nevnt eksplitsitt 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 CO_2-utslipp i tilstrekkelig grad tar hensyn til negative eksterne virkninger av CO_2-utslipp. Hagen-utvalget drøfter verdsettelse av CO_2-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 CO_2-prisen er særlig viktig for lønnsomheten, dvs. klimaprosjekter, 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 innstramninger 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 innstrammingen 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 CO_2

Usikkerheten knyttet til Norges og EUs fremtidige klimapolitikk medfører en tilsvarende usikkerhet om hvilke CO_2-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 CO_2-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 CO_2 dersom verden totalt sett hadde renset på billigst mulig måte. Disse prisene illustrerer således en optimal global CO_2-avgift, som ville gitt en kostnadseffektiv bane mot 2-gradersmålet. Grunnet usikkerheten i antakelsene som må gjøres ved en slik nærming 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 CO_2-utslipp på i underkant av 6800 norske kroner per tonn CO_2.

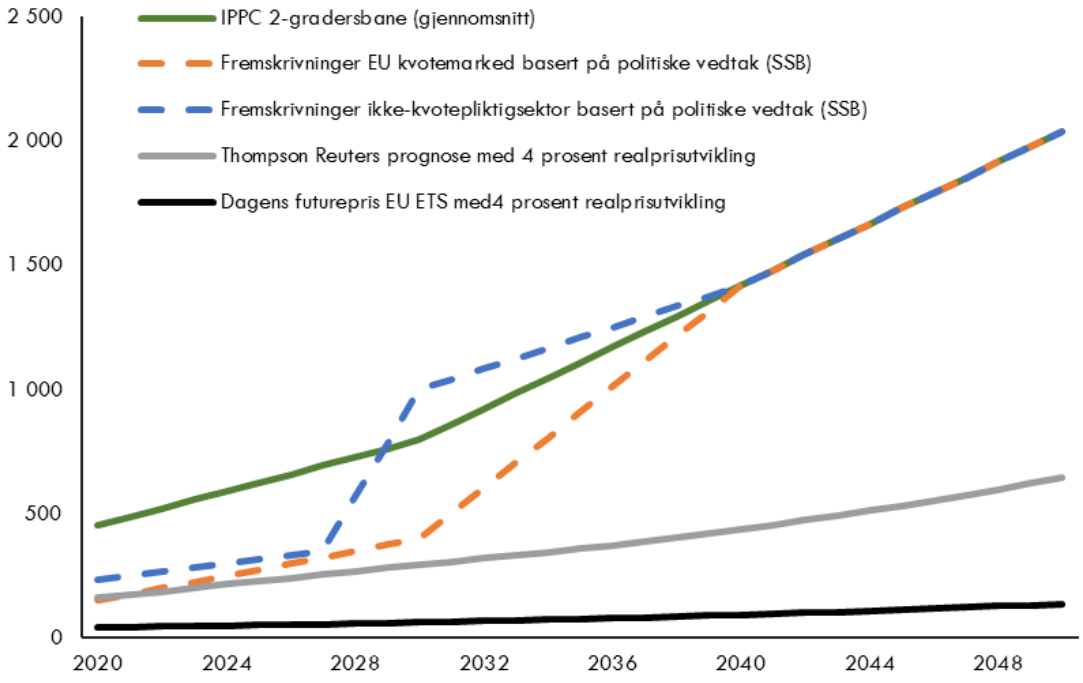
I Figur 10-1 illustreres ulike prisbaner, som viser at ulike tilnærminger gir stor variasjon i prisene. Det er kun 2-gradersbanene som forutsetter en oppnåelse av 2-gradersmålet. Banene som er basert på dagens markedspriser i EU ETS vil i utgangspunktet ikke være tilstrekkelig til å oppnå EUs mål om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

Tabell 10-6: CO_2 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 – linecær 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 CO_2 (NOK/tonn CO_2)



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

Når vi skal prise CO_2-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 CO_2-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 CO_2 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 av 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 innstrammingen i inneværende forpliktelsesperiode. Man kan velge en tilnærming til årene 2020-2050 basert på eksempelvis linecær eller normal vekst, men man vil da implisitt forutsette at mengden kvoter, innstrammingstakten 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 CO_2-håndteringsprosjektet utgjør 19 av de 25 årene (om lag 75 prosent) av tiltakets levetid en periode der Thomspon Reuters ikke har laget prognoser.

En alternativ tilnærming er å prise CO_2 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 CO_2-avgiften. I Norge i dag er CO_2-avgiften svært differensiert mellom ulike sektorer. Alternativ «Avfall» med fangstanlegg på EGE er i ikke-kvotepliktig sektor. CO_2-avgiften innen avfallsforbrenning ble avviklet 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 CO_2-prisen som aktøren står overfor, enten det er kvotepriser, avgifter eller en kombinasjon av disse, tilsier dette at reduksjoner av CO_2 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 CO_2-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 CO_2-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 CO_2 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 CO_2 (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 CO_2-utslipp overgå rensekostnadene i 2-gradersbanen.

10.5.1 KVU-ens prissetting av CO_2-reduksjoner

Et demonstrasjonsanlegg vil bidra til at utslipp av klimagasser til atmosfæren reduseres. KVU-en prissetter denne positive virkningen ved å legge til grunn prognoser for markedsprisen på CO_2-utslipp i EUs kvotemarked. I denne sammenhengen er markedsprisen kvoteprisen i det europeiske kvotemarkedet. For å tegne en utvikling av kvoteprisen har KVU-gruppen lagt til grunn Thomson Reuters forventninger til utviklingen i kvoteprisen. Thompson

[6] Aune et. al. (2015) estimerer estimert kostnadene av CO_2-reduksjoner i ikke-kvotepliktig sektor til 240 euro per tonn CO_2 (2009-priser).

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

KVU-en tallfester verdien av utslippsreduksjoner. I basisalternativet fanges det årlig 400 000 tonn CO_2 i en prosjektperiode på 25 år. Økte utslipp når CO_2 transporteres gir en netto reduksjon på 392 000 tonn CO_2. Nåverdien av utslippsreduksjonene for prosjektet gitt forutsetningene for kvoteprisen er 1,6 milliarder kroner.

10.5.2 KS1 prissetting av CO_2-reduksjoner

Etter avklaringer med oppdragsgiver legger kvalitetssikrer i basisscenariet til grunn en antakelse om at CO_2-prisene i fremtiden er i tråd med dagens markedspriser i EUs kvotemarked uten særskilte politiske innstramminger. Konsekvensene av å bruke andre forutsetninger for CO_2-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 CO_2-utslipp som oppstår ved klimaendringer.

10.6 Globale produktivitetsgevinster ved lavere fremtidig teknologikostnad

I tilegg til den negative miljøeksternaliteten ved utslipp av CO_2 innebærer tiltaket i denne kvalitetssikringen positive kunnskapseksternaliteter som følge av forskning, utvikling og demonstrasjon. Samfunnsøkonomien bør ideelt sett prise samfunnsnytten av slike positive eksternaliteter.

10.6.1 KVU-ens produktivitetsgevinster

I KVU-en er kunnskapseksternalitetene kalt «produktivitetsgevinster». Disse gevinstene er ikke prissatt, men vurdert kvalitativt. Produktivitetsgevinstene er knyttet til alle leddene i kjeden: fangst, transport og lagring av CO_2. 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 CO_2-håndtering er vurdert som moderat.

Potensial for kostnadsreduksjon er bare en nytteeffekt dersom kunnskap overføres til andre CO_2-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 CO_2-håndtering/antallet prosjekter som kan dra nytte 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 CO_2-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 CO_2-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 CO_2-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 CO_2-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 produktivetsgevinstene 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 CO_2-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 ferdigsstilles 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 sentivititetsanalyser hvor viktige forutsetninger endres.

Modellering av fremtidig kostnadsutvikling

Kostnadene ved CO_2-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 CO_2-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 CO_2-håndteringsanlegg, er det vanskelig å si noe om progresjonsraten for tiltaket ved læring. Rubin et. al. (2007) baserer seg på læringsrater fra lignende teknologier; SO_2-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 CO_2-håndtering. De finner da at elektrisitetskostnadene fra et tradisjonelt kull- og gasskraftverk med «post combustion» CO_2 vil ha en forventet læringsrate på 3 %. Dette kan virke lite, men det gjenspeiler at læringspotensialet for selve kraftverket eksklusive fangstdelen langt på vei er uttømt. Rubin oppgir ikke læringsrater for fangstdelen 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 CO_2-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 CO_2-håndtering globalt er svært usikker. FNs klimapanels analyser (IPCC, 2014) viser at CO_2-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 CO_2-håndtering trolig er med i tiltakspakken dersom 2-gradersmålet skal oppnås. Per i dag er det likevel ikke en tilstrekkelig høy CO_2-pris eller andre virkemidler som gir grunn til å tro på en storstilt utbygging av CO_2-håndtering i tråd med en 2-gradersbane.

I følge IEA sitt scenario hvor global oppvarming begrenses til 2 grader vil CO_2-håndtering stå for 6 gigatonn CO_2-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 innstramming av internasjonal klimapolitikk i tråd med 2-gradersbanen vil kunne medføre en utbygging av CO_2-håndtering tilsvarende 1,2 Gigatonn CO_2-reduksjoner i 2040, scenario «renewal», mens omfanget vil bli betydelig mindre (rundt 300 millioner tonn CO_2) 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 CO_2-håndtering følger utbyggingen i IEAs 2-gradersscenario utenom kraftproduserende industri (1,8 gigatonn CO_2 lagret i 2050), gir dette globale neddiskonterte produktivitetsgevinster på 2,42 milliarder kroner for et standard demonstrasjonsanlegg. Dersom vi antar en noe redusert utvikling, eksempelsvis at det ikke vil være behov for CO_2-håndtering i kraftkrevende industri slik at behovet blir redusert til 1,8 gigatonn CO_2 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 CO_2-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 CO_2 renset ved CO_2-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 ferdigsstilles 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 CO_2-håndtering innebærer at en konservativ tilnærming legges til grunn i basisscenariet. Basisscenariet reflekterer en situasjon med lave fremtidige CO_2-priser og en storstilt utbygging av CO_2-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 CO_2-priser og dermed økt utbygging av CO_2-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 utbygning av CO_2-håndtering. Temaer knyttet til stordriftsfordeler er videre behandlet i kapitlet om realopsjoner og fleksibilitet.

10.7 Prissatte effekter i KS1

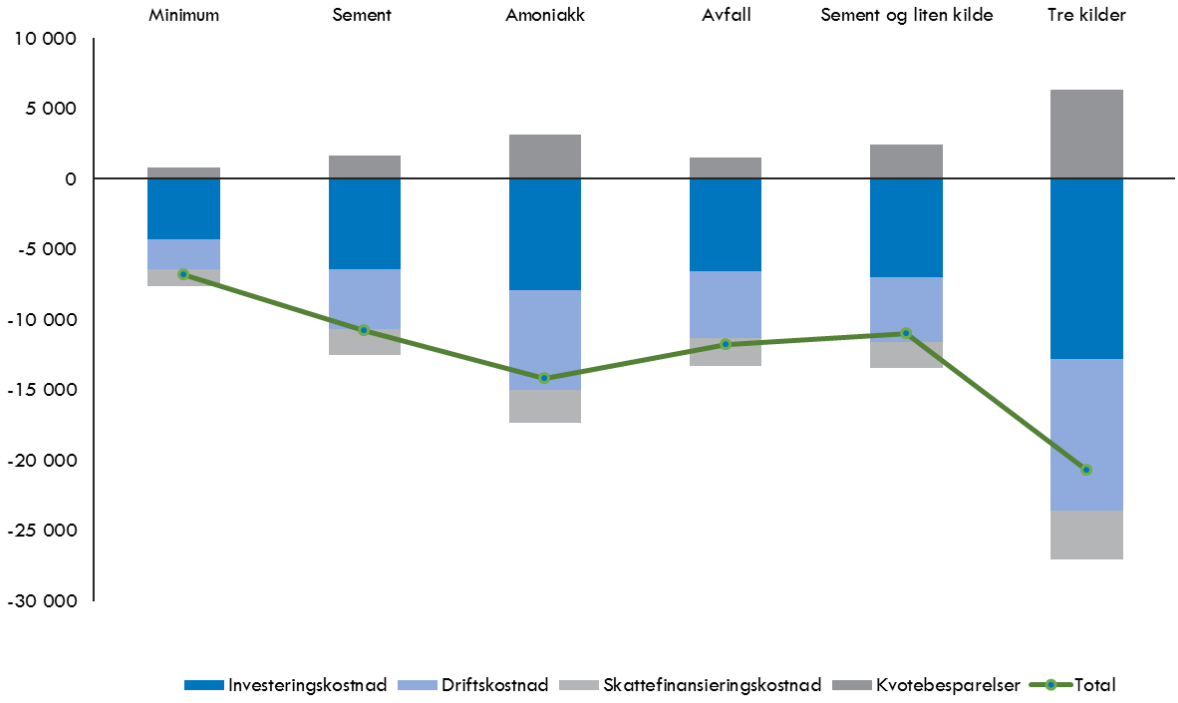
Figur 10-2 viser hvordan samlede prissatte effekter fordeles på kostnads- og nyttekomponentene. Den grønne linjen viser totalen. Alle alternativene har en prissatt negativ netto nåverdi. I basisscenariet har vi lagt til grunn en antakelse om en videreføring av dagens lave CO_2-priser, som gir tiltakets bidrag til CO_2-reduksjoner en lav verdi i analysen. De lave CO_2-prisene antas også å begrense fremtidig utvikling av CO_2-håndtering slik at produktivitetsgevinstene blir lave. Som et konservativt anslag har vi antatt null etterfølgende anlegg og dermed ingen produktivitetsgevinst 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 CO_2-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 CO_2-reduksjoner tilsvarende den til enhver tid kostnadseffektive globale CO_2-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 «moralsk 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 CO_2-avgifter i ikke-kvotepliktig sektor, dersom dette skillet opprettholdes.

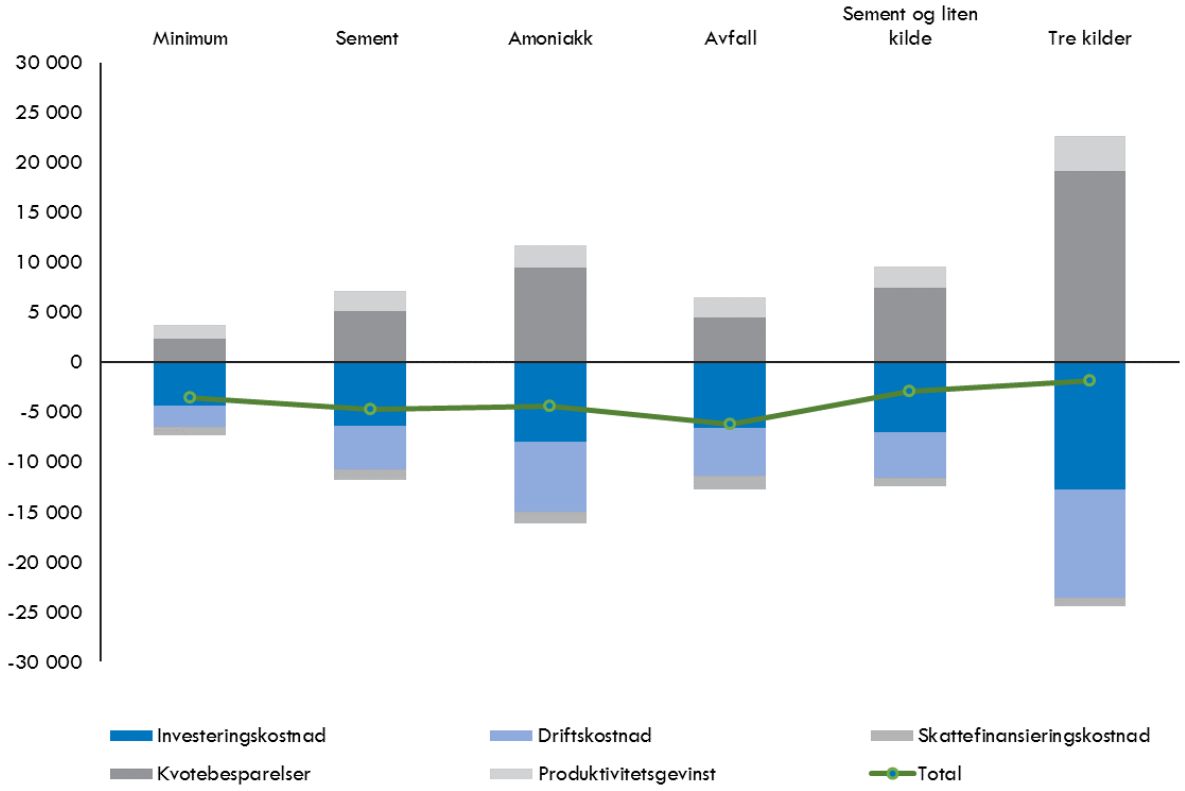
I denne sensitivitetsanalysen viser vi tiltakets prisatte lønnsomhet dersom man innen 2024 har en CO_2-pris for både kvotepliktig og ikke-kvotepliktig sektor som tilsvarer 2-gradersbanen. Banen reflekterer en global CO_2-pris som med 50 prosent sikkerhet vil medføre oppnåelse av 2-gradersmålet. Nødvendig CO_2-pris i IPCCs scenarier er avhengig av en rekke forhold som utviklingen av fornybar energi, befolkningsvekst, klimatiltak som CO_2-håndtering, karbonnegativ teknologi og utviklingen i kostnaden i fossil sektor.

Globale produktivitetsgevinster av tiltaket er avhengig av CO_2-prisen. Med CO_2-prisene som legges til grunn i følsomhetsanalysen for 2-gradersscenariet vil det være rimelig å anta en betydelig utbygging av CO_2-håndtering i takt med stigningen i CO_2-priser. Vi legger til grunn at volumet av CO_2-reduksjoner med CO_2-håndtering tilsvarer IEAs fremskrivninger i 2-gradersscenariet, om at CO_2-håndtering vil stå for 6 gigatonn CO_2-reduksjoner i 2050, med en gradvis og sterk oppskalering fra 2020.

Vi har lagt til grunn at læringseffekten, og dermed produktivitetsgevinsten, 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 produktivitetsgevinster 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 CO_2-håndtering på tre kilder, som har høyest netto nåverdi av tiltaksalternativene. Dette alternativet bidrar også til størst CO_2-reduksjoner og kommer relativt sett bedre ut enn de andre tiltaksalternativene når verdien av CO_2-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 CO_2-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 CO_2-priser i både kvotepliktig og ikke-kvotepliktig sektor.

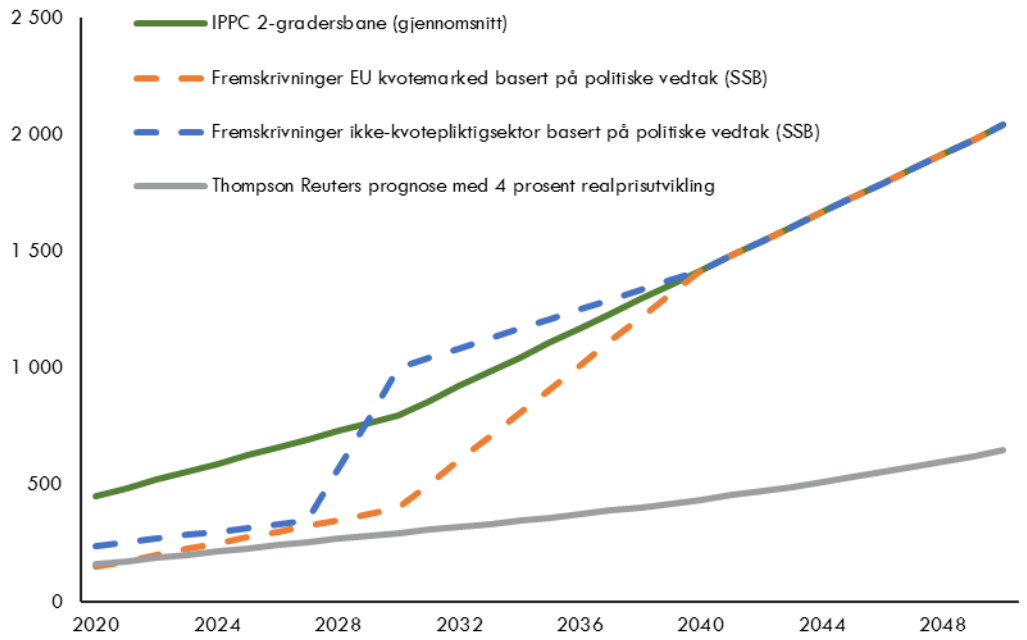
I Følsomhetsanalyse 2 legger vi til grunn dagens politiske mål i Norge og EU om 40 prosent utslippskutt innen 2030. Forutsetningene i dette scenariet er basert på det siste forslaget fra EU-forhandlingene om at Norge skal ta 40 prosent utslippskutt i ikke-kvotepliktig sektor, med en begrenset mulighet 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 CO_2-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 CO_2-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 CO_2-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 CO_2-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 CO_2-prisene som er lagt til grunn i basisscenario og sensitivitetsanalysene.

Figur 10-4 Verdsetting av CO_2-reduksjoner i basisscenario og sensitiviteter

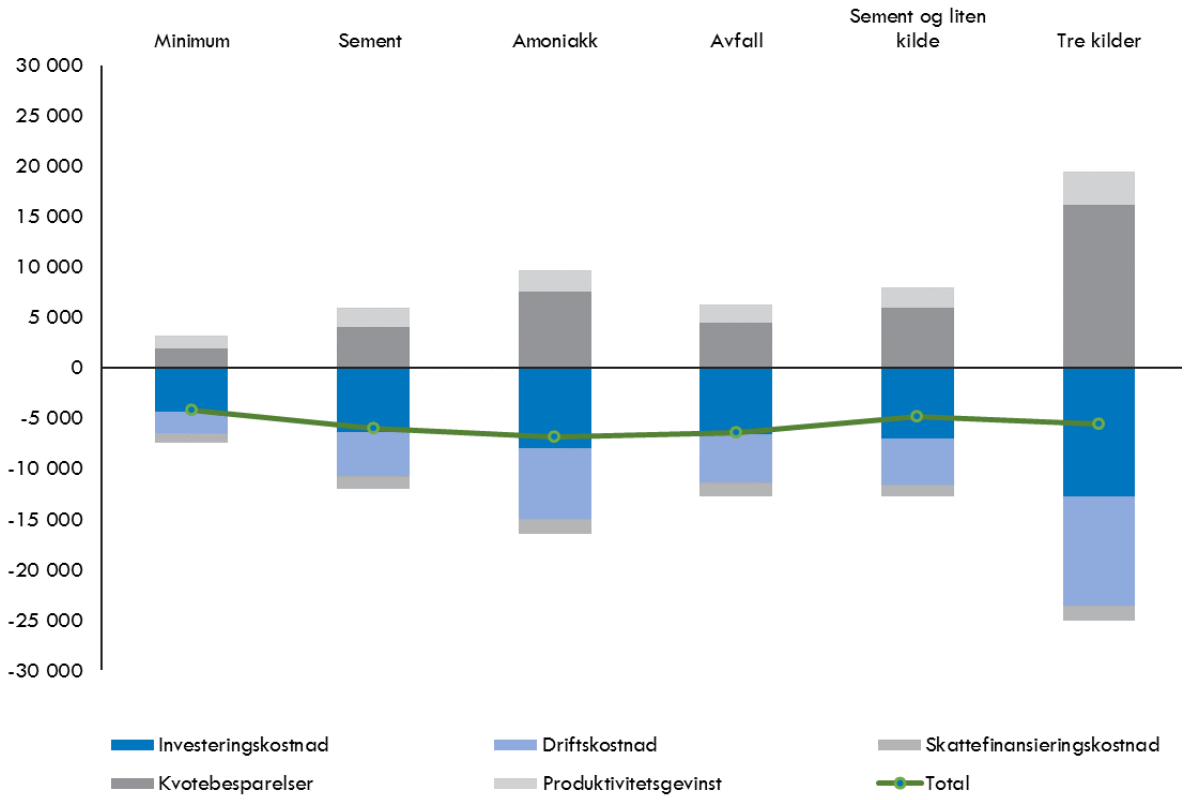


Kilde: IPCC, SSB og Thomson Reuters

Når det gjelder produktivitetsgevnister i følsomhetsanalyse 2 legger vi til grunn en noe lavere utvikling av CO_2-håndtering enn i 2-gradersscenariet. Vi forutsetter, i tråd med IEAs fremskrivninger for industrisektoren alene, at CO_2-håndtering vil stå for 1,8 gigatonn CO_2-reduksjoner i 2050, med en gradvis og sterk oppskalering fra 2020.

Figur 10-5 og Tabell 10-9 viser resultatetene 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 tiltaksalternativetene, 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 – «Regjerings 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 CO_2-håndtering er et mulig og trygt klimatiltak

Virkningen som beskrives i dette kapitlet behandles som en ikke-prissatt effekt. Den potensielle virkningen kan deles inn i to. For det første vil tiltaket, dersom det gjennomføres på en god måte, kunne vise at CO_2-håndtering er et mulig og trygt klimatiltak. For det andre kan tiltaket tenkes å øke sannsynligheten for at andre land investerer i CO_2-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 CO_2-håndtering er mulig å gjennomføre i praksis. Demonstrasjon reduserer usikkerheten om klimatiltakets gjennomførbarhet. Et vellykket prosjekt kan gi mer positive holdninger til CO_2-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 CO_2-håndtering i dag er ikke manglende teknisk gjennomførbarhet, men for høye kostnader sammenlignet med de lave CO_2-prisene. De faktiske kostnadene av CO_2-håndtering er samtidig svært usikre og varierer i stor grad mellom ulike typer prosjekter. Troen på CO_2-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 CO_2-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 CO_2-håndtering. Den fremtidige utbyggingen av CO_2-håndtering og spesielt dette tiltakets påvirkning på fremtidig utbyggingstakt er derimot svært usikker.

Dagens status for CO_2-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 CO_2- 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 CO_2-håndtering som et trygt klimatiltak i befolkningen internasjonalt. Tiltaket vil gi mer erfaring med CO_2-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 CO_2-håndtering er en hensiktsmessig klimateknologi. Anlegget kan også tenkes å gi teknisk læring som tilsier at CO_2-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 CO_2-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 CO_2-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 CO_2-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 CO_2-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 for den videre utviklingen for CO_2-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 CO_2. 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 CO_2-håndtering på Mongstad eller i utlandet.

Tabell 10-10 Verdien av å demonstrere CO_2-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 CO_2:

- Karbonlagringsdirektivet[7]
- 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 CO_2, 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 forurensningsforskriften[9], mens de øvrige delene som dreier seg blant annet om tredjeparts adgang til installasjoner, konkurransemessige forhold, og eierforhold til ressurser på sokkelen, er ivaretatt i petroleumsforskriften eller kontinentalsokkelforskriften[10].

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 CO_2 på Sleipner basert på denne delen av direktivet, og har allerede erfaring med anvendelsen av de miljømessige forholdene med CO_2-håndtering fra Sleipner og Snøhvit (som er implementert gjennom forurensningsforskiften kap. 35). Det er imidlertid ikke bygget nye lagringsprosjekter i Europa hjemlet i EUs direktiv om geologisk lagring av CO_2, 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 CO_2 og om transport av CO_2 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 CO_2 og overlevering til staten etter nedstenging.

Statlig støtte til planlegging, bygging og drift av et demonstrasjonsanlegg for CO_2-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 CO_2-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 CO_2 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 CO_2. 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 CO_2 er effekten antatt å være lik for alle alternativ. Vi vurderer i tillegg at denne effekten er den samme dersom man hadde etablert CO_2-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 CO_2.

Dersom manfår erfaring med kostnaden for fullskala CO_2-håndtering, blir det enklere å fatte beslutning om å investere i andre prosjekter. Priser på CO_2-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 CO_2-håndtering.

Demonstrasjonsanlegget vil i seg selv gi etterspørsel etter fangstteknologi. Siden CO_2-prisen er lav og fangstteknologiene er dyre har ikke eiere av store utslippspunkter insentiver til å rense utslippene sine. Det er altså ikke et marked for CO_2-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 CO_2-håndteringsanlegg på Mongstad ville hatt samme effekt som «Tre kilder» på grunn av det store fangstvolumet på Mongstad. Finansiering av CO_2-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 CO_2-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 CO_2. Ressursene som er lagt ned i forskning og testing på Mongstad og i CLIMIT er betydelige, og kan tilsi 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 fordelen av å være tidlig ute på et nytt område som CO_2-håndtering. Dersom CO_2-håndtering bygges ut i stor skala i verden på sikt, og det blir en etterspørsel etter lagerkapasitet i Nord-Europa, kan mottak av CO_2 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 CO_2-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 CO_2-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 CO_2-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 CO_2-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 CO_2 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 CO_2-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 CO_2 vil kunne redusere utslipp av enkelte stoffer som slippes ut i dag. Samtidig vil bygging og drift av CO_2-fangstanlegg gi nye utslipp. På Norcem vil utslipp av kvikksølv, støv, NOX og SO_2 til luft reduseres, samtidig som CO_2-fangst med amin gir nye utslipp. For denne effekten har vi lagt til grunn vurderingene i KVU-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 CO_2 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 CO_2-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 CO_2-håndtering som miljøtiltak, størst demonstrasjonseffekt og læring i ulike sektorer i industrien (ivaretatt i effekten CO_2-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 CO_2 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 CO_2 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 Fordelingsvirkninger

I tillegg til prissatte og ikke-prissatte virkninger skal det i samfunnsøkonomiske analyser redegjøres for potensielle fordelingseffekter. 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 utslippsreduserende tiltak. Dette er således en fordelingseffekt 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 CO_2-håndtering medvirker til at teknologien tas i bruk reduseres de negative fordelingseffektene knyttet til klimaendringer.

Dersom et demonstrasjonsanlegg for CO_2-håndtering medvirker til lavere kostnader for fremtidige utbyggere i andre land (produktivitetsgevinster) vil dette være en fordelingseffekt.

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 CO_2-håndtering.

Illustrasjon på å prissette fordelingseffekter mellom generasjoner

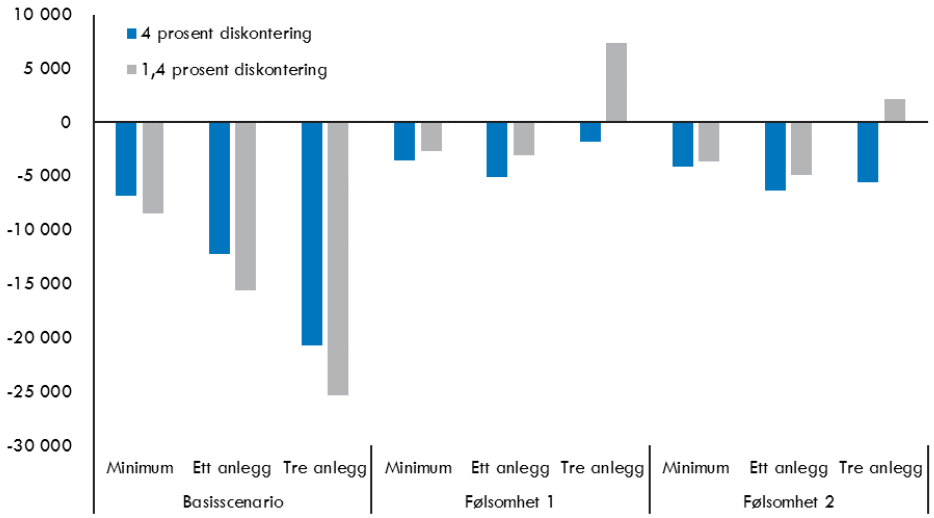
En tilnærming for å synliggjøre fordelingseffekter mellom generasjoner er vektlegge fremtidige generasjoners nytte og kostnader høyere ved å bruke en lavere diskonteringsrente for klimatiltak. Denne tilnærmingen er mye diskutert i den miljøøkonomiske faglitteraturen, som blant annet er redegjort for 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 fordelingseffekter har oppstått i den samfunnsøkonomiske litteraturen fordi diskonteringsrenter blant annet tolkes som et uttrykk for «utålmodighet» i konsum.

Samspillet mellom kalkulasjonsrenten og fordelingseffekter 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 tid[12]. 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 fordelingseffekter 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 fordelingseffekter. 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 fordelingseffekter



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 fordelingshensyn 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 konsumutjevning 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 kapitalverdibasert tilnærming ved at avkastningen på alternative investeringer bør være retningsgivende også for klimainvesteringer, slik at kalkulasjonsrenten blir på nivå med observerbare markedsrenter, eksempelvis statsobligasjoner med meget lang løpetid. For å imøtegå fordelingshensyn 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 CO_2-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».

10.11 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. CO_2 pumpes via rør fra mellomlager på land til undervannsanlegget, der valg av injeksjon i satelittbrønnene fjernstyres. Diameteren på røret bestemmer det årlige injeksjonsvolumet. Oslo Economcis 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 CO_2 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 CO_2 i året, forskjellen ligger i at et 8-tommers rør har en kapasitet på 2 millioner tonn i året og et 12 tommers 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 CO_2-lagring har et omfang på mindre enn 2 millioner tonn CO_2 i året. Tatt i betraktning at alle tiltaksalternativene har et årlig injeksjonsvolum på 2 millioner tonn CO_2 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 CO_2-håndtering i Norge.

Fleksibilitet ved trinnvis implementering

Tiltaket har fleksibilitet i gjennomføringen og implementeringen av CO_2-håndtering ved at man kan bygge ut CO_2-håndtering trinnvis, og dermed ta beslutninger basert på den faktiske utviklingen i CO_2-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 CO_2-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 CO_2 med lagring av CO_2 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 CO_2
- Bygge ut et siste fangstanlegg med driftsstart i 2036 som tar i bruk infrastrukturen

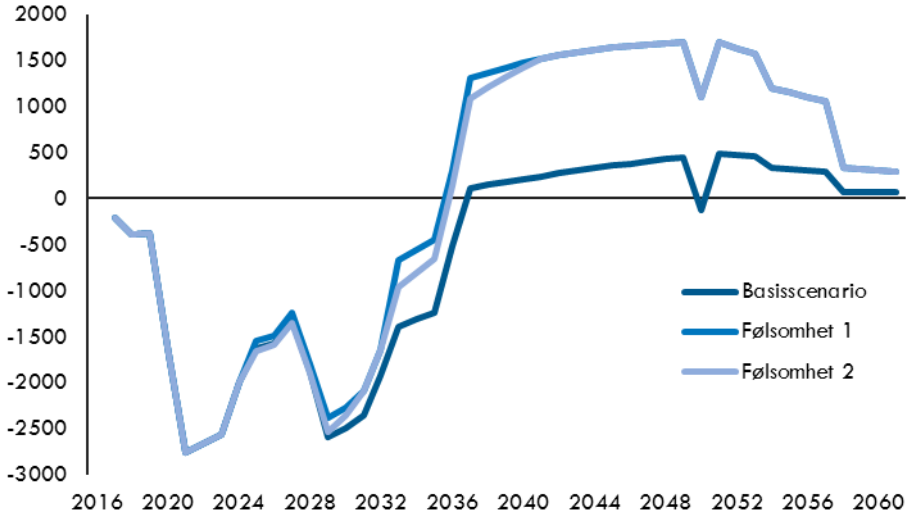
Formålet med trinnvis utbygning er å få utnyttet fleksibilitet. Ulempen med en vanlig netto nåverdi analyse er at prosjektet gjennomføres fullt ut, uten dynamiske avgjørelser fra prosjekteier. En mer dynamisk beslutningsstrategi gir følgende fleksibilitet:

a) Dersom CO_2-prisen rundt 2024 viser en svak utvikling kan man stoppe utbygningen av CO_2-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 CO_2-prisen får en tilstrekkelig positiv utvikling vil man allerede ha tilrettelagt for en kraftig utbygning av intrastruktur 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 produktivitetsgevinster selv om dette vil være avhengig av CO_2-prisutvikling. Forutsetningen tilsier derfor at alle fangstanlegg som bygges sekvensielt har samme kostnadsnivå som i dag. Siden tiltaket med demonstrasjonsanlegg delvis er begrunnet i produktivitetsgevinster 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 CO_2-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 CO_2-prisen ikke blir tilstrekkelig høy. Bygger man ut transport, lagring og mellomlager for allerede fanget CO_2, 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 fordelen med å ha tilgjengelig infrastruktur ved en positiv utvikling i CO_2-prisen kan være stor. Antar man at CO_2-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. CO_2-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 CO_2-priser og fremtidig utbygging av CO_2 – håndtering som klimatiltak.

Dagens situasjon betegnes av ambisiøse mål for klimapolitikken som til dags dato ikke er fulgt opp av tilsvarende høye internasjonale CO_2-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 CO_2-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 CO_2-priser vil påvirke tiltakets nytteside på to måter. En høy fremtidig markedspris på CO_2-utslipp vil øke den direkte verdsettelsen av utslippsreduksjoner og dermed øke tiltakets direkte nyttestrøm. Samtidig vil en høy fremtidig markedspris på CO_2-utslipp trolig være avgjørende for den fremtidige utbyggingen av CO_2 - håndtering som klimatiltak. Med CO_2-priser på dagens nivå er det lite sannsynlig at en storstilt utbygging vil forekomme. En storstilt utbygging av CO_2-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 CO_2-pris, med andre

virkemidler. Et eksempel på alternative virkemidler er påbud om utslippskutt i visse sektorer. En storstilt internasjonal utbygging av CO_2-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 CO_2-håndtering. Selv ved en internasjonal CO_2 -pris som reflekterer 2-graderbanen vil det ta mange år før prisen er høy nok til å tilsvare kostnadene ved utbygging av CO_2-håndtering. Tidspunktet for dette avhenger også av hvordan kostnadene ved CO_2-håndtering utvikler seg, som antas å synke med antall anlegg bygget gjennom læringseffekter. Med en betydelig utvikling av CO_2-håndtering tilsvarende 1,8 gigatonn CO_2 lagret i 2050 viser våre beregninger at den langsiktige teknologikostnaden vil flate ut ved rundt 1000 kroner per tonn lagret CO_2. En kraftigere utbygging vil gi enda lavere kostnader på sikt. Denne kostnadsbanen vil først møte 2-gradersbanen for CO_2-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 CO_2-håndteringsanlegg med en samlet kapasitet på 800 millioner tonn CO_2 til en samlet kostnad fra og med 2016 på nærmere 5 billioner norske kroner. Dersom aktørene må betale en CO_2-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 CO_2-pris.

Frem til tidspunktet hvor kostnadene for CO_2-håndtering er tilsvarende eller lavere enn CO_2-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 CO_2-prisene stiger tilstrekkelig i fremtiden. På nåværende tidspunkt er vi likevel langt fra en slik situasjon.

En storstilt utbygging av CO_2-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 CO_2-håndtering. Dette tilsier at CO_2-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 CO_2 fra atmosfæren. Per i dag fremstår CO_2-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 CO_2 fra atmosfæren. En satsing på CO_2-håndtering er derfor en investering som må gjøres på et svært usikkert grunnlag.

Dagens kunnskap om klimateknologier tilsier at CO_2-håndtering er en del av den billigste måten å nå 2-gradersmålet på. Dette tilser at verden burde ta seg råd til en satsing på CO_2-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 CO_2-håndtering som klimateknologi vil dette monne lite i bidraget til teknologiutviklingen. 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 CO_2 under transporten. Kostnadene ved slike lekkasjer vil være store, og det vil derfor gjennomføres sikringstiltak som reduserer sannsynligheten for lekkasje til et marginalt nivå.

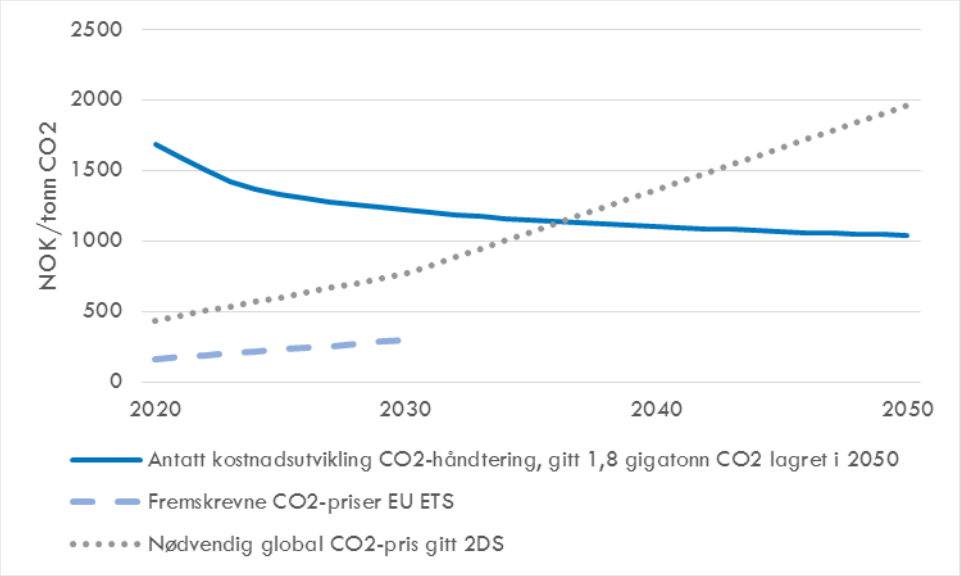
En større risiko ved gjennomføringen av tiltaket vil være muligheten for lekkasje av CO_2 fra lageret. Sannsynligheten for en slik lekkasje anslås likevel som liten. Gassen oppbevares i lager langt under bakkenivå i havet i flytende form. Dersom lekkasjer skulle oppstå vil dette fremkomme som gradvise 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 teknologiutviklingsprosjekt 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 produktivitetsgevinster og demonstrasjonseffekt realiseres. Samtidig ser ikke kvalitetssikrer spesifikke prosesser som tyder på særlige gjennombrudd for alternativer til CO_2-håndtering i nærmeste fremtid.

Verdien av tiltaket kan øke i fremtiden (realopsjon) ved økt CO_2-pris, ny teknologi, etablering av finansieringsmekanismer, eller når mer kostnadseffektive tiltak er iverksatt.

Figur 10-8 Tenkt utvikling av kostnader for CO_2-håndtering og potensielle CO_2-priser



Kilde: Atkins Norge og Oslo Economics

10.13 Kostnader per tonn renset CO_2

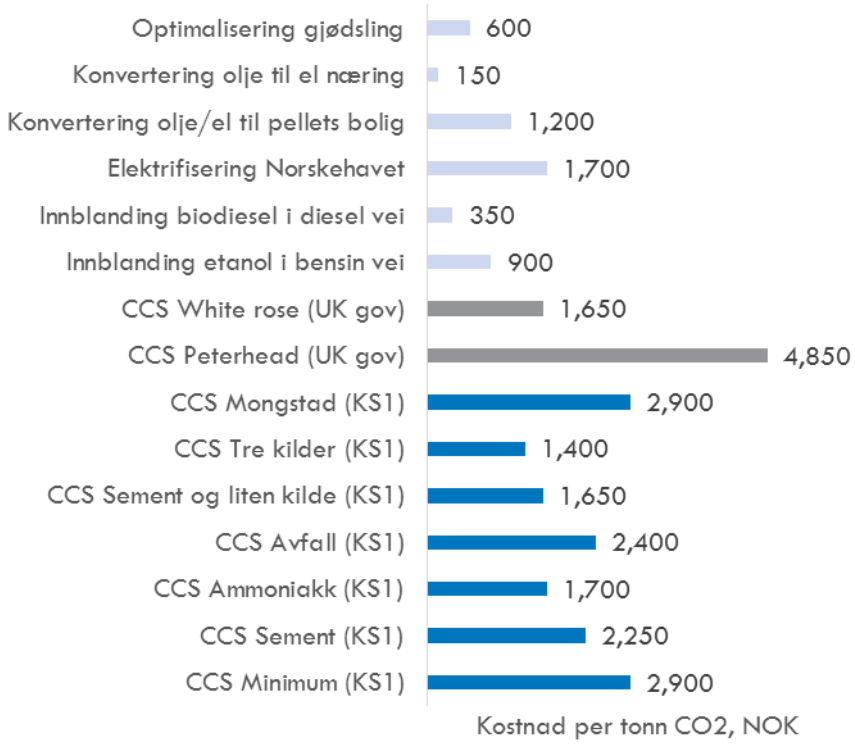
Basert på samlede investerings- og driftskostnader har vi beregnet kostnadene av tiltaksalternativene per tonn CO_2. Kostnadene er beregnet basert på årlig annuitet av CAPEX, tillagt årlig OPEX (midtveis i levetiden som er 25 år), dividert på årlig renset tonn CO_2 (midtveis i levetiden). Både CAPEX og OPEX er tillagt 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 CO_2 vises i Figur 10-9. I figuren vises også sammenlignbare kostnader per tonn CO_2 for andre klimatiltak i ikke-kvotepliktig sektor i Norge, hentet fra Klimakur 2020, og kostnader per tonn CO_2 for CO_2-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 utslippsreduserende tiltak i Norge, for å vurdere hvilke tiltak som var mest lønnsomme for å oppnå et mål om utslippsreduksjoner tilsvarende 15-17 millioner tonn CO_2 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 CO_2 enn denne «Klimakur-grensen». Tiltaksalternativet med fangst fra tre kilder er nest størst i omfang med 1,4 millioner tonn CO_2-reduksjoner årlig, men billigst per utslippsreduksjon med en tiltakskostnad på 1 400 kroner per tonn CO_2 renset. I den andre enden av skalaen er minimumsalternativet, med tiltakskostnad på 2 900 kroner per tonn CO_2 renset. Minimumsalternativet, som ikke inkluderer fangstanlegg, men lagrer nær 200 millioner tonn CO_2 som allerede skilles ut i Yaras prosess, innebærer store investeringer for en relativt liten mengde CO_2. Et større volum gir altså totalt sett lavere kostnader per tonn renset CO_2. Av tiltaksalternativene som inkluderer ett fangstanlegg kommer alternativet med sement og liten kilde best ut, med en tiltakskostnad på 1 650 kroner per tonn CO_2 renset.

Figur 10-9 Tiltakskostnad per tonn CO_2 for andre klimatiltak i ikke-kvotepliktig sektor i Norge, utenlandske ikke-realiserte CO_2-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 nyttevirkninger er svært usikre grunnet usikkerhet om fremtidig norsk og internasjonal klimapolitikk, som vil avgjøre fremtidig verdsettelse av CO_2-reduksjoner og verdien av demonstrasjonsanleggets bidrag til kostnadsreduksjoner for fremtidige CO_2-håndteringsanlegg. I basisscenariet har vi lagt til grunn en konservativ tilnærming til nytteverdiene. Verdien av CO_2-reduksjoner er basert på forventede priser i EUs kvotesystem gitt vedtatt klimapolitikk i EU, som tilsier en lav verdi av CO_2-reduksjoner. Verdien av CO_2-reduksjoner varierer mellom tiltaksalternativene proporsjonalt med volumet av CO_2-reduksjoner i hvert alternativ. Minimumalternativet innebærer transport og lagring av nær 200 millioner tonn CO_2 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 CO_2-reduksjoner tilsier også at få CO_2-håndteringsanlegg vil bli bygget etter demonstrasjonsanlegget. Med en konservativ tilnærming har vi lagt til grunn at det ikke vil bli bygget ut CO_2-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 kostnadskrevende 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 kostnadskrevende 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 CO_2-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 CO_2-håndtering som en relevant klimateknologi. Også dersom tiltaket skulle vise at CO_2-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 CO_2-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 CO_2-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 CO_2-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 CO_2-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 CO_2-avgift innføres globalt og tilhørende kraftig utvikling av CO_2-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 CO_2-reduksjoner og produktivitetsgevinster 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 CO_2-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 CO_2-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» CO_2-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 CO_2 renset enn tilsvarende utslippskutt vil koste i kvotepliktig sektor.

Dersom vi legger forventede rensekostnader i et slikt scenario til grunn, vil verdien av tiltakets CO_2-reduksjoner bli langt høyere enn i basisscenariet, men noe lavere enn i 2-gradersscenariet. Et slikt nivå på CO_2-prisene vil innebære et sterkere incentiv til å bygge ut CO_2-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 CO_2-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 utslippsreduserende tiltak og investeringer i utvikling av klimateknologi som dette tiltaket innebærer vil gi en omfordeling av kostnader fra inneværende 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 utslippsreduserende 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 CO_2-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 CO_2-håndtering på tre kilder.

Selv om tiltaksalternativet tre kilder i visse «kombinasjonsscenarier» kan anses som beste alternativ, tilsier usikkerheten ved tiltakets kostnads- og nytteside likevel at en trinnvis implementering bør vurderes hvis CO_2-håndtering skulle bli implementert. En trinnvis implementering vil øke netto nåverdi av alternativet tre kilder i scenarioet, delvis grunnet forventninger om en økende CO_2-pris. I tillegg vil tiltakets forventede læringseffekter tilsi 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 CO_2-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 CO_2 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 CO_2-reduksjon per investerte krone. Til sammenligning vil minimumsalternativet, som demonstrerer en hel kjede av CO_2-håndtering uten fangstanlegg, gi liten CO_2-reduksjon per investerte krone, men samlet sett lavere investerings- og driftskostnader. Kvalitetsikrer er ikke bedt om å vurdere KVU-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.

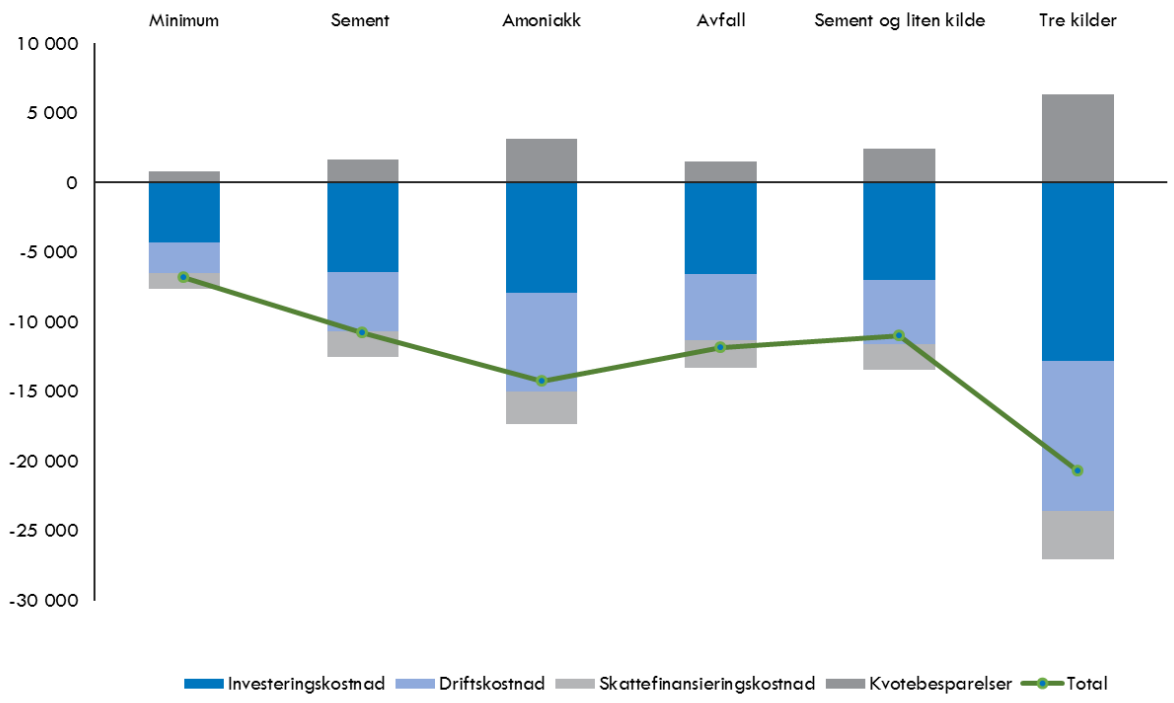
Samlet sett er det stor usikkerhet knyttet til tiltakets samfunnsøkonomiske lønnsomhet. Usikkerheten er i hovedsak knyttet til usikkerhet om fremtidig klimapolitikk som vil avgjøre tiltakets nyttevirkninger. I henhold til rammeavtalens føringer har vi lagt til grunn CO_2-priser tilsvarende fremskrivninger av dagens markedspriser og

videre realprisjusterte prognoser for disse for basisscenariet. Relativt sett lave fremtidige CO_2-priser, forventes å gi en svært begrenset realisering av CO_2-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 CO_2-håndtering. Det kan diskuteres hvorvidt disse antakelsene er realistiske og hvorvidt de hensyntar den negative miljøeksternaliteten av CO_2-utslipp og den positive eksternaliteten av teknologiutvikling. Hvis demonstrasjonsprosjektet skal gi en verdi utover den direkte CO_2-håndtering må verdens land i årene fremover stå overfor vesentlige høyere karbonpriser, slik at de har incentiver til tiltak.

Alternativet med CO_2-håndtering på tre kilder er det nest mest omfangsrike alternativet, med rensing av 1,4 millioner tonn CO_2, men som også gir lavest kostnad per utslippsreduksjon, tilsvarende 1 400 kroner per tonn CO_2 renset. Alternativet sement og liten kilde som kommer best ut av tiltaksalternativene med kun ett fangstanlegg, med en kostnad 1 650 kroner per tonn CO_2 renset. Til sammenligning koster alternativet avfall 2 400 kroner per tonn renset, mens minimumsalternativet koster 2 900 kroner per tonn renset. 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 utslippsreduserende tiltak i ikke-kvotepliktig sektor, i forhold til kvotepliktig sektor og rensekostnader i utlandet. Med en slik politikk vil utslippsreduserende tiltak i ikke-kvotepliktig sektor ha høyere verdi mer enn utslippsreduserende 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 utslippsreduserende 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 KVU. 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 CO_2 de første 3 driftsårene for å:*
    - *demonstrere at CCS-kjeden er trygg*
    - *vise 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.

11. 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 budsjettrammene, og må på denne bakgrunn gi en dokumentert merverdi for staten som helhet for å komme i betraktning. Nyttevirkninger 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.»

11.1 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.

11.2 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 CO_2.[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 CO_2-pris, vil EØS-regelverket bli relevant. Hvis Staten ikke inndriver en eventuell nettobesparelse[15] 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 CO_2 med statlig finansiering og betale prisen for CO_2 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 CO_2, men det kan vise seg å åpne for tolkninger av lovverket som gir mva-fritak for transport og lagring av CO_2. Man kan heller ikke utelukke at miljøtiltak på sikt kan gis 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 CO_2-avgifter utenfor kvotepliktig sektor

[15] Netto besparelse er lik pris for CO_2-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 prosjekteier 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 11-1viser de årlige budsjettkostnadene for alternativene frem til prosjektene ikke har statlige utlegg.

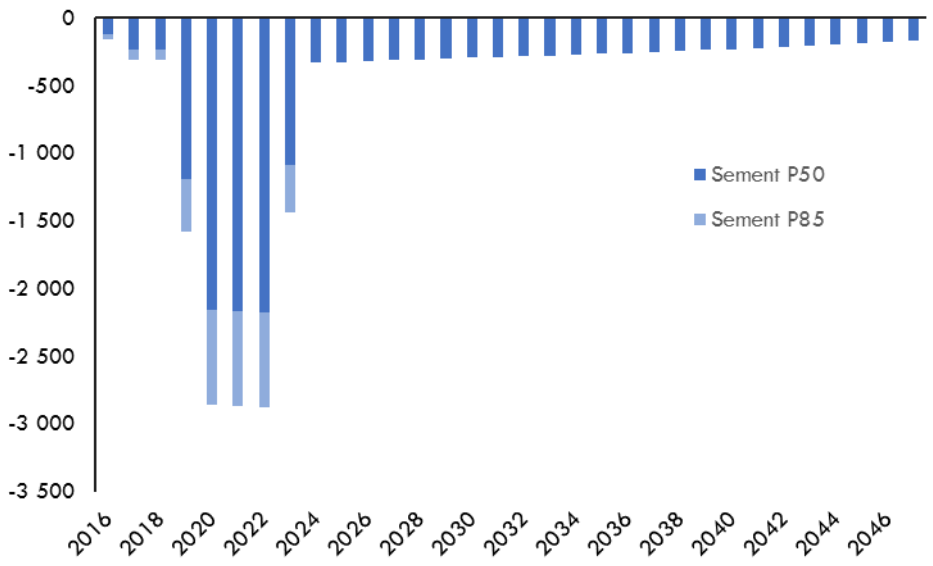
Tabell 11-1: Årlige budsjettmessige konsekvenser for Olje- og energidepartementet. P50 inkl. mva

		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
Drift	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
	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 eksl. mva, arbeidsgiveravgift og inntektsskatt.

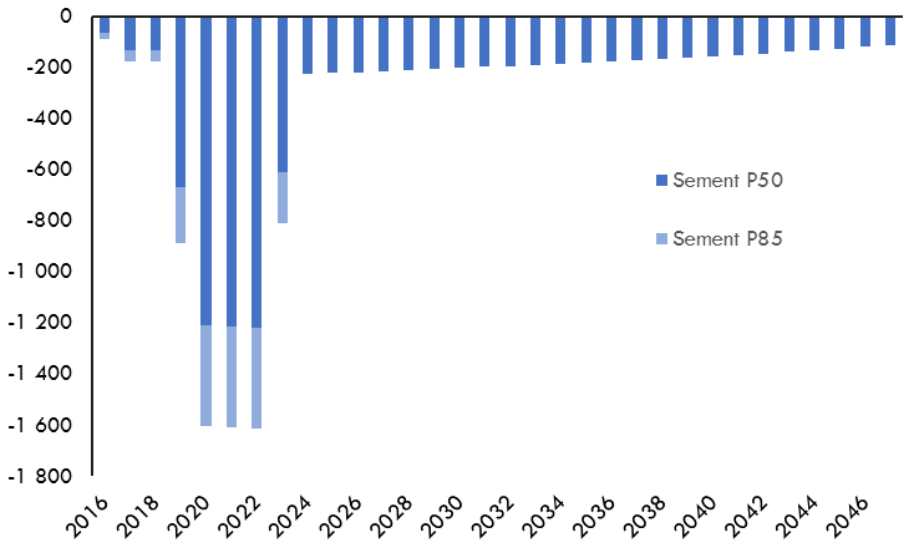
Tabell 11-2: Årlige netto statlige budsjettmessige konsekvenser. P50 eksl. mva, arbeidsgiveravgift og inntektsskatt

		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
Drift	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
	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 CO_2, er det ikke samfunnsøkonomisk lønnsomt å igangsette demonstrasjonsprosjekt for CO_2-håndtering. Dagens lave CO_2-priser gir ikke tilstrekkelige incentiver til å realisere CO_2-håndtering og medfører at læringseffekten vil være begrenset.

FNs internasjonale klimapanel (IPCC) har identifisert CO_2-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 CO_2-håndtering i dag i liten grad realisert, fordi kostnadene er høye, og prisen på å slippe ut CO_2 er lav. Det foreligger en markedssvikt, fordi CO_2-prisen ikke tilsvarer klimakostnadene som oppstår ved utslipp av CO_2.

Med dagens priser må stater eller veldedige organisasjoner finansiere CO_2-håndtering over noe tid, frem til kostnadsnivået er redusert grunnet læringsvirkninger, og CO_2-prisen eventuelt er steget, for eksempel i sammenheng med endringen av EUs kvoteregime i 2020. Alternativt må det etableres en annen finansieringsmekansime.

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 CO_2-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 CO_2-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 CO_2-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 kunme 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 renset CO_2 som har størst betydning. Tiltakets natur innebærer at det er de mest omfangsrike alternativene med høyest totalkostnader som også har lavest kostnad per tonn renset CO_2. Et ensrettet fokus på redusert totalkostnad vil dermed føre mot et minimumsalternativ, med svært høye kostnader per tonn CO_2 renset og dermed liten demonstrasjons- og læringsverdi. Det vil være viktig å finne den riktige balansen mellom lave totalkostnader og lave kostnader per tonn CO_2 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 CO_2-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. KVU-en har ikke konkret identifisert potensielle arvtakere til kunnskapen fra demonstrasjonsanlegget. I dag fremstår heller ikke en internasjonal utbygging av CO_2-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 tilråder 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 rensekostnader av de fleste potensielle utslippsreduserende tiltak i Norge. Bakgrunnen for utredningen var en målsetting om å oppnå et mål om utslippsreduksjoner tilsvarende 15-17 millioner tonn CO_2 innen 2020. Resultatene fra Klimakur 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.[16] Oppdatert til 2016-kostnader utgjør kostnaden om lag 1 250 kroner.

Vi ser at ingen av tiltaksalternativene har en lavere kostnad per renset tonn CO_2 enn denne «Klimakur-grensen». Tiltaksalternativet med fangst fra tre kilder er nest størst i omfang med 1,4 millioner tonn CO_2-reduksjoner årlig, men billigst per utslippsreduksjon med en tiltakskostnad på 1 400 kroner per tonn CO_2 renset. I den andre enden av skalaen er minimumsalternativet, med tiltakskostnad på 2 900 kroner per tonn CO_2 renset.

Av tiltaksalternativene som inkluderer ett fangstanlegg kommer alternativet med sement og liten kilde best ut, med en tiltakskostnad på 1 650 kroner per tonn CO_2 renset. Demonstrasjonsanlegget har i tillegg potiensielt en annen nytteside i tillegg til de direkte CO_2-reduksjonene det bidrar med; nytten av teknologiutvikling. Dersom man har tiltro til at CO_2-håndtering vil bygges ut i stor skala i fremtiden, vil verdien av teknologiutvikling komme i tillegg til tiltakets CO_2-reduserende 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 CO_2-håndteringsanlegg til en lavere kostnad i fremtiden.

Den viktigste barrierene for CO_2-håndtering i dag er manglende finansieringsmekanismer. Kostnaden ved å slippe ut CO_2 i atmosfæren er langt lavere enn kostnaden ved å fange og lagre CO_2, dermed vil ikke private aktører investere i teknologien på egen hånd. Den beste måten å tilrettelegge for utbygging av CO_2-håndtering vil være å innføre en tilstrekkelig høy pris på CO_2, slik at private aktører som slipper ut CO_2 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 CO_2-pris, bør norske myndigheter jobbe med alternative mekanismer som kan tilrettelegge for økt internasjonal utbygging av CO_2-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 CO_2. 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 CO_2 over landegrensene, og at ESA godkjenner statlig støtte til CO_2-håndtering.

Det vil likevel ikke være tilstrekkelig å redusere kostnadene for CO_2-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 CO_2-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 CO_2-håndteringsprosjekter i Norge. De estimerte kostnadene ved CO_2-håndtering var da basert på forutsetningen om at teknologien var utviklet i større grad enn den er i dag, og dermed lavere kostnader av CO_2-håndtering i Norge enn det som fremkommer for demonstrasjonsanlegget i denne rapporten.

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

Hvis arbeidet med et demonstrasjonsanlegg for CO_2-håndtering videreføres bør det vektlegges et videre arbeid med å tilretttelegge 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 styrings-dokumentet 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.»

CO_2-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 KVU-ens beskrivelse av neste fase

Ved videreføring av fullskalaprosjektet planlegges en kombinert konsept- og forprosjekterings- (feed) fase. Formålet med fasen er å finne den best egnede konseptuelle løsningen for CO_2-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.

<u>Kvalitetssikrers vurdering:</u>

Foreliggende KVU 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 kunnskaps-deling 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 ferdigstillelse 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 fullskalaprosjektet. 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 fullskalaprosjektet 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.

<u>Kvalitetssikrers vurdering:</u>

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 prosjekstyret. 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 beslutningtaker 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.

13.3 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 forhandlings-runde. 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.

<u>Kvalitetssikrers vurdering:</u>

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 videreführer 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 produktivitetsgevinster 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 CO_2-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 Produktivitetsgevinster

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 Inititative.

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 skattekommisjon, 2015. *Sett pris på miljøet - Rapport fra grønn skattekommisjon (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 incomparson. *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 skattekommisjon. 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 I,* 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

osloeconomics

www.osloeconomics.no

www.atkinsglobal.no